9+

MEHANO ELECTRO PIONEER Advanced

EXPERIMENTS & THEORETICAL EXPLANATIONS OF MAGNETISM, ELECTRICITY AND ELECTRONICS

270+ EXPERIMENTS

SLOVENSKO
HRVATSKI
SRPSKI
ENGLISH
DEUTSCH
FRANCAIS
ITALIANO

MEHANO

ELECTRO PIONEER

SLOVENSKO *1*

HRVATSKI *89*

SRPSKI *177*

ENGLISH *265*

DEUTSCH *353*

FRANCAIS *441*

ITALIANO *529*

ELECTRO PIONEER

273 poskusov s področja elektrike, elektronike in magnetizma

Deluje z eno baterijo 9V ⎓ IEC 6LR61-9V ⎓ (ni priložena)

Izdajatelj in nosilec avtorskih pravic: LIVE MEHANO d.o.o. • Polje 9 • 6310 Izola • Slovenija

KAZALO

UVOD 3
MERSKE ENOTE 4
OSNOVNI GRADNIKI ELEKTRIČNIH VEZIJ ..... 5 - 14
VEZJA ..... 15 - 58
ELEKTROSTATIKA ..... 59 - 64
MAGNETIZEM ..... 64 - 69
BATERIJE IN ELEMENTI ..... 69 - 75
ELEKTROMAGNETIZEM ..... 75 - 78
ELEKTROMAGNET V TEHNIKI ..... 78 - 81
GENERATORJI IN ELEKTROMOTORJI ..... 81 - 82
KDO JE TO? 83
SLOVAR ..... 84 - 86
SEZNAM SESTAVNIH DELOV ..... 87 - 88

PRAVICE IN ODGOVORNOSTI

Vsebina te knjige je zaščitena v skladu z zakoni o avtorskih pravicah. Ničesar iz nje ne smete kopirati, prepisovati, fotokopirati ali prenašati na kakršenkoli medij za shranjevanje informacij brez predhodnega izrecnega pisnega dovoljenja nosilca avtorskih pravic.

Vsa vezja in poskusi, opisani v tej knjigi, so skrbno preverjeni in preizkušeni. Ne glede na to, nosilec avtorskih pravic ni odgovoren za nikakršno fizično in/ali materialno škodo, kakor tudi ne za fizične poškodbe, ki bi nastopile pri sestavljanju in uporabi vezij, navedenih v tej knjigi. Vsi elementi, ki so sestavni del tega kompleta, so skrbno izbrani in zato verjamemo, da so neoporečni. Za elemente v tem kompletu nosilec avtorskih pravic ne daje garancije, ker so zlahka mehansko ali električno uničljivi.

POZDRAVLJENI, MLADI BRALCI IN MLADE BRALKE

Veseli nas, da ste sklenili vstopiti v čudoviti svet elektrotehnike ravno s pomočjo naše knjige. Upamo, da vam bo izdelava poskusov v zabavo. Vsekakor pa to ne bo samo zabava, temveč tudi nabiranje novih znanj, ki bodo drobci temeljnega kamna za tisto, kar se boste o elektrotehniki naučili potem, ko boste knjigo, ki jo držite v roki, temeljito poznali, in jo s svojim znanjem kasneje prerastli.

Nikar se ne bojte poskusov, kajti en sam poskus je vreden več kot mnenja tisočerih strokovnjakov. Zato vse svoje nove zamisli sproti preverite. Če poskus ne bo deloval, ne bodite razočarani. če boste ugotovili, kaj je narobe, bo tudi negativen izid vaše zamisli postal pozitiven, kajti tudi ob takšnem poskusu se boste učili in zvedeli nekaj novega.

Vsi poskusi in vezja, predlagana v tej knjigi, so pripravljena tako, da se ne morete poškodovati ali povzročiti kakšne večje škode. Če ne štejemo morebitne manjše praske na prstih, je največja škoda, ki jo lahko naredite, uničenje katerega izmed elementov. Nikar ne skrbite, poškodovane elemente, ki sploh niso dragi, lahko kupite skoraj v vsaki trgovini z elektronskimi sestavnimi deli. V knjigi je opisana zajetna množica različnih poskusov in vezij. Nekateri so tako enostavni, da razlage zanje niti ne potrebujete. Nekateri so zapleteni in morda sploh ne boste razumeli, kako delujejo. Ne obupajte. Morda vam bo naslednjič ob pozornejšem drugem branju vse jasno. Če pa kakšnega odstavka ne razumete ali pa vas morda ne zanima, ne bo nič hudega, če ga preskočite. Prav obilica poskusov in vezij, katerih delovanje spoznavajo šele učenci srednjih šol, omogoča, da bo vsakdo našel nekaj zase primernega. Zaradi podrobno opisanega delovanja vezij boste knjigo morda lahko uporabili kot pripomoček v šoli.

DRAGI STARŠI

S to knjigo tudi sami (znova) vstopate v svet elektrotehnike. Če ste v tem svetu že doma, bodite mlademu raziskovalcu v spodbudo in pomoč. Če je ta svet tudi za vas nov, naj vam nikar ne bo nerodno pridružiti se mlademu in nadobudnemu raziskovalcu. Svet elektrotehnike je poln odkritij, ki čakajo tako na mlade kakor tudi na starejše raziskovalce.

Še enkrat posebej poudarjamo, da je komplet narejen tako, da je uporaba kompleta varna. Namenoma je kot vir električne energije predvidena baterija, saj uporaba električne energije iz omrežne vtičnice predstavlja potencialno nevarnost, ki se posebej preži na neizkušene uporabnike. ZATO MLADEMU RAZISKOVALCU NIKAKOR NE DOVOLITE UPORABLJATI ELEKTRIČNO ENERGIJO IZ ELEKTRIČNEGA OMREŽJA!

Če imate sami že izkušnje z elektroniko in elektrotehniko, je lahko izvor energije tudi usmernik, VENDAR LE POD VAŠIM NADZOROM. Nenadzorovana uporaba usmernika lahko povzroči uničenje sestavnih delov. Uporaba usmernika namesto baterije ni nikjer omenjena.

OPOZORILO ZA STARŠE

Iz varnostnih razlogov so vsa vezja narejena tako, da uporabljajo energijo iz baterije.
- PRED UPORABO NAJ OTROK PAZLJIVO PREBERE NAVODILA IN JIH UPOŠTEVA.
- ZBIRKA JE NAMENJENA OTROKOM OBEH SPOLOV OD 9 LET NAPREJ.
- ZA POSKUSE UPORABLJAJTE 9 V BATERIJO IEC 6LR61.
- NE UPORABLJAJTE BATERIJ, KI SE POLNIJO (npr. Ni-Cd baterije).
- BATERIJA MORA BITI PRIKLJUČENA S PRAVILNO POLARITETO.
- NIKDAR NE SKUŠAJTE NAREDITI VEZJA, KI BO ZA DELOVANJE UPORABLJALO ELEKTRIČNO ENERGIJO IZ VTIČNICE! TO BI BILO LAHKO NEVARNO ZA VAŠE ŽIVLJENJE IN OKOLICO! ELEKTRIČNA ENERGIJA IZ STENSKE VTIČNICE JE SMRTNO NEVARNA. POSLEDICA TAKŠNEGA POČETJA JE LAHKO TUDI POŽAR! ZAPOMNITI SI VELJA, DA KOMPLET IN NJEGOVI SESTAVNI DELI NISO NAMENJENI DELOVANJU PRI OMREŽNI NAPETOSTI.
- ZAŽELJENO JE, DA SE POSKUSI IZVAJAJO V PRISOTNOSTI STAREJŠIH OSEB.
- NE IZVAJAJTE POSKUSOV, KI NISO OPISANI V NAVODILU.
- ČE SESTAVLJENEGA VEZJA NE NAMERAVATE UPORABLJATI DALJ ČASA, ODSTRANITE BATERIJO.
- VEZJA SE MORAJO NAPAJATI IZKLJUČNO SAMO S PREDPISANO BATERIJO.
- PRIPOROČAMO UPORABO ALKALNE BATERIJE Z DODATNO OZNAKO "GREEN".
- BATERIJE NE POSTAVLJAJTE V DOTIK S KOVINSKIMI DELI, KER OBSTAJA MOŽNOST, DA PRIDE DO POŽARA ALI EKSPLOZIJE.
- NIKOLI NE POSKUŠAJTE POLNITI BATERIJE.
- BATERIJO MORA ZAMENJATI ODRASLA OSEBA.
- BATERIJE NE MEČITE V OGENJ.
- IZTROŠENO BATERIJO ODVRZITE V ZA TO NAMENJENE ZABOJNIKE.
- NAPAJALNIH PRIKLJUČKOV NI DOVOLJENO KRATKOSTIČITI.
- ARTIKEL VSEBUJE ELEMENTE S FUNKCIONALNIMI OSTRIMI KONICAMI ALI REZANIMI ROBOVI.

Sestavni deli tega kompleta so po svojih zunanjih dimenzijah majhni in imajo ostre priključke. Zato ta komplet ni namenjen otrokom mlajšim od devet let. Navodila shranite ker vsebujejo pomembne informacije.

EN71: Magnet
OPOZORILO: Ni primerno za otroke, mlajše od 9 let. Ta izdelek vsebuje majhen magnet z magnetnim pretokom več kot 50 kg^2/ mm. Pogoltnjeni magneti se lahko v črevesju sprimejo in povzročijo resne poškodbe. Ob zaužitju magneta(ov) takoj poiščite zdravniško pomoč.

EN62115:
OPOZORILO: Primerno le za otroke, starejše od 9 let. Navodila za starše so vključena in jih je treba upoštevati. Ta izdelek vsebuje proste žice. Žice ne smete vtikati v vtičnice. Eksperiment 97: Temperatura upora v eksperimentu 97 se lahko čezmerno poveča, vendar navodila ne opozarjajo na mogoče nevarnosti in ne vključujejo opozorila. Med eksperimentom in po njem se ne dotikajte dostopnih vročih površin, kot so površina upora, baterij, navitja in drugih elektronskih komponent. Počakajte, da se vroče površine ohladijo, sicer obstaja nevarnost opeklin. Embalažo shranite, saj vsebuje pomembne informacije.

OPOZORILO

Ne uporabljajte baterij, ki se polnijo (npr. Ni-Cd baterije). Za napajanje igrače se lahko uporabljajo izključno samo baterije istega ali ekvivalentnega tipa, kakor so predpisane. Priporočamo uporabo alkalnih baterij. Baterije morajo biti vstavljene s pravilno polariteto. Zamenjajte vse baterije, ne mešajte starih in novih baterij, kakor tudi ne različne tipe baterij (npr. alkalne in cink karbonske). Baterije mora zamenjati odrasla oseba. Izrabljenih baterij ne puščajte v ležišču igrače. Če igrače ne nameravate uporabljati dlje časa, odstranite baterije. Baterij ne postavljajte v dotik s kovinskimi deli, kjer obstaja možnost, da pride do požara ali eksplozije. Nikoli ne poskušajte polniti baterij, ki niso namenjene za polnjenje. Baterije, ki so namenjene za polnjenje morajo biti odstranjene iz igrače (če so odstranljive) pred pričetkom polnjenja. Baterije, ki so namenjene za polnjenje se lahko polnijo (če so odstranljive) samo pod nadzorstvom odrasle osebe. Baterij ne mečite v ogenj. Iztrošene baterije odvrzite v za to namenjene zabojnike. Napajalnih priključkov ni dovoljeno kratkostičiti. Barva izolacije električnih vodikov se lahko razlikuje od barve prikazane na slikah v navodilih.

SPLOŠNA NAVODILA

Vsi deli v zbirki so navedeni, oštevilčeni in narisani na zadnji strani.
Pred pričetkom izvajanja si moraš priskrbeti baterijo napetosti 9 V (IEC 6LR61).
Pri vsakem poskusu so z ustreznimi številkami navedeni vsi sestavni deli zbirke, ki so potrebni za izvedbo poskusa in sicer v istem zaporedju, kot se uporabljajo. Koristno je, če navedene dele poiščeš v zbirki, jih razvrstiš na mizi v nakazanem zaporedju in šele nato začneš izvajati opisane poskuse. Po opravljenem poskusu vrneš sestavne dele spet na njihova mesta.

UVOD

Uporaba odkritij s področja elektronike je temeljito spremenili svet, v katerem živimo. Od odkritja tranzistorja še ni minilo pol stoletja, od odkritja integriranega elektronskega vezja pa še ne štirideset let. Uporaba elektronike je našla svoje mesto v vseh kotičkih našega življenja. Če ne verjamete, povprašajte malo svoje babice in dedke, ali so imeli v svoji rani mladosti doma televizijski ali radijski sprejemnik. Za videorekorderje, računalnike, žepne kasetofone in avtomatske fotoaparate rajši niti ne vprašajte.

Zagotovo pa bodo vsi pritrdili, da je uporaba elektronike zelo spremenila njihovo življenje. Morda bodo nekateri celo "pojamrali", kako je "včasih luštno b'lo", vendar nikar ne skrbite. Tudi njim so njihovi dedki in babice znali potožiti na enak način. Morda boste tudi vi uporabili isti stavek, ko se boste pogovarjali s svojimi vnučki.

Elektronika zagotovo spreminja naš način življenja, zato zasluži pozornost. To, da berete to knjigo, je dokaz, da tudi vi mislite tako. Kako pa delujejo videorekorderji, računalniki, elektronske zapestne ure, CD gramofoni!? Odgovor ni lahek.
Najbrž imate doma lego kocke. Ko vas mlajši bratec ali sestrica vpraša, kako in iz česa je narejen lep grad, vesoljsko vozilo ali hiša, vi že veste. Uporabili ste množico majhnih, preprostih kock. Vsaka zase je enostavna, ko pa jih združite v celoto, nastane nekaj, kar niti najmanj ni podobno eni sami lego kocki. Medtem ko ste sestavljali svojo mojstrovino, si zagotovo niste belili las, kako in iz česa je narejena lego kocka.

Tako je tudi z elektroniko. Za še tako zapleteno elektronsko vezje si lahko predstavljamo, da je sestavljeno iz množice zelo enostavnih vezij. Niti največji strokovnjaki ne znajo natanko povedati, kako deluje zelo zapleteno in obsežno elektronsko vezje. Tudi vi znate zagotovo uporabljati televizijski sprejemnik in igrati žepno računalniško igrico. Pri tem vas niti najmanj ne moti, da ne veste, kako delujeta. Tako kot potrebujete za grad iz lego kock množico majhnih kock, tako morate tudi za sestavo zapletenega elektronskega vezja najprej znati narediti množico enostavnih vezij.

V tej zbirki je opisanih več kot 270 poskusov in teoretičnih opisov. Za njihovo izvedbo vsebuje zbirka vse potrebne sestavne dele z izjemo tistih delov, ki niso priloženi in se jih dobi v vsakem gospodinjstvu.

Ti deli so:
listi iz beležnice, koščki papirja, glavnik, lesen svinčnik, kozarec vode, bucika, kazalec iz papirja, staniol/alu-folija, bombažna nit, žebelj, vžigalice, lepenka, šivanka, pločevinasta posoda (konzerva), kosi stiropora, pletilna igla (železna), sveča, žepni nož, zemljevid Evrope, leseno ravnilo, knjiga, kladivo, posoda za vodo, plutovinasti čepi, lesena deščica, žica (železna), sol kuhinjska, pesek, mine za tehnične svinčnike Ø 0,5 mm in več ali slikarsko oglje (ali ogljeni palčici iz baterije), pločevina 40 x 5 mm, gumica (elastika), žepna ura, pila, vrvica, lonček za jogurt, kovanec.
Zbirka je namenjena otrokom obeh spolov od 9 let naprej. Primerna je tako za posamično kot tudi za skupinsko delo ter se lahko uspešno uporablja na osnovnih šolah, čeprav je prirejena za izven šolske aktivnosti.
To zbirko lahko uporabljajo tudi šole v svojih izvenšolskih aktivnostih. Zaradi tega je opisanih tudi nekaj poskusov, za katere je potrebno kupiti ali sposoditi nekoliko več pribora in sicer:
- št. 35 žarnica 12 V/0,05 A navoj E10 (1 kos za poskus št. 207, 2 kos za poskuse št. 209 in št. 210)
- št. 14 stojalo za žarnico E10H1 (1 kos za poskus št. 207, 2 kos za poskuse št. 209 in št. 210)
- št. 38 priključek za baterijo 9 V (1 kos za poskuse št. 211, št. 230 in št. 260, 2 kos za poskus št. 212).

KAKO NAJ SE LOTIŠ POSKUSOV

Vsak poskus je označen z zaporedno številko. Čeprav ni nujno, da opravljaš poskuse po označenem vrstnem redu, je bolje, da se ga držiš. Potek poskusov bomo predstavili ob primeru električnega zvonca, opisanega pod zaporedno številko 130/131. V tekstu so potrebni deli označeni s številkami, da lahko sestaviš zvonec. Slike in nazive teh delov lahko najdeš na zadnji strani tega navodila v seznamu sestavnih delov. V tvojem primeru so to številke: 5-6-7-8-11-12-13-16-17-25-28-31-33 itd. Po teh številkah boš pripravil (-a) in razvrstil (-a) sledeče dele:

4 x 7 = vzmetna sponka
8 = plastični podstavek
6 x 5 = vijak
13 x 6 = matica
11 = tuljava
12 = os z navojem
13 = zvonec
16 = železno jedro
17 = oklep jedra
25 = vijak
3 x 28 = kotnik 25 x 25 mm
31 = kladivce
33 = spojna žica

• 2 x 5 - pomeni, da potrebuješ 2 sestavna dela št. 5
• (20) - številka v oklepaju pomeni, da potrebuješ enake dele kot pri poskusu št. 20
• list iz beležnice, glavnik - pomeni, da ti deli niso priloženi in jih dobimo v vsakem gospodinjstvu.

Primer: Z vijakom in matico pritrdiš kotnik na plastični podstavek. Nato pričvrstiš železno jedro z oklepom in na jedro nasadiš tuljavo itd. Vse sestavne dele moraš pritrditi natančno in čvrsto. Če posamezni poskusi ne bi začeli takoj pravilno delovati, je treba pomanjkljivosti odpraviti. Najbolje je, če poskuse s področja elektrostatike delaš ob suhem vremenu, zlasti pozimi, in s suhimi rokami.

Želimo ti veliko uspeha pri eksperimentiranju ...

MERSKE ENOTE

Ker bomo imeli v tej knjigi opraviti s fizikalnimi količinami, ki so podane z različnimi merskimi enotami, najprej nekaj besed o našem merskem sistemu enot.

V Sloveniji, tako kot drugod po svetu, uporabljamo v tehniki t.im. SI sistem merskih enot: SI - (fra.) Systemme Internationalle oz. mednarodni sistem. V tem sistemu enot so kot osnovne enote določene naslednje:

Količina	**Enota**	**Krajšava**
dolžina	meter	m
masa	kilogram	kg
čas	sekunda	s
električni tok	amper	A
temperatura	kelvin	K
svetilnost	kandela	cd
količina snovi	mol	mol

Vse druge enote so izpeljane iz osnovnih enot in se dajo izraziti z njimi. Tako je npr. volt izpeljana enota. Povezava med posameznimi izpeljanimi enotami ni prav enostavna, vsekakor pa presega okvir to knjige.

Mnoge reči, ki so okoli nas, lahko na določen način izmerimo in jim tako določimo lastnosti. Lahko npr. izmerimo dolžino mize. V ta namen uporabimo merilni instrument (npr. ravnilo), na katerem imamo skalo, razdeljeno na majhne enote. Enota za merjenje dolžine je meter.

Najbrž poznate že kakšne enote. Maso merimo v kilogramih, čas v sekundah, prostornino v kubičnih metrih itd.

Pogosto srečamo izmerjene vrednosti, ki so mnogo večje ali manjše od osnovne merske enote. V takšnih primerih uporabljamo predpone, ki povedo, kolikokrat je naša enota manjša ali večja od osnovne enote.

Za izmerjene vrednosti, ki so po velikosti mnogo večje od osnovne enote, uporabljamo naslednje predpone:

predpona	**označba**	**vrednost**	**osnovno enoto množimo z**
kilo-	K	10^3	1.000
mega-	M	10^6	1.000.000
giga-	G	10^9	1.000.000.000
tera-	T	10^{12}	1.000.000.000.000

Tako ima na primer 1 kilometer 1.000 metrov, 101,6 megahercev pa 101.600.000 hercev oz.

1 km = 1000 m
101,6 MHz = 101.600.000 Hz.

Za izmerjene vrednosti, ki so po velikosti mnogo manjše od osnovne enote, uporabljamo naslednje predpone:

predpona	**označba**	**vrednost**	**osnovno enoto delimo z**
mili-	m	10^{-3}	1.000
mikro-	µ	10^{-6}	1.000.000
nano-	n	10^{-9}	1.000.000.000
piko-	p	10^{-12}	1.000.000.000.000

Tako je na primer 1 milimeter enak 0,001 metra, 10 mililitrov pa 0,01 litra oz.

1 mm = 0,001 m
10 ml = 0,01 l

OSNOVNI GRADNIKI ELEKTRIČNIH VEZIJ

ELEKTRIČNI TOKOKROG

Električnega toka ne moremo slišati, videti ali vohati.

KDAJ ELEKTRIČNI TOK TEČE? Takrat, ko imamo električno napetost in sklenjen električni tokokrog.

Predpostavimo, da imamo na mizi posodo, napolnjeno z vodo, in da je tudi pod mizo prazna posoda. Če z gumijasto cevko povežemo zgornjo posodo s spodnjo, steče skozi cevko vodni tok. Zgornja posoda se počasi prazni, spodnja pa polni. Debelejša kot je cevka, več vode teče skoznjo.
Naj bo tik nad spodnjo posodo vodno kolo. Če je le-to majhno in lahko, ga zavrti že majhen curek. Če je kolo večje, je potreben močnejši curek, ki ga naredimo tako, da vzamemo debelejšo cevko ali pa, da pri uporabljeni tanki cevki zgornjo posodo dvignemo z mize na omaro.
Prej ali slej se zgornja posoda izprazni. Če pa na spodnjo posodo priključimo črpalko in jo poganjamo z roko, vodo iz spodnje posode prečrpamo v zgornjo.

Poskusi, opravljeni s posodami, cevkami, vodnimi kolesi in črpalko ponazarjajo, kaj se dogaja v električnem tokokrogu. Dvignjena posoda predstavlja en priključek baterije. Različno debele cevke predstavljajo različno debele prevodnike, skozi katere teče šibkejši ali močnejši električni tok. Manjša in večja vodna kolesa predstavljajo porabnike električne energije, npr. šibkejši in močnejši elektromotor ali šibkejšo ali močnejšo žarnico. Tako kot je ob večjem vodnem kolesu in debelejši cevki zgornja posoda prej prazna, tako je tudi baterija pri debelejših vodnikih in močnejšem elektromotorju prej prazna.
Namesto baterije uporabimo kot vir električne energije generator, kot v elektrarnah. V zgornjem primeru je vlogo generatorja imela vodna črpalka.

V primeru uporabe posod so tokokrog sestavljale po vrsti zgornja posoda, cevka, vodno kolo in na koncu še spodnja posoda. V električnem tokokrogu tok steče s priključka, ki je označen z znakom plus, skozi vodnik, skozi porabnik električne energije na negativni priključek.

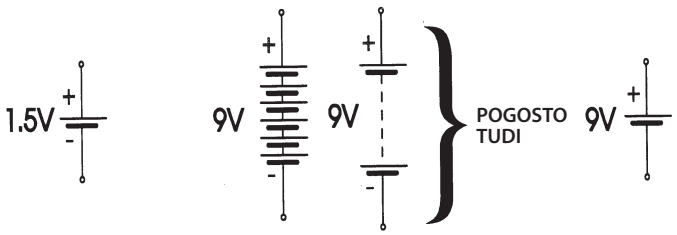
Učinek električnega toka je odvisen od tistega, kar je v električnem tokokrogu. Če je tu elektromotor, lahko opazujemo vrtenje osi. Če je tu brenčalo, slišimo zvok. Če je tu žarnica, bomo videli svetlobo. Primerov je še veliko. Za izdelavo vseh električnih vezij uporabljamo osnovne gradnike. To so npr. baterije, vodniki, upori, kondenzatorji, stikala in polprevodniški elementi (dioda, svetleča dioda, tranzistorji in integrirana vezja).

BATERIJA

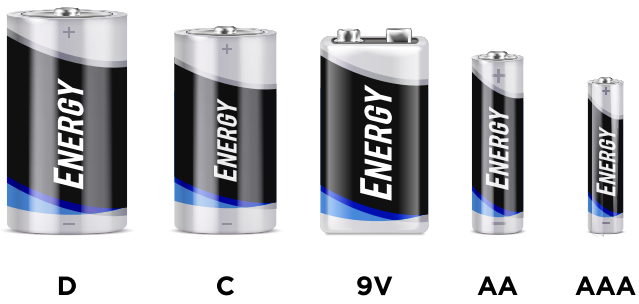
Električne baterije so viri električne energije. Poglavitna lastnost električne baterije je napetost. V čast italijanskemu fiziku Alessandru Volti je merska enota za napetost volt oz. V. Simbol za napetost je U. Napetost med priključki na majhnem baterijskem vložku, ki ga uporabljamo v prenosnih kasetofonih, je 1,5 V. Napetost med priključki na avtomobilskem akumulatorju je 12 V. Napetost med priključki ploščate baterije pa je 4,5 V.

Za baterije in akumulatorje uporabljamo enak električni simbol: daljša tanjša in vzporedno z njo krajša debelejša črta. Tanjša črta predstavlja pozitiven, debelejša pa negativen pol baterije. Če več baterijskih celic povežemo zaporedno, dobimo baterijo z višjo napetostjo. Ena baterijska celica ima običajno 1,5 V. Torej, v 9-voltni bateriji je povezanih 6 celic, v 4,5-voltni pa tri.
Zaporedno povezane baterijske celice so na stikalnem načrtu običajno narisane tako, da so tanjše in debelejše črtice narisane v obliki stolpiča ali pa da so med dvema simboloma za baterijo narisane pike. Različni simboli baterij in zunanji videz le-teh so prikazani na sliki a in b.

Vrnimo se k primerjavi s posodami; predstavljajte si posode, povezane s cevkami, na stopnicah. Iz zgornje posode teče voda v spodnjo skozi cevko, iz zadnje posode izteče voda, ki je bila v vseh posodah nad njo. S tem lahko primerjate zaporedno vezavo baterij.



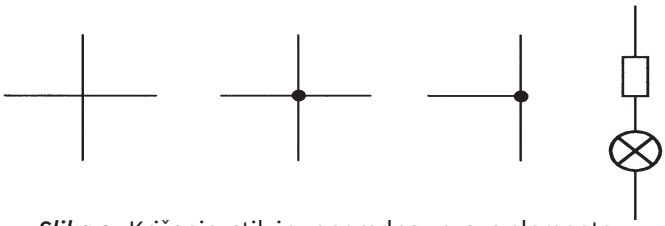
Slika a - Simbol za baterijo



Slika b - Različne baterije

PREVODNIKI

S prevodniki povezujemo posamezne gradnike električnih vezij v tokokroge. V stikalnih načrtih prevodnike ponazarjamo s črtami. Če se prevodnika med sabo samo križata, se križata tudi črti na stikalnem načrtu. Ko pa je vodnike treba med sabo povezati, je to na stikalnem načrtu ponazorjeno s piko. Če se vodniki in gradniki vezja povezujejo zaporedno, potem pike ne narišemo. Križanje, stik in zaporedna vezava vodnikov so prikazani na sliki c.
Če vodnike primerjamo s cevkami, potem velja, da skozi debelejši vodnik lahko steče več električnega toka. Žice, ki ste jih dobili v kompletu, so dovolj debele in so uporabne v vseh naših preizkusih. Da bi tok tekel samo tja, kamor je namenjen, so žice izolirane, izolacija pa je odstranjena le na njihovih koncih.



Slika c - Križanje, stik in zaporedna vezava elementov

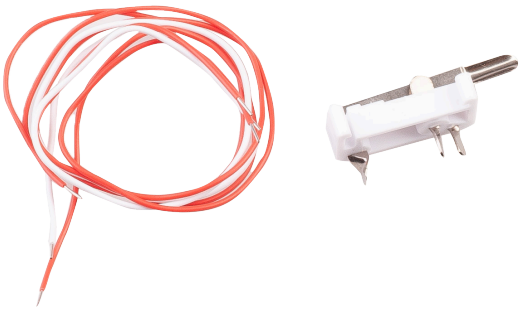
STIKALO

Stikalo uporabljamo za zapiranje oz. sklenitev in odpiranje oz. razklenitev električnega tokokroga.
Zunanji videz in električni simbol stikala sta prikazana na sliki d in e.
Na stikalnem načrtu je prikazano tudi, če je stikalo odprto ali ne.

Skozi sklenjen električni tokokrog teče električni tok. Električni tok je količina elektrike, ki steče skozi vodnik v eni sekundi. Z enačbo to napišemo takole:

I=Q/t

V tej enačbi je I tok, Q pa količina elektrine, ki je stekla skozi vodnik v času t.
Po francoskem fiziku Andreju Amperu merimo električni tok v amperih (A). Simbol za tok je I.



Slika d - Vodniki in stikala

Slika e - Električni simbol stikala

ELEKTRIČNI TOK

Če se spomnimo naših posod z vodo, se spomnimo tudi, da predstavlja količina vode v zgornji posodi količino elektrine, ki je shranjena v bateriji. Skozi debelejšo cev teče več vode oz. močnejši tok. Seveda je pri močnejšem toku baterija prej prazna. Enako velja za baterijo in žarnico: če je žarnica močnejša, teče pri isti napetosti skoznjo večji tok. Žarnica sicer sveti močneje, vendar je baterija prej prazna kot v primeru, če uporabljamo šibko žarnico.
Tudi voda v reki predstavlja tok. Tako kot teče voda pod mostom vedno v isti smeri, teče tudi enosmerni električni tok skozi vodnik vedno v isti smeri.

IZMENIČNI ELEKTRIČNI TOK

Predstavljajte si, da opazujemo vodni tok v ožini med zalivom in odprtim morjem. Kaj se dogaja med bibavico? Ko je na odprtem morju zaradi plime gladina vode visoka, teče morska voda v zaliv. Ko je gladina vode na odprtem morju zaradi oseke najnižja, voda izteka iz zaliva na odprto morje. Zaradi bibavice teče voda v ožini zaliva najprej v eni, pozneje pa v nasprotni smeri. Rečemo lahko, da teče skozi ožino izmeničen vodni tok.
Tudi skozi električne vodnike lahko teče električni tok enkrat v eno, drugič v drugo smer. Takšen električni tok imenujemo izmenični tok. Čeprav teče električni tok iz baterije vedno le v eni smeri, bomo v naših vezjih srečali primere, ko skozi nekatere elemente v električnem vezju električni tok teče najprej v eni, nato v drugi smeri. Povedano z drugimi besedami, skozi te elemente bo tekel izmenični električni tok.

FREKVENCA

Pri izmeničnem toku lahko preštejemo, kolikokrat se v sekundi zamenja smer električnega toka. Število sprememb smeri v eni sekundi imenujemo frekvenca. Po nemškem fiziku Heinrichu Hertzu, ki je preučeval izmenične tokove, imenujemo enoto za frekvenco hertz (Hz).
Spomnite se poglavja, v katerem smo govorili o osnovnih merskih enotah. Tam smo omenili, da vse druge merske enote lahko izpeljemo iz osnovnih enot. Med osnovnimi enotami ni enote za frekvenco.
In kako jo iz osnovnih enot lahko izpeljemo?
Frekvenca je število sprememb v sekundi. Za "število sprememb" ni enote, za sekundo pa imamo osnovno enoto. Enoto frekvence lahko izrazimo kot:
enota za frekvenco = enota za število sprememb / enota za čas

Hz=1/s

To je bil primer enostavne povezave med enotami merskega sistema. Do nekaterih drugih enot (npr. volta ali ohma) pot ni tako enostavna. Če ima kakšen izmenični signal nizko frekvenco, potem rečemo, da je to nizkofrekvenčni signal. Električni tok, ki teče skozi navitje v zvočniku, je nizkofrekvenčen. Zvok, ki ga slišimo, ima frekvenco med 16 Hz in 20 kHz. Električne signale takšnih frekvenc imenujemo nizkofrekvenčni signali. Električni tok, ki teče skozi antenski vodnik med anteno in televizijskim sprejemnikom, je visokofrekvenčen. Če bomo imeli v naših vezjih opravka z izmeničnimi signali, bodo to nizkofrekvenčni signali.

UPOR

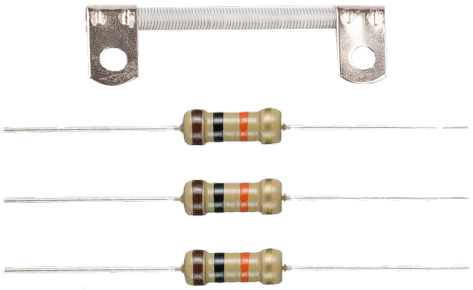
Upor je običajno narejen v obliki keramične cevke, na katero je nanesena uporovna plast (npr. grafit ali kovina). Na konca cevke sta pritrjeni žički, s katerima priključimo upor v vezje. Zunanji videz in električni simbol za upor sta prikazana na sliki f in g.
Če bi želeli lastnosti upora ponazoriti z obnašanjem tekočin, bi si upor predstavili kot zožitev v cevi, skozi katero teče voda. Bolj bo cev zožena, težje bo tekočina tekla skozi to zožitev.
Tok skozi upor je odvisen od napetosti na priključkih in od upornosti samega upora. Višja je napetost, več toka steče skozi upor. Pri enaki napetosti steče več toka skozi upor z manjšo upornostjo.
Pomen zgornje povedi bi z enačbo ponazorili tako:

I =U/R

kjer je I tok skozi upor, U je napetost na priključkih upora, R pa upornost. Enačbo lahko napišemo tudi v drugačni obliki:

U=IxR

Po nemškem fiziku Georgu Simonu Ohmu, ki je preučeval razmerja med tokom, napetostjo in uporom v električnem tokokrogu, ta zakon imenujemo Ohmov zakon.
Merska enota za električni upor je ohm (beri: om), ki jo sicer označujemo z veliko grško črko omega (Ω). Tako kot pri drugih enotah, tudi tukaj za večje vrednosti uporabljamo predpone kilo- in mega-: 1 kiloohm je tisoč ohmov, 1 megaohm pa je milijon ohmov. Ker so upori po svoji velikosti majhni, bi se na njih napisane številke zlahka izbrisale ali poškodovale in njihovo odčitanje bi postalo težavno. Zaradi tega so vrednosti uporov najpogosteje označene z barvnimi obroči.



Slika f - Upori

Slika g - Simbol za upor

KAKO PA BEREMO TE OZNAČBE?

Upor vzamemo v roko tako, da so barvne črte bliže levi strani upora. Če je na uporu narisano več črt, potem naj bo širša črta na desni strani. Na uporu je lahko tri do pet črt. Če so več kot tri črte, pomeni desna črta natančnost izdelave.
Če imamo na uporu tri ali štiri črte, prvi dve predstavljata številke, tretja pa število ničel, ki jih je treba dodati k prebranima številkama. Če pa je črt pet, potem so številke podane s prvimi tremi črtami, četrta pa predstavlja število ničel.

Pomen barv je tak:

0	črna	
1	rjava	
2	rdeča	
3	oranžna	
4	rumena	
5	zelena	
6	modra	
7	vijoličasta	
8	siva	
9	bela	

Z enakimi barvami je podano tudi število ničel, ki jih je treba dodati k prebranim številkam.

0	nobena	
1	ena	
2	dve	
3	tri	
4	štiri	
5	pet	
6	šest	
7	sedem	
8	osem	
9	devet	

Za označevanje uporov, manjših od 10 ohmov, je prebrana številčna vrednost že prevelika.
V tem primeru je treba dobljeno številčno vrednost deliti z deset ali sto.

deli z deset	zlata	
deli s sto	srebrna	

Zadnji (četrti oz. peti) obroč pove, kako natančno je narejen upor. Ko v tovarni izdelujejo upore (ali kakršnekoli druge elemente), niso vsi izdelki med seboj popolnoma enaki. Tako se vsi upori, ki naj bi imeli enako upornost, med seboj nekoliko razlikujejo. Če vzamemo škatlo uporov z upornostjo npr. 100 Ω in jim z ustreznim instrumentom izmerimo upornost, ugotovimo, da se izmerjene vrednosti nekoliko razlikujejo. Pri natančnejši izdelavi se te upornosti razlikujejo manj, pri manj natančni izdelavi pa bolj. Lahko si predstavljate, da so natančneje narejeni elementi dražji. Z ozirom na uporabo in ceno elementov se mora uporabnik sam odločiti, koliko natančno izdelane elemente potrebuje.
Proizvajalec uporov pogosto zagotavlja natančnost izdelka. Če je na uporu navedena natančnost izdelave, je le-ta označena s spodaj navedenimi barvnimi označbami.

± 10%	srebrna	
± 5%	zlata	
± l%	rjava	
± 2%	rdeča	
± 0,5%	zelena	
± 0,25%	modra	
± 0,1%	vijoličasta	
± 0,05%	siva	

Tako ima npr. upor, ki ima upornost 100 Ω in je izdelan z natančnostjo ± 10%, upornost zagotovo med 90 in 110 Ω.
Oglejmo si nekaj primerov.

Upor s tremi črtami: rjava, črna, rdeča.
Vrednost je: ena, nič, dve ničli: 1.000 Ω.

Upor s štirimi črtami: oranžna, oranžna, oranžna, zlata
Vrednost je: tri, tri, tri ničle: 33.000 Ω oz. 33 kΩ
Natančnost je ± 5%.

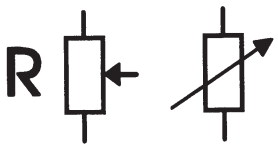
Upor s petimi črtami: rdeča, črna, zelena, zlata, (široka) rdeča.
Vrednost je: dva, nič, pet, deli z deset: 20,5 Ω.
Natančnost je ± 2%.

Če potrebujemo močnejši upor, potem je ta običajno večji po svoji velikosti. Zelo močni upori so narejeni tako, da je na keramično cevko navita uporovna žička. V naših vezjih takšnih uporov ne bomo uporabljali.

Včasih potrebujemo upor, ki mu zlahka spreminjamo vrednost. Mislimo si, da imamo na uporu drsni kontakt. Če kontakt premikamo, se med enim izmed priključkov in drsnim kontaktom upornost spreminja. Takšne spremenljive upore imenujemo potenciometri. V potenciometrih se uporovna plast nahaja na ploščici v obliki prstana. Drsnik je pritrjen na vrtljivo os. Primer rabe potenciometra imamo v vezju, s katerim nastavljamo glasnost na radijskem sprejemniku. Ker je ohišje potenciometra dovolj veliko, je upornost napisana s številkami kar na ohišju potenciometra, npr. 50k (50 kΩ).
Če želimo potenciometer uporabiti kot spremenljivi upor, ga v vezje vključimo tako, da uporabimo eno končno sponko in srednjo sponko, na katero je priključen drsnik potenciometra. Ko je os potenciometra zasukana tako, da je drsnik potenciometra zelo blizu tistega priključka, ki je uporabljen, je upornost med tem priključkom in drsnikom zelo majhna; lahko kar rečemo, da je nič. Ko je drsnik potenciometra zelo blizu tistega konca potenciometra, ki ni nikamor priključen, bo takrat med drsnikom in uporabljenim priključkom potenciometra uporovna plast prisotna z vso svojo dolžino. Takrat bo upornost med drsnikom in uporabljenim potenciometrskim priključkom največja možna za ta potenciometer. To je upornost, ki je navedena na ohišju potenciometra.

BARVA	št. 1	št. 2	št. 3	MNOŽITELJ	TOLERANCA
SREBRNA	-	-	-	10^{-2}	10 %
ZLATA	-	-	-	10^{-1}	5 %
ČRNA	0	0	0	1	-
RJAVA	1	1	1	10^{1}	1 %
RDEČA	2	2	2	10^{2}	2 %
ORANŽNA	3	3	3	10^{3}	-
RUMENA	4	4	4	10^{4}	-
ZELENA	5	5	5	10^{5}	5 %
MODRA	6	6	6	10^{6}	0,25 %
VIJOLA	7	7	7	10^{7}	0,1 %
SIVA	8	8	8	10^{8}	0,05 %
BELA	9	9	9	10^{9}	20 %

Ko potenciometer uporabljamo kot spremenljivi upor, sta uporabljena samo dva priključka: srednji in eden izmed končnih. Zato pogosto v stikalnih načrtih takšen spremenljivi upor označimo kot upor, čez katerega je narisana puščica. V splošnem velja, da puščica, narisana čez simbol elementa, pomeni, da je le-ta spremenljiv.
Na sliki h. sta prikazana shematski prikaz potenciometra in potenciometra, ki je uporabljen kot spremenljivi upor.



Slika h - Simbol za potenciometer

KRATKI STIK

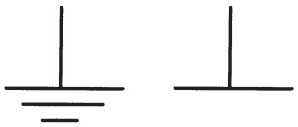
Upornost žice je, v primerjavi z upornostjo kateregakoli drugega elementa v vezju, zanemarljivo majhna oz. lahko kar rečemo, da je nič. Če vzporedno s kakšnim elementom postavimo žico, zaradi tega ves električni tok teče raje skozi žico kot skozi element. Lahko bi rekli, da je električni tok stekel po zanj enostavnejši oz. "krajši" poti. Zato takšno prevezavo imenujemo kratki stik.
Kratki stik imenujemo tudi prevezavo, ki smo jo naredili s tipko ali stikalom potem, ko smo tipko pritisnili ali stikalo sklenili.

ODPRTE SPONKE

Če na enem mestu vezje razklenemo, preneha obstajati pot, po kateri bi električni tok lahko tekel, kajti skozi zrak električni tok ne more teči. Takšno mesto imenujemo odprte sponke. Če je še samo en priključek kakšnega elementa v zraku, skozi ta element električni tok ne more teči.

MASA

Večkrat bomo uporabljali pojem "masa". V elektrotehniki ta pojem običajno predstavlja del vezja, ki je z žico priključen na negativni baterijski priključek. Npr. pri avtomobilu za vsak vodnik, ki je priključen na šasijo avtomobila, pravimo, da je priključen na maso. V naših vezjih bo pojem "masa" pomenil, da je to priključeno na negativni baterijski priključek.
Običajno se napetosti merijo med določeno točko in maso oz. negativnim baterijskim priključkom. Torej, če nekje piše, da je na kolektorju 9 V, pomeni, da je napetost merjena med tem kolektorjem in maso oz. negativnim baterijskim priključkom.
Simbol mase je narisan na sliki i.



Slika i - Simbol mase

KONDENZATOR

Kondenzator je narejen iz dveh vzporednih plošč, med katerima je plast snovi, ki ne prevaja električnega toka. Da bi bil kondenzator po svojih zunanjih dimenzijah manjši, je zvit podobno, kot so zvite papirnate brisače.
Sposobnost kondenzatorja, da vase sprejme določeno količino elektrine, imenujemo kapacitivnost. Po angleškem kemiku in fiziku Michaelu Faradayu imenujemo farad (F) enoto za kapacitivnost. Simbol za kapacitivnost je C. En farad je zelo velika enota, zato pogosteje uporabljamo mnogo manjše enote: mikrofarad (μF) je milijonti del farada, nanofarad (nF) je še tisočkrat manjši od mikrofarada. Številčna vrednost kapacitivnosti je najpogosteje kar številčno napisana na samem kondenzatorju.

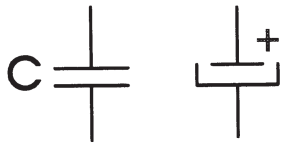
Kako bi ponazorili kondenzator pri naših poskusih z vodo? Če na konec cevi postavimo prazen balon, se ta napolni z vodo. Če cev odstranimo, začne iz balona brizgati voda. Večji je balon, več vode gre vanj. Če je zgornja posoda postavljena više, gre v balon prav tako več vode.

Pri kondenzatorju bi lahko rekli, da višina zgornje posode ustreza napetosti na sponkah kondenzatorja, velikost balona je kapacitivnost, količina vode, ki jo lahko spravimo v balon, pa je elektrina. Kapacitivnost kondenzatorja je

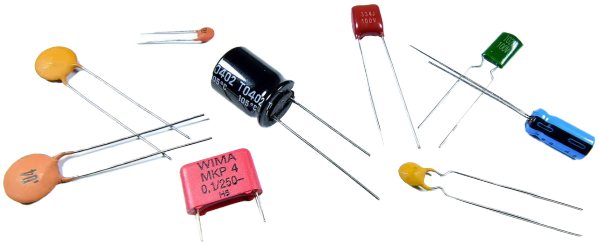
C=Q/U

kjer sta Q elektrina (v coulombih, C), ki je na ploščah kondenzatorja, U pa napetost na sponkah kondenzatorja (v voltih, V). Če ima kondenzator večjo kapacitivnost, gre vanj pri isti napetosti več elektrine.

Kondenzatorji, ki jih bomo uporabili v naših poskusih, so različnih oblik in velikosti. Eni so v obliki tabletk, ki imajo na obeh ploskvah žičke. To so keramični kondenzatorji. Drugi imajo obliko plastičnih valjčkov ali kockic. Ti imajo v svoji notranjosti zvite folije in so zaliti v ohišju. Tretja izvedba so elektrolitski kondenzatorji. Zanje je značilno to, da ni vseeno, kako jih priključimo. Na ohišju elektrolitskega kondenzatorja je posebej navedeno, kateri priključek gre na pozitivno, kateri pa na negativno napetost v vezju.
Na ohišju elektrolitskega kondenzatorja je navedeno tudi, kolikšno napetost prenese. Če ga priključimo na višjo napetost, je elektrolitski kondenzator zelo hitro uničen.
Elektrolitski kondenzatorji imajo kapacitivnost več mikrofaradov. Shematski prikaz ter zunanji videz navadnega in elektrolitskega kondenzatorja sta prikazana na sliki j in k.



Slika j - Simbol navadnega in elektrolitskega kondenzatorja

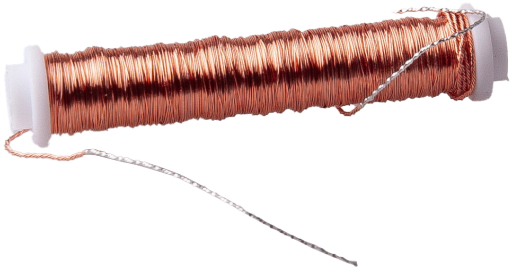


Slika k - Kondenzatorji

TULJAVA

Tuljava je pravzaprav dolga žica, navita na nosilec. Če skozi tuljavo teče električni tok, se tuljava obnaša kot magnet. To lahko vidimo tako, da tuljava, skozi katero teče tok, pritegne majhne železne koščke, npr. žičke, matice in vijake.
Tuljava se upira spremembi toka, ki teče skoznjo. Podobno se obnaša tudi dolga, navita cev, skozi katero teče voda. Če je cev dolga, je v njej mnogo vode. Ko začetek cevi odstranimo z ventila na zidu, voda še nekaj časa izteka, šele nato se umiri in neha teči.

Lastnost tuljave je induktivnost. V počastitev angleškega fizika Josepha Henryja imenujemo enoto za induktivnost henry (H.) Simbol za induktivnost je L. Slika tuljave in njen električni simbol sta prikazana na slikah I in m.



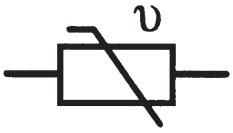
Slika l - Tuljava

Slika m - Simbol tuljave

TERMISTOR

Termistor je posebna izvedba upora. Zanj je značilno, da se njegova upornost zelo spremeni, če ga segrejemo. Z ozirom na to ali se zaradi segrevanja upor zmanjša ali poveča, pravimo, da ima termistor negativen ali pozitiven temperaturni koeficient. Upornost termistorja se podaja pri sobni temperaturi (20° C). V našem kompletu je priložen termistor, kateremu z naraščanjem temperature upornost pada.

Po svoji zunanjosti so termistorji pogosto podobni keramičnim kondenzatorjem. Upornost je označena ali številčno ali z barvami tako, da je prva barvna označba na mestu, ki je nasproti priključnim žicam. Električni simbol in zunanji videz termistorja sta prikazana na slikah n in o.



Slika n - Simbol termistorja

Slika o - Termistor

ŽARNICA

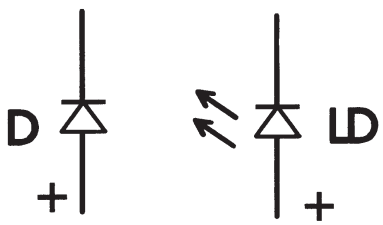
V kompletu je tudi žarnica, ki jo bomo uporabljali v naših poskusih. Električni simbol za žarnico je prikazan na sliki p, zunanji videz žarnice z okovom pa na sliki s.

Žarnica z žarilno nitko je izum, s katerim sta približno v istem času zaslovela izumitelja: Američan Thomas Alva Edison in Anglež Sir Joseph Wilson Swan.

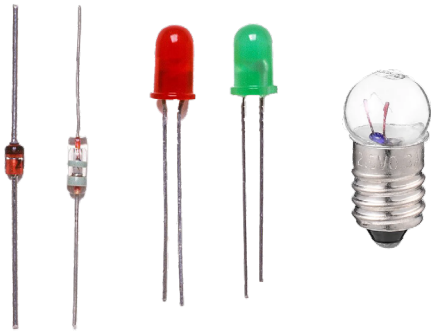
Slika p - Simbol žarnice

POLPREVODNIŠKA DIODA

Polprevodniška dioda izkorišča lastnost snovi, ki prevajajo električni tok le v določenih pogojih.
Za polprevodniško diodo je značilno, da električni tok prevaja v eni smeri, v drugi pa ne. Zato moramo pri priključevanju diode v vezje paziti na to, da je dioda obrnjena v pravo smer. Na diodi je posebej označeno, v kateri smeri bo prevajala električni tok. Pozitivni priključek diode imenujemo anoda, negativnega pa katoda. Skozi diodo tok teče takrat, ko anodo priključimo na pozitivni, katodo pa na negativni pol baterije.
Če je dioda narejena v obliki valjčka, je običajno katoda označena z barvno črto ali pa je na telesu diode narisan simbol diode.
Posebna inačica diod so svetleče se diode. Ko skozi svetlečo diodo teče električni tok, le-ta sveti. Svetleče diode so narejene tako, da oddajajo svetlobo različnih barv, npr. rdečo, zeleno ali rumeno. Pri svetlečih diodah je katodni priključek krajši, obroček ohišja diode pa je na katodni strani odrezan.
Različni tipi diod, svetleče diode in ustrezni električni simboli so prikazani na slikah r in s.



Slika r - Simbol diode in svetleče diode



Slika s - Prikaz žarnice in diod

TRANZISTOR

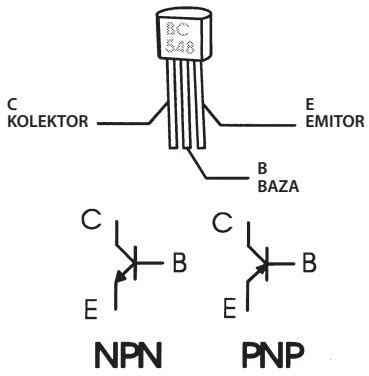
Tranzistor je sad raziskovalnega dela v raziskovalnih laboratorijih ameriškega podjetja Bell. Izumili so ga leta 1948 Walter H. Brattain, John Bardeen in William Shockley. Izum tranzistorja je sprožil plaz nezadržnega razvoja elektronike, katerega priče smo tudi mi danes. Tranzistor je polprevodniški element s tremi priključki. Značilno zanj je, da se njegova upornost zelo spreminja v odvisnosti od toka, ki teče skozi krmilni priključek.

Kako bi obnašanje tranzistorja ponazorili s pretakanjem vode skozi cevi? Denimo, da je v cevi postavljen ventil. Vzmet drži ventil zaprt. Na osi ventila je dolga ročica, na kateri je posodica z luknjo, skozi katero lahko odteka voda. Skozi tanko cevko pripeljemo iz zgornje posode vodo v to posodico. Posodica se napolni in ročica se počasi premika ter tako odpre ventil v debeli cevi. Skozi to cev sedaj lahko steče mnogo vode. Ko zapremo tanko cevko, iz posodice izteče voda, vzmet obrne ročico in ventil se zapre. Z majhno količino vode lahko uravnavamo pretok vode skozi debelo cev.

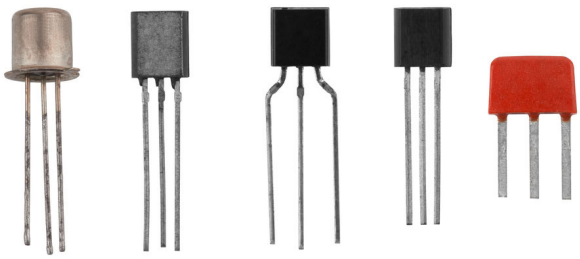
Debelo cev smo do ventila pripeljali iz vsebnika. To mesto na ventilu imenujmo kolektor. Pretok vode v debeli cevi smo uravnavali s pretokom vode skozi tanko cev do majhne posode. Majhno posodo poimenujmo baza. Iz našega ventila in posodice voda odteka v skupino posodo (imenujmo jo emitor), od to voda teče v spodnjo, zbiralno posodo.

Pri polprevodniškem tranzistorju so ustrezni trije priključki imenovani kolektor, baza in emitor. Na ohišjih tranzistorjev so priključki le poredkoma posebej označeni. Če je to tako, je običajno označen emitor. Razporeditev priključnih nogic ni enaka pri vseh tranzistorjih, zato ne moremo vedno reči, da je baza srednji priključek, kot je to prikazano na sliki t.. Da bi ugotovili, kakšna je razporeditev kontaktov, je vedno potrebno pogledati v katalog, v katerem so navedene lastnosti tranzistorja.
Na sliki u. je prikazano nekaj različnih tipov tranzistorjev. Na sliki t je narisana tudi razporeditev nogic za tranzistor BC548, kakršen je v našem kompletu (trije kosi).

Prikazan je tudi simbol tranzistorja. Debela črta predstavlja bazo. Iz nje gre poševna črta, ki predstavlja kolektor. Tretja črta ima na sebi puščico. Smer puščice kaže smer toka skozi tranzistor. Če je puščica obrnjena stran od baze, teče tok z emitorskega priključka ven in takrat gre za t.im. tranzistor NPN. Če je puščica obrnjena v bazo, gre za t.im. tranzistor PNP. Princip delovanja obeh je enak, le da tokovi tečejo v nasprotnih smereh. V našem kompletu so le tranzistorji NPN.



Slika t - Simbol tranzistorja



Slika u - Različni tipi tranzistorjev

MONTAŽNA PLOŠČA

Vse poskuse, opisane v tej knjigi, bomo naredili na priloženi montažni plošči. Izdelava plošče ne zahteva uporabe spajkalnika, izvijača ali klešč. Vse povezave lahko naredite z rokami.

V montažni plošči so narejene luknje. Pri sestavljanju vezja pazljivo poglejte, kakšna je razporeditev kontaktov na prikazani risbi. Na ustrezna mesta nato vtaknite vzmetne sponke tako, kot je to prikazano na sliki v.

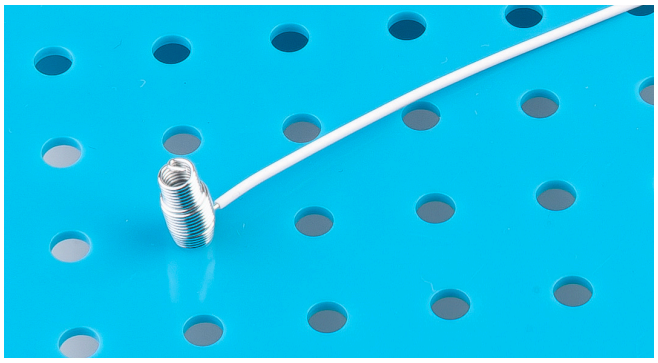
Če gre žica samo skozi en ovoj na vzmeti, bo lahko hitro izpadla iz vzmetne sponke in vezje ne bo delovalo. Zato naj gre žica skozi vzmet tako, da sta med vstopnim in izstopnim mestom na vzmeti vsaj dva ovoja. Razumljivo je, da mora biti žica, ki ste jo vtaknili v vzmet na tem mestu brez izolacije. Žico, ki je pravilno vtaknjena v vzmetno sponko, lahko vidite na sliki z. Pazljivo pripravite element, ki ga mislite priključiti. Nikoli ne zvajajte žice tik ob samem elementu. Po nekajkratnem zvijanju priključna žička na tem mestu poči in element je neuporaben.

Da baterija s svojo težo ne bi za sabo vlekla celotnega vezja, jo pritrdite na osnovno ploščo. V ta namen lahko uporabite priloženi material (žičke in vzmetne sponke).

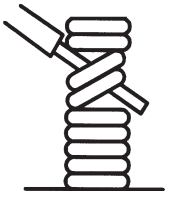
Tako. Končali smo s spoznavanjem osnovnih sestavnih delov elektronskih vezij. Sedaj začnimo s sestavljanjem vezij. Pri vsakem vezju si najprej dobro oglejte, kako je vezje narejeno. V kompletu poiščite vse potrebne sestavne dele. Vzmetne sponke razporedite tako, kot je razvidno na prikazu vezja. Dobro si oglejte podobnosti med prikazom vezja in shematskim prikazom stikalnega načrta.

Nato se lotite sestavljanja vezja. Najprej postavite vzmetne sponke. Nato žice, stikala, upore, kondenzatorje itd. Polprevodniške elemente priključite na koncu. Pred priključevanjem baterije še enkrat preverite, če ste pravilno priključili vse elemente. Pazite na to, kako priključite polprevodniške elemente in elektrolitske kondenzatorje!

Če niste naredili napake, vezje deluje, če ne, takoj odklopite baterijo in poskusite poiskati, kaj je temu vzrok.



Slika v - Vstavljanje žice v vzmetno sponko



Slika z - Vstavljanje vzmetnih sponk v montažno ploščo

Želimo vam obilo zabave in veselja!

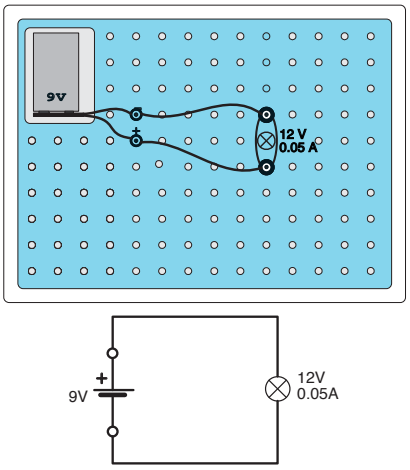
VEZJA

1. ENOSTAVNI ELEKTRIČNI TOKOKROG

Vstavite žarnico v okov. S priključnimi žicami jo povežite z baterijo tako, kot je prikazano na sliki 1. Nato priključite še baterijo. Električni tok bo stekel s pozitivnega pola baterije skozi žico do žarnice, skozi žarnico, nato še skozi drugo žico na negativni pol baterije. Žarnica bo svetila toliko časa, dokler se baterija ne bo izpraznila ali dokler vi sami ne boste prekinili električnega tokokroga.

Pripomočki: baterija 9V, 4x7, 14, 35, 38, 2x68

Fig. 1

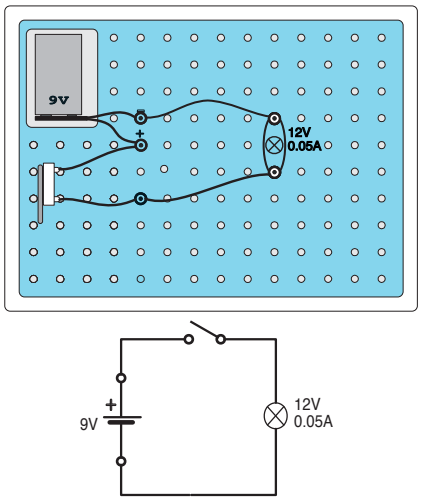


2. ELEKTRIČNI TOKOKROG S STIKALOM

Dodajte eno vzmetno sponko in v tokokrog vključite še stikalo. Sedaj bo žarnica svetila samo tedaj, ko bo stikalo vključeno.

Pripomočki: baterija 9V, 5x7, 14, 35, 38, 54, 2x68

Fig. 2

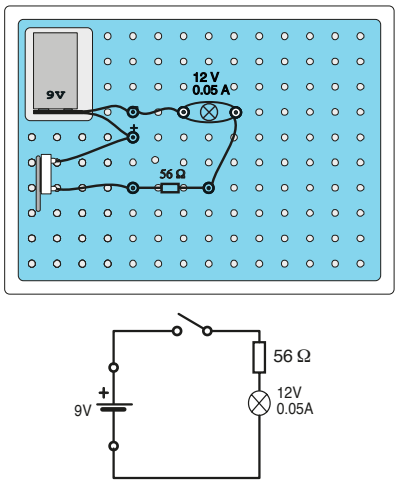


3. ZAPOREDNA VEZAVA DVEH ELEMENTOV

Na montažno ploščo dodajte še eno vzmetno sponko. Spremenite tokokrog tako, da je med stikalo in žarnico vstavljen upor 56 W. Ko pritisnete tipko, bo žarnica svetila, vendar mnogo šibkeje kot v prejšnjem primeru.

Pripomočki: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 3



4. ALI JE POMEMBNO, KAKO PRIKLJUČIMO UPOR?

V prejšnjem vezju obrnite upor tako, da bosta priključka med seboj zamenjana. Ko pritisnete tipko, bo žarnica svetila enako kot v prejšnjem primeru. Ugotovimo lahko, da je v električnih vezjih vseeno, kako obrnemo upor.
Če pogledate električno shemo, je le-ta enaka kot v prejšnjem primeru. Na električni shemi ni posebej označeno, kako mora biti upor obrnjen. To pomeni, da za delovanje vezja to ni pomembno.

Pripomočki: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

5. ALI JE POMEMBNO, KAKO PRIKLJUČIMO ŽARNICO?

Naredimo poizkus, podoben prejšnjemu. Med seboj zamenjajte priključka žarnice. Tudi pri žarnici je vseeno, kako jo priključimo v vezje. Na električni shemi ni posebej označeno, kako mora biti žarnica obrnjena, priključni sponki žarnice pa nista posebej označeni. To pomeni, da je za delovanje vezja to nepomembno.

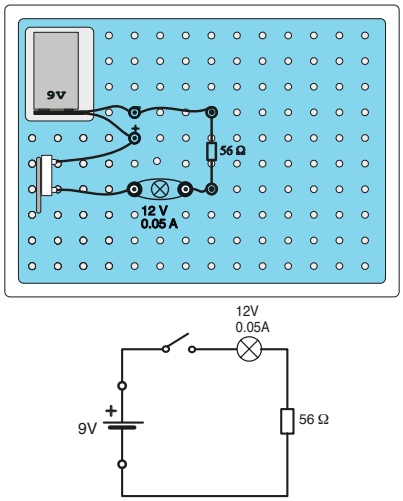
Pripomočki: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

6. ALI JE POMEMBEN VRSTNI RED ZAPOREDNO VEZANIH ELEMENTOV?

V vezju (Slika 6) sestavljajo tokokrog baterija, stikalo, upor in žarnica. Zamenjajte med seboj katerakoli dva elementa in ponovno preizkusite vezje. Obnašalo se bo enako kot v prejšnjem primeru. Ne glede na to, kako razporedimo elemente, teče električni tok s pozitivnega baterijskega priključka po vrsti skozi vse elemente vezja, ki so v sklenjenem tokokrogu. Če je v električnem tokokrogu zaporedno vezanih več elementov, je za delovanje električnega vezja vrstni red zaporedno vezanih elementov nepomemben.

Pripomočki: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 6

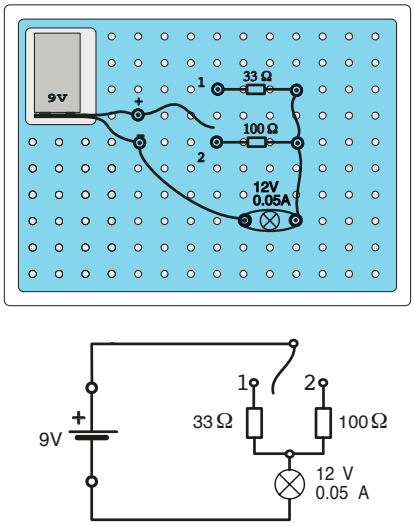


7. TOK SKOZI UPOR

Žička s pozitivnega baterijskega priključka naj bo v zraku. Žarnica ne bo svetila, ker tokokrog ni sklenjen. Z žičko se dotaknite vzmetne sponke št. 1 in žarnica bo zasvetila. Dotaknite se z žičko vzmetne sponke št. 2. Žarnica bo tudi v tern primeru zasvetila, vendar nekoliko šibkeje.
Žarnica sveti močneje, kadar skoznjo teče večji tok. Od tod sledi, da teče skozi žarnico večji tok takrat, ko ste se z žičko dotaknili sponke št. 1. V prvem primeru je tok stekel skozi upor 33 Ω, nato skozi žarnico in nazaj v baterijo. V drugem primeru je razlika le v tem, da je sedaj v tokokrogu upor 100 Ω. Če je kje vzrok temu, da je v drugem primeru iz baterije tekel manjši tok, je to lahko le v vrednosti upora. V drugem primeru je le-ta večja!

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 53, 55, 4x68

Fig. 7



8. TOKOKROG Z NASTAVLJIVIM ELEKTRIČNIM TOKOM

Sestavite vezje kot je prikazano na sliki 8. Vključite stikalo, zavrtite os potenciometra levo-desno. Ko je upor potenciometra najmanjši, žarnica najmočneje sveti. Spomnite se Ohmovega zakona: pri isti napetosti bo tok večji, če je upornost manjša. Kaj pa v tokokrogu predstavlja upor? To so vse žice, upornost žarnice in upornost potenciometra. Ko je stikalo vključeno, je upornost nič. Upornost priključnih žic je v primerjavi z upornostjo uporov in žarnice zanemarljivo majhna, zato je v obravnavi ne bomo upoštevali.
Tok, ki teče skozi žarnico, je enak tistemu, ki teče skozi potenciometer.
Ohmov zakon velja vedno, tako za žarnico kakor tudi za potenciometer. Naj bo upornost celotnega tokokroga R, upornost žarnice RŽ, upornost potenciometra pa Rp.
Če je napetost baterije U, potem velja

U = I x R

kjer je I tok skozi vezje, R pa upornost celotnega tokokroga. Na potenciometru je napetost

$U_p = I \times R_p$

na žarnici pa napetost

$U_ž = I \times R_ž$

Napetost baterije se razporedi na potenciometer in žarnico. Napetost baterije je enaka vsoti napetosti na potenciometru in žarnici.

$U = U_p + U_ž$

Če bi v tokokrogu imeli več uporov, bi bila napetost na bateriji enaka vsoti napetosti na vseh uporih v tokokrogu. Po fiziku Gustavu Robertu Kirchoffu imenujemo to pravilo Kirchoffov zakon za napetosti oz. drugi Kirchoffov zakon.
Zgornjo enačbo lahko zapišemo tudi na takšen način.

$I \times R = I \times R_p + I \times R_ž$

Če levo in desno stran enačbe delimo z I, ostane enačba še naprej veljavna, le da ima sedaj obliko

$R = R_p + R_ž$

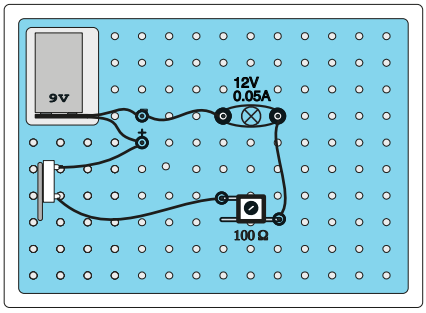
Torej: celotna upornost zaporedno vezanih elementov v tokokrogu je enaka vsoti vseh uporov, ki so v tokokrogu.
Če se spreminja vrednost potenciometra Rp, se spreminja celotna upornost v tokokrogu in s tem tudi električni tok v tokokrogu. Zaradi tega se spreminja tudi svetilnost žarnice.
Spomnimo se zgodbe o posodi z vodo, zaporedno vezavo dveh uporov (kajti žarnico si lahko predstavljamo tudi kot upor) bi si lahko zamislili takole: iz zgornje posode teče voda skozi prvo cev, iz le-te pa v drugo, iz katere teče voda v spodnjo posodo.
Včasih se zgodi, da nimamo upora z zahtevano upornostjo. Če imamo dva upora, katerih vsota upornosti ustreza iskani, ju lahko vežemo zaporedno in tako priključimo v vezje. Nadomestno upornost lahko sestavimo iz poljubnega števila zaporedno vezanih uporov. Pri tem velja, da je celotna upornost enaka vsoti upornosti vseh zaporedno vezanih uporov v verigi:

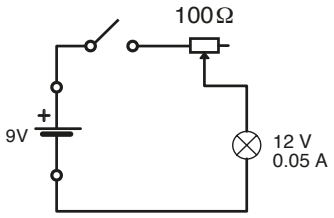
R = R1 + R2 + R3 ...

R je nadomestna upornost vseh zaporedno vezanih uporov skupaj. R1, R2, R3... pa so upornosti posameznih uporov.
Upornost celotne verige zaporedno vezanih uporov je vedno večja od upornosti upora, z največjo upornostjo.

Pripomočki: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 50, 68, 2x68

Fig. 8





9. DELITEV NAPETOSTI NA DVEH ZAPOREDNO VEZANIH UPORIH

V vezju na sliki 9 sta dva upora vezana zaporedno. Žička, ki je priključena na vzmetno sponko št. 3, naj ima drugi konec v zraku.
Skupna upornost zaporedno vezanih uporov je:

R = R1 + R2
oz.
R = 56 Ω + 33 Ω
ali
R = 89 Ω

Skupna upornost zaporedno vezanih uporov je večja od upornosti največjega izmed zaporedno vezanih uporov.

Tok, ki iz baterije teče skozi zaporedno vezana upora, je po Ohmovem zakonu:

U = I x R

Če zgornjo enačbo na obeh straneh delimo z R, dobimo:

I = U/R

Naprej sledi:

I = 9 V/89 Ω

Ali približno:

I = 0,1 A

Izračunajmo napetost na posameznih uporih. Že spet uporabimo Ohmov zakon:

U = I x R

Označimo napetosti na uporih R1 in R2 kar U1 in U2. Tako velja:

U_1= R_1 x I

Oziroma:

U_1= 0,1 A x 56 Ω

U_1= 5,6 V

Podobno velja:

U_2=I x R_2

U_2= 0,1 x 33

U_2= 3,3 V

Napetost na bateriji je enaka vsoti napetosti na obeh uporih.

U= U_1 + U_2

U= 5,6 + 3,3

oziroma približno:

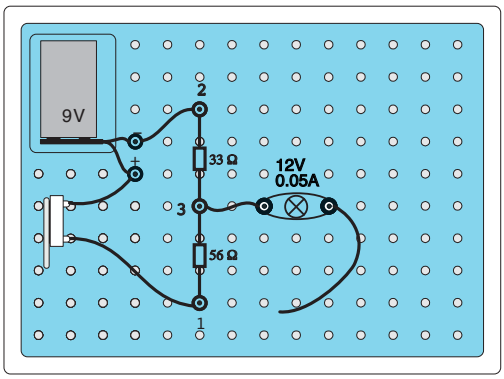
U= 9 V

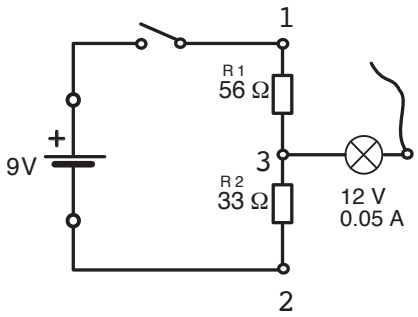
Napake pri izračunu lahko zanemarimo. Vzrok za nastanek teh napak je v tem, da smo številčno vrednost toka, ki teče iz baterije skozi upora, zapisali le približno.
Če imamo torej zaporedno vezana upora, bo na večjem uporu tudi višja napetost. Prepričajmo se o tem!

Konec žičke, ki je v zraku, prvič pritaknite na vzmetno sponko 1, drugič pa na vzmetno sponko 2. Ponovite to nekajkrat. V prvem primeru bo žarnica svetila močneje, v drugem pa šibkeje. To je razumljivo, kajti na prvem uporu je večji, na drugem pa manjši delež celotne baterijske napetosti.

Pripomočki: baterija 9V, 7x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 4x68

Fig. 9





10. TOKOKROG S SVETLEČO DIODO

V vezju imamo potenciometer z upornostjo 10 kΩ in z njim zaporedno vezan upor 1 kΩ. Pazite na to, kako ste obrnili svetlečo diodo! Za poskus vzemite rdečo svetlečo diodo.
Sučite os potenciometra levo-desno. Svetilnost svetleče diode se bo spreminjala.
Obrnite potenciometer tako, da dioda najmanj sveti. Sedaj imamo v vezju upor 1 kΩ in potenciometer z upornostjo 10 kΩ.
Skupna upornost obeh je 11 kΩ.
Obrnite potenciometer tako, da dioda sveti najmočneje. Drsnik potenciometra je sedaj v takšnem položaju, da sta drsnik in uporabljeni priključek potenciometra skupaj. Zato je upornost potenciometra najmanjša, lahko rečemo, da je kar nič. Skupna upornost upora in potenciometra je samo 1 kΩ.
Kar se dogaja, je v skladu z Ohmovim zakonom. Pri večjem uporu potenciometra je celotna upornost vseh zaporedno vezanih elementov (potenciometra, upora in diode; za stikalo lahko predpostavljamo, da ima upornost nič) večja. Zato bo tok, ki teče iz baterije manjši in dioda bo zato manj svetila.
Vezje bi lahko delovalo tudi brez upora 1 kΩ, vendar bi tedaj morali paziti, da ne bi bil drsnik potenciometra nikoli v položaju, ko bi bila upornost potenciometra nič.
V takšnem primeru bi skozi diodo stekel zelo velik električni tok, kar bi bilo za svetlečo diodo pogubno: svetleča dioda bi pregorela. Da bi pri uporabi tega vezja ne imeli takšnih skrbi, smo namenoma v zaporedno vezje s potenciometrom vstavili še en upor. Skupna upornost upora in potenciometra ne bo nikoli nič. Svetleča dioda bo tako varna pred prevelikim tokom.
V katerem vezju teče iz baterije večji tok: v tem ali v onem z žarnico? Seveda, v onem z žarnico, kajti po ohmovem zakonu bo pri isti napetosti baterije zaradi manjšega upora tok večji, saj velja

I= U/R

Če bi ju pustili priključene dolgo časa, kaj bi dlje časa svetilo: žarnica ali svetleča dioda? Svetleča dioda, seveda. Ker je za žarnico potreben večji tok, se bo baterija prej izpraznila. Svetujemo, da tega ne preverjate, ker bi morali za nadaljnje poskuse kupiti novo baterijo.

Pripomočki: baterija 9V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

Fig. 10

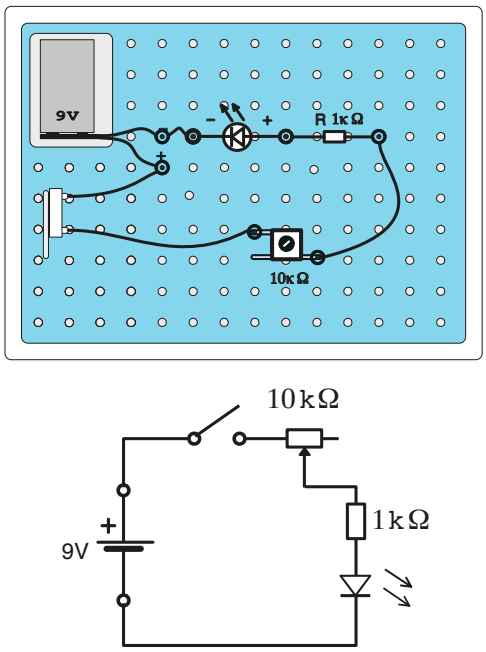
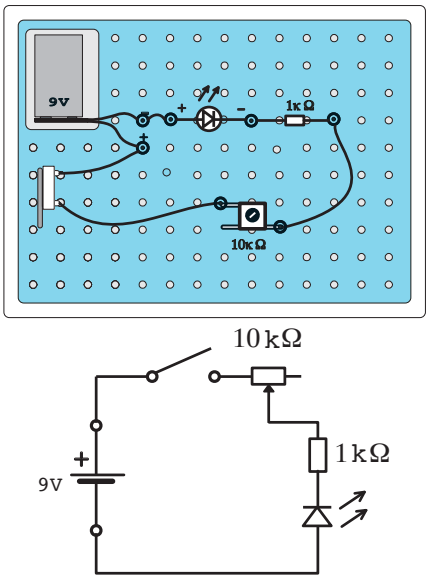


Fig. 11

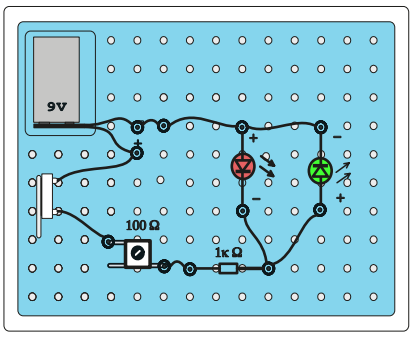


11. ALI JE POMEMBNO, KAKO PRIKLJUČIMO SVETLEČO DIODO?

Zamenjajte med seboj priključka svetleče diode. Ko pritisnete tipko, dioda ne bo svetila. Zakaj?
Spomnite se opisa diode. Skozi diodo teče električni tok samo v eni smeri. Če je v električnem vezju svetleča dioda obrnjena narobe, skozi njo ne bo mogel teči električni tok in zato ne bo svetila.
V splošnem si velja zapomniti, da je za polprevodniške diode zelo pomembno, kako jih priključimo. Če dioda ni pravilno obrnjena, vezje ne bo delovalo, v skrajnem primeru obstaja tudi možnost, da zaradi takšne neprevidnosti dioda (ali kateri drugi element v vezju) pregori. Zato pred priključevanjem vezja s polprevodniškimi diodami na električno napetost vedno preverite, če je dioda pravilno obrnjena.

Pripomočki: baterija 9V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

Fig. 12



12. VEZJE Z DVEMA NASPROTNO OBRNJENIMA SVETLEČIMA DIODAMA

V zgornje vezje dodajte še drugo (zeleno) svetlečo diodo. V vezje jo priključite tako, da je sicer priključena vzporedno z diodo, ki je že bila v vezju, vendar jo obrnite v nasprotno smer. Pritisnite tipko. Rdeča svetleča dioda bo svetila enako kot prej. Zelena svetleča dioda je obrnjena tako, da skoznjo ne more teči električni tok in zato dioda ne sveti. Sedaj med seboj zamenjajte priključni žici, s katerima je baterija priključena v vezje. Pritisnite tipko. Svetila bo zelena dioda. Ker sta baterijska priključka med seboj zamenjana, teče električni tok v nasprotni smeri. Tok lahko teče sedaj skozi zeleno diodo, kajti rdeča svetleča dioda je obrnjena v zaporni smeri.

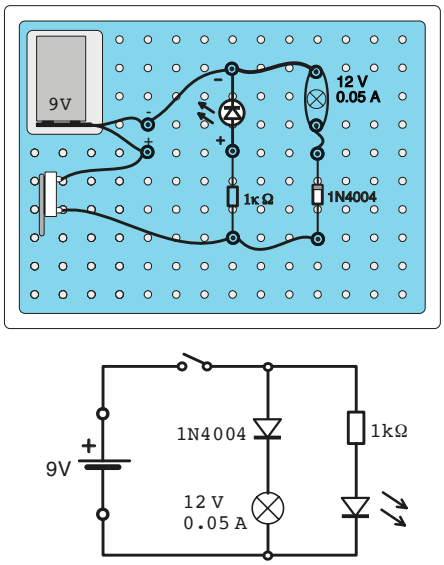
Pripomočki: baterija 9V, 9x7, 38, 40, 43, 44, 50, 57, 4x68, 69

13. VEZJE Z ŽARNICO IN SVETLEČO DIODO (1)

Vezje je narejeno tako, da lahko tok teče skozi dve vzporedno vezani veji vezja. V eni veji sta zaporedno vezani žarnica in navadna dioda, v drugi pa upor in svetleča dioda. Ko pritisnemo tipko, svetita žarnica in dioda.

Pripomočki: baterija 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 13

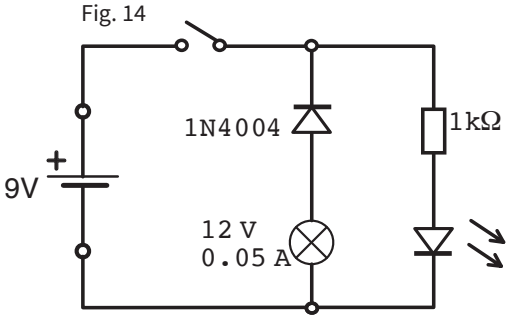


14. VEZJE Z ŽARNICO IN SVETLEČO DIODO (2)

Obrnite navadno diodo tako, da med seboj zamenjate priključka te diode. Sedaj bo svetila samo svetleča dioda.
To je razumljivo, saj skozi vejo, v kateri je žarnica, ne teče električni tok, kajti skozi tako postavljeno diodo električni tok ne more teči.

Pripomočki: baterija 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 14

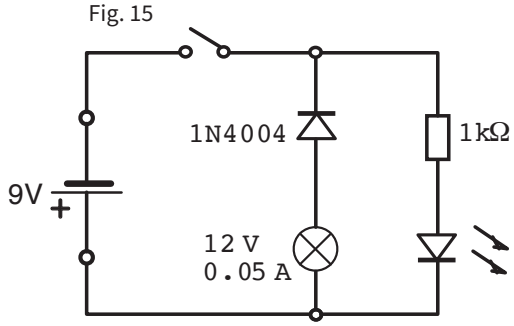


15. VEZJE Z ŽARNICO IN SVETLEČO DIODO (3)

Sedaj sta navadna in svetleča dioda obrnjeni v nasprotni smeri. Zamenjajte med seboj priključni žici baterije. Svetila bo žarnica, svetleča dioda pa ne. Svetleča dioda je v vezju obrnjena tako, da skoznjo ne more teči tok in zato ne sveti. Od tega, kako je priključena baterija, je odvisno, ali bo svetila svetleča dioda ali žarnica.

Pripomočki: baterija 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 15

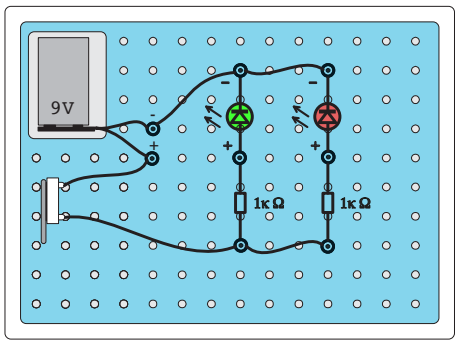


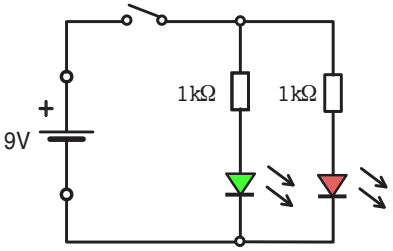
16. VZPOREDNA VEZAVA

V vezju sta sedaj dve veji: ena z rdečo, druga z zeleno svetlečo diodo. Pazite na polariteto svetlečih diod!
Če je vezje pravilno sestavljeno, bosta obe diodi svetili približno enako močno. Tok teče s pozitivnega pola baterije, nato se loči na dva dela: eden gre skozi zeleno, drugi skozi rdečo svetlečo diodo.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 43, 44, 2x57

Fig. 16





17. SPREMEMBA TOKA V VEJI VZPOREDNEGA VEZJA

V vezje vstavite še eno vzmetno sponko. Prekinite eno vejo vezja tako, da med upor l kΩ in rdečo svetlečo diodo vstavite potenciometer 10 kΩ. Priključite vezje na baterijo. Ko zasučete upor, se svetilnost rdeče diode spremeni, svetilnost zelene svetleče diode pa ne. Električni tok teče s pozitivnega priključka na bateriji skozi vodnik, nato pride do mesta, kjer se loči na dva dela: en del teče skozi upor in zeleno svetlečo diodo, drugi pa skozi upor, potenciometer in rdečo svetlečo diodo. Upornost veje, v kateri je potenciometer, je vsekakor večja. Zato skoznjo teče manjši tok, in zelena svetleča dioda sveti šibkeje. Označimo tok, ki teče iz baterije, z I. Naj bo tok, ki teče skozi upor in zeleno svetlečo diodo Iz, celotna upornost te veje pa Rz. Naj bo tok, ki teče skozi upor, potenciometer in rdečo svetlečo diodo Ir, celotna upornost te veje pa Rr.
Potem velja

$$I = I_z + I_r$$

Z drugimi besedami povedano, tok, ki teče iz enega vodnika v več vzporedno vezanih vej, je enak vsoti vseh tokov v posameznih vejah. To je Kirchoffov zakon za tokove oz. prvi Kirchoffov zakon.
Za celotno vezje velja

$$I = U/R$$

kjer je R upornost celotnega vezja.
Tok skozi zeleno diodo je

$$I_z = U/R_z$$

kjer je Rz upornost celotne veje z zeleno diodo. Tok skozi rdečo svetlečo diodo pa

$$I_r = U/R_r$$

kjer je Rr upornost celotne veje, v kateri je rdeča svetleča dioda. Tako lahko sedaj po prvem Kirchoffovem zakonu zapišemo

$$I = I_z + I_r$$

oziroma

$$U/R = U/R_z + U/R_r$$

Napetost baterije je enaka napetosti na obeh vejah. Ko enačbo delimo z U, bo enačba še vedno veljavna, dobila pa bo novo obliko:

$$1/R = 1/R_z + 1/R_r$$

izraženo z besedami: recipročna vrednost celotne upornosti v vezju je enaka vsoti recipročnih vrednosti upornosti posameznih vzporedno vezanih vej.
Če desno stran enačbe spravimo na skupni imenovalec in enačbo obrnemo, dobimo isti izraz zapisan nekoliko drugače:

$$R = R_z \times R_r/(R_z + R_r)$$

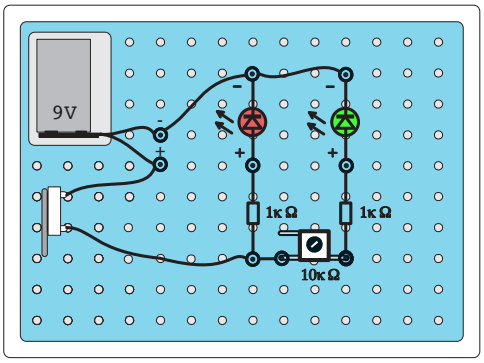
Če bi prvi Kirchoffov zakon hoteli ponazoriti z vodnimi tokovi, bi si to zamislili tako, kot da bi iz zgornje posode z vodo speljali cev, ki bi se nato ločila v dve cevi. Skoznju bi nato tekla voda v spodnjo posodo. Vodni tok, ki teče skozi eno cev, se loči na vodna tokova skozi vzporedno priključeni cevi.
Ker se voda nima kam zgubiti, je vsekakor količina vode (oz. tok), ki teče skozi zgornjo cev, enaka vsoti tokov skozi vzporedno vezani cevki.
Včasih se zgodi, da nimamo upora z zahtevano upornostjo, imamo pa upore, ki imajo večjo upornost. Če imamo dva upora, katerih vsota recipročnih upornosti ustreza iskani, ju lahko vežemo vzporedno in tako priključimo v vezje. Nadomestno upornost lahko sestavimo iz poljubnega števila vzporedno vezanih uporov. Pri tem seveda velja, da je recipročna vrednost celotne upornosti enaka vsoti recipročnih upornosti vseh uporov v verigi:

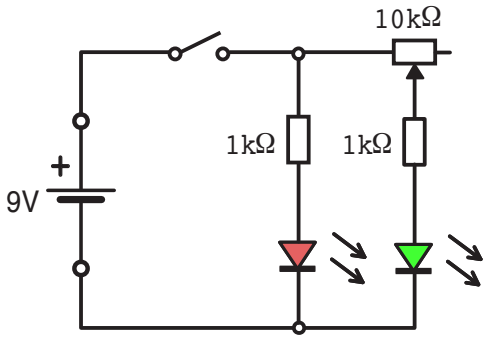
$$1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 \ \ldots$$

R je nadomestna upornost vseh vzporedno vezanih uporov skupaj.
R1, R2, R3... so upornosti posameznih vzporedno vezanih uporov. Upornost vseh vzporedno vezanih uporov skupaj je vedno manjša od upornosti upora, ki ima najmanjšo upornost.

Pripomočki: baterija 9V, 9x14, 38, 40, 43, 44, 51, 2x57, 2x68

Fig. 17





18. ŠE EN PRIMER VZPOREDNE VEZAVE

Enačba, s katero izračunamo skupno upornost dveh vzporedno vezanih uporov pove, da je skupna upornost dveh vzporedno vezanih uporov manjša od najmanjšega izmed njih.
To bomo lepo videli na spodnjem primeru. En konec upora 33 Ω ni nikamor priključen. Upora 56 Ω in 100 Ω sta priključena vzporedno. Izračunajmo njuno skupno upornost.

1/R= 1/56 + 1/100
1/R= 0,0178 +0,01
1/R= 0,0278

Če enačbo množimo z R, dobimo

1= 0,0278 x R

Delimo še enačbo z 0,0278 in dobimo

1/0,0278 = R

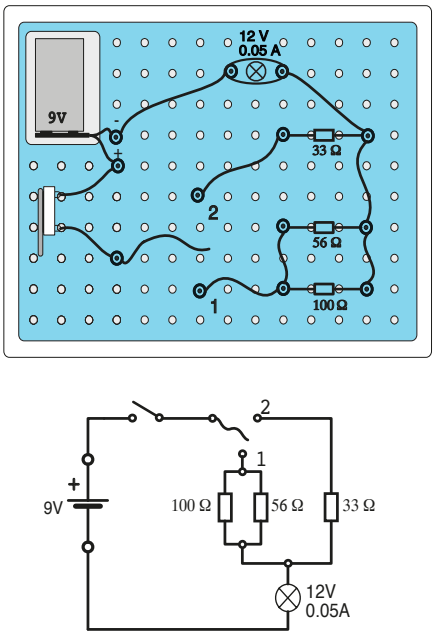
oziroma približno

R= 36 Ω

Opazujte, kako močno sveti žarnica. Odstranite žičko iz vzmetne sponke l in jo priključite na vzmetno sponko 2. Tok sedaj teče skozi upor 33 Ω in žarnico. Ker imata upor 33 Ω in vzporedna vezava uporov 56 Ω in 100 Ω približno enako vrednost, sveti žarnica v obeh primerih enako.
Kar smo sedaj ugotovili, bomo morda kasneje koristno uporabili. Če kakšnega upora nimamo, lahko upor z želeno upornostjo nadomestimo z dvema uporoma (ali več), ki sta vzporedno ali zaporedno vezana.

Pripomočki: baterija 9V, 13x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 55, 4x68, 4x69

Fig. 18

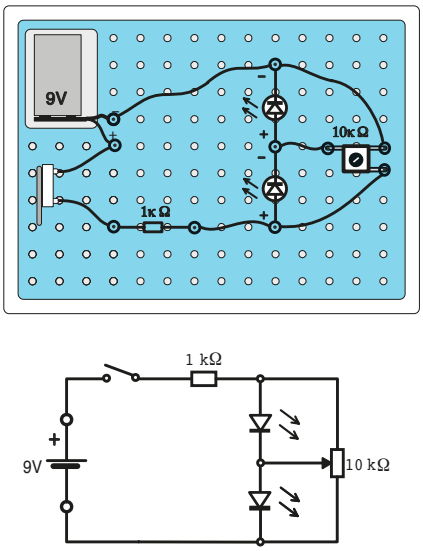


19. ISTOČASNO SPREMINJANJE SVETLOSTI DVEH SVETLEČIH DIOD

Sestavite vezje kot je prikazano na sliki 19. Kaj se dogaja, ko sučete potenciometer? Na tistem delu potenciometra, na katerem je drsnik bliže priključku, je upor manjši, zato je tudi napetost manjša. Zaradi tega na ta del vzporedno priključena svetleča dioda sveti šibkeje.

Pripomočki: baterija 9V, 10x7, 38, 2x44, 51, 55, 57, 4x68, 69

Fig. 19

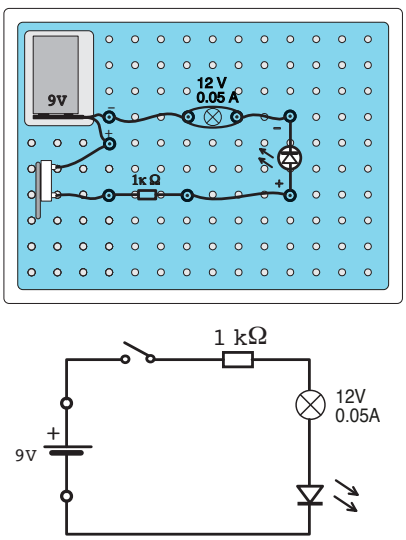


20. VEZJE Z ZAPOREDNO VEZANO ŽARNICO IN SVETLEČO DIODO

Spoznali smo se še s svetlečo diodo. Kot že samo ime pove, je njena poglavitna značilnost, da oddaja svetlobo takrat, ko skozi njo v pravi smeri teče električni tok. Točno zaradi tega jih tudi uporabljamo: ko skozi diodo steče tok v pravi smeri, zasveti.
Tok, ki je potreben, da bi dioda zasvetila, je zelo majhen, nekaj miliamperov. Ta tok je mnogo manjši od tistega, ki je potreben, da bi zasvetila žarnica. Zato žarnica sveti močneje. Če bi skozi svetlečo diodo stekel tako velik tok, kot teče skozi žarnico, bi svetleča dioda pregorela. Zato boste v vseh naših vezjih videli, da je zaporedno s svetlečo diodo vedno vezan upor, da omeji tok, ki steče skoznjo.
Vezje, prikazano na sliki 20 bo pokazalo, da je tok, potreben, da zasveti svetleča dioda, premajhen, da bi zasvetila žarnica.
Svetleče diode ne smete priključiti na baterijo same (brez zaporedno vezanega upora l kΩ)! Če to naredite, bo svetleča dioda takoj pregorela!

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 3x68

Fig. 20

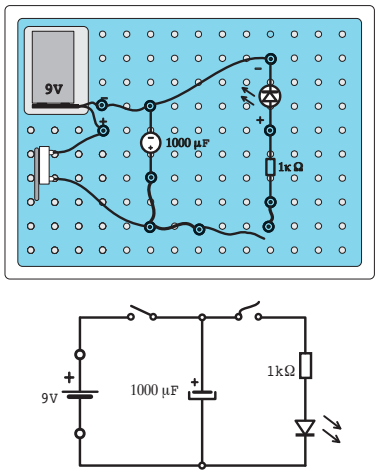


21. KONDENZATOR KOT VIR ELEKTRIČNE ENERGIJE

Naredite vezje tako, kot je prikazano na spodnji sliki. Naj bo pozitivni baterijski priključek v zraku. Pritisnite tipko! Ali bo svetleča dioda zasvetila? Seveda ne, saj ni nikjer električne energije. Sprostite tipko.
Sedaj pa se s priključno žico pozitivnega baterijskega priključka dotaknite pozitivnega priključka na elektrolitskem kondenzatorju. V elektrolitskem kondenzatorju ni bilo električne energije oz. je bil prazen. Ko smo nanj priključili baterijo, je tok sunkovito stekel iz baterije v kondenzator. Kondenzator je sedaj napolnjen in ga lahko uporabimo kot vir električne energije.
Naj bo priključna žica, ki prihaja s pozitivnega baterijskega priključka zopet v zraku. Pritisnite tipko. Čeprav baterija ni priključena, svetleča dioda sveti! Ker je energije, ki je shranjena v kondenzatorju, zelo malo, bo svetleča dioda kmalu nehala svetiti. Če opazujete svetlečo diodo, je lepo vidno, kako le-ta sveti vse manj in manj, dokler ne ugasne. Električni tok teče iz kondenzatorja v diodo. Pravimo, da se elektrolitski kondenzator prazni.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 67, 4x68, 69

Fig. 21

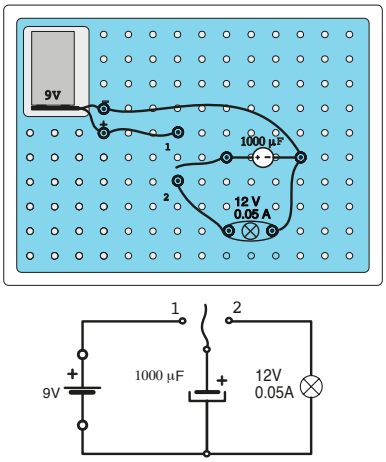


22. KAKO HITRO SE PRAZNI KONDENZATOR?

Namesto svetleče diode in zaporedno vezanega upora vstavite v vezje žarnico. V tem primeru bo žarnica svetila le trenutek. Ugotovili smo še, da potrebuje žarnica za svoje delovanje več toka kot svetleča dioda. To pomeni, da ima žarnica manjši upor. Če iz kondenzatorja teče več toka, bo prej prazen, zato sveti žarnica manj časa kot svetleča dioda.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 22

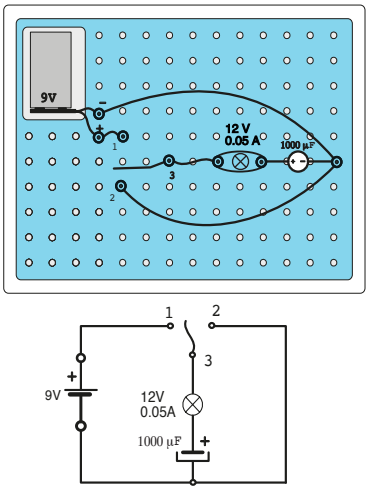


23. KONDENZATOR LAHKO MNOGOKRAT POLNIMO IN PRAZNIMO

Vezje nekoliko spremenite. Žička na sponki, na katero je pritrjena sponka žarnice, naj ima drugi konec v zraku.
S tem koncem žice se enkrat dotaknite vzmetne sponke l, nato pa vzmetne sponke 2. Opazujte, kaj se dogaja!
Ko se z žičko dotaknete sponke l, se kondenzator napolni. Tok, ki iz baterije steče v elektrolitski kondenzator, steče tudi skozi žarnico. Ko je kondenzator prazen, je tok velik in zato žarnica zasveti. Ko bo kondenzator poln, tok ne bo tekel in žarnica ne bo svetila.
Ko se z žičko dotaknete sponke 2, električni tok steče s pozitivnega priključka kondenzatorja skozi žarnico na negativnega. Na začetku je kondenzator poln in tok je zato velik. Ko se bo kondenzator praznil, bo tok vse manjši in manjši in žarnica bo svetila šibkeje in šibkeje, dokler se ne bo ugasnila.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 23

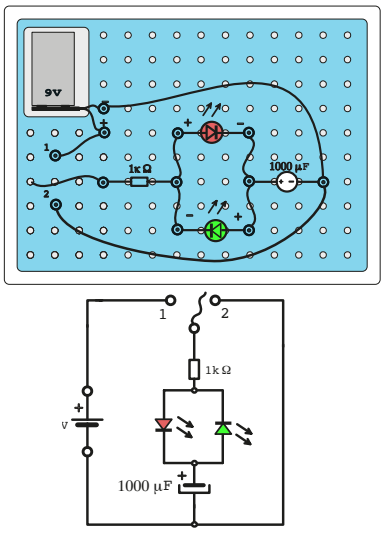


24. SKOZI KONDENZATOR LAHKO TEČE IZMENIČNI TOK

Ko kondenzator polnimo z električnim tokom, teče tok v kondenzator, ko pa ga praznimo, teče iz njega. To pomeni, da pri polnjenju in praznjenju kondenzatorja teče tok v različnih smereh. O tem se lahko prepričamo, če naredimo vezje z dvema, nasprotno obrnjenima in vzporedno vezanima svetlečima diodama.
Žička, priključena na sponko 3, naj ima drugi konec v zraku. Z drugim koncem te žičke se enkrat dotaknite sponke 1, nato pa sponke 2. Ponovite to večkrat in opazujte, kaj se dogaja.
Kot že veste, teče skozi svetlečo diodo električni tok le v eni smeri.
Tako bo pri polnjenju elektrolitskega kondenzatorja z električnim tokom stekel tok skozi rdečo, pri praznjenju pa skozi zeleno diodo. Zato bo pri polnjenju kondenzatorja svetila rdeča, pri praznjenju pa zelena svetleča dioda.
Ugotovili smo še, da v napolnjeni kondenzator ne teče več električni tok. Zato lahko rečemo, da je kondenzator zapora za enosmerni električni tok.
Pri polnjenju in praznjenju kondenzatorja tok teče enkrat v kondenzator, nato pa iz kondenzatorja. Če skozi kakšen element teče tok enkrat v eni, nato pa v nasprotni smeri, pravimo, da skozi njega teče izmenični tok. Ta poskus je pokazal, da lahko skozi kondenzator teče izmenični tok.
Namesto kondenzatorja 1000 µF vstavite v vezje kondenzator 100 mF. Svetleča dioda bo sedaj svetila mnogo manj časa. V kondenzator, ki ima manjšo kapacitivnost, steče lahko manj elektrine in zato bo svetleča dioda svetila manj časa.

Pripomočki: baterija 9V, 11x7, 38, 43, 44, 56, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 24



25. VZPOREDNA VEZAVA KONDENZATORJEV

V tem vezju sta dva vzporedno vezana kondenzatorja, ki imata kapacitivnost po 100 µF. Kako se obnašata dva vzporedno priključena kondenzatorja? Spomnimo se, v kakšnem razmerju sta elektrina, ki je v kondenzatorju, in napetost na sponkah kondenzatorja:

C= Q/U

V nabitem kondenzatorju, ki ima kapacitivnost C in na sponkah napetost U je tako elektrina

Q= C x U

Če imamo dva vzporedno vezana kondenzatorja, bo elektrina, ki je po skupni žici pritekla do njiju, razdeljena v oba:

$Q= Q_1 + Q_2$

kjer sta Q1 in Q2 elektrini v prvem in drugem kondenzatorju. Če sta kapacitivnosti kondenzatorjev C1 in C2, skupna kapacitivnost obeh kondenzatorjev pa C, lahko zgornjo enačbo napšemo takole:

$C \times U= C_1 \times U_1 + C_2 \times U_2$

Napetost na sponkah obeh kondenzatorjev je enaka, U1=U2=U. Zato lahko zgornjo enačbo napišemo tako:

$C \times U= C_1 \times U + C_2 \times U$

Če levo in desno stran enačbe delimo z U, dobimo izraz za skupno kapacitivnost dveh vzporedno vezanih kondenzatorjev.

$C=C_1 + C_2$

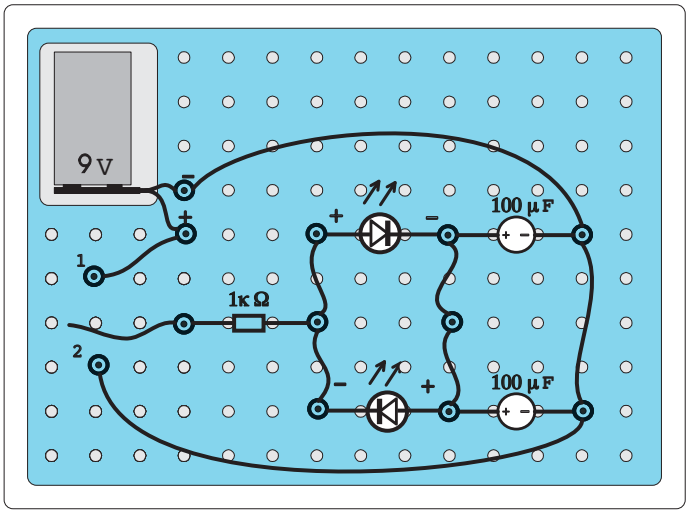
V našem primeru je skupna kapacitivnost kondenzatorjev 200 µF. To se kaže tudi tako, da svetleča dioda sveti dalj časa kot takrat, ko je bil v vezju samo en kondenzator s kapacitivnostjo 100 µF.
Tako kot lahko iskano upornost zamenjamo z dvema ali več zaporedno vezanimi upori, lahko tudi iskano kapacitivnost nadomestimo s kapacitivnostjo dveh ali več vzporedno vezanih kondenzatorjev.

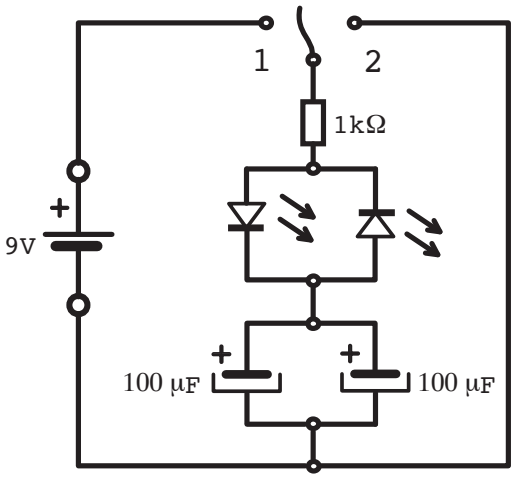
$C= C_1 + C_2 + C_3 \ldots$

C je nadomestna kapacitivnost vseh vzporedno vezanih kondenzatorjev skupaj. Cl, C2, C3… so upornosti posameznih vzporedno vezanih kondenzatorjev. Kapacitivnost vseh vzporedno vezanih kondenzatorjev skupaj je vedno večja od kapacitivnosti kondenzatorja z najmanjšo kapacitivnostjo.

Pripomočki: baterija 9V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 25





26. ZAPOREDNA VEZAVA KONDENZATORJEV

Spremenimo zgornje vezje tako, da sta kondenzatorja vezana zaporedno. Če poskusite žičko prvič pritakniti na sponko l, drugič pa na sponko 2, boste videli, da svetleča dioda sveti mnogo manj časa kot v prejšnjem primeru. To pomeni, da je nadomestna kapacitivnost zaporedno vezanih kondenzatorjev mnogo manjša kot pri vzporedno vezanih kondenzatorjih.
Ko v kondenzatorje steče električni tok, se kondenzatorja polnita. Napetost na zunanjih priključkih obeh kondenzatorjev se bo razporedila na oba kondenzatorja:

$$U = U_1 + U_2$$

Če je nadomestna kapacitivnost dveh zaporedno vezanih kondenzatorjev

$$C = Q / U$$

in napetost na sponkah tega kondenzatorja

$$U = Q / C$$

potem lahko zgornjo enačbo napišemo takole:

$$Q/C = Q_1/C_1 + Q_2/C_2$$

kjer sta Q1 in Q2 elektrini v prvem oz. drugem kondenzatorju. C1 in C2 pa kapacitivnost prvega in drugega kondenzatorja.
Elektrina, ki je stekla v prvi kondenzator, je enaka tisti, ki je pritekla iz drugega. To je razumljivo, saj na stično točko med obema kondenzatorjema ni priključena nobena žica, po kateri bi lahko tok pritekal ali odtekal. Zato velja

$$Q = Q_1 = Q_2$$

Če zgornjo enačbo delimo na levi in desni strani s Q, dobimo izraz

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2$$

ki pove, da je recipročna vrednost nadomestne kapacitivnosti zaporedno vezanih kondenzatorjev enaka vsoti recipročnih vrednosti kapacitivnosti zaporedno vezanih kondenzatorjev.
Tako kot smo naredili pri vzporedni vezavi uporov, lahko tudi tukaj zgornjo enačbo napišemo na drugačen način. Desno stran enačbe spravimo na skupni imenovalec in nato enačbo obrnemo. Dobimo izraz

$$C = C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$$

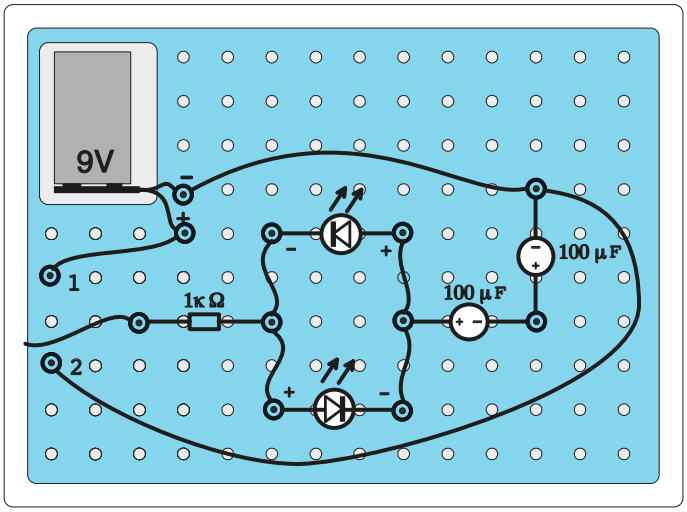
V našem primeru smo imeli zaporedno vezana dva kondenzatorja s po 100 µF. Njuna skupna kapacitivnost je 50 µF.
Tako kot lahko iskano upornost zamenjamo z dvema ali več vzporedno vezanimi upori, tako lahko tudi iskano kapacitivnost nadomestimo s kapacitivnostjo dveh ali več zaporedno vezanih kondenzatorjev.

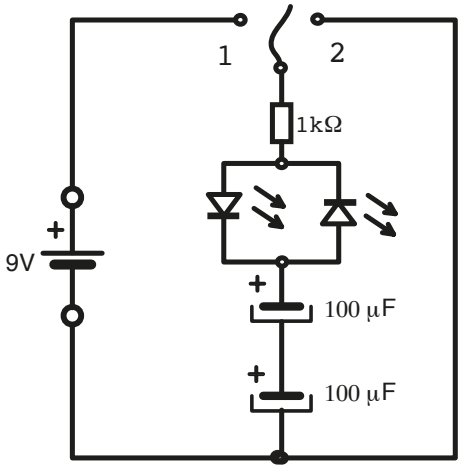
$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \ldots$$

C je nadomestna kapacitivnost vseh zaporedno vezanih kondenzatorjev skupaj. C1, C2, C3 ... so kapacitivnosti posameznih zaporedno vezanih kondenzatorjev.
Kapacitivnost vseh zaporedno vezanih kondenzatorjev skupaj je vedno manjša od kapacitivnosti kondenzatorja, z najmanjšo kapacitivnostjo.

Pripomočki: baterija 9V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 26



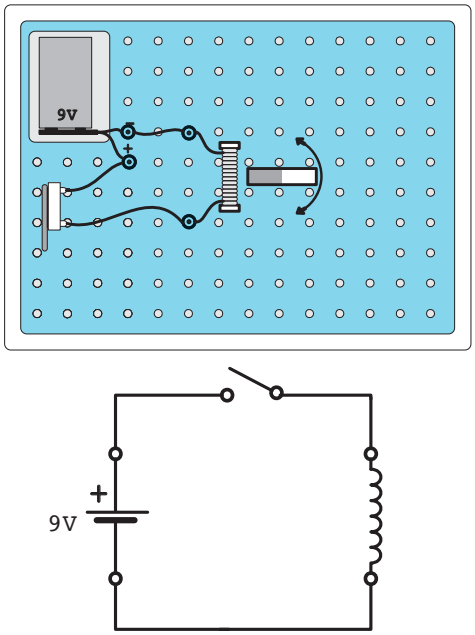


27. ELEKTROMAGNET

Ko skozi navitje žice spustimo električni tok, se bo to obnašalo kot magnet. To lahko ponazorimo na zelo preprost način.
Naredimo enostaven tokokrog, v katerem so zaporedno vezani baterija, stikalo in tuljava. Ko vključite stikalo, bo skozi tuljavo stekel tok. Navidezno se ni zgodilo nič. Izključite stikalo.
V odprtino tuljave vstavite jekleni žebljiček tako, da je deloma izven tuljavnika. Pritisnite tipko. Žebljiček bo sunkovito potegnilo v notranjost tuljavnika in bo tam obstal.
Naredite še en poskus. Na sukanec privežite magnet in ga držite tako, da visi nad tuljavo. Pritisnite tipko! Magnet se bo zasukal in postavil tako, da bo ležal vzdolž osi tuljave, skozi katero teče tok. Zapomnite si, kako je magnet stal trenutek prej. Sedaj med seboj zamenjajte priključni žici tuljave. Spet pritisnite tipko. Tuljava se bo tudi sedaj obnašala kot magnet, le da se bo magnet, ki visi na sukancu, zasukal v nasprotno smer. Če zamenjamo smer električnega toka skozi tuljavo, se tuljava obnaša kot magnet, ki srno ga obrnili.
Enako bi se žebljiček in magnet obnašala, če bi ju postavili v bližino magneta. Naš poskus kaže, da se tuljava, skozi katero teče električni tok, obnaša kot magnet. Takšen magnet, ki je narejen iz tuljave, skozi katero teče električni tok, imenujemo elektromagnet.

Pripomočki: baterija 9V, 4x7, 11, 38, 40, 68, žebljiček

Fig. 27

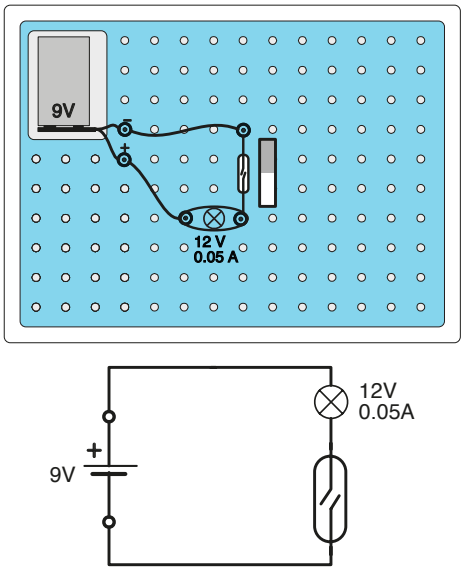


28. HERMETIČNI KONTAKTNIK

Na papir postavite dve vzmetni sponki, tako da sta le malenkost narazen. Dvignite papir v zrak in z roko postavite magnet pravokotno na papir. Vzmetni sponki se bosta namagnetili in se vsaka zase obnašali kot majhen magnet. Magneti se med seboj privlačijo ali odbijajo. Vzmetni sponki se bosta postavili tako, da se bosta privlačili.
Predstavljajte si, da na vsako izmed vzmetnih sponk pritrdimo električno žico ter, da skupaj staknjeni sponki skleneta električni tokokrog. V našem primeru ho tokokrog sklenjen takrat, ko sponkama, ki sta sicer rahlo narazen, pod papir, na katerem ležita, približamo magnet.
Na podoben način je narejen hermetični kontaktnik. Strokovnjaki ga imenujejo tudi Reedov kontaktnik. V stekleni cevki sta zataljeni dve tanki elastični kovinski ploščici, tako da sta rahlo razmaknjeni. Ko ploščici namagnetimo, druga drugo pritegneta, in tako nastane med njima električni stik. Ko ploščici nista namagneteni, zaradi elastičnosti skočita narazen.
Kako lahko namagnetimo ploščici? Če to naredimo z magnetom, dobimo stikalo, ki ga lahko vključimo ali izključimo, tako da mu približamo ali oddaljimo magnet. Takšen primer je prikazan na sliki 28. Ko magnet približamo hermetičnemu kontaktniku, se bosta jezička namagnetila in skozi žarnico bo stekel električni tok. Žarnica bo svetila.

Pripomočki: baterija 9V, 5x7, 10, 14, 35, 38, 48, 2x68

Fig. 28

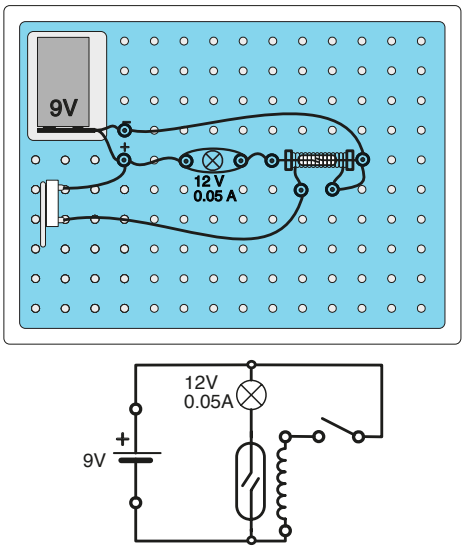


29. RELE

Pred konec elektromagneta lahko postavimo košček železa, ki bo takrat, ko ga elektromagnet potegne k sebi, vključil električno stikalo. Takšno elektromagnetno stikalo imenujemo rele.
Za magnetenje kontaktov hermetičnega kontaktnika lahko uporabimo tudi elektromagnet. Tudi to bo rele.
Iz tuljave in hermetičnega kontaktnika lahko sami naredite rele. Zaradi imena kontaktnika takšen rele strokovnjaki pogosto imenujejo rele reed.
V tuljavnik vstavite hermetični kontaktnik. Kontaktnik naj bo stikalo, ki vključuje žarnico. Tok skozi tuljavo lahko vključite s tipko. Ko je tipka pritisnjena, bosta zaradi delovanja elektromagneta železna jezička v Reedovem kontaktniku pritegnila drug drugega.
Zaradi tega bo med njima električni stik in tako bo sklenjen še tokokrog skozi žarnico. Žarnica bo svetila.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 11, 14, 35, 38, 40, 48, 4x68

Fig. 29

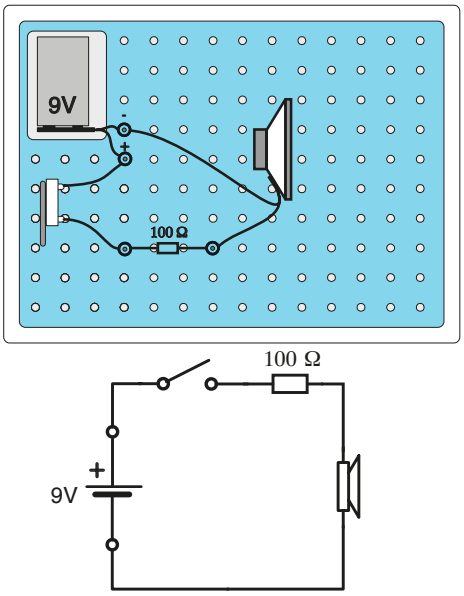


30. ZVOČNIK

Kako se zvok širi skozi zrak? Zvočno valovanje se skozi zrak širi v obliki zgoščin in razredčin v zraku, ki si sledijo v smeri razširjanja zvoka. Kako lahko sami sprožimo zvočni val? V ta namen moramo imeti nekaj, kar bo zanihalo naprej-nazaj in tako ustvarilo zgoščine in razredčine v zraku. Če potrkate po okenskem steklu, ste ga s trkanjem zanihali. Zaradi nihanja stekla se bodo ob steklu ustvarjale zgoščine in razredčine, ki se bodo širile v prostor. Ker se to dogaja na obeh straneh okenskega stekla, se trkanje po steklu sliši z obeh strani okna.
V elektrotehniki uporabljamo za ustvarjanje zvočnih valov zvočnike. Kaj pa je pravzaprav zvočnik?
Spomnite se poskusa s tuljavo in magnetom. Ugotovili smo, da se tuljava, skozi katero teče električni tok, obnaša kot magnet. Pri zvočniku je na ohišju magnet. V reži magneta je postavljena tuljavica, ki je pritrjena na papirnato membrano. Ko skozi to tuljavico teče električni tok, tuljavico zaradi tega potegne v režo magneta ali odbije iz nje. S tem se tudi membrana zvočnika premika naprej-nazaj. Če se to dogaja zaporedoma in zadosti hitro, slišimo zvok.
V tem vezju je zaporedno z zvočnikom priključen upor 100 Ω, če tega ne bi bilo, bi nežna tuljavica v zvočniku lahko pregorela. Pritisnite tipko. Slišali boste rahel pok. Ponovite to večkrat in medtem opazujte membrano. Opazili boste, da se membrana premika ven-noter. Predstavljajte si, da se, ko pritisnete tipko, membrana premakne v notranjost zvočnika. Zamenjajte med seboj priključni sponki zvočnika. Sedaj bo ob pritisku na tipko membrana potisnjena iz zvočnika. Bodite pozorni, ker so ti premiki zelo majhni, le nekaj delčkov milimetra.
Zakaj membrana včasih skoči navznoter, včasih navzven? Ugotovili smo, da se tuljava, skozi katero teče električni tok, obnaša kot magnet. Vemo, da ima magnet izrazita pola. Vemo tudi, da se enaka pola med seboj odbijata, različna pa privlačita. Če zamenjamo smer toka skozi tuljavo, se bo zamenjala tudi polariteta magneta. Zato enkrat membrana skoči v notranjost zvočnika (takrat, ko se tuljavica in magnet privlačita), drugič pa navzven (takrat, ko se tuljavica in magnet odbijata).
Torej, če želimo iz zvočnika slišati zvok, mora skozi njegovo tuljavico teči tok spremenljive velikosti. V tem primeru se bo membrana premikala naprej-nazaj in slišali bomo zvok.

Pripomočki: baterija 9V, 38, 40, 45, 55

Fig. 30

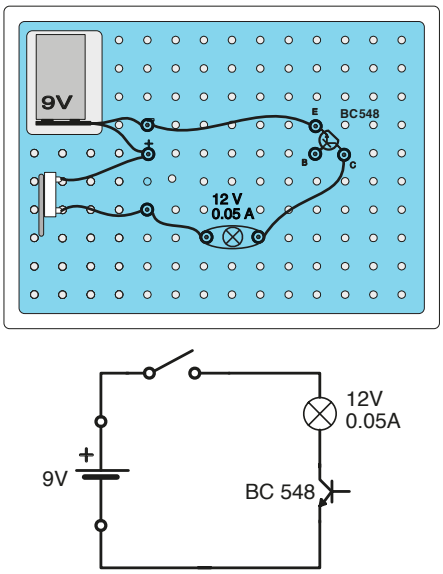


31. SPOZNAJMO TRANZISTOR

Ali ste prebrali opis delovanja tranzistorja? Če ste, potem z razumevanjem spodnjega vezja ne bo težav.
V vezju sta zaporedno povezana žarnica in tranzistor. Pazite na to, kako so na tranzistorju razporejeni priključni kontakti! Pri priključevanju tranzistorja v vezje ne smete zamenjati posameznih priključkov med seboj! Če to naredite, vezje ne bo delovalo, v najslabšem primeru pa bo tranzistor uničen.
V vašem kompletu je tranzistor BC548. Če ga primete tako, da so priključne žičke obrnjene navzdol, ravna ploskev plastičnega ohišja, na kateri je napisana označba tranzistorja, pa proti vam, potem je levi priključek kolektor, srednji baza, desni pa emitor.
Vsi tranzistorji nimajo enake razporeditve priključnih kontaktov. Takšna razporeditev kontaktov, kot je v našem primeru, je zelo pogosta, ni pa vedno takšna. Razporeditev priključnih kontaktov je odvisna od proizvajalca in tipa tranzistorja. Če imate tranzistor, katerega razporeditve priključnih kontaktov ne poznate, poiščite vedno njegov opis v priročniku.
Če tega opisa ne najdete, poskušajte sami ugotoviti razporeditev priključnih kontaktov. Kako boste to naredili, je opisano nekoliko pozneje v tej knjigi.
Vrnimo se k našemu vezju. Ali bo žarnica svetila? Seveda ne. Bazni priključek tranzistorja ni nikamor priključen, zato v bazo ne teče tok. Tranzistor bo zaprt. Lahko rečemo, da je pri zaprtem tranzistorju upornost med emitorjem in kolektorjem zelo velika.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 42, 3x68

Fig. 31

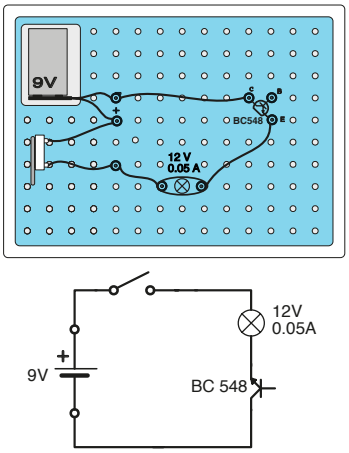


32. KAJ SE ZGODI, ČE TRANZISTOR OBRNEMO NAROBE?

Zgornje vezje spremenite, in sicer tranzistor priključite tako, da imata emitor in kolektor med seboj zamenjani mesti.
Če pozorno pogledate, boste videli, da žarilna nitka v žarnici rahlo žari. Ker tranzistor nima emitorja priključenega na negativno, kolektorja pa na pozitivno napetost, se ne obnaša tako, kot bi se moral.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 3x68

Fig. 32

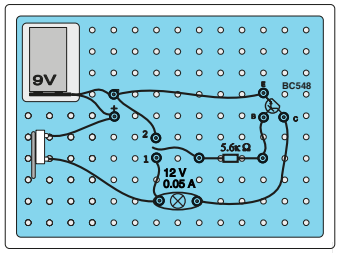


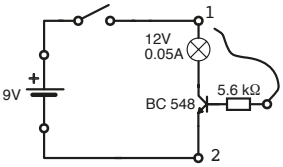
33. TRANZISTOR KOT STIKALO

Na označeno mesto na uporu priključite žičko, katere drugi konec naj bo kar v zraku. Žarnica ne bo svetila. Zakaj?
V bazo tranzistorja ne teče tok, zato je tranzistor zaprt! Kaj je treba narediti, da bi skozi tranzistor tekel tok? Vezje mora biti takšno, da v bazo teče majhen tok. Zato prosti konec žice priključite na sponko, na katero je priključen pozitivni pol baterije. Tok bo stekel skozi upor v bazo in tranzistor bo odprt, žarnica bo zasvetila. V tem vezju smo tranzistor uporabili kot stikalo. Stikalo krmilimo s tokom v bazo: ko tok teče v bazo, je tranzistor odprt in skozenj teče električni tok, žarnica sveti. Ko v bazo tranzistorja ne teče električni tok, je tranzistor zaprt, skozenj ne teče električni tok in žarnica ne sveti. Skratka, tranzistorsko stikalo krmilimo s tokom, ki teče v bazo. Ta tok je mnogo manjši od toka, ki teče skozi tranzistor, zato je takšno stikalo zelo učinkovito.
Kaj se bo zgodilo, če žičko namesto na pozitiven priključimo na negativen baterijski priključek? Premislite in nato poskusite! Seveda, žarnica ne bo svetila, ker skozi bazo ne teče tok, zato je tranzistor zaprt.
Odprt tranzistor predstavlja zelo zelo majhno upornost. Takrat bo med kolektorsko in emitorsko sponko zelo nizka napetost, kvečjemu kakšno desetinko volta. Zato odprti tranzistor nikoli ne sme biti priključen naravnost med pozitivni in negativni baterijski priključek, ker bo skozenj stekel velik tok, ki ga lahko poškoduje.

Pripomočki: baterija 9V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

Fig. 33



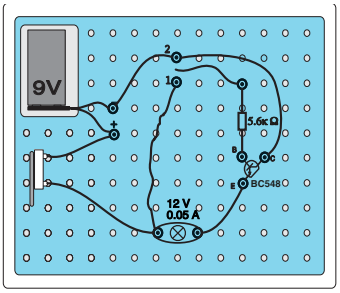


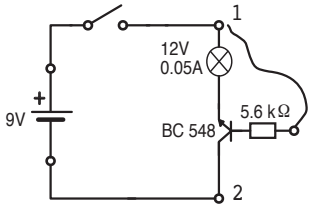
34. NAROBE OBRNJENI TRANZISTOR

Sedaj priključite tranzistor tako, da je priključen narobe. Zamenjajte emitorski in kolektorski priključek med seboj.
Ko je prosti konec žice v zraku, žarnica rahlo žari. Ko pa se s prostim koncem žice dotaknete pozitivnega baterijskega priključka, bo nitka v žarnici zažarela nekoliko bolj, vendar žarnica še vedno ne bo svetila s polno močjo. Tako priključen tranzistor ne deluje pravilno! Torej, če želimo uporabiti lastnosti tranzistorja BC548, mora biti kolektor vedno priključen na pozitivno, emitor pa na negativno napetost. Da bi bil tranzistor odprt, mora v bazo teči majhen tok. Tranzistorji, ki imajo emitor priključen na negativno, kolektor pa na pozitivno napetost, so t.im. tranzistorji NPN. Takšen je tudi tranzistor BC548. Obstajajo tudi tranzistorji, ki morajo biti v vezje priključeni tako, da je emitor priključen na pozitivno, kolektor pa na negativno napetost. To so t.im. tranzistorji PNP. V tem kompletu ni takih tranzistorjev.

Pripomočki: baterija 9V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

Fig. 34



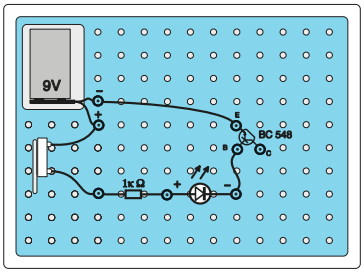


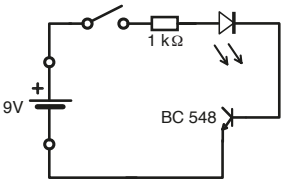
35. KAKO SE OBNAŠA TRANZISTOR, ČE OPAZUJEMO SAMO BAZO IN EMITOR?

Da bi svetila, potrebuje žarnica električni tok, ki je mnogo večji od toka, potrebnega, da bi svetila svetleča dioda. Če iz baterije teče večji tok, bo zato le-ta prej prazna. Zato lahko za opazovanje delovanja tranzistorja uporabimo svetlečo diodo. Tudi v vseh poskusih, pri katerih uporabljamo žarnico, lahko uporabimo svetlečo diodo. Pri tem pa seveda ne smete pozabiti na dejstvo, da narobe obrnjena svetleča dioda ne bo svetila! Seveda, zaporedno s svetlečo diodo je vezan še upor 1 kΩ, ki zagotavlja, da skozi diodo ne steče prevelik tok.
Omenili smo še, da je tranzistor BC548, kakršen je v kompletu, tipa NPN.
To pomeni, da mora biti za normalno delovanje emitor priključen na negativni pol. Če želimo, da v bazo (in od tod v emitor) teče električni tok, mora biti baza priključena na napetost, ki je pozitivna z ozirom na emitor. Priključite tranzistor tako, kot je to prikazano na spodnji shemi.
Svetleča dioda bo svetila. To pomeni, da lahko teče električni tok z baze proti emitorju.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 35



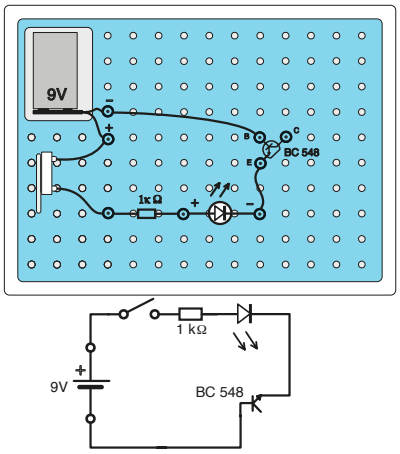


36. PRI TRANZISTORJU SE SMER BAZA-EMITOR OBNAŠA KOT DIODA

Sedaj zamenjajte med seboj bazni in emitorski priključek tranzistorja. Svetleča dioda ne bo svetila. To pomeni, da skozi ta tranzistor tok ne more teči v smeri od emitorja proti bazi. Z drugimi besedami povedano, pri tranzistorju se smer baza-emitor obnaša kot dioda. Pri tranzistorjih NPN je ta dioda obrnjena od baze proti emitorju.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 36

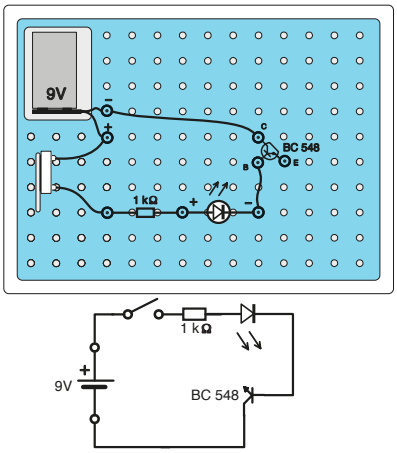


37. KAKO SE OBNAŠA TRANZISTOR, ČE OPAZUJEMO SAMO BAZO IN KOLEKTOR?

Priključimo sedaj tranzistor tako, da je kolektor tranzistorja priključen na negativni baterijski priključek, baza pa preko svetleče diode, upora in stikala na pozitivni baterijski priključek. Emitor naj bo v zraku oz. ni nikamor priključen.
Ko pritisnete tipko, bo svetleča dioda zasvetila.
To pomeni, da pri našem tranzistorju lahko teče tok v smeri od baze proti kolektorju.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 37

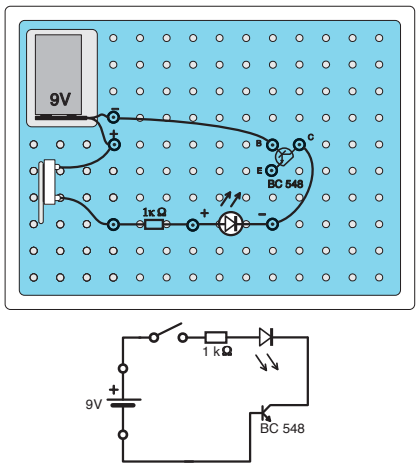


38. PRI TRANZISTORJU SE SMER BAZA-KOLEKTOR OBNAŠA KOT DIODA

Sedaj zamenjajte med seboj bazni in kolektorski priključek tranzistorja. Svetleča dioda ne sveti. To pomeni, da skozi ta tranzistor tok ne more teči v smeri od kolektorja proti bazi. Z drugimi besedami povedano, pri tranzistorju se smer baza-kolektor obnaša kot dioda. Pri tranzistorjih NPN je ta dioda obrnjena od baze proti kolektorju.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 38

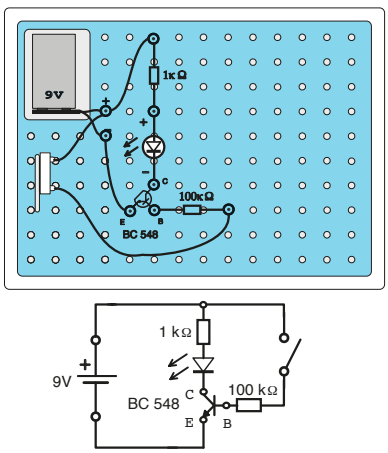


39. VEZJE ZA PREIZKUŠANJE TRANZISTORJEV

Iz vsega, kar smo se do sedaj naučili, lahko sklepamo, kako se mora dober tranzistor obnašati. Če slučajno dvomimo o neoporečnosti tranzistorja, enostavno naredimo vezje, v katerem bodo uporabljene lastnosti neoporečnosti tranzistorja. Najenostavnejše je tranzistorsko stikalo.
V spodaj narisanem vezju je označeno, kako je treba vstaviti tranzistor, ki ga preizkušamo. Ko je baterija priključena, svetleča dioda ne sme svetiti. To je razumljivo, kajti v bazo ne teče tok in zato je tranzistor zaprt. Ko pritisnete tipko, v bazo steče tok in tranzistor je odprt. Zato svetleča dioda sveti.
Pri dobrem tranzistorju je pri sproščeni tipki svetleča dioda ugasnjena, pri pritisnjeni pa prižgana. Če je svetleča dioda vedno prižgana ali ugasnjena, pomeni, da tranzistor ni več dober.
Vezje je zares enostavno in ga zato s pridom uporabljajte kadarkoli posumite, da vezje, ki ste ga naredili, ne deluje zaradi tega, ker je morda tranzistor poškodovan.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 39



40. KAKO UGOTOVITI, KAKŠNA JE RAZPOREDITEV PRIKLJUČNIH KONTAKTOV NA TRANZISTORJU

Sedaj ko dobro poznate, kako deluje tranzistor, lahko tudi sami poiščete razporeditev priključnih kontaktov na neznanem tranzistorju.
Za pripomoček boste uporabili baterijo, upor in svetlečo diodo.
1. Najprej preverite, če je svetleča dioda pravilno priključena.
2. V prvem koraku je treba ugotoviti, kakšen je tip tranzistorja in kje je baza. Povedali smo že, da se pri tranzistorju poti baza-emitor in baza-kolektor obnašata kot diodi. Pri teh "diodah" sta (v primeru, ko gre za tranzistor NPN) anodi na baznem priključku povezani skupaj. Zato na tranzistorju bazo iščemo tako, da poiščemo priključek, ki je anoda dvema diodama: emitorski in kolektorski.
Torej: priključite eno izmed sponk neznanega tranzistorja na sponko 1. Žico iz sponke 2 najprej pritaknite na eno, nato na drugo prosto sponko tranzistorja. Opazujte, kdaj svetleča dioda zasveti. Nato zamenjajte sponko tranzistorja, ki je priključena na vzmetno sponko 1 in znova poskusite. To ponovite za vse tri položaje tranzistorja.
3. Če pri dotiku obeh prostih tranzistorskih priključkov zasveti svetleča dioda samo v enem položaju tranzistorja pomeni, da ste našli bazo in da je tranzistor tipa NPN. Zapomnite si, pri katerem položaju tranzistorja je to bilo. Sponka tranzistorja, ki je bila v tem primeru priključena na vzmetno sponko 1, je baza.
4. Če svetleča dioda ne zasveti ali pa sveti v vseh primerih, je tranzistor zagotovo pokvarjen.
5. Če v nekaterih položajih svetleča dioda zasveti samo pri dotiku enega izmed prostih priključkov tranzistorja, to še ne pomeni, da je tranzistor pokvarjen. Preverite še, če je morda tipa PNP. V tem primeru nadaljujte pri točki 41 -7).
6. Sedaj je treba še določiti, katera izmed preostalih dveh sponk je emitor, katera kolektor. V ta namen uporabite vezje za preizkušanje tranzistorjev. Preizkusite tranzistor tako, da enkrat vzamete eno, drugič pa drugo neznano sponko za kolektor. Baza naj bo seveda priključena tako, kot je to potrebno. Pri pravilni vezavi tranzistor bolje deluje, oz. razlika v svetlosti diode pri pritisnjeni ali sproščeni tipki je zelo izrazita.
Če tranzistor ne deluje kot stikalo, je pokvarjen.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 3x68

Fig. 40 a)

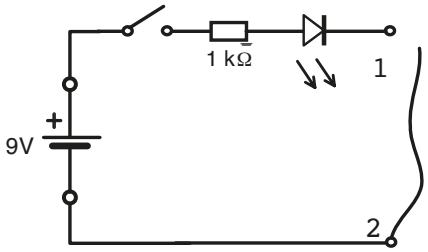
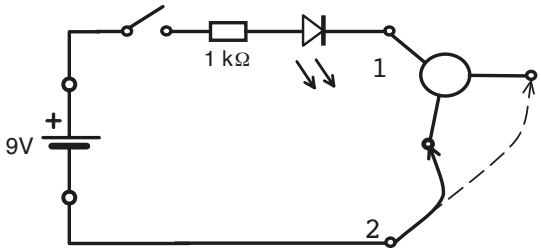


Fig. 40 b)

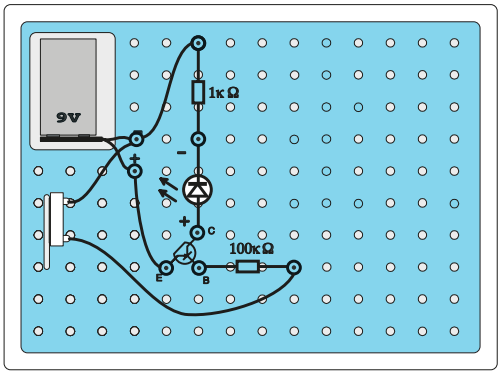


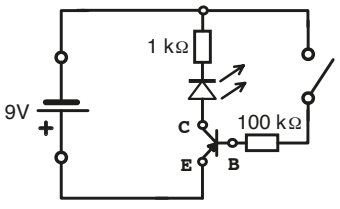
41. TESTNO VEZJE ZA TRANZISTORJE TIPA PNP

7. Preverite, če je tranzistor morda tipa PNP. Pri takšnem tranzistorju so napetosti obratne od tistih pri tipu NPN. To pomeni, da mora biti emitor priključen na pozitiven, kolektor pa na negativen baterijski priključek. Napajanje baze prav tako prihaja z negativnega baterijskega priključka.
Pri tranzistorju PNP se smeri baza-kolektor in baza-emitor obnašata kot diodi, ki imata na baznem priključku skupaj povezani katodi. Sedaj je eno sponko tranzistorja potrebno priključiti na vzmetno sponko 2, na vzmetno sponko 1 pa priključite žico. Ponavljajte postopek, opisan pod 2. Zavedajte se, da iščete sedaj diodi, ki imata skupaj povezani katodi.
Če najdete takšen priključek, pri katerem bo zaradi dotika žičke iz vzmetne sponke 1 na katerokoli prosto sponko svetleča dioda zasvetila, je to baza. Seveda, preverite, če se pri drugih položajih tranzistorja to ne bo ponovilo. Če svetleča dioda sploh ne zasveti ali pa sveti v vseh primerih, je tranzistor zagotovo pokvarjen.
8. Ko ste poiskali bazo tranzistorja PNP, naredite testno vezje, s katerim boste preverili, če tranzistor deluje kot stikalo.
Iz stikalnega načrta je razvidno, da sta baterija in svetleča dioda obrnjeni drugače kot pri testnem vezju za tranzistor NPN.
9. Poiščite emitor in kolektor. Sklepate lahko enako kot pri ugotavljanju razporeditve priključkov pri tranzistorju NPN. Priključite tranzistor in preverite, če deluje kot stikalo.
Obratno priključen tranzistor bo kot stikalo deloval slabše ali sploh ne.
Če pri tranzistorju ne morete najti baze (skupna anoda za emitor in kolektor pri NPN oz. skupna katoda za emitor in kolektor pri PNP), ali pa tranzistor ne deluje kot stikalo, je tranzistor pokvarjen. Omenili smo še, da v našem kompletu ni tranzistorjev PNP. Ne glede na to, vam bo zgoraj opisani postopek koristil, ko boste v rokah imeli popolnoma neznan tranzistor.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 41



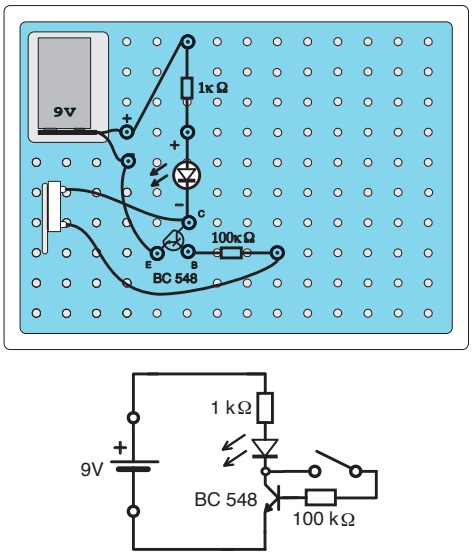


42. TOK, KI TEČE V BAZO, LAHKO PRIPELJEMO SKOZI KOLEKTORSKI UPOR

Spomnite se stikalnega načrta tranzistorja kot stikala. Tok je v bazo tranzistorja pripeljan skozi upor, katerega en konec je priključen na pozitivni baterijski priključek, drugi pa na bazo. To ni edini način, kako v bazo tranzistorja pripeljati tok, ki bo odprl tranzistor.
Na spodnji sliki je prikazan primer, ko tok, ki teče v bazo tranzistorja, teče tudi skozi vejo vezja med kolektorjem in pozitivnim baterijskim priključkom.
Naredite spodaj prikazano vezje. Ko pritisnete tipko, bo svetleča dioda zasvetila. To pomeni, da tranzistor deluje kot stikalo.

Pripomočki: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 42

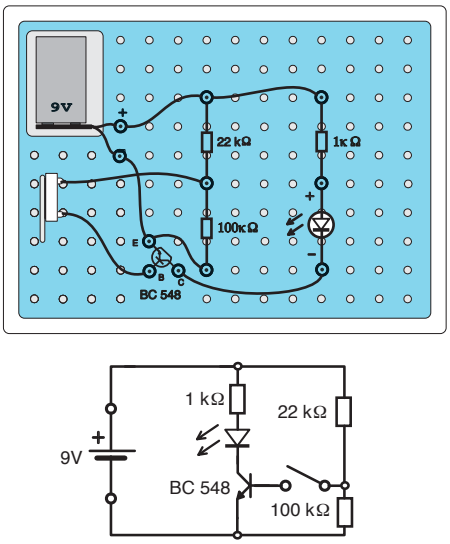


43. TOK, KI TEČE V BAZO, LAHKO PRIPELJEMO IZ NAPETOSTNEGA UPOROVEGA DELILNIKA

Na sliki 43 je prikazana še ena možnost napajanja baze tranzistorja z električnim tokom.
Dva upora sta uporabljena za napetostni delilnik. Z razmerjem upornosti teh dveh uporov je določeno, kako velik tok bo tekel v bazo tranzistorja.
Vsi trije tukaj prikazani načini napajanja baze tranzistorja z električnim tokom imajo na tranzistor enak učinek: tranzistor je odprt. Kateri način napajanja baze je v vezju uporabljen, je odvisno od načina uporabe tranzistorja.

Pripomočki: baterija 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 43

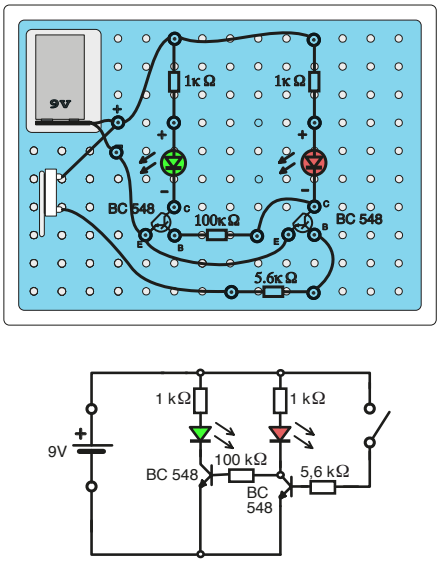


44. ZAPOREDNA VEZAVA DVEH TRANZISTORSKIH STIKAL

Videli smo še, da se tranzistor lahko uporablja kot stikalo. Z majhnim tokom, ki teče v bazo tranzistorja, lahko povzročimo, da skozi tranzistor steče velik tok. Z enim tranzistorskim stikalom lahko krmilimo drugo tranzistorsko stikalo. Takšen primer je prikazan na sliki 44. Pri vsakem izmed tranzistorjev sta med kolektorjem in pozitivnim baterijskim priključkom upor in svetleča dioda. Svetleča dioda bo signalizirala, ali je tranzistor kot stikalo odprt ali zaprt. Če je tranzistor odprt, skozi njega ne teče električni tok in svetleča dioda ne bo svetila.
Ko na spodaj prikazano vezje priključite baterijo, bo svetila zelena svetleča dioda. Zakaj? Tipka ni pritisnjena. Zato v bazo prvega tranzistorja ne teče tok in je le-ta zaprt. Ker skozenj ne teče tok, si lahko mislimo, kot da ga v vezju ni. Zato bo s pozitivnega baterijskega priključka, skozi rdečo svetlečo diodo in upor 100 kΩ stekel tok v bazo drugega tranzistorja. Zaradi upora 100 kΩ bo ta tok premajhen, da bi rdeča svetleča dioda svetila. Je pa ta tok zadosti velik, da bo levi tranzistor odprt in bo skozenj tekel tok. Zato bo zelena dioda svetila. Pritisnite tipko. Sedaj bo električni tok stekel v bazo desnega tranzistorja, ki bo zato odprt. Skozenj bo lahko stekel veliki tok in rdeča svetleča dioda bo svetila.
Desni upor in svetleča dioda ter desni tranzistor predstavljata delilnik napetosti. Iz njega je napajana baza levega tranzistorja. Odprti tranzistor predstavlja zelo majhen upor in tako je napetost na njem majhna. Zato je tudi tok, ki lahko teče v bazo levega tranzistorja, zelo zelo majhen, zato je levi tranzistor zaprt in zelena svetleča dioda ne sveti.

Pripomočki: baterija 9V, 14x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 61, 4x68, 2x69

Fig. 44

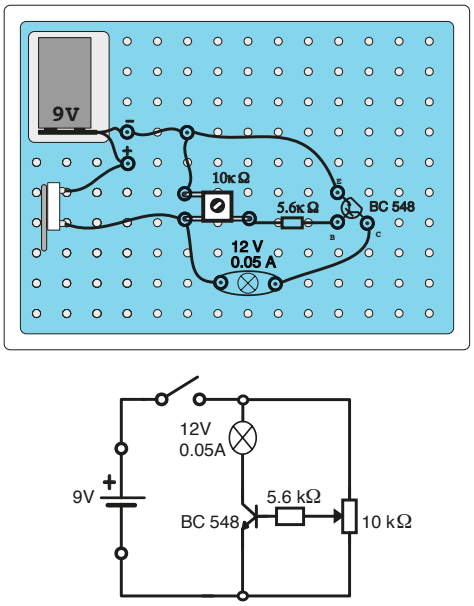


45. TRANZISTOR KOT SPREMENLJIVI UPOR

Naredite vezje kot je prikazano na sliki 45.
Kako močno sveti žarnica, je odvisno od lege drsnika potenciometra. Če je drsnik bliže pozitivnemu baterijskemu priključku, žarnica sveti močneje, če pa je bliže negativnemu, sveti šibkeje. Če drsnik premikate, se svetlost žarnice spreminja.
Kako to vezje deluje?
Ko je drsnik potenciometra bližji tistemu priključku potenciometra, ki je priključen na pozitivno baterijsko napetost, teče skozi bazo večji tok. Ko drsnik potenciometra premikamo, je potenciometer pravzaprav delilnik napetosti.
Na napetost tega delilnika je priključen upor, skozi katerega teče tok v bazo. Če je napetost na delilniku večja, teče v bazo tranzistorja večji tok.
Ko je tok v bazo tranzistorja večji, žarnica sveti močneje. V tem primeru teče skozi žarnico (in seveda tudi skozi tranzistor) večji tok. Ker je žarnica vedno enaka, je očitno, da tranzistor spreminja svoje lastnosti in to tako, da se obnaša kot spremenljivi upor, katerega upornost je odvisna od toka, ki teče v bazo tranzistorja.
Predstavljajte si, da sučete os potenciometra levo-desno.
Zaradi tega se napetost na drsniku potenciometra spreminja: enkrat bo višja, drugič pa nižja. Višja napetost požene večji tok v bazni priključek in tranzistor je bolj odprt. Namesto da bi napetost, ki se spreminja, na bazo pripeljali iz potenciometra, lahko to spremenljivo napetost pripeljemo s kakršnegakoli vira. Tranzistor spremembe te napetosti okrepi. Zato lahko rečemo, da je tranzistor, ki ga uporabljamo kot spremenljivi upor, pravzaprav ojačevalnik.

Pripomočki: baterija 9V, 11x7, 14, 35, 38, 40, 42, 51, 59, 4x68

Fig. 45

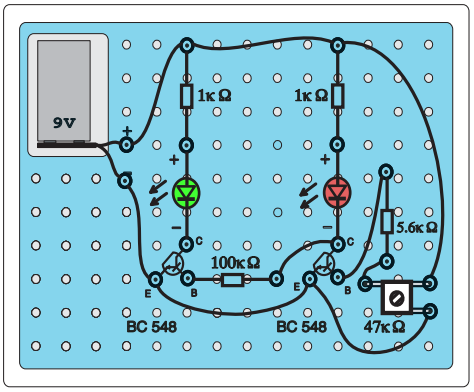


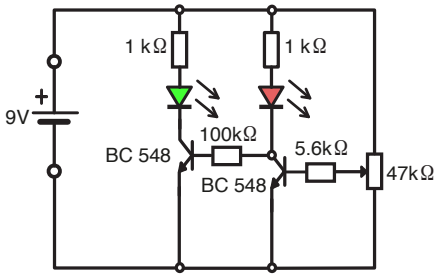
46. ZAPOREDNA VEZAVA DVEH TRANZISTORSKIH OJAČEVALNIKOV

Tako kot smo z enim tranzistorskim stikalom lahko krmilili drugega, lahko izhod iz enega tranzistorskega ojačevalnika pripeljemo na vhod naslednjega. Na ta način lahko majhno napetost mnogokrat ojačamo.
Na spodaj prikazanem vezju je predstavljena zaporedna vezava dveh tranzistorskih ojačevalnikov. Svetleči diodi služita tukaj zato, da lahko opazujete, kako tranzistorja spreminjata svojo upornost. Predpostavimo, da je drsnik potenciometra v takšnem položaju, da je napetost na drsniku potenciometra nič. Zato je tok v bazo desnega tranzistorja tudi nič in ta tranzistor je zaprt.
Iz prejšnjega primera sklepamo, da tokrat svetleča dioda ne bo svetila, zelena pa bo. Ravno obratno je, ko je drsnik potenciometra v takšnem položaju, da je tok v bazi tranzistorja največji. Takrat rdeča svetleča dioda sveti, zelena pa ne. Kako pa je v vmesnih položajih drsnika potenciometra? Poskusite!
Medtem ko sučete drsnik potenciometra, se bo npr. rdeča svetleča dioda prižigala, zelena pa ugašala. Če os zasučete v nasprotni smeri, se bo svetlost rdeče svetleče diode zmanjšala, zelene pa povečala. S tukaj prikazanim vezjem smo pokazali, kako se lahko izhodni signal enega tranzistorskega ojačevalnika uporabi za krmiljenje naslednjega. V našem primeru smo z obema tranzistorjema prižigali in ugašali svetleči diodi. Pri drugem tranzistorju, kjer je napetost, ki je pripeljana na bazo desnega tranzistorja, še močno ojačana, lahko namesto svetleče diode uporabimo kakšen element, ki potrebuje za svoje delovanje veliko moč, npr. žarnico, navitje releja itd.

Pripomočki: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 59, 61, 4x68, 5x69

Fig. 46



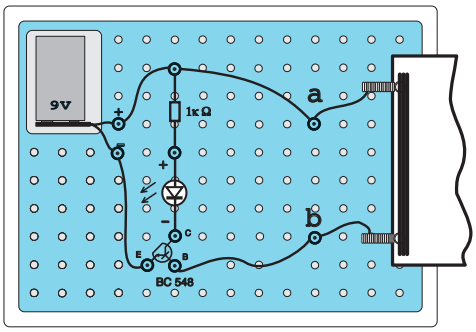


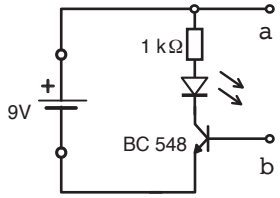
47. PLAST GRAFITA IZ SVINČNIKA NA PAPIRJU JE TUDI UPOR

V uvodu smo že omenili, da je upor običajno narejen tako, da je na keramično cevko nanesena tanka uporovna plast. To je lahko tudi grafit.
V vsakodnevnem življenju se z grafitom zelo pogosto srečamo. Grafit lahko najdemo tudi v navadnem svinčniku: jedrce oz. mina v svinčniku je narejena iz grafita. Kako lahko zgornjo trditev dokažemo? Naredite sami svoj upor!
Vzemite kos papirja in na njem z mehkim svinčnikom narišite široko in gosto zapolnjeno črto. Prepognite papir tako, da bo široka črta na robu, ob samem pregibu. Na oba konca črte postavite vzmetno sponko, v katero ste vstavili priključno žico. Dobili ste upor, ki ima priključne žice!
Kako boste preverili, da je to res upor? Vključite ga v spodaj prikazano vezje. Skozi ta upor s pozitivnega baterijskega priključka steče električni tok v bazo tranzistorja. Tranzistor je odprt in svetleča dioda zasveti.

Pripomočki: baterija 9V, 10x7, 38, 42, 43, 57, 4x68, 2x69

Fig. 47



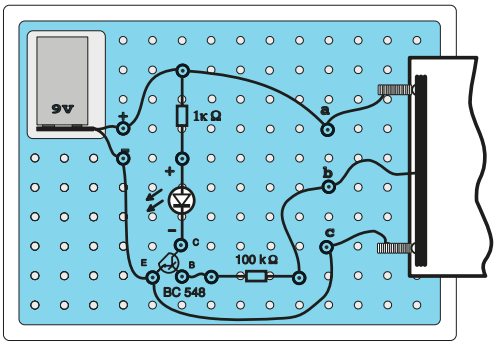


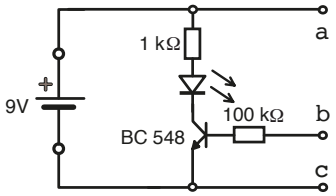
48. PLAST GRAFITA NA PAPIRJU LAHKO UPORABIMO KOT POTENCIOMETER

Omenili smo že, da je potenciometer pravzaprav upor, po katerem lahko premikamo drsnik. Uporabite zgoraj opisani upor, ki ste ga na papirju narisali z navadnim svinčnikom, da bi iz njega naredili potenciometer.
Za potenciometer boste uporabili za prejšnji poskus narejeni upor. Drsnik naj bo kar vzmetna sponka, v katero je vtaknjena žička. Z roko primite vzmetno sponko in z njo podrsajte po grafitni plasti na papirju. Opazujte, kako se spreminja svetlost svetleče diode! Spomnite se vezja, v katerem je bil tranzistor uporabljen kot spremenljivi upor. To je pravzaprav popolnoma enako vezje, le da je namesto tovarniško narejenega potenciometra tukaj uporabljen doma narejeni izdelek.

Pripomočki: baterija 9V, 11x7, 38, 42, 43, 57, 61, 4x68, 5x69

Fig. 48



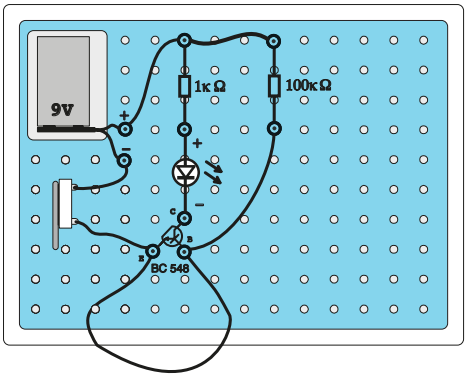


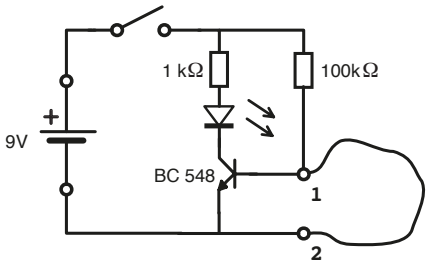
49. ELEKTRONSKI STRAŽAR

Sedaj ko smo spoznali delovanje vezja s tranzistorjem, lahko tranzistor uporabimo na mnogo različnih načinov. V kakšnem vezju bo tranzistor uporabljen, je odvisno le od domišljije načrtovalca vezja.
Naslednja vezava prikazuje uporabo tranzistorja v vezju, ki sproži signal ob prekinitvi tokokroga. Takšno vezje lahko npr. uporabimo za signalizacijo nedovoljenega odpiranja vrat. V tem vezju bomo uporabili tranzistor kot stikalo.
Med sponkama 1 in 2 je žica, ki dela kratek stik med bazo in emitorjem. Ker v bazo tranzistorja ne teče električni tok, je tranzistor zaprt. Tok, ki s pozitivnega baterijskega priključka teče skozi upor 100 kΩ, teče naravnost na negativni baterijski priključek.
Če odstranite žico med sponkama l in 2, steče v bazo tok in tranzistor je odprt. Zato svetleča dioda zasveti. Torej, lahko tukaj opisano vezje uporabite za ugotavljanje prekinitve električnega tokokroga. Ena izmed mnogih možnosti uporabe je elektronski stražar.
Žica med sponkama 1 in 2 je lahko poljubno dolga. Na mestu, ki ga želite varovati, postavimo kakšno pripravico, s katero je zlahka možno prekiniti električni tokokrog. Na spodnji sliki je prikazan primer, kako odkrijemo nedovoljeno odpiranje vrat.
Na tisti strani vrat, ki se odpirajo, pritrdite z risalnim žebljičkom na vrata in na podboj po eno sponko za papir. Na vsako izmed sponk pritrdite žico, ki gre nato na vezje, bodisi na priključek l ali na priključek 2. Med sponki za papir vstavite košček žice. Paziti je treba, da je žica na mestih, kjer leži v sponkah, brez izolacije. Ko je vse končano, svetleča dioda ne sveti. Namreč, zaradi žice med sponkama 1 in 2 je med bazo in emitorjem kratki stik in zato električni tok ne teče v bazo.
Ko nekdo odpre vrata, pade žička iz sponk za papir in tako se prekine stik med točkama l in 2. Tok teče sedaj s pozitivnega baterijskega priključka skozi upor v bazo tranzistorja. Tranzistor je odprt in zato dioda zasveti.
Lahko poiščemo več takih mest, ki jih želimo varovati. Vsa takšna mesta (npr. okna, vrata, vrata omarice na omari itd.) zaporedno povežemo in na koncu žici pripeljemo do našega vezja. Edina težava se pojavi v tem, da ob alarmu ne vemo, na katerem mestu je "vsiljivec" sprožil alarm. Če želimo odkriti tudi to, moramo za vsako izmed varovanih mest uporabiti posebno vezje. Če so vsa vezja na istem mestu, je baterija lahko skupna.

Pripomočki: baterija 9V, 9x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68, 1x69

Fig. 49



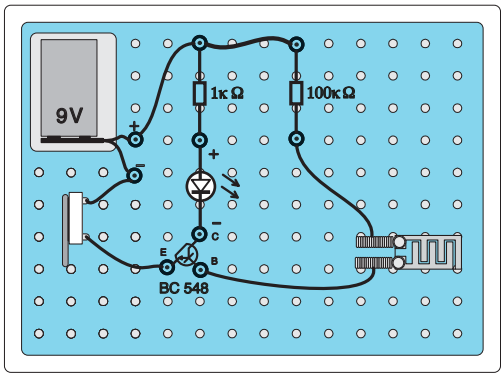


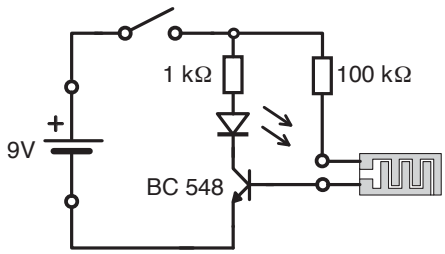
50. JAVLJALNIK VISOKEGA NIVOJA TEKOČINE

Večina tekočin prevaja električni tok. Res da zelo slabo, vendar je kljub vsemu upornost tekočine zadosti majhna, da skoznjo steče tok, ki krmili tranzistor.
V kompletu je priloženo tipalo za vlago. To je ploščica, na kateri sta dva vodnika zelo blizu skupaj na dokaj veliki dolžini. Skozi režo med vodnikoma električni tok ne more teči.
Že med ta dva vodnika pride prevodna tekočina, zaradi tega upornost celotnega tipala pade. To dejstvo bomo uporabili v naših vezjih.
V tem vezju sta med pozitivni baterijski priključek in bazo tranzistorja zaporedno vezana upor 100 kΩ in tipalo za vlago. Ko je na tipalu za vlago tekočina, ki prevaja električni tok, steče tok s pozitivnega baterijskega priključka skozi upor 100 kΩ in tipalo za vlago v bazo tranzistorja. Tranzistor je odprt in svetleča dioda sveti.
Treba je posebej poudariti, da tukaj opisanega čutila ne moremo uporabiti takrat, ko imamo opravka s tekočinami, ki ne prevajajo električnega toka, kot so npr. različna olja in destilirana voda. V teh primerih moramo uporabiti drugače narejena tipala.

Pripomočki: baterija 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

Fig. 50



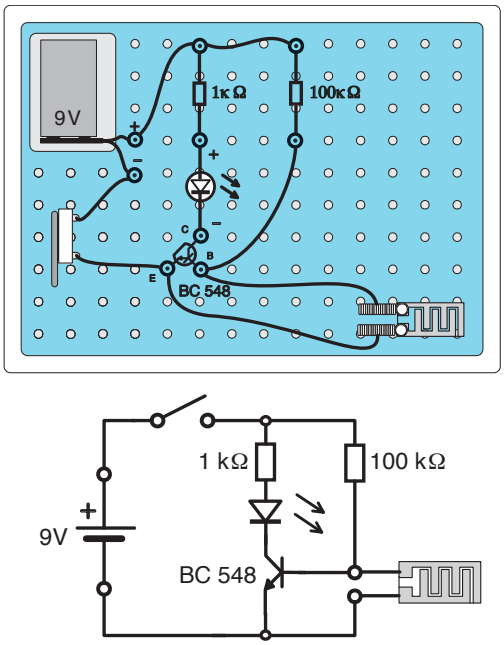


51. JAVLJALNIK NIZKEGA NIVOJA TEKOČINE

V tem primeru želimo imeti vključen signal takrat, ko v posodi ni tekočine. Tipalo za tekočino je v vezje vključeno tako, da skupaj z uporom 100 kΩ tvori napetostni delilnik, na katerega srednji odcep je priključena baza tranzistorja.
Ko je na tipalu vlaga, je med njegovimi sponkami majhna upornost. Zato je napetost med tema sponkama premajhna, da bi stekel tok v bazo tranzistorja in tranzistor je zato zaprt.
Ko je posoda prazna, je tipalo v zraku. Kadar se vlaga posuši, ima tipalo za vlago veliko upornost. Zato napetost na srednjem odcepu napetostnega delilnika naraste in tok lahko steče skozi upor 100 kΩ v bazo tranzistorja. Tranzistor je zato odprt in svetleča dioda sveti.

Pripomočki: baterija 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

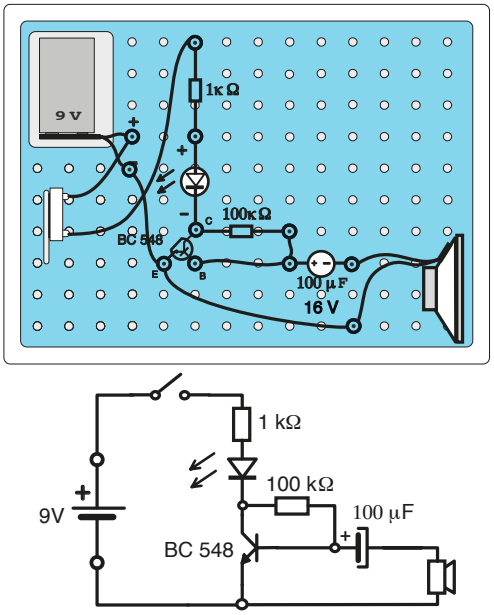
Fig. 51



52. ENOSTOPENJSKI NIZKOFREKVENČNI OJAČEVALNIK

Spomnite se opisa delovanja zvočnika. Če skozi navitje v zvočniku teče električni tok, se to navitje obnaša kot elektromagnet. Zaradi tega se ta tuljavica potegne v rele elektromagneta ali se odbije iz njega. Če skozi to tuljavico teče tok spremenljive velikosti ali izmenični tok, se tuljavica premika naprej-nazaj. Zaradi tega zaniha zrak, ki je v bližini zvočnika, kar mi slišimo kot zvok.
V splošnem velja, da v vodniku, ki se premika v bližini magneta (oz. v vodniku, v bližini katerega se premika magnet) začne zaradi tega premikanja teči električni tok. To je osnovni princip delovanja električnih generatorjev v elektrarnah.
Kaj se dogaja v tuljavici, ki je v reži magneta, če se tuljavica premika sem ter tja? Zaradi premikanja tuljavice začne skoznjo teči električni tok. Pravimo, da se v tuljavici inducira električni tok. Ker se membrana premika sem ter tja, teče tok skozi tuljavico najprej v eni, nato v drugi smeri. Skratka, kot posledica govorjenja v zvočnik steče skozi tuljavico izmenični tok.
Če govorimo v zvočnik, se na priključnih sponkah zvočnika pojavi električni signal, katerega napetost je odvisna od tega, kako glasno govorimo ali trkamo po membrani. Tako delujejo nekateri mikrofoni, npr. tisti, ki so vgrajeni v sodobnih telefonih. Torej sta si zgradba mikrofona in zvočnika zelo podobni. V našem kompletu ni mikrofona, vendar nič ne de: namesto njega bomo uporabljali zvočnik.
V spodaj prikazanem vezju so upori izbrani tako, da je tranzistor rahlo odprt. Zato svetleča dioda rahlo sveti. Zaporedno z mikrofonom je vezan elektrolitski kondenzator. Ker je kondenzator zapora za enosmerni tok, tok, ki steče s kolektorskega priključka skozi upor 100 kΩ, teče v celoti v bazo tranzistorja.
Na bazo tranzistorja je preko elektrolitskega kondenzatorja priključen zvočnik, ki je tukaj uporabljen kot mikrofon. Ko potrkate po membrani zvočnika ali v zvočnik govorite, se v tuljavici inducira izmenični tok. S poskusom smo že pokazali, da lahko skozi kondenzator teče izmenični električni tok. Ta tok se prišteje k toku, ki v bazo tranzistorja teče skozi upor. Zato ima tok, ki teče v bazo, spremenljivo velikost. Kot posledica tega je tranzistor bolj ali manj odprt. Svetleča dioda zato bolj ali manj sveti.
Pripomočki: baterija 9V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 45, 57, 61, 66, 4x68

Fig. 52

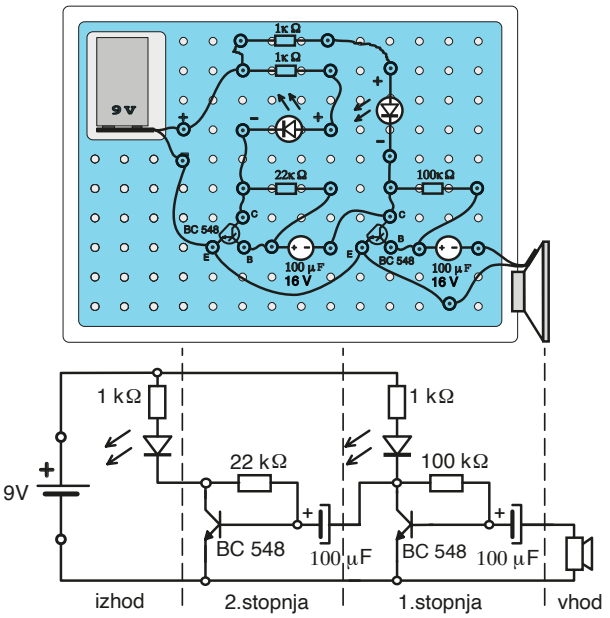


53. DVOSTOPENJSKI NIZKOFREKVENČNI OJAČEVALNIK

V tem vezju sta uporabljena dva med seboj zelo podobna nizkofrekvenčna ojačevalnika. Med izhodom prvega (kolektor desnega tranzistorja) in vhodom drugega (baza levega tranzistorja) je elektrolitski kondenzator, ki zagotavlja, da je napajanje baze levega tranzistorja določeno samo z upori, okoli tega tranzistorja.
Prvi tranzistor ojača nizkofrekvenčni izmenični signal, iz zvočnika, ki je tukaj uporabljen kot mikrofon. Ojačani izmenični signal gre iz kolektorja desnega tranzistorja skozi elektrolitski kondenzator v bazo levega tranzistorja. Zato je na kolektorju levega tranzistorja signal mnogokrat okrepljen. Svetleča dioda kaže, kako se spreminja tok skozi levi tranzistor kot posledica signala, ki pride iz zvočnika.

Pripomočki: baterija 9V, 24x7, 38, 2x42, 43, 44, 45, 2x57, 58, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 53

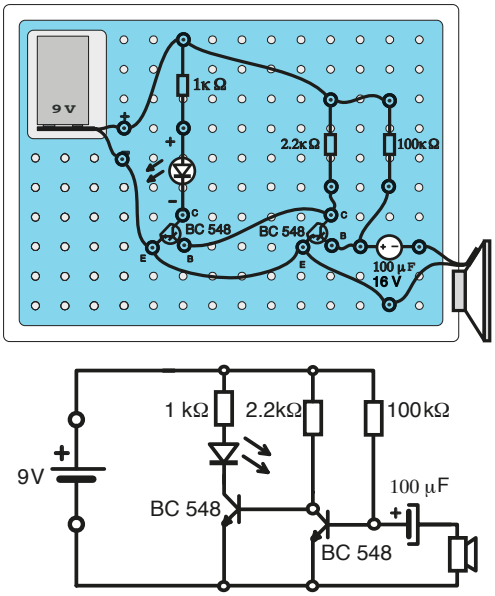


54. ŠE ENA IZVEDBA OJAČEVALNIKA

Na spodnji sliki je prikazana nekoliko drugačna izvedba dvostopenjskega tranzistorskega ojačevalnika. Med kolektorjem desnega in bazo levega tranzistorja ni elektrolitskega kondenzatorja. Zato enosmerni tok, ki teče skozi kolektorski upor desnega tranzistorja, lahko delno steče tudi v bazo levega tranzistorja.
Če primerjamo to vezje s prejšnjim, je v tem vezju uporabljenih manj elementov.

Pripomočki: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 45, 57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 54

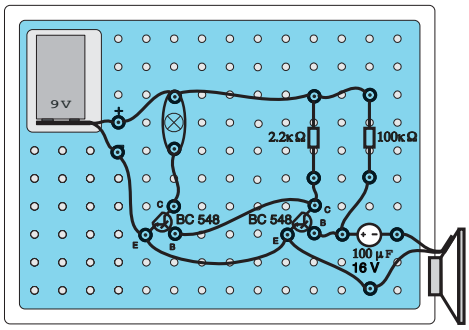


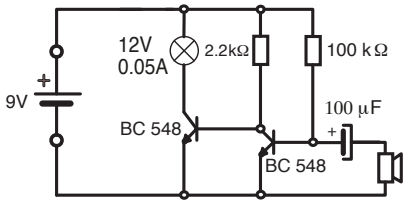
55. LIGHT SHOW

Z ojačevalniki lahko šibek signal, ki prihaja na vhod ojačevalnika, okrepimo toliko, da žarnica zasveti.
Če žarnico priključite naravnost na sponke zvočnika, ta v nobenem primeru ne bo zasvetila. Če pri narejenem vezju rahlo potrkate po zvočniku ali pihnete vanj, bo žarnica zasvetila. Podoben princip je uporabljen v vezjih, ki v disko klubih prižigajo žarnice v ritmu glasbe, ki jo poslušamo.

Pripomočki: baterija 9V, 24x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 2x57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 55



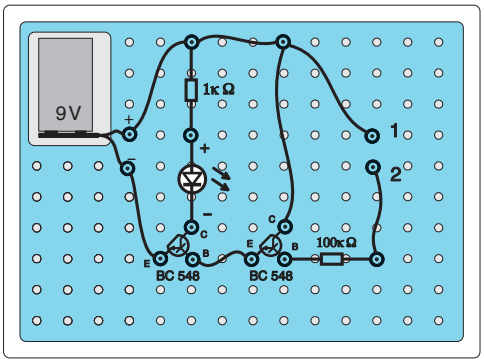


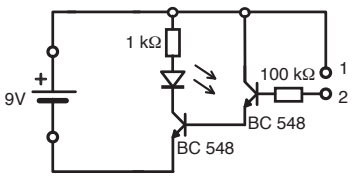
56. SENZORSKO VEZJE Z DVEMA TRANZISTORJEMA

Verjetno ste se že vprašali, kako delujejo senzorske tipke, ki jih vidite na televizijskih in radijskih sprejemnikih. Tipka sploh ni tipka, ampak le kontakt, ki se ga dotaknemo s prstom.
Če naredite vezje, prikazano na sliki 56. bo verjetno jasno, kako je takšna tipka narejena. V vezju sta uporabljena dva tranzistorja. Vzmetni sponki pozitivnega baterijskega priključka in tistega konca upora 100kΩ, ki ni priključen na bazo desnega tranzistorja, postavite tako blizu drugo k drugi, da se ju lahko istočasno dotaknete z istim prstom.
Spomnite se: če v bazo tranzistorja teče zelo majhen tok, steče skozi tranzistor iz kolektorja v emitor mnogokrat večji tok. Ta tok lahko nato speljemo tako, da teče v bazo naslednjega tranzistorja. Tako je tok, ki teče v bazo desnega tranzistorja zares mnogokrat ojačan, rezultat ojačanja pa je tok, ki teče skozi levi tranzistor. Takšno vezavo tranzistorjev, pri kateri tok iz emitorja enega tranzistorja teče naravnost v bazo drugega, strokovnjaki imenujejo Darlingtonova vezava.
Površina naše kože je vedno prekrita z različno umazanijo, vlago in kislinami (pot!), zato po površini kože lahko teče električni tok. Upornost kože je dokaj velika in tok, ki teče po njeni površini, je zato zelo zelo majhen. Ravno ta tok je speljan v bazo desnega tranzistorja na prikazanem stikalnem načrtu. Ko se s prstom dotaknete vzmetnih sponk, ki sta na sliki označeni z l in 2, bo svetleča dioda zasvetila.
Čemu služi upor 100 kΩ, ki je med senzorskim kontaktom in bazo desnega tranzistorja? Vezje bi delovalo, tudi če tega upora ne bi bilo, vendar...
Lahko bi se zgodilo, da bi kdo pomotoma (ali nalašč) s kovinskim predmetom vzpostavil stik med senzorskima kontaktoma. V takšnem primeru bi bila baza priključena naravnost na pozitivni baterijski priključek. Spomnite se: smer baza-emitor se pri tranzistorju obnaša kot dioda. Ta dioda je obrnjena tako, da električni tok lahko teče z emitorja na negativno baterijsko sponko. Zato bi s pozitivnega baterijskega priključka stekel v bazo tranzistorja velik tok, ki bi uničil tranzistor. Zaradi tega je zaporedno z bazo tranzistorja vstavljen še en upor, ki ščiti tranzistor pred tem, da bi v njegovo bazo stekel prevelik električni tok.

Pripomočki: baterija 9V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 3x69

Fig. 56



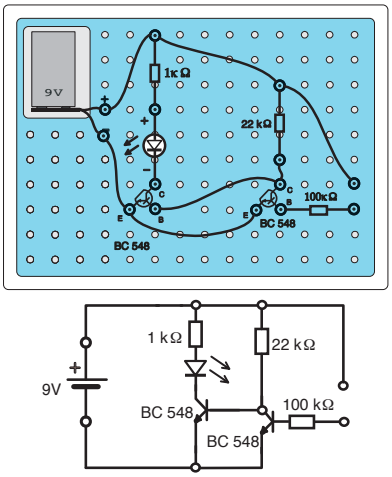


57. SENZORSKO VEZJE, KI IZKLJUČI NAPRAVO

V tem vezju je desni tranzistor uporabljen kot stikalo, ki vključi levo tranzistorsko stikalo. V mirujočem stanju v bazo desnega tranzistorja ne teče električni tok. Ta tranzistor je zato zaprt in predstavlja veliko upornost. Električni tok steče zaradi tega skozi upor 22 kΩ v bazo levega tranzistorja, ki je odprt in svetleča dioda zasveti.
Ko se s prstom dotaknete "senzorskih" vzmetnih sponk, steče v bazo desnega tranzistorja električni tok, ki odpre ta tranzistor. Odprt tranzistor predstavlja majhno upornost in zato je na srednjem odcepu delilnika napetosti, ki ga tvorita upor 22 kΩ in desni tranzistor, majhna napetost. Tok v bazi levega tranzistorja pade, tranzistor je zaprt in svetleča dioda ne sveti.

Pripomočki: baterija 9V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 57

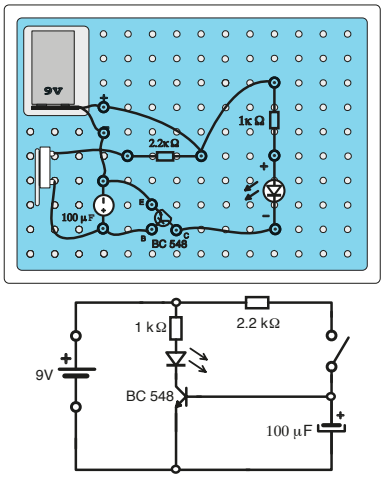


58. KONDENZATOR IN TRANZISTOR (1)

Ko naredite spodaj prikazano vezje in ga priključite na baterijo, svetleča dioda ne sveti. To je razumljivo, kajti ni električnega toka, ki bi tekel v bazo tranzistorja in zato je tranzistor zaprt.
Pritisnite tipko. S pozitivnega baterijskega priključka steče tok skozi upor in tipko ter naprej v elektrolitski kondenzator in bazo tranzistorja. V začetku je kondenzator prazen, zato vanj električni tok sunkovito steče. Medtem ko se kondenzator polni, na njegovih sponkah narašča napetost. V določenem trenutku je le-ta zadosti velika, da nekaj toka steče tudi v bazo tranzistorja in tranzistor se začne odpirati. Svetleča dioda sveti vse močneje, dokler svetlost ne doseže maksimuma.
Sprostite tipko. Kondenzator je poln in je zato v njem shranjena elektrina. Ko tipko sprostimo, se kondenzator obnaša kot baterija, iz katere tok lahko steče v bazo tranzistorja. Zato je tranzistor še nekaj časa odprt. Ker se kondenzator počasi prazni, se tok, ki iz njega teče v bazo tranzistorja, počasi zmanjšuje. Tranzistor se počasi zapira in zato svetlost diode počasi peša, na koncu pa svetleča dioda ugasne.

Pripomočki: baterija 9V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 66, 4x68, 2x69

Fig. 58

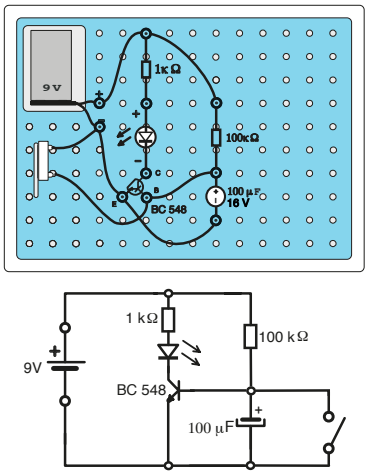


59. KONDENZATOR IN TRANZISTOR (2)

V tem vezju je tipka vezana vzporedno z elektrolitskim kondenzatorjem. Ko narejeno vezje priključite na baterijo, svetleča dioda počasi zasveti, podobno kot v prejšnjem poskusu.
Pritisnite tipko. Zaradi tega je kondenzator kratko sklenjen in se v hipu sprazni. Istočasno se svetleča dioda ugasne.
Sprostite tipko. Kondenzator se začne počasi polniti. Hkrati se zaradi tega začne počasi odpirati tranzistor in svetleča dioda sveti vedno močneje, dokler svetlost ne doseže maksimuma.

Pripomočki: baterija 9V, 12x7, 38, 42, 43, 57, 61, 66, 4x68, 69

Fig. 59

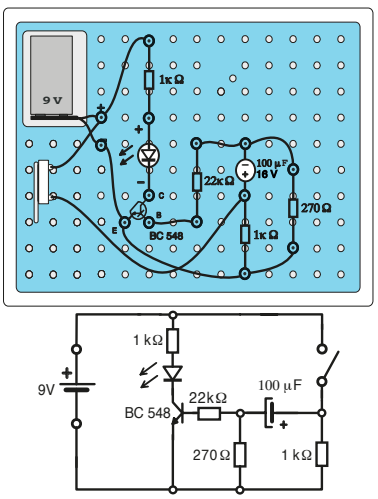


60. KRATKOTRAJNA VKLJUČITEV NAPRAVE

Vezje, ki uporablja lastnosti polnjenja kondenzatorja lahko uporabimo za kratkotrajno vključitev kakšne naprave. To je lahko npr. ventilator v kopalnici, električni zvonec ali gong pri vhodnih vratih itd. Tukaj opisano vezje sicer tega ne omogoča, vendar če bi namesto svetleče diode in zaporedno vezanega upora med kolektor tranzistorja in pozitivni baterijski priključek priključili navitje releja, bi lahko s posredovanjem releja vključili tudi porabnik, ki za svoje delovanje potrebuje večji tok in napetost.
Kako deluje vezje? Predpostavimo, da je elektrolitski kondenzator prazen.
Ko pritisnete tipko, steče s pozitivnega baterijskega priključka električni tok v elektrolitski kondenzator. Nato se ta tok razveja: en del gre skozi upor 270 Ω proti negativnemu baterijskemu priključku, drugi pa skozi upor 22 kΩ v bazo tranzistorja. Zato je tranzistor odprt in svetleča dioda sveti.
Kondenzator se počasi napolni. Ko je poln, vanj ne teče tok. Zato ni niti toka, ki bi tekel v bazo tranzistorja, le-ta je zaprt in svetleča dioda ne sveti.
Ko tipko sprostite, pozitivni priključek elektrolitskega kondenzatorja ni več priključen na pozitivni baterijski priključek. Tako tok lahko steče skozi upor 1 kΩ in 270 Ω in kondenzator se sprazni. Ta čas teče tok skozi upor 270 Ω v nasprotni smeri od tiste, v kateri je tekel potem, ko ste pritisnili tipko. Sedaj je napetost na tem uporu v nasprotni smeri kot prej. To pomeni, da je tranzistor zaprt in svetleča dioda ne sveti.

Pripomočki: baterija 9V, 14x7, 38, 42, 43, 56, 2x57, 66, 4x68, 2x69

Fig. 60

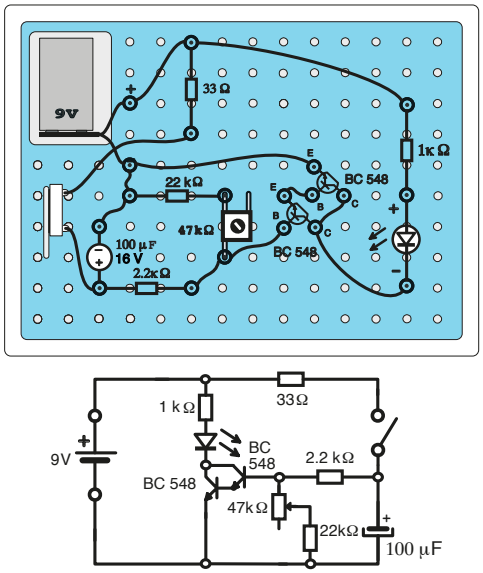


61. STIKALO Z NASTAVLJIVO ČASOVNO ZAKASNITVJO

Verjetno ste že imeli priložnost opazovati starše, kako na temnem parkirišču skušajo zakleniti avto, potem ko so bila vsa vrata na avtomobilu zaprta in ni bilo nikjer nobene luči. Bilo bi zelo lepo, če bi luči v notranjosti avta bile vsaj še nekaj sekund prižgane, da bi tako lažje poiskali ključavnico.
Predpostavimo, da je tipka v spodnji shemi tista tipka za prižiganje luči v notranjosti avta. Ko sta kontakta tipke sklenjena, steče tok s pozitivnega baterijskega priključka skozi upor 33 Ω, nakar en del steče v elektrolitski kondenzator in ga začne polniti, drugi pa naprej v upor 2,2 kΩ. Od tu naprej en del toka steče v bazo tranzistorja, drugi pa skozi potenciometer proti negativnemu baterijskemu priključku. Zaradi toka, ki teče v bazo tranzistorja, je le-ta odprt in svetleča dioda sveti.
Sprostite tipko. Elektrolitski kondenzator se začne prazniti skozi upor 2,2 kΩ, nakar en del tega toka steče v bazo, drugi pa skozi potenciometer in upor 22 kΩ. V odvisnosti od lege drsnika na potenciometru se kondenzator prazni hitreje ali počasneje.
Ko je napetost na elektrolitskem kondenzatorju premajhna, da bi tok, ki teče v bazo tranzistorja, ohranjal tranzistor odprt, svetleča dioda ugasne. Potenciometer služi torej zato, da z njim nastavite, koliko časa naj svetleča dioda sveti še potem, ko sprostite tipko.

Pripomočki: baterija 9V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

Fig. 61

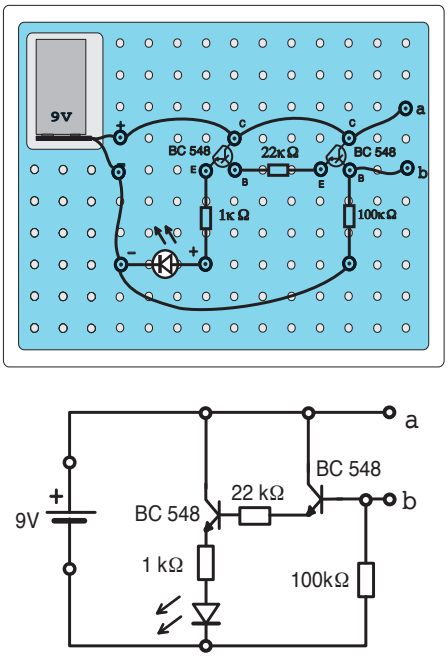


62. VEZJE ZA PREIZKUŠANJE ELEMENTOV

V vezju prikazanem na sliki 62 svetleča dioda sveti, če teče električni tok iz sponke a v sponko b. Kako lahko to ugotovitev uporabimo za preizkušanje elementov?
Če med sponki a in b vključite upor, svetleča dioda sveti, če le upor ni prekinjen ali poškodovan.
Če med sponki a in b vključite kondenzator, svetleča dioda zasveti samo za hipec. Ko se kondenzator napolni, tok ne steče več iz sponke a v kondenzator in naprej v bazo tranzistorja. Zato dioda ugasne. Če ima kondenzator večjo kapacitivnost, svetleča dioda sveti dlje časa. Če dioda ne ugasne, pomeni, da je kondenzator pokvarjen.
S tem vezjem lahko preizkušate tudi neoporečnost diod. Diodo morate priključiti tako, da je katoda - označena nogica diode - priključena na sponko b. Svetleča dioda sveti. Če sedaj diodo, ki jo preverjate, obrnete, ne sme svetiti. Če se pri priključevanju preizkušene diode vezje ne obnaša tako, kot je tukaj opisano, je dioda pokvarjena.

Pripomočki: baterija 9V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

Fig. 62



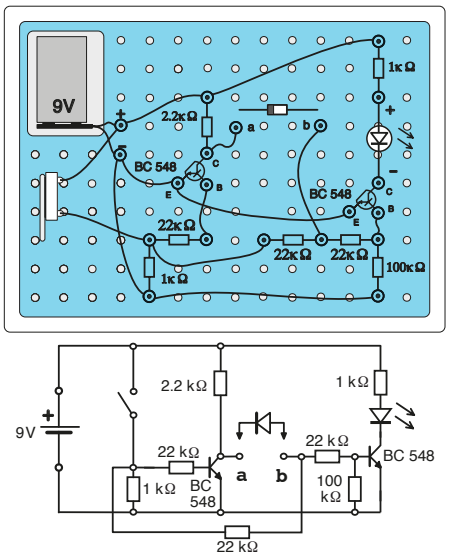
63. VEZJE ZA PREIZKUŠANJE DIOD

Pri prejšnjem vezju je bilo treba testirano diodo med testiranjem dvakrat priključiti in pogledati, kako se obnaša v smereh anoda-katoda in katoda-anoda.
Z elementi, ki jih imate na voljo, lahko naredite zelo izpopolnjeno vezje za preizkušanje diod.
Poglejmo, kako se vezje obnaša, če vstavimo vanj dobro ali pokvarjeno diodo.
Predpostavimo najprej, da je dioda v svoji notranjosti prekinjena. To bi bilo enako, kot da v testnem vezju med sponkama a in b ni ničesar. Desni tranzistor je zaprt, saj ni poti za tok, ki bi tekel v njegovo bazo. Zato svetleča dioda ne sveti. Pritisnite sedaj tipko. Skozi tipko in upor 22 kΩ steče tok v bazo desnega tranzistorja, ki se zato odpre, in svetleča dioda sveti. Zaradi pritisnjene tipke je odprt tudi levi tranzistor, vendar to trenutno ni pomembno.
Predpostavimo, da je dioda v svoji notranjosti kratko sklenjena. To bi bilo enako, kot bi med sponki a in b vstavili košček žice. Sedaj tok lahko steče skozi upor 2,2 kΩ, vstavljeno žico in upor 22 kΩ v bazo desnega tranzistorja. Zato je ta tranzistor odprt in svetleča dioda sveti. Pritisnite tipko. Sedaj je odprt levi tranzistor in njegova upornost je zato zelo majhna. Zaradi tega bo napetost med emitorjem in kolektorjem tega tranzistorja premajhna, da bi tok stekel v bazo drugega tranzistorja. Tako je ta tranzistor zaprt in svetleča dioda ne sveti.
Predpostavimo, da je vstavljena dioda dobra in vstavljena tako, kot je narisano: katoda je na sponki a. Ko je tipka sproščena, je dioda zapora toku, ki bi tekel skozi upor 2,2 kΩ proti bazi desnega tranzistorja. Zato svetleča dioda ne sveti. Ko pritisnete tipko, je levi tranzistor odprt, zato je med njegovim kolektorjem in emitorjem majhna upornost. Tok, ki teče skozi tipko in upor 22 kΩ, je zaradi majhne upornosti levega tranzistorja raje stekel skozi diodo in levi tranzistor, zato je desni tranzistor spet zaprt. Svetleča dioda ne sveti.
Predpostavimo, da je vstavljena dioda dobra in v vezje vstavljena narobe, oz. da je katoda na sponki b. Skozi upor 2,2 kΩ, preizkušano diodo in upor 22 kΩ steče tok v bazo desnega tranzistorja, ki je zato odprt in svetleča dioda sveti. Ko pritisnete tipko, je levi tranzistor odprt in na njem majhna napetost. Tok skozi tipko in upor 22 kΩ steče tudi proti sponki b. Ker je leva sponka diode (zaradi odprtega levega tranzistorja) na zelo nizki napetosti, je preizkušana dioda obrnjena narobe. Zato tok ne steče v tej smeri, temveč lahko teče le v bazo desnega tranzistorja. Ta je še spet odprt in dioda sveti.
Iz zgoraj opisanega obnašanja vezja bi lahko sestavili naslednjo tabelo:

Stanje diode	Tipka je pritisnjena	Tipka je sproščena
dobra	ugasnjena	ugasnjena
prekinjena	sveti	ugasnjena
kratek stik	ugasnjena	sveti
napačno obrnjena	sveti	sveti

Pripomočki: baterija 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 2x60, 61, 4x68, 4x69

Fig. 63

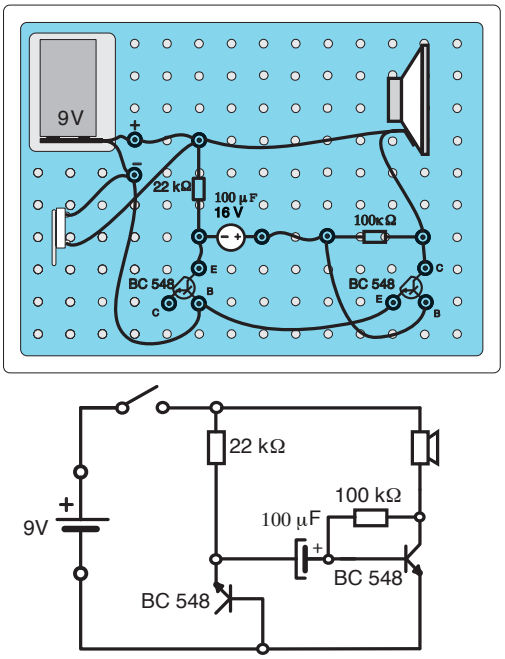


64. GENERATOR ŠUMA

Verjetno ste že imeli priložnost videti ojačevalnik z vgrajenim prikazovalnikom, na katerem je prikazano, koliko so v glasbi, ki jo trenutno poslušate, močni posamezni toni. Na prikazovalniku lahko vidite stolpiče, ki poskakujejo v ritmu glasbe. Pod posameznimi stolpiči je napisano, kateri frekvenci poslušanega signala ustreza stolpič, npr.: 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, l kHz itd.
Za visokokakovostno predvajanje glasbe je nujno potrebno, da ojačevalnik enako ojača vse tone. Kako bi to preverili? Morali bi imeti vir signala, ki bi ga priključili na ojačevalnik, na izhodu ojačevalnika pa bi merili moč. Na viru bi nato nastavili frekvenco signala in izmerili moč ojačevalnika.
Nato bi pri enako močnem signalu spremenili frekvenco in spet izmerili moč. Tako bi lahko ugotovili, katere frekvence ojačevalnik ojačuje bolj, katere manj. Nato bi z ustreznimi regulatorji nastavili ojačenje ojačevalnika pri vsaki frekvenci posebej.
Obstaja signal, v katerem so še vsebovani zvoki vseh frekvenc istočasno. To je šum. Če bi imeli vir šuma, bi ga priključili na vhod ojačevalnika in nato na izhodu ojačevalnika merili moč z instrumentom, ki lahko pokaže moč pri posameznih frekvencah. Takšni instrumenti imajo zgoraj opisane stolpičaste prikazovalnike. Nato zlahka in zelo hitro opravimo vse nastavitve ojačevalnikov.
Takšno vezje, ki kot izhodni signal daje šum, je prikazano na sliki 64. Kot element, ki oddaja šum, je uporabljena dioda emitor-baza tranzistorja BC548, ki je v vezje priključena tako, da je obrnjena v nasprotni smeri. Tako priključen tranzistor daje šum, ki ga nato lahko dodatno ojačamo. V ta namen je uporabljen tranzistorski ojačevalnik. Ko pri tukaj opisanem vezju pritisnete na tipko, iz zvočnika slišite šum.

Pripomočki: baterija 9V, 13x7, 38, 40, 2x42, 45, 58, 61, 2x66, 4x68, 2x68

Fig. 64

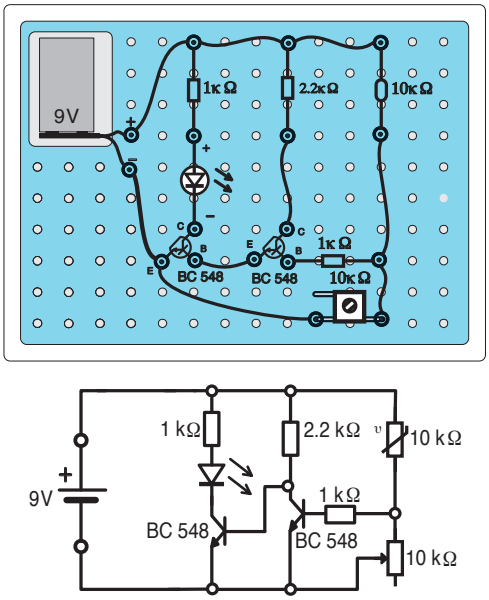


65. TEMPERATURNO OBČUTLJIVO STIKALO

Spoznali smo delovanje termistorja, tranzistorja in releja. Pridobljeno znanje še zadostuje, da lahko naredimo tudi nekoliko bolj zapletena vezja.
Zamislite si, da imate grelec, za katerega želite, da se samodejno vključi takrat, ko je temperatura padla na predpisano vrednost. To bo naredilo vezje, zelo podobno tistemu, ki je prikazano na spodnji sliki. Termistor in spremenljivi upor, ki sta na desni strani stikalnega načrta, predstavljata delilnik napetosti. Če je upornost termistorja manjša (to je pri višji temperaturi), je izhodna napetost delilnika višja. Na srednjo točko oz. izhod napetostnega delilnika je preko upora priključena baza tranzistorja. Ker napetost na delilniku naraste, naraste tudi tok v bazo tega tranzistorja in tranzistor je odprt. Zaradi tega je napetost med kolektorjem in emitorjem tega tranzistorja majhna, zmanjšan je tok, ki teče v bazo levega tranzistorja, tranzistor se zapre in svetleča dioda ugasne. Lahko si predstavljate, da je v vezju namesto svetleče diode in upora 1 kΩ vključeno navitje releja, ki s svojimi močnimi kontakti vključi grelec ali pa pri centralnem ogrevanju odpre električni ventil za vročo vodo.
Ko temperatura pade, upornost termistorja naraste. Zato je levi tranzistor zaprt, desni pa odprt in svetleča dioda zasveti.
Vezje je lahko vgrajeno kjerkoli, termistor pa mora biti na mestu, na katerem želimo uravnavati temperaturo.
Med termistorjem in negativno baterijsko sponko je spremenljivi upor oz. potenciometer. Če je ta upor manjši, steče v bazo desnega tranzistorja manj toka. Da bi bil tok v bazo tega tranzistorja zadosti velik za vključitev releja, mora upornost termistorja pasti na manjšo vrednost, kar se zgodi pri višji temperaturi.
To pravzaprav pomeni, da s spreminjanjem lege drsnika potenciometra lahko nastavljate temperaturo, pri kateri se bo grelec vključil. Pri manjši upornosti potenciometra se grelec vključi pri višji temperaturi in obratno.
Ko vezje naredite, zasučite os potenciometra tako, da svetleča dioda ugasne. Nato ga zasučite nekoliko nazaj, ravno toliko, da svetleča dioda zasveti. Nato primite s prsti termistor. S tem ga segrejete in svetleča dioda ugasne. Počakajte nekaj časa. Termistor se ohladi in svetleča dioda spet zasveti.

Pripomočki: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 47, 51, 2x57, 58, 4x68, 5x69

Fig. 65

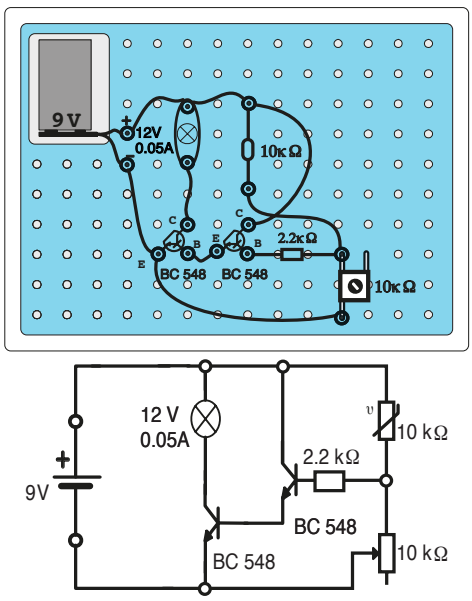


66. ELEKTRIČNA SVEČA

Da bi prižgali svečo, potrebujete toploto (npr. ogenj vžigalice), da bi jo ugasnili je zadosti, da vanjo pihnete. Naslednje vezje se obnaša podobno kot sveča.
Če termistor segrejete s prsti, njegova upornost pade. Zato je na termistorju manjša napetost, v bazo desnega tranzistorja pa steče večji tok. Zaradi tega tudi v bazo levega tranzistorja steče večji tok, tranzistor se odpre in žarnica zasveti.
Če sta žarnica in termistor postavljena zelo blizu drug k drugemu, žarnica s svojo toploto greje termistor, zato žarnica še naprej sveti. Kaj je treba narediti, da žarnica ugasne? Pihajte narahlo v termistor tako, da ga ohladite. Če je to potrebno, pihnite nekajkrat, žarnica počasi ugaša. Hladnejši termistor ima večji upor in zato teče skozi termistor manjši tok. Manjši tok teče tudi v bazo tranzistorja in s tem tudi skozi tranzistor. Žarnica zato ugasne.
S spremenljivim uporom nastavite, pri kateri temperaturi bo žarnica začela svetiti. Zasučite os potenciometra tako, da žarnica ugasne. Počakajte nekaj časa, da se termistor ohladi. Nato sučite os potenciometra toliko časa, da žarnica zažari in jo nato hitro obrnite nekoliko nazaj, da žarnica ne sveti več. Pazite na medsebojno lego termistorja in žarnice. Žarilna nitka mora biti, kolikor je to mogoče, bliže termistorju.

Pripomočki: baterija 9V, 13x7, 14, 35, 38, 2x42, 47, 51, 58, 4x68, 4x69

Fig. 66

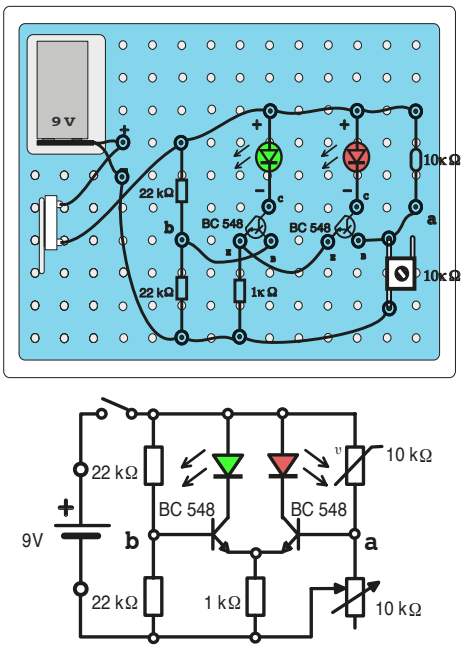


67. JAVLJANJE SPREMEMBE TEMPERATURE

Včasih želimo vedeti, če se je temperatura od predhodno določene spremenila navzgor ali navzdol. Takrat lahko uporabimo vezje, podobno spodaj prikazanemu.
Značilnost vezja je način, kako sta priključena tranzistorja. Tok, ki teče iz emitorjev, teče skozi skupni upor 1 kΩ. Ta upor določa, koliko toka teče skozi oba tranzistorja skupaj. Več toka seveda teče skozi tranzistor, ki ima manjšo upornost. Ker tok lahko teče skozi levi ali desni tranzistor, ali skozi oba enako, imenujemo to vezje balančna vezava. Vezje reagira na razliko napetosti med točkama a in b. Če sta ti dve napetosti enaki, je vezje v ravnovesju. Takrat obe svetleči diodi svetita enako močno.
Situacija je podobna tisti na otroški gugalnici: ena stran je ali spodaj ali zgoraj, če pa se oba otroka nekoliko potrudita, je lahko gugalnica v ravnovesju.
Torej, če v obe bazi teče enak tok, je tudi balančno vezje v ravnovesju in oba tranzistorja imata enako upornost. Zato obe svetleči diodi svetita enako močno.
Če se termistor segreje, njegova upornost pade. Zato je napetost na točki a nekoliko višja od tiste na točki b. Zaradi tega je desni tranzistor bolj odprt kot levi in desna (rdeča) svetleča dioda sveti močneje kot prej, leva (zelena) pa šibkeje.
Če se termistor ohladi, napetost na točki a nekoliko pade. Sedaj je napetost na točki b višja od one na točki a. Desni tranzistor je sedaj bolj odprt in zelena dioda sveti močneje kot prej, rdeča pa šibkeje.
S potenciometrom, ki je v vezje priključen kot spremenljiv upor, nastavimo, pri kateri temperaturi (oz. upornosti termistorja) je vezje v ravnovesju. Takrat obe svetleči diodi svetita enako močno.
Če temperatura nato pade, zelena svetleča dioda sveti bolj, rdeča pa manj. Pri dvigu temperature je vloga svetlečih diod zamenjana.
Pogled na svetleči diodi zadostuje, da izvemo, če je temperatura v bližini termistorja višja, nižja ali pa enaka nastavljeni.

Pripomočki: baterija 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 47, 51, 57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 67

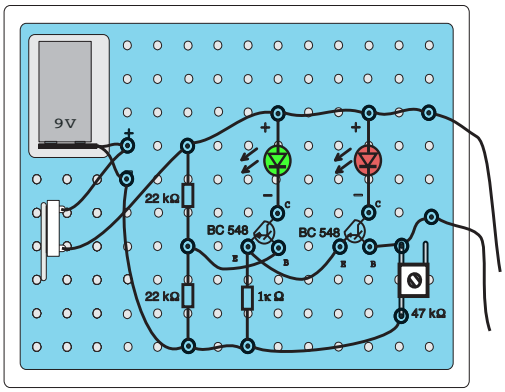


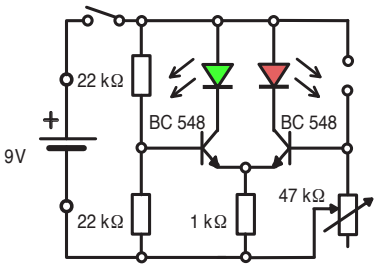
68. JAVLJANJE TOČNO DOLOČENE GLADINE TEKOČINE V REZERVOARJU

Vezje je narejeno z balančno vezavo tranzistorjev, opisano v prejšnjem primeru. Sedaj je seveda javljalnik prilagojen delu s tekočinami. To bi lahko bili dve dolgi, vzporedno postavljeni neizolirani žici. Ko se gladina tekočine v rezervoarju dviga, se spreminja upornost med žicami, ki sta navpično položeni vzdolž stene rezervoarja.
Ker je upornost tekočin od primera do primera različna, je treba paziti na izbiro in nastavitev spremenljivega upora. V tem primeru je na risbi narisan spremenljivi upor 47 kΩ.

Pripomočki: baterija 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 52, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 68





69. LOGIČNI INVERTER (NOT)

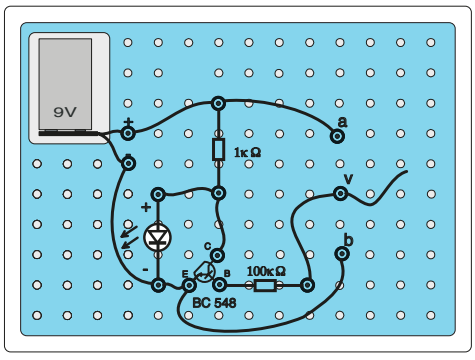
Verjetno vas je že mučilo vprašanje, kako delujejo računalniki. Naj je to videti še tako neverjetno, že tako zapleten računalnik sestavlja množica zelo enostavnih vezij.
Računalniki ne znajo računati in delati s številkami tako, kot delamo ljudje. Tudi vezja sama ne znajo kar tako računati poštevanke, kot to počnemo mi. Pri računalnikih so vsi ukazi in podatki zapisani z znaki, ki vsebujejo samo ničle in enice. Ničlo in enico si lahko predstavljamo kot "napetosti ni" in "napetost je". V detajle zapisa podatkov in ukazov se tukaj ne bomo spuščali. Prikazali pa bomo osnovna vezja, kakršnih je mnogo v vsakem računalniku ali računalniškem integriranem vezju. Ker so se kot prvi s tovrstnimi vezji ukvarjali angleško govoreči znanstveniki, jih pogosto poimenujemo z angleškimi besedami. V mednaslovih so ti nazivi navedeni v oklepajih.
Logične signale lahko opazujemo tako, da opazujemo svetlečo diodo, ki sveti ali ne. Mi bomo rekli, da imamo kot vhodni podatek logično 1 takrat, ko je vhodna sponka priključena na pozitivno baterijsko sponko, logično 0 pa takrat, ko je vhodna sponka priključena na negativni baterijski priključek. Na izhodu vezja je logično 1 takrat, ko svetleča dioda sveti, logično 0 pa takrat, ko je ugasnjena.
Obnašanje vsakega digitalnega vezja lahko opišemo s tabelo, v kateri so navedena logična stanja na vhodu (oz. vhodih, če jih je več) in izhodu (oz. izhodih, če jih je več). Takšno tabelo imenujemo pravilnostna tabela.
Pri naših vezjih se bomo omejili na tista z največ dvema vhodoma. Pri vseh naših vezjih je prikazano, kje so vhodi, kje je samo vezje in kje je izhod. Ker imajo nekatera vezja dva vhoda, mi pa imamo v kompletu le eno tipko, si lahko pomagate tako, da se z žičko, ki je priključena v vhodno vzmetno sponko, enkrat dotaknete pozitivnega baterijskega priključka (logično l), drugič pa se s to žico dotaknete negativnega baterijskega priključka (logično 0).
Najenostavnejše logično vezje je inverter. To je vezje, ki obrne pomen vhodnega signala. Torej, če imamo na vhodu logično l, bomo imeli na izhodu logično 0 in obratno. Pravilnostna tabela inverterja je takšna:

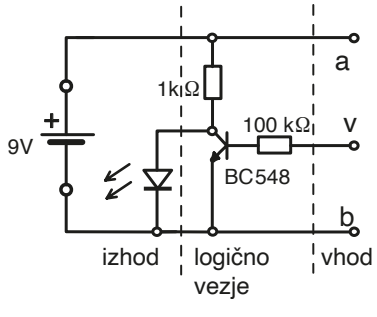
VHOD	IZHOD
0	1
1	0

Vezje, ki je uporabljeno kot inverter, je pravzaprav tranzistorsko stikalo, na katerem opazujemo, ali je tranzistor odprt ali ne. Če je vhodna sponka (v) priključena na pozitivni baterijski priključek (a), je tranzistor odprt in ima zato majhno upornost. Vzporedno z njim priključena svetleča dioda zato ne bo svetila.
Ko je vhodna sponka (v) priključena na negativni baterijski priključek (b), je tranzistor zaprt. Tranzistor ima zato zelo veliko upornost. Zaradi tega teče tok s pozitivnega baterijskega priključka skozi upor l kΩ in nato skozi svetlečo diodo, ki zato sveti.

Pripomočki: baterija 9V, 13x7, 38, 42, 57, 61, 63, 4x68, 5x69

Fig. 69





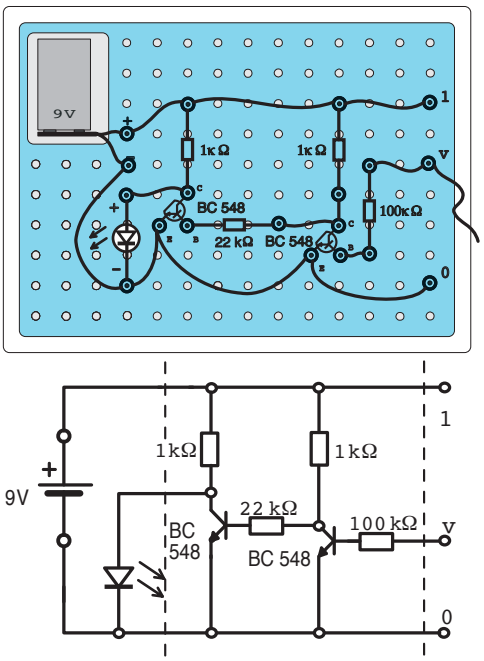
70. DVA ZAPOREDNO VEZANA INVERTERJA

Izhode in vhode logičnih vezij lahko med seboj povezujemo tako, da dobimo nova vezja. Na ta način lahko z enostavnimi logičnimi vezji dobimo vezja z zelo zapletenimi funkcijami med vhodnimi in izhodnimi stanji.
Tukaj imamo zelo enostaven primer: dva zaporedno vezana inverterja. Kakšna je pravilnostna tabela, lahko kar uganemo: če prvi inverter obrne pomen logičnega signala, ga drugi inverter obrne še enkrat. Zato imamo na izhodu signal, enak tistemu na vhodu. Pravilnostna tabela takšnega vezja je:

VHOD	IZHOD
0	0
1	1

Pripomočki: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 2x57, 60, 61, 63, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 70



71. LOGIČNO "ALI" (OR)

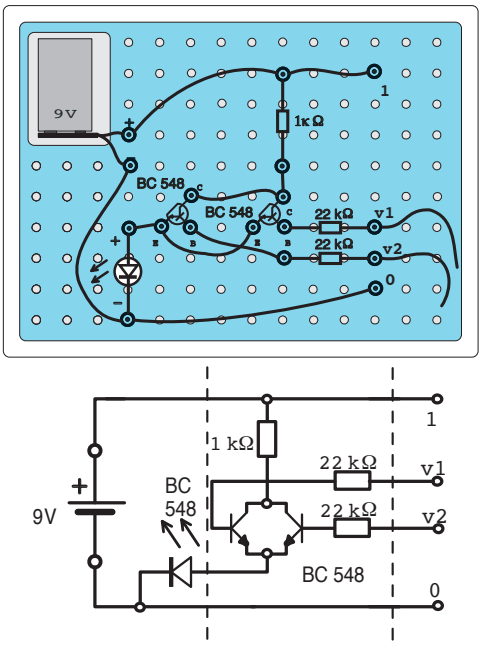
Pri tem vezju sveti svetleča dioda takrat, ko je na kateremkoli izmed vhodnih priključkov logično stanje 1.

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

V vezju sta dva tranzistorja s povezanima emitorjem in kolektorjem vezana skupaj. Ko je katerikoli izmed njiju odprt, steče tok skozi upor 1 kΩ, tranzistor in nato še skozi svetlečo diodo. Tranzistor je odprt takrat, ko se z žičko dotaknete pozitivne baterijske sponke.

Pripomočki: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69, 2x70

Fig. 71



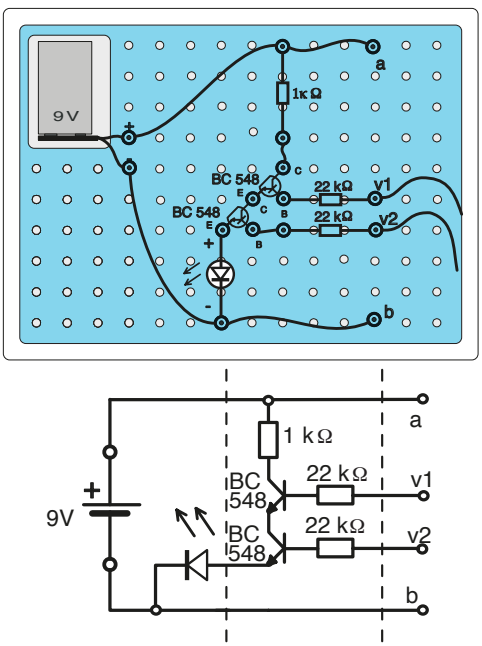
72. LOGIČNI ''IN" (AND)

Pri tem vezju sta tranzistorski stikali vezani zaporedno. Tok teče skozi svetlečo diodo samo takrat, ko sta oba tranzistorja odprta. To pomeni, da morata biti oba vhoda priključena na pozitivni baterijski priključek, oz. morata imeti stanje logično ena. S pravilnostno tabelo bi zgoraj navedeno zapisali takole:

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Pripomočki: baterija 9V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69

Fig. 72



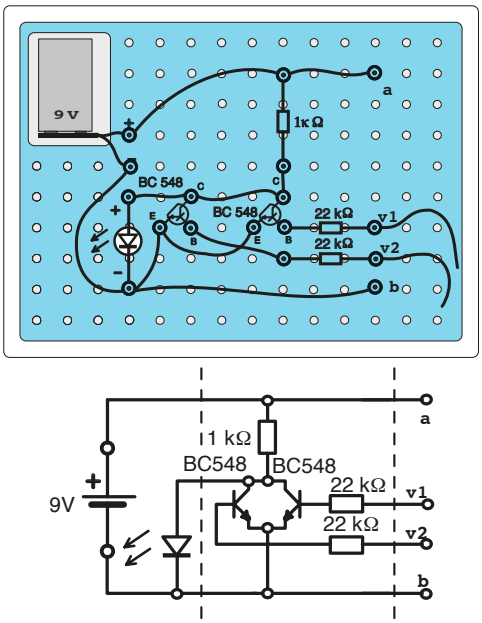
73. LOGIČNI "NEGIRAN ALI" (NOT OR / NOR)

Tudi v tem vezju sta uporabljeni dve vzporedno vezani stikali. S svetlečo diodo opazujemo, kdaj bosta oba tranzistorja zaprta oz. tranzistorski stikali odprti. Takrat imata oba tranzistorja zelo veliko upornost in tok zlahka steče skozi diodo, ki zato sveti. Pravilnostna tabela za takšno vezje je:

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Pripomočki: baterija 9V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 73



74. LOGIČNI "NEGIRANI IN" (NOT AND / NAND)

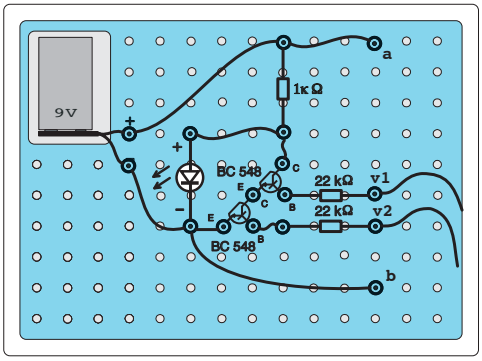
Če se spomnite, kakšna je pravilnostna tabela pri vezju AND, ima pri tem vezju pravilnostna tabela obrnjen pomen na izhodu.

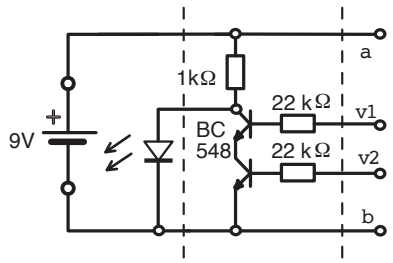
VHOD 1	VHOD 2	IZHOD
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Pri tem vezju opazujemo, kdaj sta dve tranzistorski stikali istočasno sklenjeni. Ko se z žičkama na obeh vhodih dotaknete pozitivnega baterijskega priključka, teče tok v bazi obeh tranzistorjev in oba tranzistorja se odpreta. Zaradi tega je svetleča dioda vezana vzporedno z majhno upornostjo in ne sveti. Ko je katerikoli (ali oba) izmed tranzistorjev zaprt, predstavlja veliko upornost in skozi njega tok ne teče. Zato bo na svetleči diodi zadosti velika napetost, da bo prižgana.

Pripomočki: baterija 9V, 16x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 74





75. LOGIČNI NAND, NAREJEN Z AND IN NOT

Omenili smo že, da lahko vedno uporabimo invertor, da z njim obrnemo pomen signala. Tako lahko dobimo enak rezultat kot v prejšnjem primeru, če izhod vezja AND pripeljemo na invertor.

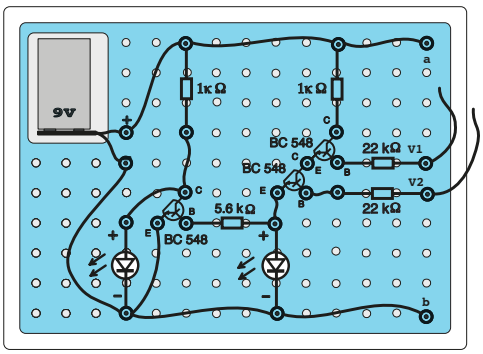
Če potrebujemo samo funkcijo NAND, lahko uporabimo še opisano vezje, ker je v njem manj elementov kot v tukaj opisanem. Če pa zaradi določenega razloga potrebujemo istočasno vezji AND in NAND, ni treba zaradi tega narediti obeh vezij, temveč je zadosti, da naredimo le vezje AND in en invertor. Tako bo vezje nekoliko bolj enostavno. Pri zelo zapletenih logičnih vezjih so načrtovalci zaradi cene in prostora, ki ga potrebujejo za vezja, prisiljeni upoštevati tudi takšne "malenkosti".

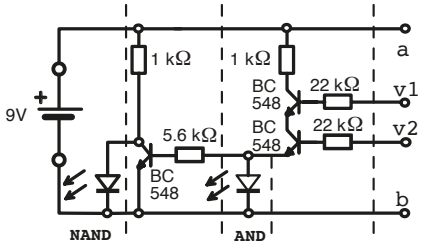
Predpostavimo, da potrebujemo funkciji AND in NAND. Tako dobimo naslednjo pravilnostno tabelo:

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD AND	IZHOD NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

Pripomočki: baterija 9V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 75





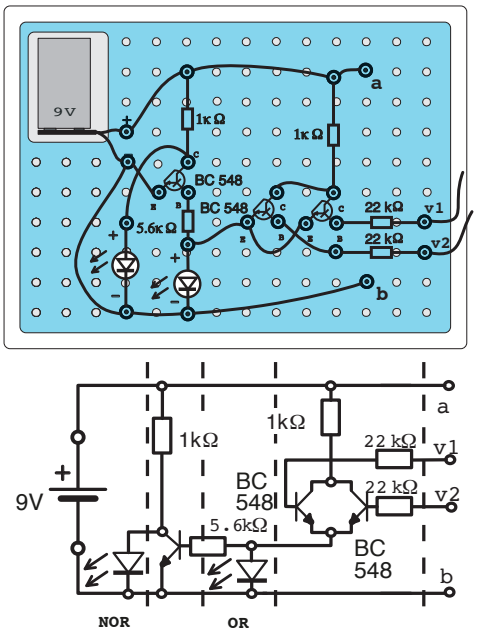
76. LOGIČNI NOR, NAREJEN Z OR IN NOT

Tako kot smo logično vezje NAND naredili z vezji AND in NOT, lahko na podoben način naredimo logično vezje NOR iz vezij OR in NOT. Pri tem pa imamo na voljo dva izhoda: OR in NOR. Pravilnostna tabela za takšno vezje je takšna:

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD OR	IZHOD NOR
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Pripomočki: baterija 9V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 76



77. PRIMER SESTAVLJANJA LOGIČNIH FUNKCIJ

Predpostavimo, da imamo vezje, prikazano na spodnji sliki. Vezje je narejeno tako, da je v logičnem vezju OR pomen enega vhodnega signala obrnjen. Kakšna bo pravilnostna tabela za celotno vezje?
Za vezje OR je pravilnostna tabela že znana. Razširimo jo v tolikšni meri, da za vhod l dodatno ugotovimo, kakšen je signal na izhodu inverterja. Za signal na izhodu inverterja in signal na vhodu 2 sestavimo nato pravilnostno tabelo glede na tisto, kar je napisano v pravilnostno tabeli za vezje OR.
Tako dobimo naslednjo pravilnostno tabelo:

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD INVERTERJA	IZHOD VEZJA
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1

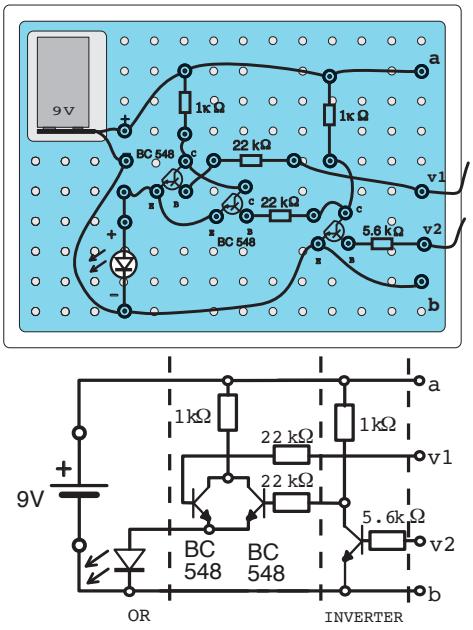
Pravilnostna tabela za celotno vezje je torej takšna:

VHOD 1	VHOD 2	IZHOD
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Tukaj prikazano vezje je zelo enostavno. Lahko si mislite, da za zapletene logične funkcije potrebujemo tudi zelo zapletena logična vezja.

Pripomočki: baterija 9V, 25x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 77



78. LOGIČNO BISTABILNO VEZJE

Spomnite se dveh zaporedno vezanih inverterjev: signal na izhodu vezja je bil enak signalu, ki ga je vezje imelo na vhodu. Če je to tako, bi lahko vhod in izhod vezja med seboj povezali. Potem je stanje signalov v vezju trdno ohranjeno.

Vključimo svetleči diodi v vezje tako, da sta pri vsakem izmed tranzistorjev povezani zaporedno z uporom l kΩ med pozitivni baterijski priključek in kolektor. Če vezje narišemo tako, da sta bazi tranzistorjev obrnjeni druga proti drugi, bomo dobili spodaj prikazani stikalni načrt. Na risbi se lepo vidi, da je baza enega izmed tranzistorjev preko upora priključena na kolektor drugega.

Kaj se zgodi, ko priključimo vezje na baterijsko napetost? Kljub temu da je leva polovica na videz enaka desni, to ni res. Čeprav sta tranzistorja istega tipa, nista popolnoma enaka. Enako velja tudi za upore, ki naj bi imeli med seboj enako upornost. Že zaradi proizvodnih postopkov dva upora, ki naj bi imela enako upornost, ne bosta čisto enaka. Zato ne moremo zagotovo vedeti, kateri tranzistor bo odprt, kateri pa zaprt. Označimo levi tranzistor T1, desnega pa T2. Naj bo po vključitvi na baterijsko napetost stanje takšno, da je tranzistor T1 odprt. Zaradi tega ta tranzistor predstavlja zelo majhno upornost. Kolektor tega tranzistorja je izhod napetostnega delilnika, ki ga tvorita tranzistor T1 in upor med njegovim kolektorjem in pozitivnim baterijskim priključkom. Upornost svetleče diode je za to obravnavo zanemarljiva. Zaradi majhne upornosti tranzistorja T1 bo na izhodu tega delilnika zelo majhna napetost. Ta majhna napetost ne bo mogla pognati toka v bazo tranzistorja T2, ki je zato zaprt in tako predstavlja veliko upornost.

Na desni strani vezja tranzistor T2 in upor (ter svetleča dioda, ki jo za to obravnavo lahko zanemarimo) med njegovim kolektorjem in pozitivnim baterijskim priključkom tvorita napetostni delilnik, katerega izhod je na kolektorski sponki. Ker je tranzistor T2 zaprt in predstavlja veliko upornost, je napetost med emitorjem in kolektorjem velika. Zato v bazo tranzistorja T1 teče tok, ki ta tranzistor drži odprt. Skratka, sklenjeni krog, v katerem drži odprti tranzistor T1 tranzistor T2 zaprt. Seveda drži prav tako tranzistor T2 odprt tranzistor T1. Stanje v tem vezju je stabilno in če ga želimo spremeniti, je treba to narediti od zunaj.

Če bi bazo tranzistorja, ki je odprt, za hipec kratko sklenili z emitorjem, ne bi tok več tekel v bazo in bi bil tranzistor zaradi tega ta hip zaprt. Napetost na njegovem kolektorju naraste, pognan je tok v bazo drugega tranzistorja, ki zaradi zgoraj opisanega stanja ostane odprt. Če spet želimo prevreči stanje v vezju, je za hipec potrebno z maso oz. negativnim baterijskim priključkom skleniti bazo tranzistorja, ki je sedaj odprt.

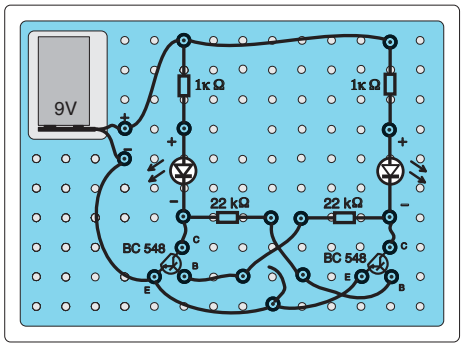
Naredite vezje, ki je prikazano na spodnji sliki. Ko priključite vezje na baterijsko napetost, bo ena svetleča dioda svetila, druga pa ne. Z žičko, ki je priključena na negativni baterijski priključek, se izmenično dotikajte sponk a in b. Enkrat bo svetila leva, drugič desna svetleča dioda. Ko se z žičko dotaknete baze tranzistorja, ki je trenutno odprt (svetleča dioda, priključena na njegov kolektor, sveti), njegova svetleča dioda ugasne in prižge se tista ob drugem tranzistorju.

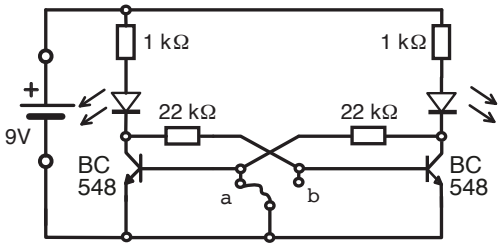
V vezju smo stanje spremenili z zunanjim vplivom. Z njim smo sprožili proces spremembe stanja v vezju, zato ga imenujemo "proženje". V našem primeru smo prožili spremembo tako, da smo bazo trenutno odprtega tranzistorja za hipec kratko sklenili z maso. Vezja, ki imajo zgradbo podobno tukaj opisani, imenujemo multivibratorji. Tukaj opisano vezje ima lahko dve različni, sicer pa enakovredni stabilni stanji. Zaradi tega pravimo, da je vezje "bistabilno". To vezje je torej bistabilni multivibrator. Strokovnjaki uporabljajo kar tuje ime, kajti prevajanje imen ni vedno smiselno. Bistabilni multivibrator bi lahko prevedli kot "dvoravnovesni večtresljaljnik", kar bi najbrž pri že tako resnem poslušalcu privabilo nasmeh na obraz...

Način delovanja bistabilnega multivibratorja je primeren in kot nalašč za vključevanje ter izključevanje naprav z dvema tipkama. Z eno tipko lahko napravo vključimo, z drugo pa jo izključimo. Podobne naprave ste najbrž že večkrat videli. V tukaj opisanem primeru bi lahko med sponko a in negativni baterijski priključek ter sponko b in negativni baterijski priključek kar vstavili tipki. Namesto upora l kΩ in zaporedno vezane svetleče diode si lahko predstavimo, da je tukaj vključeno navitje kakšnega releja, s katerim lahko nato vključimo veliko napravo.

Pripomočki: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 78



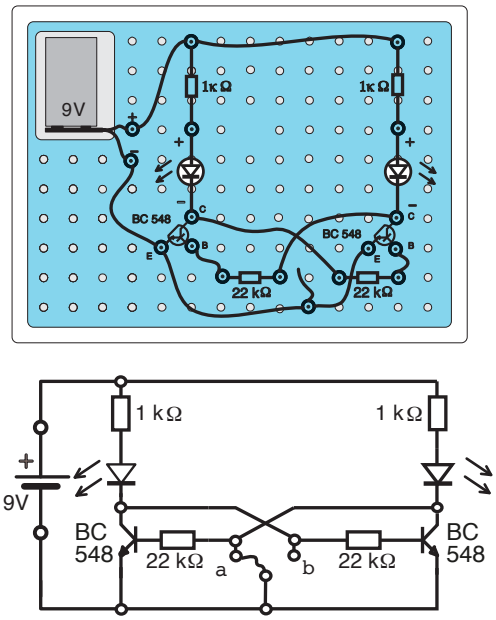


79. ŠE EN NAČIN PROŽENJA BISTABILNEGA MULTIVIBRATORJA

Stanje v bistabilnem multivibratorju lahko prevržete tudi na drugačen način. V tem primeru je vezje zelo podobno tistemu, ki smo ga ravnokar obravnavali. Razlika je le v proženju vezja. Vezje bo proženo takrat, ko z zunanjim vplivom zapremo trenutno odprt tranzistor ali odpremo trenutno zaprtega.
Z žičko se dotaknite kolektorja tistega tranzistorja, ki je trenutno zaprt in njegova svetleča dioda ne sveti. Zato bo na njem kratek stik. V bazo drugega tranzistorja bo nehal teči tok, zato se ta tranzistor zapre in stanje vezja se prevrže.

Pripomočki: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 79

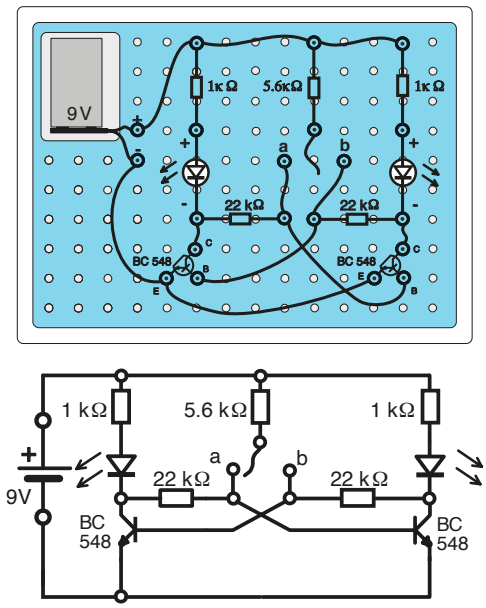


80. PROŽENJA BISTABILNEGA MULTIVIBRATORJA S TOKOM V BAZO

Stanje vezja lahko prevržemo tudi tako, da s pozitivnega baterijskega priključka preko upora pripeljemo tok v bazo tistega tranzistorja, ki je trenutno zaprt. Zato se ta tranzistor odpre in stanje vezja spremeni. Tukaj smo opisali tri različne načine spreminjanja stanja v takšnem vezju. Vsi načini so enako učinkoviti. Katerega uporabimo, je pač odvisno od zahtev, ki jih narekuje način uporabe vezja.

Pripomočki: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 80

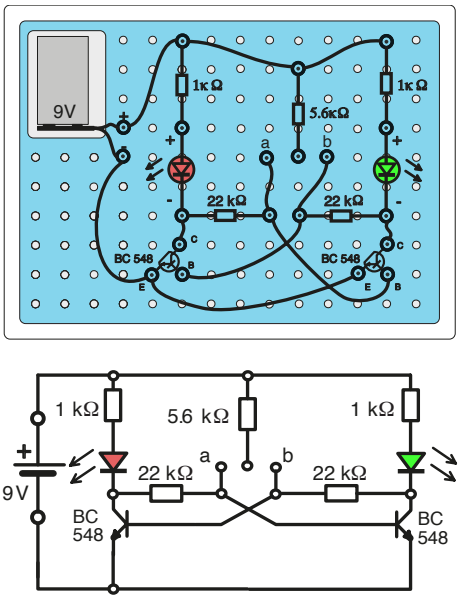


81. BISTABILNI MULTIVIBRATOR IN SENZORSKE TIPKE

V tem poskusu sprožimo bistabilni multivibrator tako, da v bazo tranzistorja pripeljemo tok neposredno s pozitivnega baterijskega priključka. To lahko naredimo tudi preko senzorskih tipk. Spomnite se, koža na prstu ima neko upornost!
Postavite vzmetni sponki a in b tako, da je med njima vzmetna sponka, ki je povezana s pozitivnim baterijskim priključkom. Ko se s prstom dotaknete vzmetne sponke a oz. b in vmesne sponke, se bo stanje multivibratorja spremenilo. Rdeča in zelena svetleča dioda bi prav lahko pomenili: "naprava deluje" in "naprava miruje".
Med pozitivnim baterijskim priključkom in srednjo senzorsko sponko je vstavljen upor. Ta je tukaj zato, da prepreči, da bi v bazo tranzistorja stekel prevelik tok, ki bi lahko tranzistor uničil.
Če vezje kljub dotikanju senzorskih kontaktov ne bo spremenilo stanja, se poskusite dotakniti senzorjev z rahlo navlaženim prstom.

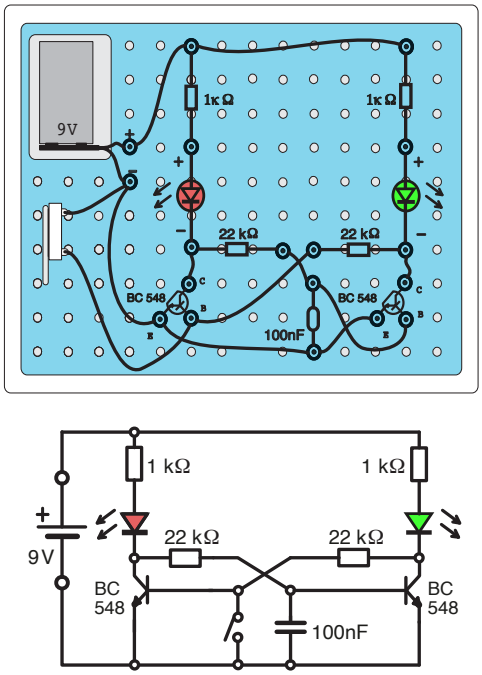
Pripomočki: baterija 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 81



82. POMNILNIŠKO VEZJE

Fig. 82

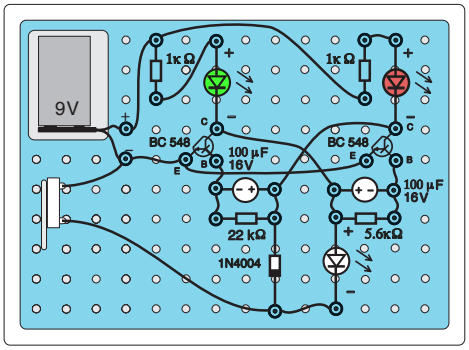


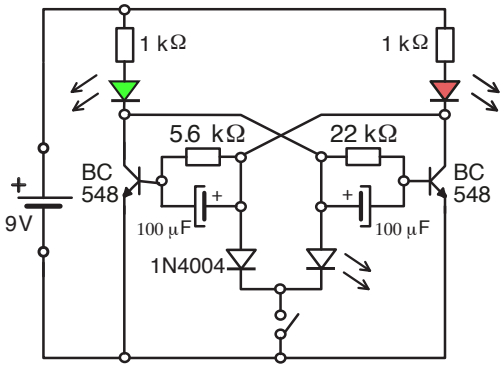
Bistabilni multivibratorji so v računalnikih lahko uporabljeni kot pomnilniška vezja. Stanje v vezju je zelo stabilno in se ne spremeni toliko časa, dokler tega ne povzroči kakšen zunanji vpliv.
Če bi bilo pomnilniško vezje narejeno kot zgoraj prikazan bistabilni multivibrator, bi imeli določene težave: pri bistabilnem multivibratorju ne vemo, v kakšno stanje se bo postavil, ko ga priključimo na napetost. To pomeni, da bi bilo v pomnilniku računalnika nekaj, za kar ne bi nikoli zagotovo vedeli, kaj je.
Če je kondenzator prazen, steče vanj električni tok in ga počasi napolni. Na praznem kondenzatorju ni napetosti. Napetost na njegovih sponkah začne naraščati šele takrat, ko se kondenzator začne polniti. Kondenzator je zagotovo prazen, če ni bil priključen na napetost.
Postavimo kondenzator med bazo in emiter tranzistorja v bistabilnem multivibratorju. Pri priključitvi vezja na baterijsko napetost (še prazen) kondenzator zagotovi, da tok, ki bi sicer lahko stekel v bazo tranzistorja, steče v kondenzator.
Tudi če bi bilo vezje sicer nagnjeno k temu, da bi bil ta tranzistor odprt, to prepreči kondenzator.
Zaradi že opisanega dogajanja je zato odprt drugi tranzistor. Zato po priključitvi multivibratorja na baterijsko napetost vedno zasveti rdeča svetleča dioda.
Pritisnite tipko. Baza levega tranzistorja je kratko sklenjena na maso in zaradi tega je levi tranzistor zaprt. Rdeča svetleča dioda ugasne, zelena pa zasveti. To traja toliko časa, dokler ne odklopite baterije. Če pa želite pri priključenem vezju stanje spet spremeniti tako, da zasveti rdeča dioda, je za to treba multivibrator še enkrat sprožiti, in to tako, da je desni tranzistor zaprt. To lahko naredite npr. tako, da za hipec kratko sklenete kondenzator.

Pripomočki: baterija 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 65, 4x68, 6x69

83. BISTABILNI MULTIVIBRATOR KOT DVOJIŠKI DELILNIK

Fig. 83





Spomnite se: stanje bistabilnega multivibratorja lahko prevržete tudi tako, da kolektor tranzistorja, ki je odprt, za hipec kratko sklenete maso.
Na kolektorju odprtega tranzistorja je napetost mnogo nižja od tiste, ki je na kolektorju zaprtega tranzistorja. Zato bi lahko od kolektorja proti negativnemu baterijskemu priključku pri zaprtem tranzistorju skozi vzporedno postavljeno žico stekel večji tok.
Da bi spremenili stanje bistabilnega multivibratorja, ne smemo istočasno kratko skleniti obeh tranzistorjev, ker bomo sicer dobili tako stanje, ki je ob priključitvi vezja na baterijsko napetost.
Vemo, da dioda, priključena tako, da skoznjo teče električni tok, predstavlja majhno upornost. Narava delovanja diode je takšna, da je takrat upornost nič, ampak je takšna, da je na diodi napetost približno 0,6V. Vemo tudi, da predstavlja odprt tranzistor majhno upornost. Med kolektorjem in emitorjem je pri odprtem tranzistorju napetost že mnogo manjša od te, in ima kvečjemu kakšno desetinko volta. Če pri odprtem tranzistorju med kolektor in emitor priključite še diodo, to stanja v vezju ne prizadene, kajti tok še naprej teče skozi odprt tranzistor z manjšo upornostjo.
Vrnimo se k našemu vezju. Na kolektorja obeh tranzistorjev sta priključeni diodi s povezanima katodama. Ena izmed njiju je svetleča dioda. Večkrat pritisnite tipko! Stanje multivibratorja se ob vsakem pritisku na tipko spremeni. Ko namreč pritisnete tipko, tok lahko steče od kolektorske sponke tranzistorja skoti diodo v negativni baterijski priključek. Tok steče samo skozi tisto diodo, ki je priključena na kolektor zaprtega tranzistorja. Pri odprtem tranzistorju je napetost med kolektorjem in emitorjem manjša od napetosti, ki je potrebna, da bi skozi diodo oz. svetlečo diodo stekel električni tok. Zato pritisk na tipko vedno vpliva na vezje tako, da se odprti tranzistor zapre in obratno.
Ob pritiskanju na tipko je lepo vidno, da se ob vsakem pritisku izmenično prižigata leva in desna svetleča dioda. Ista dioda se prižge ob vsakem drugem pritisku. Če bi šteli prižiganja ene diode in pritiske na tipko, je dioda prižgana dvakrat manj. To vezje torej lahko uporabimo za deljenje z 2. Izhodni signal takšnega delilnega vezja bi lahko uporabili za krmiljenje naslednjega ter tako dobili vezje, ki se deli s 4. S povezovanjem takšnih delilnih vezij v vrsto bi lahko dobili vezje, ki bo delilo z 2, 4, 8, 16, 32 itd.
Vezje za deljenje z dve je osnovni element vseh vezij, ki delijo. Z uporabo vezij, ki delijo z dve in logičnih vezij, ki so že bila opisana, lahko naredimo vezje, ki opravi deljenje s katerim koli številom. V vezju sta vzporedno z uporoma, priključenima na bazi tranzistorjev, dodana elektrolitska kondenzatorja. Kondenzatorja zagotavljata, da opravljena sprememba stanja tudi pri najkrajšem pritisku na tipko. Ob pritisku na tipko za hipec zasveti rdeča svetleča dioda. To je lahko signalizacija, da je prišlo do proženja vezja. Namesto te diode bi lahko bila tudi navadna dioda, vendar imamo v našem kompletu na voljo dve navadni diodi in tri svetleče.

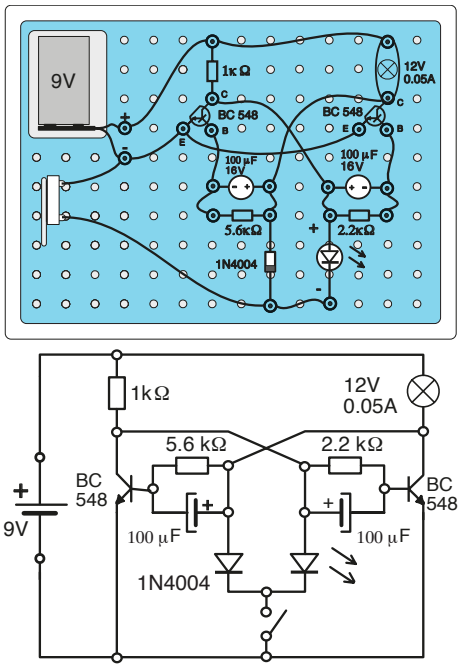
Pripomočki: baterija 9V, 27x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 46, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

84. PRIŽIGANJE IN UGAŠANJE LUČI Z ENO TIPKO

Vezje, ki deli z dve, je uporabno tudi za številne "neračunalniške" načine uporabe. Lep primer uporabe je vezje, pri katerem lahko kakšno napravo vključimo in izključimo s pritiskom na eno tipko. V tem primeru je prikazano, kako lahko s pritiskom na tipko prižigamo in ugašamo žarnico. Svetleča dioda signalizira pritisk na krmilno tipko. Namesto žarnice lahko v vezje vključimo navitje releja, ki nato vključi ali izključi močnejšo napravo, npr. motor ventilatorja ali množico žarnic na stadionu ...

Pripomočki: baterija 9V, 20x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 43, 46, 57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 84

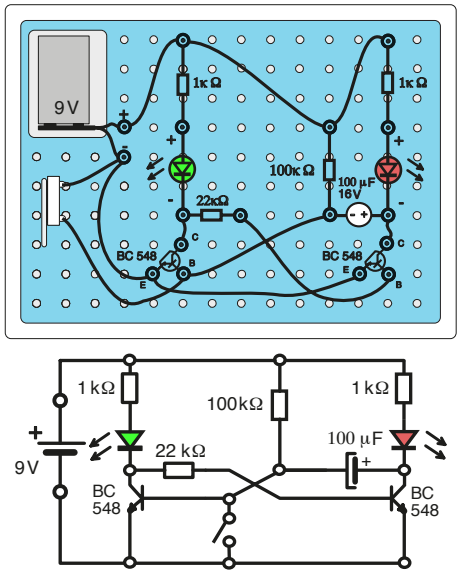


85. MONOSTABILNI MULTIVIBRATOR

Monostabilni multivibrator je vezje, ki ima samo eno stabilno stanje. Če s kakšnim zunanjim vplivom stanje v vezju spremenimo, se vezje čez nekaj časa samo od sebe vrne v stabilno stanje.
Ko vezje priključite na napetost, sveti zelena svetleča dioda. Desni tranzistor ima veliko upornost, zato je med kolektorjem in emitorjem visoka napetost. Ker je na bazi levega tranzistorja majhna napetost, je elektrolitski kondenzator nabit. Za hipec pritisnite tipko. Baza levega tranzistorja je kratko sklenjena z emitorjem, v bazo ni več toka in tranzistor se zapre. Na kolektorju tega tranzistorja je zato visoka napetost in tok lahko steče v bazo desnega tranzistorja.
Stanje multivibratorja se prevrže. Desni tranzistor ima sedaj zelo majhno upornost in zato pozitivna sponka kondenzatorja preko njega priključena na negativni baterijski priključek. Sedaj teče v ta kondenzator s pozitivnega baterijskega priključka skozi upor 100 kΩ tok, ki ga polni. Zato napetost na negativni sponki kondenzatorja raste, vse dokler ni zadosti velika, da požene tok v bazo levega tranzistorja. Levi tranzistor se odpre in stanje v multivibratorju se vrne v prvotno stanje.
Monostabilni multivibrator bi lahko uporabili za kratkotrajno vključevanje (če uporabite desni) ali izključevanje (če uporabite levi tranzistor). Kdo bi lahko rekel, da smo vezja, s katerimi bi to lahko počeli, že obravnavali in da so enostavnejša.
To je res. Prednost takšnih vezij z monostabilnim multivibratorjem pred tistimi, ki za delovanje izrabljajo polnjenje ali praznjenje kondenzatorja, je v tem, da se tukaj napetost na izhodu v hipu spremeni. To se vidi po tem, da svetleča dioda v trenutku zasveti ali ugasne. Pri prej opisanih vezjih se je napetost počasi spreminjala. Če se še spomnite, tam se je svetleča dioda počasi prižigala oz. ugašala.

Pripomočki: baterija 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 85

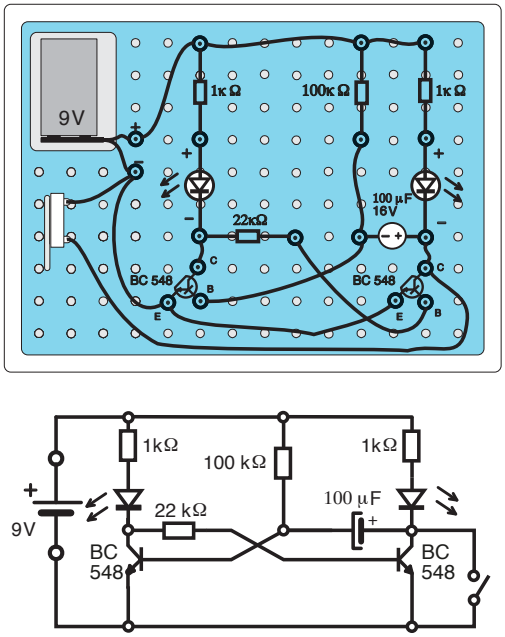


86. PROŽENJE MONOSTABILNEGA MULTIVIBRATORJA Z VPLIVOM NA KOLEKTORJU

Tako kot je bistabilni multivibrator moč prožiti na nekaj načinov, lahko tudi pri monostabilnem multivibratorju proženje opravimo na več načinov.
V tem primeru proženje opravimo na kolektorju desnega tranzistorja. V normalnem stanju je ta tranzistor zaprt. Zato je na njegovem kolektorju visoka napetost. Ker je na bazi tranzistorja največ 0,6 V, je elektrolitski kondenzator nabit.
Ko tipko pritisnete, je kolektor desnega tranzistorja kratko sklenjen z maso. Pozitivna elektroda elektrolitskega kondenzatorja bo na masi. Ker je bil kondenzator nabit, pomeni, da bo negativni kondenzatorski priključek sedaj na negativnem polu in je levi tranzistor v hipu zaprt. Sedaj začne skozi upor 100 kΩ teči tok v kondenzator.
Ko je napetost na negativni sponki kondenzatorja tako velika, da lahko steče tok v bazo levega tranzistorja, multivibrator spet spremeni stanje, ki je sedaj stabilno.

Pripomočki: baterija 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 86

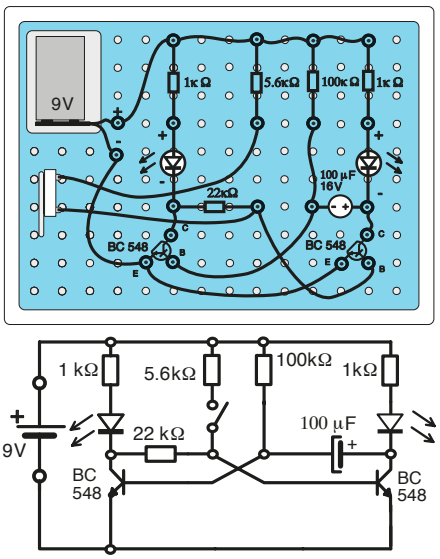


87. PROŽENJE MONOSTABILNEGA MULTIVIBRATORJA S TOKOM V BAZO

Enak učinek kot ga ima kratko sklepanje kolektorja desnega tranzistorja z maso, dosežemo tudi, če desni tranzistor odpremo. To lahko naredimo z dodatnim tokom, ki naj bi stekel v bazo tega tranzistorja. Tok je v bazo desnega, sicer zaprtega tranzistorja, pripeljan skozi upor 22 kΩ.
Tako kot v primeru stabilnega multivibratorja smo tudi v primeru monostabilnega multivibratorja prikazali tri načine proženja vezja. Katerega izmed njih bomo uporabili, je odvisno od uporabe in prožilnih impulzov, ki jih imamo na voljo.
Pri monostabilnem multivibratorju niso vsi trije načini proženja enakovredni. V prvem primeru, ko smo kratko sklenili bazo odprtega tranzistorja, se je elektrolitski kondenzator mnogo manj izpraznil kot v drugih dveh primerih. Napetost med bazo in emitorjem odprtega tranzistorja, je namreč 0,6 V. Zato se po pritisku na tipko tudi napetost na sponkah kondenzatorja spremeni le za 0,6 V.
V primeru proženja na kolektorju ali bazi tranzistorja, ki je v stabilnem stanju zaprt, se kondenzator v celoti izprazni. Zaradi tega je potrebno več časa, da se stanje v vezju vrne v stabilen položaj.

Pripomočki: baterija 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 87

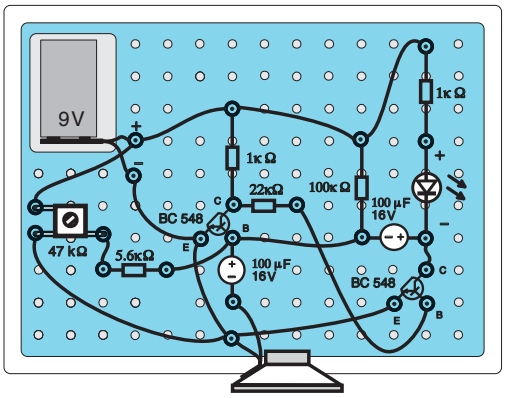


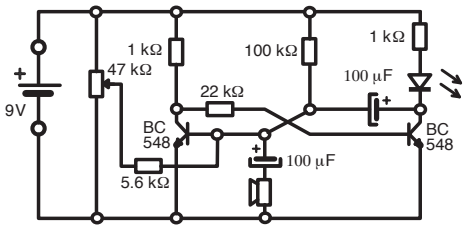
88. STIKALO, OBČUTLJIVO NA ZVOK

Proženje monostabilnega multivibratorja lahko naredimo tudi brez tipke, s kakšnim zunanjim elementom. V tem primeru je prikazano, kako monostabilni multivibrator prožimo s signalom, ki prihaja iz zvočnika, uporabljenega kot mikrofon.
Takšno vezje lahko uporabimo npr. kot alarm ali pa za prižiganje luči v disko klubu. Zaporedno z zvočnikom je vezan elektrolitski kondenzator, ki prepečuje enosmernem toku, da bi tekel skozi zvočnik, hkrati pa izmeničnemu toku ne predstavlja ovire. Sicer je vezje zelo podobno tistemu iz prejšnjega primera. V tem vezju je dodan še potenciometer. Z njim lahko nastavite občutljivost vezja. Če je drsnik bliže pozitivnemu baterijskemu priključku, je vezje manj občutljivo.
Ko boste vezje sestavili in priključili na baterijo, je treba opraviti še nastavitev delovanja. Če svetleča dioda sveti, zasučite os potenciometra tako, da svetleča dioda preneha svetiti. Nato sučite os potenciometra, dokler svetleča dioda ne zasveti. Počakajte, da ugasne. Če ne ugasne, zasučite os potenciometra rahlo nazaj. Svetleča dioda bo ugasnila. Pihnite v zvočnik ali pa po njegovi membrani narahlo potrkajte s prstom. Svetleča dioda zasveti in nato sveti še nekaj sekund.

Pripomočki: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 88



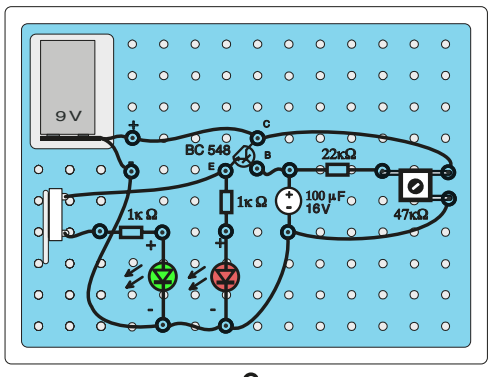


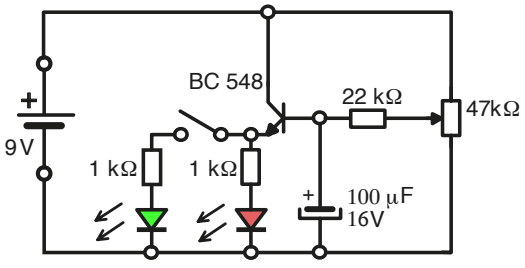
89. REGULATOR SVETLOBE

Rekli smo že, da se tranzistor lahko uporabi kot spremenljivi upor, katerega upornost je odvisna od toka, ki teče v bazo. To lastnost zlahka uporabimo za spreminjanje napetosti, npr. v usmerniku.
S potenciometrom v spodnjem vezju lahko nastavimo napetost med emitorjem in negativnim baterijskim priključkom. Omenili smo že, da se smer baza-emitor pri tranzistorju obnaša kot dioda, ki je obrnjena od baze proti emitorju. Če je tranzistor odprt, skozenj teče tok. Omenili smo že, da je na diodi, ki je priključena v prevodni smeri, napetost približno 0,6 V. Enako velja tudi za tranzistor: pri odprtem tranzistorju je med bazo in emitorjem 0,6 V.
Če je torej med bazo tranzistorja in negativnim baterijskim priključkom določena napetost, je med emitorjem in negativnim baterijskim priključkom napetost za 0,6 V manjša. Če pri spodnjem vezju sučete os potenciometra, se na njem napetost spreminja med 0 in 9 V. Istočasno je med emitorjem in negativnim baterijskim priključkom napetost za 0,6 V manjša od tiste, ki je na drsniku potenciometra. Potenciometer ima precej veliko upornost, zato skozenj teče majhen tok. Skozi tranzistor lahko teče mnogo večji tok, ki je sicer določen z elementi, priključenimi med emitorsko sponko in negativnim baterijskim priključkom.
Tukaj sta med emitor in negativni baterijski priključek vezana upor in svetleča dioda. Vzemite kos žice in daleč od te diode postavite še en upor ter svetlečo diodo. Ko s tipko vključite to svetlečo diodo, se svetlost prve ne bo prav nič spremenila. To pomeni, da je ostala napetost med emitorjem in negativnim baterijskim priključkom nespremenjena. Ker teče sedaj skozi tranzistor večji tok (svetita dve diodi), napetost med kolektorjem in emitorjem pa se ni spremenila, pomeni to, da se je morala upornost tranzistorja zmanjšati.
Če bi imeli namesto tranzistorja navaden upor, bi zaradi priključitve druge svetleče diode skozi ta upor stekel večji tok. Zaradi povečanega toka bo na tem uporu večja napetost, na svetleči diodi pa bi napetost nekoliko padla. Zato bi ob priključitvi druge svetleče diode svetlost prve nekoliko opešala.
To vezje je primemo za regulacijo napetosti. Pogosto takšno vezje, pri katerem je kolektor vezan na pozitivni baterijski priključek, med emitorjem in negativnim baterijskim priključkom pa imamo druge elemente vezja (npr. žarnico), imenujemo emitorski sledilnik. To je popolnoma ustrezno ime, kajti napetost na emitorju sledi spremembam napetosti na bazi in je od nje vedno manjša za 0,6 V. Lep primer uporabe takšnega vezja bi bil npr. v regulatorju svetlosti žarnice.

Pripomočki: baterija 9V, 15x7, 38, 40, 42, 43, 44, 52, 2x57, 60, 66, 4x68, 3x69

Fig. 89





90. ELEKTRIČNO STIKALO S HISTEREZO

Naredite vezje prikazano na sliki 90. Vrtite os potenciometra levo-desno in opazujte, ob kateri legi osi potenciometra bo svetleča dioda ugasnila ali v kateri bo zasvetila. Zagotovo ste opazili, da sta ta dva položaja različna. Da bi svetleča dioda zasvetila, mora biti napetost na drsniku potenciometra precej višja od tiste, pri kateri svetleča dioda ugasne.

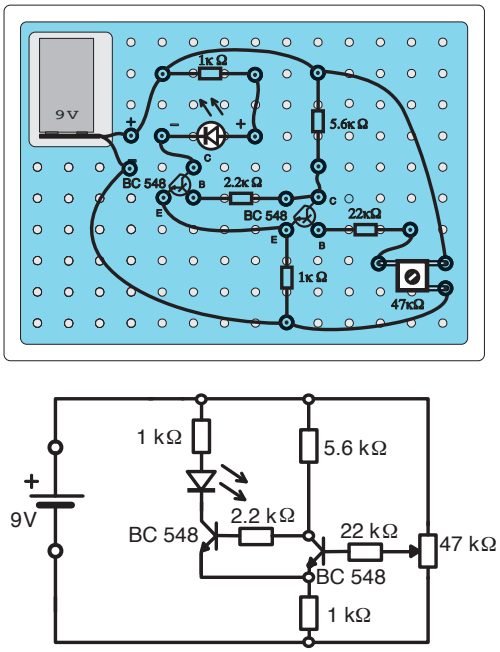
Ker je napetost na drsniku potenciometra, pri kateri svetleča dioda zasveti, višja od tiste, pri kateri ugasne, lahko na potenciometru označimo ti dve točki. Obnašanje vezja pri sukanju potenciometra v eno smer ni enako tistemu, ko potenciometersko os sučemo nazaj. Takšen pojav, pri kateremu se nekaj pri spremembi v eno smer razlikuje od tistega pri spremembi v drugo, imenujemo histereza. Zato tudi pravimo, da je to vezje pravzaprav električno stikalo s histerezo. Predpostavimo, da je drsnik potenciometra v takšnem položaju, da se dotika sponke, priključene na negativno baterijsko napetost. Zato v bazo desnega tranzistorja ne teče tok in ta je zaprt. Zato je na bazi levega tranzistorja visoka napetost. Vanjo skozi upor 5,6 kΩ teče tok in tranzistor je odprt. Svetleča dioda sveti.

Ko sučete os potenciometra tako, da napetost na drsniku počasi narašča, bo začel počasi naraščati tudi tok v bazo desnega tranzistorja. Tok skozi desni tranzistor bo začel naraščati, njegova upornost pa bo začela padati. V bazo levega tranzistorja tako teče nekaj manj toka. Zato začne tok skozi levi tranzistor zelo hitro padati, mnogo hitreje kot narašča tok skozi desni tranzistor. Ta tok teče skozi upor, ki je skupen za emitorja obeh tranzistorjev. Ker tok skozi desni tranzistor narašča počasneje kot pada tok skozi levi tranzistor, je celotni tok skozi ta upor padel in tudi napetost na njem bo padla. To je enako, kot če bi ta hip emitor desnega tranzistorja priključili na negativni baterijski priključek. Ker je napetost na drsniku potenciometra nespremenjena, bo desni tranzistor v hipu odprt, levi pa zaprt in svetleča dioda ne bo več svetila. Če os potenciometra vrtite v nasprotno smer, bo celotni pojav potekal v obratni smeri.

Strokovnjaki takšno vezje pogosto imenujejo Schmittov prožilnik ali Scmitt-trigger (trigger-angl. prožiti).

Pripomočki: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 90



91. UTRIPAJOČA LUČ

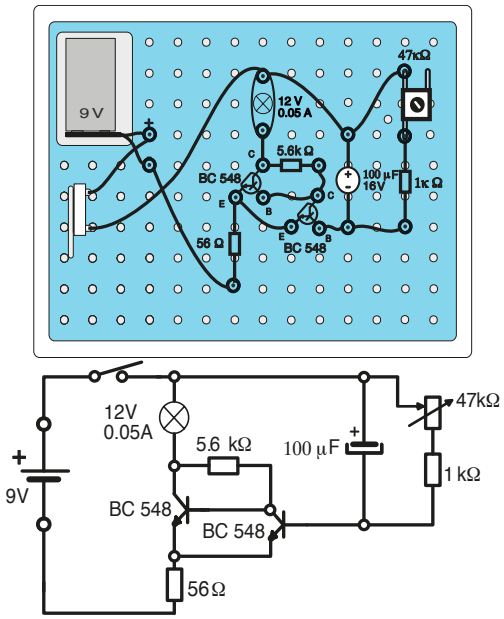
V tem vezju je uporabljeno Schmittovo prožilno vezje. Ko skozi vezje teče velik tok, bo imelo vezje majhno upornost in obratno. Ko vezje, prikazano na sliki 91 priključimo na baterijo, žarnica ne sveti.

Na začetku je elektrolitski kondenzator prazen. Skozi prazen elektrolitski kondenzator steče tok v bazo. Istočasno se zaradi tega toka kondenzator polni in na njegovih sponkah napetost narašča. To pomeni, da napetost med bazo in emitorjem počasi pada. V določenem trenutku je napetost med bazo in emitorjem tako nizka, da se prvi tranzistor zapre. Tako je sprožено dogajanje že omenjeno pri opisu stikala s histerezo oz. Scmittovega prožilnega vezja. Drugi tranzistor se odpre in skozi žarnico steče tok. Ta tok steče tudi skozi upor 56 Ω. Zaradi tega se na njem pojavi napetost. To tudi pomeni, da je napetost med bazo prvega tranzistorja in pozitivnim baterijskim priključkom manjša. Elektrolitski kondenzator se sedaj prazni skozi upor l kΩ in spremenljivi upor. Ko je ta napetost zadosti majhna (oz. ko je napetost med bazo in emitorjem prvega tranzistorja zadosti velika), se prvi tranzistor odpre in sproži se sprememba stanja v vezju. Žarnica ugasne.

S spremenljivim uporom 47 kΩ lahko nastavimo hitrost praznjenja elektrolitskega kondenzatorja. To tudi pomeni, da se s tem spremenljivim uporom nastavi frekvenca delovanja celotnega vezja.

Pripomočki: baterija 9V, 17x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 52, 54, 57, 59, 66, 4x68, 4x69

Fig. 91



92. REGULACIJA DELOVANJA HLADILNIKA

Spomnite se temperaturno občutljivega stikala, že opisanega v tej knjigi. Podobno stikalo bi lahko uporabili tudi za krmiljenje delovanja hladilnika. Težava je v tem, da bi se pri že opisanem vezju vključevanje in izključevanje motorja hladilnika dogajalo praktično pri isti temperaturi. Zaradi tega bi bil motor hladilnika zelo pogosto vključen in izključen, kar za motor nikakor ni dobro.

V tem vezju sta združeni dve vezji: temperaturno občutljivo stikalo in električno stikalo s histerezo. Zasučite os potenciometra tako, da zelena svetleča dioda komajda brli. Rdeča svetleča dioda je ugasnjena. S prsti stisnite termistor ali pa vanj počasi pihajte toplo sapico. Zelena svetleča dioda sveti močneje in močneje, v nekem trenutku pa zasveti tudi rdeča svetleča dioda.

Pustite termistor, da se ohladi, ali pa ga vi ohladite s pihanjem.

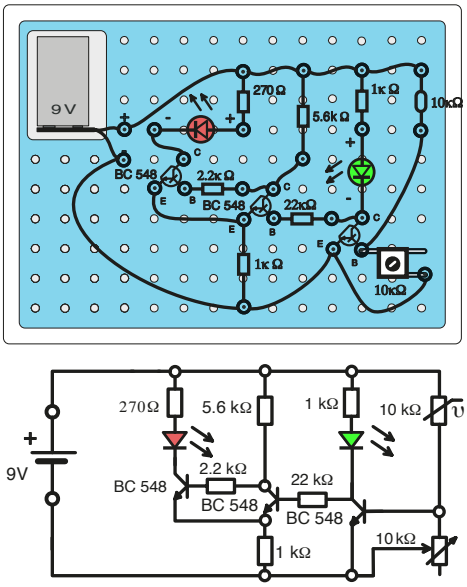
Svetloba zelene diode peša, kmalu pa ugasne tudi rdeča dioda.

Od nastavitve osi potenciometra je odvisno, pri kateri temperaturi se vse skupaj dogaja. Zelena svetleča dioda s svojo svetlobo sporoča, da je temperatura začela naraščati. Namesto rdeče svetleče diode bi si lahko predstavljali rele, ki vključi motor hladilnika.

Zaradi histereze se motor hladilnika vključi pri nekoliko višji temperaturi od tiste, pri kateri se izključi, kar je tudi prav. Če doma poslušate, kako deluje motor v vašem hladilniku, opazite, da se običajno vključi občasno, deluje nekaj časa in se nato izključi. Temperatura v hladilniku je zato padla za kakšno stopinjo. Ko temperatura v hladilniku malenkost naraste, se motor spet vključi.

Pripomočki: baterija 9V, 24x7, 38, 3x42, 43, 44, 47, 51, 56, 2x57, 58, 59, 60, 4x68, 5x69

Fig. 92

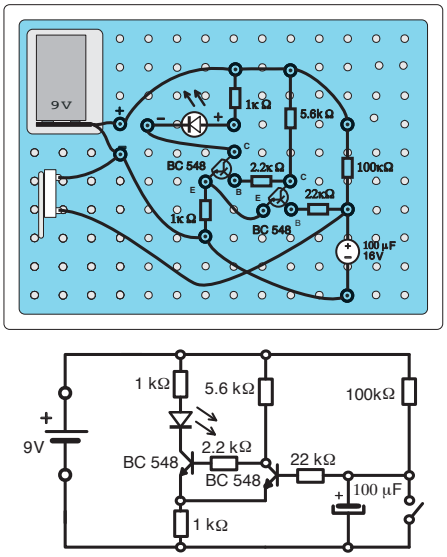


93. STOPNIŠČNI AVTOMAT

V tem vezju je uporabljeno Schmittovo prožilno vezje iz prejšnjega primera. Zakaj je to vezje boljše od tistega, ki smo ga že uporabljali za kratkotrajno vključitev naprave? Tam je napetost na izhodu počasi padala, v tem vezju pa je napetost konstantna in nato v hipu pade. Zato tudi svetleča dioda sveti enako močno ves čas, ko je vključena.
V predhodnem primeru smo za preizkušanje delovanja vezja vzeli potenciometer.
V tukajšnjem primeru pa je na vhodu vezja elektrolitski kondenzator, ki se polni skozi upor 100 kΩ. Ko je kondenzator poln, se desni tranzistor odpre in vezje izključi. Pritisnite tipko. Desni tranzistor je v hipu zaprt. Svetleča dioda sveti.
Kondenzator se začne počasi polniti. Ker napetost na njegovih sponkah raste, začne naraščati tudi tok v bazo prvega tranzistorja. To sproži dogajanja, ki so že opisana pri predstavi prejšnjega vezja. Čez nekaj časa se bo stanje v vezju spremenilo in svetleča dioda ugasne.

Pripomočki: baterija 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 59, 60, 61, 66, 4x68, 3x69

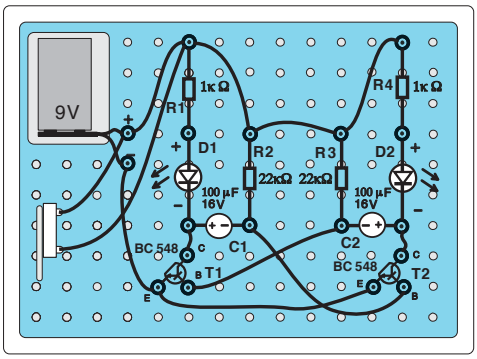
Fig. 93

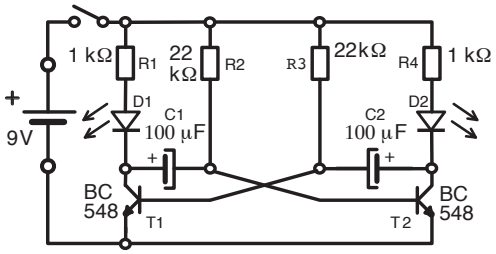


94. SIMETRIČNI NESTABILNI MULTIVIBRATOR

Včasih potrebujemo signal, pri katerem se izmenično prižgeta dve lučki. Lep primer takšne signalizacije je svetlobni signal, ki ga vidimo pred spuščenimi zapornicami na križišču ceste in železniških tirov.
Spodaj prikazano vezje je primer, kako naredimo takšno signalizacijo. Takšno vezje imenujejo strokovnjaki nestabilni multivibrator. Kako to vezje deluje? Zaradi lažje obravnave so upori označeni s simboli R1, R2, R3 in R4, kondenzatorja sta C1 in C2, tranzistorja T1 in T2 ter svetleči diodi D1 in D2. Pri pojasnjevanju delovanja si dobro poglejte prikaz vezja na sliki 94.
Predpostavimo, da smo vezje priključili na napetost. Čeprav je leva polovica sheme vezja enaka desni, v naravi ni dveh elementov, ki sta popolnoma enaka. Zato predpostavimo, da ob priključitvi vezja na baterijsko napetost tokovi tečejo tako, da v bazo tranzistorja T1 steče nekaj več električnega toka kot v bazo tranzistorja T2. Zato bo T1 odprt. Napetost med kolektorjem in emitorjem T1 je zelo majhna. Leva svetleča dioda sveti. Skozi upor R2 teče električni tok, ki polni elektrolitski kondenzator C1. Istočasno je tranzistor T2 zaprt in si ta hip lahko mislimo, da ga v vezju ni. Zato je desna sponka kondenzatorja C2 preko upora R4 in svetleče diode priključena na pozitivni baterijski priključek, leva sponka pa na bazo T1. C2 se zato polni tako, da je pozitivna napetost na desni strani kondenzatorja.
Po določenem času je kondenzator C1 tako poln, da steče tok v bazo tranzistorja T2. Zato se ta tranzistor odpre in ima majhno upornost. Napetost med kolektorjem in emitorjem tranzistorja T2 je praktično nič. Napetost na levi sponki kondenzatorja C2 je nižja od tiste na desni. Ta napetost je sedaj za tranzistor T1 tako nizka, da v hipu neha teči tok v njegovo bazo. Tranzistor T1 je sedaj zaprt, T2 pa odprt, zato desna svetleča dioda sveti. Kondenzator C2 se sedaj polni skozi upor R3 tako, da je leva sponka pozitivna. C1 pa se polni skozi upor R1 in diodo, torej je tudi njegova leva sponka pozitivna. Skratka, vlogi tranzistorjev sta sedaj obratni od tistih, ki sta ju imela v prejšnjem primeru.
Postopek se nenehno ponavlja, zato diodi D1 in D2 izmenično svetita. Za primer takšnega vezja lahko približno izračunamo tudi čas, v katerem svetleči diodi svetita. Leva svetleča dioda oz. D1 sveti približno

Fig. 94





$$t_1 = 0{,}7 \times C_1 \times R_2$$

desna pa

$$t_2 = 0{,}7 \times C_2 \times R_3$$

Če sta leva in desna polovica vezja enaki, svetita obe diodi enako dolgo. Iz risbe je razvidno, da imata kondenzatorja kapacitivnost 100 mF oz. 0,0001 F, ustrezna upora pa upornost 22 kW oz. 22000 W. Te vrednosti vstavimo v enačbo in dobimo približen čas, v katerem sveti vsaka izmed diod

t = 0,7 x 0,0001 x 22000

oziroma

t = 1,54 s

Vsaka izmed svetlečih diod torej sveti približno eno sekundo in pol.

Pripomočki: baterija 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 2x66, 4x68, 4x69

95. SPREMEMBA NAČINA DELOVANJA NESTABILNEGA MULTIVIBRATORJA

Omenili smo že, da leva in desna svetleča dioda svetita enako dolgo le, če je leva polovica vezja enaka desni. Predpostavimo, da sta elektrolitska kondenzatorja enaka. Če spreminjate dva srednja upora, se izrazito spreminja čas vključitve posameznih diod. Zgoraj smo zapisali, da diodi svetita določen čas, ki je

$t_1 = 0{,}7 \times C \times R_2$

in

$t_2 = 0{,}7 \times C \times R_3$

Če sta kondenzatorja enaka, svetleči diodi svetita skupaj

$t = t_1 + t_2$

oziroma

$t = 0{,}7 \times C \times R_2 + 0{,}7 \times C \times R_3$

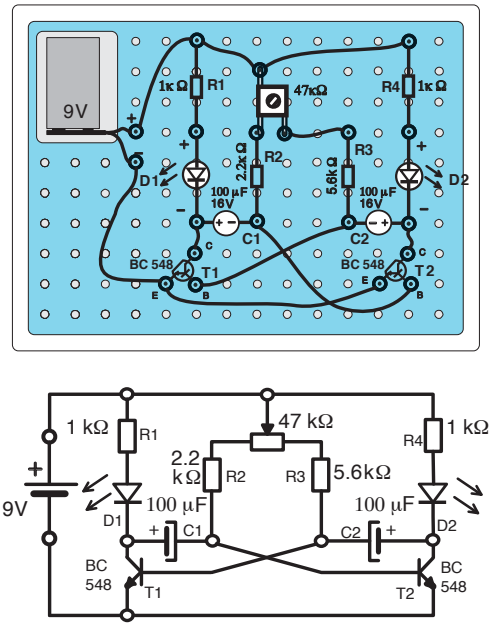
Tako je skupni čas delovanja

$t = 0{,}7 \times C \times (R_2 + R_3)$

V tukajšnjem vezju je upor R2 pravzaprav upor 2,2 kΩ in del upornosti potenciometra med levim priključkom in drsnikom, upor R3 pa je upor 5,6 kΩ in del upornosti potenciometra med desnim priključkom in drsnikom. Zato je skupna upornost uporov R3 + R2 vedno enaka, ne glede na to, kako je postavljen drsnik potenciometra. To pomeni, da lahko z vrtenjem osi potenciometra določimo razmerje med časoma, ko posamezni diodi svetita, skupen čas delovanja obeh svetlečih diod pa ostaja nespremenjen.

Pripomočki: baterija 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 95

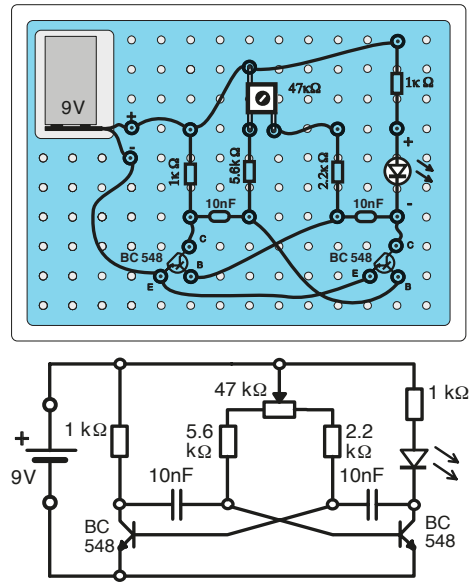


96. REGULATOR SVETLOBE Z MULTIVIBRATORJEM

V tej knjigi smo že opisali regulator svetlobe. V njem smo svetlost žarnice regulirali tako, da smo spreminjali napetost na sponkah žarnice. Takšnega načina uravnavanja svetlosti ne moremo uporabiti za luči, ki ne delujejo pri nizki napetosti. Lep primer takšnih svetilk so luči s fluorescenčnimi cevmi. Pri takšnih lučeh lahko izrabljamo njihovo lastnost, da se potem, ko jih ugasnemo, lahko znova prižgejo, če le čas med ugašanjem in prižiganjem ni prevelik.
Predpostavimo, da takšno luč zelo hitro prižgemo in ugasnemo. V tem primeru zaradi narave človeškega očesa sploh ne zaznamo, da je bila luč ugasnjena. Določimo čas med dvema izklopoma luči. Če v tem času spreminjamo dolžino gorenja luči, imamo občutek, da spreminjamo svetlost luči.
V ta namen uporabimo multivibrator, opisan v prejšnjem poskusu. Čas med dvema ugašanjema svetleče diode ne sme biti tako dolg kot v zgornjem primeru. Zato vzemite namesto kondenzatorjev 100µF kondenzatorja s kapacitivnostjo 10nF. Kapacitivnost teh kondenzatorjev je desettisočkrat manjša in svetleča dioda utripa tisočkrat hitreje, zato utripanja diode sploh ne zaznate. Ko vrtite os potenciometra levo-desno se dolžina gorenja svetleče diode spreminja in imate občutek, da se svetlost svetleče diode spreminja.

Pripomočki: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 96

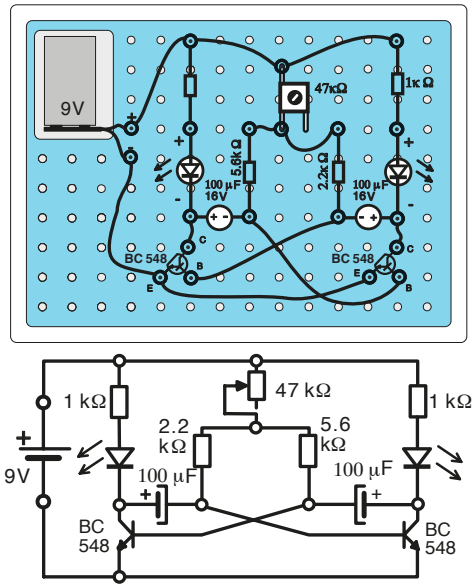


97. SPREMEMBA FREKVENCE DELOVANJA NESTABILNEGA MULTIVIBRATORJA

Hitrost oz. frekvenco delovanja nestabilnega multivibratorja lahko spreminjate tako, da spreminjate enega ali oba srednja upora v multivibratorju. Če želite spremeniti frekvenco delovanja, je treba istočasno spreminjati vrednost obeh srednjih uporov. To lahko poenostavimo tako, da ta dva upora delno združimo. Tako dobimo vezje, prikazano na sliki 97.
Če os potenciometra sučete levo-desno, se frekvenca delovanja multivibratorja spreminja, razmerje časov gorenja obeh svetlečih diod pa bo ostalo nespremenjeno.

Pripomočki: baterija 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 97

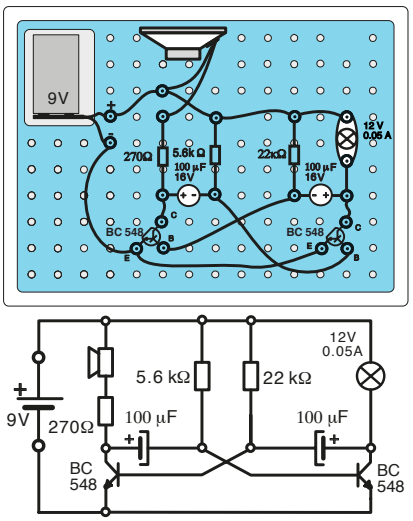


98. AVTOMOBILSKA UTRIPAJOČA LUČ

Z multivibratorjem lahko naredimo vezje, ki ga uporabimo za prižiganje žarnic v smernih kazalcih. Ker mora voznik vedeti, da so smerni kazalci vključeni, je v avtomobilih običajno še zvočna signalizacija delovanja. V ta namen je v tukaj prikazanem vezju še zvočnik, iz katerega se slišijo rahli poki v ritmu prižiganja žarnice.

Pripomočki: baterija 9V, 18x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 56, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69

Fig. 98

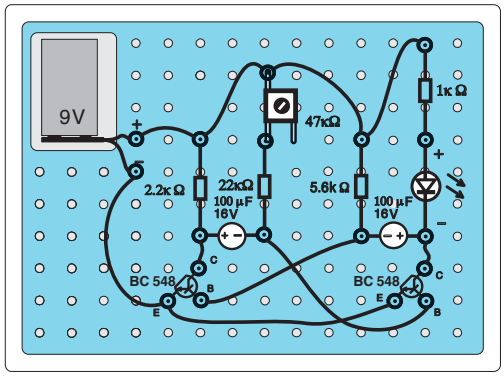


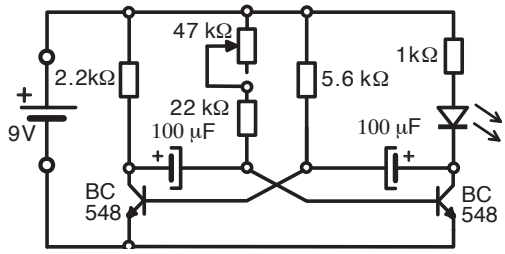
99. NASTAVITEV HITROSTI DELOVANJA AVTOMOBILSKIH BRISALCEV

Nekateri avtomobili imajo možnost nastavitve hitrosti delovanja vetrobranskih brisalcev. Če ne dežuje zelo močno, je to zelo praktično. Če je dež zelo rahel, steklo ne bo vlažno in brisalci drgnejo po skorajda suhem steklu. Zaradi tega poskakujejo in oddajajo neprijeten zvok.
Če ste opazovali delovanje brisalcev, ste najbrž že ugotovili, da je čas, ki ga potrebujejo brisalci za en "sprehod" čez vetrobransko steklo, določen. Ta čas mora biti motor brisalcev vključen. Čas med dvema zaporednima vključitvama pa je lahko poljuben.
Za nastavitev presledka med dvema vključitvama motorja brisalcev lahko uporabimo astabilni multivibrator, pri katerem spreminjamo enega izmed srednjih uporov. Drugi srednji upor je izbran tako, da ohranja brisalce vključene ravno toliko časa, da preletijo vetrobransko steklo levo-desno. Ko sučete os potenciometra levo-desno, se spreminja dolžina časovnega presledka med dvema preletoma brisalcev.
Namesto svetleče diode in upora 1 kΩ je lahko v vezje vključeno navitje releja, ki nato vključuje motor brisalcev.

Pripomočki: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 52, 57, 58, 59, 60, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 99



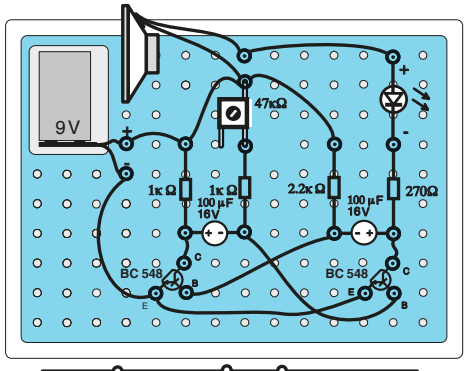


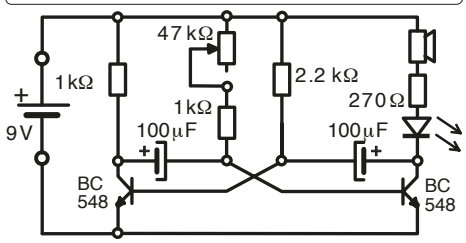
100. ELEKTRONSKI METRONOM

Če ste se kdaj resneje ukvarjali z glasbo, potem veste, kako je v glasbi pomemben ritem. Med vajo uporabljajo glasbeniki metronom, ki jim s tiktakanjem daje ritem. Hitrost delovanja metronoma je nastavljiva, saj ni vseeno, ali se pripravljamo na poskočno polko ali počasni valček.
V tukajšnjem primeru smo za izdelavo metronoma uporabili nestabilni multivibrator. Za razliko od klasičnih metronomov, ki oddajajo samo ritmično tiktakanje, ta metronom istočasno oddaja tudi svetlobni signal. Zato ga lahko opazujemo od daleč ali pri zelo glasni glasbi, ki sicer preglasi tiktakanje metronoma.

Pripomočki: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 56, 2x57, 58, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 100



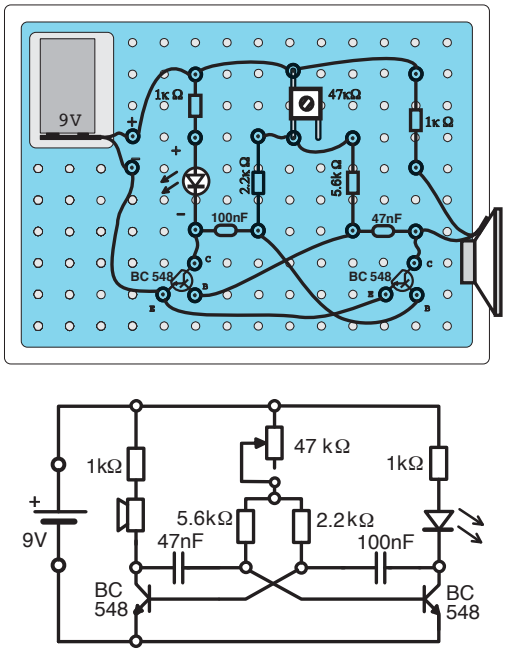


101. MULTIVIBRATOR IN ZVOČNIK KOT BRENČALO

S primerno izbiro kondenzatorjev in uporov lahko naredimo takšen multivibrator, da niha na frekvenci, ki jo slišimo. Pri enem tranzistorju med kolektor in pozitivni baterijski priključek vstavimo zaporedno vezan zvočnik in upor. Če imate občutek, da je zvok iz zvočnika pretih, lahko upor 1 kΩ zamenjate z uporom 270 Ω.
Pritisnite tipko. Zasučite os potenciometra tako, da iz zvočnika zaslišite zvok, ki vam najbolj ustreza.

Pripomočki: baterija 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 101



102. BRENČALO ZA UČENJE TELEGRAFIJE

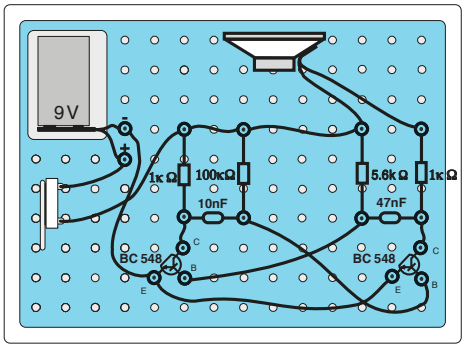
Morsejeva telegrafija je bila svoj čas edina oblika pošiljanja sporočil na daljavo. Zaradi takratne pomembnosti so telegrafijo poimenovali po ustanovitelju telegrafske abecede in izumitelju Samuelu Morseju.
Tabela Morse znakov:

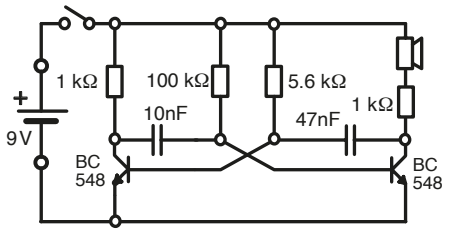
A · -	J · - - -	S · · ·	1 · - - - -
B - · · ·	K - · -	T -	2 · · - - -
C - · - ·	L · - · ·	U · · -	3 · · · - -
D - · ·	M - -	V · · · -	4 · · · · -
E ·	N - ·	W · - -	5 · · · · ·
F · · - ·	O - - -	X - · · -	6 - · · · ·
G - - ·	P · - - ·	Y - · - -	7 - - · · ·
H · · · ·	Q - - · -	Z - - · ·	8 - - - · ·
I · ·	R · - ·		9 - - - - ·
			0 - - - - -

Z napredkom tehnike je telegrafija precej izgubila pomen. Med radioamaterji pa je, kljub napredku tehnike, še vedno pomembna.
Če vas radioamaterstvo zanima, morda ne bo odveč, če se naučite morsejeve abecede. Za učenje telegrafije potrebujete brenčalo. Kot brenčalo lahko uporabite tudi multivibrator. Pri brenčalu za učenje telegrafije potenciometer za nastavitev višine zvoka ni pomemben. Tipka, s katero multivibrator priključite na napajanje, lahko služi za tipkanje morsejevih znakov.
Morsejevi znaki so navedeni v zgornji tabeli.
Pri tipkanju se držite pravil, da je vsaka črtica dolga tako kot tri pike, med posameznimi deli znaka (črticami in/ali pikami) je za eno dolžino pike presledka, med posameznimi znaki pa je presledek dolg enako kot tri pike.

Pripomočki: baterija 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 4x68, 69

Fig. 102



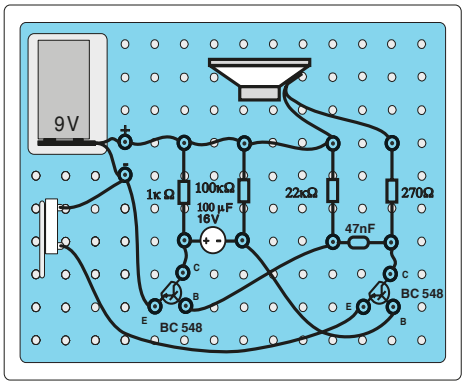


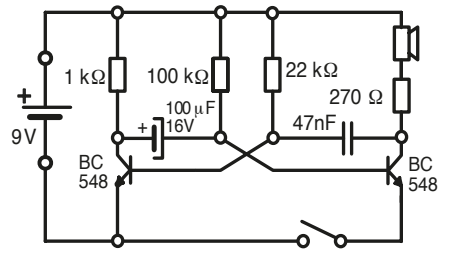
103. RAGLJA

Pri raglji si v enakih časovnih presledkih sledijo poki. V našem primeru bomo za oponašanje zvoka raglje uporabili nestabilni multivibrator, pri katerem bo delovanje enega tranzistorja ponazarjalo pok, delovanje drugega pa časovni presledek med dvema pokoma. Zato je v tukaj prikazanem vezju desni kondenzator keramičen, levi pa elektrolitski. Tako je razmerje časov, v katerih sta odprta levi in desni tranzistor, kar nekaj sto.
Ko nestabilni multivibrator priključimo na napetost, vedno mine nekaj časa, dokler se kondenzatorji ne nabijejo in vezje ne začne delovati. Da bi multivibrator deloval tako, kot to želimo takoj po pritisku na tipko, je v tukajšnjem vezju prikazano drugačno vključevanje multivibratorja. Ko pritisnete tipko, se iz zvočnika takoj zasliši ponavljajoče se pokanje, kot bi slišali ragljo.

Pripomočki: baterija 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 60, 61, 64, 66, 4x68, 4x69

Fig. 103



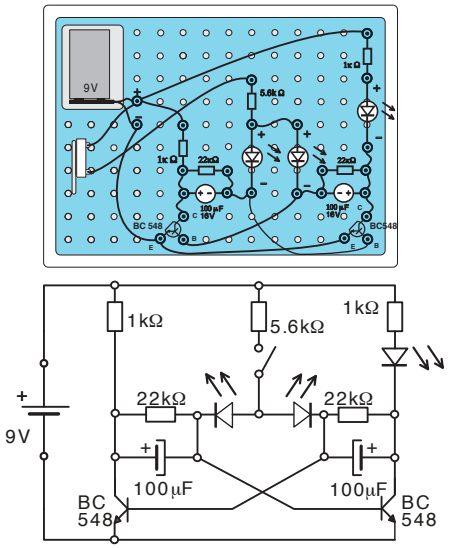


104. IZMENIČNO VKLJUČEVANJE IN IZKLJUČEVANJE NAPRAVE

Predstavljajte si, da uporabljate v tovarni stiskalnico. Včasih je potrebno, da je stiskalnica odprta, včasih pa zaprta. Med proizvodnim procesom pa stiskalnica deluje in se nenehoma odpira in zapira. Krmilno vezje mora biti takšno, da omogoča stabilno stanje v obeh končnih položajih, mora pa omogočati tudi izmenjavanje krajnih položajev.
V tem primeru (ravno tako kot v prejšnjem) uporabimo bistabilni multivibrator kot vezje, ki deli z dve. V tem primeru s pritiskom na tipko sprožimo tok iz pozitivnega baterijskega priključka v bazo tranzistorja, ki je trenutno zaprt. Zaradi tega se stanje vezja spremeni. Če je tipka sklenjena, vezje spominja na nestabilni multivibrator. To je tudi res. Če držite tipko pritisnjeno, začne žarnica utripati. Ko tipko spustite, utripanje preneha. Pritisk na tipko, ki je krajši od časa, v katerem je tranzistor v nestabilnem multivibratorju odprt, samo prevrže stanje multivibratorja.

Pripomočki: baterija 9V, 25x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 2x57, 59, 2x60, 2x66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 104

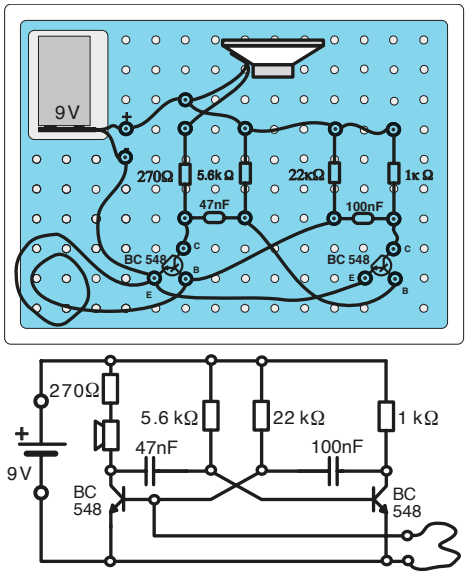


105. ELEKTRONSKI STRAŽAR Z ZVOČNO SIGNALIZACIJO

Spomnite se elektronskega stražarja, že opisanega v tej knjigi. Takrat se je ob sprožitvi alarma samo prižgala svetleča dioda. V tem primeru se ob sprožitvi alarma sliši zvok. Vezje je pravzaprav nestabilni multivibrator, ki deluje pri frekvenci, ki jo lahko slišimo. V vezje je vstavljena žična prevezava, ki med bazo in emitorjem enega izmed tranzistorjev povzroča kratek stik. Ko je ta žična povezava prekinjena, začne multivibrator z delovanjem in iz zvočnika se sliši zvok. Kratkostična prevezava je nalašč narejena na levem tranzistorju. Zaradi kratkostične prevezave je drugi tranzistor odprt.
Med kolektorjem in pozitivnim baterijskim priključkom je upor 1 kΩ. Na levi strani pa sta med kolektorjem in pozitivnim baterijskim priključkom upor 270 Ω in zvočnik, ki ima upornost le nekaj ohmov. Zaradi tega bi skozi levi tranzistor, če bi bil ta vedno odprt, stekel večji tok kot skozi desnega. Baterija bi bila torej prej prazna. Ker ne vemo, kdaj lahko pričakujemo alarm, je smiselno, da varčujemo z energijo v bateriji. Sedaj lahko sami naredite alarm, ki vas opozori, da so vrata odprta. Takšne alarme lahko vidite v trgovinah. Ko stranka odpre vrata in vstopi v trgovino, se sliši zvočni signal, ki utihne, ko se vrata ponovno zapro.
Na podboj vrat pritrdite hermetičen kontaktnik tako, da je zelo blizu vrat. Na vrata pa pritrdite magnet. Ko sta zaradi bližine magneta kontakta sklenjena, je alarm izključen. Ko nekdo odpre vrata, se bosta kontakta v hermetičnem kontaktniku razklenila, vezje začne delovati in iz zvočnika se sliši zvok.

Pripomočki: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 59, 60, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 105

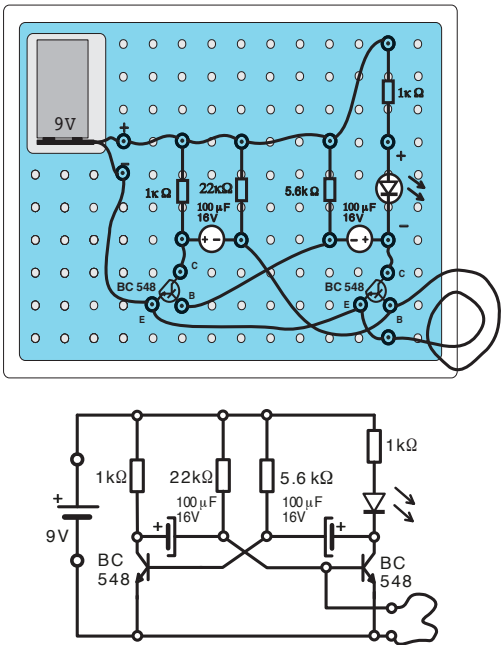


106. ELEKTRONSKI STRAŽAR S SVETLOBNO SIGNALIZACIJO

V tem primeru bo alarm javljen z utripajočo lučjo. Uporabljeno vezje je v principu podobno predhodnemu. Ker utripanje predstavlja nizko frekvenco, je ta multivibrator narejen tako, da deluje na zelo nizki frekvenci. Zato sta v vezju uporabljena elektrolitska kondenzatorja. Način sprožitve alarma je enak kot v predhodnem vezju.

Pripomočki: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 2x66, 4x68, 5x69, 70

Fig. 106

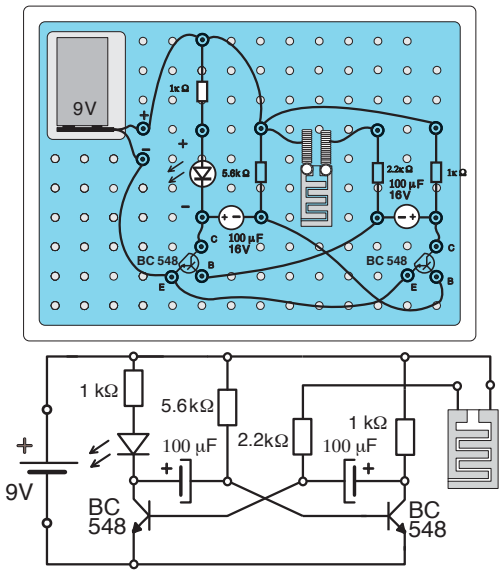


107. SVETLOBNI ALARM ZA JAVLJANJE VLAGE

Pri tukaj prikazanem alarmu je zaporedno z desnim srednjim uporom priključeno tipalo za vlago. Ko je tipalo suho, predstavlja veliko upornost in skozenj ne teče električni tok.
Ko je tipalo vlažno, njegova upornost pade in skozenj lahko steče električni tok, ki je dovolj velik, da začne multivibrator delovati. Svetleča dioda, ki je v kolektorskem tokokrogu levega tranzistorja, začne utripati.
Alarm seveda ne deluje, če imamo opravka s tekočinami, ki ne prevajajo električnega toka.

Pripomočki: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 49, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 107

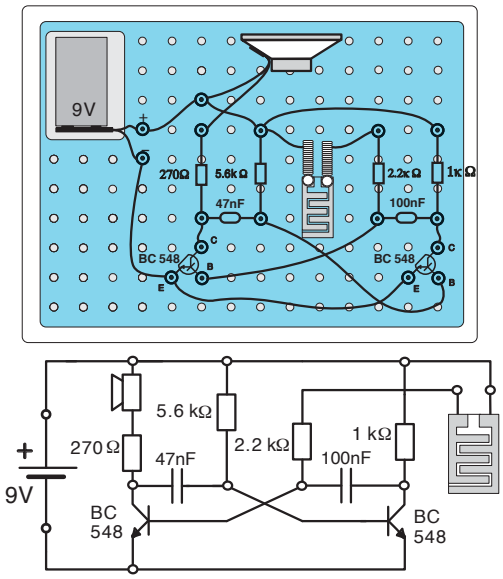


108. ZVOČNI ALARM ZA JAVLJANJE VLAGE

V prejšnjem vezju zamenjajte svetlečo diodo in upor 1 kΩ z zvočnikom in kondenzatorja s kapacitivnostjo 100 µF s kondenzatorjema 47 nF in 100 nF. Tako boste dobili alarm, ki se bo takrat, ko bo tipalo za vlago vlažno, javil z zvočnim alarmom.

Pripomočki: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 45, 49, 56, 57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 108

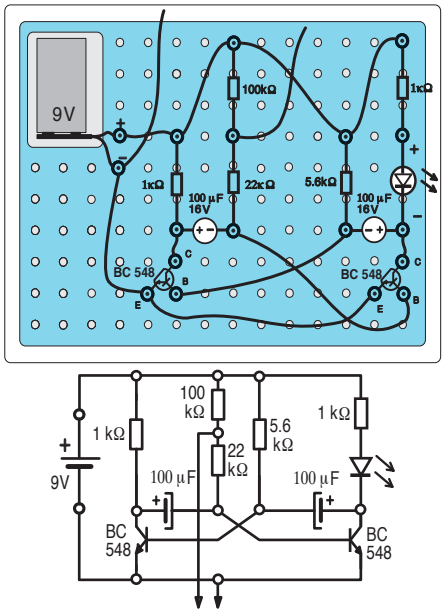


109. ČUVAJ ROŽ

Ljubitelji rož dobro vedo, kako pomembno je ob pravem času rože zalivati. Preveč zalivanja tudi ni dobro, kajti preveč vlage običajno škoduje koreninam rastlin.
Vezje, prikazano na risbi, z utripanjem svetleče diode sporoči, da je zemlja v loncu suha in da jo je treba zaliti.
Vezje je pravzaprav nestabilni multivibrator, ki mu z dodatnim uporom preprečimo, da bi deloval. Ta upor je upor med dvema žicama, vtaknjenima v zemljo. Ko bo zemlja suha, bo upor med temi žicami velik, zato ne bo motil delovanja multivibratorja. Multivibrator bo začel delovati. Na začetku bo utripanje svetleče diode počasno. Ko se bo zemlja sušila, bo hitrost utripanja naraščala proti maksimalni vrednosti.

Pripomočki: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 109

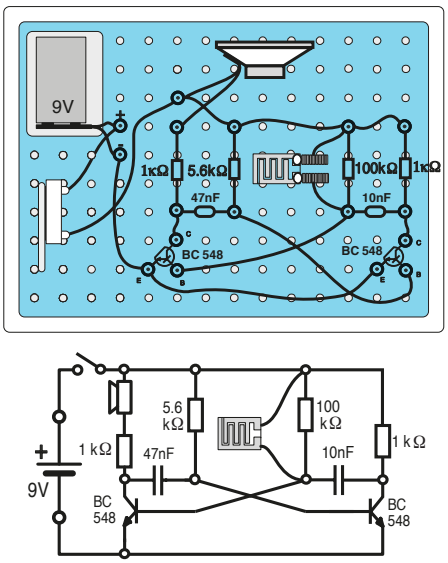


110. AKUSTIČNA IGRAČA

Majhni otroci zelo uživajo v igri z igračami, ki oddajajo zvok, zato so ropotuljice, igrače s piščalkami, bobni ipd. med otroki tako priljubljeni. Verjetno bi bila tudi tukaj opisana igrača otrokom všeč. To je pravzaprav nestabilni multivibrator, ki deluje na takšni frekvenci, ki jo lahko slišimo. Vzporedno z enim izmed uporov, ki določajo način delovanja nestabilnega multivibratorja, je vezano tipalo za vlago. Če to tipalo pritiskate s prstom ali roko, se njegova upornost spreminja. Po pritisku na tipalo za vlago njegova upornost pade. Vzporedna vezava upora 100 kΩ in čutila za vlago ima zato manjšo upornost. Frekvenca multivibratorja je narasla.
S pritiskanjem in držanjem čutila za vlago lahko iz te "igrače" izvabite zelo zanimive zvoke.

Pripomočki: baterija 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 45, 49, 2x57, 59, 61, 63, 64, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 110

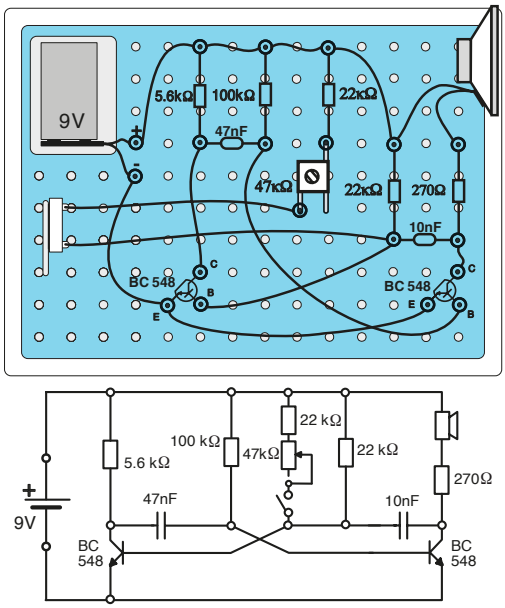


111. DVOTONSKA ALARMNA SIRENA

Verjetno ste že imeli priložnost slišati dvotonsko alarmno sireno. V našem primeru je to nestabilni multivibrator, ki mu lahko spreminjamo frekvenco. V ta namen lahko enemu izmed uporov, ki določajo frekvenco delovanja, s pritiskom na tipko vzporedno dodamo še en upor. Zaradi tega je na tem mestu upornost manjša in frekvenca multivibratorja naraste.
Upor, ki ga s tipko dodajamo v vezje, je sestavljen iz zaporedne vezave upora 22 kΩ in potenciometra. Ko je tipka pritisnjena, lahko z vrtenjem osi potenciometra nastavite višji ton tako, da vam razmerje višjega in nižjega tona ustreza.
Upor 22 kΩ uporabljamo zato, da ne bi zmanjšali upornosti spremenljivega upora na nič. V takšnem primeru bi v bazo levega tranzistorja stekel zelo velik tok, ki bi tranzistor lahko trajno poškodoval.

Pripomočki: baterija 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 45, 52, 56, 59, 2x60, 61, 63, 64, 4x68, 6x69

Fig. 111

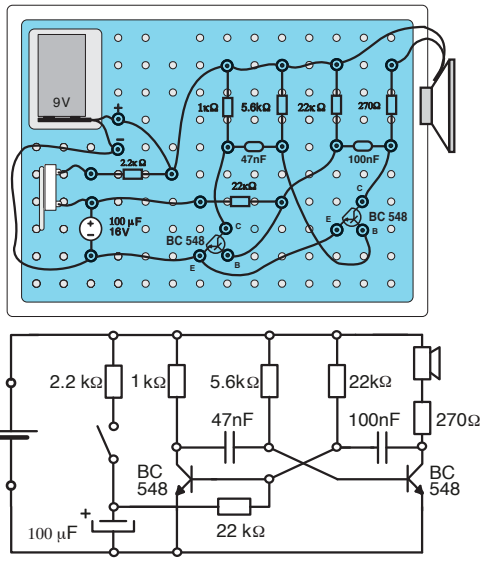


112. ALARMNA SIRENA

Na gasilskih tovornjakih so pogosto pritrjene sirene z zavijajočim zvokom. Tam je sirena narejena na elektromotorni pogon. Na spodnji risbi je prikazana elektronska inačica sirene s podobnim zavijajočim zvokom.
Vezje je pravzaprav nestabilni multivibrator, ki deluje na frekvencah, ki jih lahko slišimo. V bazo levega tranzistorja je skozi upor 22 kΩ dodatno pripeljan tok iz delilnika napetosti, tega tvorita upor 2,2 kΩ in elektrolitski kondenzator.
Ko priključite vezje na baterijsko napetost, začne multivibrator delovati in iz zvočnika se sliši zvok. Elektrolitski kondenzator je prazen in ne vpliva na vezje.
Pritisnite tipko. Skozi upor 2,2 kΩ se elektrolitski kondenzator napolni. Zaradi tega je na njegovih sponkah napetost. Skozi upor 2,2 kΩ in upor 22 kΩ steče nekaj toka v bazo. Tranzistor je nekoliko bolj odprt. Hitrost delovanja nestabilnega multivibratorja se spremeni in ton je višji.
Sprostite tipko. Kondenzator, ki je bil nabit, se začne skozi upor 22 kΩ prazniti tako, da teče tok v bazo levega tranzistorja. Na začetku se kondenzator hitro prazni, nato pa vse počasneje.
Ko se kondenzator tako prazni, se znižuje frekvenca delovanja multivibratorja. To slišite kot zavijajoči ton.
Pritisk na tipko sproži nastanek zavijajočega tona. Pri avtomobilski alarmni sireni je v avtomobilski kabini lahko prav tako tipka s podobno vlogo.

Pripomočki: baterija 9V, 22x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 58, 59, 2x60, 64, 65, 66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 112



113. ZVOČNA SIGNALIZACIJA PADCA TEMPERATURE

Predstavljajte si, kako je npr. v piščančji farmi pomembno, da temperatura v notranjosti stavbe ne pade. Če bi se to zgodilo, bi piščanci poginili in nastala bi velika škoda. Zato bi bilo dobro, če bi v kontrolni sobi lahko odčitavali temperaturo. Svetlobna indikacija bi lahko javljala normalno delovanje. Toda svetlobna indikacija padca temperature ni zadostna, kajti, kaj lahko se zgodi, da nihče ne opazi utripajoče lučke. Zato bi bilo dobro, če bi bil alarm zvočen.

Z že opisanim temperaturno občutljivim stikalom lahko vključimo kakršnokoli drugo vezje ali napravo. V tukaj prikazanem primeru temperaturno občutljivo stikalo vključi zvočni izvor, ki je pravzaprav multivibrator, v katerega je vključen tudi zvočnik.

Ko je temperatura visoka, ima termistor zmanjšan upor. Zato je na odcepu delilnika, ki ga tvorita termistor in potenciometer, tako visoka napetost, da steče v bazo tranzistorja zadosti velik tok, da se tranzistor odpre. Tranzistor sedaj predstavlja majhno upornost, ki je v vezje multivibratorja priključena tako, da prepreči njegovo delovanje.

To je narejeno tako, da na primernem mestu v multivibratorju naredi kratek stik z negativnim baterijskim priključkom. Svetleča dioda sveti in tako javlja, da je temperatura visoka.

Ko začne temperatura padati, termistorju upornost raste in zato začne napetost na odcepu napetostnega delilnika padati. V bazo prvega tranzistorja teče vse manjši tok. Tranzistor se počasi zapre, njegova upornost raste. Zaradi tega je vpliv na multivibrator vse manjši in začne delovati. Najprej je frekvenca delovanja nizka, z dodatnim padcem temperature pa se zvišuje. Nižja je temperatura, višji je zvok.

Med kolektorjem prvega tranzistorja in uporom 1 kΩ je svetleča dioda. Za delovanje vezja ni potrebna. Lahko pa služi kot svetlobna indikacija temperature. Ko začne temperatura padati, začne svetloba svetleče diode pešati.

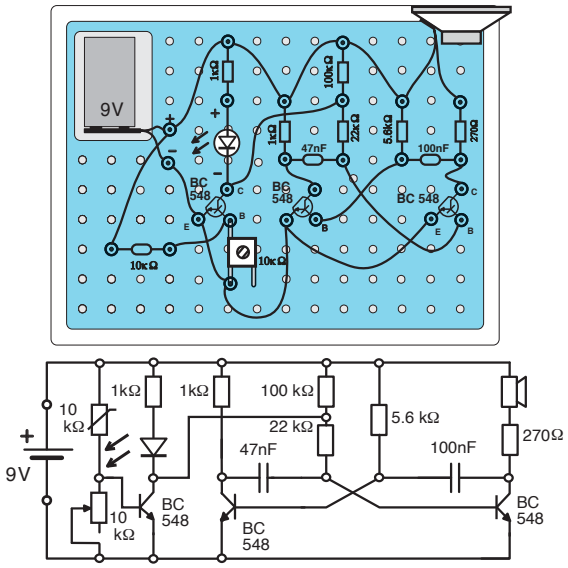
Omenili smo že, da tvorita delilnik napetosti termistor in potenciometer, priključen kot spremenljivi upor. Od položaja drsnika potenciometra je odvisno, pri kateri temperaturi vključi vezje zvočni alarm.

Da bi se prepričali, kako vezje deluje, postavite os potenciometra tako, da svetleča dioda sveti, nato pa os potenciometra zasukajte tako, da svetleča dioda ravno ugasne.

S prsti segrejte termistor. Svetleča dioda sveti. Pihnite v termistor tako, da se le-ta ohladi. Svetleča dioda počasi ugasne, iz zvočnika pa se sliši ton.

Pripomočki: baterija 9V, 25x7, 38, 2x42, 43, 45, 47, 51, 56, 2x57, 59, 60, 61, 64, 65, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 113

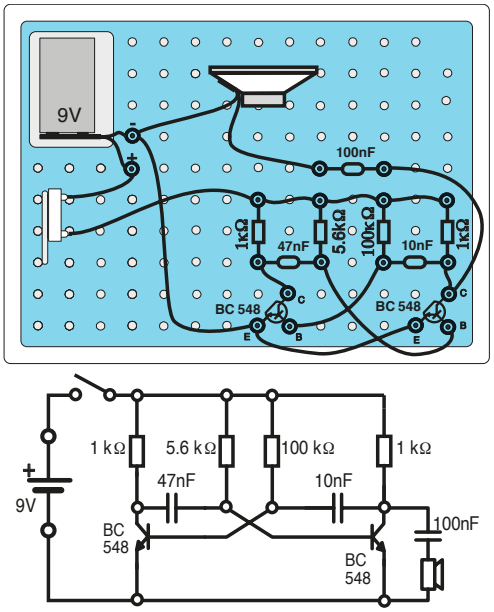


114. KAJ NAREDITI, ČE SKOZI ZVOČNIK NE SME TEČI ENOSMERNI TOK?

Pri prej opisanem vezju skozi zvočnik teče pulzirajoči enosmerni tok. Kaj narediti, če želimo, da skozi zvočnik teče le izmenični tok? V ta namen uporabimo kondenzator. Na spodaj narisanem vezju je prikazano, kako lahko priključimo zvočnik. Na kolektorju desnega tranzistorja je izrazito pulzirajoča napetost. Med emitorjem in kolektorjem se napetost spreminja med 0 V, ko je tranzistor odprt, in 9 V, ko je tranzistor zaprt. S kondenzatorjem dosežemo to, da skozi zvočnik teče le izmenični tok, kajti kondenzator izmenični tok prepušča, enosmernega pa ne.

Pripomočki: baterija 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 114

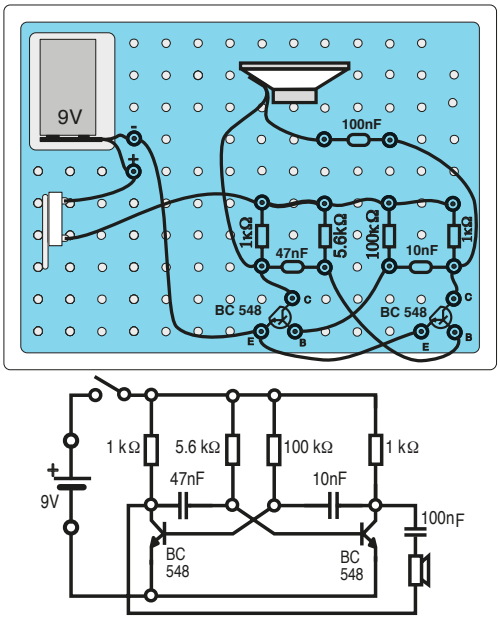


115. ZVOČNIK MED DVEMA KOLEKTORJEMA

Že večkrat smo omenili, da se v multivibratorju napetost med emitorjem in kolektorjem spreminja med 0 V in 9 V. To se dogaja na obeh tranzistorjih. V kakšnem razmerju pa sta napetosti na kolektorjih obeh tranzistorjev?
Ko je en tranzistor odprt, je drugi zaprt. Zato je na enem kolektorju napetost proti negativnem baterijskem priključku 0 V, na drugem pa 9 V. Vzemimo, da je levi tranzistor odprt, desni pa zaprt. Tedaj je med obema kolektorjema napetost U = 9 V. Ko tranzistorja zamenjata svoji vlogi, se spremenita napetosti na kolektorjih. Sedaj je napetost med kolektorjem levega tranzistorja in negativnim baterijskim priključkom 9 V, pri desnem pa je ta napetost 0 V. Napetost med kolektorjema je prav tako 9 V, vendar v nasprotni smeri! U = -9 V!
Ko opazujemo napetost na enem kolektorju, se tam le-ta spreminja za 9 V. Ko opazujemo napetost na obeh kolektorjih istočasno, se napetost spreminja med +9 V in -9 V. Sprememba napetosti je dvakrat večja!
V določenih primerih ima priključitev bremena med kolektorja tranzistorjev določeno prednost. Pri tem je pomembno, da ta obremenitev ni takšna, da vezje neha delovati. Upornost zvočnika je zelo majhna in bi zato skozenj stekel enosmerni tok. Med kolektorjema obeh tranzistorjev bi bila majhna upornost in vezje bi lahko nehalo delovati. Zato je zaporedno z zvočnikom v vezju še kondenzator.

Pripomočki: baterija 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 115

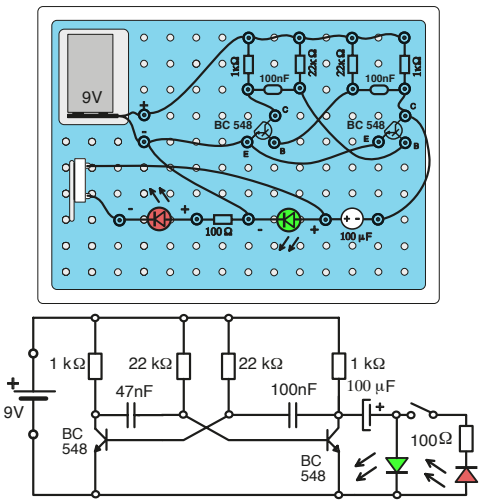


116. VEZJE ZA PRIDOBIVANJE NEGATIVNE NAPETOSTI

Včasih je nujno potrebno, da imamo v vezju, ki ga uporabljamo, zaradi določenih razlogov tudi negativno napetost. Najenostavneje je, če imamo poleg ene baterije, ki jo vezje uporablja za svoje delovanje, še dodatno baterijo, ki jo uporabimo kot vir negativne napetosti. Vsekakor pa to podraži uporabo takšnega vezja, ker moramo sedaj menjavati dve bateriji namesto ene same.
Če je poraba toka iz baterije, ki daje negativno napetost, majhna, potem lahko naredimo vezje, ki bo na svojem izhodu dalo negativno napetost. To sicer nekoliko podraži celotno vezje, a se bo zaradi privarčevanih baterij za negativno napetost hitro izplačalo.
Za pridobivanje negativne napetosti potrebujemo izmenično napetost. V našem vezju je za pridobivanje izmenične napetosti uporabljen nestabilni multivibrator. Za izmenični tok velja, da skozi vodnik enkrat teče v eni, nato pa v drugi smeri. Napetost med kolektorjem npr. desnega tranzistorja v multivibratorju in negativnim baterijskim priključkom se spreminja: ko je tranzistor odprt, je skoraj nič, ko pa je zaprt, doseže napetost baterije. Ta napetost ni izmenična, je pa zelo pulzirajoča.
Pokazali smo že, da skozi kondenzator izmenični tok lahko teče, enosmerni pa ne. Zato lahko s kondenzatorjem iz pulzirajoče napetosti izločimo enosmerno napetost. Točno to je uporabljeno v našem vezju. Na kolektor desnega tranzistorja je priključen kondenzator, skozi katerega iz multivibratorja teče izmenični tok. Ta tok teče skozi dve, med seboj nasprotno obrnjeni svetleči diodi.
Ko vezje priključite na baterijsko napetost, obe diodi svetita. To dokazuje, da skozi kondenzator teče izmenični tok. Ko teče tok iz kondenzatorja proti negativnemu baterijskemu priključku, teče skozi zeleno svetlečo diodo. Ko teče v nasprotni smeri, teče skozi rdečo svetlečo diodo in upor 100 Ω. Ta upor in rdeča svetleča dioda predstavljata vezje, ki za svoje delovanje potrebuje negativno napetost. Namesto zelene svetleče diode je v vezju lahko navadna dioda 1N4004.
Še enkrat poudarjamo, da vezje, ki potrebuje za delovanje negativno napetost, ne sme porabljati preveč toka.
Če morda niste prepričani, da multivibrator deluje, lahko med katerikoli upor l kΩ in pozitivni baterijski priključek vstavite zvočnik.

Pripomočki: baterija 9V, 21x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 66, 4x68, 6x69

Fig. 116

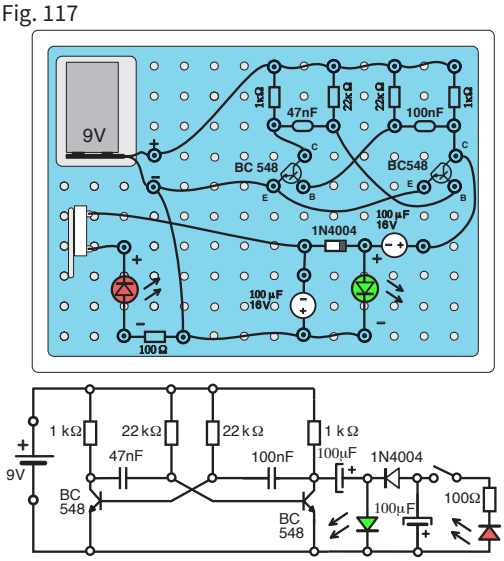


117. IZBOLJŠANO VEZJE ZA PRIDOBIVANJE NEGATIVNE ELEKTRIČNE NAPETOSTI

Usmerjena napetost, ki jo pridobimo z diodo, ne more biti večja od največje vrednosti izmenične napetosti.
Namesto rdeče svetleče diode lahko priključite vezje, ki za svoje delovanje potrebuje negativno napetost.
Če je negativna napetost, pridobljena s prej opisanim vezjem, prenizka, lahko za pridobivanje negativne, enosmerne napetosti uporabimo vezje, ki podvoji usmerjeno napetost. Tako vezje naredimo z dvema diodama in dvema kondenzatorjema. V vezju je zelena svetleča dioda uporabljena namesto navadne diode.

Pripomočki: baterija 9V, 24x7, 38, 40, 3x42, 43, 46, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 117

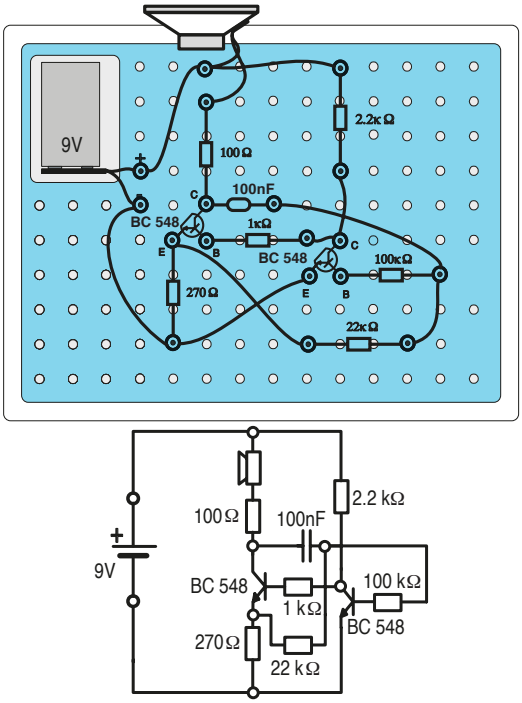


118. ŠE EN GENERATOR ZVOKA

Z dvema tranzistorjema lahko naredimo generator zvoka, ki ni nestabilni multivibrator, ampak deluje nekoliko drugače. Za svoje delovanje uporablja povratno vezavo.
Povratna vezava je tista vezava v vezju, skozi katero se nekaj signala vrača z izhoda vezja na vhod. Na ta način se celotno vezje obnaša drugače kot v primeru, ko te povratne vezave ni.
V našem primeru imamo opravka s tranzistorjema, ki predstavljata nizkofrekvenčni ojačevalnik.
Preko kondenzatorja 100 µF in upora 100 kΩ se z izhoda ojačevalnika (kolektor levega tranzistorja) nekaj signala vrača na vhod ojačevalnika (baza desnega tranzistorja).
Predpostavimo, da takrat, ko na vhodu vezja napetost narašča, na izhodu pada. Če z dodatnim vezjem poskrbimo, da se sprememba na izhodu vrne na vhod, bi lahko rekli, da "vezje ne ve, kaj naj naredi" in se ne more odločiti, kakšne naj bodo napetosti na izhodu in na vhodu. Zato začnejo napetosti nihati. Pravimo, da je zaradi povratne vezave začelo vezje oscilirati.

Pripomočki: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 58, 60, 2x61, 65, 4x68, 3x69

Fig. 118

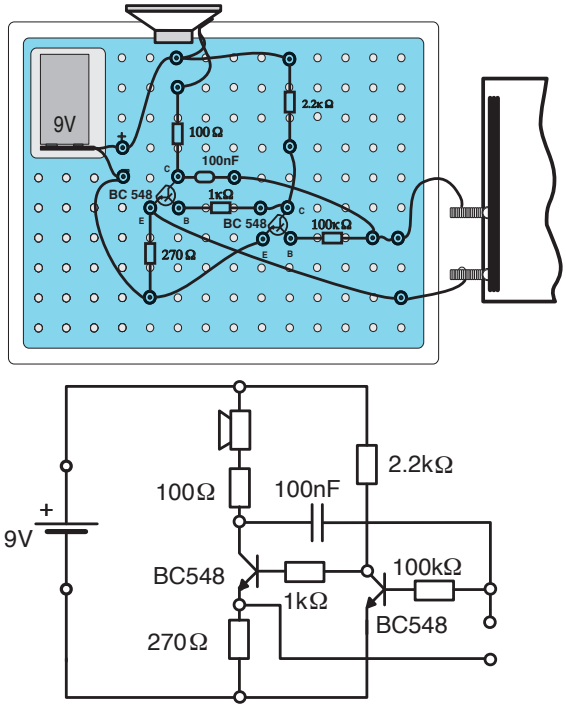


119. GLASBENI INSTRUMENT

Če spreminjate vrednost upora 22 kΩ, se spreminja tudi frekvenca delovanja oscilatorja in iz zvočnika se sliši ton spremenljive višine.
To lepo vidite, če namesto upora 22 kΩ v vezje vstavite potenciometer 47 kΩ, priključen kot spremenljivi upor.
Sami ste še naredili spremenljivi upor tako, da ste z mehkim svinčnikom na papir narisali grafitno sled. Takšen upor lahko uporabite v tem oscilatorju za spreminjanje frekvence njegovega delovanja.
Na enem koncu grafitne plasti naj bo vzmetna sponka, ki je preko žice vključena v vezje. Drugi kos žice priključite na ustrezno mesto v vezju. Na drugi konec te, žice postavite vzmetno sponko. Podrsajte s to sponko po uporovni plasti. Ko se z njo dotaknete uporovne plasti, začne oscilator delovati. Če s sponko podrsate po uporovni plasti, se višina tona spreminja. Tako lahko naredite preprost glasbeni instrument.

Pripomočki: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 55, 56, 57, 58, 61, 65, 4x68, 5x69

Fig. 119

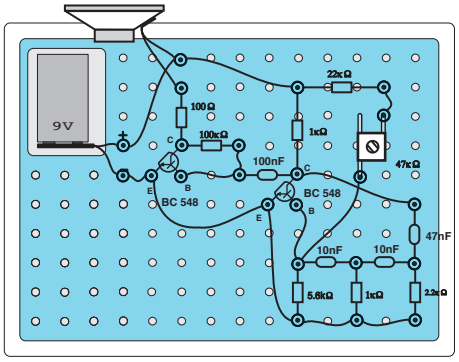


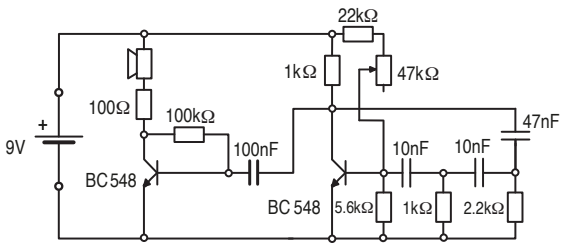
120. OSCILATOR, NAREJEN Z VERIGO UPOROV IN KONDENZATORJEV

Da bi iz ojačevalnika naredili oscilator, potrebujemo povratno vezavo, ki signal z izhoda ojačevalnika pripelje na njegov vhod. Lastnosti povratne vezave določajo, ali vezje deluje kot oscilator in pri kateri frekvenci.
V tukaj prikazani risbi imamo še en primer oscilatorja, narejenega s povratno vezavo. Os potenciometra zasukajte tako, da iz zvočnika zaslišite zvok. Vezje za povratno vezavo je narejeno iz verige treh kondenzatorjev in treh uporov.
Ker je signal prešibek, da bi ga slišali, je za oscilatorskim vezjem dodan še nizkofrekvenčni ojačevalnik s tranzistorjem.
Iz zvočnika se sliši zelo prijeten ton, mnogo prijetnejši od tistega, ki smo ga slišali pri oscilatorjih, narejenih z nestabilnim multivibratorjem. Tukaj opisan oscilator daje zelo čist ton.

Pripomočki: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 52, 55, 2x57, 58, 59, 60, 61, 2x63, 64, 65, 4x68, 5x69

Fig. 120





ELEKTROSTATIKA

121. ELEKTRIKA IZ PAPIRJA

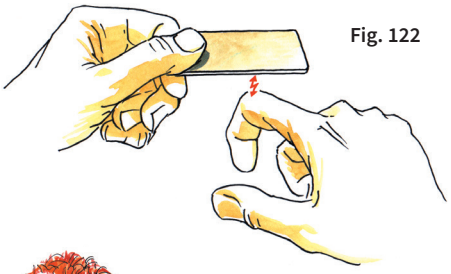
Iz beležnice iztrgaj list papirja ter ga dobro posuši na peči ali na štedilniku. Nato ga položi na beležnico ter z roko krepko potegni čezenj (slika 1). Dvigni papir z levo roko ter mu s spodnje strani približaj členek desne roke. Iz papirja bo na roko preskočila električna iskra.
Pripomoček: list iz beležnice

Fig. 121

122. ELEKTRIČNA ISKRA - GROM

Plastično ploščico položi na rob mize ter jo nadrgni s suho roko ali s časopisnim papirjem. Nato ploščico dvigni ter ji približaj členek prsta (slika 2). Električno iskro, ki preskoči s ploščice na prst, slišimo, čutimo in jo v mraku tudi vidimo. Iskra, ki smo jo izvlekli iz papirja in plastike, se v bistvu ne razlikuje od bliska in groma. Razlika je v tem, da gre pri naših poskusih le za majhne, pri streli pa za ogromne količine elektrike.
Pripomoček: 26

Fig. 122



123. ELEKTRIKA IZ VOLNE

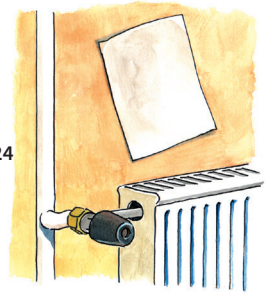
Če hodiš dalj časa v čevljih z gumijastimi podplati po volneni ali svileni preprogi, se bo tvoje telo naelektrilo. Če se nato dotakneš vodovodne cevi ali kakega drugega kovinskega predmeta, ki je povezan z zemljo, se med tvojim telesom in predmetom pojavi električna iskra. Tudi glavnik se pri česanju naelektri, prav tako lasje. Enako se zgodi z mačjim krznom, če ga gladiš z roko, in enak pojav opaziš pri slačenju spodnjega perila iz plastične snovi. Vse to nam povzroča skrbi, kot nam jih povzročajo iskre, ki nastanejo na bencinskih črpalkah zaradi trenja bencina ob cev, ali na letalih, kjer se pojavljajo električni naboji zaradi trenja ob zrak. Mnogo neprijetnosti povzročajo električne iskre v tovarnah papirja in gume ter v podjetjih, kjer se prenaša energija z gumijastimi ali usnjenimi transmisijami. Zaradi električne iskre se je ponesrečil cepelin Hindenburg.
Pripomoček: glavnik

Fig. 123

124. ELEKTROSTATIČNO “LEPILO”

Pozimi, ko v sobi kurite, ogrej na peči večji list časopisa, ga položi na zid ter ga z roko drgni. List se bo prilepil na zid kjer bo nekaj časa tako ostal. Z drgnjenjem lista si zbudil(-a) v papirju elektriko, zaradi česar se je list prilepil na zid.
Pripomoček: list časopisa

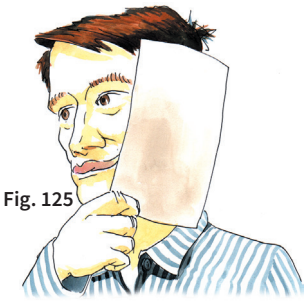
Fig. 124



125. ELEKTRIČNA PAJČEVINA

List papirja ogrej na plošči štedilnika ali na peči. Nato ga položi na beležnico ter z roko krepko potegni čezenj, kakor si to storil(-a) v poskusu št. 1. Nato list dvigni ter ga približaj licu (slika 5). Pri tem imaš občutek, kakor da bi se z licem dotaknil(-a) pajčevine. Z drgnjenjem se pojavi v papirju elektrika, ki dvigne dlačice na naši koži, in se jo zato občuti kot pajčevino.
Pripomoček: list iz beležnice

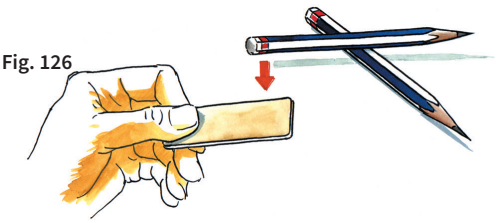
Fig. 125



126. NAELEKTRENA TELESA PRIVLAČIJO

Dva šestoglata navadna lesena svinčnika položi križem, enega na drugega, nato približaj zgornjemu plastično ploščico, ki si jo poprej potegnil(-a) čez prste suhe roke ali jo drgnil(-a) s časopisnim papirjem. Namesto svinčnika lahko položiš na svinčnik ravnilo ali kateri drug predmet. Vse te predmete bo naelektrena ploščica privlekla. Stari Grki so že 600 let pred našim štetjem opazili, da jantar (grško: elektron) privlači lahke predmete, če jih nadrgnemo z roko ali tkanino. Od tod naziv elektrika. Namesto dragega jantarja uporabljamo plastično ploščico. Naelektri se tudi papir, če se ga dobro posuši in drgne. V poznejših poskusih se boš naučil(-a), da se z drgnjenjem naelektrijo vsa telesa, ki jih drgnemo, pa tudi tista, s katerimi drgnemo.
Pripomočki: 26, 2 svinčnika

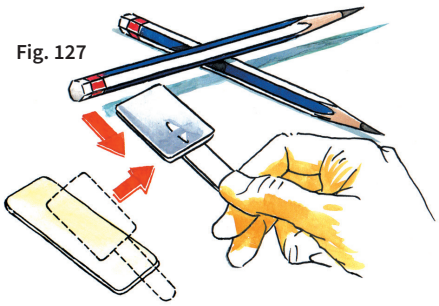
Fig. 126



127. TUDI KOVINE SE LAHKO NAELEKTRIJO

Dva šestoglata navadna lesena svinčnika položi enega na drugega kakor v prejšnjem poskusu. Približaj zgornjemu svinčniku kovinsko ploščico s plastičnim ročajem, s katero si predhodno drgnil(-a) po plastični ploščici, tako da si držal(-a) ploščico za plastični ročaj (slika 7). Naelektrena kovinska ploščica privlači svinčnik. Ugotovil(-a) si lahko, da z drgnjenjem naelektrimo tudi kovine. Pozneje se boš poučil(-a), zakaj je kovinska ploščica pritrjena na plastični ročaj.
Pripomočki: 26, 27, 2 svinčnika

Fig. 127



128. NAELEKTRENA TELESA ODBIJAJO DRUGA TELESA

Položi dva navadna lesena svinčnika na plastični podstavek, kakor kaže slika 8. Približaj naelektreno kovinsko ploščico zgornjemu svinčniku. Ploščica privlači svinčnik. Če ploščico ponovno naelektriš, bo svinčnik odbila. Pri vseh dosedanjih poskusih si opazil(-a), da naelektrena telesa privlačijo druga telesa, a sedaj si opazil(-a), da jih v nekaterih primerih odbijajo.
Pripomočki: 8, 26, 27, 2 svinčnika

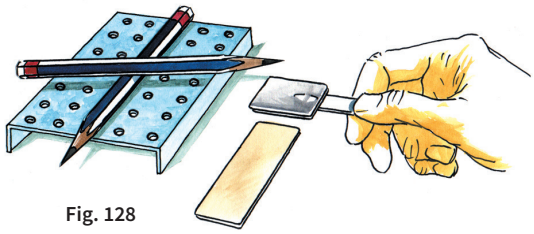


Fig. 128

129. NAELEKTRENO TELO V BLIŽINI VODNEGA CURKA

Naelektreno plastično ploščico približaj tankemu vodnemu curku (slika 9). Ploščica privlači vodni curek in ga razprši.
Pripomočka: 26, kozarec vode

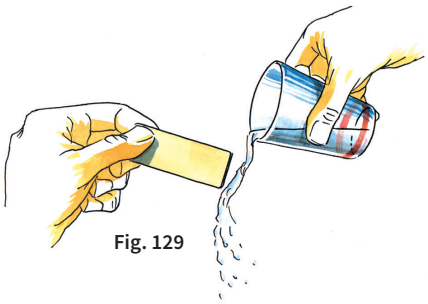


Fig. 129

130. KDAJ SE NAELEKTRENA TELESA PRIVLAČIJO IN KDAJ ODBIJAJO

Pri tem zanimivem poskusu je treba opraviti delo po naslednjem zaporedju.
1. Kovinsko ploščico drgni po plastični podlogi.
2. Naelektreno polivinilasto ploščico položi na aluminijast zvonec, tako da se na njem lahko obrača.
3. Plastični ploščici približaj naelektreno kovinsko ploščico (slika 10). Ploščici se privlačita.
4. Ročaj kovinske ploščice potegni skozi prste suhe roke ali ga drgni s papirjem ter ga nato približaj plastični ploščici. Ploščici se odbijata.
Ta poskus ti pokaže, da so električni naboji lahko različni. Lahko se privlačijo ali pa odbijajo.
Pripomočki: 13, 26, 27

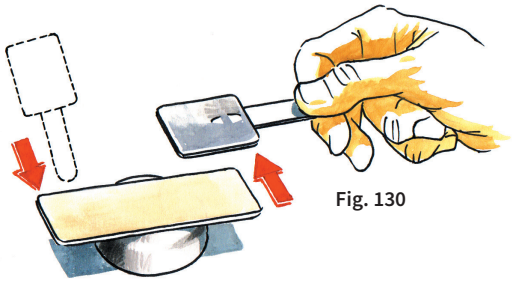


Fig. 130

131. PREPROST ELEKTROSKOP

Slika 11 ti kaže, kako sestaviš posamezne dele. Na podstavku iz plastične snovi je pritrjeno železno stojalo z lahkim papirnatim kazalcem, narejenim iz koščka papirja 140 x 12 mm, tako da je po vsej dolžini prepognjen na pol. Za os služi bucika, s katero je kazalec preboden nekoliko nad težiščem. Elektroskop je pravilen, ko visi kazalec navpično ter se v primeru, če se premakne s tega položaja, rahlo guga.
Pripomočki: 3 x 5, 3 x 6, 8, 20, 2 x 28, 29, bucika, kazalec

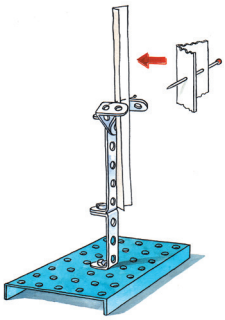


Fig. 131

132. NAELEKTRENA PLASTIČNA PLOŠČICA PRIVLAČI KAZALEC ELEKTROSKOPA

Plastično ploščico povleči med prsti suhe roke ali drgni s papirjem ter jo nato približaj kazalcu elektroskopa (slika 12). Ploščica privlači kazalec. Napravi podoben poskus z glavnikom, s kosom stekla ali pečatnega voska, ki jih drgneš ob obleko. Vsa navedena in mnoga druga telesa privlačijo kazalec elektroskopa, če jih drgnemo, ker postanejo naelektrena.
Pripomočka: (11), 26

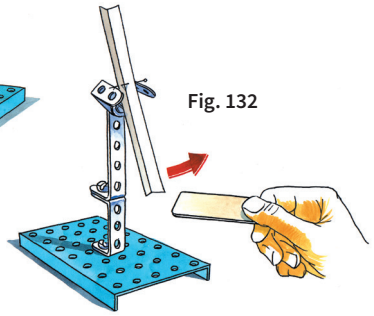


Fig. 132

133. NAELEKTRENA KOVINSKA PLOŠČICA PRIVLAČI KAZALEC ELEKTROSKOPA

Ponovi poskus št. 12, pri čemer plastične ploščice ne drgni z roko, temveč s kovinsko ploščico, ki jo držiš za ročaj. če približaš ploščico kazalcu elektroskopa, ta privlači kazalec. Okrog kovinske ploščice ovij kos papirja ali tkanine ter s tem drgni plastično ploščico. Papir, tkanina in druga telesa, s katerimi drgneš, postanejo naelektrena. Iz navedenih poskusov spoznaš, da postanejo naelektrena tako telesa, ki jih drgnemo, kakor telesa, s katerimi drgnemo.
Pripomočki: (11), 26, 27, košček papirja in tkanine

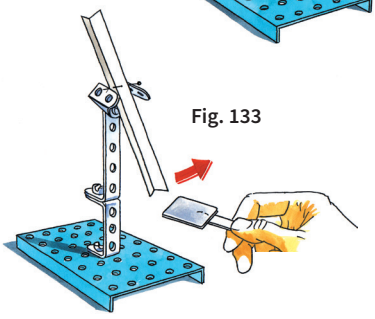


Fig. 133

134. POLNJENJE ELEKTROSKOPA

Na rob mize položi plastično ploščico, čeznjo narahlo potegni kovinsko ploščico, nakar se dotakni stojala elektroskopa (slika 14). Kazalec se odkloni in ostane v takem položaju. če še nekolikokrat ponoviš poskus, se bo kazalec vse bolj odklanjal. Električni naboj raste.
Pripomočki: (11), 26, 27

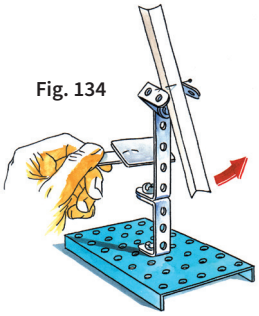


Fig. 134

135. PRAZNJENJE ELEKTRIČNEGA NABOJA

S prstom se dotakni kovinskega stojala napolnjenega elektroskopa (slika 15). Kazalec se prikloni. Elektroni so odšli skozi naše telo v zemljo, ali morda tudi obratno. Pri prejšnjih poskusih si opazil(-a), da postanejo telesa naelektrena, če z njimi drgneš plastiko. Ali se tvoja roka tudi naelektri?
Pripomoček: (11)

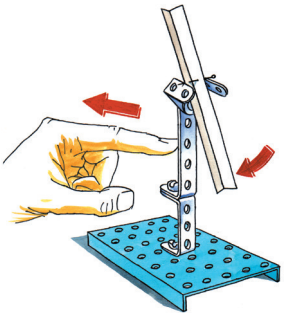


Fig.135

136. POSTOPNO POLNJENJE ELEKTROSKOPA

1. Položite plastično ploščico na mizo in jo podrgnite s suho roko ali papirjem.
2. Na plastično ploščo položimo kovinsko ploščo, ki jo držimo za polivinilasti ročaj.
3. Preden dvignete kovinsko ploščo, se je dotaknite s prstom.
4. Dotaknite se stojala elektroskopa s kovinsko ploščo.

Kazalec se bo premaknil. Poskus večkrat ponovimo z 2, 3 in 4. Kazalec se bo vedno bolj premikal, kar dokazuje, da električni naboj narašča. Plastična in kovinska plošča sestavljata aparat, imenovan elektroforeza.
Pripomoček: (11), 26, 27

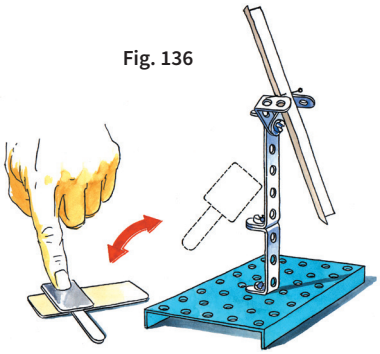


Fig. 136

137. POSTOPNO PRAZNJENJE ELEKTROSKOPA

S pomočjo elektrofora napolni elektroskop, kakor si se naučil(-a) v prejšnjem poskusu. Napolnjenega elektroskopa se dotakni s kovinsko ploščico. Kazalec bo nekoliko padel. Nato se dotakni s kovinsko ploščico svojega telesa in potem zopet elektroskopa itd. Kazalec bo vedno bolj padal.
Pripomočki: (11), 26, 27

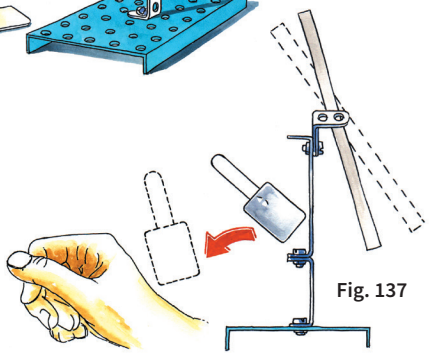


Fig. 137

138. PREVODNIKI IN IZOLATORJI

Z elektroforjem (poskus št. 16) napolni elektroskop ter se nato dotakni stojala elektroskopa z ročajem kovinske ploščice, s svinčnikom, papirjem, z bakreno ploščico in ostalimi deli naše zbirke. Kaj opaziš? Pri dotiku s plastično ploščico, suhim steklom, porcelanom, pečatnim voskom, parafinom itd. se kazalec ne premakne. Navedena telesa so izolatorji. Nasprotno pa so kovine zelo dobri prevodniki elektrike. Dobri prevodniki so tudi naše telo, svinčnik, vlažen papir itd.
Pripomočki: (11), 24, 26, 27, razni predmeti

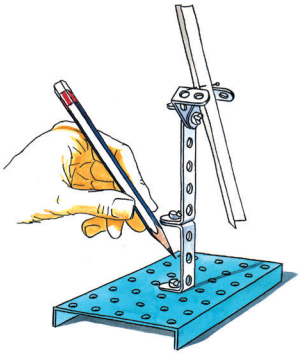


Fig. 138

139. POZITIVNA IN NEGATIVNA ELEKTRIČNA TELESA

Napolni elektroskop z elektroforom. Kazalcu napolnjenega elektroskopa približaj kovinsko ploščico, s katero si napolnil(-a) elektroskop (slika 19). Kazalec beži. Če približaš kazalcu plastično ploščico, ploščica kazalec privlači. Ugotoviš torej, da so telesa lahko različno naelektrena. V tvojem primeru je bila kovinska ploščica pozitivno naelektrena, prav tako napolnjeni elektroskop, medtem ko je bila plastična ploščica negativno naelektrena. Istoimenska električna telesa se odbijajo, raznoimenska se privlačujejo.
Pripomočki: (11), 26, 27

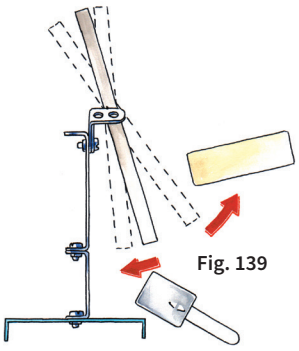


Fig. 139

140. ELEKTRIČNO NIHALO

Zelo poučni so lahko poskusi z električnim nihalom, ki je sestavljeno iz kroglice bezgovega stržena ali stiroporja (1), bombažne niti (2), pokončne paličice (3), kolena (4) in vodoravne paličice (5). Če v bližini ni bezga ali stiroporja, napravi namesto kroglice iz bezgovega stržena majhen lonček iz staniola ali alu-folije. Listič staniola velikosti 5 x 3 cm ovij okrog svinčnika, z ene strani ga stisni in priveži na bombažno nit. Paličice izdelaj iz pisarniškega papirja, dolžina paličice naj bo približno 90 mm, za izdelavo ene paličice potrebuješ papir mer 90 x 100 mm. Vsak kos posebej namaži z lepilom ter ga narahlo ovij okrog železne paličice, ki je v zbirki. Tako nastalo paličico zavaruj, da se ne odvije (lepilni trak, elastika) in snemi z železne paličice, preden se posuši. Z navojno osjo pritrdi pokončno papirnato paličico na podstavek iz plastične mase. Koleno oblikuj iz žice ali žeblja ustrezne debeline.
Pripomočki: 2 x 6, 8, 9, 12, papir, staniol ali alu-folija, bombažna nit, žica

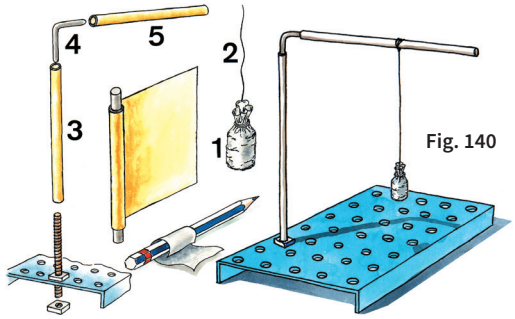


Fig. 140

141. POSKUSI Z ELEKTRIČNIM NIHALOM

1. Električnemu nihalu približaj naelektreno plastično ploščico. Ta privlači kroglico nihala, vendar jo takoj nato odbije in s ploščico je ne moremo več ujeti.
2. Z roko se dotakni kroglice nihala ter ji nato približaj naelektreno kovinsko ploščico. Naelektrena kovinska ploščica kroglico privlači, a jo nato takoj krepko odbije. Kako pojasniti te pojave?

Plastična ploščica ima negativni naboj, zato privlači kroglico in s tem tudi ona pridobi negativen naboj ter jo zaradi tega odbije. Kovinska ploščica ima pozitivni naboj. Zaradi dotika se tudi kroglica pozitivno naelektri in se mora zaradi tega odbiti. Iz navedenega ugotoviš, da se telesa z enakim električnim nabojem odbijajo.
Pripomočki: (20), 26, 27

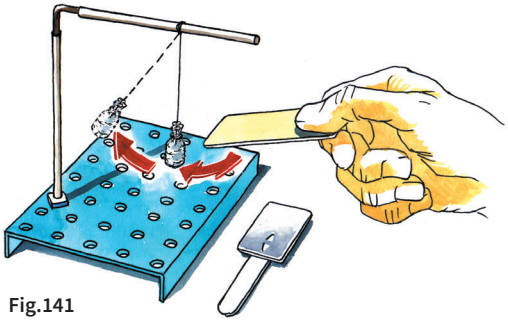


Fig.141

142. TELESA Z RAZLIČNIM ELEKTRIČNIM NABOJEM SE PRIVLAČIJO

Za ta poskus potrebuješ dve nihali. Podstavek prvega je plastičen, drugega pa aluminijev zvonec. Nihali razmakni in ju nato naelektri, eno pozitivno, drugo negativno. Ko nihali približuješ, opaziš, da se kroglici privlačita. Če se dotakneta, se naboji uravnovesijo. Iz navedenega sledita dva zaključka. 1. Telesa z različnimi naboji se privlačijo.
2. Pozitivni in negativni naboji enakih jakosti se uravnovesijo.
Pripomočki: (20), 6, 13, 25, 26, 27, papir, staniol ali alu-folija, bombažna nit

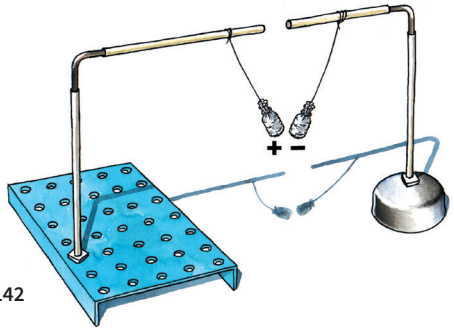


Fig.142

143. ELEKTROSKOP Z LISTIČI

Za nadaljnje poskuse s statično elektriko potrebuješ občutljivejši instrument. To je elektroskop z lističi. Naredil(-a) ga boš sam(-a) po naslednjem zaporedju:
1. Z vijakom in matico pritrdi na sredo plastičnega podstavka dvakrat upognjeni trak 60 x 12 mm.
2. Z vijakom in matico pričvrsti na vrh traku aluminijev zvonec tako, da štrli iz njega še 10 mm vijaka. Na vijak nasadi staniolno cev ali (cev iz Al folije), dolgo 9 cm. Izdelava cevi je opisana v poskusu št. 20. Na vrhu cevi pritrdi dva nosilca (b), izdelana iz gole bakrene žice premera 0,3 mm ali iz žice iz konstantana premera 0,2 mm. Nosilec je pravokotnik, dolg 10 in širok 5 mm, izdelan tako, da nastane zavit držaj za pritrditev v cev. Lističa elektroskopa morata biti izdelana iz tankega papirja velikosti 8 x 70 mm. Pritrjena sta na držaja, kakor vidiš na sliki 23 desno. Puščica kaže, kje je papir zalepljen.

Pripomočki: 5, 2 x 6, 8, 13, 20, 25, 36, papir, alu-folija

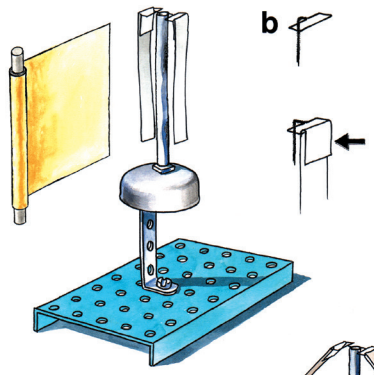


Fig. 143

144. ELEKTRIKA IZ ŠKATLICE ZA VŽIGALICE

Ovoj škatlice za vžigalice natakni na kovinsko ploščico. Z njim drgni plastično ploščico, nakar ga približaj elektroskopu (slika 24). Lističa se razkleneta. če se dotakneš elektroskopa s prstom, se lističa skleneta. Ovij kovinsko ploščico po vrsti s papirjem, s tekstilom, krznom itd. ter poskusi naelektriti ta telesa z drgnjenjem ob plastično ploščico. Poskusi naelektriti steklo z drgnjenjem s svilo ali z volno.

Pripomočki: (23), 26, 27, ovoj škatlice za vžigalice

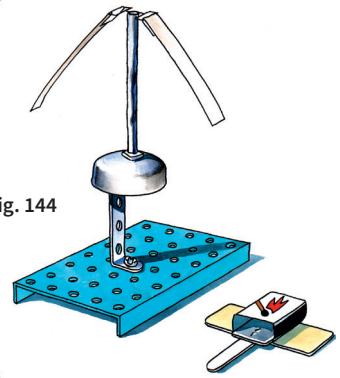


Fig. 144

145. KAPACITETA

Konec ročaja kovinske ploščice ovij s staniolom, ali Al folijo (glej detajl “a”), tako da dobiš na istem izoliranem ročaju dve kovinski ploščici, veliko in malo (slika 25). Elektroskop napolni do popolnega odklona (kako to storiš, je opisano v poskusu št. 16). Dotakni se elektroskopa z malo kovinsko ploščico. Kot med lističema se je zmanjšal. Nato se z isto ploščico dotakni svojega telesa in potem zopet elektroskopa. To ponavljaj, dokler se lističa popolnoma ne skleneta. Elektroskop ponovno napolni in ga zatem na podoben način izprazni z veliko kovinsko ploščico.
Katera ploščica ima večjo kapaciteto?

Pripomočki: (23), 26, 27, staniol ali (Al folija)

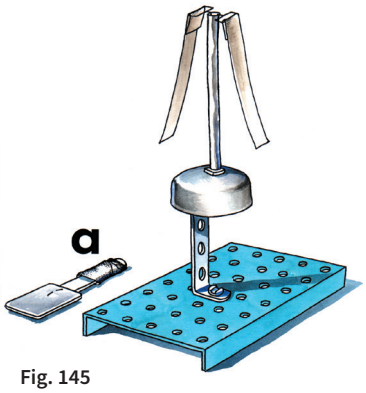


Fig. 145

146. IONIZACIJA ZRAKA

1. Elektroskop napolni do popolnega odklona lističev, nato ugotovi, koliko časa ostaneta lističa razklenjena. Pri suhem vremenu, zlasti pozimi, bosta ostala lističa razklenjena nekaj ur, kar dokazuje, da je zrak dober izolator. Ob vlažnem vremenu se bosta lističa kmalu vrnila v svoj prvotni položaj.
2. Elektroskop znova napolni ter mu nato približaj (previdno, da se lističa ne vžgeta) gorečo vžigalico. Lističa se takoj skleneta. Molekule zraka se začno pod vplivom plamena tako hitro gibati, da se medsebojno ionizirajo, kar pomeni, da ena drugi odvzema ali dodaja elektrone. Zrak se ionizira, ionizirani zrak pa, kot si že spoznal, ni dober izolator, zato strela rada udari v ogenj.

Pripomočki: (23), 26, 27, vžigalice

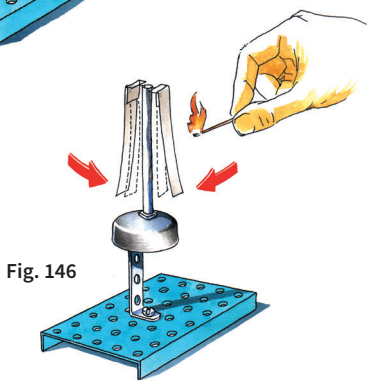


Fig. 146

147. ELEKTRIČNO POLJE

Iz lepenke srednje debeline izreži ploščico take velikosti, kot je plastična ploščica v naši zbirki. Položi lepenko na rob mize in čeznjo plastično ploščico. Plastično ploščico drgni s papirjem ali suho roko in ga nato dvigni. Kaj opaziš? Obenem s plastično ploščico si dvignil(-a) tudi lepenko, čeprav je precej težka. Plastična ploščica je dobila zaradi drgnjenja negativen naboj, medtem ko je na lepenki zaradi bližine negativnega naboja nastal pozitiven naboj, a pozitivno in negativno se privlači. Privlačnost je lahko precejšnja, kar opaziš pri razmiku obeh ploščic (slika 27). Med ploščicama obstaja električno polje.

Pripomočka: 26, ploščica iz lepenke

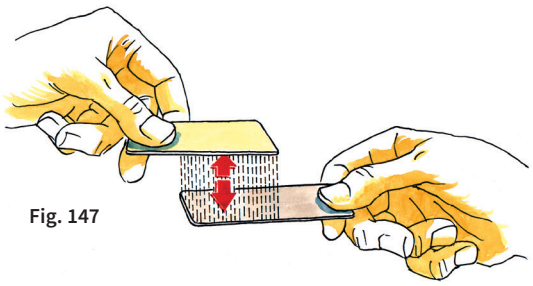


Fig. 147

148. ELEKTRIČNE SILNICE

Na rob mize položi ploščico lepenke, pod njo pa daljšo nit. Na lepenko položi plastično ploščico ter ga drgni z roko ali s papirjem. Z eno roko zadrži lepenko na mizi, z drugo roko pa dvigni plastično ploščico 6-8 mm visoko. Pri tem čutiš odpor. Konca niti se dvigneta v smeri plastične ploščice. V električnem polju med ploščicami so nevidne električne silnice, v njihovi smeri se vzdigujeta konca niti.

Pripomočki: 26, ploščica iz lepenke, nit

Fig. 148

149. KONDENZATOR

Na rob mize položi naelektreno plastično ploščico in nanjo postavi elektroskop. Lističa se ne bosta odklonila, čeprav je ploščica naelektrena. Zakaj? Plastična ploščica je negativno naelektrena. Miza v neposredni bližini ima pozitivni naboj, ki je vezan na negativni naboj ploščice. Ko dvigneš plastično ploščico obenem z elektroskopom 8-9 cm nad mizo, se zmanjša pozitivni naboj, negativni prevlada in lističa elektroskopa se razmakneta. Pozitivno naelektrena miza in negativno naelektrena plastična ploščica sestavljata kondenzator. Kondenzator je omenjen tudi pri poskusih 27 in 28.

Pripomočki: (23), 26, 27

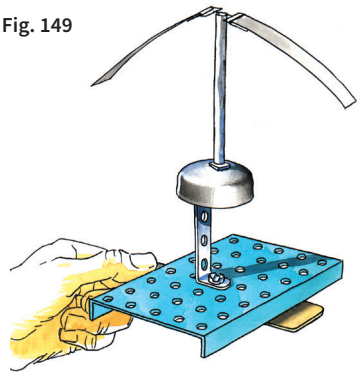


Fig. 149

150. DOLOČANJE POLOV S POMOČJO BRLIVKE

Negativno naelektrenemu elektroskopu približaj brlivko (ni priložena) do dotika. Lističa elektroskopa se skleneta in na eni od elektrod brlivke se prikaže luč. Če naelektrimo elektroskop pozitivno, se prikaže luč na drugi brlivkini elektrodi. Brlivko uporabljamo v aparatih za preskušanje mrežne napetosti. Če se dotaknemo z brlivko električnega omrežja, se prikaže luč na obeh elektrodah, ker je v omrežju izmenični tok. Opomba: preizkus opravi v dovolj temnem prostoru.

Pripomočki: (23), 26, 27, brlivka (ni priložena)

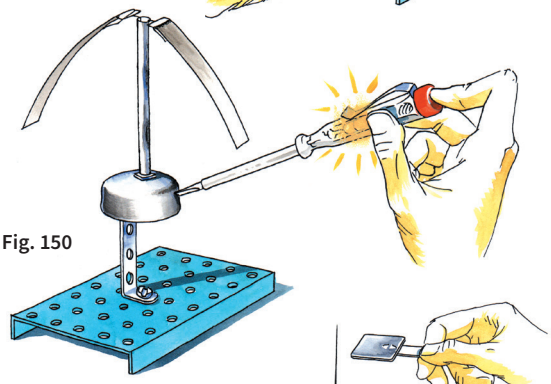


Fig. 150

151. DELOVANJE KONICE

Iglo ali košček žice postavi na elektroskop in njeni konici približaj (ne da bi se je dotaknil(-a) pozitivno naelektreno kovinsko ploščico. Lističa elektroskopa se odklonita, čeprav se elektroskopa nisi dotaknil(-a). Odmakni ploščico in približaj konici igle (ne da bi se je dotaknil(-a) konico druge igle, ali žičke, ki jo držiš v roki. Elektroskop se postopoma prazni. Očividno je, da prehajajo elektroni s posredovanjem konice z enega telesa na drugo. Konice rešujejo v tehniki mnoge težave. V papirnicah se s posredovanjem konic odvaja v zemljo statična elektrika, ki nastaja zaradi trenja papirja ter povzroča, da se papir "lepi". S pomočjo konic se odstranjuje elektrika iz transmisij. Konice uporabljamo pri zaščiti hiš pred strelo.

Pripomočki: (23), 26, 27, igla

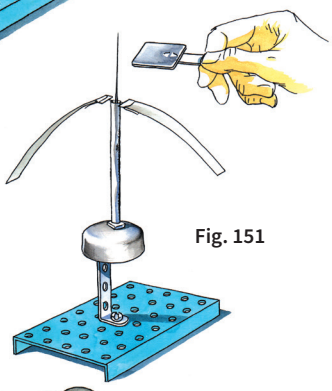


Fig. 151

152. STRELOVOD

Strelovod je sestavljen iz železne palice, na kateri je konica. Od konice vodi k zemlji debela bakrena žica ali trak iz pocinkane pločevine, ki se konča v zemlji na večji kovinski mreži. Če se približa hiši oblak, poln elektrike, se po indukciji naelektri tudi hiša. Če je oblak pozitiven, je hiša negativna, in obratno. Med hišo in oblakom nastane močno električno polje (kondenzator). Zaradi delovanja konice preidejo elektroni iz oblaka v strelovod in nasprotno. S tem se uravnoteži naboj in obenem nevarnost, da bi udarila strela, če pa strela navzlic temu udari, udari v strelovod, ne pa v hišo. Na večjih hišah je več konic.

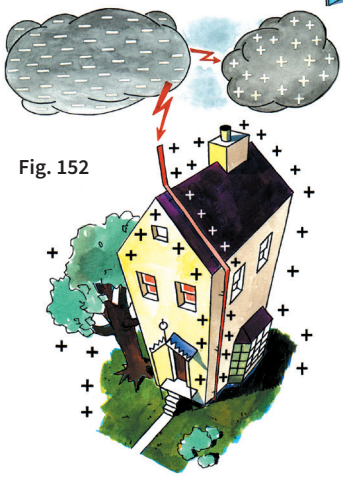


Fig. 152

153. FARADAYEVA KLETKA

Med pravljicami najdemo zgodbo o kralju iz daljne dežele, ki so mu rojenice ob hčerkinem rojstvu prerokovale, da bo hčerka umrla na svoj 16. rojstni dan. Da bi preprečil uresničitev prerokbe in da bi pred njo obvaroval hčerko, je dal kralj zgraditi utrjeni grad, v katerem je princesa varno prebivala. Toda prav na njen 16. rojstni dan se je nebo pooblačilo, začelo je grmeti in se bliskati. Z močnim treskom je udarila strela v grad in ubila princeso. Kako lahko danes zavarujemo hiše pred strelo? Lahko jih zavarujemo s strelovodom, toda še varnejša je Faradayeva kletka. Naslednji poskus ti bo pojasnil, kako taka kletka deluje. Na podstavek iz plastične snovi postavi manjšo pločevinasto posodo (staro konzervno škatlo ali aluminijev lonček). Na notranji in zunanji strani prilepi nekaj lističev tankega papirja (slika 33 kaže samo dva). Dotakni se posode (kletke) z naelektreno kovinsko ploščico. Listič na zunanji strani kletke se odkloni, medtem ko na notranji strani miruje. Če še tolikokrat naelektriš posodo, se bo naboj širil samo na zunanji strani, medtem ko ostane notranjost nenaelektrena, nevtralna. To bi se zgodilo tudi v primeru, če bi posodo na več mestih preluknjal(-a) ali če bi namesto pločevinaste posode vzel(-a) posodo iz žičnega pletenja. Če oviješ s takim pletenjem hišo, ji strela ne bo mogla škodovati. Faradayevo kletko uporabljajo zlasti za zaščito skladišč streliva.

Pripomočki: 8, 26, 27, pločevinasta posoda, papir

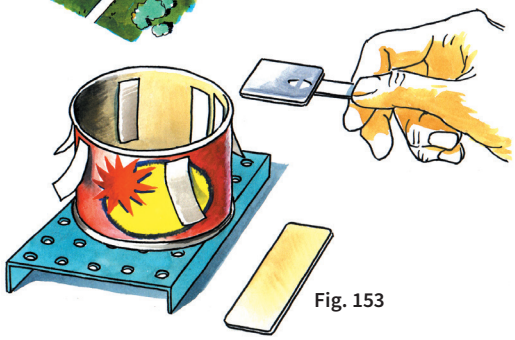


Fig. 153

154. ŠE NEKAJ POSKUSOV

Iz bezgovega stržena ali kosa stiropora izreži z britvico nekaj kroglic. Kroglicam na mizi približaj naelektreno ploščico. Kroglice živahno poskakujejo med ploščico in mizo. Namesto kroglic lahko narediš tudi valjčke iz tankega papirja.

Pripomočki: 26, 27, papir, bezeg, stiropor

Fig. 154

155. MOLEKULE, ATOMI, ELEKTRONI

Vsa narava je zgrajena iz različnih snovi. Element je čista snov, ki jo s kemijsko reakcijo ne moremo razgraditi v enostavnejše snovi. Elementi so sestavljeni iz atomov, ti so pa povezani v molekule. Danes pozna znanost 118 elementov, od tega 92 elementov dostopnih v naravi ostali so umetno ustvarjeni z jedrskimi reakcijami. Čeprav so atomi posameznih elementov zelo različni, imata njihova sestava in velikost nekaj skupnih značilnosti. Vsak atom ima v svojem središču gosto in težko jedro, okrog katerega se neprenehoma vrti več ali manj lahkih elektronov. Najenostavnejši je atom vodika (slika 35). Ta se sestoji iz majhnega jedra (J), okrog katerega se vrti samo en elektron (e), podobno kakor se mesec vrti okrog zemlje. Drugi po vrsti je element helij (slika 35 na sredini). Atom helija se sestoji iz nekoliko večjega jedra, okrog katerega krožita dva elektrona. Jedro litija je še večje, okrog njega krožijo 3 elektroni. Okrog jedra železa, ki je znatno večje in težje od jedra litija, kroži 26 elektronov. Okrog jedra zlata jih kroži 79, okrog jedra svinca 82, okrog jedra urana pa v raznih razdaljah kroži 92 elektronov. Elektroni so v atomih vezani na jedro, podobno kakor je mesec vezan na zemljo in zemlja na sonce. Pri nekaterih telesih lahko za določen čas odvzamemo nekaj elektronov, tako da nastane v njih primanjkljaj. Taka telesa so naelektrena pozitivno, medtem ko so tista, ki imajo višek elektronov, negativno.

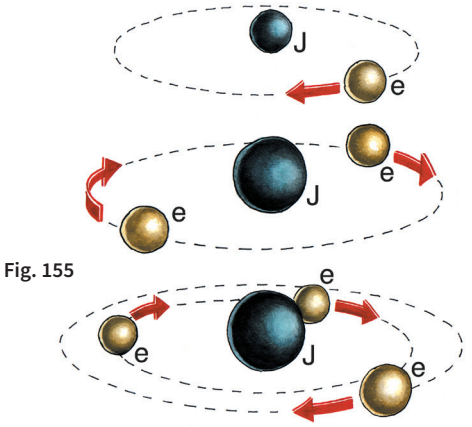


Fig. 155

MAGNETIZEM

156. MAGNETSKA UGANKA

V naši zbirki najdeš dva težka valjasta kosa. Eden od njiju je podaljšan vijak. S poskusom, pri katerem ne smeš uporabiti nobenih drugih sredstev, moraš ugotoviti:
1. katere od navedenih predmetov je magnet in kateri je železo, ter
2. ali privlači magnet železo ali železo magnet.
Poskus lahko izvedeš takole: enega od neznanih predmetov položi na mizo in ga z drugim predmetom poskušaj dvigniti, pri čemer se ga lahko dotakneš v sredini, (zariši na obeh predmetih sredino cilindričnega dela), tako kakor je prikazano na sliki 36a in b. Če predmet lahko vzdigneš, pomeni, da držiš v rokah magnet. Če pa predmeta ne moreš vzdigniti, pomeni, da je magnet na mizi. Zakaj je temu tako, boš zvedel(-a) pozneje. S poskusi se lahko prepričaš, da ne privlači samo magnet železo, temveč da tudi železo privlači magnet. Privlačenje med magnetom in železom je torej obojestransko.
Pripomočka: 10, 16

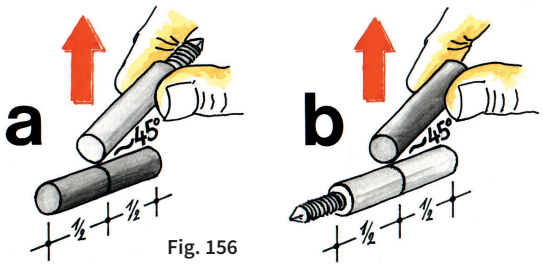


Fig. 156

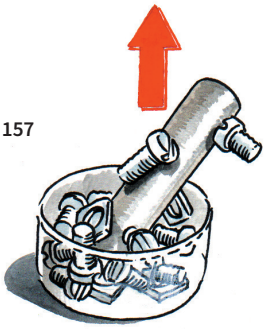


Fig. 157

157. MAGNET

Že stari Grki so vedeli, da se v bližini mesta Magnezija nahaja ruda, ki privlači železne predmete. Pripovedujejo, da so si kose te rude prilepljali pastirjem na okove njihovih palic. Ta ruda se imenuje magnetit, privlačna sila pa magnetizem. S pomočjo naravnega magneta lahko napravimo umetni magnet. Kako se to naredi, boš zvedel(-a) pozneje. Tak umetni magnet je v naši zbirki, samo da ni izdelan iz magnetita, temveč s pomočjo elektrike. Z njim lahko vzdignemo vse vijake in matice iz naše zbirke, pa tudi mnoge druge železne predmete.
Pripomočki: 5, 6, 10

158. ALI PRIVLAČI MAGNET SAMO ŽELEZNE PREDMETE?

Na mizo položi razne kovinske predmete iz zbirke in jih skušaj dvigniti z magnetom. Katere predmete boš vzdignil(-a)? Vse železne predmete, kot npr. matice, vijake, žeblje, pločevinaste trake. Ne boš pa vzdignil(-a) cinka, bakra ali svinca. Z nadaljnjimi poskusi bi se lahko prepričali, da privlači magnet poleg železa tudi predmete iz niklja in kobalta. Najmočneje privlači tako imenovane magnetske zlitine, kot AlNi, AlNiCo. Iz zlitine AlNiCo (aluminij, nikelj, kobalt) je izdelan magnet iz naše zbirke.
Pripomočki: 5, 6, 10, 23, 24, kovinski predmeti

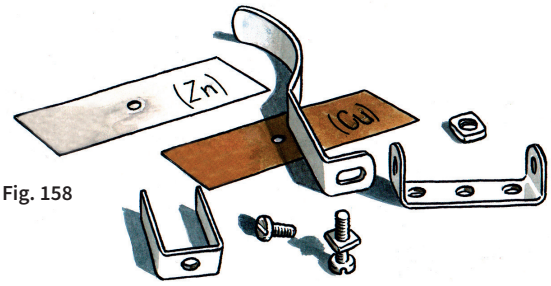


Fig. 158

159. MAGNET IMA DVA POLA

Na list papirja natrosi železnih opilkov, vanje pogrezni magnet ter ga nato vzdigni. Drobci opilkov se „prilepijo“ na magnet, vendar ne po vsej dolžini enakomerno. Področje, na katerem magnet najmočneje privlači, se imenuje pol. Vsak magnet ima dva pola. Na polih je magnetizem najmočnejši, v sredini magneta pa je enak 0. Ali sedaj lahko rešiš uganko, ki smo jo zastavili v poskusu št. 36?
Pripomočka: 3, 10, list papirja

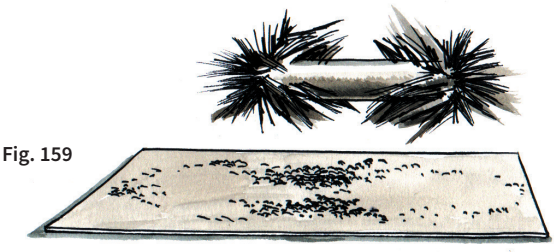


Fig. 159

160. MAGNETNO POLJE

Pod kartonom velikosti 9,5 x 7 cm, ki si ga položil(-a) na plastični podstavek, je magnet.
1. Železne opilke natrosi na karton in potrkaj po njem s svinčnikom. Opilki se vzdolž nevidnih magnetnih silnic razporedijo v črte, ki potekajo v manjših ali večjih lokih z enega pola na drugega.
2. Zgornji poskus ponovi, pri čemer predhodno dvigni karton za 2-3 cm. Tudi sedaj se opilki razporedijo vzdolž magnetnih silnic.
3. Ponovi zgornji poskus, samo da tokrat postaviš magnet navpično. Tudi v tem primeru boš opazil(-a) pravilen razpored opilkov.
Sklep. V prostoru okrog magneta se razprostirajo magnetne silnice. Te silnice tvorijo polje, ki je najmočnejše na obeh polih.
Pripomočki: 3, 8, 10, karton

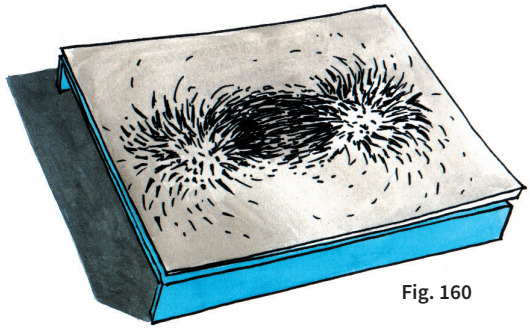


Fig. 160

161. MAGNETNO POLJE MED DVEMA RAZLIČNIMA POLOMA

Položi magnet na mizo in mu na vsak konec dodaj po en statorski krak, kakor prikazuje slika 41. Vse to pokrij s kartonom in na karton natrosi železne opilke. Narahlo potrkaj po kartonu, železni opilki se razporedijo okrog magneta, kakor si opazil(-a) v prejšnjem poskusu, ter med statorskima pločevinama. Ta ugotovitev je še posebej pomembna za razumevanje generatorja in elektromotorja.

Pripomočki: 3, 10, 15, karton

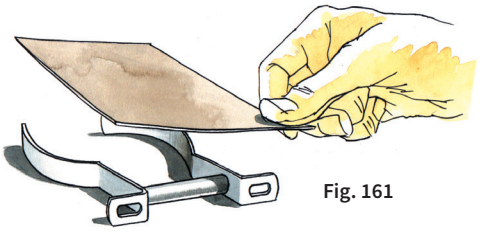


Fig. 161

162. POLJE ENAKIH POLOV

Na mizo položi magnet in dva statorska kraka, vendar tako, da se oba naslanjata na isti pol magneta, kot kaže slika 42. To pokrij s kartonom ter nanj natrosi železne opilke. Opazovanje: Ne zanimajo te opilki neposredno okrog magneta, temveč opilki med obema statorjema. Tukaj se opilki niso razporedili, kar dokazuje, da v tem polju ni magnetnih silnic, medtem ko se pojavijo zelo goste silnice na zunanji strani statorja. Te potekajo v lokih proti drugemu polu magneta. Iz navedenih poskusov lahko sklepaš, da magnetna pola nista enaka, o čemer se boš prepričal(-a) tudi v naslednjih poskusih.

Pripomočki: 3, 10, 15, karton

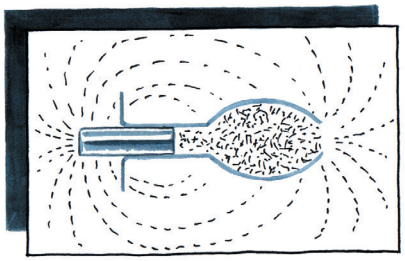


Fig. 162

163. SEVERNI IN JUŽNI POL MAGNETA

Prepogni kos papirja in njegova krajca poveži z nitko iz bombaža. V papirnato zanko vstavi magnet, da bo visel na niti. V ta namen uporabiš stojalo iz poskusa št. 20. čez nekaj časa se magnet umiri, tako da kaže z enim koncem proti severu in z drugim proti jugu. Magnet ima dva pola, severnega in južnega. Z barvo ali s kosom papirja zaznamuj severni pol magneta. To je tisti pol, ki kaže proti severu.

Pripomočki: (20), 10, papir, nit

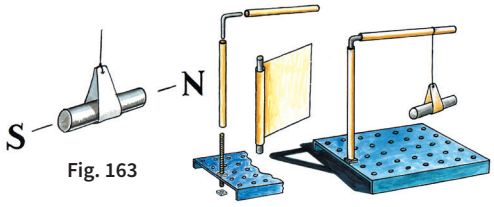


Fig. 163

164. MAGNETENJE JEKLA IN ŽELEZA

1. Preko pletilne igle ali večje šivanke, povleci nekolikokrat z magnetom (z enim polom), pri čemer se vračaj vedno v loku, kakor kaže slika 44. Nato pogrezni vrh igle v železne opilke. Igla bo postala magnet. S poskusi se lahko prepričaš, da ima tudi ona dva pola. Če jo obesiš na nit, se bo ustavila tako, da bo kazal en konec proti severu, drug proti jugu.
2. Na podoben način namagneti železno palico iz zbirke. Palica bo dvignila samo neznatno število železnih zrnc, kar pomeni, da ni močno magnetična. Tudi ta njen magnetizem se bo hitro izgubil. Jeklo lahko namagnetimo trajno, železo pa samo začasno.

Pripomočki: 3, 9, 10, pletilna igla (železna)

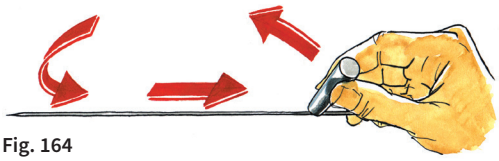


Fig. 164

165. VISOKA TOPLOTA UNIČUJE MAGNETIZEM

Namagneteno pletilno iglo ogrej na plamenu sveče. Igla bo izgubila magnetizem.

Pripomočki: 3, 10, sveča, pletilna igla (železna)

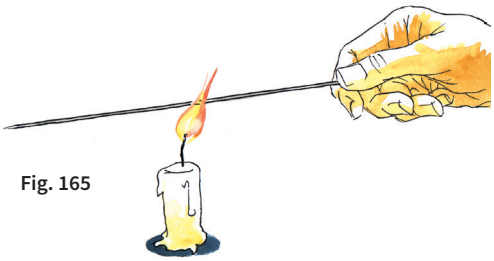


Fig. 165

166. UPOGIBANJE MAGNETA

Namagneteno pletilno iglo nekolikokrat upogni v raznih smereh in nato preizkusi njeno magnetičnost. Igla izgubi magnetizem. Enako ga zgubi tudi z metanjem ali udarjanjem.

Pripomočki: 3, 10, pletilna igla (železna)

Fig. 166

167. NAMAGNETENJE ŽEPNEGA NOŽA

Preko rezila žepnega noža povleci nekajkrat z magnetom, kakor kaže slika 47. Ostrino približaj vijakom ali železnim opilkom. Nož je postal magneten. S katerim polom magneta si ga namagnetil(-a) in kateri pol si dobil(-a)? Ali ti lahko namagneteni žepni nož služi kot kompas?

Pripomočki: 3, 5, 10, žepni nož

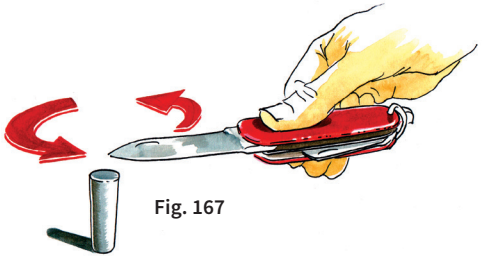


Fig. 167

168. JAKOST MAGNETA

Spoznal(-a) si že nekaj magnetov. Kateri izmed njih je najmočnejši in kolikšna je njegova jakost? Najmočnejši magnet naše zbirke je iz zlitine AlNiCo. Kako boš preizkusil(-a) njegovo jakost?

a. Poleg magneta potrebuješ kotvo, na katero obesiš skledico, narejeno iz lepenke in tanke vrvice, po sliki 48a. Z roko vzdigni magnet obenem s kotvico in skledico. V skledico položi predmete iz zbirke, dokler jih magnet lahko nosi. Zapomni si. V skledico lahko položiš tudi uteži ter tako izraziš nosilnost magneta.

b. Na sredino magneta (označeno pri preizkusu št. 36) pritrdi z vrvico skodelico narejeno pri prejšnjem preizkusu. Na magnet položi oklep jedra skladno s sliko 48b. Kolikšna je sedaj jakost magneta? Čeprav je magnet isti, je jakost mnogo večja. Delujeta oba pola magneta, medtem ko je v prejšnjem poskusu učinkoval samo eden.

Pripomočki: 10, 17, 18, lepenka, nit, razni predmeti

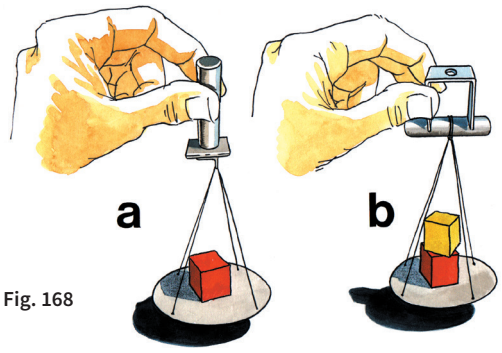


Fig. 168

169. MAGNETNA IGLA

V kompasu, ki je sestavni del zbirke, je magnetna igla. Ker te igle ne moreš izvleči, si boš naredil(-a) drugo, in sicer na naslednji način. Dve daljši igli za šivanje položi z ušesi eno preko druge ter ju krepko zveži s tanko nitjo. To namagneti tako, da z enim koncem povlečeš petkrat ali večkrat preko severnega pola magneta, vedno v isti smeri, z drugim koncem pa preko južnega pola. Tako si namagnetil iglo. Če obesiš to iglo na 12-20 cm dolgo nit ter počakaš, da se umiri, bo kazala z enim koncem proti severu, z drugim proti jugu.

Pripomočki: 10, dve šivalni igli, nit, papir

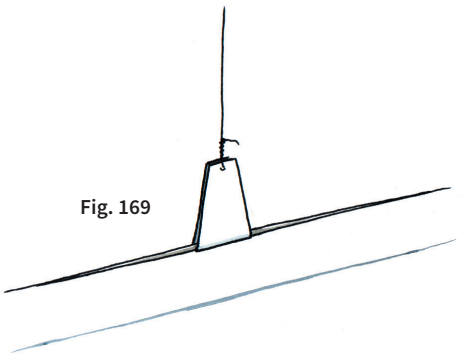


Fig. 169

170. JAKOST MAGNETNEGA POLJA

Magnetno iglo obesi na stojalo in počakaj, da se umiri. V oddaljenosti 10 cm približaj igli magnet s severnim polom. Ali se je igla premaknila? Počakaj, da se umiri, nato pa magnet hitro obrni. Če se zaradi velike oddaljenosti magnetna igla ne premakne, napravi isti poskus v oddaljenosti 8-9 cm. Magnetno polje je zelo veliko, čeprav je sam magnet dokaj majhen. Poskusi so pokazali, da jakost magnetnega polja pada s kvadratom oddaljenosti. Najmočnejše polje je v neposredni bližini magneta.

Pripomočki: (20), (49), 10

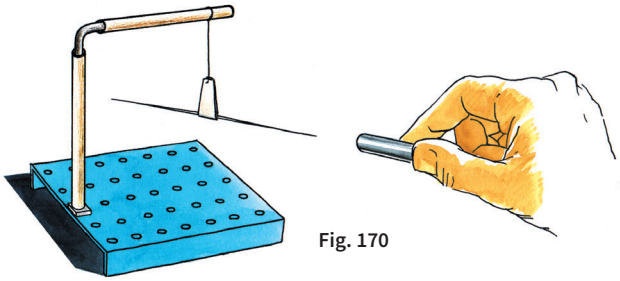


Fig. 170

171. KOMPAS

V naši zbirki je kompas nekoliko drugačen od navadnega kompasa ali busole. Ima en del več. Običajni kompas se sestoji iz magnetne igle, ki s svojim modro pobarvanim koncem kaže proti severu, z rdečim pa proti jugu. Magnetna igla se giblje na jekleni konici. Na dnu ohišja magnetne igle je vetrnica z označbami strani sveta. Uporabljajo se mednarodne označbe po angleških nazivih:

S - jug (South)
N - sever (North)
E - vzhod (East)
W - zahod (West)

Naš kompas ima razen navedenih delov še rumeno iglo, ki služi za kazalec, kadar uporabljamo kompas kot galvanoskop. Zaradi boljšega razumevanja bomo v nadaljnjih poskusih risali v kompasih samo magnetno iglo.

Pripomoček: 34

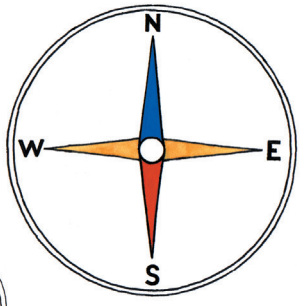


Fig. 171

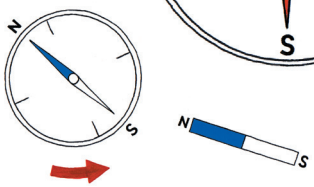


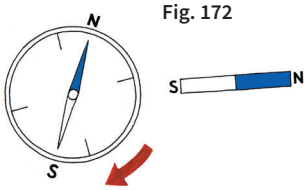
Fig. 172

172. MEDSEBOJNO DELOVANJE POLOV

1. Južnemu polu magnetne igle približaj severni pol magneta.
2. Severnemu polu magnetne igle približaj severni pol magneta.
3. Napravi gornje poskuse z južnim polom magneta.

Spoznal(-a) si zakonitost: istoimenski poli magneta se odbijajo, raznoimenski se privlačijo.

Pripomočka: 10, 34



173. KOMPAS V MAGNETNEM POLJU

V sredino večjega risalnega lista položi magnet ter s pomočjo kompasa ugotovi obsežnost magnetnega polja. Magnetno iglo postavi na 30 različnih mest in ob tem opazuj njeno lego (odklon) ter vse nariši na papir. Magnetna igla se v magnetnem polju postavlja v smer magnetnih silnic.

Pripomočki: 10, 34, papir

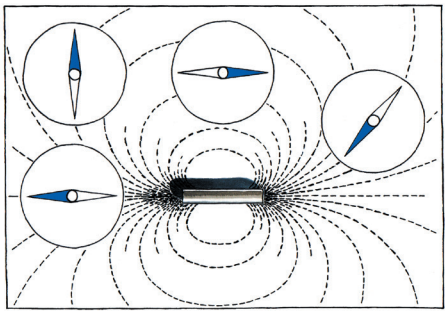


Fig. 173

174. ZEMLJA KOT MAGNET

Slika 54 prikazuje Zemljo z njenimi magnetnimi silnicami. Premica sever (N) - jug (S) odgovarja geografski osi Zemlje. Ker vpliva tudi zemlja na magnetno iglo, sodimo, da je tudi zemlja ogromen magnet, ki ima svoj južni pol v bližini severnega geografskega pola, severnega pa v bližini južnega. Magnetno polje zemlje obsega vso zemljo. Magnetna igla se postavlja v tem polju v smer magnetnih silnic, ki tečejo od severa proti jugu.

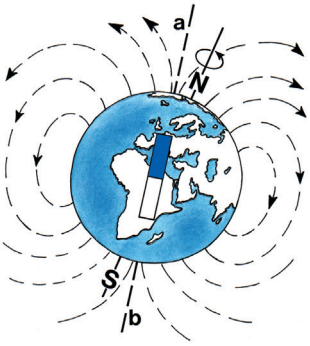


Fig. 174

175. MAGNETNA DEKLINACIJA

Magnetna pola Zemlje se ne prekrivata z geografskima, zato magnetna igla ne kaže natančno proti severu, temveč se od severa odklanja. Premica a-b (glej sliko 54) se imenuje magnetni meridian. Kot j, ki ga skleneta magnetni meridian (a-b) in geografski meridian (N-S) imenujemo magnetna deklinacija. Z meritvami, ki so trajale leta in leta, so ugotovili, da magnetna deklinacija ni v vseh delih zemlje enaka, celo na istem mestu ni vedno enaka. Ker je kompas pomembno orientacijsko sredstvo v prometu, moramo vedeti, kolikšna je deklinacija na posameznih mestih. Te podatke lahko najdemo v magnetskih kartah.
Pripomoček: 34

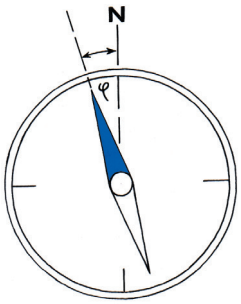


Fig. 175

176. ORIENTACIJA Z GEOGRAFSKO KARTO

Stensko karto Evrope položi na mizo. Na rob karte postavi kompas ter karto premikaj tako dolgo, da se njen rob ujame s smerjo magnetne igle. V tem položaju je karta usmerjena proti severu. Na karti poišči kraj, v katerem delaš poskus. Pokaži, v kateri smeri ležijo Ljubljana, Zagreb, Pariz in druga mesta. Da bi bila orientacija s karto popolna, moramo računati z deklinacijo. To je kot, ki ga tvorita geografski in magnetski meridian. Za nekatere naše kraje znaša ta kot 4° proti zahodu.
Pripomočka: 34, karta Evrope

Fig. 176

177. DELITEV MAGNETA

Namagneti pletilno iglo. S pomočjo kompasa se lahko prepričaš, da ima dva pola, severnega in južnega. Prelomi iglo na dva dela. Vsak del je zopet popoln magnet s severnim in južnim polom. Še nadalje prelamljaj nastala dela na dva nova. Na kolikor koli delov razdeliš magnet, vsak del, ki tako nastane, je popolni magnet.
Pripomoček: 10, 34, pletilna igla (železna)

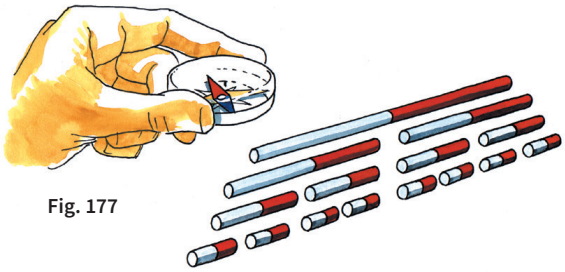


Fig. 177

178. USMERJANJE MALIH MAGNETOV

Premešaj škatlo z železnimi opilki iz naše zbirke. Nanjo položi kompas. Ko se igla ustavi v smeri sever-jug, počasi obrni škatlo z opilki obenem s kompasom (slika 58 levo). Magnetna igla ne bo spremenila svoje smeri. Poskus ponovi še enkrat, tako da položiš na škatlo z opilki magnet in opilke dobro premešaj (slika 58 v sredini). Nato odstrani magnet in na škatlo zopet položi kompas. Igla se bo hitro ustavila. Ko se obrača škatla z opilki, se obrača tudi magnetna igla. Zakaj?
Pripomočki: 3, 10, 34

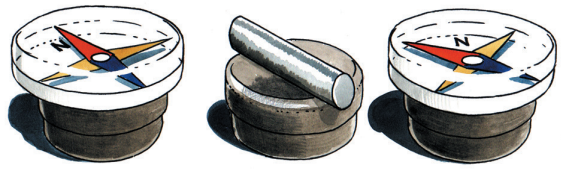


Fig. 178

179. MAGNETNA INFLUENCA

Katerikoli kos železa iz naše zbirke položi v železne opilke. Prepričal(-a) se boš, da ni magnetičen. Vsak kos železa se bo namagnetil, če mu magnet samo približaš (slika 59), brž ko magnet oddaljiš, izgubi železo magnetizem. Ta pojav je poimenovan “magnetna influenca”.
Pripomočki: 3, 10, 15

Fig.179

180. REMANENTNI MAGNETIZEM

Železno jedro, ki ga držiš z magnetom, vtakni v škatlo z vijaki in maticami. Železo privleče nase mnogo vijakov in matic, kar pomeni, da je namagneteno. Vzdigni magnet obenem z železom, vijaki in maticami, primi železo z roko in odstrani magnet. Večina predmetov bo padla z železa, kar pomeni, da je magnetizem popustil. Posamezni vijaki in matice se bodo nekaj časa držali železa. Magnetizem torej ni popolnoma izginil. Opisani pojav se imenuje magnetna remanenca, ki je zelo pomembna za gradnjo istosmernih generatorjev.
Pripomočki: 5, 6, 10, 16

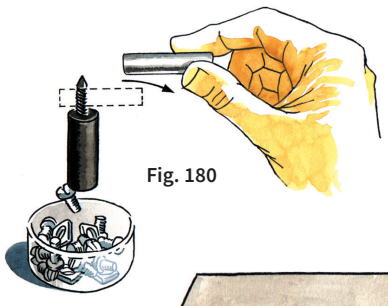


Fig. 180

181. DELOVANJE MAGNETA SKOZI RAZNE MATERIALE

Slika 61 nam kaže poskus, pri katerem je med magnetom in železno matico karton. Kljub temu magnet matico privlači. Če premakneš magnet, se premakne tudi matica. Preizkusi, ali deluje magnet skozi plastično ali leseno ravnilo, na katero si položil(-a) matico. S poskusi se lahko prepričaš, da deluje magnetno polje skozi steklo, baker, aluminij, les in tudi skozi mnoge druge materiale, na železu pa se zaustavi.
Pripomočki: 6, 10, karton, leseno ravnilo

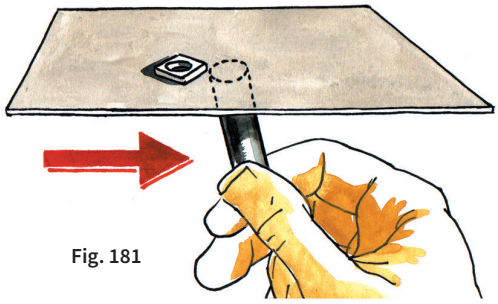


Fig. 181

182. BLOKIRANJE MAGNETA

Magnet iz naše zbirke položi v železno škatlo od bonbonov ali podobno škatlo. S kompasom se lahko prepričaš, da je magnetno polje zaradi tega zelo oslabelo. Če bi bile stene škatle debelejše, bi bilo delovanje magneta popolnoma blokirano. Z železnimi oklepi lahko preprečimo delovanje zunanjih magnetov na notranjost oklepa.

Pripomočki: 10, 34, železna škatla

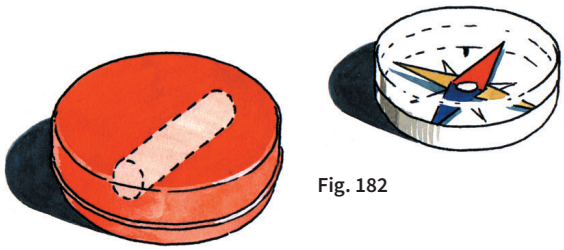


Fig. 182

183. ASTATIČNI PAR MAGNETNIH IGEL

V tehniki pogosto uporabljamo magnetne igle, ki niso pod vplivom zemeljskega magnetizma. To so astatični pari igel, ki si jih lahko napraviš na sledeči način. Dve daljši igli za šivanje namagneti, tako da nastanejo pri ušescih istoimenski poli. Igli zabodi v papirnato cevčico, da so poli z vsake strani raznoimenski (slika 63). Če tak astatični par obesiš na tanko nezvito nit, se magnetni igli ne bosta postavili v smer sever-jug. Astatični par igel uporabljamo pri gradnji občutljivih galvanoskopov in galvanometrov.

Pripomočki: 10, dve šivalni igli, papir, nit

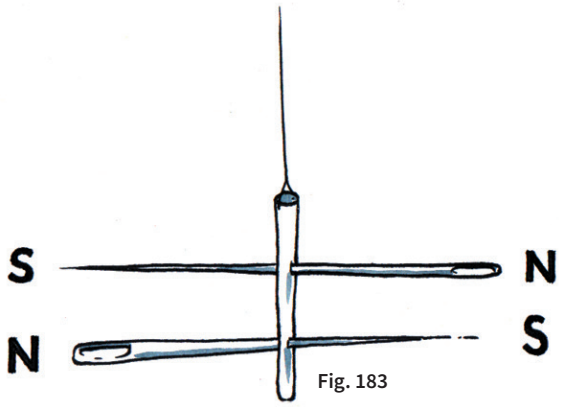


Fig. 183

184. MAGNETNA ZAVORA

Na stojalo, ki si ga uporabil(-a) v poskusu št. 20, obesi aluminijev zvonček z odprtino navzdol, kot kaže slika 64. (To najlaže dosežeš, če okrog roba zvončka prilepiš debelejši papir ter nanj pritrdiš tri niti, s katerimi obesiš zvonček na stojalo.) Zvonček mora viseti tako visoko, da je pod njegovim robom prostor za magnet. Poskus ima dva dela:

1. Magnet odstrani, zvonček označi na obodu z eno črtico in ga zavrti (navij) z roko za tri obrate, zvonček izpusti in štej, koliko obratov bo naredil, da se vrne v začetno stanje.
2. Ko se zvonček sam od sebe popolnoma umiri, podloži pod njegov rob magnet ter zavrti zvonček na enak način kot pri prvem poskusu in zopet štej obrate v drugi smeri. V drugem poskusu zvonček ne bo napravil toliko obratov kot v prvem in vrtel se bo počasneje.

Kako to?

Veš že, da magnet ne privlači aluminija, vendar pa si opazil(-a), da deluje kot zavora. Zvonček se v magnetnem polju vrti. Magnetne silnice povzročajo v aluminiju nastanek električnega toka, ki ima svoje pole nasproti polju magneta. Zaradi tega pride do zaviranja.

Pripomočki: (20), 10, 13, nit, karton

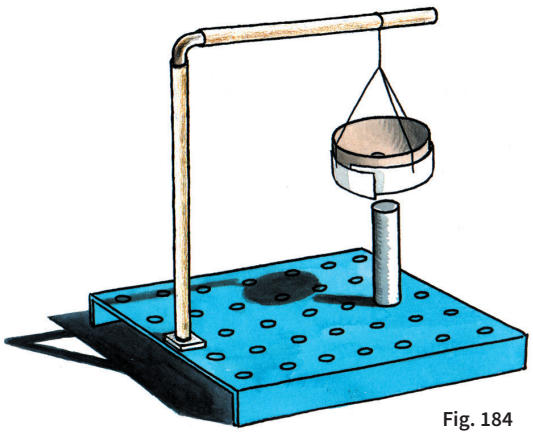


Fig. 184

185. LADIJSKI KOMPAS

Ladijski kompas je zgrajen drugače kot kompas, ki si ga uporabljal(-a). Narediš si lahko model ladijskega kompasa. Iz tankega kartona izreži krog s premerom 10 cm ter nanj nariši vetrnico, kot jo ima naš kompas. Razen tega nanesi na obod kroga skalo 360° od znaka N naprej. Na to vetrnico prilepi z dvema papirnatima trakoma magnetno iglo iz poskusa št. 49, da pade njen severni pol na znak N. Tako narejenega kompasa ne moreš nasaditi na konico, zato ga s tankimi nezvitimi nitmi obesi na stojalo, ki smo ga izdelali pri poskusu št. 20. Pri tem kompasu se ne vrti le magnetna igla, temveč tudi vetrnica. Čez nekaj časa se kompas ustavi, igla kaže smer sever-jug. Pod kompas položi knjigo, ki naj ti predstavlja ladjo. Na knjigo namesti kratek papirnat trak z navpično črto. Če je ladja obrnjena natančno proti severu, bo severni pol tvojega kompasa sovpadal s črto. Sedaj pride kapitan in ukaže: „Ladjo 8° vzhodno.“ Krmar bo obrnil krmilo in s tem tudi ladjo, tako da bo črtica na 8° vzhodno. Magnetna igla bo pri tem še naprej kazala proti severu. Da bi se preprečile napake, ki bi lahko nastale zaradi zibanja ladje, je ladijski kompas obešen na dvojnem obroču, tako imenovanem kardanu.

Pripomočki: (20), (49), karton, papir, knjiga, nit

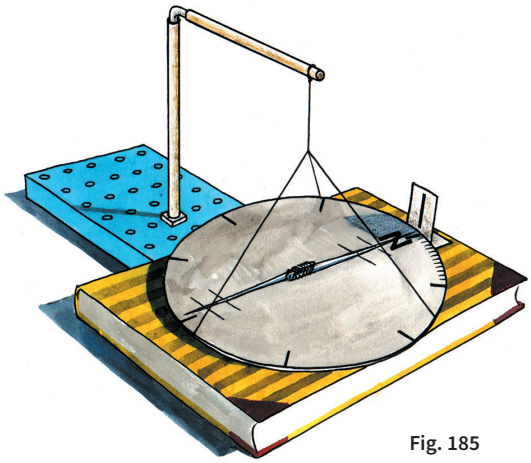


Fig. 185

186. MAGNETNA DEVIACIJA

Izvrši ukaz poveljnika ladje iz prejšnje točke. Ladja sedaj ne pluje več proti severu, temveč 8° vzhodno. Približaj svojemu kompasu večje kladivo ali kak drug železni predmet. Veš, da se magnet in železo medsebojno privlačita, zaradi česar bo kladivo privleklo magnetno iglo in ladja bo zaradi nastalih motenj krenila s prave poti. Take motnje se pojavljajo na vseh ladjah. Imenujemo jih magnetne deviacije. Te pojave povzroča predvsem ladja sama, ker je iz železa in železni so tudi stroji, ki jo premikajo. Motnje lahko povzroči tudi tovor, če vsebuje železo, nikelj ali kobalt. Da prepreči deviacijo, je ladijski kompas opremljen z gibljivimi magnetnimi paličicami in železnimi kroglicami. Deviacijo ladijskega kompasa lahko popraviš, če magnetni igli približaš z druge strani kos železa ali majhen magnet, dokler se kompas ne vrne na smer 8° vzhodno.

Pripomočka: (65), kladivo

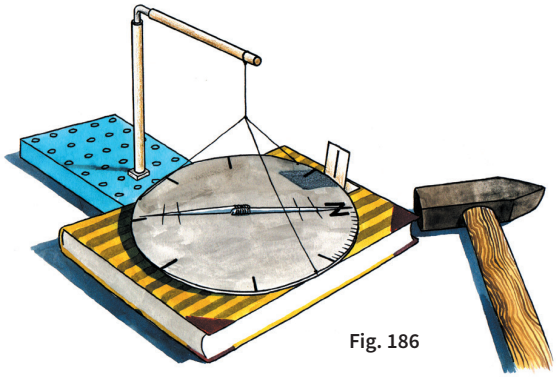


Fig. 186

187. MAGNETNE IGLE NA VODI

S šestimi šivankami lahko narediš zanimiv poskus, ki bo pokazal posledice medsebojnega privlačevanja in odbijanja magnetnih polov. Igle namagneti v isti smeri. Iz plutovinastega zamaška izreži 6 enakih majhnih kock. V te kocke zabodi pripravljene magnetne igle ter jih nato postavi z ušesi navzdol v širšo posodo z vodo. Magnetne igle plavajo. Ker so njihovi magnetni poli na istih koncih, se odbijajo, toda le nekaj časa. Na njih se pojavljajo privlačne sile med vrhovi igel z enim polom in ušesci z nasprotnim polom. Posledice privlačevanja in odbijanja so liki, v kateri se razporejajo magnetne igle. Naredi isti poskus s petimi, štirimi ali tremi iglami.
Opomba: Posoda mora biti dovolj široka in ne sme biti iz železa.
Pripomočki: 10, posoda z vodo, 6 igel, 6 manjših plutovinastih čepov

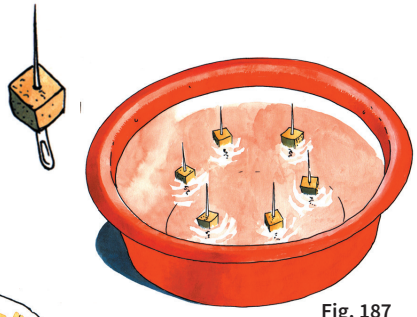


Fig. 187

188. VRTEČE SE MAGNETNO POLJE

Magnet, ki visi na tanki niti, zavrti 8-10 krat v isti smeri in nato ga pusti, da se vrti. Pod magnetom namesti kompas. Obenem z magnetom se vrti tudi magnetna igla kompasa, ker se obenem z magnetom vrti tudi njegovo magnetno polje.
Pripomočki: 10, 34, papir, nit

Fig. 188

BATERIJE IN ELEMENTI

189. BATERIJA

Baterijo lahko kupiš v vsaki trgovini. Naša baterija je podobna pokončni škatli. Iz nje molita dva priključka. To sta pola baterije. Manjši priključek je pozitivni pol, zaznamujemo ga z znakom „+“, večji priključek je negativni pol, označimo ga z znakom „-“. Polov baterije se ne smeš dotikati, ker se sicer baterija hitro iztroši. Prav tako se polov baterije ne sme kratkostičiti.

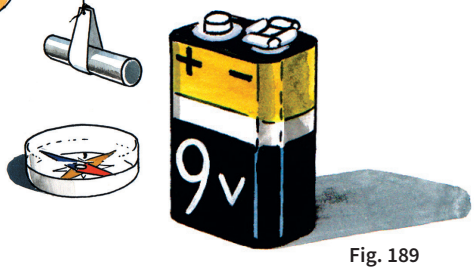


Fig. 189

190. POSKUS BATERIJE

V zbirki najdeš več pripomočkov, s katerimi lahko preizkusiš jakost baterije. Ti izberi električno žarnico ali galvanoskop. Če žarnica sveti oziroma, če se kazalec galvanoskopa odkloni je baterija brezhibna. Pri preizkušanju se baterija prazni.
Pripomočki: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, baterija

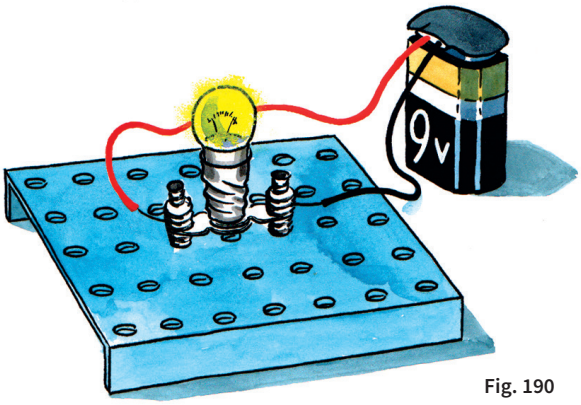


Fig. 190

191. ELEKTRIČNA ŽARNICA

Delovanje električne žarnice naj pojasni naslednji poskus: V deščico zabij dva žeblja, tako da sta drug od drugega oddaljena 1 cm. Med njima razpni železno žico debeline 0,1 mm. Skozi žico spusti tok iz nove baterije (slika 71 levo). Železna žica bo zažarela. Če bi uporabil(-a) tok iz dveh baterij, bi žica pregorela. Na tej osnovi so zgrajene električne žarnice. V steklenem balonu, v katerem ni zraka, je zelo tanka žica iz volframa, kovine z visokim tališčem. Ta žica pod vplivom toka zažari, a ne more pregoreti, ker v balonu ni kisika. V balonu ni zraka, v njem je argon. žarnica je zelo občutljiva priprava. Ne sme pasti, niti se tresti, zlasti ne takrat, ko sveti. Uporabljati se sme samo za predpisano napetost, ki je natisnjena na navojnici. Žarnico iz zbirke lahko priključiš na baterijo napetosti 9 V. Pri večji napetosti bi nit pregorela.
Pripomočki: deščica, 2 žeblja, železna žica, baterija
OPOZORILO:
- Baterija v kratkem stiku!
- Baterija naj bo priključena samo kratek čas - kolikor je potrebno za razumevanje poskusa!
- Pazi, da se ne opečeš!

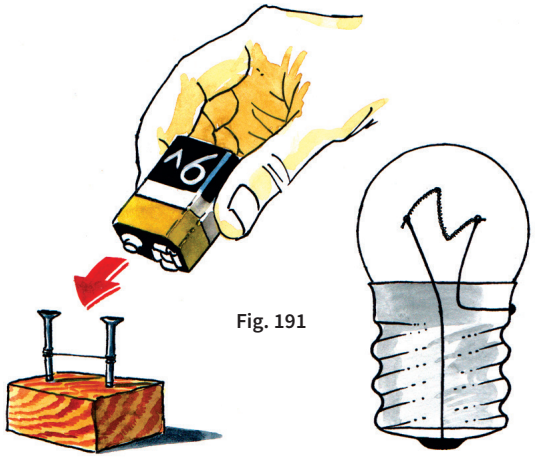


Fig. 191

192. NOTRANJOST BATERIJE

9 V baterija se sestoji iz šestih členov ali elementov (ne zamenjuj z elementi v kemiji). Vsak element je sestavljen iz cinkaste posodice, vrečice z ogljenim prahom in salmiakove raztopine. Členi so medsebojno povezani na naslednji način:
Cink prvega člena je prost - negativni priključni pol.
Oglje prvega člena je zvezano s cinkom drugega člena.
Oglje drugega člena je zvezano s cinkom tretjega člena.
Oglje zadnjega - šestega člena je prosto - pozitivni priključni pol.
Iz baterije štrlita dva priključna pola, negativni in pozitivni pol.

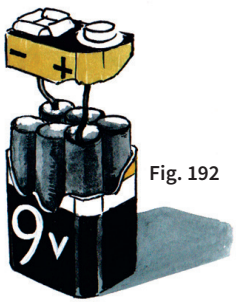


Fig. 192

193. OBRABA BATERIJ

Baterije trajajo le nekaj časa. Ko se izrabijo, jih odvržemo. Kaj se v baterijah izrabi? Izrabile so se cinkaste posodice, postale so razjedene. Izrabi se tudi salmiakova raztopina (amonijev klorid). Popolnoma dobre so vrečice z ogljeno paličico in prahom manganovega oksida.
Iztrošene baterije odvrzite v za to določene zabojnike (zbirališča).

Fig. 193

194. ELEKTRIKA IZ ŽABJIH KRAKOV

Leta 1791 je bil objavljen znameniti poskus Galvanija, profesorja anatomije na vseučilišču v Bologni. Na železno mrežo je obesil bakren klin, na katerem sta visela dva žabja kraka. Zaradi vetra sta se kraka gugala ter se ob tem dotikala železne mreže. Kadarkoli se je to zgodilo, sta se stresla, kakor da bi bila živa. Galvani je mislil, da povzroča tresljaje elektrika živalskega telesa. Istega mnenja so bili mnogi znanstveniki tiste dobe. Aleksander Volta, univerzitetni profesor v Paviji, pa je menil drugače. Tudi on je trdil, da povzroča tresljaje elektrika. Zavračal pa je mnenje, da je to elektrika živalskega telesa. Trdil je, da nastaja elektrika zaradi tega, ker se z ene strani dotikata dve kovini, železo in baker, medtem ko je na drugi strani med tema kovinama vlažno telo, za katero pa ni nujno, da je živalskega izvora. Več let je trajala bitka med Voltom in pripadniki Galvanijevega naziranja. šele leta 1799 je Volta izdelal pripravo, s pomočjo katere je dokazal svojo trditev. Tudi ti boš izdelal(-a) to pripravo, toda prej se moraš seznaniti z aparatom za merjenje elektrike. Ta aparat se imenuje galvanoskop.

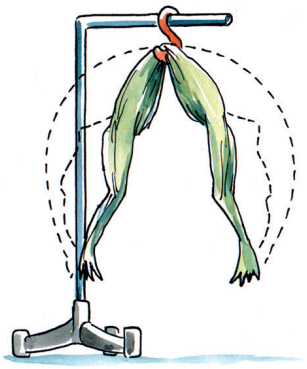


Fig. 194

195. GALVANOSKOP

Galvanoskop iz zbirke ima tri sestavne dele: kompas (K), podlogo (P), in tuljavo (T). Kompas ima razen magnetne igle z rdeče-modrima krakoma tudi rumeno kovinsko iglo. Pri merjenju moraš kompas vtakniti v tuljavo galvanoskopa in ga obrniti tako, da kaže rumeni kazalec na 0. Kadar meriš, ne smejo biti v bližini galvanoskopa magnet ali železni predmeti.

Pripomočka: 1, 34

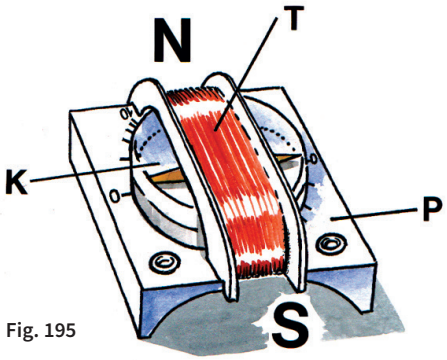


Fig. 195

196. VOLTOVO ODKRITJE

Cinkasto ploščico (Zn) in bakreno ploščico (Cu) iz zbirke očisti z brusnim papirjem, ju dobro obriši in z dvema žicama poveži z galvanoskopom, kakor kaže slika 76. Rumeni kazalec galvanoskopa mora kazati na 0. Poskusi:

1. Med ploščici položi kos časopisnega papirja. Kazalec galvanoskopa se ne bo premaknil.
2. Papir med ploščicama zmoči z navadno vodo. Kazalec se bo odklonil. Dokaz, da teče skozi galvanoskop električni tok.
3. Zamenjaj pole (žico, ki je zvezana s cinkom, zveži z bakrom in nasprotno). Kazalec se bo zopet odklonil, toda v nasprotni smeri.
4. Pritisni ploščici tesno eno na drugo. Odklon kazalca se bo povečal.
5. Zmanjšaj površino ploščic. Odklon se bo zmanjšal.

Voltov poskus se je razlikoval od našega. V njegovi dobi še niso poznali galvanoskopa, s katerim bi lahko ugotovili neznatne električne tokove. Tok je Volta dokazal s tako imenovanim voltovim stebrom. Na majhno okroglo cinkasto ploščico je položil vlažno, enako veliko sukneno krpico, na krpico je postavil bakreno, nato cinkasto ploščico, sukneno krpico, bakreno ploščico itd. Vedno izmenoma, okoli 60-krat. Tako je ta priprava dobila obliko stebra. V tem stebru se torej dotikata te dve kovini s posredovanjem tekočine v suknu. Pri dotiku se tvori električni tok. To je bila prva priprava (baterija), ki jo je napravil človek, za proizvodnjo električnega toka. S tako enostavnim odkritjem si je pridobil Volta v znanosti neminljivo slavo. Po njem se imenujeta enota napetosti toka - „volt“ in priprava za merjenje napetosti - „voltmeter“. Priprava, ki si jo sestavil(-a) v poskusu št. 76, se imenuje voltov člen ali voltov element. Od voltovega odkritja pa do danes je bilo izdelanih mnogo najrazličnejših členov oziroma elementov. Vsi ti elementi se imenujejo na čast Galvanija - galvanski elementi.

Pripomočki: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, papir, voda

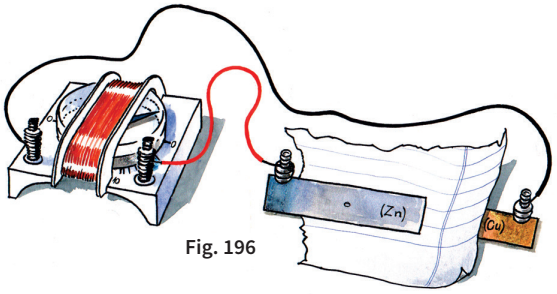


Fig. 196

197. ELEMENT IZ BAKRA, CINKA IN KUHINJSKE SOLI

V steklen kozarec, napolnjen s slano vodo, vtakni ploščici iz bakra in cinka, ki si ju z dvema žicama spojil(-a) z galvanoskopom (slika 77). Kazalec galvanoskopa se bo močno odklonil, kar pomeni, da se v elementu tvori tok.

Pripomočki: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, kozarec, voda, sol

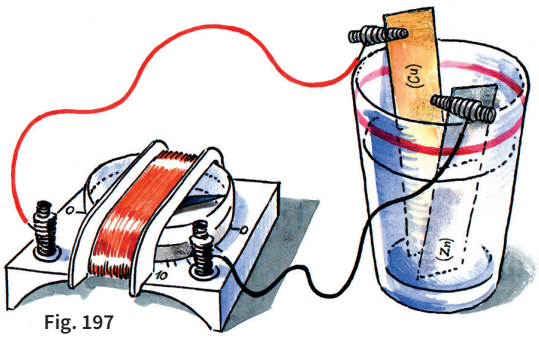


Fig. 197

198. POLARIZACIJA IN DEPOLARIZACIJA

1. Galvanski element iz cinka, bakra in kuhinjske soli spoji z galvanoskopom kakor pri poskusu št. 77. Opazuj kazalec galvanoskopa! V začetku se odkloni, kar dokazuje, da daje element tok. Počasi pa se kazalec vrača. Tok se očitno zmanjšuje. če dodajaš sol, lahko tok nekoliko okrepiš, toda ne za dolgo. Kaj povzroča padec toka? Na bakreni ploščici se kopičijo mehurčki vodika, ki nastajajo zaradi razpadanja kuhinjske soli. Ti mehurčki preprečujejo delovanje elementa. Pojav se imenuje polarizacija.
2. Z leseno paličico ali s krpico odstrani mehurčke bakra! Element zopet daje tok.
3. Odlij nekaj vode in napolni element z opranim drobnim peskom. Element daje tok dalj časa. Mehurčki vodika se spojijo s kisikom iz zraka v vodo, zrak pa je med peščenimi zrnci. S tem se preprečuje polarizacija. Pesek torej deluje kot depolarizator.

Pripomočki: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, kozarec, voda, sol, pesek

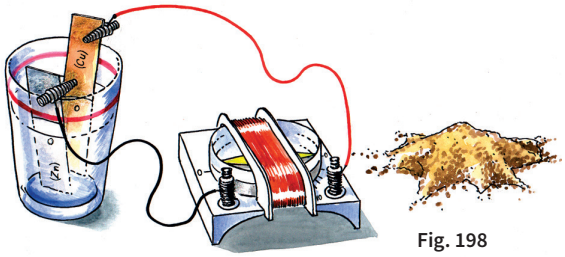


Fig. 198

199. LECLANCHÉJEV ELEMENT

9 V baterija se sestoji iz šestih Leclanchéjevih elementov, v katerih je cink negativni pol, oglje pozitivni, manganov oksid pa depolarizator. Elektrolit (tekočina med poloma) je raztopina salmiaka v vodi v razmerju 1:3. Raztopina je pomešana s škrobnim lepilom in zato ne peče. To je tako imenovana suha baterija.

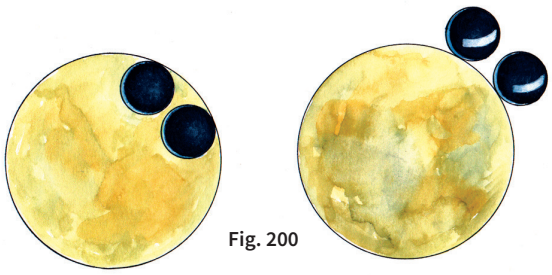


Fig. 200

200. KAKO NASTAJA V ELEMENTU TOK

Pod vplivom električnih sil, ki vladajo med tekočinami in kovinami, izločajo kovine pozitivne ione. Zato se na kovinah, v tvojem primeru na cinku, pojavlja višek elektronov. Če spojiš s spojnimi žicami (izven elementa) cink z ogljem (oziroma v prejšnjem poskusu z bakrom), krožijo elektroni s cinka, kjer jih je več, proti bakru, kjer jih je manj. Tako nastaja električni tok. Toda kaj so ioni? Kot že veš, so telesa, sestavljena iz molekul in atomov, atomi pa so sestavljeni iz jeder in elektronov. Vsak atom ima določeno število elektronov. če se odstrani iz atoma ali iz skupine atomov nekaj elektronov, se atom pretvori v ion. Ion nastane tudi, če se atomu ali skupini atomov da več elektronov, kot mu pripada. V prvem primeru je ion pozitiven, v drugem negativen. Slika 80 kaže na levi strani shematski pozitivni, na desni strani pa negativni ion.

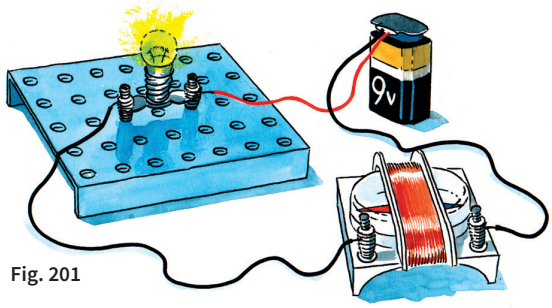


Fig. 201

201. TOKOVNI KROG

Slika 81 prikazuje tokovni krog, ki ga tvorijo baterija, žarnica, galvanoskop in spojne žice. Tok teče iz baterije v žarnico, iz žarnice v galvanoskop in iz galvanoskopa v baterijo. Dokler tok teče, žarnica sveti in se kazalec galvanoskopa odklanja. Če pa se tokovni krog na kakem mestu prekine, tok neha teči. Tok teče samo v zaprtem tokovnem krogu.

Pripomočki: 1, 4 x 7, 8, 14, 33, 34, 35, baterija

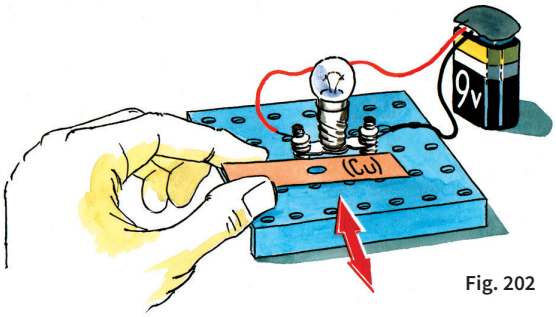


Fig. 202

202. KRATEK STIK

Z žarnico in baterijo vzpostavi tokovni krog, kot prikazuje slika 82 žarnica sveti. Če se dotakneš obeh polov baterije z bakreno ploščico ali kakim drugim kovinskim predmetom, žarnica ugasne. Naredil(-a) si kratek stik. V kratkem stiku se baterija hitro iztroši. Iz negativnega pola teče zelo močan električni tok brez vsakega odpora (preko kratkega stika) na pozitivni pol baterije. Če želiš, da bi baterija dolgo trajala, se moraš izogibati kratkega stika.

Pripomočki: 2 x 7, 8, 14, 24, 33, 35, baterija

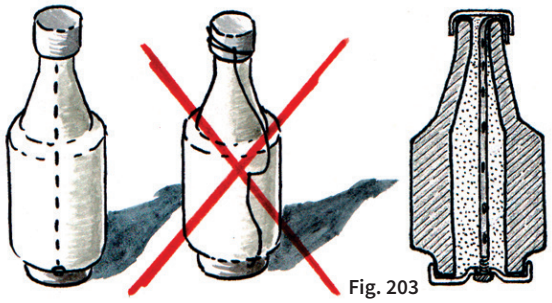


Fig. 203

203. VAROVALKA

Električni tok v gospodinjstvu ima napetost 220 V. Da ne bi prišlo do škode zaradi kratkega stika, so v električni vod vgrajene varovalke. Nameščene so nad električnimi števci in so lahko elektro magnetične ali termične. Tu bomo govorili o termičnih varovalkah. Varovalka (slika 83) se sestoji iz keramičnega valja (1), s kremenčevim peskom (2), v katerem je tenka žica (3), pritrjena z metalnima kapicama in vzmetjo (4), ki v primeru kratkega stika porabnika ali tokovne preobremenitve pregori.

Če se to zgodi, je treba najprej poiskati napako v električnem omrežju. Vzrok pregora je lahko preveliko število vključenih aparatov (tokovna preobremenitev s seštevanjem porab), ali pa kratek stik na enem od porabnikov. Ko odpravimo okvaro, namestimo novo varovalko. Prepovedano in zelo nevarno je popravljanje pregorelih varovalk, kakor to ponazoruje slika 83 desno. V tem primeru pride lahko do požara ali do poškodbe aparata.

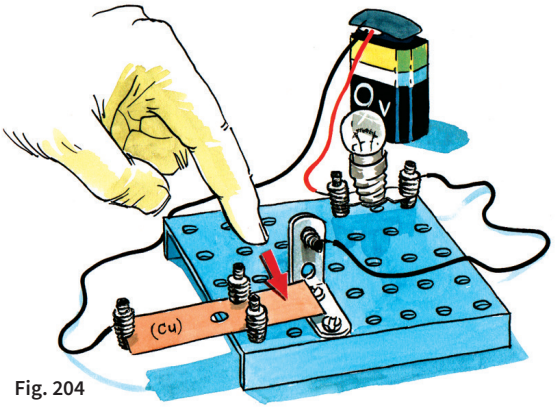


Fig. 204

204. ELEKTRIČNO TIPKALO

Na sliki 84 je prikazano električno tipkalo in način njegovega spajanja z baterijo in žarnico. Če pritisneš na tipkalo, se tokovni krog strne in žarnica sveti, dokler pritiskaš na tipkalo. Na zgoraj opisani način deluje tipkalo pri električnem zvoncu.

Pripomočki: 2 x 5, 2 x 6, 6 x 7, 8, 14, 24, 28, 33, 35, baterija

205. TELEGRAFIRANJE S POMOČJO SVETLOBE

Električno tipkalo iz poskusa št. 84 lahko uporabiš kot telegrafski aparat. Telegrami se prenašajo z Morsejevo abecedo, ki je sestavljena iz dolgih in kratkih svetlobnih žarkov (slika 85). Svetlobni telegraf je zato ugoden, ker za prenos znakov ni potrebna žica. Pomanjkljivost pa je v tem, ker se lahko z njim poveže samo kraje, ki so vidni in ker se ga ne more uporabljati podnevi. Če želiš varovati tajnost sporočila, moraš uporabljati šifre.

A • −	J • − − −	S • • •	1 • − − − −
B − • • •	K − • −	T −	2 • • − − −
C − • − •	L • − • •	U • • −	3 • • • − −
D − • •	M − −	V • • • −	4 • • • • −
E •	N − •	W • − −	5 • • • • •
F • • − •	O − − −	X − • • −	6 − • • • •
G − − •	P • − − •	Y − • − −	7 − − • • •
H • • • •	Q − − • −	Z − − • •	8 − − − • •
I • •	R • − •		9 − − − − •
			0 − − − − −

Fig. 205

206. STIKALO

Električno tipkalo, ki si ga spoznal(-a) v poskusu št. 84, je primerno samo za instalacije, pri katerih se vključuje tok le za kratek čas, kot na primer pri svetlobnem telegrafu in električnem zvoncu. Če želiš vključiti tok za daljši čas, potrebuješ stikalo, ki ga v najenostavnejši izvedbi prikazuje slika 86. Če obrneš vzvod stikala na levo, vzpostaviš tokovni krog in žarnica bo svetila, dokler vzvoda ne obrneš na desno. Pri stikalih v hišnih instalacijah obračaš vzvod vedno v isti smeri, nameščen pa je v izoliranem ohišju. Kovinskih delov teh stikal se ne smeš dotikati z rokami, ker gre za visoko napetost.
Pripomočki: 3 x 5, 3 x 6, 4 x 7, 8, 14, 24, 2 x 28, 33, 35, baterija

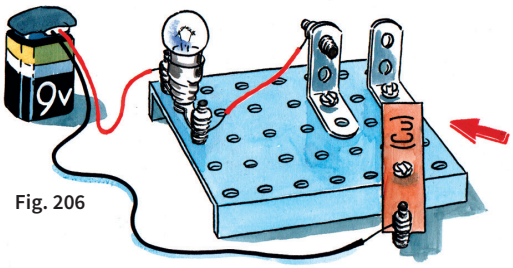


Fig. 206

207. STIKALO ZA DVE ŽARNICI

Z enim stikalom lahko prižigaš in ugašaš več žarnic. Slika 87 prikazuje dve žarnici, ki se izmenoma napajata iz iste baterije. Podobno stikalo za tri žarnice bi bilo potrebno na primer pri semaforju v prometu, kjer se izmenoma vžigajo rdeča, rumena in zelena luč.
Pripomočki: 3 x 5, 3 x 6, 7 x 7, 8, 2 x 14, 24, 2 x 28, 33, 2 x 35, baterija

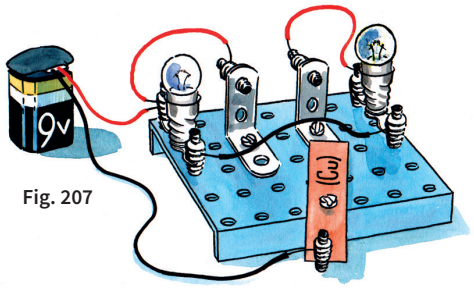


Fig. 207

208. ENA ŽARNICA Z DVEMA STIKALOMA

Kakšna instalacija bi bila potrebna, da bi se žarnica v sredini stopnišča prižigala ter ugašala tako iz pritličja kakor tudi iz prvega nadstropja? Ta instalacija ima dve stikali, žarnico, vir energije (v našem primeru baterija) in spojne žice. S pomočjo sestavnih delov zbirke lahko sestaviš dve stikali, z vsake strani podstavka po eno. Slika 88. kaže, kako sta stikali medsebojno povezani in kakšen je njun spoj z žarnico in baterijo. Z vsakim stikalom lahko prižgeš ali ugasneš. Lahko pa žarnico prižgeš z enim stikalom, z drugim jo v nadstropju ugasneš, ali nasprotno. Opisana instalacija se imenuje korespodentna.
Pripomočki: 6 x 5, 6 x 6, 8 x 7, 8, 14, 23, 24, 4 x 28, 33, 35, baterija

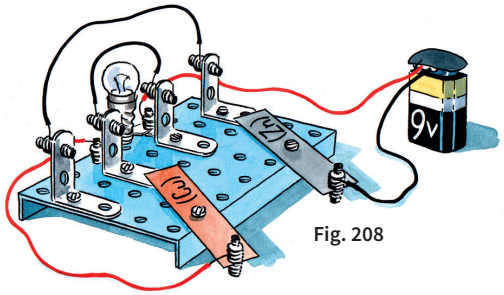


Fig. 208

209. VZPOREDNO VEZANJE ŽARNIC

1. Na baterijo postopoma priključi tri žarnice. Opazovanje: Prva žarnica sveti s polnim sijajem, prav tako tudi druga in tretja. Kolikšna je moč porabljenega toka? Napetost baterije je 9 V. Prva žarnica porabi 0,05 (50 mA) ampera, druga in tretja enako. Električna moč je torej:
P = 9 (3 x 0,05) = 1,35 W
2. Eno od žarnic iz gornjega poskusa odvij iz grla. Drugi dve svetita dalje. Vzporedno vezanje žarnic se uporablja pri hišni električni razsvetljavi.
Pripomočki: 6 x 7, 8, 3 x 14, 33, 3 x 35, baterija

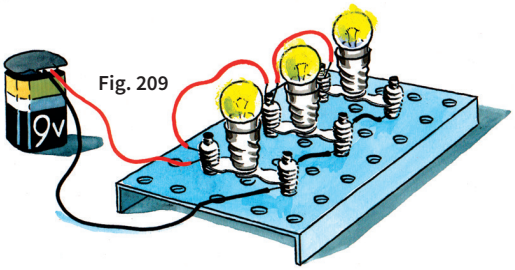


Fig. 209

210. ZAPOREDNO VEZANJE ŽARNIC

1. Z baterijo postopno spoji v serijo tri žarnice. Ena sama žarnica sveti s polnim sijajem, dve spojeni v serijo (ena za drugo) svetita mnogo slabše, medtem ko se svetloba treh v serijo spojenih žarnic komaj opazi. V prvem primeru teče skozi žarnico tok 0,05 ampera, napetost pa je 9 volta. Za dve v serijo spojeni žarnici bi morala biti napetost dvakrat tolikšna, pri treh žarnicah pa trikrat tolikšna.
2. V gornjem poskusu odvij eno žarnico in ugasnejo vse, ker je tokovni krog prekinjen.
Pripomočki: (89)

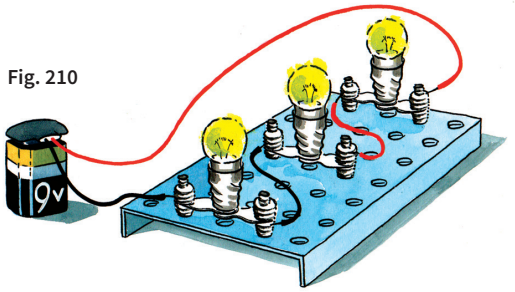


Fig. 210

211. POVEČANJE NAPETOSTI BATERIJE

1. V poskusu št. 72 si spoznal(-a) notranjost baterije. Opazil(-a) si da se sestoji iz šestih elementov. V teh elementih so pozitivne elektrode ogljene paličice, negativne pa cinkaste posodice in elektrolit raztopine salmiaka in vode. Manganov oksid deluje kot depolarizator. Elementi so vezani zaporedno. Napetost posameznega elementa je 1,5 V. Celotna baterija ima 6 x 1,5 V = 9 V (slika 91 levo).
2. Če zaporedno zvežeš dve žepni bateriji, kot kaže slika 91 desno, bo imela novo nastala baterija 2 x 9 V = 18 V.
Pripomočki: 2 bateriji

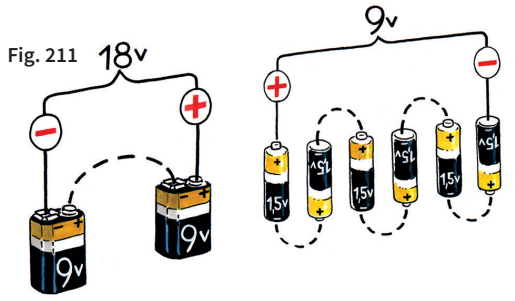


Fig. 211

212. POVEČANJE JAKOSTI BATERIJE

Nova baterija ima zadovoljivo moč. To je dovolj za napajanje treh žarnic, od katerih porabi vsaka 0,05 A. Če želiš močnejšo baterijo, lahko zvežeš več baterij vzporedno, kakor kaže slika 92. čeprav je napetost vsake teh baterij 9 V, se skupna napetost ne poveča, zato pa se poveča kapaciteta vzporedno zvezanih baterij.
Pripomočki: 33, 3 baterije

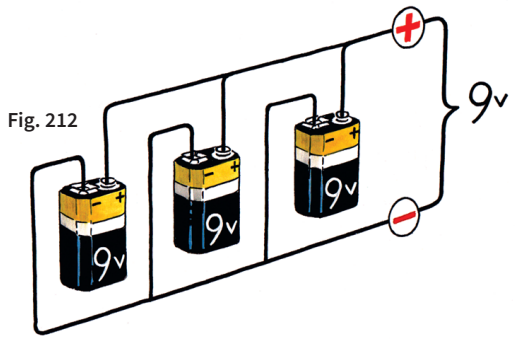


Fig. 212

213. HITROST ELEKTRIKE

Električni signal lahko v eni sami sekundi sedemkrat obkroži zemeljsko kroglo. Hitrost elektrike je 300.000 km na sekundo. (Poskus, ki je prikazan na sliki 93, je neizvedljiv. Slika naj ti le pomaga, da se laže predstavljaš hitrost elektrike).

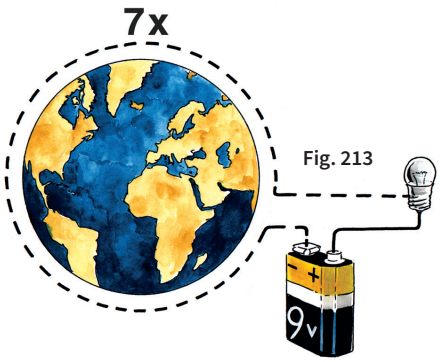


Fig. 213

214. PREIZKUŠANJE PREVODNOSTI

Iz delov zbirke „Elektropionir“ lahko izdelaš pripravo za preizkušanje prevodnosti raznih snovi. Sestav te priprave kaže slika 94.

1. Grobo preizkušanje: Predmet, ki ga želiš preizkusiti, položi tako, da se dotika obeh ploščic. S tem vzpostaviš tokovni krog. Če žarnica zasveti, je to znamenje, da je telo, ki ga preizkušaš, prevodnik. Preizkusi na primer lepenko, reostat itd. iz zbirke. Pri nobenem teh teles žarnica ne zasveti, zaradi česar morda domnevaš, da so navedena telesa izolatorji. Vendar ni tako. V poskusu št. 18 si na primer videl(-a), da se s pomočjo svinčnika lahko izprazni napolnjeni elektroskop. Kako razložiš to protislovje? Napetost toka je v tvojem poskusu, kakor veš 9 V, medtem ko je v poskusu št. 18 več sto V. Ali so telesa prevodniki ali izolatorji, ni odvisno samo od sestave telesa, temveč tudi od napetosti toka. Smeš torej trditi, da ni niti idealnih izolatorjev niti idealnih prevodnikov. Vendar pa obstajajo dobri izolatorji in dobri prevodniki. Dobri prevodniki so na primer srebro, baker in aluminij, dobri izolatorji pa steklo, guma, porcelan, polivinil in drugi.
2. V zgoraj opisani pripravi zamenjaj žarnico z galvanoskopom. Znova preizkusi prevodnost žice v reostatu. Kazalec galvanoskopa se odkloni, kar pomeni, da žica iz konstantana tok prevaja, čeprav ne tako dobro kot bakrena žica.
3. Preizkusi prevodnost krompirja. Večji krompir razreži na dva dela in en del položi na kovinsko ploščico iz zbirke. Žarnica verjetno ne bo zasvetila, toda kazalec galvanoskopa se bo odklonil, kar dokazuje, da krompir prepušča električni tok, in sicer tem bolj čim večja je kontaktna površina in čim močnejši je pritisk. V nobenem primeru se ne smeš dotikati raztrganih električnih žic, ne glede na to, ali pripadajo vodu visoke napetosti ali pa gre za telefonsko oziroma telegrafsko napeljavo. Posebno nevarno je dotikati se voda z mokro roko ali mokrimi predmeti, ki jih držiš v rokah (na primer pri spuščanju zmajev).

Pripomočki: 2 x 5, 2 x 6, 4 x 7, 8, 14, 23, 24, 33, 35, baterija in razni predmeti

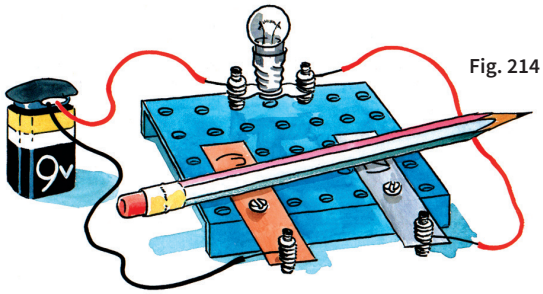


Fig. 214

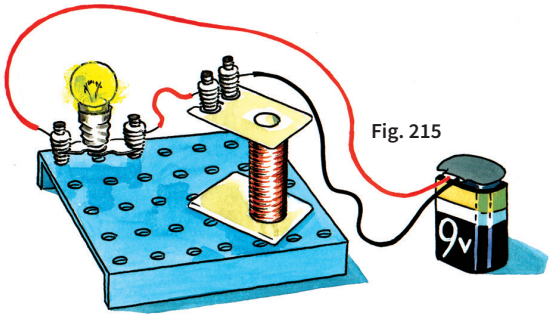


Fig. 215

215. UPOR VODA

1. Žarnico, tuljavo in baterijo spoji v tokovni krog, kakor kaže slika 95. Žarnica le neznatno sveti. Očitno je, da skozi dolgo in tanko žico tuljave ne pride toliko toka kot skozi mnogo debelejšo in krajšo spojno žico. če izločiš tuljavo iz tokovnega kroga, sveti žarnica s polnim sijajem. Vod daje toku odpor. Napravi podobne poskuse s tuljavo galvanoskopa in rotorja!
2. Žarnico, tuljavo in baterijo zveži v tokovni krog. Žarnica sveti le neznatno, toda preusmeri pozornost raje na drug pojav. Prekini tok! Žarnica ugasne. Ali bo žarnica pri ponovni vzpostavitvi tokovnega kroga zasvetila v trenutku, ko bo tok vključen? Ne. Od trenutka vključitve toka do pojava svetlobe poteče določen čas. Tuljava ne daje toku upora samo zaradi tega, ker je v njej zelo dolga žica, temveč tudi zato, ker je žica navita, ker je to tuljava, v kateri se ob vključitvi toka tvori drug, tako imenovani inducirani tok, ki je nasproten toku, ki se vključi. Od tod zakasnitev. To je induktivni upor, za razliko od galvanskega upora, ki ga da vod sam.

Pripomočki: 4 x 7, 8, 11, 14, 33, 35, baterija

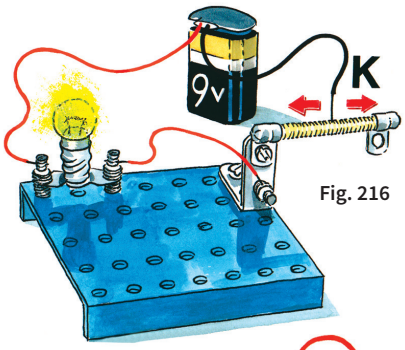


Fig. 216

216. UPORNIK ALI REOSTAT

Zbirka vsebuje tudi pripravo, ki se imenuje upor ali reostat. To je jedro iz izolacijske snovi, na kateri je navita žica iz konstantana. Žica iz konstantana ima velik električni upor. Zveži reostat, žarnico in baterijo v tokovni krog, kakor kaže slika 96. Če premikaš kontakt K vzdolž reostata, sveti žarnica močneje ali šibkeje, odvisno od tega, ali se upor skrajšuje ali podaljšuje.

Pripomočki: 2 x 5, 2 x 6, 3 x 7, 8, 14, 30, 33, 35, baterija

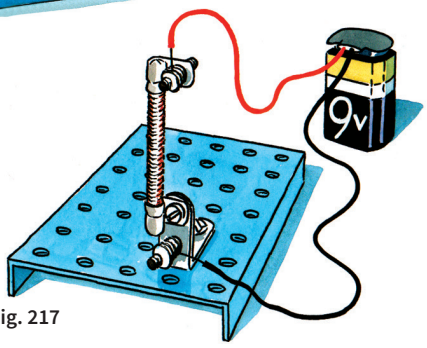


Fig. 217

217. ELEKTRIČNI GRELEC

Vzpostavi tokovni krog, v katerem so baterija in pola našega reostata (slika 97). Uporna žica, skozi katero teče tok, se segreje. Naredil(-a) si grelec. Po tem načelu so zgrajeni: električni rešo, likalnik, električni bojler, radiatorji in drugi aparati. V navedenih aparatih se električna energija pretvarja v toploto.

Pripomočki: 2 x 5, 2 x 6, 2 x 7, 8, 28, 30, 33, baterija

218. ELEKTRIČNI VŽIGALNIK

V manjšo deščico zabij dva žeblja v razmiku 1 cm. Med žebljema napni železno žico premera 0,1 mm. Na žico natrosi zdrobljene glavice vžigalic ter zveži žico z baterijo, kakor kaže slika 98. Glavice vžigalic se vžgo. Pod vplivom električnega toka se železna žica segreje ter povzroči vžig. Na opisani način delujejo mine v rudnikih in kamnolomih.
OPOMBA: Poskus izvedite na negorljivi površini (kovinski pladenj).

Pripomočki: 2 x 7, 33, železna žica, deščica, 2 žeblja, baterija

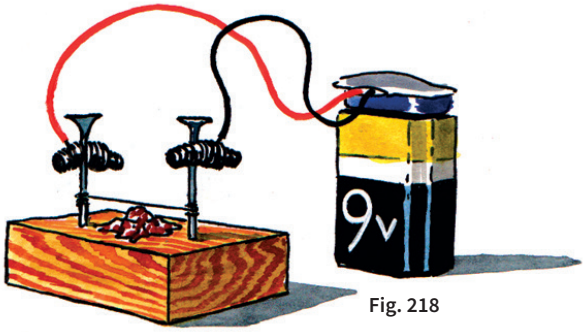
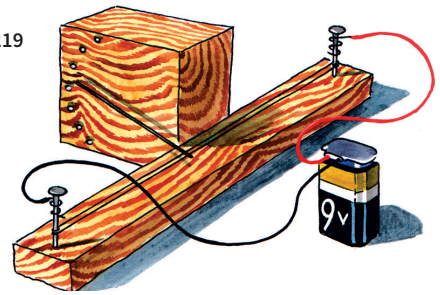


Fig. 218

219. AMPERMETER S TOPLO ŽICO

V deščico dolžine 20 do 25 cm in širine 3 cm zabij dva debelejša žeblja. Med žeblja napni dvojno žico iz konstantana debeline 0,2 mm. Kot kazalec namesti (po sliki 99) majhno paličico iz lesa ali papirja. Napravil(-a) si model ampermetra s toplo žico. Če spojiš konce žic z baterijo, se bo kazalec odklonil. Žica se namreč zaradi toka segreje in zato podaljša.
Pripomočki: 33, 37, deska, 2 žeblja, paličica, baterija

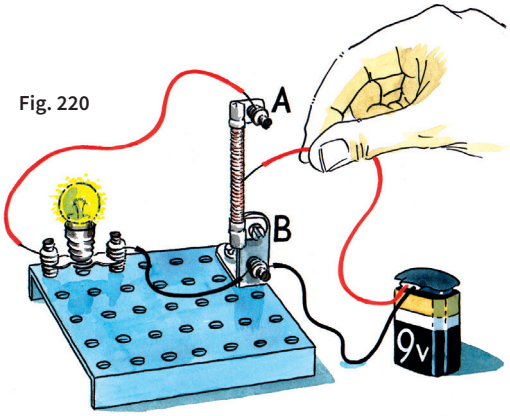
Fig. 219



220. POTENCIOMETER

Žarnico, upor in žepno baterijo spoji, kakor kaže slika 100. V tem poskusu ima upor vlogo potenciometra.
Poskusi: S prostim koncem žice, ki vodi iz baterije, se dotakni potenciometra v točki A. Žarnica sveti s polnim sijajem. Potegni s kontaktom od točke A do točke B! Žarnica počasi ugaša in v točki B ugasne. Ko teče tok skozi upor, pade v njem napetost. Pri priključku žarnice v točki A je žarnica zvezana direktno z baterijo in dobi zaradi tega polno napetost 9 V. S pomikanjem kontakta navzdol se napetost zmanjšuje, ker upor raste. Na pol poti je napetost 4,5 V, v točki B pa je napetost enaka nič.
Pripomočki: 5, 6, 4 x 7, 8, 14, 28, 30, 33, 35, baterija

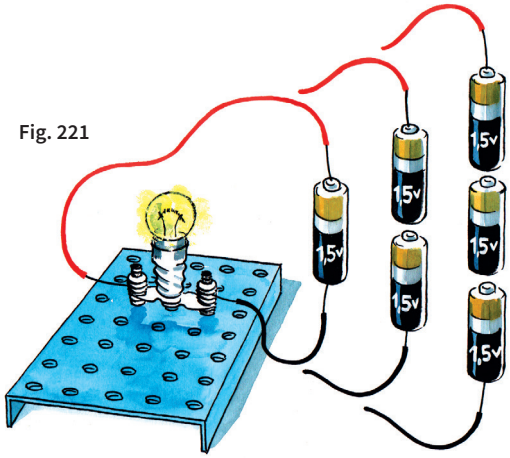
Fig. 220



221. OHMOV ZAKON

Tri baterije po 1,5 V veži zaporedno. Tako prirejeno baterijo spoji z žarnico, kot kaže slika 101. Če spojiš samo preko prve baterije (1,5 V), žarnica ne bo svetila. Če spojiš preko druge baterije, bo napetost večja (1,5 V x 2 = 3 V), zato bo žarnica malo svetila. Pri spojitvi preko treh baterij, bo žarnica močneje svetila, (1,5 V x 3 = 4,5 V). Preizkus bi lahko nadaljevali do števila 8 baterij (8 x 1,5 V = 12 V). Žarnica je projektirana za napetosti 12 V. Iz zgornjega spoznaš, da je električni tok večji, čim večja je napetost. V preizkusu št. 96 si se naučil(-a), da je tok tem večji, čim manjši je upor voda. Velikost električnega toka je torej odvisna od napetosti izvira toka in upora vodnikov oziroma porabnika. Čim večja je napetost in čim manjši je upor, tem večji je električni tok. To je OHMOV ZAKON. Če zaznamuješ tok, napetost in upor z mednarodnimi simboli:
I = el. tok (merjeno v Amperih - A)
U = napetost (merjeno v Voltih - V)
R = upornost (merjeno v Ohmih - Ω) potem je
I= U / R

Fig. 221



Da si obrazec laže zapomniš, si pomagaj s trikotnikom Ohmovega zakona:

Če v tem trikotniku s prstom pokriješ velikost, ki jo iščeš, ugotoviš, da je:

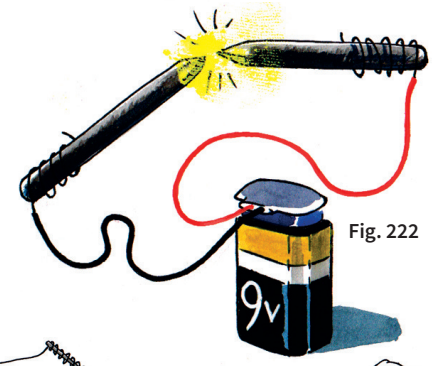
I= U / R
U= I x R
R= U / I

Pripomočki: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, 3 baterije

222. ELEKTRIČNI LOK

Ošili dve ogljeni paličici in ju priključi na baterijo, kakor kaže slika 102. Konice paličic nasloni drugo na drugo in ju nato razmakni. Med paličicama se pojavi majhen, a zelo svetel električni lok. Uporabi dve ali več baterij. Napravi poskus pod vodo! Električni lok se je uporabljal kot vir svetlobe v prvih kino aparatih. Včasih so ga uporabljali za javno razsvetljavo.
Pripomočki: 33, 2 ogljeni paličici, baterija

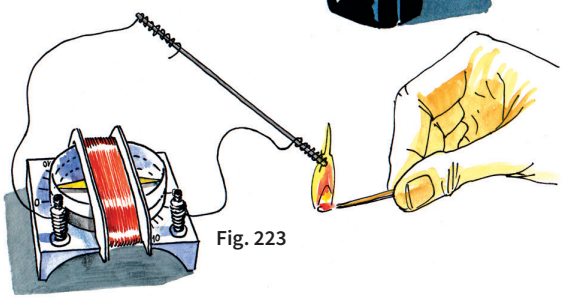
Fig. 222



223. TERMOELEMENT

Na oba konca železne palice, dolžine 12 do 13 cm, tesno pritrdi dva kosa 0,2 mm debele žice iz konstantana. Konca žice spoji z galvanoskopom, kakor nam kaže slika 103. Ko se kazalec umiri (rumeni kazalec mora kazati na 0), z vžigalico segrej eno spojno mesto. Element, ki si ga naredil(-a), se imenuje termoelement ter se ga uporablja zlasti v tehniki, med drugim za merjenje visokih temperatur v železarnah, keramični industriji itd.
Pripomočki: 1, 2 x 7, 9, 34, 37, vžigalice

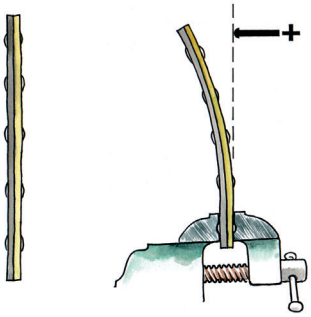
Fig. 223



224. BIMETALNI TRAK

Kos železne pločevine velikosti 10 x 1 cm in prav tolikšen kos cinkaste ali aluminijaste pločevine položi enega vrh drugega ter ju trdno spoji z zakovicami. Če en konec tako nastalega bimetalnega traka učvrstiš in trak segreješ, se bo trak upognil. Cink ima namreč večji koeficient raztezanja kot železo. Bimetalni trak se uporablja za izdelovanje termostatov. To so električne priprave, ki pri določeni temperaturi prekinejo tok. Brž ko temperatura pade (ali naraste), termostati tok zopet vključijo (slika 104 desno). Na ta način se vzdržujejo določene temperature v hladilnikih, štedilnikih, bojlerjih itd.
Pripomočki: železna in cinkasta pločevina, zakovice

Fig. 224



225. MERJENJE VELIKOSTI UPORA

Upor se določa z “Wheatstonovim mostom”, ki ga prikazuje slika 105. Naredil(-a) ga boš na naslednji način:
1. Na desko dolžine 60 cm, širine 8 cm, zabij v razmiku 50 cm dva žeblja, med katerima napneš vzdolž deske uporno žico iz konstantana debeline 0,2 mm. Začetek in konec žice priključi na galvanoskop, ki mora biti obrnjen tako, da kaže rumeni kazalec na 0.
2. Ostali elementi mosta so upor R (v zbirki pod št. 33), o katerem veš, da ima upor 70 ohmov, tuljava, katere upor iščemo, in baterija. Zveze med temi elementi so prikazane na sliki.
3. Dotakni se uporne žice s kontaktom, ki vodi od baterije navzdol. Kazalec galvanoskopa se odkloni. Kazalec se bo odklonil tudi v primeru, če se uporne žice dotakneš na kakem drugem mestu. Našel pa boš mesto, na katerem se kazalec ne bo odklonil. To mesto si zapiši. Predpostavi, da je to mesto v točki C, ki deli uporno žico na dva neenaka dela, na del “d1” in na del “d2”. Ta dva dela lahko izmeriš. Recimo, da je d1 = 30 cm in d2 = 20 cm. Upor tuljave izračunaš po formuli:

X=R x d1 / d2
X=70 x 30 / 20
X=105 Ω

Tuljava ima torej upor 105 ohmov.
Obrazložitev gornje formule najdeš v učbeniku fizike.
Pripomočki: 1, 6 x 7, 11, 30, 33, 34, 37, baterija, deščica, 2 žeblja

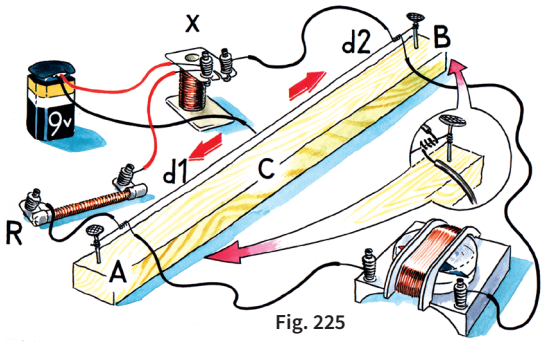


Fig. 225

226. ODVISNOST UPORA OD TEMPERATURE

1. V manjšo deščico zabij dva manjša žeblja in med njiju namesti majhno spiralo iz železne žice premera 0,1 mm. Spiralo, žarnico in baterijo spoji v tokovni krog, kakor kaže slika 106. Ko vzpostaviš tokovni krog, žarnica zasveti. Če segreješ spiralo, bo žarnica ugasnila, kar je dokaz, da je zaradi visoke temperature upor železne žice narasel.
2. Naredi enak poskus s pomočjo spirale iste debeline iz konstantana. Upor konstantana se zaradi zvišanja temperature ne spremeni.

Pripomočki: 4 x 7, 14, 33, 35, deščica, 2 žeblja, železna žica, sveča, baterija

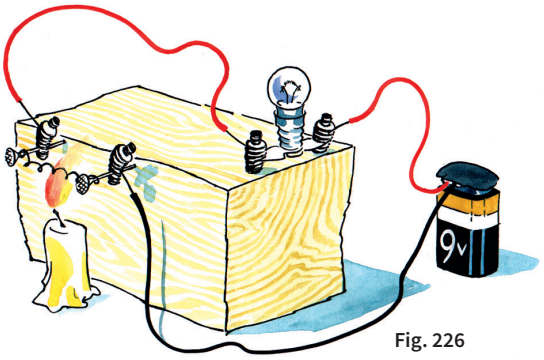


Fig. 226

ELEKTROMAGNETIZEM

227. ELEKTROMAGNET

Na železno palico iz zbirke navij 20 do 30 ovojev bakrene žice. Žici spoji z baterijo in paličico potopi v železne opilke. Brž ko vzpostaviš tokovni krog, postane paličica magnet. Če tok prekineš, paličica magnetizem izgubi. Odkril(-a) si elektromagnet.
Pripomočki: 3, 2 x 7, 9, 33, 36, baterija
OPOZORILO:
- Baterija v kratkem stiku!
- Baterija naj bo priključena samo kratek čas - kolikor je potrebno za razumevanje poskusa!
- Pazi da se ne opečeš!

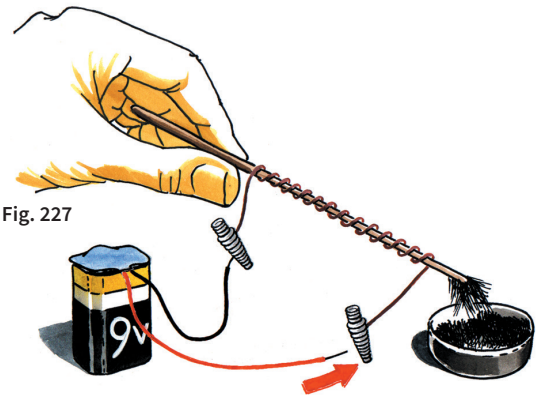


Fig. 227

228. OERSTEDOVO ODKRITJE

Tako kot do mnogih drugih odkritij je do odkritja elektromagneta prišlo povsem slučajno. Danski fizik Oersted je opazil, da se magnetna igla odklanja, če je v njeni bližini žica, skozi katero teče električni tok. Ponovi to odkritje! Nad magnetno iglo v kompasu drži bakreno žico, katere konca za trenutek spoji s poloma žepne baterije. Magnetna igla se odkloni in ostane odklonjena, dokler teče tok. Brž ko tok prekineš, se magnetna igla vrne v prvotni položaj. Če pola zamenjaš, se magnetna igla odkloni v nasprotno smer.
Pripomočki: 33, 34, baterija
OPOZORILO:
- Baterija v kratkem stiku!
- Baterija naj bo priključena samo kratek čas - kolikor je potrebno za razumevanje poskusa!
- Pazi da se ne opečeš!

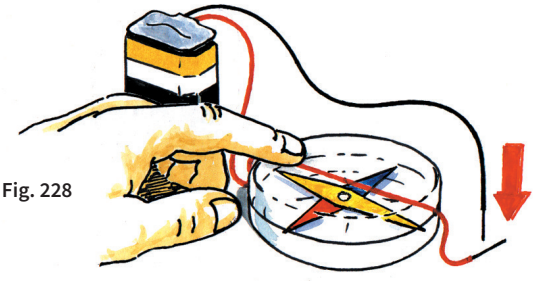


Fig. 228

229. SEŠTEVANJE MAGNETNIH POLJ

Ovij bakreno žico večkrat okoli kompasa in jo vsakokrat za trenutek spoji z baterijo. Čim večkrat je žica ovita, tem večji bo odklon magnetne igle. Očividno je, da ima v tuljavi vsak ovoj svoje magnetno polje in da se magnetna polja ovojev seštevajo. Na tem principu je narejen tudi naš galvanoskop in elektromagneti.
Pripomočki: 2 x 7, 33, 34, 36, baterija
OPOZORILO:
- Baterija v kratkem stiku!
- Baterija naj bo priključena samo kratek čas - kolikor je potrebno za razumevanje poskusa!
- Pazi da se ne opečeš!

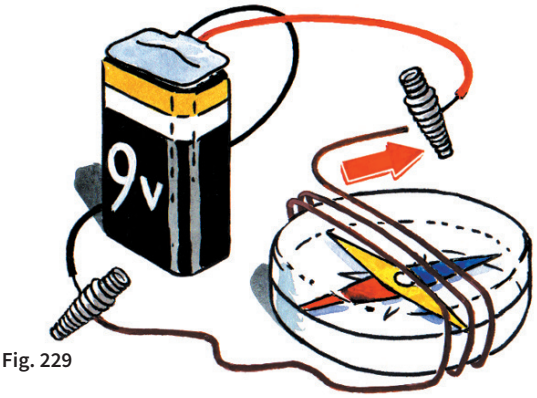


Fig. 229

230. MAGNETNO POLJE VODA

1. Skozi sredino večjega kosa lepenke potegni bakreno žico, kot kaže slika 110. Spoji žico z baterijo. S pomočjo kompasa preveri magnetno polje voda. Preveril boš obseg magnetnega polja in njegovo moč. Preverjanje opravi na ta način, da tok neprestano prekinjaš in spajaš ter pri tem opazuješ odklon magnetne igle na raznih mestih.
2. Magnetno polje voda lahko preveriš tudi z železnimi opilki. Raztresi jih na lepenko, na katero narahlo potrkaš, da se razmestijo. Pri tem je potrebno več baterij.

Pripomočki: 3, 34, 36, lepenka, baterija

OPOZORILO:
- Baterija v kratkem stiku!
- Baterija naj bo priključena samo kratek čas - kolikor je potrebno za razumevanje poskusa!
- Pazi da se ne opečeš!

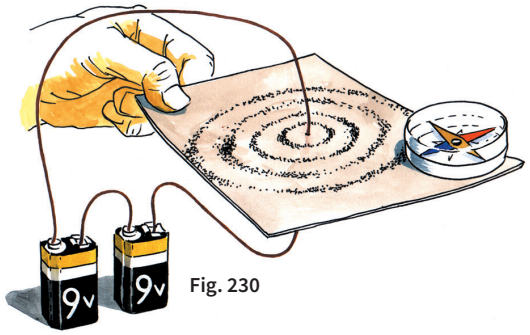


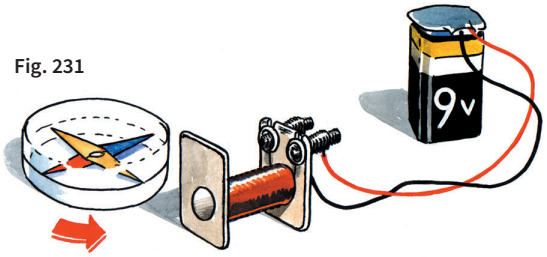
Fig. 230

231. TULJAVA KOT MAGNET

V zbirki je tuljava s približno 100 ovoji izolirane bakrene žice. Tuljavo postavi približno 2 cm od kompasa in spusti skozi njene ovoje tok baterije (slika 111). Ko bo tok vključen, se bo magnetna igla odklonila in bo ostala odklonjena, dokler bo skozi tuljavo tekel tok. Če pa tok izključiš, se magnetna igla povrne v svoj prvotni položaj.

Pripomočki: 2 x 7, 11, 33, 34, baterija

Fig. 231

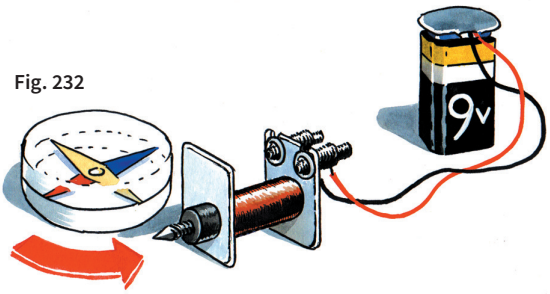


232. ŽELEZO V TULJAVI

Ponovi poskus št. 111 in si zapomni v kolikšnem kotu se bo odklonila magnetna igla. Tok nato prekini in v tuljavo vstavi železno jedro (ne magnet) iz zbirke. Ko boš vključil(-a) tok, se bo magnetna igla močno odklonila. Železo v tuljavi močno poveča magnetizem tuljave.

Pripomočki: 2 x 7, 11, 16, 33, 34, baterija

Fig. 232

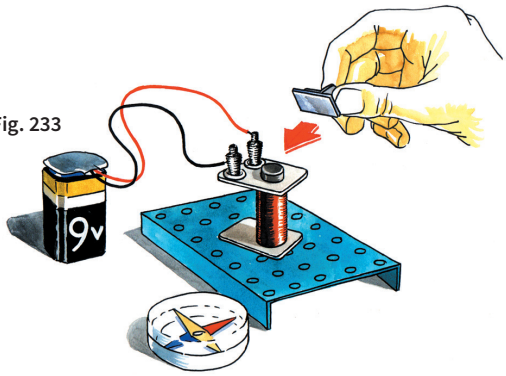


233. ELEKTROMAGNET V OBLIKI PALICE

Na plastični podstavek pričvrsti železno jedro, nanj nasadi tuljavo in jo spoji z žepno baterijo. Dobil(-a) si elektromagnet v obliki palice (slika 113). S poskusi se lahko prepričaš, da nastane elektromagnet v trenutku, ko vključiš tok; da s prekinitvijo toka magnet izgubi svojo moč in ostane v njem le neznatna sled magnetizma.

Pripomočki: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 33, 34, baterija

Fig. 233

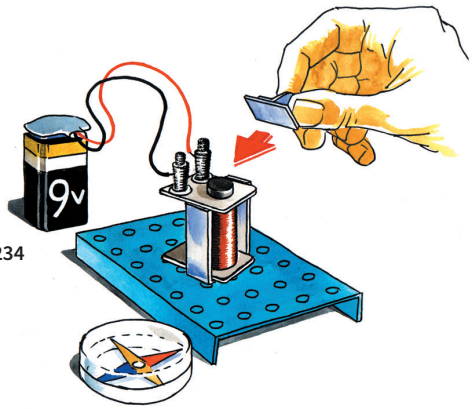


234. ELEKTROMAGNET V OBLIKI ČRKE U

Železno jedro, ki si ga pri svojih poskusih že nekajkrat uporabil(-a), pričvrsti skupaj z jedrskim oklepom na plastični podstavek (slika 114). Na jedro natakni tuljavo, ki je spojena z baterijo. V trenutku, ko boš vključil(-a) tok, bo nastal zelo močan elektromagnet, veliko močnejši od onega iz poskusa št. 113, čeprav si uporabil(-a) isto baterijo in isto tuljavo. Medtem ko v poskusu št. 113 nisi mogel(-a) s kotvo vzdigniti magneta s podstavkom, zdaj lahko dvigneš mnogo težji tovor. Zakaj je sedaj elektromagnet močnejši?

Pripomočki: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, 34, baterija

Fig. 234



235. ELEKTROMAGNETNO DVIGALO

Iz delov zbirke lahko sestaviš majhno elektromagnetno dvigalo. Elektromagnet v obliki črke U iz poskusa št. 114 spoji z baterijo, kot kaže slika 115, potopi v škatlico z vijaki in ga prenesi na drugo mesto. V trenutku, ko izključiš tok, tovor pade.

Pripomočki: 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 33, železni predmeti, baterija

236. SKLEDASTI ELEKTROMAGNET

Ta poskus lahko napraviš sam(-a), če imaš na voljo delavnico. V okrogli kos železa premera 6 cm, dolžine 3 cm, napraviš vdolbino širine 9 mm in globine 20 mm. Vanjo postavi tuljavo s približno 100 ovoji izolirane bakrene žice premera 0,3 mm. Konca žice povleci skozi izolirane luknje do baterije. Kotva je narejena iz okrogle železne plošče debeline 10 mm. S tem elektromagnetom in z uporabo baterije lahko dvigneš tovor, težak okoli 15 dag. Podobni magneti se uporabljajo v električnih dvigalih, ki lahko dvignejo tudi po nekaj deset ton tovora.

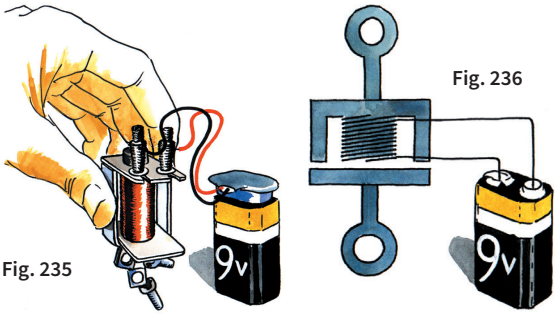


Fig. 235

Fig. 236

237. KATERI MAGNET JE MOČNEJŠI

V zbirki najdeš dva magneta, permanentni magnet, narejen iz zlitine AlNiCo, in elektromagnet, ki si ga pravkar spoznal(-a). Kateri od teh magnetov je močnejši? Da bi to ugotovil(-a), ponovi poskus št. 48b, v katerem si preizkusil(-a) jakost permanentnega magneta. Ta naprava je prikazana na sliki 117 levo. V skledico iz lepenke postavi toliko predmetov, kolikor jih magnet lahko nosi. Enak poskus naredi z elektromagnetom (slika 117 desno). Moč elektromagnetov je mnogo večja od moči permanentnih magnetov.

Pripomočki: 6, 2 x 7, 10, 11, 16, 17, 18, 33, lepenka, vrvica, baterija

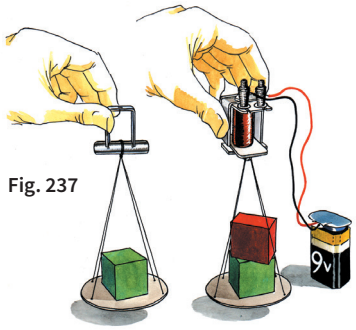


Fig. 237

238. MAGNETNI SPEKTRUM TULJAVE

1. V sredini lepenke, velikosti dopisnice, izreži z nožem pravokotno odprtino, dolžine 30 mm in širine 21 mm. Do polovice potisni vanjo tuljavo iz zbirke. Spoji jo z baterijo in na lepenko natrosi železnih opilkov. Primerjaj magnetni spektrum tuljave s spektrom permanentnega magneta iz poskusa št. 40.
2. Pri gornjem poskusu vstavi v tuljavo železno jedro in poskus ponovi.

Pripomočki: 3, 2 x 7, 11, 16, 33, karton, baterija

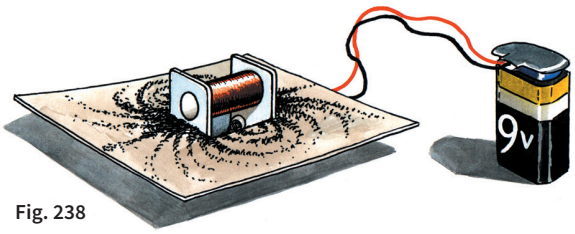


Fig. 238

239. ŽEBELJ V TULJAVI

Tuljavo iz zbirke spoji z baterijo, kot vidiš na sliki 119, in v odprtino tuljave vstavi žebelj srednje velikosti. Če sedaj tuljavo vzdigneš, žebelj ne bo odpadel. Nanj delujeta dve sili. Ena je gravitacija (težnost), druga pa magnetizem. Druga je očividno močnejša.

Pripomočki: 2 x 7, 11, 33, žebelj, baterija

240. DVA ŽEBLJA V TULJAVI

Na plastični podstavek položi tuljavo in njeno odprtino vstavi dva žeblja, s katerih si odstranil(-a) glavici. Tuljavo spoji z baterijo. Pri vklapljanju in izklapljanju toka opaziš, da se žeblja premikata. Pri izključenem toku zavzemata položaj, kot je prikazan na sliki 120a, ko pa tok vklopiš, se razmakneta, kot na sliki 120b. Žeblja se namagnetita. Ker imata na isti strani istoimenska pola, se odbijata.

Pripomočki: 5, 6, 4 x 7, 8, 11, 24, 28, 33, 2 žeblja, baterija

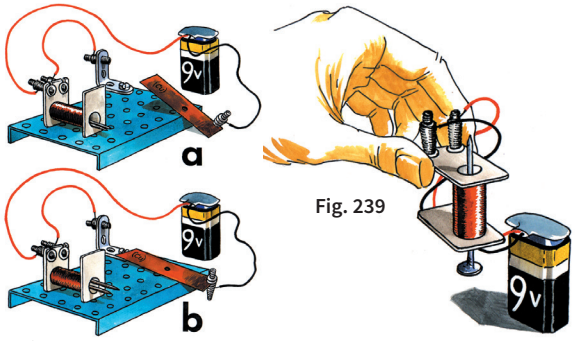


Fig. 240

Fig. 239

241. AMPERMETER Z MEHKIM ŽELEZOM

V odprtino tuljave vstavi žebelj ter ga z vrvico ali gumico priveži, kakor kaže slika 121. V odprtino tuljave vstavi kazalec, ki ga narediš iz dveh kosov pločevine (iz stare pločevinaste škatle). Velikost prvega kosa naj bo 40 x 5 mm, drugega pa 60 x 2 mm in debeline 0,2-0,4 mm. Ta dva kosa zveži, kakor ti kaže slika 121. Tanjši konec upogni nekoliko proti levi. Če spojiš tuljavo z baterijo, se bosta žebelj in kazalec istoimensko namagnetila ter se odbila. S pomočjo pravega ampermetra lahko napravo umeriš in narediš mersko lestvico.

Pripomočki: 2 x 7, 11, 33, 2 kosa pločevine, košček lesa, žebelj, gumica, baterija

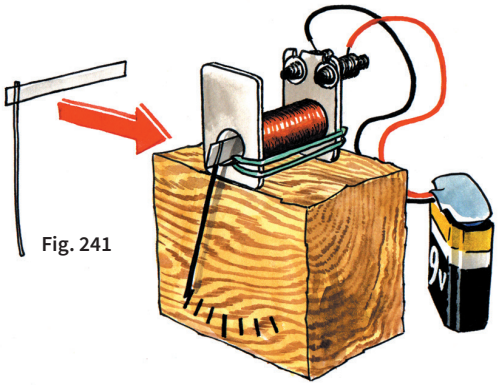


Fig. 241

242. DRUGA IZVEDBA AMPERMETRA

Žico iz konstantana ovij na železno palico približno 20-krat. Na vzmet, ki si jo tako dobil(-a), obesi železno jedro. En del jedra vstavi v tuljavo (slika 122) in jo spoji z baterijo. Tuljava povleče jedro tem močneje, čim močnejši je tok. S pomočjo kazalca in skale lahko zabeležiš globino pomikanja oziroma moč toka.

Pripomočki: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 2 x 20, 28, 33, 37, baterija

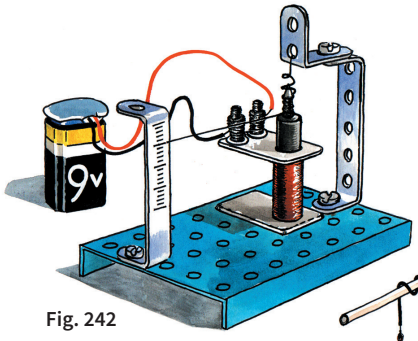


Fig. 242

243. MERSKI INSTRUMENT S PREMIČNIM SVITKOM

Na plastični podstavek pričvrsti dvakrat upognjeni trak 60 x 12 mm, nanj pa drugega v vodoravnem položaju. Na vodoravni trak pričvrsti z ene strani železno jedro, z druge pa magnet. Tako nastane močen podkvast magnet z magnetnim poljem med krakoma. Med krakoma je svitek iz izolirane bakrene žice debeline 0,16 mm. Svitek ima 10 do 12 ovojev premera 10 mm in je narejen po sliki 123 levo. Način pritrjevanja svitka je prikazan na sliki. Obešen je na kavelj iz gole bakrene žice, katere en konec vodi preko stojala iz papirnatih cevčic (glej poskus št. 20) na pozitivni pol, drugi pa preko podstavka na negativni pol baterije. Če vzpostaviš tokokrog, se bo svitek obrnil na levo ali desno, odvisno od tega, v kateri smeri teče tok. Na ta način so zgrajeni precizni električni merski instrumenti. Odklon svitka ti bo pojasnil naslednji primer.

Pripomočki: (20), 2 x 5, 3 x 6, 10, 16, 2 x 29, 33, 36, baterija

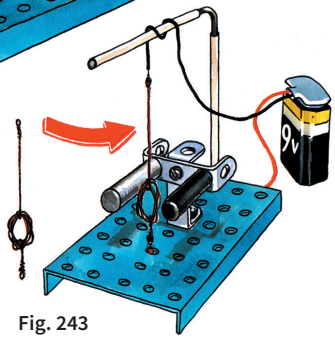


Fig. 243

244. VOD V MAGNETNEM POLJU

Na plastični podstavek pričvrsti dvakrat upognjeni trak 38 x 12 mm, nanj pa železno jedro in magnet. V magnetno polje tako nastalega podkvastega magneta obesi na 10 cm dolgi bakreni žici os z navojem, s katere si poprej snel(-a) matice. Pri tem si pomagaš s stojalom iz papirnatih cevčic, ki so opisani v poskusu št. 20. Če vzpostaviš tokokrog, se bo os obrnila v levo ali desno, v tisto smer, v katero teče tok. Med krakoma magneta obstaja zelo močno magnetno polje. Magnetno polje nastane tudi okoli voda v trenutku, ko vključimo tok. O magnetnih poljih veš, da se privlačijo, oziroma odbijajo, odvisni od tega ali so istoimenska ali raznoimenska. Opisani poskus je pomemben za razumevanje delovanja elektromotorja.

Pripomočki: (20), 5, 2 x 6, 10, 12, 16, 29, 33, 36, baterija

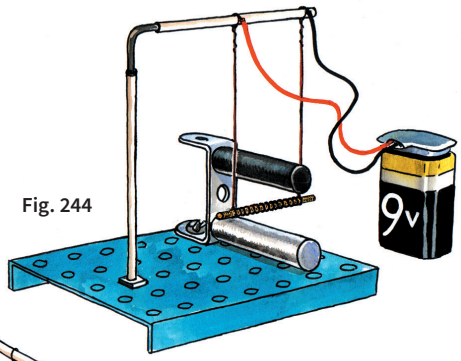


Fig. 244

245. BLOKIRANJE ELEKTROMAGNETA

Na plastični podstavek pritrdi elektromagnet izdelan po sliki 125. Na stojalo iz papirnatih cevk (glej poskus št. 20) obesi na bombažno nitko dvakrat upognjen trak 38 x 12 mm oddaljen od elektromagneta za 1 cm. Če vključiš tok, bo elektromagnet privlačil železni trak. Če postaviš med elektromagnet in železni trak razne predmete, kot na primer bakreno pločevino, pocinkano pločevino, lepenko, steklo, železno pločevino, ugotoviš, kateri predmeti prepuščajo magnetno polje in kateri ga blokirajo (zaprejo).

Pripomočki: (20), 5, 2 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 28, 29, 33, bombažna nit, baterija

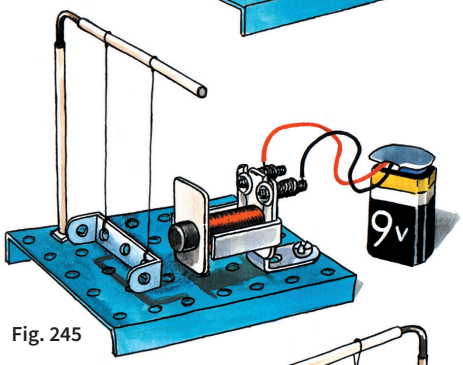


Fig. 245

246. ELEKTROMAGNETNA ZAVORA

Na stojalo iz papirnatih cevk (glej poskus št. 20), ki si ga pritrdil na plastični podstavek, obesi na bombažno nitko zvonec z odprtino navzdol. Pod zvonec pritrdi na plastični podstavek elektromagnet iz prejšnjega poskusa. Zvonec označi na obodu z eno črtico in ga zavrti (navij) za tri obrate. Izpusti ga in štej, koliko obratov bo naredil, da se vrne v začetni položaj. Ko se zvonec sam od sebe popolnoma umiri, vključi tok in zvonec ponovno zavrti. štej obrate. Elektromagnet zvonec zavira! To je princip elektromagnetne zavore, ki ima v tehniki velik pomen.

Pripomočki: (20), 6, 2 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 33, bombažna nit, baterija

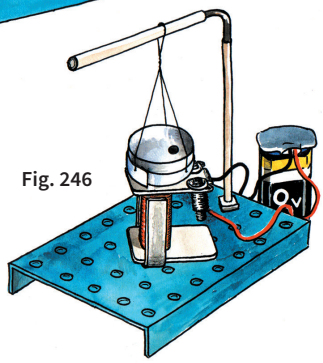


Fig. 246

ELEKTROMAGNET V TEHNIKI

247. MORSEJEV TELEGRAFSKI APARAT

Na plastični podstavek pričvrsti elektromagnet, ki ga sestavljajo jedro podloženo z matico, oklep in tuljava. V neposredni bližini elektromagneta je v vodoravnem položaju kotva K. To je dvakrat zapognjen trak 60 x 12 mm, pritrjen na navpični trak. Z desne strani kotve je pritrjen kotnik 25 x 25 mm, v katerega pritrdiš majhen svinčnik. Stikalo iz bakrene ploščice, kotnika 25 x 25 mm in vzmetnih sponk pritrdi na plastični podstavek (slika 127). Telegrafski aparat spoji z baterijo. Elektromagnet privleče kotvo. Če tok prekineš, se kotva vrne v prejšnji položaj. Na trak, ki pri pravih aparatih drsi pod svinčnikom, piše le-ta pike ali črtice, odvisno od tega, koliko časa je bil tok spojen. Iz pik in črtic je sestavljena Morsejeva abeceda (poskus št. 85).

Pripomočki: 5 x 5, 6 x 6, 6 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 24, 2 x 28, 29, 33, baterija, svinčnik, papir

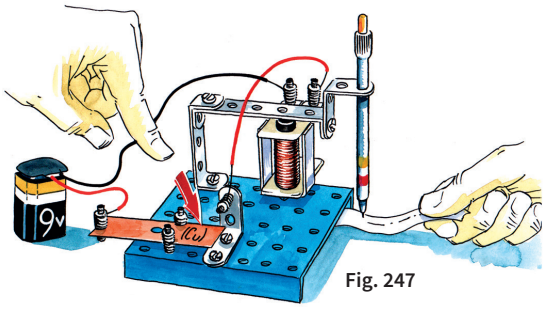


Fig. 247

248. MORSEJEV KLJUČ

Za delovanje telegrafskih aparatov je Morse konstruiral posebno stikalo, ki omogoča izmenično vključevanje in izključevanje dveh telegrafskih aparatov. Tako stikalo si lahko sam(-a) napraviš. Uporabi bakreno ploščico, kotnika 25 x 25 mm in sponke vzmetne, vse pritrdi na plastični podstavek. Kotnika z vijaki predstavljata levi in desni kontakt (slika 128). Morsejev ključ ima tri vode. Tok prihaja preko srednjega. S premikanjem vzvoda na eno in drugo stran lahko spelješ tok preko levega ali desnega kontakta. Delovanje Morsejevega ključa bomo najlaže spoznali pri povezavi dveh telegrafskih aparatov.

Pripomočki: 7 x 5, 8 x 6, 7 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 23, 3 x 28, 29, 33, baterija

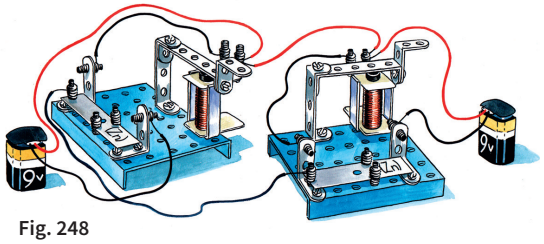


Fig. 248

249. ELEKTRIČNE SHEME

Na sliki 129 sta shematsko prikazana dva Morsejeva telegrafska aparata in dva ključa. Oznake pomenijo:

T = Morsejev telegrafski aparat **B = baterija**
K = Morsejev ključ **Z = zemlja**

Na zgoraj opisani način sta na primer povezani dve železniški postaji. Železnice so nekoč uporabljale Morsejeve telegrafske aparate. Po tej shemi se lahko ravnaš, če imaš dve zbirki Elektropionirja. En aparat postavi v eni in drugega v drugi sobi ter telegrafiraj. Iz prve sobe vodita v drugo dve žici. Na železnici se pri Morsejevem aparatu uporablja samo ena žica, namesto druge se uporablja zemlja, za kontakt z zemljo pa dve zakopani kovinski plošči.

Pripomočki: dva telegrafska aparata, dva ključa, dve bateriji

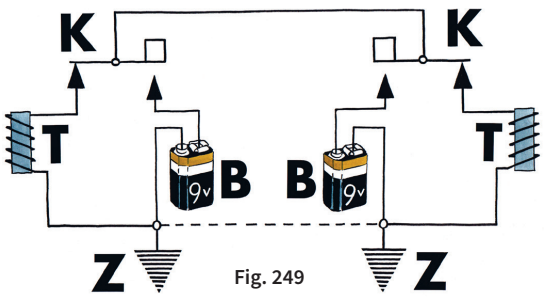


Fig. 249

250. WAGNERJEVO KLADIVO

Fizik Wagner je iznašel električno pripravo, ki samodejno vključuje in prekinja električni tok. Ta priprava se imenuje Wagnerjevo kladivo in je v tehniki pogosto uporabljeno. Napravi ga takole: S pomočjo kotnika 25 x 25 mm, pritrdi elektromagnet na plastični podstavek. Na drugi kotnik pritrdi kladivce za zvonec, tako da je kladivce 2 do 3 mm oddaljeno od elektromagneta. Tok mora teči po taki poti: iz baterije preko žice, ki jo sedaj še držiš z roko, na kladivce, s kladivca na kotnik in sponko vzmetno, nato preko spojne žice v tuljavo in iz tuljave v baterijo. Ko vzpostaviš tokovni krog, začne kladivce vibrirati. S tem prekinja in vključuje tok. V trenutku, ko elektromagnet kladivce privleče, se tok prekine, ker se je kladivce odmaknilo od kontakta. Zaradi tega magnet neha delovati. Kladivce se zaradi prožnosti peresa vrne v svojo prejšnjo lego in s tem znova vzpostavi tokovni krog - igra se ponavlja.

Pripomočki: 4 x 5, 5 x 6, 3 x 7, 8, 11, 16, 17, 2 x 28, 31, 33, baterija

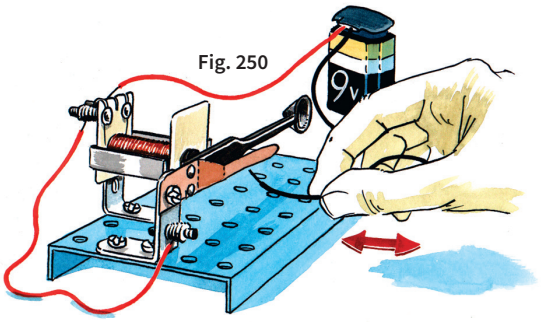


Fig. 250

251. ELEKTRIČNI ZVONEC

Ko si naredil(-a) Wagnerjevo kladivo, ti ne bo težko napraviti električni zvonec. V ta namen je treba še pričvrstiti vijak za uravnavanje in zvonec. Vijak za uravnavanje se sestoji, kakor vidimo na sliki 131, iz kotnika, na katerem je pritrjen zatični vijak, in iz dveh matic. Zvonec pritrdi na plastični podstavek z osjo z navojem in štirimi maticami. Električni vodi so vidni na sliki 131.

Pripomočki: 5 x 5, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33, baterija

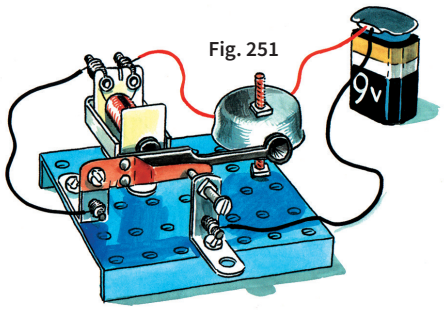


Fig. 251

252. ELEKTRIČNI ZVONEC KOT VRATAR

Na shemi 132 je prikazan spoj električnega zvonca, baterije in tipkala. Tako vgradiš zvonec - vratar. Zvonec in baterija sta v stanovanju, medtem ko je tipkala pri vhodu. Oseba, ki te želi obiskati, pritisne na tipkalo. S tem se vzpostavi tokovni krog in zvonec začne zvoniti. S pomočjo drugega elektromagneta lahko tudi odpremo vrata obiskovalcu.

Pripomočki: električni zvonec, baterija, tipkalo, žica za spajanje

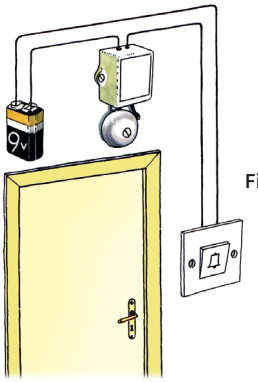


Fig. 252

253. ZVONEC Z VEČ TIPKALI

V bolnicah, hotelih, železniških vagonih in drugod je potrebno, da določene osebe, na primer vratarja, bolničarko ali sprevodnika, lahko kličemo z več mest. Slika 133 ti prikazuje shematični spoj zvonca z baterijo in tipkalom. Na opisani način je na primer izvedena signalizacija v spalnih vlakih. Na hodniku je nad vsakimi vrati rdeča signalna ploščica, ki “pade”, kadar zvonec zazvoni in tako sprevodnik ve, kateri potnik ga kliče. Signalne ploščice s številkami sob imajo tudi v bolnicah in hotelih. Tudi te delujejo s pomočjo elektromagneta.

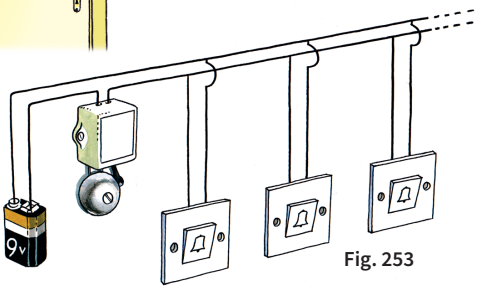


Fig. 253

254. SIGNALNE NAPRAVE

Iz tanke pločevine naredi stikalo, kakor kaže slika 134. Pločevina mora biti 10 mm široka in 60 mm dolga. Sklopko pritrdi nad vrati tako, da se pločevini dotikata, če se vrata odpro, in razmakneta, kadar se vrata zapro. Če sklopko spojiš z baterijo in električnim zvoncem, dobiš signalno napravo, ki ti bo sporočala, kdaj se vrata ali okno odpre. Opisana naprava se uporablja za zavarovanje trgovin, skladišč in domov.

Pripomočki: zvonec, košček pločevine, žica za spajanje, baterija

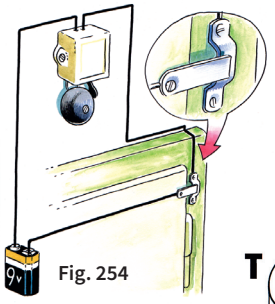


Fig. 254

255. ELEKTRIKA JAVLJA NIVO VODE

Nivo vode ali druge tekočine v rezervoarjih tovarn in laboratorijev ne sme biti nad ali pod odrejeno točko. Te točke varuje tok, kot je shematsko prikazano na sliki 135. V tekočino je potopljen plovec, ki se skupaj s tekočino dviga in spušča. če pride do kritične zgornje meje, vzpostavi kontakt A tokokrog in električni zvonec opozarja, da je nekaj narobe. Če pa se voda spusti pod dovoljeno točko, signalni sistem vključi kontakt B. Obstaja tudi možnost popolnoma avtomatskega reguliranja nivoja tekočine. Eden od navedenih kontaktov odpira, drugi pa zapira dovod oziroma odvod.

P = plovec
T = kolo
U = utež

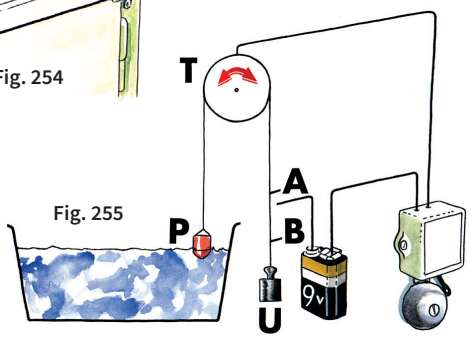


Fig. 255

256. FIZIOLOŠKO DELOVANJE ELEKTRIČNEGA TOKA

Tok deluje na naše telo. To delovanje boš preveril(-a) z nekoliko poskusi.

1. V levo roko primi bakreno ploščico, v desno cinkovo in se z njima dotakni polov baterije, kot vidiš na sliki 136 levo. Čeprav se predpostavlja, da teče skozi naše telo tok, ko vzpostaviš kontakt, tega ne čutiš.
2. Kovinski ploščici spoji s tuljavo, v kateri je železno jedro (slika 136 desno). Ploščici drži v rokah ter tok spajaj in prekinjaj. Pri spajanju, kot tudi prej, ne čutiš ničesar, medtem ko občutiš pri prekinjanju močne električne sunke. Ti sunki potekajo iz tuljave, ker je zveza v tem trenutku prekinjena. Da lahko ta pojav pojasniš, boš ponovil(-a) poskus št. 95. Pri tem poskusu si spoznal(-a) induktivni upor, ki nastane v tuljavi, ko tuljavo vključiš v tokokrog. Tedaj se okoli tuljave ustvarja magnetno polje. Ko prekineš tok, se magnetno polje zruši in zaradi tega pride ponovno do induciranega sunka, ki si ga občutil(-a).

Pripomočki: 4 x 7, 11, 16, 23, 24, 33, baterija

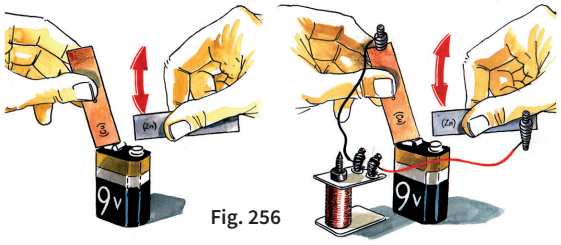


Fig. 256

257. INDUKCIJSKI APARAT

Od električnega zvonca do indukcijskega (samoindukcijskega) aparata je samo korak. Medtem ko zvonec zvoni, spoji z njim dve kovinski ploščici, eno z vijakom za uravnavanje, drugo pa s kotnikom, ki nosi kladivce (slika 137). Če so roke suhe, boš občutil(-a) rahel tok, če pa so mokre, bo tok močan. Očividno je, da ima tok, ki te trese, večjo napetost, kot je napetost žepne baterije.

Pripomočki: (131), 23, 24, 33

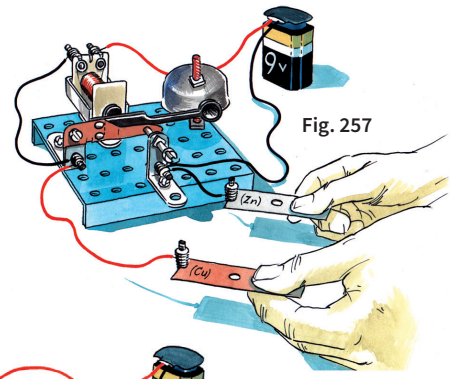


Fig. 257

258. ELEKTRIZIRANJE SKOZI VODO

Kovinsko ploščico iz poskusa št. 137 spusti v polno skledo vode. V vodo položi tudi kovanec. Medtem ko zvonec zvoni, z desno roko trdno primi drugo kovinsko ploščico, z levo roko pa poskusi vzdigniti kovanec iz vode. Pri dotiku z vodo občutiš zelo močan sunek in kovanca ne moreš vzdigniti, ker te zgrabi v roko močan krč. Z mokrimi rokami se je zelo nevarno dotikati električne instalacije.

Pripomočki: (137), skleda vode, kovanec

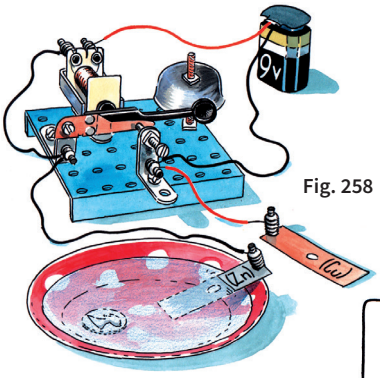


Fig. 258

259. ZEMLJA KOT PREVODNIK

Elektrodo, ki je bila pri prejšnjem poskusu v vodi, zabodi v vlažno zemljo, na kateri stojiš bos. Drugo elektrodo primi v roko. Vlažna zemlja je zelo dober prevodnik elektrike. Slika 139 je delni shematski prikaz poskusa.

Pripomočki: (137)

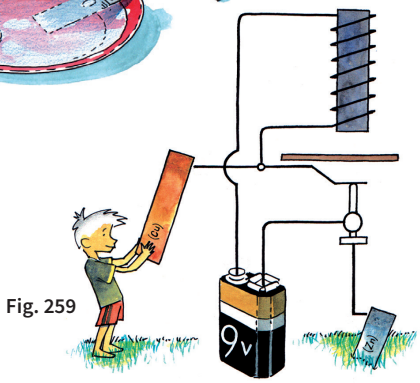


Fig. 259

260. RELE

Releji so priprave, ki omogočajo, da se s pomočjo šibkega toka vključi ali izključi drugi močnejši tokokrog. Eni vključujejo, drugi izključujejo tok. Narediš lahko ene in druge. Na sliki 140 je prikazan rele za vklapljanje. V prvem tokokrogu sta elektromagnet in baterija št. 1. Če vključiš tokokrog, pritegne magnet kladivce, to poveže drugi tokokrog, v katerem so žarnica, baterija št. 2 in kladivce. Žarnica sveti. Ni težko napraviti spremembe, s katerimi se rele za vklapljanje spremeni v rele za izklapljanje.

Pripomočki: 3 x 5, 3 x 6, 6 x 7, 8, 11, 14, 16, 2 x 29, 31, 33, 35, 2 bateriji

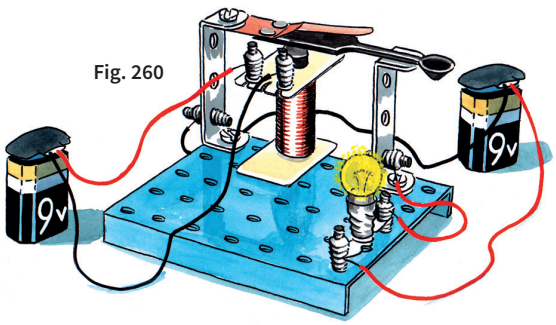


Fig. 260

261. PASTIRSKI TELEFON

Ko smo pasli krave, smo se igrali s pastirskim telefonom, ki je sestavljen iz dveh valjev iz lepenke in je z ene strani prevlečen s pergamentnim papirjem. Lahko uporabiš plastični lonček od jogurta. Med telefona napnemo tanko nit, ki mora biti med telefoniranjem napeta. Medtem ko eden govori, drugi posluša in obratno. Med govorom se trese membrana iz pergamentnega papirja. Ti tresljaji se po napeti niti prenašajo na drugo membrano, ki se zaradi tega prav tako trese, in to se sliši. S takim telefonom se ne moreš pogovarjati na velike daljave, kot tudi ne izza vogala. Pastirskemu telefonu je podoben Bellov telefon. Tudi ta ima dva enaka dela. V vsakem delu sta permanentni magnet, železno jedro in tuljava, pred elektromagnetom pa tanka železna membrana. Če govoriš v membrano, menjaš s tem magnetno polje, zaradi tega nastaja v tuljavi tok, ki se po dveh žicah prenaša na drug telefon ter tam povzroči vibriranje membrane. Bellov telefon je odstopil svoje mesto današnjemu telefonu, ki je sestavljen iz slušalke in mikrofona.

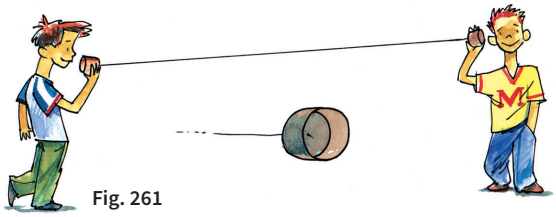


Fig. 261

262. PRETVARJANJE ELEKTRIKE V ZVOK

Na sliki 142 je shematsko prikazana naprava, s pomočjo katere lahko pretvoriš elektriko v zvok. Na plastičnem podstavku je elektromagnet, sestavljen iz jedra, oklepa in tuljave. Nanj postavi pokrov škatle od bonbonov (železna pločevina). Med poskusom pokrov neznatno privzdigni. To je membrana. Če tok vklapljaš in prekinjaš, se sliši klokotanje membrane. Pri spojitvi tokokroga elektromagnet privleče membrano, pri prekinitvi se ta zaradi elastičnosti vrne v prejšnji položaj. Na tej osnovi je zgrajena slušalka, ki jo boš napravil(-a) pri naslednjem poskusu.

Pripomočki: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, pokrov iz pločevine, baterija

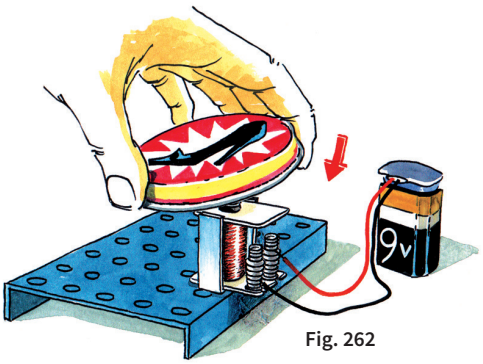


Fig. 262

263. SLUŠALKA

Z dvema dvakrat upognjenima trakoma 38 x 12 mm in z dvakrat upognjenim trakom 60 x 12 mm, pritrdi membrano in elektromagnet, tako da je membrana 1 do 2 mm oddaljena od elektromagneta. Slušalko spoji z baterijo, kot vidiš na sliki 143. Membrana se ne sme dotakniti elektromagneta ob vključitvi toka, a tudi ne sme biti od njega preveč oddaljena. Ko vklapljaš tok elektromagnet privleče membrano, ko prekineš tok pa sprosti membrano. Sliši se karakteristično "klokotanje".

Pripomočki: 4 x 5, 6 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 20, 22, 2 x 29, 33, baterija

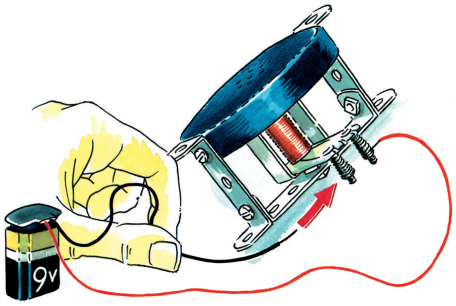


Fig. 263

264. PILA KOT PREKINJEVALEC TOKA

Slušalko iz prejšnjega poskusa spoji z baterijo preko pile, kot je prikazano na sliki 144. Z enim kontaktom vleci po pili. V slušalki slišiš šumenje, ki nastane zaradi prekinjanja toka.

Pripomočki: (143), pila

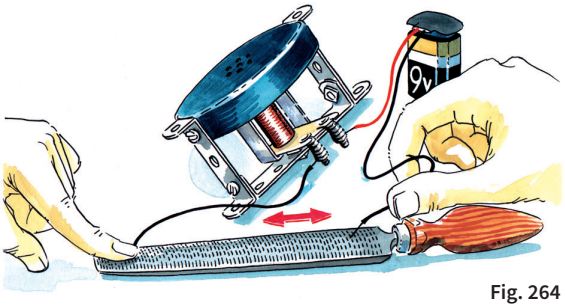


Fig. 264

265. AVTOMOBILSKA SIRENA

Za izvedbo tega poskusa potrebuješ slušalko (slika 143), baterijo in spojne žice. En pol tuljave elektromagneta spoji z membrano, drugega pa z baterijo. Z drugim polom baterije se z občutkom dotikaj membrane (dovoli da membrana vibrira), kot kaže slika 145.

Pripomočki: (143), 7

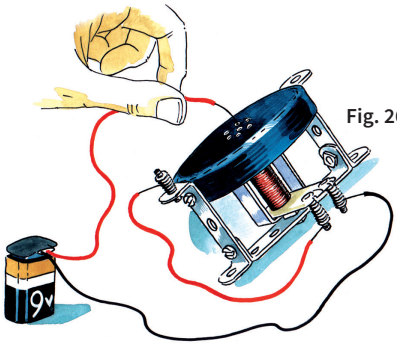


Fig. 265

266. MIKROFON

V zbirki je zelo enostaven, a občutljiv mikrofon. Ima dva osnovna sestavna dela: membrano, kakršna je v slušalki (s to razliko, da je narejena iz plastične mase), in tri kontakte, od katerih sta dva železna, pritrjena na membrano, medtem ko je tretji iz oglja in se dotika na prej omenjena kontakta. Baterijo, mikrofon in žarnico spoji v tokovni krog, kakor kaže slika 146. Če pritisneš s prstom na prosto oglje, žarnica sveti. Čim močnejši je pritisk, tem močneje žarnica sveti. Zaradi močnejšega ali šibkejšega dotika oglja prepušča mikrofon močnejši ali šibkejši tok, kar dosežeš tudi pri govoru.

Pripomočki: 2, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7, 8, 14, 2 x 28, 33, 35, baterija

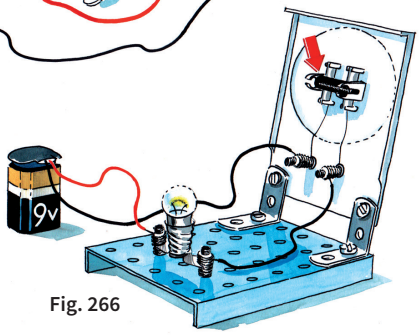


Fig. 266

267. TELEFON

Če spojiš slušalko iz poskusa št. 143, mikrofon iz prejšnjega poskusa in baterijo, dobiš telefon, pripravo s katero prenašamo govor na veliko daljavo. Žepno uro, ki jo položiš na plastični podstavek, slišiš v slušalki. Zaradi tiktakanja ure vibrira membrana mikrofona. Ogljena paličica prepušča enkrat močnejši in enkrat šibkejši tok, elektromagnet v slušalki pa enkrat močneje in enkrat slabše privlači membrano. Zato se zrak trese in to slišimo. S tvojim telefonom lahko prenašaš tudi govor. V ta namen pusti mikrofon v eni sobi, slušalko pa prenesi v drugo sobo, rabiš daljše žice.

Pripomočki: (143), (146), žepna ura

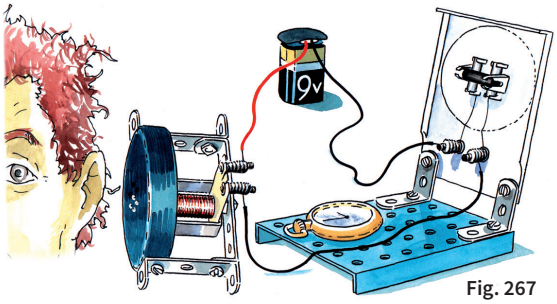


Fig. 267

GENERATORJI IN ELEKTROMOTORJI

268. PRETVARJANJE MEHANIČNE ENERGIJE V ELEKTRIČNO

1. Tuljavo spoji z galvanoskopom (slika 148). S hitro kretnjo vloži v votlino tuljave magnet. Kazalec galvanoskopa se odkloni, vendar se hitro povrne v svojo prejšnjo lego. Če s hitro kretnjo izvlečeš magnet, se kazalec odkloni v nasprotno smer.
2. Obrni magnet in ga najprej vloži, nato pa potegni iz tuljave! Tudi sedaj nastanejo tokovni sunki.

Kako nastaja pri tem poskusu električni tok? Iz prejšnjih poskusov veš, da je magnet nosilec magnetnega polja. Če vložiš magnet v tuljavo, sečejo magnetne silnice ovoje tuljave. Zaradi indukcije nastane v njih tok. Tok pa traja samo dotlej, dokler se magnetno polje spreminja. To je eden od najvažnejših poskusov s področja elektrike. Na tem načelu so zgrajeni generatorji. To so stroji, v katerih se mehanska energija pretvarja v električno energijo.

Pripomočki: 1, 4 x 7, 10, 11, 33, 34

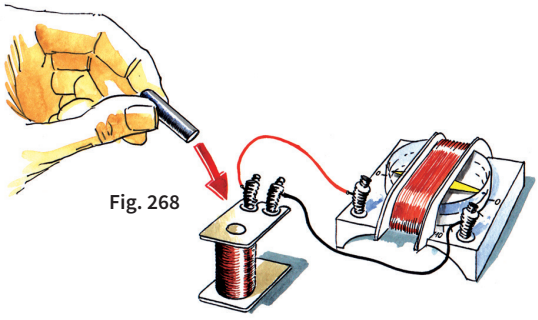


Fig. 268

269. GENERATOR IZMENIČNEGA TOKA

V tuljavo vloži železno jedro, nakar spoji tuljavo z galvanoskopom ter počakaj, da se kazalec postavi na 0. Nato zavrti nad tuljavo magnet, ki visi na nitki. Napravil(-a) si najenostavnejši generator izmeničnega toka.

Pripomočki: 1, 4 x 7, 10, 11, 16, 33, 34, papir, nit

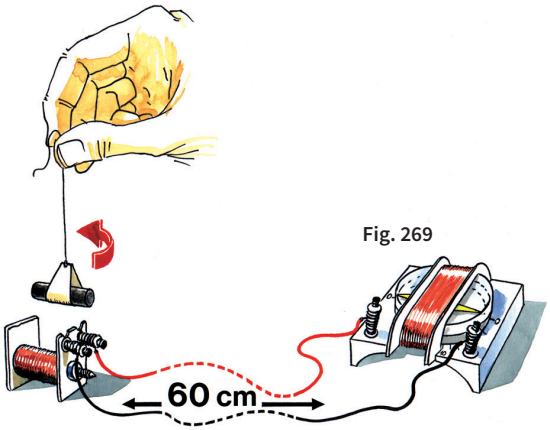


Fig. 269

270. STATOR ELEKTROMOTORJA IN GENERATORJA

Pri električnih strojih se mirujoči del imenuje stator. Naredil(-a) boš tak stator. Na plastični podstavek pritrdi oba kraka statorja. Med krakoma namesti magnet in ga stisni z osjo z navojem in dvema maticama. Stator je narejen. S kompasom se lahko prepričaš, da se med krakoma razprostira magnetno polje. Z železnimi opilki pa lahko dokažeš, da tečejo magnetne silnice od enega kraka proti drugemu (glej poskus št. 41).

Pripomočki: 2 x 5, 4 x 6, 8, 10, 12, 2 x 15, 34

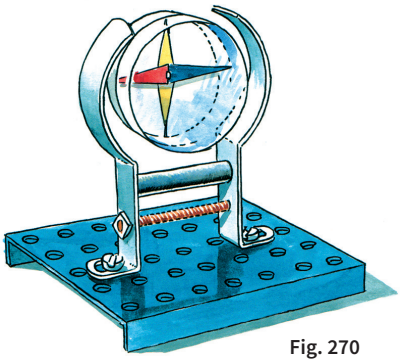


Fig. 270

271. ROTOR ELEKTROMOTORJA IN GENERATORJA

Rotor je pravzaprav tuljava, ki je narejena tako, da se lahko obrača. Začetek in konec ovojev se končata na pol valjkih. Preko teh polvaljkov, ki se imenujejo kolektor, dovajaš rotorju tok ali mu ga odvzameš, pač odvisno od tega, ali gre za elektromotor ali za generator. Na kolektor se naslanja z vsake strani po eno kovinsko pero, ki se imenuje ščetka. S pomočjo kompasa preizkusi, kako rotor deluje:

1. Spoji rotor preko ščetk z baterijo, kakor kaže slika 151.
2. S kompasom ugotovi, kateri konec rotorja ima severni in kateri južni pol.
3. Preizkusi, ali se pola pri polnem obratu rotorja za 360° menjata ali ostaneta ista!

S pazljivim opazovanjem boš ugotovil(-a), da konca tuljave po vsaki polovici polnega obrata rotorja menjata pol, kar povzroča kolektor, ki v danem trenutku spremeni smer toka. Ni težko ugotoviti, da se smer toka spremeni takrat, ko je tuljava rotorja v vodoravni legi. V tem trenutku se spremenita tudi magnetna pola rotorja. Prejšnji severni pol postane južni in obratno.

Pripomočki: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 19, 2 x 20, 21, 33, baterija

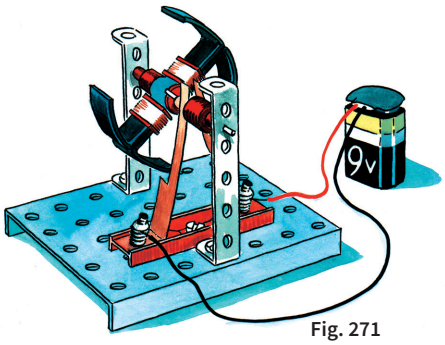


Fig. 271

272. ELEKTROMOTOR ZA ISTOSMERNI TOK

Ker si se seznanil(-a) s statorjem generatorja (poskus št. 150) in z rotorjem generatorja s ščetkami (poskus št. 151), lahko narediš elektromotor za istosmerni tok. Najprej moraš sestaviti rotor s ščetkami in nato stator. Ko se prepričaš, da se rotor brezhibno vrti in da se ščetke naslanjajo na kolektor, spoji elektromotor z žepno baterijo. Rotor se začne vrteti, spočetka počasi, nato pa vedno hitreje do polnega števila obratov, ki jih je od 2.800 do 3.000 v minuti. Zamenjaj pola baterije!

Pripomočki: (151), 2 x 5, 4 x 6, 10, 12, 15

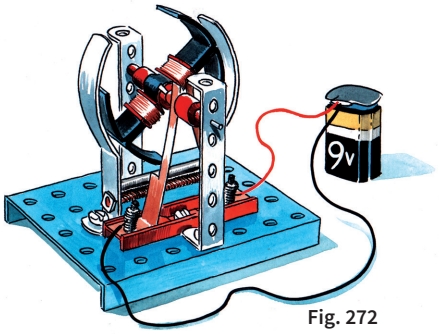


Fig. 272

273. GENERATOR ZA ISTOSMERNI TOK

Elektromotor iz poskusa št. 152 spoji z galvanoskopom in z roko zavrti rotor elektromotorja. Kazalec galvanoskopa se odkloni. Zavrti rotor v nasprotni smeri! Kazalec galvanoskopa se odkloni v nasprotni smeri. Elektromotor za istosmerni tok lahko uporabljaš, kakor si opazil(-a), tudi kot generator, kot stroj, ki proizvaja istosmerni tok.

Pripomočki: (152), 1, 2 x 7, 34+drgnjenjem naelektrimo tudi kovine. Pozneje se boš poučil(-a), zakaj je kovinska ploščica pritrjena na plastični ročaj.

Pripomočki: 26, 27, 2 svinčnika

Pripomočki: 5 x 5, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33, baterija

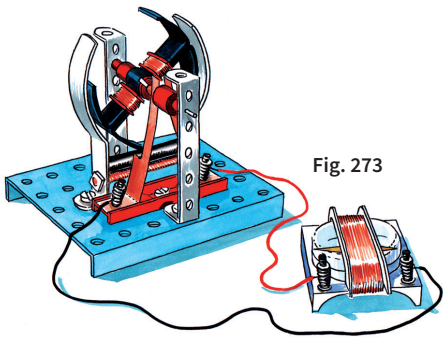


Fig. 273

SKLEPNA BESEDA

S tem, da si napravil(-a) vse poskuse, opisane v tej knjigi, zate ne pomeni konec, temveč začetek dela. Zgornji poskusi so prvi in zelo pomemben korak v pridobivanju znanja z lastnim izkustvom. Na to znanje lahko navežeš znanje, ki so ga pridobili drugi in ti ga posredujejo v knjigah, s predavanji ter z izobraževalnimi radijskimi in televizijskimi oddajami.

Vsaka knjiga ima zaključek. Če ste prišli do konca te knjige, naj to ne bo tudi zaključek širjenja obzorja vašega znanja na področju elektronike in elektrotehnike. Knjiga, ki jo ravnokar držite v rokah, naj bo le uvod in kažipot v svet elektronike, poln novih dognanj, presenečenj in neslutenih možnosti. Na to znanje lahko navežeš znanje, ki so ga pridobili drugi in ti ga posredujejo v knjigah, s predavanji ter z izobraževalnimi radijskimi in televizijskimi oddajami.

Zato korajžno naprej!

KDO JE TO?

V tem poglavju bomo navedli nekaj znanstvenikov, ki so s svojim delom veliko pripomogli k razvoju elektrotehnike in elektronike. V seznamu so predvsem imena, ki smo jih v tej knjigi že omenili.

Ampere, André Marie (1775-1836), francoski fizik; preučeval je Oerstedovo odkritje in postavil temelje elektrodinamike (vede, ki preučuje elektrino v gibanju). Svoje delo je nato posvetil ugotavljanju natančne povezave med električnim tokom in magnetizmom. Po njem se imenuje enota za merjenje električnega toka (A).

Bardeen, John (1908-1991) je ameriški fizik, ki je skupaj s Brattainom H. Walterjem in Schockleyem Williamom dobil Nobelovo nagrado za fiziko leta 1956 za odkritje tranzistorja. Odkritje je bilo sad raziskovalnega dela te trojice v Bellovih razvojnih laboratorijih l. 1948. Poleg tega se je ukvarjal s preučevanjem snovi pri zelo nizkih temperaturah (superprevodnost), za kar je skupaj s Leonom N. Cooperjem in Johnom Schriefferjem dobil še eno Nobelovo nagrado l. 1972.

Brattain, Walter Houser (1902-1987), ameriški fizik, glej Bardeen, John.

Coulomb, Charles Augustin de (1736-1806), francoski fizik, ki je preučeval sile med dvema naelektrenima telesoma. Po njem imenujemo enoto elektrine (C).

Edison, Thomas Alva (1847-1931), ameriški fizik, eden izmed najplodnejših izumiteljev 19. stoletja. Med množico njegovih izumov je npr. žarnica z ogljeno žarilno nitko, fonograf (prednik današnjega gramofona) in kinoprojektor.

Faraday, Michael (1792-1867), angleški kemik in fizik; znan je po svojih pionirskih poskusih in raziskavah na področju električnosti in magnetizma. Mnogi so mnenja, da je bil eden izmed največjih eksperimentatorjev, ki so kdaj koli živeli. Njegova ideja so namišljene črte - silnice, vzdolž katerih delujejo npr. magnetne sile. To ponazoritev delovanja sil v prostoru zelo pogosto uporabljamo tudi danes. Po njem imenujemo enoto za kapacitivnost kondenzatorja (F).

Henry, Joseph (1797-1878), ameriški fizik in znanstvenik je znan po svojem odkritju elektromagnetne indukcije in samoindukcije. Njegova eksperimentalna dela na področju kemije, električnosti in magnetizma kažejo, za kako številna področja v znanosti se je zanimal. Po njem imenujemo enoto za induktivnost (H).

Hertz, Heinrich Rudolph (1857-1894), nemški fizik, matematik in inženir je prvi dokazal obstoj radijskih valov. Dokazal je, da se radijski valovi razširjajo s svetlobno hitrostjo. V počastitev njegovega dela in dosežkov je po njem poimenovana enota za frekvenco (Hz).

Kelvin, William Thomson (1824-1907); škotski fizik je predlagal merjenje temperature od absolutne ničle (od -273,15° C navzgor). Je eden tistih, ki so postavljali temelje termodinamike. Sodeloval je pri projektu prenosa telegrafskih sporočil preko podmorskega kabla iz Evrope v Ameriko. Izboljšal je vrsto merilnih instrumentov. Za svoje delo je bil nagrajen tudi s plemiškim nazivom. Po njem imenujemo enoto za merjenje absolutne temperature (K).
Kirchoff, Gustav Robert (1824-1887), nemški fizik; odkril je temeljni zakon elektromagnetnega sevanja, po katerem je moč sevanja črnega telesa odvisna od temperature telesa in frekvence valovanja. Je eden izmed ustanoviteljev spektroskopije.

Kirchoff, Gustav Robert (1824-1887), nemški fizik; odkril je temeljni zakon elektromagnetnega sevanja, po katerem je moč sevanja črnega telesa odvisna od temperature telesa in frekvence valovanja. Je eden izmed ustanoviteljev spektroskopije.

Leclanché, Georges (1839-1882), francoski izumitelj, po katerem imenujemo suhe baterijske člene. Še dandanes uporabljamo suhe baterijske člene v prenosnih električnih in elektronskih aparatih.

Morse, Samuel Finley Breese (1791-1872), ameriški umetnik in izumitelj. Med poznavalci likovne umetnosti je zelo cenjen kot slikar miniatur. V tehniki ga še posebej cenijo zaradi razvoja električnega telegrafa. Za sprejem sporočil po žicah je uporabil napravo, ki je z elektromagnetom pritiskala na trak pisalo in tako je bilo moč sporočila sprejemati v obliki črt in pik. Razvil je tudi način kodiranja znakov s črtami in pikami.

Oersted, Hans Christian (1777-1851), danski filozof, ki je med poskusi na predavanjih 1. 1820 odkril elektromagnetno indukcijo. Preučeval je tudi obnašanje tekočin in plinov pod pritiskom. Zaradi svojih poskusov in javnih predavanj je bil zelo cenjen.

Ohm, Georg Simon (1789-1854), nemški fizik, l. 1826 je določil razmerje med napetostjo, tokom in upornostjo v sklenjenem električnem tokokrogu. Po njem se to razmerje imenuje Ohmov zakon, enota za električno upornost pa ohm (Ω).

Shockley, William (1910-1989), ameriški fizik, Glej Bardeen, John

Swan, Sir Joseph Wilson (1828-1914), britanski kemik in izumitelj, ki je veliko prispeval k razvoju fotografije. Njegovi iznajdbi sta tudi žarnica z žarilno grafitno nitko (1860) in žarnica s kovinsko nitko (1878).

Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio (1745-l827), italijanski fizik, izumitelj prve električne baterije. Med njegovimi dosežki je tudi ta, da je prvi izoliral plin metan. Po njem imenujemo enoto električne napetosti (V).

SLOVAR

Pričujoči slovar vam ponuja nekaj besed, ki so vam morda manj znane. Nekatere besede se v tej knjigi pogosto uporabljajo, nekatere so le omenjene, nekaterih morda sploh ni, so pa vsekakor v ozki zvezi s svetom elektronike in elektrotehnike.

absolutna ničla je najnižja možna temperatura (-273,15° C).

akumulator je pravzaprav baterija oz. vir električne energije, ki ga je moč znova polniti potem, ko je prazen. Akumulatorje običajno polnimo z električno energijo, ki jo dobimo s pomočjo usmernika. ampermeter je instrument, s katerim merimo jakost električnega toka.

anoda je pozitivni priključek pri diodi. Skozi diodo bo električni tok tekel samo takrat, kadar je anoda priključena na pozitivni baterijski priključek. atom je najmanjši delec kakšnega elementa, ki ima še vedno lastnosti le-tega.

AVO meter je instrument, s katerim merimo električni tok, napetost ali upor. Ker so enote teh električnih veličin A, V in ohm, so ti instrumenti tudi dobili takšno ime.

balančno vezje je takšno vezje, skozi katerega se pretok električnega toka usmerja in deli podobno, kot se na otroški gugalnici spreminja položaj dveh otrok (gor, dol ali v ravnovesju).

baterija je vir električne energije, v katerem se kemična energija (oz. energija, shranjena v kemičnih spojinah) pretvarja v električno energijo. Izrabljene (izpraznjene) baterije ni več mogoče uporabiti. baza je tisti priključek na tranzistorju, na katerega pripeljemo krmilni tok.

bistabilna je tista stvar (oz. element vezja), ki lahko obstane v enem ali drugem stabilnem stanju oz. položaju.

bit je najmanjši delček računalniške informacije. Ima samo dve stanji, imenujemo ju logično l in logično 0.

CD je plošča, na kateri so podatki (lahko tudi glasba), shranjeni v digitalni obliki.

CD-ROM je kompaktni disk, na katerem so zapisani računalniški podatki. Na takšnem disku je npr. prostora za besedilo, dolgo 300.000 tipkanih strani. Poleg besedila so na takšnem disku lahko shranjene še slike, animirane sekvence, video posnetki in zvok.

coulomb je enota za merjenje količine elektrine.

čip (chip-rezinica) imenujemo tenko ploščico silicija, na kateri je narejeno elektronsko integrirano vezje.

Darlingtonova vezava tranzistorjev je takšna vezava, pri kateri električni tok iz emitorja enega tranzistorja teče naravnost v bazo drugega tranzistorja.

delilnik napetosti je vezje, narejeno iz dveh uporov. Izhod delilnika je mesto, kjer se stikata oba upora.

digitalna informacija je informacija, ki je predstavljena z vrsto bitov.

dinamo je generator, ki služi za pridobivanje enosmernega električnega toka.

dioda je polprevodniški element vezja, skozi katerega električni tok lahko teče le v eni smeri.

elektrina je nosilec elektrike. Za napravo, ki je električno nabita, pravimo, da vsebuje elektrino.

električni tok je pravzaprav usmerjeno in prisilno gibanje elektrine.

električni tokokrog je sklenjena pot toka skozi vezje. Električni tok lahko teče le, če je tokokrog sklenjen, npr.: pozitivni baterijski priključek, priključna žica, žarnica, druga priključna žica, negativni baterijski priključek.

električno polje je področje okoli elektrin. V njem delujejo električne sile.

elektrolit je tekočina, ki dobro prevaja električni tok.

elektrolitski kondenzator je elektronski element, ki vsebuje tekočino (elektrolit). Takšni kondenzatorji imajo običajno dokaj veliko kapacitivnost (več mikrofaradov). Za elektrolitske kondenzatorje je zelo pomembno, kako jih priključimo v vezje. Obratno priključen kondenzator bo lahko takoj uničen.
elektromagnet je pravzaprav tuljava, skozi katero teče električni tok. Ker se zaradi tega tuljava obnaša tako, kot bi bila magnet, jo imenujemo elektromagnet.

elektromotor je naprava, v kateri se električna energija spreminja v mehansko.

elektron je delec atoma, ki ima negativni električni naboj.

elektronski računalnik je naprava, ki je s pomočjo elektronskih vezij, sposobna zelo hitro opraviti veliko število računskih operacij.

element je snov, ki jo sestavlja samo ena zvrst atomov.

element vezja je najmanjši sestavni del električnega vezja.

emitor je tisti priključek na tranzistorju, v katerem se zbereta tokova, ki iz pozitivnega baterijskega priključka prihajata v kolektor in bazo.

energija je sposobnost opravljanja določenega dela. Energija lahko spreminja svojo obliko: npr. mehanična v električno (v generatorju), električna v toplotno (v grelcu), električna v svetlobno (v žarnici) itd.

enosmerni tok teče skozi vodnik vedno v eni smeri.

frekvenca je število sprememb v eni sekundi.

generator je naprava za pretvarjanje mehanične energije v električno. Takšne generatorje uporabljamo npr. v elektrarnah, kjer se mehanična energija vode pretvarja v električno energijo.

grafit je mehka oblika ogljika. V elektrotehniki ga včasih uporabljamo za izdelavo uporov in pri drsnih kontaktih. Najdemo ga tudi v minicah navadnih svinčnikov, pa tudi v mazivih za podmazovanje ležajev.

izolatorji so snovi, ki ne prevajajo električnega toka.

izmenični tok teče skozi vodnik izmenično, najprej v eno, nato v drugo smer.

indukcija je vpliv magneta na prevodnik oz. tuljavo v gibanju. Zaradi indukcije skozi takšne premikajoče se vodnike oz. tuljave, ki so v bližini magneta, steče električni tok.

induktivnost je lastnost tuljav. Meri se v henrijih (H).

integrirano vezje je vezje, ki na majhni ploščici iz silicija vsebuje večje število elementov vezja, kot so npr. tranzistorji, upori, kondenzatorji itd. Zelo obsežna integrirana vezja lahko vsebujejo več milijonov tranzistorjev.

katoda je negativni priključek pri diodi. Skozi diodo teče električni tok samo takrat, ko je katoda priključena na negativni baterijski priključek.

kapacitivnost je lastnost kondenzatorjev. Merimo jo v faradih (F).

kolektor je priključek na tranzistorju, na katerem je najopaznejši vpliv krmilnega toka, ki teče v bazo tranzistorja.

kompaktni disk, glej CD.

kondenzator je element, v katerem se lahko shranjuje energija, tako da se na njegovih sponkah napetost ne spreminja. Kondenzator se upira spremembi električne napetosti na svojih sponkah.

kontaktnik je električno stikalo, v katerem se električna kontakta skleneta z zunanjo silo.

laser (okrajšava od Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation = ojačanje svetlobe s spodbujanim oddajanjem sevanja) je naprava, ki odda enobarven, močan in zelo ozek svetlobni žarek. LED (light emmiting diode) je svetleča dioda.

magnet je predmet, ki ima lastnost, privlačiti železne, kobaltne in nikljeve predmete.

magnetno polje je področje v okolici magneta, v katerem delujejo magnetne sile.

masa je običajno tisti del vezja, ki je priključen naravnost na negativni baterijski priključek. Npr. pri avtomobilih je masa kar kovinsko ohišje, priključeno na negativni priključek akumulatorja.

mikrofon je naprava, v kateri se zvočna energija spreminja v električno.

mikroprocesor je zelo kompleksno integrirano vezje, v katerem je velika množica logičnih vezij. S posebnimi stanji (oz. ukazi) na določenih priključkih je moč vezju 'ukazati', kaj naj naredi s stanji (podatki), ki jih ima na drugih priključkih. Mikroprocesorji so pravzaprav 'možgani' vseh računalnikov.

molekula je najmanjši delec kake snovi, ki ima še vedno njene lastnosti.

monostabilna je tista stvar (oz. vezje), ki ima le en stabilni položaj (oz. stanje), v katerem se najraje zadržuje. Če skušamo z zunanjim vplivom to stanje spremeniti, se bo vse skupaj po prenehanju vpliva samo od sebe povrnilo v to, sicer edino, stabilno stanje.

nabito telo je tisto telo, ki mu je dodana ali odvzeta elektrina.

nestabilna je tista stvar, ki ima stanja, h katerim teži, vendar se v nobenem izmed njih ne zadržuje.

nevtron je delec atoma, ki nima električnega naboja.

nizkofrekvenčni signali imajo takšne frekvence, ki jih lahko slišimo. To so frekvence med 16 Hz in 20.000 Hz.

NTC (negative temperature coefficient - negativni temperaturni koeficient) je termistor, ki mu z naraščanjem temperature upornost pada.

ohmmeter je instrument, s katerim merimo električno upornost.

ojačevalnik je vezje, ki ojača električne signale.

okov je element, v katerega privijemo električno žarnico.

oscilator je vezje, ki daje izmenično električno napetost.

potenciometer je upor, ki ima spremenljivo upornost. V vezje je priključen tako, da sta priključeni obe priključni sponki upora in drsnik.

predpone pišemo pred osnovno enoto in tako povemo, kolikokrat je enota večja ali manjša od osnovne enote.

protoni so delci atoma, ki imajo pozitiven električen naboj.

prevodniki so snovi, ki zelo dobro prevajajo električni tok.

pol je tisti kraj magneta, kjer je vpliv magnetnih sil najmočnejši.

polprevodniki so snovi, ki imajo lastnosti izolatorjev in prevodnikov. Če jih obdelamo in nato uporabimo na določen način, so te snovi prevodniki.
povratna vezava je tista vezava v vezju, ki del izhodne informacije vezja pripelje nazaj na vhod istega vezja.

pulzirajoči tok je takšen tok, ki teče skozi vodnik vedno le v eni smeri, vendar tako, da se jakost toka spreminja.

računalnik je naprava, ki je sposobna obdelati podane podatke oz. s podanimi podatki opraviti določene operacije (npr. izračune).

RAM (random access memory - pomnilnik s poljubnim pristopom) je delovni pomnilnik računalnika. V takšen pomnilnik lahko poljubno pišemo in iz njega beremo.

Reedov kontaktnik je cevka, v kateri sta dva kontakta. Ko ju namagnetimo (z magnetom ali elektromagnetom), se pritegneta in skoznju lahko steče električni tok.

rele je naprava z elektromagnetom, ki pritegne kos železa in s tem tudi premične kontakte pritisne na nepremične. Releje uporabljamo zato, da z električnim tokom vključimo kontakte.

roboti so stroji, katerih gibanje krmilijo računalniki.

ROM (read only memory) je pomnilnik, iz katerega samo beremo. Zelo pogosto so takšni pomnilniki narejeni v obliki integriranih vezij, ki imajo na sebi prozorno okence.

senzorska tipka je takšno tipalo, ki reagira na dotik prsta.

shema je stikalni načrt električnega vezja.

stikalni načrt je načrt, v katerem je prikazano, kako so posamezni elementi v vezju med seboj povezani.

stabilno je tisto stanje, ki se samo od sebe ne bo spremenilo.

stikalo je element vezja, s katerim prekinemo električni tokokrog.

svetleča dioda je element vezja, v katerem se električna energija spreminja v svetlobno

temperatura je podatek, ki nam pove, koliko je kakšna reč topla oz. hladna.

termistor je upor, kateremu se zaradi spremembe temperature upornost zelo spreminja.

tipalo je tisti element, ki neelektrični vpliv spremeni v električnega (npr. tipalo za vlago).

tipka je električno stikalo, ki je sklenjeno samo takrat, ko ga držimo pritisnjenega.

tranzistor je polprevodniški element, ki mu z zunanjim vplivom (z električnim tokom, ki teče v krmilni priključek) lahko zelo spreminjamo upornost.

tranzistor NPN je takšen tranzistor, ki mora imeti za normalno delovanje priključen kolektor na pozitivno, emitor pa na negativno napetost.

tranzistor PNP je takšen tranzistor, ki mora imeti za normalno delovanje kolektor priključen na negativno, emitor pa na pozitivno napetost.

tuljava je element vezja, v katerem se energija shranjuje tako, da skoznjo teče električni tok, ki se ne spreminja. Tuljava se torej upira spremembi električnega toka, ki teče skoznjo.

univerzalni instrument, glej AVO meter.

upor je element, ki se pretoku električnega toka skozenj upira tako, da se v njem električna energija spreminja v toploto energijo.

upornost je lastnost uporov. Meri se v ohmih (Ω).

usmernik je naprava, ki pretvarja izmenični tok v enosmernega. Običajno je to naprava, ki jo vključimo v omrežno vtičnico, na svojih izhodih pa ima enosmerno napetost, na katero lahko priključimo naprave, ki delujejo le na enosmerno napetost (npr. tranzistorski sprejemnik).

visokofrekvenčni signali so signali takšnih frekvenc, ki jih ne moremo slišati. To so vsi signali, ki imajo frekvence nad 20kHz.

voltmeter je instrument, s katerim merimo električno napetost.

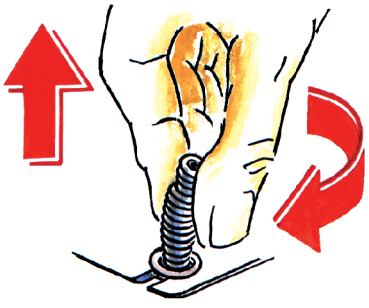
zvočnik je naprava, v kateri se električna energija spreminja v zvočno valovanje.

žarnica je element, ki električno energijo spreminja v toplotno, tako da se nitka v žarnici zelo močno razžari in sveti. Zaradi te, toplote so žarnice vroče.

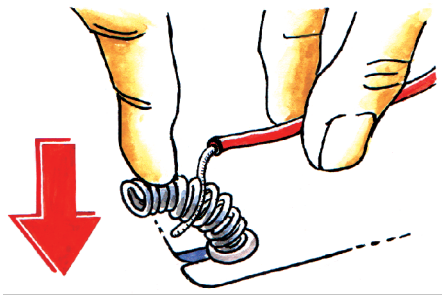
SEZNAM SESTAVNIH DELOV

Št.	NAZIV SESTAVNIH DELOV	Kom
1	Galvanoskop	1
2	Mikrofon	1
3	Škatlica z železnimi opilki	1
4	Škatlica z vijaki in maticami	1
5	Vijak M4 x 5	12
6	Matica M4	16
7	Vzmetna sponka	30
8	Plastični podstavek	1
9	Železna palica	1
10	Magnet	1
11	Tuljava	1
12	Os z navojem	1
13	Zvonec	1
14	Stojalo za žarnico	1
15	Stator (statorska kraka)	1
16	Železno jedro	1
17	Oklep jedra	1
18	Kotva	1
19	Rotor	1
20	Trak 2-krat upognjen 60 x 12 mm	2
21	Ščetke	1
22	Slušalka	1
23	Cinkova ploščica (Zn)	1
24	Bakrena ploščica (Cu)	1
25	Vijak M4 x 20	1
26	Plastična ploščica	1
27	Kovinska ploščica s plastičnim ročajem	1
28	Kotnik 25 x 25 mm	4
29	Trak 2-krat upognjen 38 x 12 mm	2
30	Upor	1
31	Kladivce za zvonec	1
32	Ključ za matice z izvijačem	2
33	Spojna žica	5
34	Kompas	1
35	Žarnica 12 V/0,05 A	1

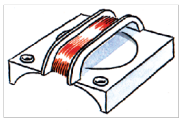
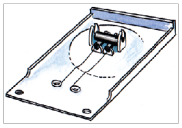
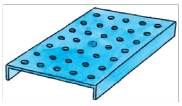
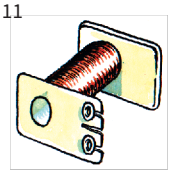
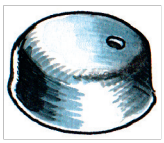
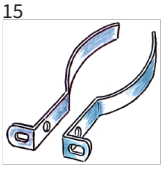
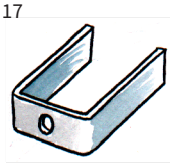
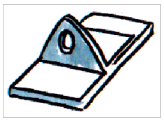
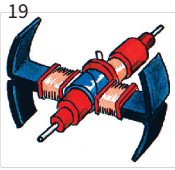
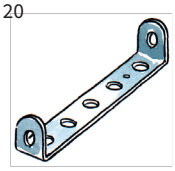
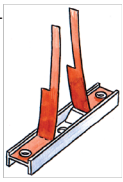
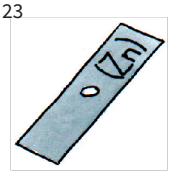
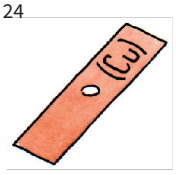
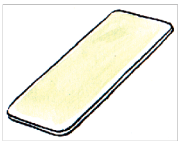
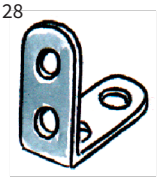
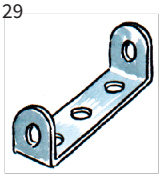
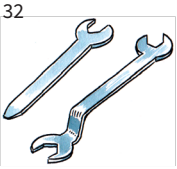
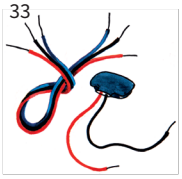
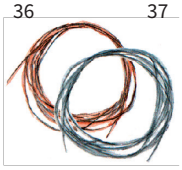
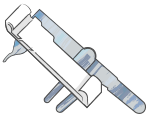
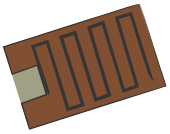
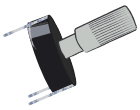
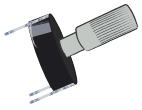
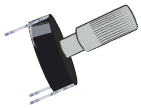
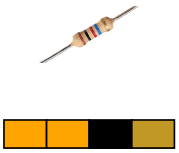
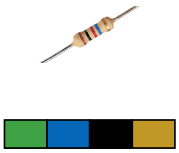
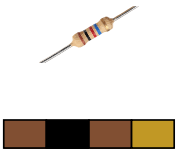
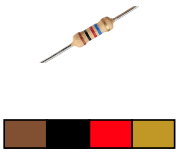
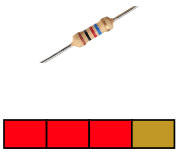
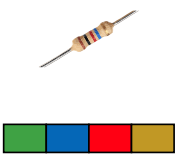
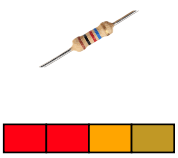
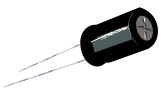
Št.	NAZIV SESTAVNIH DELOV	Kom
36	Bakrena žica	1
37	Konstantan žica	1
38	Priključek za 9 V baterijo	1
39	Osnovna plošča	1
40	Stikalo	1
41	Navitje za rele	1
42	Tranzistor BC548	3
43	Rdeča svetleča dioda	1
44	Zelena svetleča dioda	2
45	Zvočnik 8 Ω, 0,5 W	1
46	Dioda 1N4004	2
47	Termistor NTC 10 kΩ	1
48	Reed kontaktnik	1
49	Tipalo za vlago	1
50	Potenciometer 100 Ω	1
51	Potenciometer 10 kΩ	1
52	Potenciometer 47 kΩ	1
53	Upor 33 Ω, 0,5 W	1
54	Upor 56 Ω, 0,5 W	1
55	Upor 100 Ω, 0,5 W	1
56	Upor 270 Ω, 0,5 W	1
57	Upor 1 kΩ, 0,5 W	2
58	Upor 2,2 kΩ, 0,5 W	1
59	Upor 5,6 kΩ, 0,5 W	1
60	Upor 22 kΩ, 0,5 W	3
61	Upor 100 kΩ, 0,5 W	1
62	Keramični kondenzator 1,5 µF	1
63	Keramični kondenzator 10 µF	2
64	Keramični kondenzator 47 µF	1
65	Keramični kondenzator 100 µF	1
66	Elektrolitski kondenzator 100 µF/16 V	2
67	Elektrolitski kondenzator 1000 µF/16 V	1
68	Vezna žica, dolžine 55 mm	4
69	Vezna žica, dolžine 100 mm	6
70	Vezna žica, dolžine 150 mm	4



Vstavite kontaktno vzmet v osnovno ploščo.



Vstavite žico v kontaktno vzmet.

1 	2 	3	4	5 6	7	8 
9	10	11 	12	13 	14	15 
16	17 	18 	19 	20 	21 	22
23 	24 	25	26 	27	28 	29 
30	31	32 	33 	34	35	36 37 
38	39	40 	41	42	43	44
45	46	47	48	49 	50 	51 
52 	53 	54 	55 	56	57 	58 
59 	60 	61	62 1,5µF (152)	63 10µF (103)	64 47µF (473)	65 100µF (104)
66	67 	68 L = 55 mm	69 L = 100 mm	70 L = 150 mm		

ELECTRO PIONEER

273 eksperimenta na području elektrike, elektronike i magnetizma

Djeluje sa jednom baterijom 9V ⎓ IEC 6LR61-9V ⎓ (nije priložena)

Izdavač i nositelj autorskih prava: LIVE MEHANO d.o.o. • Polje 9 • 6310 Izola • Slovenija

KAZALO

UVOD 91
MJERNE JEDINICE 92
OSNOVNE KOMPONENTE ELEKTRIČNOG KRUGA ..... 93 - 102
STRUJNI KRUGOVI ..... 103 - 146
ELEKTROSTATIKA ..... 147 - 152
MAGNETIZAM ..... 152 - 157
BATERIJE I ELEMENTI ..... 157 - 163
ELEKTROMAGNETIZAM ..... 163 - 166
ELEKTROMAGNET U TEHNICI ..... 166 - 169
GENERATORI I ELEKTROMOTORI ..... 169 - 170
KO JE...? 171
RJEČNIK ..... 172 - 174
POPIS SASTAVNIH DIJELOVA ..... 175 - 176

PRAVA I ODGOVORNOSTI

Sadržaj ove knjige je zaštićen u skladu sa zakonima o autorskom pravu. Ništa iz nje se ne smije kopirati, prepisivati, fotokopirati ili prenijeti na bilo kakav medij za pohranjivanje informacija bez prethodne izrične pismene dozvole nositelja autorskog prava.
Svi strujni krugovi kao i eksperimenti opisani u ovim uputama su pažljivo ispitani i testirani. Ipak, proizvođač ne prihvaća odgovornost za bilo kakvu fizičku i/ili materijalnu štetu, kao ni za povrede nastale tokom sklapanja i korištenja strujnih krugova opisanih u ovim uputama.
Svi dijelovi u ovom kompletu su pažljivo odabrani i bez nama znanih oštećenja. Proizvođač ovog kompleta nije u mogućnosti da izda garanciju za svaki pojedinačni dio, jer se dijelovi mogu lako mehanički ili elektronski oštetiti.
Svi pokusi opisani u ovoj knjizi su pažljivo provjereni i probani. Bez obzira na to, nositelj autorskih prava nije odgovoran za bilo kakvu fizičku i/ili materijalnu štetu, niti za tjelesne ozljede do kojih bi došlo prilikom izvođenja pokusa, opisanih u ovoj knjizi.

POZDRAVLJENI, MLADI ČITATELJI I ČITATELJICE

Drago nam je da ste odlučili stupiti u čudesan svijet elektrotehnike upravo pomoću naše knjige. Nadamo se da će vam izvođenje pokusa biti zabavno. U svakom slučaju, to neće biti samo zabava nego i skupljanje novih znanja, koja će biti djelići kamena-temeljca za ono, što ćete o elektrotehnici naučiti naknadno, kada ćete knjigu koju držite u ruci podrobno poznavati, i kada ćete je sa svojim znanjem i prerasti.
Ne bojite se pokusa, jer je jedan sam pokus vrijedan više nego znanja tisuća stručnjaka. Zato sve svoje nove ideje usput provjerite. Ako pokus ne uspije, ne budite razočarani. Ako ustanovite u čemu ste pogriješili, i negativan ishod Vaše ideje će postati pozitivan jer ćete se i kod takvog pokusa naučiti nešto novo.
Svi pokusi opisani u ovoj knjizi su pripremljeni tako, da se ne možete ozlijediti ili uzrokovati neku veću štetu, ako zanemarimo možebitne manje ogrebotine na prstima.
U knjizi je opisan značajan broj različitih pokusa. Neki su tako jednostavni, da vam nije potrebno nikakvo objašnjenje. Neki su komplicirani i možda uopće nećete razumjeti kako djeluju. Ne očajavajte. Možda će vam slijedeći put, pri podrobnijem čitanju, sve biti jasno. Ako ne razumijete neki dio, ili vas možda ne zanima, slobodno ga preskočite.
Svi strujni krugovi predloženi u ovoj knjizi su napravljeni tako da se ne možete povrijediti ili prouzročiti bilo kakva oštećenja na predmetima koji vas okružuju. Osim sporadičnih ogrebotina na prstima, najgore što vam se može dogoditi je da oštetite neki od elemenata. Ukoliko neki dio ošteti ili uslijed oštećenja ne funkcionira ispravno, lako ga možete zamijeniti sa drugim koji se može kupiti u skoro svakoj prodavaonici elektronike.
U ovim uputama je opisan manji broj različitih strujnih krugova. Neka su toliko jednostavna da objašnjenja nisu potrebna. Druga su komplicirana i možda nećete moći da ih u potpunosti razumijete u prvom trenutku. Poslije nekoliko ponavljanja i proučavanja, moći ćete da napravite i stavite u funkciju čak i najkompliciraniji strujni krug sa lakoćom.
U svakom slučaju, ukoliko vam je neki eksperiment prilično težak i frustrira vas njegovo izvođenje, nemojte se plašiti da ga preskočite i kasnije se vratite na njega. Raznolikost strujnih krugova, od kojih ste neke proučavali u školi, svakome pružaju mogućnost da uči više o određenoj temi. Dodatno, detaljan opis strujnih krugova i njihovog funkcioniranja koji je dat u ovim uputama vam može biti od velike koristi za nastavne aktivnosti.
Veliki broj pokusa omogućuje da svako nađe nešto prikladno za sebe. Možda ćete zbog detaljnog opisa djelovanja pokusa, ovu knjigu upotrijebiti i kao pomagalo u školi.

DRAGI RODITELJI

Sa ovom knjigom i vi sami (ponovo) stupate u svijet elektrotehnike. Ako ste u tom svijetu udomaćeni, pomozite i potaknite mladog istražitelja. Ako je taj svijet i za vas nov, neka vam se ne bude neugodno pridružiti mladom i nadobudnom istražitelju. Svijet elektrotehnike je pun otkrića, koja čekaju podjednako na mlade i na starije istraživače.

Željeli bismo da iskoristimo još jednu mogućnost da podvučemo činjenicu da je komplet apsolutno siguran. Smišljeno je napravljen da radi na baterije, jer je korištenje struje uvijek potencijalna opasnost, naročito za neiskusne korisnike. NIKADA NEMOJTE SVOM DJETETU DOZVOLITI DA KORISTI OVAJ KOMPLET UZ KORIŠTENJE STRUJE IZ UTIČNICE!

Korištenje konvertora nije spominjano. Ukoliko imate iskustva iz područja elektronike ili elektriciteta, konvertor se može koristit kao izvor struje, ali samo uz vaš nadzor. Korištenje konvertora bez nadzora može dovesti do oštećenja dijelova.

NAPOMENA ZA RODITELJE

- PRIJE POČETKA RADA NEKA DJETE PAŽLJIVO PROČITA UPUTE TE NEKA IH SE PRIDRŽAVA.
- IGRAČKA JE PRIKLADNA ZA DJECU STARIJU OD 9 GODINA.
- ZBOG SIGURNOSTNIH RAZLOGA SU SVI POKUSI PRILAGOĐENI ZA NAPON 9 V (9 V BATERIJA IEC 6LR61).
- NEMOJTE KORISTITI PUNJIVE BATERIJE (npr. Ni-Cd baterije).
- BATERIJE MORAJU BITI POVEZANE NA ODGOVARAJUĆIM POLOVIMA.
- NE POKUŠAVAJTE DA SASTAVITE STRUJNI KRUG POMOČU STRUJE IZ UTIKAČA! TO MOŽE BITI OPASNO PO ŽIVOT I PO OKRUŽENJE! KONTAKT SA UTIKAČIMA MOŽE BITI SMRTONOSAN I MOGU PROUZROČITI POŽAR. KOMPLET I NJEGOVI DIJELOVI NISU NAMJENJENI DA RADE NA NAPONU STRUJNIH UTIČNICA.
- PREPORUČUJEMO DA SE OVAJ KOMPLET KORISTI I ISKLJUČIVO POD NADZOROM ODRASLIH.
- IZVODITI JE DOZVOLJENO SAMO ONE POKUSE KOJI SU DETALJNO OPISANI U UPUTAMA.
- UKOLIKO DUŽE VRIJEME NEĆETE KORISTI STRUJNI KRUG PREPORUČUJEMO DA UKLONITE BATERIJE.
- KORISTITE ISKLJUČIVO BATERIJE PREPORUČENE ZA KONKRETNO STRUJNI KRUG.
- PREPORUČUJU SE ALKALNE BATERIJE.
- BATERIJA NESMIJE BITI U KONTAKTU SA METALNIM DIJELOVIMA JER TO MOŽE PROUZROČITI EKSPLOZIJU.
- NIKADA NE POKUŠAVAJTE DA PUNITE BATERIJU.
- BATERIJU MOŽE DA ZAMIJENI SAMO ODRASLA OSOBA.
- BATERIJU NE BACAJTE U VATRU.
- MOLIMO DA PRAZNE BATERIJE ODLAŽETE U ODGOVARAJUČE KONTEJNERE.
- NE PRAVITE KRATAK SPOJ NA IZVORIMA STRUJE.
- PROIZVOD SADRŽI ELEMENTE S FUNKCIONALNIM OŠTRIM VRHOVIMA ILI ODREZANIM RUBOVIMA.

Pažnja: igračka također sadrži oštre dijelove i rubove. Neki dijelovi u ovom kompletu su mali i imaju oštre rubove. Ovaj proizvod stoga nije namijenjen djeci uzrasta ispod devet godina. Zapamtite ove instrukcije za ubuduće.

EN71: Magnet

UPOZORENJE: Nije prikladan za djecu mlađu od 9 godina. Ovaj proizvod sadrži mali magnet s magnetskim tokom preko 50 kg^2/mm. Progutani se magneti u crijevima mogu spojiti i uzrokovati ozbiljne ozljede. U slučaju gutanja magneta potražite hitnu medicinsku pomoć.

EN62115:

UPOZORENJE: Samo za djecu dobi od 9 i više godina. Upute za roditelje uključene su i potrebno je pridržavati ih se. Ovaj proizvod sadrži otpuštene žice. Žice se ne smiju postavljati u utičnice. Pokus 97: Porast temperature otpornika u pokusu 97 veći je od limita, ali upute nisu ukazale na moguće opasnosti i nisu sadržavale upozorenja. Nije moguće izravno dodirnuti vruću površinu dostupnih dijelova tijekom i nakon provođenja pokusa, poput površine otpornika, baterija, namotaja i ostalih električnih komponenti. Pazite da temperatura bude niska, u suprotnome postoji opasnost od opeklina. Ambalažu je potrebno čuvati jer sadrži važne informacije.

UPOZORENJE

Ne upotrebljavajte baterije koje se pune (npr. Ni-Cd baterije). Za ovu igračku upotrebljavajte samo baterije istoga ili ekvivalentnoga tipa kao što su propisane. Preporučamo upotrebu alkalnih baterija. Baterije moraju biti priključene u pravilnom polaritetu. Zamijenite sve baterije, ne miješajte stare i nove baterije kao ni različite tipove baterija (npr. alkalne i cink-karbonske). Baterije mora zamijeniti odrasla osoba. Istrošene baterije ne puštajte u ležištu igračke. Ako igračku ne namjeravate upotrebljavati duže vrijeme, uklonite baterije. Baterije ne smiju doći u dodir s metalom jer postoji mogućnost da dođe do požara ili eksplozije. Nikada ne pokušavajte puniti baterije koje nisu namijenjene za punjenje. Baterije, koje su namijenjene za punjenje moraju biti uklonjene iz igračke (ako se mogu odstraniti) prije početka punjenja. Baterije, koje su namijenjene za punjenje se pune (ako se mogu odstraniti) samo pod nadzorom odrasle osobe. Ne bacajte baterije u vatru. Istrošene baterije bacajte u za tu svrhu namijenjene kontejnere. Priključke (naponske) nije dozvoljeno kratko spojiti. Boja žice električne izolacije može se razlikovati od boje prikazane na slikama u uputama.

UVOD

Primjena elektronskih otkrića je dovela do fantastičnih promjena za čovječanstvo. Prošlo je manje od pedeset godina od pojave tranzistora, i skoro desetljeće od pronalaska integriranog strujnog kruga. Elektronika se koristi u skoro svakom segmentu našeg života. Pitajte svoje bake i djedove, da li su imali televizore i radio aparate u vašem uzrastu; da ne spominjemo video rekordere, kompjutere, mobitele, kamere i druge elektronske aparate bez kojih mi danas ne možemo, da zamislimo život.
Vaše bake i djedovi će sigurno priznati da je elektronika dovela do ukorijenjenih promjena u njihovim životima. Možda će se neki sa žaljenjem sjećati "dobrih starih vremena", ali nemojte da vas to zabrine. Oni su također žalili. I vi ćete vjerojatno žaliti kada budete razgovarali sa svojim unucima.
Elektronika svakako utječe na naše živote i moramo joj pružiti dovoljno pažnje. Činjenica da čitate ove upute dokazuje da i vi vjerujete u to. Kako uopće funkcioniraju video rekorderi, kompjuteri, digitalni satovi i CD playeri? Odgovor nije jednostavan.
Vjerojatno kod kuće imate Lego kocke. Kada vam mlađi brat ili sestra traže da sagradite dvorac, svemirski brod ili kuću, vi ćete znati kako to da napravite. Upotrijebili ste mnogo malih, jednostavnih kocki. Svaka kocka je cjelina za sebe, ali kada ih sklopite u cjelinu, izgradili ste nešto što ne sliči ni na jednu pojedinačnu kocku. Dok ste stvarali svoje remek djelo, vjerojatno niste razmišljali o tome kako i od čega su napravljene Lego kocke.
Slično je i sa elektronikom, kompleksni strujni krug je sastavljeno od jednostavnih dijelova. Čak i veliki stručnjaci ne mogu točno reći kako jedno komplicirano i kompleksno električni strujni krug funkcionira. Sigurno znate kako se koristi televizor i kako se igraju kompjuterske igre. Ne razmišljate o tome da nećete znati kako rade. Isto kao što vam je potrebno mnoštvo malih kocki da sagradite Lego dvorac, najprije morate naučiti kako da napravite brojne male i jednostavne strujne krugove, prije nego sto budete u mogućnosti da napravite kompleksni električni strujni krug.
U ovoj knjizi je navedeno 270 pokusa i teoretskih opisa. Ova zbirka sadrži sve potrebne dijelove za njihovu izvedbu osim onih, koje možemo naći u svakom domaćinstvu (češalj, komadić stakla, čaša za vodu, pečatni vosak, džepni nožić, igle za šivanje, konac (pamučna nit), ljepenka, karton, čavli, staniol-Al folija, komadić drva, pleteće igle, željezna žica,...)
Zbirka je namijenjena djeci oba spola od 9 godina na više, a pogodna je za pojedinačni i skupni rad i uspješno se može rabiti u osnovnoj školi iako je pripremljena za izvanškolski rad i aktivnosti.
S obzirom da ove zbirke upotrebljavaju i neke škole u svojim izvan nastavnim aktivnostima, opisano je i nekoliko pokusa, za koje je potrebno i nešto više pribora, na primjer:
- br. 35 žarulja 12 V/0,05 A navoj E10 (1 kom za pokus br. 207, 2 kom za pokuse br. 209 i br. 210)
- br. 14 stalak za žarulju E10H1 (1 kom za pokus br. 207, 2 kom za pokuse br. 209 i br. 210)
- br. 38 priključak za 9 V bateriju (1 kom za pokuse br. 211, br. 230 i br. 260, 2 kom za pokus br. 212).

OPČE UPUTE

Svi dijelovi u zbirci su navedeni, označeni brojevima i nacrtani na zadnjoj strani.
Prije početka izvođenja pokusa, moraš nabaviti bateriju napona 9 V (IEC 6LR61).
Kod svakog pokusa navedeni su sa odgovarajućim brojevima svi sastavni dijelovi koji su potrebni za izvođenje pojedinih pokusa i to onim redom kojim se koriste.
Korisno je da se prije početka izvođenja pokusa pripreme svi potrebni dijelovi, slože onim redom kojim će se koristiti te se zatim pristupi samom izvođenju pokusa. Po završenom pokusu vrati pojedine dijelove na njihova mjesta.

KAKO TREBA IZVODITI POKUSE

Svaki pokus je označen rednim brojem. Pokuse možeš izvoditi ne obazirući se na redne brojeve, no preporučamo da ideš po redu. Tijek pokusa ćemo opisati na primjeru električnog zvona, koji je opisan pod rednim brojem 130/131. Dijelovi potrebni za sastavljanje zvonca su u tekstu označeni sa brojevima. Slike i nazive tih dijelova možemo naći na str. 55 u “Popisu sastavnih dijelova”. U našem slučaju to su sljedeći brojevi: 5-6-7-8-11-12-13-16-17-25-28-31-33 itd.
Prema tim brojevima pripremit ćemo i svrstati u red sljedeće dijelove:

4 x 7 = opružna spona
8 = plastično podnožje
6 x 5 = vijak
13 x 6 = matica
11 = uzvojnica
12 = osovina sa navojem
13 = zvono
16 = željezna jezgra
17 = omotač jezgre
25 = vijak
3 x 28 = kutnik 25 x 25 mm
31 = čekić za zvono
33 = žica za spajanje

• 2 x 5 - znači da su vam potrebne 2 komponente br. 5
• (20) - broj u zagradi označava da su potrebni isti sastavni dijelovi kao kod pokusa br. 20
• list iz bilježnice, češalj - znači da ovi dijelovi nisu priloženi i da ih dobijemo u svakom domaćinstvu.

Primjer: Na podlozi od plastične mase učvrstimo kutnik s pomoću vijka i matice. Nakon toga učvrstimo željeznu jezgru s omotačem jezgre i na jezgru postavimo uzvojnicu itd. Sve sastavne dijelove treba spojiti čvrsto i precizno. Ako pojedini pokusi ne budu odmah pravilno djelovali, potrebno je ukloniti nedostatke. Pokusi iz područja elektrostatike izvode se najbolje pri suhom vremenu, osobito zimi. Pokuse treba obavljati suhim rukama.

Želimo puno uspjeha pri eksperimentiranju ...

MJERNE JEDINICE

Kako ćemo ovdje raditi sa raznim fizičkim količinama koje se mjere različitim jedinicama, prvo moramo naučiti sve o mjernim jedinicama koje se koriste u elektronici.

U Hrvatskoj, kao svuda u svijetu, koristimo, kada su tehničke stvari u pitanju, SI sistem jedinica - Systemme Internationalle (kako se na francuskom piše internacionalni sistem), ovom sistemu, osnovne jedinice su:

Količina	**Jedinica**	**Skraćenica**
dužina	metar	m
masa	kilogram	kg
vrijeme	sekunda	s
električna struja	amper	A
temperatura	kelvin	K
Svjetlosna jačina	Kandela - svijeća	cd
tvar	mol	mol

Sve ostale jedinice su izvedene iz ovih osnovnih jedinica i mogu se tako i izraziti: npr.je izvedena jedinica. Jedinične pojedinačnih izvedenih jedinica nisu jednostavne i prelaze okvire ovih uputa.

Mnoge stvari oko nas su mjerljive, a njihova svojstva definirana. Tako, možemo izmjeriti dužinu nekog stola. Za to koristimo neki mjerni instrument (npr. ravnalo) čija je skala podijeljena na manje jedinice. Jedinica za mjerenje dužine je metar. Vi vjerojatno znate za još neke jedinice. Masa se mjeri u kilogramima, vrijeme u sekundama, zapremina u kubnim metrima, itd.

Često koristimo mjerne vrijednosti koje su mnogo veće ili manje od osnovne jedinice. U takvim slučajevima koristimo prefiks koji služi da navede koliko puta je naša jedinica manja ili veća od osnovne jedinice.

Za mjerne vrijednosti koje su mnogo veće od osnovne jedinice, koristimo sljedeće prefikse:

prefiks	**simbol**	**vrijednost**	**Osnovnu jedinicu množimo sa**
kilo-	K	10^3	1.000
mega-	M	10^6	1.000.000
giga-	G	10^9	1.000.000.000
tera-	T	10^{12}	1.000.000.000.000

Znači, 1 kilometar je jednak 1.000 metara, a 101,6 mega herca je jednako 101.600.000 herca ili:

1 km = 1000 m
101,6 MHz = 101.600.000 Hz.

Za mjerenje vrijednosti koje su mnogo manje od osnovnih jedinica, koristimo sljedeće prefikse:

prefiks	**simbol**	**vrijednost**	**Osnovnu jedinicu dijelimo sa**
mili-	m	10^{-3}	1.000
mikro-	µ	10^{-6}	1.000.000
nano-	n	10^{-9}	1.000.000.000
piko-	p	10^{-12}	1.000.000.000.000

Znači, 1 milimetar je jednak 0,001 metra i 10 mililitara je jednako 0,01 litra ili:

1 mm = 0,001 m
10 ml = 0,01 l

OSNOVNE KOMPONENTE ELEKTRIČNOG KRUGA

ELEKTRIČNI KRUG

Električna struja se ne može čuti, vidjeti, a ni osjetiti mirisom.

KAKO ONDA ELEKTRIČNA STRUJA TEČE? Električna struja teče kada imamo razliku električnih potencijala i zatvoreni strujni krug.

Zamislite da imamo kantu punu vode na stolu i jednu praznu kantu ispod stola. Povežite te dvije kante jednim crijevom kroz koje će teći voda. Kanta na gornjem nivou će se prazniti kako se ona na donjem nivou bude punila. Što je crijevo šire, kroz njega će teći više vode.
Sada da smjestimo kotač iznad kante na donjem nivou. Ako je kotač mali i dovoljno lagan, struja iz malog crijeva će prouzročiti da se on okreće. Ukoliko uglavimo veći kotač, morat ćemo ili da upotrijebimo šire crijevo sa više struje, ili ako hoćemo da koristimo isto crijevo, podignemo kantu sa gornjeg nivoa još više i tako dobijemo jači mlaz, recimo sa stola je podignemo na policu.

Prije ili kasnije, kanta na gornjem nivou će se isprazniti. Ukoliko ručnu pumpu povežemo sa kantom na donjem nivou, možemo pumpati vodu iz kante na donjem u kantu na gornjem nivou. Ovaj eksperiment sa kantama, crijevima, kotačem i pumpom pokazuje šta se u osnovi događa u električnom krugu. Kanta na višem nivou predstavlja jedan pol baterije. Crijeva različite veličine su provodnici različite veličine kroz koje prolazi jača ili slabija električna struja.
Manji ili veći kotači za vodu su potrošači struje (npr. jači ili slabiji električni motori ili jače ili slabije žarulje). Isto kao što se kanta sa gornjeg nivoa brže prazni ukoliko je kotač veći a crijevo šire, tako će se i baterija ranije isprazniti ukoliko je provodnik veći ili je električni motor jači.

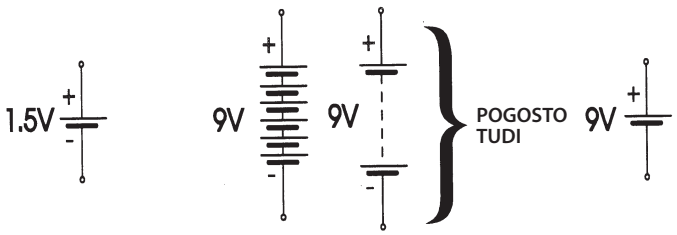
Umjesto da koristimo bateriju kao izvor struje, koristimo generator, kao kod centrala. U našem slučaju to je vodena pumpa.
U našem sistemu kanta-i-crijevo, strujni krug se sastoji od kante na gornjem nivou, crijeva, vodenog kotača i na kraju kante na donjem nivou. Kod strujnog kruga, struja teče od pozitivnog (+) pola, kroz provodnik, preko potrošača i u negativan (-) pol.
Efekt električne struje zavisi od toga kaj je povezano sa strujnim krugom. Ukoliko povežemo elektro motor, efekt električne struje će biti okretanje njegove osovine. Ukoliko povežemo zujalicu, čuti ćemo zujanje. Ukoliko povežemo žarulju, ugledati ćemo svjetlo. Postoji mnogo mogućnosti. Prilikom stvaranja električnog strujnog kruga, koristimo neke osnovne komponente. To su: baterije, provodnici, otpornici, električni kondenzatori, prekidači i polu-provodnici (diode, svjetlosne diode, tranzistori i integrirani krug).

BATERIJE

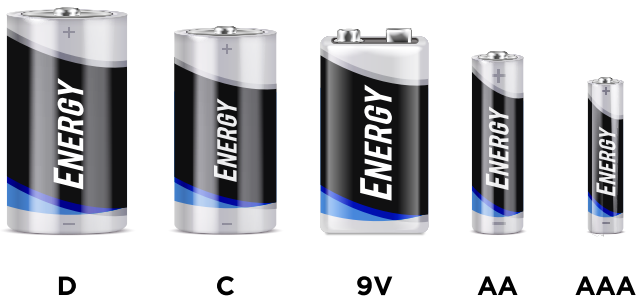
Električne baterije predstavljaju izvor električne struje. Glavna karakteristika električnih baterija je njihov napon. Jedinica za napon je volt, koja je ime dobila po talijanskom fizičaru Alesandru Volti. Znak za ovu jedinicu je V. Znak za napon je U.
Napon između polova malih baterija koje koristimo za kasetofone je 1,5 V. Napon između polova auto baterije je 12 V. Napon tro ćelijske pravokutne baterije je 4,5 V.

Za baterije i akumulatore, koristimo isti znak: dugačku tanku i paralelnu kraću i deblju liniju. Tanka linija je pozitivan pol, a deblja linija je negativan pol baterije. Ako povežemo nekoliko baterijski ćelija serijski, dobijemo bateriju sa većim naponom. Jedna baterijska ćelija obično ima 1,5 V. Tako će, baterija od 9 V imati šest zatvorenih ćelija, baterija od 4,5 V tri zatvorene ćelije, serijski povezane.

Na našim crtežima su obično prikazane serijski povezane baterije, tako da su tanje i deblje linije prikazane u koloni ili su točkice iscrtane između dva znaka za bateriju. Znak za bateriju i njihov izgled su prikazani na prikazima a i b.
Vratimo se na usporedbu kante; zamislite kante kaskadno poredane i povezane crijevom. Voda će cirkulirati od najviše kante prema nižoj kroz crijevo, a iz posljednje kante će isticati voda koja je prošla kroz sve kante. Na ovaj način možemo prikazati serijski povezane baterije.



Slika a - Znak za bateriju



Slika b - Različite baterije

PROVODNICI

Provodnike koristimo za povezivanje komponenata električnog kruga u zatvoreno kola. Na dijagramu koji predstavlja strujni krug, provodnici su prikazani kao linije. Ukoliko se provodnici prelaze, prelaze se i linije na dijagramu. Ukoliko provodnike treba povezati, na dijagramu se to prikazuje u obliku točke. Ukoliko su komponente i krug serijski povezani, točke se ne prikazuju na dijagramu. Primjeri prelaska, povezivanja i serijskog povezivanja su dati na prikazu c.
Ukoliko usporedimo provodnike sa cijevima vidjeti ćemo da veći provodnici mogu provesti više struje. Žice koje se nalaze u kompletu se mogu koristiti u svim eksperimentima. Provjerite da li struja teče tamo gdje treba, da li su žice su izolirane i da li je izolacija uklonjena samo na krajevima.

Slika c - Prelazak, povezivanje i serijsko povezivanje

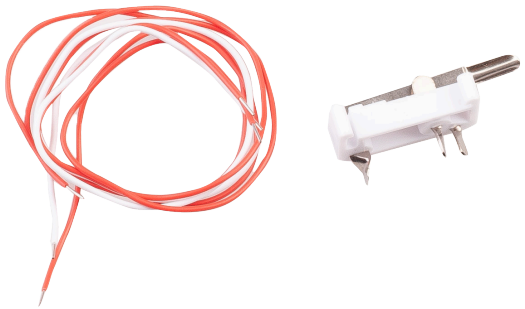
PREKIDAČ

Prekidač se koristi da poveže, npr. zatvori strujni krug ili da isključi, npr. prekine, strujni krug. Prekidač i znak za isti su dati na slici d i e. Dijagram također prikazuje da li je prekidač uključen - on ili isključen - off.

Električna struja teče kroz zatvoreno strujni krug. Električna struja je električno punjenje koje teče kroz provodnik u sekundi. Kao jednadžba to se izražava ovako:

I=Q/t

Kod ove jednadžbe, I predstavlja struju, a Q električno punjenje koje je prošlo kroz provodnik u vremenu t.
Električna struja se mjeri amperima (A) po francuskom fizičaru André Ampèreu. Znak za struju je I.I.



Slika d - Provodnici i prekidač

Slika e - Znak za prekid u dijagramu strujnog kruga

ELEKTRIČNA STRUJA

Ako se vratimo našim kantama sa vodom, količina vode u kanti na gornjem nivou predstavlja električno punjenje koje je smješteno u bateriji. Više vode će teći kroz šire crijevo; drugim riječima, struja će biti jača. Naravno jača struja će brže isprazniti bateriju. Isto važi za baterije i žarulje: ukoliko je žarulja jača, jača struja će teći sa istom voltažom. Žarulja će davati više svjetla, ali će se baterija isprazniti brže nego u slučaju manje žarulje.

IZMJENIČNA ELEKTRIČNA STRUJA

Zamislite da promatramo tok vode u tjesnacu između zaljeva i otvorenog mora. Kaj se događa sa plimom? Kada je nivo vode veći na otvorenom moru, uslijed plime, voda se ulijeva u zaljev. Kada je nivo vode u moru niži, voda iz zaljeva odlazi prema otvorenom moru. Kao rezultat promjena, voda se jednom ulijeva, a jednom izljeva iz zaljeva. Možemo reći da u tjesnacu imamo naizmjenično strujanje vode.
Slično, električna struja može da teče kroz provodnik, najprije u jednom a zatim u drugom smjeru. Takav tok električne struje se naziva izmjenična struja (AC).
Iako struja iz baterije uvijek teče samo u jednom smjeru, mi ćemo, u našem eksperimentu, doći do situacija gdje će struja teći u jednom pa u drugom smjeru kroz određene elemente strujnog kruga. Izmjenična struja će teći kroz te elemente.

FREKVENCIJA

Kod izmjenične struje, možemo izbrojati koliko puta u sekundi električna struja mijenja smjer. Broj promjena u sekundi se naziva frekvencija. Jedinica frekvencije je herc (Hz), a nazvana je po njemačkom fizičaru Heinrichu Hertzu.

Sada, ako se prisjetimo poglavlja o mjernim jedinicama, vidjeti ćemo da ne postoji osnovna jedinica za frekvenciju. Ali, rekli smo da su ostale mjerne jedinice izvedene iz osnovnih. A kako mi izvodimo jedinicu za frekvenciju? Frekvencija predstavlja broj promjena u sekundi. Ne postoji jedinica za "broj promjena", ali 1 sekunda je osnovna jedinica. Jedinica frekvencije se može izraziti kao:

(jedinica frekvencije) = (jedinica broja promjena) / (jedinica vremena)

Hz=1/s

Ovo je primer jednostavne jednadžbe jedinica jediničnog sistema.
Druge jedinice (npr. volt ili om) nisu izvedene tako lako.
Ako jedan izmjenični signal ima nisku frekvenciju, mi to nazivamo nizak signal frekvencije. Struja koja teče kroz zavojnicu mikrofona je nisko frekventna struja. Zvuk koji čujemo je između 16 Hz i 20 kHz. Električni signali na tako niskim frekvencijama se nazivaju nisko frekventni signali. Električna struja koja teče kroz kabl između antene i televizora je visoko frekventna struja.
U našem eksperimentu, koristi ćemo samo nisko frekventne izmjenične struje.

OTPORNIK

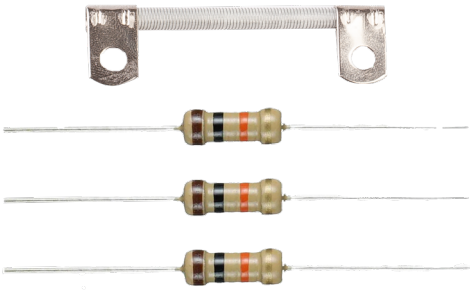
Otpornik je obično jedna keramička cijev obložena nekim otpornim materijalom (npr. grafit ili metal). Na kraju cijevi se nalaze dvije žice preko kojih je otpornik povezan sa strujnim kolom. Otpornik i njegove oznake su prikazani na slici f i g.
Ukoliko karakteristike otpornika usporedimo sa vodenim tokom, otpornik bi bio strmi dio crijeva kroz koji voda teče. Što je cijev nagnutija, vodi je teže da prolazi.
Struja koja teče kroz otpornik zavisi od napona na konektoru i otpora samih otpornika. Što je veći napon, više struje će teći kroz otpornik. Pri istom naponu, više struje će teći kroz otpornik sa manjim otporom.
Ovo možemo izraziti jednadžbom:

I =U/R

kod koje je I struja koja teče kroz otpornik, U je napon na kontaktu otpornika i R je otpor otpornika. Jednadžbu možemo okrenuti da bi dobili

U=IxR

Ovo je Ohmov zakon, koji je ime dobio po njemačkom fizičaru Georgu Simonu Ohm, koji je proučavao vezu između električne struje, napona i otpora u električnom strujnom kolu. Jedinica za električni otpor je ohm i njena oznaka je veliko grčko slovo omega (Ω). Isto kao i kod ostalih jedinica, koristimo prefikse za veće vrijednosti, npr. kilo- i mega-: 1 kiloohm je jedna tisuća oma i jedan megaohm je jedan milijun oma.
Kako su otpornici obično mali, brojevi na njima se brzo brišu uslijed trenja. Da biste lakše pronašli različite otpornike, vrijednosti otpornika su označene trakama u boji.



Slika f - Otpornici

Slika g - Znak za otpornik

KAKO ČITAMO TE TRAKE?

Držite otpornik tako da vam je traka u boji bliže lijevoj strani otpornika. Ukoliko postoji nekoliko traka, najširа od njih će biti na pravoj strani. No jednom otporniku može postojati tri do pet traka. Ukoliko ih je više od tri, traka na desnoj strani je ona koja važi. Ukoliko postoji tri ili četiri trake, onda prve dvije prikazuju numeričke vrijednosti a treća broj nula koje prate brojeve. Ako postoji pet linija, prve tri prikazuju numeričke vrijednosti, a četvrta nule koje slijede.

Kodovi boja su prikazani u tabeli koja slijedi:

0	crna	
1	smeđa	
2	crvena	
3	narančasta	
4	žuta	
5	zelena	
6	plava	
7	ljubičasta	
8	siva	
9	bijela	

Iste boje se koriste da pokažu broj nula koje slijede:

0	nijedna	
1	jedna	
2	dvije	
3	tri	
4	četiri	
5	pet	
6	šest	
7	sedam	
8	osam	
9	devet	

Kada bi se neki otpornik označio otporom koji je ispod 10 ohm-a, numerička vrijednost bi bila prevelika.
U ovom slučaju brojčana vrijednost se dijeli sa deset ili sto.

Podijeljeno sa deset	zlatna	
podijeljeno sa sto	srebrna	

Posljednja (četvrta ili peta) traka nam govori koliko je otpornik precizan. Sa proizvodne linije, otpornici ne izlaze potpuno jednaki. Otpornici za koje se pretpostavlja da su jednaki mogu se malo razlikovati. Ako uzmemo kutiju otpornika određene vrijednosti otpora, recimo 100 Ω, i ako izmjerimo njihov otpor, dobivene vrijednosti neće biti potpuno iste. Što je proizvodnja preciznija, ove razlike će biti sve manje. Kao što i sami pretpostavljate, naravno, sigurniji otpornici su mnogo skuplji. Uzimajući u obzir korištenje i cijenu elemenata, korisnik mora da odluči o željenoj sigurnosti neophodnih elemenata. Proizvođači često garantiraju sigurnost svojih proizvoda. Ukoliko je sigurnost otpornika označena, biće označena trakama u slijedećim bojama:

± 10%	srebrna	
± 5%	zlatna	
± l%	smeđa	
± 2%	crvena	
± 0,5%	zelena	
± 0,25%	plava	
± 0,1%	ljubičasta	
± 0,05%	siva	

Tako otpornik otpora 100 Ω čija je sigurnost ± 10% će imati otpor između 90 Ω i 110 Ω.
Da pogledamo neke primjere:

Otpornik sa tri trake: smeđa, crna, crvena
Vrijednost je: jedan, nula, dvije nule: 1.000 Ω

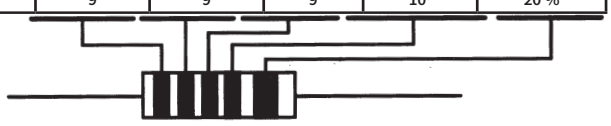
Otpornik sa četiri trake: narančasta, narančasta, narančasta, zlatna
Vrijednost je: tri, tri, tri nule: 33.000 Ω
Točnost: ± 5%

Otpornik sa pet traka: crvena, crna, zelena, zlatna, (široka) crvena
Vrijednost je: dva, nula, pet, podijeljeno sa deset: 20,5 Ω
Točnost: ± 2%.

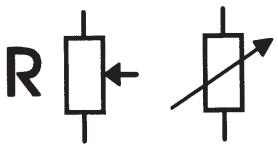
Ukoliko nam treba jači otpornik, on će obično biti veći. Jako snažni otpornici su napravljeni tako da je žica otpornika namotana oko keramičke cijevi. U našim eksperimentima, mi nećemo koristiti takve otpornike.

Nekada nam trebaju otpornici koji brzo mogu da promijene vrijednosti. Zamislite da imamo klizeći kontakt kod našeg otpornika. Kada se promijeni točka kontakta, otpor između kontakta i klizača se mijenja. Takvi otpornici se nazivaju potenciometri. Kod potenciometara, otporni sloj se nalazi tankom obodu u obliku prstena. Klizač je priljubljen za tijelo otpornika. Primjer za korištenje potenciometra je u eksperimentu gdje podešavamo jačinu radio prijemnika. Kako je kućište potenciometra dovoljno veliko, vrijednost otpora je na njemu ispisana brojevima, npr. 50 K (50 kΩ).
Ukoliko želimo da koristimo potenciometar kao podesivi otpornik, povezati ćemo ga sa strujnim krugom na jednom krajnjem izlazu, a onda povezati srednji izlaz za klizač. Kada se klizač nastavlja na krajnji izlaz, otpor je mali ili zanemariv. Kada se klizač nalazi na suprotnom kraju, otporni sloj u cjelini leži između spojeva — kontakata, i otpor potenciometar pruža najveći mogući otpor. To je otpor koji je naveden na kućištu potenciometra.

BOJA	br. 1	br. 2	br. 3	MNOŽITELJ	TOLERANCIJA
SREBRNA	-	-	-	10^{-2}	10 %
ZLATNA	-	-	-	10^{-1}	5 %
CRNA	0	0	0	1	-
SMEĐA	1	1	1	10^{1}	1 %
CRVENA	2	2	2	10^{2}	2 %
NARANČASTA	3	3	3	10^{3}	-
ŽUTA	4	4	4	10^{4}	-
ZELENA	5	5	5	10^{5}	5 %
PLAVA	6	6	6	10^{6}	0,25 %
LJUBIČASTA	7	7	7	10^{7}	0,1 %
SIVA	8	8	8	10^{8}	0,05 %
BIJELA	9	9	9	10^{9}	20 %



Kada koristimo potenciometar kao jedan podesivi otpornik, koriste se samo dva izlaza: središnji izlaz i jedan od krajnjih izlaza. Na dijagramima, takvi podesivi otpornici se često prikazuju u vidu otpornika koji je prekriženo strelicom. Općenito na dijagramima, element koji je prekrižen strelicom označava da je element podesiv.
Na slici h pokazuje simbole za potenciometar i potenciometar koji se koristi kao podesivi otpornik.



Slika h - Simbol za potenciometar

KRATAK SPOJ

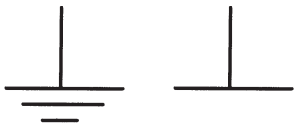
Otpor neke žice je, u usporedbi sa nekim drugim elementom strujnog kruga, je veoma mali. Možemo reći da je nula.
Ukoliko žicu povežemo paralelno sa drugim elementom, struja će prolaziti kroz žicu, prije nego kroz element. Možemo reći da je struja odabrala "lakši" put. Takva prečica se naziva kratak spoj. Kratak spoj se također može postići pritiskom na gumb ili škljocanjem prekidača.

OTVORENI KONTAKT

Ukoliko krug prekinemo u nekoj točki, put prolaska struje će biti prekinut, jer struja ne može da prolazi kroz zrak. Ta točka se naziva otvoreni kontakt. Ukoliko se jedan kontakt takvog elementa nalazi u zraku, struja kroz njega ne može da teče.

UZEMLJENJE

Često ćemo koristiti termin "uzemljenje". Na polju elektronike, to obično označava dio kruga koji je povezan sa negativnim polom baterije. U autu, za svaki provodnik koji je povezan sa karoserijom automobila možemo reći da je uzemljen. Kod naših strujnih krugova, to će značiti da je povezan sa negativnim polom baterije.
Osim ako nije eksplicitno navedeno, napon se obično mjeri između određene točke i zemlje, ili negativnog pola baterije. Tako ukoliko vidite da na kolektoru piše 9V, napon se mjeri između kolektora i negativnog pola baterije. Simbol za uzemljenje je prikazan na slici i.



Slika i - Simbol za zemlju

ELEKTRIČNI KONDENZATOR

Električni kondenzator je napravljen od dvije paralelne ploče koje su podijeljene slojem koji ne provodi struju. Da bi bio što manji, smotan je kao maramica. Sposobnost električnog kondenzatora da prihvati određeno električno punjenje se naziva kapacitet. Jedinica kapaciteta je farad (F), nazvana po engleskom fizičaru Michaelu Faradaju. Simbol kapaciteta je C.

Farad je veoma velika jedinica, tako da mi koristimo manje jedinice: mikrofarad (μF) je milijunti dio farada i jedan nanofarad (nF) je još tisuću puta manji. Numerička vrijednost kapaciteta je obično navedena na električnom kondenzatoru.

Kaj bi električni kondenzator bio kada se radi o našim eksperimentima sa kantama vode? Pretpostavimo da prazan balon stavimo na kraj crijeva i napunimo ga vodom. Ako onda uklonimo crijevo, voda će grunuti. Što je balon veći, u njega će stati više vode. Ukoliko kantu stavimo na viši nivo, balon će primiti više vode.

Visina kante na gornjem nivou kod kondenzatora predstavlja napon na njegovim izlazima, veličina balona predstavlja kapacitet, a količina vode koju balon prima predstavlja električno punjenje.
Kapacitet kondenzatora je:

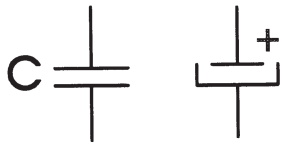
C=Q/U

Q je električno punjenje (izraženo u kulonima, C) na pločama kondenzatora, U je napon na izlazima kondenzatora (u voltima, V). Što je veći kapacitet kondenzatora, on će primati više električnog punjenja sa istim naponom.

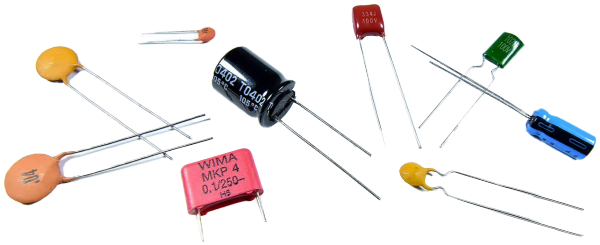
Kondenzatori koji su korišteni u našim eksperimentima su različitih oblika i veličina. Neki su u obliku tableta sa žicama na obje ploče. To su keramički kondenzatori. Drugi imaju oblik plastičnih cilindara ili kocki. Oni su smotani unutar kućišta. Treća vrsta su elektrolitički kondenzatori kod njih je veoma važno na koji način su povezani.

Koji kontakt ide prema pozitivnom a koji prema negativnom polu kruga je obično navedeno na kućištu elektrolitičkih kondenzatora. Na kućištu elektrolitičkih kondenzatora također je naveden i najveći napon koji mogu da prihvate. Ukoliko kondenzator povežemo sa višim naponom, uništiti ćemo ga.

Elektrolitički kondenzatori imaju kapacitet od nekoliko mikrofarada. Obični i elektrolitički kondenzatori i njihovi simboli su dati na slikama j i k.



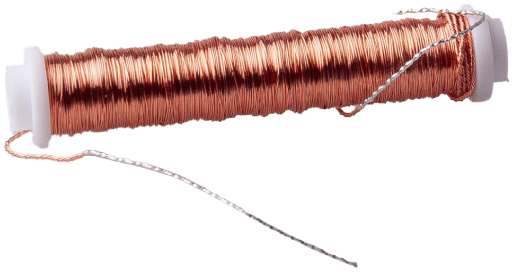
Slika j - Simbol za običan i elektrolitički kondenzator



Slika k - Kondenzatori

ZAVOJNICA

Zavojnica je duga žica namotana na nosač. Ukoliko dopustimo da električna struja teče kroz zavojnicu, ponašati će se kao magnet. Možemo promatrati kako povezana zavojnica privlači metalne predmete, kao što je žica, vijci, itd.
Zavojnica odolijeva promjenama struje koja teče kroz nju. Probušeno crijevo kroz koje teče voda će se slično ponašati ako je crijevo dugačko i u njemu ima mnogo vode. Kada sa slavine uklonimo crijevo, voda će nastaviti da teče neko vrijeme prije nego što se smiri i potpuno prestane.
Karakteristika zavojnice je induktivni otpor. Jedinica induktivnog otpora naziva se henri (H), po engleskom fizičaru Josephu Henriju. Simbol induktivnog otpora je L.
Zavojnica i njegov simbol su prikazani na slikama l i m.



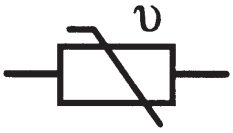
Slika l - Zavojnica

Slika m - Simbol za zavojnicu

TERMISTOR

Termistor je specijalna vrsta otpornika. Ima svojstvo da se njegov otpor znatno mijenja ukoliko ga zagrijavamo. Ovisno o tome da li se otpor smanjuje ili se povećava kada ga zagrijavamo, kažemo da termistor ima pozitivan ili negativan temperaturni koeficijent. Otpor termistora je uvijek dobiven na sobnoj temperaturi (20° C). U ovom kompletu se nalazi termistor čiji otpor opada ukoliko se zagrijava.

Izvana, termistori često sliče na keramičke kondenzatore. Otpor je naveden brojevima ili bojama, pri čemu se prva boja nalazi na suprotnoj strani od izlaznih žica. Termistor i njegovi simboli su prikazani na slikama n i o.



Slika n - Simbol za termistor

Slika o - Termistor

ŽARULJA

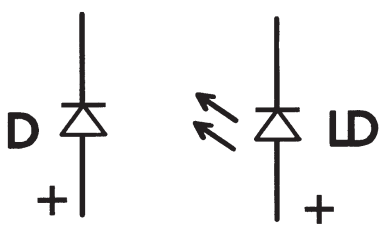
U kompletu se također nalazi i žarulja koju ćemo koristiti u našim eksperimentima. Žarulja, grlo žarulje i simbol za žarulju su prikazani na slikama p i s.

Žarulju sa žarnom niti izumili su gotovo istodobno američki i britanski izumitelj: Tomas Alva Edison i Sir Joseph Wilson Swan.

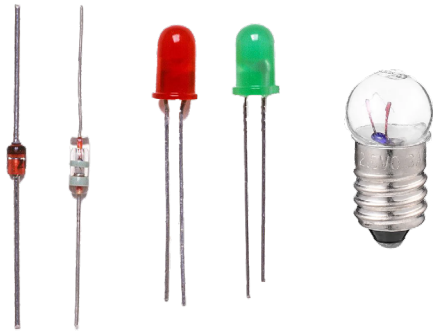
Slika p - Simbol za žarulju

POLUVODIČKA DIODA

Poluvodička dioda ima svojstvo materije koja provodi električno punjenje samo pod specifičnim uvjetima.
Svojstvo poluvodičke diode je da provodi električno punjenje samo u jednom pravcu. Prilikom povezivanja diode sa strujnim krugom, moramo paziti da diodu okrenemo u pravilnom smjeru. Smjer punjenja je naznačeno na diodi. Pozitivan kontakt diode se naziva anoda, a negativan katoda. Električno punjenje će teći kroz diodu kada je anoda povezana sa pozitivnim, a anoda sa negativnim polom baterije.
Ukoliko je dioda cilindrična, katoda će biti označena linijom u boji, ili će na njoj biti nacrta simbol diode.
Varijanta diode je i dioda koja emitira svijetlost (LED). Kada strujno punjenje teče kroz LED, ona svijetli. LED diode mogu emitirati svjetlost u raznim bojama, npr. crveno, zeleno, žuto. LED diode imaju kraći kontakt za katodu i prsten kućišta diode je odsječen na strani katode.
Različite vrste dioda i LED dioda kao i njihovi simboli su dati na slikama r i s.



Slika r - Simboli za diodu i diodu koja emitira svjetlost



Slika s - Žarulja i dioda

TRANZISTOR

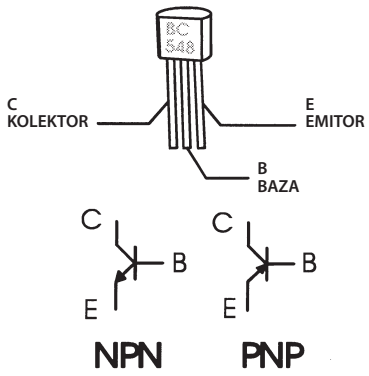
Tranzistor je predstavljao rezultat istraživačkog rada provedenog u američkoj korporaciji Bell. Izumili su ga Walter H. Brattain, John Bardeen i William Shockley 1948. godine. Otkriće tranzistora je pokrenulo nezaustavljiv val u razvoju elektronike koja napreduje do današnjih dana. Tranzistor je poluvodički element sa tri izlaza. Ima svojstvo da se njegov otpor mijenja ovisno od strujnog punjenja koje ide kroz njegov kontrolni izlaz.

Kako možemo objasniti ponašanje tranzistora uz pomoć analogije toka vode? Pretpostavimo da smo na jedno crijevo stavili ventil. Opruga drži ventil zatvoren. Na samom ventilu postoji duga ručka no kojoj je mala posuda sa rupom kroz koju kaplje voda. Kroz tanko crijevo usmjeravamo vodu iz kante na gornjem nivou prema maloj posudi. Posuda će se napuniti, ručica ventila će se pokrenuti i otvoriti ventil na velikom crijevu. Sada puno više vode može da teče kroz njega. Kada zatvorimo malo crijevo, voda će kapati izvan posude, opruga će vratiti ručicu nazad i zatvoriti ventil. Sa malom količinom vode, mi i dalje možemo kontrolirati tok vode kroz veće crijevo.

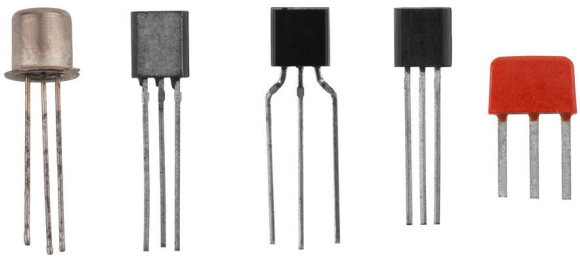
Veće crijevo je do ventila dovedeno od rezervoara. Ovaj spoj na ventilu se naziva kolektor. Tok vode kroz veće crijevo se kontrolira uz pomoć toka koji vodi od tankog crijeva do male posude. Mala posuda se naziva baza. Od našeg ventila i od posude, voda teče do druge posude (koja se naziva odašiljač), odakle voda teče u kantu na niže, nivou.
Kod tranzistora, tri spoja se nazivaju kolektor, baza i odašiljač. Spojevi su rijetko označeni na kućištu tranzistora. Ako jesu, obično je to odašiljač. Ali spojevi nisu uvijek raspoređeni tako da je baza u sredini, kao na našem dijagramu. Da bismo znali kako su raspoređeni kontakti, obično moramo pogledati katalog, u kome su navedene specifikacije tranzistora.

Na slici u su navedene neke različite vrste tranzistora. Prikaz t pokazuje raspored kontakata za tranzistor BC548, kao što je tranzistor iz ovog kompleta (tri dijela).

Dijagram također daje simbol tranzistora. Debela linija je baza. U produžetku baze je osna linija što predstavlja kolektor. Treća linija ima strelicu u smjeru toka električnog punjenja kroz tranzistor. Ukoliko je strelica usmjerena od baze, električno punjenje ide iz odašiljača i to je onda NPN tranzistor. Ukoliko je strelica usmjerena prema bazi, onda je to PNP tranzistor.
U oba slučaja princip je isti, samo što električno punjenje ide u različitim smjerovima. U ovom kompletu se nalaze samo NPN tranzistor.



Slika t - Simbol tranzistora



Slika u - Različite vrste tranzistora

STRUJNA PLOČA

Sve eksperimente opisane u ovim uputama ćete raditi na strujnoj ploči. Ploča je napravljena tako da se izbjegne potreba za lemilom, odvijačem ili kliještima. Svi strujni krugovi se mogu napraviti ručno.

Strujna ploča ima rupe. Prilikom sklapanja strujnog kruga, provjerite raspored kontakata na dijagramu. Tek onda spojite osigurače kontaktne opruge kao što je prikazano na prikazu v.

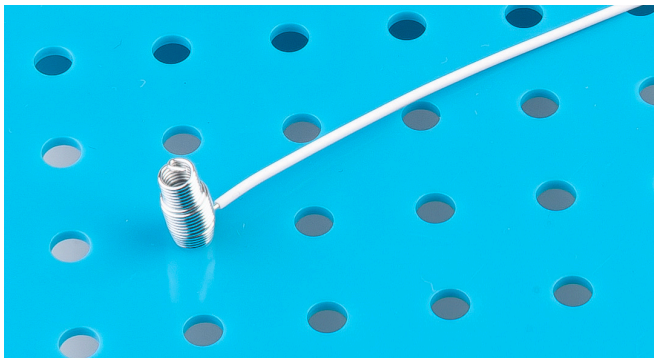
Ukoliko žicu stavite samo kroz jedan navoj opruge, brzo će ispasti, i strujno krug neće funkcionirati. Zato treba da žicu provučete kroz najmanje dva navoja. Naravno, u točki kontakta treba ukloniti izolaciju. Prikaz z pokazuje pravilno uvučenu žicu.

Pažljivo pripremite element koji namjeravate da povežete. Nikada ne savijajte izlazne žice na mjestu gdje su spojene sa elementom. Kada se na tom mjestu saviju nekoliko puta, žica će postati plosnata i element će biti beskoristan.
Bateriju spojite sa strujnom pločom da biste spriječili da ona svojom težinom napravi rupu. Ovo možete napraviti sa materijalom iz ovog kompleta (žica i osigurači opruge).

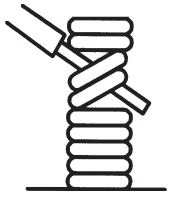
Sada kada smo nešto naučili o osnovnim komponentama kompleta, možemo početi da sastavljamo strujne krugove. Za svaki strujni krug, najprije dobro proučite kako se radi. Zatim u kompletu pronađite komponente. Osigurač opruge stavite onako kako je prikazano na dijagramu. Usporedite shemu i dijagram.

Tada možete početi sa sklapanjem strujnog kola. Najprije, stavite osigurače opruge, zatim žice, prekidače, otpornike, kondenzatore, itd. Prije povezivanja baterije, provjerite da li ste pravilno sklopili sve elemente. Provjerite dobro da li ste povezali poluvodičke elemente i elektrolitičke kondenzatore pravilno!

Ako niste napravili niti jednu pogrešku, strujno krug treba da radi normalno. Ako ne radi, odmah isključite bateriju i probajte da nađete uzrok problema.



Slika v - Ubacivanje žabica na osnovnu ploču



Slika z - Provlačenje žice kroz oprugu

Sretno, i zabavite se!

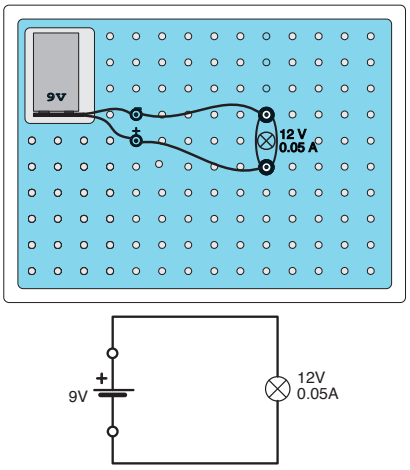
STRUJNI KRUGOVI

1. JEDNOSTAVAN ELEKTRIČNI KRUG

Stavite žarulju u grlo žarulje. Povežite žarulju i žice iz baterije kako je prikazano na prikazu 1. Zatim povežite - spojite bateriju. Struja će teći od pozitivnog pola baterije kroz žicu sve do žarulje i kroz drugu žicu do negativnog pola. Žarulja će svijetliti sve dok baterija ne presuši ili vi ne prekinete strujno kolo.

Pribor: baterija 9V, 4x7, 14, 35, 38, 2x68

Fig. 1

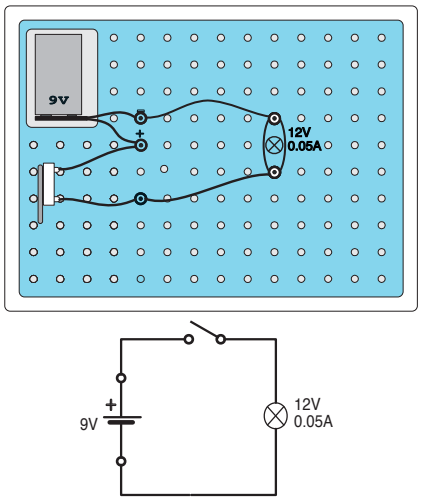


2. ELEKTRIČNI STRUJNI KRUG SA PREKIDAČEM

Dodajte jednu oprugu i povežite prekidač sa strujnim krugom. Žaruljica će svijetli samo kada je prekidač na poziciji ON.

Pribor:: baterija 9V, 5x7, 14, 35, 38, 54, 2x68

Fig. 2

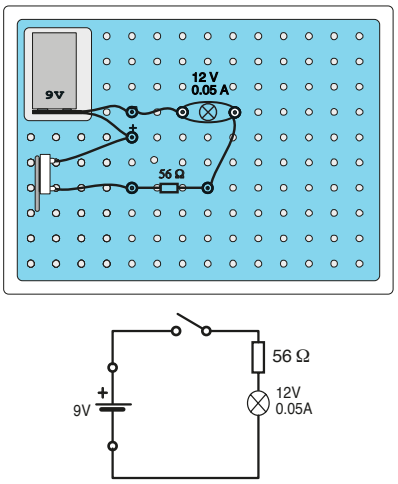


3. SERIJSKA VEZA DVA ELEMENTA

Na tablu sa strujnim krugom dodajte još jednu oprugu. Promijenite strujni krug tako što ćete povezati jedan otpornik od 56 Ω između prekidača i žarulje. Kada pritisnete prekidač, žarulja će svijetliti malo slabije nego ranije.

Pribor: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 3



4. DA LI JE BITNO KAKO SMO POVEZALI OTPORNIK?

U istom strujnom krugu (slika 3), priključite izlazne žice otpornika. Kada pritisnete prekidač, žarulja će svijetliti istim intenzitetom kao ranije. Ovo pokazuje da nema razlike u načinu povezivanja otpornika. Ako pogledate dijagrame, vidjeti ćete da su isti u oba slučaja. Na dijagramu strujnog kruga nema indikacije kako treba okrenuti otpornik. To znači da to nije značajno za rad strujnog kola.

Pribor: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

5. DA LI JE VAŽNO KAKO SMO POVEZALI ŽARULJU?

Možemo izvesti eksperiment kao što smo učinili sa otpornikom. Zamijenite mjesta spajanja žarulje. Opet, i od žarulje nije važno na koji način smo je povezali sa strujnim krugom. Dijagram ne pokazuje na koju stranu žarulja treba da bude okrenuta i opruga koja je spaja nije posebno označena. To znači da to nije značajno za rad strujnog kola.

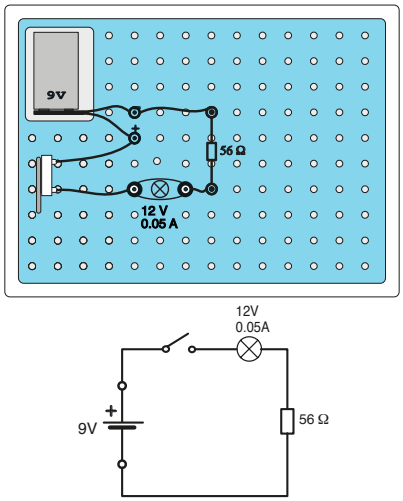
Pribor: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

6. DA LI JE REDOSLJED SERIJSKI POVEZANIH ELEMENATA VAŽAN?

Elementi strujnog kruga su baterija, prekidač, otpornik i žarulja (slika 6). Zamijenite mjesta bilo koja dva elementa i testirajte strujno krug. Ponašati će se potpuno isto kao i ranije. Bez obzira od načina povezivanja elemenata, električna struja ide od pozitivnog pola baterije, kroz sve elemente zatvorenog strujnog kruga. Ukoliko imamo nekoliko elementa serijski povezanih u strujno krug, redoslijed njihovog povezivanja ne utječe na rad strujnog kola.

Pribor: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 6

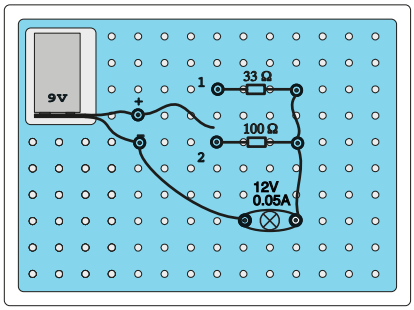


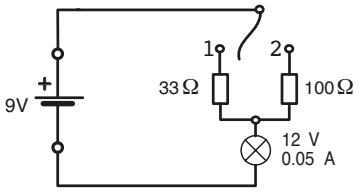
7. STRUJA KOJA TEČE KROZ OTPORNIK

Spojnu žicu koja kreće od pozitivnog pola baterije ostavite slobodnu. Žarulja neće svijetliti jer je strujni krug prekinut. Ukoliko dodirnete oprugu prvom žicom, žarulja će zasvijetliti. Ukoliko dodirnete oprugu drugom žicom, žarulja će svijetliti smanjenim intenzitetom.
Žarulja emitira više svijetlosti kada je struja koja kroz nju prolazi jača. Možemo zaključiti da je više struje prolazilo kroz žarulju kada smo žicu povezali sa oprugom. U prvom slučaju, struja je išla kroz otpornik od 33 Ω, a onda kroz sijalicu nazad do baterije. U drugom slučaju, jedina razlika je otpornik od 100 Ω. Struja u drugom slučaju je bila slabija jer je otpor otpornika bio veći.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 53, 55, 4x68

Fig. 7





8. ELEKTRIČNI STRUJNI KRUG SA PODESIVIM OTPORNIKOM

Sastavite strujni krug kako je prikazano na slici 8. Kada ste prekidač stavili na poziciju ON, okrenite osovinu potenciometra lijevo i desno. Kada je otpor potenciometra najslabiji, žarulja će najjače svijetliti. Sjetite se Ohmovog zakona: pri istom naponu, struja je jača ako je otpor slabiji. Kaj su otpornici kod strujnog kola. To su: sve žice, žarulja i potenciometar. Prekidač, kada se nalazi na poziciji ON, praktično nema otpora. U usporedbi s otporom drugih otpornika žarulje, otpor spojnih žica je minimalan i može se zanemariti.
Struja koja teče kroz žarulju je jednaka struji koja teče kroz potenciometar. Ohmov zakon se primjenjuje u svim slučajevima, kako za žarulju tako i za potenciometar. Otpor cjelokupnog strujnog kruga možemo označiti sa R, otpor žarulje sa Rž i otpor potenciometra sa Rp.
Ako je napon baterije U, tada je:

U = I x R

pri čemu je I struja koja teče kroz strujni krug, a R je otpor cijelog strujnog kruga.

U_p= I x R_p

dok je napon po žarulji

$U_ž$= I x $R_ž$

Napon baterije se dijeli između žarulje i potenciometra. Napon po bateriji je jednak zbroju napona po žarulji i potenciometru.

U = U_p + $U_ž$

Ukoliko u strujnom krugu imamo nekoliko otpornika, napon po bateriji bi bio jednak zbroju napona po svim otpornicima u strujnom krugu. Ovo je poznati Kirchoffov zakon napona ili Kirchoffov drugi zakon, po fizičaru Gustavu Robertu Kirchoffu.
Ova jednadžba također može biti napisana kao:

I x R= I x R_p+I x $R_ž$

Ukoliko lijevu i desnu stranu jednadžbe podijelimo sa I, dobijemo još jedan točan oblik jednadžbe:

R= R_p + $R_ž$

Znači: ukupan otpor serijski povezanih elemenata u strujnom krugu je jednak zbroju svih otpornika strujnog kruga.

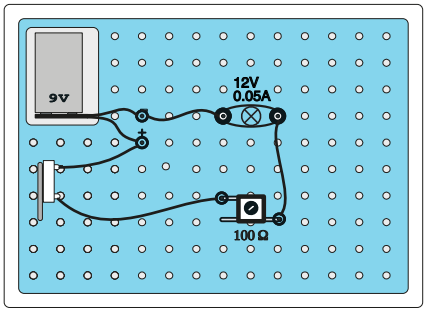
Ukoliko promijenimo vrijednost potenciometra Rp, promijenit će se otpor cijelog kruga, a promijenit će se i električna struja. Kao rezultat toga, doći će do promjene u svjetlu koje emitira žarulja.
Ako se vratimo na analogiju sa kantama sa vodom, serijsko povezivanje dva otpornika (ne smijemo zaboraviti da žarulja također predstavlja otpornik) bi bila jednaka slučaju sa vodom iz kante na gornjem nivou, koja najprije teče kroz jedno crijevo, a zatim kroz drugo sve do kante na donjem nivou.
Ponekad nemamo otpornik tražene vrijednosti otpora. Ukoliko imamo dva otpornika čiji zbroj odgovara traženoj vrijednosti otpora, možemo ih serijski povezati u strujni krug. Zamijene za otpor se može sastaviti od nebrojeno serijski povezanih otpornika. Ukupan otpor je jednak zbroju otpora svih serijski povezanih otpornika u strujnom krugu:

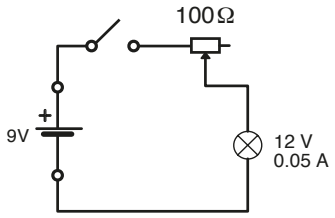
R = R1 + R2 + R3 ...

R je otpor svih serijski spojenih otpornika zajedno.. R1, R2, R3, su otpori pojedinačnih serijski povezanih otpornika. Otpor cijelog lanca serijski povezanih otpornika je uvijek veći od otpora otpornika najveće vrijednosti otpora.

Pribor: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 50, 68, 2x68

Fig. 8





9. PODJELA NAPONA NA DVA SERIJSKI POVEZANA OTPORNIKA

Kod strujnog kruga na slici 9, dva otpornika su serijski povezani. Žicu povezanu za žabicu 3 ostavite slobodnu.
Ukupan otpor serijski povezanih otpornika je:

R = R1 + R2
ili
R = 56 Ω + 33 Ω
ili
R = 89 Ω

Ukupan otpor serijski povezanih otpornika je veći od pojedinačnog otpora najvećeg otpornika.

Struja koja teče iz baterije kroz otpornike je, prema Ohmovom zakonu:

U = I x R

Ukoliko gore navedenu jednadžbu podijelimo sa R dobijemo:

I = U/R

iz čega sledi da je:

I = 9 V/89 Ω

ili otprilike:

I = 0,1 A

Za izračunavanje napona po pojedinačnim otpornicima, ponovo koristimo Ohmov zakon:

U = I x R

Označiti ćemo napon po otpornicima R1 i R2 sa U1 i U2. Iz toga slijedi da je:

U_1= R_1 x I

Ili:

U_1= 0,1 A x 56 Ω

U_1= 5,6 V

Slično tome:

U_2=I x R_2

U_2= 0,1 x 33

U_2= 3,3 V

Napon baterije je jednaka zbroju napona po otpornicima:

U= U_1 + U_2

U= 5,6 + 3,3

otprilike:

U= 9 V

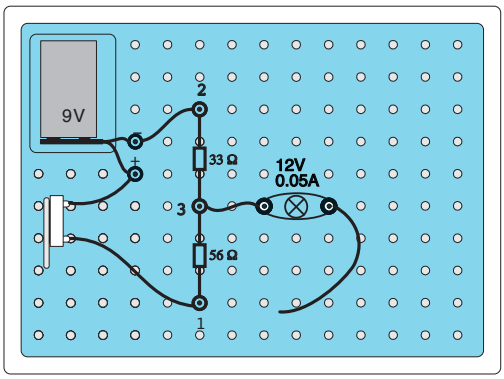
Odstupanja se mogu ignorirati jer je to rezultat aproksimacije struje koja teče iz baterije kroz otpornike.

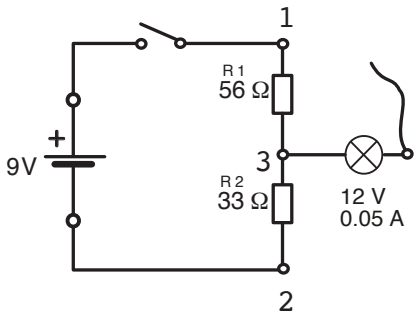
Ako imamo dva serijski povezana otpornika, napon će biti veći po onom otporniku koji ima veći otpor. Hajde da provjerimo!

Dodirnite žabicu 1, a zatim i žabicu 2 slobodnim krajem žice. Ponovite to nekoliko puta. U prvom slučaju, svijetlo će biti jače nego u drugom. To je i razumljivo jer se veći dio ukupnog napona baterije nalazi na prvom otporniku, a manji na drugom.

Pribor: baterija 9V, 7x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 4x68

Fig. 9





10. STRUJNI KRUG SA DIODOM KOJA EMITIRA SVJETLOST

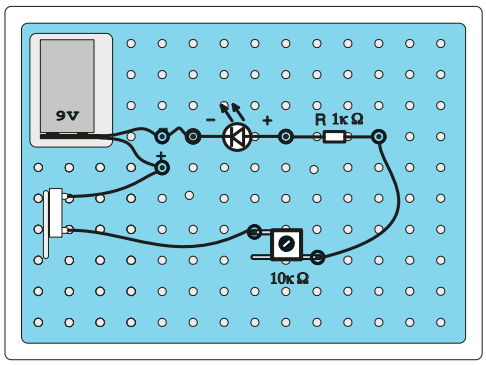
Ovdje imamo strujni krug sa potenciometrom od 10 kΩ, koje je serijski povezano sa otpornikom od 1 kΩ. Pazite kako okrećete diodu koja emitira svjetlost (LED)!
Za ovaj eksperiment, koristite crvenu LED.
Okrenite potenciometar lijevo i desno. Intenzitet svjetlosti diode će se promijeniti.
Okrećite potenciometar sve dok dioda ne svetli potpuno prigušeno. Sada imamo otpornik od 1 kΩ i potenciometar od 10 kΩ; ukupan otpor je tako 11 kΩ.
Sada okrenite potenciometar do najjače svjetlosti diode. Klizač potenciometra će dodirnuti izlaz na potenciometru. Na ovoj poziciji, otpor potenciometra .je najniži; možemo slobodno reći da ne postoji. U ovom slučaju, ukupan otpor otpornika i potenciometra je 1 kΩ.
Sve što se događa je potpuno u skladu sa Ohmovim zakonom. Kada se otpor potenciometra uvećava, ukupan otpor svih serijski povezanih elemenata (potenciometar, otpornik, dioda; otpor prekidača je zanemariv) se također uvećava. Tako će struja koja teče iz baterije biti manja i dioda će manje svijetliti.
Strujni krug će također raditi bez otpornika ali moramo biti vrlo pažljivi da nikada potenciometar ne okrenemo na njegovu nultu vrijednost, jer bi na toj poziciji struja koja teče kroz diodu bila previše jaka i oštetila bi ga.
Da bismo ovo izbjegli, u strujni krug smo uključili otpornik koji je serijski povezan sa potenciometrom, tako da ukupan otpor otpornika i potenciometra nikada ne može biti nula, i dioda je zaštićena od pretjerano jake struje.
Kod koga strujnog kola više struje teče iz baterije: kod ovog ili kod onog sa žaruljom?
Kod onog sa žaruljom, jer, prema Ohmovom zakonu, struja istog napona je jača ako je otpor veći.

I= U/R

Ukoliko ih ostavimo priključene duže vrijeme, koja od njih će duže svijetliti, žarulja ili dioda? LED dioda. Žarulji je neophodna jača struja i baterija će se ranije isprazniti. Ovo nemojte provjeravati jer ćete morati da kupite novu bateriju za eksperimente koji slijede.

Pribor: baterija 9V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

Fig. 10



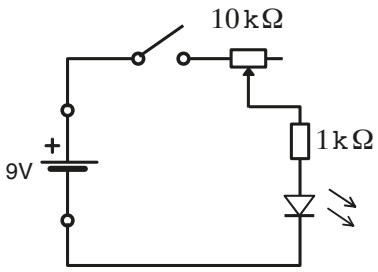
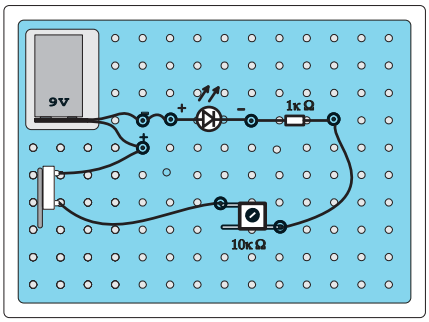
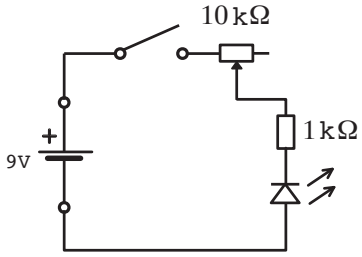


Fig. 11



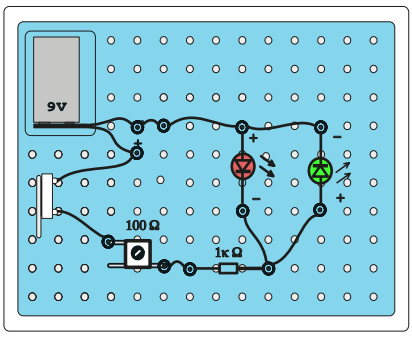


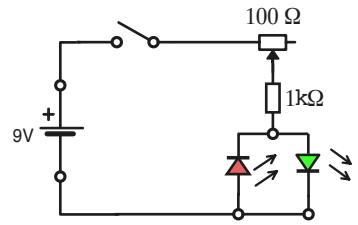
11. DA LI JE VAŽNO KAKO SMO SPOJILI LED ANODU?

Zamijenite mjesta spojevima na LED diodi. Kada pritisnete prekidač, dioda ne svijetli. Zašto?
Pokušajte da se prisjetite opisa diode. Električna struja teče kroz diodu samo u jednom pravcu. Ako je LED spojen za strujni krug u pogrešnom pravcu, električna struja neće moći da teče i ona neće svijetliti.
Zapravo, morate zapamtiti koliko je važno kako okrećemo poluvodič diode. Ukoliko je dioda pogrešno povezana, strujni krug neće funkcionirati i postoji mogućnost da takvom nepažnjom dioda (ili neki elementi strujnog kruga) pregori. Prije povezivanja poluvodika diode na električni strujni krug, uvijek provjerite da li je dioda pravilno okrenuta.

Pribor: baterija 9V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

Fig. 12





12. STRUJNI KRUG SA DVIJE LED ANODE OKRENUTE U SUPROTNIM SMJEROVIMA

Strujnom krugu iz prethodnog primjera dodajte još jednu (zelenu) LED anodu. Povežite je sa strujnim krugom paralelno sa drugom diodom, ali je okrenute na drugu stranu. Pritisnite prekidač. Crvena LED dioda će svijetliti isto kao i prije. Zelena dioda neće svjetliti jer je okrenuta tako da struja kroz nju ne može da prolazi. Sada zamijenite mjesta žicama kojima je baterija povezana. Pritisnite prekidač i zelena dioda će svjetliti. Budući da su spojevi baterije priključeni, električna struja sada ide u suprotnom smjeru. Struja sada prolazi kroz zelenu diodu, jer je crvena dioda okrenuta tako da ne može da provodi struju.

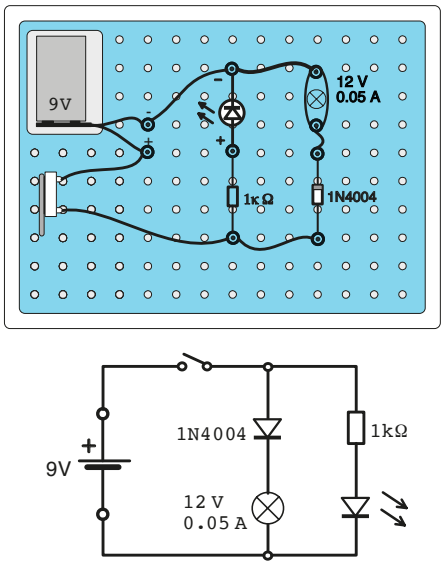
Pribor: baterija 9V, 9x7, 38, 40, 43, 44, 50, 57, 4x68, 69

13. STRUJNI KRUG SA ŽARULJOM I LED ANODOM (1)

Strujni krug je napravljen tako da struja može da prolazi kroz svoje dve paralelne grane. Na jednoj grani imamo serijski povezanu žarulju i običnu diodu, a na drugoj otpornik i LED anodu. Kada pritisnemo prekidač, žarulja i LED anoda će zasvjetliti.

Pribor: baterija 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 13

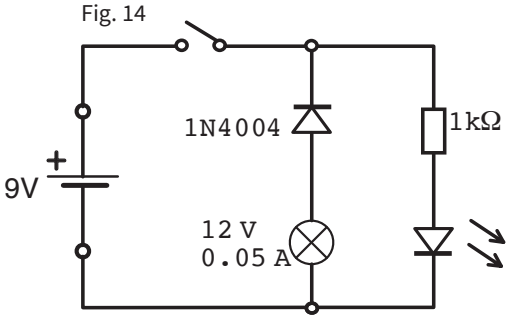


14. STRUJNI KRUG SA ŽARULJOM I LED ANODOM (2)

Okrenite običnu diodu. Sada će svjetliti samo LED anoda. Očigledno, struja ne prolazi kroz granu gdje je žarulja, jer je dioda okrenuta tako da ne može da provodi električnu struju.

Pribor: baterija 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 14

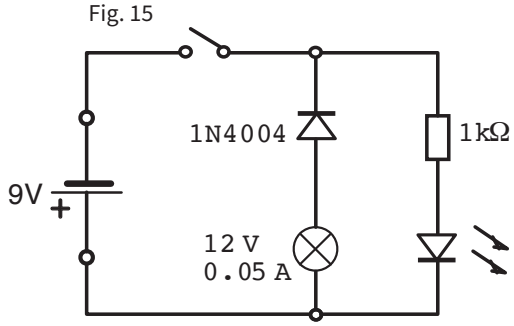


15. STRUJNI KRUG SA ŽARULJOM I LED ANODOM (3)

Sada su obična dioda i LED dioda okrenute u suprotnom pravcu. Zamijenite mjesta žicama koje su povezane za bateriju. Žarulja će svjetliti, ali ne i LED anoda. LED anoda je sada okrenuta tako da ne može da provodi električnu struju. Ovisno o tome kako je baterija spojena, svijetliti će ili anoda LED ili žarulja.

Pribor: baterija 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 15

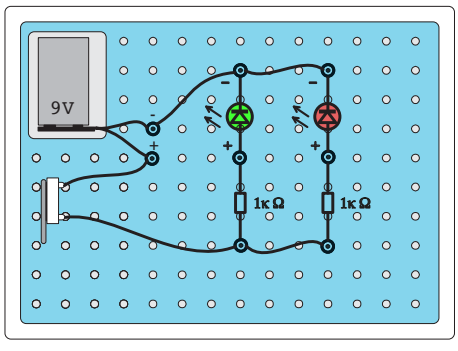


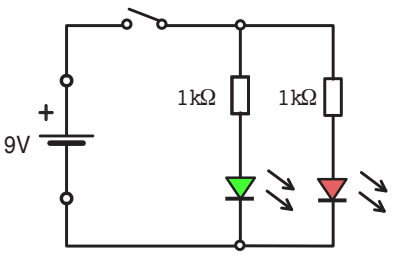
16. PARALELNI SPOJ

Sada imamo dvije grane strujnog kruga, jedna sa crvenom LED anodom i druga sa zelenom. Provjerite polaritet LED anoda!
Ako je strujni krug pravilno uspostavljen, LED anode će svjetliti otprilike istim intenzitetom. Struja teče od pozitivnog pola baterije, dijeli se na dva djela, jedan dio teče kroz zelenu LED anodu, a drugi kroz crvenu.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 43, 44, 2x57

Fig. 16





17. PROMJENA SMJERA STRUJNOG KRUGA U GRANAMA PARALELNE VEZE

Na strujni krug dodajte još jednu oprugu. Prekinite vezu jedne grane strujnog kruga, i između otpornika od 1 kΩ i crvene LED anode povežite potenciometar od 10 kΩ. Povežite strujni krug i bateriju. Kada okrenete potenciometar, sjaj crvene diode će se promijeniti, dok se sjaj zelene diode neće.
Električna struja prolazi od pozitivnog pola baterije kroz provodnik od žice. Ovdje se, dijeli na dva djela: jedan dio prolazi kroz otpornik i zelenu LED anodu, a druga teče kroz otpornik, potenciometar i zelenu LED anodu. Otpor grane sa potenciometrom je definitivno veći, tako da kroz nju prolazi manje struje i zelena dioda manje sija.
Struju koja teče iz baterije označite sa I, struju koja teče kroz zelenu diodu sa Ig, a ukupan otpor ove grane sa Rg. Ako zatim struju koja teče kroz otpornik, potenciometar i crvenu diodu označimo sa Ir, a ukupan otpor ove grane strujnog kola sa Rr, slijedi:

$$I = I_g + I_r$$

Drugim riječima: struja koja teče iz .jednog provodnika kroz nekoliko paralelnih grana jednaka je zbroju svih struja koje teku kroz pojedinačne grane strujnog kruga. Ovo je Kirchoffov zakon o toku struje, Kirchoffov prvi zakon.
Za cijeli strujni krug:

$$I = U/R$$

Ovdje, R je ukupni otpor strujnog kola.
Struja koja teče kroz zelenu LED anodu je:

$$I_g = U/R_g$$

Rg je otpor grane sa zelenom diodom.
Struja koja teče kroz crvenu diodu je:

$$I_r = U/R_r$$

Rr je otpor grane sa crvenom diodom.
Prema Prvom Kirchoffovom zakonu:

$$I = I_g + I_r$$

ili

$$U/R = U/R_g + U/R_r$$

Napon baterije je jednak naponu obje grane. Ukoliko jednadžbu podijelite sa U, još uvijek će važiti, ali u drugačijem obliku:

$$1/R = 1/R_g + 1/R_r$$

Ovo znači: recipročna vrijednost ukupnog otpora jednog strujnog kruga je jednaka zbroju recipročne vrijednosti otpora njegovih pojedinačnih paralelnih grana. Ukoliko uzmemo zajednički nazivnik za desnu stranu jednadžbe i okrenemo jednadžbu, dobit ćemo:

$$R = R_g \times R_r/(R_g + R_r)$$

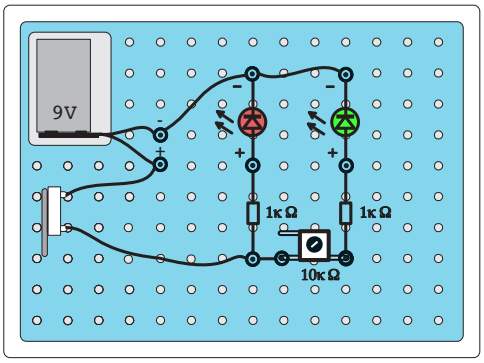
Kirchoffov zakon opisan pomoću eksperimenta sa vodom: imamo jedno crijevo iz kante na gornjoj razini koje je podijeljeno na dva crijeva. Voda teče iz kante na gornjoj razini kroz ova dva crijeva do kante na donjoj razini. Voda koja teče kroz prvo crijevo se dijeli na dva pojedinačna paralelna crijeva kroz koja teče dalje.
Kako se voda ne gubi nigdje, možemo zaključiti da je količina vode (kao i struje, koja teče kroz gornje crijevo jednaka ukupnoj struji koja teče kroz paralelna crijeva.
Ponekad nemamo otpornik potrebne vrijednosti, već imamo jači. Ukoliko imamo dva otpornika čiji je zbroj recipročnih vrijednosti u stvari potrebna vrijednost, ne možemo ih paralelno povezati u strujni krug. Potreban otpor se može dobiti sa proizvoljnog broja paralelno povezanih otpornika. Naravno, recipročna vrijednost ukupnog otpora jednaka je zbroju recipročnih vrijednosti svih otpornika u lancu:

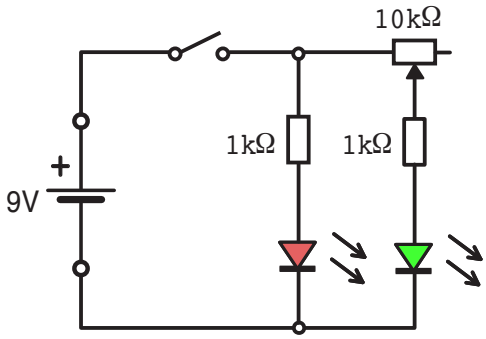
$$1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 \ \ldots$$

R je ekvivalent otpora svih paralelno povezanih otpornika.
R1, R2, R3 ... su pojedinačne vrijednosti otpora otpornika.
Otpor paralelno povezanih otpornika je uvijek manji od ukupnog otpora otpornika manjeg otpora.

Pribor: baterija 9V, 9x14, 38, 40, 43, 44, 51, 2x57, 2x68

Fig. 17





18. JOŠ JEDAN PRIMJER PARALELNOG POVEZIVANJA

Jednadžba kojom izračunavamo ukupan otpor dva paralelna otpornika dokazuje da je ukupan otpor dva paralelna otpornika manji od otpora otpornika manje vrijednosti.
Ovo možemo demonstrirati slijedećim eksperimentom (slika 18).
Jedan kraj otpornika od 33 Ω nije povezan ni sa čim. Otpornici od 56 Ω i 100 Ω su paralelno povezani. Njihova ukupna vrijednost je:

1/R= 1/56 + 1/100
1/R= 0,0178 +0,01
1/R= 0,0278

Ako jednadžbu pomnožimo sa R, dobijemo

1= 0,0278 x R

Ako onda jednadžbu podijelimo sa 0,0278, dobijemo

1/0,0278 = R

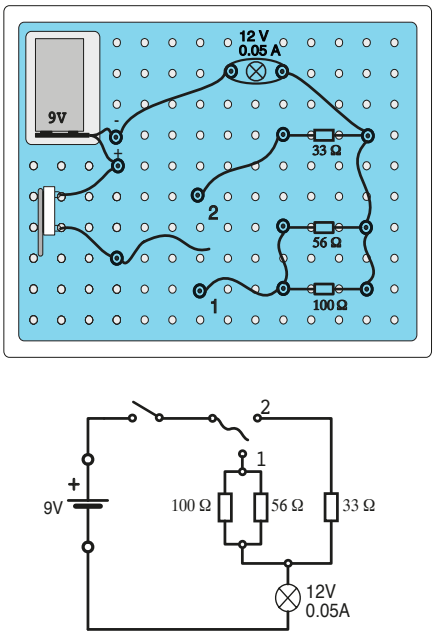
otprilike

R= 36 Ω

Sada promatrajte sjaj žarulje. Uklonite žicu sa žabice 1 i povežite je sa žabicom 2. Struja sada teče kroz otpornik od 33 Ω resistor.
Kako otpornik od 33 Ω ima skoro isti otpor kao i paralelni otpornici od 56 Ω i 100 Ω, žarulja jednako sjaji u oba slučaja.
Šta smo ovdje naučili može biti veoma zgodno. Ukoliko nemamo određeni otpornik, možemo koristiti dva (ili više) otpornika koji su, umjesto njega, povezani paralelno ili serijski.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 55, 4x68, 4x69

Fig. 18

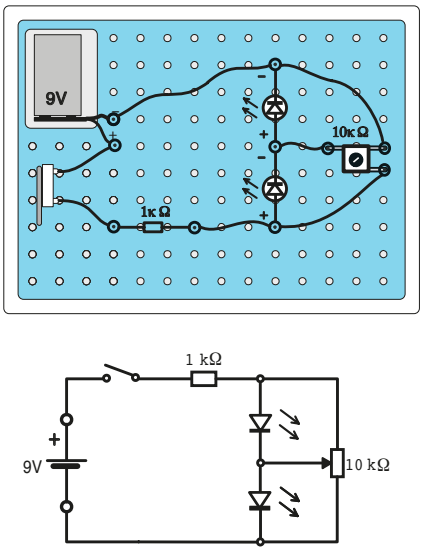


19. ISTOVREMENA PROMJENA SJAJA DVIJE LED ANODE

Sastavite strujni krug poput onog na slici 19. Što se događa kada okrenete potenciometar? Na dijelu potenciometra gdje je klizač bliže izlaznom priključku, otpor će biti manji i napon će biti manji. Paralelno spojena dioda slabije će svijetliti u ovom dijelu kruga.

Pribor: baterija 9V, 10x7, 38, 2x44, 51, 55, 57, 4x68, 69

Fig. 19

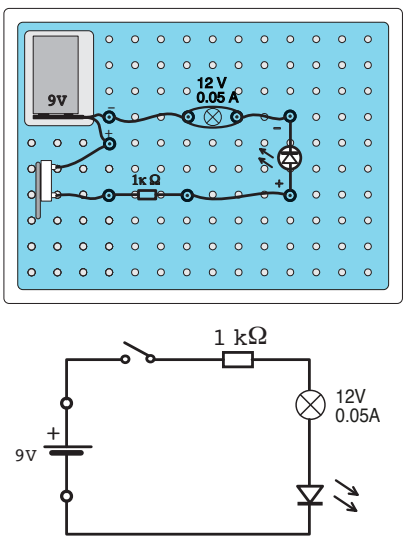


20. STRUJNI KRUG SA ŽARULJOM I LED ANODOM U SERIJI

Sada smo naučili nešto o LED anodi. Kao što joj samo ime govori, ona emitira svjetlost kada kroz nju prolazi struja u ispravnom pravcu. To je upravo i ono za šta ih i koristimo. Kada struja teče kroz diodu u ispravnom smjeru, dioda treba da svijetli.
Struja neophodna da bi dioda sijala je veoma niska, nekoliko miliampera. Ta struja je mnogo manja od one koja je neophodna za žarulju. Zato i žarulja svijetli mnogo blistavije.
Ukoliko bi struja koja teče kroz žarulju tekla kroz diodu, dioda bi izgorjela.
Ovim eksperimentom smo otkrili da je otpornik uvijek serijski povezan sa diodom. On ima cilj da ograniči struju koja prolazi kroz diodu.
Kod dolje navedenog strujnog kruga vidjeti ćemo da je struja neophodna da bi LED anoda svijetlila je previše mala za žarulju. Diodu nikada ne treba povezivati direktno za bateriju, bez serijski povezanog otpornika od l kΩ. Ukoliko to napravite LED će u trenutku izgorjeti!

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 3x68

Fig. 20

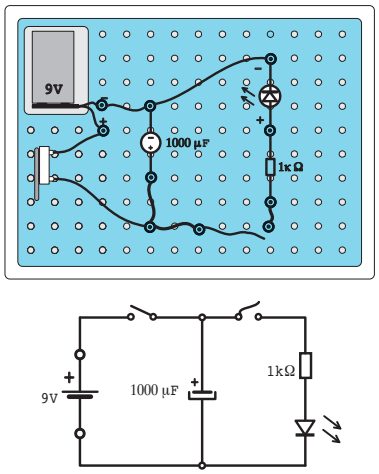


21. ELEKTRIČNI KONDENZATOR KAO IZVOR ELEKTRIČNE STRUJE

Sastavite strujni krug kao na slici 21. Pozitivan pol baterije ostavite da bude slobodan. Pritisnite prekidač! Da li će LED sijati? Ne, jer nije povezan na električnu struju.
Otpustite prekidač.
Sada dodirnite pozitivni pol električnog kondenzatora žicom koja ide od pozitivnog pola baterije. U električnom kondenzatoru nema električnog punjenja. Om je prazan.
Kada ga povežemo sa baterijom, električno punjenje će proći sa baterije na kondenzator. Sada je kondenzator napunjen i može poslužiti kao izvor električne energije.
Sada neka ostane slobodna žica koja ide od pozitivnog pola baterije i pritisnite prekidač. Iako baterija nije povezana, LED će svijetliti!
Kako je snaga akumulirana u kondenzatoru ograničena, dioda će svijetliti samo kratko. Ako promatrate diodu vidjeti ćete da se njena blistavost smanjuje. Električna struja ide od kondenzatora do LED diode. Kažemo da se kondenzator prazni.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 67, 4x68, 69

Fig. 21

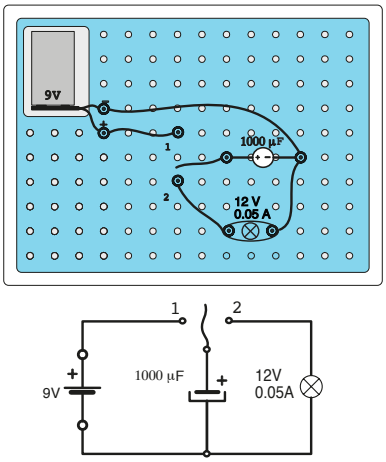


22. KOJOM BRZINOM SE KONDENZATOR PRAZNI?

Umjesto LED anode i serijski povezanog otpornika, povežite jednu žarulju. Žarulja će zasvijetliti samo na tren.
Ranije smo naučili da je žarulji potrebno više struje nego LED anodi.
To znači da žarulja ima manji otpor. Ako više struje teče od kondenzatora, on će se ranije isprazniti. To je razlog zašto žarulja sjaji kraće od diode.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 22

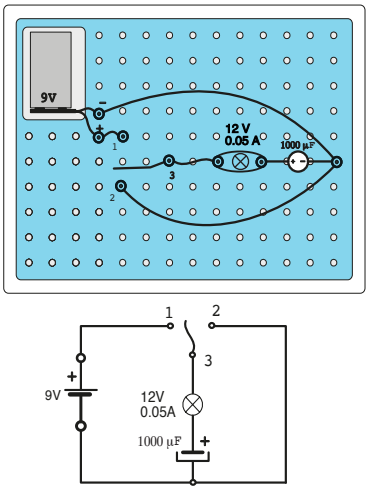


23. KONDENZATOR SE MOŽE VIŠE PUTA PUNITI I PRAZNITI

Napravite malu izmjenu u strujnom krugu. Žicu koja je povezana sa grlom žarulje, ostavite slobodnu na drugom kraju.
Ovim krajem žice naizmjenično dodirujte žabicu 1, a zatim i žabicu 2. Promatrajte što se događa.
Kada dodirnete žabicu 1, kondenzator se puni. Struja koja teče od baterije do elektrolitičkog kondenzatora također prolazi kroz žarulju. Kada je kondenzator prazan, struja će biti jača i žarulja će svijetliti. Kada se kondenzator puni, struja prestaje da teče i žarulja više ne svijetli.
Ako žabicu 2 dodirnete slobodnom žicom, struja će teći od pozitivnog pola kondenzatora kroz žarulju do negativnog pola.
U početku, kada je kondenzator potpuno napunjen, struja će biti jaka.
Kako se kondenzator bude praznio, struja će biti sve slabija i žarulja će svijetliti sve slabije i slabije dok se potpuno ne ugasi.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 23

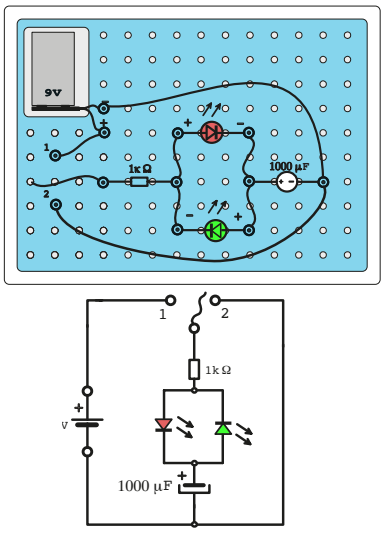


24. IZMJENIČNA STRUJA TAKOĐE MOŽE DA TEČE KROZ KONDENZATOR

Kada punimo kondenzator, struja teče u kondenzator; kada ga praznimo, struja teče iz njega. To znači da prilikom punjenja i pražnjenja kondenzatora, struja teče u suprotnim smjerovima. Ovo možemo dokazati tako što ćemo strujni krug napraviti sa dvije LED diode koje su okrenute u suprotnim smjerovima i paralelno povezane.
Drugi kraj žice povezane za spajalicu 3 ostavimo slobodno. Ovim slobodnim krajem, ponovo izmjenično dodirujte spajalicu 1 i spajalicu 2. Promatrajte što se događa.
Kao što znate, struja prolazi kroz diodu samo u jednom smjeru. Dok se kondenzator puni, struja prolazi kroz crvenu LED anodu; a dok se prazni, struja prolazi kroz zelenu LED diodu.
Tako, crvena dioda će svijetliti kada se kondenzator puni, a zelena kada se prazni.
Također smo naučili da struja u kondenzator više ne ulazi jednom kada je napunjen. Kondenzator tada zaustavlja tok direktne struje.
Dok se kondenzator puni i prazni, struja naizmjenično teče u i iz kondenzatora. Ako struja u jednom trenutku teče u jednom smjeru a zatim u suprotnom kroz neki element, kažemo da kroz njega prolazi izmjenična struja. Ovaj eksperiment je dokazao da izmjenična struja može da prolazi kroz kondenzator.
Kondenzator od 1000 µF zamijenite kondenzatorom od 100 µF. LED anoda će sada svijetliti kraće vrijeme. Manje električnog punjenja može da ide u kondenzator manjeg kapaciteta, i zato će dioda svijetliti kraće vrijeme.

Pribor: baterija 9V, 11x7, 38, 43, 44, 56, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 24



25. PARALELNO POVEZIVANJE DVA KONDENZATORA

U ovom eksperimentu imamo dva paralelno povezana kondenzatora. Kako se ponašaju dva paralelno povezana kondenzatora?
Sjetite se odnosa između punjenja kondenzatora i napona u točkama kontakta:

C= Q/U

Kod napunjenog kondenzatora koji ima kapacitet C i napon U na točkama kontakta, punjenje će biti

Q= C x U

Ako imamo dva paralelno povezana kondenzatora, punjenje koje do njih dolazi putem jedne žice, će se dijeliti između dva kondenzatora:

$$Q= Q_1 + Q_2$$

Gdje su Q1 i Q2 punjenja prvog i drugog kondenzatora.
Ako su njihovi kapaciteti označeni sa C1 i C2 a njihov ukupan kapacitet sa C, gornja jednadžba se može napisati i kao:

$$C \times U= C_1 \times U_1 + C_2 \times U_2$$

Napon po spojevima oba kondenzatora je jednak, U=U1=U2. Jednadžbu možemo i ovako napisati:

$$C \times U= C_1 \times U + C_2 \times U$$

Ako obje strane jednadžbe podijelimo sa U, dobijemo formulu ukupnog kapaciteta dva paralelno povezana kondenzatora:

$$C=C_1 + C_2$$

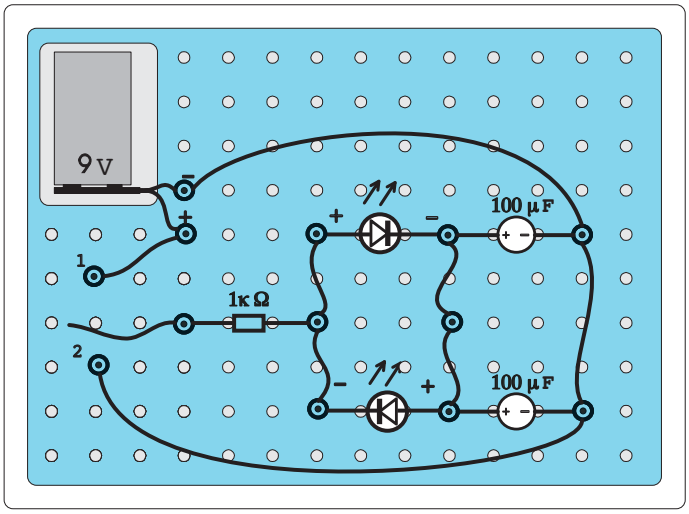
U našem slučaju, ukupan kapacitet dva kondenzatora je 200 µF. Indikacija za to će biti diode koje će svijetliti duže nego u slučaju kada je samo jedan kondenzator od 100 µF bio povezan na strujni krug.
Isto kao što mijenjamo otpor paralelnim povezivanjem otpornika, isto tako možemo izmijeniti kapacitet paralelnim povezivanjem dva ili više kondenzatora.

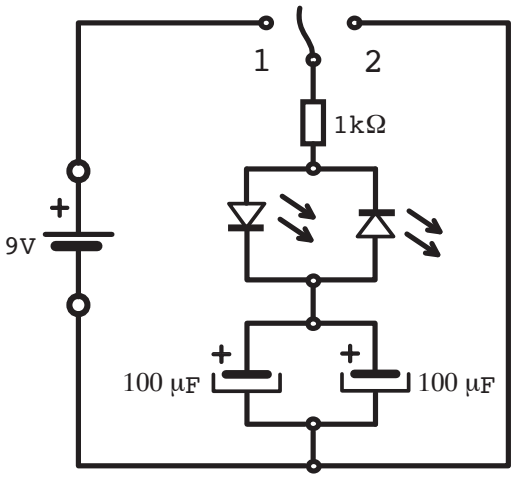
$$C= C_1 + C_2 + C_3 \ldots$$

C je kapacitet svih paralelno povezanih kondenzatora, a koji je ekvivalentan pojedinačnom kondenzatoru tog kapaciteta.
Kapacitet nekoliko paralelno povezanih kondenzatora je uvijek veći od kapaciteta kondenzatora najmanjeg kapaciteta.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

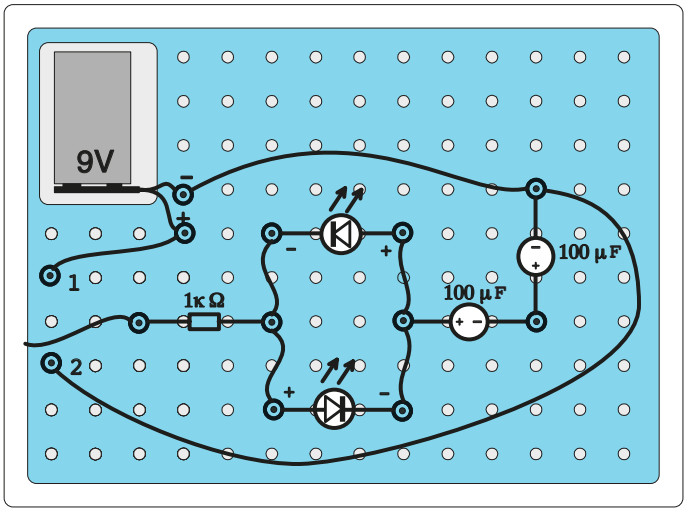
Fig. 25





26. SERIJSKO POVEZIVANJE KONDENZATORA

Fig. 26



Možemo da strujni krug izmijenimo tako što ćemo serijski povezati kondenzatore. Ako slobodnom žicom dotaknete jednu pa drugu žabicu, vidjeti ćete da LED svijetli mnogo kraće nego u prethodnom eksperimentu.
Ovo pokazuje da je ekvivalent kapaciteta serijski povezanih kondenzatora manji od paralelno povezanih kondenzatora.
Kada električna struja teče u kondenzator, on se puni. Napon na kontaktima oba kondenzatora će biti jednako podijeljena između njih:

$U = U_1 + U_2$

Ako je substitucijski kapacitet dva serijski povezana kondenzatora

$C = Q / U$

a napon na kontaktima ovog kondenzatora

$U = Q / C$

slijedi da:
$Q/C = Q_1/C_1 + Q_2/C_2$

Gdje su Q1 i Q2 punjenja prvog i drugog kondenzatora, a C1 i C2 predstavljaju njihove kapacitete.
Punjenje koje je došlo do prvog kondenzatora je jednako struji koju emitira drugi kondenzator. To je razumljivo jer ne postoji žica koja povezuje dva kondenzatora koja bi usmjeravala struju unutra ili van.
Zato:

$Q = Q_1 = Q_2$

Ako ovu jednadžbu podijelimo sa Q, dobijemo:

$1/C = 1/C_1 + 1/C_2$

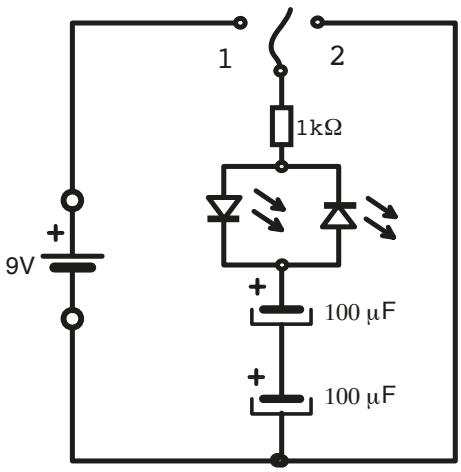
Koja kaže da je recipročna vrijednost ekvivalenta kapaciteta dva serijski povezana kondenzatora jednaka zbroju njihovih recipročnih vrijednosti.
Kao što smo napravili kod paralelno povezanih otpornika, istu jednadžbu možemo napisati na drugi način. Naći ćemo zajednički nazivnik za desnu stranu jednadžbe i prebacimo je na drugu stranu. Dobiti ćemo:

$C = C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$

U našem eksperimentu, koristili smo dva serijski povezana kondenzatora od 100 µF.
Njihov ukupni kapacitet će biti 50 µF.
Isto kao što se i željeni otpor može dobiti paralelnim povezivanjem dva ili više otpornika, željeni kapacitet se može izvesti iz dva ili više serijski povezanih kondenzatora.

$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \ldots$

C je ekvivalent kapaciteta svih kondenzatora. Cl, C2, C3 ... su kapaciteti pojedinačnih serijski povezanih kondenzatora.
Ukupan kapacitet serijski povezanih kondenzatora je uvijek manji od kapaciteta kondenzatora najmanjeg kapaciteta.



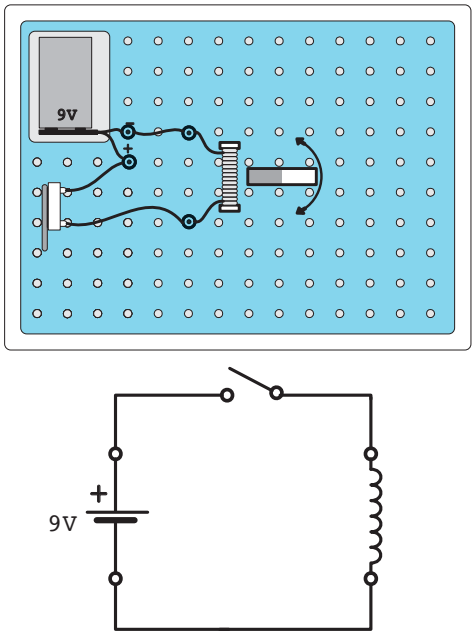
Pribor: baterija 9V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

27. ELEKTROMAGNET

Ako pustimo da električna struja teče kroz zavojnicu žice, ta zavojnica će se ponašati kao magnet. Ovo se može dokazati jednostavnim eksperimentom. Napravite jednostavni strujni krug kod kojeg su baterija, prekidač i zavojnica serijski povezani. Kada je prekidač na poziciji ON, struja će teći kroz zavojnicu. Izgledati će kao da se ništa ne događa. Prekidač stavite na poziciju OFF. Umetnite metalni čavao u zavojnicu tako da jedan njegov dio viri. Pritisnite prekidač. Čavao će istog trenutka biti uvučen u kalem i tamo će ostati.
Napravite još jedan eksperiment. Magnet zavežite za uže i držite ga tako da visi iznad zavojnice. Pritisnite prekidač. Magnet će se kretati prema uzdužnoj osi zavojnice kroz koju teče struja. Zapamtite kako je magnet bio okrenut. Sada zamijenite mjesta žica za povezivanje zavojnice. Pritisnite prekidač. Zavojnica će se opet ponašati kao magnet, osim što će se magnet na užetu okrenuti u suprotnom pravcu. Ako promijenimo smjer struje koja teče kroz zavojnicu, zavojnica će se ponašati kao magnet okrenut u drugom smjeru. Čavao i magnet će se slično ponašati ako ih stavimo jedan blizu drugog. Naš eksperiment pokazuje na to da se zavojnica kroz koji prolazi električna struja ponaša kao magnet. Magnet napravljen od zavojnice kroz koji je provedena električna struja se naziva elektromagnet.

Pribor: baterija 9V, 4x7, 11, 38, 40, 68, metalni čavao

Fig. 27

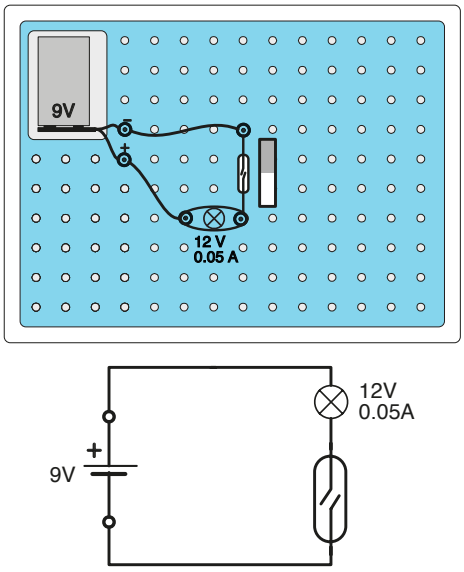


28. HERMETIČKI REED PREKIDAČ

Na komad papira stavite dvije žabice na maloj udaljenosti jedna od druge. Podignite papir, a drugom rukom držite magnet vertikalno ispod papira. Opruge će postati magnetizirane i obje će se ponašati kao mali magneti. Magneti se ili privlače ili odbijaju. Žabice se mogu tako postaviti da se međusobno privlače. Zamislite da smo obje spajalice povezali na strujni krug tako da će se strujni krug zatvoriti kada se one dotaknu. Strujni krug će raditi kada magnet stavimo neposredno ispod papira, a da žabice budu blago razdvojene.
Reed prekidač radi po istom principu. Dva fleksibilna metalna reeds su smještena jedan blizu drugog u hermetičku staklenu cijev. Kada su reed-ovi magnetizirani, međusobno se privlače i stvaraju kontakt. Kada prestanu da budu magnetizirani, razdvoje se uslijed fleksibilnosti.
Kako magnetiziramo reeds? Ako to radimo sa magnetom, dobijemo prekidač koji se može okrenuti na pozicije ON i OFF približavanjem ili udaljavanjem magneta. Ova situacija je prikazana na slici 28. Kada se magnet dovede blizu reed prekidača, prekidač će se magnetizirati i struja će teći kroz žarulju čime će ona svijetliti.

Pribor: baterija 9V, 5x7, 10, 14, 35, 38, 48, 2x68

Fig. 28

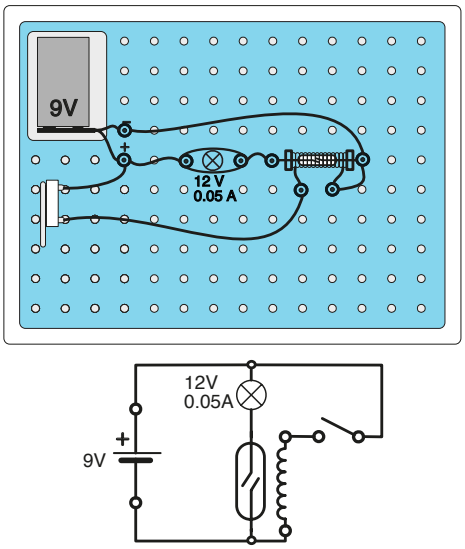


29. RELEJ

Odmah pored kraja elektromagneta možemo staviti tanku metalnu ploču kako bi se električni prekidač uključio kada je elektro magnet privuče. Takav elektromagnetski prekidač se naziva relej.
Također možemo upotrijebiti elektromagnet da bi magnetizirali reed prekidač. Ovo će također biti relej.
Relej možete napraviti od reed prekidača i zavojnice. To se naziva reed relej. Gurnite reed prekidač u zavojnicu. Reed prekidač će biti prekidač kojim se uključuje žarulja. Kada je prekidač strujnog kruga na poziciji ON, metalne ploče reed prekidača stvaraju kontakt, strujni krug će se zatvoriti, struja će prolaziti kroz žarulju i ona će svijetliti.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 11, 14, 35, 38, 40, 48, 4x68

Fig. 29

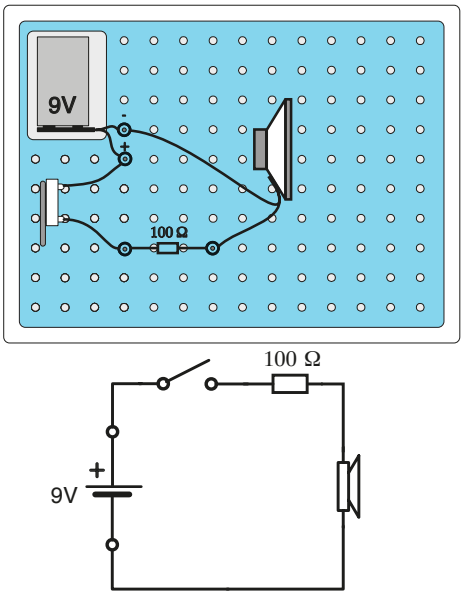


30. ZVUČNIK

Kako zvuk putuje kroz zrak? Zvučni valovi se šire zračnim dijelovima veće ili manje gustoće, uzdužno u smjeru kretanja zvuka. Kako možemo pokrenuti zvučni val? Da bismo to saznali, moramo imati predmet koji će vibrirati naprijed-nazad i prouzročiti zračne sekvence manje ili veće gustoće. Ako kucnete po staklu, vibrirati će. Staklo koje vibrira uzrokovat će područje različitog zračnog pritiska oko samog stakla, koji će se zatim proširiti. Kako se to događa na obje strane stakla, zvuk će se čuti na obje strane prozora.
U elektrotehnici, koristimo zvučnike za proizvodnju zvučnih valova. Šta je točno zvučnik?
Sjetite se eksperimenta sa zavojnicom i magnetom. Otkrili smo da se zavojnica kroz koji prolazi električna struja ponaša kao magnet. Kod zvučnika, magnet je u njegovom kućištu. Zavojnica fiksirana za papirnu membranu je postavljena u žljeb magneta. Kada struja teče kroz zavojnicu, papirna membrana će biti uvučena ili izbačena iz žljeba magneta. Uslijed toga membrana će se kretati naprijed-nazad. Ukoliko se to dovoljno često ponavlja, čuti ćemo zvuk.
Kod ovog strujnog kruga, otpornik od 100 Ω je serijski povezan za zvučnik. Kada otpornik ne bi postojao nježni krug u zvučniku bi pregorio. Pritisnite prekidač. Čuti ćete lagano krckanje. Ponovite ovo nekoliko puta i poromatrajte membranu. Primijetiti ćete da se membrana pomiče unutra i van. Kada pritisnete prekidač, membrana se pomiče u zvučnik. Zamijenite mjesta žicama koje povezuju i membrana će biti izbačena. Sve ovo morate poromatrati veoma pažljivo jer su ovi pokreti veoma lagani, nisu veći od djelića milimetra. Zašto zavojnica skače unutra-van? Naučili smo da zavojnica kroz koju prolazi električna struja ponaša kao magnet. Sada znamo da magnet ima dva različita pola. Također znamo da se isti polovi odbijaju, a suprotni privlače. Ako izmijenimo smjer struje u zavojnici, polovi magneta koji ona stvara se također mijenjaju. To je razlog zašto se membrana jednom uvlači u zvučnik (kada se zavojnica i magnet privlače) a zatim izbacuje van (kada se zavojnica i magnet odbijaju).
Zato, ako želimo da čujemo zvuk sa zvučnika, morati ćemo da pustimo struju različitih jačina kroz zavojnicu. U ovom slučaju, membrana će se kretati naprijed-nazad i mi ćemo čuti zvuk.

Pribor: baterija 9V, 38, 40, 45, 55

Fig. 30

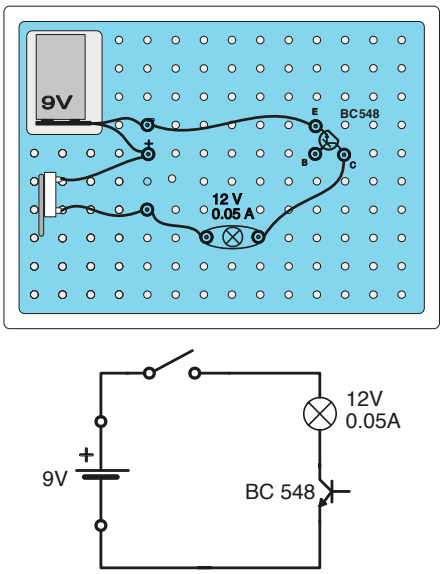


31. TRANZISTOR

Da li ste dobro proučili opis tranzistora? Ako jeste, onda ćete vrlo lako razumjeti sljedeće eksperimente.
Kod ovog strujnog kruga imamo žarulju i tranzistor koji su paralelno povezani. Pazite kako povezujete kontaktne točke tranzistora! Kada tranzistor povezujete na strujni krug, morate paziti da izlazima ne zamijenite mjesta! Ako to napravite, strujni krug neće raditi, ili ako baš nemate sreće, tranzistor će biti upropašten.
U kompletu imate BC548 tranzistor. Ako ga držite tako da su žice za povezivanje usmjerene na dolje i da ravna strana sa tehničkim podacima o vrsti tranzistora stoji okrenuta prema vama, odašiljač će vam biti sa desne strane, baza u sredini, a kolektor sa lijeve strane. Raspored žica za kontakt nije isti kod svih tranzistora. Raspored iz ovog primjera je veoma uobičajeno, ali nije obavezno pravilo. Raspored izlaza ovisi od proizvođača i vrste tranzistora. Ukoliko imate tranzistor za čiji raspored izlaza ne znate, pogledajte priručnik.
Ako ne možete da pronađete opis, morati ćete sami da pronađete pravilan raspored izlaza.
Kako se to radi prikazano je kasnije u ovoj knjižici.
Da se vratimo našem strujnom krugu. Da li će žaruljica svijetiti? Naravno da neće. Baza tranzistora nije povezana ni sa čime, tako da struja ne stiže do baze. Tranzistor je zatvoren. Možemo reći da je kod zatvorenog tranzistora, otpor između odašiljača i kolektora veoma veliki.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 42, 3x68

Fig. 31

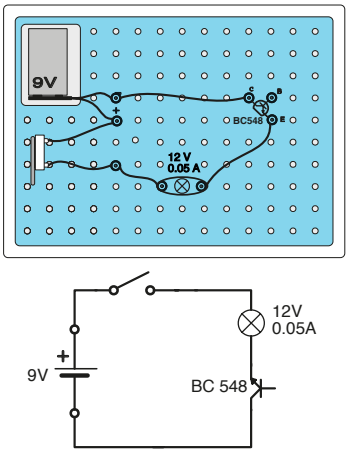


32. ŠTO SE DOGAĐA AKO TRANZISTOR OKRENEMO?

Izmijenite strujni krug tako što ćete odašiljač i kolektor povezati tako da oni zamjene svoja mjesta. Ako pažljivo pogledate, vidjeti ćete da vlakno žaruljice lagano svijetli. Kako tranzistor nema odašiljač koji je povezan sa negativnim polom i kolektor povezan sa pozitivnim, on se ne ponaša onako kako bi trebalo.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 3x68

Fig. 32

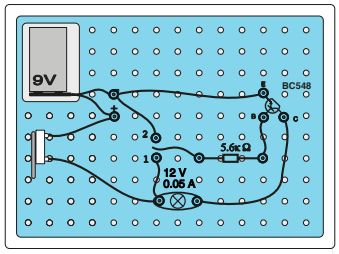


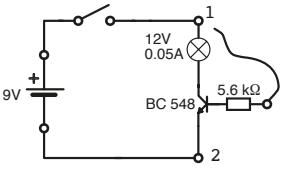
33. TRANZISTOR KAO PREKIDAČ

Na označenom mjestu na otporniku, povežite jednu žicu tako da je jedan njen kraj slobodan. Zašto?
Struja ne dolazi do baze tranzistora i tranzistor je zatvoren! Što treba napraviti da bi struja tekla kroz tranzistor? Strujni krug treba da bude takvo da malo struje teče do baze. Slobodan kraj žice povežite za žabicu koja je povezana na pozitivan pol baterije. Struja će prolaziti kroz otpornik do baze, tranzistor će biti otvoren i žaruljica će svijetliti. Kod ovog strujnog kruga, tranzistor smo koristili kao prekidač. Prekidač radi na struju koja teče do baze: kada struja ulazi u bazu, tranzistor će biti otvoren, struja će prolaziti kroz njega, i žaruljica će svijetliti. Kada struja ne ulazi u bazu, tranzistor će biti zatvoren, električna struja kroz njega neće prolaziti i žaruljica neće svijetliti. Ukratko, tranzistor prekidač radi na struju koja teče do baze. Ova struja je mnogo manja od struje koja prolazi kroz tranzistor, čime prekidač postaje veoma efikasan.
Što će se dogoditi ako slobodan kraj žice povežemo na negativan pol baterije? Najprije pokušajte to da zamislite, a onda izvedite test. Žaruljica neće svijetliti jer struja ne teče u bazu i tranzistor je zatvoren.
Otvoreni tranzistor ima veoma mali otpor a i napon između kolektora i odašiljača će biti veoma mali, ne viši od jedne desetine volta. Zbog toga, otvoreni tranzistor nikada ne treba direktno povezivati na pozitivne i negativne polove baterije. Struja koja kroz njega teče bi bila previše jaka i uništila bi tranzistor.

Pribor: baterija 9V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

Fig. 33



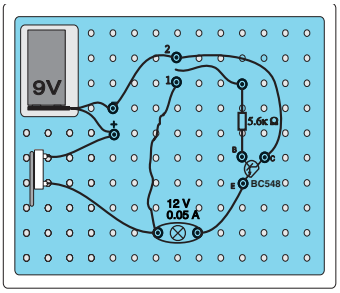


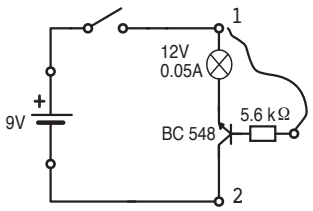
34. NEPRAVILNO OKRENUTI TRANZISTOR

Sada okrenite tranzistor na pogrešnu stranu. Zamijenite mjesta izlazima odašiljača i kolektora.
Kada slobodna žica nije ni sa čim povezana, žaruljica lagano svijetli. Ako pozitivan pol baterije dotaknemo slobodnim krajem žice, Žaruljica će jasnije svijetliti ali ne i potpuno.
Tranzistor koji je na taj način povezan, u stvari nije pravilno povezan!
Ukoliko želimo da koristimo svojstva tranzistora BC548, kolektor treba uvijek da bude povezan za pozitivan, a odašiljač za negativan pol. Malo struje koja teče prema bazi će otvoriti tranzistor.
Tranzistori kod kojih je odašiljač pravilno povezan na negativan, a kolektor na pozitivan pol se nazivaju NPN tranzistori. Tranzistor BC548 je NPN tranzistor.
Neki tranzistori moraju biti povezani tako da je odašiljač povezan na pozitivan a kolektor na negativan pol. Oni se nazivaju PNP tranzistori. U ovom kompletu nema ni jednog PNP tranzistora.

Pribor: baterija 9V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

Fig. 34



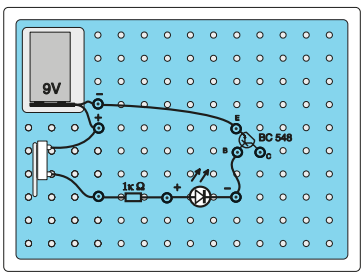


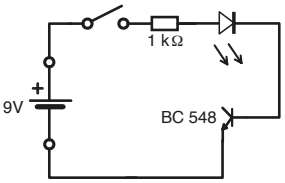
35. KAKO SE TRANZISTOR PONAŠA AKO PROMATRAMO SAMO BAZU I ODAŠILJAČ?

Žaruljici je potrebna mnogo jača struja da bi sijala nego LED anodi. Ako više struje ističe iz baterije, ona će se prije isprazniti, a mi možemo također poromatrati LED anodu, da bi vidjeli funkcioniranje tranzistora. U stvari, možemo koristiti LED anodu umjesto žaruljice u svim našim eksperimentima, imajući u vidu da dioda ne svijetli ako je okrenuta u pogrešnom pravcu!
Otpornik od 1 kΩ serijski povezan za diodu će osigurati da previše jaka struja ne teče kroz diodu.
Već smo rekli da je tranzistor BC548 iz našeg kompleta NPN tranzistor.
To znači da za normalno funkcioniranje odašiljač treba povezati na negativan pol. Ukoliko želimo da električna struja teče do baze (a odatle do odašiljača), baza treba da
bude povezana na pozitivan pol, pol odašiljača. Tranzistor povežite na način koji je prikazan na dijagramu. LED anoda će svijetliti. To znači da struja teče od baze prema odašiljaču.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 35



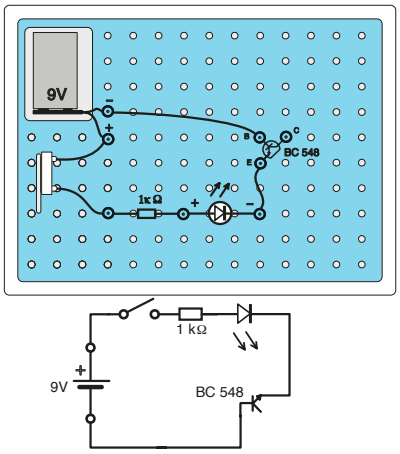


36. KOD TRANZISTORA, PRAVAC BAZA - ODAŠILJAČ SE PONAŠA KAO DIODA

Sada zamijenite mjesta kontaktnim točkama baze i odašiljača na tranzistoru. LED anoda neće svijetliti. To znači da struja ne može da teče kroz tranzistor u pravcu od odašiljača do baze. Drugim riječima, pravac baza-odašiljač kod tranzistora se ponaša kao dioda. Kod NPN tranzistora, ova dioda je okrenuta od baze prema odašiljaču.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 36

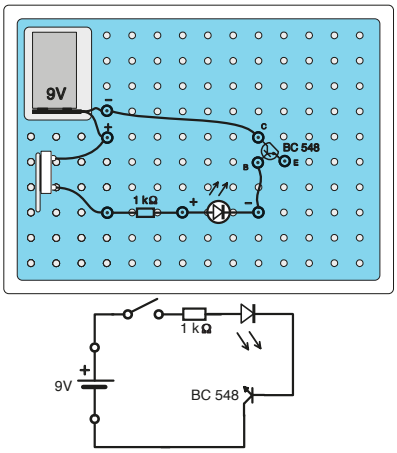


37. KAKO SE TRANZISTOR PONAŠA AKO PROMATRAMO SAMO BAZU I KOLEKTOR?

Tranzistor povežite tako da je kolektor povezan sa negativnim polom baterije, baza povezana preko LED anode, dok su otpornik i prekidač povezani na pozitivan pol.
Odašiljač ostaje slobodan (nije povezan ni s čim).
Kada pritisnete prekidač, LED anoda će svijetliti.
To znači da kod našeg tranzistora, struja može da teče od baze prema kolektoru.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 37

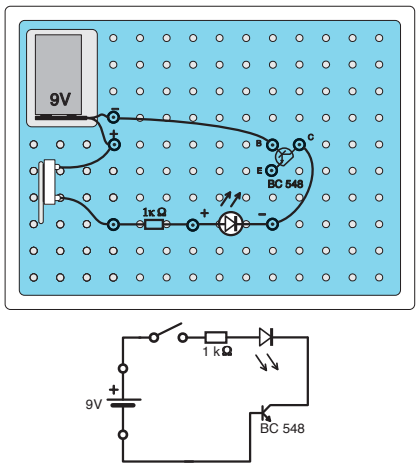


38. KOD TRANZISTORA PRAVAC BAZA - KOLEKTOR SE PONAŠA KAO DIODA

Sada zamijenite mjesta baze i kolektora na spojevima tranzistora. Dioda neće svjetliti. To znači da struja ne može da teče od kolektora prema bazi. Drugim riječima, na pravcu baza - kolektor, tranzistor se ponaša kao dioda. Kod NPN tranzistora, dioda stoji okrenuta od baze ka kolektoru.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 38

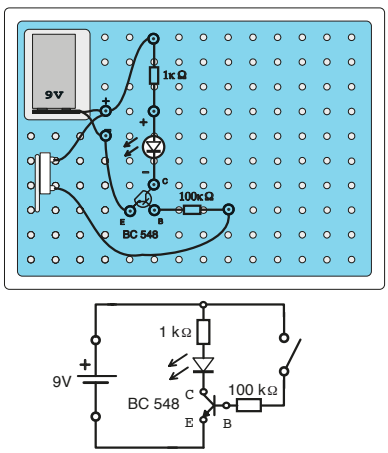


39. STRUJNI KRUG ZA TESTIRANJE TRANZISTORA

Iz svega što smo do sada vidjeli, možemo zaključiti kako bi trebalo da funkcionira tranzistor koji radi. Ako sumnjamo u tranzistor, lako možemo napraviti strujni krug kojim će se testirati svojstva tranzistora. Najjednostavniji je tranzistor prekidač.
Dijagram strujnog kruga pokazuje kako treba povezati tranzistor da bi se izveo test. Kada je baterija povezana, LED anoda neće svijetliti. To je zbog toga što struja ne teče kroz bazu i tranzistor je zatvoren. Kada pritisnete prekidač, struja će teći kroz bazu i tranzistor će se otvoriti LED anoda će svijetliti.
Kod tranzistora koji funkcionira, dioda neće svijetliti kada je prekidač na OFF poziciji, dok će svijetliti kada je na poziciji ON. Ukoliko dioda podjednako ili svijetli ili ne svijetli na obje pozicije prekidača, tranzistor je oštećen. Strujni krug se veoma lako napravi, i možete ga koristiti svaki put kada sumnjate da strujni krug ne radi uslijed kvara na tranzistoru.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 39



40. KAKO ODREDITI RASPORED KONTAKTNIH TOČAKA NA TRANZISTORU

Sada kada imate neko znanje o tome kako tranzistor funkcionira, sami možete otkriti raspored kontaktnih točaka na nepoznatom tranzistoru.
Potrebna vam je baterija, otpornik i LED anoda.
1. Najprije provjerite da li je LED anoda pravilno povezana.
2. Prvi korak je odrediti vrstu tranzistora i poziciju baze.
Znamo da se pravci baza - odašiljač i baza - kolektor ponašaju kao diode. Kod ovih "dioda", anode (u slučaju NPN tranzistora) predstavljaju baze. Mi ćemo tako pronaći bazu tranzistora kao da je bila anoda dvije diode: odašiljača i kolektora. Sada: povežite jedan od izlaza nepoznatog tranzistora za žabicu 1; Slobodnom žicom sa žabice 2 dotaknite najprije prvi pa drugi izlaz tranzistora. Promatrajte kada će LED zasvijetliti. Potom promijenite izlaz tranzistora na osiguraču 1 i ponovite test. Ponovite ovo za sva tri izlaza tranzistora.
3. Ako ste pronašli jedinstvenu poziciju na kojoj dioda svijetli, pošto ste jedan od dva slobodna izlaza tranzistora povezali sa strujnim krugom, pronašli ste bazu i vaš tranzistor je NPN tranzistor. Zapamtite poziciju tranzistora. Izlaz koji je povezan na žabica 1 je baza.
4. Ako LED anoda ne svijetli bez obzira na način povezivanja tranzistor, ili ako svijetli u svakom slučaju, tranzistor je svakako oštećen.
5. Ako na nekim pozicijama LED anoda svijetli samo kada je jedan od slobodnih izlaza tranzistora povezan za strujni krug, to ne mora obavezno značiti da je tranzistor pokvaren. Najprije provjerite da nije u pitanju tranzistor tipa PNP. Da biste to napravili pogledajte kod eksperimenta 41 -7.
6. Sada moramo da odredimo koji od druga dva izlaza predstavlja odašiljač, a koji kolektor. U našem slučaju, strujni krug koristimo za testiranje tranzistora. Tranzistor testirajte tako što ćete uzeti prvi, a onda i drugi izlaz kao kolektor. Prirodno, baza mora biti pravilno povezana. Ako je strujni krug ispravno sklopljeno, tranzistor će raditi. Razlika u svijetlosti LED anoda kada je prekidač na poziciji ON i OFF će biti izraženija. Ako tranzistor ne funkcionira kao prekidač, oštećen je.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 3x68

Fig. 40 a)

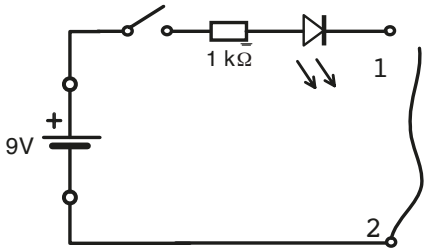
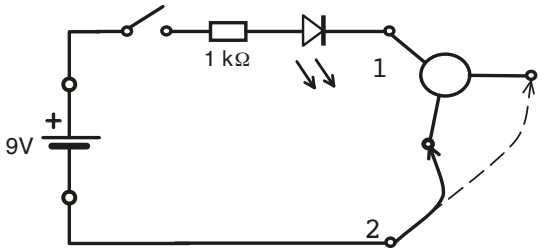


Fig. 40 b)

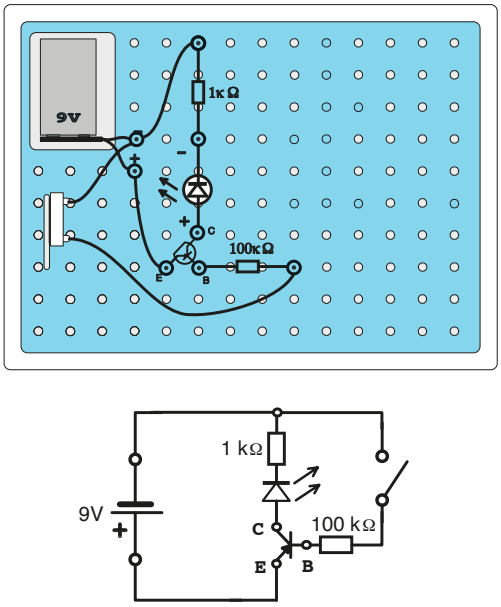


41. TESTIRAJTE STRUJNI KRUG ZA PNP TRANZISTORE

7. Provjerite, da li je tranzistor PNP tip. Kod ove vrste tranzistora, struja je suprotna onoj kod NPN tranzistora. To znači da odašiljač mora biti povezan na pozitivan pol, a kolektor na negativan pol baterije. Baza se također mora napajati sa negativnog pola baterije.
Kod PNP tranzistora, pravci baza - kolektor i baza - odašiljač se ponašaju kao diode sa zajedničkom katodom u bazi. Povežite jedan od izlaza tranzistora na žabicu 2, a slobodnu žicu na osigurač 1. Ponovite proces opisan pod 2. Imajte u vidu, da tražite diode sa zajedničkom katodom.
Ako pronađete poziciju na kojoj će LED anoda svijetliti pošto je bilo koji od preostalih izlaza tranzistora povezan na osigurač 1, a izlaz povezan na osigurač 2 je baza. Provjerite da se isto to ne događa u nekoj drugoj poziciji. Ako LED anoda ne svijetli u bilo kojoj poziciji, ili svijetli u svim pozicijama, tranzistor je oštećen.
8. Budući da ste pronašli bazu PNP tranzistora, sastavite strujni krug za testiranje da bi ste provjerili da tranzistor funkcionira kao prekidač. Na dijagramu strujnog kruga, vidjeti ćete da su baterija i LED anoda u suprotnom pravcu od baterije i LED anode u strujnom krugu za testiranje NPN tranzistora.
9. Odredite odašiljač i kolektor. Za njih možete izvesti zaključke na isti način kao što ste uradili za NPN tranzistore. Povežite tranzistor i vidite hoće li funkcionirati kao prekidač.
Tranzistor okrenut u suprotnom pravcu neće funkcionirati tako dobro kao prekidač, ili neće funkcionirati uopće.
Ako ne možete da pronađete bazu tranzistora (anoda zajednička za odašiljač i kolektor kod NPN tranzistora, i katoda zajednička za odašiljač i kolektor kod PNP tranzistora), ili ako tranzistor ne funkcionira kao prekidač, onda je pokvaren.
Već smo rekli da u ovom kompletu nema PNP tranzistora. Ipak, ovaj postupak će vam se pokazati veoma korisnim kada budete naišli na potpuno nepoznati tranzistor.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 41

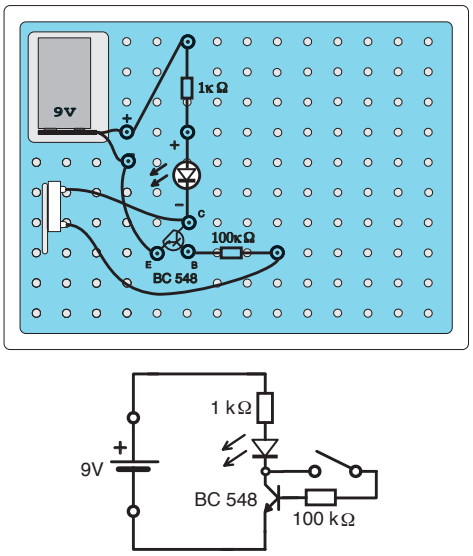


42. STRUJA KOJA PROLAZI KROZ BAZU MOŽE BITI USMJERENA KROZ OTPORNIK KOLEKTORA

Sada se prisjetite dijagrama strujnog kruga za tranzistor kao prekidač.
Struja je usmjerena prema bazi tranzistora kroz otpornik, čiji je jedan kraj povezan na pozitivan pol baterije a drugi kraj na bazu. Ovo nije jedini način za usmjeravanje struje prema bazi tranzistora, čime će se otvoriti tranzistor.
Na slici 42 je prikazano strujni krug kod kojeg struja koja teče prema bazi tranzistora također teče kroz granu strujnog kruga između kolektora i pozitivnog pola baterije.
Napravite strujni krug kao što je prikazano na slici 42. Kada stisnete prekidač, LED anoda će svijetliti. To znači da tranzistor funkcionira kao prekidač.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 42

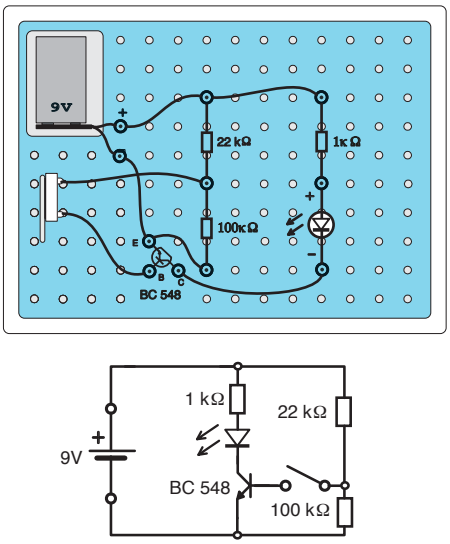


43. STRUJA KOJA TEČE U BAZU SE MOŽE USMJERITI SA RAZDJELNIKA NAPONA

Slika 43 prikazuje još jednu mogućnost za napajanje baze tranzistora električnom strujom. Dva otpornika se koriste kao prenosioci napona. Odnos između otpora ova dva otpornika određuje struju koja teče do baze tranzistora.
Sva tri ovdje prikazane metode napajanja tranzistora strujom imaju iste efekte na tranzistor, omogućavaju da struja teče do baze i da je tranzistor otvoren. Koju metodu napajanja baze ćemo koristiti zavisi od toga kako želimo da koristimo tranzistor.

Pribor: baterija 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 43

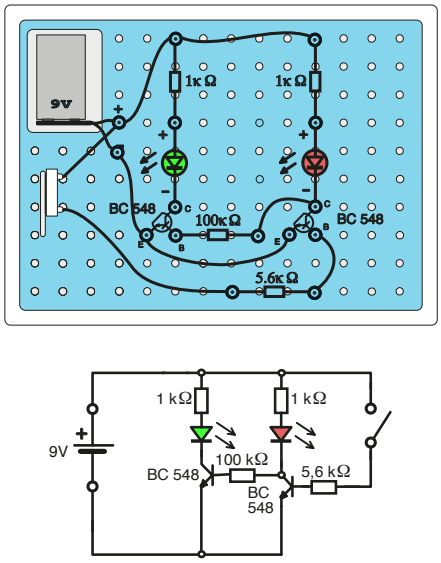


44. SERIJSKO POVEZIVANJE DVA PREKIDAČA TRANZISTORA

Sada znamo da se tranzistor može koristiti kao prekidač. Usmjeravanjem male količine struje kroz bazu, možemo prouzročiti da kroz tranzistor teče više struje.
Jednim tranzistor prekidačem možemo kontrolirati drugi tranzistor prekidač. Ovakav primjer je prikazan na slici 44 gdje između kolektora i pozitivnog pola baterije stoje otpornik i jedna LED anoda.
LED anoda će signalizirati da li je tranzistor otvoren ili zatvoren kao prekidač. Ako je tranzistor otvoren, struja kroz njega neće prolaziti i LED anoda neće svijetliti.
Ako bateriju povežemo za strujni krug, zelena LED anoda neće svijetliti. Zašto? Prekidač nije na poziciji ON. Struja ne teče do baze prvog tranzistora i on je zatvoren. Kako kroz njega ne prolazi struja, možemo smatrati i da ne postoji. Struja će teći do baze drugog tranzistora kroz crvenu LED anodu i otpornik od 100 kΩ.
Kako imamo otpornik od 100 kΩ struja će biti previše mala da bi crvena LED anoda svijetlila, ali će biti dovoljno jaka da otvori drugi tranzistor i pusti da struja teče kroz njega, uslijed čega će zelena dioda svijetliti.
Pritisnite prekidač. Sada će struja teći do baze prvog tranzistora, čime će se isti otvoriti. Kroz njega će onda teći više struje, uslijed čega će crvena LED anoda zasvijetliti.
Desni otpornik i desna dioda čine razdjelnik napona. Baza lijevog tranzistora se puni kroz taj razdjelnik napona. Otvoreni tranzistor je veoma mali otpornik. Ovaj otpor je tako mali da je i njegov napon veoma mali. Struja koja teče do baze lijevog tranzistora će zato također biti mala. Zbog toga će lijevi tranzistor biti zatvoren i zelena LED anoda neće svijetliti.

Pribor: baterija 9V, 14x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 61, 4x68, 2x69

Fig. 44

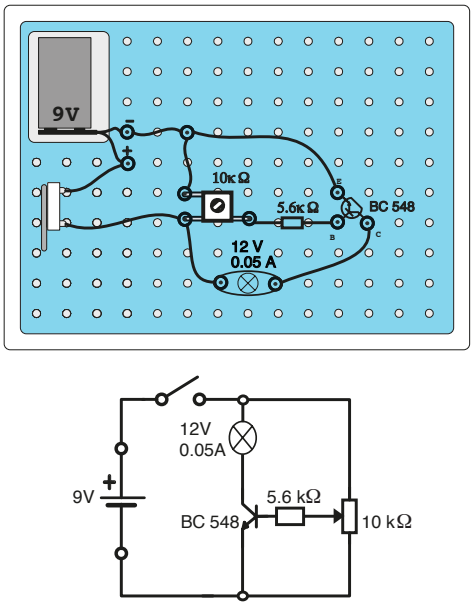


45. TRANZISTOR KAO PODESIVI OTPORNIK

Strujni krug sastavite kao što je prikazano na slici 45.
Da li će svjetlo koje žaruljica emitira biti dovoljno jasno, zavisi od pozicije klizača na potenciometru. Ako je klizač bliži pozitivnom polu baterije, žaruljica će jasnije svijetliti, a ako
je bliži negativnom polu baterije, svijetliti će manje jasno. Ako pomaknete klizač, intenzitet će varirati.
Kako funkcionira strujni krug?
Kada je klizač bliži izlazu potenciometra koji je povezan sa pozitivnim polom baterije, više struje će teći do baze. Ako pomaknemo klizač, potenciometar postaje razdjelnik napona.
Otpornik kroz koji struja teče do baze je priključen na napon ovog razdjelnika. Ako je napon na prijenosniku veći, više struje će teći do baze tranzistora.
Kada je struja koja teče do baze tranzistora veća, žaruljica će jasnije svijetliti. U ovom slučaju, više struje teče kroz žarulju (a također kroz tranzistor). Kako je žarulja takva kakva je, očigledno je da se svojstva tranzistora mijenjaju u smislu da se on ponaša kao podesivi otpornik, čiji otpor zavisi od struje koja teče do njegove baze.
Zamislite da okrećete potenciometar na obje strane. To će prouzročiti da napon na klizaču potenciometra varira: jednom će biti viši, a kasnije niži.
Viši napon će poslati jaču (više) struju do baze tranzistora, i tranzistor će biti otvoreniji. Napon koji varira a usmjeren je prema bazi tranzistora od potenciometra možemo dobiti iz bilo kojeg drugog izvora. Tranzistor će pojačati ovaj napon. Možemo reći da je tranzistor koji se koristi kao podesivi otpornik u stvari pojačivač.

Pribor: baterija 9V, 11x7, 14, 35, 38, 40, 42, 51, 59, 4x68

Fig. 45

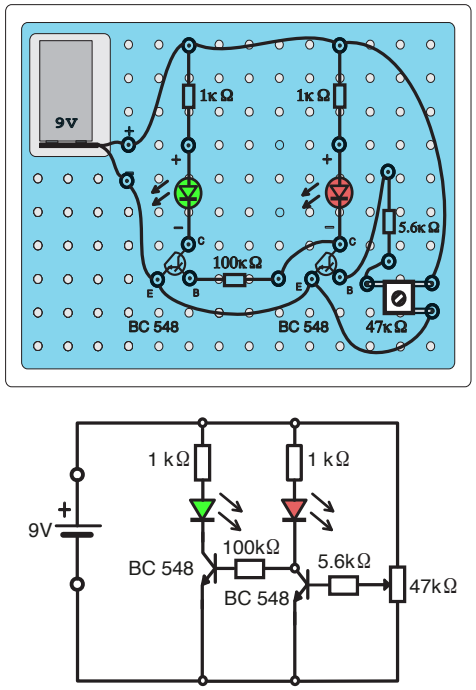


46. SERIJSKI STRUJNI KRUG S DVA POJAČIVAČA TRANZISTORA

Isto kao što smo mogli da kontroliramo jedan tranzistor prekidač drugim, možemo izlaz jednog pojačivača povezati sa ulazom drugog, čime ćemo pojačati tako mali napon nekoliko puta.
Kod strujnog kruga koje smo vidjeli, imamo dva pojačivača tranzistora serijski povezana. LED anode služe kao indikatori koji pokazuju kako se otpor tranzistora mijenja.
Ako pretpostavimo da je klizač potenciometra na takvoj poziciji da je njegov napon jednak nuli, struja do baze tranzistora će također biti nula, a tranzistor će biti zatvoren.
U prethodnom slučaju, crvena dioda nije svijetlila, ali zelena je. Suprotno će se dogoditi ako je klizač potenciometra na poziciji gdje je struja do baze najjača. Crvena dioda će svijetliti, a zelena neće. Što je sa ostalim pozicijama potenciometra. Isprobajte ih.
Kako budete okretali potenciometar, crvena dioda će svijetliti jasnije, a zelena prigušenije.
Ukoliko ga okrenete u suprotnom smjeru, crvena dioda će manje svijetliti, a zelena više.
Ovaj eksperiment pokazuje kako se izlazni signal pojačivača jednog tranzistora može koristiti za kontrolu drugog. Kontrolirali smo svijetlo LED anoda. Kod drugog tranzistora gdje je napon doveden sa drugog tranzistora pojačan, možemo povezati neki drugi element umjesto LED anode, element kome treba više snage da bi funkcioniralo, npr. žaruljicu ili zavojnica releja.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 59, 61, 4x68, 5x69

Fig. 46

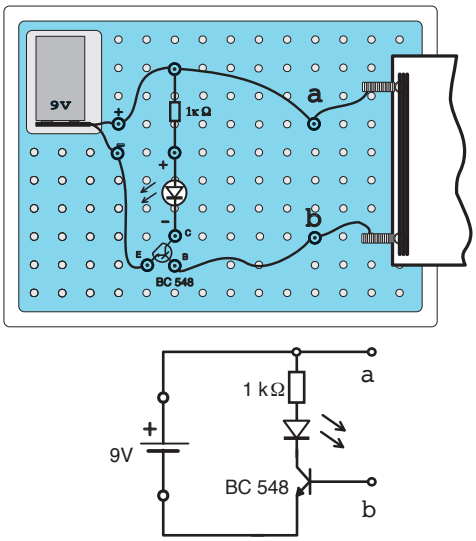


47. SLOJ GRAFITA IZ OLOVKE NA KOMADU PAPIRA TAKOĐER MOŽE DA SE PONAŠA KAO OTPORNIK

U uvodnom djelu, spomenuli smo da je otpornik obično napravljen od keramičkog tijela koje je obloženo otpornim slojem. Taj sloj također može biti grafit.
U svakodnevnom životu, prilično često dolazimo u dodir sa grafitom. Grafit možemo naći u običnoj olovci: srce je od grafita. Kako to možemo dokazati? Napravite svoj vlastiti otpornik.
Uzmite komad papira i nacrtajte široku debelu liniju. Presavijte papir tako da linija leži na mjestu gdje je presavijen. Na oba kraja ubacite žabicu kroz koju ste provukli povezanu žicu. Sada imate otpornik sa izlaznim žicama.
Kako možete da provjerite da li je to zaista otpornik? Ubacite ga u strujni krug koje je dolje prikazano. Kroz ovaj otpornik, struja će teći od pozitivnog pola baterije do baze tranzistora. Tranzistor će se otvoriti i dioda će svijetliti.

Pribor: baterija 9V, 10x7, 38, 42, 43, 57, 4x68, 2x69

Fig. 47

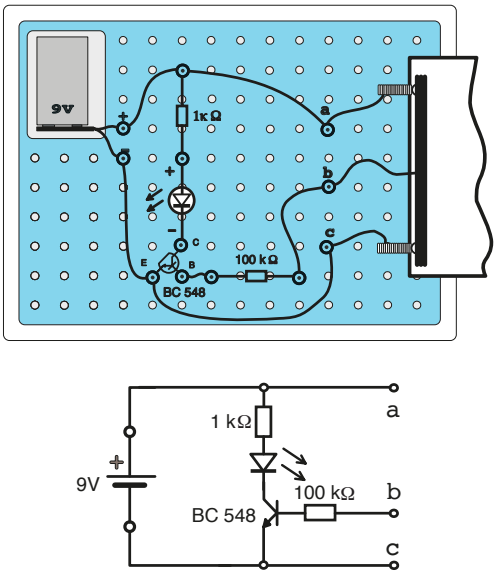


48. SLOJ GRAFITA IZ OLOVKE NA KOMADU PAPIRA TAKOĐER MOŽE DA SE PONAŠA KAO POTENCIOMETAR

Već smo spomenuli da je potenciometar zapravo otpornik po kojem se pomiče klizač. Pokušajte napraviti potenciometar od gore opisanog otpornika.
Za ovaj pokus upotrijebite otpornik napravljen za prethodni pokus. Koristite žabicu na koju je pričvršćena žica i služi kao tobogan. Držite osigurač i gurnite ga prema gore - dolje na grafitnom sloju papira. Promatrajte kako se mijenja svjetlina diode. Sjetite se pokusa u kojem je tranzistor korišten kao promjenjivi otpornik. Ovdje imamo gotovo isti sklop, samo što se koristi potenciometar domaće izrade umjesto tvorničkog.

Pribor: baterija 9V, 11x7, 38, 42, 43, 57, 61, 4x68, 5x69

Fig. 48

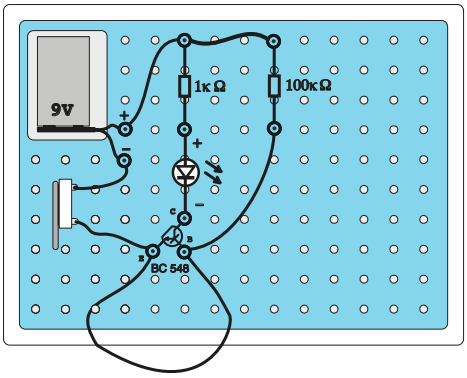


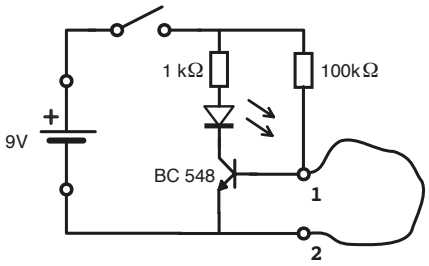
49. ELEKTRONSKA ZAŠTITA

Sada kada smo naučili o funkcioniranju strujnog kruga sa tranzistorima, tranzistore možemo koristiti na različite načine. Vrsta strujnog kruga koja se može napraviti uz korištenje tranzistora ovisi od mašte kreatora.
Sljedeći eksperiment pokazuje tranzistor u strujnom krugu koji će uslijed prekida veze poslati signal. Takav strujni krug može, na primer, da se koristi za signalizaciju neželjenog otvaranja nekih vrata. U ovom strujnom krugu, tranzistor će se koristiti kao prekidač.
Između žabica 1 i 2 je žica koja proizvodi kratki strujni krug između baze i odašiljača. Kako struja ne teče do baze, ovaj tranzistor je zatvoren. Struja koja teče od pozitivnog pola baterije kroz otpornik od 100 kΩ, teče direktno do negativnog pola baterije.
Ukoliko uklonite žicu koja stoji između žabica 1 i 2, struja će teći do baze tranzistora i tranzistor će se otvoriti. LED anoda će tada svijetliti. Tako se opisani strujni krug može koristiti za otkrivanje ne postojanja veze u električnom strujnom krugu. Jedna od mogućih namjena je da služi kao elektronska zaštita. Žica između žabica 1 i 2 može biti bilo koje dužine. Smjestite spravu tamo gdje želite da postoji zaštita tako da se strujni krug može lako prekinuti. Dijagram koji slijedi pokazuje primer zaštite koja se može koristiti za signalizaciju da su vrata otvorena.
Čavlićem fiksirajte spajalicu na vrata i dovratak na onoj strani na kojoj se vrata otvaraju. Dvije spajalice povežite za žabice 1 i 2 na tabli sa strujnim krugom. Komad žice umetnite između spajalica, vodeći računa da je skinuta izolacija žice na mjestima kontakta. Ako je to pravilno izvedeno, LED anoda neće svijetliti. Zbog žice koja se nalazi između žabica 1 i 2 strujni krug između baze i odašiljača je previše kratko, i struja neće teći do baze.
Ako neko otvori vrata, žica će ispasti iz spajalica i veza između žabica 1 i 2 će biti prekinuta. Sada će struja teći od pozitivnog pola baterije kroz otpornik do baze tranzistora. Tranzistor će se otvoriti i dioda će svijetliti.
Možemo odabrati puno takvih mjesta koje želimo da zaštitimo. Zatim možemo serijski povezati sva takva mjesta (npr. sva vrata i prozore, vrata ormarića, itd.) i dovesti žice do strujnog kruga. Problem u ovom slučaju je, da kada dobijemo signal alarma ne znamo mjesto na kojem je zaštita ugrožena. Ukoliko želimo da dobijemo i taj podatak, morati ćemo da napravimo odvojeni strujni krug za svaku poziciju zaštite. Ako su svi strujni krugovi na istom mjestu, za sve njih možemo koristiti jednu bateriju.

Pribor: baterija 9V, 9x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68, 1x69

Fig. 49



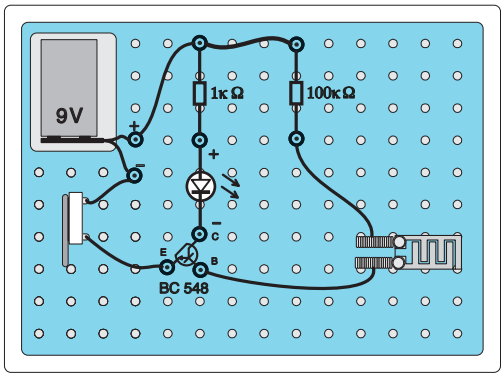


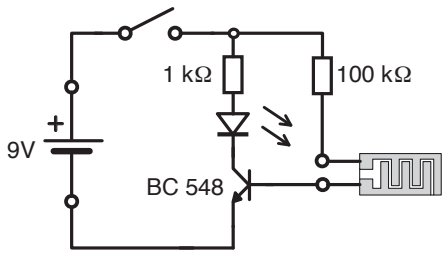
50. VISOKI SIGNAL TEKUĆINE

Najveći broj tekućih spojeva provodi električnu struju. Nije pretjerano dobro, ali otpor tekućine je dovoljno nizak da omogući dovoljno struje za pokretanje tranzistora.
U našem kompletu pronaći ćete senzor vlage. To je jedna ploča s dva vodiča razmaknuta na pristojnoj udaljenosti. Električna struja ne može teći kroz razmak između vodiča.
Ako vodljiva tekućina dospije između ta dva vodiča, otpor senzora će se smanjiti. Ovo ćemo svojstvo koristiti u našim eksperimentima.
U ovom strujnom krugu, otpornik od 100 kΩ i senzor vlage spojeni su između pozitivnog pola baterije i tranzistora.
Kada se senzor tekućine uroni u tekućinu koja provodi elektricitet, struja će teći od pozitivnog pola baterije kroz otpornik od 100 kΩ i senzor tekućine do baze tranzistora.
Tranzistor će se otvoriti i anodna LED će zasvijetliti.
Ovaj senzor se ne može koristiti s tekućinama koje ne provode struju kao što su ulja i destilirana voda. U takvim slučajevima koriste se druge vrste senzora.

Pribor: baterija 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

Fig. 50



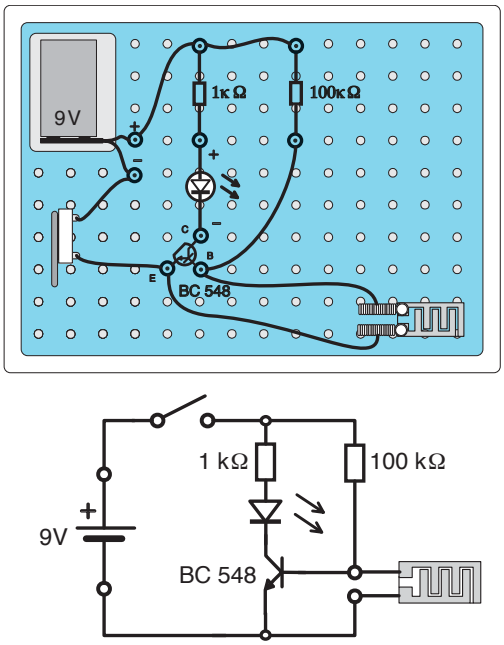


51. NISKI SIGNAL TEKUĆINE

U ovom eksperimentu želimo signal koji će nas upozoriti kada je razina tekućine niska. U ovom krugu, senzor vlažnosti formira predajnik napona s otpornikom od 100 kΩ, koji se grana na bazu tranzistora.
Kada senzor uronimo u tekućinu, otpor između njegovih vodiča bit će mali. Napon između osigurača također će biti prenizak za provođenje struje u bazu, tranzistor će biti zatvoren.
Kada je spremnik prazan, senzor će ostati u zraku. Kako vlaga isparava, otpor senzora će se povećavati. Napon na srednjoj grani odašiljača će porasti, a struja će teći kroz otpornik od 100 kΩ do baze tranzistora. To će otvoriti tranzistor i dioda će zasvijetliti.

Pribor: baterija 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

Fig. 51

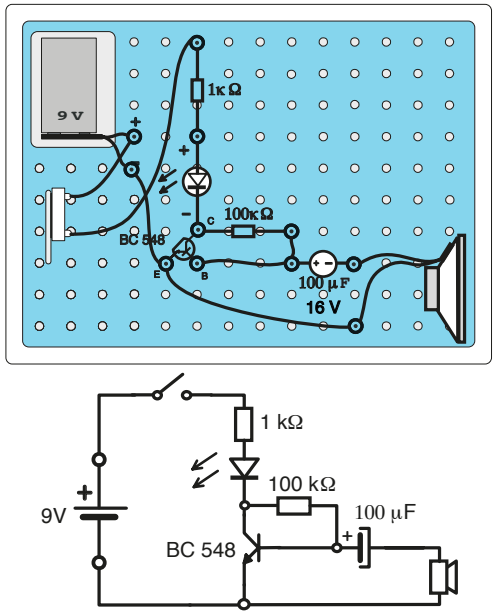


52. MONOFAZNO POJAČALO NISKIH FREKVENCIJA

Sjetite se opisa rada zvučnika. Ako električna struja teče kroz zavojnicu zvučnika, zavojnica će se ponašati kao elektromagnet. To će uzrokovati uvlačenje ili izbacivanje svitka iz releja elektromagneta. Ako promjenjiva ili izmjenična struja teče kroz ovu zavojnicu, ona će se kretati naprijed-natrag. To će izazvati kretanje u zraku i čut ćemo proizvedeni zvuk.
Kao opće pravilo, kretanje vodiča u blizini magneta (ili kretanje magneta u blizini vodiča) uzrokovat će tečenje električne struje kroz njega. Ovo je osnovni princip električnih generatora u elektranama.
Što se događa sa zavojnicom u utoru magneta ako se magnet pomiče? Kretanje će izazvati prolazak električne struje kroz njega. Kažemo da se u njemu inducira električna struja. Kako se membrana pomiče unutra - van, struja u zavojnici će mijenjati smjer. Ukratko, izmjenična struja će prolaziti kroz zavojnicu dok govorimo u zvučnik.
Kada govorimo u zvučnik, inducirat će se električni signal, a njegov napon ovisi o tome koliko glasno govorimo ili udaramo o membranu. Ovako rade mikrofoni poput onih koji se koriste u modernim telefonima. Konstrukcija zvučnika i mikrofona vrlo je slična. U našem kompletu nema mikrofona, ali nema veze, umjesto mikrofona koristit ćemo zvučnik.
U krugu prikazanom ispod, otpornici su odabrani tako da je tranzistor malo otvoren. To dovodi do jačeg sjaja LED anode. Paralelno s mikrofonom spojen je elektrolitski kondenzator. Budući da kondenzator blokira struju naprijed, struja koja teče iz kolektora kroz otpornik od 100 kΩ teći će do baze tranzistora.
Zvučnik, koji se ovdje koristi kao mikrofon, spojen je na bazu tranzistora preko elektrolitskog kondenzatora. Ako udarite u membranu zvučnika ili pričate u zvučnik, u zavojnici će se inducirati izmjenična struja. Već smo dokazali da izmjenična struja može teći kroz kondenzator. Ta struja će se dodati struji koja teče do baze tranzistora kroz otpornik. Stoga će struja koja teče prema bazi varirati. Kao posljedica toga, tranzistor će biti više ili manje otvoren, a LED anoda će svijetliti manjim ili većim intenzitetom.

Pribor: baterija 9V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 45, 57, 61, 66, 4x68

Fig. 52

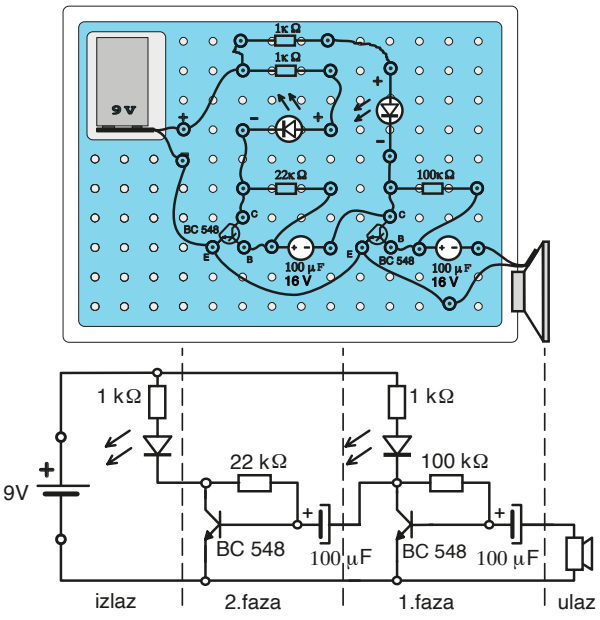


53. DVOFAZNO NISKO FREKVENCIJSKO POJAČALO

Kod ovog eksperimenta koristi ćemo dva veoma slična niskofrekventna pojačivača. Između izlaza prvog (kolektor desnog tranzistora) i izlaza drugog (baza lijevog tranzistora) stoji elektrolitički kondenzator koji osigurava da će napajanje baze lijevog tranzistora kontrolirati isključivo otpornici oko ovog tranzistora.
Prvi tranzistor pojačava niskofrekventnu izmjeničnu struju koja dolazi iz zvučnika, koji se ovdje koristi kao mikrofon. Pojačani AC signal teče od kolektora desnog tranzistora kroz elektrolitski kondenzator do baze lijevog tranzistora. Tako će signal na kolektoru lijevog tranzistora biti nekoliko puta pojačan. Anodna LED će pokazati kako struja kroz lijevi tranzistor varira kao rezultat signala koji dolazi iz zvučnika.

Pribor: baterija 9V, 24x7, 38, 2x42, 43, 44, 45, 2x57, 58, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 53

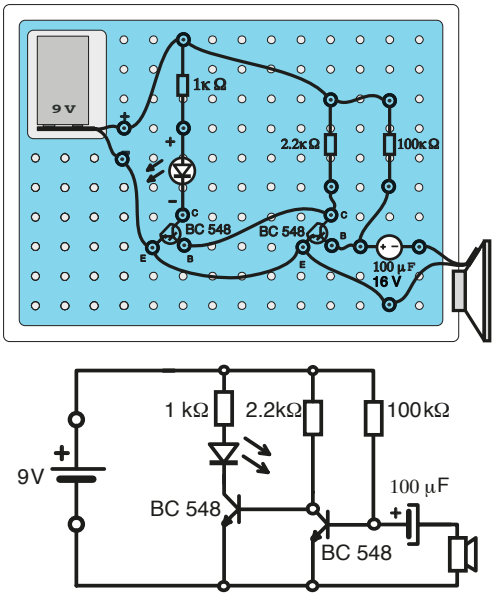


54. JOŠ JEDNA VARIJACIJA POJAČALA

Dijagram koji slijedi prikazuje još jednu varijaciju pojačala od dvije faze. Između kolektora desnog tranzistora i baze lijevog, ne postoji elektrolitički kondenzator, čime se omogućava da direktna struja sa otpornika kolektora desnog tranzistora teče do baze lijevog tranzistora. Ako usporedimo ta dva kruga, ustanoviti ćemo da smo kod drugog koristili manje elemenata. Ipak, direktna povezanost direktne struje između prvog i drugog tranzistora može prouzročiti komplikacije.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 45, 57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 54

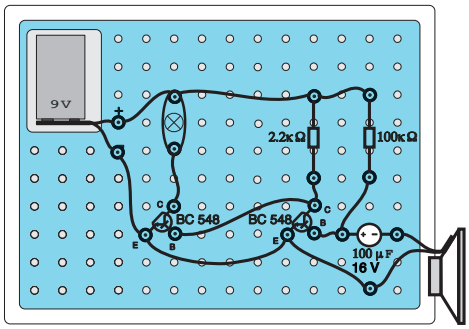


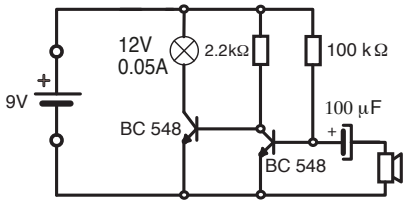
55. SVJETLOSNI EFEKTI

Pomoću pojačala možemo pojačati slab signal koji dolazi iz izlaza zvučnika toliko da će žarulja zasvijetliti.
Ako žarulju spojite izravno na izlaz zvučnika, ona neće svijetliti. No kod ovog sklopa bit će dovoljno samo lagano dotaknuti zvučnik ili puhnuti u njega i žaruljica će zasvijetliti.
Sličan princip koristi se u strujnim krugovima u diskotekama, gdje svjetlo povremeno pulsira u ritmu glazbe.

Pribor: baterija 9V, 24x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 2x57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 55



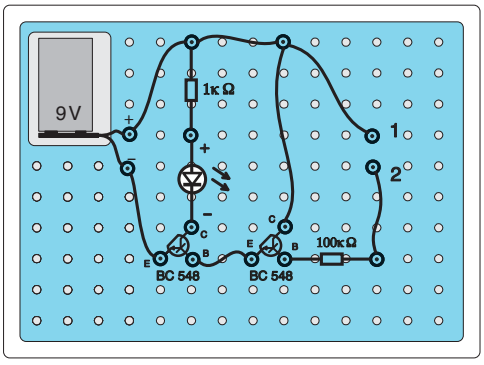


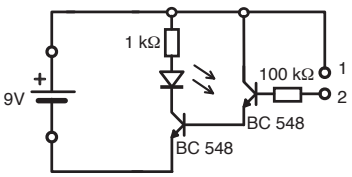
56. SENZORSKI STRUJNI KRUG SA DVA TRANZISTORA

Vjerojatno ste se pitali kako rade senzorske tipke na radiju i TV prijemniku. To nije samo tipka koju treba pritisnuti, radi čak i uz lagani dodir.
Ako napravite strujni krug kao na slici 56, bit će vam jasno kako senzorske tipke rade. Kod ovog strujnog kruga koristimo dva tranzistora. Žabica sa pozitivnog pola baterije i otpornik od 100 kΩ su povezani za drugi kraj baze desnog tranzistora i smješteni su tako blizu jedan drugog da se mogu oba dodirnuti jednim prstom.
Zapamtite: ako vrlo mala struja teče od baze do tranzistora, to će omogućiti da mnogo veća struja teče kroz tranzistor od kolektora do emitera.
Ova struja se može koristiti za napajanje baze drugog tranzistora. Dakle, struja koja teče do baze lijevog tranzistora će se pojačati, pojačavajući, zauzvrat, struju koja teče kroz njega. Takav spoj između tranzistora gdje struja iz emitera jednog teče izravno u bazu drugog tranzistora naziva se Darlingtonov strujni krug.
Površina ljudske kože uvijek je prekrivena mješavinom prljavštine, vlage i znoja. Međutim, električna struja može teći površinom naše kože. Otpor kože je prilično visok, dok je struja koja teče površinom vrlo mala. Ova struja napaja bazu desnog tranzistora, što se može vidjeti na sljedećem dijagramu. Kada dodirnemo žabu označenu 1 i 2, LED će zasvijetliti.
Čemu služi otpornik od 100 kΩ koji se nalazi između tipke senzora i baze desnog tranzistora? Krug bi također radio bez otpornika, ali bi netko mogao slučajno (ili namjerno) spojiti gumb senzora na komad metala. Tada će baza biti izravno povezana s pozitivnim polom baterije. Upamtite: smjer baza-odašiljač tranzistora ponaša se kao dioda. Ova dioda je okrenuta tako da struja može teći od odašiljača do negativnog pola baterije. Struja koja teče izravno s pozitivnog pola baterije kroz bazu tranzistora definitivno bi ga uništila. Otpornik spojen u seriju s bazom tranzistora zapravo ga štiti od velike struje koja prolazi kroz njegovu bazu.

Pribor: baterija 9V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 3x69

Fig. 56



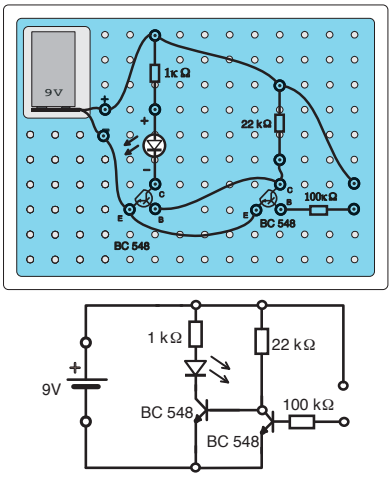


57. SENZORSKI STRUJNI KRUG KOJI UKLJUČUJE I ISKLJUČUJE NEKI APARAT

Kod ovog strujnog kruga, desni tranzistor se koristi kao prekidač koji uključuje prekidač lijevog tranzistora. Normalno, električna struja neće teći do baze desnog tranzistora. Tranzistor će tako biti zatvoren i imati će veoma veliki otpor. Struja će tako teći kroz otpornik od 22 kΩ do baze lijevog tranzistora, koji će se otvoriti i LED anoda će svijetliti. Ako dodirnete "senzor" žabice, električna struja će teći do baze desnog tranzistora i otvoriti će ga. Otvoreni tranzistor će pružati manji otpor i napon srednje grane razdjelnika napona koja se sastoji od otpornika od 22 kΩ desnog tranzistora će opasti. Struja koja ide do baze lijevog tranzistora će se smanjivati i on će se zatvoriti. LED anoda će prestati da svijetli.

Pribor: baterija 9V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 57

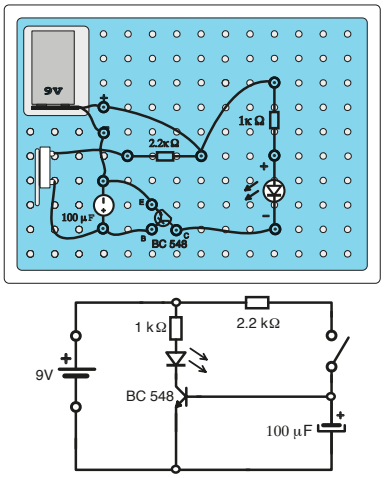


58. KONDENZATOR I TRANZISTOR (1)

Ako sastavite strujni krug koje je dolje prikazano i povežete ga za bateriju, LED anoda neće svijetliti jer struja ne dolazi do baze tranzistora i on je zatvoren.
Pritisnite prekidač. Struja će od pozitivnog pola baterije teći kroz otpornik i prekidač, i dalje do elektrolitičkog kondenzatora i baze tranzistora. Najprije će struja ulaziti u prazan kondenzator. Kako se kondenzator bude punio, napon na kontaktnim točkama će rasti. Na određenoj točki, biti će dovoljno visok da će nešto struje moći da teče do baze tranzistora i tranzistor će početi da se otvara. Svjetlo LED anode će rasti sve dok ne dosegne svoj maksimum.
Otpustite prekidač. Kondenzator je napunjen i u njega je pohranjeno nešto električne struje. Kada otpustimo prekidač, kondenzator će se ponašati kao baterija iz koje struja može teći do baze tranzistora. To će uzrokovati da tranzistor ostane otvoren neko vrijeme. Kako se kondenzator bude praznio, struja koja teče iz njega do baze tranzistora će biti sve manja. Tranzistor će se polako zatvarati, a LED anoda će se smanjivati sve dok potpuno ne nestane.

Pribor: baterija 9V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 66, 4x68, 2x69

Fig. 58

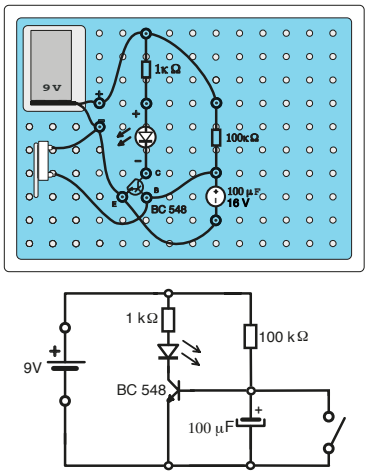


59. KONDENZATOR I TRANZISTOR (2)

U ovom strujnom krugu, prekidač je paralelno povezan za elektrolitički kondenzator. Kada strujni krug povežete sa baterijom, svjetlo LED anode će se povećavati kao kod prethodnog eksperimenta.
Pritisnite prekidač. Ovo će uzrokovati kratak spoj kondenzatora koji će se momentalno isprazniti. LED anoda će također momentalno nestati. Otpustite prekidač.
Kondenzator će lagano početi da se puni. U isto vreme, tranzistor će početi da se otvara, a svjetlo LED anode da se povećava sve dok ne dostigne svoj maksimum.

Pribor: baterija 9V, 12x7, 38, 42, 43, 57, 61, 66, 4x68, 69

Fig. 59

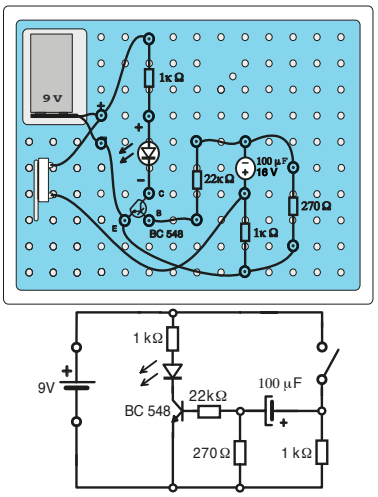


60. UKLJUČIVANJE APARATA NA TRENUTAK

Strujni krug koji koristi svojstva kondenzatora koji se puni se također može koristiti za uključivanje nekog aparata na kraće vrijeme. To može biti ventilator u kupatilu, električno zvono na vratima, gong, itd. Strujni krug koje je ovdje opisano to neće omogućiti, ali ako povežemo jedan relej između kolektora tranzistora i pozitivnog pola baterije umjesto LED anode i serijski povezanog otpornika, relej bi mogao da funkcionira kao prekidač za aparate kojima je potrebna jača struja i napon.
Kako strujni krug funkcionira? Pretpostavimo da je elektrolitski kondenzator prazan. Kada pritisnete prekidač, struja će teći od pozitivnog pola baterije do elektrolitskog kondenzatora. Tada će se struja podijeliti u grane: jedan dio kroz otpornik od 270 Ω do negativnog pola baterije, a drugi dio kroz otpornik od 22 kΩ do baze tranzistora. Tranzistor će se otvoriti i anodna LED će zasvijetliti.
Kondenzator će se polako puniti. Nakon što se napuni, struja će prestati teći do njega. Struja će također prestati teći do baze tranzistora, koja će se tada zatvoriti i dioda neće svijetliti.
Kada otpustite prekidač, pozitivni pol kondenzatora neće biti spojen na pozitivni pol baterije, a struja će teći kroz otpornike od 1 kΩ i 270 Ω i kondenzator će se isprazniti. Ovdje struja koja teče kroz otpornike od 270 Ω teče u suprotnom smjeru u usporedbi sa situacijom kada je prekidač u položaju uključeno, a napon na ovom otporniku bit će u suprotnom smjeru nego prije. Tranzistor će biti zatvoren i dioda neće svijetliti.

Pribor: baterija 9V, 14x7, 38, 42, 43, 56, 2x57, 66, 4x68, 2x69

Fig. 60

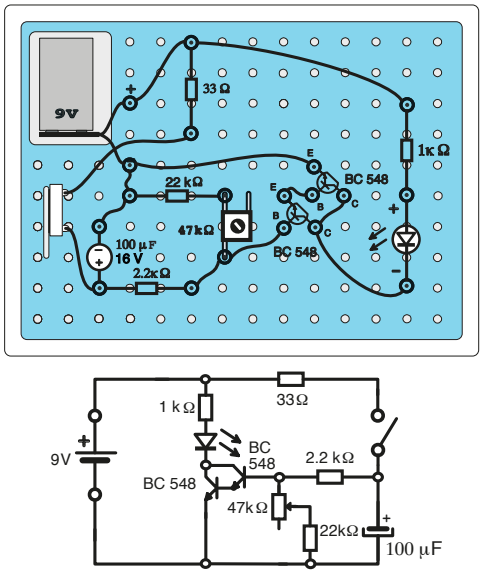


61. PREKIDAČ S PODESIVIM VREMENSKIM ISTEKOM

Možda ste nekada bili u prilici da promatrate svog oca ili majku kako pokušavaju da zaključaju auto na neosvijetljenom parkiralištu nakon što su zatvorili vrata automobila. Zar ne bi bilo lakše pronaći ključeve kada bi svijetla u autu ostala upaljena nekoliko sekundi?
Pretpostavimo da je prekidač s gumbom zapravo prekidač koji pali svjetlo u automobilu. Kada dođe do kontakta, struja će teći s pozitivnog pola baterije kroz otpornik od 33 Ω, nakon čega će jedan dio teći prema elektrolitskom kondenzatoru, a drugi prema otporniku od 2,2 kΩ. Odatle će jedan dio struje teći do baze tranzistora, a drugi kroz potenciometar do negativnog pola baterije. Kako struja teče prema bazi, tranzistor će se otvoriti i anodna LED će svijetliti.
Otpustite prekidač. Elektrolitski kondenzator će se početi prazniti kroz otpornik od 2,2 kΩ, odakle će jedan dio struje teći prema bazi, a drugi dio prema potenciometru i otporniku od 22 kΩ. Ovisno o položaju potenciometra, kondenzator će se prazniti brže ili sporije. Kada napon na elektrolitskom kondenzatoru postane prenizak da bi tranzistor ostao otvoren, anodna LED će prestati svijetliti. Potenciometar je tu da regulira odgodu od trenutka otpuštanja prekidača do trenutka kada LED anoda prestane svijetliti.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

Fig. 61

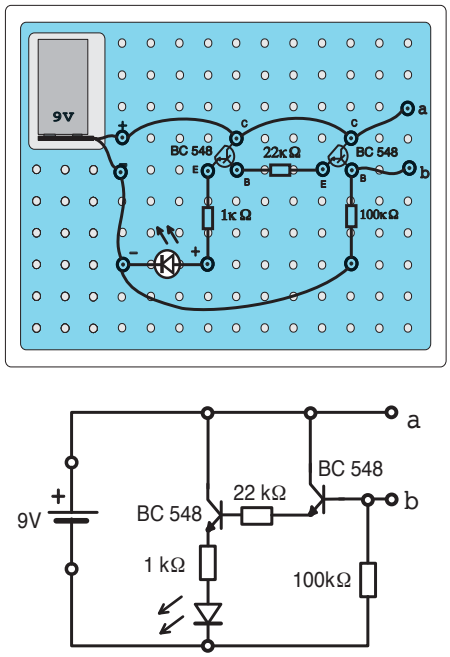


62. STRUJNI KRUG ZA TESTIRANJE ELEMENATA

Kod strujnog kruga koje slijedi, LED anoda će svijetliti kada struja bude išla kroz štipaljke a i b. Kako se to može koristiti za testiranje elemenata?
Ako rezistor povežete između štipaljki, LED anoda će svetleti ako otpornik nije oštećen.
Ako spojite otpornik između kopči, LED anoda će svijetliti ako otpornik nije oštećen.
Ako spojite kondenzator između dvije kopče, anodna LED će zasvijetliti nakratko. Kada se kondenzator puni, struja će prestati teći od točke a do kondenzatora i dalje kroz točku b do baze tranzistora. LED će prestati svijetliti. Dioda će duže svijetliti ako je kapacitet kondenzatora veći. Ako anodna LED dioda nastavi svijetliti, kondenzator je oštećen.
Ovim strujnim krugom također možemo testirati diode. Diodu treba spojiti tako da katoda (kraj diode koji je označen) ima kontakt sa spojnicom b. LED anode će zasvijetliti. Ako preokrenete diodu, LED anoda ne bi trebala svijetliti. Ako se dioda ne ponaša tako, oštećena je.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

Fig. 62



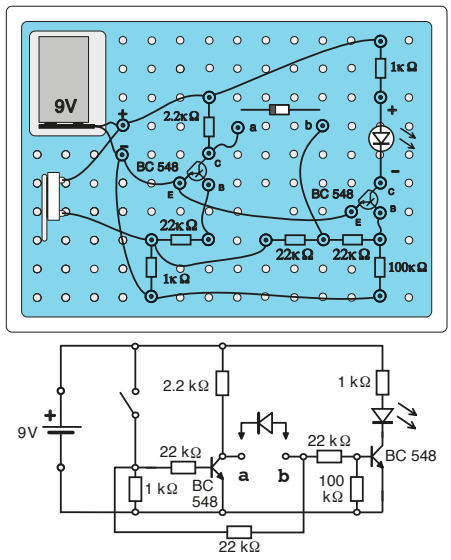
63. STRUJNI KRUG ZA TESTIRANJE DIODA

U prethodnom strujnom krugu morali smo diodu dva puta da spojimo da bismo testirali pravac anoda - katoda, a onda pravac katoda - anoda.
Sa elementima iz kompleta možete sastaviti složeni strujni krug za testiranje dioda. Pogledajmo kako se strujni krug ponaša ako na njega povežemo jednu diodu koja radi i jednu koja je oštećena.
Pretpostavimo prvo da je dioda unutra nepovezana. To bi bilo isto kao i kada ništa ne bi postojalo između kontakata a i b.
Desni tranzistor će biti zatvoren jer struja ne može da stigne do baze. LED anoda neće svijetliti. Pritisnite prekidač. Struja će teći kroz prekidač i otpornik od 22 kΩ do baze desnog tranzistora koji će se otvoriti i LED anoda će svijetliti. Ako pritisnete prekidač, lijevi tranzistor će također biti otvoren, ali je to za ovaj test nevažno.
Pretpostavimo da dioda u sebi ima kratak spoj. To bi bilo isto kao da smo ubacili komad žice između točaka a i b. Sada će struja teći kroz otpornik od 2,2 kΩ, umetnuti par žica i otpornik od 22 kΩ do baze desnog tranzistora. Tranzistor će se otvoriti i LED anoda će svijetliti. Sada će se otvoriti lijevi tranzistor i njegov otpor će biti veoma mali. Kao rezultat toga, napon između odašiljača i kolektora ovog tranzistora će biti suviše mali da bi struja prolazila do baze desnog tranzistora. Tranzistor će se zatvoriti i LED anoda neće svijetliti.
Pretpostavimo da je dioda ispravna i ispravno postavljena (kao što je prikazano na dijagramu: katoda na štipaljki a). Kada se prekidač otpusti, dioda će zaustaviti struju, koja bi inače išla kroz otpornik od 2,2 kΩ do baze desnog tranzistora. Stoga, LED anoda neće svijetliti. Kada pritisnete prekidač, lijevi tranzistor će se otvoriti i otpor između njegovog kolektora i odašiljača će biti veoma mali. Struja koja bi u suprotnom išla preko prekidača i otpornika od 22 kΩ će umjesto toga prolaziti kroz diodu u lijevi tranzistor, a desni tranzistor će ponovo biti zatvoren. LED anoda neće svijetliti.
Pretpostavimo da je ubačena dioda dobra, ali da je za strujni krug povezana u pogrešnom pravcu, i da je katoda na štipaljki b. Struja će teći kroz otpornik od 2,2 kΩ, diodu i otpornik od 22 kΩ do baze tranzistora, koji će se otvoriti i LED anoda će svijetliti. Kada pritisnete prekidač, lijevi tranzistor će se otvoriti i njegov napon će biti veoma mali. Struja će teći kroz prekidač i otpornik od 22 kΩ prema štipaljki b. Pošto je lijeva štipaljka diode na veoma niskom naponu (zbog toga što je lijevi tranzistor otvoren), dioda je okrenuta u pogrešnom pravcu. Struja neće teći u ovom pravcu već prema bazi desnog tranzistora. Tranzistor će opet biti otvoren i LED anoda će svijetliti.
Na osnovu ovog opisa, možemo napraviti sljedeću tabelu:

Stanje diode	Prekidač uključen	Prekidač isključen
dobro	isključen	isključen
nepovezano	svijetli	isključen
kratak spoj	isključen	svijetli
okrenuta u pogr. pravcu	svijetli	svijetli

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 2x60, 61, 4x68, 4x69

Fig. 63



64. GENERATOR ZVUKA

Vjerojatno ste vidjeli pojačivače sa ekranom koji pokazuje visinu pojedinačnih tonova muzike koju slušate. Na ekranu, možete vidjeti kolone koje skaču gore-dolje u ritmu muzike. Ispod kolona, označena je njihova frekvencija, npr: 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, itd.

Za visoko kvalitetnu reprodukciju zvuka, neophodno je da pojačivač jednako pojačava sve ove tonove. Kako možemo ovo da provjerimo? Trebat će nam potreban izvor signala, koji ćemo spojiti za pojačivač i onda ćemo mjeriti visinu njegovog zvuka iza izlazu pojačivača. Na izvoru, mi možemo da podesimo frekvenciju signala i možemo izmjeriti visinu izlaznog signala. Tada možemo promijeniti frekvenciju jednog podjednako jakog signala i izmjeriti ponovo njegovu visinu. Na ovaj način, vidjeli bi smo koje frekvencije pojačivač najviše pojačava. Sa odgovarajućim naredbama, možemo regulirati pojačavanje za svaku frekvenciju odvojeno.

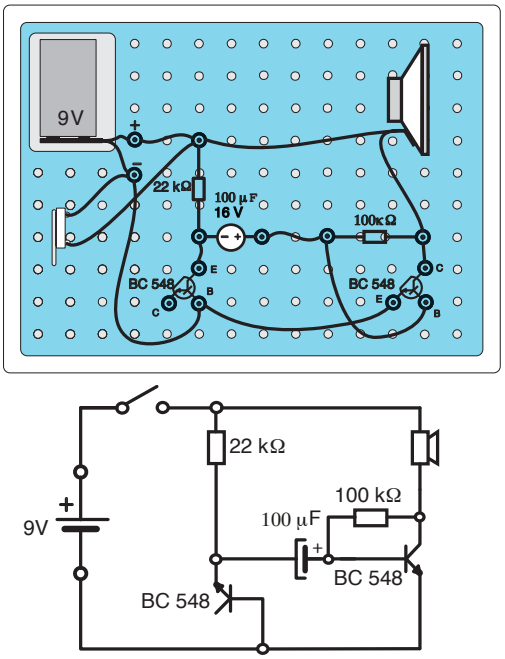
Postoji signal kod koga je zvuk svih frekvenciji već prisutan. To je buka. Kada bismo imali izvor buke, spojili bismo ga na ulaz pojačivača i mjerili visinu njegovog izlaznog signala zvuka instrumentom koji može da pokaže visinu zvuka pojedinačnih frekvenciji.

Takvi instrumenti imaju ekran sa kolonama kao što je gore opisano. Odatle, bilo bi veoma lako regulirati pojačivače.

Strujni krug koje će generirati buku je prikazano na dijagramu koji slijedi. Element koji generira buku je pravac odašiljač-baza tranzistora BC548 koji se koristi kao dioda i povezan je na strujni krug u suprotnom pravcu. Tranzistor povezan na ovaj način će generirati i najmanji šum koji može pojačati. Ovdje smo koristili pojačivač tranzistora. Kada pritisnete prekidač strujnog kruga, čut ćete šum iz zvučnika.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 38, 40, 2x42, 45, 58, 61, 2x66, 4x68, 2x68

Fig. 64



65. PREKIDAČ OSETLJIV NA TEMPERATURU

Već smo se upoznali sa načinom na koji rade termistori, tranzistori i releji. Sada imamo dovoljno znanja za sastavljanje još složenijeg strujnog kruga.

Zamislite da imate peć i želite da se automatski uključi kada temperatura padne na određenu razinu. To možemo postići korištenjem strujnog kruga vrlo sličnog onom na sljedećem dijagramu.

Termistor i podesivi otpornik na desnoj strani dijagrama zapravo su razdjelnik napona. Ako je otpor termistora manji (što se događa pri višoj temperaturi), izlazni napon razdjelnika bit će veći. Izlaz razdjelnika spojen je preko otpornika na bazu tranzistora. Kako se napon razdjelnika povećava, struja u bazi će se povećati i tranzistor će se otvoriti. Napon između emitera i kolektora ovog tranzistora bit će stoga mali. Struja koja teče do baze drugog tranzistora će pasti, tranzistor će se zatvoriti i dioda će prestati svijetliti.

Kada bismo umjesto LED anode i otpornika od 1 kΩ spojili relej, on bi upalio peć ili otvorio električni ventil za toplu vodu u sustavu centralnog grijanja.

Kako temperatura pada, otpor termistora će se povećavati. Zbog toga će se desni tranzistor zatvoriti, a lijevi otvoriti i dioda će zasvijetliti.

Strujni krug se može ugraditi bilo gdje, ali termistor mora biti tamo gdje želimo regulirati temperaturu.

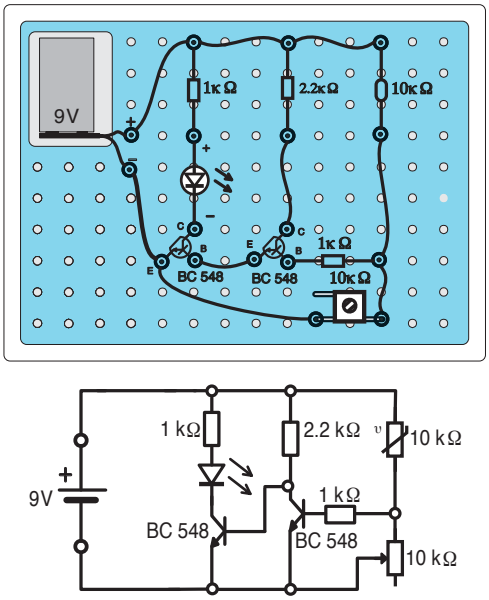
Podesivi otpornik ili potenciometar postavlja se između termistora i negativnog pola baterije. Ako je otpor manji, manja će struja teći do baze desnog tranzistora. Ako želimo da struja koja teče prema bazi tranzistora bude dovoljno jaka da uključi relej, otpor termistora se mora spustiti na nižu razinu, što će se dogoditi pri višoj temperaturi.

To znači da promjenom položaja klizača potenciometra možemo regulirati temperaturu na kojoj želimo da se uključi grijanje. Ako smanjimo otpor potenciometra, grijanje će se uključiti na višoj temperaturi i obrnuto.

Kada ste sklopili strujni krug, okrenite potenciometar tako da LED anoda prestane svijetliti. Zatim ga okrenite dovoljno da anodna LED dioda počne svijetliti. Zatim držite termistor prstima. To će ga zagrijati i LED anoda će prestati svijetliti. Pričekajte kratko vrijeme. Termistor će se ohladiti i dioda će ponovno zasvijetliti.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 47, 51, 2x57, 58, 4x68, 5x69

Fig. 65



66. ELEKTRIČNA SVIJEĆA

Da biste zapalili svijeću potreban vam je izvor toplote (vatra - šibica), a da biste je ugasili potrebno je samo da puhnete. Sljedeći strujni krug će se slično ponašati.

Zagrijete li termistor prstima, otpor će se smanjiti. Napon preko termistora bit će niži i više struje će teći do baze desnog tranzistora. Odatle će više struje teći do baze lijevog tranzistora, uzrokujući njegovo otvaranje i svijetljenje žarulje.

Ako su žarulja i termistor blizu jedan drugome, toplina iz žarulje će zagrijati termistor, a žarulja će nastaviti svijetliti.

Što treba učiniti da žarulja prestane svijetliti? Puhnite u termistor da se ohladi. Ako je potrebno, puhnite više puta i žarulja će polako nestati. Hladniji termistor ima veći otpor i kroz njega će teći manje struje.

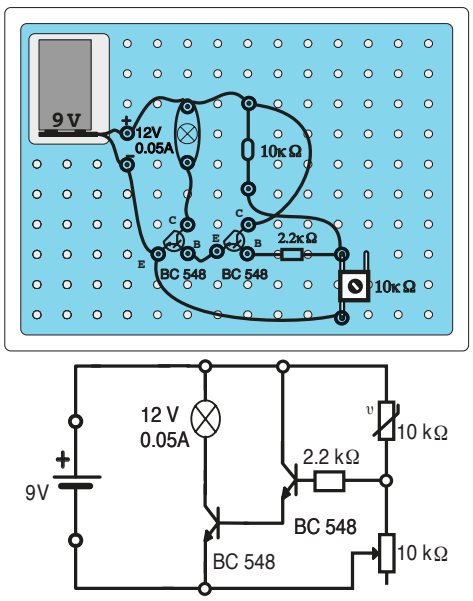
Tada će manja struja teći do baze tranzistora i kroz sam tranzistor. Žarulja će prestati svijetliti.

Pomoću podesivog otpornika možete regulirati temperaturu na kojoj žarulja počinje svijetliti. Okrenite potenciometar tako da se žarulja ugasi. Pričekajte da se termistor isključi.

Zatim okrenite potenciometar dok žarulja ponovno ne počne svijetliti i brzo ga okrenite kako biste ga ponovno ugasili. Provjerite položaj žarulje i termistora. Žarna nit žarulje treba biti što bliže termistoru.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 14, 35, 38, 2x42, 47, 51, 58, 4x68, 4x69

Fig. 66

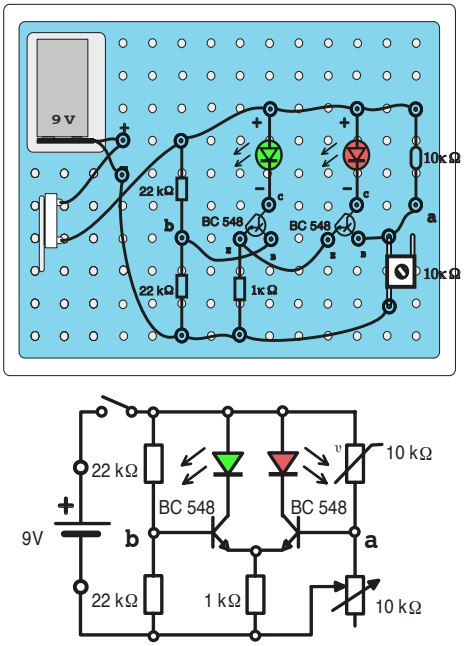


67. SIGNALIZIRANJE PROMJENA TEMPERATURE

Ponekad želimo znati je li se temperatura promijenila u odnosu na prethodno utvrđenu i ako jest, u kojem smjeru. To se može učiniti pomoću strujnog kruga sličnog prethodnom.
Karakteristika ovog strujnog kruga je način spajanja tranzistora. Struja koja teče iz odašiljača teče kroz zglobni (vezani) otpornik od 1 kΩ.
Ovaj otpornik određuje koliko će struje teći kroz oba tranzistora zajedno. Naravno, kroz tranzistor će teći više struje uz manji otpor. Budući da struja može teći kroz lijevi ili desni tranzistor ili oba jednako, to se naziva uravnoteženi ili izjednačeni strujni krug. Strujni krug burno reagira na razlike u naponu između točaka A i B. Ako su ova dva napona jednaka, krug je uravnotežen. U toj će situaciji obje diode svijetliti istim intenzitetom. Situacija podsjeća na klackalicu: svaka strana može ići gore-dolje, ali ako se obje strane potrude, mogu doći do ravnoteže u kojoj je klackalica stabilna.
Ako jednaka struja teče kroz obje baze, strujni krug će biti uravnotežen i oba tranzistora će imati jednak otpor. Obje diode će svijetliti jednakim intenzitetom.
Ako se termistor zagrije, otpor će pasti. Napon u točki A bit će malo veći od napona u točki B. Desni tranzistor će biti otvoreniji od lijevog, te će desna dioda (crvena) svijetliti jače, a lijeva (zelena) slabije nego prije.
Ako se termistor zagrije, napon u točki A će pasti. Sada će napon u točki B biti veći od napona u točki A. Lijevi tranzistor će sada biti otvoreniji od desnog, zelena dioda će svijetliti jasnije, a crvena manje.
Korištenjem potenciometra kao podesivog otpornika u strujnom krugu, možemo postaviti temperaturu (ili otpor otpornika) na kojoj će strujni krug biti uravnotežen. U tom će trenutku obje LED diode svijetliti jednakim intenzitetom. Ako temperatura padne, zeleni LED će svijetliti jače, a crveni LED će svijetliti slabije. Kad temperatura poraste, događa se suprotno. Brzi pogled na LED anode bit će nam dovoljan da utvrdimo je li temperatura ispod ili iznad prethodno utvrđene.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 47, 51, 57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 67

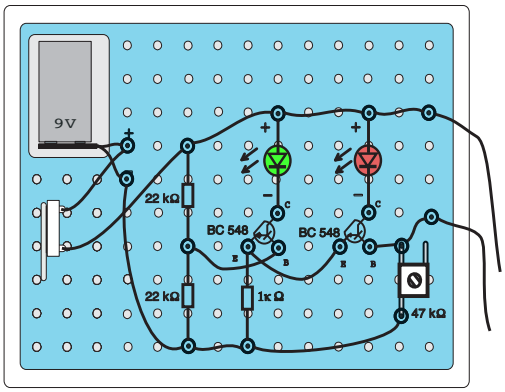


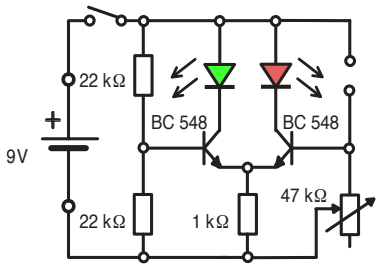
68. SIGNALIZACIJA TOČNO ODREĐENE RAZINE VODE U POSUDI

Strujni krug je napravljen od uravnoteženog strujnog kruga dvaju tranzistora opisanog u prethodnom eksperimentu. U ovom slučaju, signalna jedinica bi bila adapterina za odgovor na tekućine. Može se sastojati od dvije dugačke paralelne gole žice. Kako razina tekućine raste, otpor između žica postavljenih okomito na stijenku posude će se mijenjati.
Kako je otpor tekućine različit u svakom slučaju, potrebno je pažljivo odabrati podesivi otpornik i način njegovog podešavanja. U primjeru dijagrama koristili smo podesivi otpornik od 47 kΩ.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 52, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 68





69. LOGIČKI PREKIDAČ (NOT)

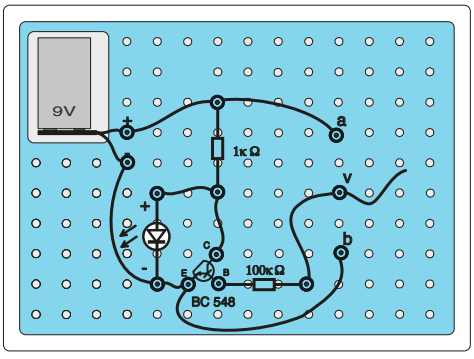
Vjerojatno ste se pitali kako računalo radi. Vjerovali ili ne, čak i najkompliciranije računalo sastoji se od puno jednostavnih strujnih krugova.
Računalo ne može brojati i raditi s brojevima kao ljudi. Strujni krugovi ne mogu koristiti tablicu množenja na način na koji mi to radimo. Kod računala su sve naredbe i podaci zapisani znakovima koji se sastoje samo od nula i jedinica. Zamislite te nule i jedinice kao oznake "bez napona" i "napon". Nećemo ulaziti u transkripciju podataka i naredbi, ali ćemo pokazati osnovne strujne krugove bilo kojeg računala ili računalnog integriranog strujnog kruga.
Logički signali mogu se promatrati kao jedna LED anoda koja je svijetli ili nesvijetli. Reći ćemo da je ulazni podatak logička 1 kada je ulazni pin spojen na pozitivni pol baterije, a logička 0 kada je spojen na negativni pol. Na izlazu sklopa, logička 1 je kada LED svijetli, a logička 0 kada nije.
Rad bilo kojeg digitalnog strujnog kruga može se opisati tablicom koja prikazuje logičko stanje na ulazu (ili ulazima, ako ih ima više) i izlazu (izlazima, ako ih ima više).
Takva se tablica naziva tablicom istine.
Ograničit ćemo se na strujne krugove s najviše dva ulaza. Kod svih naših strujnih krugova prikazali smo položaj ulaza, samog strujnog kruga i izlaza.
Kako neki strujni krugovi imaju dva ulaza, a komplet sadrži samo jedan prekidač, možete koristiti žicu koja je spojena na ulazni kratko spojnik, koji ćete prvo spojiti na pozitivni (logički 1), a zatim na negativni (logički 2) pol baterija.
Najjednostavniji logički sklop je inverter. Ovaj strujni krug detektira značenje ulaznog signala. Ako imamo logičku 1 kao ulaz, imat ćemo logičku 0 kao izlaz i obrnuto.
Tablica logičkih iskaza je:

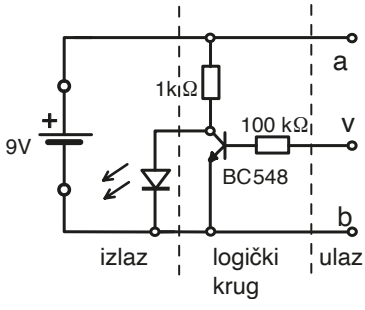
ULAZ	IZLAZ
0	1
1	0

Strujni krug koji se koristi kao alternator zapravo je tranzistorska sklopka preko koje možemo vidjeti je li tranzistor otvoren ili ne. Ako je ulazna štipaljka (v) spojen na pozitivni pol baterije (a), tranzistor će biti otvoren i imati mali otpor. Paralelno spojena LED anoda neće svijetliti.
Kada je ulazna štipaljka (v) spojen na negativni pol (b) baterije, tranzistor će biti zatvoren i imat će veliki otpor. Struja s pozitivnog pola baterije teći će kroz otpornik od 1 kΩ i diodu koja će svijetliti.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 38, 42, 57, 61, 63, 4x68, 5x69

Fig. 69





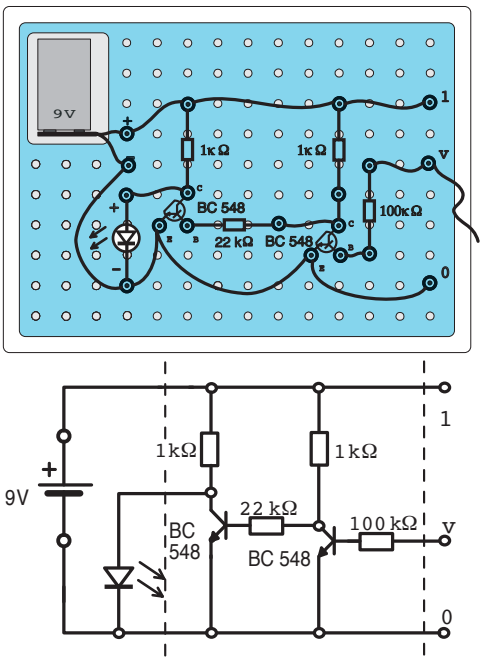
70. DVA IZMJENJIVAČA SPOJENA SERIJSKI

Ulazi i izlazi logičkog strujnog kruga mogu se integrirati u novi strujni krug. Na taj način uz pomoć jednostavnih logičkih sklopova stvaramo strujni krug koji može imati vrlo komplicirane funkcije između ulaza i izlaza.
Ovdje imamo jednostavan primjer: dva pretvarača spojena u seriju. Možemo pretpostaviti kako će izgledati tablica istinitosti: ako je prvi inverter rezervirao značenje logičkog signala, onda će ga drugi ponovno invertirati.
Izjava logičke tablice ovog strujnog kruga bila bi:

ULAZ	IZLAZ
0	0
1	1

Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 2x57, 60, 61, 63, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 70



71. LOGIČKI "ILI" (OR)

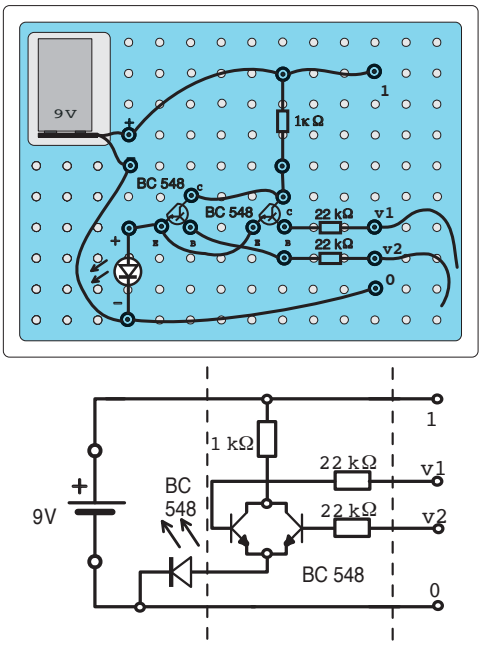
U ovom strujnom krugu, LED anode će svijetliti kada postoji stanje logičke 1 na bilo kojem ulaznom spoju.

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

U ovom strujnom krugu imamo dva tranzistora gdje su spojeni odašiljači i kolektori. Kada je bilo koji otvoren, struja će teći kroz otpornik od 1 kΩ, tranzistor i LED anodu. Tranzistor će se otvoriti kada žicom iz ulaza dodirnete pozitivni pol baterije.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69, 2x70

Fig. 71



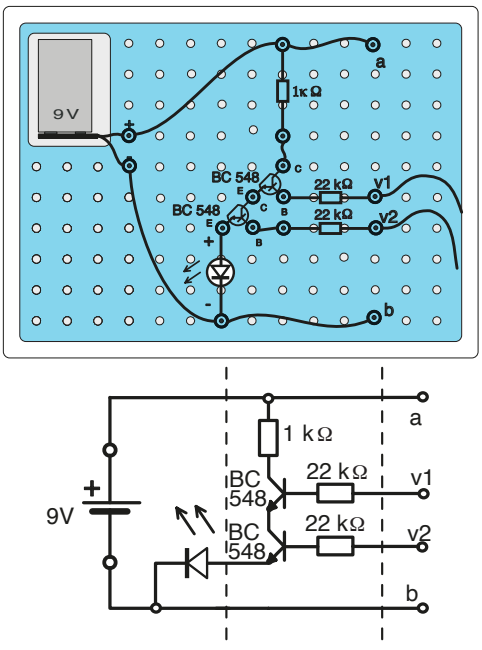
72. LOGIČKI "I" (AND)

U ovom strujnom krugu imamo dva tranzistora spojena u seriju. Struja će teći kroz LED anodu samo kada su oba tranzistora otvorena. To znači da oba ulaza moraju biti spojena na pozitivni pol baterije i moraju imati logičko stanje 1.
Izjava logičke tablice ovog strujnog kruga bila bi:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Pribor: baterija 9V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69

Fig. 72



73. LOGIČKI "NE ILI" (NOT OR / NOR)

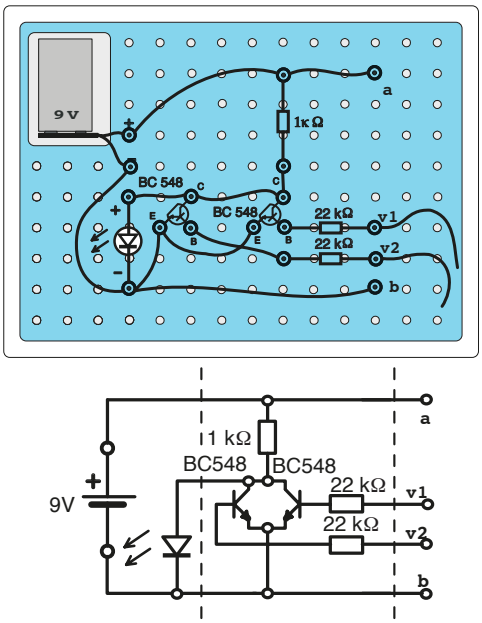
Kod ovog strujnog kruga, ponovo imamo dva prekidača tranzistora paralelno povezana. LED anoda će pokazati kada su oba tranzistora zatvorena i kada su prekidači tranzistora otvoreni. Kada su zatvoreni, tranzistori će imati veoma veliki otpor i struja će lako teći kroz diodu, koja će svijetliti.
Logička tablica iskaza za ovaj strujni krug izgleda ovako:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Pogledajte tablicu logičkih izjava za krug ILI. U krugu NE ILI izlazni signal je suprotan signalu strujnog kruga ILI.

Pribor: baterija 9V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 73



74. LOGIČKI "NE I" (NOT AND / NAND)

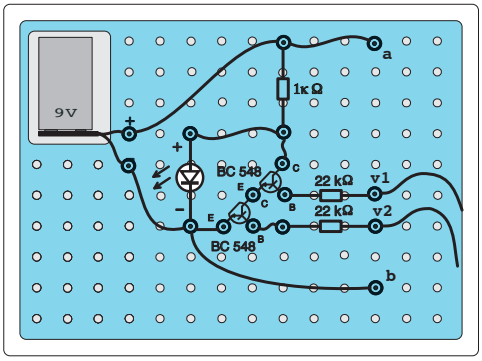
Pokušajte se sjetiti izjave logičke tablice za strujni krug I; iskaz logičke tablice ovog strujnog kruga imat će suprotne izlazne vrijednosti.

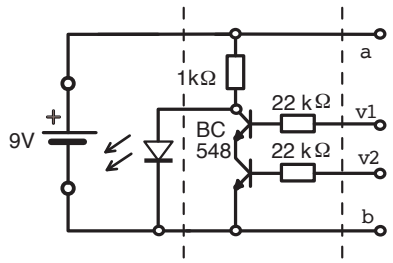
ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

S ovim strujnim krugom možemo reći kada su dva tranzistorska prekidača uključeni istovremeno. Ako žicama s oba ulaza pritisnete pozitivni pol baterije, struja će teći na baze oba tranzistora, a paralelna dioda neće svijetliti. Kada su jedan ili oba tranzistora zatvoreni, postojat će preveliki otpor i kroz njih neće teći struja. Napon na LED anodi bit će dovoljno visok da svijetli.

Pribor: baterija 9V, 16x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 74





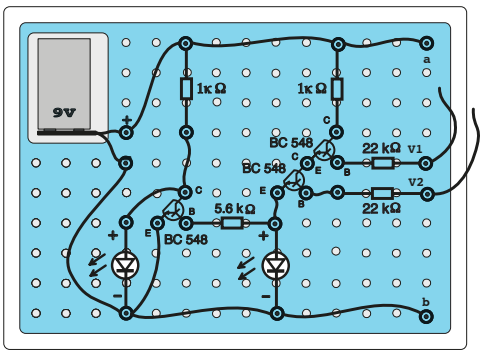
75. LOGIČKI "NE I" (NAND) SASTOJEN OD "I" (AND) I "NE" (NOT) SKLOPOVA

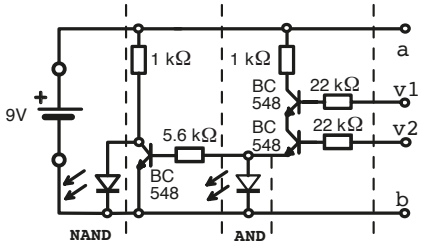
Rekli smo da se izmjenjivač uvijek može koristiti za obrnuto značenje signala. Stoga možemo dobiti isti rezultat s NE I (NAND) strujnim krugom kao i s I (AND) strujnim krugom nakon kojeg slijedi izmjenjivač.
Ako su nam potrebne samo funkcije NE I (NAND) strujnog kruga, možemo koristiti gore opisani strujni krug jer zahtijeva manje elemenata od ovog strujnog kruga. Ali, ako su nam potrebne funkcije i NE I (NAND) strujnog kruga, kao i strujnog kruga I (AND), ne moramo sastavljati oba strujna kruga. Bit će dovoljno spojiti jedan strujni krug I za izmjenjivač. To će strujni krug učiniti jednostavnijim. U slučaju vrlo složenih logičkih strujnih krugova, ovi potezi omogućuju proizvođačima smanjenje troškova i prostora potrebnog za strujne krugove.
Recimo da su nam potrebne funkcije strujnog kruga I (AND) i NE I (NAND).
Dobivamo sljedeću tablicu logičnih izjava:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ AND	IZLAZ NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

Pribor: baterija 9V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 75





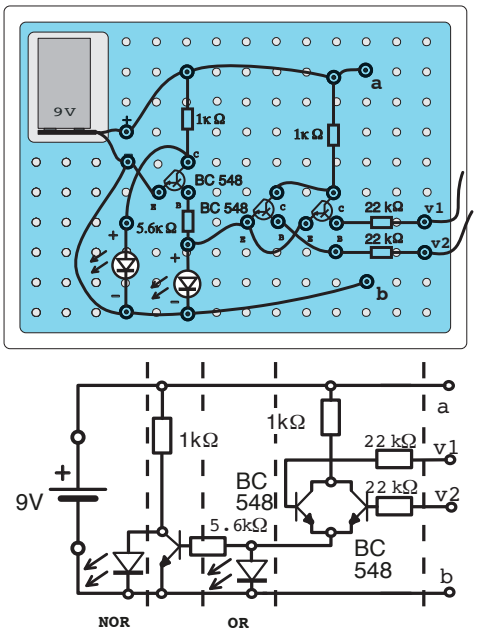
76. LOGIČKI "NE ILI" (NOR), SASTOJEN OD "ILI" (OR) I "NE" (NOT) SKLOPOVA

Isto kao što smo sastavili logički strujni krug NE I (NOR) od I (AND) i NE (NOT) strujnog kruga, možemo sastaviti logički strujni krug NE ILI (NOR) od strujnih krugova ILI (OR) i NE (NOT). Ovdje imamo dva izlaza, ILI (OR) i NE ILI (NOR).
Logička tablica iskaza za takav strujni krug je:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ OR	IZLAZ NOR
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Pribor: baterija 9V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 76



77. PRIMJER INTEGRIRANE LOGIČKE FUNKCIJE

Pretpostavimo da smo sklopili strujni krug prikazano na dijagramu koji slijedi. Taj strujni krug je napravljen tako da je u logičkom strujnom krugu ILI (OR), jedan od ulaznih signala izmijenjen. Kako će izgledati logička tablica iskaza za ovaj strujni krug?
Tablica istine za ILI (OR) strujni krug je poznata. Proširit ćemo ga za onoliko koliko odredimo izlazni signal pretvarača za ulaz 1 strujnog kruga ILI (OR). Za izlazni signal pretvarača i signal za ulaz 2 možemo napraviti tablicu istine koja se odnosi na tablicu istine za ILI strujni krug.
Tako dobivamo sljedeću tablicu logičnih izjava:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ INVERTERJA	IZLAZ KRUGA
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1

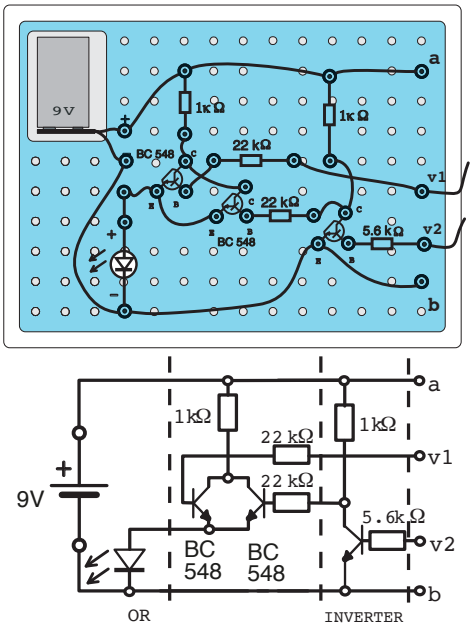
Logička tablica iskaza za cjelokupni strujni krug će tako biti:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Prikazani strujni krug su veoma jednostavna. Čovjek može samo da zamisli kako izgledaju kompliciranu logički strujni krugovi koja su neophodni za kompleksne logičke funkcije.

Pribor: baterija 9V, 25x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 77



78. LOGIČKI BISTABILNO STRUJNI KRUG

Sjećate se dva serijski povezana izmjenjivača? Signal na izlazu je bio isti kao signal za ulazu. Ako je to slučaj, ulaz i izlaz se mogu povezati. Ovim bi se signali u strujnom krugu održali u stabilnom stanju.

Umetnimo dvije LED anode serijski povezane za dva otpornika od 1 kΩ između pozitivnog pola baterije i kolektora tranzistora. Ako ponovo nacrtamo dijagram tako da su baze tranzistora okrenute jedna prema drugoj, dobijemo dolje prikazani dijagram. Na osnovu tog dijagrama, možete vidjeti da je baza jednog tranzistora preko otpornika povezana za kolektor drugog. Što se događa ako strujni krug povežemo za bateriju? Iako lijeva strana izgleda isto kao i desna, nije tako. Čak i kada su otpornici istog tipa, ne ponašaju se isto. Ovo je također točno za otpornike za koje se pretpostavlja da imaju isti otpor.

Otpor dva identično označena otpornika nikada nije potpuno jednak, tako da nikada nećemo biti sigurni koji od tranzistora će se otvoriti a koji će ostati zatvoren. Označimo lijevi tranzistor sa T1 a desni sa T2, pri čemu je T1 otvoren kada je strujni krug povezan za bateriju.

Ovaj tranzistor će tako imati veoma mali otpor. Kolektor ovog tranzistora je izlaz predajnika voltaže koji se sastoji od T1 i otpornik između njegovog kolektora i pozitivnog pola baterije. Otpor LED anode je zanemariv. Uslijed slabog otpora tranzistora, napon na izlazu predajnika će biti veoma mali. Ovaj napon će biti premali da provede struju do T2, koji će ostati zatvoren i ponašati će se kao jak otpornik. Na desnoj strani strujnog kruga, T2 i otpornik (i zanemariva LED anoda) čine razdjelnik napona između kolektora tranzistora i pozitivnog pola baterije. Izlaz ovog razdjelnika je na kolektoru T2.

Kako je T2 zatvoren i nudi veliki otpor, napon između odašiljača i kolektora će biti veliki i struja će teći do baze Tl, i držati je otvorenu. Ukratko, imamo strujno krug kod koga T1drži T2 zatvoren, a T2 drži T1 otvoren. Stanje u ovom strujnom krugu je stabilno i može biti izmijenjeno samo vanjskim impulsom.

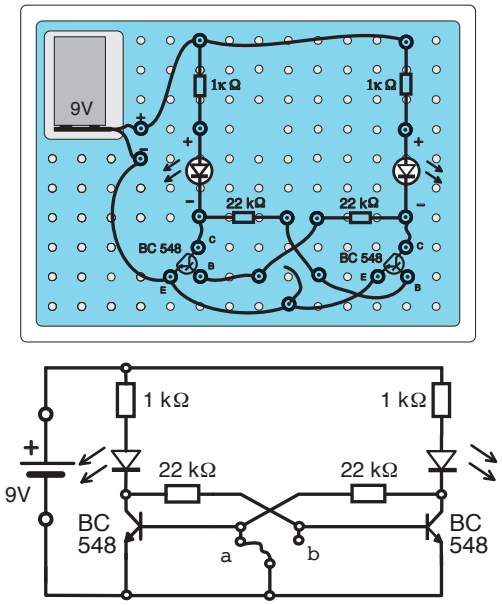
Ako bazu otvorenog tranzistora povežemo na kratko sa njegovim odašiljačem, struja više neće teći do baze tranzistora i ona će se momentalno zatvoriti. Napon na kolektorima će se povećati i struja će teći do baze drugog tranzistora, koji će ostati otvoren uslijed gore opisane situacije. Ako želimo da se okrenemo slučaj, morati ćemo na trenutak da povežemo bazu otvorenog tranzistora na negativan pol baterije. Sastavite strujno krug prikazano na dijagramu. Kada strujni krug povežete na bateriju, jedna od LED anoda će svijetliti a druga neće. Upotrijebiti žicu koja je povezana na negativan pol baterije i naizmjenično je spojite na štipaljku A i štipaljku B. Na jednoj poziciji, lijeva dioda će svijetliti, a na drugoj zelena. Kada pritisnete žicu na otvoreni tranzistor (LED anoda povezena za kolektor svijetli), njegova LED anoda će se ugasiti, a LED anoda na drugom tranzistoru će početi da sjaji. Promijenili smo status strujnog kruga jednom intervencijom. Tom intervencijom inicirali smo proces koji je doveo do promjene statusa strujnog kruga.

Ova vanjska intervencija se naziva "okidanje". U našem slučaju, povukli smo okidač kako bismo izvršili promjenu trenutnim spajanjem baze otvorenog tranzistora na negativni pol. Strujni krugovi koji imaju strukturu sličnu ovdje opisanoj nazivaju se multivibratori. Ovdje opisani strujni krug ima dva različita, ali jednako stabilna stanja. Stoga ovaj strujni krug nazivamo "bistabilno". Ovaj strujni krug je bistabilni multivibrator.

Rad bistabilnog multivibratora je gotovo idealan za upravljanje uređajima koji imaju dva prekidača, pri čemu jedan uključuje uređaj, a drugi ga isključuje. Možda ste naišli na slične uređaje. U ovom slučaju možemo jednostavno spojiti negativni pol i spojnicu A na prekidač s gumbom, isto kao između negativnog pola i spojnice B. Otpornik od 1 kΩ i LED anode mogu se zamijeniti relejima koji mogu uključiti uređaj.

Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 78



79. DRUGA METODA ZA OKIDANJE KOD BISTABILNOG MULTIVIBRATORA

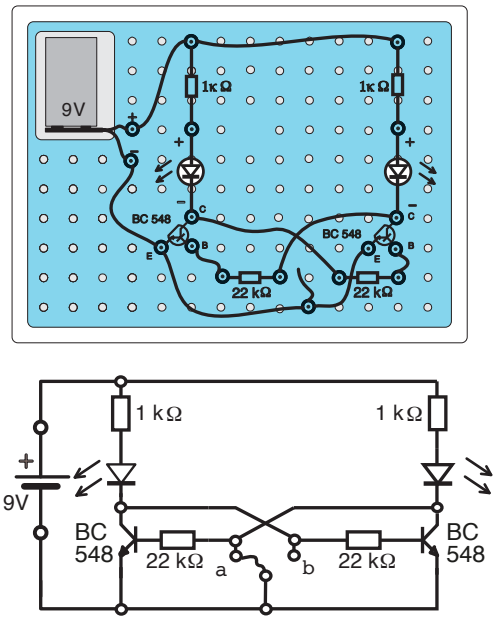
Postoji još jedan način za povratak na staro stanje kod bistabilnog multivibratora. U ovom slučaju, strujni krug je veoma slično prethodnom. Razlika je u okidaču za promjenu.

Okidač za promjenu je zatvaranje trenutno otvorenog tranzistora ili otvaranje trenutno zatvorenog tranzistora nekom vanjskom intervencijom.

Dotaknite žicu od kolektora tranzistora koji je zatvoren i čija LED anoda ne svijetli. Doći će do kratkog spoja. Struja će prestati da teče do baze drugog tranzistora koji će se tada zatvoriti, vraćajući nazad (na staro) status strujnog kruga.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 79



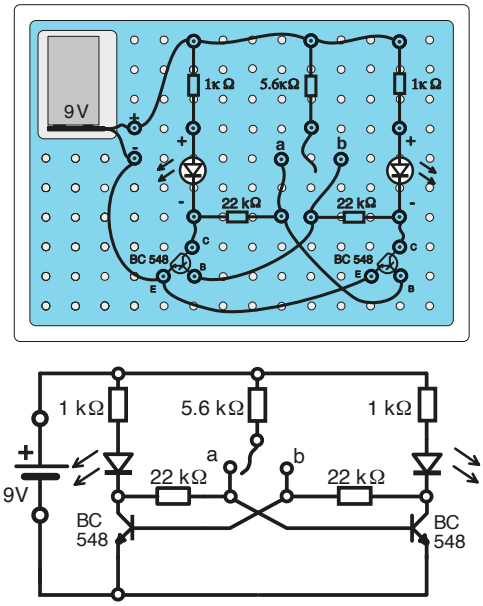
80. OKIDANJE BISTABILNOG MULTIVIBRATORA STRUJOM DO BAZE

Status strujnog kruga se također može izmijeniti usmjeravanjem struje sa pozitivnog pola baterije, kroz otpornik, do baze trenutno zatvorenog tranzistora. Tako će se otvoriti tranzistor, i status će biti vraćen unazad.

Ovdje smo opisali tri različita metoda za vraćanje statusa unazad kod takvih strujnih krugova. Sve metode su jednako efikasne. Koju ćemo koristiti zavisi od toga kako namjeravamo da upotrijebimo strujni krug.

Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 80



81. BISTABILNI MULTIVIBRATOR I TIPKA OSJETLJIVA NA DODIR

U ovom slučaju, pokrenuti ćemo bistabilni multivibrator tako što ćemo usmjeriti struju do baze tranzistora direktno sa pozitivnog pola baterije. Ovo se također može napraviti korištenjem tipke koje je osjetljivo na pritisak. Ne zaboravite da površina kože kod ljudi ima otpor!

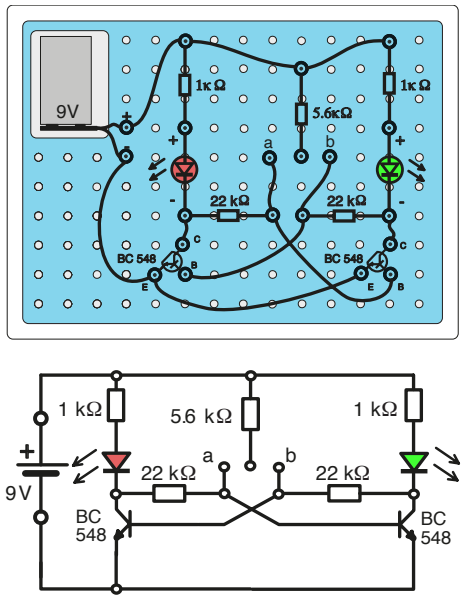
Stavite žabicu povezanu na pozitivan pol baterije između žabica A i B. Kada dodirnete clip A ili B sa srednjom clipom, status multivibrator će biti vraćen unazad. Crvena i zelena dioda mogu lako predstavljati ON i OFF.

Između pozitivnog pola baterije i srednjeg dodirnog gumba nalazi se otpornik. Namijenjen je sprječavanju protoka viška struje u bazu tranzistora, što može uništiti tranzistor.

Ako se strujni krug ne vrati nakon dodira kontaktnih točaka senzora, pokušajte mokrim prstom.

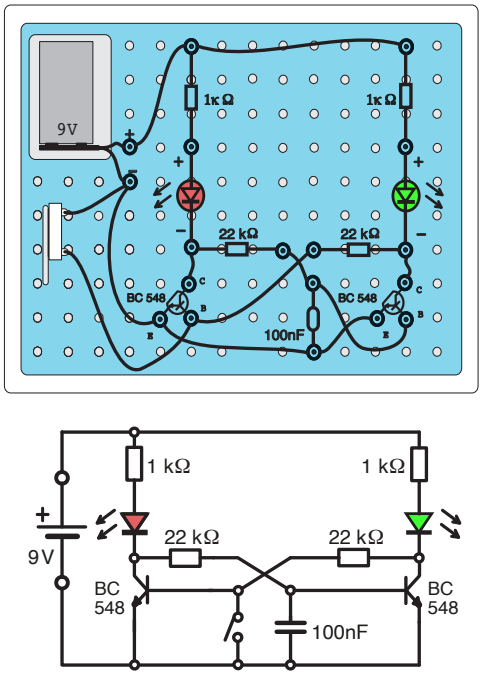
Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 81



82. MEMORIJSKI STRUJNI KRUG

Fig. 82

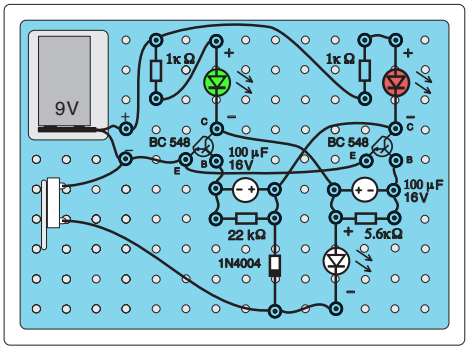


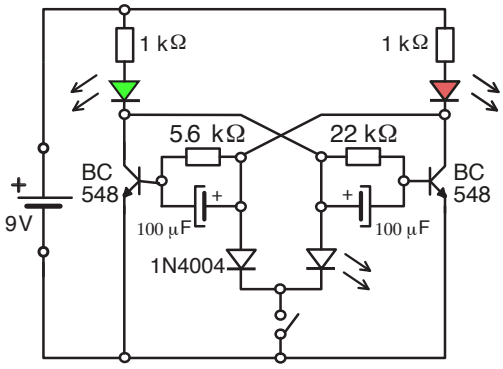
Kod kompjutera, bistablni multivibratori se koriste kao memorijski strujni krug. Status u strujnom krugu je veoma stabilan i neće se promijeniti osim ako je nešto iz vanjskog svijeta poslužilo kao okidač.
Ako je strujni krug konstruiran kao bistablni multivibratori koji su ovdje prikazani, može doći do nekih poteškoća: kod bistabilnog multivibratora, ne znamo u kom statusu je bio kada je uključen. To znači da u kompjuterskoj memoriji možemo imati nešto za šta nismo sigurni što predstavlja.
Ako je kondenzator prazan, električna struja će teći kroz njega i napajati ga. Na kontaktima praznog kondenzatora nema napona. Napon na kontaktnim točkama kondenzatora počinje da se povećava tek kada on počne da se puni. Kondenzator će svakako biti prazan ako nije bio povezan ni sa jednim izvorom struje.
Da kondenzator povežemo između baze i odašiljača tranzistora u jednom bistabilnom multivibratoru. Kada strujni krug povežemo na bateriju, prazan kondenzator će prouzročiti da struja, koja bi inače tekla do baze tranzistora, teče pravo u kondenzator. Čak i ako je strujni krug bilo sklono da ostavi ovaj tranzistor otvoren, kondenzator bi to spriječio.
Kao rezultat, drugi tranzistor će se otvoriti. Konačan rezultat bi bio da svaki put kada multivibrator povežete za izvor struje, crvena LED anoda će svijetliti.
Pritisnite dugme prekidača. Baza lijevog tranzistora će biti na kratko povezana na negativan pol, a lijevi tranzistor će biti zatvoren.
Crvena LED anoda će prestati da sjaji, a zelena će početi. Ovaj status će ostati stabilan sve dok se baterija ne isključi. Ako želite da se vratite na stari status dok je strujni krug povezano, multivibrator treba provocirati tako da se desni tranzistor zatvori. To se može napravitii izazivanjem kratkog spoja na kondenzatoru.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 65, 4x68, 6x69

83. BISTABILNI MULTIVIBRATOR KAO BINARNI PRENOSNIK

Fig. 83





Zapamtite da se status bistablnog multivibratora također može mijenjati kratkim povezivanjem kolektora otvorenog tranzistora na negativni pol.
Napon otvorenog tranzistora je mnogo niži od napona zatvorenog. To može uzrokovati da od kolektora zatvorenog tranzistora prema negativnom polu kroz paralelnu žicu teče više struje.
Da bismo izmijenili status bistabilnog multivibratora, ne smijemo napraviti kratak spoj na oba tranzistora u isto vrijeme jer će to dovesti do situacije slične onoj koju smo imali kada je strujni krug bilo povezano na bateriju.
Znamo da je dioda tako spojena da struja može da teče jer ima mali otpor. Svojstvo diode je i to, da kada je otpor jednak nuli, napon je oko 0,6 V. Također znamo da otvoreni tranzistor ima veoma mali otpor. Između kolektora i odašiljača tranzistora, napon je čak i manji, najviše jednu desetinu volta.
Ako diodu povežete između kolektora i odašiljača otvorenog tranzistora, to neće uticati na status strujnog kruga jer će struja i dalje teći kroz otvoreni tranzistor koji ima manji otpor.
Sada, da se vratimo na strujni krug! Dvije diode, čije su katode povezane, povezane su za kolektor oba tranzistora. Jedna od njih je LED anoda. Pritisnite prekidač nekoliko puta! Svaki put, status multivibratora će biti vraćen u nazad. Kada je tipka prekidača pritisnuta, struja će teći od kolektora tranzistora kroz diodu do negativnog pola baterije. Struja će teći samo kroz diodu povezanu na zatvoreni tranzistor. Kod otvorenog tranzistora, napon između kolektora i odašiljača će biti previše mali da bi pogurala struju kroz diodu ili LED anodu. Pritisak na prekidač uvijek utječe na strujni krug tako da će se tranzistor koji je otvoren zatvoriti, i obrnuto. Pritiskom na prekidač možemo vidjeti kako se pali prvo desna, a zatim lijeva dioda. Ista dioda svijetli jednu sekundu nakon paljenja. Kad bismo brojali samo brojeve prvog paljenja diode, broj koji biste dobili bio bi pola broja pritiskanja prekidača. Ovaj strujni krug će se koristiti za dijeljenje s 2. Izlazni signal takvog strujnog kruga koristit će se za upravljanje ulazom sljedećeg strujnog kruga te ćemo strujni krug dobiti dijeljenjem s 4. Spojimo li takve strujne krugove u seriju, dobit ćemo krug za dijeljenje s 2, 4, 8, 16, 32 itd.
Strujni krug za dijeljenje sa dva elementa predstavlja osnovni element svih djeljivih strujnih krugova. Korištenje strujnih krugova za dijeljenje sa dva i logičkih strujnih krugova, možemo konstruirati strujni krug za dijeljenje sa bilo kojim brojem.
Dva elektrolitska kondenzatora spojena su paralelno na bazu tranzistora paralelno s otpornikom. Kondenzatori osiguravaju da će se status vratiti u normalu čak i nakon najkraćeg mogućeg impulsa na prekidaču.
Pritiskom na prekidač crvena dioda će kratko zatreperiti. Ovo signalizira da je došlo do promjene u statusu strujnog kruga. Mogli bismo koristiti i običnu diodu, ali u kompletu imamo samo dvije obične diode i tri LED anode.

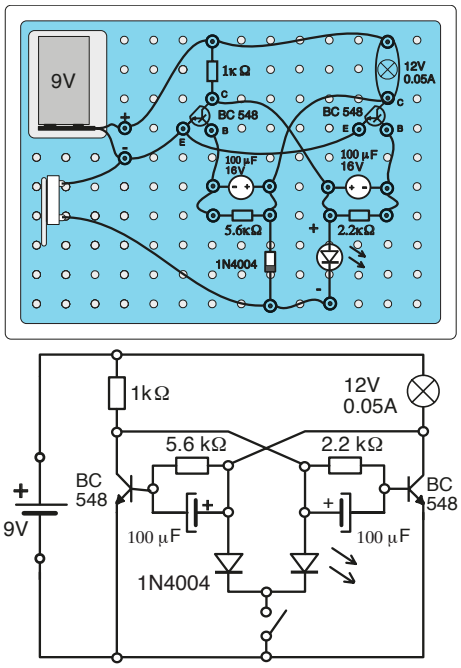
Pribor: baterija 9V, 27x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 46, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

84. PALJENJE I GAŠENJE SVJETLA JEDNOM TIPKOM

Strujni krug koje dijeli sa 2 se također može koristiti u svrhe koje nemaju veze sa kompjuterima. Dobar primjer za to je strujni krug kojim možemo uključiti neki aparat i isključiti ga, pritiskom samo na jednu tipku.
U ovom primjeru, pokazali smo kako se žarulja može uključiti i isključiti pritiskom samo na jednu tipku. Anodna LED dioda signalizira svaki put kada se pritisne kontrolna tipka.
Umjesto žarulje možemo spojiti i relej koji bi palio i gasio neki jači uređaj, npr. motor ventilatora ili svjetla stadiona.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 43, 46, 57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 84

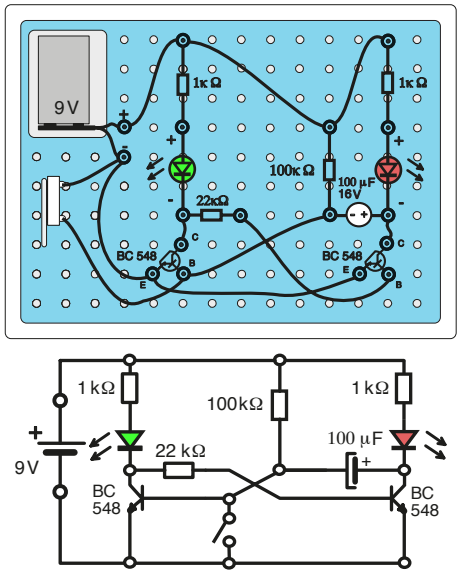


85. MONOSTABILNI MULTIVIBRATOR

Monostabilni multivibrator je strujni krug u stabilnom statusu. Ako je status izmijenjen vanjskim impulsom, on će se, poslije nekog vremena, vratiti u stabilno stanje.
Zelena LED anoda će svijetliti kada je strujni krug povezan na izvor struje. Desni tranzistor ima veliki otpor i napon između kolektora i odašiljača će biti veliki. Budući da je napon na bazi lijevog tranzistora nizak, elektrolitički kondenzator će se puniti. Pritisnite prekidač na trenutak. Baza lijevog tranzistora će se na kratko povezati sa odašiljačem, u bazi neće više biti struje i tranzistor će se zatvoriti. Ovo će povećati napon na kolektoru ovog tranzistora, a struja će oteći do baze desnog tranzistora. Status multivibratora će biti vraćen unazad. Desni tranzistor će sada imati veliki otpor; preko pozitivne točke kontakta kondenzatora će biti povezan na negativan pol baterije. Sada će struja teći do kondenzatora kroz otpornik od 100 kΩ i puniti ga. Napon negativnog kontakta kondenzatora će se povećavati sve dok ne dosegne točku na kojoj struja može biti usmjerena prema bazi lijevog tranzistora. Lijevi tranzistor će se otvoriti i multivibrator će se vratiti na svoj prethodni status.
Monostabilni multivibrator se može koristiti za kratko uključivanje (ako koristite desni tranzistor) ili isključivanje (ako koristite lijevi tranzistor). Istina je da smo već sklapali strujne krugove koji bi istu stvar radili mnogo jednostavnije.
Prednost strujnih krugova sa monostabilnim multivibratorom u odnosu na one koji rade putem punjenja i pražnjenja kondenzatora je u tome da se ulazni napon u slučaju pražnjenja mijenja u trenutku. LED anoda se uključuje i isključuje vrlo brzo. Kod strujnih krugova koja su ranije opisana, promjena je bila postupna. Ako se sjećate, kod tih strujnih krugova LED anoda je polako bljedila.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 85

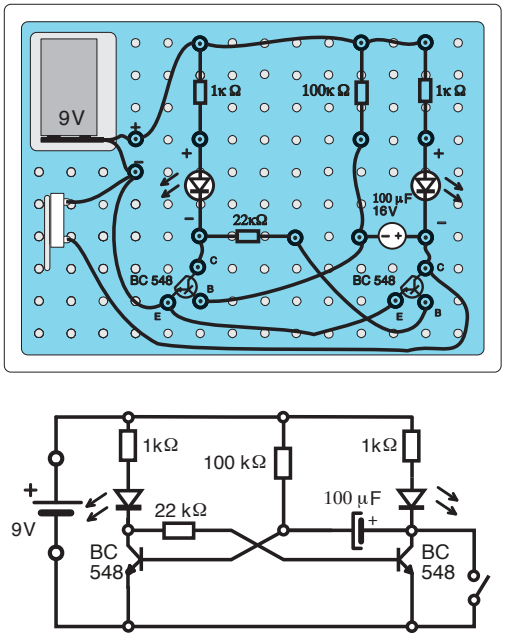


86. IMPULS KOLEKTORA KAO OKIDAČ KOD MONOSTABILNOG MULTIVIBRATORA

Isto kao kod bistabilnog multivibratora, kao okidač kod monostabilnog multivibratora mogu poslužiti razne stvari. U slučaju koji je ovdje pokazan, do okidanja će doći na kolektoru desnog tranzistora. U normalnom statusu, tranzistor je zatvoren. Stoga je napon na bazi tranzistora veoma visok. Kako napon na bazi tranzistora ne može biti veći od 0,6 V, elektrolitički kondenzator će se puniti.
Kada pritisnete okidač, kolektor desnog tranzistora će se na kratko povezati na negativan pol. Pozitivna elektroda elektrolitičkog kondenzatora će biti na negativnom polu baterije. Dok se kondenzator puni, njegov negativni terminal bit će ispod negativnog napona i tranzistor će se trenutno isključiti. Sada će struja teći u kondenzator kroz otpornik od 100 Ω.
Kako napon na negativnom izvodu kondenzatora postane dovoljno visok, struja će teći do baze lijevog tranzistora i multivibrator će promijeniti svoj status, koji će ovaj put ostati stabilan.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 86

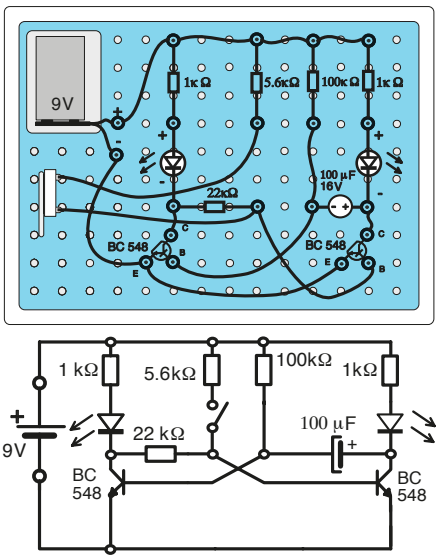


87. STRUJA DO BAZE KAO OKIDAČ KOD MONOSTABILNOG MULTIVIBRATORA

Efekt koji se postiže privremenim povezivanjem kolektora desnog tranzistora sa negativnim polom, se može postići i otvaranjem desnog tranzistora.
Ovo se može napraviti usmjeravanjem struje do baze ovog tranzistora. Struja će do zatvoreni desni tranzistor teći preko otpornika od 22 kΩ.
Kao i u slučaju bistabilnog multivibratora, ovdje smo pokazali, kada se radi o monostabilnom multivibratoru, tri metoda za okidanje (startovanje) strujnog kruga. Koju metodu ćemo odabrati ovisi od načinu upotrebe i impulsa za okidanje koje vam je na raspolaganju.
Kod monostabilog multivibratora, tri metode za okidanje nemaju jednaka svojstva. U prvom slučaju, gdje smo na kratko povezali negativan pol i bazu otvorenog tranzistora, kondenzator se ispraznio manje nego u druga dva slučaja. Napon između baze i odašiljača otvorenog tranzistora je 0,6 V. Znači, kada pritisnemo prekidač, napon na kontaktnim točkama kondenzatora će se promijeniti samo za 0,6 V.
U slučaju kada smo započeli promjenu na baznom kolektoru zatvorenog tranzistora u stabilnom stanju strujnog kruga, kondenzator je bio potpuno ispražnjen. Posljedica će biti da će trebati puno više vremena da se status strujnog kruga ponovno vrati u stabilno stanje.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 87

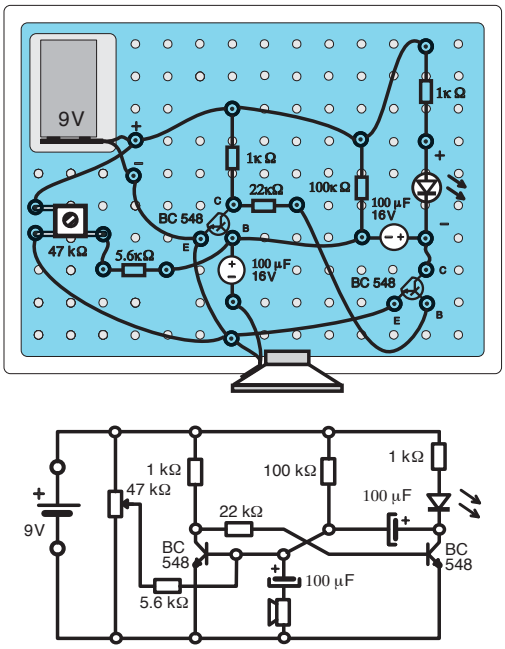


88. PREKIDAČ OSJETLJIV NA ZVUK

Kao okidač kod monostabilnog multivibratora također može poslužiti i tipka prekidač, uz uključivanje jednog vanjskog elementa. U primjeru koji navodimo, okidač za monostabilni vibrator je signal sa zvučnika koji se koristi kao mikrofon. Takav strujni krug se može koristiti da se pokrene alarm ili za svijetlost u diskoteci. Elektrolitički kondenzator je serijski povezan za zvučnik, sprečavajući tako da kroz njega direktno teče struja. Također se ne ponaša kao barijera za naizmjeničnu struju. Strujni krug je veoma slično prethodnom. Ovo strujnom krugu je dodat i potenciometar. Njime možete regulirati senzibilitet. Kada je klizač veoma blizu pozitivnom polu baterije, strujni krug će biti manje osjetljivo.
Kada smo sklopili strujni krug i povezali ga za bateriju, morati ćemo ga malo podesiti. Ako LED anoda sjaji, okrećite potenciometar sve dok se ne ugasi. Zatim ga polako vratite nazad do točke gdje počinje da sjaji. Ponovo pričekajte da se ugasi. LED anoda će prekinuti da sjaji. Puhnite u zvučnik ili ga lagano lupnite. LED anode će svijetliti nekoliko sekundi.

Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 88

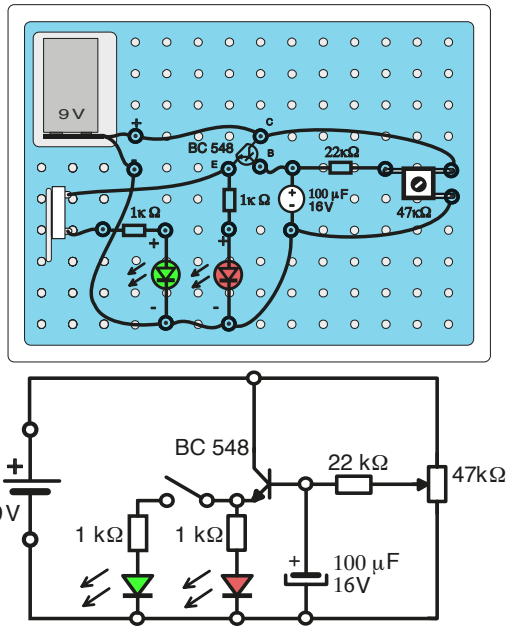


89. REGULATOR SVJETLA

Već smo spomenuli da se tranzistor može koristiti kao podesivi otpornik, kod koga će otpor zavisi od struje koja teče do baze. Ovo svojstvo se može koristiti za promjenu napona, npr. u konvektoru.
Sa potenciometrom u nižem djelu strujnog kruga, možemo podesiti napon između odašiljača i negativnog pola baterije. Pravac baza-odašiljač tranzistora se ponaša kao dioda koja je okrenuta od baze prema odašiljaču. Ako je tranzistor otvoren, struja će teći kroz njega. Napon diode koja je okrenuta u pravcu provođenja je 0,6 V. Kod otvorenog tranzistora, napon između baze i odašiljača je također 0,6 V. Ako postoji napon između baze i tranzistora i negativnog pola baterije, napon između odašiljača i negativnog pola baterije će biti za 0,6 V niža. Ako okrenete potenciometar, napon će varirati od 0 do 9 volti. Napon između odašiljača i negativnog pola baterije će biti za 0,6 V niža od napona klizaču potenciometra. Potenciometar ima osrednji otpor i kroz njega će teći malo struje. Mnogo jača struja može da teče kroz tranzistor, ali ovu struju također određuju elementi povezani između odašiljača i negativnog pola.
Ovdje su povezani jedan otpornik od 1 kΩ i jedna LED anoda. Uzmite komad žice i povežite drugi otpornik i LED anodu malo dalje od ove diode. Kada pritisnete prekidač i uključite LED anodu, intenzitet svijetla se neće promijeniti. To znači da je napon između odašiljača i negativnog pola baterije ostao nepromijenjen. Kako će više struje sada teći kroz tranzistor (dve diode svijetle), a napon između kolektora i odašiljača se nije promijenio, otpor tranzistora je morao da opadne.
A da smo umjesto tranzistora koristili običan otpornik, veza druge LED anode bi uzrokovala da više struje teče kroz otpornik. Kako je struja povećana, napon po otporniku bi se također uvećavao, a napon po LED anodi bi opadao. Povezivanje druge LED anode bi prouzrokovalo da prva LED anoda svijetli sa manje sjaja.
Ovaj strujni krug je korisno za reguliranje napona. Često se strujni krug kod koga je kolektor povezan na pozitivan pol baterije, gdje između odašiljača i negativnog pola imamo druge elemente strujnog kruga (npr. žarulju) zove obilježivač odašiljača. To ime je sasvim odgovarajuće jer napon odašiljača obilježava promjene napona na samoj bazi i uvijek je niži za 0,6 V. Dobar primjer korištenja ovog strujnog kruga je regulator intenziteta svjetlosti.

Pribor: baterija 9V, 15x7, 38, 40, 42, 43, 44, 52, 2x57, 60, 66, 4x68, 3x69

Fig. 89



90. ELEKTRIČNI PREKIDAČ SA HISTEREZOM

Sastavite strujni krug onako kako je prikazano na dijagramu. Okrenite potenciometar lijevo i desno i primijetite na kojoj se poziciji LED anoda uključuje i isključuje. Primijeti ćete da su te dvije pozicije različite. Da bi LED anoda sjajila, napon na klizaču potenciometra treba da bude viša od one na kojoj LED anoda počinje da se gasi. Kako je napon na klizaču na kome LED anoda počinje da svijetli viša od napona na kome ona prestaje da svijetli, mi možemo označiti ove dvije točke na potenciometru. Ali, kada okrenemo potenciometar u jednom smjeru, strujni krug se ne ponaša isto kada ga vratimo. Ovaj fenomen, gdje se promjene u jednom pravcu razlikuju od promjena u pravcu nazad, naziva se histereza.

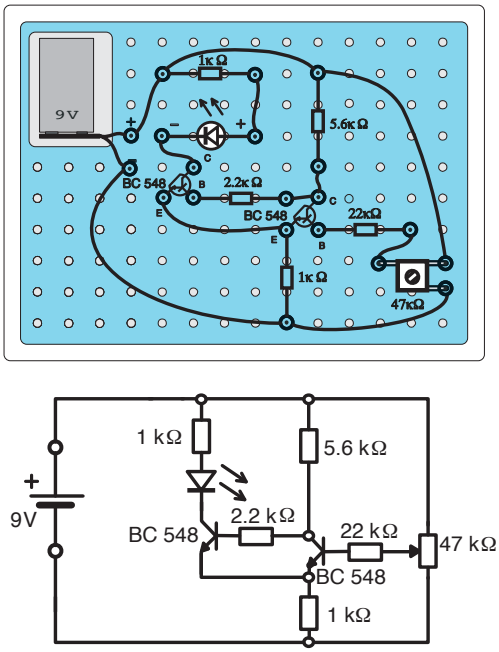
Pretpostavimo da je klizač potenciometra na poziciji gdje dodiruje krajnji kontakt povezan na negativan pol baterije. Struja neće teći do baze desnog tranzistora i on će biti zatvoren. Napon po bazi lijevog tranzistora će biti visok. Strujni krug će teći kroz otpornik od 5,6 kΩ i tranzistor će biti otvoren. LED anoda će svijetliti.

Ako potenciometar okrenete tako da napon na klizaču raste, struja do baze desnog tranzistora će također početi da raste. Kao rezultat, struja kroz desni tranzistor će također početi da se povećava, a njegov otpor će početi da opada. Manje struje će teći do baze lijevog tranzistora. Struja koja kroz njega teče će početi rapidno da opada, mnogo brže nego što će struja kroz desni tranzistor početi da raste. Ova struja teče kroz otpornik koji je zajednički za odašiljače oba tranzistora. Iako se struja kroz desni tranzistor uvećava mnogo sporije nego što struja kroz lijevi tranzistor opada, ukupna struja kroz otpornike će opasti, kao što će opasti i napon na njihovim točkama kontakta. Ovo će imati isti efekt kao i kada na kratko povežemo odašiljač desnog tranzistora sa negativnim polom baterije. Kako je napon na klizaču potenciometra ostao nepromijenjen, desni tranzistor će se momentalno otvoriti, lijevi zatvoriti, a LED anoda će prestati da svijetli. Ako okrenete potenciometar u suprotnom pravcu, cijeli proces će biti ponovljen u suprotnom pravcu.

Ovaj strujni krug se naziva Schmittov okidač.

Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 90



91. PULSIRAJUĆE SVJETLO

Kod ovog strujnog kruga koristimo Schmittov okidač. Što više struje teče kroz strujni krug, ono će imati manji otpor i obrnuto.

Ako strujni krug prikazano na dijagramu povezujemo na bateriju, žarulja neće svijetliti.

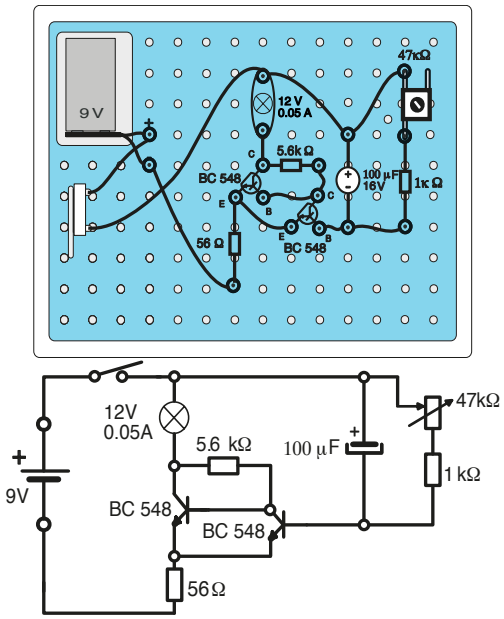
Kao prvo, kondenzator je prazan. Kroz prazan kondenzator, struja će teći do baze. U isto vrijeme kondenzator će se puniti i napon na kontaktnim točkama će se povećati. To znači da će napon između baze i odašiljača postupno opadati. U nekom trenutku, napon na bazi će biti tako nizak da će se tranzistor zatvoriti. Ovo će poslužiti kao okidač za proces koji je naprijed naveden kao strujni krug Schmittov okidač. Drugi tranzistor će se otvoriti i žaruljica će svijetliti.

Struja također teče kroz otpornik od 56 kΩ. To će uzrokovati napon na kontaktnim točkama. To će također uzrokovati da napon između baze prvog tranzistora i pozitivnog pola baterije opada. Elektrolitički kondenzator će se sada isprazniti kroz otpornik od 1 kΩ i podesivi otpornik. Kada je napon dovoljno nizak (ili kada je napon između baze i odašiljača prvog tranzistora dovoljno visok), prvi tranzistor će se otvoriti i to će biti okidač za promjenu statusa strujnog kruga. Žaruljica će svijetliti.

Sa potenciometrom od 47 kΩ, možemo regulirati mjeru pražnjenja kondenzatora. To također znači da potenciometrom možemo regulirati frekvenciju cijelog strujnog kruga.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 52, 54, 57, 59, 66, 4x68, 4x69

Fig. 91

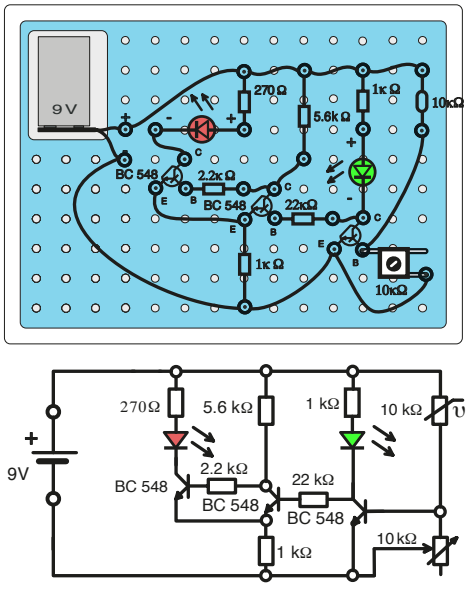


92. REGULACIJA HLADNJAKA

Sjećate li se prekidača koji je osjetljiv na toplinu, a koji je ranije opisan u ovim uputama? Sličan prekidač se može koristiti za reguliranje hladnjaka. Problem je u tome što će se uključivanje i isključivanje motora hladnjaka događati na skoro jednakoj temperaturi. Posljedica toga je da će motor veoma često biti uključivan i isključivan, što za hladnjak neće biti dobro. U ovom strujnom krugu, integrirana su dva strujna kruga: prekidač osjetljiv na struju i električni prekidač sa histerezom. Okrenite potenciometar tako da zelena LED dioda slabo svijetli. Crvena dioda će biti isključena. Dodirnite termistor prstima ili lagano puhnite topli zrak. Zelena dioda će početi da sjaji intenzitetom koji se uvećava, na određenoj točki, a crvena dioda će početi da svijetli. Ostavite termistor da se ohladi ili pušite u njega da bi se ohladio brže. Svijetlo zelene diode će opadati, a crvena će se potpuno ugasiti. Regulacijom potenciometra kontroliramo temperaturu na kojoj se sve to događa. Intenzitetom svoje svijetlosti, zelena LED anoda signalizira kada temperatura počinje da raste. Umjesto crvene LED diode, možemo da instaliramo jedan relej koji će uključivati motor hladnjaka. Zbog histereze, motor će raditi na nešto višoj temperaturi od one na kojoj je startao, što je upravo ono što želimo. Poslušate li hladnjak, primijetit ćete da se motor nakratko uključi, a zatim stane. Temperatura u hladnjaku pala je stupanj-dva. Kako temperatura raste, motor će se ponovno uključiti.

Pribor: baterija 9V, 24x7, 38, 3x42, 43, 44, 47, 51, 56, 2x57, 58, 59, 60, 4x68, 5x69

Fig. 92

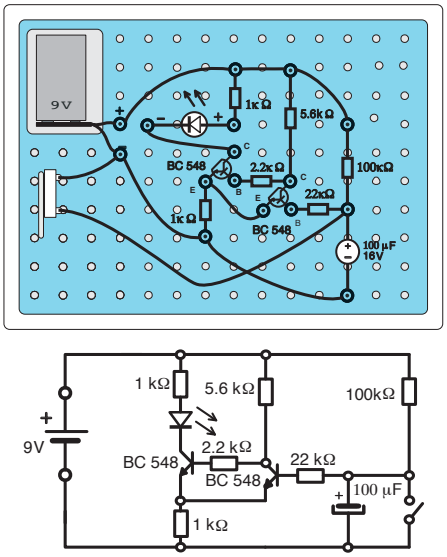


93. STUBIŠNO SVJETLO

Kod ovog strujnog kruga, koristimo Schmittov okidač. Zašto je ovaj strujni krug bolje od prekidača koji na kratko uključuje aparat? U slučaju prekidača napon na izlazu je postupno opadao, dok je kod ovog strujnog kruga napon konstantan i prestaje u trenutku. Tako LED anoda svijetli istim sjajem cijelo vrijeme dok je uključena.
U prethodnom eksperimentu smo koristili potenciometar da testiramo funkcioniranje strujnog kruga. U ovom primjeru, imamo kondenzator na izlazu strujnog kruga, koji se puni preko otpornika od 100 kΩ. Kada se kondenzator puni, desni tranzistor je otvoren i strujni krug je isključen. Pritisnite prekidač. Desni tranzistor će se momentalno zatvoriti i LED anoda će svijetliti.
Kondenzator će početi da se puni. Kako se napon na kontaktima uvećava, struja do baze prvog tranzistora će se također povećati. Ovo će predstavljati okidač za proces opisan u prethodnom slučaju. Nakon nekog vremena, status kruga će se promijeniti i LED anoda će se isključiti.

Pribor: baterija 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 59, 60, 61, 66, 4x68, 3x69

Fig. 93



94. SIMETRIČNI NESTABILNI MULTIVIBRATOR

Nekada nam je potreban signal na koji će se dva svijetla izmjenično uključivati i isključivati. Dobar primjer je semafor na raskrižju.
Strujni krug koje slijedi je primjer kako se to može napraviti. Taj strujni krug se naziva nestabilan multivibrator.
Kako ovaj strujni krug radi? Da pojednostavimo opis, otpornici imaju obilježja R1, R2, R3 i R4, kondenzatori C1 i C2, tranzistori T1 i T2. a LED anode D1 i D2. Dok proučavamo ovaj opis, pratite ovaj strujni krug na dijagramu.
Zamislimo da smo strujni krug povezali sa izvorom struje. Lijeva strana strujnog kruga je ista kao desna strana na dijagramu, ali u praksi ne postoje dva apsolutno jednaka elementa. Dakle, pretpostavimo da kada smo strujni krug povezali sa izvorom struje, a da je struja raspodijeljena tako da malo više struje teče do baze sa oznakom T1 nego do baze T2. To će uzrokovati otvaranje T1. Napon kolektor-odašiljač označen s T1 bit će vrlo nizak. LED dioda lijeve anode će zasvijetliti.
Električna struja koja teče kroz R2 će puniti elektrolitički kondenzator C1. U isto vrijeme, T2 će biti zatvoren i možemo se pretvarati da i ne postoji u strujnom krugu. Desna točka kontakta C2 je povezan na pozitivan pol baterije preko otpornika R4 i LED anodu. Lijeva točka kontakta je povezan na bazu T1. C2 se puni tako da je pozitivna struja na njegovoj desnoj strani.
Poslije nekog vremena, Cl će biti dovoljno pun da struja može teći do baze T2. Tranzistor će se otvoriti i njegov otpor će biti mali. Napon između kolektora i odašiljača T2 će praktično biti nula. Napon na lijevoj točki kontakta C2 će biti manji nego na desnoj.
Ovaj napon je sada previše mali za T1, i struja će momentalno prestati da teče do baze. Tl je sada zatvoren, a T2 otvoren, a desna LED anoda svijetli. Kondenzator C2 se puni preko otpornika R3, tako da je njegova lijeva točka kontakta pozitivna. Ukratko, uloge tranzistora su se obrnule.
Ovaj proces se stalno ponavlja, i diode D1 i D2 alternativno svijetle. Možemo izračunati koliko dugo vremena će diode svijetliti.
Lijeva LED anoda D1 će svijetliti:

$$t_1 = 0{,}7 \times C_1 \times R_2$$

a desna

$$t_2 = 0{,}7 \times C_2 \times R_3$$

Ako su lijevi i desni strujni krug jednaki, diode će svijetliti jednaki vremenski period. Dijagram pokazuje da kondenzatori imaju kapacitet od 100 µF ili 0,0001 F, a otpornici 22 kΩ ili 22.000 Ω.
Ako upotrijebimo jednadžbu za izračunavanje intervala, vidjeti ćemo da će svaka dioda svijetliti otprilike:

t = 0,7 x 0,0001 x 22000

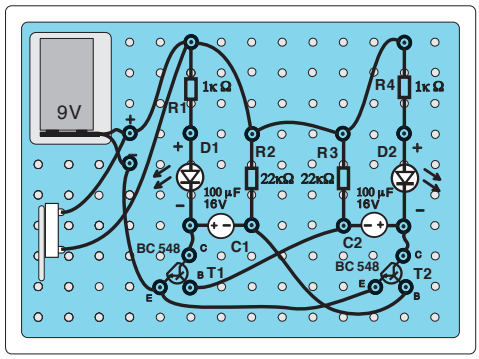
što je:

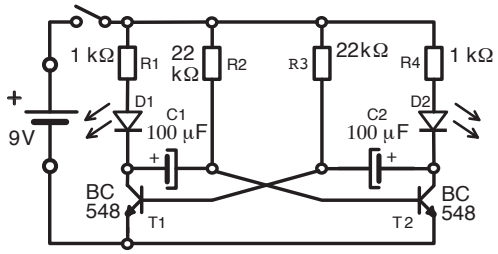
t = 1,54 s

Svaka dioda će svijetliti otprilike sekundu i po.

Pribor: baterija 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 94





95. PROMIJENE U FUNKCIONIRANJU NESTABILNOG MULTIVIBRATORA

Već smo rekli da će LED anode svijetliti jednako vrijeme ako su lijeva i desna strana strujnog kruga jednake. Neka i oba kondenzatora ostanu jednaka. Ako promijenimo dva centralna otpornika, vrijeme svijetla dioda će se drastično promijeniti. Vidjeli smo da diode svijetle fiksirani vremenski interval koji je jednak:

$t_1 = 0,7 \times C \times R_2$

i

$t_2 = 0,7 \times C \times R_3$

Ako su kondenzatori isti, diode će svijetliti ukupno:

$t = t_1 + t_2$

ili

$t = 0,7 \times C \times R_2 + 0,7 \times C \times R_3$

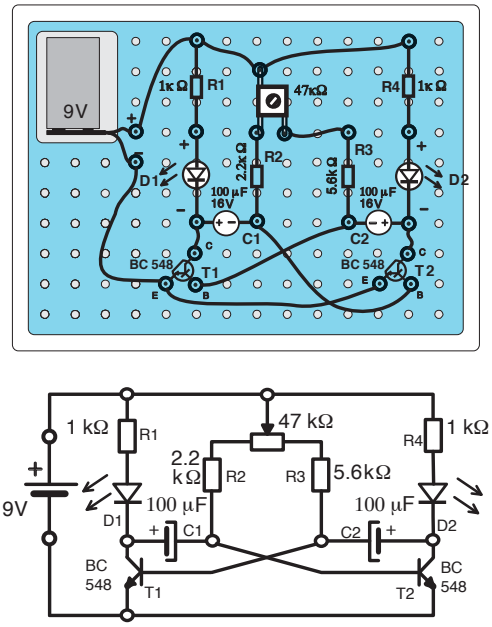
Ukupno vrijeme će tada biti

$t = 0,7 \times C \times (R_2 + R_3)$

Kod ovog strujnog kruga, otpornik R2 je 2,2 kΩ i dio otpora potenciometra između lijevog kontakta i klizača, dok je R3 5,6 kΩ i dio otpora potenciometra između desnog kontakta i klizača. Ukupan otpor otpornika R2 + R3 će uvijek biti isti, bez obzira na poziciju potenciometra. To znači da potenciometrom možemo regulirati odnos između svijetlećih intervala dioda, dok ukupno vrijeme ostaje isto.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 95

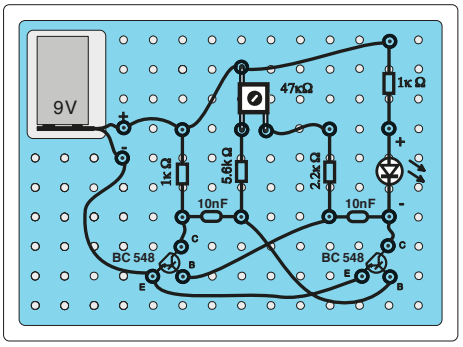


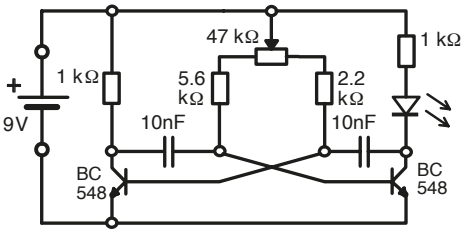
96. REGULATOR SVJETLA SA MULTIVIBRATOROM

U ovim uputama smo već opisali regulator svjetla. Tu smo kontrolirali intenzitet svjetla promjenom napona na kontaktima žarulja. Ovu metodu regulacije se ne može koristiti za svjetla koja ne mogu da funkcioniraju na nižem naponu. Dobar primjer takvih svjetala su svjetla sa fluorescentnim cijevima. Kod ovih svjetala, iskorištavamo njihovu osobinu da se mogu ponovo uključiti kada su bili isključeni, ako vrijeme između uključivanja i isključivanja nije predugo.
Pretpostavimo da takvo svjetlo uključujemo i isključujemo u kratkim intervalima. Zbog prirode ljudskog oka, nećemo čak ni primijetiti da se svjetlo isključilo. Mi određujemo interval. Ako u okviru tog intervala promijenimo vrijeme u kojem će svjetlo biti uključeno, to ćemo registrirati kao promjenu intenziteta svjetla.
U tu svrhu, upotrijebit ćemo multivibrator opisan u prethodnom eksperimentu. Intervali između uključivanja i isključivanja ne bi trebali da budu dugi kao kod prethodno opisanog primjera. Umjesto kondenzatora od 100 µF koristite kondenzator od 10 nF. Njegov kapacitet je tisuću puta manji, a LED anoda će pulsirati tisuću puta brže.
Pulsiranje se neće čak ni primijetiti. Kada okrenete potenciometar, dužina vremena svjetla LED anoda će se promijeniti i vi ćete imati osjećaj da se promijenio intenzitet svjetlosti anoda.

Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 96



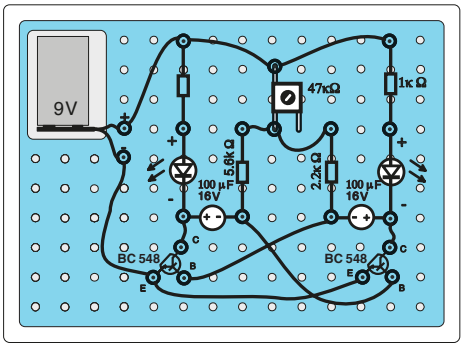


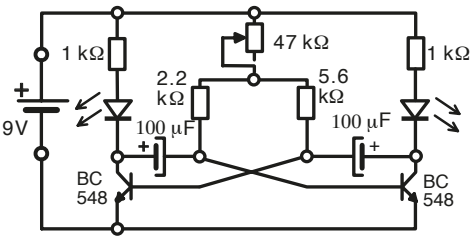
97. PROMJENA RADNE FREKVENCIJE JEDNOG NESTABILNOG MULTIVIBRATORA

Brzina, ili frekvencija, kod nestabilnog multivibratora se može promijeniti zamjenom jednog ili oba njegova centralna otpornika. Ako želite da promijenite radnu frekvenciju, morate promijeniti frekvenciju oba otpornika. To se može jednostavno napraviti parcijalnim povezivanjem otpornika. Dobijete strujni krug prikazan na dijagramu.
Okretanjem potenciometra lijevo i desno, radna frekvencija multivibratora će se promijeniti dok je odnos perioda svjetlosti dioda ostao nepromijenjen.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 97



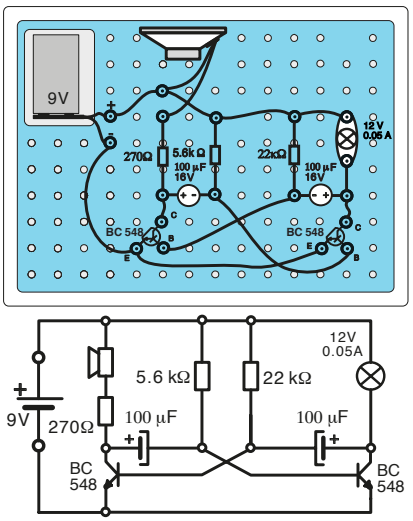


98. SENZORI ZA KRUG

Korištenjem multivibratora, možemo napraviti strujni krug koji upravlja senzorima za pravac u automobilu. Kako vozač mora znati da li su senzori uključeni, obično postoji i zvučni signal koji ga prati. U strujnom krugu koje je ovdje prikazano, postoji zvučnik koji je instaliran da služi u ove svrhe. Iz zvučnika ćete čuti škripanje u skladu sa senzorima.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 56, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69

Fig. 98

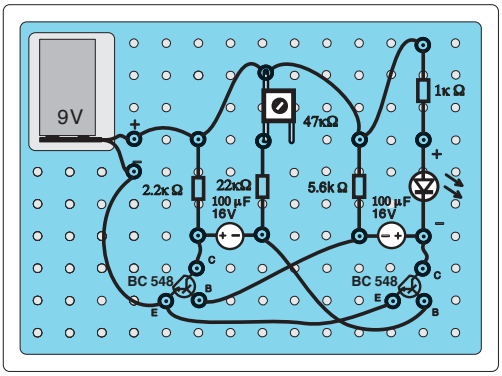


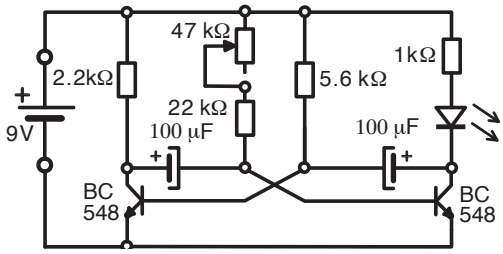
99. PODEŠAVANJE BRZINE RADA BRISAČA

Neki automobili imaju mogućnost reguliranja brzine brisača. Ako kiša nije prejaka, to može biti korisno. Ako je kiša slaba, vjetrobransko staklo će biti suho, a brisači će obrisati gotovo suhu površinu. Zbog toga će preskočiti neke dijelove, pri čemu će proizvesti neugodan zvuk.
Ako promatrate brisače u radu, primijetit ćete da je vrijeme za jedno "brisanje" vjetrobranskog stakla fiksno. Za to vrijeme motor brisača mora biti isključen.
Za reguliranje vremena između dva brisanja možemo koristiti nestabilni multivibrator u kojem ćemo zamijeniti jedan od središnjih otpornika.
Drugi središnji otpornik dizajniran je za održavanje motora u radu dovoljno dugo da brisači pređu preko vjetrobranskog stakla i natrag. Ako okrenete potenciometar, promijenit će se interval između brisanja.
Umjesto LED anode i otpornika od 1 kΩ, možemo spojiti jedan relej koji bi palio i gasio motor brisača.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 52, 57, 58, 59, 60, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 99



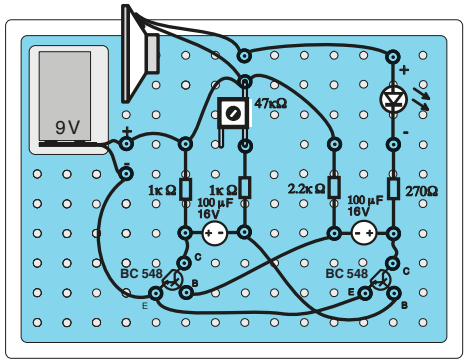


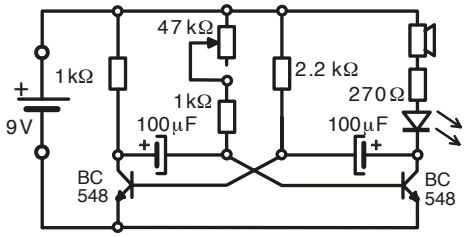
100. ELEKTRONSKI METRONOM

Ako ste ikada imali ozbiljniji dodir s glazbom, sigurno znate koliko je ritam važan. Tijekom vježbanja, glazbenici održavaju tik-to-tak ritam metronomom. Mora postojati mogućnost reguliranja rada metronoma, jer nije isto za, recimo, živahnu polku i lagani valcer.
U našem slučaju koristili smo jedan astabilni multivibrator za sastavljanje metronoma. Za razliku od klasičnih metronoma koji proizvode samo zvuk, ovaj proizvodi i prigušene signale. Dakle, možemo ga vidjeti iz daljine ili ga možemo koristiti za vrlo glasnu glazbu, koja onemogućuje da se čuje zvuk metronoma.

Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 56, 2x57, 58, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 100



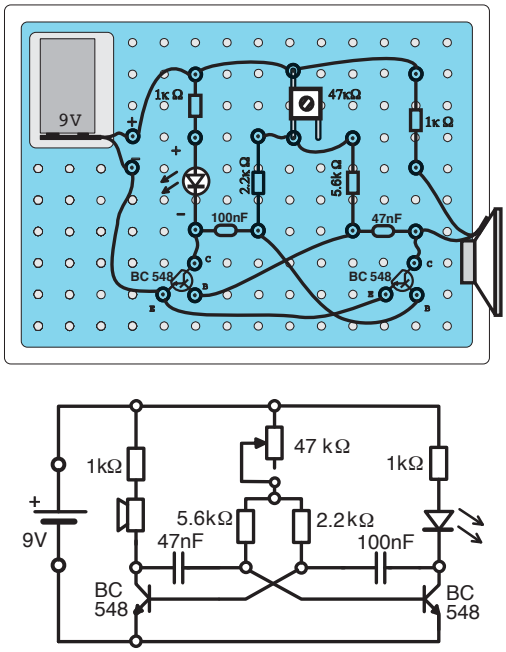


101. MULTIVIBRATOR 1 ZVUČNIK SA ZUJALICOM

Odgovarajućim odabirom kondenzatora i otpornika, možemo napraviti jedan multivibrator koji će oscilirati na frekvenciji koju je moguće čuti. Povezati ćemo jedan serijski povezani zvučnik i otpornik između kolektora jednog od tranzistora i pozitivnog pola baterije.
Ako smatrate da je neki zvuk previše slab, možete otpornik od 1 kΩ zamijeniti sa onim od 270 Ω.
Pritisnite prekidač. Okrenite potenciometar sve dok ne čujete željeni zvuk.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 101



102. ZUJALICA ZA PROUČAVANJE TELEGRAFIJE

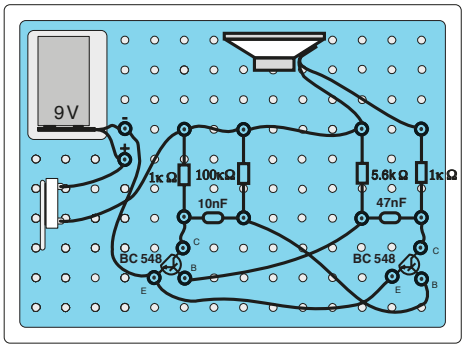
Morseova telegrafija je nekada bila jedino sredstvo prijenosa poruka na velikoj udaljenosti. Zbog značaja koji je imala u ono vrijeme, ovaj oblik telegrafije je naziv dobio po svom izumitelju, Samuelu Morseu.

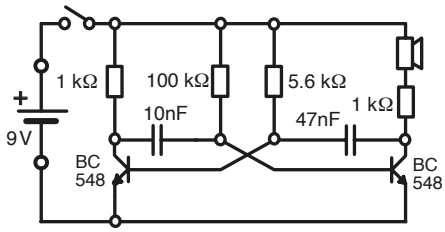
A · -	J · - - -	S · · ·	1 · - - - -
B - · · ·	K - · -	T -	2 · · - - -
C - · - ·	L · - · ·	U · · -	3 · · · - -
D - · ·	M - -	V · · · -	4 · · · · -
E ·	N - ·	W · - -	5 · · · · ·
F · · - ·	O - - -	X - · · -	6 - · · · ·
G - - ·	P · - - ·	Y - · - -	7 - - · · ·
H · · · ·	Q - - · -	Z - - · ·	8 - - - · ·
I · ·	R · - ·		9 - - - - ·
			0 - - - - -

Sa napretkom tehnologije, ona gubi svoj značaj, ali je još uvijek vrlo korištena među radio amaterima.
Ako ste zainteresirani, može vam biti od koristi da naučite Morseovu abecedu. Da biste je naučili, možete koristiti zujalicu. Za zujalicu upotrijebite multivibrator. Ovdje nije važno kako ćete pozicionirati potenciometar da biste regulirali teren. Tipka sa kojim uključujete multivibrator se može koristiti za lupanje Morseovu abecedu. Prilikom lupanja Morseovih slova, držite se pravila da jedna crta može da traje period od tri točkice, između dijelova koda (točkice i crtice), interval je dug za jednu točku, a između pojedinačnih kodova interval je tri točke.

Pribor: baterija 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 4x68, 69

Fig. 102



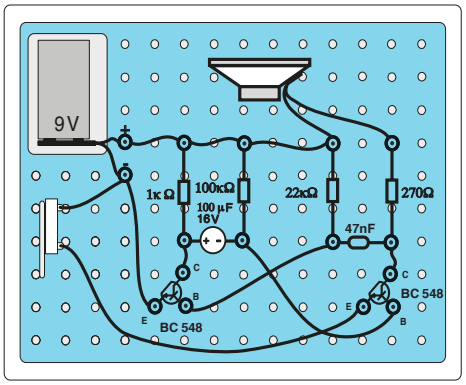


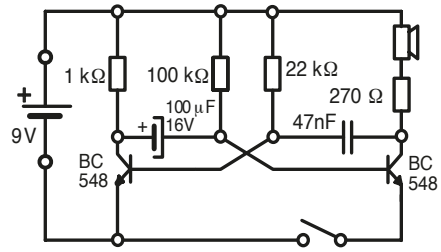
103. MITRALJEZ

Kod mitraljeza, zvuk njenog pucnja se čuje u pravilnim intervalima. U našem slučaju, imitirati ćemo zvuk mitraljeza uz pomoć jednog nestabilnog multivibratora kod koga će funkcioniranje jednog tranzistora prouzročiti zvuk, a funkcioniranje drugog tranzistora će odrediti vremenski period između dva zvučna izvještaja.
Kod ovog strujnog kruga, desni kondenzator je keramički, a lijevi elektrolitički. To stvara odnos od nekoliko stotina između vremenskog intervala otvaranja lijevog i desnog tranzistora.
Kada povežemo nestabilni multivibrator na izvor struje, trebati će da prođe neko vrijeme prije nego što se kondenzatori počnu puniti i strujni krug počne da radi. Da bi multivibrator funkcionirao na željeni način, odmah po pritisku prekidača, vidjeli smo jedan različiti sistem za uključivanje multivibratora. Kada pritisnete prekidač, jak zvuk mitraljeza će se momentalno čuti sa zvučnika.

Pribor: baterija 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 60, 61, 64, 66, 4x68, 4x69

Fig. 103



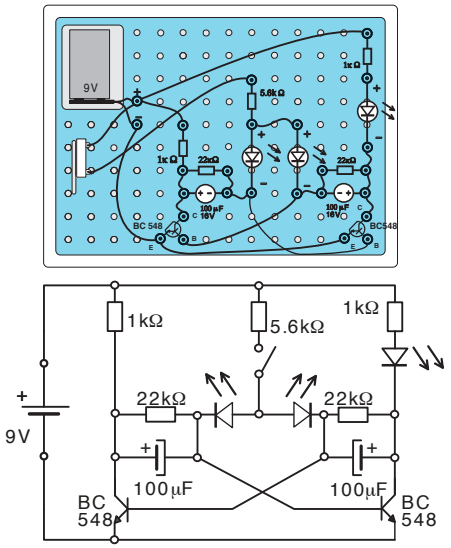


104. ALTERNATIVNO UKLJUČIVANJE I ISKLJUČIVANJE APARATA

Zamislite da u procesu proizvodnje koristite prešu. Nekada preša mora biti otvorena, a nekada zatvorena. Tokom procesa proizvodnje, preša radi i stalno se otvara i zatvara. Kontrolni strujni krug mora da osigura stabilan status u obje krajnje pozicije, ali također mora da omogući i njihovu promjenu.
Kao kod prethodnog eksperimenta upotrijebimo jedan nestabilni multivibrator kao strujni krug koje se dijeli sa dva. U tom slučaju, okidač je pritisak okidača i on pokreće struju da teče od pozitivnog pola baterije do baze tranzistora koji je trenutno zatvoren. Status strujnog kruga se mijenja.
Kada je tipka prekidača na kontaktu, strujni krug predstavlja jedan nestabilni multivibrator. To je, u stvari, slučaj. Ako održite pritisak na tipki prekidača, žarulja će početi da pulsira. Kada ga otpustite, pulsiranje će prestati. Pritisak na tipki prekidača za vrijeme koje je kraće od vremena tokom kojeg je tranzistor u nestabilnom multivibratoru otvoren, će minimalno izmijeniti status multivibratora.

Pribor: baterija 9V, 25x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 2x57, 59, 2x60, 2x66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 104

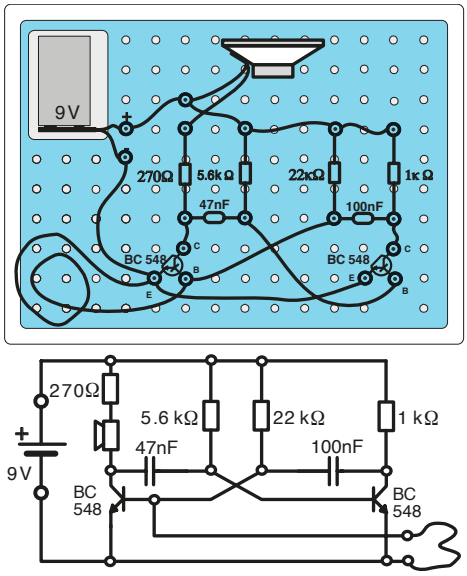


105. ELEKTRONIČKA ZAŠTITA SA ZVUČNIM SIGNALOM

Sjećate li se elektronske zaštite opisane u ovim uputama? U tom slučaju, LED anoda se palila kada je alarm pokretan. U ovom slučaju, čuti će se zvuk.
Strujni krug je u stvari jedan nestabilni multivibrator, koji radi na audio frekvenciji. U ovaj strujni krug mora biti ubačen žičani spoj, koji će uzrokovati kratak spoj između baze i odašiljača jednog od tranzistora. Ako se veza prekine, multivibrator će početi da radi i čuti će se zvuk sa zvučnika.
Kratak spoj je namjerno napravljen na lijevom tranzistoru. Uslijed ovog kratkog spoja, drugi tranzistor će biti otvoren. Između kolektora i pozitivnog pola baterije stoji otpornik od 1 kΩ. Na lijevoj strani je otpornik od 270 Ω i zvučnik otpora od samo nekoliko oh-ma. Uslijed toga, više struje će teći kroz lijevi nego kroz desni tranzistor ako prethodni bude stalno otvoren. To će jako brzo isprazniti bateriju.
Kako ne znamo kada će se alarm isključiti, razumno bi bilo štedjeti snagu baterije. Već ste naučili da napravite alarm koji će vas upozoravati da su vrata otvorena. Takvi alarmi se mogu vidjeti u radnjama. Kada netko otvori vrata, čuje se zvuk, koji prestaje kada se vrata zatvore.
Postavite reed prekidač na dovratnik vrlo blizu vrata i magnet na sama vrata. Kada su kontakti reed prekidača spojeni zbog blizine magneta, alarm će se isključiti. Kada netko otvori vrata, spojevi reed prekidača će se odvojiti, strujni krug će početi raditi, a zvuk će se čuti iz zvučnika.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 59, 60, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 105

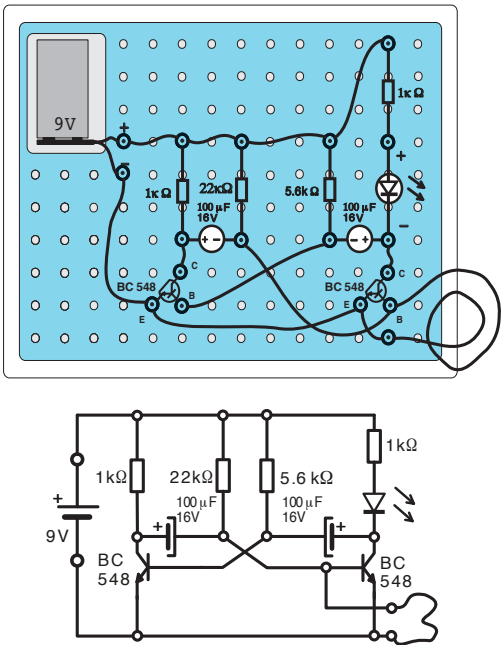


106. ELEKTRONSKA ZAŠTITA SA SVJETLOSNIM SIGNALOM

U tom slučaju, alarm će signalizirati pulsirajućim svjetlom. Strujni krug je u osnovi sličan prethodnom. Budući da puls mora imati nisku frekvenciju, ovaj multivibrator je dizajniran za rad na niskim frekvencijama. Zbog toga se u ovom strujnom krugu koriste elektrolitski kondenzatori. Okidač je isti kao u prethodnom slučaju.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 2x66, 4x68, 5x69, 70

Fig. 106

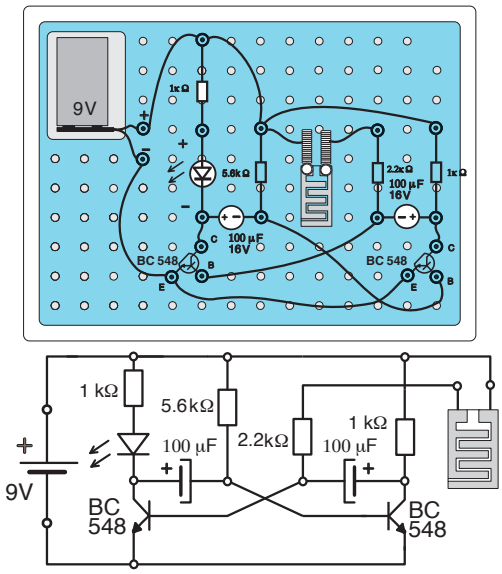


107. SVJETLOSNI ALARM ZA SIGNALIZIRANJE NIVOA VLAGE

U ovom alarmu, senzor vlage je serijski spojen na desni središnji otpornik. Kada je senzor suh, njegov otpor je visok i električna struja neće teći kroz njega. Kada se senzor smoči, njegov otpor će pasti i kroz njega će teći količina struje koja je dovoljna za rad multivibratora. Anodna LED u kolektorskom strujnom krugu lijevog tranzistora počet će pulsirati. Alarm neće raditi u slučaju tekućina koje ne provode struju.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 49, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 107

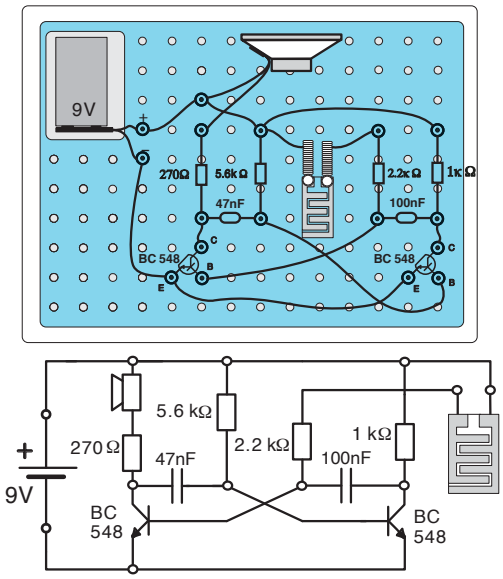


108. ZVUČNI ALARM ZA SIGNALIZIRANJE VLAGE

U prethodnom krugu diodu i otpornik od 1 kΩ zamijenite zvučnikom, a kondenzator od 100 µF zamijenite kondenzatorima od 47 nF i 100 nF. To će vam dati strujni krug koji će poslati zvučno upozorenje kada je senzor vlage suh.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 45, 49, 56, 57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 108

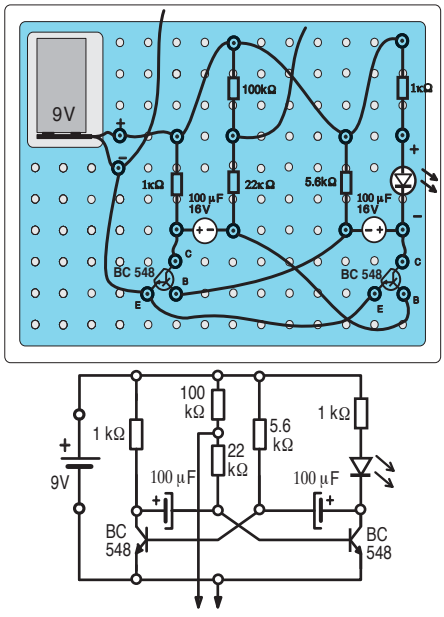


109. ZAŠTITA CVIJEĆA

Ljubitelji cvijeća znaju koliko je važno zalijevati cvijeće u pravo vrijeme. Previše vode nije dobro za cvijeće, jer previše vlage šteti korijenu. Strujni krug prikazan na dijagramu signalizira pulsirajućom diodom da je zemlja u posudi suha i da cvijeće treba zaliti.
Krug je zapravo nestabilni multivibrator koji ne može funkcionirati zbog dodatnog otpornika. Otpornik je uzemljenje između dvije žice koje su zabodene u njega. Kad je zemlja suha, otpor između dviju žica će biti velika i neće utjecati na rad multivibratora. Kada se cvijeće zalijeva, a tlo je mokro, otpor između žica bit će toliko nizak da multivibrator neće raditi. Kako se tlo suši, otpor između žica će se povećati. Multivibrator će početi raditi. Isprva će brzina pulsiranja LED anode biti spora, ali kako se tlo suši, pulsiranje će se ubrzati do maksimuma.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 109

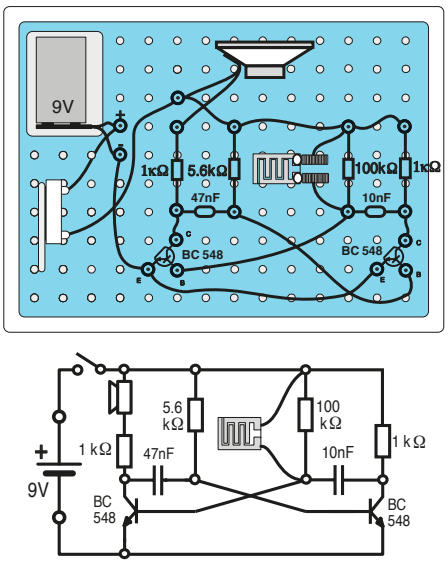


110. AKUSTIČNE IGRAČKE

Mala djeca uživaju igrati se igračkama koje proizvode zvukove, kao što su zvečke, zviždaljke, bubnjevi itd. Vjerojatno bi ih usrećile i igračke koje ovdje opisujemo.
Ovo je astabilni multivibrator koji radi na zvučnoj frekvenciji. Senzor vlage spojen je paralelno na jedan od otpornika koji određuje rad astabilnog multivibratora. Kada se senzor dotakne rukom ili prstom, otpor će se promijeniti. Nakon dodira, otpor će se smanjiti. Paralelni spoj otpornika od 100 kΩ i senzora vlage tada će imati manji otpor. Frekvencija multivibratora će se povećati.
Dodirom i držanjem senzora, igračka će emitirati zanimljive zvukove.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 45, 49, 2x57, 59, 61, 63, 64, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 110

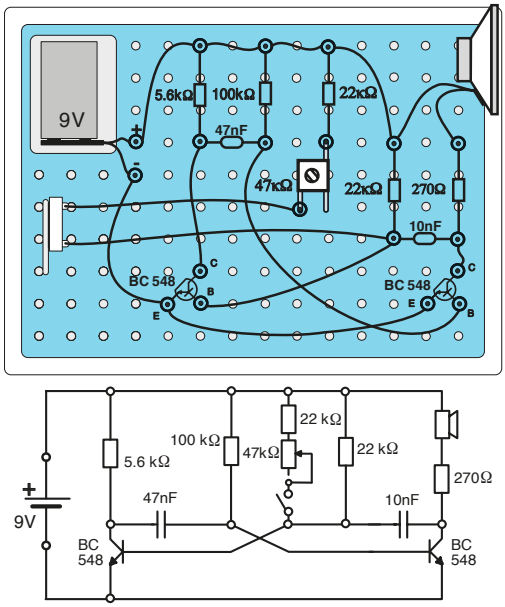


111. SIRENA ALARMA SA DVA TONA

Vjerojatno ste čuli sirenu sa dva tona. U našem primjeru to je jedan nestabilni multivibrator s promjenjivom frekvencijom. U te svrhe možemo dodati još jedan otpornik koji se pritiskom tipke spaja na jedan otpornik, a koji određuje rad multivibratora. Ovo će povećati otpor i frekvenciju multivibratora kada se pritisne tipka. Otpornik koji se pritiskom na sklopku spaja u strujni krug sastoji se od otpornika od 22 kΩ i potenciometra. Kada je tipka pritisnuta, visoki tonovi se mogu podesiti okretanjem potenciometra, tako da omjer visokih tonova i basova odgovara vama.
Otpornik od 22 kΩ je tu u slučaju da otpor potenciometra promijenite na nulu, u kojem slučaju će vrlo jaka struja poteći do baze lijevog tranzistora i trajno ga oštetiti. Kod ovog sklopa, promjena tona se postiže pritiskom na tipku prekidača. Umjesto da to radite sami, ovaj "pritisak na gumb" može učiniti jedan astabilni multivibrator koji radi na frekvenciji jednakoj frekvenciji promjene visine tona.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 45, 52, 56, 59, 2x60, 61, 63, 64, 4x68, 6x69

Fig. 111

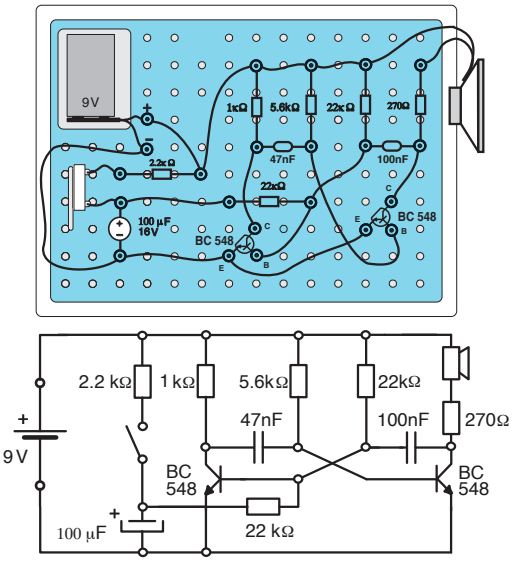


112. ALARM SIRENE

Vatrogasna vozila često imaju sirene sa zavijajućim zvukom. Te sirene pokreće električni motor. Dijagram prikazuje elektroničku varijaciju sirene koja proizvodi sličan zavijajući zvuk.
Ovaj strujni krug je zapravo nestabilni multivibrator koji radi na frekvencijama koje se mogu čuti. Struja iz razdjelnika napona, koji se sastoji od otpornika od 2,2 kΩ i jednog elektrolitskog kondenzatora, dovodi se do baze lijevog tranzistora preko otpornika od 22 kΩ. Kada spojite strujni krug na bateriju, multivibrator će početi raditi i uskoro će se čuti zvuk iz zvučnika. Elektrolitički kondenzator bit će prazan i više neće utjecati na krug. Pritisnite prekidač. Elektrolitički kondenzator će se puniti kroz otpornik od 22 kΩ, što će uzrokovati napon na kontaktnim točkama. Nešto struje će teći do baze kroz otpornike od 2,2 kΩ i 22 kΩ. To će lagano otvoriti tranzistor. Brzina rada nestabilnog multivibratora će se promijeniti i sada će ton biti viši. Otpustite prekidač. Nabijeni kondenzator će se početi prazniti kroz otpornik od 2,2 kΩ tako da struja teče do baze lijevog tranzistora. U početku će se kondenzator brzo prazniti, a zatim sve sporije. Kako se kondenzator prazni, frekvencija multivibratora će se smanjivati. Čut će se kao zvuk zavijanja.

Pribor: baterija 9V, 22x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 58, 59, 2x60, 64, 65, 66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 112



113. ZVUK KOJI SIGNALIZIRA PAD TEMPERATURE

Zamislite što se može dogoditi ako temperatura padne, primjerice na farmi pilića. Kad bi se to dogodilo, pilići bi uginuli i nastala bi velika šteta. Preporučljivo je imati senzor temperature u kontrolnoj sobi. Svjetlosni signal može značiti da je temperatura normalna. No, možda svjetlosna indikacija pada temperature ne bi bila dovoljna, jer možda nitko ne bi primijetio pulsirajuće svjetlo. Stoga bi bilo opravdano postaviti zvučni signal.

Prekidač osjetljiv na temperaturu koji smo ovdje već opisali može uključiti neki drugi krug ili uređaj. U ovdje opisanom slučaju osjetljiva sklopka uključivala bi izvor zvuka, a to bi bio multivibrator sa zvučnikom. Kada je temperatura visoka, termistor ima manji otpor. Na spoju odašiljača, koji se sastoji od termistora i potenciometra, napon bi bio dovoljno visok da struja teče do baze tranzistora i otvara ga. Tranzistor sada ima manji otpor i spojen je na multivibrator da blokira njegov rad. To se postiže kratkim spajanjem negativnog pola baterije na odgovarajućem mjestu unutar multivibratora. LED anode će zasvijetliti, označavajući visoku temperaturu.

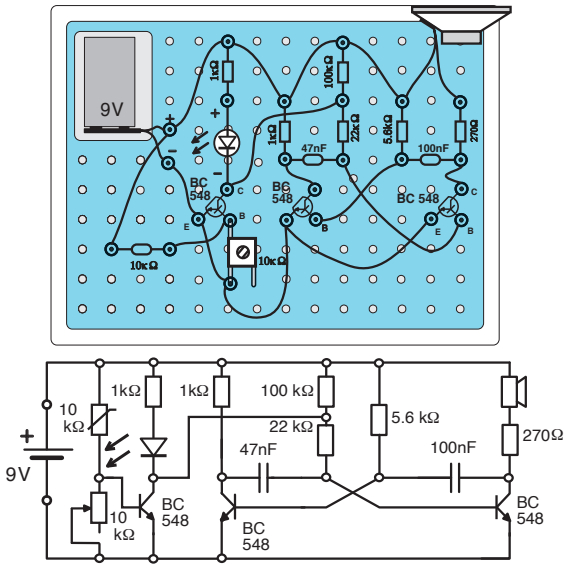
Kako temperatura počne padati, otpor termistora će se povećati i napon na razdjelniku napona će pasti. Dakle, manje struje će teći do baze prvog tranzistora. Tranzistor će se polako zatvoriti i njegov otpor će se povećati. Njegov utjecaj na multivibrator bit će manji, a multivibrator će proraditi. U početku će njegova radna frekvencija biti niska, ali kako temperatura bude dalje padala, radna frekvencija će se povećavati. Što je temperatura niža, ton je viši. Između kolektora prvog tranzistora i tranzistora od 1 kΩ nalazi se jedna LED anoda. Nije neophodan za funkcioniranje strujnog kruga, ali može poslužiti kao vizualni pokazatelj temperature. Kako temperatura pada, LED anoda će slabije svijetliti.

Rekli smo da se djelitelj napona sastoji od termistora i potenciometra povezanih kao jedan podesivi otpornik. Temperatura pri kojoj će se alarm isključiti ovisi o položaju klizača potenciometra.

Kako biste provjerili kako strujni krug radi, okrenite potenciometar tako da LED anoda zasvijetli, zatim ga okrenite na drugu stranu dok se LED svjetlo ne ugasi. Zagrijte termistor prstima, LED anoda će svijetliti. Puhnite u termistor da se ohladi. Anodna LED lampica će prestati svijetliti i zvučnik će proizvesti zvuk.

Pribor: baterija 9V, 25x7, 38, 2x42, 43, 45, 47, 51, 56, 2x57, 59, 60, 61, 64, 65, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 113



114. KAKO SPRIJEČITI DA IZRAVNA STRUJA PROLAZI KROZ ZVUČNIK

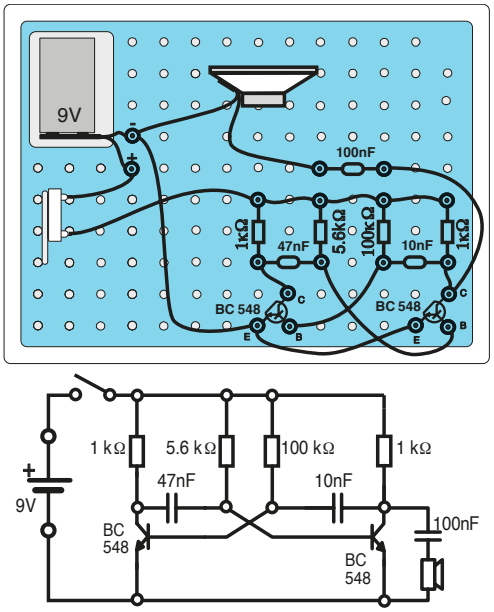
Kod gore opisanog strujnog kruga, pulsirajuća izravna struja prolazi kroz zvučnik. Što učiniti ako želimo da kroz njega prolazi samo izmjenična struja? Da bismo to postigli koristimo kondenzator.

Sljedeći dijagram prikazuje način na koji možemo spojiti zvučnik. Napon na kolektoru desnog tranzistora jasno pulsira. Između emitera i kolektora napon varira između 0 V kada je tranzistor otvoren i 9 V kada je zatvoren.

Korištenjem kondenzatora omogućujemo protok samo izmjenične struje u zvučnik jer će kondenzator provoditi samo izmjeničnu, ali ne i istosmjernu struju.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 114

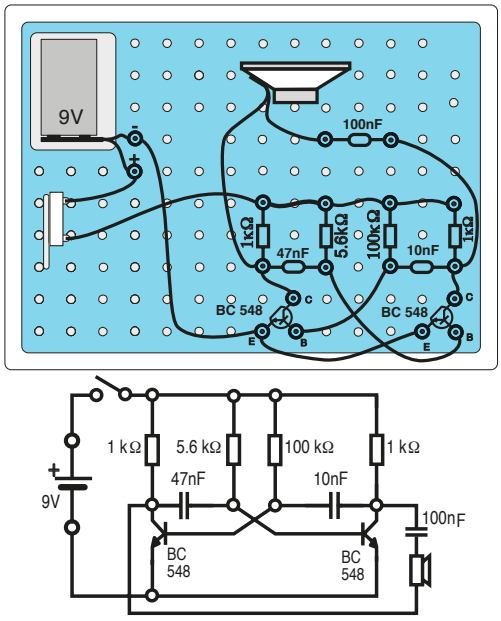


115. ZVUČNIK IZMEĐU DVA KOLEKTORA

Nekoliko smo puta spomenuli da kod multivibratora napon između odašiljača i kolektora varira između 0 V i 9 V. To se događa na oba tranzistora. Ali koliki je omjer napona kolektora dva tranzistora?
Kada je jedan tranzistor otvoren, drugi je zatvoren. Tako će napon na kolektoru jednog tranzistora prema negativnom polu baterije biti 0 V, a na drugom 9 V.
Pretpostavimo da je lijevi tranzistor otvoren, a desni zatvoren. Tada će napon između oba kolektora biti U = 9 V.
Kada tranzistori zamijene uloge, napon na tranzistorima će se promijeniti. Sada će napon između kolektora lijevog tranzistora i negativnog pola baterije biti 9 V, a na desnom 0 V.
Napon između kolektora će opet biti 9 V, ali u suprotnom smjeru. Sada je napon između oba kolektora U = -9 V.
Ako promatramo napon na jednom kolektoru, on se mijenja za 9 V. Ako promatramo napon na oba kolektora istovremeno, on se mijenja od +9 V do -9 V. Promjena napona je dvostruka!
U određenim slučajevima povezivanje opterećenja između kolektora tranzistora ima svoje prednosti. Ovdje je važno da opterećenje nije toliko da sprječava funkcioniranje strujnog kruga.
Otpor zvučnika je vrlo nizak i kroz njega će teći istosmjerna struja. Između kolektora oba tranzistora, otpor će biti mali, što može spriječiti rad strujnog kruga. Kako bismo to izbjegli, spojili smo kondenzator u seriju za zvučnik.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 115

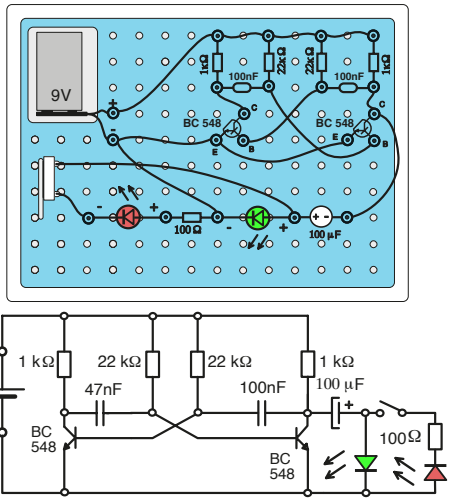


116. STRUJNI KRUG ZA PROIZVODNJU NEGATIVNE STRUJE

Nekada je neophodno, za neke potrebe, da imamo negativnu struju u strujnom krugu. Najjednostavniji način da ga nabavite je dodatna baterija uz onu koja napaja strujni krug, koji se može koristiti kao izvor negativne struje. To znatno poskupljuje korištenje takvog strujnog kruga, jer sada imamo dvije baterije umjesto jedne.
Ako je potrošnja struje iz baterije koja daje negativan napon mala, možemo napraviti strujni krug koji će na svom izlazu dati negativnu struju. To čini cijeli strujni krug puno skupljim, ali će se isplatiti u smislu uštede negativne struje baterije.
Za proizvodnju negativnog napona potrebna nam je izmjenična struja. U našem strujnom krugu koristimo jedan nestabilni multivibrator za proizvodnju izmjenične struje.
Izmjenična struja teče kroz vodič prvo u jednom, a zatim u drugom smjeru. Napon između kolektora, na primjer, desnog tranzistora u multivibratoru, i negativnog pola baterije se mijenja: kad je tranzistor otvoren, gotovo je jednak nuli, a kad je zatvoren, gotovo doseže napon baterije. Ova struja nije izmjenična nego pulsirajuća. Već smo vidjeli da izmjenična struja može teći kroz kondenzator, a istosmjerna ne može. Stoga možemo eliminirati pulsiranje istosmjerne struje korištenjem kondenzatora.
Taj princip je korišten u našem strujnom krugu. Kondenzator je spojen na kolektor desnog tranzistora, kroz koji teče izmjenična struja do multivibratora. Ova struja teče kroz dvije LED anode okrenute u suprotnim smjerovima. Kada je strujni krug spojen na bateriju, obje LED diode će svijetliti. To dokazuje da izmjenična struja prolazi kroz kondenzator. Kada struja teče od kondenzatora do negativnog pola baterije, ona teče kroz zelenu LED anodu. Kada teče u suprotnom smjeru, teče kroz crvenu diodu i otpornik od 100 kΩ. Ova dioda i otpornik su dio kruga koji treba negativan napon. Umjesto zelene LED anode, u ovom strujnom krugu možemo koristiti običnu (1N4004).
Opet, moramo istaknuti da strujni krug koji zahtijeva negativnu struju ne bi trebao trošiti previše struje.
Ako niste sigurni da multivibrator radi, možete spojiti zvučnik između bilo kojeg otpornika od 1 kΩ i pozitivnog pola baterije.

Pribor: baterija 9V, 21x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 66, 4x68, 6x69

Fig. 116

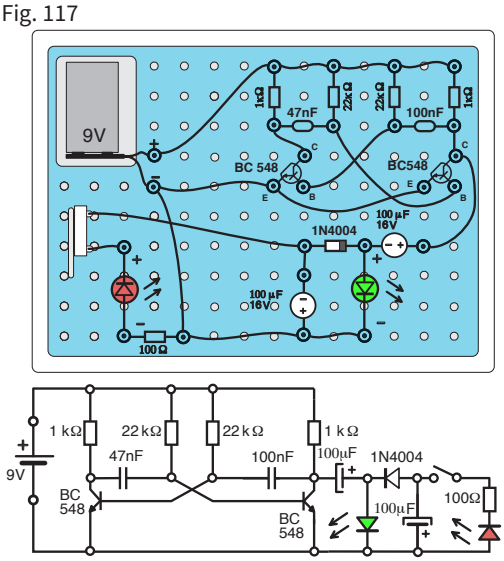


117. POBOLJŠANI STRUJNI KRUG ZA PROIZVODNJU NEGATIVNE STRUJE

Usmjerena struja dobivena iz jedne diode ne može biti veća od maksimalne razine izmjenične struje.
Umjesto crvene LED anode, možete umetnuti strujni krug kojemu je za rad potrebna negativna struja.
Ako je negativna struja dobivena iz gore opisanih strujnih krugova premala, možemo upotrijebiti strujni krug koji duplicira usmjerenu negativnu struju kako bismo dobili negativnu istosmjernu struju. Ovaj strujni krug se sastoji od dvije diode i dva kondenzatora. U strujnom krugu se umjesto obične diode koristi zelena LED dioda.

Pribor: baterija 9V, 24x7, 38, 40, 3x42, 43, 46, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 117

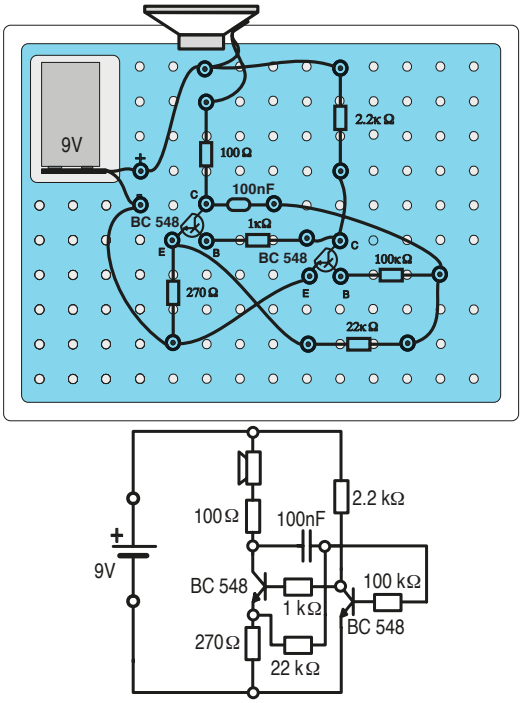


118. JOŠ JEDAN GENERATOR ZVUKA

S dva tranzistora možemo sastaviti generator zvuka koji nije multivibrator i radi na drugom principu. Kako bi funkcionirao, strujni krug treba povratnu struju. Strujna povratna veza je veza u strujnom krugu kroz koju dio signala s izlaza napaja ulaz.
U tom slučaju strujni krug se ponaša drugačije nego što bi bio da strujna povratna sprega ne postoji.
U našem primjeru imamo dva tranzistora koji čine frekvencijsko pojačalo.
Preko kondenzatora od 100 nF i otpornika od 100 kΩ usmjerava se dio signala s izlaza pojačala (kolektor lijevog tranzistora) na ulaz (baza desnog tranzistora).
Pretpostavimo da dok se napon na ulazu strujnog kruga povećava, na izlazu se smanjuje. Ako dodamo strujni krug koji uzrokuje promjene u izlazu natrag na ulaz, možemo reći "ovo je poremećeni krug" i ne bismo mogli odlučiti koliki bi trebao biti napon na ulazu, a time i na izlazu .To uzrokuje fluktuacije napona, recimo da strujni krug oscilira.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 58, 60, 2x61, 65, 4x68, 3x69

Fig. 118

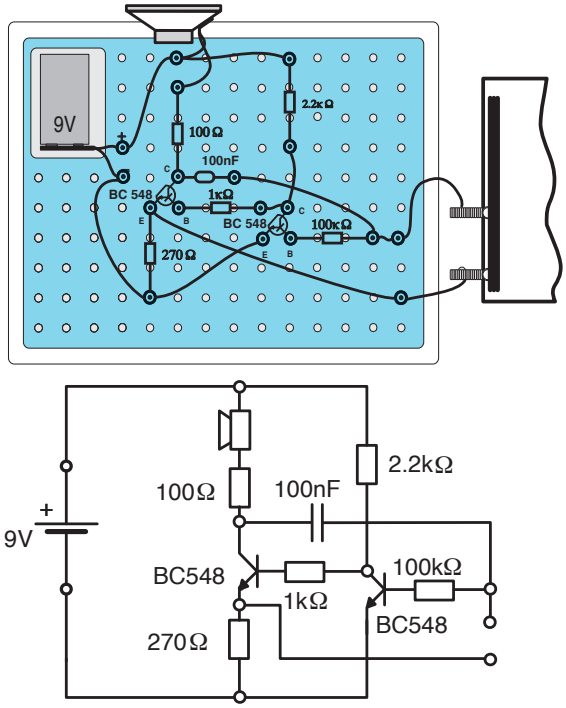


119. MUZIČKI INSTRUMENT

Ako promijenite vrijednost otpora otpornika od 22 kΩ, promijenit će se frekvencija oscilatora i iz zvučnika ćemo čuti drugačiji zvuk. To će se najbolje pokazati umetanjem jednog potenciometra od 47 kΩ, spojenog kao promjenjivi otpornik umjesto otpornika od 22 kΩ.
Već ste napravili podesivi otpornik crtanjem grafitne linije na papiru mekom olovkom. Takav se otpornik može koristiti s ovim oscilatorom za promjenu njegove radne frekvencije.
Postavite spajalicu na bakrenu stranu grafitnog sloja na strujnom krugu. Spojite drugi komad žice na odgovarajuće mjesto u strujnom krugu i pričvrstite žabicu na njega. Kliznite spajalicom preko sloja otpornika.
Kad kasnije dodirnete taj sloj, oscilator će početi raditi. Ako ga pomaknete, ton će se promijeniti. Upravo ste sastavili jednostavan glazbeni instrument.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 55, 56, 57, 58, 61, 65, 4x68, 5x69

Fig. 119

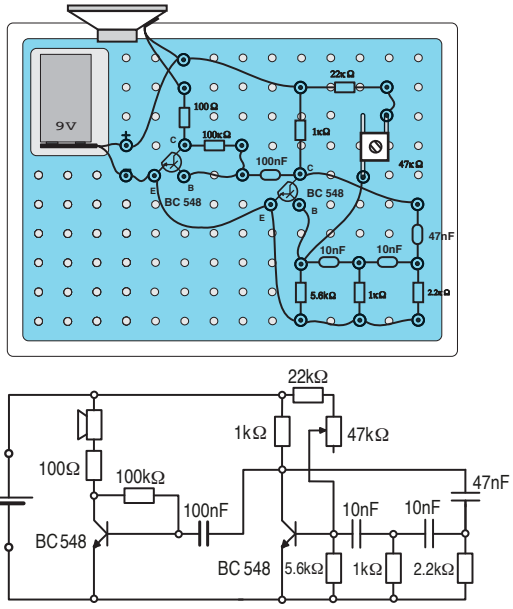


120. OSCILATOR NAPRAVLJEN OD NIZA OTPORNIKA I KONDENZATORA

Kako bismo pojačalo pretvorili u oscilator, potreban nam je kontura obrnute veze koji će dovesti signal s izlaza pojačala na njegov ulaz. Svojstva povratne petlje određuju hoće li strujni krug funkcionirati kao oscilator, i ako hoće, na kojoj će frekvenciji funkcionirati. Sljedeći dijagram prikazuje još jedan primjer oscilatora koji je izgrađen pomoću konture obrnute petlje. Okrećite potenciometar dok ne čujete zvuk iz zvučnika. Povratni krug se sastoji od niza od tri kondenzatora i tri otpornika.
Budući da je signal preslab da bi se mogao čuti, u krug oscilatora dodaje se niskofrekventno pojačalo koje se sastoji od jednog tranzistora.
Puno ljepši ton dobivate iz zvučnika nego iz oscilatora s nestabilnim multivibratorom. Razlog tome je što ovdje opisani oscilator proizvodi jasniji ton.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 52, 55, 2x57, 58, 59, 60, 61, 2x63, 64, 65, 4x68, 5x69

Fig. 120



ELEKTROSTATIKA

121. STRUJA IZ PAPIRA

Iz bilježnice istrgnemo list papira i dobro ga osušimo na štednjaku. Položimo ga zatim na bilježnicu i rukom čvrsto prevučemo preko njega (slika 1). Podignemo papir lijevom rukom pa mu s donje strane približimo članak desne ruke. Između papira i ruke pojavit će se električna iskra.

Pribor: list iz bilježnice

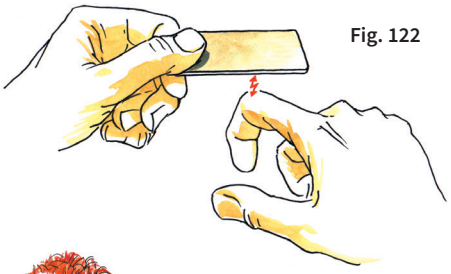
Fig. 121

122. ELEKTRIČNA ISKRA - GROM

Plastičnu pločicu položimo na rub stola i istrljamo ju suhom rukom ili novinskim papirom. Pločicu zatim podignemo i približimo joj članak prsta (slika 2). Između pločice i prsta pojavit će se iskra koju ćemo čuti, osjetiti, a u mraku i vidjeti. Iskra koju smo izvukli iz papira i plastike u biti se ne razlikuje od munje i groma. Razlika je u tome što se kod naših pokusa radi o malim količinama elektriciteta, a kod munje u golemim.

Pribor: 26

Fig. 122



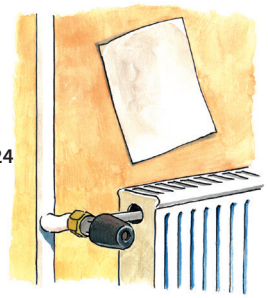
123. STRUJA IZ VUNE

Ako duže hodamo u cipelama s gumenim džonom po vunenom ili svilenom sagu, naše tijelo će biti puno elektriciteta. Dirnemo li nakon toga vodovodnu cijev ili neki drugi metalni predmet, koji je u dodiru sa zemljom između našeg tijela i tog predmeta pojavit će se električna iskra. češalj se kod češljanja također naelektrizira kao i kosa. Isto se događa i s krznom mačke koju gladimo. Sve ovo nam ne zadaje brige kao što nam ih zadaju one koje nastaju na benzinskim crpkama zbog trenja benzina kroz cijevi ili kod zrakoplova na kojima nastaju električni naboji zbog trenja kroz zrak. Velike nevolje čine električne iskre u tvornicama papira i gume, kao i u radionicama u kojima se energija prenosi transmisijama od gume i kože. Zbog električne iskre je stradao cepelin Hindenburg.

Pribor: češalj

Fig. 123

Fig. 124



124. ELEKTROSTATIČNO “LJEPILO”

Zimi, kada u sobi grijemo, ugrijemo veći list novina koji zatim položimo na zid i rukama ga zagladimo. Novine će ostati zalijepljene na zidu stanovito vrijeme. Trljanjem smo izazvali elektricitet u papiru zbog čega su novine ostale zalijepljene na zidu.

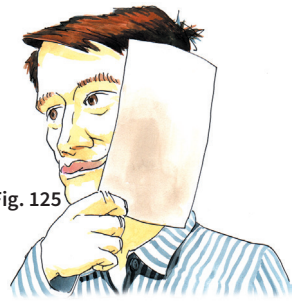
Pribor: list novina

125. ELEKTRIČNA PAUČINA

List papira ugrijemo na štednjaku ili radijatoru. Položimo ga zatim na bilježnicu i rukom čvrsto prevučemo preko njega, kao što smo to učinili u pokusu br. 1. List zatim dignemo i približimo ga licu (slika 5). Pri ovom imamo osjećaj da smo licem dotakli paučinu. Trenjem smo u papiru izazvali elektricitet koji podiže dlačice na našoj koži i izaziva osjećaj paučine.

Pribor: list iz bilježnice

Fig. 125



126. NAELEKTRIZIRANA TIJELA PRIVLAČE

Dvije šesterouglaste obične olovke položimo u križ jednu na drugu, pa zatim gornjoj približimo plastičnu pločicu koju smo provukli kroz prste ili novinski papir. Umjesto olovke možemo se poslužiti i ravnalom ili drugim predmetima. Sve te predmete će naelektrizirana pločica privući.

Stari Grci su već 600 p. n. e. primijetili da elektroni privlače lake predmete ako ih protrljamo rukom ili tkaninom. Od tuda naziv elektricitet. Umjesto skupog jantara smo upotrijebili plastiku. Naelektrizira se i papir ako ga dobro osušimo i istrljamo. U kasnijim pokusima naučiti ćemo da se trljanjem naelektriziraju sva tijela koja trljamo.

Pribor: 26, 2 šesterouglaste olovke

Fig. 126

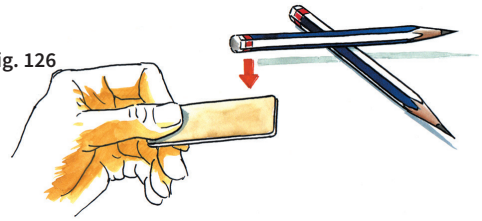
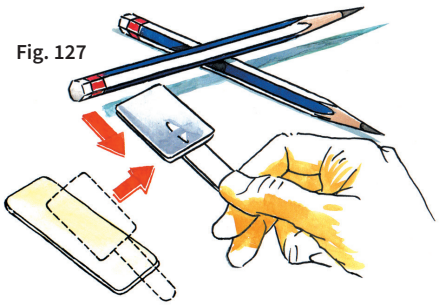


Fig. 127



127. METALI SE MOGU NAELEKTRIZIRATI

Dvije šesterouglaste obične olovke položimo jednu na drugu kao u prijašnjem pokusu. Gornjoj olovci približimo metalnu pločicu sa plastičnom drškom kojom smo prethodno trljali plastičnu pločicu (slika 7). Naelektrizirana metalna pločica privlači olovku. Kao što vidimo i metali se trenjem mogu naelektrizirati. Kasnije ćemo vidjeti zašto je metalna pločica pričvršćena na plastičnu dršku.

Pribor: 26, 27, 2 olovke

128. NAELEKTRIZIRANA TIJELA ODBIJAJU DRUGA TIJELA

Obične olovke iz pokusa br. 7 položimo na plastičnu podlogu (slika 8). Naelektriziranu metalnu pločicu približimo gornjoj olovci. Pločica olovku privlači. Naelektriziramo li pločicu ponovo, pločica će olovku odbiti. U svim dosadašnjim pokusima primijetili smo da naelektrizirana tijela privlače druga, a sada vidimo da ih u nekim slučajevima i odbijaju.

Pribor: 8, 26, 27, 2 olovke

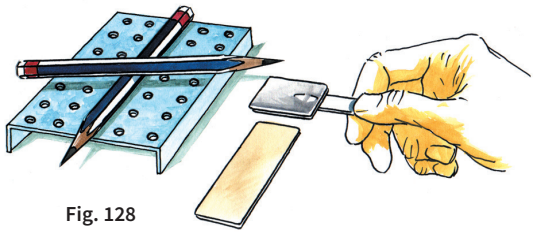


Fig. 128

129. NAELEKTRIZIRANO TIJELO U BLIZINI MLAZA VODE

Naelektriziranu plastičnu pločicu približimo tankom mlazu vode (slika 9). Pločica mlaz privlači i raspršuje ga.

Pribor: 26, čaša vode

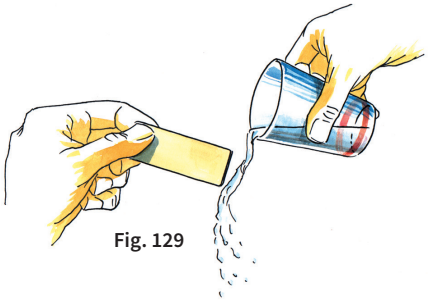


Fig. 129

130. KAD SE NAELEKTRIZIRANA TIJELA PRIVLAČE, A KAD ODBIJAJU?

Radove u ovom zanimljivom pokusu treba obaviti ovim redom:

1. metalnu pločicu trljamo o plastičnu podlogu;
2. naelektriziranu plastičnu pločicu položimo na aluminijsko zvono na kojem se može lako okretati;
3. plastičnoj pločici približimo naelektriziranu metalnu pločicu (slika 10). Pločice se privlače;
4. držak metalne pločice provučemo kroz prste ili protrljamo papirom i približimo plastičnoj pločici.

Pločice se odbijaju.

Iz navedenog pokusa vidimo da električni naboji mogu biti različiti. Mogu se privlačiti ili odbijati.

Pribor: 13, 26, 27

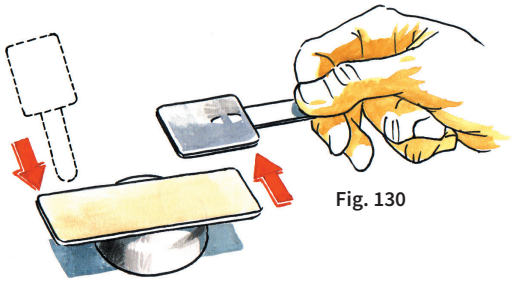


Fig. 130

131. JEDNOSTAVNI ELEKTROSKOP

Iz sastavnih dijelova koji se nalaze u zbirci, napravimo elektroskop (slika 11). Na plastičnoj podlozi učvrstimo željezni stalak na kojem se nalazi kazaljka od papira (140 x 12 mm). Kao osovina poslužit će nam pribadača kojom ćemo učvrstiti kazaljku nešto iznad težišta. Elektroskop je ispravan ako kazaljka visi okomito, a pomaknemo li je iz tog položaja, njiše se.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 8, 20, 2 x 28, 29, pribadača, kazaljka

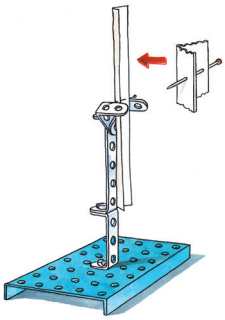


Fig. 131

132. NAELEKTRIZIRANA PLASTIČNA PLOČICA PRIVLAČI KAZALJKU ELEKTROSKOPA

Plastičnu pločicu provučemo kroz prste ili papir, pa je približimo kazaljki elektroskopa (slika 12). Pločica kazaljku privlači. Izvršimo sličan pokus s češljem, komadom stakla ili pečatnog voska koji protrljamo o odijelo. Sva navedena i druga tijela privlače kazaljku elektroskopa ako ih protrljamo. Trljanjem postaju naelektrizirana.

Pribor: (11), 26

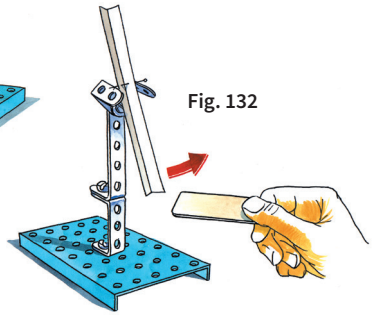


Fig. 132

133. NAELEKTRIZIRANA METALNA PLOČICA PRIVLAČI KAZALJKU ELEKTROSKOPA

Ponovimo pokus br. 12, s tim da plastičnu pločicu ne trljamo rukom već metalnom pločicom s drškom od polivinila. Ako tu pločicu približimo kazaljki, pločica će je privući. Umotajmo pločicu u komad papira ili tkanine i zatim istrljajmo plastičnu pločicu. Papir, tkanina i druga tijela kojima trljamo postaju naelektrizirana. Iz navedenih pokusa zaključujemo da naelektrizirana postaju tijela koja trljamo kao i ona kojima trljamo.

Pribor: (11), 26, 27, komad papira i tkanine

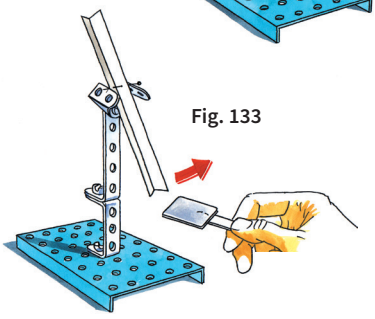


Fig. 133

134. NABIJANJE ELEKTROSKOPA

Plastičnu pločicu položimo na rub stola. Preko nje prevučemo uz umjereni pritisak metalnu pločicu, pa zatim njome dodirnemo stalak elektroskopa (slika 14). Kazaljka će se pomaknuti i tako ostati. Ponovimo li postupak još nekoliko puta kazaljka će se sve više pomicati. Električni naboj raste.

Pribor: (11), 26, 27

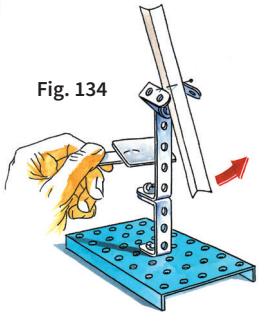


Fig. 134

135. PRAŽNJENJE ELEKTRIČNOG NABOJA

Dodirnimo prstom metalni stalak nabijenog elektroskopa (slika 15). Kazaljka će se prikloniti. Elektroni su kroz naše tijelo otišli u zemlju. U ranijim pokusima smo opazili da tijela postaju naelektrizirana ako njima trljamo plastiku. Postaje li naelektrizirana i naša ruka?

Pribor: (11)

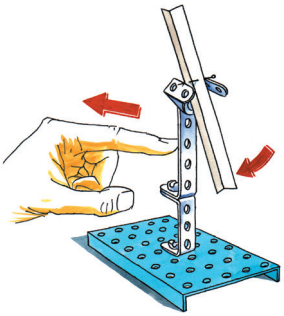


Fig.135

136. POSTUPNO NABIJANJE ELEKTROSKOPA

1. plastičnu pločicu položimo na stol i trljamo suhom rukom ili papirom;
2. na plastičnu pločicu položimo metalnu pločicu koju držimo za polivinilski držak;
3. prije nego što metalnu pločicu podignemo, dodirnemo je prstom;
4. metalnom pločicom dodirnemo stalak elektroskopa.

Kazaljka će se pomaknuti. Ponovimo pokus nekoliko puta i to samo 2, 3 i 4. Kazaljka će se sve više i više pomicati, što dokazuje da električni naboj raste. Plastična i metalna pločica čine aparat koji se zove elektrofor.

Pribor: (11), 26, 27

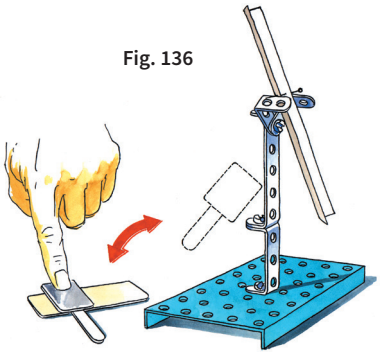


Fig. 136

137. POSTUPNO PRAŽNJENJE ELEKTROSKOPA

Elektroskop nabijemo s pomoću elektrofora kao što smo naučili u prijašnjem pokusu. Nabijeni elektroskop dodirnemo metalnom pločicom. Kazaljka će malo pasti. Zatim metalnom pločicom dodirnemo vlastito tijelo i ponovo elektroskop i t.d. Kazaljka sve više pada.

Pribor: (11), 26, 27

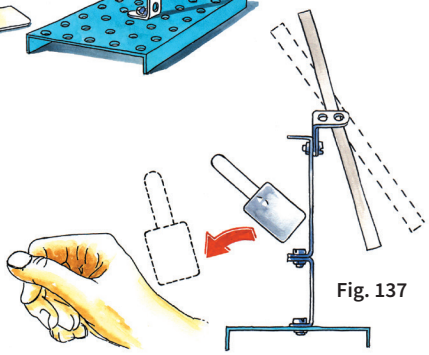


Fig. 137

138. VODIČI I IZOLATORI

Elektroskop nabijemo s pomoću elektrofora (pokus br. 16) te potom dodirnemo stalak elektroskopa: drškom metalne pločice, olovkom, papirom, bakrenom pločicom i ostalim dijelovima iz naše zbirke. Što primjećujemo? Kod dodira plastičnom pločicom, suhim staklom, porculanom, pečatnim voskom, parafinom i t.d. kazaljka se ne miče. Navedena tijela su izolatori. Metali su naprotiv dobri vodiči elektriciteta. Naše tijelo, olovka, vlažan papir i t.d. su također dobri vodiči.

Pribor: (11), 24, 26, 27, razni predmeti

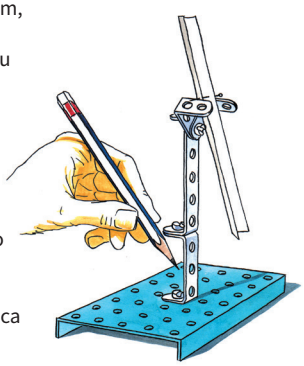


Fig. 138

139. POZITIVNA I NEGATIVNA ELEKTRIČNA TIJELA

S pomoću elektrofora nabijemo elektroskop. Kazaljki približimo metalnu pločicu kojom smo ga nabijali (slika 19). Kazaljka se odmiče. Približimo li kazaljki plastičnu pločicu, ona će se primaknuti. Iz ovoga vidimo da tijela mogu biti različito naelektrizirana. U našem slučaju metalna pločica bila je pozitivno električna kao i nabijeni elektroskop, dok je plastična pločica bila negativno električna. Istoimena električna tijela se odbijaju, a raznoimena privlače.

Pribor: (11), 26, 27

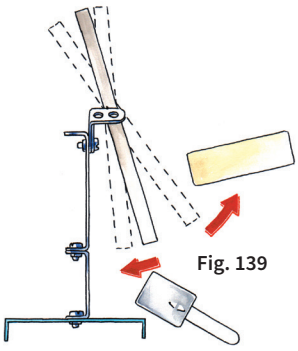


Fig. 139

140. ELEKTRIČNO NJIHALO

Poučni pokusi mogu se izvoditi električnim njihalom. Ono se sastoji od kuglice izrađene od bazge ili stiropora (1), pamučne niti (2), uspravnog štapića (3), koljena (4) i vodoravnog štapića (5). Ako nismo u mogućnosti napraviti kuglicu od bazge, možemo se poslužiti malim cilindrom od staniola. List staniola veličine 5 x 3 cm omotamo oko obične olovke, s jedne strane stisnemo i vežemo pamučnu nit. Štapiće izradimo od papira, dužina štapića neka bude oko 90 mm, za izradu jednog štapića uzmi papir dimenzije 90 x 100 mm. Svaki komad posebno premažemo ljepilom i lagano ga omotamo oko željezne šipke koja se nalazi u zbirci. Tako nastalu cjevčicu osiguraj da se ne odvije (selotejp, gumica) te skini sa željezne šipke prije nego što se potpuno osuši. Cjevčicu učvrstimo na plastični podnožje pomoću osovine s navojem. Koljeno izradimo od žice ili čavla odgovarajuće debljine.

Pribor: 2 x 6, 8, 9, 12, papir, staniol ili Al folija, pamučna nit, žica

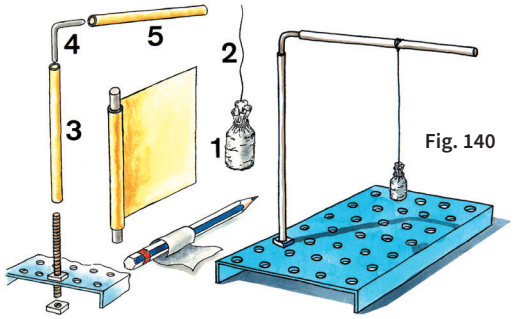


Fig. 140

141. POKUSI S ELEKTRIČNIM NJIHALOM

1. Električnom njihalu približimo naelektriziranu plastičnu pločicu. Pločica privlači kuglicu njihala ali ju odmah zatim odbije i više je pločicom ne možemo uhvatiti.
2. Kuglicu njihala dodirnemo rukom pa je zatim približimo naelektriziranu metalnu pločicu. Pločica privlači kuglicu ali je potom snažno odbija.

Kako objasniti ove pojave?

Plastična pločica ima negativan naboj. Ona privuče kuglicu pa time i ona dobiva negativan naboj, te ju glede toga odbije. Metalna pločica ima pozitivan naboj, uslijed dodira i kuglica se naelektrizira pozitivno te se odbija. Iz navedenog vidimo da se tijela s jednakim električnim nabojem odbijaju.

Pribor: (20), 26, 27

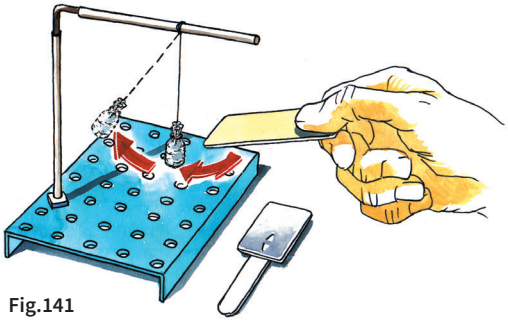


Fig.141

142. TIJELA S RAZLIČITIM ELEKTRIČNIM NABOJEM PRIVLAČE SE

Za ovaj pokus potrebna su dva njihala. Za podlogu prvoga poslužit ćemo se plastičnom podlogom, a drugoga aluminijskom. Njihala razmaknemo pa zatim jedno nabijemo pozitivno, a drugo negativno. Kod približavanja njihala primjećujemo da se kuglice privlače. Ako se dodirnu, naboji se poništavaju. Iz navedenog zaključujemo:

1. Tijela s različitim nabojima se privlače.
2. Pozitivni i negativni naboji istih veličina se poništavaju.

Pribor: (20), 6, 13, 25, 26, 27, papir, staniol ili Al folija, nit

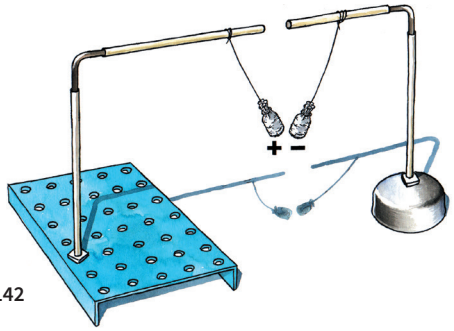


Fig.142

143. ELEKTROSKOP S LISTIČIMA

Za daljnje pokuse statičkim elektricitetom potreban je osjetljiv instrument - elektroskop s listićima. Napravit ćemo ga sami ovim redom:
1. U sredinu podloge od plastične mase (9) učvrstimo vijkom i maticom dva puta prirubljenu traku 60 x 12 mm.
2. Pomoću vijka i matice učvrstimo vrh trake i zvonce od aluminija, tako da iz njega viri još 10 mm vijka. Na vijak ćemo staviti cijev iz Al folije (staniola) dužine 9 cm (izrada kao što je opisana u pokusu br. 20). Na vrhu učvrstimo dva nosača (b) od gole bakrene žice promjera 0,3 mm ili od žice konstantana promjera 0,2 mm. Nosač je pravokutnik dužine 10, širine 5 mm izrađen tako da postaje uvijeni držak za učvršćenje u cijev. Listići elektroskopa moraju biti izrađeni od tankog papira veličina 8 x 70 mm. Oni se učvršćivanju na držak kao što se vidi na slici 23 desno. Strelica označava mjesto gdje je papir lijepljen.

Pribor: 5, 2 x 6, 8, 13, 20, 25, 36, papir, staniol ili Al folija

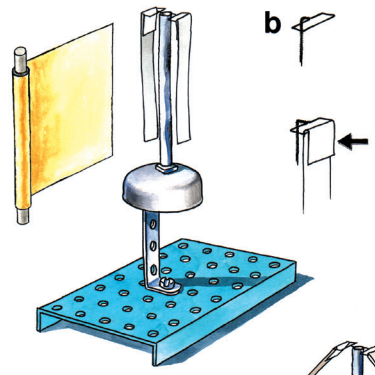


Fig. 143

144. ELEKTRICITET IZ KUTIJE ZA ŠIBICE

Omotač kutije za šibice nataknemo na metalnu pločicu. Omotačem protrljamo plastičnu pločicu pa ga približimo elektroskopu (slika 24). Listići elektroskopa se rasklope. Dodirnemo li prstom elektroskop oni će se sklopiti. Omotajmo metalnu pločicu redom papirom, tekstilom, krznom i t.d. pa pokušajmo naelektrizirati ta tijela trljanjem o plastičnu pločicu. Pokušajmo to i sa staklom trljajući ga vunom ili svilom.

Pribor: (23), 26, 27, kutija za žigice

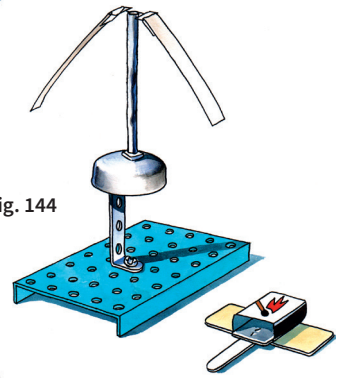


Fig. 144

145. KAPACITET

Kraj drška metalne pločice omotamo staniolom ili Al folijom (gledaj detalj a) dobivajući na taj način dvije metalne pločice, veliku i malu (slika 25). Nabijmo elektroskop do punog otklona listića (pokus br. 16). Dodirnimo nabijeni elektroskop malom metalnom pločicom (iz staniola). Kut među listićima se smanjio. Dodirnim zatim pločicom vlastito tijelo pa ponovo elektroskop. Ponovimo ovo sve dok se listići potpuno ne zaklope. Elektroskop ponovo nabijem pa ga na sličan način izbijem velikom metalnom pločicom. Koja pločica ima veći kapacitet?

Pribor: (23), 26, 27, staniol (Al folija)

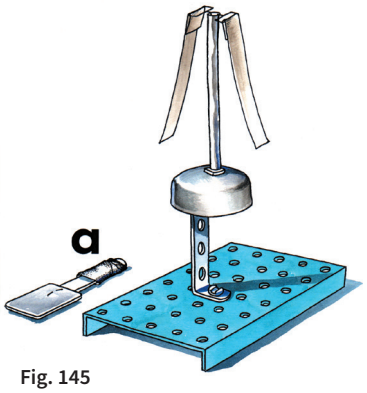


Fig. 145

146. IONIZACIJA ZRAKA

1. Elektroskop nabijemo do punog otklona listića, te ustanovimo koliko će vremena listići ostati otklonjeni. Kod suhog vremena, osobito zimi, listići će ostati otklonjeni nekoliko sati što dokazuje da je zrak dobar izolator. Pri vlažnom vremenu listići će se brzo vratiti u prvobitni položaj.
2. Elektroskop ponovo nabijemo, pa mu približimo (oprezno da se listići ne upale) upaljenu šibicu. Listići se odmah zaklope. Molekule zraka pod utjecajem plamena brzo se gibaju pa jedna drugu ioniziraju, a ionizirani zrak nije dobar izolator. Zato grom često udara u vatru.

Pribor: (23), 26, 27, šibice

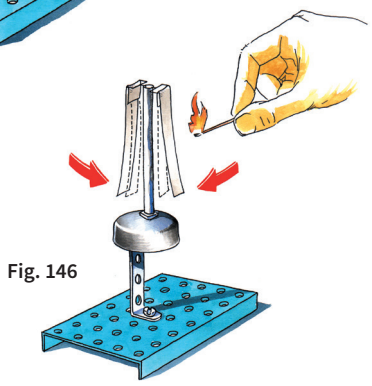


Fig. 146

147. ELEKTRIČNO POLJE

Iz srednje debele ljepenke izrežemo pločicu veličine plastične pločice iz naše zbirke. Položimo ljepenku na rub stola i preko nje plastičnu pločicu koji protrljamo papirom ili suhom rukom. Zatim ga podignemo. što primjećujemo? Zajedno s plastičnom pločicom podigli smo i ljepenku iako je ona prilično teška. Plastična pločica je prilikom trljanja dobila negativan naboj. Na ljepenki je zbog brzine negativnog naboja nastao pozitivan, što je dovelo do privlačenja. Privlačnost može biti prilična, što osjećamo kod razmaka obje pločice (slika 27). Između njih vlada električno polje.

Pribor: 26, pločica od ljepenke

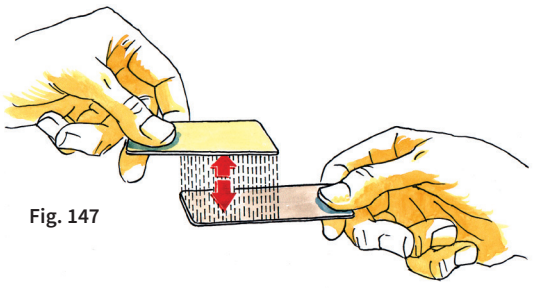


Fig. 147

148. ELEKTRIČNE SILNICE

Na rub stola položimo pločicu ljepenke, a ispod nje dulju nit. Na ljepenku položimo plastičnu pločicu koji trljamo rukom ili papirom. Zadržimo jednom rukom ljepenku na stolu, a drugom podignimo plastičnu pločicu 6 do 8 mm u zrak. Kod toga osjećamo otpor. Konci niti se dižu u pravcu plastične pločice. U električnom polju između pločica postoje nevidljive električne silnice. U smjeru tih silnica dižu se konci niti.

Pribor: 26, pločica od ljepenke, nit

Fig. 148

149. KONDENZATOR

Na rub stola položimo naelektriziranu plastičnu pločicu i na nju postavimo elektroskop. Listići se neće otkloniti iako je pločica naelektrizirana. Zašto? Plastična pločica je negativno električna. Stol u njegovoj neposrednoj blizini ima zato pozitivan naboj koji je vezan za negativan naboj pločice. Podizanjem plastične pločice zajedno s elektroskopom 8 do 9 mm iznad stola umanjuje se pozitivan naboj, negativan prevladava i listići se razmiču. Pozitivno nabijen stol i negativno nabijena plastična pločica čine kondenzator.
O kondenzatoru se govori i u pokusima 27 i 28.
Pribor: (23), 26, 27

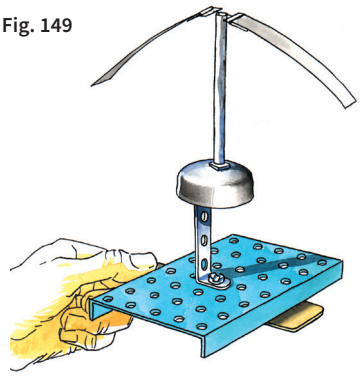


Fig. 149

150. ODREĐIVANJE POLOVA ISPITIVAČEM

Negativno nabijen elektroskop dodirnemo ispitivačem (nije priložen). Listići elektroskopa se sklope, a na jednoj od elektroda ispitivača pojavi se svjetlo. Ako elektroskop nabijemo pozitivno, svjetlo će se pojaviti na drugoj elektrodi ispitivača. Ispitivač se rabi u ispitivanju napetosti mreže. Ako dodirnemo ispitivačem električnu mrežu, svjetlo se pojavljuje na obje elektrode jer se u mreži nalazi izmjenična struja. Opomena: pokus obavi u dovoljno zatamnjenom prostoru.
Pribor: (23), 26, 27, ispitivač

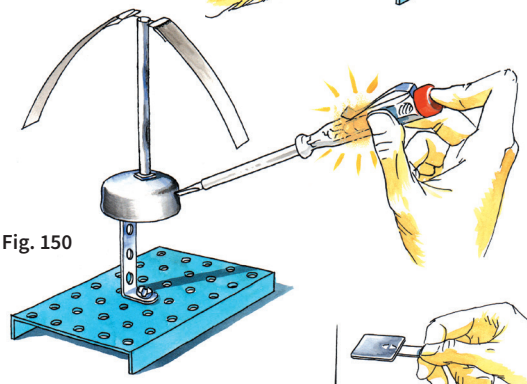


Fig. 150

151. DJELOVANJE ŠILJKA

Na elektroskop postavimo iglu ili komadić žice, te šiljku približimo (ne dodirnuti) pozitivno nabijenu metalnu pločicu. Listići će se otkloniti iako elektroskop nismo dodirnuli. Odmaknimo pločicu, pa šiljku igle (ili žice) približimo (ne dodirnuti) šiljak druge igle koju držimo rukom. Elektroskop će se postupno prazniti. Očito je da elektroni prelaze s jednog tijela na drugo preko šiljaka. Šiljci u tehnici rješavaju mnoge probleme. U tvornicama papira s pomoću šiljaka odvaja se statički elektricitet koji nastaje zbog trenja papira i dovodi do "lijepljenja". Pomoću šiljaka otklanja se elektricitet sa zrakoplova koji se naelektriziraju zbog trenja zrakom. Šiljcima se uklanja također i naboj s transmisijama. Šiljcima se služimo pri zaštiti kuća od gromova.
Pribor: (23), 26, 27, igla

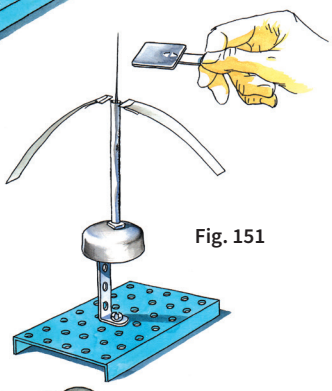


Fig. 151

152. GROMOBRAN

Gromobran se sastoji od željeznog štapa sa šiljkom na vrhu. Od šiljka vodi prema zemlji debela bakrena žica ili cinčani lim, koji u zemlji završava na većoj metalnoj mreži. Ako se kući približi oblak pun elektriciteta onda se zbog njegove blizine po indukciji naelektrizira i kuća. Ako je oblak pozitivan kuća je negativna i obrnuto. Između kuće i oblaka nastaje električno polje (kondenzator). Elektroni, preko šiljka, prelaze s oblaka na gromobran i obrnuto, te time pobijaju naboj i opasnost od udara groma. Ako grom pak udari, udara u gromobran, a ne u kuću. Na većim kućama ima više šiljaka.

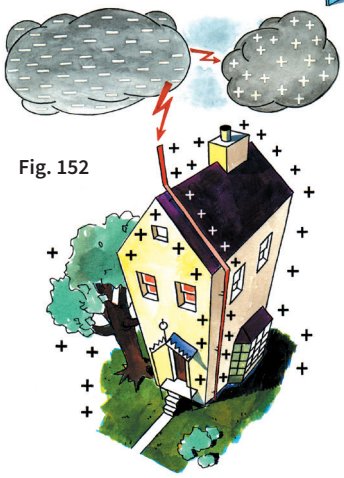


Fig. 152

153. FARADAYEV KAVEZ

U starim knjigama mogu se naći priče o kralju iz daleke zemlje, komu su prorekli da će mu kći poginuti na svoj 16. rođendan. Kad se približio taj dan, kralj naredi da izgrade utvrđeni dvorac u koji se moglo ući jedino preko pokretnog mosta. U toj tvrđavi je pred 16. rođendan stanovala princeza sa svojim slugama. Na sam rođendan nebo se naoblačilo - čitamo dalje u priči - počelo je grmjeti i sijevati. Uz jaki tresak u dvorac udari grom i ubije mladu princezu. Možemo li zaštiti kuće od udara gromova? Možemo gromobranom, no još je sigurniji Faradayev kavez. Evo pokusa koji će nam objasniti kako ona djeluje.
Na podlogu od plastične mase (9) postavimo manju limenu posudu (staru limenku ili aluminijski lončić). S unutarnje i vanjske strane nalijepimo nekoliko listića tankog papira (na slici 33 prikazana su samo dva). Dodirnemo posudu (kavez) naelektriziranom metalnom pločicom. Listić s vanjske strane kaveza će se otklonit dok s unutarnje strane miruje. Koliko god elektrizirali posudu, naboj će se širiti samo s vanjske strane, dok će unutrašnjost ostati nenabijena, neutralna. To se događa i u kad posudu na više mjesta probušimo ili kad bi umjesto posude od lima uzeli posudu od žičanog pletiva. Ako takvim pletivom omotamo kuću, grom joj neće naškoditi. Faradayeva kavez upotrebljava se osobito za zaštitu skladišta streljiva.
Pribor: 8, 26, 27, limena posuda, papir

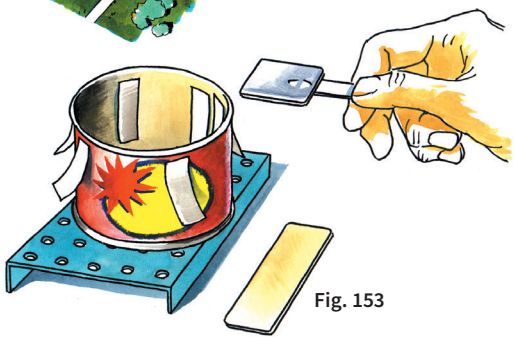


Fig. 153

154. JOŠ NEKOLIKO POKUSA

Od bazge ili komadića stiropora napravimo nekoliko kuglica. Kuglicama na stolu približimo naelektriziranu pločicu. Kuglice živo poskakuju između stola i pločice. Umjesto kuglica možemo napraviti i valjke od tankog papira.
Pribor: 26, 27, papir, bazga ili stiropor

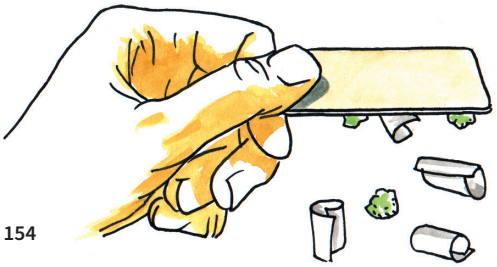


Fig. 154

155. MOLEKULE, ATOMI, ELEKTRONI

Priroda se sastoji od različitih tvari Element je čista tvar, koju sa kemijskom reakcijom ne možemo razgraditi u jednostavniju tvar. Elementi su sastavljeni od atoma, koji su povezani u molekule. Znanost danas zna za 118 elementa od kojih su 92 prirodna dok su ostali umjetno stvoreni nuklearnim reakcijama. Iako su atomi pojedinih elemenata različiti po sastavu i veličini, imaju neka zajednička obilježja. Svaki atom ima u svom središtu tešku jezgru, a oko jezgre se neprestano okreće više ili manje laganih elektrona. Najjednostavniji je atom vodika (slika 35 lijevo). On se sastoji iz male jezgre (J) oko koje se okreće samo jedan elektron (e) kao što se Mjesec okreće oko Zemlje. Drugi po redu je helij (slika 35 u sredini). Atom helija se sastoji od nešto veće jezgre oko koje kruže dva elektrona. Jezgra litija je još veća. Oko nje se vrte 3 elektrona. Oko jezgre željeza koje je još veće kruži 26 elektrona, oko jezgre zlata 79, oko jezgre olova 82, a oko jezgre urana, u različitim razmacima, čak 92 elektrona. Elektroni su u atomima vezani za jezgru slično kao što je Mjesec vezan na Zemlju i Zemlja na Sunce. Kod nekih tijela mi možemo na neko vrijeme otkinuti neke elektrone, pa na njima nastaje manjak. Takva tijela su električno pozitivna dok su ona s viškom elektrona su negativna.

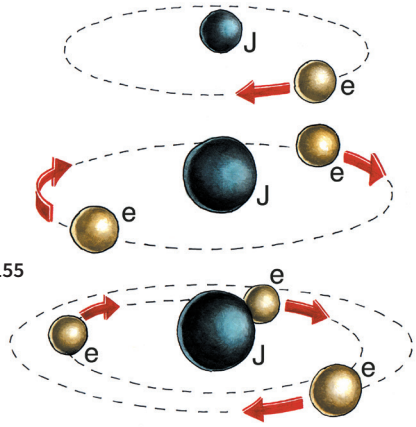


Fig. 155

MAGNETIZAM

156. MAGNETSKA ZAGONETKA

U našoj zbirci nalaze se dva cilindrična teška komada. Jedan od njih je brušen, a drugi crn i produžen u vijak. Na osnovu pokusa, u kojima ne smijemo uporabiti nikakva druga sredstva, treba pronaći:
1. koji od navedenih predmeta je magnet a koji željezo, i,
2. da li privlači magnet željezo ili željezo magnet.
Pokus možemo izvesti na slijedeći način: jedan od nepoznatih predmeta položimo na stol i pokušamo ga podići drugim dodirujući ga u sredini (na oba predmeta označi sredinu cilindričnog dijela), kao što je prikazano na slici 36a i b. Ako ga možemo dignuti znači da u rukama držimo magnet, a ako ne onda je magnet na stolu. Zbog čega je to tako doznat ćemo kasnije. Pokusima se možemo uvjeriti da ne privlači samo magnet željezo već da i željezo privlači magnet. Privlačenje je prema tome obostrano.
Pribor: 10, 16

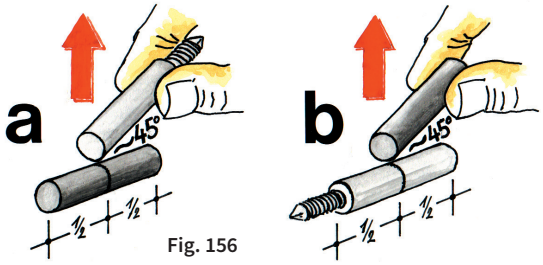


Fig. 156

157. MAGNET

Već stari Grci su znali da se u blizini mjesta Magnezija u Maloj Aziji može naći ruda koja privlači željezne predmete. Priča se da su se komadi te rude lijepili pastirima za okove pastirskih štapova. Ta se ruda zove magnetit a sila privlačenja magnetizam. Pomoću tog prirodnog magneta može se izraditi umjetni magnet na način koji ćemo upoznati kasnije. Takav je magnet onaj koji se nalazi u našoj zbirci samo nije izrađen od magnetita već s pomoću elektriciteta. S tim magnetom možemo podići sve vijke i matice iz naše zbirke i mnoge druge predmete.
Pribor: 5, 6, 10

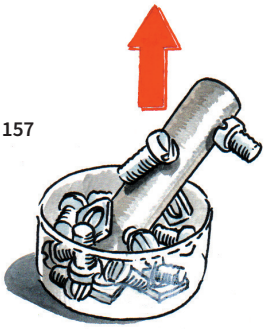


Fig. 157

158. PRIVLAČI LI MAGNET SAMO ŽELJEZNE PREDMETE?

Na stol položimo razne metalne predmete iz naše zbirke i pokušamo ih dignuti magnetom. Koje predmete ćemo podići? Podići ćemo sve željezne predmete kao što su matice, vijci, čavli, limene trake, a nećemo podići cink, bakar i olovo. Daljnjim pokusima se je moguće uvjeriti da magnet privlači osim željeza i predmete od nikla i kobalta. Najjače privlači magnetske slitine kao što su AlNi, AlNiCo. Od slitine AlNiCo (aluminij, nikal, kobalt) izrađen je magnet iz naše zbirke.
Pribor: 5, 6, 10, 23, 24, metalni predmeti

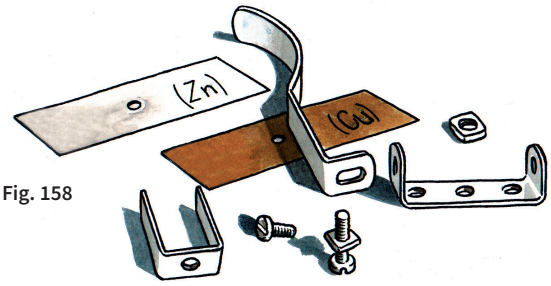


Fig. 158

159. MAGNET IMA DVA POLA

Na list papira natrusimo željeznu piljevinu i u nju uronimo magnet pa ga zatim podignemo. Čestice piljevine se "zalijepe" na magnet ali ne po cijeloj dužini jednako. Područja u kojima magnet najjače privlači zovu se polovi. Svaki magnet ima dva pola. To su područja u kojima je magnetizam najjači. U sredini magneta magnetizam je 0. Možemo li sada objasniti magnetsku zagonetku koju smo postavili u pokusu br. 36?
Pribor: 3, 10, list papira

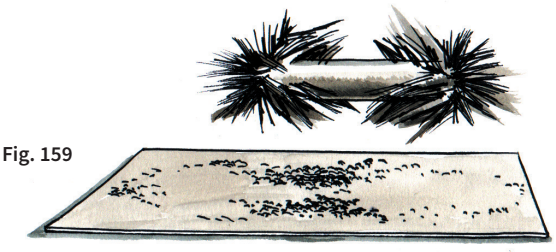


Fig. 159

160. MAGNETSKO POLJE

Ispod kartona 9,5 x 7 cm, koji smo položili na podlogu od plastične mase nalazi se magnet.
1. natrusimo na karton željeznu piljevinu i pokucamo olovkom po kartonu. Piljevina će se poredati u linije koje izlaze iz jednog pola pa se u manjim ili većim lukovima vraćaju u drugi pol duž nevidljivih magnetskih silnica.
2. ponovimo gornji pokus s tim što prethodno podignemo karton 2-3 cm. Sada također se piljevina reda duž magnetskih silnica.
3. ponovimo gornji pokus a prethodno magnet postavimo okomito. I u ovom slučaju primijetit ćemo pravilan raspored piljevine.
Zaključak. U prostoru oko magneta prostiru se magnetske silnice. One čine magnetsko polje koje je najjače na polovima.
Pribor: 3, 8, 10, karton

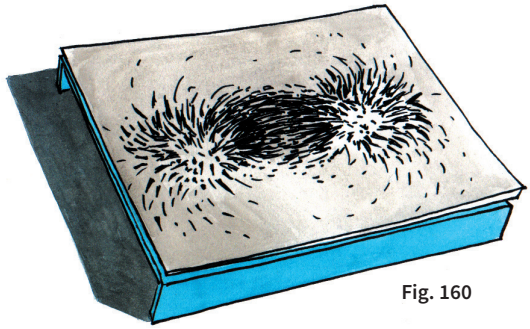


Fig. 160

161. MAGNETSKO POLJE IZMEĐU DVA RAZLIČITA POLA

Magnet položimo na stol i na svaki kraj dodamo jedan lim (slika 41). Pokrijemo sve kartonom i na njega natrusimo željeznu piljevinu. Pokucajmo lagano olovkom po kartonu. željezna piljevina će se poredati oko magneta kao u prijašnjem pokusu, a i između limova što je osobito važno za razumijevanje rada generatora i elektromotora.

Pribor: 3, 10, 15, karton

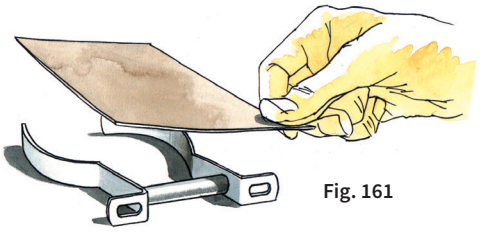


Fig. 161

162. POLJE JEDNAKIH POLOVA

Na stol položimo dva statorska kraka ali tako da se oba naslanjaju na isti pol magneta (slika 42). Prekrijemo kartonom na koji natrusimo željeznu piljevinu. Promatranje: ne zanima nas piljevina neposredno oko magneta već ona između oba lima. Tu se ona nije poredala što dokazuje da u tom polju nema magnetskih silnica, no vrlo su guste silnice s vanjske strane lima. One teku u lukovima prema drugom polu magneta. Iz navedenih pokus zaključujemo da polovi magneta nisu jednaki.

Pribor: 3, 10, 15, karton

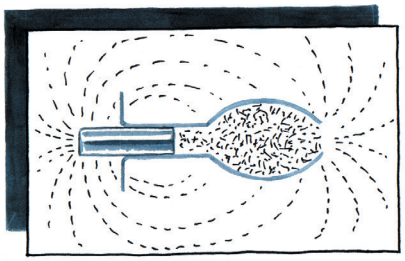


Fig. 162

163. SJEVERNI I JUŽNI POL MAGNETA

S pomoću komada papira objesimo magnet iz naše zbirke na pamučnu nit. U tu svrhu možemo rabiti stalak iz pokusa br. 20. Nakon nekog vremena magnet se umiri tako da pokazuje jednim krajem prema sjeveru a drugim na jug. Magnet ima dva pola. Bojom ili komadom papira obilježimo sjeverni.

Pribor: (20), 10, papir, nit

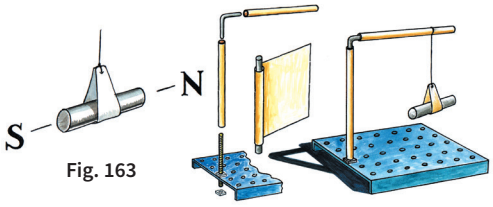


Fig. 163

164. MAGNETIZIRANJE ČELIKA I ŽELJEZA

1. Preko željezne igle za pletenje ili veće igle za šivanje prevučemo nekoliko puta magnetom (jednim polom) vračajući se uvijek u luku (slika 44). Uronimo vrh igle nakon toga u željeznu piljevinu. Igla je postala magnet. Pokusima se možemo uvjeriti da i ona ima dva pola. Obješena o nit ona će se zaustaviti tako da će jednim krajem pokazivati na sjever a drugim na jug.
2. Magnetiziramo li na sličan način željeznu šipku iz zbirke, primijetit ćemo da ona podiže tek neznatan broj zrnaca željeza. To znači da nije jako magnetična. Taj magnetizam se brzo gubi. Magnetizirajmo na sličan način i odvijač iz zbirke. On je izrađen od čelika kao i igle za pletenje. čelik možemo magnetizirati trajno, a željezo samo na kratko vrijeme.

Pribor: 3, 9, 10, željezna igla za pletenje

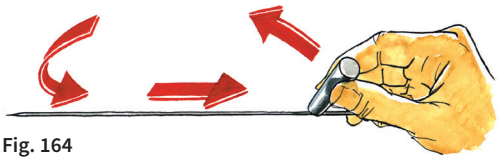


Fig. 164

165. VISOKA TEMPERATURA UNIŠTAVA MAGNETIZAM

Magnetiziranu željeznu iglu za pletenje ugrijemo na plamenu svijeće. Igla gubi magnetizam.

Pribor: 3, 10, svijeća, igla za pletenje

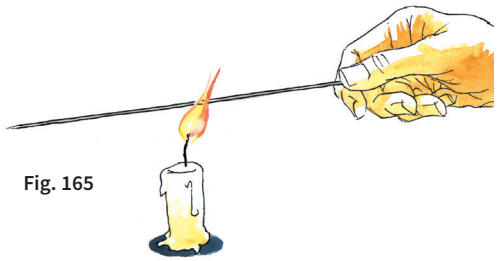


Fig. 165

166. SAVIJANJE MAGNETA

Magnetiziranu željeznu iglu za pletenje savijemo nekoliko puta u raznim smjerovima, te ispitamo njenu magnetičnost. Igla gubi magnetizam. Isto tako ga gubi udaranjem ili bacanjem.

Pribor: 3, 10, željezna igla za pletenje

Fig. 166

167. MAGNETIZIRANJE DŽEPNOG NOŽA

Sječivo džepnog noža prevučemo nekoliko puta magnetom (slika 47). Oštricu približimo vijcima ili željeznoj piljevini. Nož je postao magnetičan. Kojim smo ga polom magnetizirali i koji smo pol dobili? Može li nam magnetizirani nož poslužiti kao kompas?

Pribor: 3, 5, 10, džepni nož

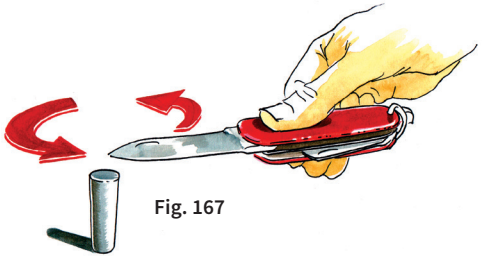


Fig. 167

168. SNAGA MAGNETA

Dosad smo upoznali nekoliko magneta. Koji je od njih najjači i kolika je njegova snaga? Bez sumnje najjači je AlNiCo magnet. Kako ćemo ispitati njegovu snagu?
a. Osim magneta potrebno nam je i sidro (19) na koji objesimo zdjelicu od ljepenke i tankog konopca (slika 48a). Rukom podignemo magnet zajedno sa sidrom i zdjelicom. U zdjelicu stavimo neke predmete iz naše zbirke, sve dok ih magnet može nositi. To upamtimo. U zdjelicu možemo stavljati i utege pa time izraziti nosivost magneta.
b. Na sredini magneta (koja je označena pri pokusu br. 36) pričvrsti s tankim konopcem zdjelicu napravljenu u prvom dijelu ovog pokusa. Na magnet položi omotač jezgre skladno skici 48b. Koliko je sada magnet jak? Iako je magnet isti snaga mu je znatno veća. Djeluju oba pola magneta dok je u prijašnjem pokusu djelovao samo jedan.
Pribor: 10, 17, 18, ljepenka, nit, razni predmeti

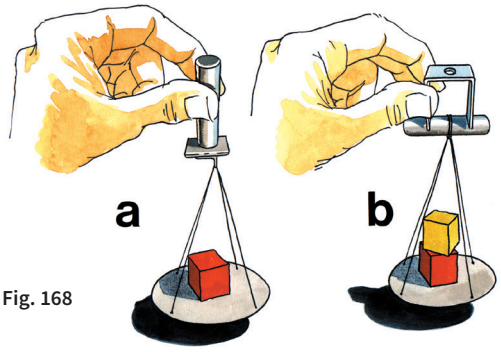


Fig. 168

169. MAGNETSKA IGLA

U kompasu (38) koji je sastavni dio zbirke, nalazi se magnetska igla. Kako tu iglu ne možemo izvaditi, napravit ćemo drugu kako slijedi: dvije duže igle za šivanje položimo ušicama jednu preko druge i čvrsto ih vežemo tankom niti. Magnetiziramo ih sjevernim polom magneta na jednom kraju, a južnim na drugom. Ako objesimo igle na 12-20 cm dugu nit i pričekamo da se umire jedna će pokazivati prema sjeveru a druga prema jugu.
Pribor: 10, 2 igle za šivanje, nit, papir

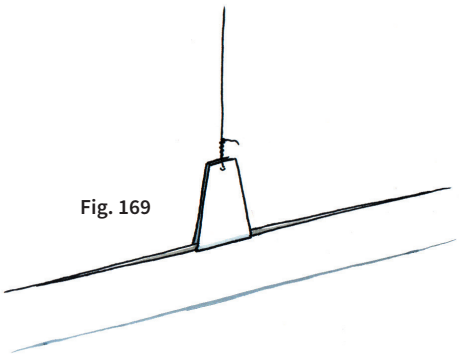


Fig. 169

170. SNAGA MAGNETSKOG POLJA

Magnetsku iglu objesimo na stalak i pričekamo da se umiri. Na udaljenost od 10 cm približimo magnet sjevernim polom prema igli. Da li se pokrenula? Pričekajmo da se umiri te pokušajmo isto drugim polom. Ako se zbog velike udaljenosti igla ne pokrene napravimo isti pokus smanjujući udaljenost. Magnetsko polje je vrlo veliko premda je magnet mali. Pokusima smo dokazali da snaga magnetskog polja pada s kvadratom udaljenosti. Najjače polje je u neposrednoj blizini magneta.
Pribor: (20), (49), 10

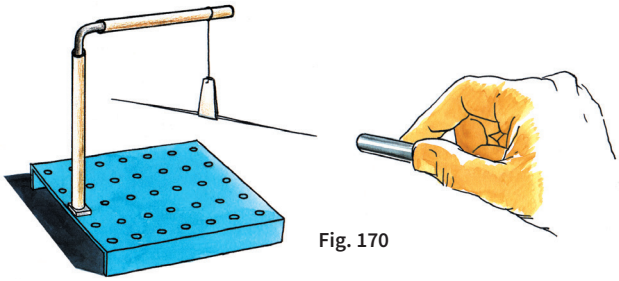


Fig. 170

171. KOMPAS

U našoj zbirci se nalazi kompas koji je nešto drugačiji od običnog. Ima jedan dio više. Obični kompas se sastoji od magnetske igle koja svojim plavo obojenim krajem pokazuje sjever a crvenim jug. Magnetska igla se okreće na čeličnom šiljku, a nalazi se u kutiji koja na dnu ima naznačene strane svijeta. Uobičajene su međunarodne oznake prema engleskim nazivima:
S = jug (South)
N = sjever (North)
E = istok (East)
W = zapad (West)
Naš kompas ima pored navedenih dijelova još jednu žutu iglu koja služi kao kazaljka u slučaju da se kompas rabi kao galvanoskop. Radi boljeg razumijevanja u daljnjim pokusima ćemo crtati samo magnetsku iglu.
Pribor: 34

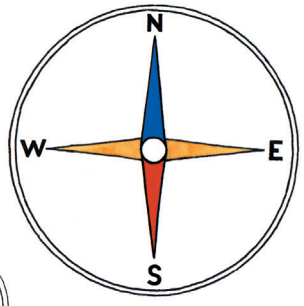


Fig. 171

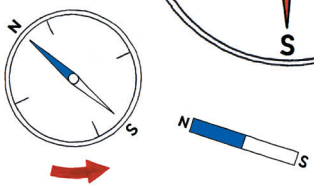
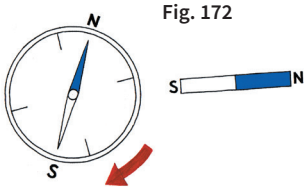


Fig. 172

172. MEĐUSOBNO DJELOVANJE POLOVA

1. južnom polu magnetske igle približimo sjeverni pol magneta.
2. sjevernom polu magnetske igle približimo sjeverni pol magneta.
3. izvedemo gornje pokuse s južnim polom magneta.
Pravilo koje se iz tog vidi glasi: istoimeni polovi magneta se odbijaju, a raznoimeni privlače.
Pribor: 10, 34



173. KOMPAS U MAGNETSKOM POLJU

U sredinu većeg papira za risanje položimo magnet i s pomoću kompasa ustanovimo opsežnost magnetskog polja. Ispitajmo na 30 raznih mjesta položaj magnetske igle i to nacrtamo na papir. Magnetska igla se u magnetskom polju postavlja u smjeru magnetskih silnica.
Pribor: 10, 34, papir

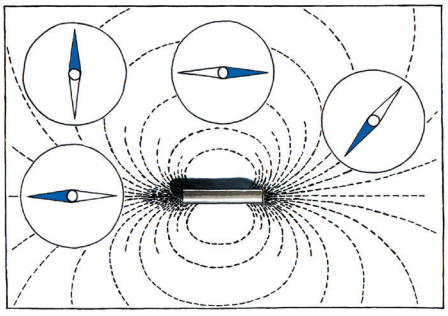


Fig. 173

174. ZEMLJA KAO MAGNET

Slika 54 pokazuje Zemlju sa njezinim magnetskim silnicama Pravac sjever (N) - jug (S) odgovara zemljopisnoj osi Zemlje. Kako i Zemlja utječe na magnetsku iglu smatramo da je Zemlja ogroman magnet koji ima svoj južni pol u blizini sjevernog geografskog pola, a sjeverni u blizini južnog. Magnetsko polje Zemlje obuhvata čitavu Zemlju. Magnetska igla se u tom polju postavlja u smjeru magnetskih silnica koje teku od sjevera prema jugu.

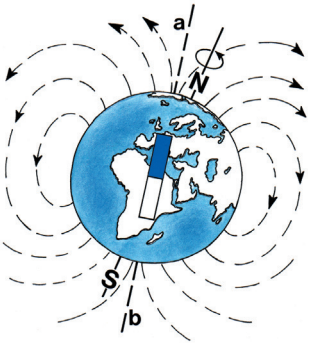


Fig. 174

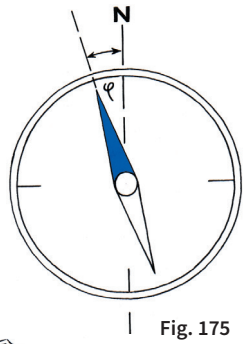


Fig. 175

175. MAGNETSKA DEKLINACIJA

Magnetni polovi Zemlje nisu jednaki zemljopisnim polovima, pa magnetna igla ne pokazuje točno prema sjeveru, nego se od njega odmiče. Pravac a-b (gledaj sliku 54) se zove magnetni meridijan. Kut j kojeg zatvaraju magnetni meridijan (a-b) i zemljopisni meridijan (N-S) zovemo magnetna deklinacija. Mjerenjima koja su trajala godinama ustanovljeno je da magnetska deklinacija nije u svim krajevima Zemlje jednaka i da čak u istom mjestu nije uvijek ista. Kako je u prometu kompas važno sredstvo orijentacije moramo znati kolika je deklinacija u pojedinim mjestima. Ti se podaci mogu naći u magnetskim kartama.

Pribor: 34

Fig. 176

176. ORIJENTACIJA ZEMLJOPISNE KARTE

Zidnu kartu Europe položimo na stol. Na rub karte postavimo kompas i okrećemo kartu tako dugo da se rub karte poklopi sa smjerom magnetske igle. U tom položaju karta je orijentirana prema sjeveru. Potražimo na karti mjesto u kome vršimo pokus. Pokažimo u kom mjestu leži Atena, Zagreb, Ljubljana i drugi europski gradovi. Da bi orijentacija bila potpuna moramo voditi računa o deklinaciji. To je kut koji stvaraju geografski i magnetski meridijan.

Pribor: 34, karta Europe

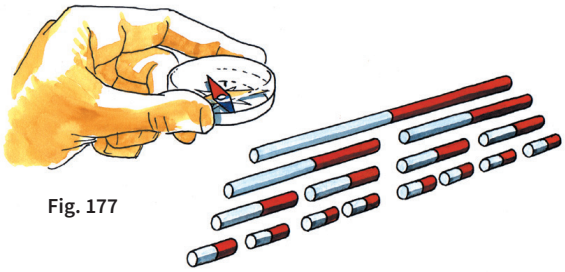


Fig. 177

177. DJELJENJE MAGNETA

Magnetizirajmo željeznu iglu za pletenje. S pomoću kompasa se možemo uvjeriti da ima dva pola, sjeverni i južni. Prelomimo iglu na dva dijela. Svaki dio je potpuni magnet sa sjevernim i južnim polom. Prelomimo nastale dijelove na dva nova dijela itd. Na koliko god dijelova podijelili magnet svaki novo nastali dio je magnet za sebe.

Pribor: 10, 34, željezna igla za pletenje

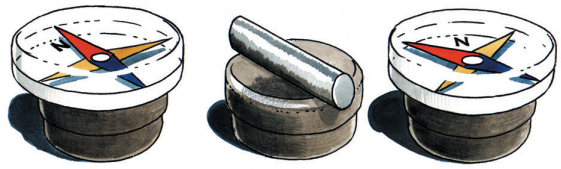


Fig. 178

178. USMJERAVANJE SITNIH MAGNETA

Promiješajmo kutiju sa strugotinama željeza koja se nalazi u našoj zbirci. Na kutiju postavimo kompas, kad se igla zaustavi polako okrećemo kutiju zajedno s kompasom (slika 58 lijevo). Magnetska igla neće promijeniti svoj smjer. Ponovimo pokus još jedanput s tim da na kutiju postavimo magnet i dobro promiješamo strugotine (slika 58 u sredini). Magnet zatim uklonimo i na kutiju ponovo stavimo kompas. Igla će se brzo zaustaviti. Kod okretanja kutije sa strugotinama okreće se i magnetska igla. Zašto?

Pribor: 3, 10, 34

Fig.179

179. MAGNETSKI UTJECAJ

Bilo koji komad željeza iz naše zbirke uronimo u strugotine i uvjerimo se da nije magnetičan. Svaki takav komad će se magnetizirati približimo li mu magnet (slika 59). Čim magnet udaljimo željezo gubi magnetizam. Ta je pojava poznata kao magnetska influenca ili utjecaj.

Pribor: 3, 10, 15

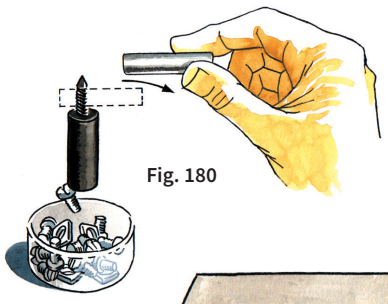


Fig. 180

180. REMANENTNI MAGNETIZAM

Željeznu jezgru koju držimo s pomoću magneta zaronimo u kutiju s vijcima i maticama. Željezo će privući mnogo vijaka i matica što je znak da je magnetizirano. Podignimo magnet zajedno sa željezom, vijcima i maticama, prihvatimo ga rukom i uklonimo magnet. Većina predmeta će pasti što je znak da je magnetizam popustio. Pojedini vijci i matice će se zadržati izvjesno vrijeme. Magnetizam prema tome nije u potpunosti iščezao. Opisana pojava se zove magnetska remanencija koja je od velikog značenja u izgradnji istosmjernih generatora.

Pribor: 5, 6, 10, 16

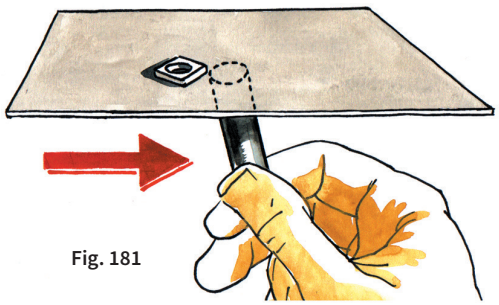


Fig. 181

181. DJELOVANJE MAGNETA KROZ RAZNE MATERIJALE

Na slici 61 prikazan je pokus gdje se između magneta i željezne matice nalazi karton. Unatoč tome magnet maticu privlači. Ako pomaknemo magnet pomaknut će se i matica. Pokušajmo da li magnet djeluje kroz plastično ili drveno ravnalo na koje smo stavili maticu. Pokusima se možemo lako uvjeriti da magnetsko polje djeluje kroz staklo, bakar, aluminij, drvo, kao i kroz mnoge druge materijale ali se zaustavlja na željezu.

Pribor: 6, 10, karton, drveno ravnalo

182. BLOKIRANJE MAGNETA

Magnet iz naše zbirke zatvorimo u željeznu kutiju od bombona ili neku sličnu. Kompasom se možemo uvjeriti da je magnetsko polje kroz to dosta oslabilo. Ako bi stijenke kutije bile deblje, djelovanje magneta bilo bi potpuno blokirano. Željeznim oklopima možemo spriječiti djelovanje magneta prema vani kao i djelovanje vanjskih magneta na unutrašnjost oklopa.

Pribor: 10, 34, željezna kutija

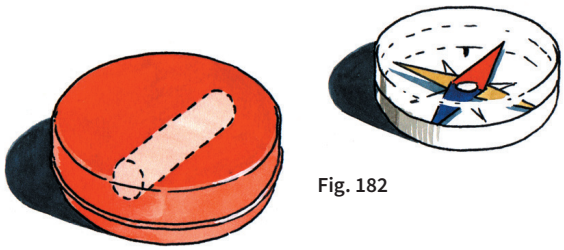


Fig. 182

183. ASTATSKI PAR MAGNETSKIH IGALA

U tehnici često rabimo magnetske igle koje nisu pod utjecajem zemaljskog magnetizma. To su astatski parovi igala koje možemo izraditi na sljedeći način: dvije duže igle za šivanje magnetiziramo tako da kod ušica nastanu istoimeni polovi. Igle zabodemo u papirnatu cjevčicu tako da su polovi sa svake strane raznoimeni (slika 63). Ako takav astatski par igala objesimo na tanku nit, magnetske igle neće se postaviti u smjeru sjever-jug. Astatski par igala rabimo kod gradnje osjetljivih galvanoskopa i galvanometara.

Pribor: 10, 2 igle, papir, nit

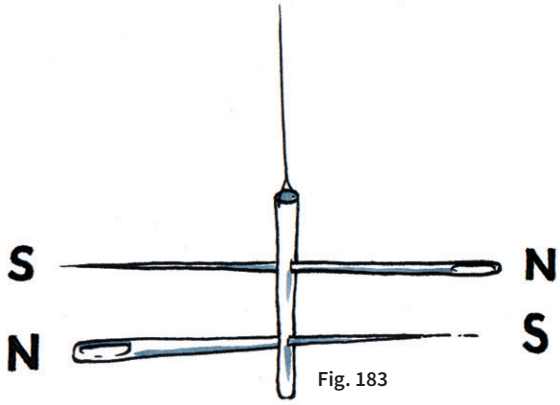


Fig. 183

184. MAGNETSKA KOČNICA

Na stalak koji smo rabili u pokusu br. 20, objesimo zvonce od aluminija s otvorom prema dolje (slika 64). Ovo ćemo najlakše izvesti ako oko ruba zvona zalijepimo deblji papir i na njega učvrstimo tri niti s pomoću kojih zvono objesimo na stalak. Ono mora biti tako visoko da pod njegov rub stane magnet. Pokus ima dva dijela:

1. Magnet uklonimo, zvono polako zavrtimo i brojimo koliko će okretaja biti u jednom a koliko u drugom smjeru.
2. Kad se zvono potpuno umiri, pod sam rub podmetnemo magnet i zvono okrenemo na isti način kao ranije, pa ponovo brojimo koliko okretaja će napraviti u jednom a koliko u drugom smjeru. Primijetit ćemo da sad neće napraviti toliko okretaja a i kretat će se sporije. Zašto? Znamo da magnet ne privlači aluminij, a ipak smo vidjeli da djeluje kao kočnica. Zvonce se okreće u magnetskom polju. Magnetske silnice stvaraju u aluminiju električnu struju koja ima svoje polje suprotno polju magneta. Na taj način dolazi do kočenja.

Pribor: (20), 10, 13, nit, karton

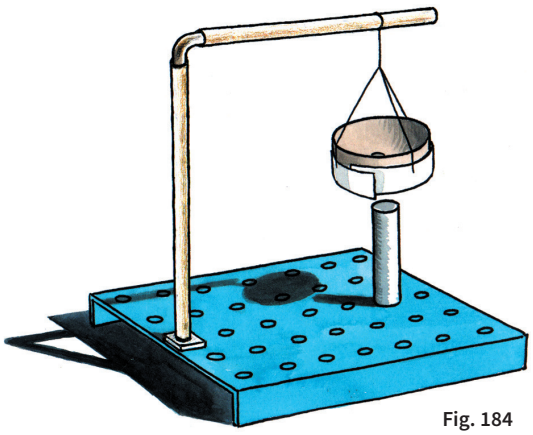


Fig. 184

185. BRODSKI KOMPAS

Brodski kompas je drugačiji od kompasa kojim smo se dosad služili. Možemo izraditi model brodskog kompasa. Iz tankog kartona izrežemo krug promjera 10 cm i na njega narišemo vjetrulju kao što ima naš kompas. Osim toga na obod kruga nanesemo skalu od 360 stupnjeva od oznake N nadalje. Na tu vjetrulju nalijepimo s pomoću dvije papirnate trake magnetsku iglu iz pokusa br. 49, tako da njen sjeverni pol padne na oznaku N na kartonu. Tako izrađen kompas objesimo s pomoću tankih niti na stalak kojim smo se do sad koristili. Kod tog kompasa se ne okreće samo magnetska igla već i vjetrulja. Nakon izvjesnog vremena kompas se zaustavlja i igla pokazuje smjer sjever-jug. Ispod tako napravljenog kompasa stavimo knjigu koja nam predstavlja brod. Na knjigu namjestimo malu papirnatu traku s okomitom crtom. Ako je brod okrenut točno prema sjeveru, sjeverni pol našeg kompasa nalazit će se točno prema crti. Sad dolazi kapetan i zapovjedi: "Brod 8 stupnjeva istočno." Kormilar će okrenuti kormilo, a time i brod, tako da će se crtica nalaziti na 8 stupnjeva istočno. Magnetska igla će kod toga i dalje pokazivati prema sjeveru. Da bi se izbjegle pogreške koje mogu nastati zbog ljuljanja broda, brodski kompas je obješen o dvostruki obruč tzv. kardan.

Pribor: (20), (49), karton, nit, knjiga, papir

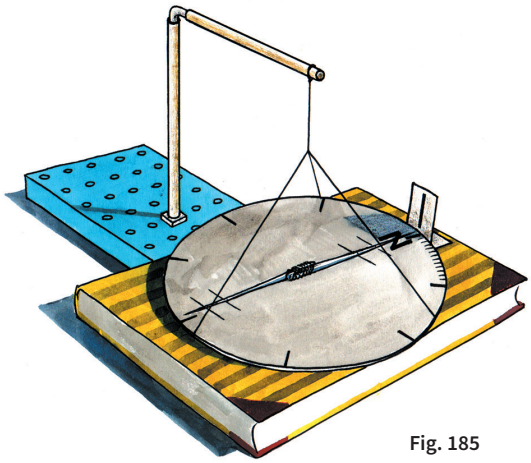


Fig. 185

186. MAGNETSKA DEVIJACIJA

Izvedimo zadatak zapovjednika broda iz prijašnjeg zadatka. Brod sad više ne plovi prema sjeveru već 8 stupnjeva istočno. Približimo našem kompasu veći čekić ili drugi željezni predmet. Znamo da se magnet i željezo međusobno privlače, pa će zbog toga čekić privući magnetsku iglu i brod će uslijed nastalih smetnji skrenuti s pravog puta. Te se smetnje javljaju na svim brodovima. One se zovu magnetske devijacije. Uzrok tim pojavama je prije svega sam brod jer je izrađen od željeza. Željezni su i strojevi koji ga pokreću. Smetnje mogu nastati uslijed tereta koje sadrži željezo, nikal ili kobalt. Za uklanjanje devijacija, brodski kompas opskrbljen je pokretnim magnetskim šipkama i pomičnim željeznim kuglama. Možemo korigirati devijaciju našeg brodskog kompasa ako magnetskoj igli i s druge strane približimo komad željeza ili manji magnet sve dok se kompas ne vrati na kurs 8 stupnjeva istočno.

Pribor: (65), čekić

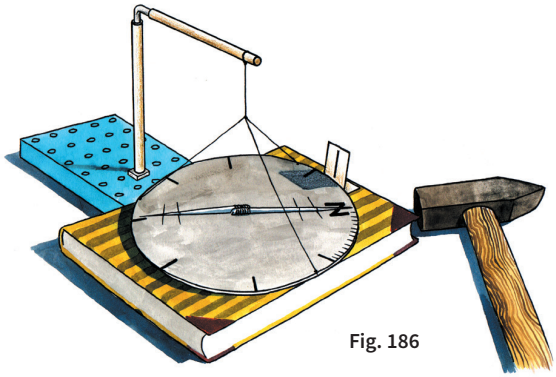


Fig. 186

187. MAGNETSKE IGLE NA VODI

S pomoću 6 igli za šivanje možemo izvesti zanimljiv pokus koji će nam pokazati posljedice međusobne privlačnosti i odbijanja magnetskih polova. Igle magnetiziramo u istom pravcu. Od pluta izrežemo 6 malih kocki, te u njih zabodemo igle, koje zatim stavimo u posudu s vodom ušicama prema dolje. Magnetske igle plivaju. One se odbijaju ali samo neko vrijeme. Javljaju se privlačne sile između vrhova igala s jednim polom i ušica sa suprotnim. Izvedimo isti pokus i s 5, 4 ili 3 igle.
Napomena: posuda mora biti dosta široka i ne smije biti željezna.
Pribor: 10, posuda s vodom, 6 igala, 6 malih čepova

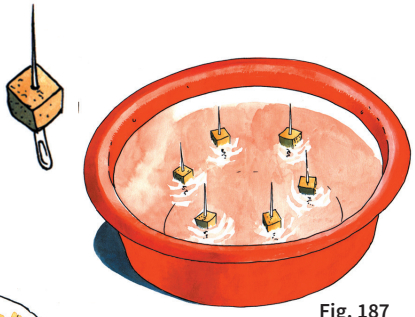


Fig. 187

188. OBRNUTO MAGNETSKO POLJE

Magnet koji visi o tankom koncu zavrtimo 8-10 puta u istom smjeru i pustimo da se vrti. Ispod postavimo kompas. Magnetska igla kompasa će se okretati zajedno s magnetom jer se s njim okreće i njegovo magnetsko polje.
Pribor: 10, 34, papir, nit

Fig. 188

BATERIJE I ELEMENTI

189. BATERIJA

Baterija se može kupiti u svakoj trgovini. Poznat je i po imenu baterija. Naša baterija (slika 69) nalik je na uspravnu kutiju. Iz nje izlaze dva metalna priključka. To su polovi baterije. Manji je pozitivan „+“ a veći negativan „-“ pol. Polovi baterije ne smiju biti u dodiru jer se u tom slučaju baterija brzo istroši.

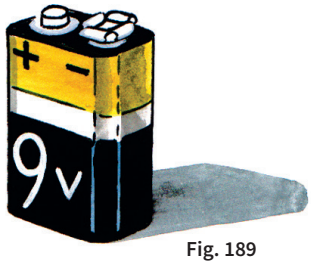


Fig. 189

190. POKUS BATERIJE

U ovoj zbirci imamo više sprava s pomoću kojih možemo ispitati valjanost baterije. To su električna žaruljica i galvanoskop. Ako žaruljica svijetli ili ako se kazaljka galvanoskopa otkloni, baterija je u redu. Tijekom pokusa baterija se prazni.
Pribor: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, baterija

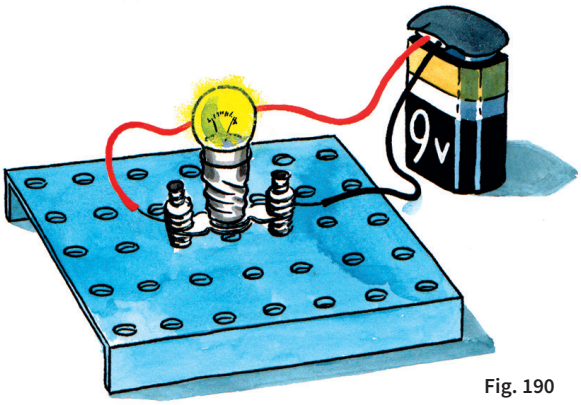


Fig. 190

191. ELEKTRIČNA ŽARULJICA

Djelovanje električne žaruljice će objasnit sljedeći pokus: u komad daske zabijemo dva čavla tako da budu jedan od drugoga udaljeni 1 cm. Između njih razapnemo željeznu žicu debljine 0,1 mm. Kroz žicu pustimo struju iz nove baterije (slika 71 lijevo). Željezna žica će se zažarit. Ako bi rabili struju iz dvije baterije žica bi izgorjela. Na toj osnovi građene su električne žaruljice. U staklenom balonu u kome nema zraka nalazi se vrlo tanka žica od volframa, metala s visokim talištem. Ta se žica pod utjecajem struje užari ali ne može izgorjeti jer u balonu nema kisika. U njemu je argon. Žaruljica je vrlo osjetljiva sprava. Ne smije pasti, niti se drmati, naročito kad svijetli. Rabiti se smije samo za napon koji je propisan, a označen je na uvojnici žarulje. Žaruljica iz naše zbirke može se priključiti na bateriju napona 9 V. Kod većeg napona žarna nit bi izgorjela.
Pribor: komad daske, 2 čavla, željezna žica, baterija
POZOR:
- Baterija je u kratkom spoju!
- Baterija neka bude priključena samo kratko vrijeme, koliko je potrebno za razumijevanje pokusa!
- Pazi da se ne opečeš!

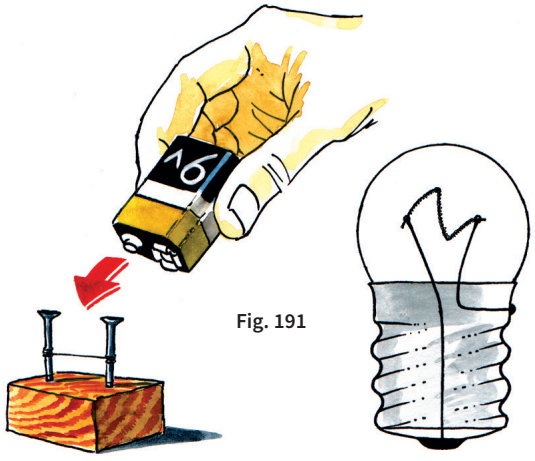


Fig. 191

192. UNUTRAŠNJOST BATERIJE

9 V baterija sastavljena je od šest članka ili elementa (ne zamijeniti s elementima u kemiji). Svaki element se sastoji od posudice iz cinka, vrećice s ugljenom prašinom i otopine salmijaka. Članci su međusobno povezani na sljedeći način:
Cink prvog članka je slobodan - negativan priključni pol.
Ugalj prvog članka je spojen s cinkom drugog članka.
Ugalj drugog je spojen s cinkom trećeg članka.
Ugalj zadnjeg - šestog članka je slobodan, pozitivan priključni pol.
Iz baterije vire dva priključna pola, negativan i pozitivan.

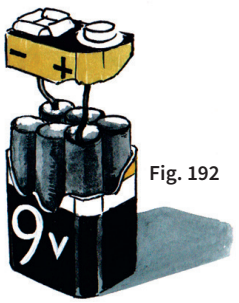


Fig. 192

Fig. 193

193. TROŠENJE BATERIJA

Baterije traju samo neko vrijeme. Nakon što se istroše se bacaju. Što se u baterijama troši? Troše se posudice od cinka a i otopina salmijaka. Potpuno su dobre vrećice s ugljenim štapićem i prašinom manganovog oksida. Istrošene baterije bacajte u za tu svrhu namijenjene kontejnere (odlagališta).

194. ELEKTRICITET IZ ŽABLJIH KRAKOVA

Godine 1791 objavljen je čuveni pokus Galvania, profesora anatomije na sveučilištu u Bologni. On je na željeznu rešetku objesio bakrenu kuku na kojoj su visjela dva žablja kraka. Zbog vjetra su se kraci njihali i dodirivali željeznu rešetku. Kad god bi se to desilo trzali su se kao da su živi. Galvani je mislio da je uzrok trzanja elektricitet životinjskog tijela. Istog su mišljenja bili i drugi znanstvenici tog doba. Aleksandar Volta je mislio drugačije. On je bio profesor na Univerzitetu u Paviji. On je također tvrdio da je uzrok trzanja elektricitet, ali je odbio mišljenje da je to elektricitet životinjskog tijela, i tvrdio da nastaje uslijed dodirivanja, s jedne strane dva metala, željezo i bakar, i s druge, vlažnog tijela koje ne mora biti životinjsko. Više godina je trajala borba između Volte i istomišljenika galvanija. Tek 1799 godine Volta je izradio spravu s pomoću koje je dokazao svoju tvrdnju. I mi ćemo napraviti tu spravu ali se prije moramo upoznati s aparatom za mjerenje elektriciteta. Ta se sprava zove galvanoskop.

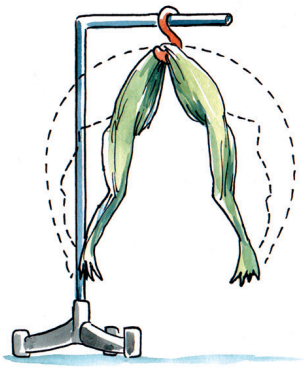


Fig. 194

195. GALVANOSKOP

Galvanoskop iz zbirke ima tri sastavna dijela. Kompas (K), podlogu (P) i uzvojnicu (T). Kompas ima pored magnetske igle s crveno plavim kracima i žutu metalnu iglu. Prilikom mjerenja kompas treba umetnuti u uzvojnicu galvanoskopa koji treba okrenuti tako da žut kazaljka pokazuje na 0. Prilikom mjerenja u blizini galvanoskopa ne smiju se nalaziti ni magnet ni komadi željeza.

Pribor: 1, 34

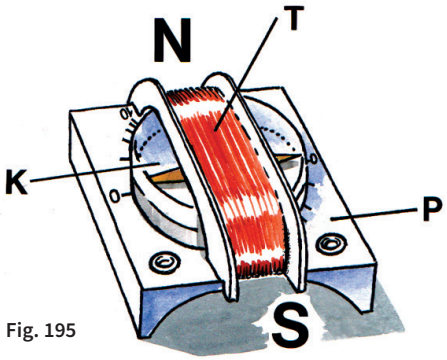


Fig. 195

196. VOLTINO OTKRIĆE

Pločicu od cinka (Zn) i bakra (Cu) iz naše zbirke očistimo brusnim papirom, dobro obrišemo i s pomoću dvije žice spojimo s galvanoskopom (slika 76). žuta kazaljka galvanoskopa mora pokazivati 0. Pokusi:

1. Između pločica stavimo komad novinskog papira - kazaljka se neće pomaknuti.
2. Papir između pločica namočimo vodom. Kazaljka će se otkloniti kao dokaz da kroz galvanoskop ide električna struja.
3. Promijenimo polove (žicu spojenu s cinkom spojimo s bakrom i obrnuto), kazaljka će se ponovo otkloniti, ali ovaj put u suprotnom smjeru.
4. Pritisnimo pločice jednu uz drugu. Otklon će se povećati.
5. Smanjimo površinu pločica, otklon će se umanjiti.

Voltin pokus se razlikovao od našeg. U njegovo doba još nisu znali za galvanoskop kojim bi mogli dokazati neznatne električne struje. Struju je Volta dokazao tzv. Voltinim stupom. Na malu okruglu pločicu od cinka stavio je vlažnu krpicu iste veličine, a na krpicu stavio bakrenu pločicu. Zatim po još jednu cinčanu pločicu, krpicu, bakrenu pločicu itd. Naizmjence 60 puta. Time je dobio stup. U ovom se stupu dakle dotiču na jednoj strani bakar i cink a na drugoj ta dva metala posredstvom tekućine i krpice. Pri tom se stvara električna struja. To je bila prva sprava (baterija) koju je čovjek napravio za proizvodnju električne struje. Volta je tim jednostavnim otkrićem stekao u znanosti veliku slavu. Po njemu se jedinica napetosti struje zove Volt, a sprava za mjerenje napetosti Voltmetar. Instrument koji smo napravili u pokus br. 76 zove se voltin članak ili voltin element. Od voltinog otkrića do danas je izrađeno mnoštvo najrazličitijih članaka odnosno elemenata. Svi ti elementi se zovu u čast Galvania - galvanski elementi.

Pribor: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, papir, voda

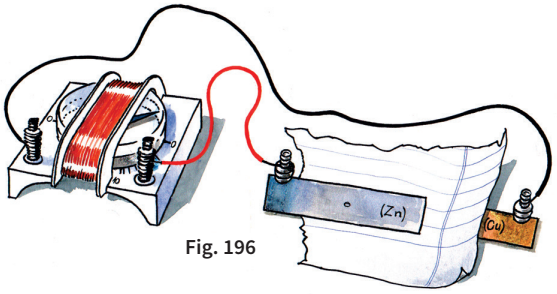


Fig. 196

197. ELEMENT OD BAKRA, CINKA I KUHINJSKE SOLI

U staklenu čašu sa slanom vodom uronimo pločice od bakra i cinka koje smo s pomoću dvije žice spojili s galvanoskopom (slika 77). Kazaljka galvanoskopa će se jako otkloniti što je znak da se u elementu stvara struja.

Pribor: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, čaša, sol, voda

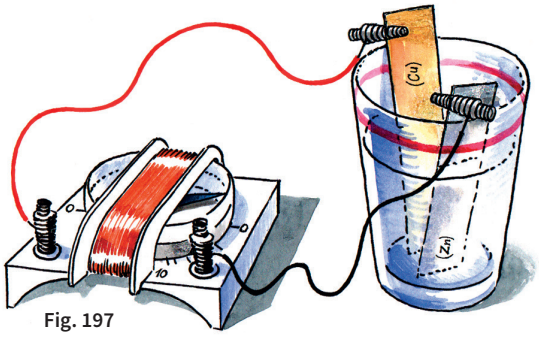


Fig. 197

198. POLARIZACIJA I DEPOLARIZACIJA

1. Galvanski element od cinka, bakra i kuhinjske soli spojimo s galvanoskopom. Promatramo kazaljku galvanoskopa. Ona se u početku otkloni odazivajući da element daje struju, no poslije se polako vraća. Struja se očigledno smanjuje. Dodavanjem soli možemo struju podići ali ne za dugo. Zbog čega dolazi od pada struje? Na pločici bakra gomilaju se mjehurići vodika koji nastaju raspadanjem soli. Ti mjehurići sprječavaju djelovanje elementa. Ova se pojava zove polarizacija.
2. Drvenim štapićem ili krpicom uklonimo mjehuriće s bakra. Element ponovo daje struju.
3. Odlijmo nešto vode i element napunimo opranim sitnim pijeskom. Element daje struju duže vremena. Mjehurići vodika se spajaju s kisikom iz zraka, a zrak se nalazi između zrna pijeska.

Ovime se sprječava polarizacija. Pijesak dakle djeluje kao depolarizator.

Pribor: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, čaša, sol, pijesak, voda

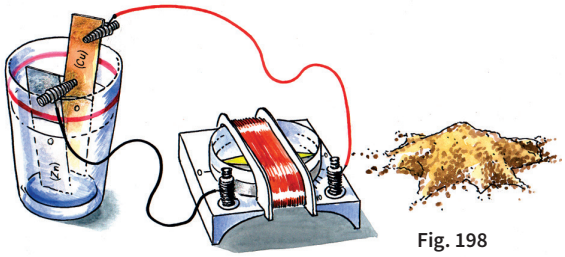


Fig. 198

199. LECLANCHÉOV ELEMENT

9 V baterija se sastoji od šest Leclanchéovih elementa u kojima je cink negativni pol, ugalj pozitivan, a manganov oksid depolarizator. Elektrolit (tekućina između polova) je otopina salmijaka u vodi u omjeru 1:3. Ta je otopina pomiješana sa škrobnim ljepilom pa uslijed toga ne teče. To je tzv. suha baterija.

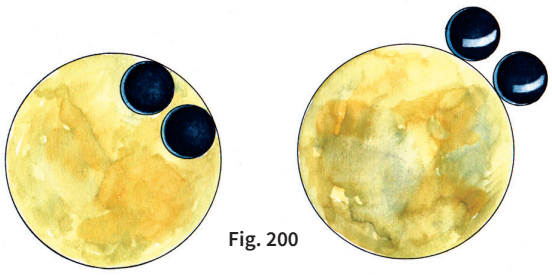


Fig. 200

200. KAKO U ELEMENTU NASTAJE STRUJA

Metali izlučuju pod utjecajem električnih sila koje vladaju između tekućina i metala, pozitivne ione. Kroz to na metalima, u našem slučaju cinku, nastaje višak elektrona. Spojimo li s pomoću žica izvan elementa cink s ugljenom (odnosno u ranijem pokusu s bakrom), elektroni struje sa cinka, gdje ih je više, prema bakru odnosno ugljenu gdje ih ima manje. Tako nastaje električna struja. A što su ioni? Tijela su kao što znamo sastavljena od molekula i atoma, a atomi od jezgre i elektrona. Svaki atom ima određeni broj pozitivnih naboja i isti toliki broj elektrona. Ako uklonimo iz atoma ili grupe atoma nekoliko elektrona, atom se pretvara u ion. Ion nastaje i kad atomu ili grupi atoma damo više elektrona no što mu pripada. U prvom slučaju je ion pozitivan, a u drugom negativan. Na slici br. 80 prikazan je s lijeve strane shematski pozitivni, a s druge strane negativni ion.

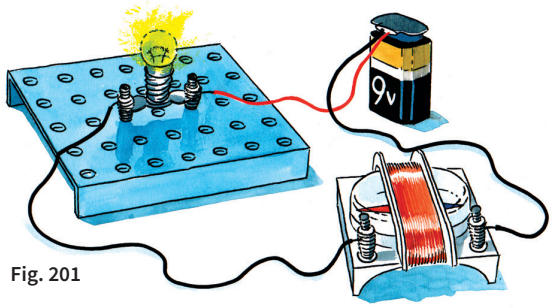


Fig. 201

201. STRUJNI KRUG

Na slici br. 81 prikazan je strujni krug koji sačinjavaju baterija, žarulja, galvanoskop i spojne žice. Struja teče iz baterije u žarulju, iz žarulje u galvanoskop i iz galvanoskoopa u bateriju. Dok struja teče žaruljica svijetli, a kazaljka galvanoskopa se otklanja. Ako na nekom mjestu, bilo kojem, krug prekinemo struja prestaje teći. Struja teče samo u zatvorenom strujnom krugu.

Pribor: 1, 4 x 7, 8, 14, 33, 34, 35, baterija

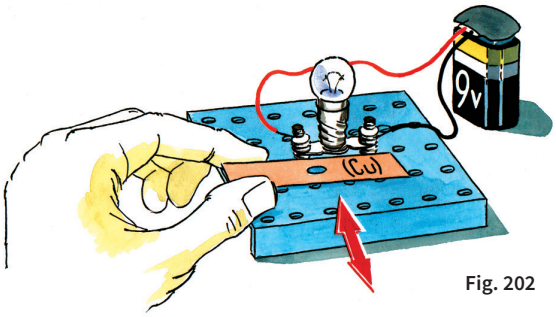


Fig. 202

202. KRATKI SPOJ

S pomoću žaruljice i baterije uspostavimo strujni krug (slika 82). Žaruljica svijetli. Ako dodirnemo oba pola baterije bakrenom pločicom ili nekim drugim metalnim predmetom, žaruljica se gasi. Napravili smo kratki spoj. U kratkom spoju baterija se brzo troši. Sa negativnog pola, teče bez otpora, vrlo jaka električna struja na pozitivni pol baterije. Ako želimo da nam baterija dugo traje moramo izbjegavati kratke spojeve.

Pribor: 2 x 7, 8, 14, 24, 33, 35, baterija

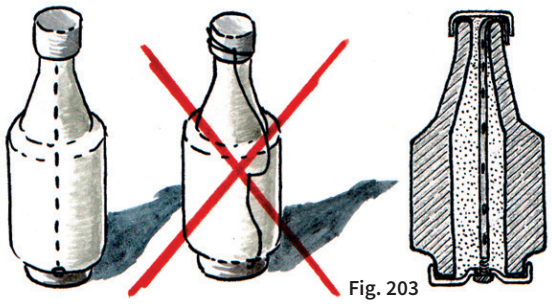


Fig. 203

203. OSIGURAČ

Električna struja u domaćinstvu ima napetost 220 V. Da ne bi došlo do šteta uslijed kratkog spoja, u električni vod su ugrađeni osigurači. Oni se nalaze iznad brojila za struju i mogu biti elektromagnetski ili termički. Mi ćemo govoriti o termičkim osiguračima. Osigurač (slika 83) se sastoji iz keramičkog cilindra (1) sa kremenovim pijeskom (2) u kojem je tanka žica (3) pričvršćena sa metalnim kapicama i oprugicom (4). Ta tanka žica pregori u slučaju kratkog spoja potrošača ili jakosnog (strujnog) preopterećenja. Ako se to dogodi treba najprije potražiti grešku u električnoj mreži. Razlog pregaranja osigurača može biti prevelik broj ukopčanih aparata (jakosno preopterećenje sa zbrajanjem potrošnje) ili kratak spoj na jednom od potrošača. Nakon što smo uklonili kvar namjestimo u osigurač novu patronu. Zabranjeno je, a i vrlo opasno popravljati pregorjele osigurače, kao što je prikazano na slici 83 desno. U tom slučaju može doći do požara ili oštećenja aparata.

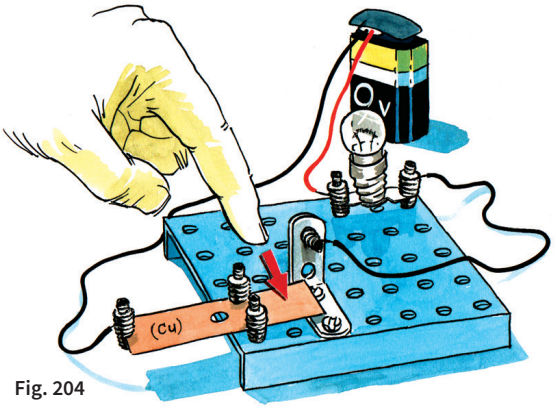


Fig. 204

204. ELEKTRIČNI PREKIDAČ

Na slici 84 je prikazan električni prekidač i način njegovog spajanja s baterijom i žaruljicom. Ako pritisnemo prekidač strujni krug će biti zatvoren i žaruljica će svijetliti sve dok ga držimo pritisnutim. Na opisani način djeluje električni prekidač kod električnog zvona.

Pribor: 2 x 5, 2 x 6, 6 x 7, 8, 14, 24, 28, 33, 35, baterija

A • −	J • − − −	S • • •	1 • − − − −
B − • • •	K − • −	T −	2 • • − − −
C − • − •	L • − • •	U • • −	3 • • • − −
D − • •	M − −	V • • • −	4 • • • • −
E •	N − •	W • − −	5 • • • • •
F • • − •	O − − −	X − • • −	6 − • • • •
G − − •	P • − − •	Y − • − −	7 − − • • •
H • • • •	Q − − • −	Z − − • •	8 − − − • •
I • •	R • − •		9 − − − − •
			0 − − − − −

Fig. 205

205. TELEGRAFIRANJE S POMOĆU SVJETLA

Električni prekidač iz pokusa br. 84 možemo upotrijebit kao telegrafski aparat. Telegrami se prenose s pomoću Morseove abecede sastavljene od dugih i kratkih bljeskova (slika 85). Naš svjetlosni telegraf pogodan je zbog toga što za prijenos znakova nisu potrebne žice. Nedostatak je u tome što se njime mogu povezati samo krajevi koji su vidljivi, i što se njime može raditi jedino noću. Ako želimo sačuvati tajnost poruka, moramo se služiti šifrom.

206. PREKIDAČ

Električni prekidač koji smo upoznali u pokusu br. 84, pogodan je samo za instalacije u kojima se struja ukopčava za kratko vrijeme, kao što je to slučaj kod svjetlosnog telegrafa i električnog zvona. Ako želimo struju ukopčati za duže vrijeme, potrebna nam je sklopka koja je u najjednostavnijoj izvedbi prikazana na slici 86. Ako polugu sklopke okrenemo u lijevo uspostavit ćemo strujni krug i žaruljica će svijetlit. Kad ju okrenemo u desno žaruljica prestaje svijetlit. Kod sklopke u kućnim instalacijama poluge se okreću uvijek u istom smjeru i nalaze se u izoliranim kućištima. Metalne dijelove te sklopke ne smijemo dirati jer se radi o vrlo visokom naponu.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 4 x 7, 8, 14, 24, 2 x 28, 33, 35, baterija

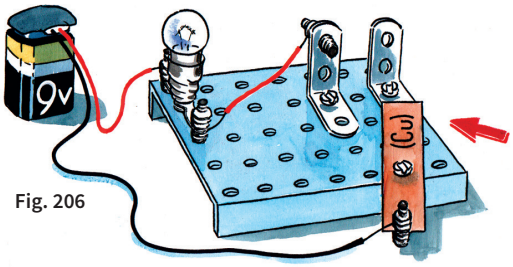


Fig. 206

207. SKLOPKA ZA DVIJE ŽARULJICE

Jednom sklopkom možemo palit i gasit više žaruljica. Na slici br. 87 prikazane su dvije žaruljice koje se napajaju naizmjence iz iste baterije. Slična sklopka za tri žaruljice bila bi potrebna naprimjer kod semafora u saobraćaju gdje se naizmjenično pale crveno, žuto i zeleno svjetlo.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 7 x 7, 8, 2 x 14, 24, 2 x 28, 33, 2 x 35, baterija

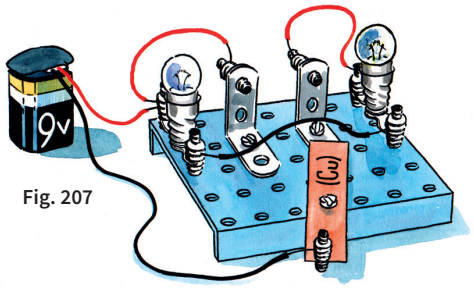


Fig. 207

208. JEDNA ŽARULJICA S DVIJE SKLOPKE

Kakva bi instalacija bila potrebna da bi se žaruljica u sredini stepeništa palila i gasila u prizemlju i na prvom katu? Ta instalacija ima dvije sklopke, žarulju, izvor struje (u našem slučaju bateriju) i žicu za spajanje. S pomoću sastavnih dijelova iz naše zbirke možemo sastaviti dvije sklopke. Sa svake strane podloge po jednu. Slika 88 pokazuje kako su sklopke povezane međusobno i kakav je njihov spoj sa žaruljom i baterijom. S pomoću svake sklopke možemo žarulju paliti i gasiti. No također možemo žarulju upaliti jednom sklopkom, a gasiti drugom na katu ili obrnuto. Opisana instalacija se zove korespondentna.

Pribor: 6 x 5, 6 x 6, 8 x 7, 8, 14, 23, 24, 4 x 28, 33, 35, baterija

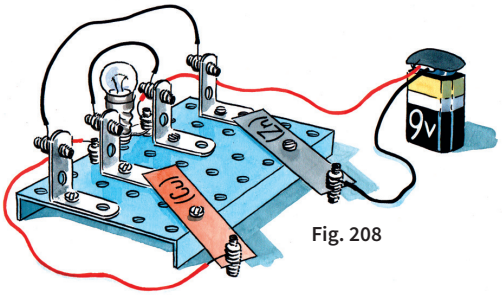


Fig. 208

209. PARALELNO VEZIVANJE ŽARULJA

1. Na bateriju spojimo paralelno tri žaruljice. Promatranje: prva žaruljica sjaji punim sjajem kao i druga i treća. Kolika je snaga utrošene struje. Napon baterije iznosi 9 V. Prva žaruljica troši 0,05 ampera (50 mA), druga i treća isto. Snaga struje je prema tome:
P = 9 (3 x 0,05) = 1,35 W
2. Jednu od žaruljica iz gornjeg pokusa izvijemo iz grla. Druge dvije svijetle i dalje. Paralelno vezivanje žarulja upotrebljava se kod kućne električne rasvjete.

Pribor: 6 x 7, 8, 3 x 14, 33, 3 x 35, baterija

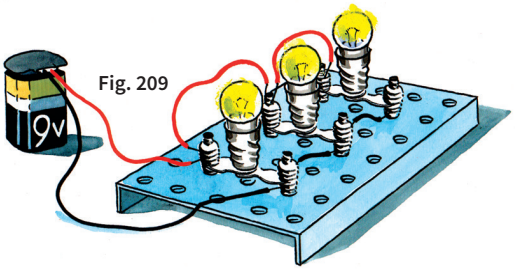


Fig. 209

210. SERIJSKO VEZIVANJE ŽARULJICA

1. Baterijom spojimo u seriju tri žaruljice. Jedna sama žaruljica svijetli punim sjajem dok dvije spojene u seriji svijetle mnogo slabije. Kod tri žaruljice spojene serijski svjetlo jedva da se vidi. U prvom slučaju kroz žaruljicu teče struja od 0,05 ampera, a napon iznosi 9 volti. Za dvije u seriju spojene žarulje napon bi morao iznositi dva put toliko a za tri, tri puta toliko.
2. U gornjem pokusu izvijemo jednu od žaruljica iz grla. Sve se žaruljice gase jer je strujni krug prekinut.

Pribor: (89)

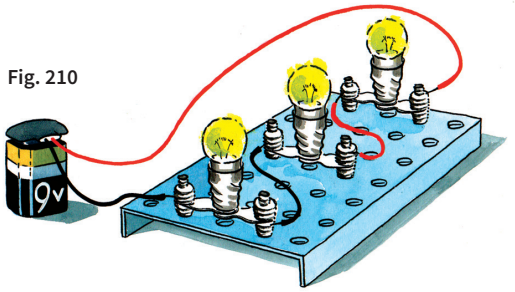


Fig. 210

211. POVEĆANJE NAPONA BATERIJE

1. U pokusu 72 upoznali smo unutrašnjost baterije. Vidjeli smo da se ona sastoji iz šest elementa. U tim elementima su pozitivne elektrode ugljeni štapići, negativne cinčane posudice a elektrolit otopina salmijaka i vode. Manganov oksid djeluje kao depolarizator. Elementi su vezani u seriju. Napon pojedinog elementa iznosi 1,5 V čitava baterija ima 6 x 1,5 = 9 V (slika 91 lijevo).
2. Ako dvije baterije povežemo serijski (slika 91 desno), nastala baterija imat će 2 x 9 V = 18 V.

Pribor: 2 baterije

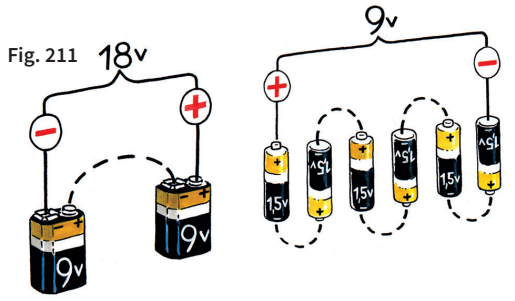


Fig. 211

212. POVEĆANJE SNAGE BATERIJE

Nova baterija ima snagu dovoljnu za napajanje tri žaruljice od kojih svaka troši 0,05 A. Ako želimo bateriju veće snage moramo povezati nekoliko baterija paralelno (slika 92). Iako je napon svake od tih baterija 9 V ukupni se napon ne povećava ali se zato povećava kapacitet paralelno spojenih baterija.

Pribor: 33, 3 baterije

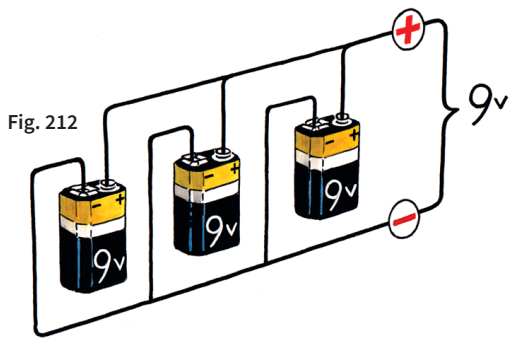


Fig. 212

213. BRZINA ELEKTRICITETA

Električni signal može u jednoj samoj sekundi obići sedam puta oko zemljine kugle. Brzina elektriciteta iznosi 300.000 km u sekundi. (Pokus prikazan na slici 93 je neizvodljiv. Slika treba da nam pomogne da steknemo predodžbu o brzini elektriciteta.)

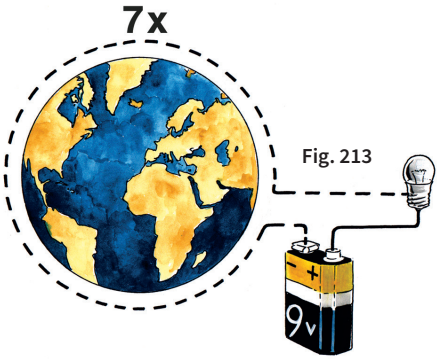


Fig. 213

214. ISPITIVANJE PROVODNOSTI

Iz dijelova zbirke "Elektropionir" možemo izraditi uređaj za ispitivanje provodnosti raznih materijala. Sastav uređaja prikazan je na slici 94.

1. Grubo ispitivanje: predmet koji želimo ispitati položimo tako da dodiruje obje pločice. Time se uspostavlja strujni krug. Ako žaruljica zasvijetli, tijelo koje ispitujemo je vodič. Ispitajmo naprimjer olovku, ljepenku, reostat iz naše zbirke itd. Kod nijednog od tih tijela žaruljica neće zasvijetliti što nam govori da su spomenuta tijela izolatori. To međutim nije tako. U pokusu br. 18 smo vidjeli naprimjer, da se s pomoću olovke može isprazniti nabijeni elektroskop. Kako protumačiti ovu proturječnost? Napon struje iznosi u našem pokusu 9 V dok u pokusu br. 18 iznosi nekoliko stotina V. Da li su tijela vodiči ili izolatori ne ovisi samo o sastavu tijela, nego i o naponu struje pa se tako može reći da nema ni idealnih izolatora ni idealnih vodiča. Ipak znamo za dobre izolatore i dobre vodiče. Dobri vodiči su naprimjer, srebro, bakar i aluminij a dobri izolatori staklo, guma, porculan, polivinil i drugi.
2. U gore opisanom uređaju zamijenimo žarulju galvanoskopom. Ispitajmo ponovo provodnost žice u reostatu. Kazaljka galvanoskopa se otklanja što nam kazuje da žica od konstantana struju provodi, iako ne tako dobro kao bakrena žica.
3. Ispitajmo provodnost krumpira. Veći krumpir razrežemo na dva dijela i jedan dio položimo na metalne pločice našeg uređaja. Žaruljica vjerojatno neće zasvijetlit ali će se kazaljka galvanoskopa otkloniti dokazujući da krumpir propušta električnu struju. Propušta više što je veća kontaktna površina. Ni u kom slučaju ne smijemo dodirivati pokidane električne žice bez obzira na to da li one pripadaju visokom naponu ili se radi o telefonskim odnosno telegrafskim žicama. Osobito je opasno dodirivati vodiče mokrom rukom ili mokrim predmetima koje držimo rukama (naprimjer pri puštanju zmajeva).

Pribor: 2 x 5, 2 x 6, 4 x 7, 8, 14, 23, 24, 33, 35, baterija, razni predmeti

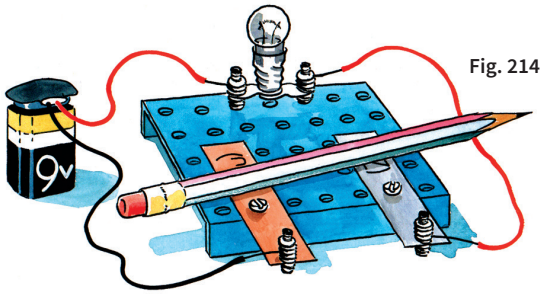


Fig. 214

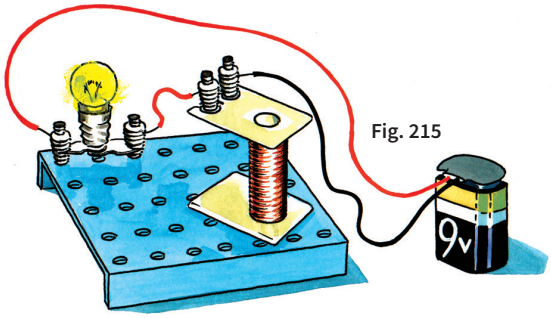


Fig. 215

215. OTPOR VODIČA

1. Žaruljicu, uzvojnicu i bateriju spojimo u strujni krug (slika 95). Žaruljica svijetli tek neznatno. Očigledno je da kroz dugačku tanku žicu uzvojnice ne prolazi toliko struje kao kroz mnogo deblje i kraće spojne žice. Ako uzvojnicu izostavimo iz strujnog kruga, žaruljica svijetli punim sjajem. Vodič pruža sjajan otpor. Napravimo slične pokuse s uzvojnicom galvanoskopa i rotora!
2. Žaruljicu, uzvojnicu i bateriju spojimo u strujni krug. Žaruljica sjaji tek neznatno no naša pažnja je okrenuta drugoj pojavi. Prekinimo struju. Žaruljica utrne. Da li će kod ponovnog uspostavljanja strujnog kruga žaruljica zasvijetliti u trenutku ukopčavanja struje? Neće. Od trenutka ukopčavanja struje do pojave svjetla proći će izvjesno vrijeme. Uzvojnica ne pruža strujni otpor samo zbog toga što je u njoj vrlo dugačka žica nego i zbog toga što je ta žica namotana i što je to uzvojnica u kojoj se prilikom ukopčavanja struje stvara druga, tzv. inducirana struja koja je suprotna ulazećoj struji. Otuda kašnjenje. To je induktivni otpor, za razliku od galvanskog otpora koji pruža sam vodič.

Pribor: 4 x 7, 8, 11, 14, 33, 35, baterija

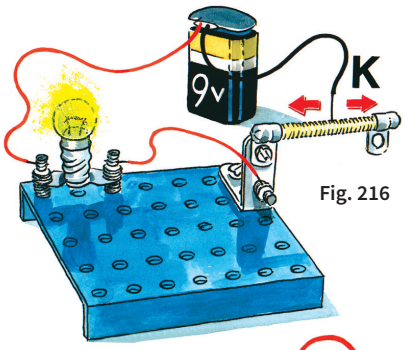


Fig. 216

216. OTPORNIK ILI REOSTAT

U našoj zbirci se nalazi sprava koja se zove otpornik ili reostat. To je jezgra od izolacionog materijala na koju je namotana žica od konstantana. Žica od konstantana ima velik električni otpor. Povežimo reostat, žaruljicu i bateriju u strujni krug (slika 96). Ako pomičemo kontakt K duž reostata, žaruljica sjaji jače ili slabije, ovisno o tome da li se otpornik skraćuje ili produžuje.

Pribor: 2 x 5, 2 x 6, 3 x 7, 8, 14, 30, 33, 35, baterija

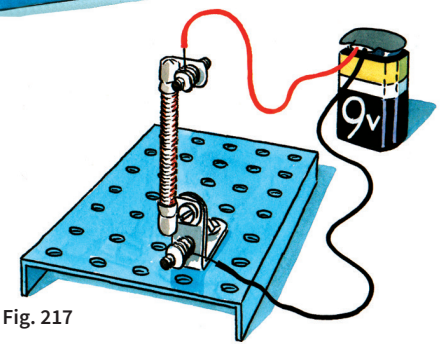


Fig. 217

217. ELEKTRIČNI GRIJAČ

Uspostavimo strujni krug u kojem se nalazi baterija i pola našeg reostata (slika 97). Otporna žica kroz koju teče struja se grije. Napravili smo mali grijač. Na ovom principu građeni su: električni štednjak, glačalo, električni bojleri, radijatori i druge sprave. U navedenim spravama električna se energija prevara u toplinu.

Pribor: 2 x 5, 2 x 6, 2 x 7, 8, 28, 30, 33, baterija

218. ELEKTRIČNI UPALJAČ

U manju daščicu zabijemo dva čavla na udaljenosti od 1 cm. Između čavala napnemo željeznu žicu promjera 0,1 mm. Na žicu natrusimo smrvljene glavice šibica pa ju spojimo s baterijom (slika 98). Glavice šibica će se zapaliti. Uslijed električne struje željezna se žica ugrije i dolazi do paljenja. Na opisani način rade mine u rudnicima i kamenolomima.

OPOMENA: Pokus izvedi na nezapaljivoj površini (metalni pladanj).

Pribor: 2 x 7, 33, daščica, 2 čavla, željezna žica, baterija

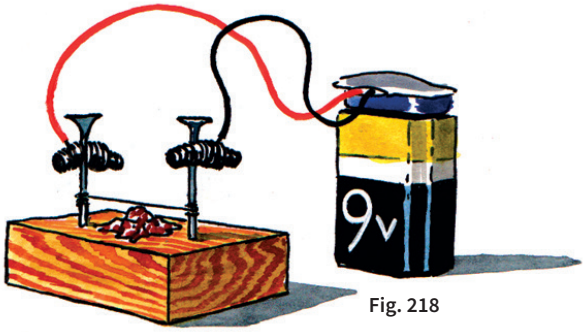


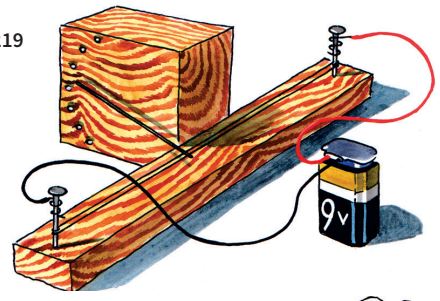
Fig. 218

219. AMPERMETAR S TOPLOM ŽICOM

U daščicu dužine 20 do 25 cm, širine 3 cm zabijemo dva deblja čavla. Između njih nategnemo dvostruku žicu od konstantana debljine 0,2 mm. Kao kazaljku namjestimo mali štapić od drveta ili papira (slika 99). Napravili smo model ampermetra s toplom žicom. Ako krajeve žice spojimo s baterijom, kazaljka se otkloni. Žica se naime zbog struje ugrije i zbog toga produži.

Pribor: 33, 37, daska, 2 čavla, štapić, baterija

Fig. 219



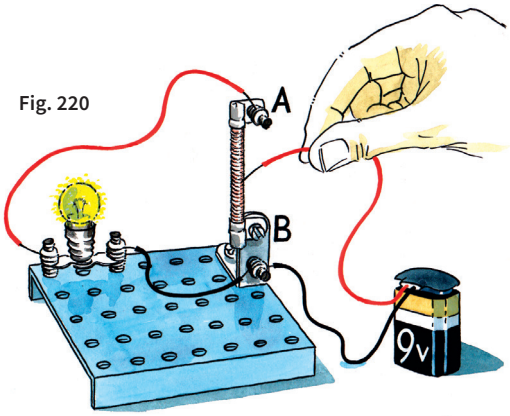
220. POTENCIOMETAR

Žaruljicu, otpornik i džepnu bateriju spojimo (slika 100). Otpornik služi u ovom pokusu kao potenciometar.

Pokusi: Slobodnim krajem žice koja vodi sa baterije dodirnimo potenciometar u točci A. Žaruljica svijetli punim sjajem. Povucimo kontaktom od točke A do točke B! Žaruljica se polako gasi i kod točke B se popuno ugasi. Kad struja teče kroz otpor u njemu nastaje pad napona. Kod priključka žaruljice u točci A ona je spojena direktno s baterijom te dobiva puni napon od 9 V. Pomicanjem kontakta prema dolje napon se smanjuje pošto otpor raste. Na pola puta napon iznosi 9 V a u točci B on je jednak 0.

Pribor: 5, 6, 4 x 7, 8, 14, 28, 30, 33, 35, baterija

Fig. 220



221. OHMOV ZAKON

Tri baterije po 1,5 V povežemo serijski. Tako priređene baterije spojimo sa žaruljicom (slika 101). Ako spojimo samo preko prve baterije(1,5 V) žaruljica neće svijetliti. Ako spojimo preko druge odnosno preko dvije baterije napon će biti veći (1,5 V x 2 = 3 V) te će zato žaruljica malo svijetliti. Ako spojimo preko treće odnosno sve tri baterije žaruljica će jače svijetliti (1,5 V x 3 = 4,5 V). Pokus bi mogli nastaviti do osam baterija (8 x 1,5 V = 12 V) jer je žaruljica napravljena za napon od 12 V.

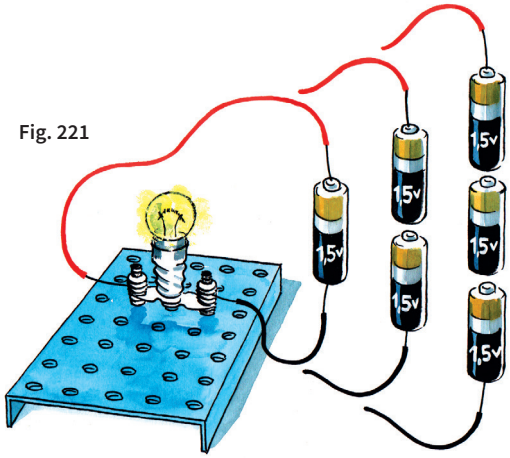
Iz navedenog vidimo da je snaga struje veća što je napon veći. U pokusu 96 smo naučili da je struja jača što je manji otpor vodiča.

Jačina struje prema tome ovisi o napetosti izvora struje i otporu vodiča, odnosno potrošača. Što je veća napetost i što je manji otpor, to je struja jača. To je Ohmov zakon.

Ako jačina, napon i otpor označimo međunarodnim simbolima:

I = jačina (mjerena u amperima - A)
U = napon (mjeren u voltima - V)
R = otpor (mjeren u ohmima - Ω) onda je
I= U / R

Fig. 221



Radi lakšeg pamćenja koristimo se trokutom Ohmovog zakona:

Ako u tom trokutu prstom pokrijemo veličinu koju tražimo nalazimo da je:

I= U / R
U= I x R
R= U / I

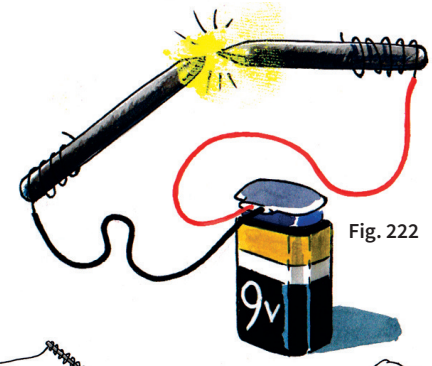
Pribor: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, 3 baterije

222. ELEKTRIČNI LUK

Dva ugljena štapića zašiljimo i priključimo na bateriju (slika 102). Šiljke štapića naslonimo jedan na drugi pa ih zatim razmaknemo. Između štapića pojavljuje se mali ali vrlo svijetao električni luk. Upotrijebim dvije ili više baterija! Izvedimo pokus pod vodom! Električni se luk se koristio kao izvor svjetla u prvim kino-aparatima. Nekada se koristio i za javnu rasvjetu.

Pribor: 33, 2 ugljena štapića, baterija

Fig. 222

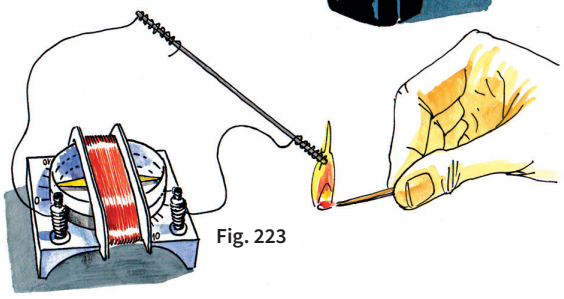


223. TERMOELEMENT

Na svaki kraj željezne šipke dužine 12 do 13 cm učvrstimo namatanjem dva komada žice od konstantana promjera 0,2 mm. Krajeve žice spojimo s galvanoskopom (slika 103) Kad se kazaljka umiri (žuta kazaljka mora pokazivati 0) ugrijemo šibicom jedno spojno mjesto. Igla će se otkloniti. Element koji smo napravili zove se termoelement i ima veliku primjenu u tehnici. On se pored ostalog koristi za mjerenje visokih temperatura u željezarama, keramičkoj industriji itd.

Pribor: 1, 2 x 7, 9, 34, 37, šibice

Fig. 223

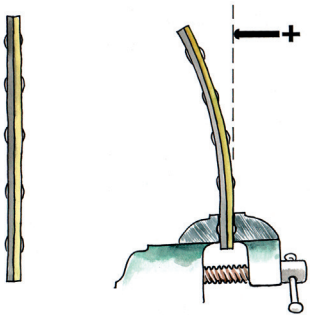


224. BIMETALNA TRAKA

Komad željeznog lima veličine 10 x 1 cm i isto toliko velik komad cinčanog ili aluminijskog lima položimo jedan povrh drugog i zakovicama čvrsto spojimo. Ako jedan kraj tako nastale bimetalne trake učvrstimo i traku ugrijemo ona će se svinuti. Naime cink ima veći koeficijent rastezanja od željeza. Bimetalna traka se koristi za izradu termostata. To su električne naprave koje kod određene temperature prekidaju struju. Čim temperatura padne (ili se povisi) termostati struju ponovo ukopčavaju (slika 104 desno). Na taj način se održavaju određene temperature u hladnjacima, štednjacima, bojlerima itd.

Pribor: željezni i cinčani lim, zakovice

Fig. 224



225. MJERENJE VELIČINE OTPORA

Za određivanje veličine otpora služi “Wheatstonov most” (slika 105). Izradit ćemo ga na sljedeći način:
1. Na dasku dužine 60 i širine 8 cm zabijemo na udaljenosti od 50 cm dva čavla među kojima napnemo uz samu dasku otpornu žicu od konstantana debljine 0,2 mm. Početak i kraj te žice priključimo na galvanoskop koji mora biti okrenut tako da žuta kazaljka pokazuje 0.
2. Ostali elementi mosta su otpor R (u zbirci pod br. 33) za koji znamo da ima otpor od 70 ohma, uzvojnica čiji otpor tražimo i baterija. Veze između tih elemenata prikazane su na slici.
3. Dodirnimo kontaktom koji vodi od baterije nadolje otpornu žicu. Kazaljka galvanoskopa se otkloni. Potražimo mjesto na kojem se pri dodiru žice kazaljka ne otklanja i zabilježimo ga. Pretpostavimo da je to mjesto u točci C koja dijeli otpornu žicu na dva nejednaka dijela, “d1” i “d2”. Ta dva dijela možemo izmjeriti.
Uzmimo da je “d1” = 30 cm, a “d2” = 20 cm.
Otpor uzvojnice izračunamo po formuli:
X=R x d1 / d2
X=70 x 30 / 20
X=105 Ω
Uzvojnica ima prema tome 105 ohma otpora.
Obrazloženje gornje formule možemo naći u udžbeniku fizike.
Pribor: 1, 6 x 7, 11, 30, 33, 34, 37, baterija, daska, 2 čavla

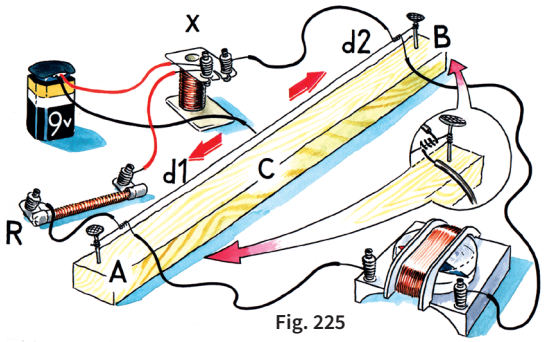


Fig. 225

226. OVISNOST OTPORA O TEMPERATURI VODIČA

1. U manju daščicu zabijemo dva manja čavla i između njih namjestimo malu spiralu od željezne žice promjera 0,1 mm. Spiralu, žaruljicu i bateriju spojimo u strujni krug. Čim uspostavimo strujni krug žaruljica će zasvijetliti. Ako ugrijemo spiralu žaruljica će se ugasiti. To je znak da je uslijed visoke temperature porastao otpor željezne žice.
2. Napravimo isti pokus s pomoću spirale od konstantana iste debljine. Otpor konstantana ne mijenja se zbog visoke temperature.
Pribor: 4 x 7, 14, 33, 35, daščica, 2 čavla, željezna žica, svijeća, baterija

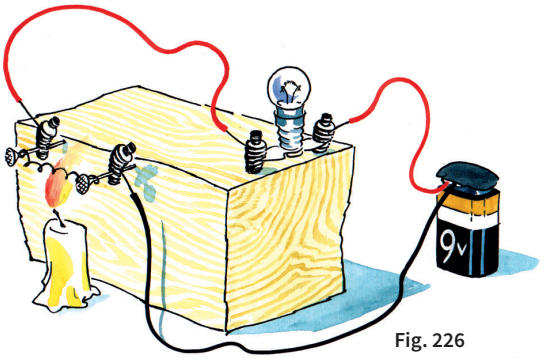


Fig. 226

ELEKTROMAGNETIZAM

227. ELEKTROMAGNET

Na željeznu šipku iz naše zbirke motamo 20 do 30 navoja izolirane bakrene žice. Radi boljeg električnog spoja skinimo s krajeva bakrene žice izolaciju. žicu spojimo s baterijom i šipku uronimo u strugotine željeza. čim uspostavimo strujni krug šipka postaje magnet. Ako struju prekinemo šipka gubi magnetizam. Otkrili smo elektromagnet.
Pribor: 3, 2 x 7, 9, 33, 36, baterija
POZOR:
- Baterija je u kratkom spoju!
- Baterija neka bude priključena samo kratko vrijeme, koliko je potrebno za razumijevanje pokusa!
- Pazi da se ne opečeš!

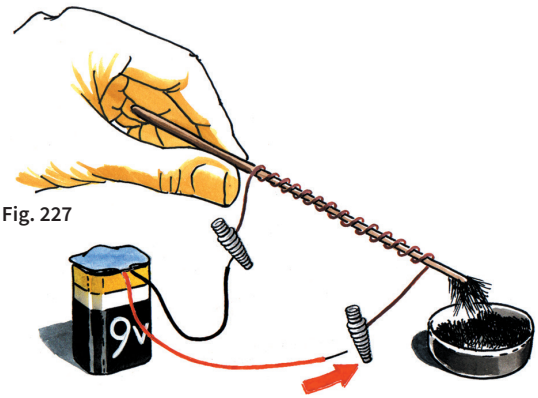


Fig. 227

228. OERSTEDOVO OTKRIĆE

Do otkrića elektromagneta došlo je kao i do mnogih drugih, sasvim slučajno. Danski fizičar Oersted primijetio je da se magnetska igla otklanja ako se u njenoj blizini nalazi žica kroz koju ide struja. Ponovimo to otkriće! Iznad magnetske igle u kompasu držimo žicu za spajanje čije krajeve za trenutak spojimo s polovima baterije. Magnetska igla se otkloni i ostaje otklonjena sve dok ima struje. Čim struju prekinemo magnetska se igla vraća u prvobitan položaj. Ako promijenimo polove magnetska se igla otklanja u suprotnom smjeru.
Pribor: 33, 34, baterija
POZOR:
- Baterija je u kratkom spoju!
- Baterija neka bude priključena samo kratko vrijeme, koliko je potrebno za razumijevanje pokusa!
- Pazi da se ne opečeš!

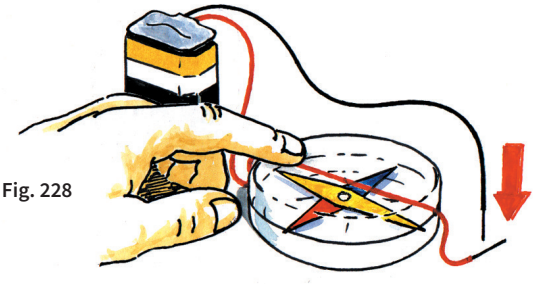


Fig. 228

229. ZBRAJANJE MAGNETSKIH POLJA

Omotajmo izoliranu bakrenu žicu više puta oko kompasa pa ju zatim za trenutak spojimo s baterijom. Što je više puta omotana to će otklon magnetske igle biti jači. Očigledno je da u uzvojnici svaki namotaj ima svoje magnetsko polje i da se magnetska polja namotaja zbrajaju. Na tom principu je građen i naš galvanoskop, a i elektromagneti.
Pribor: 2 x 7, 33, 34, 36, baterija
POZOR:
- Baterija je u kratkom spoju!
- Baterija neka bude priključena samo kratko vrijeme, koliko je potrebno za razumijevanje pokusa!
- Pazi da se ne opečeš!

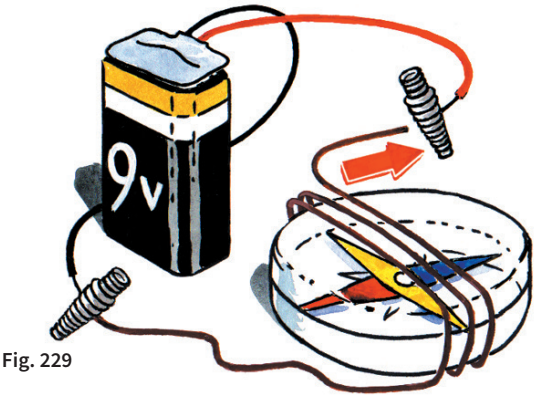


Fig. 229

230. MAGNETSKO POLJE VODIČA

Kroz sredinu većeg komada ljepenke provučemo bakrenu žicu (slika 110). Žicu spojimo s baterijom. S pomoću kompasa ispitajmo magnetsko polje vodiča. Ispitat ćemo obim magnetskog polja i njegovu snagu. Ispitivanje vršimo na taj način da struju neprestano prekidamo i spajamo te promatramo otklon magnetske igle na raznim mjestima. Magnetsko polje vodiča možemo ispitati i pomoću sitnih strugotina željeza koje prosipamo po ljepenki te lagano pokucamo. Kod toga je potrebno više baterija.

Pribor: 3, 34, 36, ljepenka, baterija

POZOR:

- Baterija je u kratkom spoju!
- Baterija neka bude priključena samo kratko vrijeme, koliko je potrebno za razumijevanje pokusa!
- Pazi da se ne opečeš!

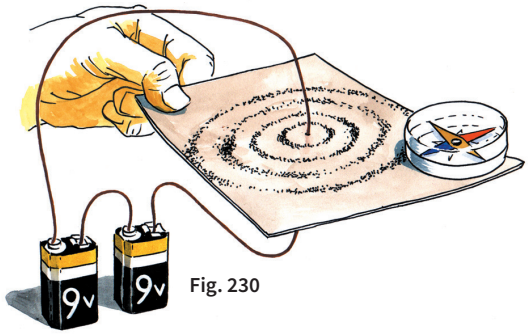


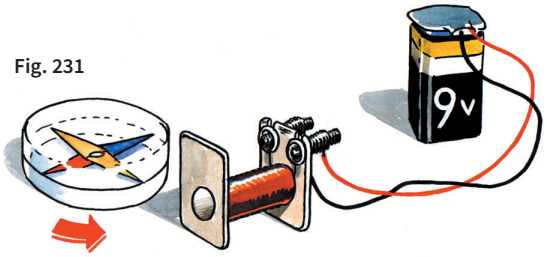
Fig. 230

231. UZVOJNICE KAO MAGNET

U našoj zbirci se nalazi uzvojnica s 100 navoja izolirane bakrene žice. Uzvojnicu postavimo oko 2 cm od kompasa i kroz navoje pustimo struju iz baterije (slika 111). U trenutku ukopčavanja struje magnetska igla će se otkloniti i ostati otklonjena sve dok uzvojnicom ide struja. Ako struju prekinemo magnetska igla se vraća u prvobitan položaj.

Pribor: 2 x 7, 11, 33, 34, baterija

Fig. 231

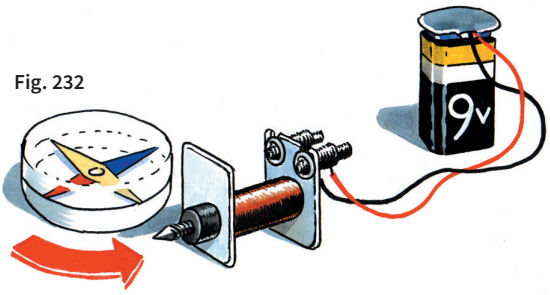


232. ŽELJEZO U UZVOJNICI

Pokus br. 111 ponovimo i upamtimo za koliki će se kut otkloniti magnetska igla. Struju zatim prekinemo pa u uzvojnicu stavimo željeznu jezgru (ne magnet), koja se nalazi u našoj zbirci. Kad ukopčamo struju magnetska igla će se jako otkloniti. Željezo u uzvojnici povećava magnetizam uzvojnice.

Pribor: 2 x 7, 11, 16, 33, 34, baterija

Fig. 232

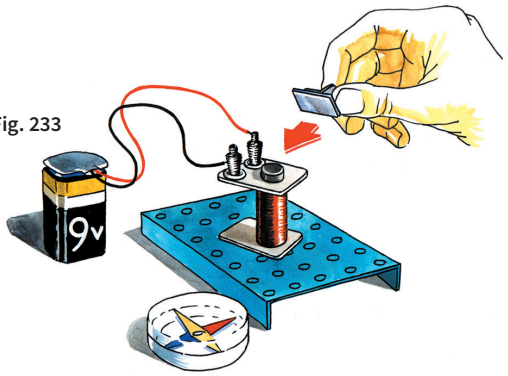


233. ELEKTROMAGNETIZAM U OBLIKU ŠTAPA

Na podlogu od plastične mase učvrstimo željeznu jezgru. Na nju nasadimo uzvojnicu i spojimo s baterijom. Dobili smo elektromagnet u obliku štapa (slika 113). Pokusima se možemo uvjeriti da elektromagnet nastaje u trenutku ukopčavanja struje te da prekidom struje magnet gubi svoju snagu i ostaje samo neznatan trag magnetizma.

Pribor: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 33, 34, baterija

Fig. 233



234. ELEKTROMAGNET U OBLIKU SLOVA U

Željeznu jezgru koju smo već nekoliko puta rabili učvrstimo zajedno s omotačem jezgre na podlogu od plastične mase (slika 114). Na jezgru nasadimo uzvojnicu spojenu s baterijom. U trenutku ukopčavanja struje nastat će vrlo jak elektromagnet, znatno jači od onog iz pokusa br. 113, iako smo koristili istu uzvojnicu i istu bateriju. Dok nam u pokusu br. 113 nije pošlo za rukom s pomoću sidra podići magnet s podlogom, sad možemo podići mnogo veći teret. Zašto je sad elektromagnet jači?

Pribor: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, 34, baterija

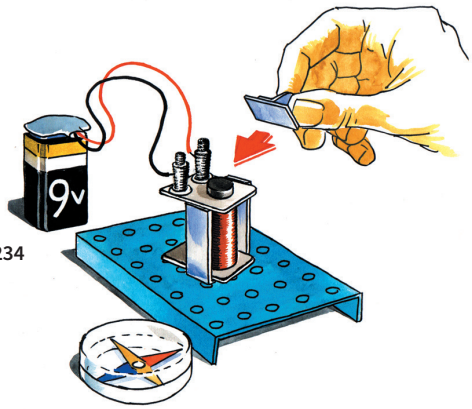


Fig. 234

235. ELEKTROMAGNETSKA DIZALICA

Iz dijelova naše zbirke možemo napraviti malu elektromagnetsku dizalicu. Elektromagnet u obliku slova U iz pokusa 114 spojimo s baterijom (slika 115). Uronimo elektromagnet u kutiju s vijcima i maticama, podignemo elektromagnet zajedno s teretom i prenesemo na drugo mjesto. U trenutku iskopčavanja struje teret pada.

Pribor: 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 33, željezni predmeti, baterija

236. ZDJELASTI ELEKTROMAGNET

Ovaj pokus možemo izvesti jedino ako raspolažemo mehaničkom radionicom. U okrugli komad željeza promjera 6 cm i dužine 3 cm napravimo utor širine 9 mm i dubine 20 mm. U taj utor smjestimo uzvojnicu s 100 namotaja bakrene žice promjera 0,3 mm. Krajeve žice provučemo kroz izolirane rupe do baterije. Sidro je načinjeno od okrugle željezne ploče debljine 10 mm. S pomoću tog elektromagneta može se uz uporabu jedne baterije podići teret od oko 15 dag. Slični magneti koriste se u električnim dizalicama koje mogu podići i po nekoliko tona tereta.

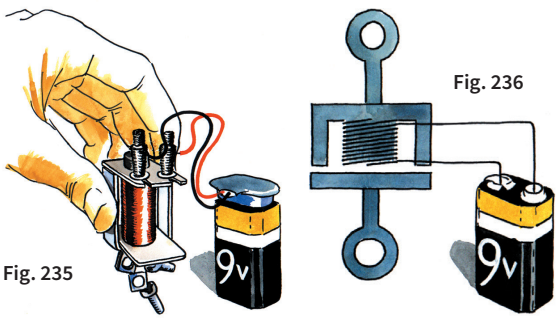


Fig. 235

Fig. 236

237. KOJI JE MAGNET JAČI?

U našoj zbirci se nalaze dva magneta - permanentni izrađen od legure AlNiCo i elektromagnet koji smo upravo upoznali. Koji od tih magneta je jači? Da bi to ustanovili ponovimo pokus 48b) u kojem smo ispitali jakost permanentnog magneta. Taj uređaj je prikazan na slici 117 lijevo. U zdjelicu od ljepenke stavimo toliko predmeta koliko magnet može nositi. Isti pokus izvedimo s pomoću elektromagneta (slika 117 desno). Snaga elektromagneta je mnogo veća od snage permanentnih magneta.

Pribor: 6, 2 x 7, 10, 11, 16, 17, 18, 33, ljepenka, nit, baterija

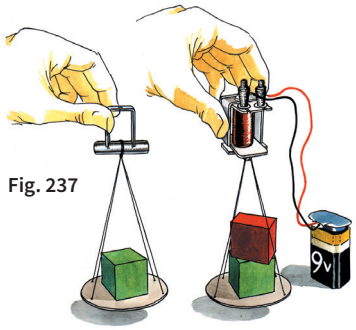


Fig. 237

238. MAGNETSKI SPEKTAR UZVOJNICE

1. U sredini ljepenke veličine razglednice izrežemo pravokutni otvor dužine 30 i širine 21 mm. U taj otvor uronimo do pola uzvojnicu iz naše zbirke. Uzvojnicu spojimo s baterijom i na ljepenku natrusimo strugotine željeza. Usporedimo magnetski spektar uzvojnice sa spektrom permanentnog magneta iz pokusa br. 40.
2. Pri gornjem pokusu stavimo u uzvojnicu željeznu jezgru i ponovimo pokus.

Pribor: 3, 2 x 7, 11, 16, 33, karton, baterija

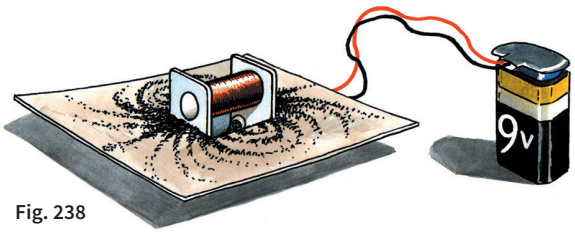


Fig. 238

239. ČAVAO U UZVOJNICI

Uzvojnicu iz naše zbirke spojimo s baterijom (slika 119) pa u šupljinu uzvojnice stavimo čavao srednje veličine. Ako uzvojnicu podignemo, čavao neće pasti. Na njega djeluju dvije sile. Jedna je gravitacija (teža), a druga magnetizam. Druga je očigledno jača.

Pribor: 2 x 7, 11, 33, čavao, baterija

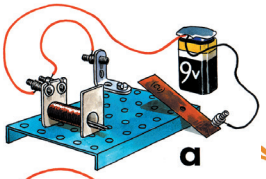


Fig. 239

240. DVA ČAVLA U UZVOJNICI

Uzvojnicu položimo na podlogu od plastične mase i u njezinu šupljinu stavimo dva čavla kojim smo odsjekli glave. Uzvojnicu spojimo s baterijom. Kod ukopčavanja i iskopčavanja struje primjećujemo da se čavli miču. Kod iskopčane struje zauzimaju položaj kao na slici 120a, a kod ukapčanja se razmaknu, kao na slici 120b čavli se magnetiziraju. Kako su im istoimeni polovi s iste strane, oni se odbijaju.

Pribor: 5, 6, 4 x 7, 8, 11, 24, 28, 33, 2 čavla, baterija

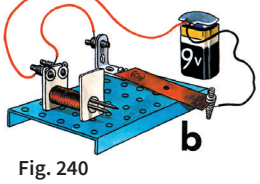


Fig. 240

241. AMPERMETAR S MEKIM ŽELJEZOM

U šupljinu uzvojnice stavimo čavao te ga koncem ili gumicom privežemo (slika 121). U šupljinu uzvojnice stavimo kazaljku koju smo izradili od dva komada željeznog lima (od stare limenke). Prvi komad ima dimenzije 40 x 5 mm a drugi 60 x 2 mm i debljine 0,2-0,4 mm. Ta dva komada spojimo omotavanjem (slika 121). Tanji kraj savijemo malo ulijevo. Ako spojimo uzvojnicu s baterijom čavao i kazaljka magnetizirat će se istoimeno pa će se odbit. S pomoću pravog ampermetra možemo spravu baždariti i načinit mjernu skalu.

Pribor: 2 x 7, 11, 33, limene trake, drvo, čavao, gumica, baterija

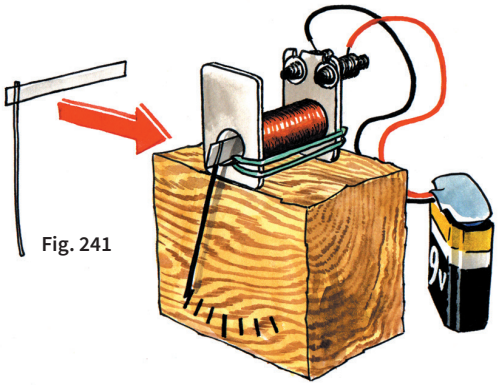


Fig. 241

242. DRUGA IZVEDBA AMPERMETRA

Žicu od konstantana namotamo oko 20 puta na željeznu šipku. Na oprugu koju smo dobili objesimo željeznu jezgru. Stavimo jedan dio jezgre u uzvojnicu (slika 122) i spojimo s baterijom. Uzvojnica uvlači jezgru tim jače što je jača struja. S pomoću kazaljke i skale možemo zabilježiti dubinu uvlačenja odnosno jačine struje.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 2 x 20, 28, 33, 37, baterija

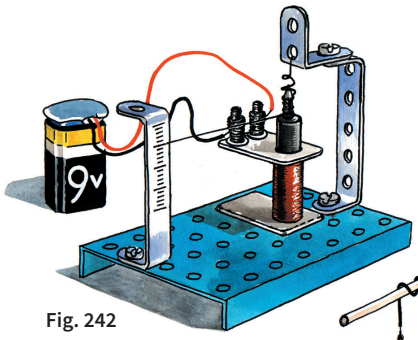


Fig. 242

243. MJERNI INSTRUMENT S POKRETNIM SVITKOM

Na podlogu od plastične mase učvrstimo dva puta prirubljenu željeznu traku a na nju drugu u vodoravnom položaju. Na vodoravnu traku učvrstimo s jedne strane željeznu jezgru a s druge magnet. Tako nastaje potkovasti magnet s jakim magnetskim poljem između krakova. Između krakova nalazi se svitak od izolirane bakrene žice debljine 0,16 mm. Svitak ima 10-12 navoja promjera 10 mm i izrađen je prema slici 123 lijevo. Način montaže svitka je prikazan na slici. Jedan kraj svitka vodi preko papirne cjevčice stalka na pozitivni, a drugi preko podloge od plastične mase na negativni pol baterije (radi boljeg električnog spoja skinimo s krajeva bakrene žice izolaciju). Ako uspostavimo strujni krug svitak će se okrenuti lijevo ili desno, ovisno u kom smjeru teče električna. Na ovom principu su građeni precizni električni mjerni instrumenti. Skretanje svitka objasnit će nam slijedeći pokus.

Pribor: (20), 2 x 5, 3 x 6, 10, 16, 2 x 29, 33, 36, baterija

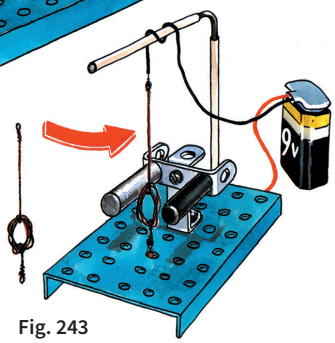


Fig. 243

244. VODIČ U MAGNETSKOM POLJU

Na podlogu od plastične mase učvrstimo željeznu traku a na nju željeznu jezgru i magnet. U magnetsko polje objesimo na 10 cm dugim bakrenim žicama osovinu sa navojima iz zbirke omotanu s 30 navoja (radi boljeg električnog spoja skinimo s krajeva bakrene žice izolaciju). Pri ovom se koristimo stalkom od papirnatih cjevčica (pokus br. 20). Ako uspostavimo strujni krug, šipka (vodič) se odbija u jednom ili drugom smjeru, ovisno u kom smjeru ide struja. Između krakova magneta postoji jako magnetsko polje. Magnetsko polje nastaje i oko vodiča u trenutku protoka struje, a za magnetska polja znamo da se privlače odnosno odbijaju, ovisno o tome jesu li istoimena ili raznoimena. Opisani pokus je važan za razumijevanje djelovanja elektromotora.

Pribor: (20), 5, 2 x 6, 10, 12, 16, 29, 33, 36, baterija

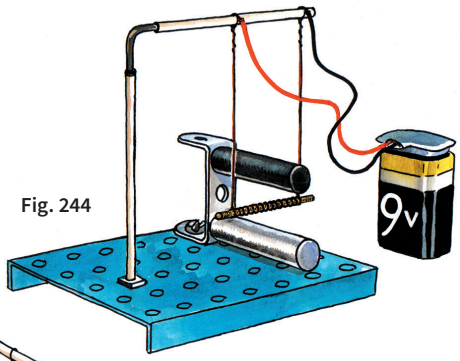


Fig. 244

245. BLOKIRANJE ELEKTROMAGNETA

Na plastično podnožje pričvrstimo elektromagnet izrađen prema slici 125. Na stalak iz papirnatih cijevi (pogledaj pokus br. 20) objesimo preko pamučne niti dvostruko savinutu traku 38 x 12 mm, tako da bude udaljena 1 cm od elektromagneta. Ako pustimo struju elektromagnet privlači željeznu traku. Stavimo između njih razne predmete kao npr. bakreni lim, cinčani lim, ljepenka, staklo, željezni lim, ustanovimo koji materijali propuštaju magnetsko polje, a koji ne.

Pribor: (20), 5, 2 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 28, 29, 33, pamučna nit, baterija

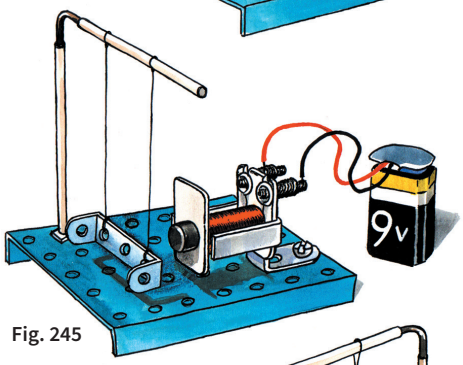


Fig. 245

246. ELEKTROMAGNETSKA KOČNICA

Na stalak iz papirnatih cijevi (pogledaj pokus br. 20) kojeg smo pričvrstili na plastično podnožje, objesimo preko pamučne niti zvono otvorom prema dolje. Ispod zvona pričvrstimo na plastično podnožje elektromagnet iz prethodnog pokusa. Zvono obilježimo crticom. Zavrtimo zvono kod iskopčane struje i izbrojimo okretaje u jednom i drugom smjeru. Kad se ono samo od sebe potpuno umiri ukopčamo struju i zvono ponovo zavrtimo. Brojimo okretaje. Elektromagnet koči zvono. To je princip elektromagnetske kočnice koja ima u tehnici veliku primjenu.

Pribor: (20), 6, 2 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 33, pamučna nit, baterija

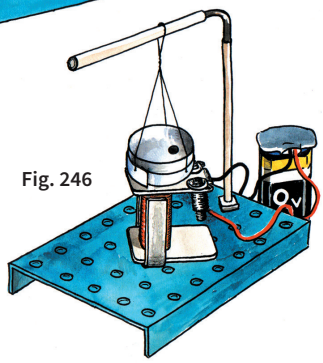


Fig. 246

ELEKTROMAGNET U TEHNICI

247. MORSEOV TELEGRAFSKI APARAT

Na podlogu učvrstimo elektromagnet koji se sastoji od jezgre podložene sa maticom, omotača i uzvojnice. U neposrednoj blizini elektromagneta nalazi se u vodoravnom položaju sidra K. To je dva puta prirubljena traka 60 x 12 mm montirana na vertikalnu traku. S desne strane sidra učvršćen je kutnik 25 x 25 mm u koji možemo učvrstiti malu olovku. Prekidač od bakrene pločice, kutnika 25 x 25 mm i opružnih spojki pričvrstimo na plastično podnožje (slika 127). Telegrafski aparat spojimo s baterijom. Elektromagnet privuče sidra. Ako struju prekinemo sidro se vraća u prijašnji položaj. Olovka može na traku, koja kod pravih uređaja klizi ispod nje, pisati točke i crtice ovisno o spajanju sa strujom. Iz točki i crtica sastavljena je Morseova abeceda (pokus 85).

Pribor: 5 x 5, 6 x 6, 6 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 24, 2 x 28, 29, 33, olovka, papir, baterija

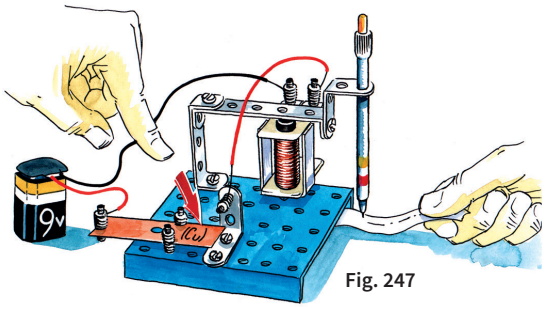


Fig. 247

248. MORSEOV KLJUČ

Za rad telegrafskih aparata Morse je konstruirao naročitu sklopku koja omogućava naizmjenično ukopčavanje i iskopčavanje dvaju telegrafskih aparata. Mi možemo napraviti takvu sklopku. Upotrebimo bakrenu pločicu, kutnike 25 x 25 mm i opružne spojke te sve skupa pričvrstimo na plastično podnožje. Kutnici sa vijcima predstavljaju lijevi i desni kontakt (slika 128). Morseov ključ ima tri vodiča. Struja dolazi preko središnjeg. Pomicanjem poluge na jednu ili drugu stranu struja se može sprovesti preko lijevog ili desnog kontakta. Rad Moresovog ključa ćemo upoznati najlakše kod povezivanja dvaju telegrafskih aparata.

Pribor: 7 x 5, 8 x 6, 7 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 23, 3 x 28, 29, 33, baterija

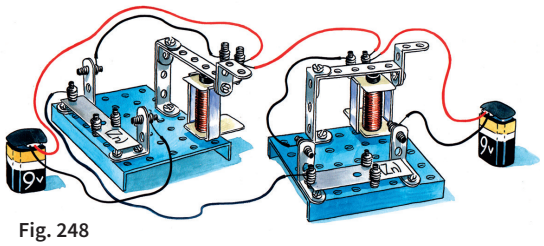


Fig. 248

249. ELEKTRIČNE SHEME

Na slici br. 129 prikazana su shematski dva Morseova telegrafska aparata i dva ključa. Oznake znače:

T = Morseov telegrafski aparat **B = baterija**
K = Morseov ključ **Z = zemlja**

Na opisani način su, na primjer, povezne dvije željezničke stanice. željeznice su, naime, nekada upotrebljavale Morseove telegrafske aparate. Opisanu shemu možemo izvesti ako raspolažemo s dvije zbirke. Jedan aparat postavimo u jednoj a drugi u drugoj sobi i telegrafiramo. Iz prve sobe vode u drugu dvije žice. Na željeznici se kod Morseovog aparata upotrebljava samo jedna žica, umjesto druge se upotrebljava zemlja, za kontakt sa zemljom služe dvije zakopane metalne ploče.

Pribor: dva telegrafska aparata, dva ključa, dvije baterije

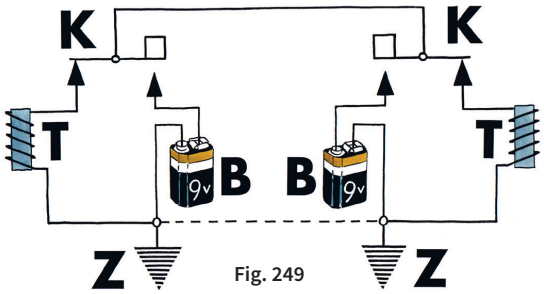


Fig. 249

250. WAGNEROV ČEKIĆ

Fizičar Wagner pronašao je električnu spravu koja automatski uključuje i prekida struju. Takva se sprava zove Wagnerov čekić. Mi ćemo ga napravit jer se često koristi u tehnici. Pomoću kutnika učvrstimo na plastično podnožje elektromagnet. Na drugi kutnik učvrstimo sidro za zvono koje učvrstimo na podlogu tako da je sidro 2 do 3 mm udaljena od elektromagneta. Struja mora ići ovim pute: iz baterije preko žice koju za sada držimo rukom, na sidro, iz sidra na kutnik i opružnu spojku, pa preko spojene žice u uzvojnicu i potom u bateriju. Čim uspostavimo strujni krug sidro počinje vibrirati i time prekida i uključuje struju. U trenutku kad elektromagnet sidro privuče struja se prekida jer se sidro odmaknuo od kontakta. Elektromagnet time prestaje djelovati. sidro se zbog elastičnosti pera vraća u prijašnji položaj i time ponovo uspostavlja strujni krug - igra se ponavlja.

Pribor: 4 x 5, 5 x 6, 3 x 7, 8, 11, 16, 17, 2 x 28, 31, 33, baterija

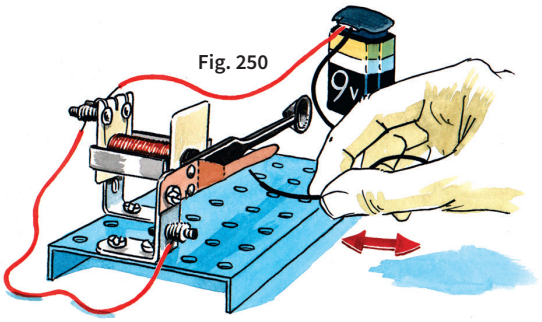


Fig. 250

251. ELEKTRIČNO ZVONO

Ako smo napravili Wagnerov čekić, neće nam biti teško izraditi električno zvono. U tu svrhu treba montirati još vijak za podešavanje kao i samo zvono. Vijak za podešavanje se sastoji iz kutnika u kojem je učvršćen zatični vijak s dvije matice (slika 131). Zvono učvrstimo na podlogu s pomoću osovine s navojem i četiri matice. Električni vodovi vidljivi su na slici br. 131.

Pribor: 5 x 5, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33, baterija

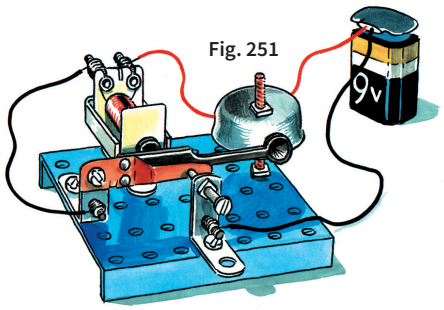


Fig. 251

252. ELEKTRIČNO ZVONO KAO VRATAR

Na shemi 132 prikazan je spoj električnog zvona, baterije i prekidača. Tako montirano zvono je vratar. Zvono i baterija nalaze se u stanu dok se prekidač nalazi kod ulaza. Osoba koja nas posjećuje, pritisne prekidač čime uspostavlja strujni krug i zvono počinje zvoniti. S pomoću drugoga elektromagneta možemo i otvoriti vrata posjetitelju.

Pribor: električno zvono, prekidač, žica za spajanje, baterija

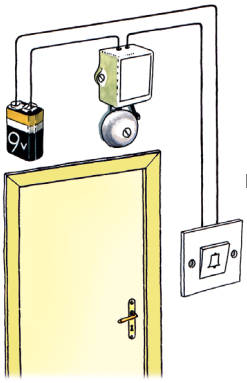


Fig. 252

253. ZVONO S VIŠE PREKIDAČA

U bolnicama, hotelima, željezničkim vagonima i drugdje, potrebno je da se određene osobe npr. bolničarka ili kondukter mogu pozvati s više mjesta. Slika 133 prikazuje shematski spoj zvona s baterijom i prekidačem. Na opisani način izvedena je npr. signalizacija u spavaćim kolima s tim da se na hodniku iznad svakih vrata nalazi crvena signalna pločica koja “padne” kad zvono zazvoni. Tako kondukter zna koji putnik zove. Signalne pločice s brojevima soba nalaze se i u bolnicama i u hotelima. I one se pokreću s pomoću elektromagneta.

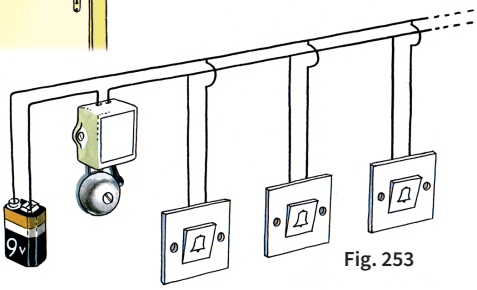


Fig. 253

254. SIGNALNE NAPRAVE

Iz tankog lima napravimo sklopku (slika 134). Limovi trebaju biti širine 10 mm a dužine 60 mm. Sklopku učvrstimo iznad vrata tako da se limovi dodiruju ako se vrata otvore, a da se razmaknu kada se zatvore. Ako sklopku spojimo s baterijom i električnim zvonom dobijemo signalnu napravu koja će nam javljati kad su vrata otvorena a kad zatvorena. Opisani uređaj koristi se za osiguranje skladišta, trgovina i stanova.

Pribor: zvono, lim, žica za spajanje, baterija

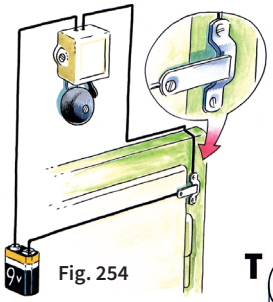


Fig. 254

255. ELEKTRICITET JAVLJA NIVO VODE

Nivo vode ili druge tekućine u rezervoarima tvornica i laboratorija ne smije preći ispod određene točke. Te točke osigurava struja (slika 135). U tekućini je uronjen plovak koji se zajedno s tekućinom diže i spušta. Ako dođe do kritične gornje granice, kontakt A uspostavlja strujni krug i električno zvono upozorava da nešto nije u redu. Ako se voda spusti ispod dozvoljene točke signalni uređaj pokreće kontakt B. Postoji i mogućnost automatskog reguliranja nivoa tekućine. Jedan od navedenih kontakata otvara a drugi zatvara dovod odnosno odvod.

P = plovak
T = točak
U = uteg

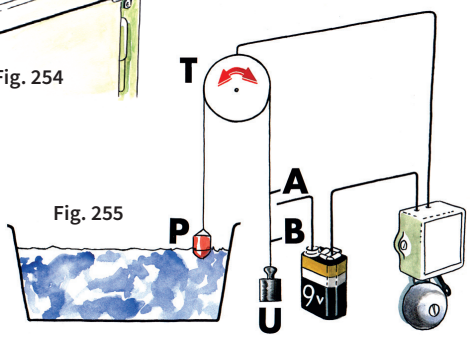


Fig. 255

256. FIZIOLOŠKO DJELOVANJE ELEKTRIČNE STRUJE

Struja djeluje na naše tijelo. Provjerit ćemo ovo s još nekoliko pokusa.

1. Lijevom rukom uhvatimo pločicu od bakra, desnom od cinka, pa njima dodirnemo polove baterije (slika 136 lijevo). Iako pretpostavljamo da kroz naše tijelo teče struja, to ne osjećamo.
2. Metalne pločice spojimo s uzvojnicom u kojoj se nalazi željezna jezgra (slika 136 desno). Držimo pločice rukama pa struju spajamo i prekidamo. Kod spajanja, kao ni ranije, ne osjećamo ništa dok kod prekidanja osjećamo jake električne udarce. Oni potječu iz uzvojnice jer je veza s baterijom u tom momentu prekinuta. Da bi objasnili tu pojavu ponovit ćemo pokus 95. Kod tog pokusa upoznali smo induktivni otpor koji nastaje u uzvojnici prilikom ukopčavanja uzvojnice u strujni krug. Tad se oko uzvojnice stvara magnetsko polje. Prilikom prekidanja struje magnetsko se polje ruši te dolazi do induciranog udarca koji smo osjetili.

Pribor: 4 x 7, 11, 16, 23, 24, 33, baterija

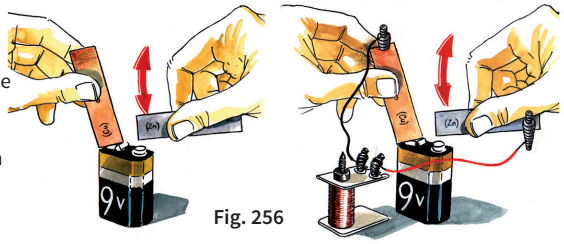


Fig. 256

257. INDUKCIJSKI APARAT

Od električnog zvona od indukcijskog (samoindukcijskog) aparata samo je jedan korak. Dok zvono zvoni spojimo s njim dvije metalne pločice, jednu s vijkom za podešavanje, a drugu s kutnikom koji nosi sidro (slika 137). Ako su ruke suhe osjetit ćemo slabu struju, a ako su mokre jaku.

Pribor: (131), 23, 24, 33

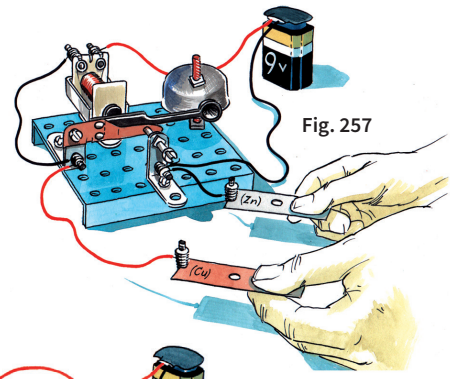


Fig. 257

258. ELEKTRIZIRANJE KROZ VODU

Metalnu pločicu iz pokusa 137 spustimo u zdjelu punu vode. Pored pločice u vodu spustimo kovanicu. Dok zvono zvoni, pokusna osoba neka desnom rukom čvrsto uhvati drugu metalnu pločicu a lijevom nekako podigne novčić iz vode. Kod dodira vode pokusna osoba će osjetiti vrlo jak udar. Neće uspjeti podići novčić jer će ju uhvatit grč u ruci. Mokrim rukama je vrlo opasno dirati električne instalacije.

Pribor: (137), posuda s vodom, kovanica

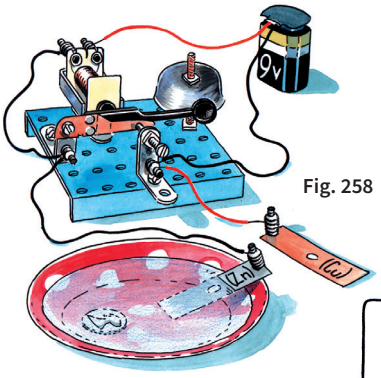


Fig. 258

259. ZEMLJA KAO VODIČ

Elektrodu koja je kod prijašnjeg pokusa bila u vodi zabodemo u vlažnu zemlju na kojoj stojimo bosi. Drugu elektrodu uhvatimo rukom. Vlažna zemlja je dobar vodič elektriciteta. Slika 139 je djelomični shematski prikaz pokusa.

Pribor: (137)

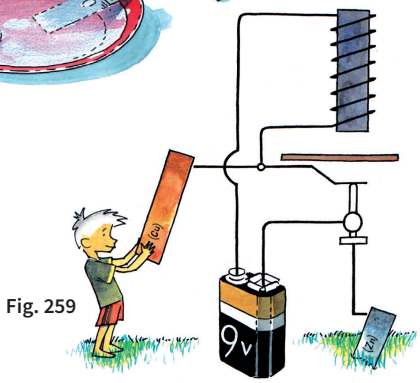


Fig. 259

260. RELE

Releji su sprave koje nam omogućuju da s pomoću slabe struje ukopčavamo ili iskopčavamo drugi jači strujni krug. Postoje dvije vrste releja, oni koji ukopčavaju i oni koji iskopčavaju struju. Možemo izraditi i jedne i druge. Na slici 140 prikazan je rele za ukopčavanje. U prvom strujnom krugu se nalazi elektromagnet i baterija br. 1. Ako uspostavimo strujni krug, magnet privlači sidro, a to povezuje drugi strujni krug u kojem se nalaze žaruljica, baterija br. 2 i sidro. žaruljica svijetli. Nije teško napraviti izmjene koje će rele za ukopčavanje pretvoriti u rele za iskopčavanje.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 6 x 7, 8, 11, 14, 16, 2 x 29, 31, 33, 35, 2 baterije

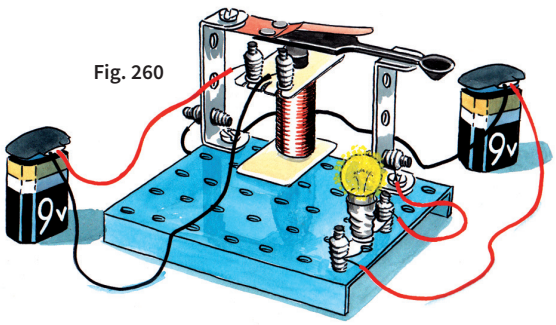


Fig. 260

261. PASTIRSKI TELEFON

Pastirski telefon se sastoji od dva valjka napravljena od ljepenke i presvučena s jedne strane pergament papirom. Između telefona napnemo tanku nit koja mora biti prilikom telefoniranja napeta. Dok jedan govori drugi sluša i obrnuto. Prilikom govora titra membrana od pergament papira, možeš uporabiti i plastičnu čašu od jogurta. Ti se titraji kroz napetu nit prenose na drugu membranu koja uslijed toga isto tako titra. Telefon radi samo na kratkim udaljenostima i sve dok je nit napeta. Nalik na ovakav telefon je i Bellow telefon. I on ima dva jednaka dijela. U svakom dijelu se nalazi permanentni magnet, željezna jezgra i uzvojnica a ispred elektromagneta nalazi se tanka željezna membrana. Ako govorimo prema membrani time mijenjamo magnetsko polje uslijed čega se u uzvojnici stvara struja koja se s pomoću dvije žice prenosi do drugog telefona i tamo uzrokuje titranje membrane. Bellow telefon je danas ustupio mjesto telefonu koji se sastoji od slušalice i mikrofona.

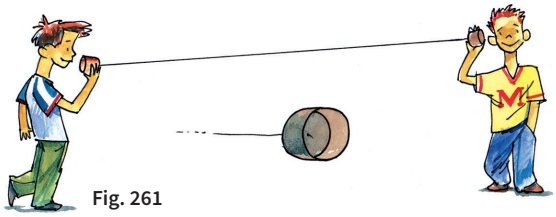


Fig. 261

262. PRETVARANJE ELEKTRICITETA U ZVUK

Na slici 142 shematski je prikazan uređaj s pomoću kojeg možemo pretvoriti elektricitet u zvuk. Na plastičnom podnožju nalazi se elektromagnet sastavljen od jezgre, omotača i uzvojnice. Na elektromagnet postavimo poklopac kutije za bombone (željezni lim). Prilikom pokusa poklopac neznatno podignemo. To je membrana. Ako struju uklapljamo i prekidamo čuje se klokotanje membrane. Kod uspostavljanja strujnog kruga elektromagnet membranu privuče, a kod prekida ona se zbog elastičnosti vraća u prvobitni položaj. Na gornjoj osnovi je rađena slušalica koju ćemo napraviti u slijedećem pokusu.

Pribor: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, limeni poklopac, baterija

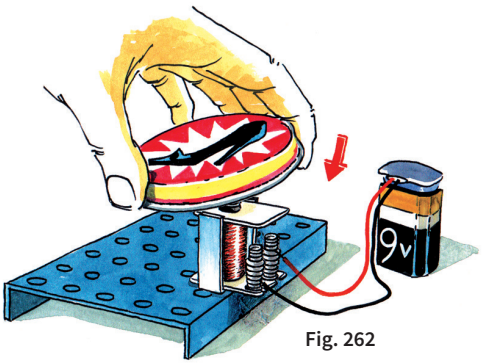


Fig. 262

263. SLUŠALICA

S pomoću dvije dva puta prirubljene trake 38 x 12 mm i dva puta prirubljene trake 60 x 12 mm, montiramo membranu i elektromagnet, tako da se membrana nalazi 1 do 2 mm udaljena od elektromagneta. Slušalicu spojimo s baterijom (slika 143). Membrana ne smije dodirivati elektromagnet prilikom ukopčavanja struje, a ne smije biti ni previše udaljena od njega. Kada uklapljamo struju elektromagnet privuče membranu, kada prekidamo struju membrana popusti i čuje se karakteristično "klokotanje".

Pribor: 4 x 5, 6 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 20, 22, 2 x 29, 33, baterija

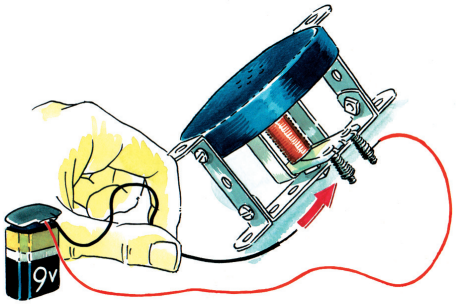


Fig. 263

264. TURPIJA KAO PREKIDAČ STRUJE

Slušalicu iz prethodnog pokusa spojimo s baterijom preko turpije (slika 144). Jednim kontaktom stružemo po turpiji. U slušalici čujemo zujanje koje nastaje zbog prekidanja struje.

Pribor: (143), turpija

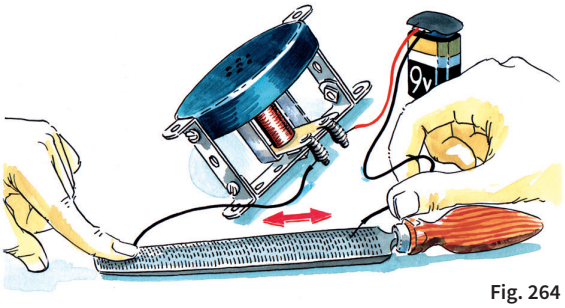


Fig. 264

265. AVTOMOBILSKA SIRENA

Za izvođenje tog pokusa potrebna nam je slušalica (slika 143), baterija i spojne žice. Jedan pol uzvojnice elektromagneta spojimo s membranom a s drugim sa osjećajem dotičemo membranu (dostatno da membrana vibrira) kao što je prikazano na slici 145 baterijom.

Pribor: (143), 7

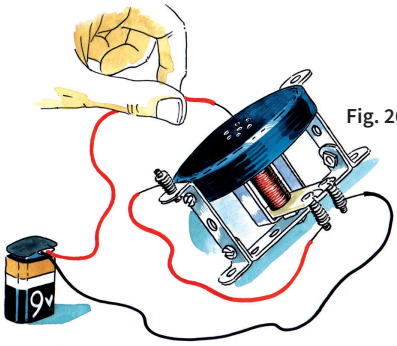


Fig. 265

266. MIKROFON

U našoj zbirci se nalazi vrlo jednostavan ali osjetljiv mikrofon. On ima dva osnovna sastavna dijela: membranu poput one u slušalici (s tom razlikom što je izrađena od plastične mase) i tri kontakta od kojih su dva željezna učvršćena na membranu dok treći iz uglja koji visi o koncu, dotiče prije spomenute kontakte. Bateriju, mikrofon i žaruljicu spojimo u strujni krug (slika 146). Ako na slobodni ugalj pritisnemo prstom, žaruljica će svijetliti. što je pritisak jači jače je i svjetlo. Uslijed jačeg ili slabijeg dodira uglja mikrofon propušta jaču ili slabiju struju. Ovo se može postići i govorom.

Pribor: 2, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7, 8, 14, 2 x 28, 33, 35, baterija

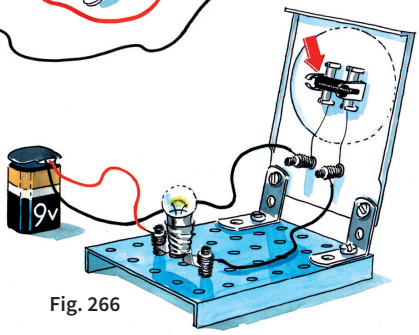


Fig. 266

267. TELEFON

Ako spojimo slušalicu iz pokusa br. 143, mikrofon iz prethodnog pokusa i bateriju dobijemo telefon, spravu s pomoću koje možemo prenositi govor na velike udaljenosti. Džepni sat koji položimo na podlogu od plastične mase čujemo u slušalici. Zbog kucanja membrana titra. Ugljeni štapići propuštaju čas jaču čas slabiju struju, elektromagnet u slušalici čas jače čas slabije privlači membranu uslijed čega titra zrak i mi to čujemo. S pomoću našeg telefona se može prenositi i govor. U tu svrhu treba mikrofon postaviti u jednu sobu, a slušalicu u drugu, s tim da su potrebne duže žice.

Pribor: (143), (146), džepni sat

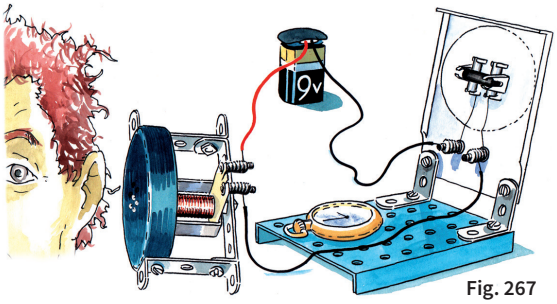


Fig. 267

GENERATORI I ELEKTROMOTORI

268. PRETVARANJE MEHANIČKE ENERGIJE U ELEKTRIČNU

1. Uzvojnicu spojimo s galvanoskopom (slika 148). U šupljinu uzvojnice uvučemo brzim pokretom magnet. Kazaljka galvanoskopa će se otklonit ali se brzo vraća u prijašnji položaj. Brzim pokretom izvučemo magnet, kazaljka će se otklonit u suprotnom smjeru.
2. Okrenimo magnet pa ga prvo uvucimo a zatim izvucimo. I sad nastaju udari struje. Kako se kod ovog pokusa rađa struja? Iz ranijih pokusa znamo da je magnet nosilac magnetskog polja. Ako uronimo magnet u uzvojnicu magnetske sile sijeku namotaje uzvojnice. Zbog indukcije u njima nastaje struja. Struja traje samo dok je magnet u pokretu, dok se magnetsko polje mijenja. To je jedan od najvažnijih pokusa s područja elektriciteta. Na tom principu su građeni generatori. To su strojevi u kojima se mehanička energija pretvara u električnu energiju.

Pribor: 1, 4 x 7, 10, 11, 33, 34

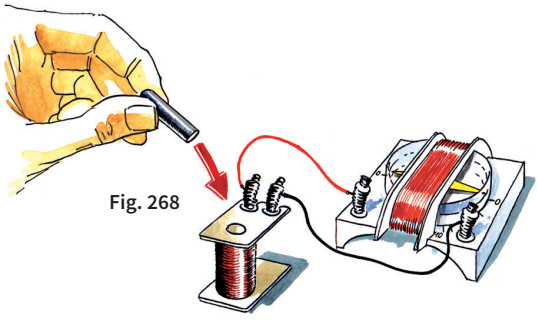


Fig. 268

269. GENERATOR IZMJENIČNE STRUJE

U uzvojnicu stavimo željeznu jezgru, pa ju spojimo s galvanoskopom i pričekamo da se kazaljka postavi na 0. Zavrtimo zatim iznad uzvojnice magnet koji visi o koncu. Napravili smo najjednostavniji generator izmjenične struje.

Pribor: 1, 4 x 7, 10, 11, 16, 33, 34, papir, nit

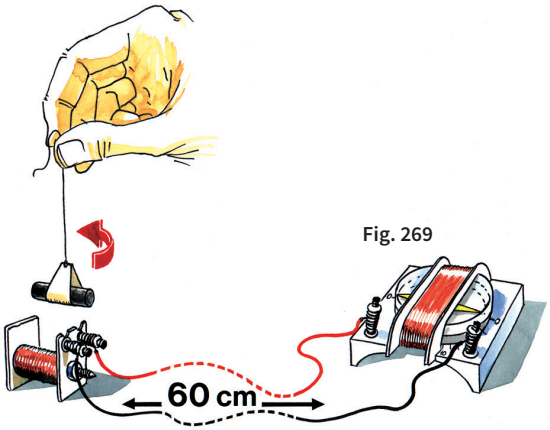


Fig. 269

270. STATOR ELEKTROMOTORA I GENERATORA

Kod električnih mašina se onaj dio koji se ne pokreće zove stator. Izradit ćemo jedan takav stator. Na podlogu učvrstimo oba kraka statora. Između krakova stavimo magnet i učvrstimo ga osovinom s navojem i dvije matice. Stator je izrađen. S pomoću kompasa možemo se uvjeriti da se između krakova prostire magnetsko polje. Strugotinama željeza možemo dokazati da teku magnetske silnice od jednog kraka prema drugom. (vidi pokus br. 41).

Pribor: 2 x 5, 4 x 6, 8, 10, 12, 15, 34

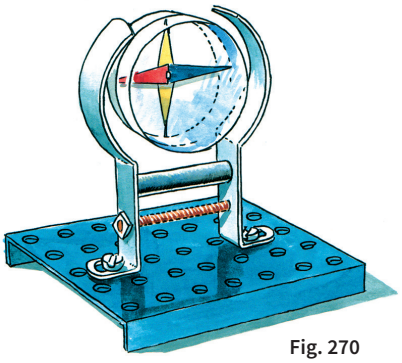


Fig. 270

271. ROTOR ELEKTROMOTORA I GENERATORA

Rotor je ustvari uzvojnica podešena tako da se može okretati. Početak i kraj namotaja završavaju na poluvaljcima. Preko tih poluvaljaka koji se zovu kolektori, dovodimo rotoru struju ili mu je oduzimamo, već prema tome da li se radi o elektromotoru ili generatoru. Na kolektor sa svake strane naslanja se po jedna metalna opruga zvana četkica. Provjerimo s pomoću kompasa kako djeluje rotor!

1. Rotor spojimo preko četkica s baterijom (slika 151);
2. S pomoću kompasa ustanovimo koji kraj rotora ima sjeverni a koji južni pol;
3. Provjerimo da li se polovi kod punog okretaja rotora (360 stupnjeva) mijenjaju ili ostaju isti!

Pažljivim promatranjem ustanovit ćemo da krajevi uzvojnice mijenjaju pol poslije svake polovice okretaja i to zahvaljujući kolektoru koji u određenom trenutku mijenja smjer struje. Nije teško ustanoviti da se smjer struje mijenja onda kad se uzvojnica rotora nalazi u vodoravnom položaju. U tom trenutku mijenjaju se i magnetski polovi rotora. Prijašnji sjeverni pol postaje južni i obratno.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 19, 2 x 20, 21, 33, baterija

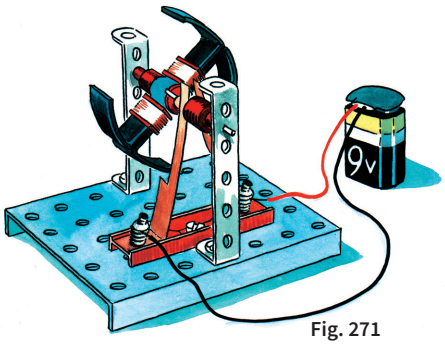


Fig. 271

272. ELEKTROMOTOR ZA ISTOSMJERNU STRUJU

Pošto smo upoznali stator generatora (pokus br. 150) i rotor generatora s četkicama (pokus br. 151), možemo izraditi elektromotor za istosmjernu struju. Najprije moramo sastaviti rotor s četkicama a zatim stator. Kad se uvjerimo da se rotor besprijekorno okreće i da se četkice naslanjaju na kolektor, spojimo elektromotor s baterijom. Rotor počinje da se okreće. Iz početka polako a zatim sve brže i brže do punog broja okretaja koji iznosi od 2.800 do 3.000 u minuti. Mijenjajmo polove baterije!

Pribor: (151), 2 x 5, 4 x 6, 10, 12, 15

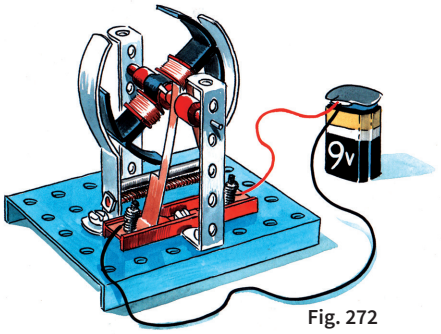


Fig. 272

273. GENERATOR ZA ISTOSMJERNU STRUJU

Elektromotor iz pokusa br. 152 spojimo s galvanoskopom i rukom zavrtimo rotor elektromotora. Kazaljka galvanoskopa se otkloni. Zavrtimo ga u suprotnom smjeru. Kazaljka se otkloni u suprotnom smjeru. Elektromotor za istosmjernu struju može nam poslužiti kao što smo vidjeli i kao generator, kao stroj koji rađa istosmjernu struju.

Pribor: (152), 1, 2 x 7, 34

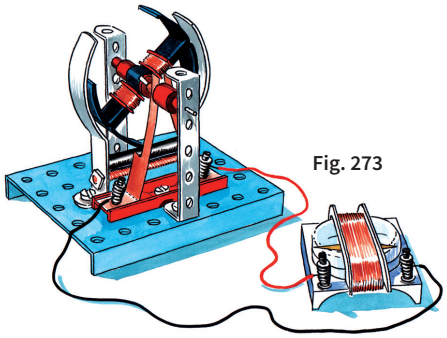


Fig. 273

ZAKLJUČAK

Time što smo izveli sve pokuse opisane u ovoj zbirci za nas nije kraj već početak rada. Pokusi koji su opisani čine prvi i vrlo važan korak u stjecanju znanja vlastitim iskustvom.

Svake upute imaju svoj kraj. Ako ste došli do kraja ovih uputa, nemojte dopustiti da to bude kraj vaših pokušaja da proširite svoje znanje o elektronici i elektrotehnici. Neka vam ove upute budu uvod i vodič kroz svijet elektronike, svijet novih događaja, iznenađenja i nedostižnih mogućnosti. Na to znanje lako je nadovezati znanje koje su stekli drugi, a koje se posreduje s pomoću knjiga, predavanja, radio i televizijskih emisija.

KO JE ...?

U ovom poglavlju navest ćemo neke od znanstvenika koji su pridonijeli razvoju elektronike i elektrotehnike. Velik broj njih već je spomenut u knjizi.

Ampere, André-Marie Francuski fizičar (1775.-1836.) proučavao je Erstedovo otkriće i postavio temelje elektrodinamike (znanosti koja se bavi kretanjem električne struje). Svoj rad posvetio je otkrivanju točnog odnosa između električne struje i magnetizma. Po njemu je nazvana jedinica za mjerenje električne struje (A).

Bardeen, John (John je bio američki fizičar (1909-1991) koji je, zajedno sa Brattainom H. Walterjem i Schockleyem Williamom dobio Nobelovu nagradu za fiziku 1956. godine za otkriće tranzistora 1948. kao rezultat napora ova tri istraživanja u Belovoj Razvojnoj Laboratoriji. Također je proučavao svojstva supstanci na ekstremno niskim temperaturama (supreprovodnici) za šta je dobio drugu Nobelovu nagradu, 1972. godine zajedno sa Leonom N. Cooperjem i Johnom Schriefferjem.

Brattain, Walter Houser američki fizičar (1902 - 1987), vidjeti Bardeen.

Coulomb, Charles Augustin de francuski fizičar (1736-18(16), proučavao sile između dva tijela koja se pune. Jedinica za električno punjenje (C) je ime dobila po njemu.

Edison, Thomas Alva američki fizičar (1847-1931), jedan od najplodnijih istraživača 19. vijeka. Među njegovim brojnim izumima su žarulja od karbonskih vlakana, fonograf (preteča gramofona) i kino projektor.

Faraday, Michael Engleski kemičar i fizičar (1792.-1867.), poznat kao pionir istraživanja i eksperimenata u područjima elektriciteta i magnetizma. Općenito ga se smatra jednim od najvećih eksperimentatora ikada. Razvio je koncept linija sile – zamišljenih linija duž kojih teku magnetske sile. Ovakva definicija ponašanja sila u ovom području danas se često koristi. Po njemu je jedinica za kapacitet kondenzatora (F) dobila ime.

Henry, Joseph Američki fizičar i znanstvenik (1797.-1878.), poznat po otkriću elektromagnetske indukcije i autoindukcije. Njegovi eksperimenti u kemiji, elektricitetu i magnetizmu ukazuju na raznolikost područja koja je proučavao. Po njemu je indukcijska jedinica (H) dobila ime.

Hertz, Heinrich Rudolph Njemački fizičar, matematičar i inženjer (1857.-1894.) prvi je rasvijetlio postojanje radio valova. Dokazao je da radio valovi putuju brzinom svjetlosti. U čast njegovom radu i rezultatima jedinica za frekvenciju (Hz) nazvana je po njemu.

Kelvin, William Thomson Škotski fizičar (1824-19(l7), predložio je mjerenje temperature od apsolutne nule (-273,15° C). Bio je jedan od znanstvenika koji su postavili temelje termodinamike. Pomogao je u projektu prijenosa telegrafskih poruka iz Europe u Ameriku podmorskim kabelom. Poboljšao je svojstva čitavog niza mjernih instrumenata. Po njemu je nazvana jedinica za mjerenje apsolutne temperature (K).

Kirchoff, Gustav Robert Njemački fizičar (1824-1887), otkrio je osnovni zakon elektromagnetske emisije, prema kojem zračenje crnog tijela ovisi o temperaturi i frekvenciji tijela. Jedan je od utemeljitelja spektroskopije.

Leclanché, Georges Francuski izumitelj (1839.-1882.), po kojem su nazvane suhe baterije. Danas još uvijek koristimo suhe baterije za prijenosne kućanske aparate.

Morse, Samuel Finley Breese Američki glumac i izumitelj (1791.-1872.). Među znalcima je poznat po svojim minijaturama. Kao tehničar, poznat je prvenstveno po razvoju telegrafa. Napravio je aparat za primanje poruka koje se prenose žicom, koji je pomoću elektromagneta olovkom pritiskao vrpcu i tako dobivamo poruku u obliku točkica i crta. Također je izumio abecedu koja se sastoji od točkica i linija.

Oersted, Hans Christian danski filozof (1777-1851). Tijekom pokusa koje je izvodio dok je predavao 1820. godine otkrio je elektromagnetsku indukciju. Također je proučavao ponašanje tekućina i plinova pod pritiskom. Bio je visoko cijenjen zbog svojih predavanja i eksperimenata.

Ohm, Georg Simon njemački fizičar (1789-1854). Godine 1826. odredio je odnos između napona, struje i otpora u zatvorenom krugu. Po njemu su nazvani Ohmov zakon, kao i jedinica za mjerenje otpora (Ω).

Shockley, William američki fizičar (1910-1989). Vidite pod Bardeen, John.

Swan, Sir Joseph Wilson Britanski kemičar i izumitelj (1828.-1914.), bogato je pridonio razvoju fotografije. Njegovi drugi izumi uključuju žarulju s grafitnom niti (1860.) i žarulju s metalnom niti (1878.).

Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Talijanski fizičar (1745-1827), izumitelj prve električne baterije. Također je prvi izolirao plin metan. Jedinica za napon (V) je dobio ime po njemu.

RJEČNIK

Ovaj rječnik sadrži neke pojmove koji vam možda nisu poznati. Neki od njih se u uputama dosta koriste, neki manje, dok se neki uopće ne koriste, ali se odnose na neke pojmove iz područja elektronike i elektrotehnike.

apsolutna nula najniža moguća temperatura (-273.15° C).

akumulator baterija, ili izvor električne struje, koji se može ponovo napuniti kada je ispražnjen. Akumulator se obično puni električnom strujom koja se dobija iz pretvarača.

izmjenična struja koja teče naizmjenično prvo u jednom pa u drugom smjeru.

ampermetar instrument za mjerenje električne struje

anoda spojna dioda koja se spaja na pozitivan potencijal. Elektricitet će teći kroz diodu samo ako je anoda spojena na pozitivni pol.

nepostojan nešto je nestabilno ako su njegovi statusi aktivni, ali se stalno mijenjaju.

AVO metar instrument za mjerenje električne struje, voltaže ili otpora. Ime je dobio skraćivanjem simbola ovih vrijednosti A, V i Ohm.

balansirani strujni krug strujni krug u kojem je struja usmjerena i podijeljena na način koji podsjeća na klackalicu (jedna strana gore, druga dolje ili uravnoteženo).

baza spoja tranzistora kroz koju se struja usmjerava kroz konus upravlja tranzistorom.

baterija izvor električne struje gdje se kemijska energija (energija pohranjena u kemijskim spojevima) pretvara u električnu energiju. Nakon što se isprazni, beskoristan je osim ako se ne može ponovno napuniti.

bistabilno je nešto što može postojati u jednom ili dva stabilna stanja.

bit najmanja jedinica kompjuterskog podatka. Ima dva statusa, koji su logički nazvani 1 i 0.

CD disk na koji se podaci (uključujući glazbu) mogu čuvati u digitalnoj formi.

CD-ROM je uvijek jedan CD na kojem su snimljeni računalni podaci. Jedan takav disk može pohraniti podatke ekvivalentne 300.000 tipkanih stranica. Također može pohranjivati slike, animacije, video zapise i zvuk.

coulomb jedinica za mjerenje količine električnog punjenja.

čip minijaturna silikonska ploča na kojoj se može napraviti integrirani elektronski strujni krug.

Darlingtonov strujni krug strujni krug kod koga struja od odašiljača tranzistora teče direktno do baze drugog.

digitalni podatci podaci zabilježeni sekvencama bitova.

diagram strujnog kola dijagram koji prikazuje kako su povezani pojedini elementi strujnog kruga.

dinamo generator direktne električne struje.

dioda poluprovodljivi element strujnog kola kroz koji se struja provodi u jednom pravcu.

direktna struja struja koja teče samo u jednom smjeru.

tipka osjetljiva na dodir koja reagira na dodir.

električni motor aparat kojim se električna struja pretvara u mehaničku silu.

električno punjenje količina elektriciteta. Ako je nešto napunjeno, to znači da sadrži neizbalansiran elektricitet.

električni strujni krug put kojim struja teče. Električna struja može teći samo ako je strujni krug zatvoren, npr. pozitivni pol baterije, žica kao vodič, žarulja, druga žica kao vodič i negativni pol baterije.

električna struja usmjereno i kontrolirano kretanje električnog punjenja.

električno polje polje oko električnog punjenja unutar koga su aktivne električne sile.

elektrolit tečnost koja provodi električnu struju.

elektrolitički kondenzator element koji sadrži tekućinu (elektrolit). Takvi kondenzatori obično imaju veći kapacitet (nekoliko mikrofarada). Orijentacija je važna za elektrolitske kondenzatore. Ako se povežu u krivom smjeru, bit će trenutno uništeni.

elektromagnet u osnovi zavojnica kroz koji teče električna struja. Zbog svog svojstva magneta kada se poveže na električnu struju, naziva se elektromagnet.

elektron subatomski dio s negativnim nabojem.

elektronski kompjuter uređaj s elektroničkim sklopom koji može vrlo brzo izvesti velik broj operacija.

element tvar koja se sastoji samo od jedne vrste atoma.

element strujnog kruga komponenta strujnog kruga.

odašiljač kontakt na tranzistoru gdje se križaju struje s pozitivnog pola baterije kroz bazu i kolektor.

energija sposobnost da se nešto učini. Energija može mijenjati svoj oblik: iz mehaničke u električnu (u generatoru), električnu u toplinsku (u peći), električnu u svjetlosnu (u žarulji) itd.

frekvencija broj promjena u sekundi.

generator uređaj koji mehaničku energiju pretvara u električnu. Generatori se koriste u elektranama gdje se npr. mehanička energija pretvara u električnu.

grafit meki oblik ugljika. U elektrotehnici se koristi za otpornike i na kliznim kontaktima. Također je srž olovaka i maziva za strojeve.

indukcija djelovanje magneta na pokretni vodič ili zavojnicu. Električna struja inducira se da teče kroz takav vodič ili zavojnice kada se kreću u blizini magneta.

induktivni otpor svojstvo zavojnice mjereno u henrijima (H).

izolatori tvar koja ne provodi elektricitet.

integrirani strujni krug strujni krug s velikim brojem elemenata (npr. tranzistori, otpornici, diode) koncentriranih na silicijskom čipu. Složeni integrirani krugovi mogu se sastojati od nekoliko milijuna tranzistora.

kapacitet svojstvo kondenzatora. Izražava se u faradejima (F).

kondenzator element strujnog kruga u kojem se pohranjuje električna struja tako da napon na kontaktima ostaje nepromijenjen. Kondenzator se odupire promjenama napona na kontaktima.

katoda diodni kontakt koji je spojen na negativni pol. Struja će teći kroz diodu samo kada je katoda spojena na negativni pol.

zavojnica elektrolitički vodič namotan u spiralu za stvaranje induktivnog otpora ili magnetskog polja.

kompakt disk vidjeti CD

kompjuter uređaj sposoban za obradu podataka ili izvođenje raznih operacija nad podacima (npr. računanje).

konverter uređaj koji izmjeničnu struju pretvara u istosmjernu.

laser (skraćenica za Light Amplification by Simulated Emission of Radiation = Pojačavanje svjetla simuliranjem emisije zračenja) je uređaj koji emitira jedva jak snop svjetlosti u samo jednoj boji.

LED (Light Emiting Diode - Dioda koja emitira svjetlost) svjetlosna dioda

magnet tvar koja privlači predmete od željeza, kobalta i nikla.

magnetno polje područje koje okružuje magnet.

mikrofon uređaj u kojem se energija proizvedena zvukom pretvara u električnu.

mikroprocesor vrlo složen integrirani sklop s velikim brojem logičkih sklopova. Odabirom statusa (naredbe) na određenim vezama moguće je "narediti" sklopu da nešto učini sa statusom (podacima) koji se nalazi na nekoj drugoj vezi. Mikroprocesori su zapravo "mozak" računala.

molekule najmanja količina tvari koja još ima svojstva te tvari.

monostabilan nešto (npr. sklop) što ima samo jedno stabilno stanje. Promijenimo li to stanje nekim vanjskim djelovanjem, vratit ćemo ga u prvobitno, stabilno stanje.

nisko - frekventni signal signal koji se može čuti, a koji je između 16 Hz i 20 000 Hz.

NPN tranzistor tranzistor koji normalno radi kada mu je kolektor spojen na pozitivni pol, a emiter na negativni pol.

NTC (negativan temperaturni koeficijent) je termistor kod kojeg se otpor smanjuje s porastom temperature.

ohmmeter instrument za mjerenje otpora.

oscilator strujni krug koji proizvodi izmjeničnu struju.

otpor osobina otpornika. Izražava se u ohmima (Ω).

otpornik element strujnog kruga koji sprječava protok električne struje. U njemu se električna struja pretvara u toplinu.

PNP tranzistor tranzistor koji normalno radi kada mu je emiter spojen na pozitivni pol, a kolektor na negativni pol.

pojačalo strujni krug koji pojačava električne signale.

pol strana magneta na kojoj je utjecaj magnetnih sila najjači.

poluprovodnik tvar koja ima svojstva i vodiča i izolatora. Ako se pretvore i koriste na pravi način, postaju vodiči.

potenciometar otpornik s podesivim otporom. Spojen je na krug tako da su spojeni i kontakti otpornika i klizača.

prekidač element strujnog kruga sa kojim možemo odspojiti strujni krug.

razdjelnik napona strujni krug koje se sastoji od dva otpornika. Razdjelnik napona je u stvari izlaz strujnog kruga je na mjestu gdje su povezani.

provodnici tvari koje provode električnu struju.

protoni dijelovi manji od atoma sa pozitivnim električnim punjenjem.

pulsirajuća struja struja koja teče samo u jednom smjeru preko fluktuirajućeg napona.

RAM (random access memory = memorija sa direktnim pristupom) radna memorija kompjutera. Kod ove memorije, podatci se mogu unositi pisanjem i čitati.

reed prekidač cijev s dvije metalne cijevi u obliku trske. Kada su magnetizirani (magnetom ili elektromagnetom), međusobno se dodiruju i propuštaju struju.

relej uređaj s elektromagnetom koji privlači komadić metala i tako stvara spregu pokretnih i nepomičnih kontakata. Kod releja koristimo električnu struju za uključivanje drugih kontakata.

svjetlosna dioda dioda koja emitira svjetlost kada kroz nju teče struja.

tijelo koje se puni tijelo u koje ulazi električno punjenje i iz koga izlazi.

povratna spojnica dio strujnog kruga koje usmjerava dio podataka sa izlaza na ulaz istog strujnog kruga.

robot računalno upravljani stroj.

ROM (read only memory = fiksna memorija) memorijski čip s kojeg se podaci mogu samo čitati.

senzor element u krugu koji mijenja vanjski impuls u električni impuls (npr. senzor vlage).

stabilan status koji se neće promijeniti sam od sebe.

termistor otpornik gdje se otpor mijenja s temperaturom.

tranzistor poluvodički element koji mijenja otpor kao odgovor na električne impulse (struja usmjerena na njegove m upravljačke kontakte).

univerzalni instrument vidjeti AVO metar.

visoko frekventni signali signali frekvencije viši od onih koje možemo da čujemo. Iznad 20 kHz.

voltmetar instrument za mjerenje voltaže (električni potencijal).

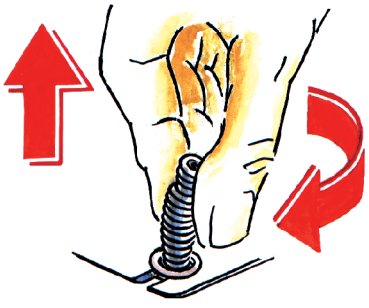
zvučnik aparat koji elektricitet pretvara u zvuk.

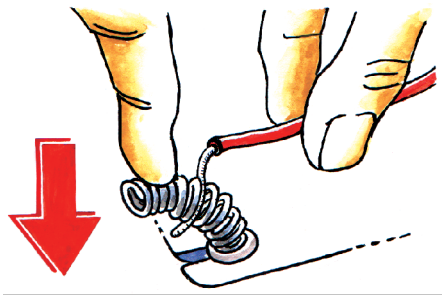
POPIS SASTAVNIH DIJELOVA

Br.	NAZIV SASTAVNIH DIJELOVA	Kom
1	Galvanoskop	1
2	Mikrofon	1
3	Kutijica sa željeznim strugotinama	1
4	Kutijica za vijke i matice	1
5	Vijci M4 x 5	12
6	Matice M4	16
7	Opružna spojka	30
8	Plastično podnožje	1
9	Željezna šipka	1
10	Magnet	1
11	Uzvojnica	1
12	Osovina s navojem	1
13	Zvono	1
14	Stalak za žaruljicu	1
15	Stator (kraka statora)	1
16	Željezna jezgra	1
17	Omotač jezgre	1
18	Kotva	1
19	Rotor	1
20	Traka dva puta prirubljena 60 x 12 mm	2
21	Četkice	1
22	Slušalica	1
23	Pločica od cinka (Zn)	1
24	Pločica od bakra (Cu)	1
25	Vijak M4 x 20	1
26	Plastična pločica	1
27	Metalna pločica s plastičnom ručkom	1
28	Kutnik 25 x 25 mm	4
29	Traka dva puta prirubljena 38 x 12 mm	2
30	Otpornik (reostat)	1
31	Čekić za zvono	1
32	Ključ za matice sa izvijačem	2
33	Žica za spajanje	5
34	Kompas	1
35	Žaruljica 12 V/0,05 A	1

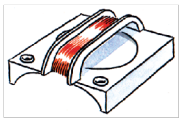
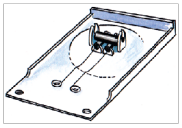
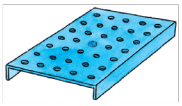
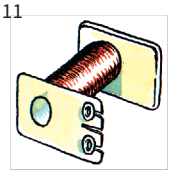
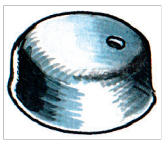
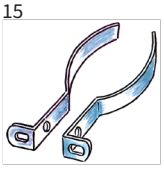
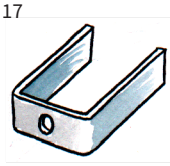
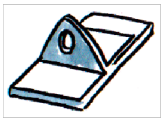
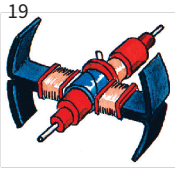
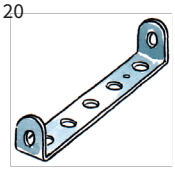
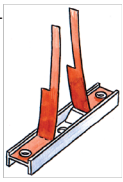
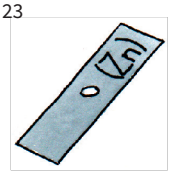
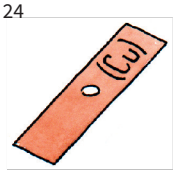
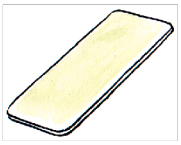
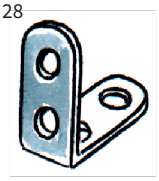
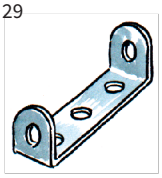
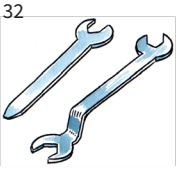
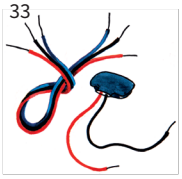
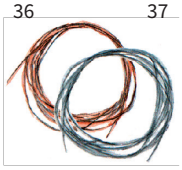
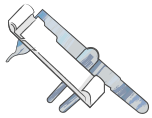
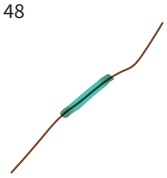
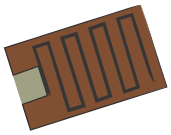
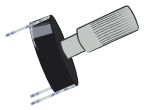
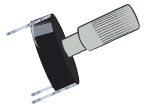
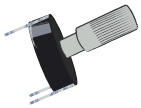
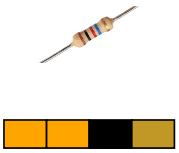
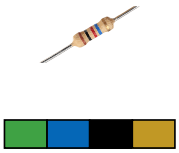
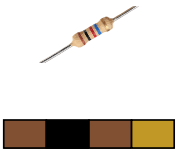
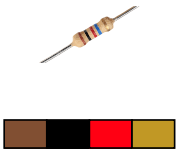
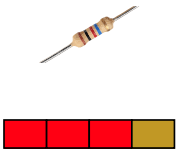
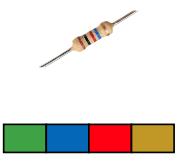
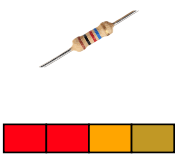
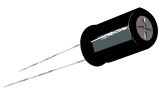
Br.	NAZIV SASTAVNIH DIJELOVA	Kom
36	Bakarna žica	1
37	Žica od konstantana	1
38	Priključak za 9 V baterijo	1
39	Osnovna ploča	1
40	Prekidač	1
41	Relej	1
42	Tranzistor BC548	3
43	Crvena LED dioda	1
44	Zelena LED dioda	2
45	Zvučnik 8 Ω, 0,5 W	1
46	Diode 1N4004	2
47	Termistor NTC 10 kΩ	1
48	Reed relej	1
49	Indikator vlažnosti	1
50	Potenciometar 100 Ω	1
51	Potenciometar 10 kΩ	1
52	Potenciometar 47 kΩ	1
53	Otpornik 33 Ω, 0,5 W	1
54	Otpornik 56 Ω, 0,5 W	1
55	Otpornik 100 Ω, 0,5 W	1
56	Otpornik 270 Ω, 0,5 W	1
57	Otpornik 1 kΩ, 0,5 W	2
58	Otpornik 2,2 kΩ, 0,5 W	1
59	Otpornik 5,6 kΩ, 0,5 W	1
60	Otpornik 22 kΩ, 0,5 W	3
61	Otpornik 100 kΩ, 0,5 W	1
62	Keramički kondenzator 1,5 nF	1
63	Keramički kondenzator 10 nF	2
64	Keramički kondenzator 47 nF	1
65	Keramički kondenzator 100 nF	1
66	Elektrolitički kondenzator 100 µF/16 V	2
67	Elektrolitički kondenzator 1000 µF/16 V	1
68	Provodljiva žica, dužine 55 mm	4
69	Provodljiva žica, dužine 100 mm	6
70	Provodljiva žica, dužine 150 mm	4

Umetnite opružnu spojku u osnovnu ploču.





Umetnite žicu u kontaktnu oprugu.

1 	2 	3	4	5 6	7	8 
9	10	11 	12	13 	14	15 
16	17 	18 	19 	20 	21 	22
23 	24 	25	26 	27	28 	29 
30	31	32 	33 	34	35	36 37 
38	39	40 	41	42	43	44
45	46	47	48 	49 	50 	51 
52 	53 	54 	55 	56	57 	58 
59 	60 	61	62 1,5µF (152)	63 10µF (103)	64 47µF (473)	65 100µF (104)
66	67 	68 L = 55 mm	69 L = 100 mm	70 L = 150 mm		

ELECTRO PIONEER

273 experimenata na području elektrike, elektronike i magnetizma

Koristi jednu bateriju 9V ⎓ IEC 6LR61-9V ⎓ (nije uključena)

Proizvođač i vlasnik autorskih prava: LIVE MEHANO d.o.o. • Polje 9 • 6310 Izola • Slovenija

KAZALO

UVOD 179
JEDINICE 180
OSNOVNE KOMPONENTE STRUJNOG KOLA ..... 181 - 190
STRUJNO KOLO ..... 191 - 234
ELEKTROSTATIKA ..... 235 - 240
MAGNETIZAM ..... 240 - 245
BATERIJE I ELEMENTI ..... 245 - 251
ELEKTROMAGNETIZAM ..... 251 - 254
ELEKTROMAGNET U TEHNICI ..... 254 - 257
GENERATORI I ELEKTROMOTORI ..... 257 - 258
KO JE...? 259
GLOSAR ..... 260 - 262
POPIS SKLOPIVIH DELOVA ..... 263 - 264

PRAVA I OBAVEZE

Kupujući ovu knjigu, slažete se da ćete poštovati sva pravila o autorskim pravima u okviru ove delatnosti, te da ih nećete kršiti. Sadržaj ove knjige je zaštićen Zakonom o autorskim pravima. Ni jedan deo ove knjige se ne sme umnožavati ili prepisivati, fotokopirati ili prebacivati na bilo koji medij za pohranjivanje podataka bez prethodne eksplicitne pismene dozvole izdavača.
Svi eksperimenti opisani u ovoj knjizi su detaljno ispitani i isprobani. Štaviše, izdavač ne snosi odgovornost za bilo kakvu fizičku i/ili materijalnu štetu, ili povrede koje se dogode tokom vršenja eksperimenata opisanih u ovoj knjizi.
Svi delovi u knjizi su pažljivo odabrani. Proizvođač ne može garantovati za svaki deo pojedinačno jer može biti mehanički ili električki oštećen.

NAŠIM MLADIM ČITAOCIMA

Dragi mladi čitaoče, oduševljeni smo što si putem ove knjige ušao u očaravajući svet elektronike i nadamo se da ćeš uživati u eksperimentima. Međutim, ova oprema nije samo za uživanje. Radeći eksperimente i čitajući detaljna objašnjenja, takođe ćeš naučiti osnove o osnovama elektronike što će ti predstavljati korisno iskorišteno vreme i pomoći će ti u stvarnim životnim situacijama.

Ne plaši se izvesti eksperiment. Rezultati eksperimenta su vredniji od hiljade mišljenja stručnjaka, stoga isprobaj sve svoje nove ideje. Ako ti eksperiment ne ide onako kako bi trebalo, nemoj odustati. Kada jednom otkriješ i rešiš problem naučićeš nešto novo i korisno što ćeš iskoristiti u izvođenju ostalih eksperimenata.

Svi priloženi eksperimenti iz ove knjige su napravljeni tako da se ne možeš povrediti ili naštetiti okolini. Osim što možeš zadobiti ogrebotine po prstima, najgore što ti se može desiti je da oštetiš neki od delova. Ako taj deo postane feleričan ili prestane pravilno raditi, lako ga možeš zameniti drugim koji se može naći u svakoj prodavnici elektronske opreme.

Ova knjiga prikazuje brojna strujna kola. Neka su tako jednostavna da su objašnjenja suvišna. Druga su komplikovana i možda nećeš odmah shvatiti kako rade. Nakon ponavljanja i pažljivijeg proučavanja, moći ćeš s lakoćom napraviti i raditi sa najkomplikovanijim kolima. Međuitim, ako ti eksperiment uzrokuje poteškoće i frustracije nemoj se ustručavati da ga napustiš i vratiš mu se nakon nekog vremena.

Raznolikost eksperimenata, o nekoma ćeš učiti u školi, svakome pruža priliku da nauči više o ovoj temi. Detaljni opisi kola i njihovog funkcionisanja će ti još biti od koristi u radu u školi.

DRAGI RODITELJI

Uz ovu knjigu zajedno sa svojim detetom ulazite u svet elektronike. Ako se i sami snalazite u ovoj nauci, pružite svom detetu podršku i inspiraciju.
Ako je ovo sasvim novi svet za vas, ne oklevajte nego se priključite svom mladom naučniku. Svet elektronike je pun novina kako za mlade tako i za starije koji žele da uče.

Iskoristićemo još jednu priliku da istaknemo da je ovaj komplet potpuno bezbedan. Namenski je prilagođen korištenju baterije, jer korištenje struje iz instalacija predstavlja opasnost, posebno za neiskusnog korisnika. NIKADA NE DOZVOLITE DETETU DA UZ OVAJ KOMPLET KORISTI STRUJU IZ INSTALACIJA!

Upotreba ispravljača nije pomenuta. Ako već imate iskustva sa strujom i elektronikom, može se koristiti ispravljač ali samo uz Vaš nadzor. Nekontrolisana upotreba ispravljača može oštetiti delove.

OPREZ

- ZBOG TVOJE SIGURNOST SVA SE KOLA PRAVE UZ POMOĆ STRUJE IZ BATERIJE.
- ZA EKSPERIMENTE KORISTI 9 V BATERIJU 6LR61.
- NEMOJ KORISTITI PUNJIVU BATERIJU (tj. nikl-kadmijumsku).
- BATERIJA TREBA DA BUDE POVEZANA NA ODGOVARAJUĆEM POLU.
- NE PRAVI STRUJNO KOLO KORISTEĆI STRUJU IZ UTIČNICE! TO MOŽE BITI OPASNO PO ŽIVOT I OKOLINU! STRUJA SA GLAVNIH INSTALACIJA MOŽE BITI SMRTONOSNA ILI UZROKOVATI POŽAR. DELOVI IZ OVOG KOMPLETA NISU NAPRAVLJENI TAKO DA RADE SA VOLTAŽOM STRUJE U INSTALACIJAMA.
- PREPORUČUJEMO DA SE IZVODE SAMO EKSPERIMENTI OPISANI U OVOM PRIRUČNIKU.
- AKO STRUJNO KOLO NE KORISTIŠ DUŽE VREME, IZVADI BATERIJU.
- PREPORUČUJE SE ALKALNA BATERIJA.
- BATERIJA NE SME DOĆI U DODIR SA METALNIM DELOVIMA JER TAKO MOŽE IZAZVATI EKSPLOZIJU.
- NIKADA NE POKUŠAVAJ NAPUNITI BATERIJU.
- SAMO ODRASLI SMEJU MENJATI BATERIJU.
- BATERIJU NE BACAJ U VATRU.
- BATERIJU ODLOŽI U ODGOVARAJUĆI KONTEJNER.
- NE PRAVI KRATAK SPOJ SA IZLAZIMA NA INSTALACIJAMA

Pažnja: igračka sadrži i oštre predmete. Delovi iz ovog kompleta su mali i oštrih su ivica. Zbog toga se ovaj proizvod ne preporučuje deci mlađoj od 9 godina. Sačuvaj ovo uputstvo za buduću upotrebu.

EN71: Magnet
UPOZORENJE: Nije prikladno za decu mlađu od devet godina. Proizvod sadrži mali magnet s magnetnim fluksom od preko 50 KG2mm. Ako se progutaju, magneti se mogu priljubiti preko creva i izazvati ozbiljne povrede. U slučaju gutanja odmah potražite lekarsku pomoć.

EN62115:
UPOZORENJE: Samo za decu stariju od devet godina. Roditelji se moraju pridržavati priloženih uputstava. Proizvod sadrži slobodne žice. Ne umetati krajeve žice u utičnicu. Ogled 97: Porast temperature otpornika u ogledu 97 premašuje granice, međutim uputstvo ne ukazuje na moguće opasnosti niti sadrži upozorenje. Ne dodirujte vruće površine niti delove dostupne dodiru tokom ili nakon ogleda kao što su površine otpornika, baterije, kalema i druge elektronske delove. Uverite se da se površina ohladila kako biste izbegli opasnost od opekotina. Sačuvajte pakovanje jer ono sadrži važna obaveštenja.

UPOZORENJE

Ne koristiti baterije koje se pune (npr. Ni-Cd baterije). Za napajanje igračke koristiti baterije istog ili ekvivalentnog kvaliteta kako je preporučeno. Preporučujemo da koristite alkalne baterije. Baterije moraju biti ubačene pravilno prema polaritetima. Pri zameni baterije ne mešajte stare i nove baterije kao ni različite tipove baterija (npr. alkalne i cink carbon). Baterije moraju menjati odrasle osobe. Iskorišćene baterije ne ostavljati među igračkama. Ako se igračka ne koristi dugo izvaditi baterije. Nemojte stavljati baterije u kontakt sa metalnim delovima koji mogu izazvati požar ili eksploziju. Nikada ne pokušavajte da punite baterije koje nisu namenjene za punjenje. Baterije koje su namenjene za punjenje moraju biti izvađene iz igračke pre punjenja. Baterije se mogu puniti samo pod nadzorom odrasle osobe. Ne bacajte baterije u vatru. Potrošene baterije bacite u za to predviđene kontejnere. Napajanje priključka nije dozvoljeno. Boja izolacije električnih provodnika može da bude drugačija od boje prikazane na slikama u uputstvima.

UVOD

Primena otkrića iz elektronike je svetu donela temeljne promene. Prošlo je manje od 50 godina od prve upotrebe tranzistora, a jedna decenija od kako je otkriveno intergrisano strujno kolo. Elektronika se koristi u svakom aspektu života. Pitaj dedu i baku da li su oni imali TV i radio kada su bili mali, da ne spominjemo video rikorder, kompjuter, kasetofon, automatsku kameru i druge elektronske uređaje bez kojih danas ne bismo mogli zamisliti život. Oni će sigurno priznati da je elektronika donela bitne promene i u njihov život. Možda će prigovarati sećajući se „starih dobrih vremena“, ali neka te to ne brine. I njihove bake i deke su radili isto, a možda ćeš i ti, kad budeš pričao sa svojim unucima.

Elektronika zasigurno utiče na život i trebali bismo obratititi pažnju na nju. Činjenica da čitaš ovu knjigu dokazuje da i ti misliš isto. Kako rade video rikorderi i kompjuteri i digitalni satovi i CD plejeri? Odgovor nije jednostavan.

Sigurno kući imaš Lego kocke. Kada te mlađi brat ili sestra pita da napraviš dvorac, svemirski brod ili kućicu, ti zanš kako ćeš. Koristiš mnoštvo malih i jednostavnih kocki. Svaka od njih sama za sebe je jednostavna, ali kada ih sklopiš u celinu, napraviš nešto što ni malo ne liči na onu pojedinačnu kocku. Dok si pravio svoje remek-delo, verovatno nisi razmišljao o tome kako i od čega su kockice napravljene.

Tako je i u elektronici - složeno elektronsko kolo je sastavljeno od prostih elemenata. Čak ni veliki stučnjaci ne mogu tačno reći kako složeno elektronsko kolo radi. Sigurno znaš koristiti TV ili igrati igrice na džepnom plejeru i ne smeta ti što neznaš kako oni rade. Kao što ti treba mnogo kockica za dvorac, tako isto moraš znati kako da napraviš mnogo malih i jednostavnih kola pre nego sastaviš složeno elektronsko kolo.

U ovoj knjizi je navedeno 270 eksperimenata i teorijskih opisa. Ova zbirka sadrži sve potrebne delove za njihovo izvođenje osim onih koje možemo naći u svakom domaćinstvu (češalj, komadić stakla, čaša za vodu, pečatni vosak, džepni nožić, igle za šivenje, konac (pamučna nit), lepenka, karton, ekseri, staniol – Al folija, komadić drveta, pletaće igle, gvozdena žica,...)

Zbirka je namenjena deci oba pola od 9 godina i starijoj, a pogodna je za individualni i grupni rad i uspešno se može koristiti u osnovnoj školi iako je pripremljena za vannastavne aktivnosti.

S obzirom na to da ove zbirke koriste i neke škole u svojim vannastavnim aktivnostima, opisano je i nekoliko ogleda za koje je potrebno nešto više pribora, na primer:
- br. 35 sijalica 12 V/0,05 A navoj E10 (1 kom za eksperiment br. 207, 2 kom za eksperimente br. 209 i br. 210)
- br. 14 stalak za sijalicu E10H1 (1 kom za eksperiment br. 207, 2 kom za eksperimente br. 209 i br. 210)
- br. 38 priključak za 9 V bateriju (1 kom za eksperimente br. 211, br. 230 i br. 260, 2 kom za eksperiment br. 212).

OPŠTE INFORMACIJE

Svi delovi kolekcije su navedeni, numerisani i nacrtani na zadnjoj strani.
Pre početka primene baterija mora imati napon od 9 V (IEC 6LR61).
U svakom eksperimentu sve komponente koje su potrebne za izvođenje eksperimenata označene su brojevima po redosledu kako se koriste. To je korisno ako se delovi potraže, razvrstaju na stolu, pa tek onda sprovodi eksperiment. Nakon završetka eksperimenta sve delove treba vratiti na svoja mesta.

KAKO IZVODITI EKSPERIMENTE

Svaki eksperiment je označen serijskim brojem. Iako nije obavezno da se eksperiment izvodi po navedenom redu bolje je da se poštuje navedeno. Redosled radnji predstavićemo na primeru električnog zvona opisanog pod rednim brojem 130/131.
U tekstu su neophodni delovi označeni brojevima i možete sastaviti zvono. Slike i imena svih delova mogu se naći na str. 83 u “Popisu sklopivih delova”. U Vašem slučaju to su brojevi 5-6-7-8-11-12-13-16-17-25-28-31-33-itd. Prema ovim podacima Vi pripremite sledeće delove:

4 x 7 = klip opruga
8 = plastični podmetač
6 x 5 = vijak
13 x 6 = matica
11 = kalem
12 = osa sa navojem
13 = zvono
16 = metalno jezgro
17 = zaštita jezgra
25 = vijak
3 x 28 = ugao 25 x 25 mm
31 = čekić
33 = žica za spajanje

• 2 x 5 - znači da treba dve komponente br. 5
• (20) - broj u zagradi znači da se koriste isti delovi kao u jos nekom eksperimentu (npr 20)
• List papira, češalj - znači da ovi delovi nisu uključeni jer ih ima svako domaćinstvo.

Primer: Sa vijkom i maticom pričvrstiš nosač na plastični podmetač, na to pričvrstiš metalno jezgro sa zaštitom i postaviš kalem itd. Sve komponente moraš postaviti tačno i precizno. Ako prvi pokušaj bude bez uspeha potrebno je otkloniti nedostatke. Poželjno je eksperimente u oblasti elektrostatike raditi pri suvom vremenu naročito zimi i suvim rukama.

Želimo Vam uspeha u eksperimentisanju...

JEDINICE

Obzirom da ćemo imati posla sa fizičkim merama koje se mere različitim jedinicama, prvo moramo naučiti jedinice za merenje u elektronici.

Kod nas, a i svuda u svetu, što se tehnike tiče, koristimo se SI sistemom jedinica (Međunarodni sistem - fran. Systeme International). Osnovne jedinice u ovom sistemu su:

Mera	Jedinica	Oznaka
dužina	metar	m
masa	kilogram	kg
vreme	sekunda	s
struja	amper	A
temperatura	kelvin	K
jačina svetlosti	kandela	cd
količina supstance	mol	mol

Sve ostale jedinice su izvedene iz ovih i tako se i izražavju: npr. volt je izvedena jedinica. Jednačine pojedinačnih izvedenih jedinica nisu jednostavne i izvan su domena ove knjige.

Mnoge stavri oko nas se mogu meriti i mogu se definisati njihove osobine. Tako možemo izmeriti dužinu stola. U tu svrhu koristimo metar, merni instrument sa skalom podeljenom na male podioke. Jedinica za merenje dužeine je metar. Verovatno znaš ostale jedinice, masa se meri kilogramima, vreme sekundama, zapremina kubnim metrima, itd.

Često koristimo merne vrednosti koje su mnogo veće ili manje od osnovne jedinice. U takvim slučajevima koristimo prefikse koji označavaju koliko puta je ta jedinica veća ili manja od osnovne.

Za merne vrednosti mnogo veće od osnovne koristimo sledeće prefikse:

prefiks	oznaka	vrednost	osnovnu jedinicu pomnožiti sa
kilo-	K	10^3	1.000
mega-	M	10^6	1.000.000
giga-	G	10^9	1.000.000.000
tera-	T	10^{12}	1.000.000.000.000

Tako je:
1 km = 1.000 m ili
101,6 MHz = 101.600.000 Hz.

Za manje vrednosti od osnovne koristimo sledeće prefikse:

prefiks	oznaka	vrednost	osnovnu jedinicu podeliti sa
mili-	m	10^{-3}	1.000
mikro-	µ	10^{-6}	1.000.000
nano-	n	10^{-9}	1.000.000.000
piko-	p	10^{-12}	1.000.000.000.000

Tako je:
1 mm = 0,001 m
10 ml = 0,01 l.

OSNOVNE KOMPONENTE STRUJNOG KOLA

STRUJNO KOLO

Strujno kolo se ne čuje, ne vidi i nema mirisa.

ZAŠTO STRUJA PROTIČE? Struja protiče kada postoji razlika električnog potencijala i jedno zatvoreno kolo. Zamisli na stolu posudu punu vode, a drugu posudu ispod stola. Poveži ih crevom kroz koje će teći voda. Gornja posuda se prazni, a donja se puni vodom. Što je crevo šire, kroz njega protiče više vode.

Sada iznad gornje posude stavi kolut. Ako je kolut mali i dovoljno lagan, voda koja prolazi kroz usko crevo će ga pokrenuti. Ako staviš veći kolut moraćeš koristiti ili šire crevo ili, ako ćeš koristiti isto crevo, posudu moraš podići na još viši nivo da bi dobio jači mlaz.

Prije ili kasnije će se gornja posuda isprazniti. Ako na donju posudu prikopčaš ručnu pumpu, onda ćeš moći vodu iz donje posude prebaciti u gornju. Ovaj eksperiment sa posudama, crevima, točkom i pumpom pokazuje šta se zaparavo dešava sa strujom. Gornja zdjela je jedan pol baterije; različite širine creva su različiti provodnici, kroz koje jače ili slabije prolazi struja; manji i veći kolutovi su potrošači (npr. jači ili slabiji električni motor, ili jača ili slabija sijalica). Kako se gornja posuda sa vodom brže prazni jer je crijevo šire, a kolut veći, tako se prazni i baterija ako je provodnik veći ili jači električni motor.
Umjesto da koristimo bateriju, kao izvor energije ćemo koristiti generator, kao u elektranama. U našem primeru je to pumpa za vodu.

U ovom sistemu posuda-crevo, kolo se sastoji iz gornje posude, creva, vodenog koluta i na kraju donje posude. U strujnom kolu struja prolazi od pozitivnog pola izvora struje, kroz provodnik, kroz potrošač, do negativnog pola istog izvora struje.
Efekat strujnog kola zavisi od svega što je u kontaktu sa kolom. Kada povežemo električni motor efekat je to što se njegova osovina okreće; kada povežemo sijalicu, ona svetli. Mogućnosti su brojne. U sastavljanju strujnog kola se koriste osnovni delovi: baterije, provodnici, otpornici, kondenzatori, prekidači, poluprovodnici (diode, diode za prenos svetlosti, tranzistori, integrisana kola).

BATERIJE

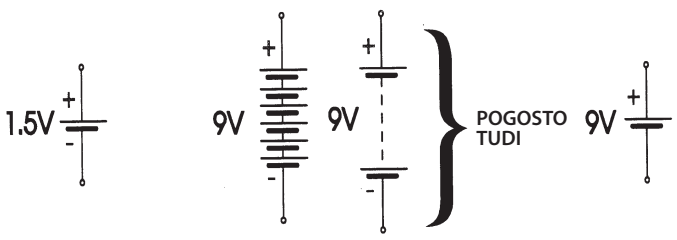
Električna baterija je izvor struje, a glavna karakteristika joj je voltaža, označena sa U. Jedinica za voltažu je volt, po italijanskom fizičaru Aleksandru Volti, simbol je V.

Voltaža među polovima male baterije, koju koristimo u kasetofonima je 1,5 V. Voltaža među polovima baterije u automobilu je 12 V. Voltaža troćelijske ravne baterije je 4,5 V.

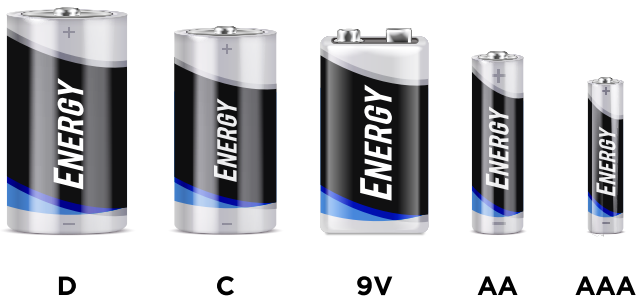
Za baterije i akumulatore koristimo isti simbol: duga tanka i paralelna s njom kraća, deblja crta. Tanka crta je pozitivan, a deblja negativan pol baterije. Kada nekoliko baterija povežemo serijski, dobijemo bateriju visoke voltaže. Jedna baterijska ćelija obično ima 1,5 V; tako 9 V baterija ima 6 zatvorenih ćelija, a 4,5 V ima 3 serijski povezane zatvorene ćelije.

Serijski povezane baterije su na ctrežu obično predstavljene tako da tanje i deblje crte formiraju stubac ili su tačke nacrtane između dva simbola baterije. Simboli baterija i njihov spoljašnji izgled su prikazani na slikama a i b.

Vratimo se poređenju sa posudama; Zamisli da su posude naredane jedna na drugu i povezane crevom. Iz najgornje posude će voda ići u najdonju kroz crevo, a vode iz najniže posude bi izašla. Na ovaj način možemo objasniti serijsku vezu baterija.



Slika a - Simbol baterije



Slika b - Različite baterije

PROVODNICI

Provodnike koristimo da povežemo delove strujnog kola u zatvoreno kolo, a u našim crtežima su prikazani u vidu linija. Kada se provodnici ukrštaju, ukrštaju se i linije na crtežu. Ako treba provodnike spojiti, to je na crtežu prikazano tačkom, ali ako je veza serijska tačke se crtaju. Primeri ukrštanja, spojeva i serijskih spojeva su prikazani na slici c.
Ako provodnike uporedimo sa našim crevom za vodu, onda vredi da kroz deblju liniju provodnika prolazi više struje. Žice iz tvog kompleta se mogu koristiti za sve eksperimente. Da bismo bili sigurni da struja prolazi kuda i treba, žice su izolovane, a izolacije se skida samo na krajevima žice.

Slika c - Ukrštanje, kontakt i sekvencijalno vezivanje elemenata

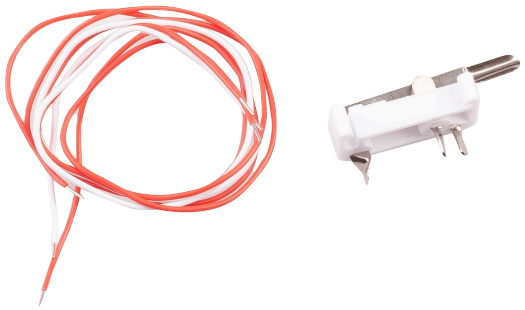
PREKIDAČ

Prekidač se koristi da poveže tj. da zatvori i da prekine strujno kolo. Prikazan je na slikama d i e. Na ctrežu se isto tako prikaže da li je prekidač uključen ili isključen.

Struja prolazi kroz zatvoreno kolo. To je električno punjenje koje prolazi kroz provodnik u jednoj sekundi, a jednačinom se predstavlja ovako:

I=Q/t

Gde je I oznaka za struju, a Q je električno punjenje koje prolazi kroz provodnik u vremenu t.
Struja se meri amperima(A), nazvanim po francuskom fizičaru Andre Amperu.



Slika d - Provodnici i prekidač

Slika e - Simbol za prekidač u crtežu strujnog kola

STRUJA

Ako se vratimo onim posudama sa vodom, količina vode u gornjoj posudi je zapravo električno punjenje baterije. Kroz šire crevo prolazi više vode tj kroz deblji provodnik prolazi jača struja i ona će prije isprazniti bateriju. Isto vredi za vezu baterija-sijalica: ako je sijalica jača, kroz nju će prolaziti više struje iste voltaže. Sijalica će sijati jače ali će se baterija prije isprazniti nego kada je povezana sa slabijom sijalicom.

NAIZMENIČNA STRUJA

Zamisli da posmatraš vodu koja teče kroz moreuz, između zaliva i otvorenog mora. Šta se dešava sa plimom? Kada je na otvorenom moru nivo vode viši, zbog plime voda teče ka zalivu. Kada je nivo vode niži , voda iz zaliva teče ka otvorenom moru.. Rezultat smene plime i oseke je voda koja jednom teče u , a onda van zaliva. Možemo reći da u našem moreuzu imamo naizmenični tok vode.
Slično je sa strujom: ona kroz provodnik može prolaziti u jednom pa u drugom smeru. Takav tok struje se zove naizmenična struja (AC).
Iako struja iz baterije uviojek izlazi u istom smeru, u našim eksperimentima nailazimo na situacije u kojima kroz neke elemente struja prolazi u jednom, pa u drugom smeru, tj. prolazi naizmenična struja.

FREKVENCIJA

Kod naizmenične struje se može izbrojati koliko puta u jednoj sekundi struja promeni svoj smer. Broj tih promena se zove frekvencija. Jedinica za frekvenciju je herc (Hz), nazvana po nemačkom fizičaru Hajnrihu Hercu.

Ako se prisetimo poglavlja o jedinicama, videćemo sada da među osnovnim jedinicama nema jedinice za frekvenciju. Rekli smo da su sve ostale jedinice izvedene iz osnovnoh. Kako da izvedemo jedinicu za frekvenciju? Rekli smo da je to
broj promena smera struje u sekundi. Kako nemamo jedinicu za „broj promena“, a jedna sekunda je osnovna jedinica, jedinicu za frekvenciju možemo predstaviti kao:

(jedinica za frekvenciju) = (jedinica za broj promena smera struje) / (jedinica za vreme)

Hz=1/s

Ovo je primer jedne jednostavno izvedene jednačine; druge jedinice (volt ili om) se ne izvode ovako lako.

OTPORNIK

Otpornik je obično napravljen od keramičke cevi presvučene otpornim slojem (grafit ili metal). Na krajevima cevi su dve žice kojima se otpornik spaja u kolo. Otpornik i njegov simbol su prikazani na slikama f i g.

Kada osobine otpornika uporedimo sa tokom vode, otpornik bi bio uski prostor unutar creva kroz koje protiče voda - što je crevo uže, to voda teže teče.

Struja koja prolazi kroz otpornik zavisi od voltaže na spojevima i otpora samog otpornika. Što je voltaža veća, kroz otpornik prolazi više struje; pri jednakoj voltaži, više struje prolazi kroz otpornik, jer je otpor manji. Ovo se može izraziti i jednačinom:

I =U/R

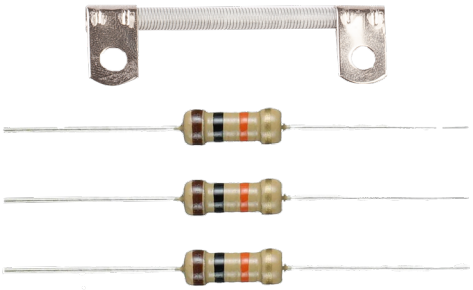
gdje je I struja u otporniku, U voltaža na njegovim spojevima, a R otpor u samom otporniku. Jednačina se može obrnuti:

U=IxR

Ovo je Omov zakon, nazvan po njemačkom fizičaru Georgu Simonu Omu, koji je izučavao odnos između struje, voltaže i otpora u strujnom kolu. Jedinica za električni otpor je om, a oznaka veliko slovo Grčkog alfabeta omega (Ω). Kao i za druge jedinice važe isti prefiksi:

1 kΩ (kiloom) = 1.000 Ω ili
1 MΩ (megaom) = 1.000.000 Ω.

Kako su otpornici obično mali, brojevi na njima zapisani fabrički se ubrzo izbrišu. Da bismo lakše otpornike razlikovali njihove vrednosti su označene trakama u boji.



Slika f - Otpornici

Slika g - Simbol otpornika

KAKO ČITAMO TE TRAKE?

Uzmi otpornik tako da su ti trake u boji bliže levoj strani. Kada ima više traka, onda najdeblja treba da ti bude s desna. Može biti 3-5 traka na otporniku. Kada ih je više od 3, onda desna pokazuje preciznost otpornika. Kada su 3 ili 4 trake, prve dve pokazuju numeričku vrednost, a treća broj nula koje slede te brojeve. Kada ima 5 traka, onda prve 3 pokazuju numeričku vrednost, a četvrta broj nula.

Ključ za boje je dat u tabeli:

0	crna	
1	smeđa	
2	crvena	
3	narandžasta	
4	žuta	
5	zelena	
6	plava	
7	ljubičasta	
8	siva	
9	bela	

Isti ključ vredi i za broj nula:

0	nijedan	
1	jedan	
2	dva	
3	tri	
4	četiri	
5	petak	
6	šest	
7	sedam	
8	osam	
9	devet	

Prevelike numeričke vrednosti bi bile da se označe otpornici od 100 Ω. U tom slučaju se brojčana vrednost mora podeliti sa 10 ili 100:

podeliti sa 10	zlatna	
podeliti sa 100	srebrna	

Posljednja (četvrta ili peta) traka nam govori koliko je otpornik precizan. Kada se otpornici proizvedu, nisu svi isti. Ipak se blago razlikuju oni koji bi trebalo da imaju isti otpor. Kada uzmemo pakovanje otpornika jednake vrednosti, recimo 100 Ω, i izmerimo njihov otpor, vidimo da izmerene vriednosti nisu iste. Preciznijom proizvodnjom će se ove razlike smanjiti. Naravno, kao što možeš i pretpostaviti, precizniji otpornici su skuplji. Prema nameni i ceni elementa, korisnik treba odrediti koja mu je preciznost neophodna.
Proizvođači često garantuju preciznost svojih proizvoda. Ako je označena preciznost otpornika, onda to urađeno sledećim trakama u boji:

± 10%	srebrna	
± 5%	zlatna	
± l%	smeđa	
± 2%	crvena	
± 0,5%	zelena	
± 0,25%	plava	
± 0,1%	ljubičasta	
± 0,05%	siva	

Tako će otpornik sa otporom od 100 Ω i preciznosti ± 10% imati otpor između 90 i 110 Ω.

Pogledajmo neke primere:
otpornik sa tri trake: smeđa, crna, crvena
vrednost: 1,0,00: 1.000 Ω

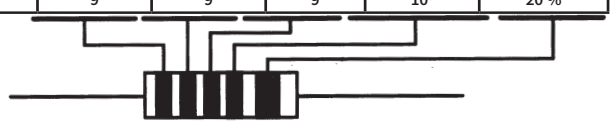
otpornik sa četiri trake: narandžasta, narandžasta, narandžasta, zlatna
vrednost: 3, 3, 000: 33.000 Ω
preciznost: ± 5%

otpornik sa pet traka: crvena, crna, zelena, zlatna, (široka) crvena
vrednost: 2, 0, 5, :10 : 20,5 Ω
preciznost: ± 2%

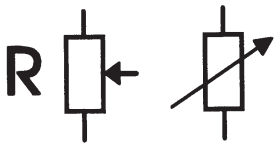
Obično je jači otpornik veći. Jako moćni otpornici su napravljeni tako da je otporna žica omotana oko keramičke cevi, ali mi takve otpornike nećemo koristiti.

Ponekad nam trebaju otpornici koji brzo menjaju vrednost. Zamisli da na otporniku ima klizeći kontakt. Kada se tačka spajanja menja, otpor između spoja i klizača se menja. Takvi se otpornici zovu potenciometri. U njima je otporni sloj na tankoj prstenastoj pločici, a klizač je zakačen za osovinu. Primer upotrebe potenciometra je recimo kada podešavamo jačinu zvuka na radio prijemniku. Obzirom da je kućište potenciometra dovoljno veliko, vrednost otpora ja na njemu napisana, npr. 50 K (50 kΩ). Kada potenciometar želimo koristiti kao podesivi otpornik, onda ga na jednom kraju izlaza spojimo sa kolom, a na srednjem izlazu za klizač. Kada je klizač pored krajnjeg izlaza, otpor je slab i zanemariv; kada je na suprotnom kraju, između kontakata je celi otporni sloj, a otpor je najjači za taj potenciometar. To je onaj otpor obležen na kućištu potenciometra.

BOJA	br. 1	br. 2	br. 3	MNOŽITELJ	TOLERANCIJA
SREBRNA	-	-	-	10^{-2}	10 %
ZLATNA	-	-	-	10^{-1}	5 %
CRNA	0	0	0	1	-
SMEĐA	1	1	1	10^{1}	1 %
CRVENA	2	2	2	10^{2}	2 %
NARANDŽASTA	3	3	3	10^{3}	-
ŽUTA	4	4	4	10^{4}	-
ZELENA	5	5	5	10^{5}	5 %
PLAVA	6	6	6	10^{6}	0,25 %
LJUBIČASTA	7	7	7	10^{7}	0,1 %
SIVA	8	8	8	10^{8}	0,05 %
BELA	9	9	9	10^{9}	20 %



Kada potenciometar koristimo kao podesivi otpornik, koriste se samo dva izlaza: srednji i jedan od krajnjih. U crtežima ovi podesivi otpornici su često nacrtani kao otpornici precrtani strelicom. Generalno, u crtežima strujnog kola elemant precrtan strelicom je podesiv. Slika h prikazuje simbole za potenciometar i podesivi otpornik.



Slika h - Simbol za potenciometar

KRATAK SPOJ

Otpor žice je veoma mali u odnosu na otpor bilo kojeg drugog elementa u kolu - možemo reći da je nula. Kada paralelnom vezom spojimo žicu sa drugim elementom, struja će pre proći kroz žicu nego kroz taj element. Može se reći da je struja izabrala „lakši put“ - to se zove kratak spoj. To može biti i prolaz izazvan priskom dugmeta ili prekidača.

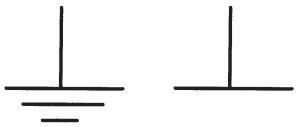
OTVOREN SPOJ

Ako u jednom momentu prekinemo strujno kolo, putanja se prekida, jer struja ne prolazi kroz vazduh. Ovaj trenutak se zove otvoren spoj.

UZEMLJENJE

Često ćemo koristiti ovaj termin. U elektrotehničkim terminima ovo obično označava dio kola koje spojen sa negativnim polom izvora struje. Za bilo koji provodnik povezan sa šasijom automobila možemo reći da je uzemljen. U našim kolima to znači da je vezan za negativan pol baterije.

Voltaža se obično meri između određene tačke i uzemljenja, tj negativnog pola baterije, osim ako nije posebno napomenuto. Tako da kada na kolektoru vidiš da je napisano 9 V, to znači da je voltaža izmerena između kolektora i negativnog pola baterije. Simboli za uzemljenje su prikazani na sliki i.



Slika i - Simbol za uzemljenje

KONDENZATOR

Napravljen je od dve paralelne pločice razdvojene neprovodnim slojem. Da bi bio manji, smotan je u rolnu.

Sposobnost kondenzatora da prihvati određeno električno punjenje se zove kapacitet, oznaka mu je C, a jedinica je farad (F), po engleskom fizičaru Majklu Faradu. Farad je jako velika jedinica, pa koristimo manje: mikrofarad (μF) je milioniti dio farada, a nanofarad (nF) je hiljadu puta manji od farada. Numerička vrednost kondenzatora je obično na njemu i napisana.

Šta bi u našem eksperimentu sa vodom bio kondenzator? Zamisli da na jedan kraj creva stavimo balon i napunimo ga vodom. Kada crevo sklonimo, balon se isprazni. Što je balon veći, u njega stane više vode. Kada posudu s vodom podignemo, opet će balon primiti više vode. Visina gornje posude predstavlja voltažu na izlazioma kondenzatora, veličina balona kapacitet, a količina vode koju balon primi je električno punjenje.

Kapacitet kondenzatora je:

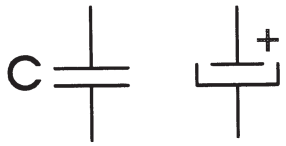
C=Q/U

Q je električno punjenje na pločicama kondenzatora (u kulonima, C), U je voltaža na izlazima kondenzatora (u voltima, V). Kada kondenzator ima veći kapacitet, primiće više električnog punjenja iste voltaže.

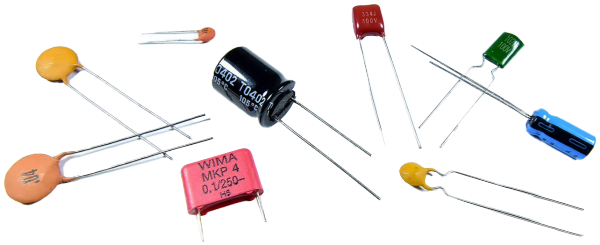
Kondenzatori koje ćemo mi koristiti su različite veličine i oblika. Neki su pout tablete sa žicama na obje pločice - to su keramički kondenzatori. Drugi imaju oblik plastičnog cilindra ili kocke. Oni su unutra srolani i sa kućištem.

Treći tip su elektrolitski kondenzatori. Kod njih je veoma važno kako ih spajamo. Obično je na kućištu elektrolitskog kondenzatora obleženo koji kontakt ide na pozitivan , a koji na negativan pol kola. Na tom istom kućištu se može videti i najviša voltaža koju kondenzator može primiti. Ako se poveže sa većom voltažom, ubrzo će pregoriti.

Elektrolitski kondenzatori imaju kapacitet od nekoliko mikrofarada. Obični i elektrolitski kondenzatori i njihovi simboli su dati na slikama j i k.



Slika j - Simbol za obični i elektrolitski kondenzator



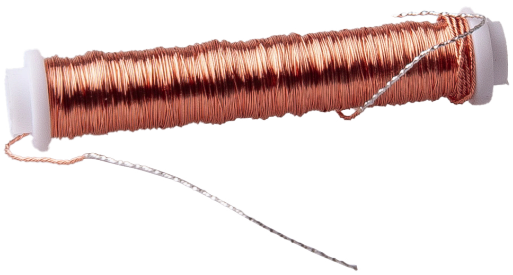
Slika k - Kondenzatori

KALEM

Kalem je duga namotana žica. Kada kroz kalem pustimo struju, ponašaće se kao magnet. Možemo posmatrati kako povezani kalem privlači željezne predmete poput žice, matice, šarafa, itd.

Kalem se opire promenama struje koja kroz njega prolazi. Namotano crevo kroz koje prolazi voda će se isto ponašati, ako je dugo i puno vode. Nakon što jedan kraj creva iskopčamo, voda će i dalje teći neko vreme dok sasvim ne prestane.

Osobina kalema je njegova induktivnost. Jedinica za induktivnost je henri(H), po engleskom fizičaru Džozefu Henriju, a oznaka je L. Kalem i njegov simbol su prikazani na slikama l i m.

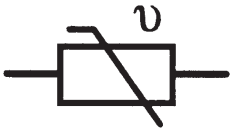


Slika l - Kalem

Slika m - Simbol za kalem

TERMISTOR

Termistor je posebna vrsta otpornika čija je karakteristika da mu se otpor zmačajno menja kada se zagreva. Prema tome da li se otpor povećava ili smanjuje pri zagrevanju, kažemo da termistor ima pozitivan ili negativan temperaturni koeficijent. Otpor termistora je dat uvek za sobnu temperaturu (20 stepeni). Ovaj komplet sadrži termistor u kojem otpor slabi kad se zagreva.
Spolja, termistori često liče na na keramičke kondenzatore. Otpor je označen brojevima ili bojama, gdje je prva boja na suprotnoj strani od izlaznih žica.
Termistor i njegovi simboli su prikazani na slikama n i o.



Slika n - Simbol termistora

Slika o - Termistor

SIJALICA

U kompletu je sijalica, koju ćemo koristiti u eksperimentima. Sijalica, sijalično grli i simbol su prikazani na slikama p i s.

Sijalicu sa Volframovim vlaknom su skoro istovremeno izmislili američki, Tomas Alva Edison, i britanski pronalazač, Ser Džozef Vilson Svon.

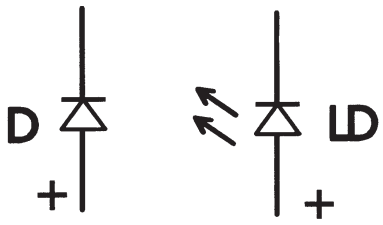
Slika p - Simbol sijalice

POLUPROVODNA DIODA

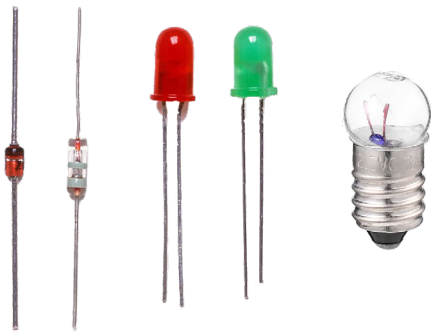
Poluprovodna dioda zapravo provodi struju samo u određenim uslovima.

Njena glavna osobina je da provodi struju u samo jednom smjeru. Smer je označen na samoj diodi, gdje se pozitivan kontakt zove anoda, a negativan katoda. Struja prolazi kroz diodu samo kada je anoda spojena za pozitivan, a katoda za negativan pol baterije.

Kada je dioda cilindrična, katoda je označena bojom ili je na njoj nacrtan simbol diode.



Slika r - Simboli diode i svetleće diode



Slika s - Sijalica i diode

TRANZISTOR

Tranzistor je nastao kao rezultat istraživanja u American Bell corporation. Izmislili su ga 1948.g. Volter H. Bratein, Džon Barden i Vilijam Šokli. Izum tranzistora je pokrenuo nezaustavljiv talas u razvoju elektronike koji i danas traje. Tranzistor je poluprovodni element sa tri izlaza. Glavana osobina mu je promena otpora zavisno od struje koja prolazi kroz njegov kontrolni izlaz.

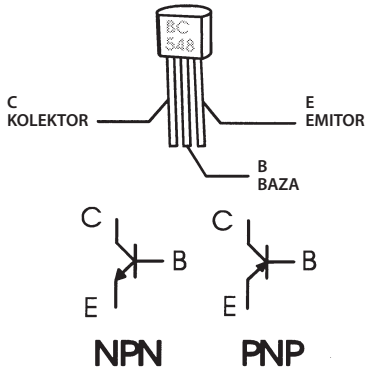
Kako bismo objasnili ponašanje tranzistora analogijom protoka vode? recimo da na crevo stavimo ventil. Ventil vodu drži zatvorenom. Kroz uže crevo vodu usmjeravamo iz gornje u unutrašnjost ventila. On se puni, ručka ventila se pomjera i otvara ventil na širokom crevu. Sada kroz njega teče mnogo više vode. Kada iskopčamo uže crijevo, ventil se isprazni ručka se vrati i zatvori ventil. Malom količinom vode, dakle, možemo kontrolisati protok vode u širokom crevu.

Široko crevo je do ventila dovedeno iz rezervoara. Ova veza na ventilu se zove kolektor. Protok vode kroz crevo se kontroliše protokom kroz usko crevo do posudice u ventilu, a to se zove baza. Iz našeg ventila i iz te posudice, voda teče u drugu posudu (zvanu emiter) odakle teče u donju posudu s vodom.

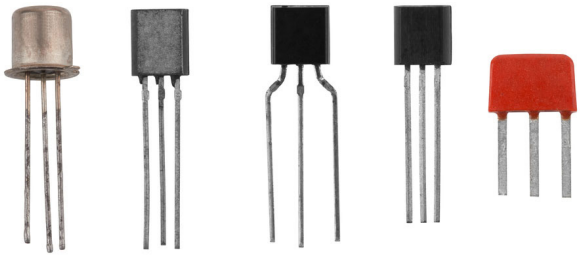
U tranzistor tri spoja se zovu kolektor, baza i emiter. Spojevi su često označeni na kućištu tranzistora. Ako jeste, obično je obilježen emiter. Konekcije nisu uvek sa baze u sredini, kao na našem crtežu. Da bismo odredili kako su kontakti raspoređeni obično moramo potražiti u katalogu u kojem su date specifikacije tranzistora.

Slika u) pokazuje različite tipove tranzistora. Slika t pokazuje raspored kontakata na BC548 tranzistoru, kao što je ovaj u kompletu (trodelni).

Crtež takože pokazuje simbol za tranzistor. Debela linija je baza. Iz nje izlazi kriva linija - kolektor. Treća linija ima strelicu koja pokazuje u kojem smeru prolazi struja. Ako je strelica od baze, struja iz emitera ide vani i to je NPN tranzistor. Princip je u oba slučaja isti, samo struja prolazi u različitim smjerovima. Tvoj komplet sadrži NPN tranzistor.



Slika t - Simbol tranzistora



Slika u - Različite vrste tranzistora

STRUJNA PLOČA

Eksperimente opisane u ovom priručniku ćeš raditi na podlozi za strujno kolo. Podloga je napravljena od tako da nam nisu potrebni lemilica, šrafciger ni štipaljke. Sva se kola mogu sastaviti rukom.

Podloga ima rupe. Kada sastavljaš kolo, proveri spojeve na crtežu. Zatim, zakači opruge kao na sliki v.

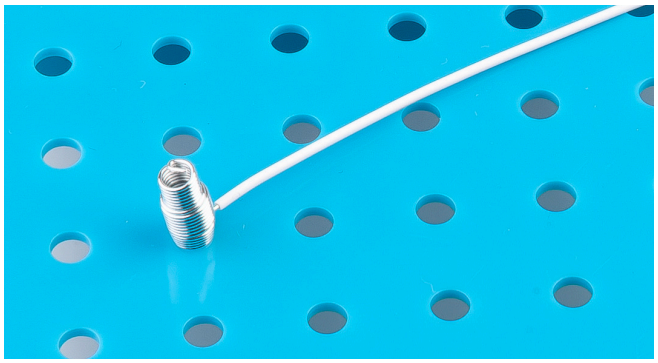
Ako žicu provučeš kroz samo jedan namotaj opruge, brzo će ispasti; kolo neće raditi. Zato žicu moraš provući kroz barem dva namotaja. Naravno da na tački spoja ne treba biti izolacije. Slika z pokazuje pravilno umetnutu žicu.

Pripremi element koji ćeš pazljivo povezati. Nikada izlazne žice ne savijaj na tački spoja za drugi element. Nakon što se na istom mestu nekoliko puta saviju, žice pucaju a element postaje beskoristan.

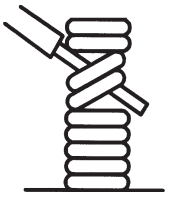
Zakači bateriju za podlogu kola da ne bi svojom težinom vukao cijelo kolo. To možeš uraditi uz pomoć materijala u kompletu (žice i opruge). Sada pošto znamo osnovne delove kompleta, možemo početi praviti strujna kola. Kod svakog kola, prvo dobro prouči kako je napravljen. Onda pronađi komponente u kompletu. Rasporedi opruge kao što je prikazano na crtežu, pa uporedi semu i crtež.

Tek onda možeš početi sastavljati kolo. Prvo, zakači opruge, zatim žice, prekidače, otpornike, kondenzatore, itd. Pre nego prikopčaš bateriju, proveri da li si sve delove kola pravilno povezao. Budi siguran da su poluprovodni elementi i elektrolitski kondenzatori pravilno povezani!

U slučaju da nema grešaka, kolo će pravilno raditi. Ako ne, odmah iskopčaj bateriju i pokušaj pronaći uzrok.



Slika v - Ubacivanje žabica na osnovnu ploču



Slika z - Provlačenje žice kroz oprugu

Sretno, i zabavite se!

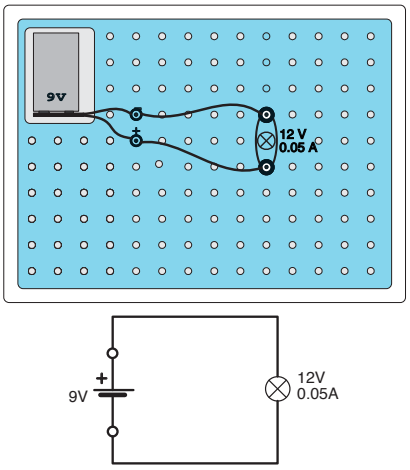
STRUJNA KOLA

1. PROSTO ELEKTRIČNO KOLO

Uvrni sijalicu, poveži je sa žicama iz baterije kao na slici1. Onda poveži bateriju. Struja će krenuti iz pozitivnog pola na bateriji kroz žico do sijalice, kroz sijalicu i kroz drugu žicu do negativnog pola. Sijalice će svetleti dok se baterija ne potroši ili dok se ne prekine strujno kolo.

Pribor: baterija 9V, 4x7, 14, 35, 38, 2x68

Fig. 1

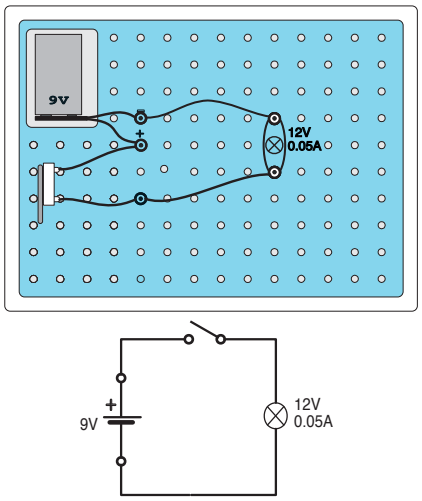


2. STRUJNO KOLO SA PREKIDAČEM

Dodaj jednu oprugu i poveži prekidač u kolo. Sijalica će svetliti samo kada je prekidač uključen.

Pribor: baterija 9V, 5x7, 14, 35, 38, 54, 2x68

Fig. 2

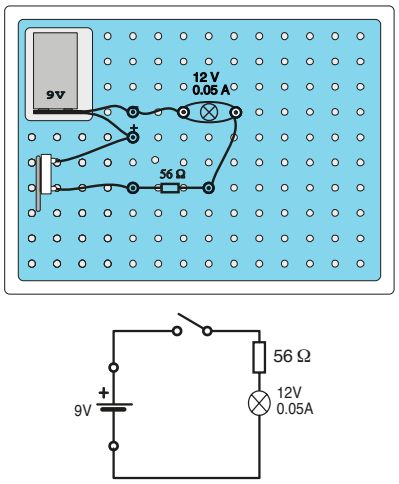


3. DVA SERIJSKI POVEZANA ELEMENTA

Umetni još jednu oprigi na podlogu. Kolo promeni tako što ćeš otpornik od 56 Ω ukopšati između prekidača i sijalice. Kada pritisneš prekidač, sijalica će svetleti, ali slabije nego pre.

Pribor: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 3



4. DA LI JE VAŽNO KAKO SE POVEŽE OTPORNIK?

U isto kolu (slika 3) spoji izlazne žice otpornika. Kada je prekidač uključen, sijalica će svetleti istom jačinom kao i pre. Ovo pokazuje da nema veze kako je otpornik povezan.
Ako pogledaš crteže, videćeš da su isti u oba slučaja. Na crtežu nema ništa što ti pokazuje kako otpornik treba biti okrenut. To znači da nije ni važno za funkcionisanje kola.

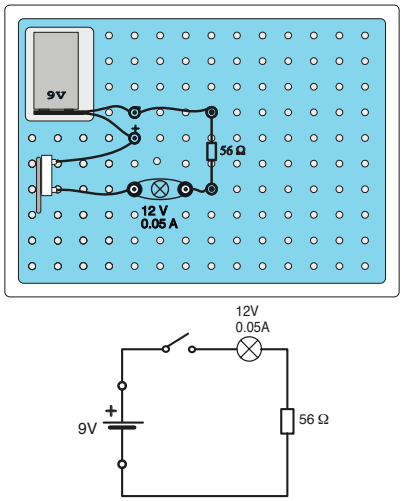
Pribor: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

5. DA LI JE VAŽNO KAKO JE POVEZANA SIJALICA?

Možemo izvesti eksperiment kao sa otpornikom. Zameni mesta spojevima na sijalici. Ponovo, svetlo sijalice nema veze sa tim kako smo je povezali u kolo. Crtež ne pokazuje kako sijalicu treba okrenuti, a opruge koje je povezuju za podlogu nisu pojedinačno obeležene. To znači da je to nevažno za funkcionisanje kola.

Pribor: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 6



6. DA LI JE VAŽNO NIZANJE SERIJSKI POVEZANIH ELEMENATA?

Elementi strujnog kola su baterija, prekidač, otpornik i sijalica (slika 6). Zameni mesta bilo koja dva elementa i ponovo proveri kola. Ponašaće se kao i ranije. bez obzira kako su elementi povezani, struja će teći od pozitivnog pola baterije kroz sve elemente zatvorenog kola. Ako imamo nekoliko serijski povezanih elemenata u kolu, slaganje njihovih spojeva ne utiče na rad strujnog kola.

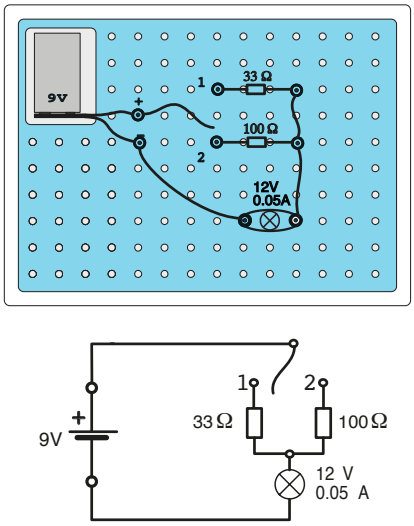
Pribor: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

7. STRUJA KOJA PROJAZI KROZ OTPORNIK

Žicu kojom spajaš pozitivni pol baterije ostavi slobodnu. Sijalica ne svetli jer je kolo prekinuto. Ako oprugom 1 dodirneš tu žicu, sijalica će zasvetliti. Ako tu istu žicu dodirneš oprugom 2, sijalica će svetliti slabije.
Sijalica svetli jače kada je jača struja koja kroz nju prolazi. Možemo zaključiti da više struje prođe kroz sijalicu kada je povezana sa oprugom 1. U prvom slučaju, struja prolazi kroz otpornik od 33 Ω, a kroz sijalicu do baterije. U drugom slučaju jedina razlika je otpornik od 100 Ω. Struja je u drugom slučaju slabija jer je otpor u otporniku jači.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 53, 55, 4x68

Fig. 7



8. STRUJNO KOLO SA PODESIVIM OTPORNIKOM

Sastavi strujno kolo kao na slici 8. Nakon što uključiš prekidač, okreni osovinu potenciometra u levo i u desno. Kada je otpor potenciometra slabija, sijalica će jače svetliti. Seti se Omovog zakona na jednakoj voltaži struja je jača ako je otpor slabiji. Šta su otpornici u strujnom kolu? To su sve žice, sijalica i potenciometar. Prekidač kada je uključen nema gotovo nikakav otpor. Kada se uporedi sa otporom drugih otpornika i sijalice, otpor u kontaktnim žicama je minimalan, pa se može zanemariti.
Struja koja prolazi kroz sijalicu je jednaka onoj koja prolazi kroz potenciometar.
Omov zakon se primenjuje u svim slučajevima, kako za sijalicu tako i za potenciometar. Možemo označiti otpor u celom strujnom kolu sa R, u sijalici Rb, a u potenciometru Rp.
Ako je voltaža baterije U, onda je

U = I x R

gde je I struja, a R otpor u celom strujnom kolu. Voltaža struje kroz potenciometar je

$U_p = I \times R_p$

dok je kroz sijalicu voltaža

$U_b = I \times R_b$

Voltaža baterije je podeljena na onu u sijalici i onu u potenciometru. Voltaža kroz bateriju jednaka je zbiru voltaže u sijalici i voltaže u potenciometru:

$U = U_p + U_b$

Kada je u kolu nekoliko otpornika voltaža kroz bateriju je jednaka zbiru voltaža kroz sve otpornike u kolu. To je poznato kao Kiršov zakon voltaže ili II Kiršov zakon, po fizičaru Gustavu Robertu Kiršofu. Jednačina se može predstaviti ovako:

$I \times R = I \times R_p + I \times R_b$

Kada levu i desnu stranu jednakosti podelimo sa I, dobijemo sledeću jednačinu:

$R = R_p + R_b$

Odnosno: ukupan otpor serijski povezanih elemenata u strujnom kolu jednak je zbiru svih otpornika u tom istom kolu.

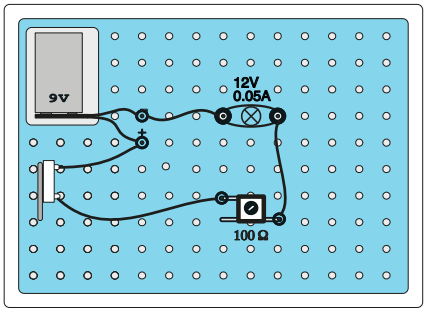
Ako je vrednost Rp promenljiva, onda se menja otpor, kao i struja, u celom kolu. Rezultat je promjena jačine svetlosti u sijalici.
Ako se vratimo onoj analogiji sa posudama sa vodom, serijska veza dva otpornika (moramo imati na umu da je i sijalica otpornik) bi bila jendnaka vodi koja iz gornje posude teče prvo kroz jedno crevo, pa kroz drugo crevo u donju posudu.
Ponekad nemamo otpornik sa neophodnom vrednosti otpora. Ako imamo dva otpornika čiji otpor kada saberemo odgovara potrebnoj vrednosti, možemo ih povezati serijski u strujnom kolu. Taj zamenski otpor se može dobiti serijskim spajanjem bilo kojeg broja otpornika. Ukupan otpor će biti zbir otpora serijski povezanih otpornika u strujnom kolu:

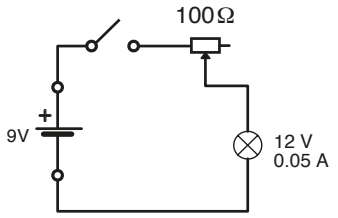
R = R1 + R2 + R3 ...

R je zbirni otpor svih serijski povezanih otpornika, dok su R1 , R2 , R3 ... otpori pojedinačnih serijski povezanih otpornika. Zbirni otpor niza serijski povezanih otpornika je uvek veći od otpora u otporniku sa najvećom vrednosti.

Pribor: baterija 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 50, 68, 2x68

Fig. 8





9. VOLTAŽA PODELJENA NA DVA SERIJSKI POVEZANA OTPORNIKA

U kolu, na slici 9, dva otpornika su serijski povezana. Ostavi žicu povezanu sa oprugom 3 sa druge strane slobodnu.

Ukupan otpor serijski povezanih otpornika je:

R = R1 + R2
ili
R = 56 Ω + 33 Ω
ili
R = 89 Ω

Struja koja prolazi iz baterije kroz otpornik je prema Omovom zakonu:

U = I x R

Ako ovu jednakost podelimo sa R dobijemo:

I = U/R

iz čega sledi da

I = 9 V/89 Ω

ili tačno

I = 0,1 A

Opet koristimo Omov zakon da izračunamo voltažu kroz pojedinačne otpornike:

U = I x R

Voltažu kroz otpornike R1 i R2 označi sa U1 i U2. Onda sledi da je

U_1= R_1 x I

Ili:

U_1= 0,1 A x 56 Ω

U_1= 5,6 V

Isto tako:

U_2=I x R_2

U_2= 0,1 x 33

U_2= 3,3 V

Voltaža baterije je jednaka zbiru voltaža kroz oba otpornika:

U= U_1 + U_2

U= 5,6 + 3,3

približno:

U= 9 V

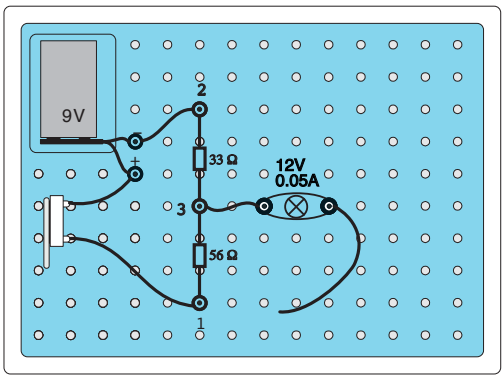
Nedostatak se može zanemariti obzirom da je rezultat približne jačine struje iz baterije kroz otpornike.

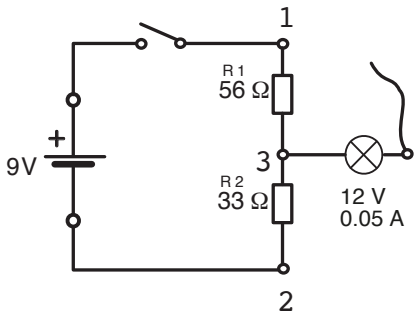
Kada imamo dva serijski povezana otpornika, voltaža je veća kroz onaj sa većim otporom. Proverimo!

Slobodnim krajem žice dodirni oprugu 1, a onda oprugu 2. Ponovi ovo nekoliko puta. Prvi put će sijalica jače svetliti nego drugi put. To je i razumljivo jer više ukupne voltaže iz baterije ide u prvi otpornik, a manje u drugi.

Pribor: baterija 9V, 7x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 4x68

Fig. 9





10. KOLO SA SVETLEĆOM DIODOM

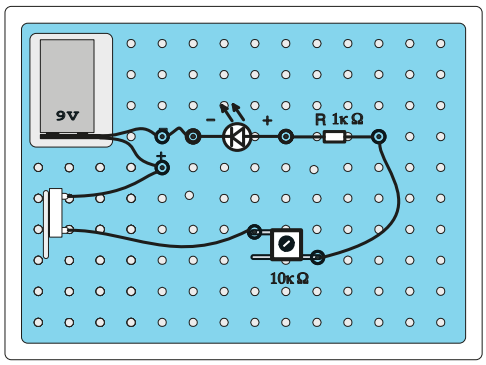
Ovde imamo strujno kolo sa serijski povezanim potenciometrom od 10 kΩ sa otpornikom od 1 kΩ. Pazi kako okrećeš svetleću diodu (LED)! Za ovaj eksperiment koristi crvenu LED diodu.
Okreni osovinu potenciometra levo pa desno. Jačina svetlosti diode će se promeniti.
Okreći potenciometar dok dioda ne zasvetli najslabije. Ukupan otpor je 11 kΩ.
Sada okreći potenciometar dok dioda ne zasvetli najjačom svetlošću.
Klizač na potenciometru će dodirnuti njegov izlaz. u toj poziciji, otpor u potenciometru je najslabiji pa možemo reći da ga nema. Tada je ukupan otpor u otporniku i u potenciometru 1 kΩ.
Ono što se dešava potpuno je u skladu sa Omovim zakonom: kada se otpor u potenciometru poveća, ukupan otpor svih serijski povezanih lemenata (potenciometra, otpornika, dioda; otpor prekidača je zanemariv) se takođe povećava. Na taj način je struja iz baterije slabija, pa a dioda svetli slabije.
Strujno kolo će raditi i bez otpornika od 1 Ω, ali treba paziti da potenciometar nikada ne bude na nuli, jer u toj poziciji bi struja kroz diodu bila prejaka, pa bi je oštetila. Da bismo ovo izbegli, uključili smo otpornik u kolo, serijski ga povezali za potenciometar tako da ukupan otpor nikada ne može biti nula, a dioda je osigurana od prejake struje. U kojem strujnom kolu više struje izlazi iz baterije: u ovom ili u onom sa sijalicom?
U kolu sa sijalicom, zbog toga što je prema Omovom zakonu struja jača pri istoj voltaži ako je otpor slabiji

I= U/R

Ako ih ostavimo spojene na duže vreme, šta će svetliti jače, sijalica ili dioda? LED dioda. Sijalica traži jaču struju, pa će se baterija prije isprazniti. Ne isprobavaj ovo jer ti za naredne eksperimente treba puna baterija.

Pribor: baterija 9V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

Fig. 10



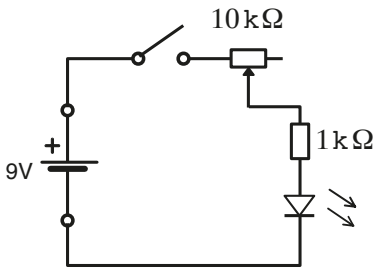
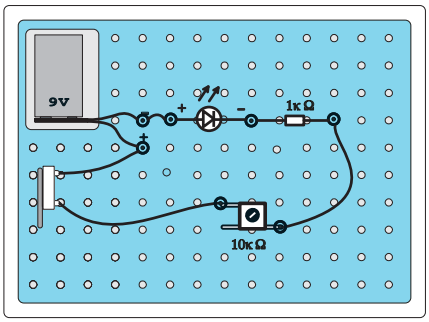
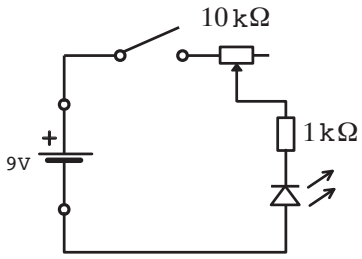


Fig. 11





11. DA LI JE VAŽNO KAKO JE SPOJENA LED DIODA?

Zameni mjesta spojevima sa LED diodom. Kada uključiš prekidač dioda ne svetli. Zašto?
Seti se opisa diode - struja kroz nju prolazi samo u jednom smeru. Ako je dioda pogrešno povezana unutar kola, kroz nju ne može proći struja, pa ne može ni svetliti.
Generalno, treba da zapamtiš da je jako važno kako je poluprovodna dioda okrenuta. Kada je pogrešno spojena kolo ne funkcioniše, i takav nemar može izazvati da dioda (ili neki drugi element iz kola) pregori. Dakle, pre nego je povežeš uvek proveri da li je pravilno okrenuta.

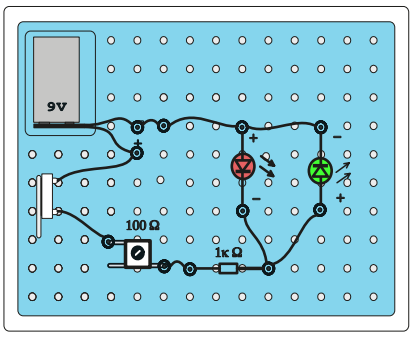
Pribor: baterija 9V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

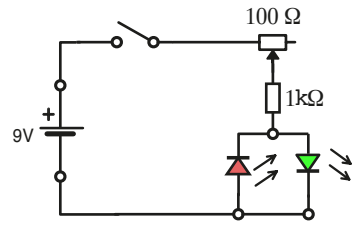
12. KOLO SA DVE LED DIODE OKRENUTE SUPROTNO

Prethodnom kolu dodaj još jednu LED diodu (zelenu), paralelno je spoji sa prvom diodom, ali je okreni suprotno. Pritisni prekidač. Crvena dioda svetli, kao i pre; zelena ne svetli jer je okrenuta tako da kroz nju ne može proći struja. Sada žicama na bateriji zameni mesta, pritisni prekidač i zelena će sada svetleti. Sada struja teče u suprotnom smeru i prolazi kroz zelenu ali ne i kroz crvenu diodu.

Pribor: baterija 9V, 9x7, 38, 40, 43, 44, 50, 57, 4x68, 69

Fig. 12



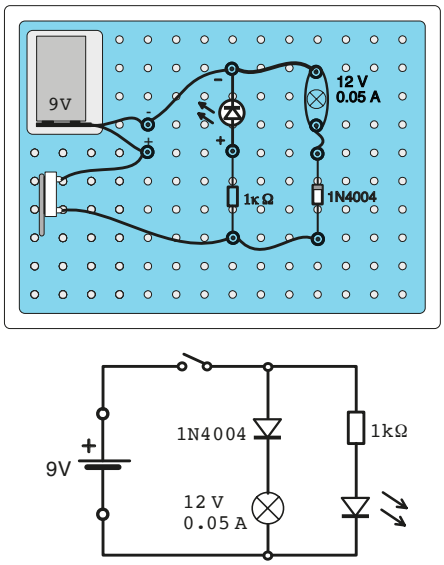


13. KOLO SA SIJALICOM I LED DIODOM (1)

Kolo je sastavljeno tako da struja može proći kroz oba njegova ogranka. U jednom su serijski spojene sijalica i obična dioda, a u drugom otpornik i LED dioda. Kada pritisneš prekidač sijalica i LED dioda zasvetle.

Pribor: baterija 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 13

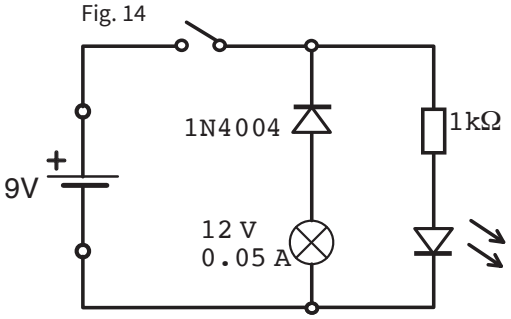


14. KOLO SA SIJALICOM I LED DIODOM (2)

Običnu diodu okreni na drugu stranu i svetleće samo LED dioda. Očigledno je da struja ne prolazi kroz ogranak sa sijalicom, jer je dioda okrenuta u suprotnom smeru.

Pribor: baterija 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 14

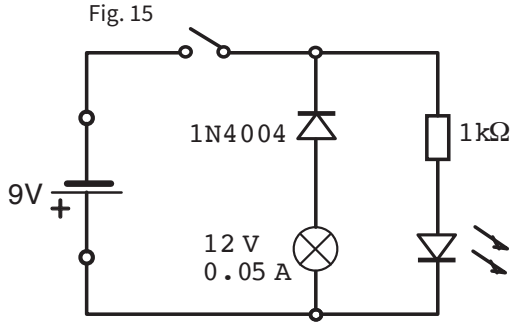


15. KOLO SA SIJALICOM I LED DIODOM (3)

Sada su obična i LED dioda okrenute suprotno. Zameni žice na bateriji. Sijalica svetli, ali ne i LED dioda jer su i one okrenute suprotno. Zavisno od toga kako je baterija spojena, svetli ili LED dioda ili sijalica.

Pribor: baterija 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 15

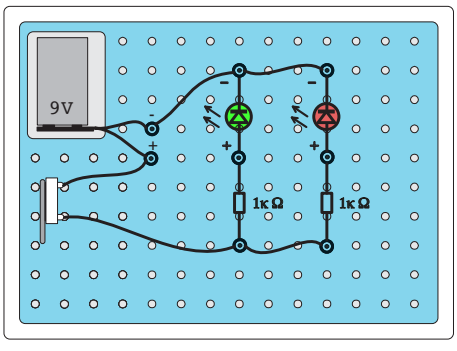


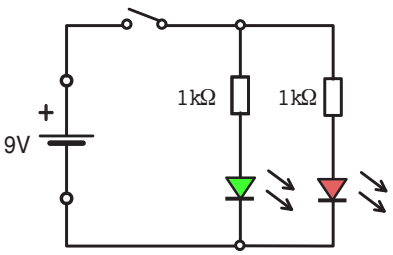
16. PARALELNA VEZA

U kolu imamo dve grana, jedna sa crvenom i druga sa zelenom LED diodom.
Proveri polove dioda!
Ako je kolo pravilno povezano, LED diode će svetleti približno jednakom jačinom.
Struja ide od pozitivnog pola baterije, deli se na dva dela, od kojih jedan prolazi kroz zelenu, a drugi kroz crvenu LED diodu.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 43, 44, 2x57

Fig. 16





17. PROMENJEN SMER STRUJE U GRANAMA PARALELNE VEZE

Kolu dodaj još jednu oprugu, jedan ogranak iskopčaj, i između otpornika od 1 kΩ i crvene LED diode spoji potenciometar od 10 kΩ. Sada kolo spoji sa baterijom. Kada potenciometar okreneš, svetlost crvene LED diode se menja, dok se kod zelene ne menja. Struja prolazi iz pozitivnog pola baterije kroz provodnu žicu. Tu se deli na dvoje; jedan dio prolazi kroz otpornik i crvenu LED diodu, a drugi kroz otpornik, potenciometar i zelenu LED diodu. Otpor ogranka sa potenciometrom je definitivno veći, pa tuda prolazi manje struje i zelena LED dioda slabije svetli.
Označi struju iz baterije sa I, struju kroz zelenu diodu Ig, a kompletan otpor u ovoj grani sa Rg.; struju u otporniku, potenciometru i crvenoj diodi označi sa Ir, a ukupan otpor u tom ogranku sa Rr, onda sledi:

$I = I_g + I_r$

Drugim rečima: struja koja ide iz jednog provodnika kroz nekoliko paralelnih ogranaka jednaka je zbiru struje kroz svaki ogranak pojedinačno. Ovo je Kiršov zakon protoka struje ili I Kiršov zakon. Za celo kolo važi:

$I = U/R$

Struja koja prolazi kroz zelenu LED diodu je:

$I_g = U/R_g$

Struja kroz crvenu diodu je:

$I_r = U/R_r$

Prema Prvom Kiršovom zakonu:

$I = I_g + I_r$

ili

$U/R = U/R_g + U/R_r$

Voltaža unutar baterije je jednaka voltaži u oba ogranka. Celu jednačinu podelimo sa U i ona će i dalje vredeti, ali u drugom obliku:

$1/R = 1/R_g + 1/R_r$

Ovo znači da je recipročna vrednost ukupnog otpora u kolu jednaka zbiru recipročnih vrednosti otpora u svakom paralelno spojenom ogranku.
Ako upotrebimo zajednički imenilac za desnu stranu jednakosti i istu obrnemo, dobijemo:

$R = R_g \times R_r/(R_g + R_r)$

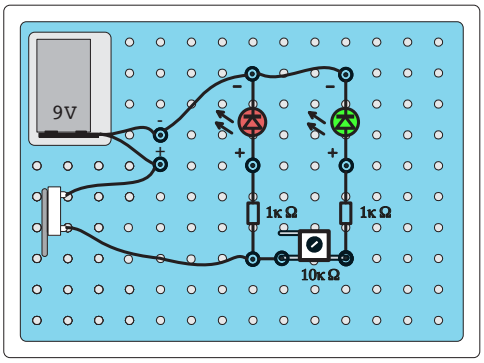
Kiršov zakon objašnjen u slučaju sa vodom: jedno crevo sa vodom iz gornje posude se deli na dva; voda teče ka donjoj posudi i deli se na vodu koja sada teče kroz dva paralelna creva. Obzirom da se voda nigde ne gubi, ne izlazi, možemo zaključiti da je količina vode u gornjem, širokom crevu jednaka zbiru količine koja teče kroz dva paralelna creva.
Nekada nemamo otpornik neophodne vrednosti, ali imamo jači. Kada imamo dva otpornika čija suma njihovih recipročnih vrednosti iznosi neophodan otpor, možemo ih paralelno spojiti u kolo. Dakle, recipročna vrednost ukupnog otpora jednaka je zbiru recipročnih vrednosti svih otpornika ua nizu:

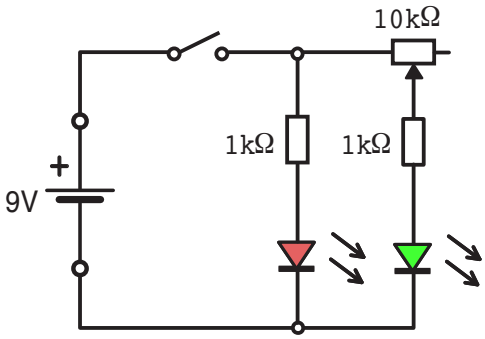
$1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 \ldots$

R je ukupan otpor u kolu, a R1, R2, R3,itd su otpori pojedinačnih otpornika u nizu.
Taj ukupan otpor je uvek manji od najmanjeg pojedinačnog otpora.

Pribor: baterija 9V, 9x14, 38, 40, 43, 44, 51, 2x57, 2x68

Fig. 17





18. DRUGI PRIMER PARALELNE VEZE

Jednačina iz koje smo izračunali ukupni otpor dva paralelno spojena otpornika dokazuje da je on manji od otpora najmanjeg otpornika.
Ovo možemo pokazati sledećim eksperimentom (slika 18). Jedan kraj otpornika od 33 Ω nigde nije spojen, a otpornici od 56 Ω i 100 Ω su spojeni paralelno.
Njihova ukupna vrednost je:

1/R= 1/56 + 1/100
1/R= 0,0178 +0,01
1/R= 0,0278

Pomnoži jednačinu sa R i dobiješ:

1= 0,0278 x R

tj.

1/0,0278 = R

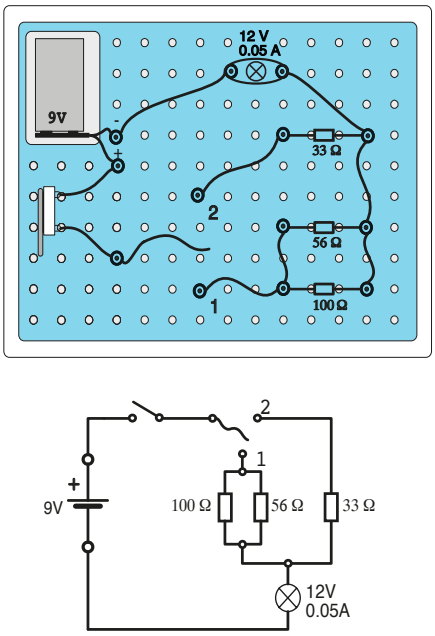
ili približno

R= 36 Ω

Posmatraj sada svetlo sijalice. Skini žicu sa opruge 1 i spoji sa oprugom 2; struja sada prolazi kroz otpornik od 33 Ω. Zbog toga što taj otpornik ima isti otpor kao i paralelno spojeni otpornici od 56 Ω i 100 Ω, u oba slučaja sijalica svetli isto.
Dakle ono što smo naučili možemo i primeniti: kada nemamo određeni otpornik, možemo paralelno ili serijski spojiti dva ili više otpornika.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 55, 4x68, 4x69

Fig. 18

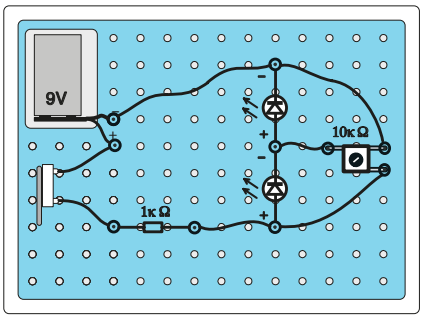


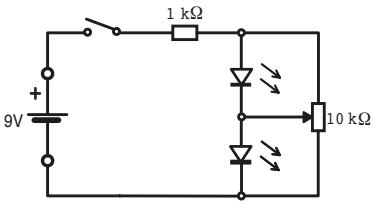
19. ISTOVREMENO PROMENLJIVA SVETLOST DVE LED DIODE

Sastavi kolo ka na slici 19. Šta se dešava kada okreneš potenciometar? U onom delu u kojem se nalazi klizač bliže izlazu, otpor će biti manji i manja voltaža. Dioda paralelno spojena na ovaj dio kola će slabije svetleti.

Pribor: baterija 9V, 10x7, 38, 2x44, 51, 55, 57, 4x68, 69

Fig. 19



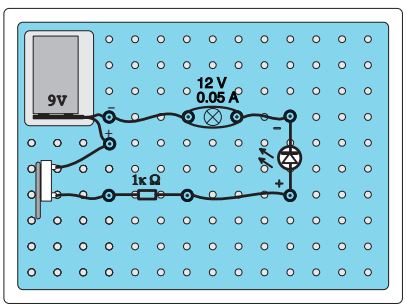


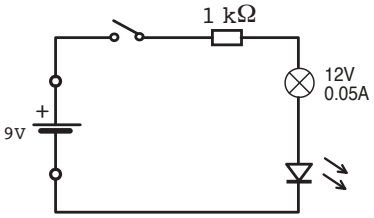
20. KOLO SA SERIJSKOM VEZOM SIJALICE I DIODE

Kao što i sam naziv kaže, LED dioda emituje svetlost kada krene struja u pravom smeru. To je upravo ono zbog čega se i koriste. Za rad diode je potrebna slaba struja, par miliampera. Dakle, mnogo slabija struja nego što je potrebna za sijalicu - zato sijalica svetli jače.
Ako bi struja koja je potrebana za sijalicu prošla kroz diodu, ona bi sigurno pregorila.
Uočićeš da je u našim eksperimentima uvek sa diodom serijski povezan otpornik, čija je uloga da smanji struju kroz diodu da ne bi pregorela.
Iz kola sa slike se može videti da je struja neophodna za LED diodu isuviše slaba za sijalicu. Diode nikada nemoj direktno spajati sa baterijom, bez serijski povezanog otpornika od 1 kΩ, jer će u protivnom dioda odmah pregoreti!

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 3x68

Fig. 20



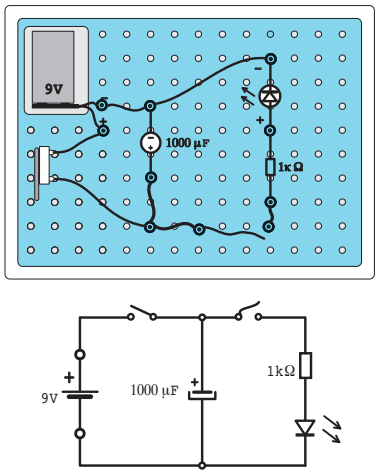


21. KONDENZATOR KAO IZVOR STRUJE

Sastavi kolo kao na slici 21. Neka žica na pozitivnom polu baterije ostane slobodna. Pritisni prekidač! Hoće li LED dioda zasvetleti? Neće, obzirom da nisu spojena oba pola baterije. Isključi prekidač.
Sada spoji pozitivan pol elektrolitskog kondenzatora sa žicom spojenom sa pozitivnim polom baterije. U elektrolitskom kondenzatoru nije bilo struje, bio je prazan. Kada smo ga povezali sa baterijom, struja je potekla iz njenog negativnog pola u kondenzator i napunila ga.
Sada opet skini žicu sa pozitivnog pola baterije i pritisni prekidač. Iako baterija nije spojena, LED dioda svetli. Pošto je struja akumulirana u kondenzatoru ograničena, dioda će svetleti samo na kratko - dioda svetli sve slabije jer crpi struju iz kondenzator, koji se na taj način prazni. Kada se dioda ugasi, kondenzator se ispraznio.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 67, 4x68, 69

Fig. 21

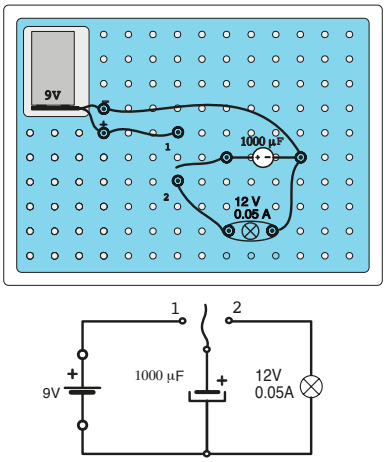


22. ZA KOLIKO SE KONDENZATOR ISPRAZNI?

Umesto LED diode i otpornika, u kolo spoji sijalicu. Ona će na trenutak zasvetleti. Već znamo da sijalici treba više struje nego LED diodi i to znači da je otpor sijalice manji. ada iz kondenzatora izlazi više struje, prije se isprazni, a sijalica svetli kraće od diode.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 22

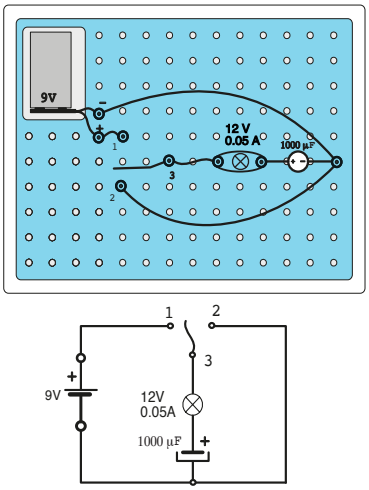


23. KONDENZATOR SE MOŽE PUNITI I PRAZNITI NEKOLIKO PUTA

U kolu napravi malu izmenu - žicu spojenu sa sijaličnim grlom ostavi na drugom kraju slobodnu i njime naizmenično dodiruj oprugu 1 i oprugu 2. Posmatraj šta se dešava?
Kada dodirneš oprugu 1, kondenzator se napuni - struja koja ide iz baterije u elektrolitski kondenzator prolazi i kroz sijalicu. Kada je kondenzator prazan, struja koja prolazi je jača i sijalica svetli; kada se kondenzator napuni, struja više ne prolazi kroz njega i sijalica se ugasi.
Kada dodirneš oprugu 2 slobodnim krajem žice, struja poteče iz pozitivnog pola kondenzatora kroz sijalicu sve do njegovog negativnog pola. Isprva, kada je kondenzator potpuno napunjen, struja je jaka; kada se kondenzator isprazni, struja slabi, a sijalica sve slabije svetli dok se ne ugasi.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 23

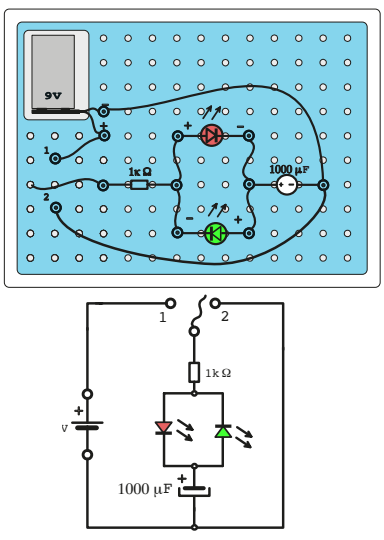


24. KROZ KONDENZATOR MOŽE PROLAZITI I NAIZMENIČNA STRUJA

Dok se kondenzator puni i prazni kroz njega prolazi struja u suprotnim smerovima. Ovo možemo dokazati tako da sastavimo kolo sa dve LED diode okrenute u suprotnom smeru, a spojene paralelno.
Slobodnim krajem žice povezane sa oprugom 3, dohvati opruge 1 pa 2. Posmatraj šta se dešava.
Kao što već znaš, struja kroz diodu prolazi u samo jednom smjeru. Dok se kondenzator puni, struja prolazi kroz crvenu LED diodu; dok se kondenzator prazni, struja prolazi kroz zelenu LED diodu.
Dakle, dok se kondenzator puni i prazni, struja jednom ulazi a drugi put izlazi iz kondenzatora, tj.kroz njega prolazi naizmenična struja, što smo eksperimentom i dokazali.
Zameni otpornik od 1.000 µF drugim od 100 µF - LED dioda će sijati mnogo kraće. Ovo se desilo zato što u kondenzator manjeg kapaciteta može ući manje električnog punjenja.

Pribor: baterija 9V, 11x7, 38, 43, 44, 56, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 24



25. PARALENA VEZA KONDENZATORA

Kako se ponašaju dva paralelno spojena kondenzatora?
Sjeti se odnosa između punjenja u kondenzatoru i voltaže na njegovim spojevima:

C= Q/U

U napunjenom kondenzatoru kapaciteta C i voltaže U u spojevima, punjenje će biti:

Q= C x U

Kada su dva kondenzatora spojena paralelno, struja provedena do njih se deli na dva dela. Dakle, punjenja u kondenzatorima 1 i 2 označi sa Q1 i Q2. Ukupan kapacitet C je zbir njihovih kapaciteta C1 i C2:

C x U= C_1 x U_1 + C_2 x U_2

Voltaža na spojevima do oba kondenzatora je jednaka tj. U = U1 = U2. Dakle,

C x U= C_1 x U + C_2 x U

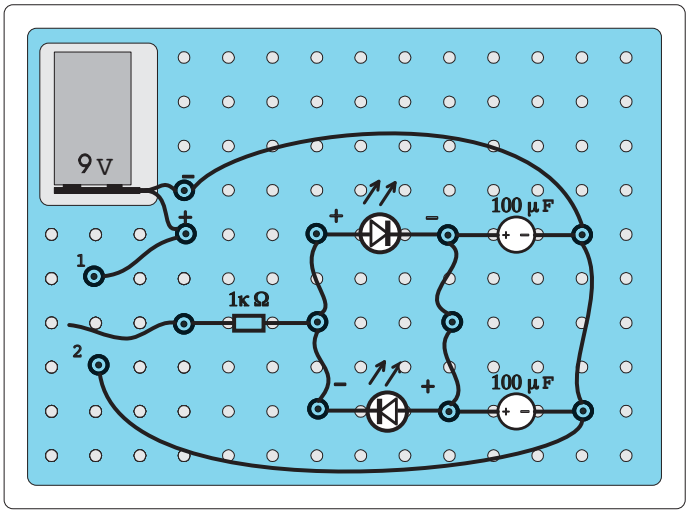
Celu jednačinu podeli sa U i dobićeš formulu za ukupan kapacitet dva paralelno spojena kondenzatora:

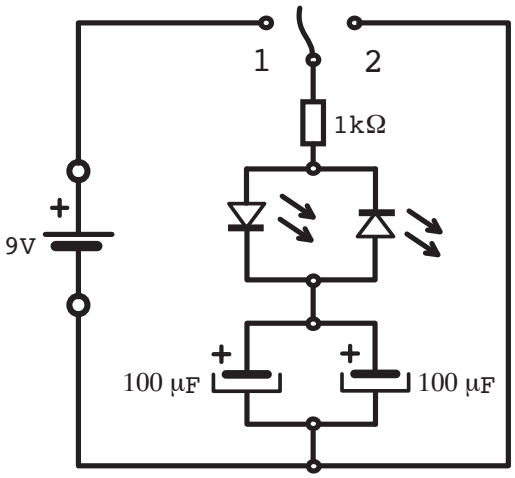
C= C_1 + C_2 + C_3...

Ukupan kapacitet nekoliko paralelno spojenih kondenzatora uvek je veći od kapaciteta najmanjeg kondenzatora.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 25





26. SERIJSKA VEZA KONDENZATORA

Izmenimo kolo tako da serijski povežemo kondenzatore. Ako slobodnim krajem žice dodirneš jednu pa drugu oprugu, videćeš da LED dioda svetli mnogo kraće nego u prethodnom eksperimentu. Ovo pokazuje da je ekvivalent kapaciteta serijski povezanih kondenzatora manji od onog koji su paralelno povezani.
Rekli smo da kada se kondenzator puni u njega ulazi struja koja ima istu voltažu na njegovim spojevima:

$$U = U_1 + U_2$$

Ako je zamenski kapacitet dva serijaki spojena kondenzatora:

$$C = Q / U$$

a voltaža na spojevima

$$U = Q / C$$

onda sledi:

$$Q/C = Q_1/C_1 + Q_2/C_2$$

gde su Q1 i Q2 punjenja prvog i drugog kondenzatora, a C1 i C2 njihovi kapaciteti.
Punjenje koje je ušlo u prvi kondenzator je jednako struji koju emituje drugi kondenzator, što je normalno jer među njima ne postoji žica koja će usmeriti struju unutra ili vani.

Zbog toga je

$$Q = Q_1 = Q_2$$

Celu jednačinu podeli sa Q i dobićeš:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2$$

Ili recipročna vrednost ekvivalenta vrednosti dva serijski povezana kondenzatora je jednaka zbiru njihovih recipročnih vrednosti.
Kao što smo uradili sa paralelno povezanim kondenzatorima, istu vrednost možemo zapisati na drugi način - pronađemo zajednički imenilac za desnu stranu jednakosti i obrnemo je:

$$C = C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$$

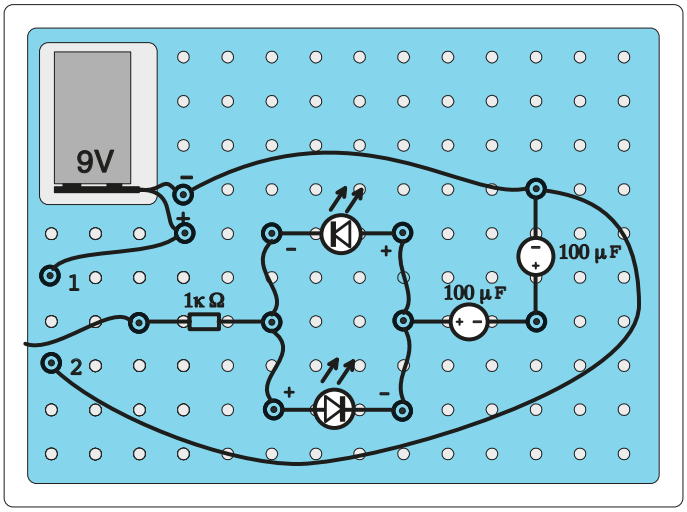
U našem eksperimentu smo koristili dva serijski povezana kondenzatora od 100 µF, pa će ukupan kapacitet biti 50 µF.
Kao što se željeni otpor može dobiti paralelnim spajanjem dva ili više otpornika, tako se isto željeni kapacitet može izvući iz dva ili više serijski povezana kondenzatora.
Ako je C ukupan kapacitet, a C1, C2, C3, itd kapaciteti svih pojedinačnih serijski povezanih kondenzatora, onda vredi:

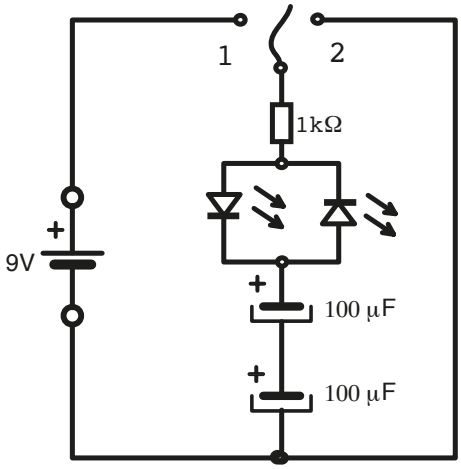
$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \ldots$$

Ukupan kapacitet je uvek manji od najslabijeg kondenzatora.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 26



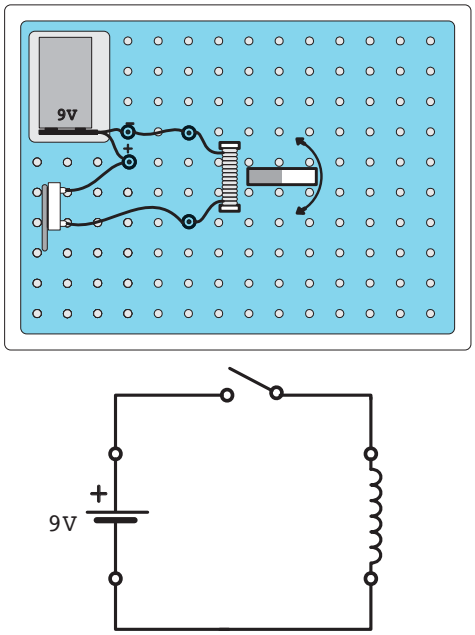


27. ELEKTROMAGNET

Jednostavnim eksperimentom možemo dokazati da kada kroz kalem pustimo struju, on postane elektromagnet.
Sastavi prosto strujno kolo u kojem su serijski spojeni baterija, prekidač i kalem. Kada je prekidač uključen, struja prolazi kroz kalem i čini se kao da se ništa ne dešava. Isključi kolo.
U kalem umetni železni ekser tako da jedan njegov deo viri napolje. Pritisni prekidač. Ekser će odmah upasti u kalem i tamo ostati.
Uradi drugi eksperiment. Veži magnet o konac drži ga da visi iznad kalema. Pritisni prekidač. Magnet će se okrenuti oko vertikale kalema kroz koji sada prolazi struja. Zapamti kako se magnet okrenuo. Sada spojevima na kalemu zameni mesta. Pritisni prekidač. Ponovo će se kalem ponašati kao prekidač, osim što će se magnet koji visi o koncu sada okretati u suprotnom smeru.
Kada promenimo smer struje u kalemu, on se ponaša kao magnet okrenut u suprotnom smeru. Ekser i magnet će se ponašati isto kada ih postavimo blizu jedan drugom. Naš eksperiment dokazujeda se kalem kroz koji prolazi struja ponaša kao magnet i takv se zove elektromagnet.

Pribor: baterija 9V, 4x7, 11, 38, 40, 68, železni ekser

Fig. 27

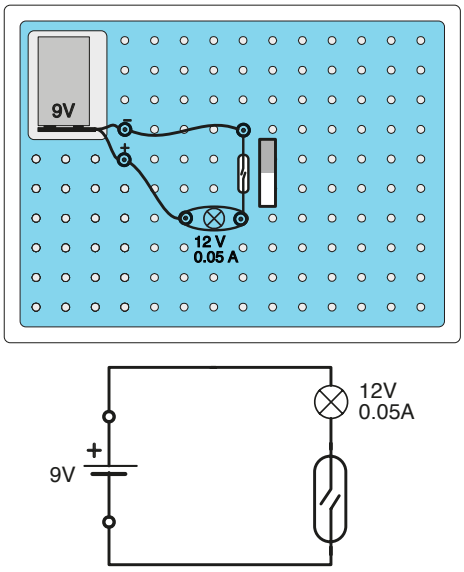


28. MAGNETNI PREKIDAČ

Dve opruge, blago razdvojene stavi na papir; papir podigni a drugom rukom vertikalno ispod njega prinesi magnet. Opruge će se naelektrisati tj. ponašaće se kao mali magneti. Znamo da se magneti ili privlače ili odbijau ove opruge će se privući.
Zamisli da smo obe ove opruge spojili u kolo, tako da se kolo zatvori kada se opruge dodirnu. Dakle, kolo će se zatvoriti kada oprugama prinesemo magnet.
Ovako radi magnetni prekidač: dve fleksibilne metalne trakice su stavljene u staklenu hermetički zatvorenu cevčicu i kada se namagnetišu, ostvare kontakt kada više nisu namagnetisane, razdvoje se.
Kako da namagnetišemo te trakice? Putem preinesenog magneta trakice se naelektrišu, ostvare kontakt i zatvore strujno kolo. Na taj način one funkcionišu kao magnetski prekidač.

Pribor: baterija 9V, 5x7, 10, 14, 35, 38, 48, 2x68

Fig. 28

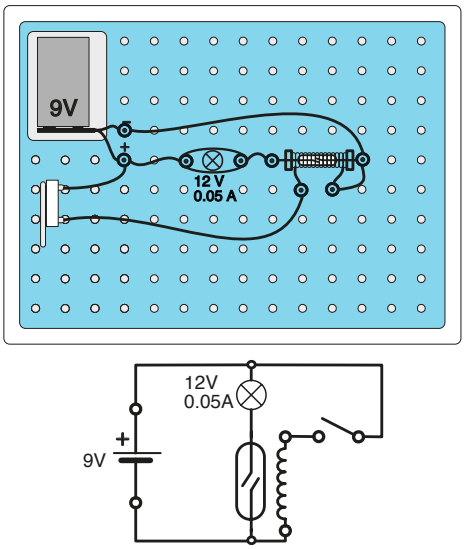


29. RELEJ

Pored elektromagneta možemo staviti tanku železnu pločicu kako bismo uključili prekidač kada ga magnet privuče. Ovakav elektromagnetni prekidač se zove relej.
Elektromagnet možemo koristiti i da naelektrišemo magnetni prekidač i onda će to biti relej. Može se napraviti i uz pomoć kalema tako što ćeš one fleksibilne trakice umetnuti u kalem i onda će to biti prekidač za sijalicu - kada je prekidač za kolo uključen, metalne trakice naprave kontakt, kolo se zatvori, struja krene kroz sijalicu i ona zasvetli.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 11, 14, 35, 38, 40, 48, 4x68

Fig. 29

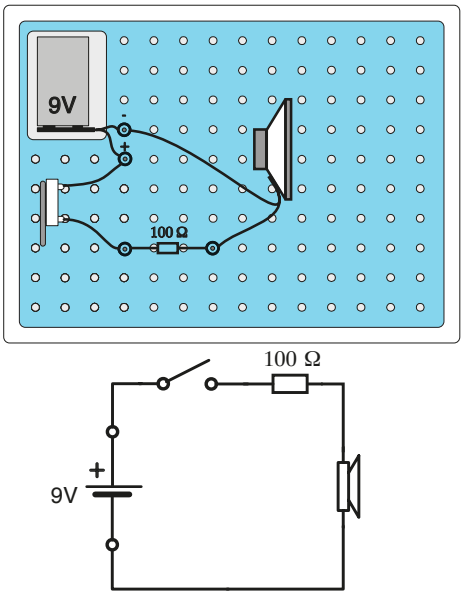


30. ZVUČNIK

Kako zvuk putuje kroz vazduh? Zvučni talasi se šire kroz više i manje gust vazduh, a koji se vertikalno proteže u smeru u kojem zvuk putuje. Kako možemo pokrenuti zvučni talas? Da bismo to uradili, moramo imati predmet koji će vibrirati napred-nazad i na taj način formirati niz od više i manje gustog vazduha. Kada kucneš u prozor, on vibrira. Okno tog prozora će formirati zone sa različitim vazdušnim pritiskom oko njega samog, a onda i šire. Zbog toga što se sve ovo dešava sa obje strane okna, zvuk će se čuti sa obje strane prozora.
u elektronici zvučnik koristimo za stvaranje zvučnih talasa. Šta je tačno zvučnik? Sjećaš li se eksperimenta sa kalemom i magnetom? Otkrili smo da se kalem kroz koji prolazi struja ponaša kao magnet. U kućištu zvučnika se nalazi magnet.
U žlebu magneta je kalem fiksiran za papirnu membranu. Kada struja krene kroz kalem, on se uvuče ili izbaci iz magneta. Ovo će pokrenuti membranu napred-nazad. Ako se ovo dovoljno brzo dešava onda se čuje zvuk. U našem kolu je otpornik od 100 Ω serijski spojen sa zvučnikom. Bez otpornika bi kalem izgorio. Pritisni prekidač čućeš puckanje. Ponovi ovo nekoliko puta i posmatraj membranu. Uočićeš da se membrana pomera unutra i vani. Kada pritisneš prekidač, membrana je uvučena. Zameni kontaktne žice i membrana se ispupči. Moraš pažljivo posmatrati jer su pokreti membrane tako sitni, ne veći od dela milimetra.
Zažto kalem upadne pa iskoči iz magneta? Već znamo da se kalem, kada kroz njega prolazi struja, ponaša kao magnet, da magnet ima dva pola, da se isti odbijaju, a različiti privlače. Kada promenimo smer struje u kalemu, i polovi koji se formiraju na magnetu se promene. Uparvo zbog toga se membrana jednom uvuče u zvučnik (kada se kalem i magnet privuku), a drugi put ispupči (kada se kalem i magnet odbiju). Dakle, ako želimo čuti zvuk u zvučniku, moramo kroz kalem pustiti struju različite jačine.

Pribor: baterija 9V, 38, 40, 45, 55

Fig. 30

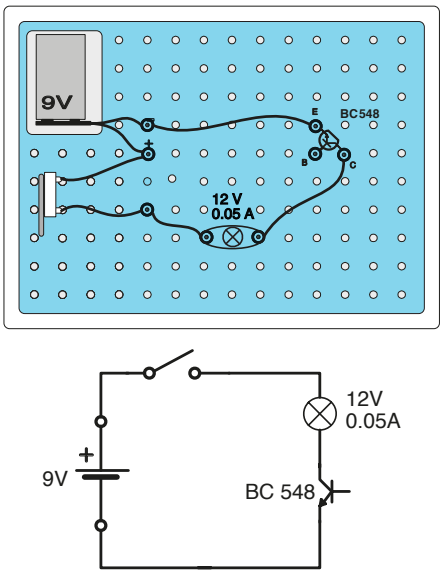


31. TRANZISTOR

Jesi li pročitao opis tranzistora? Ako jesi, biće ti lako da razumeš sledeći eksperiment.
U ovom kolu su paralelno spojeni sijalica i tranzistor. Prilikom spajanja tranzistora u kolo moraš paziti da ne zameniš mesta izlazima! ako ti se to desi, kolo neće raditi, ili ako baš nemaš sreće tranzistor će biti uništen.
U tvom kompletu je tranzistor BC548. Kada ga držiš sa kontaktnim žicama na dole, a ravnom stranom sa podacima prema sebi, onda ti je emiter s desna, baza u sredini, a kolektor s leva. Namaju svi tranzistori isti raspored kontakata. Ovaj raspored je čest, ali nije obavezan zavisi od tipa i od proizvođača. Ako tranzistoru ne znaš raspored kontakata, potraži u priručniku. u slučaju da ne možeš pronaći tako, onda moraš odrediti izlaze sam. Kako se to radi, objasnićemo kasnije u ovoj knjizi.
Vratimo se našem kolu. hoće li sijalica svetleti? Naravno da neće. Baza tranzistora nije ni sa čim spojena, pa struja kroz nju ne prolazi tranzistor je zatvoren. Možemo reći da je u takvom tranzistoru otpor između emitera i kolektora jako veliki.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 42, 3x68

Fig. 31

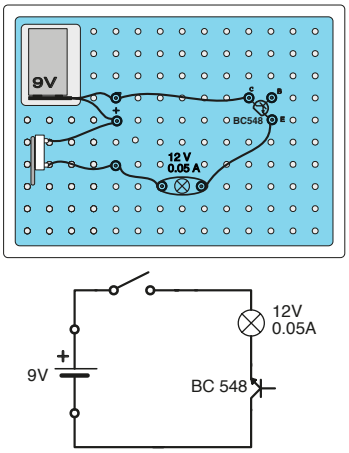


32. ŠTA SE DEŠAVA KADA OKRENEMO TRANZISTOR?

Izmeni kolo tako da zameniš mesta emiteru i kolektoru.
Ako pažljivo pogledaš, videćeš da žica u sijalici slabo svetli. Kako tranzistor nema emiter spojen sa negativnim polom, a kolektor sa pozitivnim polom, ne ponaša se onako kao bi trebalo.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 3x68

Fig. 32

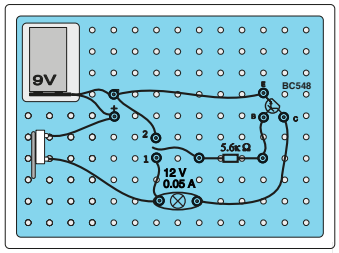


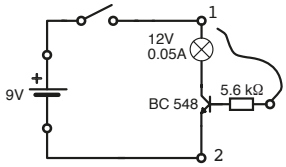
33. TRANZISTOR KAO PREKIDAČ

Na označeno mesto na otporniku spoji žicu, ostavljajući joj drugi kraj slobodan. Sijalica ne svetli. Zašto?
Struje ne ide u bazu tranzistora, pa je on zatvoren! Šta treba uraditi da struja krene kroz tranzistor? Treba nam takvo kolo u kojem slaba struja ide u bazu.
Spoji slobodan kraj žice sa oprugom spojenom sa pozitivnim polo baterije. Struja će krenuti od otpornika do baze, tranzistor će se otvoriti - sijalica će zasvetleti. U ovom smo kolu tranzistor upotrebili kao prekidač. Struja je slabija nego ona koja prolazi kroz sam tranzistor, što prkidač čini efikasnijim.
Šta će se desiti ako slobodan kraj žice spojimo sa negativnim polom baterije? Prvo, pokušaj zamisliti, a onda isprobaj. Sijalica neće svetliti jer struja ne ide u bazu i tranzistor je zatvoren.
Otvoren tranzistor ima jako slab otpor, i voltaža između emitera i kolektora je jako mala, ne veća od desetine volta. Iz ovog razloga otvoreni tranzistor nikada ne bi trebalo direktno spajati sa polovima na bateriji - struja bi bila prejaka i uništila bi ga.

Pribor: baterija 9V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

Fig. 33



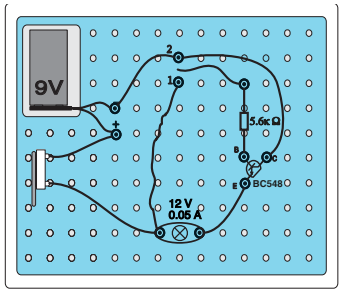


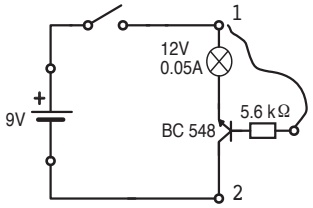
34. NEPRAVILNO OKRENUT TRANZISTOR

Okreni tranzistor pogrešno zameni mesta kolektoru i emiteru.
Kada slobodan kraj žice nije spojen, sijalica slabo svetli. Ako tim istim krajem žice dohvatimo pozitivan pol baterije, sijalica će svetliti jače, ali ne punom jačinom. To znači da tranzistor nije pravilno spojen!
Ako želimo iskoristiti karakteristike tranzistora BC548, kolektor bi uvek trebalo spojiti sa pozitivnim, a emiter sa negativnim polom, pa će slaba struja koja ide u bazu otvoriti tranzistor. Oni tranzistori kojima je emiter spojen sa negativnim, a kolektor sa pozitivnim polom zovu se NPN tranzistori - BC548 je NPN tranzistor. Postoje i PNP tranzistori čiji je emiter spojen sa pozitivnim, a kolektor sa negativnim polom. U tvom kompletu nema takvog tranzistora.

Pribor: baterija 9V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

Fig. 34



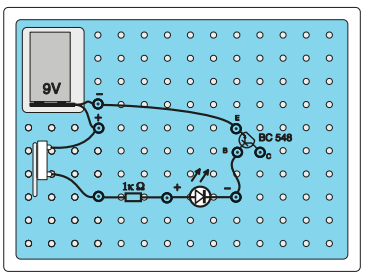


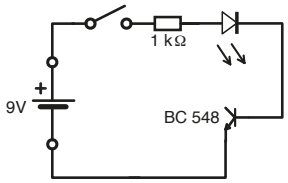
35. KAKO SE PONAŠA TRANZISTOR U SMISLU BAZE I EMITERA?

Kako sijalica zahteva više struje nego LED dioda, a samim tim crpi više struje i brže prazni izvor, u svim našim eksperimentima se može njome i zameniti, imajući u vidu da neće sijati ako nije pravilno okrenuta.
Serijski spojen otpornik od 1kΩ će osigurati da kroz LED diodu ne prođe prejaka struja.
Spoji tranzistor kao na crtežu i LED dioda će zasvetliti. To znači da struja ide od baze u emiter.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 35



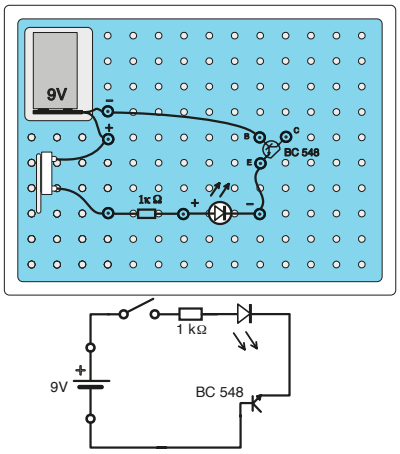


36. PRAVAC BAZA-EMITER SE U TRANZISTORU PONAŠA KAO DIODA

Sada zameni mesta spojevima nabazi i emiteru - LED dioda ne svetli. To znači da struja kroz ovaj tranzistor ne može ići od emitera do baze. Drugim rečima, pravac baza-emiter se ponaša kao dioda. U NPN tranzistoru ova dioda je okrenuta suprotno.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 36

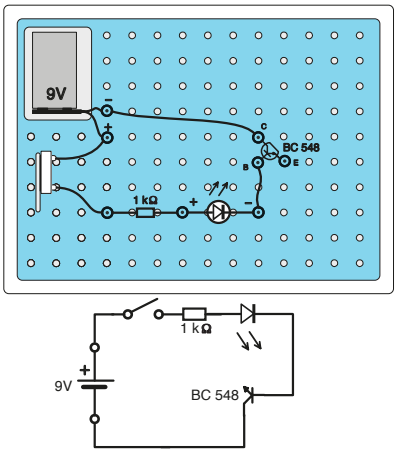


37. KAKO SE PONAŠA TRANZISTOR U SMISLU BAZE I KOLEKTORA?

Spoji tranzistor tako da je kolektor na negativnom, a baza kroz LED diodu, otpornik i prekidač na pozitivnom polu. Emiter ostaje slobodan (nepovezan).
Kada pritisneš prekidač, LED dioda ne svetli. To znači da kroz ovaj tranzistor struja može teći od baze prema kolektoru.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 37

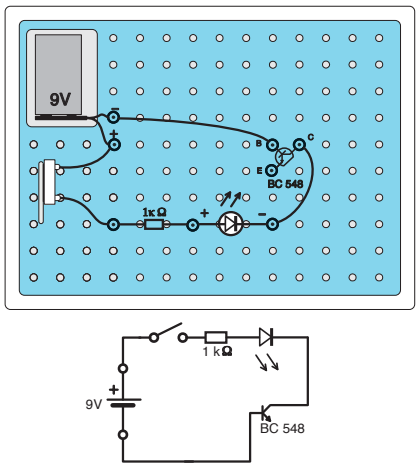


38. TRANZISTOR SE PONAŠA KAO DIODA U PRAVCU BAZA-KOLEKTOR

Zameni mesta kontaktima na bazi i kolektoru - dioda ne svetli. To znači da struja ne može teći od kolektora ka bazi. Drugim rečima, u pravcu baza-kolektor tranzistor se ponaša kao dioda. U NPN tranzistoru dioda radi u suprotnom smeru, od baze ka kolektoru.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 38

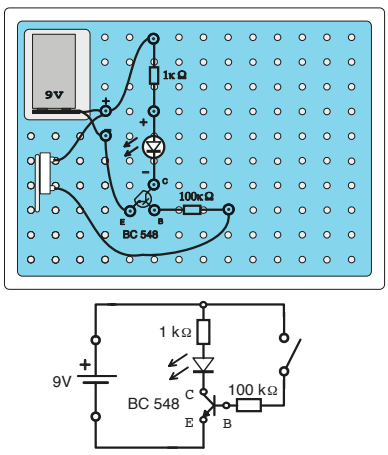


39. KOLO ZA ISPITIVANJE TRANZISTORA

Iz svega što smo do sad uradili možemo zaključiti kako treba da radi tranzistor. Ako ipak postoje neke nedoumice, uvek možemo sastaviti strujno kolo u kojem ćemo ispitati njegove osobine. Najjednostavniji je tranzistorski prekidač.
Crtež pokazuje kako treba spojiti tranzistor za ispitivanje. Kada se spoji baterija, LED dioda ne svetli. To je zato što struja ne prolazi kroz bazu, pa je tranzistor zatvoren. Kada pritisneš prekidač, struja krene i tranzistor se otvor - LED dioda svetli. Kada je prekidač isključen dioda ne svetli, kada je uključen dioda svetli; kada u oba položaja prekidača dioda ili svetli ili ne svetli, tranzistor je oštećen.
Ovo kolo je veoma jednostavno i iskoristi ga kadgod sumnjaš u ispravnost tranzistora.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 39



40. KAKO ODREDITI RASPORED KONTAKAT NA TRANZISTORU

Sada, kada znaš kao radi, možeš otkriti i raspored kontakata na nepoznatom tranzistoru. Trebaće ti baterija, otpornik i LED dioda.
1. Prvo proveri da li je dioda pravilno povezana.
2. prvi korak je odrediti koji je tip tranzistora i mesto njegove baze.
Znamo da se pravci baza-emiter i baza-kolektor ponašaju kao diode. Među ovim „diodama“ anode su baze (u slučaju NPN tranzistora). Zbog toga ćemo odrediti bazu tranzistora kao da je to anoda od dve diode; dioda emitera i kolektora.
Sada: spoji jedan izlaz nepoznatog tranzistora sa oprugom 1; slobodnim krajem žice iz opruge 2 dotakni prvi, a zatim drugi izlaz tranzistora. Prati kada LED dioda zasvetli. Zatim, promeni izlaz na oprugu 1 i ponovi test. Ovo ponavi za sva tri izlaza.
3. Kada otkriješ položaj u kojem dioda svetli nakon što su jedan do dva izlaza spojena u kolo, pronašao si bazu i tvoj tranzistor je NPN. Zapamti položaj tranzistora. Izlaz povezan sa oprugom 1 je baza.
4. Ako LED dioda ne svetli bez obzira na to kako je tranzistor spojen, ili svetli o svim slučajevima, tranzistor je sigurno neispravan.
5. Ako LED dioda svetli samo kada je slobodan kraj žice spojen sa kolo, to ne znači da je tranzistor oštećen. Prvo proveri da nije PNP tip. Da bi to uradio idi na stavku 7. eksperimenta 41.
6. Sada moramo odrediti koji je od dva izlaza emiter, a koji kolektor. U našem slučaju, koristimo kolo za testiranje tranzistora. Testiraj ga tako da mu prvo jedan, a onda drugi izlaz uzmeš kao kolektor. Normalno, baza mora biti ispravno spojena. Ako je kolo pravilno sastavljeno, tranzistor funkcioniše. Razlika u svetlosti LED diode kada je prekidač uključen i kada je isključen će biti uočljivija. Ako tranzistor ne funkcioniše kao prekidač, onda je oštećen.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 3x68

Fig. 40 a)

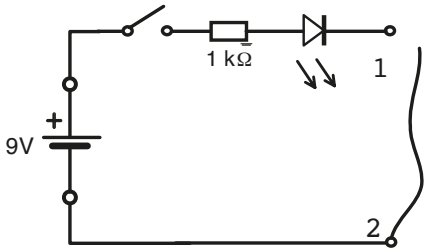
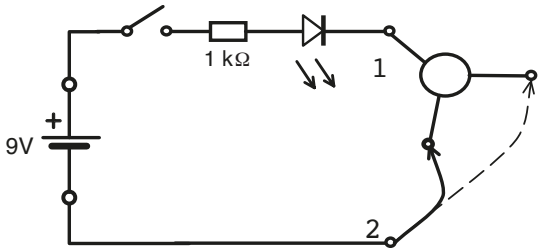


Fig. 40 b)

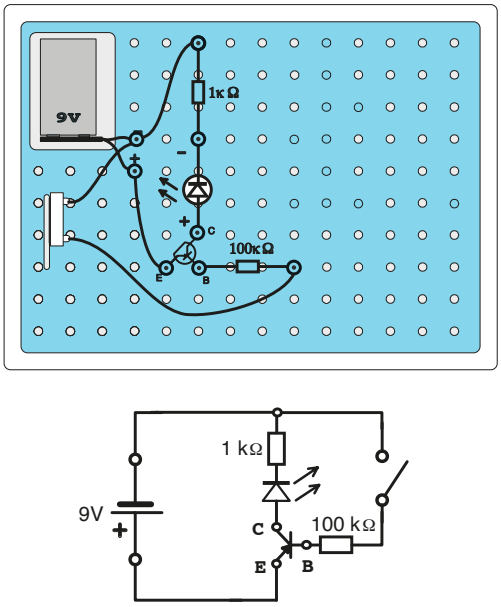


41. TESTNO KOLO ZA PNP TRANZISTORE

7. Proveri da li je tranzistor tip PNP. U ovom tipu tranzistora, struja je u suprotnom smeru nego u NPN. To znači da emiter mora biti spojen sa pozitivnim polom, a kolektor sa negativnim polom baterije. Baza se takođe napaja iz negativnog pola baterije.
U PNP tranzistoru pravci baza-kolektor a i baza-emiter se ponašaju kao diode sa zajedničkom katodom na bazi. Spoji jedan do dva izlaza tranzistora na oprugu 2, a slobodnu žicu na 1. Ponovi postupak objašnjen pod 2. Imaj na umu da tražiš diode sa zajedničkom katodom.
Ako pronađeš položaj u kojem LED dioda svetli nakon što je jedan od dva preostala izlaza spojen sa oprugom 1, izlaz spojen na oprugu 2 je baza. Proveri da isto ne dešava u drugom položaju. Ako LED dioda ne svetli ni u jednom, ili u svim položajima, tranzistor je oštećen.
8. Nakon što si pronašao bazu PNP tranzistora, sastavi testno kolo da proveriš da li tranzistor funkcioniše kao prekidač. Na ctrežu ćeš videti da su baterija i LED dioda u suprotnim smerovima od smera za NPN tranzistor.
9. Odredi emiter i kolektor. Možeš zaključiti isto kao što si to uradio za NPN. Spoji ga i vidi da li funkcioniše kao prekidač.
Tranzistor okrenut u suprotnom smeru neće biti tako dobar prekidač ili uopšte neće biti prekidač. Ako ne možeš pronaći bazu (u NPN tranzistoru zajednička anoda za emiter i kolektor, zajednička katoda za emiter i kolektor u PNP tranzistor), ili ako tranzistor ne funkcioniše kao prekidač, onda je oštećen.
Već smo rekli da u ovom kompletu nema PNP tranzistora. Štaviše, ovaj postupak će ti biti koristan kada naiđeš na potpuno nepoznat tranzistor.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 41

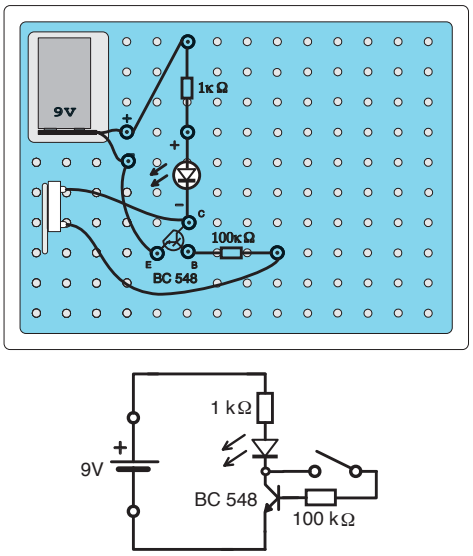


42. STRUJA KOJA TEČE KROZ BAZU MOŽE BITI USMERENA KROZ OTPORNIK KOLEKTORA

Seti se sada crteža strujnog kola za tranzistor kao prekidač. Struja je usmerena ka bazi kroz otpornik, koji je, s jedne strane , povezan na pozitivan pol baterije, a sa druge sa bazom. Nije ovo jedini način da se struja usmeri prema bazi koja će tranzistor otvoriti.
Slika 42 pokazuje kolo kroz koje struja koja teče ka bazi teče i kroz ogranak kola između kolektora i pozitivnog pola baterije.
Sastavi kolo kao na slici 42. Kada pritisneš prekidač, LED dioda svetli. To znači da tranzistor funkcioniše kao prekidač.

Pribor: baterija 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 42

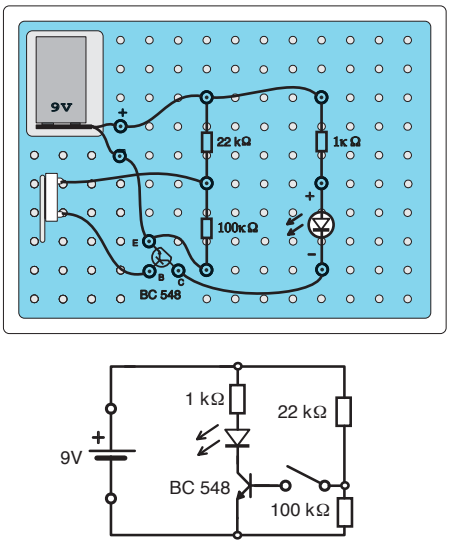


43. STRUJA KOJA TEČE KA BAZI SE MOŽE USMERITI IZ NAPONSKOG RAZVODNIKA

Slika 43 pokazuje drugu mogućnost napajanja baze tranzistora.
Dva otpornika se koriste za deljenje voltaže. Odnos između otpornika određuje struja koja ide prema bazi. Sve tri prikazane metode napajanja tranzistora imaju isti efekat na njega, ako struja teče prema bazi , i tranzistor je otvoren.

Pribor: baterija 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 43

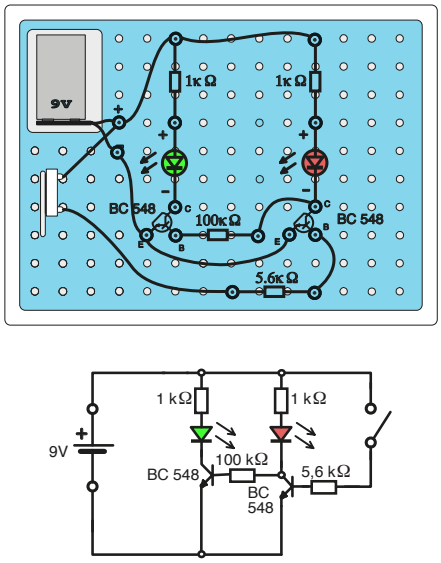


44. SERIJSKA VEZA DVA TRANZISTORSKA PREKIDAČA

Videli smo da se tranzistor može koristiti kao prekidač. Usmeravanjem slabe struje kroz bazu, možemo izazvati jaču struju kroz tranzistor.
Jednim tranzistorskim prekidačem možemo kontrolisati drugi. Primer ovoga je prikazan na slici 44. Između kolektora i pozitivnog pola baterije je otpornik i LED dioda.
LED će pokazati da li je tranzistor kao prekidač otvoren ili zatvoren. Kada je otvoren, kroz njega ne prolazi struja, a LED dioda ne svetli.
Kada bateriju spojimo u kolo, zelena LED dioda ne svetli. Zašto? Prekidač nije uključen. Struja ne ide ka bazi prvog tranzistora, i on je zatvoren. Kako kroz njega ne prolazi struja, možemo ga smatrati nepostojećim. Struja će ići ka bazi drugog tranzistora kroz crvenu LED diodu i otpornik od 100 kΩ.
Zbog ovog otpornika struja će biti preslaba da svetli crvena LED dioda, ali dovoljno jaka da otvori drugi tranzistor i pusti kroz njega struju , čineći tako da zelena LED dioda zasvetli.
Pritisni prekidač. Sada struja ide prema bazi prvog tranzistora koji je, dakle, otvore. Kroz njega će proći jača struja i crve dioda će zasvetliti.
Desni otpornik i desna dioda formiraju naponski razvodnik. Kroz njega se napaja baza levog tranzistora. Otvoreni tranzistor je jako slab otpornik - otpor je tako slab da je voltaža mala. Zato je struja prema bazi levog tranzistora jako slaba. Ovo tranzistor zatvara i zelena LED dioda ne svetli.

Pribor: baterija 9V, 14x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 61, 4x68, 2x69

Fig. 44

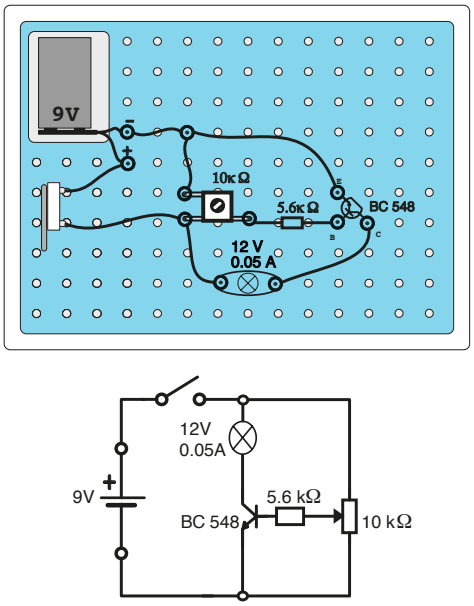


45. TRANZISTOR KAO PODESIVI OTPORNIK

Sastavi kolo kao na slici 45.
Svetlost koju emituje sijalica zavisi od položaja klizača na potenciometru. Kada je klizač bliže pozitivnom polu baterije sijalica jače svetli, a kada je bliže negativnom ona svetli slabije. Dakle kada pomeraš klizač, jačina svetlosti sijalice varira.
Kako radi kolo?
Kada je klizač bliže izlazu potenciometra koji je spojen sa pozitivnim polom baterije, više struje prolazi prema bazi. Ako klizač pomjerimo, potenciometar postaje naponski razvodnik. Otpornik kroz koji prolazi struja prema bazi je spojen na voltažu tog razvodnika. Ako je u ovome voltaža veća, jača struja ide prema bazi tranzistora. Kada je ta struja jača, sijalica svetli jače. U ovom slučaju kroz sijalicu prolazi jača struja (a i kroz tranzistor). Obzirom da je sijalica takva, očito je da se osobine tranzistora menjaju na taj način da se on ponaša kao podesivi otpornik, čiji otpor zavisi od struje prema bazi.
Zamisli da okreneš potenciometar u jednu pa u drugu stranu. Ovo će uzrokovati da voltaža na klizaču varira: jednom je veća, a drugi put slabija.
Velika voltaža će poslati više struje u bazu tranzistora i on će biti otvoreniji.
Varirajuća voltaža usmjerena na bazu tranzistora a iz potenciometra se može dovesti iz bilo kojeg drugog izvora struje. Tranzistor će pojačati voltažu. Možemo reći da je tranzistor kao podesivi otpornik zapravo pojačalo.

Pribor: baterija 9V, 11x7, 14, 35, 38, 40, 42, 51, 59, 4x68

Fig. 45

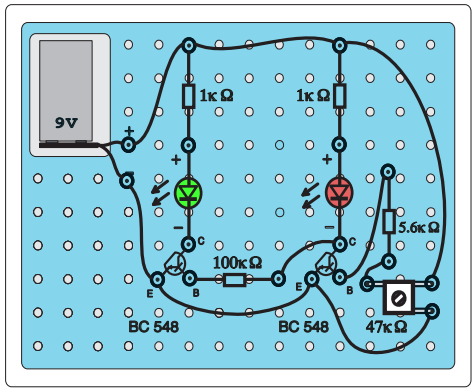


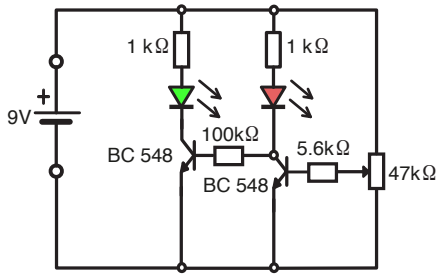
46. SERIJSKO KOLO DVA TRANZISTORSKA POJAČALA

Kao što smo mogli kontrolisati jedan tranzistorski prekidač drugim, tako možemo spojiti izlaz jednog pojačala sa ulazom drugog, pojačavajući malu voltažu nekoliko puta. U prikazanom kolu imamo serijsku vezu dva tranzistorska pojačala. LED diode služe kao indikatori promene otpora.
Pretpostavimo da je klizač potenciometra u takvom položaju da je njegova voltaža mala. Struja prema bazi tranzistora će takođe biti jednaka nuli, a trantistor zatvoren. U prethodnom slučaju, crvena dioda nije svetlila, ali zelena jeste. Suprotno će se desiti ako je klizač u položaju u kojem struja prema bazi najjača. Tada će crvena dioda svetleti, a zelena ne. Šta je sa ostalim položajima potenciometra? isprobaj ih.
Kada okreneš osovinu potenciometra, crvena dioda će sijati jače, a zelena slabije. Ako ga okreneš u suprotnom smeru, crvena svetli slabije, a zelena jače.
Ovaj eksperiment pokazuje kako se izlazni signal tranzistorskog pojačala može upotrebiti za kontrolisanje drugog. Kontrolisali smo svetlost LED dioda. Na drugom tranzistoru, u koji je voltaža preneta iz prvog povećana, umjesto LED diode možemo povezati neki drugi element koji traži jaču struju npr. sijalicu ili kalem releja.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 59, 61, 4x68, 5x69

Fig. 46



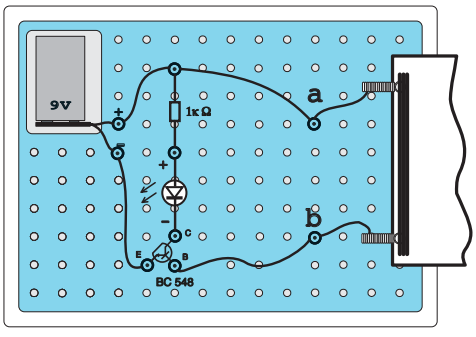


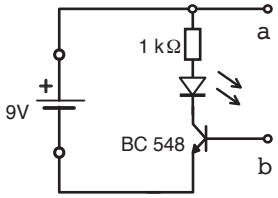
47. SLOJ GRAFITA OD OLOVKE SE MOŽE PONAŠATI KAO OTPORNIK

U uvodu smo spomenuli da je otpornik obično napravljen od keramike presvučene otpornim slojem. Taj sloj može biti i grafit.
U svakodnevnom životu često smo u dodiru sa grafitom. Možemo ga naći u običnoj drvenoj olovci - srce je grafit. Kako to možemo dokazati? Napravi svoj otpornik.
Uzmi komad papira i na njemu nactraj široku liniju. Presavij papir duž te linije. Sada imaš otpornik bez izlaznih žica.
Kako ćeš potvrditi da je to zaista otpornik? Umetni taj papir u prikazano polje. Kroz otpornik će struja ići od pozitivnog pola baterije do baze tranzistora, on će se otvoriti i diode će zasvetliti.

Pribor: baterija 9V, 10x7, 38, 42, 43, 57, 4x68, 2x69

Fig. 47



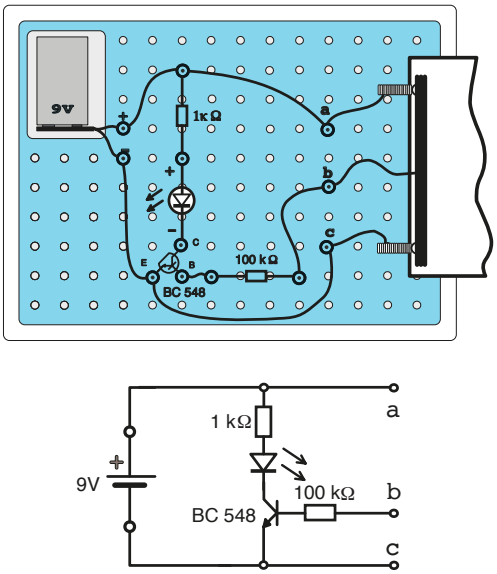


48. SLOJ GRAFITA NA PAPIRU MOŽE SLUŽITI I KAO POTENCIOMETAR

Već smo spomenuli da je potenciometar zapravo otpornik sa klizačem. Uzmi opisani otpornik i napravi potenciometar. Za ovaj eksperiment ćeš koristiti napravljeni otpornik i kao klizač oprugu sa zakačenom žicom. Oprugu guraj uz i niz grafitni sloj na papiru. Gledaj kako se svetlo diode menja. Seti se eksperimenta u kojem je tranzistor korišten kao podesivi otpornik. Ovde imamo skoro isto kolo, osim što je potenciometar kućne izrade upotrebljen umesto fabričkog.

Pribor: baterija 9V, 11x7, 38, 42, 43, 57, 61, 4x68, 5x69

Fig. 48

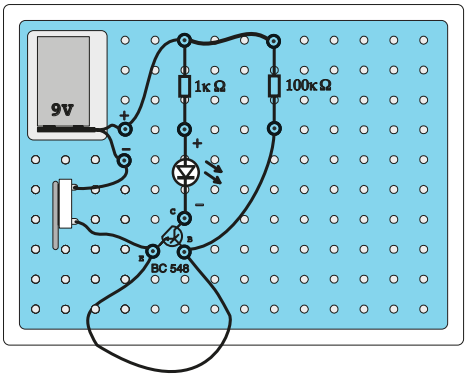


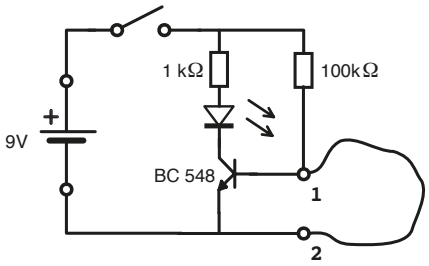
49. ELEKTRONSKI ČUVAR

Pošto smo naučili kako radi tranzistor u kolu, možemo isti koristiti na različite načine. Kakvo kolo se pravi sa tranzistorom zavisi od mašte dizajnera. Sledeći eksperiment prikazuje tranzistor u kolu koji će slati signal i kada je iskopčan. Takvo kolo npr. se može koristiti da signalizuje da su vrata otvorena kad ne treba. Tu se tranzistor koristi kao prekidač.
Između opruga 1 i 2 su žice koje uzrokuju kratak spoj između baze i emitera. Kako struja ne ide u bazu, tranzistor je zatvoren. Struja koja prolazi od pozitivnog pola baterije kroz otpornik od 100kΩ teče direktno u negativni pol baterije.
Kada skineš žicu između opruga 1 i2, struja će ići u bazu i tranzistor će se otvoriti - LED dioda će svetliti. Ovakvo kolo može otkriti prekid strujnog kola. Jedna od mogućnosti primene je električni čuvar.
Žice između opruga mogu biti proizvoljne dužine, spravu poveži na ono mjesto gde se kolo najlakše prekine. Na crtežu je primer koji se može koristitit za signaliziranje kad se vrata otvore.
Čiodom spajalicu pričvrsti na vrata, a poruku s one strane vrata s koje se i otvaraju. Spoji dve spajalice sa oprugama 1 i 2 u strujnom kolu. Između spajalica umetni komad žice sa skinutom izolacijom na mestu kontakta.
Ako je ovo urađeno pravilno, LED dioda ne svetli. Zbog žice između opruga, javlja se kratak spoj između baze i emitera, a struja ne prolazi do baze.
Kada se vrata otvore, skinu žicu sa spajalica i prekine se veza od opruge 1 do opruge 2. Struja sada ide od pozitivnog pola baterije kroz otpornik do baze, tranzistor se otvor i dioda svetli.
Možemo izabrati nekoliko mjesta koje treba čuvati. Onda ih možemo serijski povezati (np. sva vrata, prozore, vrata ormarića...) u kolo. Problem je što kada dobijemo alarmni signal ne znamo gdje je kolo prekinuto. Da bismo imali i ovu informaciju, moraćemo razdvojiti kola za svako čuvano mesto. Ako su sva kola na istoj lokaciji, možemo koristiti jednu bateriju za sve.

Pribor: baterija 9V, 9x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68, 1x69

Fig. 49



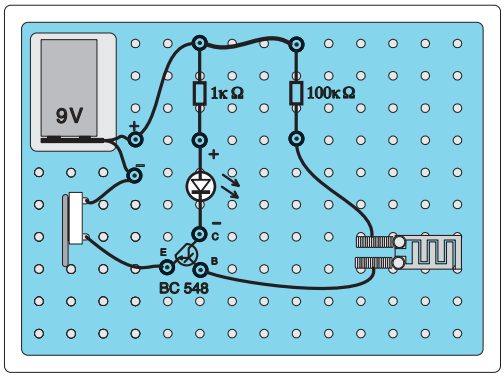


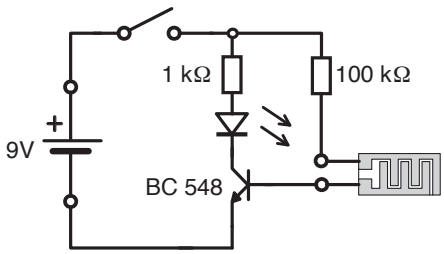
50. SIGNAL ZA VISOK NIVO TEČNOSTI

Većina tečnost provodi struju. Otpor tečnosti je dovoljno mali da dozvoli struji da kontroliše tranzistor.
U svom kompletu ćeš naći senzor za vlagu. To je pločica sa dva provodnika spojena dužinom. Struja ne moze proći između njih.
Kada provodna tečnost prođe između dva provodnika, otpor senzora pada. Ovu ćemo osobinu iskoristiti u našim eksperimentima.
U ovom kolu otpornik od 100 kΩ i senzor vlage su spojeni između pozitivnog pola na bateriji i tranzistora. Kada se senzor tečnosti uroni u provodnu tečnost, struja će krenuti iz pozitivnog pola baterije kroz otpornik od 100 kΩ i senzor tečnosti do baze tranzistora, koji će se otvoriti, a LED dioda će zasvetliti.
Ovaj senzor se ne može koristiti za neprovodne tečnosti poput ulja ili destilovane vode - u tim slučajevima se koriste drugačiji senzori.

Pribor: baterija 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

Fig. 50



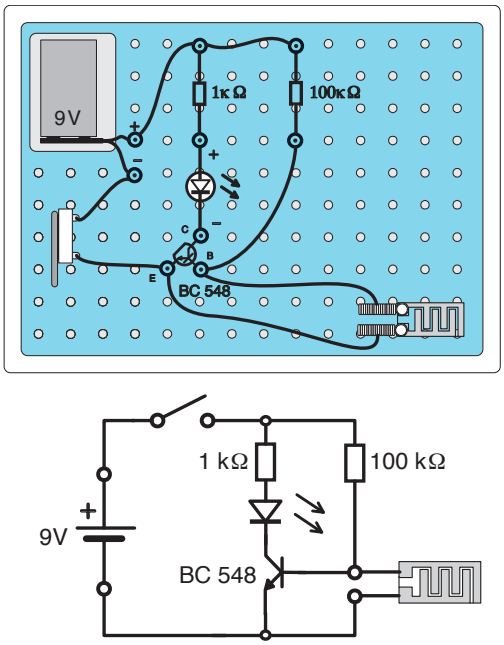


51. SIGNAL ZA NIZAK NIVO TEČNOSTI

U ovom eksperimentu želimo da nas signal upozori kada je nivo tečnosti nizak. Senzor vlage formira naponski razvodnik sa otpornikom od 100 kΩ, koji se razdvaja do baze tranzistora.
Kada se senzor uroni u tečnost, otpor između provodnika je mali. Zato će voltaža među oprugama biti premala da se struja provede do baze, a tranzistor će biti zatvoren.
Kada se posuda sa tečnošću isprazni, senzor ostaje u vazduhu. Kako vlažnosti nestaje, otpor senzora se povećava. Voltaža kroz srednji ogranak razvodnika se povećava, i struja teče kroz otpornik od 100 kΩ do baze tranzistora. Ovo će otvoriti tranzistor i dioda svetli.

Pribor: baterija 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

Fig. 51

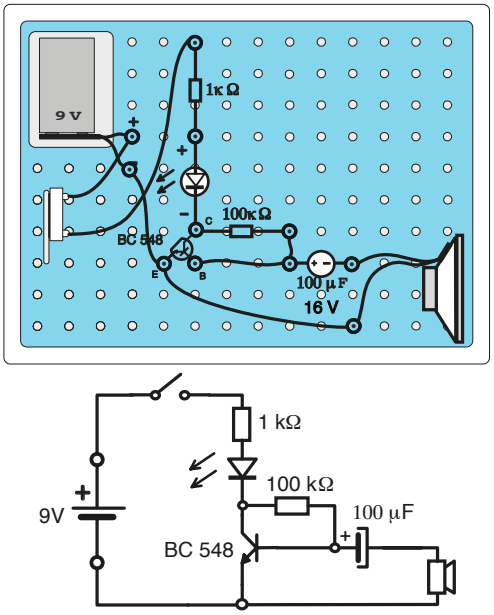


52. MONOFAZNO NISKOFREKVENTNO POJAČALO

Seti se kao rade zvučnici. Kada struja krene kroz kalem, on se ponaša kao magnet i zbog toga se on uvlači ili iskače iz releja elektromagneta. Ako kroz ovaj kalem preođe različita ili naizmenična struja, on se kreće prema unutra i vani. Ovo uzrokuje kretanja u vazduhu i proizvodi zvuk.
Opšte je pravilo: kretanje provodnika u blizini magneta (ili kretanje magneta blizu kalema) kroz njega pokrene struju. Ovo je osnovni princip električnih generatora u elektranama.
Šta se dešava sa kalemom u žlebu magneta kada se on kreće? Njegovo kretanje uzrokuje kretanje struje kroz njega tj kažemo da kroz njega ide indukovana struja. Zbog toga što membrana treperi, struja kroz kalem mijenja svoj smjer. Ukratko, kada govoriš u kalem struja će biti naizmenična. Kada govoriš u zvučnik, indukuje se električni signal čija voltaža zavisi od toga koliko glasno govoriš ili tapkaš membranu. Ovako rade i neki mikrofoni, npr. oni koji se koriste u modernim telefonima. Konstrukcija zvučnika i mikrofona je jako slična. U tvom kompletu nema mikrofona, pa ćemo umesto njega koristiti zvučnik.
U prikazanom crtežu, odabrani su otpornici da bi tranzistor bio blago otvoren, što izaziva svetljenje LED diode. Sa mikrofonom je paralelno spojen elektrolitski kondenzator. Struja će iz kolektora, kroz otpornik od 100 kΩ, teći u bazu tranzistora zbog toga što kondenzator blokira jednosmernu struju.
Zvučnik, koji koristimo umesto mikrofona, je spojen putem elektrolitskog kondenzatora sa bazom tranzistora. Kada potapkaš membranu zvučnika ili govoriš u nju, naizmenična struja će biti indukovana u kalem. Već smo dokazali da kondenzator može proći naizmenična struja. Ovakva struja će se spojiti sa onom koja kroz otpornik ide ka bazi tranzistora. Zbog toga ta struja varira, a posledica je to što je tranzistor manje ili više otvoren, pa LED dioda jače ili slabije svetli.

Pribor: baterija 9V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 45, 57, 61, 66, 4x68

Fig. 52

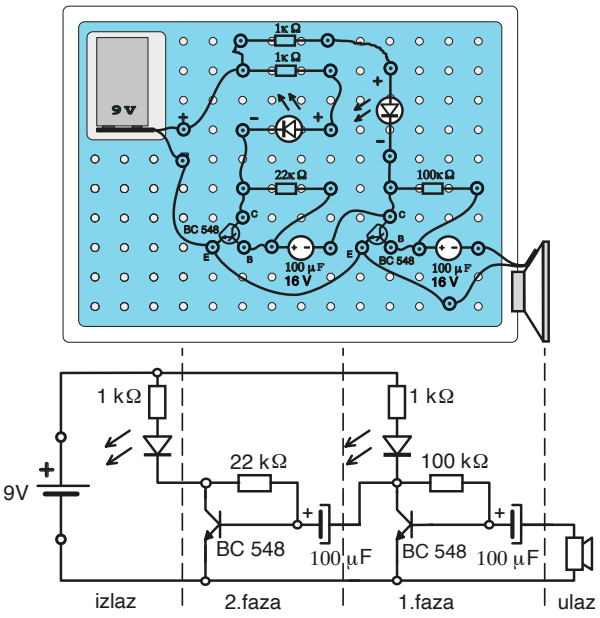


53. DVOFAZNO NISKOFREKVENTNO POJAČALO

Ovdje ćemo koristiti dva slična niskofrekventna pojačala. Između izlaza prvog (kolektor desnog tranzistora) i ulaza drugog (baza levog tranzistor) je elektrolitski kondenzator koji obezbeđuje da napajanje levog tranzistora bude kontrolisano sa otpornicima oko njega.
Prvi pojačava nisku frekvenciju naizmenične struje iz zvučnika (mikrofona). Takav signal prolazi iz kolektora desnog kroz elektrolitski kondenzator u bazu levog tranzistora. Zbog toga je signal kolektora levog povećan nekoliko puta. LED dioda pokazuje kako struja varira, što je rezultat signala iz zvučnika.

Pribor: baterija 9V, 24x7, 38, 2x42, 43, 44, 45, 2x57, 58, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 53

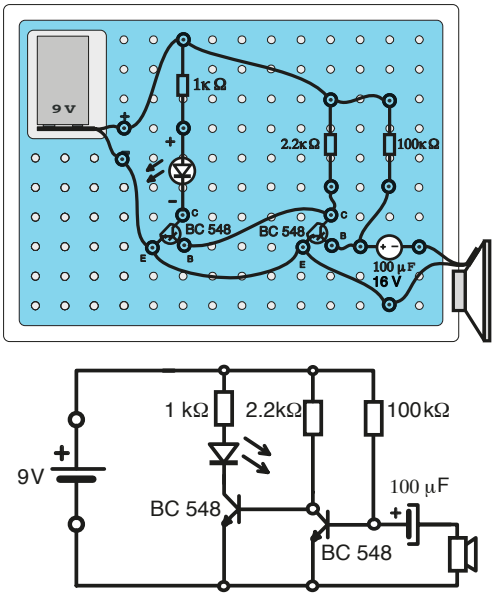


54. JOŠ JEDNA VARIJANTA POJAČALA

Crtež pokazuje još jednu varijantu dvofaznog pojačala. Između kolektora desnog i baze levog tranzistora nema elektrolitskog kondenzatora, što dozvoljava struji da iz otpornika kolektora desnog ide u bazu levog tranzistora. Kada ih uporedimo, vidimo da u drugom imamo manje elemenata. Ipak, direktna veza istosmerne struje između prvog i drugog tranzistora može izazvati komplikacije.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 45, 57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 54

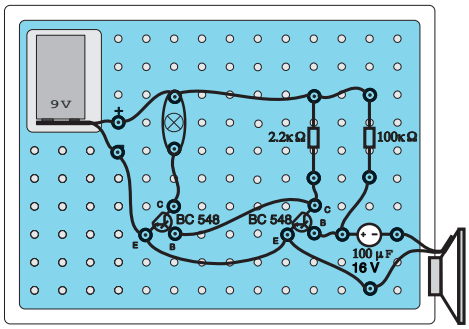


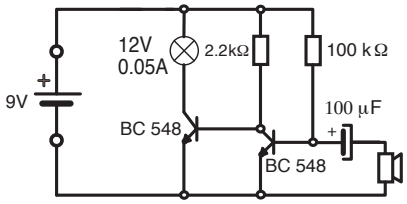
55. LAJT ŠOU

Pomoću pojačala možemo pojačati slab signal u ulazu zvučnika toliko da sijalica zasvetli.
Sijalica neće sijati ako je spojiš direktno sa ulazima zvučnika. Ali u ovakvom kolu će biti dovoljnoi da lupneš u zvučnik ili duneš u njega da sijalica zasvetli. Ovakav princip se primenjuje u diskotekama kada svetlo treperi u ritmu muzike.

Pribor: baterija 9V, 24x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 2x57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 55



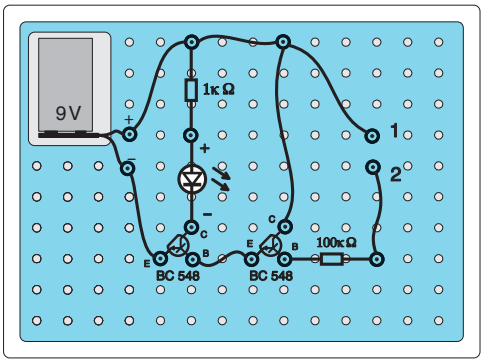


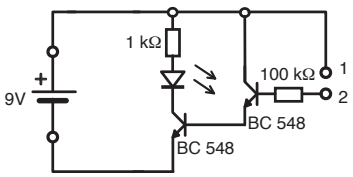
56. SENZOR KOLA SA DVA TRANZISTORA

Verovatno si se nekada zapitao kako rade svi oni dugmići na TV i radio prijemniku. Te dugmiće je dovoljno samo dotaknuti da rade.
Kada sastaviš kolo kao na slici 56, biće ti jasno kako rade. U kolu su korištena dva tranzistora. Opruge iz pozitivnog pola baterije i otpornika od 100 kΩ, na drugom kraju spojene sa bazom desnog tranzistora, su smeštene dovoljno blizu jedna drugoj da se mogu spojiti jednim prstom.
Zapamti: kada sasvim slaba struja krene prema bazi tranzistora, to će mnogo jačoj struji dozvoliti da prođe kroz tranzistor, od kolektora do emitera. Njom se može napajati baza drugog tranzistora. Tako će struja koja ide u bazu levog biti pojačana, pojačavajući, za uzvrat, struju koja kroz njega prolazi. Ovakva veza između tranzistora, u kojoj struja ide direktno od emitera jednog do baze drugog, se zove Darlingtonovo kolo.
Površina tvoje kože je uvek prekrivena različitim nečistoćama, vlagom i kiselinom (znojem). Zato struja može proći površinom naše kože. Otpor kože je prilično veliki i struja, koja njom prolazi, je slaba. Ovakva struja napaja bazu desnog tranzistora, što i pokazuje naš crtež. Kada dodirnemo opruge označene sa 1 i 2, LED dioda svetli.
Koja je uloga otpornika od 100 kΩ između prekidača senzora i baze desnog tranzistora? Kolo bi funkcionisalo i bez otpornika ali...
Moglo bi se desiti da neko greškom (ili namerno) spoji kontakte senzora sa metalom. Tada bi baza bila spojena direktno na pozitivan pola baterije. Zapamti: pravac baza-emiter se u tranzistoru ponaša kao dioda. Ona je okrenuta tako da struja ide od emitera do negativnog pola baterije. Struja koja direktno ide od pozitivnog pola kroz bazu tranzistora će ga sigurno uništiti. Serijski povezan otpornik sa bazom ga štiti od jake struje.

Pribor: baterija 9V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 3x69

Fig. 56



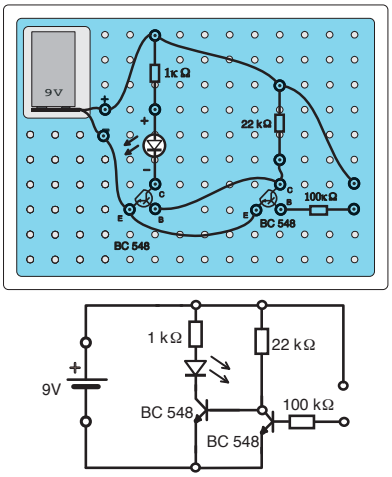


57. SENZORNO KOLO ZA ISKLJUČIVANJE UREĐAJA

U ovom kolu desni tranzistor je prekidač koji uključuje prekidač levog tranzistora. Normalno, struja ne ide u bazu denog. Zato je on zatvoren i predstavlja veliki otpor. Struja onda ide kroz otpornik od 22 kΩ u bazu levog tranzistora, koji se otvara i LED dioda svetli.
Kada dohvatiš opruge „senzora“, struja teče kroz bazu levog tranzistora i otvara ga. On pruža manji otpor, a voltaža u srtednjem ogranku naponskog razvodnika, koji se sastoji od otpornika od 22 kΩ i desnog tranzistora, pada. Struja od baze levog slabi i ovaj tranzistor se zatvara - LED dioda ne svetli.

Pribor: baterija 9V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 57

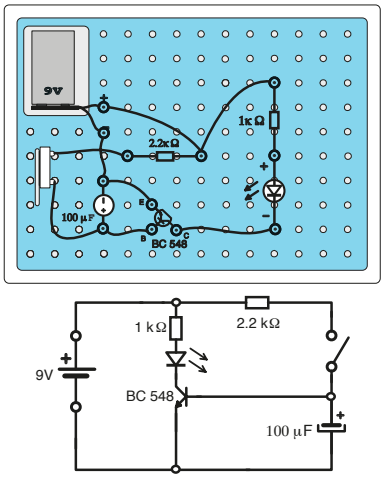


58. KONDENZATOR I TRANZISTOR (1)

Kada sastaviš kolo prikazano na slici i spojiš ga sa baterijom, LED dioda će svetliti jer struja ne ide u bazu tranzistora i ona je zatvoren.
Pritisni prekidač. Struja će iz pozitivnog pola baterije proći kroz otpornik i prekidač, onda u elektrolitski kondenzator i u bazu tranzistora. Isprva će struja preći u prazan kondenzator. Kako se kondenzator puni, voltaža na njegovim spojevima se povećava. U jednom momentu će biti dovoljno visoka da malo struje krene u bazu tranzistora i da se on počne otvarati - pojačaće se svetlost LED diode do maksimuma
Isključi prekidač. Kondenzator je napunjen. Kada se prekidač isključi, komndenzator se ponaša kao baterija iz koje struja ide u bazu tranzistora. Zbog ovoga je tranzistor neko vreme otvoren. Kako se kondenzator prazni struja koja ide iz baze slabi, tranzistor se polako zatvara, a svetlo LED diode slabi dok ne nestane.

Pribor: baterija 9V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 66, 4x68, 2x69

Fig. 58

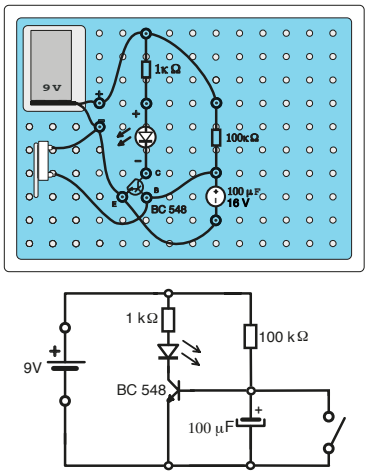


59. KONDENZATOR I TRANZISTOR (2)

U ovom je kolu prekidač paralelno spojen sa elektrolitskim kondenzatorom.
Kada kolo spojiš sa baterijom, svetlost LED diode se poijača kao u prethodnom eksperimentu.
Pritisni prekidač. Ovo će u kondenzatoru napraviti kratak spoj, koji će momentalno iscrpiti kondenzator - i LED dioda će momentalno prestati svetliti. Otpusti prekidač - kondenzator će se početi polako puniti. U isto vrijeme će se tranzistor početi otvaratio, a svetlost LED diode će se pojačavati sve do maksimuma.

Pribor: baterija 9V, 12x7, 38, 42, 43, 57, 61, 66, 4x68, 69

Fig. 59

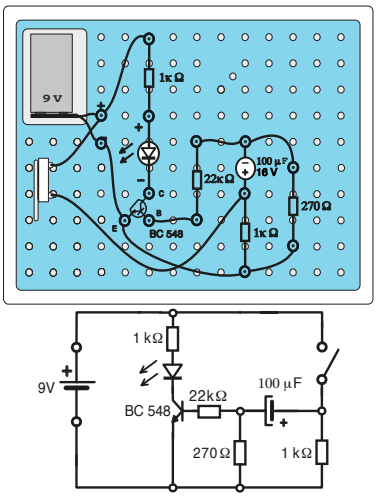


60. UKLJUČIVANJE UREĐAJA SAMO NA KRATKO

Kolo, koje radi uz pomoć kondenzatora koji se puni, se može upotrebiti i za uključivanje uređaja na kratko. To može biti ventilator u kupatilu, električno zvono na vratima, itd. Opisano kolo nije za to, ali ako relej spojimo između kolektora tranzistora i pozitivnog pola baterije umesto serijski povezane LED diode i otpornika, relej će imati ulogu prekidača za one uređaje koji traže više struje i jaču voltažu.
Kako ovo kolo radi? Recimo da je elektrolitski kondenzator prazan. Kada pritisneš prekidač, struja krene u njega iz pozitivnog pola baterije. Zatim se struja grana: jedan deo ide kroz otpornik od 270 Ω do negativnog pola baterije, drugi kroz otpornik od 22 kΩ do baze tranzistora, on se otvara i LED dioda svetli.
Kondenzator se polako puni. Kada je napunjen, struja više ne ide u njega. Ni struja ne ide u bazu tranzistora, on se zatvoriu i dioda ne svetli.
Kada pustiš prekidač, pozitivan pola kondenzatora nije spojen sa pozitivnim polom baterije, struja ide kroz otpornike od 1 kΩ i 270 Ω, a kondenzator se prazni. Sada je struja koja prolazi kroz otpornik od 270 Ω u suprotnom smeru nego kada je prekidač uključen, a voltaža ovog otpornika će biti u suprotnom pravcu nego pre. Tranzistor se zatvori i dioda ne svetli.

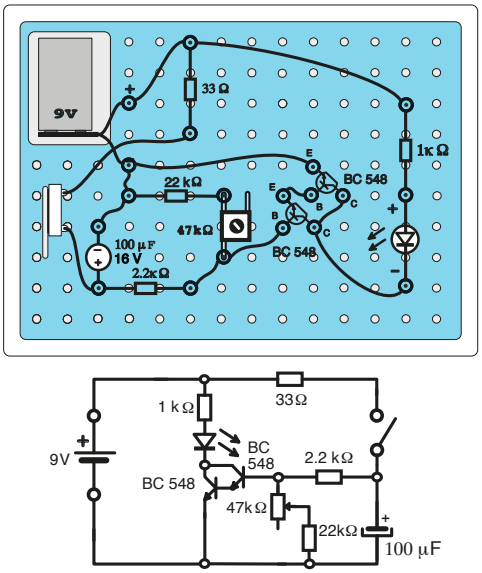
Pribor: baterija 9V, 14x7, 38, 42, 43, 56, 2x57, 66, 4x68, 2x69

Fig. 60



61. VREMENSKI PREKIDAČ

Fig. 61

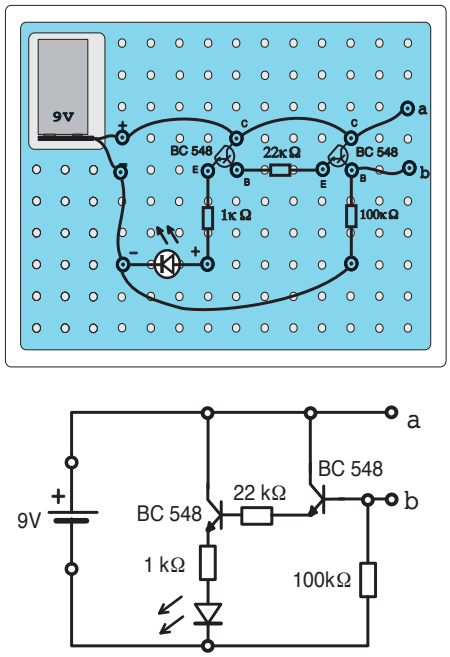


Možda si vidi kada neko od tvojih roditelja zaključa auto na neosvetljenom parkingu. Zar nije lakše pronaći bravu kada auto ostane bar nekoliko sekundi osvetljeno? Recimo da naš prekidač uključuje svetlo u autu. Kada daš kontakt, struja krene iz pozitivnog pola baterije kroz otpornik od 33 Ω, nakon čega jedan dio ide u elektrolitski kondezator, drugi u otpornik od 2,2 kΩ. Odatle, jedan dio struje ide u bazu tranzistora, drugi kroz potenciometar do negativnog pola baterije. Tranzistor se otvori i LED dioda svietli.
Pusti taster prekidača. Elektrolitski kondenzator će se početi praznici kroz otpornik od 2,2 kΩ, odakle će jedan dio struje ići u bazu a drugi u potenciometar i otpornik od 2,2 kΩ. Zavisno od položaja potenciometra, kondenzator se brže ili sporije prazni. Kada voltaža u elektrolitskom kondenzatoru postane premala da dži tranzistor zatvorenim, LED dioda se ugasi. Tu je potenciometar da reguliše kašnjenje između momenta kada se prekidač uključi do momenta kada se LED dioda ugasi.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

62. KOLO SA ISPITIVANJE ELEMENATA

Fig. 62

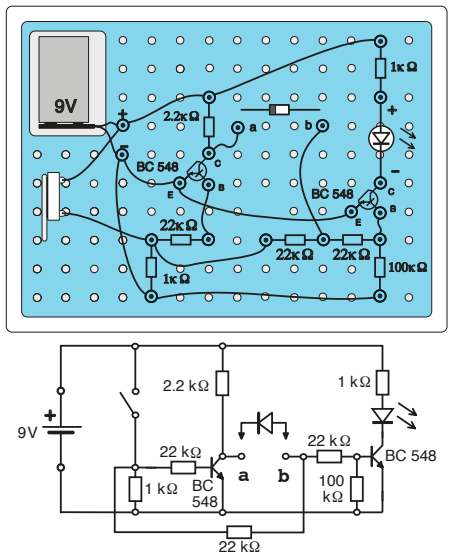


U ovom kolu će LED dioda svetliti kada struje teče između poruga a i b. Kako se ovo koristi u ispitivanje elemenata?
Kada otpornik spojiš između opruga, ako je otprnik ispravan, LED dioda će svetliti. Kada spojiš kondenzator između opruga, LED dioda će zasvetliti na kratko. Kada je kondenzator napunjen, struja prestane teći iz kondenzatora i kroz bazu tranzistora - dioda se ugasi. Dioda će duže svetliti što je kapacitet kondenzatora veći. Ako LED dioda i dalje svetli, kondenzator je oštećen.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

63. KOLO ZA ISPITIVANJE DIODA

Fig. 63



U prethodnom kolu smo spajali diode dvaput da bismo ispitali anoda-katoda, a zatim katoda-anoda pravac.
Delovima iz kompleta možeš sastaviti kolo za ispitivanje dioda. Da vidimo kako se kolo ponaša kada na njega spojimo jednu ispravnu i jednu oštećenu diodu.
Recimo da je unutra dioda iskopčana. To bi bilo isto kao da nema ničega između kontakata a i b. Desni tranzistor je zatvoren, jer struja ne može doći do njegove baze, a LED dioda ne svetli. Pritisni prekidač. Sada struja teče kroz prekidač i otpornik od 22 kΩ u bazu tranzistora, koji je sad otvoren, a LED dioda svetli. Kada pritisneš prekidač, i levi tranzistor se otvori, ali je to za ovaj test nevažno.
Recimo da je unutar diode kratak spoj. To bi bilo isto kao da smo umetnuli komad žice između a i b. Sada struja ide kroz otpornik od 2,2 kΩ, umetnutu žicu i otpornik od 22 Ω u bazu desnog tranzistora, koje se otvara i LED dioda svetli. Pritisni prekidač. Sada je levi tranzistor otvoren, a njegov otpor je jako slab. Rezultat je suviše mala voltaža između emitera i kolektora levog tranzistora da bi struja krenula u bazu desnog. Tranzistor se zatvor i LED dioda ne svetli.
Recimo da je dioda ispravna i spravno umetnuta (kao na crtežu: katoda na opruzi a). Kada otpustimo prekidač, dioda zaustavi struju, koja bi u suprotnom išla kroz otpornik od 2,2 kΩ prema bazi desnog tranzistora. Zbog toga LED dioda ne svetli. Kada pritisneš prekidač, levi tranzistor se otvori i otpor između njegovog kolektora i emitera je slab. Struja, koja bi u suprotnom išla kroz prekidač i otpornik od 22 Ω, sad prolazi kroz diodu i levi tranzistor, a desni je opet zatvoren. LED dioda ne svetli.
Recimo da je dioda ispravna ali pogrešno spojena u kolo, da je katoda na oprugi b. Struja ide kroz otpornik od 2,2 kΩ, diodu i otpornik od 22 Ω prema oprugi b. Dioda je okrenuta u pogrešnom smeru zato što je njena leva kopča sa jako niskom voltažom (zahvaljujući otvorenom levom tranzistoru). Struja neće teći u tom smeru nego prema bazi desnog tranzistora. Tranzistor je sada opet otvoren i LED dioda svetli
Iz ovog objašnjenja možemo napraviti sledeću tabelu:

Stanje diode	Uključen prekidač	Isključen prekidač
ispravna	ne svetli	ne svetli
iskopčana	svetli	ne svetli
kratak spoj	ne svetli	svetli
pogrešno okrenuta	svetli	svetli

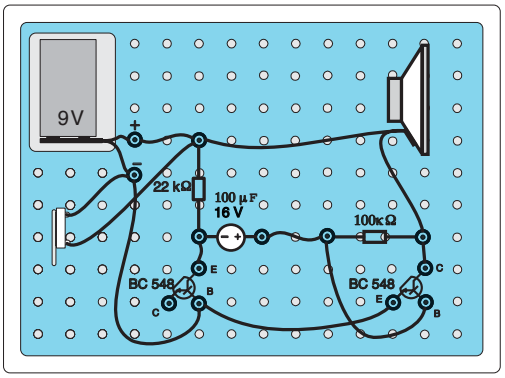
Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 2x60, 61, 4x68, 4x69

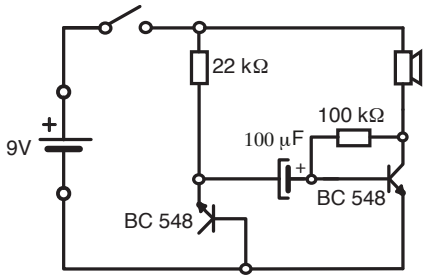
64. GENERATOR ŠUMA

Verovatno si vidio pojačala sa displejima koji pokazuju individualne tonove muzike koju slušaš. Na displeju možeš videti stupce koji se povećavaju i smanjuju u ritmu muzike. Ispod svakog stupca je označena frekvencija npr. 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, itd.
Za proizvodnju visokokvalitetnog zvuka osnovno je da pojačalo jednako pojačava sve tonove. Kako to možemo proveriti? Treba nam izvor signala, koji je povezan sa pojačalom i na izlazu iz pojačala mjeri jačinu signala. Zatim promijenimo frekvenciju signala jednake jačine i opet izmerimo njihovu jačinu. Ovako ćemo videti koje frekvencije pojačalo najviše pojačava. Odgovarajućom kontrolom možemo regulisati pojačavanje svake frekvencije pojedinačno.
Postoji signal kojim su predstavljeni zvukovi svih frekvencija - to je šum. Ako imamo izvor šuma, možemo ga spojiti sa ulazom pojačala i na njegovom izlazu, instrumentom koji pokazuje jačinu pojedinačnih frekvencija, izmeriti jačinu signala. Takvi instrumenti imaju displeje sa stupcima koje smo već opisali. Od sada će biti lako regulisanje pojačala.
Kolo koje proizvodi šum je prikazano na slici. Element koji stvara šum je pravac emiter-baza BC548 tranzistora koji se koristi kao dioda i u pogrešnom je smeru povezana u kolo. Tranzistor na ovaj način povezan u kolo će proizvesti „his“ koji možemo pojačati. Ovdje smo koristili tranzistorsko pojačalo. Kada pritisneš prekidač iz zvučnika ćeš čuti „his“.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 38, 40, 2x42, 45, 58, 61, 2x66, 4x68, 2x68

Fig. 64



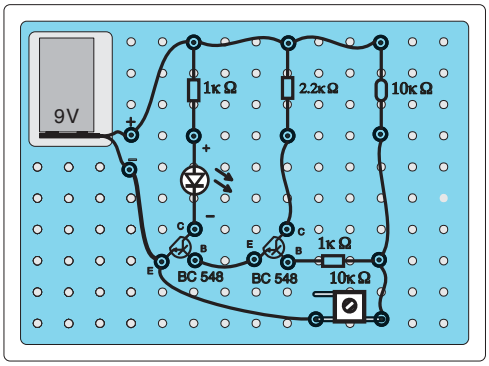


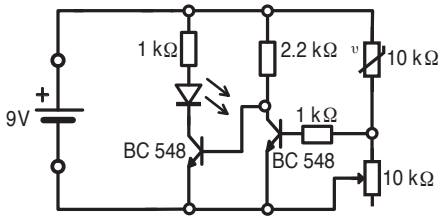
65. TERMOOSETLJIVI PREKIDAČ

Već smo se upoznali sa radom sa termistora, tranzistora i releja. Sada je naše znanje dovoljno da sastavimo složenija kola.
Zamisli da imaš grejalicu i želiš da se ona automatski upali kada temperatura padne na određeni nivo. Ovo se može uraditi pomoću kola vrlo sličnom kolu sa crteža.
Termistor i podesivi otpornik s desne strane crteža su zapravo naponski razvodnik. Kada je otpor termistora manji (što se dešava na višoj temperaturi), voltaža na izlazu razvodnika je veća. Izlaz razvodnika je spojen sa bazom tranzistora putem otpornika. Kako se voltaža razvodnika povećala, pojača se struja u bazu i tranzistor se otvori. Voltaža između emitera i kolektora će zato biti niža. Struja koja ide u bazu drugog tranzistora će oslabiti, tranzistor će se zatvoriti i dioda će se ugasiti.
Ako spojimo relej umjesto LED diode i otpornika od 1 kΩ, on će uključiti grejalicu ili otvoriti električni ventil za vruću vodu u sistemu za grejanje.
Kako temperatura pada, otpor termistora raste. To će usloviti da se desni tranzistor zatvori a levi otvori i da LED dioda zasvetli.
Ovo kolo se može ugraditi bilo gde ali termistor mora biti tamo gdje želimo regulisati temperaturu.
Između termistora i negativnog pola baterije je podesivi otpornik ili potenciometar.
Kada je otpor manji, manje struje ide u bazu desnog tranzistora. Ako želimo da ta struja bude dovoljno jaka da uključi relej, otpor termistora mora pasti, što će se desiti na višoj temperaturi.
To znači da promenom položaja klizača na potenciometru možemo regulisati na kojoj temperaturi se grejanje pali. Pri manjem otporu potenciometra, grejanje će se upaliti,i obrnuto.
Kada sastaviš kolo okreni potenciometar tako da LED dioda ne svetli.
Zatim ga vrati samo toliko da se LED dioda upali. Termistor drži prstima - to će ga zagrejati i LED dioda će se ugasiti. Malo sačekaj. Termistor će se ohladiti i dioda će ponovo zasvetliti.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 47, 51, 2x57, 58, 4x68, 5x69

Fig. 65



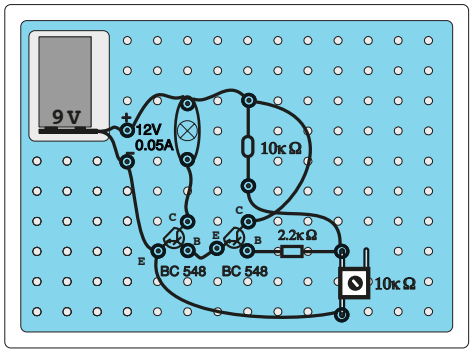


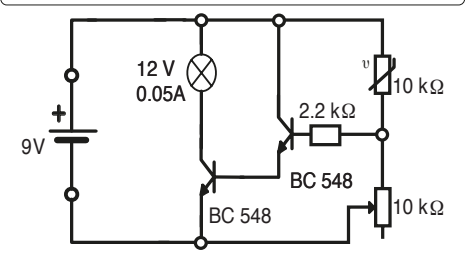
66. ELEKTRIČNA SVEĆICA

Za sveću ti je potreban izvor toplote (plamen šibice) a da je ugasiš dovolno je da duneš. Naredno kolo se ponaša na sličan način.
Kada prstima ugreješ termistor, njegov otpor slabi, voltaža mu slabi i više struje krene u bazu tranzistora. Odatle više struje ide u levi tranzistor, otvarajući ga a sijalica svetli.
Kada su sijalica i termistor blizu, njena toplota će zagrejati termistor i sijalica će i dalje svetliti.
Šta treba uraditi da se sijalica ugasi? dunuti u termistor da se ohladi. Ako je potrebno duni nekoliko puta i sijalica će se lagano ugasiti. Hladniji termistor ima ima veći otpor i kroz njega prolazi manje struje.
Manje struje onda ide u bazu tranzistora i sijalica se gasi.
Pomoću podesivog otpornika možeš regulisati na kojoj temperaturi želiš da se sijalica upali.Okreni potenciometar tako da se sijalica ugasi., sačekaj da se termistor ohladi, pa okreći potenciometar sve dok se sijalica ponovo ne upali i brzo ga vrati do tačke da se sijalica ugasi. Proveri poziciju sijalice i termistora. Trebalo bi da je sijalice što bliža termistoru.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 14, 35, 38, 2x42, 47, 51, 58, 4x68, 4x69

Fig. 66



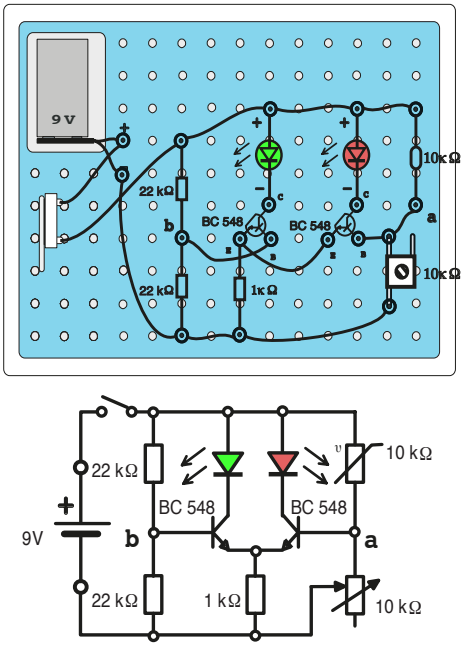


67. SIGNALIZIRANJE PROMENE TEMPERATURE

Ponekad želimo da znamo da li se temperatura promenila u odnosu na podešenu i, ako jeste, u kojem smeru. To se može proveriti pomoću kola sličnog prethodnom.
Osobina ovakvog kola je kako su tranzistori spojeni. Struja koja ide iz emitera ide i kroz spojeni otpornik od 1 kΩ.
Otpornik određuje koliko će struje proći kroz oba tranzistora. Više će struje, naravno, proći kroz tranzistor sa manjim otporom. Zbog struje koja ide kroz levi ili desni tranzistor, ili kroz oba jednako, ovo kolo se zove izbalansirano (uravnoteženo) kolo. Ovo kolo je jako osetljivo na voltažu između tačaka a i b. Kada su ove voltaže jednake, kolo je uravnoteženo. U takvoj situaciji, obe diode jednako svetle. Situacija podseća na ljuljanje: obe strane mogu ići gore ili dole, ali ako se potrude mogu postići tačku u kojoj je ljuljačka mirna
Ako jednaka struja protiče kroz obe baze, kolo je uravnoteženo i oba tranzistora imaju jednak otpor. Obe diode jednako svetle.
Kada se termistor ugreje, otpor je manji; voltaža u tački a malo viša nego u b. Desni tranzistor je otvoreniji nego levi, i desna (crvena) dioda svetli jačim, a leva (zelena) prigušenijim svetlom nego pre.
Kada se termistor ohladi, voltaža na tački a pada. Sada je voltaža na tački b viša nego na a. Levi tranzistor je otvoreniji nego desni, zelena dioda svetli jače od crvene.
Pomoću potenciometra, kao podesivog otpornika, možemo podesiti temperaturu (ili otpor u otporniku) na kojoj će kolo biti izbalansirano. Na toj tački obe diode jednako sijaju. Kada temperatura padne, zelena dioda sija jače a crvena slabije.; kada se temperatura poveća, dešava se suprotno. Jedan pogled na diode je dovoljan da vidiš da li je temperatura viša ili niža od zadate.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 47, 51, 57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 67

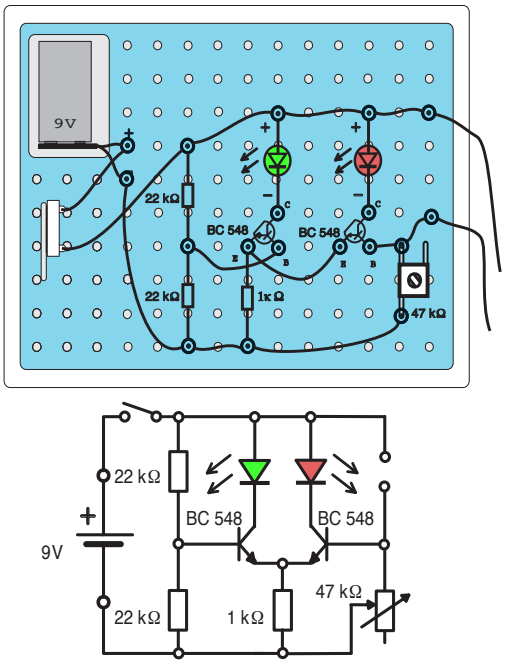


68. SIGNALIZIRANJE TAČNO PODEŠENOG NIVOA VODE U POSUDI

Ovo je kolo sastavljeno od izbalansiranog kola sa dva tranzistora koji je opisan u prethodnom eksperimentu. U ovom slučaju, Signalni dio će biti prilagođen za tečnosti. Može se sastojati iz dve paralelne gole žice. Kako nivo tečnosti raste, otpor među vertikalno postavljenim žicama na zid posude se menja.
Zbog toga što je u svakom pojedinačnom sličaju otor tečnosti drugačiji, mora se pažljivo odabrati podesivi otpornik. U primeru na crtežu smo koristili podesivi otpornik od 47 kΩ.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 52, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 68



69. LOGIČNI INVERTOR (NOT)

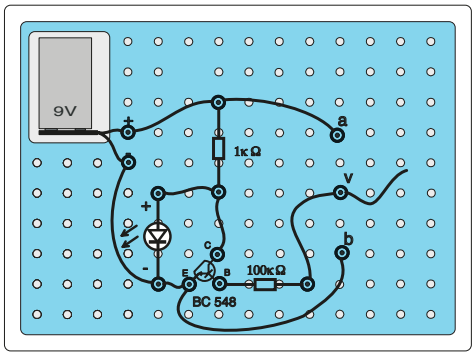
Verovatno si se zapitao kako radi računar. Verovao ili ne, čak i najkomplikovaniji računar je sastavljen od mnoštva prostih strujnih kola.
Računar ne može računati i raditi sa brojevima na onaj način kako to rade ljudi. Strujna kola ne koriste tablice množenja kao mi. U računarima sve komande i podaci su zapisani u znakovima uključujući nule i jedinice. Zamisli te 0 i 1 kao „nema voltaže“ i „voltaža“.
Nećemo se baviti transkripcijom podataka i komandi, ali ćemo pokazati osnovna kola bilo kojeg računara ili kola integrisana u računar.
Logični signali se mogu posmatrati slično kao Led dioda, ili svetli ili ne svetli. Za ulazni podatak ćemo reći da je logičko 1 kada je ulaz povezan sa pozitivnim, a logičko 0 sa negativnim polom baterije. Na izlazu kola logičko 1 je kada LED dioda svetli a logičko 0 kada ne svetli.
Operacija bilo kojeg digitalnog kola se može opisati tabelom koja pokazuje logičko stanje na ulazu, ili ulazima, i na izlazu, ili izlazima. Takva tabela se zove tabela istinitosti.
Mi ćemo se ograničiti na kola sa maksimalno dva ulaza. U sviom našim kolima smo pokazali poziciju ulaza, sama kola i izlaze. Obzirom da neka kola imaju dva ulaza, a komplet uključuje samo jedan prekidač, možeš sebi olakšati tako što ćeš žicu spojiti na oprugu koju prvo spojiš sa pozitivnim (logičko 1), a onda sa negativnim polom baterije (logičko 0). Najjednostavnije logičko kolo je invertor. Ovo kolo promeni ulazni signal. Ako nam je logičko 1 ulaz, onda je logičko 0 izlaz, i obrnuto. Tabela istinitosti invertora je:

ULAZ	IZLAZ
0	1
1	0

Kolo koje koristimo kao invertor je zapravo tranzistor kod kojeg se može videti kada je otvoren, a kada zatvoren. Kada je opruga na ulazu (v) spojena sa pozitivnim polom baterije (a), tranzistor je otvoren i ima slab otpor. LED dioda paralelno spojena s njim neće sijati. Kada je ista opruga spojena sa negativnim polom baterije (b), tranzistor je zatvoren i ima jak otpor. Struja iz pozitivnog pola baterije ide kroz otpornik od 1 kΩ, a dioda svetli.

Pribor: baterija 9V, 13x7, 38, 42, 57, 61, 63, 4x68, 5x69

Fig. 69



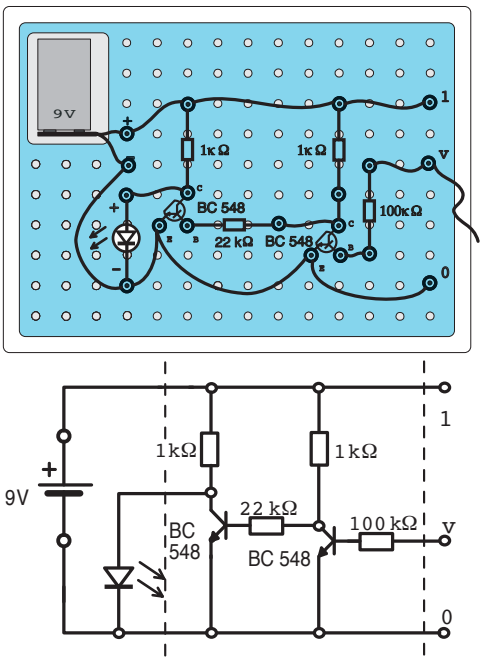
70. DVA SERIJSKI POVEZANA INVERTORA

Ulazi i izlazi logičkih kola mogu biti integrisani tako da stvaraju nova kola. Na taj način koristimo prosta kola da stvorimo kola sa vrlo komplikovanim funcijama između ulaznog i izlaznog statusa.
Evo jedno jednostavnog primera: dva serijski povezana inventora. Možemo pretpostaviti kakva će biti tabela istinitosti: ako je prvi inventor promenio značenje logičkog signala, onda će ga drugi vratiti u početno stanje.
Tabela istinitosti će biti:

ULAZ	IZLAZ
0	0
1	1

Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 2x57, 60, 61, 63, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 70



71. LOGIČKO OR

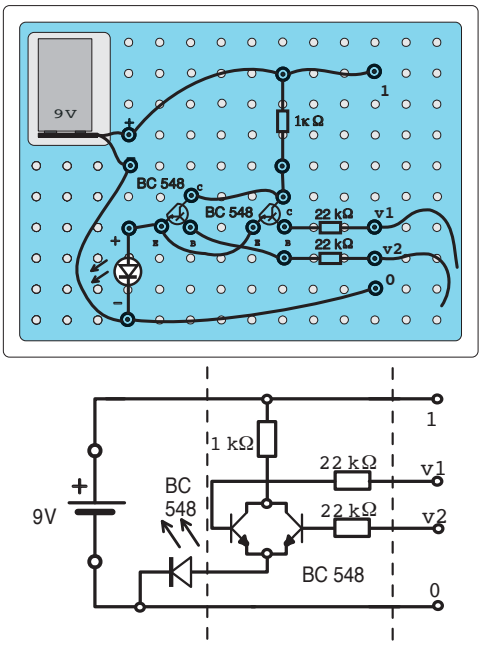
U ovakvom kolu LED dioda će svetliti kada je logičko stanje 1 na bilo kojem ulaznom spoju.

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

U ovom kolu dva tranzistora imaju spojene emitere i kolektore. Kada je jedan od njih otvoren, struje ide kroz otpornik od 1 kΩ, tranzistor i LED diodu. Tranzistor se otvori kada žicom iz ulaza dodirneš pozitivan pol baterije.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69, 2x70

Fig. 71



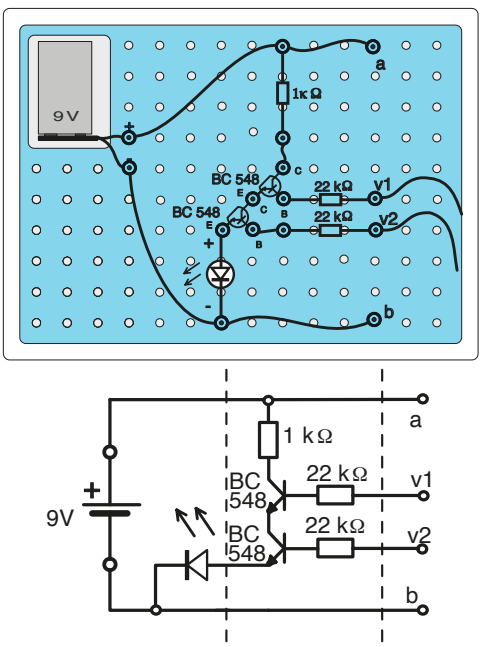
72. LOGIČKO AND

U ovom kolu imamo dva serijski povezana tranzistora. Struja će ići kroz LED diodu samo kada su oba tranzistora otvorena. To zanči da oba ulaza moraju biti spojena sa pozitivnim polom baterije, ili moraju imati logički status 1. Tabela istinitosti bi izgledala ovako:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Pribor: baterija 9V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69

Fig. 72



73. LOGIČKO NOT ILI (NOR)

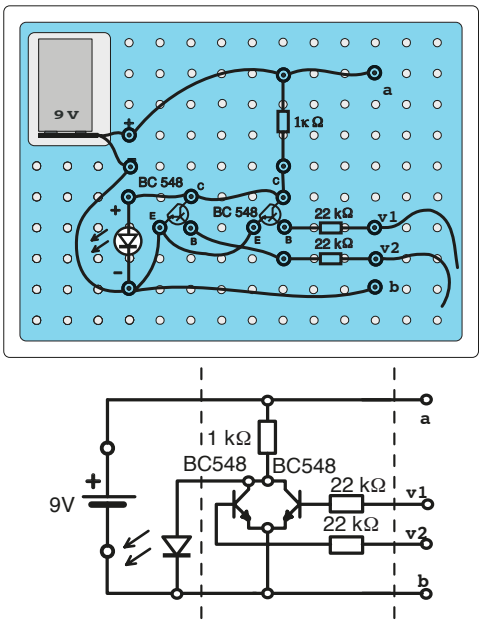
U ovom kolu imamo dva paralelno povezana tranzistorska prekidača. LED dioda će sijati kada su oba tranzistora zatvorena i kada su tranzistorski prekidači otvoreni. Kada su, pak, zatvoreni tranzistori imaju jak otpor i struja lako prolazi kroz diodu, i ona svetli. Tabela istinitosti izgleda ovako:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Pogledaj tabelu za OR. U tabeli za NOR kolo izlazni signal je suprotan od onoga u OR.

Pribor: baterija 9V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 73



74. LOGIČKO NOT AND (NAND)

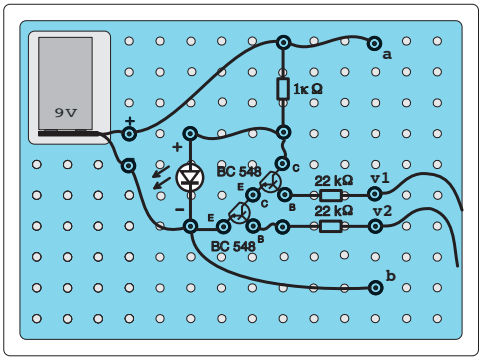
Seti se tabele istinitosti za AND kolo; tabela istinitosti za ovo kolo ima suprotne izlazne statuse.

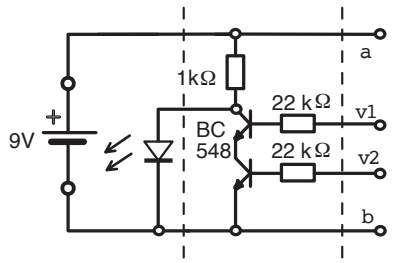
ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

U ovakvom kolu možemo reći kada su dva tranzistorska prekidača uključena istovremeno. Ako pozitivan pol baterije dodirenš zicama iz oba ulaza, struja će krenuti u baze oba tranzistora, a paralelne diode neće svetliti. Kada je bilo koji od njih ili oba tranzistora zatvorena , biće previše otpora i struja neće kroz njih proći. Volataža na LED diodi će biti dovoljno visoka da ona zasvetli.

Pribor: baterija 9V, 16x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 74





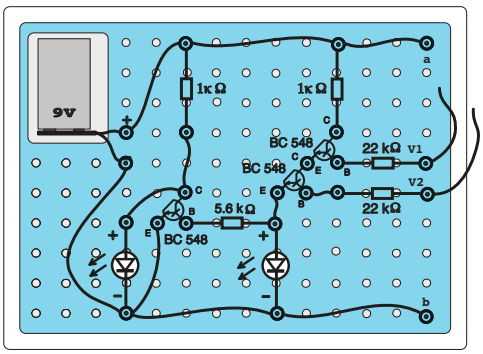
75. LOGIČKO NAND SASTAVLJENO OD AND I NOT

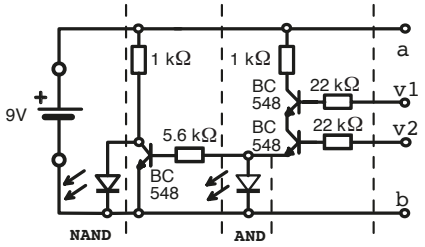
Rekli smo da invertor može uvek biti upotrebljen da promeni značenje signala. Stoga možemo dobiti iste rezultate sa NAND kolom kao i sa AND kolom pre invertora.
Ako su nam potrebne samo operacije NANDa, možemo koristiti prethodno opisano kolo, jer ono zahteva manje elemenata nego ovo kolo. Ali, ako nam trebaju i NAND i AND operacije, ne moramo sastavljati oba kola. Biće dovoljno da AND kolo povežemo sa invertorom. Tako ćemo kolo pojednostaviti. U veoma složenim logičkim kolima dizajneri se koriste „detaljima“ da izbjegnu troškove i smanje prostor neophodan za ta kola.
Recimo da nam trebaju operacije oba kola i AND i NAND - dobićemo sledeći tabelu istinistosti:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ AND	IZLAZ NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

Pribor: baterija 9V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 75





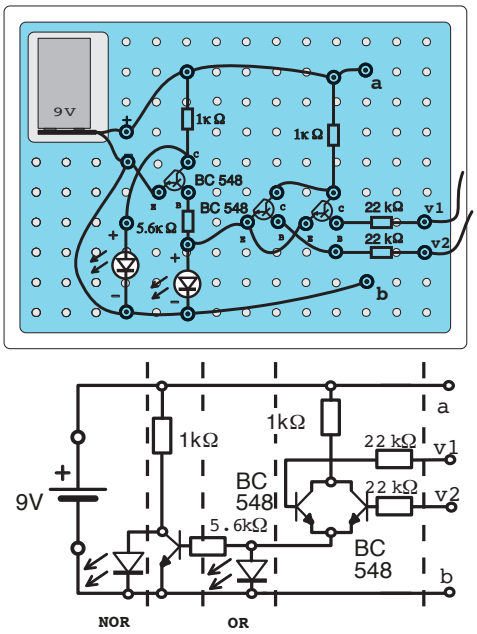
76. LOGIČKO NOR SASTAVLJENO IZ OR I NOT

Kao što smo sastavljali logičko kolo za NAND od AND i NOT, sada ćemo sastaviti logičko kolo za NOR od OR i NOT kola. Ovde imamo dva izlaza, OR i NOR. Tabela istinitosti za ovakvo kolo je:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ OR	IZLAZ NOR
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Pribor: baterija 9V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 76



77. PRIMER INTEGRISANJA LOGIČKIH FUNKCIJA

Recimo da smo satavili kolo prikazano na crtežu. Ovakvo kolo je napravljeno tako da je logičko kolo OR, jedan od ulaznih signala, promenjeno. Kakva će biti tabela istinitosti za ovo kolo?

Tabela za logičko kolo OR nam je poznata. Proširićemo je onoliko koliko odredimo izlaznih signala invertora za OR ulaz 1. Za izlazni signal invertora i signal na ulazu 2, možemo napraviti tabelu istinitosti u odnosu na tabelu za OR kolo. Tada ćemo dobiti sljedeće:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ INVERTORA	IZLAZ KRUGA
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1

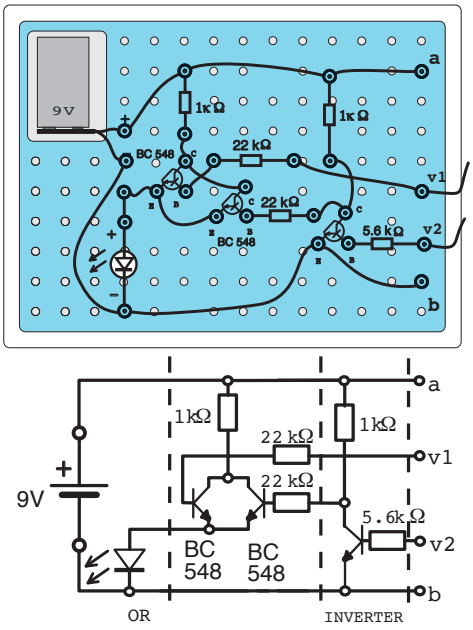
Tabela istinitosti će onda za celo kolo biti:

ULAZ 1	ULAZ 2	IZLAZ
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Prikazana kola su zaista jednostavna. Možeš zamisliti komplikovana logička kola neophodna za složene logičke operacije.

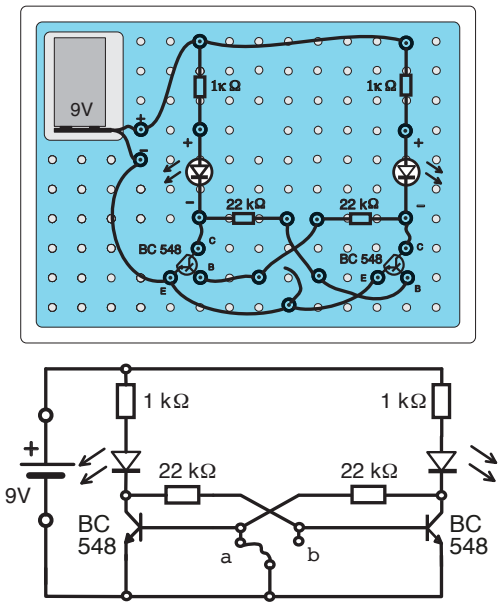
Pribor: baterija 9V, 25x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 77



78. LOGIČKO BISTABILNO KOLO

Fig. 78



Sećaš li se dva serijski spojena invertora? Signal na izlazu je bio isti kao signal na ulazu. Ako je tako, ulaz i izlaz se mogu spojiti. To bi sačuvalo status signala u stabilnom kolu.

Umetnimo serijski povezane LED diode sa dva otpornika 1 kΩ između pozitivnog pola baterije i tranzistorskih kolektora. Ako ponovo nacrtamo crtež tako da su baze tranzistora okrenute jedna prema drugoj, dobićemo crtež kao što je prikazan.
Iz crteža se vidi da je baza jednog tranzistora spojena kroz otpornik sa kolktorom drugog. Šta se desi kada spojimo kolo sa baterijom? Iako leva i desna strana izgledaju isto, ipak nisu iste. Čak i ako su tranzistori istog tipa ne ponašaju se isto. Ovo isto vredi za otpornike koji bi trebalo da imaju jednak otpor. Otpori dva otpornika sa identično označenim otporom nikada nije sasvim jednak, pa nikada ne možemo biti sigurni koji će tranzistor biti otvoren, a koji zatvoren. Označimo levi tranzistor sa T1, a desni sa T2, gdje je T1 otvoren kada je kolo spojeno sa baterijom. Tada će tranzistor imati veoma slab otpor.Kolektor tranzistora je izlaz naponskog razvodnika koji se satoji it T1 i otpornika između njegovog kolektora i potitivnog pola baterije. Otpor LED diode je zanemariv. Zbog slabog otpora tranzistora voltaža na izlazu razvodnika će biti niska. Ova voltaža će biti premala da provede struju u T2, koji će ostati zatvoren i ponašaće se kao jak otpornik.

Na desnoj strani kola T2 i otpornik (i zanemariva LED dioda) formiraju napojni razvodnik između kolektora tranzistora i pozitivnog pola baterije. Izlaz ovog razvodnika je na kolektoru T2. Zato što je T2 zatvoren i ima jak otpor, voltaža između emitera i kolektora je visoka, i struja ide u bazu T1 držeći ga otvorenim. Ukratko, imamo kolo u kojem T1 drži T2 zatvorenim, a T2 T1 otvorenim. Status ovog kola je stabilan i može se promeniti samo vanjskim impulsom.

Ako na kratko bazu otvorenog tranzistora spojimo sa njegovim emiterom, struja više neće ići u bazu tranzistora i on će se momentalno zatvoriti. Voltaža na kolektoru će se povećati i struja će ići u bazu drugog tranzistora, koji će zbog toga ostati otvoren. Ako želimo promeniti situaciju, moraćemo na kratko spojiti bazu otvorenog tranzistora sa negativnim polom baterije.

Sastavi kolo prikazano na slici. Kada spojiš kolo sa baterijom, Jedna od LED dioda će sijati, a druga neće. Uzmi žicu povezanu sa negativnim polom baterije i naizmenično je povezi jednom sa oprugom a, a onda sa oprugom b. U jednom će položaju leva dioda sijati a u drugom zelena. Kada žicu nasloniš na otvoreni tranzistor (Led dioda spojena sa njegovim kolektorom sija), njegova LED dioda se ugasi,a LED dioda na drugom tranzistoru počne da svetli. Kolo smo promenili vanjskom intervencijom. Našom intervencijom smo inicirali smo proces koji je vodio promeni kola.

Ova vanjska intervencija se zove „okidanje“. U našem slučaju smo pritisnuli okidač za promenu tako što smo brzo spojili bazu otvorenog tranzistora sa negativnim polom. Kola ovakve strukture se zovu multivibratori. Ovde opisano kolo ima dva različita, ali ekvivalentna stabilna statusa. Zbog toga ovo kolo nazivamo bistabilno. Ovo kolo je i bistabilni multivibrator.

Rad bistabilnih multivibratora je gotovo savršen za kontrolu uređaja sa dva prekidača, gdje ga jedan uključuje a drugi isključuje. Vjerovatno si naišao na takve uređaje. U ovom slučaju možemo jednostavno staviti prekidač sa dugmetom između negativnog pola i opruge a, i između negativnog pola i opruge b. Otpornik od 1 kΩ i LED dioda se mogu zameniti relejima koji će uključivati uređaj.

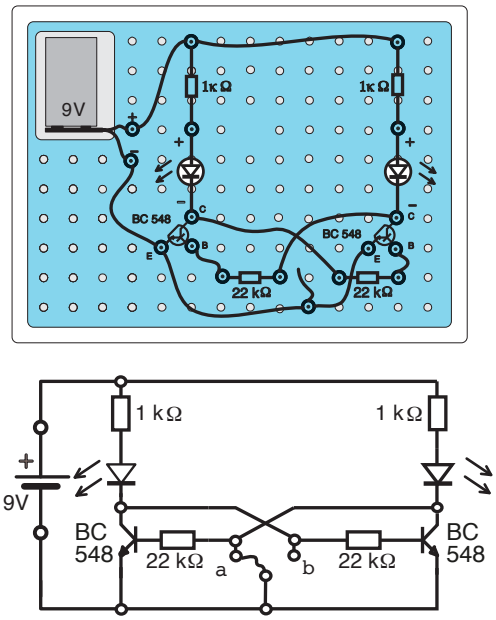
Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

79. JOŠ JEDAN METOD POKRETANJA BISTABILNOG MULTIVIBRATORA

Postoji drugi način promene statusa u bistabilnom multivibratoru. U ovom slučaju kolo je veoma slično prethodnom- razlika je u pokretanju promene. Ona je pokrenuta zatvaranjem otvorenog tranzistora ili otvaranjem trenutno zatvorenog tranzistora vanjskom intervencijom.
Dodirni žicom kolektor tranzistora čija LED dioda ne svetli- to će napraviti kratak spoj. Struja će prestati da ide u bazu drugog tranzistora koji se tada zatvori i time promeni status kola.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 79

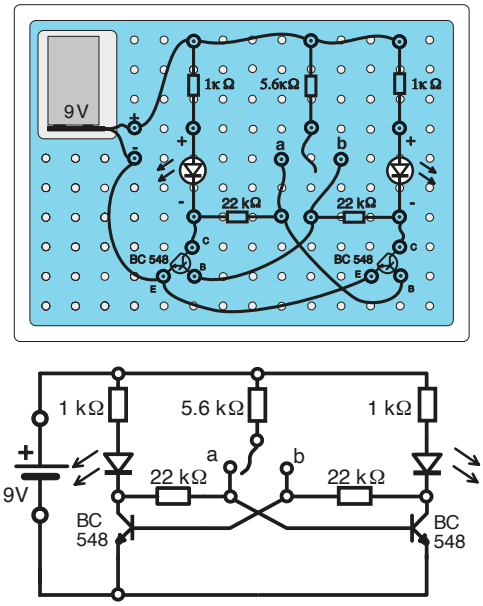


80. POKRETANJE BISTABILNOG MULTIVIBRATORA STRUJOM U BAZI

Status kola se može promeniti i usmeravanjem struje iz pozitivnog pola baterije, kroz otpornik, u bazu trenutno zatvorenog tranzistora. Ovako će se tranzistor otvoriti i status će se promeniti.
Objasnili smo tri različite metode promene statusa u ovakvom kolu i svi su jednako efektni. Koji ćemo upotrebiti zavisi od toga kako želimo koristiti kolo.

Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 80

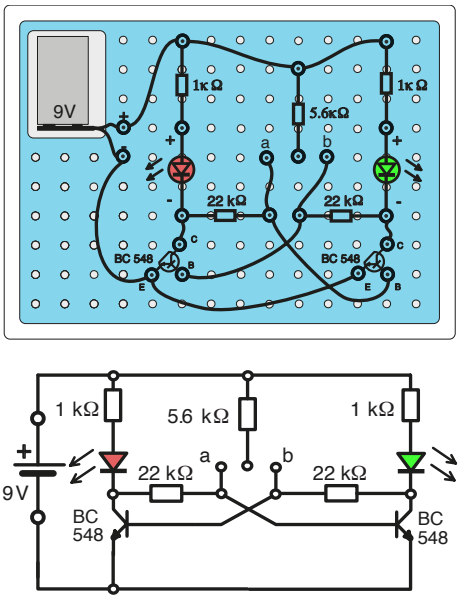


81. BISTABILNI MULTIVIBRATOR I TIPKA

Sada ćemo pokrenuti bistabilni multivibrator direktnim usmeravanjem struje iz pozitivnog pola baterije u bazu tranzistora. To možemo uraditi i tipkama (tasterima osetljivim na dodir). Seti se da površina naše kože ima otpor!
Između opruga a i b stavi oprugu povezanu sa pozitivnim polom baterije. Kada oprugom a ili b dodirneš srednju oprugu status multivibratora se promeni. Vrlo lako bi crvena i zelena dioda mogle predstavljati ON i OFF. Između pozitivnog pola baterije i srednje osetljivog tastera je otpornik. Njegova uloga je da spreči ulazak prejake struje u bazu tranzistora- što bi ga uništilo. Ako se, nakon što dodirneš senzorne kontakte, kolo ne promeni, probaj mokrim prstom.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 81

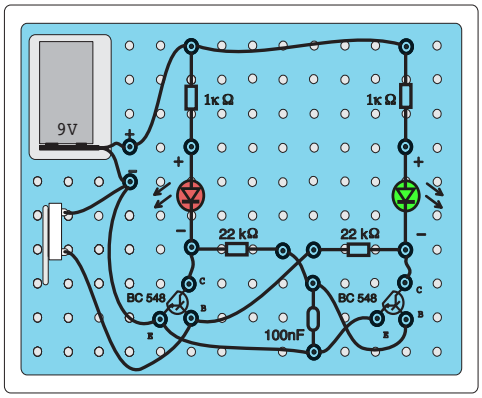


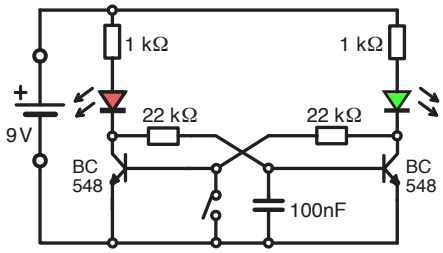
82. MEMORIJSKO KOLO

U računarima se bistabilni multivibratori koriste kao memorijska kola. Status u kolu je stabilan i ne menja se, osim ako nije pokrenut spolja.
Ako je memorijsko kolo konstruisano kao naš prikazani bistabilni multivibrator, onda se mogu pojaviti poteškoće: kod bistabilnog multivibratora se ne zna status prije uključivanja. To znači da bismo u kompjuterskoj memoriji imali nešto za šta nismo sigurni šta je.
Kada je kondenzator prazan, kroz njega teče struja i puni ga. Na kontaktima praznog kondenzatora nema napona i on se počinje povećavati samo kada se kondenzator puni. Ako kondenzator nije spojen ni sa kakvim izvorom struje, zasigurno je prazan. Spojimo kondenzator u bistabilnom multivibratoru između baze i emitera tranzistora. Kada kolo spojimo sa baterijom prazan kondenzator pokrene struju, koja bi u suprotnom išla u bazu tranzistora, u sam kondenzator. Čak i daje kolo takvo da u njemu tranzistor ostaje otvoren, to kondenzator sprječi,a rezultat je da se drugi tranzistor otvori. Konačni ishod je da crvena LED dioda svetli kada spojiš multivibrator na izvor struje.
Pritisni dugme na prekidaču. Baza levog tranzistora se na trenutak spoji sa negativnim polom baterije i onda je on zatvoren. Crvena LED dioda prestane, a zelena počne sijati. Ovo stanje će ostati stabilno dok se baterija ne iskopča.
Ako poželiš da promijeniš status u spojenom kolu, multivibrator će se morati pokrenuti tako da se desni tranzistor zatvori. To možeš uraditi uz pomoć kondenzatora sa kratkim spojem izazvanim u njemu na kratko.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 65, 4x68, 6x69

Fig. 82



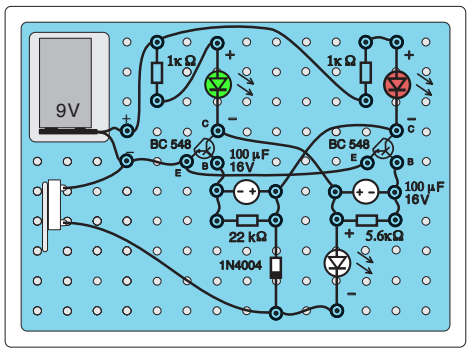


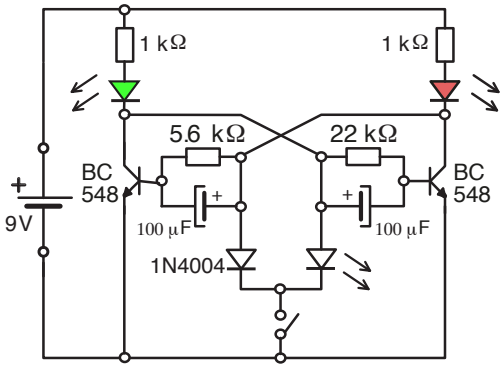
83. BISTABILNI MULTIVIBRATOR KAO BINARNI RAZDELNIK

Seti se da se status bistabilnog multivibratora može promeniti i kratkim i brzim spajanjem kolektora otvorenog tranzistora na otvoreni pol.
Napon otvorenog je mnogo manji od napona zatvorenog tranzistora. ovo može više struje poterati iz kolektora zatvorenog tranzistora kroz paralelnu žicu prema negatvinom polu.
Da promenimo status bistabilnog multivibratora ne smemo izazvati kratak spoj na oba tranzistora istovremeno jer bi to vodilo situaciji kakvu smo imali kad je kolo bilo spojeno na bateriju.
Znamo da dioda, povezana tako da kroz nju može proći struja ima mali otpor. Njena karakteristika je da kad joj je otpor nula napon je oko 0,6 V. Takođe znamo da otvoreni tranzistor ima mali otpor.
Između kolektora i emitera tranzistora voltaža je čak i manja, maksimalno desetina Volta. Kada diodu spojiš između kolektora i emitera otvorenog tranzistora, to neće uticati na stanje kola, jer će struja i dalje prolaziti kroz otvoreni tranzistor čiji je otpor mali.
Sada se vratimo našem kolu. Dve diode, sa spojenim katodama, su spojene na kolektore oba tranzistora. Jedna od njih je LED dioda. Pritisni prekidač nekoliko puta. Svaki put se status multivibratora promeni. Kada je tipka prekidača pritisnuta struja ide iz kolektora tranzistora kroz diodu u negativan pol baterije. Dioda mora biti povezana na zatvoren tranzistor. Napon u otvorenom tranzistoru, između kolektora i emitera, je prenizakda bi struja prošla kroz diode i LED diode. Pritiskanje tipke uvijek utiče na kolo tako da se otvoreni tranzistor zatvori i obrnuto. Dok to radimo možemo posmatrati kako se prvo desna, a onda leva dioda pali. Ta ista dioda se upali nakon svakog drugog uključivanja. Ako brojimo samo kada je dioda uključena dobijemo broj upola manji od pritiskanja tipke. Ovo kolo se može upotrijebiti za deljenje sa dva. Izlazni signal ovakvog kola se može koristiti za kontrolisanje ulaza narednog kola i dobijemo kolo za deljenje sa četiri. Povezujući ovakva kola u niz, možemo sastaviti kolo za deljenje sa 2, 4, 8, 16, 32, itd.
Kolo za deljenje sa dva je osnovni element svih kola za deljenje. Koristeći ova kola i logična kola možemo konstruisati kolo za deljenje bilo kojim brojem.
Dva elektorilitička kondenzatora su spojena sa bazama tranzistora u paraleli sa otpornicima. Otpornici obezbeđeni da se status promeni čak i nakon najkraćeg impulsa na prekidaču.
Pritiskajući prekidač crvena dioda će bljesnuti. To je signal da je u statusu kola napravljena promena. Mogli smo koristiti i običnu diodu, ali u našem setu su samo dve obične i tri LED diode.

Pribor: baterija 9V, 27x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 46, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 83



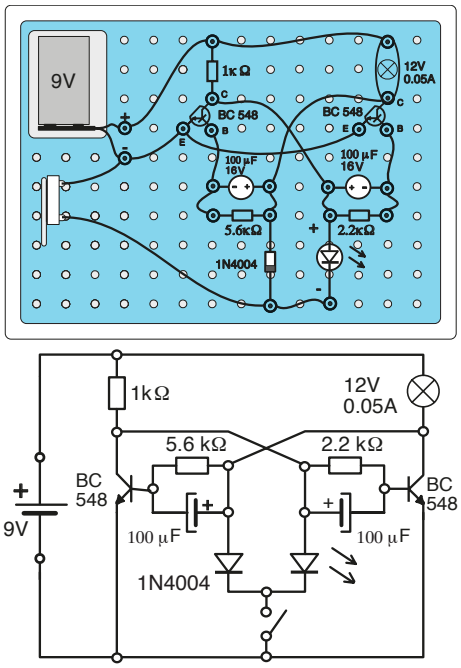


84. PALJENJE I GAŠENJE SVETLA JEDNIM DUGMETOM

Kolo koje deli sa dva se može koristiti i u svrhe koje nemaju veze sa računarom. Jedan dobar primer je kolo kojim možemo upaliti i ugasiti neki uređaj samo jednim dugmetom.
U ovom primeru smo pokazali kako se sijalica može upaliti i ugasiti pritiskom na jedno dugme. LED dioda signalizira kad god je dugme pritisnuto.
Umesto sijalice možemo spojiti relej koji će uključivati i isključivati jači uređaj, npr. motor ventilatora ili svetla na stadionu.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 43, 46, 57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 84

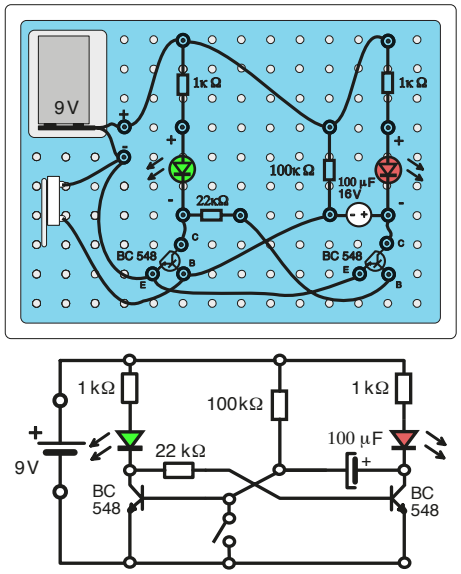


85. MONOSTABILNI MULTIVIBRATOR

To je kolo sa jednim stabilnim statusom i ako je status promenjen vanjskim impulsom, onda će se nakon nekog vremena vratiti u svoj stabilni status.
Zelena LED dioda će sijati kada je kolo spojeno sa izvorom struje. Desni tranzistor ima jak otpor i napon između kolektora i emitera će biti visok. Zbog niskog napona u bazi levog tranzistora elektorlitski kondenzator će se napuniti.
Na trenutak pritisni prekidač, baza levog tranzistora će se na kratko spojiti sa emiterom, u njoj neće biti više struje i tranzistor će se zatvoriti. To će povećati napon u kolektoru pa će struja ići u bazu desnog tranzistora - status multivibratora se promenio. Sada će desni tranzistor imati nizak otpor; kroz njega će pozitivan kontakt kondenzatora biti spojen na negativan pol bazerije. Struja će sada kroz otpornik od 100 kΩ teći u kondenzator i puniće ga. Napon na negativnom kontaktu kondenzatora će se povećavati sve dok ne dostigne tačku kada se struja može usmeriti u bazu levog tranzistora. On se otvori i multivibrator će se vratiti u predhodni status. Monostabilni vibrator se može koristiti za kratko uključivanje (ako koristiš desni tranzistor) ili isključivanje (ako koristiš levi tranizistor). Istina je da smo već sastavljali kola koja ovo mogu uraditi jednostavnije.
Prednost kola sa monostabilnim multivibratorom, u odnosu na one koji rade punjenjem i pražnjenjem kondenzatora, je u tome da se ovim drugim izlazi napon menja trenutno. LED dioda se pali i gasi veoma brzo. U predhodno opisanim kolima promena je bila postepena. Ako se još sećaš, u tim kolima se LED dioda polako gasila i palila.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 85

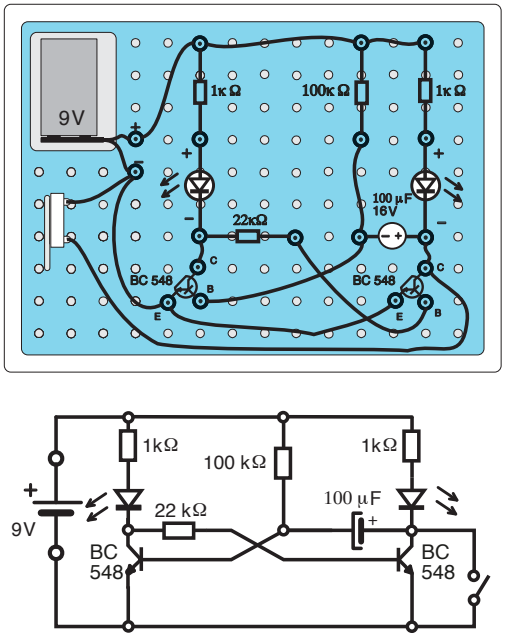


86. POKRETANJE MONOSTABILNOG MULTIVIBRATORA IMPULSOM NA KOLEKTOR

Baš kao sa bistabilnim multivibratorima moguće je pokrenuti i monostabilni multivibrator na različite načine. U prikazanom slučaju pokretanje će se desiti na kolektoru desnog tranzistora. Tranzistor je zatvoren kada je u svom normalnom stanju, pa je napon u njegovom kolektoru visok. Elektrolitski kondenzator će se napuniti jer napon u bazi tranzistora ne može biti veći od 0,6 V. Kada pritisneš prekidač, kolektor desnog tranzistora će na kratko biti povezan sa negativnim polom. Pozitivna elektroda lelektrolitskog kondenzatora će biti na negativnom polu baterije. Zato što je kondenzator napunjen, njegovi negativni kontakti će biti pod negativnim naponom, a tranzistor će se momentalno zatvoriti. Sada će struja teći u kondenzator kroz otpornik od 100 kΩ.
Kako raste napon na negativnim kontaktima kondenzatora, struja će teći u bazu levog tranzistora, a multivibrator će svoj status promeniti u stabilan.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 86

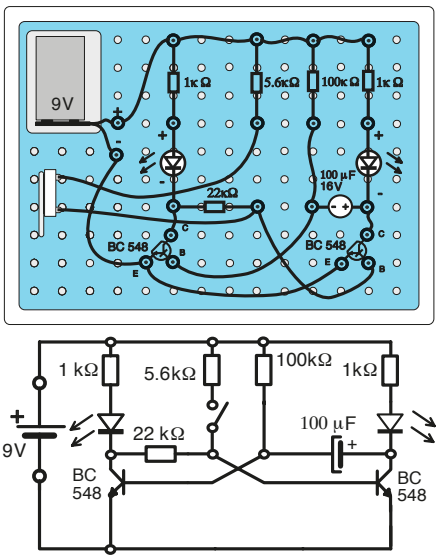


87. POKRETANJE MONOSTABILNOG MULTIVIBRATORA PREMA BAZI

Kao sa kratkom konekcijom kolektora desnog tranzistora sa negativnim desnim polom isti efekat se može postići otvaranjem desnog tranzistora.
To se može uraditi usmeravanjem struje prema bazi ovog tranzistora. Struja će u zatvoreni tranzistor teći kroz otpornik od 22 kΩ.
Kao i u slučaju bistabilnog multivibratora i za monostabilni smo pokazali tri metoda pokretanja kola. Koji ćemo odabrati zavisi od upotrebe i nama dostupnog pokretačkog impulsa.
Kod monostabilnog multivibratora tri meode za pokretanje nisu jednake. U prvom slučaju, gdje smo na kratko spojili negativan pol i bazu otvorenog tranzistora kondenzator se manje ispraznio manje nego u preostala dva. Napon među bazom i emiterom otvorenog tranizistora je 0,6 V. Tako će se, kada pritisnemo prekidač, napon na kontaktima kondenzatora za toliko i promeniti. Ako pokrenemo promenu u kolektoru ili u bazi zatvorenog tranzistora u stabilnom statusu kola, kondenzator će se sasvim isprazniti, a posledica je više vremena da se vrati stabilan status.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 87

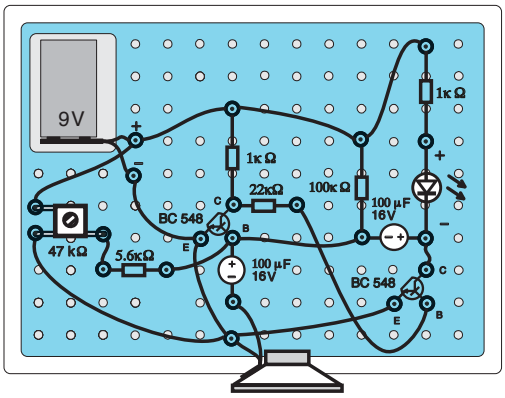


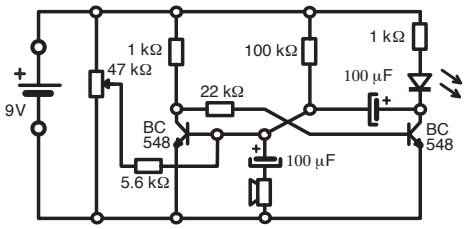
88. ZVUČNI PREKIDAČ

Pokretanjem monostabilnog multivibratora se takođe uraditi bez pritiska na tipku prekidača spoljnim elementom. U prikazanom prmeru on je pokrenut signalom iz zvučnika koji se koristi umesto mikrofona.
Ovakvo kolo se može koristiti za uključivanje alarma ili za svetlo u diskoteci.
Elektrolitski kondenzator je serijski povezan sa zvučnikom i sprečava da kroz njega prođe istosmerna struja- on ne blokira naizmeničnu struju. Kolo je veoma slično predhodnom: ovome je dodat potenciometar - njime možeš regulisati osetljivost. Kada je klizač bliže pozitivnom polu baterije, kolo je manje osetljivo.
Nakon što smo ga sastavili i spojili sa baterijom, kolo moramo podesiti. Ako LED dioda svetli, potenciometar okreći dok se dioda ne ugasi, zatim ga polako vrati do tačke gde je dioda počela svetleti sačekaj da se ponovo ugasi. Ako se ne ugasi potenciometar malo vrati- LED dioda će prestati da svetli. Duni u zvučnik ili ga lupni- LED dioda će svetleti par sekundi.

Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 88



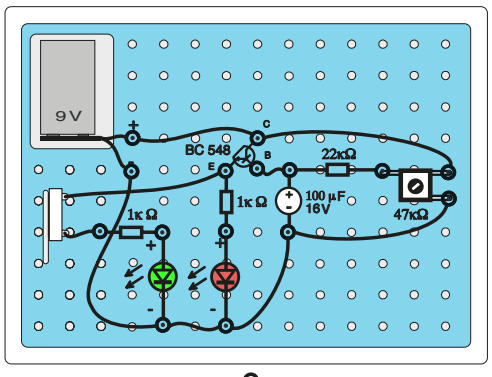


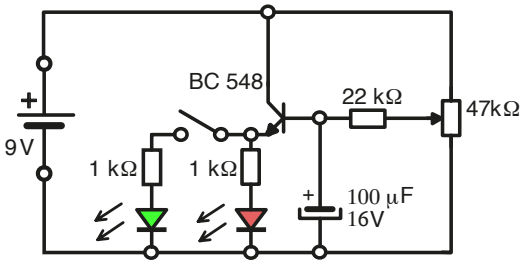
89. REGULATOR SVETLOSTI

Već smo rekli da se tranzistor može koristiti kao podesivi otpornik, čiji otpor zavisi od struje u bazi. Ova činjenica se može iskoristiti da promijenimo napon u, recimo, konvertoru.
Napon između emitera i negativnog pola baterije možemo podesti i potenciometrom u donjem delu kola- smer baza i emiter se ponaša kao dioda. Ako je tranzistor otvoren, kroz njega teče struja, napon u diodi, u provodnom pravcu je 0,6 V, a između baze i emitera isto 0,6 V. Ako ima napona između baze tranzistora i negativnog pola baterije, onda će napon između emitera i negativnog pola baterije biti manji za 0,6 V. Kada okreneš potenciometar, njegov napon varira 0-9 V, napon između emitera i negativnog pola baterije će biti za 0,6 V manji nego onaj na klizaču potenciometra, koji ima prilično veliki otpor pa kroz njega teče slaba struja. Mnogo jača struja teče kroz tranzistor ali je određuju elementi spojeni između emitera i negativnog pola. Ovdje su spojeni jedan otpornik od 1 kΩ i jedna LED dioda. Uzmi komad žice i spoji drugi otpornik i LED diodu malo razmaknutu od prvog. Kada pritisneš prekidač i prekidač na LED diodi, intenzitet svetlosti na prvoj se neće promeniti. To znači da se napon između emitera i negativnog pola baterije nije promenio. Kako sada više struje teče kroz tranzistor (dve diode svetle) a napon između kolektora i emitera se nije promenio, otpor tranzistora je morao pasti.
Da smo koristili obični otpornik umesto tranzistora konekcija druge LED diode bi poterala više struje kroz otpornik, to bi pojačalo napon otpornika, a napon LED diode bi pao. Spajanje druge LED diode bi uzrokovalo da prva sija slabije.
Ovo kolo se koristi za regulisanje napona. Često u kolu gde kolektor spojen sa pozitivnim, između emitera i negativnog pola baterije, imamo elemente (npr. sijalicu) koji se zovu tragači emitera. Naziv je prikladan jer napon u emiteru prati promene napona u bazi i uvek je za 0,6 V manji. Dobar primer za primenu ovog kola je regulator jačine svetlosti.

Pribor: baterija 9V, 15x7, 38, 40, 42, 43, 44, 52, 2x57, 60, 66, 4x68, 3x69

Fig. 89





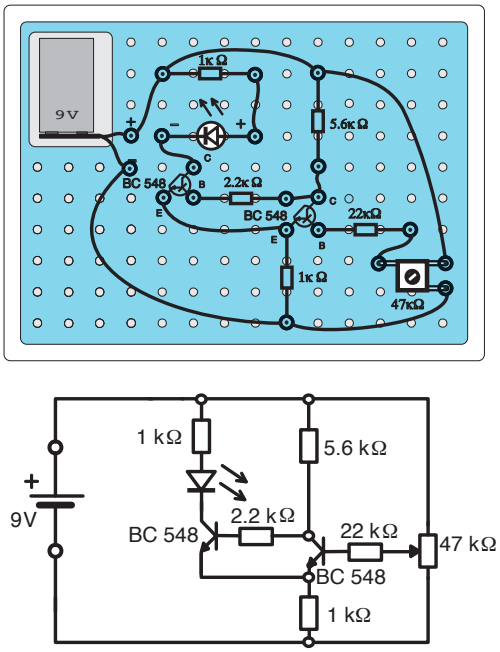
90. ELEKTRIČNI PREKIDAČ SA HISTEREZOM

Sastavi kolo kao na slici, okreni potenciometar levo pa desno i zabeleži poziciju u kojoj se LED dioda upali ili ugasi. Primetićeš da su te dve pozicije različite. Da bi LED diod svetlila, napon na klizačima potenciometra bi trebalo da bude veći od napona pri kojem se LED dioda gasi. Ove dve tačke na potenciometru treba da zabeležimo. Kolo se menja u zavisnosti od smera okretanja potenciometra. Ova pojava, u kojoj se promene u jednom smeru razlikuju od onih u suprotnom smeru, zove se histereza- kolo zovemo električni prekidač sa histerezom.

Recimo da je klizač potenciometra u položaju u kojem dodiruje krajnji kontakt spojen sa negativnim polom baterije. Struja neće teći u bazu desnog tranzistora i on će biti zatvoren. Napon u bazi levog tranzistora će biti visok- otvoriće ga struja kroz otpornik od 5,6 kΩ i LED dioda će svetleti. Kada potenciometar okreneš tako da se voltaža na klizaču poveća, pojačaće se i struja u bazu desnog tranzistora. Rezultat je pad njenog otpora. Manje struje ide u bazu levog tranzistora- ona rapidno slabi tj. mnogo brže nego što se struja kroz desni tranzistor pojača. Ova struja teče kroz zajednički otpornik za emitere oba tranzistora i zbog toga će slabiti kao i napon na spojevima otpornika. Ovo ima isti efekat kao kada smo na kratko spojili emiter desnog tranzistora na negativan pol baterije. Kako je napon na klizaču ostao isti desni tranzistor se odmah otvorio, levi je zatvoren, a LED dioda više ne svetli. Ako potenciometar okreneš u suprotnom smeru, celi proces će se ponoviti ali suprotnim redosledom. Ovo kolo se zove Šmitov okidač.

Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 90



91. PULSIRAJUĆE SVETLO

Ovde ćemo koristiti Šmitov okidač- kada kroz kolo teče više struje ono ima manji otpor, i obrnuto.

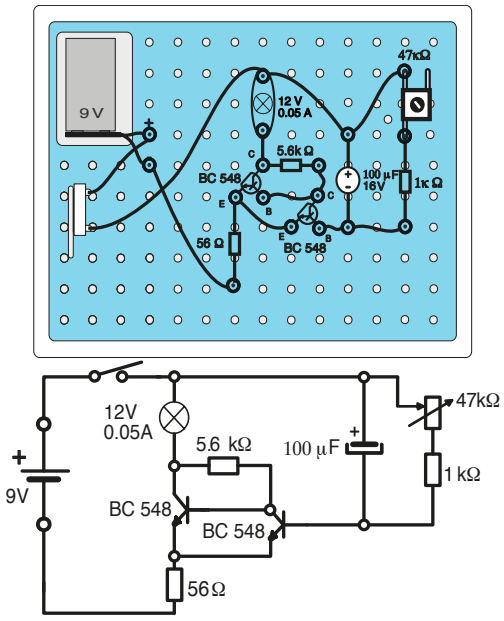
Kada spojimo kolo sa slike na bateriju, slijalica ne svetli. Prvo, kondenzator je prazan, a kroz njega struja ide u bazu.

U isto vreme će se kondenzator puniti i povećaće se napon na njegovim spojevima. To znači da će napon između baze i emitera postepeno padati- na bazi će biti toliko mali napon da će se tranzistor zatvoriti. Ovo će pokrenuti proces poznat kao kolo Šmitovog okidača. Drugi tranzistor će se otvoriti i sijalica će zasvetleti.

Otpornikom od 47 kΩ možemo regulisati kada će se kondenzator isprazniti. To znači da potenciometrom možemo regulisati frekvenciju celog kola.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 52, 54, 57, 59, 66, 4x68, 4x69

Fig. 91

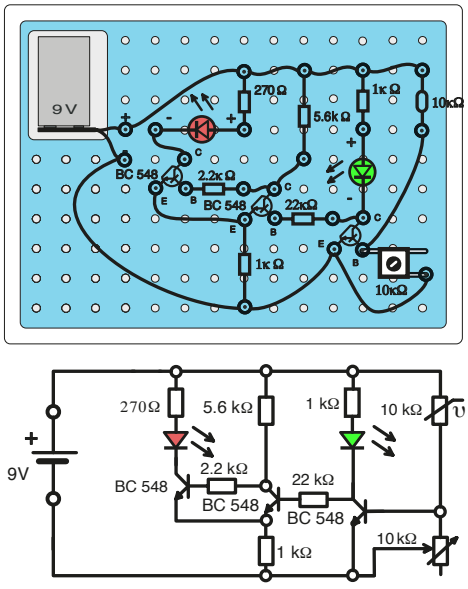


92. PODEŠAVANJE FRIŽIDERA

Sećaš li se termo prekidača opisanog u ovoj knjižici? Isti se može koristiti za regulisanje frižidera. Problem je što bi se motor frižidera palio i gasio na bilo kojoj gotovo jednakoj temperaturi. Tako bi se on često palio i gasio što ne bi bilo dobro. U ovom kolu su dva ingrisana kola, termoprekidač i električni prekidač sa histerezom. Okreni potenciometar tako da LED dioda jedva svetli - crvena će biti ugašena. Prstima dodirni tranzistor ili lagano u njega duni toplim dahom. Zelena dioda će početi sve jače da svetli, i u određenom momentu će zasvetleti i crvena. Pusti da se termistor ohladi ili ga hladnim vazduhom ohladi. Svetlost zelene će se smanjiti, a crvena će se potpuno ugasiti. Regulacija potenciometra će kontrolisati temperaturu na kojoj se ovosve dešava. Zelena LED dioda svojim jačim svetlom signalizira da temperatura raste. Umesto crvene LED diode možemo ugraditi relej koji bi palio motor frižidera. Zahvaljujući histerezi motor će raditi na malo višoj temperaturi od one na kojoj se palio, što smo i hteli. Ako oslušneš svoj frižider, čućeš da motor neko vreme radi i onda stane. Temperatura u frižideru je pala stepen-dva - kada se temperatura poveća motor se opet upali.

Pribor: baterija 9V, 24x7, 38, 3x42, 43, 44, 47, 51, 56, 2x57, 58, 59, 60, 4x68, 5x69

Fig. 92

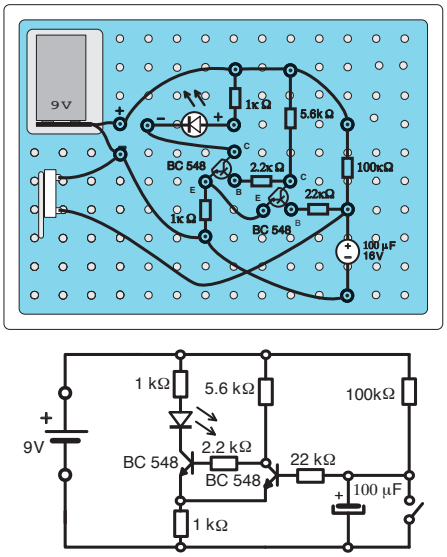


93. STUBIŠNO SVETLO

I ovdje ćemo koristiti Šmitov okidač. Zašto je ovo kolo bolje od onoga kojim na kratko uključimo neki uređaj? U tom kolu izlazni napon se postepeno smanjuje, dok je u ovom napon konstantan i prekida se momentalno. Zato LED dioda svetli istom svetlošću dokle god je uključena.
U prethodnom eksperimentu smo koristili potenciometar da ispitamo rad kola. U ovom kolu na ulazu imamo kondenzator, koji se puni kroz otpornike od 100 kΩ. Kada se kondenzator napuni, desni tranzistor se otvori, a kolo se prekine. Pritisni prekidač. Desni tranzistor se momentalno zatvori, a LED dioda zasvetli. Kondenzator se počne puniti . Zbog napona koji se na njegovim kontaktima povećava, pojačaće se i struja u bazi prvog tranzistora. Ovo će pokrenuti proces koji smo u prethodnom slučaju opisali. Nakon nekog vremena će se status kola promeniti i LED dioda će se ugasiti.

Pribor: baterija 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 59, 60, 61, 66, 4x68, 3x69

Fig. 93



94. SIMETRIČKI ASTABILAN MULTIVIBRATOR

Nekada nam treba signal u kojem se dva svetla naizmenično pale i gase. Dobar primer je svetlo na semaforu.
Kolo sa slike nam pokazuje kako se to radi - to se zove astabilni multivibrator.
Kako radi ovo kolo? Pojednostavimo kolo oznakama: R1, R2, R3 i R4 su otpornici, C1, C2 kondenzatori, T1 i T2 tranzistori, a D1 i D2 LED diode. Ovaj opis prati na crtežu.
Na crtežu je leva strana kola ista kao i desna, ali u praksi ne postoje dva potpuno jednaka elementa. Dakle, recimo da smo kolo spojili sa izvorom struje, struja je raspoređena tako da je malo više ide u bazu T1, nego u bazu T2, što će uzrokovati otvaranje T1, napon između kolektora i emitera T1 će biti nizak i D1 će zasvetliti.
Struja koja prolazi kroz R2 će napuniti elktrolitski C1; istovremeno će T2 biti zatvoreni kao da ne postoji u ovom kolu. Desni kontakt C2 je spojen sa pozitivnim polom baterije putem R4 i D2, a levi kontakt je spojen sa bazom T1 - C2 se puni tako da mu je pozitivna struja sa desne strane. Nakon nekog vremena će se C1 toliko napuniti da struja krene u bazu T2, on će se otvoriti i imaće mali otpor; napon između njegovog kolektora i emitera će praktično biti nula, a anpon na levom kontaktu C2 će biti manji nego na desnom.
Ovaj napon je sada prenizak za T1 i struja će trenutno presdtati da ide u njegovu bazu. T1 je zatvoren, a T2 otvoren i D2 svetli. C2 je putem R3 napunjen tako da mu je levi kontakt pozitivan. Ukratko, uloge tranzistora su zamenjene.
Ovaj se proces dalje ponavlja i D1 i D2 svetle naizmenično. Možemo približno izračunati koliko će dugo svetliti: D1 će svetleti

$t_1 = 0,7 \times C_1 \times R_2$

a D2

$t_2 = 0,7 \times C_2 \times R_3$

Ako su levo i desno kolo jednaki, obe diode će jednako dugo svetleti. Crtež pokazuje da kondenzator imaju kapacitet od 100 kF ili 0,0001 F, otpornici otpor od 22 kΩ ili 22.000 Ω.
Kada upotrijebimo jednačinu za izračunavanje vremenskog intervala, dobićemo približno

t = 0,7 x 0,0001 x 22000

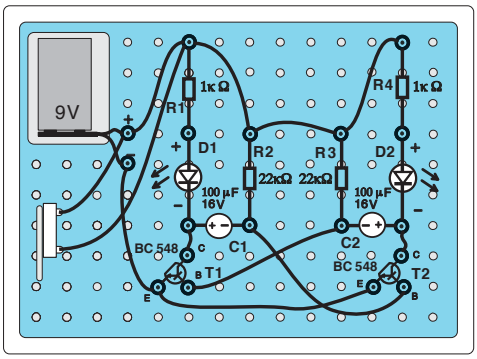
što je:

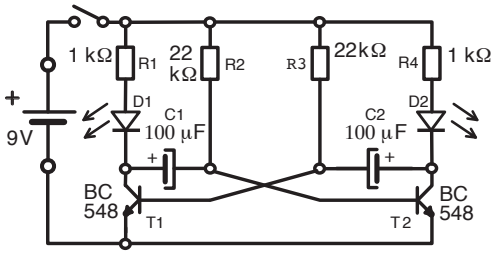
t = 1,54 s

Svaka će dioda svetleti oko 1,5 sekundi.

Pribor: baterija 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 94





95. PROMENE U FUNKCIONISANJU ASTABILNOG MULTIVIBRATORA

Vec smo rekli da će obe diode u kolu svetleti jednako dugo ako su leva i desna strana kola jednake. Ostavimo iste kondenzatore, a ako otpornike R2 i R3 promenimo, dužina sijanja dioda će se drastično promeniti. Videli smo da one svetle utvrđenim intervalom.

$t_1 = 0,7 \times C \times R_2$

i

$t_2 = 0,7 \times C \times R_3$

Ako su kondenzatori jednaki diode će ukupno svetleti

$t = t_1 + t_2$

ili

$t = 0,7 \times C \times R_2 + 0,7 \times C \times R_3$

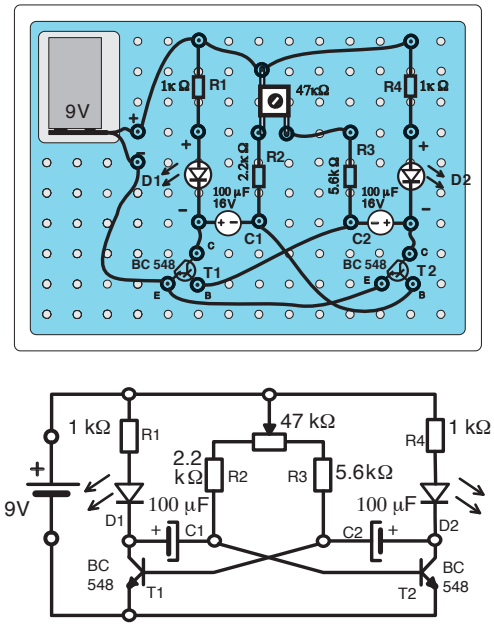
Ukupno vrijeme će tada biti

$t = 0,7 \times C \times (R_2 + R_3)$

U ovom kolu imamo R2 = 2,2 kΩ i dio otpora potenciometra između levog kondenzatora i klizača, a R3 = 5,6 kΩ i dio otpora potenciometra između desnog kontakta i klizača. Ukupan otpor otpornika R2 + R3 će uvek biti isti bez obzira na položaj potenciometra. To znači potenciometrom možemo regulisati odnos između intervala dioda, dok ukupno vreme ostaje isto.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 95

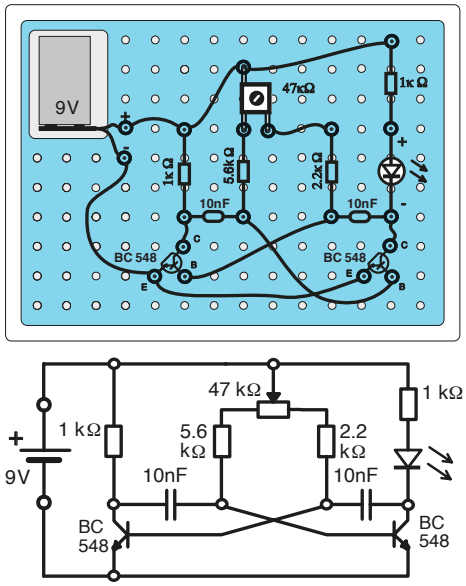


96. REGULISANJE SVETLOSTI MULTIVIBRATOROM

Već smo objasnili regulator svetla: u njemu smo kontrolisali jačinu svetla menjajući napon na spojevima sijalice. Ovaj postupak se ne može koristiti za svetla koja ne funkcionišu na niskoj voltaži. Dobar primer je svetlost fluoroscentnih cevi. Kod ovakvog svetla koristimo njegovo svojsto da se može ponovo upaliti kada se ugasi ako vreme između gašenja i paljenja nije predugo.
Recimo da u veoma kratkim intervalima palimo i gasimo svetlo. Zbog prirode ljudskog oka nećemo čak ni primetiti da se svetlo ugasilo. Podesimo interval.
Ako u okviru tok intervala promenimo dužinu vremena u kojem će svetlo biti upaljeno, oko će to registrovati kao promenu jačine svetlosti.
U ovu svrhu ćemo koristiti multivibrator iz prethodnog eksperimenta ali intervali ne bi trebali biti tako dugi. Umesto kondenzatora od 100 µF, uzećemo kondenzator od 10 nF- njegov kapacitet je 1.000x manji, a LED dioda će pulsirati toliko puta brže. To pulsiranje se čak neće ni primetiti. Kako okrećeš potenciometar vreme svetlosti LED diode će se promeniti i imaćeš utisak da se menja intenzitet svetlosti.

Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 96

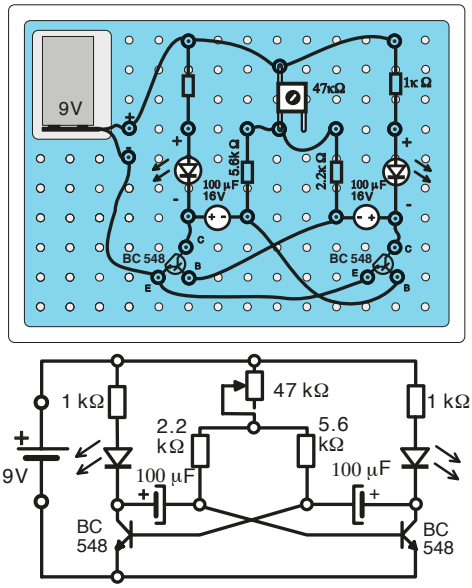


97. PROMENA RADNE FREKVENCIJE ASTABILNOG MULTIVIBRATORA

Ako želiš promeniti radnu frekvenciju, ili brzinu, moraš promijeniti frekvenciju oba centralna otpornika. Ovo se može jednostavno uraditi delimičnim spajanjem otpornika - dobiješ kolo prikazano crtežom.
Okretanjem potenciometra u levo i u desno, radna frekvencija multivibratora će se promeniti, dok će odnos u svetlećem intervalu dioda ostati nepromenjen.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 97

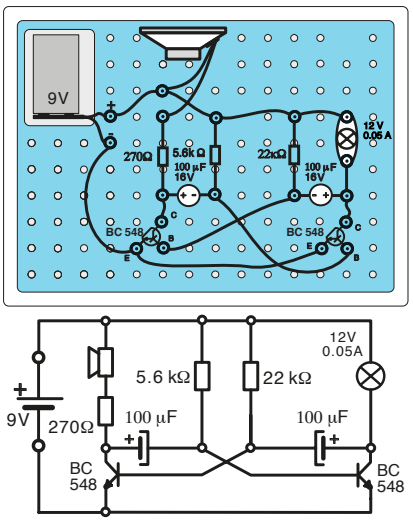


98. INDIKATORI U AUTOMOBILU

Uz pomoć multivibratora možemo napraviti kolo za pokazivače pravca u automobilu. Često su praćeni zvučnim signalo jer vozač treba da zna da li su pokazivači uključeni. U prikazanom kolu je zato ugrađen zvučnik, pa se u ritmu rada pokazivača čuje pucketav zvuk.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 56, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69

Fig. 98

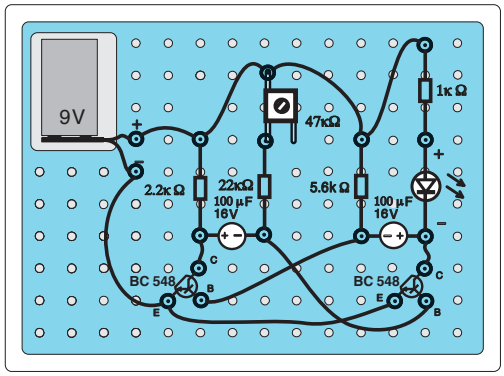


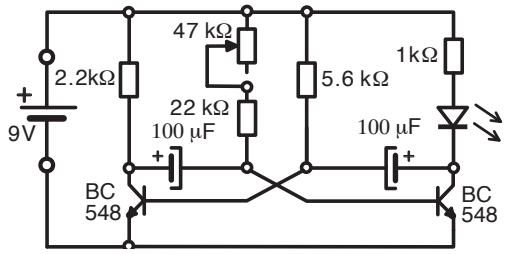
99. PODEŠAVANJE BRZINE RADA BRISAČA

U nekim se automobilima može podešavati brzina rada brisača. Ovo može biti jako korisno kada pada slaba kiša jer tada je vetrobransko staklo gotovo suvo, zbog čega brisači škripe i time proizvode neprijatan zvuk.
Kada posmatraš rad brisača, vidiš da je vremenski period jednog brisanja fiksan. Za to vreme motor brisača mora biti uključen. Vreme izmedju kasnijih brisanja se može podesiti.
Da bismo podesili vreme između dva brisanja koristimo astabilni multivibrator u kojem promenimo jedan od centralnih otpornika.
Drugi centralni otpornici se izabiraju tako da motor dovoljno dugo radi da brisači mogu preći preko cele površine vetrobrana i nazad. Kada okreneš potenciometar, interval između brisanja se promeni.
Umesto LED diode i otpornika od 1kΩ možemo spojiti relej koji će uključivati i isključivati motor.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 52, 57, 58, 59, 60, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 99



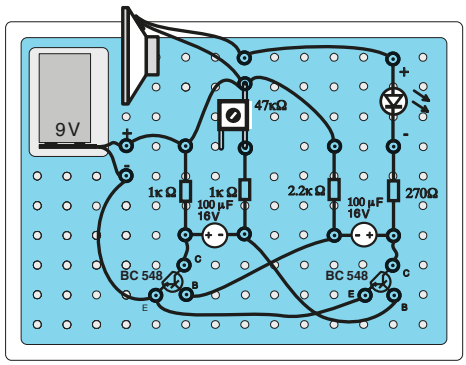


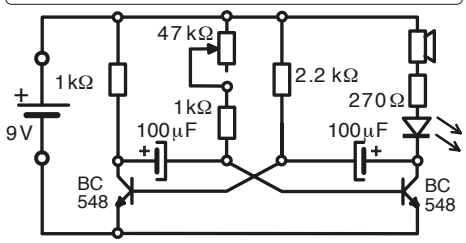
100. ELEKTRONSKI METRONOM

Ako si ikada imao dodira sa muzikom, onda znaš koliko je u muzici važan ritam. U praksi muzičari koriste metronom koji im daje ritam. Brzina rada metronoma se mora podešavati jer ritam nije za svaku vrstu muzike isti.
Prilikom sastavljanja metronoma mi smo koristili astabilni multivibrator. Za razliku od klasičnih metronoma koji proizvode samo zvuk, ovaj elektronski ima i svetlosni signal. Tako se on može videti i iz daljine ili koristiti uz jako glasnu muziku koja njegov zvuk priguši.

Pribor: baterija 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 56, 2x57, 58, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 100



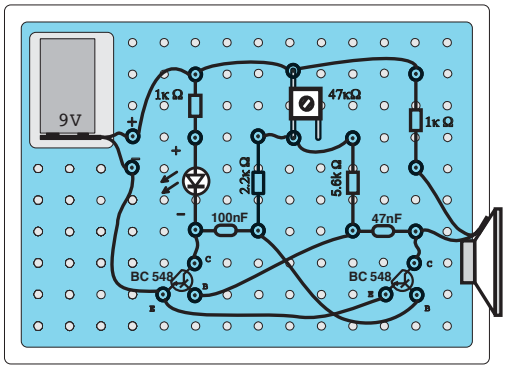


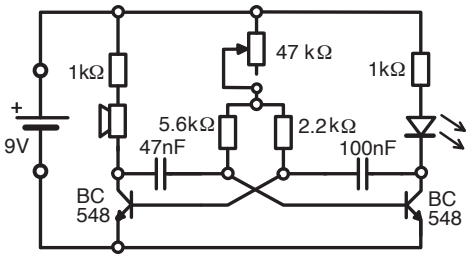
101. MULTIVIBRATOR I ZVUČNIK KAO ZUJALICA

Pravilnim izborom kondenzatora i otpornika možemo napraviti multivibrator koji će oscilirati na čujnoj frekvenciji.
Serijski ćemo povezati zvučnik i otpornik između kolektora jednog tranzistora i pozitivnog pola baterije. Ako je zvuk previše tih, Otpornik od 1 kΩ možeš zameniti sa onim od 270 Ω. Pritisni prekidač. Okreni potenciometar dok ne čuješ želeni zvuk.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 101





102. ZUJALICA ZA OBUKU NA TELEGRAFU

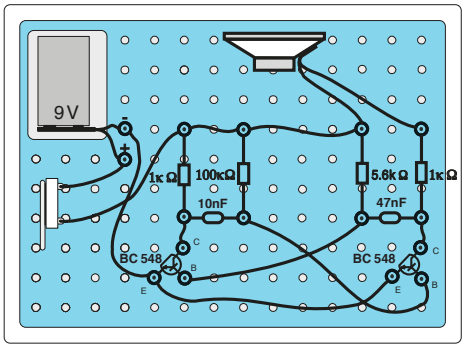
Nekada je Morzeova telegrafija bila jedino sredstvo prenosa poruka na daljinu. Zbog njegove tadašnje važnosti, ovaj vid telegrafa je i nazvan po njegovom pronalazaču Semjuelu Morzeu.

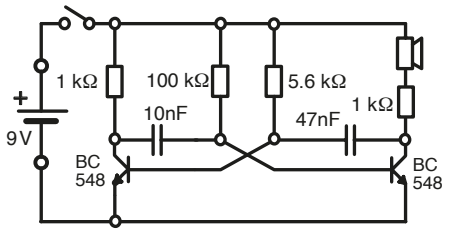
A · -	J · - - -	S · · ·	1 · - - - -
B - · · ·	K - · -	T -	2 · · - - -
C - · - ·	L · - · ·	U · · -	3 · · · - -
D - · ·	M - -	V · · · -	4 · · · · -
E ·	N - ·	W · - -	5 · · · · ·
F · · - ·	O - - -	X - · · -	6 - · · · ·
G - - ·	P · - - ·	Y - · - -	7 - - · · ·
H · · · ·	Q - - · -	Z - - · ·	8 - - - · ·
I · ·	R · - ·		9 - - - - ·
			0 - - - - -

Napretkom tehnologije, telegraf je izgubio svoj značaj, ali se još uvijek koristi među radio amaterima. Moglo bi biti korisno naučiti Morzeovu azbuku ako te to interesuje, a da je naučiš koristićeš zujalicu. Za zujalicu koristiš multivibrator. Nije važno kako namestiš visinu potenciometrom. Dugme kojim uključuješ multivibrator se može koristiti za tipkanje Morzeove azbuke. Kada to radiš vodi računa o pravilima: jedna crtica traje koliko i 3 tačke; između tačkica i crtica je interval potreban za 1 tačkicu; između pojedinačnih znakova je uvek interval od 3 tačkice.

Pribor: baterija 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 4x68, 69

Fig. 102



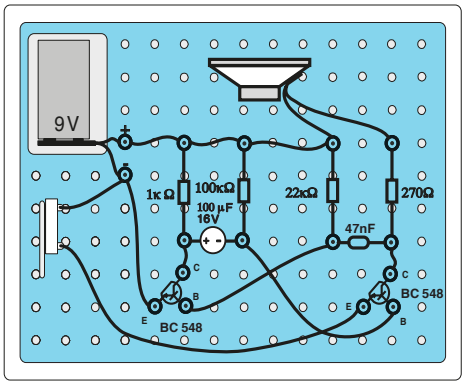


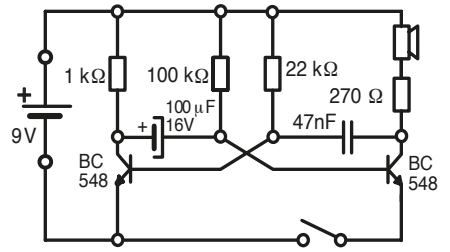
103. MITRALJEZ

Kod mitraljeza se rafali čuju u jednakim vremenskim razmacima. Mi ćemo imitirati njegov zvuk uz pomoć astabilnbog multivibratora u kojem će rad jednog tranzistora izazvati zvuk, a drugi tranzistor će odrediti vremenski interval između dva rafala.
U ovom kolu desni kondenzator je keramički, a levi elektrolitski što stvara odnos od nekoliko stotina između vremenskih intervala u kojima se tranzistori otvaraju.
Kada povežemo astabilni multivibrator na izvor struje trebaće neko vreme da se kondenzatori napune i da kolo počne funkcionistai. Koristićemo drugačiji sistem za uključivanje multivibratora da bi on radio čim pritisnemo prekidač - tada se odmah čuje zvuk mitraljeza.

Pribor: baterija 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 60, 61, 64, 66, 4x68, 4x69

Fig. 103



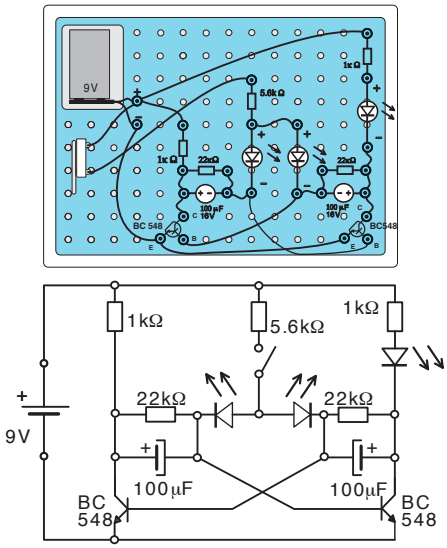


104. NAIZMENIČNO UKLJUČIVANJE I ISKLJUČIVANJE UREĐAJA

Zamisli da u procesu proizvodnje koristiš presu. U nekom trenutku presa mora biti otvorena, a u drugom zatvorena - dakle, stalno se naizmenično otvara izatvara. Kontrolno kolo treba da obezbedi stabilan status u oba ekstremna položaja, ali i njihovu naizmeničnost.
Kao i u prethodnom eksperimentu, koristićemo astabilni multivibrator kao kolo za deljenje na 2. U ovom slučaju, pritiskom na prekidač pokrećemo struju iz pozitivnog pola baterije u bazu trenutno zatvorenog tranzistora - status kola se promeni.
Kada je prekidač pritisnut, kolo liči na astabilni multivibrator - što, zapravo, i jeste.
Ako zadržiš pritisak na prekidaču, sijalica počne pulsirati; kada pustiš, pulsiranje stane.
Vremenski period pritiska na prekidaču , koji je kraći od perioda u kojem je tranzistor u astabilnom multivibratoru otvoren, će promijeniti stanje multivibratora.

Pribor: baterija 9V, 25x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 2x57, 59, 2x60, 2x66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 104

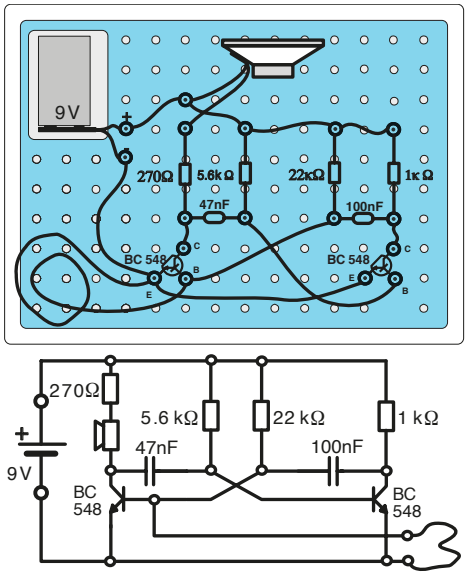


105. ELEKTRONSKI ČUVAR SA ZVUČNIM SIGNALOM

Sećaš li se električnog čuvara koji smo opisali u ovoj knjižici? Sada se LED dioda upali kada se uključi alarm- čuje se zvuk.
U osnovi ovo kolo je astabilni multivibrator koji radi na čujnoj frekvenciji. U kolo je umetnuta kontaktna žica , koja pravi kratak spoj između baze i emitera jednog od tranzistora. Kada se ova veza prekine multivibrator počne da radi, a iz zvučnika se čuje zvuk. Kratak spoj je izazvan namerno u levom tranzisotru, jer će se tako drugi otvoriti. Između kolektora desnog traznistora i pozitivnog pola baterije je otpornik od 1 kΩ. S leve strane je otpornik od 270 Ω i zvučnik sa samo par oma otpora između koletkora i pozitivnog pola. Zvog toga, ako je levi stalno otvoren, više struje prolazi kroz njega nego kroz desni. Ovo će brzo iscrpeti bateriju.
Dobro je ekonomisati jačinom baterije jer ne znamo kada će se alarm ugasiti.
Već znaš kako sastaviti alarm za otvaranje vrata. Takvi alarmi postoje u prodavnicama: kada mušterija otvori vrata koji prestane kada se vrata zatvore. Na štok vrata stavi magnetni prekidač, a na sama vrata magnet. Kada se zbog blizine magneta magnetni prekidač uključi, alarm se isključi tj. kada otvoriš vrata magnetni prekidač se isključi, kolo počne da radi i čuje se zvuk.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 59, 60, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 105

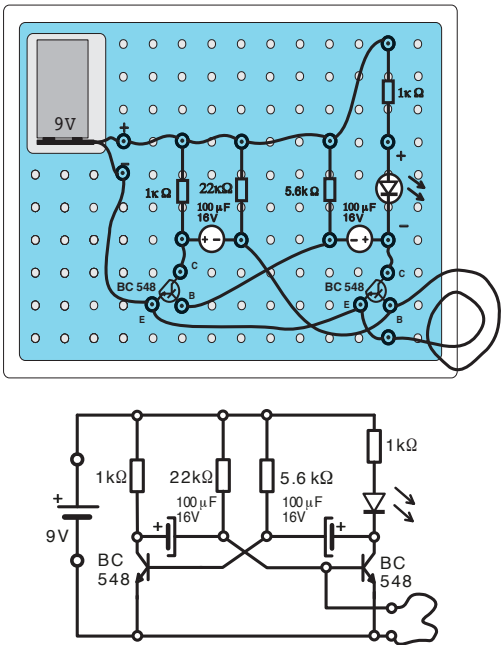


106. ELEKTRONSKI ČUVAR SA SVETLOSNIM SIGNALOM

Ovde će alarm signalizirati pulsirajućim svetlom. U principu kolo je isto kao i prethodno. Multivibrator je napravljen da radi na niskoj frekvenciji neophodnoj za pulsiranje. Zato koristimo elektrolitske kondenzatore, a pokretanje je isto kao u prethodnom kolu.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 2x66, 4x68, 5x69, 70

Fig. 106

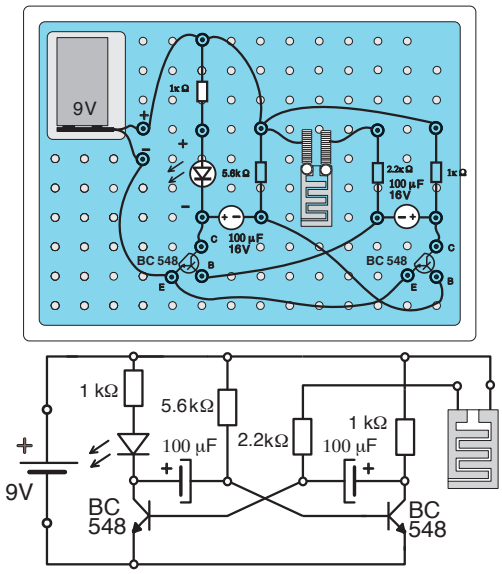


107. SVETLOSNI ALARM ZA SIGNALIZIRANJE NIVOA VLAŽNOSTI

Ovde je senzor vlage serijski povezan sa desnim centralnim otpornikom.
Kada je senzor suv, njegov je otpor veliki i struja neće proći kroz njega.
Kada se senzor skvasi njegov otpor pada i dovoljno će struje proći da pokrene multivibrator. LED dioda u kolektoru levog tranzistora će početi pulsirati. Alarm ne radi sa tečnostima koje ne provode struju.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 49, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 107

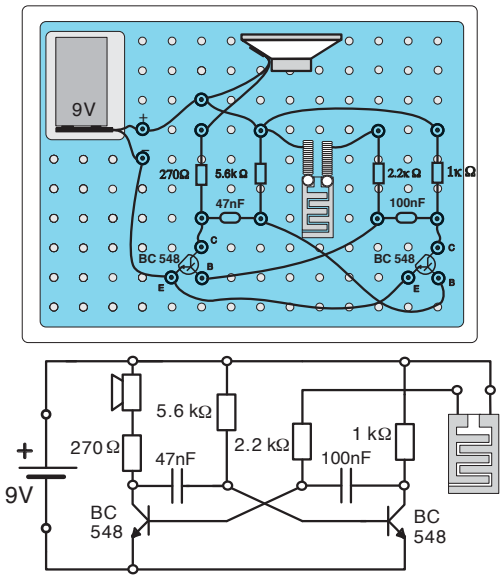


108. ZVUČNI ALARM ZA SIGNALIZIRANJE VLAGE

Zameni diodu i otpornik od 1kΩ sa zvučnikom, a kondenzator od 100 µF sa kondenzatorima od 47 nF i 100 nF. Tako ćeš dobiti kolo koje će uključiti zvučni alarm kada se senzor vlage osuši.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 2x42, 45, 49, 56, 57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 108

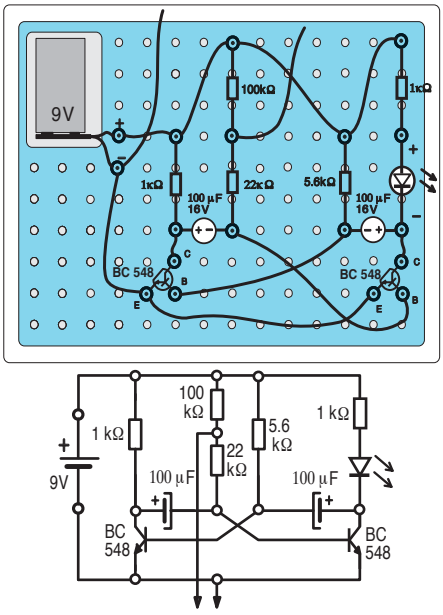


109. ČUVAR CVEĆA

Ljubitelji cveća znaju koliko je važno zaliti cveće na vreme, ali nije dobro zaliti previše jer će vlaga oštetiti koren. Kolo na slici će pulsirajućom diodom signalizirati da je zemlja u saksiji suva i da cveće treba zaliti. Ovo kolo je zapravo astabilni multivibrator koji ne radi zbog dodatnog otpornika, uzemljenog između dvije umetnute žice. Kada je zemlja suva otpor je veliki i ne smeta radu multivibratora. Kada je cvijeće zaliveno, zemlja je vlažna, otpor među žicama je tako mali da multivibrator ne radi- kako se zemlja suši, otpor raste, multivibrator počne da radi. Ispočetka brzina pulsiranje LED diode je spora, ali kako se zemlja suši, pulsiranje se ubrza do maksimuma.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 109

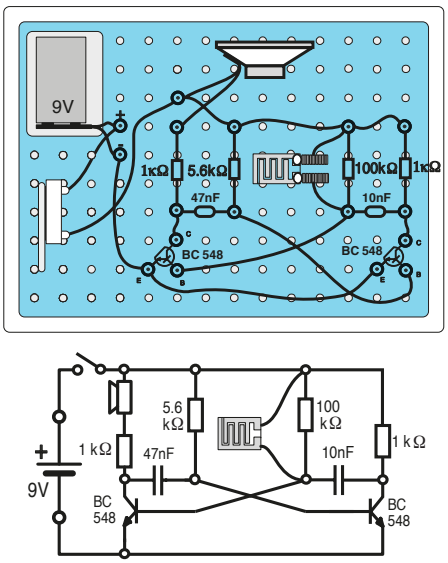


110. AKUSTIČNA IGRAČKA

Mala deca uživaju igrajući se igračkama koje proizvode zvuk, kao što su zvečke, pištaljke, bubnjevi itd. Igračke koje smo mi ovdje opisali bi ih verovatno usrećile. To je astabilni multivibrator koji radi na čujnoj frekvenciji. Senzor vlažnosti je paralelno spojen na jedan od otpornika koji određuje rad astabilnog multivibratora. Kada rukom ili prstom dotakneš taj senzor, otpor se promeni- nakon toga otpor pada. Paralelna konekcija otpornika od 100 kΩ i senzor vlažnosti tada imaju manji otpor- frekvencija multivibratora se poveća.
Dodirujući i držeći senzor isprovociraćes igračku da napravi interesantan zvuk.

Pribor: baterija 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 45, 49, 2x57, 59, 61, 63, 64, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 110

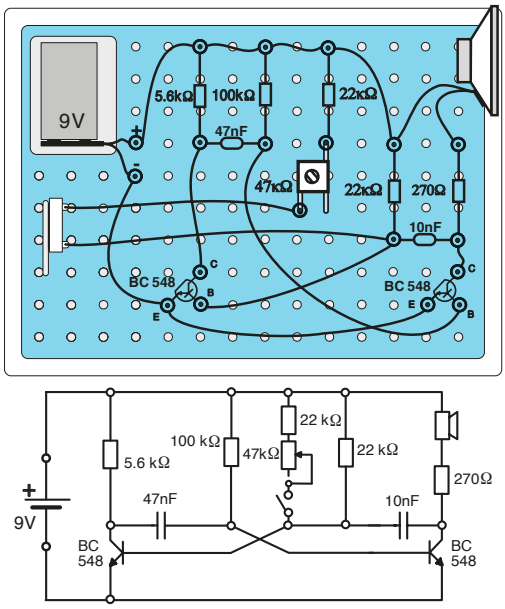


111. SIRENA ALARMA SA DVA TONA

Sigurno si čuo ovakvu sirenu, a u našem eksperimentu to je astabilni multivibrator sa promenljivom frekvencijom. U tu svrhu ćemo jednom od otpornika koji određuju rad multivibratora dodati drugi otpornik povezan sa prekidačem. To će izazvati povećanje otpora i frekvencije multivibratora kada se pritisne dugme. Otpornik, spojen na kolo pritiskom na prekidač, se sastoji od otpornika od 22 kΩ i potenciometra. Kada je prekidač pritisnut, visok ton možeš podesiti okretanjem potenciometra tako da ti je odnos između niskih i visokih tonova ugodan za sluh.
Otpornik od 22 kΩ je tu da spriječi prejaku struju da uđe u bazu levog otpornika što bi ga trajno oštetilo, a desilo bi se u slučaju da otpor otpornika promeniš na nulu.
U ovom kolu promjena tona se pravi pritiskanjem prekidača. Umesto tebe to može uraditi astabilni multivibrator koji radi na frekvenciji jednakoj onoj na kojoj se ton promeni.

Pribor: baterija 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 45, 52, 56, 59, 2x60, 61, 63, 64, 4x68, 6x69

Fig. 111

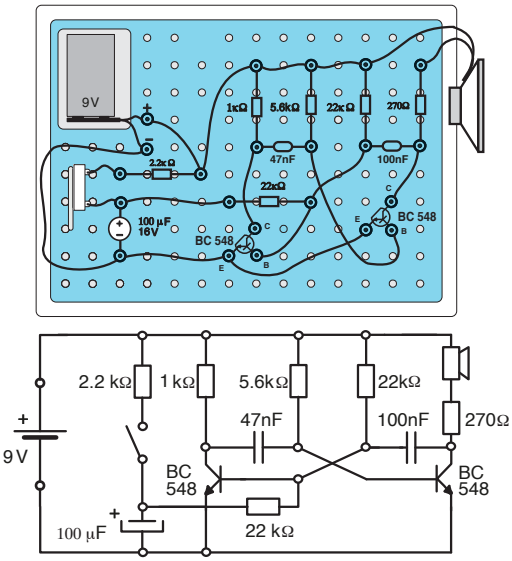


112. SIRENA ALARMA

Vatrogasna kola imaju zavijajuće sirene koje pokreće elektromotor. Crtež pokazuje elektronsku varijantu zavijajuće sirene.
Ovo je kolo ustvari astabilni multivibrator koji radi na čujnoj frekvenciji. Struja iz naponskig razvodnika, sastavljenog iz otpornika od 2,2 kΩ i elektrolitskog kondenzatora ide u bazu levog tranzistora kroz otpornik od 22 kΩ. Kada kolo spojiš sa baterijom multivibrator počne raditi i čuje se zvuk. Elektrolitski kondenzator će se isprazniti i više neće uticati na kolo. Pritisni prekidač. Elektrolitski kondenzator će se napuniti kroz otpornik od 2,2 kΩ što će stvoriti napon na njegovim kontaktima. Nešto struje će ići u bazu kroz otpornike od 2,2 kΩ i 22 kΩ- to će malo otvoriti tranzistor. Radna brzina astabilnog multivibratora će se promeniti i ton će sada biti viši. Pusti prekidač. Napunjeni kondenzator će se sada početi prazniti kroz otpornik od 2,2 kΩ tako da će struja ići u bazu levog tranzistora. Isprva će se kondenzator brzo prazniti zatim mnogo sporije; dok se prazni frekvencija multivibratora je slabija. To se čuje kao zavijajući zvuk.

Pribor: baterija 9V, 22x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 58, 59, 2x60, 64, 65, 66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 112



113. ZVUK KOJI SIGNALIZIRA PAD TEMPERATURE

Zamisli šta bi se desilo kada bi temperatura naglo pala u farmi koka. Kokoši bi uginule i bila bi napravljena velika šteta. Zato je preporučljivo da u kontrolnoj sobi postoji indikator temperature. Svetlosni signal može pokazivati normalnu temperaturu, ali ne bi bio dovoljan da upozori na pad temperature jer pulsirajuće svetlo verovatno niko ne bi primetio. Zato postoji zvučni signal.

Termosenzitivni prekidač smo već opisali i on može uključiti kolo ili uređaj. Kod nas bi ovaj prekidač uključio multivibrator sa zvučnikom odnosno izvor zvuka.

Kada je temperatura previsoka, termistor ima manji otpor. Na grananju razvodnika sastavljenog od termistora i potenciometra, napon je dovoljno visok da struja krene u bazu tranzistora i otvori ga. On sada ima mali otpor i spojen je sa multivibratorom koji mu blokira rad. To se postiže izazivanjem kratkog spoja sa negativnim polom baterijena određeno mjesto u multivibratoru. LED dioda svetli pokazujući tako visoku temperaturu.

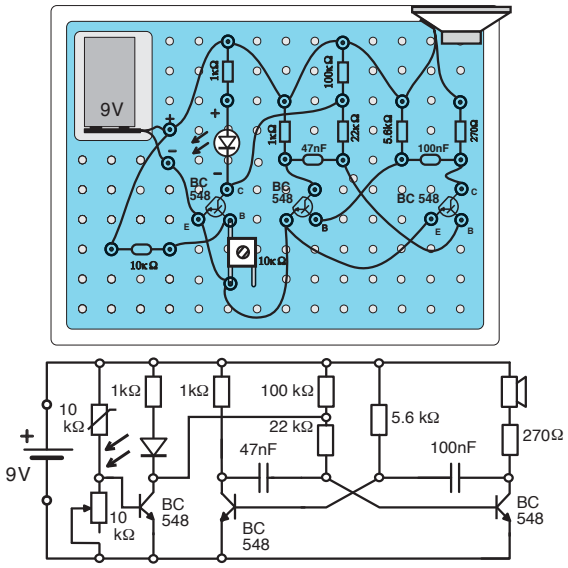
Padom temperature raste otpor termistora, a pada napon na grananju razvodnika. Manje struje ide u bazu tranzistora, on se polako zatvara, a otpor se povećava; uticaj na multivibrator se smanjuje i tranzistor počinje raditi. Ispočetka je radna frekvencija niska ali kako temperatura pada frekvencija se povećava. Dakle, što je temperatura niža, zvuk je viši. Između kolektora prvog tranzistora i otpornika od 1 kΩ je LED dioda-nije neophodna za rad kola, ali služi kao vizuelni indikator temperatura.

Na kojoj se temperaturi alarm gasi zavisi od pozicije klizača na potenciometru.

Da bi proverio kako kolo radi, okreni potenciometar tako da LED dioda sija, a onda ga vrati da se dioda ugasi. Prstom ugrej termistor- LED dioda sija. Duni u termistor da ga ohladiš- LED dioda se ugasi i čuje se zvuk.

Pribor: baterija 9V, 25x7, 38, 2x42, 43, 45, 47, 51, 56, 2x57, 59, 60, 61, 64, 65, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 113



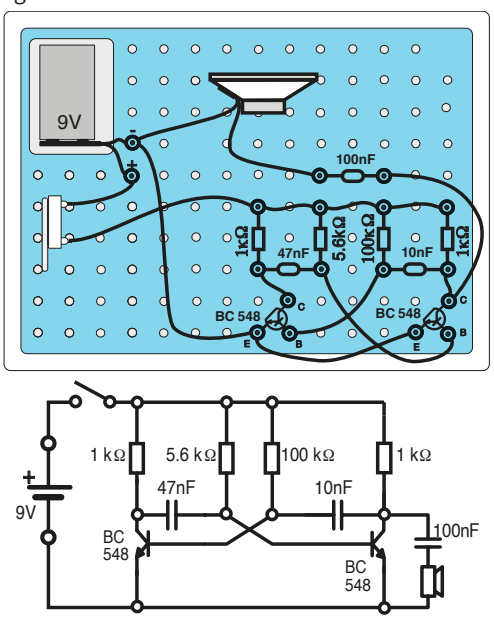
114. KAKO SPREČITI JEDNOSMERNU STRUJU DA PROĐE KROZ ZVUČNIK

U opisanom kolu pulsiranje usmerava struju kroz zvučnik. Šta možemo uraditi ako želimo da kroz njega prolazi samo naizmenična struja? Da koristimo kondenzator. Crtež pokazuje kako ćemo povezati zvučnik. Napon na kolektoru desnog tranzistora jasno pulsira.

Napon između emitera i kolektora varira od 0 V, kada je tranzistor otvoren, i 9 V, kada je zatvoren. Kondenzator će dozvoliti da u zvučnik uđe samo naizmenična jer takvu struju jedino i provodi.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 114

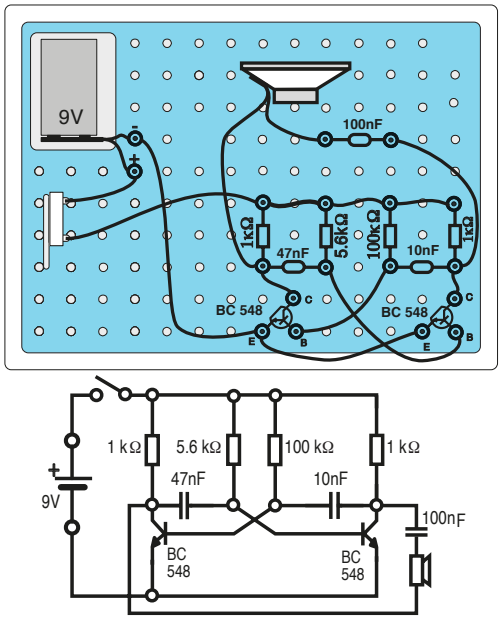


115. ZVUČNIK IZMEĐU DVA KOLEKTORA

Nekoliko puta smo spomenuli da napon u multivibratoru između emitera i kolektora varira od 0 V do 9 V. Ovo se dešava u oba tranzistora. Kakav je odnos među naponima u kolektorima dva tranzistora? Kada je jedan otvoren, drugi je zatvoren. Zato je napon na kolektoru jednog tranzistora prema negativnom polu baterije 0 V, a na drugom 9 V. Recimo da je levi tranzistor otvoren, a desni zatvoren. Onda je napon oba kolektora: U = 9 V.
Kada tranzistori zamene uloge napon se promeni: sada je napon između kolektora levog tranzistora i negativnog pola baterije 9 V, a na desnom 0 V. Napon između kolektora je opet 9 V ali u suprotnom smeru. Dakle, U = -9 V.
Ako posmatramo napon na jednom kolektoru videćemo da se promenio za 9 V. Ako posmatramo napon na oba kolektora istovremeno, viećemo da se menja od +9 V do -9 V. Promena napona je dupla!
U određenim slučajevima spajanje kapaciteta oba kolektora tranzistora ima svoje prednosti. Ovde je važno da taj kapacitet nije toliko veliki da ne dozvoljava rad kola. Otpor zvučnika je veoma mali i kroz njega ide jednosmjerna struja. Između kolektora oba tranzistora je mali otpor što može zaustaviti rad kola. Da ovo izbjegnemo, serijski smo spojili kondenzator na zvučnik.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 115

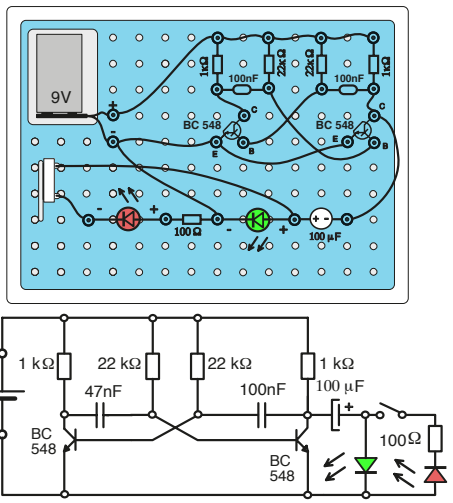


116. KOLO ZA STVARANJE NEGATIVNE STRUJE

Ponekad je neophodno imati negativnu struju u kolu. Najjednostavnije je, pored one koja napaja kolo, uzeti još jednu bateriju i upotrebiti je kao izvor negativne struje- to kolo čini skupljim.
Ako nam je nedovoljna negativna struja iz baterije, umesto njega možemo staviti kolo koje će stvoriti negativnu struju.
Da stvorimo negativnu treba nam naizmenična struja i za nju ćemo koristiti astabilni multivibrator. Naizmenična struja teče kroz provodnik prvo u jednom pa u drugom smeru. Napon između kolektora npr. desnog tranzistora u multivibratoru i negativnog pola baterije se menja: kada je tranzistor otvoren, napon je skoro nula, a kada je zatvoren skoro da dostiže napon baterije. Struja nije naizmenična ali pulsira.
Već smo videli da kroz kondenzator može teći naizmenična, a ne jednosmerna struja, pa tako jednosmernu eliminišemo iz pulsirajuće struje.
Kondenzator je spojen sa kolektorom desnog tranzistora kroz koji naizmenična struja teče u multivibrator. Ona prolazi kroz dve LED diode okrenute suprotno jedna drugoj. Kada se kolo spoji na bateriju obe diode svetle. To je dokaz da kroz kondenzator prolazi naizmenična struja.
Kad ide iz kondenzatora u negativan pol baterije, ide kroz zelenu, a kad ide u suprotnom pravcu, prolazi kroz crvenu diodu i otpornik od 100 kΩ. Ova dioda i otpornik su dio kola kojem je potreban negativan napon. Umesto zelene LED diode možemo upotrebiti običnu (1N4004).
Opet moramo istaći da kolo kojem je neophodna negativna struja ne treba koristiti previše struje.
Ako nisi siguran da multivibrator radi možeš povezati zvučnik između bilo kojih otpornika od 1 kΩ i pozitivnog pola baterije.

Pribor: baterija 9V, 21x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 66, 4x68, 6x69

Fig. 116

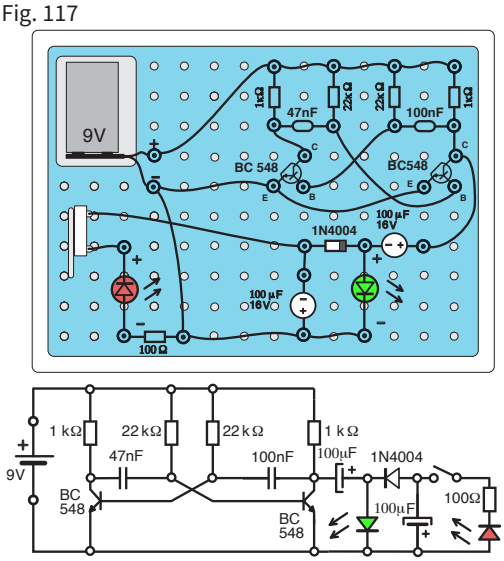


117. POBOLJŠANO KOLO ZA STVARANJE NEGATIVNE STRUJE

Usmerena struja dobijena iz jedne diode ne može biti veća od maksimalnog nivoa naizmenične.
Umesto crvene LED diode možeš ubaciti kolo za čiji rad ti je potrebna negativna struja.
Ako je negativna struja dobijena iz takvog kola suviše slaba možemo upotrebiti kolo koje udvostručuje usmerenu negativnu struju s ciljem dobijanja negativne jednosmerne struje. Ovakvo kolo je napravljeno od dve diode i dva kondenzatora. U kolu je korištena zelena LED dioda umesto obične.

Pribor: baterija 9V, 24x7, 38, 40, 3x42, 43, 46, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 117

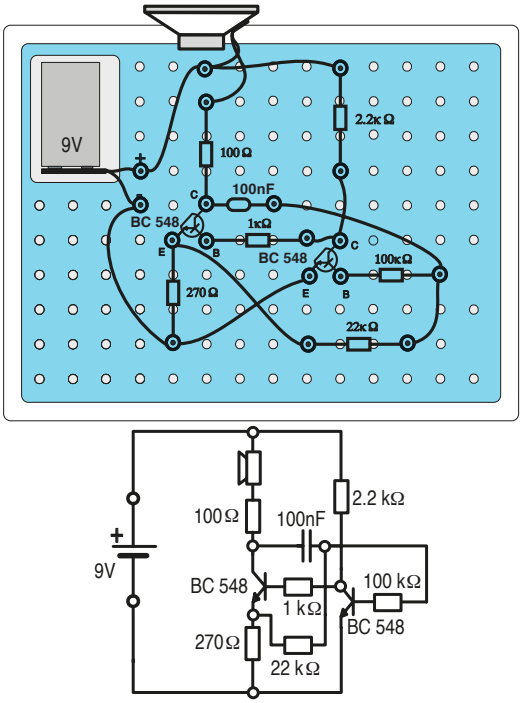


118. JOŠ JEDAN ZVUČNI GENERATOR

Uz pomoć dva tranzistora možemo sastaviti zvučni generator koji nije multivibrator ali radi na drugom principu. Da bi radilo kolo traži povratnu informaciju (feedback) - to je spoj u kolu kojim se napaja neki od signala iz izlaza u ulaz. U tom slučaju se kolo ponaša drugačije od načina na koji bi se ponašalo da nema feedback.
U našem primeru imamo dva tranzistora koji čine niskofrekventno pojačalo. Kroz kondenzator od 100 nF i otpornik od 100 kΩ jedan je dio signala usmeren iz izlaza (kolektor desnog tranzistora) u ulaz pojačala (baza desnog tranzistora).
Pretpostavljaš dok se napon pojačava na ulazu u kolo, na njegovom izlazu pada. Ako dodamo kolo koje vraća informacije o pormjenama na izlazu u ulazi, možemo reći da je ovo kolo „zbunjeno“ i ne možemo reći kakav bi napon bio na ulazu, pa ni na izlazu. Zbog toga napon varira i kažemo da splet povratnih informacija (feedback loop) uzrokuje osciliranje kola.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 58, 60, 2x61, 65, 4x68, 3x69

Fig. 118

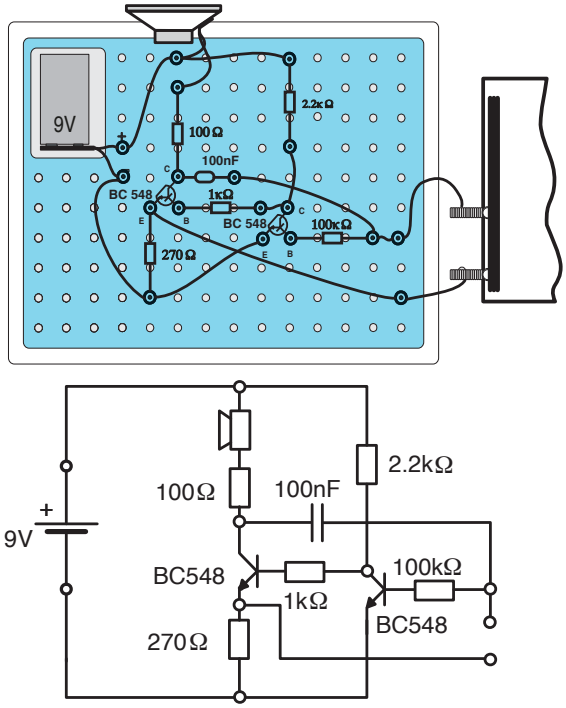


119. MUZIČKI INSTRUMENT

Ako promjeniš vrijednost otpora otpornika od 22 kΩ, frekvencija oscilatora će se promeniti i čućeš drugačiji ton. To bi najbolje bilo demonstrirati umetanjem potenciometra od 47 kΩ kao podesivog otpornika umesto otpornika od 22 kΩ.
Već si pravio ovakav otpornik grafitom iz olovke. Takav otpornik se može koristiti u ovom oscilatoru da mu promeni frekvenciju rada.
Spoji oprugu na jednoj strani grafitnog sloja na kolo. Drugi komad žice spoji na odgovarajuće mesto u kolu i na nju zakači oprugu. Povuci ovu oprugu duž otpornig sloja.
Kada dodirneš oprugu, oscilator poče raditi, a kada je povlačiš ton se menja- sastavio si muzički instrument.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 55, 56, 57, 58, 61, 65, 4x68, 5x69

Fig. 119

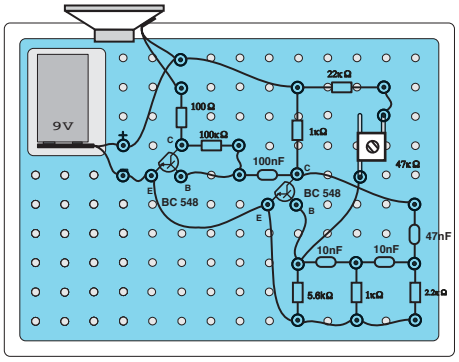


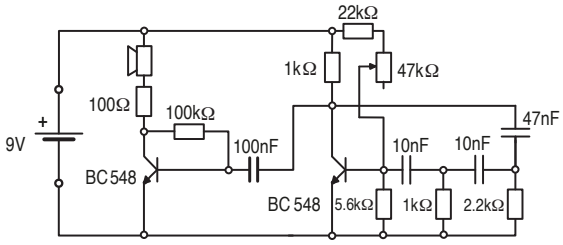
120. OSCILATOR NAPRAVLJEN OD NIZA OTPORNIKA I KONDENZATORA

Da od pojačala napraviš oscilator treba ti splet povratnih informacija (feedback loop) koji će ti doneti signal iz izlaza u ulazu pojačala. Svojstvo ovog spleta je da određuje da li kolo radi kao oscilator i na kojoj frekvenciji. Crtež pokazuje još jedan primer oscilatora napravljenog spletom povratnih informacija. Okreći potenciometar dok ne čuješ zvuk iz zvučnika. Kolo je napravljeno od niza koji čine tri kondenzatora i tri otpornika.
Oscilatornom kolu je dodato jedno niskofrekventno pojačalo koje je sastavljeno od jednog tranzistora jer je signal koji smo čuli bio suviše slab.
Sada ćeš iz zvučnika čuti mnogo prijatniji ton nego iz oscilatora sa astabilnim multivibratoraom. To je zato što ovakav oscilator stvara čistiji ton.

Pribor: baterija 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 52, 55, 2x57, 58, 59, 60, 61, 2x63, 64, 65, 4x68, 5x69

Fig. 120





ELEKTROSTATIKA

121. ELEKTRICITET IZ PAPIRA

Uzmi list papira iz sveske i dobro ga osuši iznad šporeta, radijatora ili rešoa. Kada završiš stavi ga na svesku i zagladi ga rukom (slika 1) Zatim podigni papir levom rukom a zglobom na desnoj ruci priđi papiru s donje strane. Kao rezultat poleteće varnica elektriciteta od papira ka tvojoj ruci.

Pribor: list papira iz sveske

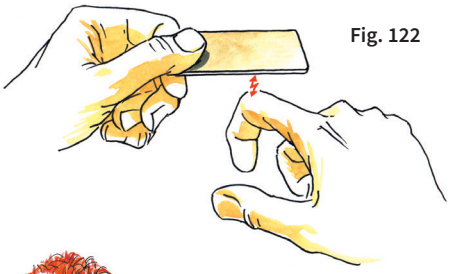
Fig. 121

122. ELEKTRIČNA VARNICA - GROM

Stavi komad plastike na rub stola i trljaj ga suvom rukom ili novinama. Zatim podigni tanjir i priđi mu zglobom na ruci (slika 2). Električna varnica će preći sa tanjira na tvoj prst. Moći ćeš i čuti, osetiti pa čak i videti je u mraku. Varnica, koja je prešla sa plastike ili papira, u suštini nije različita od munje i groma. Jedina razlika je u činjenici da je u eksperimentu niskonaponska struja, dok je u munji struja ogromnog napona.

Pribor: 26

Fig. 122



123. ELEKTRICITET IZ VUNE

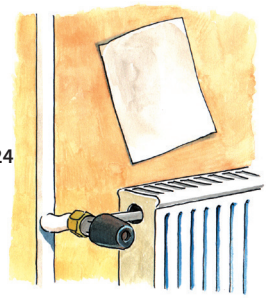
Ako dugo hodaš po vunenom ili svilenom tepihu u cipelama sa gumenim đonom, tvoje telo će se napuniti elektricitetom. Ako zatim dotakneš cev za vodu ili bilo koji drugi metalni predmet povezan sa zemljom, električna varnica će poleteti sa tebe na taj predmet. Na isti način se naelektrišu češalj i kosa. Isto se događa kada miluješ mačije krzno ili skidaš sa sebe veš od sintetičkog materijala.

Sve ovo smeta, a problemi nastaju i na benzinskim pumpama uzrokovani trenjem benzina o crevo, ili u avionima gde elektricitet nastaje trenjem aviona o vazdušna strujanja. Takve električne varnice mogu biti velika smetnja kako u papirnim ili gumenim podmetačima, tako i u onima u kojima se struja prenosi putem gumenih ili kožnih prenosnih pojaseva. Štaviše, nesreća sa dirižablom Hidenburg je takođe bila uzrokovana malenom električnom varnicom.

Pribor: češalj

Fig. 123

Fig. 124



124. ELEKTROSTATIČNI „LEPAK“

Zimi, kada se prostorije zagrevaju, zagrej nad šporetom ili radijatorom veliki list iz novina, stavi ga na zid i jako ga protrljaj rukom. List će se spremno prilepiti za zid i ostati tamo neko vreme. Ovo se dešava jer se list trljanjem naelektrisao statičkim elektricitetom.

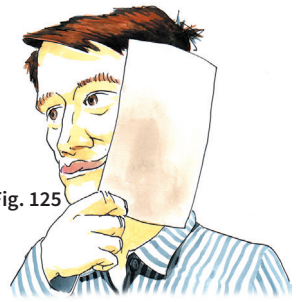
Pribor: novinski list papira

125. ELEKTRIČNA PAUČINA

Nakon što zagreješ list papira nad šporetom ili radijatorom, stavi ga na svesku i protrljaj jako rukom kako je prikazano u eksperimentu br. 1. Sada podigni list i primakni ga obrazu (slika 5). Osetićeš kao da ti obraz dodiruje paučina. Papir si naelektrisao trljanjem, što je nakostrešilo dlake na tvom licu i podsetilo te na paučinu.

Pribor: list papira iz sveske

Fig. 125



126. NAELEKTRISANA TELA SE PRIVLAČE

Stavi dve osmougaone drvene olovke unakrst i gornjoj primakni komad plastike koji si prethodno trljao suvim prstima ili novinom. Umesto te gornje olovke možeš koristiti lenjir ili neki sličan predmet. Svaki od upotrebljenih predmeta će biti privučen naelektrisanom plastikom. Već 600 pre Hrista, stari Grci su otkrili da amber (grč: elektron) privlači lagane predmete ako su bili protrljani rukom ili nekim materijalom. Odatle je i postao izraz elektricitet. Danas se plastika koristi umesto skupog ambera. Isto tako se i papir može naelektrisati ako se dobro osuši ili protrlja. Kasniji eksperimenti će pokazati da trljanjem, oba predmeta koja smo trljali kao i ona koja smo koristili da trljamo, postaju naelektrisana.

Pribor: 26, 2 olovke

Fig. 126

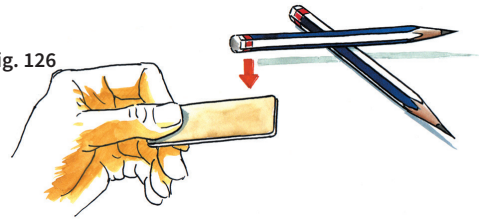
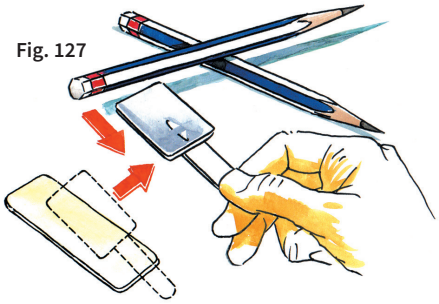


Fig. 127



127. GLATKI METALI MOGU BITI NAELEKTRISANI

Stavi dve osmougaone drvene olovke unakrst kao što je opisano u prethodnom eksperimentu. Uzmi metalnu špahtlicu pričvršćenu na plastičnu ručku. Trljaj je o komad plastike držeći za plastičnu ručku a onda je primakni gornjoj olovci. Naelektrisana metalna špahtla će privući olovku. Kao što vidiš, glatki metali se mogu naelektrisati trljanjem. Kasnije ćeš saznati zašto je metalna špahtla fiksirana za plastičnu ručku.

Pribor: 26, 27, 2 olovke

128. NAELEKTRISANA TELA ODBIJAJU NENAELEKTRISANA

Stavi dve drvene olovke na plastično postolje kao što je prikazano na sl.8. Zatim gornjoj olovci primakni naelektrisanu metalnu špahtlu. Špahtla će privlačiti olovku. Ako tu istu špahtlu ponovo naelektrišemo, ona će, međutim, odbijati olovku. Svi prethodni eksperimenti su dokazali da naelektrisana tela privlače nenaelektrisana; ipak, sada možeš videti da se u određenim slučajevima oni mogu i odbijati.

Pribor: 8, 26, 27, 2 olovke

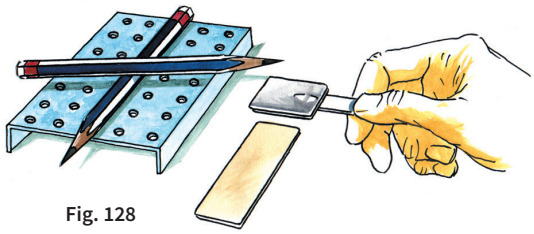


Fig. 128

129. NAELEKTRISANO TELO U BLIZINI MLAZA VODE

Stavi naelektrisani komad plastike u blizinu slabog mlaza vode (slika 9). Komad plastike će i privlačiti i raspršivati mlaz.

Pribor: 26, čaša vode

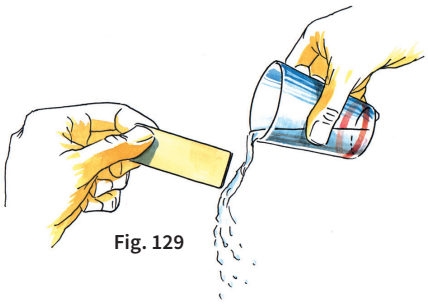


Fig. 129

130. KADA SE NAELEKTRISANA TELA PRIVLAČE A KADA SE ODBIJAJU?

U ovom eksperimentu bi trebalo pratiti sledeću proceduru:

1. Trljaj komad metala o komad plastike.
2. Stavi naelektrisani komad plastike na aluminijumsko zvono koje se može slobodno kretati.
3. Primakni komadu plastike naelektrisanu metalnu špahtlu i videćeš da se plastika i špahtla privlače.
4. Prođi po ručki metalne špahtle kroz prste ili protrljaj papirom, zatim prinesi komadu plastike i videćeš da se odbijaju.

Ovaj eksperiment dokazuje da se naelektrisanja različitog polariteta mogu ili privlačiti ili odbijati.

Pribor: 13, 26, 27

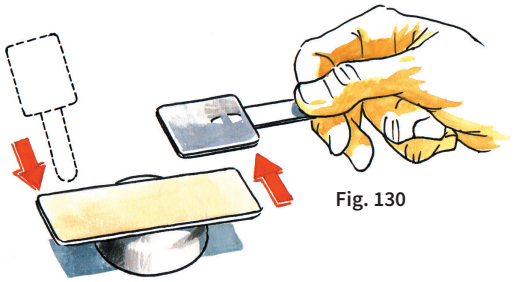


Fig. 130

131. JEDNOSTAVAN ELEKTROSKOP

Koristeći se delovima ovog seta pokušaj sastaviti jednostavan elektroskop. Sa slike 11 možeš videti kako pojedinačne delove treba sastaviti. Na plastičnoj osnovi se nalazi metalni stalak sa laganim pokazivačem napravljenim od komada papira veličine 140 x 12 mm. Igla koja prolazi kroz pokazivač malo iznad njegovog težišta služi kao osovina. Elektroskop je savršen ako mu je pokazivač vertikalan, a u slučaju bilo kakvog ugibanja lagano oscilira.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 8, 20, 2 x 28, 29, igla, pokazivač

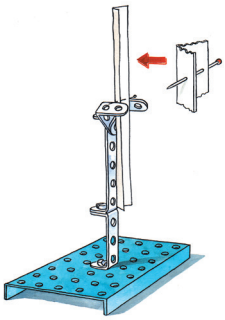


Fig. 131

132. NAELEKTRISANA PLASTIKA PRIVLAČI POKAZIVAČ NA ELEKTROSKOPU

Suvim prstima prođi po komadu plastike, ili je protrljaj papirom, zatim je prinesi pokazivaču elektroskopa (slika 12). Plastika će privući pokazivač. Isti eksperiment se može napraviti sa češljem, komadom stakla ili pečatnim voskom kada ga protrljamo tkaninom. Sva ova i mnoga druga tela, ako su bila protrljana, privlače pokazivač elektroskopa. Trljanjem se tela naelektrišu.

Pribor: (11), 26

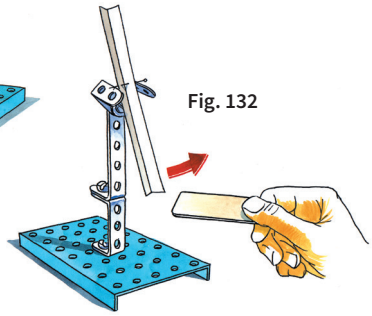


Fig. 132

133. NAELEKTRISANA METALNA ŠPAHTLA PRIVLAČI POKAZIVAČ ELEKTROSKOPA

Ponovi eksperiment br. 12, ali ovaj put nemoj trljati plastiku rukom nego o metalnu špahtlu pričvršćenu za plastičnu ručku. Kada primakneš metalnu špahtlu pokazivaču elektroskopa, ona ga privlači. Zatim omotaj metalnu špahtlu komadom papira ili tkanine i trljaj o plastiku. Trljajući ih, papir, tkanina i druga tela postaju naelektrisana. Ovi eksperimenti pokazuju da oba tela - i ono koje smo trljali i ono kojim smo trljali - postaju naelektrisana.

Pribor: (11), 26, 27, komad papira ili tkanine

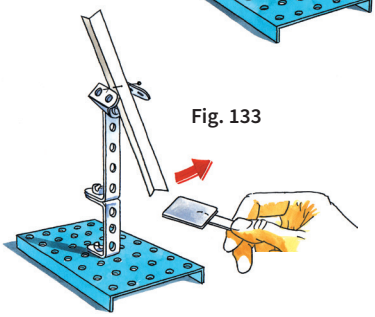


Fig. 133

134. PUNJENJE ELEKTROSKOPA ELEKTRICITETOM

Stavi komad plastike na rub stola, protrljaj ga metalnom špahtlom lagano je pritiskajući, a zatim njom dotakni stalak na elektroskopu (slika 14). Pokazivač će se pomeriti i ostati u tom položaju. Ako ovo ponoviš nekoliko puta, pomeranje pokazivača će se povećavati zahvaljujući povećanju naelektrisanja.

Pribor: (11), 26, 27

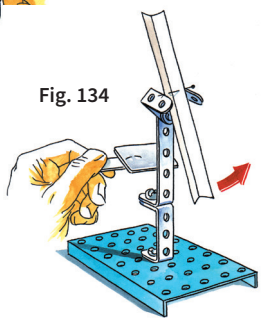


Fig. 134

135. PRAŽNJENJE ELEKTROSKOPA

Dodirni prstom naelektrisani stalak elektroskopa (slika 15). Pokazivač će se vratiti u početni položaj. Elektroni koji su prošli tvojim telom u zemlju ili možda u suprotnom smeru. Prethodni eksperimenti su pokazali da se tela naelektrišu ako ih trljamo o plastiku. Da li će i tvoje ruke biti naelektrisane?

Pribor: (11)

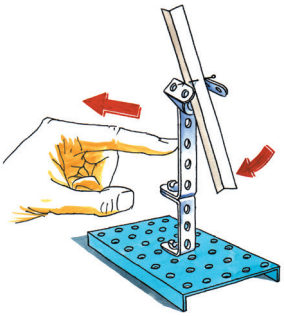


Fig.135

136. PROGRESIVNO PUNJENJE ELEKTROSKOPA

1. Stavi komad plastike na rub stola i protrljaj ga suvom rukom ili papirom.
2. Stavi metalnu špahtlu sa plastičnom ručkom na komad plastike.
3. Pre nego digneš metalnu špahtlu, dodirni je prstom.
4. Zatim, metalnom špahtlom dodirni stalak na elektroskopu. Pokazivač će se pomeriti. Ako ponoviš korake 2,3 i 4, skretanje pokazivača će se povećati zahvaljujući tome što se naelektrisanje povećava.

Pribor: (11), 26, 27

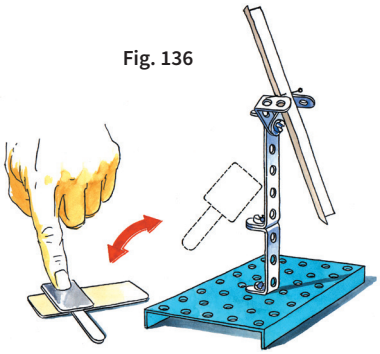


Fig. 136

137. PROGRESIVNO PRAŽNJENJE ELEKTROSKOPA

Sledeći proceduru prethodnog eksperimenta, napuni elektroskop elektroforusom. Kada se elektroskop napuni, dodirni ga metalnom špahtlom. Pokazivač će malo pasti. Ako metalnu špahtlu dovedeš u kontakt sa svojim telom pa sa pokazivačem na elektroskopu uzastopno, pokazivač će više i više padati.

Pribor: (11), 26, 27

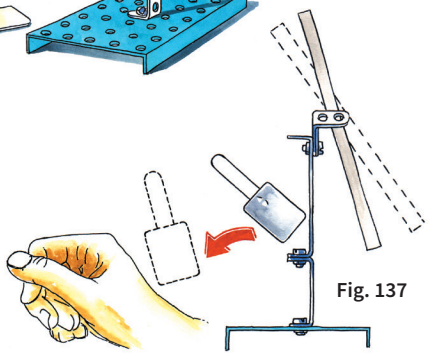


Fig. 137

138. PROVODNICI I IZOLATORI

Napuni elektroskop elektroforusom (vidi eksperiment br. 16), zatim stalak na elektroskopu dodirni ručkom od metalne špahtle, olovkom, komadom papira, bakarnom pločicom ili nekim drugim delo iz seta. Šta uočavaš? U dodiru sa plastikom, suvim staklom, porcelanom, pečatnim voskom, parafinskim voskom itd. pokazivač na elektroskopu se uopšte ne miče. Shodno tome, svi pomenuti materijali su izolatori. Međutim, metali su odlični provodnici kao i tvoje telo, olovka, vlažan papir itd.

Pribor: (11), 24, 26, 27, različiti predmeti

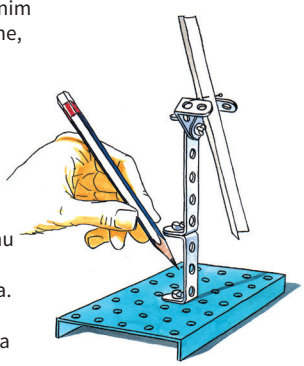


Fig. 138

139. POZITIVNO I NEGATIVNO NAELEKTRISANJE

Naelektriši elektroskop pomoću elektroforusa i pokazivaču prinesi metalnu špahtlu korištenu pri punjenju elektroskopa (slika 19). Pokazivač će se pomeriti. Međutim ako pokazivaču prineseš plastiku, ona će ga privući. Ovo dokazuje da tela mogu imati različita naelektrisanja. U tvom slučaju metal i elektroskop su napunjeni pozitivnim naelektrisanjem, dok je plastika naelektrisana negativno. Tela istog naelektrisanja se odbijaju, dok se suprotno naelektrisana tela privlače.

Pribor: (11), 26, 27

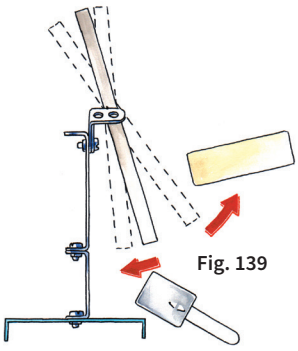


Fig. 139

140. ELEKTRIČNO KLATNO

Pokušaj napraviti električno klatno koje će ti omogućiti veoma poučne eksperimente. Sastoji se od zvona od stiropora (1), pamučne niti (2), vertikalne papirne čaure (3), zgloba (4), i horizontalne papirne čaure (5). Ako ti je sferno jezgro nedostupno, možeš koristiti celofan. Omotaj komad celofana 5 x 3 cm oko olovke, pritisni s prednje strane i pričvrsti ga za pamučni ili najlonski konac. Da napraviš potrebne papirne čaure (90 mm), uzmi list papira iz sveske i preseci ga dužinom na dva jednaka dela (90 x 100 mm). Svaki od komada namaži lepkom pa ga nežno omotaj oko metalne šipke iz seta. Da se čaura ne bi odlepila zaštiti je elastičnom ili lepljivom trakom. Prije nego se lepilo sasvim osuši skini čauru sa šipke i pričvrsti je za plastično postolje šarafom sa duplim navojem. Zglob ćeš napraviti tako što ćeš saviti ekser ili žicu odgovarajuće debljine pod pravim uglom.

Pribor: 2 x 6, 8, 9, 12, papir, celofan ili alu-folija, pamučni konac, metalna žica

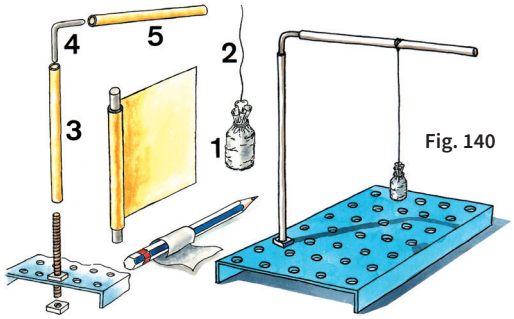


Fig. 140

141. EKSPERIMENT SA ELEKTRIČNIM KLATNOM

1. Naelektrisanu plastičnu pločicu prinesi električnom klatnu. Plastika će privući sferno jezgro samo da bi ga odmah nakon toga odbila; tako da ga nećeš moći uhvatiti plastikom.
2. Dodirni rukom sferno jezgro i prinesi mu naelektrisanu metalnu špahtlu. Ona će privući sferno jezgro samo da bi ga odmah zatim snažno odbila. Koje je objašnjenje za pomenuti fenomen? Plastika je negativno naelektrisana. Upravo iz tog razloga ona privlači sferno jezgro a zatim ga odbija. Metalna špahtla je naelektrisana pozitivno. Kontaktom sa sfernim jezgrom, ono takođe postiže pozitivno naelektrisanje i zbog toga se odbija. Navedene činjenice nas vode ka zaključku da se tela sa istopolnim naelektrisanjem odbijaju.

Pribor: (20), 26, 27

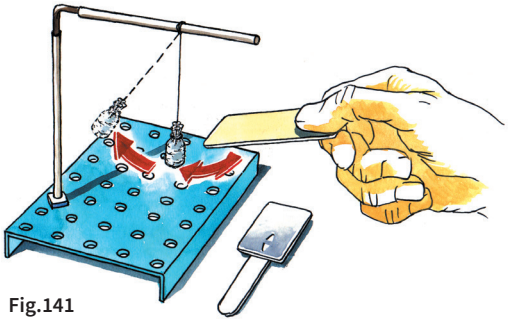


Fig.141

142. NAELEKTRISANA TELA SUPROTNOG POLA SE PRIVLAČE

Ovaj eksperiment zahteva dva klatna. Prvi se montira na plastično postolje, a drugi na aluminijumsko zvono. Drži klatna razdvojena i naelektriši ih suprotnim polovima. Smanjujući razmak između klatna, uočićeš da se sferna jezgra privlače. Ako se ipak dodirnu, punjenje se izjednačava. Ovo nas vodi ka dva zaključka:

1.Suprotnopolna naelektrisanja se privlače.
2.Pozitivna i negativna naelektrisanja jednake jačine se izjednačavaju.

Pribor: (20), 6, 13, 25, 26, 27, papir, alu-folija, konac

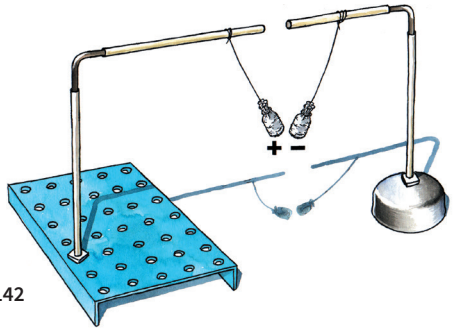


Fig.142

143. LISNI ELEKTROSKOP

Naredni eksperimenti sa statičkim elektricitetom zahtevaju osetljivije instrumente. Stoga, sledeći ove instrukcije, možeš napraviti lisni elektroskop:
1. Upotrebi šaraf i maticu da pričvrstiš držač 60 x 12 mm u centar plastične osnove (9).
2. Zatim, uzmi drugi šaraf i maticu da učvrstiš aluminijumsko zvono na slobodan kraj držača, ali ostavi 10 mm šarafa da viri iz zvona. Tu treba staviti čauru od umotanog celofana 90 mm. Kako se pravi čaura je opisano u eksperimentu br. 20. Gornji deo čaure služi da drži dva nosača od gole bakarne žice 0,3 mm. Nosač je pravougaonog oblika, dužine 10 mm a širine 5 mm, napravljen tako da ne bude fiksiran za čauru. Listići elektroskopa bi trebalo da budu papirići veličine 8 x 70 mm. Pričvršćeni su za nosač kao što se može videti na slici 23 (desno). Strelica pokazuje gde se listići trebaju uglaviti.

Pribor: 5, 2 x 6, 8, 13, 20, 25, 36, papir, alu-folija

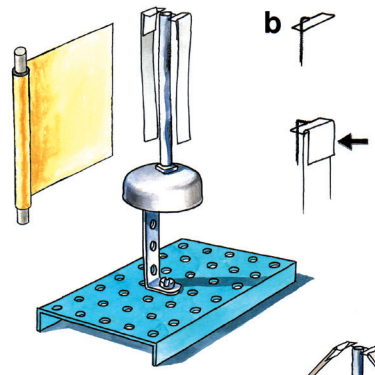


Fig. 143

144. ELEKTRICITET IZ KUTIJE ZA ŠIBICE

Stavi metalnu špahtlu u kutiju od šibica i držeći za plastičnu ručku trljaj o komad plastike. Kada dohvatiš elektroskop prstom, listići se primaknu. Zatim umotaj plastiku u papir, tkaninu, krzno itd , i probaj je naelektrisati trljanjem o komad plastike. Na kraju pokušaj naelektrisati komad stakla trljajući ga o svilu ili vunu.

Pribor: (23), 26, 27, kutija od šibica

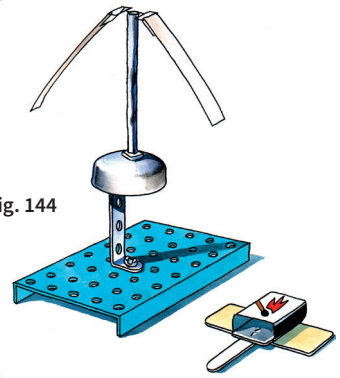


Fig. 144

145. KAPACITET

Jedan kraj ručke metalne špahtle omotaj celofanom i dobićeš dve metalne špahtle: veliku i malu na istoj izolovanoj ručki (slika 25). Dalje sledi uputstva iz eksperimenta br. 16 da bi naelektrisao elektroskop do potpune defleksije. Kada dohvatiš naelektrisani elektroskop malom metalnom špahtlom sa celofanom, ugao između elektroskopskih listića će se smanjiti. Zatim uzmi istu metalnu špahtlu i dodiruj naizmenično svoje telo i elektroskop sve dok se listići skoro sasvim ne sastave. Kasnije dopuni elektroskop i ponovi ovaj eksperiment koristeći veliku metalnu špahtlu. Koja metalna špahtla ima veći kapacitet?

Pribor: (23), 26, 27, alu-folija

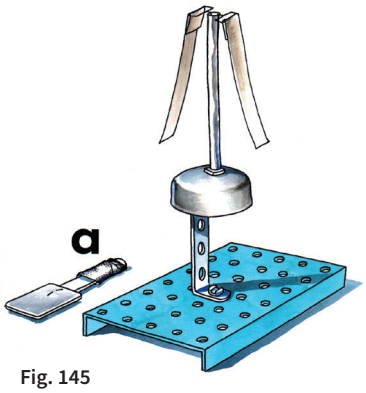


Fig. 145

146. JONIZACIJA VAZDUHA

1. Naelektriši elektroskop do potpune defleksije oba listića i uoči vreme koje oni budu u refleksiji. Po suvom vremenu, naročito zimi, listići ostaju u razmaknuti po nekoliko sati, što nam dokazuje da je vreme dobar izolator. Po vlažnom vremenu, međutim, listići se ubrzo vrate u prvobitni položaj.
2. Dopuni elektroskop i pažljivo (tako da se listići ne zapale) prinesi zapaljenu šibicu. Momentalno se listići primiču. Ovo je rezultat činjenice da se pod uticajem toplote molekuli vazduha kreću takvom brzinom koja je recipročna jonizaciji; drugim rečima, molekuli se pune ili prazne statičkim elektricitetom pomoću elektrona. Vazduh podleže jonizaciji ali je takav, jonizovan vazduh loš izolator. Zbog toga se često munja pretvori u vatru.

Pribor: (23), 26, 27, šibice

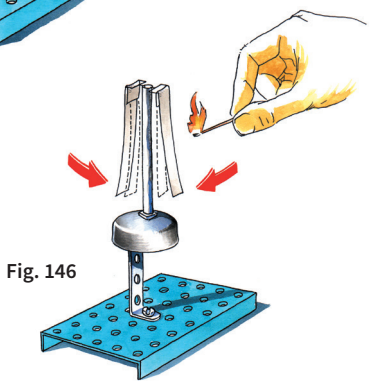


Fig. 146

147. ELEKTROSTATIČKO POLJE

Izreži komad kartona srednje debljine iste veličine kao što je komad plastike iz tvog seta. Stavi ga na kraj stola i pokrij ga komadom plastike. Ako komad plastike trljaš papirom ili suvom rukom i onda ga podigneš, šta uočavaš? Podižući komad plastike, podižeš i karton, premda je on prilično teži. Zahvaljujući trljanju komad plastike je stekao negativno punjenje, dok je karton, pod uticajem negativnog punjenja, postao pozitivno naelektrisan. U principu, pozitivno i negativno naelektrisanje se privlače. Jačina privlačenja može biti prilična i oseti se tek kada se dva komada razdvajaju (slika 27). Polje između oba komada je poznato kao elektrostatičko polje.

Pribor: 26, komad kartona

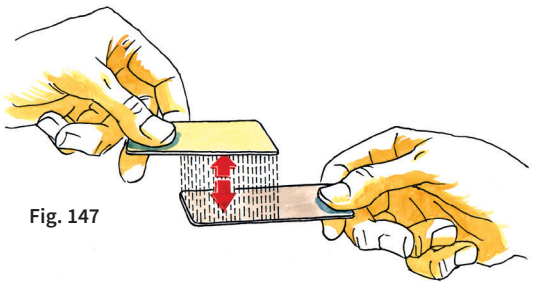


Fig. 147

148. ELEKTRIČNA MREŽA SILE

Stavi komad kartona na kraj stola tako što je pod kartonom podugačak komad konca. Komad kartona pokrij plastikom i protrljaj je rukom ili papirom. Jednom rukom zadrži karton na stolu a drugom podigni plastiku na visinu 6-8 mm iznad. Uočićeš određeni otpor. Osim toga, krajevi konca se podižu za plastikom. To je zbog činjenice da se elektrostatičko polje između dva predmeta sastoji iz nevidljive mreže sile, čiji pravac pokazuju niti konca koje su se podigle.

Pribor: 26, komad kartona, konac

Fig. 148

149. KONDENZATOR

Postavi naelektrisani komad plastike na ivicu stola i iznad njega stavi elektroskop. Listići elektroskopa se ne miču iako je plastika naelektrisana. Zašto? Plastika je negativno naelektrisana. Kao posledica, u odnosu sa plastikom sto je postao pozitivno naelektrisan. Podižući plastiku zajedno sa elektroskopom za 8-9 cm u visinu iznad stola, njegovo pozitivno naelektrisanje slabi, negativno punjenje plastike preovladava, zbog toga se listići elektroskopa šire. Pozitivno punjenje stola i negativno punjenje plastike predstavljaju kondenzator. Princip kondenzatora je takođe spomenut u eksperimentima br. 27 i 28.

Pribor: (23), 26, 27

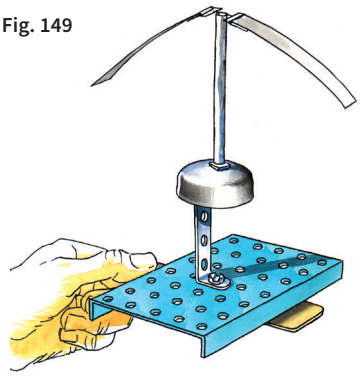


Fig. 149

150. OTKRIVANJE POLARITETA BRIFEROM

Dodirni negativno naelektrisan listić elektroskopa briferom. Listići se primiču i jedna od elektroda na briferu se pali. Kada je elektroskop pozitivno naelektrisan, druga elektroda na briferu se pali. Briferi se koriste za ispitivanje voltaže u mrežnom napajanju. U slučaju kada je brifer povezan sa mrežnim napajanjem, obe elektrode se pale zbog naizmenične struje. Napomena: eksperiment izvoditi u mračnoj prostoriji.

Pribor: (23), 26, 27, brifer (nije uključen)

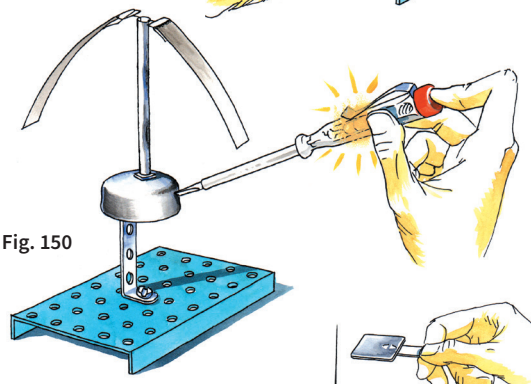


Fig. 150

151. EFEKAT IGLE

Pričvrsti iglu za elektroskop, i bez dodirivanja, prinesi mu metalnu špahtlu pozitivno naelektrisanu. Listići elektroskopa će se, iako ga nisi dodirnuo, deflektovati. Zatim skloni metalnu špahtlu a prinesi iglu (bez dodirivanja) vrhom druge igle koju držiš u ruci. Elektroskop se postepeno prazni, samo ako nema kontakta između vrhova dve igle. Očigledno ju da elektroni prolaze iz jednog tela u drugo preko vrha igle.

Uopšteno, ovakve igle mogu rešiti različite probleme u tehnici. Koriste se u fabrikama papira da uzemlje statički elektricitet koji se stvara zbog trenja papira i uzrokuje slepljivanje listova papira. Nadalje se koriste da se sa aviona ukloni statički elektricitet koji raste trenjem o vazdušne struje, kao i sa remenja; a još služe kao gromobran.

Pribor: (23), 26, 27, igla

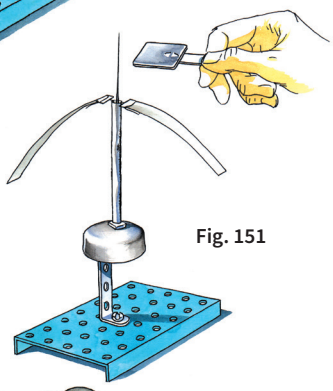


Fig. 151

152. GROMOBRAN

Gromobran se sastoji iz metalne šipke sa šiljkom na vrhu. Tu je i debela bakarna žica ili traka od pocinkovanog lima od vrha do zemlje, gde se veže za veću metalnu mrežu. Kada se oblak nabijen statičkim elektricitetom približi zgradi/objektu, ona se zbog indukcije, takođe puni elektricitetom. Ako je oblak pozitivno naelektrisan, objekat je negativan, i obrnuto. Ovo je veoma jako električno polje (kondenzator) između objekta i oblaka. Zahvaljujući vrhu gromobrana elektroni prolaze iz oblaka u munju i obrnuto. Zbog toga se elektricitet izjednačava i opasnost od groma je izbegnuta. Ako grom ipak udari, udariće u gromobran a ne u objekat. Zbog toga su veliki objekti/zgrade opremljeni.

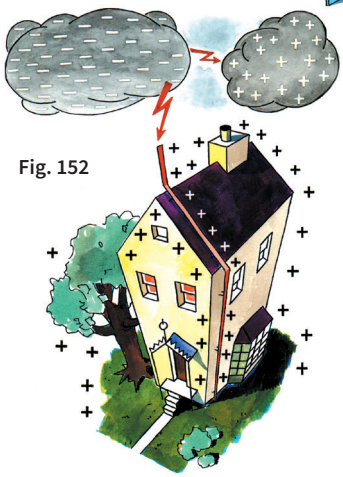


Fig. 152

153. FARADEJEV KAVEZ

Jedna antička priča govori o kralju neke daleke zemlje kome su vile na rođenju kćerke predskazale da će ona umreti na svoj šesnaesti rođendan. Kako se taj dan primicao, kralj je napravio i zaštitio dvorac na koji se jedino moglo doći preko pokretnog mosta. Sve do svog šesnaestog rođendana, princeza je u dvorcu živela sa svojim slugama. Pa ipak, na njen 16. rođendan nebo se iznenada zamračilo i počelo je grmiti i sevati. Grom je pogodio dvorac uz strašnu buku i ubio princezu. To se desilo nekada davno.

Ali da li je moguće danas zaštititi zgrade od groma? Da. Mogu biti zaštićene ili gromobranom ili tzv. Faradejevim kavezom, koji je čak pouzdaniji. Naredni eksperiment će nam objasniti kako radi.

Stavi manju limenu konzervu (staru limenku ili aluminijumsku šoljicu) na plastično postolje i zalepi par papirnih trakica (na slici 33 su pokazana samo dva) sa unutrašnje i vanjske strane zida konzerve. Zatim dodirni posudu (kavez) naelektrisanom metalnom špahtlom. Spoljašnje papirne trakice će se uviti, dok se unutrašnje neće pomeriti. Čak i ako se posuda iznova naelektriše, ostaje neutralna. Isto će se dogoditi ako se posuda probuši na nekoliko mesta, ili ako se umesto konzerve koristi žičana korpica. Ako se ista žičana mreža koristi u oblaganju zgrade, onda će zgrada biti zaštićena od groma. Faradejev kavez se posebno koristi za zaštitu magacina municije.

Pribor: 8, 26, 27, metalna posuda, papir

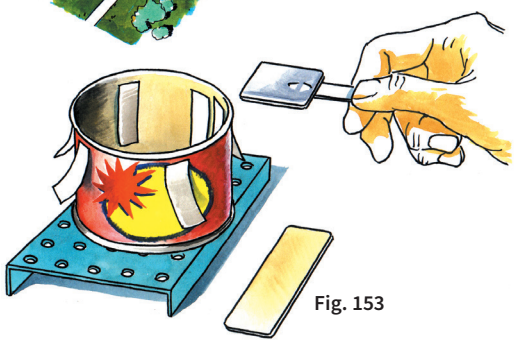


Fig. 153

154. NEKOLIKO DODATNIH EKSPERIMENATA

Žiletom preseci nekoliko kuglica starijeg jezgra, stavi ih na sto i primakni im naelektrisanu špahtlu. Kuglice će živahno skočiti sa stola. Umesto kuglica iz jezgra, možeš koristiti male papirne rolne.

Pribor: 26, 27, papir, kuglice starijeg jezgra ili izmrvljen stiropor (nije uključen)

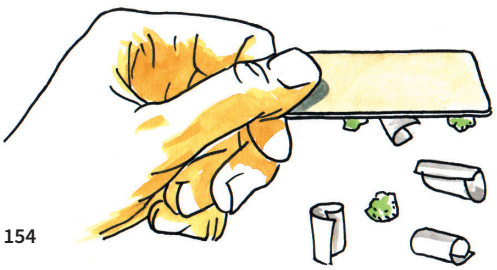


Fig. 154

155. MOLEKULI, ATOMI, ELEKTRONI

Cela priroda se sastoji iz molekula i atoma. Atom je najmanja jedinica nekog elementa. Do sada nauka poznaje 118 elemenata od kojih su 92 neutralna. Ostale je stvorio čovek. Premda atomi pojedinačnih elemenata mnogo variraju, imaju neke zajedničke osobine u smislu strukture i veličine. Svaki se atom sastoji iz krupnog i teškog jezgra, koji je okružen neprestanim kretanjem većeg ili manjeg broja laganih elektrona. Najjednostavniji je atom hidrogena (slika 35 levo). Sastoji se iz malog nukleusa, oko kojeg kruži jedan elektron (e), kao što Mesec kruži oko Zemlje. Drugi je helijum (slika 35 u sredini). Atom helijuma se sastoji iz većeg nukleusa, oko kojeg kruže dva elektrona. Nukleus litijuma je okružen sa 3 elektrona, nukleus metala sa 26, zlata sa 79, olovo sa 82, i nukleus uranijuma sa 92 elektrona sa različitim međurazmacima. U atomima elektroni su usmereni na nukleus potpuno isto kao išto je Mesec usmeren ka Zemlji, a Zemlja ka Suncu. U pojedinim telima atom može izgubiti neke elektrone. Zbog gubljenja elektrona, tela postaju pozitivno naelektrisana, dok su ona tela, u kojima atomi dobijaju nove elektrone, negativno naelektrisana.

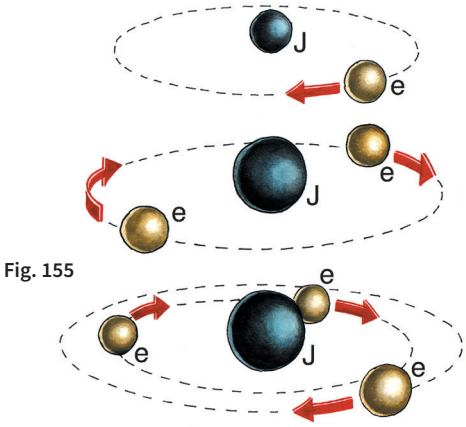


Fig. 155

MAGNETIZAM

156. TAJNE MAGNETIZMA

Set sadrži dve masivne cilindrične šipke od kojih jedna završava navojem. Bez dodavanja bilo kojeg drugog predmeta, ovaj eksperiment će pokazati: 1. Koji je od dva predmeta magnet a koji samo metal.
2. Da li magnet privlači metal i obrnuto.
Eksperiment se može uraditi na sledeći način: jedan od dva predmeta stavi na sto i, dodirujući ga drugim predmetom negde na sredini, pokušaj podići prvi, kao što je prikazano na slici 36a i b. Ako uspeš podići onaj koji leži na stolu, onaj drugi u tvojoj ruci je magnet. Ako, naprotiv, onaj koji leži na stolu tamo i ostane, onda je on magnet. Kasnije ćemo objasniti zašto je tako.
Eksperimenti pokazuju da ne samo magnet privlači metal, nego isto tako i metal privlači magnet. Dakle, oni se recipročno privlače.
Pribor: 10, 16

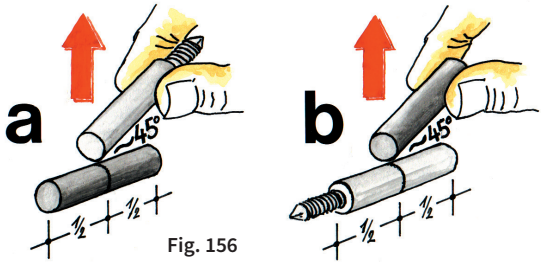


Fig. 156

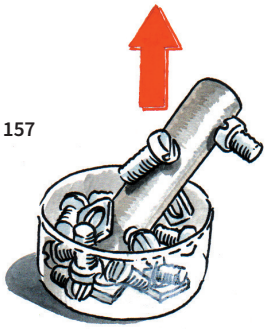


Fig. 157

157. MAGNET

Stari Grci su pronašli jednu rudu u blizini grada Magnezija u Maloj Aziji koji je imao moć da privlači komadiće metala. Legenda isto tako kaže da je komadiće te rude privlačila pastirska vabilica sa metalnim vrhom. Ova je ruda nazvana magnetit a sila privlačenja magnetizam. Kako će se kasnije i pokazati, ovakav prirodni magnet će služiti u pravljenju veštačkog magneta. Ovaj set sadrži veštački magnet, iako nije napravljen od magnetita nego od električne energije. Koristeći ovaj magnet, sve šrafove i matice iz seta, kao i mnoge druge metalne predmete, možeš podići.
Pribor: 5, 6, 10

158. DA LI MAGNET PRIVLAČI SAMO METALNE PREDMETE?

Poređaj različite metalne predmete iz seta po stolu i pokušaj ih podići uz pomoć magneta. Koje predmete možeš podići? Moguće je podići sve predmete od metala, npr. šrafove, matice, eksere, lisnate komadiće metala, dok predmeti od cinka, bakra ili olova neće biti privučeni magnetom. Privlačna snaga magneta je najveća u slučaju tzv. magnetske legure, kao što su AlNi i AlNiCo. Magnet iz seta je napravljen od legure AlNiCo (aluminijum, nikl, kobalt).
Pribor: 5, 6, 10, 23, 24, kovinski predmeti

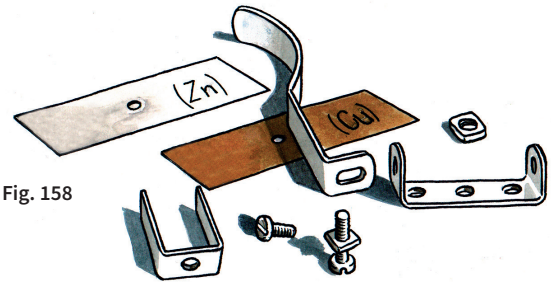


Fig. 158

159. MAGNET IMA DVA POLA

Pospi list papira sitnim komadićima metala, uroni magnet u njega i zatim ga odmah izvadi. Komadići će se uhvatiti za magnet, ali se ipak neće jednako rasporediti po celoj dužini. Krajevi, na kojima je magnetna privlačnost najjača, se zovu polovi. Svaki magnet ima dva pola. Ako je namagnetisanost tu najjača, na sredini magneta ona iznosi nula. Možeš li sada da rešiš zagonetku iz eksperimenta br. 36?
Pribor: 3, 10, komad papira

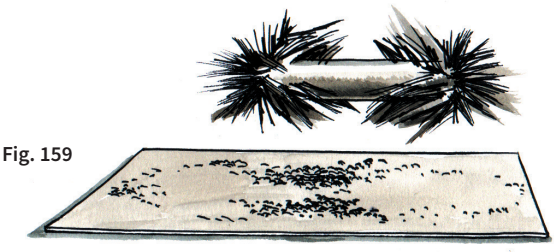


Fig. 159

160. MAGNETNO POLJE

Stavi magnet ispod plastične osnove pokrivene komadom kartona 9,5 x 7cm. Zatim, pospi komadiće metala po kartonu i lagano ga potapkaj olovkom. Komadići će obrazovati linije koje se šire iz jednog pola u svim pravcima i koji formiraju manje ili veće krivine prema drugom polu. Ti komadići će se skupljati duž nevidljive linije sile.
1. Ponovi eksperiment tako što karton podižeš 2-3 cm. Sada se takođe komadići metala skupljaju dužinom magnetnih linija sile.
2. Ponovi eksperiment, ali magnet postavi vertikalno. U ovom slučaju će komadići metala postići pravilan oblik.
Zaključak. Područje oko magneta pokriveno je magnetnim linijama sile. Oni obrazuju magnetno polje koje je najjače oko oba pola.
Pribor: 3, 8, 10, karton

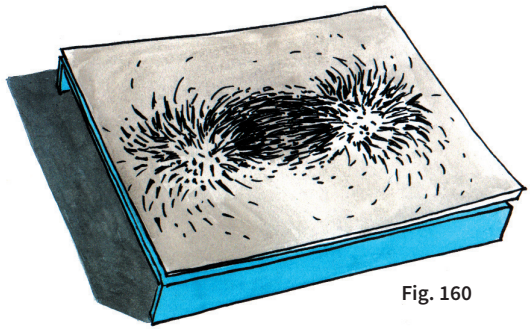


Fig. 160

161. MAGNETNO POLJE IZMEĐU RAZLIČITIH POLOVA

Stavi magnet na sto i na svaki kraj mu dodaj stator laminations kao što je prikazano na slici 41. Pokrij ga kartonom, pospi komadićima metala i lagano utapkaj. Komadići metala se raspoređuju duž magnetnih linija sile, što je pokazao prethodni eksperiment, kao i između dva komada stator laminations. Ovo drugo je posebno važno da bismo shvatili generator i elektromotor.

Pribor: 3, 10, 15, karton

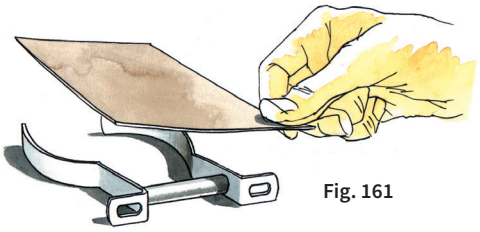


Fig. 161

162. MAGNETNO POLJE IZMEĐU JEDNAKIH POLOVA

Kao na slici 42, postavi magnet na sto i dodaj mu dva stator laminations, oba da dodiruju isti magnetni pol. Pokrij ga kartonom i po njemu pospi komadiće metala. Zapažanje: u ovom eksperimentu nas ne interesuju komadići metala tik uz magnet nego oni između dva stator laminations. Ovde su komadići metala ostali potpuno zbrkani, obzirom da u magnetnom polju ne postoje magnetne linije sile. S druge strane, izvan polja koje okružuju dva stator laminations, magnetne linije sile formiraju vrlo guste lukove, šireći se iz stator laminations ka suprotnom magnetnom polu. Iz ovih eksperimenata može se zaključiti da magnetni polovi nisu ni slični. Ovo će se, takođe, dokazati u narednim eksperimentima.

Pribor: 3, 10, 15, karton

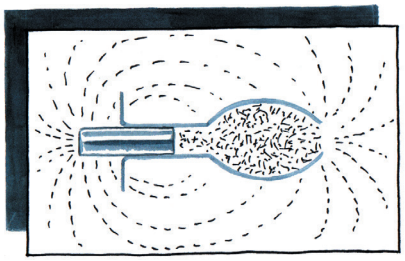


Fig. 162

163. SEVERNI I JUŽNI MAGNETNI POL

Koristeći ravnu pamučnu traku horizontalno poveži magnet iz seta komadom papira. U ovu svrhu se može koristiti stalak iz eksperimenta br. 20. Kada magnet nakon nekog vremena miruje, jedan od njegovih krajeva će pokazati Sever, a drugi Jug. Magnet ima dva pola, severni i južni pol. Obeleži severni pol komadićem papira ili bojom. Ovaj pol pokazuje u pravcu Severnog pola na Zemlji.

Pribor: (20), 10, papir, konac

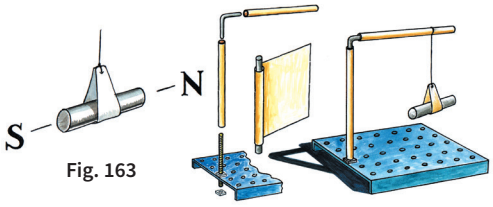


Fig. 163

164. MAGNETIZAM ČELIKA I METALA

1. Nekoliko puta iznad metalne igle za pletenje ili veće šivaće igle zamahni jednim polom na magnetu, kao što je pokazano na slici 44, uvek u istom pravcu. Zatim, uroni jedan kraj igle u komadiće metala: igla će ih privući jer je namagnetisana. Eksperiment pokazuje da i igla ima dva pola. Kada je povežemo koncem, igla će zauzeti takav položaj u kojem će jedan kraj pokazivati sever, a drugi jug.
2. Primeni isti metod da naelektrišeš metalnu šipku iz seta. Šipka će privući samo mali broj komadića metala što znači da nije jako namagnetisana. Namagnetisanost će uskoro nestati. Čelik može biti trajno namagnetisan dok metala ostaje namagnetisano samo privremeno.

Pribor: 3, 9, 10, metalna igla za pletenje

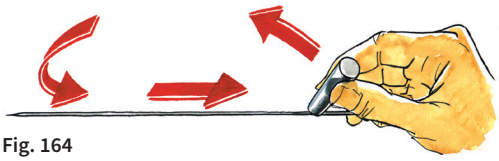


Fig. 164

165. VELIKA TOPLOTA UNIŠTAVA MAGNETIZAM

Nekoliko sekundi drži namagnetisanu metalnu iglu za pletenje nad plamenom sveće, a zatim proveri njenu magnetnu jačinu. Igla više nije magnet

Pribor: 3, 10, sveća, metalna igla za pletenje

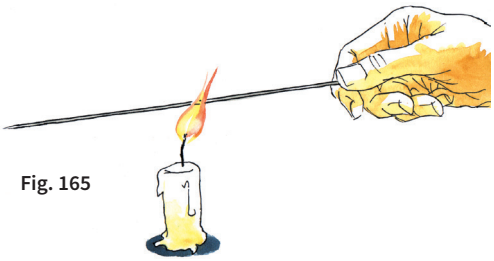


Fig. 165

166. SAVIJANJE MAGNETA

Savij namagnetisanu metalnu pletaću iglu u različitim pravcima, ponovi eksperiment nekoliko puta pa proveri magnetizam igle. Otkrićeš da je prilikom savijanja igla izgubila magnetizam. Na sličan način će se pojaviti demagnetizacija uslovljena bacanjem ili udaranjem igle.

Pribor: 3, 10, metalna igla za pletenje

Fig. 166

167. MAGNETISANJE PEROREZA

Zamahni magnetom preko oštrice peroreza nekoliko puta, kao što je pokazano na slici 47. Zatim oštricu stavi u blizinu šrafa ili komadića metala i videćeš da je perorez postao namagnetisan. Kojim magnetnim polom smo naelektrisali perorez i koji pol je na vrhu oštrice? Može li namagnetisani perorez poslužiti kao kompas?

Pribor: 3, 5, 10, perorez

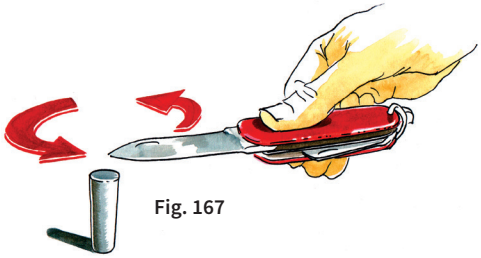


Fig. 167

168. JAČINA MAGNETA

Do sada smo spomenuli nekoliko magneta. Koji je od njih najjači i šta je njihova snaga? Bez sumnje, AlNiCo magnet iz seta je najjači. Kako se može ispitati jačina magneta?
a.) Uz magnet će ti trebati i armatura kao i kartonska čaša, napravljeni prema slici 48 i povezani tankom niti za armaturu. Uz pomoć magneta podigni armaturu i čašu zatim, puni čašu različitim artiklima iz seta sve dok je magnet dovoljno jak da privlači opterećenu armaturu. Zapamti maksimalno opterećenje koje je magnet podigao. Čaša može biti opterećena na različite načine što će ti omogućiti da preciznije odrediš sposobnost magneta da podiže teret.
b.) Kao na slici 48 kombinuj magnet sa čaurom iz seta i optereti ih armaturom i kartonskom čašom, kao i u prethodnom eksperimentu. Koja je sada snaga magneta? Iako je magnet isti, snaga je veća. Sada su uključena oba magnetna pola dok je u prethodnom eksperimentu bio samo jedan.
Pribor: 10, 17, 18, karton, konac, radni artikli

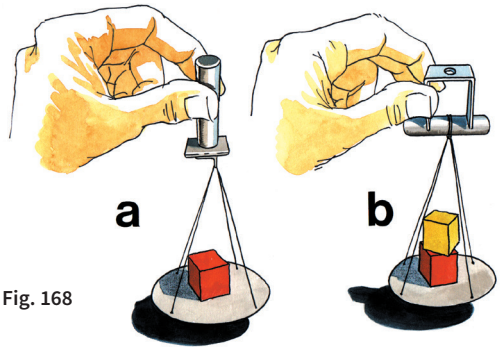


Fig. 168

169. IGLA KOMPASA

Kompas, koji se nalazi u setu, sadrži namagnetisanu iglu. Kako ga ne možeš izvaditi iz kompasa, bolje sebi napravi drugu na sledeći način: Kombinuj dve dugačke šivaće igle tako što ćeš tankim koncem spojiti njihove ušice. Zatim, novonastalu iglu namagnetiši trljanjem jednog dela o magnetski severni pol, a drugog o magnetski južni pol; ponovi ovo pet ili više puta kretanjem uvek u istom smeru. Na ovaj način ćeš namagnetisati obe prvobitne igle i funkcionisaće zajedno kao igla na kompasu. Ako je dugačkim koncem, 12-20 cm, povežeš horizontalno i sačekaš da se smiri, videćeš da jedna pokazuje sever, a druga jug.
Pribor: 10, dve šivaće igle, konac, papir

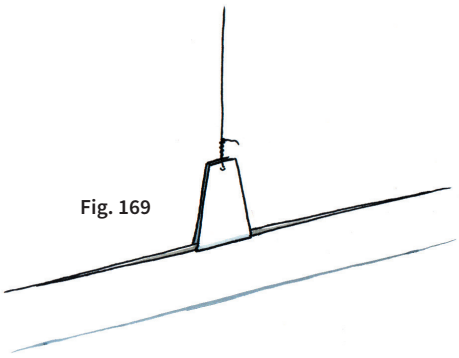


Fig. 169

170. JAČINA MAGNETNOG POLJA

Magnetnu iglu okači o stalak i sačekaj da se umiri. Na udaljenosti 10 cm od igle približi magnet sa severnim polom magnet. Da li se igla pomerila? Sačekajte da se igla smiri, a onda brzo okrenite magnet, ako se usled velike udaljenosti od magneta igla ne pomera uradite isti eksperiment na udaljenosti od 8-9 cm. Magnetno polje je veoma jako iako je magnet mali. Eksperimenti su pokazali jačina magnetnog polja opada sa povećavanjem udaljenosti od magneta. Najjače polje je u blizini magneta.
Pribor: (20), (49), 10

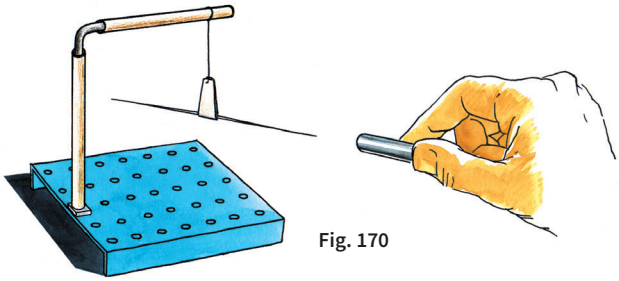


Fig. 170

171. KOMPAS

U setu se nalazi kompas ali malo drugačiji od uobičajenog; ima jedan element viška. Obični kompas sadrži iglu kompasa sa plavim krajem, koji uvek pokazuje sever i crvenim, koji pokazuje jug. Iglu kompasa drži čelična osovina i igla se slobodno kreće dok je kompas u horizontalnom položaju. Na dnu kompasa je karta, koja pokazuje osnovne tačke. Međunarodni znaci za osnovne tačke su velika slova koja označavaju engleske reči:
S - jug (South)
N - sever (North)
E - istok (East)
W - zapad (West)
Uz sve ove elemente, kompas sadrži i žutu iglu, koja pokazuje kada se kompas koristi kao galvanoskop. Da bi bolje shvatio, u narednim eksperimentima ćemo koristiti kompas samo sa plavom i crvenom iglom.
Pribor: 34

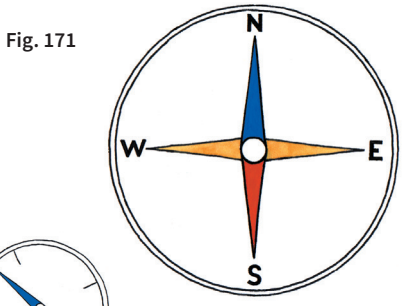


Fig. 171

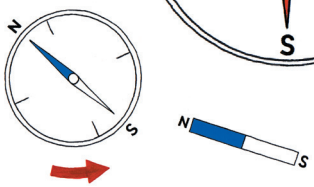
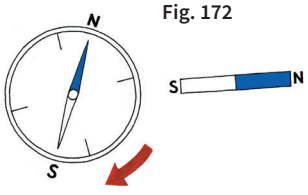


Fig. 172



172. RECIPROČNI UTICAJ MAGNETNIH POLOVA

1. Severni pol magneta prinesi južnom polu kompasa.
2. Severni pol magneta prinesi severnom polu kompasa.
3. Ponovi eksperiment sa južnim polom magneta.

Ovi jednostavni eksperimenti pokazuju jedan od osnovnih zakona magnetizma: jednaki polovi se odbijaju a različiti polovi se privlače.
Pribor: 10, 34

173. KOMPAS U MAGNETNOM POLJU

Postavi magnet na veći list papira za crtanje i kompasom dokaži proširenje magnetnog polja. Stavi kompas na barem 30 različitih tačaka oko magneta i zabeleži smer igle malim strelicama koje pokazuju upravo onaj pravac koji pokazuje igla. Ako pažljivo pogledaš te strelice videćeš da igla kompasa u magnetnom polju uvek pokazuje pravac magnetnih linija sile.
Pribor: 10, 34, papir

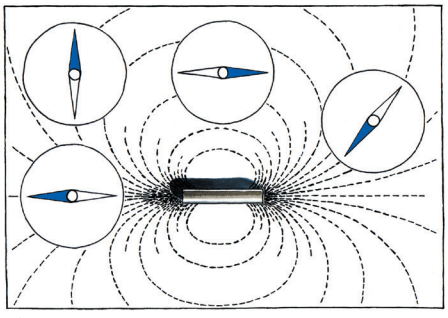


Fig. 173

174. ZEMLJA JE MAGNET

Slika 54 pokazuje Zemlju sa svojim magnetnim linijama sile. Prava linija sever (N) - jug (S) predstavlja geografsku osu Zemlje. Činjenica da Zemlja vrši određen uticaj na iglu kompasa nas vodi ka zaključku da je Zemlja, i sama, jedan veliki magnet čiji je južni magnetni pol smešten u blizini geografskog Severnog Pola, i obrnuto, njen magnetni Severni u blizini geografskog Južnog Pola. Magnetno polje se prostire preko cele Zemlje. Unutar ovog magnetnog polja igla kompasa se uvek ravna u pravcu magnetnih linija sile, od severa ka jugu.

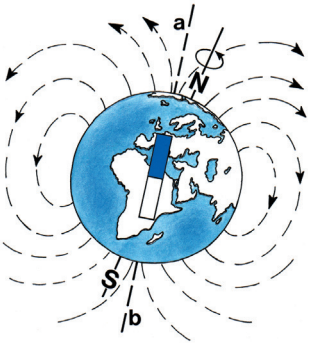


Fig. 174

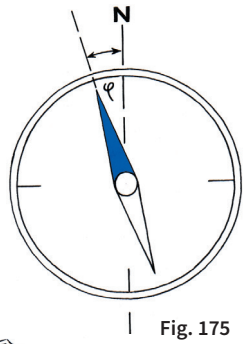


Fig. 175

175. MAGNETNO ODSTUPANJE

Igla kompasa nikada ne pokazuje tačno prema Severu, nego pokazuje određeno odstupanje. Ovaj fenomen se zove magnetno odstupanje. Tokom godina, veliki broj mernih instrumenata je dokazao da je magnetno odstupanje različito u raznim delovima sveta i da čak na istom mestu nije uvek isto. Kako je kompas izuzetno važan u saobraćaju, podaci o magnetnom odstupanju na posebnim mestima bi trebali biti poznati. Informacije ove vrste se mogu naći na magnetnim kartama.

Pribor: 34

Fig. 176

176. ORENTISANJE POMOĆU KARTE

Stavi kartu Evrope na sto. Stavi kompas na njen rub i okreći kartu dok njene ivice ne budu paralelne sa iglom na kompasu. U ovoj poziciji karta je poravnata sa severom. Zatim potraži mesto i pokaži pravac u odnosu na neki evropski grad. Radi veoma precizne orijentacije, treba uzeti u obzir i magnetno odstupanje. To je ugao između geografskog i magnetnog meridijana. U Centralnoj Evropi ono iznosi oko 4 stepena ka zapadu.

Pribor: 34, karta Evrope

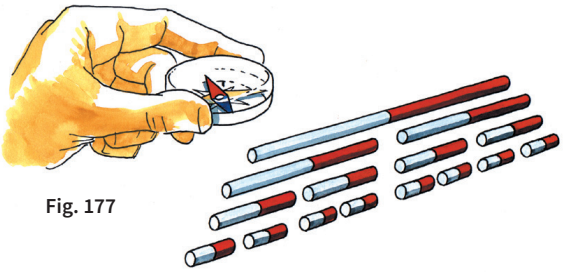


Fig. 177

177. PUCANJE MAGNETA

Namagnetiši metalnu iglu za pletenje. Koristeći se kompasom možeš dokazati da ona ima i severni i južni pol. Slomi iglu na dva dela. Svaka će se polovina pokazati kao savršen magnet sa svojim severnim i južnim polom. Ako nastaviš da ih lomiš na pola, videćeš da koliko god mali bili komadi magneta, oni ostaju savršeni magneti.

Pribor: 10, 34, metalna igla za pletenje

178. MALI MAGNETI IMAJU UTICAJ

Protresi kutiju sa punjenjem od komadića metala. Zatim postavi kompas na tu kutiju. Čim se igla kompasa smiri pokazujući pravac sever-jug, polako okreni kutiju sa metalnim punjenjem zajedno sa kompasom (slika 58 levo). Igla kompasa neće promeniti pravac. Zatim, ponovi ovaj eksperiment tako da staviš magnet na kutiju sa punjenjem. Nakon što je baciš ili promućkaš njen sadržaj (slika 58 sredina), skloni magnet i zameni ga kompasom. Igla kompasa će se ubrzo umiriti. Kada se kutija sa punjenjem okrene zajedno sa kompasom, i igla kompasa će se okrenuti. Zašto?

Pribor: 3, 10, 34

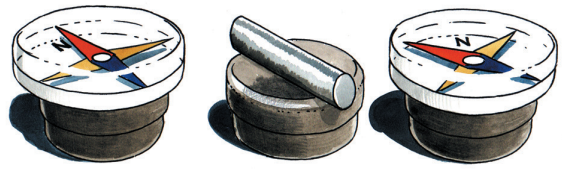


Fig. 178

179. MAGNETNA INDUKCIJA

Umoči bilo koji komad metala iz seta u komadiće metala i videćeš da nijedan nije namagnetisan. Ipak, svaki od njih će se namagnetisati ako im samo primakneš magnet (slika 59). Čim magnet skloniš, metal gubi svoju namagnetisanost. Kada uzrokuješ nastajanje magneta na ovaj način, dovodeći predmet u magnetno polje, onda se to zove magnetna indukcija.

Pribor: 3, 10, 15

Fig.179

180. REZIDUALNI (PREOSTALI) MAGNETIZAM

Uroni metalnu šipku koju držiš pomoću magneta u kutiju sa šarafima i maticama. Metalna šipka će privući mnogo šrafova i matica, što nam pokazuje da je postala namagnetisana. Zatim podigni magnet zajedno sa šipkom, šrafovima i maticama koje su se za nju zakačile, uzmi šipku u ruku i skini magnet. Većina predmeta koji su prethodno bili privučeni će spasti, što pokazuje smanjeni/redukovani magnetizam na šipki. Ipak, ćeš videti da neki šrafovi i matice i dalje stoje zakačeni na šipku, jer magnetizam nije nestao sasvim. Opisani fenomen je poznat kao rezervni/preostali magnetizam, čije je poznavanje veoma važno za pravljenje DC generatora.

Pribor: 5, 6, 10, 16

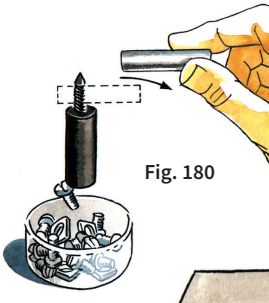


Fig. 180

181. EFEKAT MAGNETA KROZ RAZLIČITE SUPSTANCE

Slika 61 pokazuje eksperiment u kojem je magnet odvojen od metalne matice komadom kartona. Uprkos kartonu, maticu privlači magnet. Štaviše, pomerajući magnet i matica se pomera. Probaj isti eksperiment sa plastičnim ili drvenim lenjirom na koji si stavio matici. Slični eksperimenti dokazuju da magnetno polje deluje kroz staklo, bakar, aluminijum, drvo kao i kroz mnoge druge materije izuzev metala.

Pribor: 6, 10, karton, drveni lenjir

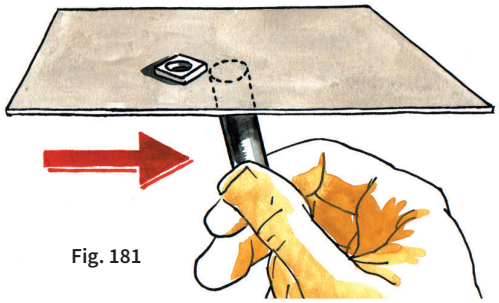


Fig. 181

182. BLOKIRANI MAGNET

Da bi predstavio ovaj fenomen, magnet iz seta stavi u metalnu kutijicu, koja se nekada koristila za slatkiše ili nešto slično. Kako joj prinosiš kompas vidiš da je, zahvaljujući kutijici, magnetno polje znatno oslabilo. Što su zidovi kutijice deblji, magnetno polje je sasvim zaustavljeno. Ovo dokazuje da metalni štit može sprečiti prodiranje magnetnog uticaja, kao i uticaj spoljašnjih magneta u zaštićenom prostoru.

Pribor: 10, 34, metalna kutijica

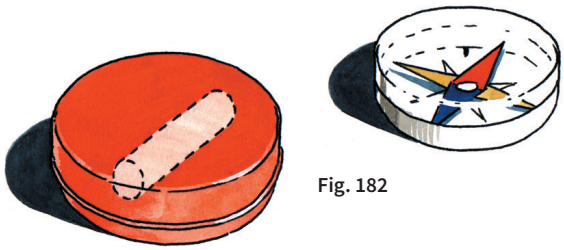


Fig. 182

183. PAR POKRETLJIVIH IGALA KOMPASA

U tehnologiji se često koriste igle kompasa koje su oslobođene bilo kakvog uticaj Zemljinog magnetizma. Poznate su kao pokretljive/astatične igle i mogu se napraviti na sledeći način. Namagnetiši dve duge šivaće igle tako da obe zadnje strane igle imaju isti pol. Zabodi ih u dugačku papirnu rolnu ali tako da na svakoj strani budu dva različita pola (slika 63). Ako, dalje, ovakav par astatičnih igala povežeš tankim neupredenim koncem, one se neće poravnati u pravcu sever-jug. Astatične igle se koriste pri konstruisanju finih galvanoskopa i galvanometara.

Pribor: 10, 2 šivaće igle, papir, konac

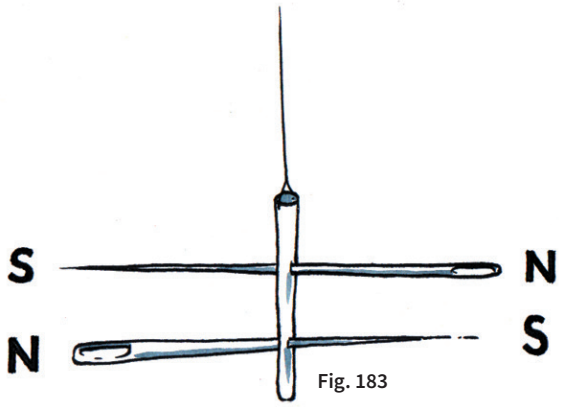


Fig. 183

184. MAGNETNA KOČNICA

Uzmi stalak iz eksperimenta br. 20 i, kako je prikazano na slika 64, poveži sa aluminijumskim zvonom, sa njegovom šupljom stranom nadole. Zvono bi trebalo biti povezano na tačno onoj visini koja pruža dovoljno prostora da se ispod njega stavi magnet. Eksperiment ima dva koraka:

1. Prvo, skloni magnet, obeleži zvono sa strane crticom i uvrni ga (rotirajući) tri puta, pusti ga da se slobodno odmota i izbroj koliko puta se okrene dok se ne umiri u svom prvobitnom položaju.
2. Čim se zvono sasvim umiri, postavi magnet ispod i uvrni ga kao i pre. Dok brojiš, videćeš da da zvono pravi manje okreta i da se odmotava sporije nego u prvom eksperimentu. Koji je razlog za to?

Znaš da magnet nikada ne privlači aluminijum, pa ipak ovaj eksperiment je pokazao da se on može ponašati kao kočnica. Kada se aluminijumsko zvono okrene, magnetne linije sile stvaraju određenu struju u aluminijumu. Magnetno polje sprečava njegovo električno polje, što rezultira efektom kočnice.

Pribor: (20), 10, 13, konac, karton

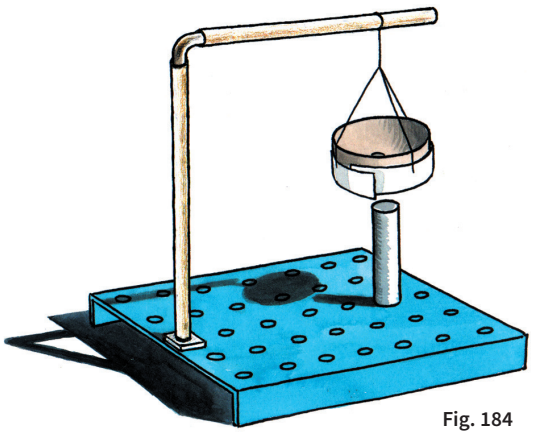


Fig. 184

185. BRODSKI KOMPAS

Brodski kompas je malo drugačiji od običnog. Pokušaj i sam napraviti model brodskog kompasa. Izreži disk prečnika 10 cm od tankog kartona i nacrtaj disk kompasa sličan jednom od naših kompasa. Zatim nacrtaj skalu od 360 stepeni unutar diska, počevši od oznake N. Igla kompasa iz eksperimenta br. 49 treba da se pričvrsti za kartu kompasa pomoću dve papirne trakice; svojim severnim polom igla treba da pokriva oznaku N na karti kompasa. Ovaj kompas sada poveži neupredenim koncem sa stalka iz eksperimenta br. 20. U ovom slučaju se neće okretati samo igla kompasa, nego i celi kompas. Nakon nekog vremena igla će se umiriti i pokazivaće pravac sever-jug. Onda položi knjigu sa papirnom trakicom na kojoj je iscrtana vertikalna linija ispod kompasa; knjiga predstavlja brod. Ako kapetan sada naredi: „ Brod 8 stepeni zapadno“, kormilar će okrenuti kormilo i celi brod će se okrenuti, a vertikalna linija će se podudariti sa 8 stepeni istočno od igle na kompasu koja i dalje pokazuje sever. Da bismo izbegli greške uslovljene ljuljanjem broda, brodski kompas se povezuje duplom vezom tzv. kardanom.

Pribor: (20), (49), papir, karton, konac, knjiga

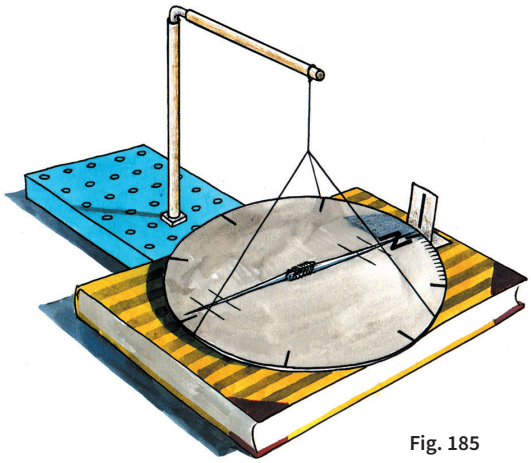


Fig. 185

186. MAGNETNA DEVIJACIJA

Ako poslušaš zapoved kapetana iz prethodnog eksperimenta, tvoj brod više nije okrenut u pravcu severa, nego 8 stepeni zapadno. Sada svom kompasu prinesi čekić ili bilo kakav metalni predmet.

Zbog činjenice da se metal i magnet međusobno privlače, čekić će privući iglu kompasa, brod će se uznemiriti i skrenuti sa svog kursa. Ovo se dešava uglavnom i zbog samog broda, koji je napravljen od metala, kao i zbog motora koji ga pokreću. I teret može da sadrži metal, a nikl i kobalt takođe uzrokuju perturbacije.

Da bi sprečio magnetne devijacije (odstupanja), brodski kompas je opremljen pokretnim magnetom i pokretnim metalnim kuglicama. U tvom slučaju se magnetna devijacija može ispraviti tako da se igli kompasa, sa druge strane, prinese komad metala ili mali magnet da bi se kompas vrati u početni položaj, npr. 8 stepeni zapadno.

Pribor: (65), čekić

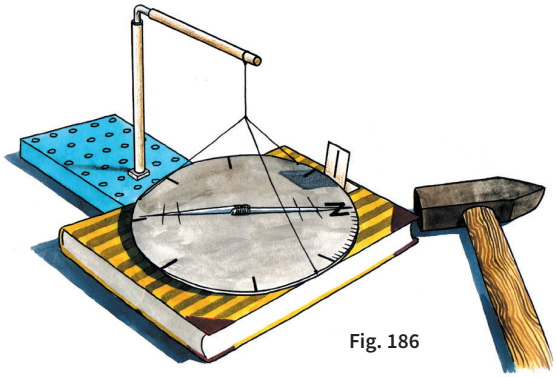


Fig. 186

187. PLUTAJUĆE IGLE KOMPASA

Jedan veoma interesantan eksperiment pokazuje rezultat recipročnog privlačenja, a suprotnost magnetnih polova se može napraviti na sledeći način: namagnetiši 6 šivaćih igala na isti način. 6 plutanih čepova iseci na kockice iste veličine i kroz svaku od njih provuci namagnetisanu iglu. Stavi ih da plutaju u nenamagnetisanoj posudi sa vodom, ali tako da su im zadnji delovi igala uronjeni u vodu, a vrhovi izvan vode. Sada je svaka igla plutajući magnet. Kako su isti polovi na istoj strani, oni se odbijaju, ali samo na kratko. Odbijanje je izjednačeno privlačnom snagom između ušica i vrhova igala, jer se radi o suprotnim polovima. Privlačenje i odbijanje, koje smo opisali, rezultira time da igle formiraju različite oblike.
Ponovi eksperiment sa 5, 4 ili 3 igle. Napomena: posuda bi trebala biti dovoljno velika, ali ne metalna.
Pribor: 10, posuda sa vodom, 6 šivaćih igala, 6 malih plutanih čepova

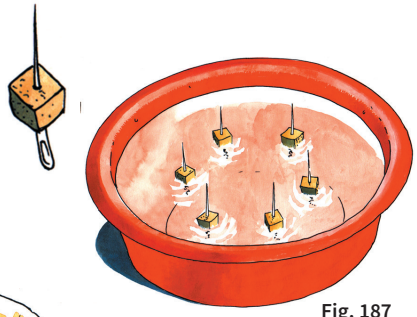


Fig. 187

188. ROTACIONO MAGNETNO POLJE

Magnet, povezan koncem, uvrni 8-10 puta u istom pravcu i onda ga pusti. Kompas stavi odmah ispod magneta, nekoliko cm dalje. Igla kompasa će se okretati sve dok se okreće magnet, jer je rotacija magneta uvek u skladu sa rotacijom njegovog magnetnog polja.
Pribor: 10, 34, papir, konac

Fig. 188

BATERIJE I ELEMENTI

189. BATERIJA

Ova baterija izgleda kao uspravljena kutija. Iz nje idu dva metalna izlaza, sa dva pola: manji je pozitivan, označen sa „+“, a veći je negativan, označen sa „-“. Polove na bateriji bi trebalo što manje dirati da se baterija ne bi ubrzo ispraznila. Polovi se ne smeju povezati direktno jedan za drugi, da ne bi izazvali kratak spoj.

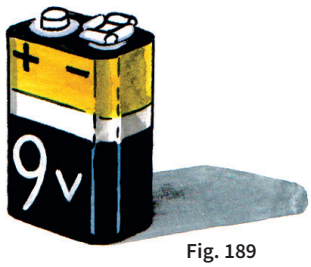


Fig. 189

190. TESTIRANJE BATERIJE

U setu postoje sprave za ispitivanje baterije. Svi oni koriste sijalicu i galvanoskop. Kada se sijalica upali ili se galvanoskop miče, baterija je ispravna. Neprestano testiranje će isprazniti bateriju.
Pribor: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, baterija

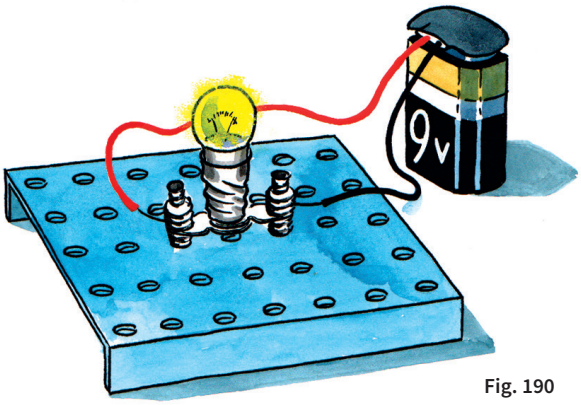


Fig. 190

191. ELEKTRIČNA SIJALICA

Kako radi električna sijalica možemo objasniti u narednom eksperimentu: zakucaj dva eksera u drvenu dasku sa razmaku od 1 cm i poveži ih metalnom žicom debljine 0,1 mm. Ako žicu povežeš sa izlazima na novoj bateriji (slika 71 levo), ona će zasijati crveno. U slučaju da crpiš struju iz dve baterije, žica će izgoreti. Tako isto rade i sijalice. Staklena kugla, iz koje je izvučen vazduh, sadrži veoma tanku Volframovu žicu, npr. metal sa jako visokom tačkom topljenja. Kada struja prođe kroz tu žicu, Volfram postane beo - vreo, ali ne može izgoreti jer je u kugli umesto vazduha argon. Električna sijalica je veoma osetljiva. Ne treba je bacati ili tresti, naročito kada svetli. Isto tako treba paziti na voltažu baterije. Sijalica iz seta se može povezati sa baterijom od 9 V. Sa većom voltažom žica u sijalici pregori.
Pribor: drvena daska, 2 eksera, žica, baterija
UPOZORENJE:
- Baterija može uzrokovati kratak spoj.
- Ostavite je povezanu samo na kratko - onoliko dugo koliko je potrebno da shvatiš eksperiment.
- Pazi da ne opržiš prste.

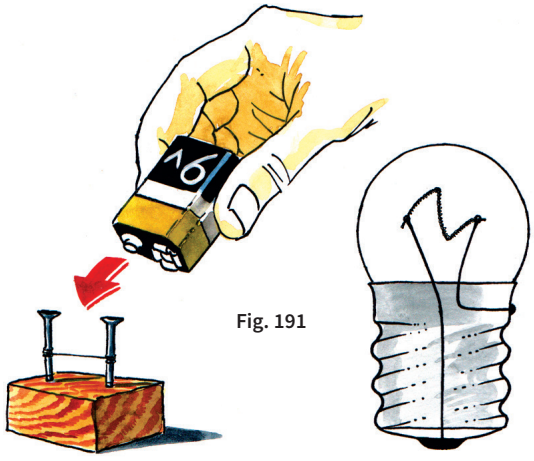


Fig. 191

192. UNUTRAŠNJOST BATERIJE

Baterija od 9 V se sastoji iz 6 ćelija ili elemenata (nemoj pomešati sa hemijskim elementima!). Svaka je ćelija napravljena od limenke od cinka sa vrećicom u kojoj je karbonsk štapić i mangan dioksid u prah, potopljena u rastvor soli amonijaka. Pojedinačni delovi su međusobno povezani na sledeći način:
Cink iz prve ćelije je slobodan.
Karbon iz prve ćelije je vezan za cink iz druge.
Karbon iz poslednje ćelije je slobodan.
Dva su izlaza iz baterije: jedan je negativan (cink iz prve ćelije), drugi je pozitivan (karbon iz treće ćelije).

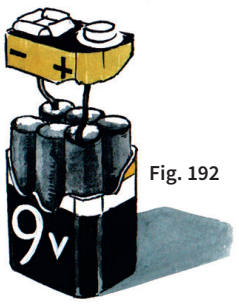


Fig. 192

Fig. 193

193. KORIŠTENA BATERIJA

Baterija traje određeno vreme. Kada se isprazni, bacimo je. Šta je to potrošeno u praznoj bateriji? Cink može korozirati, rastvor nišadora se osuši. Vrećica sa karbon štapićima i magnezijum dioksidom u prahu, pak, mogu ostati ispravne. Potrošenu bateriju baci u kontejner koji je za to namenjen.

194. STRUJA IZ ŽABLJIH BATAKA

1791. godine Luiđi Galvani, profesor anatomije na Univerzitetu u Bolonji, je napravio javni eksperiment. Bakarnu kuku sa žabljim batacima je zakačio za metalne šipke. Bataci su se njihali na vetru povremeno dodirujući šipke. Kadgod se to dogodilo, oba bataka bi se zgrčila kao da su živa. Galvani je smatrao da je grčenje nastalo usled struje unutar tela životinje. Mnogi naučnici tog vremena su imali isto mišljenje. Mišljenje Aleksandra Volte je bilo drugačije. On je bio profesor fizike na Univerzitetu u Paviji. On je, takođe, verovao da grčenje uzrokuje struja. Međutim, odbijao je verovati u „životinjsku struju“ i tvrdio je da pokret uzrokuje struja koja dolazi iz direktnog kontakta dva različita metala, metala i bakra s jedne strane, dok su s druge strane dva metala bila u indirektnom dodiru putem vlažnog tela, koje ne mora biti životinjsko. Sukob između Volte i Galvanijevih pristalica trajao je mnogo godina. Tek 1799. godine Volta je uspeo napraviti spravu koja će dokazati njegovu teoriju. Tu ćeš spravu napraviti i sam, ali pre toga se trebaš upoznati sa instrumentom za otkrivanje struje - galvanoskopom.

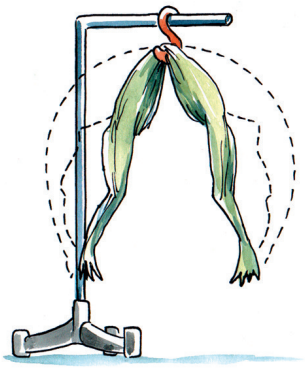


Fig. 194

195. GALVANOSKOP

Galvanoskop se sastoji iz tri dela: kompasa (K), podloge (P), kalema (T). Pored plavo-crvene igle kompas još ima i žutu. Kada ga koristiš stavi kompas i podlogu u kalem i okreći podlogu sve dok vrh žute igle ne pokaže 0. Pazi da u neposrednoj blizini galvanoskopa nema magneta ili drugog metalnog predmeta.

Pribor: 1, 34

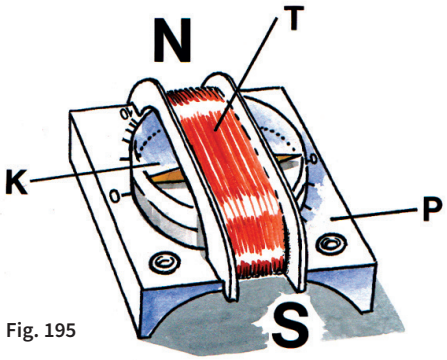


Fig. 195

196. VOLTINO OTKRIĆE

Protrljaj pločice cinka (Zn) i bakra (Cu) iz seta finim brusnim papirom, obriši ih i pomoću dve žice ih poveži sa galvanoskopom, kao što je pokazano na slici 76. Žuta igla na galvanoskopu bi trebala biti na nuli. Uradi sledeće eksperimente:

1. Između dve pločice umetni papirić. Pokazivač na galvanoskopu se neće pomeriti.
2. Papir između pločica potopi u običnu vodu. Pokazivač na galvanoskopu će se pomeriti pokazujući da na galvanoskop prolazi struja.
3. Sada zameni polove (npr. žicu prikopčanu za pločicu od cinka sada poveži sa bakarnom i obrnuto). Opet će se pokazivač galvanoskopa pomeriti ali u suprotnom smeru.
4. Čvrsto pritisni pločice jednu uz drugu. Ovog puta će se defleksija pokazivača povećati.
5. Smanji veličinu pločica- defleksija pokazivača će se smanjiti.

Voltin eksperiment se malo razlikuje od ovog koji smo uradili. U njegovo doba nije bilo galvanoskopa, koji bi otkrio protok struje. Volta je prisustvo struje dokazao tzv. voltinim stubom. Napravio je stub od diskova od cinka i bakra, a između njih je bila mokra tkanina.Ređao je diskove naizmenično, cink pa bakar, i naređao ih 60. Na ovom stubu dva različita metala su ostvarila kontakt putem tečnosti iz tkanine između njih. Volta je shvatio da je ovakav kontakt proizveo struju. Ovaj jednostavni izum (baterija) je prva sprava koju je napravio čovek da bi proizveo struju, a Volti je doneo večnu slavu u domenu nauke. Njemu u čast je jedinica voltaže nazvana „volt“, dok je odgovarajući merni instrument poznat kao „voltmetar“. Par pločica sa početka ovog eksperimenta se zove Voltina ćelija.

Pribor: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, papir, voda

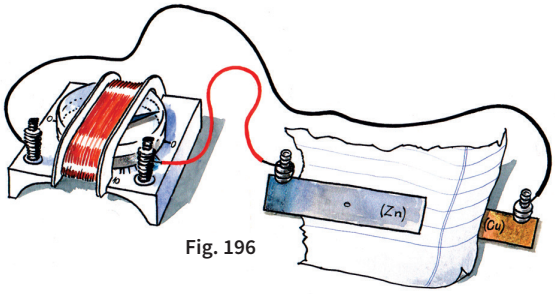


Fig. 196

197. ĆELIJA OD BAKRA, CINKA I RASTVORA SOLI

Umoči bakarnu i cinkovu pločicu u čašu sa slanom vodom i poveži ih pomoću dve žice sa galvanoskopom. Pokazivač na galvanoskopu će pokazati poveliku disleksiju pokazujući tako protok struje.

Pribor: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, čaša sa vodom, so

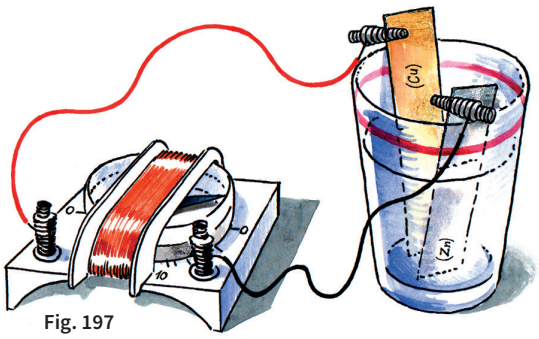


Fig. 197

198. POLARIZACIJA I DEPOLARIZACIJA

1. Prikopčaj ćeliju cinka, bakra i slanog rastvora sa galvanoskopom kao u eksperimentu br. 77. Sada pažljivo prati pokazivač galvanoskopa. Prvo će skrenuti pokazujući nastanak struje u ćeliji, ali će se potom polako vratiti u nulti položaj. Ovo se očigledno dešava zbog slabljenja struje. Ako se doda so, struja će ojačati, ali ne zadugo. Zbog čega struja slabi? Mehurići hidrogena, nastali rastvaranjem soli, se nakupljaju na bakarnoj pločici i ometaju proces koji se odvija u ćeliji. Ova pojava se zove polarizacija.
2. Ako ukloniš nakupljene mehuriće hidrogena štapićem ili komadom tkanine, ćelija će nastaviti da stvara struju.
3. Zatim, odaspi malo rastvora i ćeliju napuni finim, čistim peskom. Ćelija će nastaviti da proizvodi struju na malo duže vreme. Ovo se dešava zbog toga što se mehurići hidrogena kombinuju sa kiseonikom iz vazduha i vode, vazduhom među zrnima peska. Tako je polarizacija onemogućena, a pesak služi kao depolarizator.

Pribor: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, čaša sa vodom, so, pesak

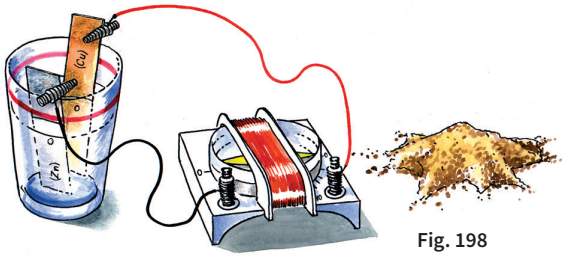


Fig. 198

199. LEKLANŠEOVA ĆELIJA

9 V baterija ima 6 Leklanšeovih ćelija, u kojima cink označava negativan pol, karbon pozitivan, a manganov oksid je depolarizator. Elektrolit (tečnost između polova) je rastvor sal amonijaka u omeru 1:3. Tečnost je pomešana sa nekom čvrstom supstancom koja je sprečava da bude tečna. To je tzv. suva ćelija.

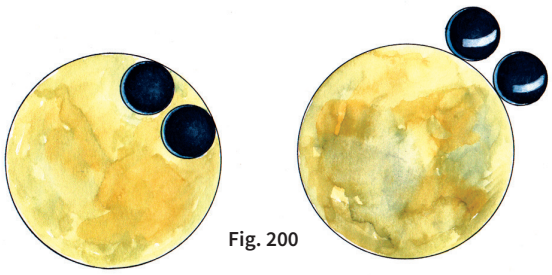


Fig. 200

200. PROCES STVARANJA STRUJE U ĆELIJI

Pod uticajem električnih sila među tečnostima (elektrolitom) i metalima (polovima), metali otpuštaju pozitivne jone. Ovo rezultira viškom elektrona koji se nakupljaju na metalima, npr. na pločici od cinka. Ako sada spojiš cink i karbon (ili bakar, kao u prethodnom eksperimentu) sa spoljašnjim provodnikom, elektroni će preći sa pločice, gde ih je mnogo manje. Ovakvo kretanje elektrona stvara struju. A šta su joni? Kao što znaš, stvari se sastoje iz molekula i atoma, a atomi, opet, iz nukleusa oko kojeg kruže elektroni. Svaki atom ima određen broj elektrona. Međutim, ponekad atom ili grupa atoma može izgubiti nekoliko elektrona, pa postane jon. Isto se dešava ako atom ili grupa atoma ima više elektrona nego što treba da ima. U prvom slučaju jon je pozitivan, a u drugom negativan.

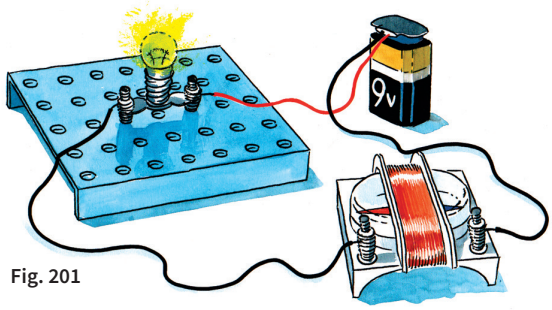


Fig. 201

201. STRUJNO KOLO

Slika 81 predstavlja strujno kolo baterije, sijalice, galvanoskopa i odgovarajuće žice kojom su spojeni. U ovom slučaju struja ide iz baterije ka sijalici, od sijalice ka galvanoskopu i na kraju iz galvanoskopa u bateriju. Sve dok postoji protok struje sijalica svetli, a kazaljka na galvanoskopu se deflektuje (pomera). Međutim, ako se kolo prekine, protok struje će stati, jer je moguć samo u zatvorenom kolu.

Pribor: 1, 4 x 7, 8, 14, 33, 34, 35, baterija

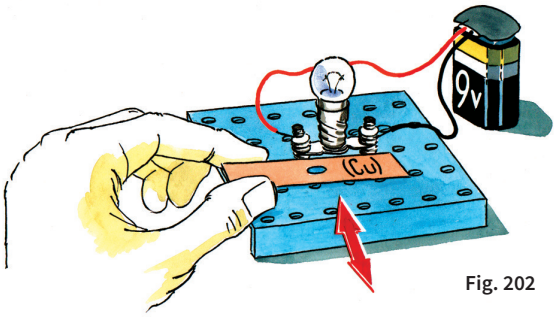


Fig. 202

202. KRATAK SPOJ

Sijalicom i baterijom zatvori strujno kolo, kao na slici 82. Sijalica će da svetli, ali čim bakarnom pločicom ili bilo kojim drugim metalom dodirneš oba pola na bateriji, sijalica se ugasi. Ova pojava se zove kratak spoj. Praćena je brzim pražnjenjem baterije zbog veoma jakog protoka struje bez ikakvog otpora (mosta za kratki spoj) od negativnog ka pozitivnom polu baterije. Da bi smo bateriji obezbedili dug vek trajanja, trebamo izbegavati kratak spoj.

Pribor: 2 x 7, 8, 14, 24, 33, 35, baterija.

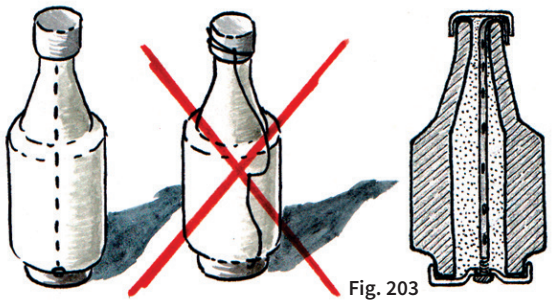


Fig. 203

203. OSIGURAČ

Glavni vod u domaćinstvu je na 220 V. Da bismo sprečili štetu uzrokovanu kratkim spojem, električni vodovi imaju ugrađene osigurače. Smešteni su iznad strujomera i mogu biti elektromagnetne ili termalne osnove. U ovom slučaju, u pitanju je termalni. Osigurač (slika 83) se sastoji iz keramičkog cilindra u kojem je tanka žica, koja se u slučaju kratkog spoja pregrejava i topi. Kada se desi kratak spoj prvo treba proveriti osigurač. Razlog zbog kojeg je osigurač pregoreo može biti ili preveliko opterećenje mreže (zbir svih potrošača) ili kratak spoj na jednom od potrošača. Čim se uzrok pregorevanja osigurača otkloni, treba staviti novi osigurač. Zabranjeno je i jako opasno popravljati osigurač tako da se u njega stavi nova žica, kao na slici 83. Ovo može uzrokovati požar ili ozbiljan kvar na električnim instalacijama.

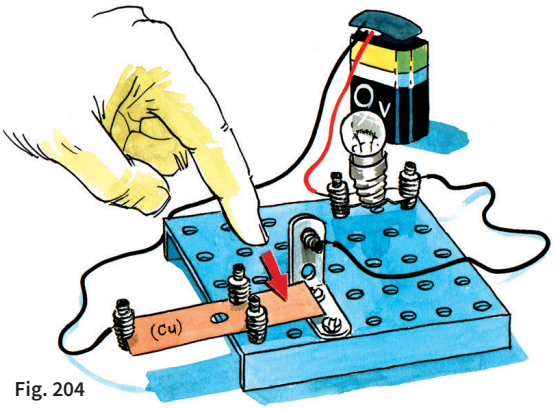


Fig. 204

204. ELEKTRIČNI TASTER

Slika 84 prikazuje električni taster i njegovu vezu sa baterijom i sijalicom. Kada pritisneš taster, zatvoriš strujno kolo. Sijalica svetli sve dok je taster pritisnut. Ovakva sprava se ugrađuje u lampe na noćnim ormarićima ili najčešće u električno zvono.

Pribor: 2 x 5, 2 x 6, 6 x 7, 8, 14, 24, 28, 33, 35, baterija

A • −	J • − − −	S • • •	1 • − − − −
B − • • •	K − • −	T −	2 • • − − −
C − • − •	L • − • •	U • • −	3 • • • − −
D − • •	M − −	V • • • −	4 • • • • −
E •	N − •	W • − −	5 • • • • •
F • • − •	O − − −	X − • • −	6 − • • • •
G − − •	P • − − •	Y − • − −	7 − − • • •
H • • • •	Q − − • −	Z − − • •	8 − − − • •
I • •	R • − •		9 − − − − •
			0 − − − − −

Fig. 205

205. TELEGRAFSKI SISTEM

Taster iz eksperimenta br. 84 se može upotrebiti u telegrafskom sistemu. Poruke se prenose putem Morzeove azbuke, u vidu dugih i kratkih svetlosnih signala, (slika 85). Prednost telegrafskog sistema je da za prenos signala nije potrebna nikakva žica. Nedostatak je što se može koristiti samo u okviru vidnog polja i da pri dnevnoj svetlosti nije moguće slanje signala. Ako je poruka tajna, koriste se posebni šifrovani signali.

206. PREKIDAČ

Samo za uređaj u kojem je strujno kolo zatvoreno na kratko, kao u slučaju telegrafa ili električnog zvona, odgovara nam električni taster iz eksperimenta br. 84. Za strujno kolo koje je zatvoreno malo duže potreban nam je prekidač. Princip rada je prikazan na slici 86. Okrećući ručicu prekidača u levo strujno kolo se zatvori i sijalica svetli sve dok se ručica ne vrati u desno. U slučaju kućnih žičanih prekidača tipka (ručica prekidača), smeštena u izolovano kućište uvek je okrenuta u istu stranu. Metalni delovi prekidača se ne smeju dirati rukom, jer su pod velikom voltažom.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 4 x 7, 8, 14, 24, 2 x 28, 33, 35, baterija

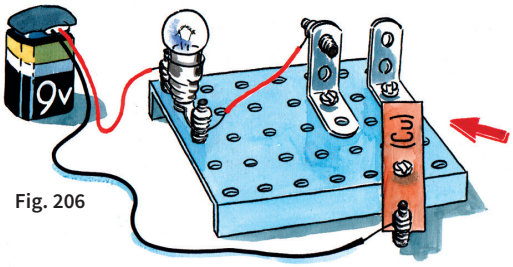


Fig. 206

207. JEDAN PREKIDAČ ZA DVE SIJALICE

Jedan isti prekidač se može upotrebiti da se upali ili ugasi nekoliko sijalica. Sl. br. 87 pokazuje dve električne sijalice koje naizmenično napaja jedna baterija. Sličan prekidač bi bio neophodan za tri sijalice, kao npr. u semaforu gde se jedno po jedno pali crveno, žuto pa zeleno svetlo.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 7 x 7, 8, 2 x 14, 24, 2 x 28, 33, 2 x 35, baterija

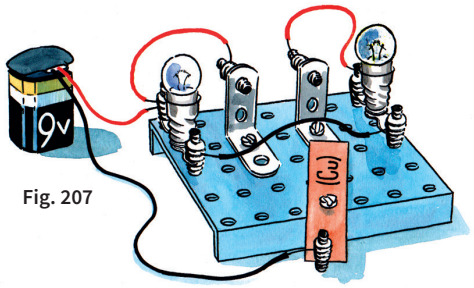


Fig. 207

208. DVA PREKIDAČA ZA JEDNU SIJALICU

Kakva nam je instalacija neophodna ako na sredini stepeništa imamo jednu sijalicu, a želimo i da upalimo i ugasimo i na spratu i u prizemlju? Za ovu svrhu su nam potrebni: dva prekidača, jedna sijalica, izvor struje (u tvom slučaju baterija) i odgovarajuća žica za povezivanje. Delovi iz seta su dovoljni da se naprave dva prekidača smeštena na dva kraja plastične podloge. Slika 88 pokazuje njihovu međusobnu povezanost kao i vezu sa sijalicom i baterijom. Oba prekidača se mogu koristiti i za paljenje i za gašenje svetla. Osim toga, sijalicu možeš uključiti jednim, a isključiti drugim prekidačem.

Pribor: 6 x 5, 6 x 6, 8 x 7, 8, 14, 23, 24, 4 x 28, 33, 35, baterija

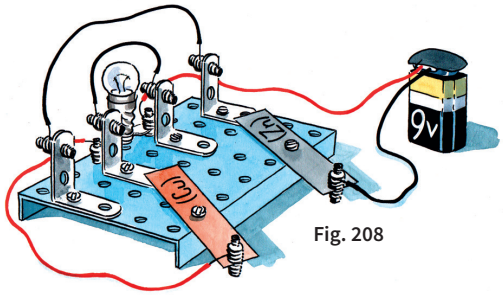


Fig. 208

209. PARALELNO POVEZANE SIJALICE

1. Spoji tri iste sijalice sa baterijom. Napomena: one će zasvetliti punom jačinom čim se strujno kolo zatvori. Kolika je iskorišćena snaga? Voltaža baterije iznosi 9 V. Svaka sijalica koristi 0,05 A. Električna snaga je:
P = 9 V (3 x 0,05 A) = 1,35 W
2. Izvrni jednu od tri sijalice. Preostale dve će i dalje svetleti. Paralelni tip spajanja se koristi u kućnim instalacijama.

Pribor: 6 x 7, 8, 3 x 14, 33, 3 x 35, baterija

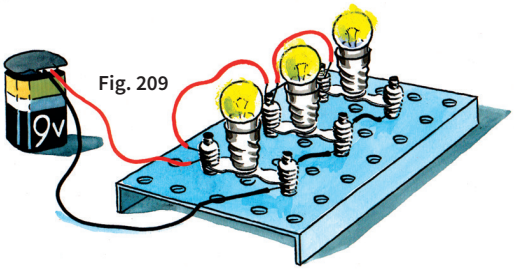


Fig. 209

210. SIJALICE POVEZANE SERIJSKI

1. Poveži seriju od tri sijalice sa baterijom. Samo jedna sijalica će svetleti punom snagom, dve sijalice povezane serijski (npr. jedna za drugom) će svetliti mnogo slabije, dok će se svetlost tri sijalice povezane serijski jedva primetiti. U prvom slučaju voltaža baterije je 9 V, a struja u sijalici 0,05 A. Za dve sijalice povezane serijski potrebna je voltaža 2x veća, a za tri sijalice 3x veća u odnosu na onu koja je potrebna za samo jednu sijalicu.
2. Izvrni jednu sijalicu povezanu serijski i videćeš da će se i ostale ugasiti jer je strujno kolo prekinuto.

Pribor: (89)

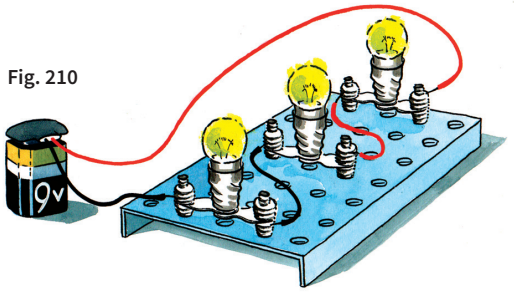


Fig. 210

211. POVEĆAVANJE VOLTAŽE BATERIJE

1. U eksperimentu br. 72 je objašnjena unutrašnjost baterije. Možda se sećaš da se ona sastoji iz 6 ćelija u kojima karbonski štapići funkcionišu kao pozitivne elektrode, dok posudice od cinka i elektrolit (rastvor sal amonijuma) funkcionišu kao negativne elektrode. Manganov oksid je depolarizator. Ove ćelije su povezane serijski. Voltaža svakog pojedinačnog elementa je 1,5 V, pa je voltaža cele baterije 6 x 1,5 V = 9 V (slika 91 levo).
2. Kada se dve baterije povežu serijski, kao na slici 91 desno, voltaža nove baterije je 2 x 9 V = 18 V.

Pribor: dve baterije

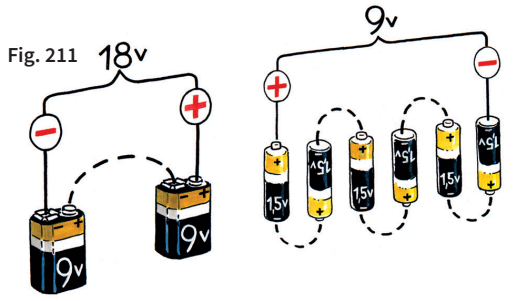


Fig. 211

212. POVEĆANJE SNAGE BATERIJE

Kupi novu ispravnu bateriju, to će biti dovoljno struje za tri sijalice, a svaka troši 0,05 A. Ako je potreban jači izvor struje, onda se baterije povezuju paralelno, kao na slici 92. Iako je voltaža svake baterije 9 V, ukupna voltaža neće biti veća, a s druge strane amperaža tj. kapacitet paralelno povezanih baterija će se povećati.

Pribor: 33, tri baterije

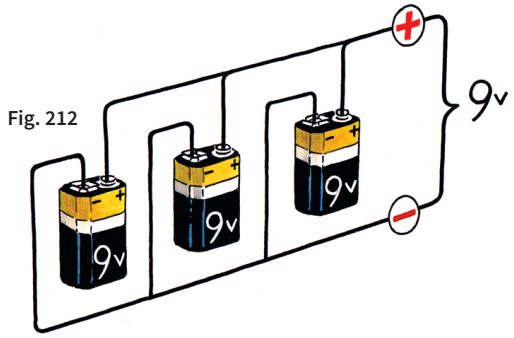


Fig. 212

213. BRZINA STRUJE

Jedan električni signal obiđe Zemlju 7 puta u sekundi- stoga je brzina struje 300 000 km/s. (Eksperiment prikazan na slici 93 je zapravo neupotrebljiv. Slika samo treba da ti pomogne da shvatiš brzinu struje).

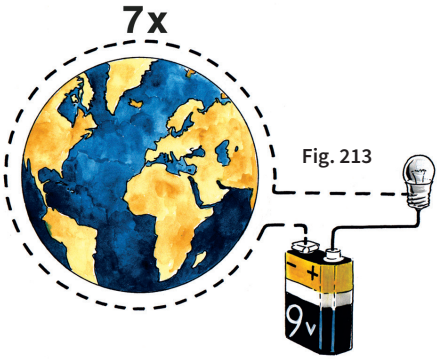


Fig. 213

214. ISPITIVANJE PROVODLJIVOSTI

Delovima iz seta napravi ispitivač provodljivosti za ispitivanje različitih materijala (slika 94).
1. Grubo ispitivanje: Na ispitivač postavi predmet koji testiraš tako da dodiruje obe pločice, jer je samo tada strujno kolo zatvoreno. Ako sijalica zasvetli, predmet koji ispituješ je provodnik. Pokušaj npr. sa olovkom, kartonom, reostatom iz seta. Kada koristiš ove predmete sijalica ne svetli, što te navodi da zaključiš da su ti predmeti izolatori. Ipak, to nije sasvim istina. Npr. eksperiment br. 18 je dokazao da se napunjeni elektroskop može isprazniti pomoću olovke. Kako se može objasniti ovakav paradoks? Kao što znaš voltaža iznosi 9 V, dok u eksperimentu br. 18 ona iznosi više stotina volti. Činjenica da su predmeti provodnici ili izolatori ne zavisi samo od sastava tog predmeta, nego i od voltaže struje. Stoga se može reći da ne postoje savršeni provodnici i izolatori nego samo dobri provodnici i dobri izolatori. Neki od dobrih provodnika su npr. srebro, bakar, aluminijum, dok su dobri izolatori staklo, guma, porculan, poli-etilen itd.
2. Sijalicu iz prethodno opisanog testera zameni galvanoskopom. Ponovo ispitaj provodljivost žice reostata (otpornika) i kazaljka na galvanoskopu će deflektovati, što znači da je ta žica provodnik, iako ne tako dobar kao bakarna žica.
3. Zatim testiraj provodljivost krompira. Prepolovi veliki krompir i jednu njegovu polovinu stavi na metalnu pločicu testera. Sijalica se najverovatnije neće upaliti ali će kazaljka galvanoskopa deflektovati dokazujući da kroz krompir prolazi struja; što je kontaktna površina veća, veća je provodljivost. Ni u kom slučaju ne diraj prekinute žice bilo da su deo glavnog voda ili PTT mreže. Naročito je opasno dirati provodnike mokrom rukom ili drugim mokrim predmetom.

Pribor: 2 x 5, 2 x 6, 4 x 7, 8, 14, 23, 24, 33, 35, baterija, različiti predmeti

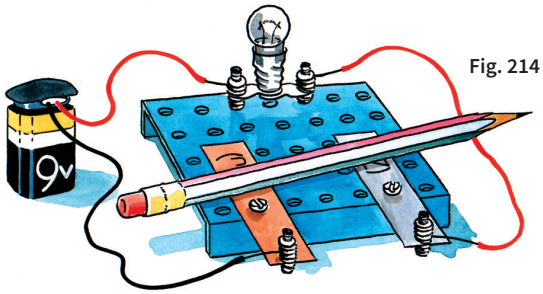


Fig. 214

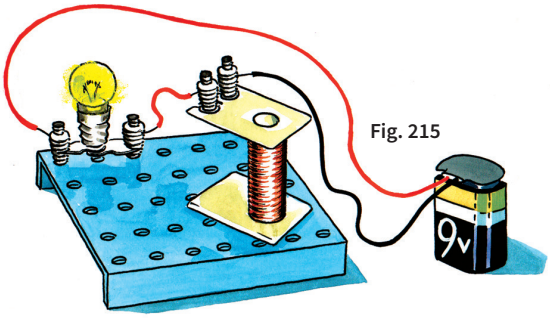


Fig. 215

215. OTPOR PROVODNIKA

1. Uzmi električnu sijalicu, kalem i bateriju da zatvoriš strujno kolo, kao na slici 95. Sijalica će svetliti jako slabo. Jasno je da manje struje prolazi kroz dugu i tanku žicu kalema nego kroz deblju i kraću. Kada se kalem iskopča iz strujnog kola, sijalica svetli punom snagom. Provodnik struji pruža otpor. Sličan eksperiment uradi sa galvanoskopom i rotorom kalema.
2. Spoji sijalicu, kalem i bateriju da zatvoriš strujno kolo. Sijalica svetli jako slabo, ali sad se trebaš usredsrediti na jednu posebnu pojavu. Prekini strujno kolo i sijalica će se ugasiti. Hoće li sijalica ponovo zasvetleti kada se strujno kolo opet zatvori? Eksperiment će ti pokazati da neće zasijati odmah jer postoji određen vremenski period između trenutka kada se kolo zatvori i pojave svetla u sijalici. Ovo kašnjenje se dešava zbog jedne posebne osobine kalema koji predstavlja otpor struji i to ne samo zbog dužine žice u kalemu nego više zbog toga što je žica namotana. Zbog toga, prilikom zatvaranja strujnog kola, kalem proizvodi tzv. induktivnu struju koja odoleva struji iz baterije. Kalem predstavlja induktivni otpor, dok galvanski otpor provodnik.

Pribor: 4 x 7, 8, 11, 14, 33, 35, baterija

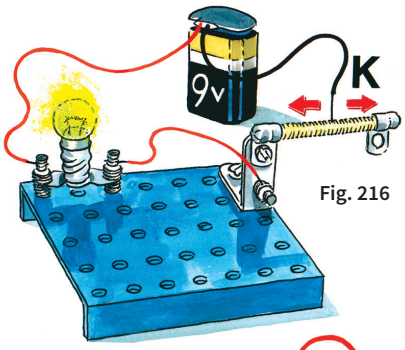


Fig. 216

216. REOSTAT

U setu se nalazi i reostat (otpornik) sastoji se iz jezgra napravljenog od izolacionog materijala oko kojeg je omotana žica, a velikog je električnog otpora. Spoji reostat, sijalicu i bateriju da zatvoriš strujno kolo kao na slici 96. Pokušaj pomeriti klizeću vezu na reostatu i sijalica će jače i slabije svetliti, zavisno od toga da li se otpornik skraćuje ili produžava.

Pribor: 2 x 5, 2 x 6, 3 x 7, 8, 14, 30, 33, 35, baterija

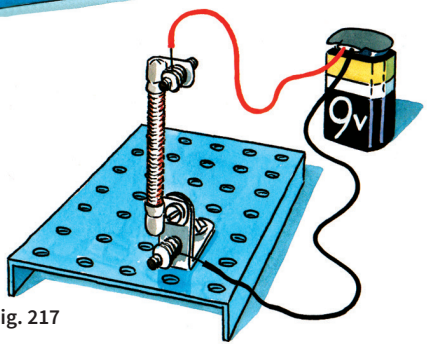


Fig. 217

217. ELEKTRIČNI GREJAČ

Da zatvoriš strujno kolo, spoji reostat sa izlazima na bateriji, kao na slici 97. Žica otpornika, kroz koju prolazi struja, se greje. Napravio si grejanje. Većina kućnih aparata radi na ovom principu npr. električni šporet, pegla, bojler, radijator, itd. u svim navedenim aparatima se električna energija pretvara u grejanje.

Pribor: 2 x 5, 2 x 6, 2 x 7, 8, 28, 30, 33, baterija

218. ELEKTRIČNO PALJENJE

Dva eksera zabodi u manji komad drveta u razmaku od 1cm i poveži ih metalnom žicom debljine 0,1 mm. Pospi žicu izlomljenim vrhovima šibice i poveži je sa baterijom, kao na slici 98. Komadići šibice će se zapaliti. Zbog uticaja struje žica se toliko ugrejala da je prouzrokovala paljenje fosfora. To je princip eksplozivnog punjenja koje se koristi u rudnicima i kamenolomima. Napomena: eksperiment uradi na podlozi koja ne može da gori.

Pribor: 2 x 7, 33, drvena daščica, dva eksera, žica, baterija

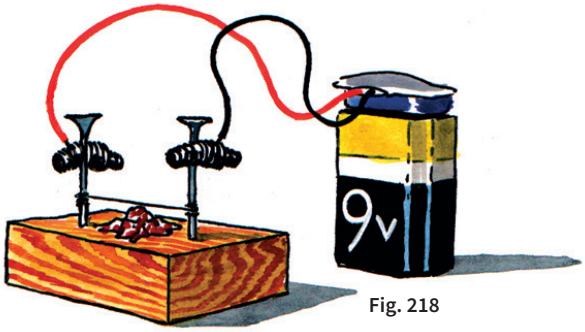


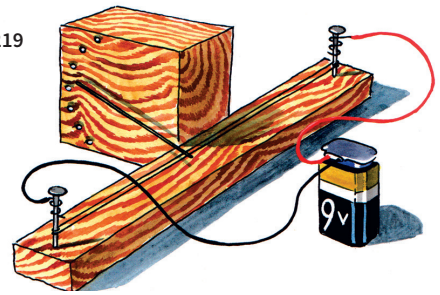
Fig. 218

219. AMPERMETAR SA VRUĆOM ŽICOM

U drvenu dasku dužine 20-25 cm i širine 3 cm zabodi dva deblja eksera. Poveži ih duplom postojanom žicom od 0,2 mm i pričvrsti pokazivač, koji je zapravo drveni ili papirni štapić, kao na slici 99. Ovo je model ampermetra sa vrućom žicom. Ako su oba kraja žice povezana sa baterijom, kazaljka će se pomeriti, kao što će se i sama žica zagrejati i zategnuti zbog struje.

Pribor: 33, 37, drvena daščica, dva eksera, štapić, baterija

Fig. 219

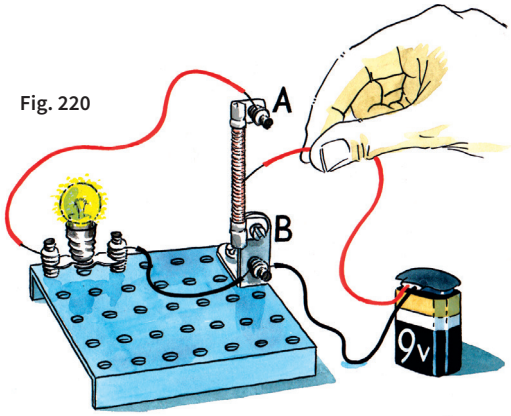


220. POTENCIOMETAR

Spoji sijalicu, otpornik i bateriju da zatvoriš strujno kolo, kao na slici 100. U ovom slučaju otpornik predstavlja potenciometar. Eksperiment: neka slobodan kraj žice koja ide iz baterije dodiruje potenciometar u tački A. Sijalica će sijati punom snagom. Zatim polako pomeri kontakt iz tačke A u tačku B. Svetlo sijalice će polako slabiti da bi u tački B potpuno nestalo. Voltaža pada zbog otpornika kroz koji prolazi struja. Kako je u tački A sijalica direktno povezana sa baterijom, dobija neredukovanu struju od 9 V. Kada se kontakt pomeri ka tački B, voltaža slabi jer se otpor povećava. Na pola puta od A do B voltaža je 4,5 V, dok u tački B voltaža nestaje a sijalica se gasi.

Pribor: 5, 6, 4 x 7, 8, 14, 28, 30, 33, 35, baterija

Fig. 220



221. OMOV ZAKON

Poveži tri baterije serijski, kako je opisano u eksperimentu br. 91. Zatim, taj izvor voltaže poveži sa sijalicom kao na slici 101. Kada se koristi jedna ćelija (1,5 V), sijalica ne svetli: sa dve ćelije voltaža se povećava na 3 V (1,5 V x 2), pa sijalica slabo svetli. Kada se upotrebe tri ćelije, sijalica gori jako jer je voltaža veća (1,5 V x 3 = 4,5 V). Možemo ići tako sve do 8 baterija (8 x 1,5 V = 12 V) jer je sijalica predviđena da radi na 12 V. Iz ovog eksperimenta možeš zaključiti da se snaga ćelije (amperaža) poveća sa povećanjem voltaže. Osim toga, eksperiment br. 96 nas je naučio da što je slabiji otpor provodnika, to je jača struja, i obrnuto. Stoga su struja, voltaža i otpor u međusobnom odnosu, koji je formulisan Omovim zakonom i koji kaže: što je veća voltaža a manji otpor, to je struja jača. Ako su struja, voltaža i otpor označeni međunarodnim simbolima, gde je:

I = struja (meri se amperima - A)
U = voltaža (meri se voltima - V)
R = otpor (meri se omima - Ω) onda proizilazi formula:
I= U / R

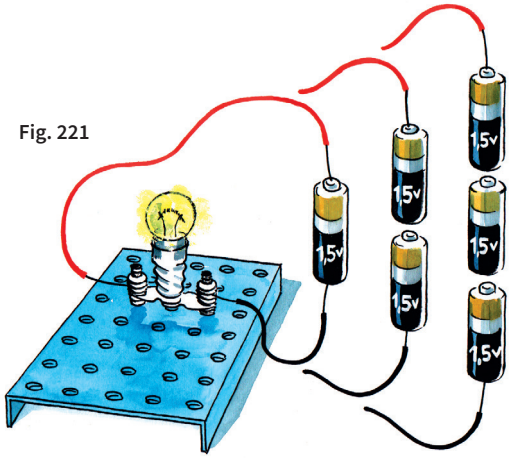
Jednostavan način da zapamtiš Omov zakon je da se koristiš dijagramom Omovog zakona.

Da odrediš vrednost nepoznate osobine, pokrij prstom odgovarajuću oznaku, a ostale oznake će ti pokazati da li ih treba množiti ili deliti.

I= U / R
U= I x R
R= U / I

Pribor: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, tri baterije

Fig. 221

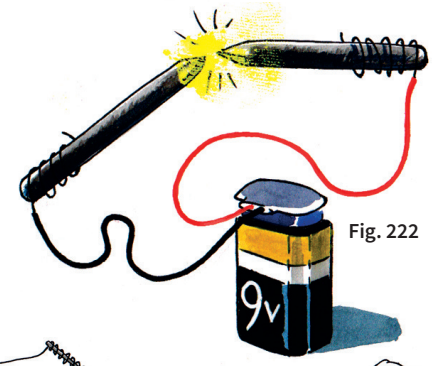


222. ELEKTRIČNI LUK

Zašilji dva karbonska štapića i spoji ih sa baterijom, kao na slici 102. Neka se vrhovi štapića dodiruju, a onda ih lagano razdvoji. Primećuješ mali ali sjajan električni luk koji se diže između vrhova. Koristeći dve ili više baterija isti eksperiment ponovi pod vodom. Ovaj električni luk se nekada koristio kao izvor svetlosti u filmskim projektorima i primena se proširila i do sistema javne rasvete.

Pribor: 33, dva karbonska štapića, baterija

Fig. 222

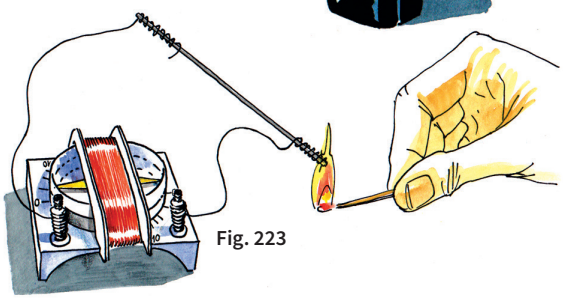


223. TERMOELEKTRIČNA BATERIJA

Komad postojane žice debljine 0,2 mm pričvrsti za oba kraja metalne žice dužine 12-13 cm i jednu poveži sa galvanoskopom, kao na slici 103. Čim se kazaljka na gavanoskopu umiri (žuta pokazuje nulu), zapali šibicu i zagrej jedan od dva spoja. Kazaljka će se pomeriti. Ova kombinacija dva različita metala, nazvana termoelektrična baterija, ima široku upotrebu u tehnici, naročito pri merenju temperature u metalnim predmetima, proizvodnji keramičkih predmeta, itd.

Pribor: 1, 2 x 7, 9, 34, 37, šibice

Fig. 223

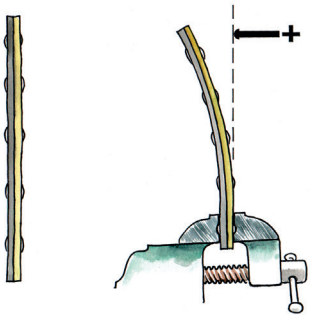


224. BIMETALNA TRAKA

Listić metala, 10 x 1 cm, stavi preko listića od cinka ali aluminijuma iste veličine i učvrsti ih. Ako sada, držeći jedan kraj pincetom, bimetalnu trakicu počneš zagrevati, ona će uvijanjem reagovati na varijacije temperature. Ovo se dešava jer cink ima veći koeficijent toplotnog širenja od metala. Bimetalne trakice se koriste u termostatima. To je električna sprava koja pri određenoj temperaturi prekida strujno kolo, ali čim temperatura padne (ili poraste), termostat ponovo zatvara strujno kolo (slika 104). Na ovaj način se održava zadata temperatura u frižideru, šporetu, bojleru...

Pribor: list od metala, list od cinka, nitna

Fig. 224



225. MERENJE OTPORA

Merenje otpora se vrši instrumentom koji se zove Vitstonov most, prikazan na slici 105. Pravi se na sledeći način:
1. Dva eksera ukucaj u razdaljini od 50 cm u drvenu dasku dugu 60, a široku 8 cm. Eksere poveži postojanom žicom, a njena oba kraja za galvanoskop čija je žuta kazaljka na 0.
2. Ostali elementi Vitstonovog mosta su: otpornik (u set pod br. 33) sa otporom od 70 Ω, kalem, čiji ćemo otpor izmeriti, i baterija. Ovi su delovi povezani kao na slici.
3. Dodirni žicu otpornika čiji kontakt vodi iz baterije i kazaljka galvanoskopa će deflektovati. Ipak, ona će se pomeriti i ako na bilo kojem drugom mestu dodirneš žicu otpornika izuzev na prvom. Ovu tačku zapamti i obeleži „C“. Recimo da je baš u ovoj tački otpornik podeljen na dva dela nejednake dužine, koje smo obeležili sa „d1“ i „d2“. Ove dve dužine se mogu izmeriti, npr. d1 = 30 cm, a d2 = 20 cm. Otpor kalema se može odrediti pomoću sledeće formule:

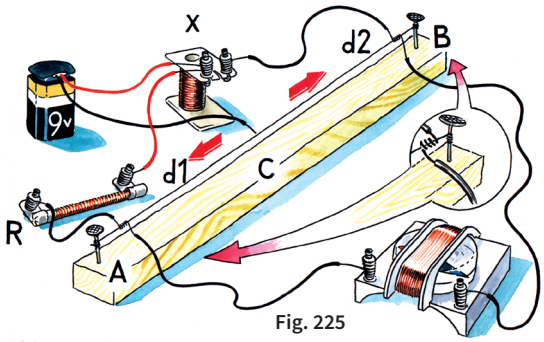


Fig. 225

X=R x d1 / d2
X=70 x 30 / 20
X=105 Ω

Stoga je otpor kalema u našem slučaju 105 Ω.
Potpuno objašnjenje ove formule se može naći u bilo kojem, priručniku iz fizike.

Pribor: 1, 6 x 7, 11, 30, 33, 34, 37, baterija, dva eksera, drvena daska

226. ODNOS TEMPERATURE I OTPORA PROVODNE ŽICE

1. U malu drvenu dasku ukucaj dva eksera, pa ih poveži komadom metalne žice od 0,1 mm debljine koju si uvrnuo u spiralu. Poveži spiralu, sijalicu i bateriju da zatvoriš strujno kolo, kao na slici 106. Čim se kolo zatvori, sijalica zasvetli, ali ako se spirala zagreje, svetlo se gasi - dokaz da se otpor metalne žice povećava sa visokom temperaturom.
2. Ponovi ovaj eksperiment koristeći postojanu spiralu iste veličine. Uprkos povećanju temperature, otpor ove žice se nije promenio.
Pribor: 4 x 7, 14, 33, 35, drvena daska, dva eksera, metalna žica, sveća, baterija

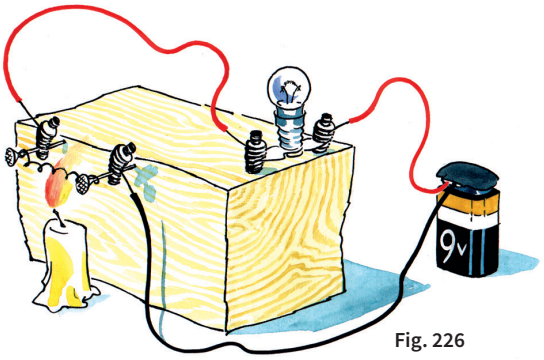


Fig. 226

ELEKTROMAGNETIZAM

227. STVARANJE ELEKTROMAGNETA

Oko metalne šipke iz seta 20 do 30 puta omotaj izoliranu bakarnu žicu. Zbog boljeg kontakta skini izolaciju sa krajeva žice. Slobodne krajeve poveži sa baterijom i šipku uroni u sitne komadiće metala. Čim se strujno kolo zatvori, šipka postane magnet. Prekineš li strujno kolo, šipka gubi namagnetisanost. Ovako je stvoren elektromagnet.
Pribor: 3, 2 x 7, 9, 33, 36, baterija
UPOZORENJE:
- Baterija može izazvati kratak spoj.
- Neka baterija bude povezana na kratko, samo toliko koliko ti je potrebno da shvatiš eksperiment.
- Pazi da ne opržiš prste.

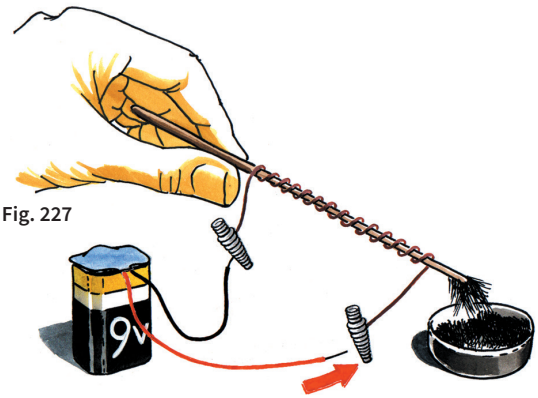


Fig. 227

228. ERSTEDOVO OTKRIĆE

Kao i mnoga druga tako je i otkriće elektromagneta bilo sasvim slučajno. Danski naučnik Hans Kristijan Ersted je uočio da, ako se žica, kroz koju prolazi struja, postavi paralelno sa iglom kompasa, igla deflektuje. Ponovi ovaj eksperiment na sledeći način: iznad igle kompasa drži žicu, čiji su krajevi vezani za izlaze na bateriji. Igla će se pokrenuti i ostati u tom položaju dokle god je strujno kolo zatvoreno. Čim se kolo prekine, igla kompasa se vraća u početni položaj. Zamenimo li spojeve na izlazima baterije, igla će deflektovati, ali u suprotnom smeru.
Pribor: 33, 34, baterija
UPOZORENJE:
- Baterija može izazvati kratak spoj.
- Neka baterija bude povezana na kratko, samo toliko koliko ti je potrebno da shvatiš eksperiment.
- Pazi da ne opržiš prste.

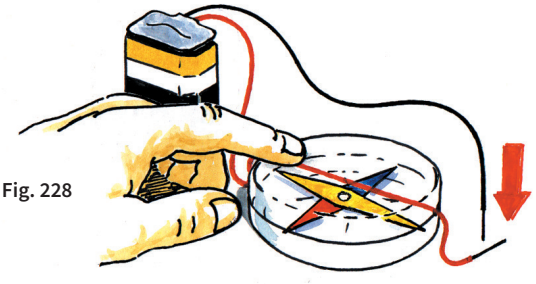


Fig. 228

229. ZBRAJANJE MAGNETNIH POLJA

Izolovanom žicom nekoliko puta omotaj kompas i nakon svakog namotaj poveži sa baterijom. Više namotaja, veća defleksija igle kompasa. Očito se oko svakog namotaj formira magnetno polje i rezultira magnetnim poljem oko solenoida (kalema), što je zbir svih pojedinačnih magnetnih polja. Ovakav princip se primenjuje u tvom galvanoskopu i svim drugim elektromagnetima.
Pribor: 2 x 7, 33, 34, 36, baterija
UPOZORENJE:
- Baterija može izazvati kratak spoj.
- Neka baterija bude povezana na kratko, samo toliko koliko ti je potrebno da shvatiš eksperiment.
- Pazi da ne opržiš prste.

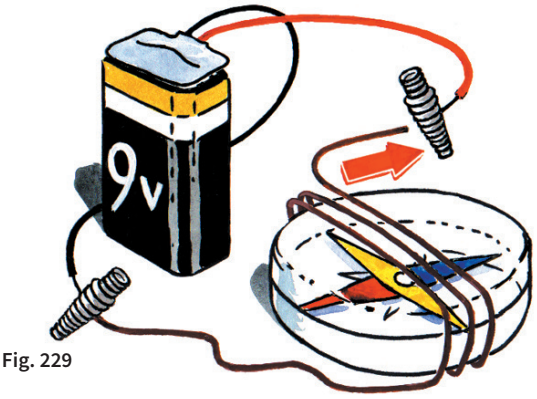


Fig. 229

230. MAGNETNO POLJE OKO PROVODNIKA KROZ KOJI PROLAZI STRUJA

1. Provuci komad bakarne žice kroz centar većeg kartona, kao na slici 110. Oba kraja žice poveži sa baterijom i, koristeći kompas, proveri magnetno polje provodnika. Tvoj je zadatak da otkriješ obim i snagu magnetnog polja. Eksperiment se radi putem stalnog zatvaranja i prekidanja strujnog kola pri čemu treba pažljivo pratiti iglu kompasa koja deflektuje u različitim smerovima.
2. Drugi način prikazivanja magnetnog polja je da svuda oko žice koja je provučena kroz karton pospeš sitne komadiće metala. Lagano protresi karton i komadići će formirati koncentrične krugove.

Pribor: 3, 34, 36, karton, baterija

UPOZORENJE:
- Baterija može izazvati kratak spoj.
- Neka baterija bude povezana na kratko, samo toliko koliko ti je potrebno da shvatiš eksperiment.
- Pazi da ne opržiš prste.

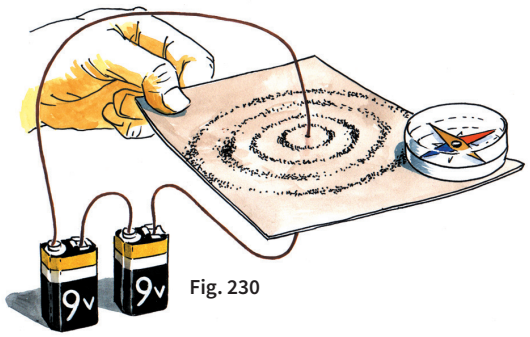


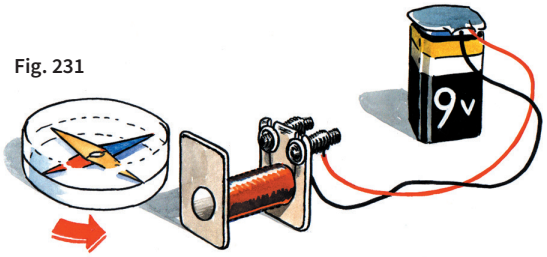
Fig. 230

231. SOLENOID KOJI SE PONAŠA KAO MAGNET

U setu se nalazi solenoid od 100 namotaja izolovane žice. Stavi solenoid na oko 2 cm od kompasa i, prema slici 111, neka struja krene od baterije kroz namotaje. Čim se kolo zatvori, igla kompasa se pokrene i ostane u tom položaju sve dok struja prolazi kroz solenoid. Prekine li se strujno kolo, igla se vraća u početni položaj.

Pribor: 2 x 7, 11, 33, 34, baterija

Fig. 231

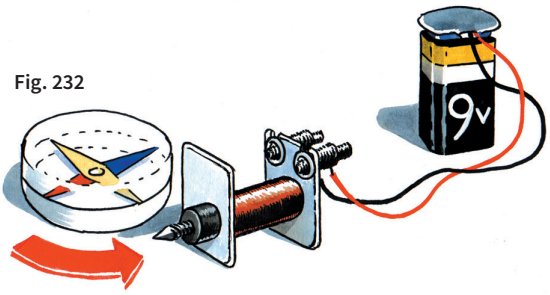


232. SOLENOID SA METALNIM JEZGROM

Ponovi prethodni eksperiment i zapamti kretanje igle kompasa. Prekini strujno kolo da možeš umetnuti metalno jezgro (ne magnet) iz seta unutar solenoida. Pri zatvaranju kola, defleksija igle kompasa je uočljivija jer je umetnuto metalno jezgro povećalo magnetnu snagu solenoida.

Pribor: 2 x 7, 11, 16, 33, 34, baterija

Fig. 232

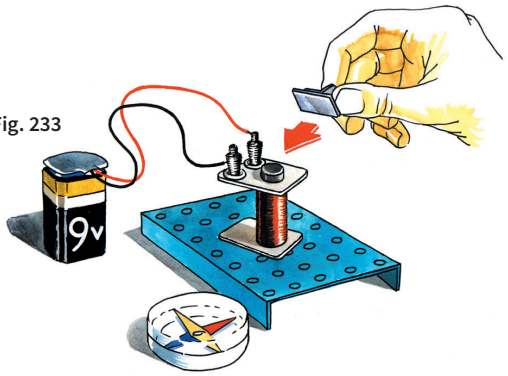


233. ELEKTROMAGNETNA TRAKA

Namesti solenoid na metalno jezgro pričvršćeno za plastičnu podlogu i poveži ga sa baterijskim izlazima. Rezultat će biti elektromagnet u obliku trake. Ovakav eksperiment dokazuje da se elektromagnet stvara u trenutku zatvaranja strujnog kola; čim se kolo prekine, magnet gubi snagu i u njemu ostaje samo minimalan trag naelektrisanja.

Pribor: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 33, 34, baterija

Fig. 233

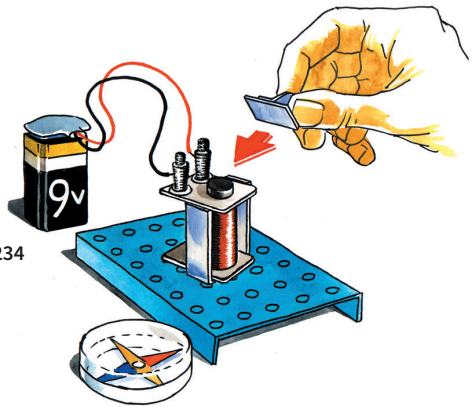


234. U-ELEKTROMAGNET

Metalno jezgro postavi na isti način kao u prethodnim eksperimentima na plastičnu podlogu, slika 114. Ovo jezgro služi da drži solenoid povezan sa baterijom. Zatvaranje kola će stvoriti vrlo jak elektromagnet, mnogo jači od onog iz prethodnog eksperimenta iako koristiš istu bateriju i isti solenoid. Dok u prethodnom eksperimentu nije bilo moguće armaturom podići magnet i njegovu osnovu, sada se može podići mnogo veći teret. Zašto se povećala snaga elektromagneta?

Pribor: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, 34, baterija

Fig. 234



235. ELEKTROMAGNETNI LIFT

Koristeći delove iz seta pokušaj napraviti elektromagnetni lift. Poveži U-elektromagnet iz prethodnog eksperimenta sa izlazima na bateriji, kao na slici 115. Zatim ga stavi u kutiju sa šrafovima i pokušaj ih preneti na drugo mesto. Čim se kolo prekine, teret će ispasti.

Pribor: 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 33, metalni predmeti, baterija

236. ELEKTROMAGNET U OBLIKU TANJIRA

Ovaj je eksperiment moguć samo ako ti je dostupna tehnička radionica. Izbuši rupu duboku 20 mm sa 9 mm u prečniku u metalnom disku debljine 3 cm i prečnika 6 cm, i umetni izolovanu žicu debljine 0,3 mm namotanu 100 puta. Privlačeći oba kraja žice kroz izolovane otvore, poveži solenoid sa baterijom. Odgovarajuća armatura je napravljena od metalnog diska debljine 10 mm. Iako je povezan samo na bateriju, ovakav elektromagnet može podići oko 15 dag. Slični magneti se koriste u električnim liftovima koji podižu čak 20 tona i više.

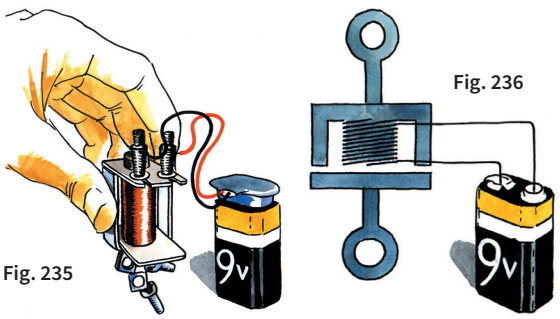


Fig. 235

Fig. 236

237. KOJI JE MAGNET JAČI?

Set sadrži dva magneta: trajni, od legure AlNiCo i elektromagnet, koji liči na onaj iz prethodnog eksperimenta. Koji je od ova dva magneta jači? Da bismo odgovorili na ovo pitanje ponovi eksperiment br. 48b, u kojem je testirana snaga trajnog magneta. Odgovarajući instrument za testiranje je pokazan na slici 117 levo. Kartonsku čašu instrumenta napuni sa toliko predmeta koliko magnet može da drži. Ako ovaj isti eksperiment ponoviš sa elektromagnetom (slika 117 desno), dokazaćeš da je jači od trajnog magneta.

Pribor: 6, 2 x 7, 10, 11, 16, 17, 18, 33, karton, konac, baterija

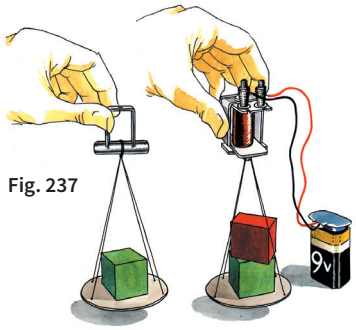


Fig. 237

238. ELEKTROMAGNETNI SPEKTAR

1. U sredini kartona, veličine razglednice, izreži četvrtast otvor veličine 30 x 21 mm. Tu umetni solenoid iz seta do pola. Poveži ga sa baterijom i pospi sitne komadiće metala po kartonu. Uporedi dobijeni elektromagnetni spektar sa elektromagnetnim spektrom trajnog magneta iz eksperimenta br. 40.
2. Ponovi eksperiment tako da u solenoid umetneš metalno jezgro.

Pribor: 3, 2 x 7, 11, 16, 33, karton, baterija

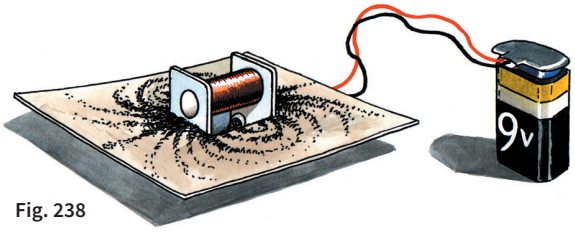


Fig. 238

239. SOLENOID SA EKSEROM

Poveži solenoid iz seta sa baterijom, kao na slici 119, i kroz otvor u centru žleba umetni ekser srednje veličine. Kada se solenoid podigne, ekser neće ispasti. Zapravo, ekser je izložen silama, jedna od njih je gravitacija a druga magnetizam, koji je evidentno snažniji.

Pribor: 2 x 7, 11, 33, ekser, baterija

240. SOLENOID SA DVA EKSERA

Postavi solenoid na plastičnu podlogu, umetni kroz otvor na sredini solenoida dva eksera bez glave, pa solenoid poveži sa baterijom. Zatvarajući i prekidajući strujno kolo videćeš da se ekseri pomeraju. Kada je kolo prekinuto, ekseri će biti u položaju kao na slici 120a; a čim se kolo zatvori, pak, ekseri se razdvoje (slika 120b). Razdvajanje nastaje zbog toga što su ekseri jednako namagnetisani (istog su pola), pa se odbijaju.

Pribor: 5, 6, 4 x 7, 8, 11, 24, 28, 33, dva eksera, baterija

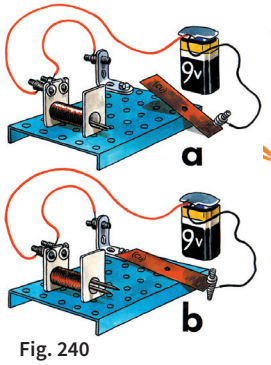


Fig. 240

Fig. 239

241. SOFT-IRON AMPERMETAR SA TANKIM METALOM

Umetni ekser u otvor u sredini solenoida i veži ga koncem ili gumicom, kao na slici 121. Zatim, umetni kazaljku, napravljenu od dva komada tankog metala (ili od stare limenke) veličine 40 x 5 mm i 60 x 2 mm, debljine 0,2-0,4 mm i povezana, kao na slici 121. Tanji komad treba biti malo ulevo.

Kada solenoid povežeš sa baterijom, ekser i kazaljka će se isto naelektrisati i stalno će se odbijati. Profesionalnim ampermetrom ovaj uređaj kućne izrade se takođe može baždariti i opremiti mernom skalom.

Pribor: 2 x 7, 11, 33, dva tanka metala, komad drveta, ekser, lastika, baterija

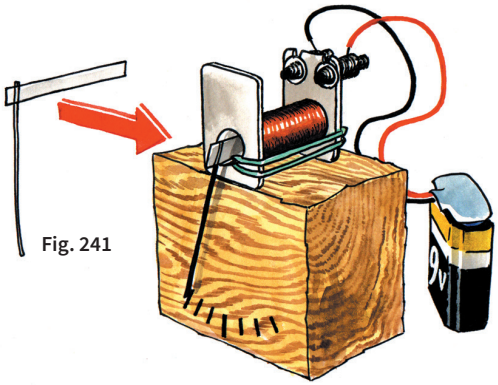


Fig. 241

242. DRUGA VERZIJA AMPERMETRA

Namotaj postojanu žicu oko metalne šipke 20 puta i dobijenu oprugu upotrebi da podupreš metalno jezgro. Deo ovog jezgra umetni u solenoid (slika 122) i poveži sa baterijom. Solenoid će privući jezgro, a što je struja jača to će jezgro više tonuti u solenoid. Kada ovoj spravi dodaš kazaljku ili skalu, može služiti i za merenje privlačenja ili jačine struje.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 2 x 20, 28, 33, 37, baterija

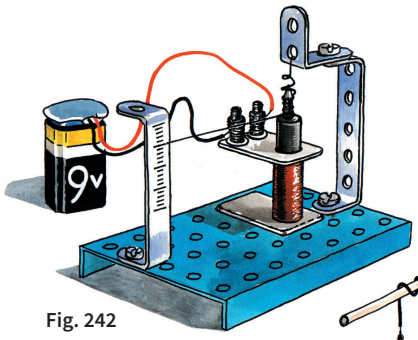


Fig. 242

243. POKRETNI KALEM

Umetni metalni držač vertikalno u plastičnu podlogu, a na nju još jednu horizontalno. Na jedan kraj horizontalnog držača pričvrsti metalno jezgro, a na drugi kraj magnet. Napravljeni sklop je, zapravo, potkovica sa veoma jakim magnetnim poljem među krakovima. Stavi solenoid od izoliranog bakra debljine 0,16 mm u to magnetno polje. Kalem mora imati 10 do 12 namotaja žice debljine 10 mm i biti povezan kao na slici 123 levo. Jedan kraj solenoida vodi papirnim postoljem ka pozitivnom izlazu baterije, a drugi vodi postoljem ka negativnom (zbog bolje konekcije, skini izolaciju sa oba kraja bakarne žice). Čim se kolo zatvori, solenoid će se okrenuti ili levo ili desno, zavisno od smera struje. Svi precizni električni merni instrumenti rade na ovom principu. Rotaciju solenoida ćemo objasniti u narednom eksperimentu.

Pribor: (20), 2 x 5, 3 x 6, 10, 16, 2 x 29, 33, 36, baterija

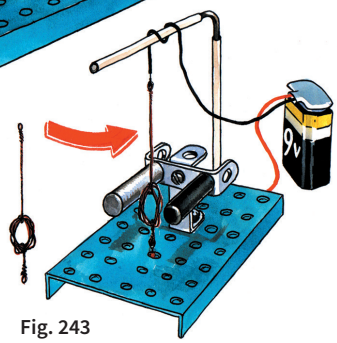


Fig. 243

244. PROVODNIK U MAGNETNOM POLJU

Učvrsti metalni držač za plastičnu podlogu i zakači i metalno jezgro i magnet na njega. Onda uzmi 10 cm bakarne žice i držač iz eksperimenta br. 20 da sa oko 30 namotaja učvrstiš vijak sa duplim navojem u magnetno polje potkovice i podesiš kako je opisano. Da bi veza bila bolja, sa oba kraja bakarne žice skini izolaciju.
Čim se strujno kolo zatvori, vijak će se okrenuti ili u levo ili u desno, zavisno od smera struje. Rotacija se javlja zbog interakcije magnetnog polja: jedno jako magnetno polje je stvoreno između oba kraja magneta, drugo, čim se strujno kolo prekinulo, oko provodnika. Dobro je poznato da se magnetna polja ili privlače ili odbijaju, zavisno da li su ista ili različita. Ovaj eksperiment je jako važan da razumeš kako radi elektromotor.
Pribor: (20), 5, 2 x 6, 10, 12, 16, 29, 33, 36, baterija

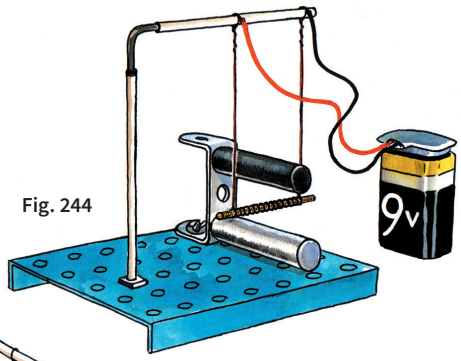


Fig. 244

245. BLOKIRANJE ELEKTROMAGNETA

Fiksiraj elektromagnet na plastičnu podlogu i uz pomoć stalka iz eksperimenta br. 20 pamučnim koncem sveži metalni držač (38 x 12 mm) na stalku, tako da bude 1 cm udaljen od elektromagneta. Kada je zatvoreno strujno kolo elektromagnet privlači metalni držač. Međutim, ako se neki materijal, poput bakarnog lima, lima od cinka, kartona, stakla ili metalnog lima, umetne između elektromagneta i držača, uočićeš koji materijali ne utiču na magnetno polje, a koji gas, s druge strane, blokiraju.
Pribor: (20), 5, 2 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 28, 29, 33, konac, baterija

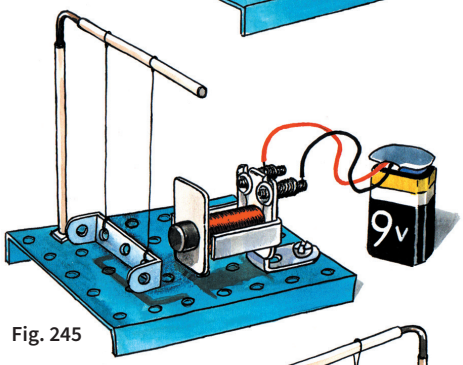


Fig. 245

246. ELEKTROMAGNETNA KOČNICA

Za držač (vidi eksperiment br. 20), pričvršćen na plastičnu podlogu, pamučnim koncem sveži aluminijumsko zvonce okrenuto naopako. Ispod postavi elektromagnet. Crticom sa strane označi zvonce. Strujno kolo je i dalje prekinuto, a zvonce uvrni tri puta. Pusti ga i izbroji koliko krugova napravi dok se okreće. Kada se zvonce zaustavi, zatvori strujno kolo i ponovi eksperiment. Uočićeš da elektromagnet koči zvonce. Opisana pojava igra važnu ulogu u tehnici.
Pribor: (20), 6, 2 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 33, konac, baterija

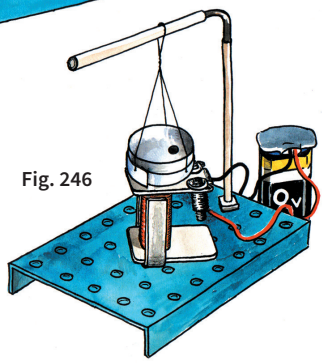


Fig. 246

ELEKTROMAGNET U TEHNICI

247. MORZEOV TELEGRAM

Učvrsti magnet, koji se sastoji iz jezgra podignutog maticom, čauru i solenoid za plastičnu podlogu i podesi armaturu tako da je vrlo blizu elektromagneta. To je, u stvari, nosač 60 x 12 mm, fiksiran horizontalno na vertikalni. Sa desne strane mu je dodat ugao 25 x 25 mm koji drži olovku. Pričvrsti prekidač napravljen od bakarne pločice za ugao 25 x 25 mm i oprugama za podlogu (slika 127). Ako ovaj telegraf povežeš sa baterijom i zatvoriš strujno kolo, elektromagnet će privlačiti armaturu.
Čim se kolo prekine, armatura se vraća u prvobitni položaj. U slučaju profesionalnog telegrafa olovka će beležiti tačke i crtice na papirnu traku koja prolazi ispod nje. Tačke i crtice, koje čine Morzeovu azbuku (vidi eksperiment br. 85), zavise od toga koliko je dugo strujno kolo zatvoreno.
Pribor: 5 x 5, 6 x 6, 6 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 24, 2 x 28, 29, 33, baterija, olovka, papir

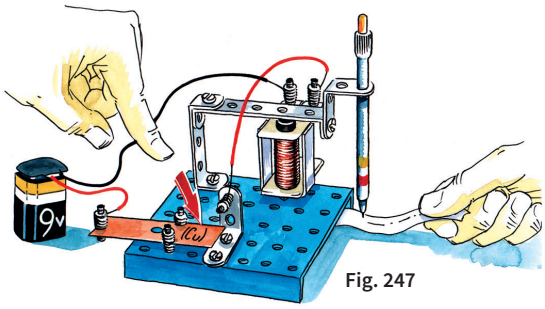


Fig. 247

248. MORZEOV TASTER

Morze je izumeo poseban prekidač koji dozvoljava naizmenično uključivanje i isključivanje dva telegrafa. Ovakav taster možeš i sam napraviti. Upotrebi bakarnu pločicu, dva ugla 25 x 25 mm i opruge. Sve to pričvrsti za plastičnu podlogu. Dva ugla zajedno sa šrafovima predstavljaju desni i levi kontakt (slika 128). Morzeov taster ima tri napajanja, središnji funkcioniše kao uobičajeno napajanje. Međutim, ako polugu pomeriš u jednu ili drugu stranu, struja će proći preko desnog ili levog spoja. Rad Morzeovog tastera se najbolje objašnjava putem međusobne povezanosti dva telegrafa.
Pribor: 7 x 5, 8 x 6, 7 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 23, 3 x 28, 29, 33, baterija

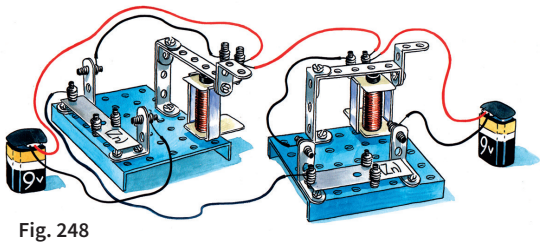


Fig. 248

249. CRTEŽI STRUJNOG KOLA

Na slici 129 je crtež strujnog kola dva Morzeova telegrafa i dva Morzeova tastera.
Značenje slova:

T = Morzeov telegraf **B = baterija**
K = Morzeov taster **Z = uzemljenje**

Ovaj se metod koristio za međusobno povezivanje dve železničke stanice. Ako imaš dva seta Elektropionira možeš pratiti crtež. Dva telegrafa smesti u dve različite prostorije, poveži ih sa dve žice i moći ćeš koristiti telegraf. U slučaju Morzeovog železničkog telegrafa koristi se samo jedna žica, dok je drugu zamenilo tlo; tlo ostvaruje kontakt sa dve metalne pločice skrivene u zemlji. Današnji su telefoni, fax-ovi i elektronska pošta zamenili telegraf.
Pribor: dva Morzeova telegrafa, dve baterije

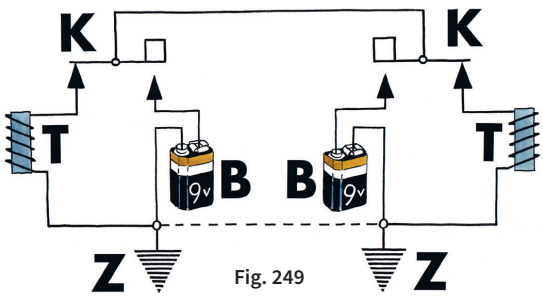


Fig. 249

250. VAGNEROV ČEKIĆ

Naučnik Vagner je otkrio električni uređaj koji automatski zatvara i prekida strujno kolo. Poznat je kao Vagnerov čekić i često se koristi u tehnici. Pokušaj ga napraviti na sledeći način: učvrsti elektromagnet za plastičnu podlogu koristeći ugao 25 x 25 mm. Na oko 2 do 3 mm od elektromagneta za drugi ugao zakači mali čekić zvona. Struja treba da poteče iz baterije, preko žice u tvojoj ruci ka čekiću, odatle do ugla, a onda preko žice koja spaja ka solenoidu i nazad do baterije. Čim se strujno kolo zatvori, čekić će početi da vibrira i tako će zatvarati strujno kolo. U trenutku kada ga elektromagnet privuče, čekić će se odvojiti od spojeva i prekinuti kolo. Kao posledica toga elektromagnet će prestati da radi, dok će se čekić, zbog opruge, vratiti u prvobitni položaj i ponovo zatvoriti strujno kolo. Ovaj proces se stalno ponavlja.

Pribor: 4 x 5, 5 x 6, 3 x 7, 8, 11, 16, 17, 2 x 28, 31, 33, baterija

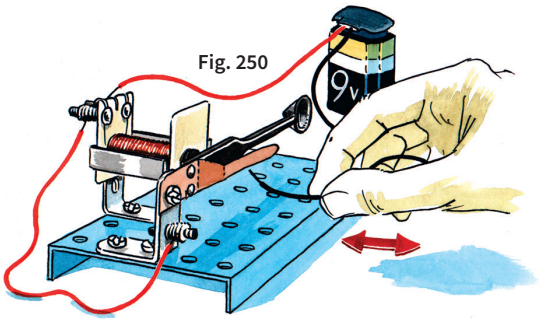


Fig. 250

251. ELEKTRIČNO ZVONO

Nakon što si napravio Vagnerov čekić, ni konstruisanje električnog zvona ti neće biti problem. Trebaš dodati šraf M4 x 20 i zvono. Kao na slici 131, šraf M4 x 20 se sastoji iz ugla sa vijkom i dve matice. Zvono je pričvršćeno za podlogu pomoću vijka sa duplim navojem i odgovarajućim maticama. Spojevi se mogu videti na slici 131.

Pribor: 5 x 5, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33, baterija

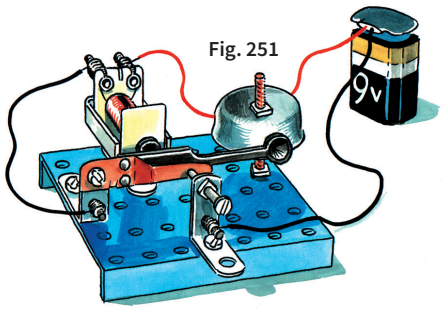


Fig. 251

252. ELEKTRIČNO ZVONO UMESTO PORTIRA

Slika 132 predstavlja crtež strujnog kola u smislu povezanosti električnog zvona, baterije i dugmeta za zvonjenje. Zvono i baterija su instalirani u stanu, dok je dugme na samom ulazu. Kada neko želi da te poseti pritisne dugme. Na taj način se strujno kolo zatvori, a zvono počne da zvoni. Uz pomoć drugog elektromagneta možeš svom gostu i vrata da otvoriš.

Pribor: električno zvono, baterija, dugme za zvono, žice za spajanje

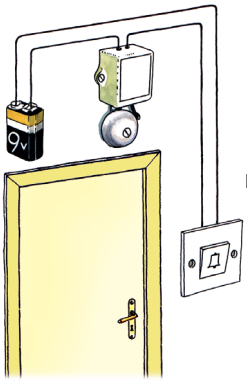


Fig. 252

253. ELEKTRIČNO ZVONO SA VIŠE TASTERA

Neke ustanove poput bolnice, hotela, železničkih vagona, itd. zahtevaju instalacije koje ti omogućavaju da pozoveš određene ljude, kao npr. domara, medicinsku sestru, konduktera. Slika 133 predstavlja crtež strujnog kola pokazujući kako su povezani zvono, baterija i nekoliko tastera. Da bismo objasnili primenu ovog principa u praksi, ispitajmo sistem spavaćih kola. U prolazu spavaćih kola iznad svakih vrata se nalazi crveno svetlo. Kada zvono zazvoni, pločica „ispadne“ i kaže kondukteru koji ga putnik zove. Slične tablice sa brojem sobe se mogu naći u bolnicama i hotelima. Njihov rad, takođe, zavisi od elektromagneta.

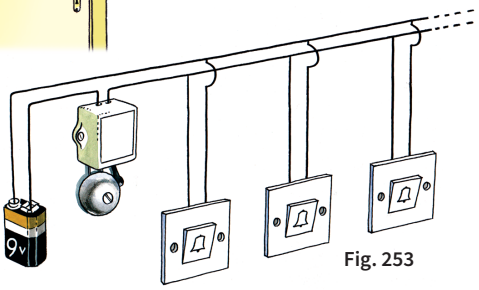


Fig. 253

254. SIGNALNA OPREMA

Uzmi limenu pločicu da napraviš prekidač kao na slici 134. Svako parče lima mora biti 10 x 60 mm. Pričvrsti prekidač iznad vrata tako da dva lima ostvare kontakt kada se vrata otvore ali ne kada se zatvore. Poveže li se prekidač sa baterijom i električnim zvonom, dobije se signalni uređaj koji obaveštava kada se vrata ili prozor otvore.

Pribor: zvono, limena pločica, žica za spajanje, baterija

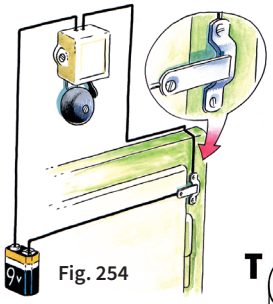


Fig. 254

255. ELEKTRIČNI INDIKATOR NIVOA TEČNOSTI

Nivo vode, ili bilo koje druge tečnosti, u fabrici ili laboratorijskoj posudi nikada ne bi trebalo da bude iznad ili ispod određene tačke. Takve tačke se mogu osigurati strujom kao na slici 135. Tečnost nosi plovak koji se diže i spušta sa nivoom tečnosti. U slučaju da ona dostigne kritičnu gornju tačku, kontakt A zatvara strujno kolo i električno zvono upozorava da nešto nije u redu. Ako, s druge strane, nivo tečnosti padne ispod minimuma, kontakt B zatvara strujno kolo i aktivira signalni sistem. Moguća je i potpuno automatizovana regulacija nivoa tečnosti. U tom slučaju, jedan kontakt otvara dotok, a drugi zatvara ispuštanje tečnosti. Oznake su:

P = plovak
T = točak
U = teg

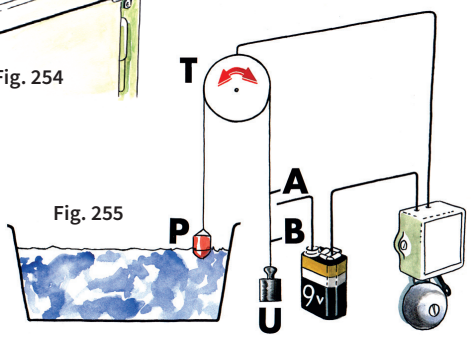


Fig. 255

256. PSIHOLOŠKI UTICAJ STRUJE NA ČOVEKA

Struja utiče na ljudsko telo. Ovo se može pokazati eksperimentima.

1. Levom rukom uzmi bakarnu pločicu a desnom pločicu od cinka, pa oba izlaza na bateriji dodirni njima, kao na slici 136 levo. Iako pretpostavljaš da kroz tvoje telo prolazi struja, nećeš je osetiti.

2. Poveži metalne pločice iz prethodnog eksperimenta sa kalemom sa metalnim jezgrom (slika 136 desno). Zatim, držeći pločice, zatvaraj i prekidaj strujno kolo iznova. Kao i pre, kada zatvoriš strujno kolo ne osećaš ništa. Ipak, osećaš jak elektrošok kad prekineš strujno kolo.

Ovi udari potiču od kalema u trenutku kada se kolo prekine. Da shvatiš ovu pojavu, ponovi eksperiment br. 95. Tako ćeš shvatiti tzv. induktivni otpor u kalemu u zatvorenom strujnom kolu. Magnetno polje se formira oko kalema pod ovim okolnostima, ali čim se kolo prekine magnetno polje nestane, a posledica je indukovana struja koju osećaš kao udar.

Pribor: 4 x 7, 11, 16, 23, 24, 33, baterija

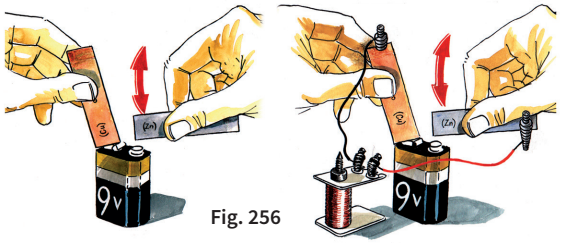


Fig. 256

257. INDUKOVANI KALEM

Samo je jedan korak od električnog zvona do indukovanog kalema. Dok zvono zvoni, poveži ga sa dve metalne pločice: prvu pričvrsti šrafom, a drugu uglom na kojem je čekić (slika 137). Ako su ti ruke suve, osetićeš blagu struju, ako su ti, pak, mokre osetićeš jaku struju. Očito je voltaža struje koju osetiš veća nego ona u džepnoj lampi.

Pribor: (131), 23, 24, 33, baterija

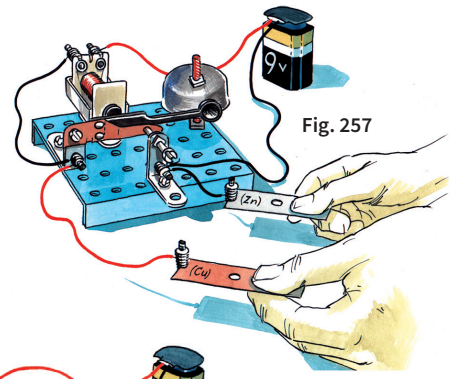


Fig. 257

258. ELEKTRIČNO PUNJENJE KROZ VODU

Potopi metalnu pločicu iz prethodnog eksperimenta u tanjirić sa vodom u kojoj je novčić. Dok zvono zvoni desnom rukom čvrsto uhvati drugu metalnu pločicu, a levom pokušaj izvaditi novčić iz vode. Kada dodirneš površinu vode osetićeš jak udar i nećeš moći podići novčić, jer će ti ruku uhvatiti grč.

Pribor: (137), tanjirić s vodom, novčić

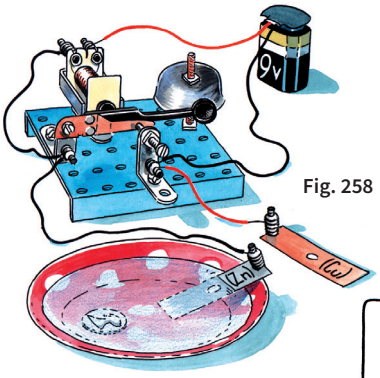


Fig. 258

259. ZEMLJA KAO PROVODNIK

Elektrodu iz prethodnog eksperimenta gurni u vlažno tlo na kojem stojiš bos. Drugu elektrodu uhvati rukom i videćeš da je vlažno tlo dobar provodnik (slika 139 je samo delimična šema eksperimenta).

Pribor: (137)

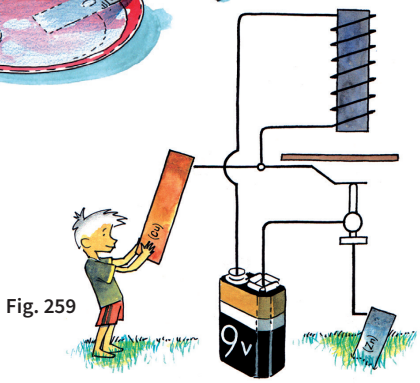


Fig. 259

260. RELEJ

Relej je uređaj koji dozvoljava da se jako strujno kolo indirektno zatvori i prekine slabijom strujom. Postoje dva tipa releja, zatvarajući i otvarajući. Pokušaj napraviti oba. Slika 140 prikazuje crtež strujnog kola u releju koji prekida strujno kolo. Prvo kolo uključuje elektromagnet i bateriju br. 1. Čim se kolo zatvori, elektromagnet privuče mali čekić koji do se okreće zatvara drugo kolo, koje sadrži sijalicu, bateriju br. 2 i čekić. Rezultat je to što sijalica svetli. Nije teško modifikovati zatvarajući relej prema ovom koji prekida strujno kolo.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 6 x 7, 8, 11, 14, 16, 2 x 29, 31, 33, 35, dve baterije

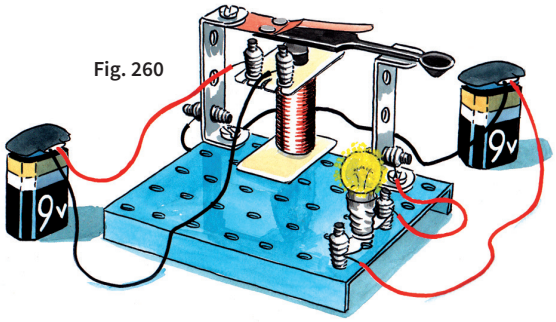


Fig. 260

261. ČOBANSKI TELEFON

Čobanski telefon se sastoji iz dva kartonska cilindra s jedne strane pokrivena papirom - možeš koristiti i prazne čaše od jogurta. Poveži dva dela tanjim koncem, koji mora biti zategnut tokom razgovora. Dok jedan priča drugi sluša, i obrnuto, jer istovremeno pričati i slušati nije moguće. Za vreme razgovora papirna opna vibrira. Preko zategnutog konca ove se vibracije prenose na drugu papirnu opnu koja isto tako vibrira, omogućujući da se čuje glas s druge strane. Ovakav se telefon, pak, ne može koristiti za razgovor na velike daljine ili iza ugla. Belov telefon radi na istom principu. I on se sastoji iz dva dela, svaki sadrži trajni magnet, metalno jezgro i solenoid; tanka metalna opna stoji ispred elektromagneta. Ako govoriš u opnu, magnetno polje se menja. Rezultat je stvaranje struje u kalemu. Pomoću dve žice ova struja se prenosi u drugi telefonski uređaj, gde uzrokuje vibraciju metalne opne. Belov telefon je za nas zamenjen modernom verzijom sastavljenom od slušalice i mikrofona.

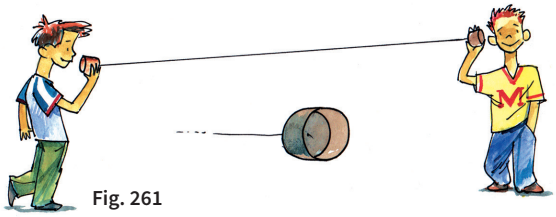


Fig. 261

262. ELEKTRIČNA ENERGIJA PRETVORENA U ZVUK

Slika 142 pokazuje crtež strujnog kola uređaja koji struju pretvara u zvuk. Pričvrsti elektromagnet, koji u sebi ima jezgro, čauru i solenoid, na plastičnu podlogu. Pokrij magnet metalnim poklopcem od kutije za bombone (napravljenim od metalnog lima) koji će se blago podizati tokom eksperimenta. On ima ulogu opne. Ako se kolo naizmenično zatvara i prekida, čuće se neko šuštanje. Kada je kolo zatvoreno, opnu privuče elektromagnet, a kad se prekine kolo opna se, zbog svoje fleksibilnosti, vraća u prvobitni položaj. Slušalica, koju ćeš praviti u narednom eksperimentu radi na istom principu.

Pribor: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, limeni poklopac, baterija

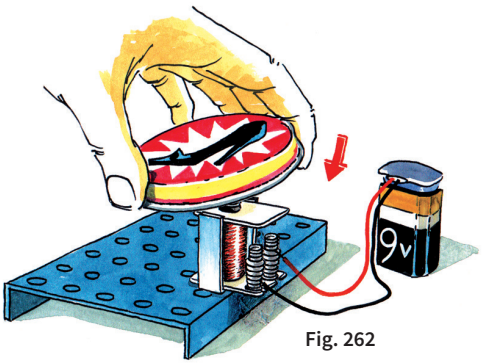


Fig. 262

263. SLUŠALICA

Koristeći dva držača 38 x 12 mm i jedan držač dimenzija 60 x 12 mm spoji membranu i elektromagnet tako da su udaljeni 1 do 2 mm. Dalje, spoji slušalicu sa baterijom kao na slici 143. Kada se kolo zatvori membrana ne treba ni da dodiruje niti da bude jako daleko od elektromagneta. Kada je kolo zatvoreno elektromagnet privuče membranu. Kada se kolo prekine, membrana se opusti. Čuje se karakterističan zvuk šuštanja.

Pribor: 4 x 5, 6 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 20, 22, 2 x 29, 33, baterija

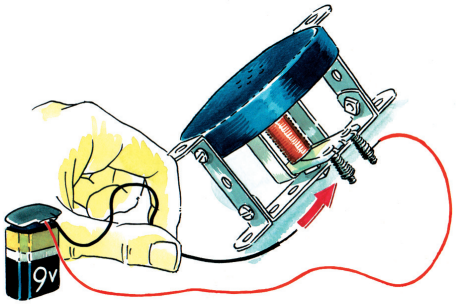


Fig. 263

264. TURPIJA PREKIDA STRUJNO KOLO

Spoji slušalicu iz prethodnog eksperimenta sa baterijom preko turpije, kao na slici 144. Neka jedan kontakt klizi preko turpije. Za to vreme, uzastopnog prekidanja kola, u slušalici se čuje šuštanje.

Pribor: (143), turpija

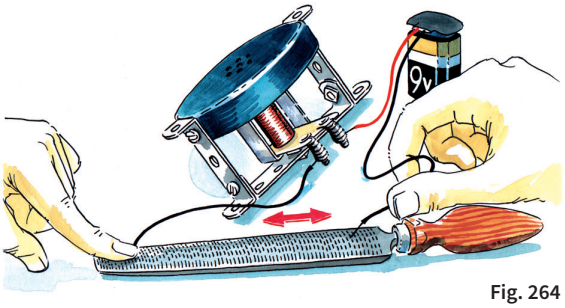


Fig. 264

265. AUTOMOBILSKA SIRENA

Ovaj eksperiment zahteva slušalicu (slika 143), bateriju i žice za spajanje. Jedan pol solenoida spoji sa membranom, a drugi sa izlazom iz baterije. Preostali izlaz iz baterije treba pažljivo povezati sa membranom (pustiti je da vibrira), kao na slici 145.

Pribor: (143), 7

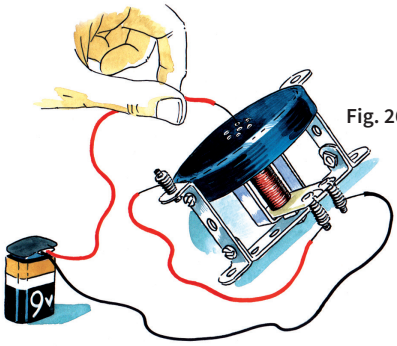


Fig. 265

266. MIKROFON

Ovaj set sadrži veoma jednostavan, pa ipak osetljiv mikrofon. Sastoji se iz dva osnovna dela: membrane kao u slušalici (osim što je plastična) i tri šipkice od kojih su dve metalne i povezane sa membranom, dok je treća karbonska i u dodiru sa ostale dve. Poveži bateriju, mikrofon i električnu sijalicu da zatvoriš strujno kolo, kao na slici 146. Ako pritisneš nezakačenu karbonsku šipkicu, sijalica će zasvetliti. Što više pritiskaš, svetlost je jača. Zbog jačeg ili slabijeg kontakta sa karbonom, mikrofon će pustiti jaču ili slabiju struju da prođe. Isto se dešava kada govoriš u mikrofon.

Pribor: 2, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7, 8, 14, 2 x 28, 33, 35, baterija

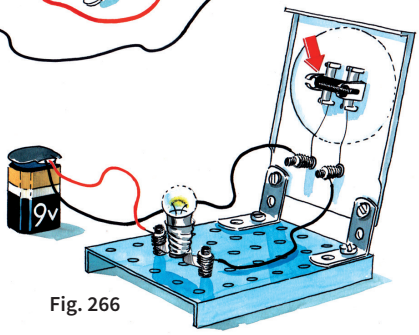


Fig. 266

267. TELEFON

Ako slušalicu iz eksperimenta br. 143 kao i mikrofon iz prethodnog eksperimenta povežeš sa baterijom, nova kombinacija će biti telefonski uređaj tj. uređaj za prenos govora i drugih zvukova na daljinu. Analogni ručni sat koji leži na plastičnoj podlozi se može čuti kroz slušalicu. To je zbog činjenice da kucanje sata čini da membrana u mikrofonu vibrira. Kako kroz karbonske šipkice u mikrofonu prolazi slabija i jača struja, a membranu privlači elektromagnet drugačije jačine iz slušalice, vazduh vibrira i vibracije su primetne. Ovakav telefon iz kućne radionice se može primeniti i za prenos govora. U ovom slučaju ostavi mikrofon u jednoj prostoriji, a slušalicu prenesi u drugu (trebaće ti duže žice).

Pribor: (143), (146), ručni sat

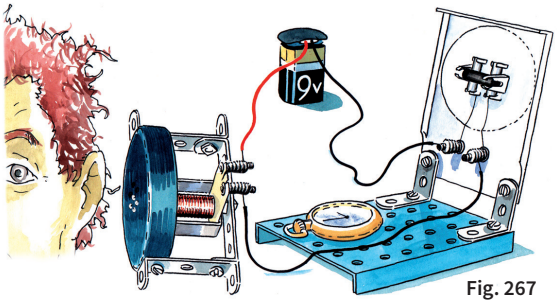


Fig. 267

GENERATORI I ELEKTROMOTORI

268. MEHANIČKA ENERGIJA PRETVORENA U ELEKTRIČNU

1. Poveži solenoid sa galvanoskopom (slika 148) i jako brzim i kratkim pokretom umetni magnet u žleb. Kazaljka na galvanoskopu će se pomeriti, nakon čega će se vrlo brzo vratiti u početni položaj. Ako magnet brzo izvadiš, kazaljka će se pomeriti u suprotnom smeru.
2. Prevrni magnet i ponovi eksperiment. Sada ćeš primetiti električne udare. Kako je nastala struja u ovom eksperimentu? Iz prethodnih eksperimenata znaš da je magnet izvor magnetnog polja. Ako magnet umetneš u solenoid, magnetne linije sile seku namotaje na solenoidu. Zbog indukcije, stvara se struja, ali traje samo se magnet okreće, a time i dok se magnetno polje menja. Ovo je jedan od osnovnih elektrotehničkih eksperimenat. Svi su generatori napravljeni na ovom principu. Generator je mašina za pretvaranje mehaničke energije u električnu.

Pribor: 1, 4 x 7, 10, 11, 33, 34

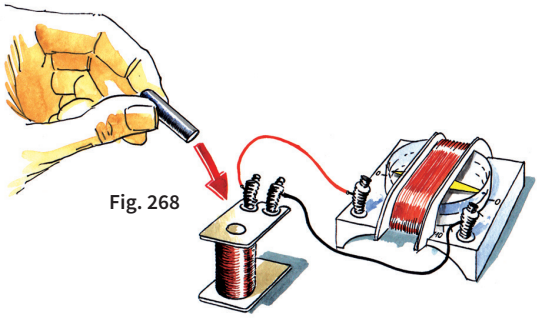


Fig. 268

269. GENERATOR NAIZMENIČNE STRUJE

Ubaci metalno jezgro u solenoid, dalje poveži solenoid sa galvanoskopom i čekaj da se kazaljka zaustavi na nuli. Okreni magnet svezan o konac, iznad solenoida i rezultat je najjednostavnija verzija generatora naizmenične struje.

Pribor: 1, 4 x 7, 10, 11, 16, 33, 34, papir, konac

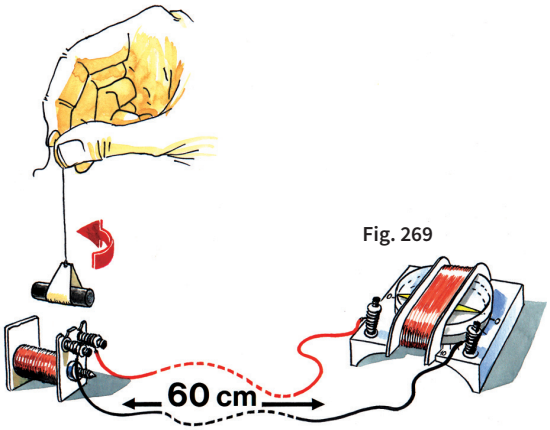


Fig. 269

270. ELEKTRIČNI MOTOR I STATOR GENERATORA

Deo električne mašine koji se ne kreće se zove stator. Pokušaj napraviti jedan. Obe nožice statora pričvrsti za podlogu i ubaci magnet, pričvršćen za njega pomoću vijka sa duplim navojem i dve matice. Stator je spreman. Kompasom možeš dokazati prisustvo magnetnog polja između nožica statora. Čak možeš i demonstrirati magnetne linije sile kako se pružaju od jedne ka drugoj nožici statora tako što ćeš tu prosuti sitne komadiće metala (vidi eksperiment br. 41).

Pribor: 2 x 5, 4 x 6, 8, 10, 12, 15, 34

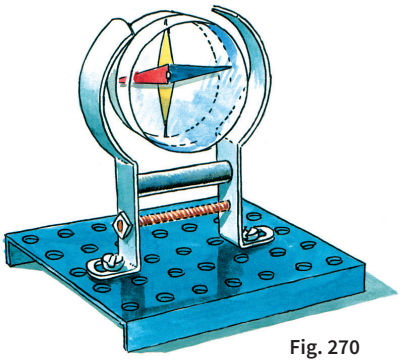


Fig. 270

271. ELEKTRIČNI MOTOR I ROTOR GENERATORA

Rotor je zapravo rotirajući solenoid. Oba kraja njegovog navoja završavaju sa dva polucilindra koji se zovu kolektori i kod elektromotora služe da obezbede, a kod generatora da prenesu struju. Po jedna metalna opruga se naslanja sa svake strane kolektora i zovu se četkice. Uzmi kompas da proveriš rad rotora:

1. Poveži rotor četkicama za bateriju kao na sl. 151.
2. pomoću kompasa odredi severni i južni pol rotora.
3. proveri da li se polovi rotora, kada se okrene za 360 stepeni, menjaju ili ostanu isti!

Pažljivim posmatranjem ćeš videti da nakon svakog okretanja za 180 stepeni oba kraja rotora solenoida menjaju polaritet, zbog kolektora koji u određenim trenucima menja smer struje. Očigledno se to menja kada je rotor u horizontalnom položaju. U tom trenutku se menjaju i magnetni polovi na rotoru. Severni pol postane južni i obrnuto.

Pribor: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 19, 2 x 20, 21, 33, baterija

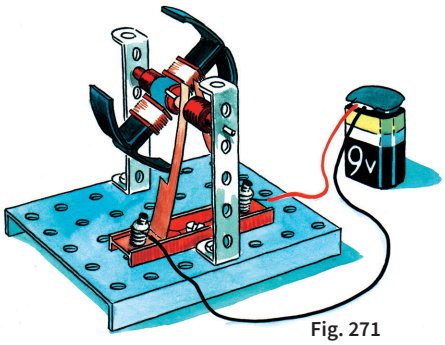


Fig. 271

272. ELEKTRIČNI MOTOR NA ISTOSMERNU STRUJU

Nakon što napraviš stator (eksperiment br. 150) i rotor sa četkicama (eksperiment br. 151) pokušaj napraviti motor na istosmernu struju. Prvo namesti rotor sa četkicama, pa stator. Nakon što si proverio da li rotor besprekorno rotira i da li se četkice naslanjaju na kolektor, poveži električni motor sa baterijom. Rotor će se početi okretati, prvo polako, pa brže, do punog broja okreta, oko 2.800 do 3.000 u minuti. Zameni izlaze baterije!

Pribor: (151), 2 x 5, 4 x 6, 10, 12, 15

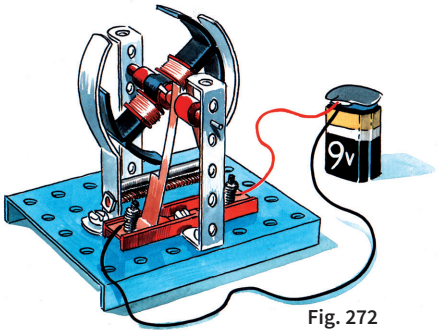


Fig. 272

273. GENERATOR NA ISTOSMJERNU STRUJU

Poveži električni motor iz prethodnog eksperimenta za galvanoskop i okreni rotor električnog motora rukom. Kazaljka na galvanoskopu se pomera. Rotor okreni u suprotnom smeru. Kao što vidiš, motor na istosmernu struju se može koristiti i kao generator. tj. uređaj za stvaranje istosmerne struje.

Pribor: (152), 1, 2 x 7, 34

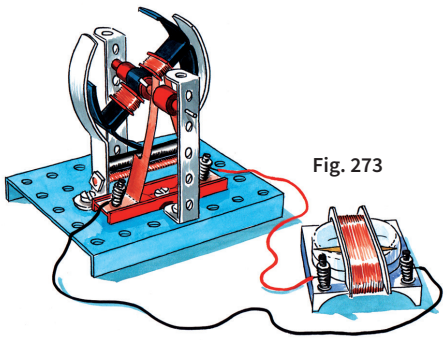


Fig. 273

ZAKLJUČAK

Svaka knjiga ima kraj. Ako si došao do kraja ove knjige, nemoj da to bude kraj tvojih nastojanja da proširiš horizonte znanja iz elektronike i elektrotehnike. Neka ti ova knjiga bude uvod i vodič u svet elektronike, svet novih događaja, iznenađenja i nedokučivih mogućnosti.

Srećno!

KO JE ...?

U ovom poglavlju ćemo nabrojati imena nekih naučnika koji su doprinijeli razvoju elektronike i elektrotehnike. Većina njih je u ovoj knjizi već spomenuta.

Ampere, André-Marie francuski fizičar (1775-1836), proučavao Erstedovo otkriće i postavio temelje elektrodinamici (nauci koja se bavi električnim punjenjem u kretanju). Svoj rad je posvetio otkrivanju tačne veze između električne struje i magnetizma. Jedinica za merenje električne struje (A) je nazvana po njemu.

Bardeen, John je bio američki fizičar (1909-1991) koji je 1956.g, zajedno sa Walterom H. Brattainom i Williamom Shockleyem, dobio Nobelovu nagradu iz fizike za pronalazak tranzistora 1948.g. što je bio rezultat napora ova tri istraživača u laboratorijama Bell developmenta. Takođe je proučavao svojstva supstance na ekstremno niskim temperaturama (superkonduktori), za šta je, zajedno sa Lenom N. Cooperom i Johnom Schreifferom dobio još jednu Nobelovu nagradu 1972.g.

Brattain, Walter Houser američki fizičar (1902 - 1987), videti Bardeen.

Coulomb, Charles Augustin de francuski fizičar (1736-1806), proučavao je sile između dva napunjena tela. Jedinica za električno punjenje (C) je nazvana po njemu.

Edison, Thomas Alva američki fizičar (1847-1931), jedan od najplodnijih istraživača XIX vijeka. Među mnoštvom njegovih izuma su sijalica sa ugljenim vlaknom, fonograf (preteča gramofona) i filmski projektor.

Faraday, Michael engleski hemičar i fizičar (1792-1867), poznat po svom pionirskom istraživanju i eksperimentima u polju struje i magnetizma. Mnogi tvrde da je on bio jedan od najvećih eksperimentista na svetu. Razvio je koncept linija sile - imaginarnih linija duž kojih teče magnetna sila. Ovaj opis ponašanja sila u polju se i danas često koristi. Jedinica za kapacitet kondenzatora (F) je nazvana po njemu.

Henry, Joseph američki fizičar i naučnik (1797-1878), poznat je po otkriću elektromagnetne indukcije i autoindukcije. Njegovi eksperimenti u polju hemije, elektriciteta i magnetizma pokazuju raznovrsnost predmeta koje je proučavao. Jedinica za induktivnost (H) je nazvana po njemu.

Hertz, Heinrich Rudolph nemački fizičar, matematičar i inženjer (1857-1894) prvi je istakao postojanje radio talasa. Dokazao je da se radio talasi prenose brzinom svetlosti. U čast njegovom radu irezultatima, jedinica za frekvenciju (Hz) je po njemu nazvana.

Kelvin, William Thomson škotski fizičar (1824-1907) je predložio mjerenje temperature od apsolutne nule (-273,15 stepeni Celzijusa). Bio je jedan od onih koji su postavili temelje termodinamici. Pomogao je u projektu prenošenja telegrafskih poruka podmorskim kablovima iz Evrope u Ameriku. Usavršio je različite merne instrumente. Odlikovan je za svoj rad. Jedinica za merenje apsolutne temperature (K) je nazvana po njemu.

Kirchoff, Gustav Robert nemački fizičar (1824-1887), otkrio je osnovni zakon elektromagnetne emisije, prema kojem zračenje crnog tela zavisi od temperature tela i frekvencije. Jedan je od utemeljitelja spektroskopije.

Leclanché, Georges francuski pronalazač (1839-1882) po kojem je suva ćelija baterije dobila ime. I danas se još koriste suve baterije za prenosive urežaje.

Morse, Samuel Finley Breese američki umetnik i pronalazač (1791-1872). Među poznavaocima je poznat po minijaturnim slikama. Kao tehničar, poznat je prvenstveno po razvoju telegrafa. Razvio je uređaj za prijem poruka prenetih putem žice, koji radi uz pomoć elektromagnetnog pritiska olovke o traku i tako prima poruku u formi tačaka i crtica. Takođe je razvio šifrarnik tačkica i crtica.

Oersted, Hans Christian danski filozof (1777-1851). Otkrio je elektromagnetnu indukciju izvodeći eksperimente u vreme 20tih godina XIX vijeka kada radio kao predavač. Takođe je proučavao ponašanje tečnosti i gasova pod pritiskom. Bio je mnogo poštovan zbog svojih predavanja i eksperimenata.

Ohm, Georg Simon nnemački fizičar (1789-1854). 1826.g. odredio je odnos između napona, struje i otpora u zatvorenom električnom kolu. Omov zakoni jedinica za mjerenje otpora (Ω) su nazvani po njemu.

Shockley, William američki fizičar (1910-1989). Vidi Bardeen, John.

Swan, Sir Joseph Wilson britanski hemičar i pronalazač (1828-1914), uveliko je pomogao razvoju fotografije. Među njegovim ostalim eksperimentima su sijalica sa grafitnim vlaknom (1860) i sijalica sa metalnim vlaknom (1878).

Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio italijanski fizičar (1745-1827), pronalazač prve električne baterije. Takođe je prvi izolovao gas metan. Jedinica za napon (V) je nazvana po njemu

GLOSAR

Ovaj glosar uključuje neke izraze koji ti možda nisu poznati. Neki su često korišteni u ovoj knjizi, neki manje, dok ostali nisu korišteni ali se tiču elektronike i elektrotehnike.

akumulator baterija, izvor struje, koji se može napuniti kada se isprazni. Akumulator se obično puni strujom iz ispravljača.

ampermetar instrument za merenje struje

anoda spoj diode povezan na pozitivan potencijal. Struja teče kroz ovu diodu samo kada je spojena na pozitivan pol.

apsolutna nula najniža moguća temperatura (-273,15 stepeni Celzijusa)

astabilno nešto je astabilno ako je njegovo stanje aktivno ali se stalno iznova menja

AVO metar instrument za merenje struje, napona ili otpora. Naziv je izveden iz oznaka ovih veličina: A, V i Om.

balansirano kolo kolo kroz koje je struja usmerena i podeljena na način koji podseća na ljuljašku (jedna strana gore, druga dole, ili u ravnoteži)

baterija izvor struje u kojem se hemijska energija (energija sačuvana u hemijskim elementima) konvertuje u električnu. Jednom ispražnjena, baterija je neupotrebljiva, osim punjive.

baza spoj tranzistora kroz koji teče struja a koji ga kontroliše i usmjerava

bit najmanja jedinica kompjuterske informacije

CD disk na koji se mogu spremiti informacije (uključujući muziku)u digitalnoj formi

CD-ROM je u biti CD za snimanje kompjuterskih informacija. Jedan ovakav disk može pohraniti količinu informacija jednaku 300.000 kucanih strana. Može spremiti slike, animirane sekvence, video klipove i zvuk.

čip minijaturna silikonska pločica na kojoj je napravljeno integrisano kolo

crtež kola crtež koji pokazuje kako su spojeni individualni elementi kola

Darlingtonovo kolo kolo u koje struja iz emitera jednog tranzistora ide direktno u bazu drugog

digitalna informacija informacija snimljena nizom bita

dinamo generator jednosmerne struje

dioda poluprovodni element kola kroz koji struja prolazi u samo jednom smeru

dugme osetljivo na dodir senzor koji reaguje na dodir.

električna struja usmereno i kontrolisano kretanje električnog punjenja

električni motor uređaj kojim se struja pretvara u mehaničku silu

električno kolo putanja kojom teče struja. Struja može teći samo kada je kolo zatvoreno npr. pozitivan pol baterije, provodna žica, sijalica, druga provodna žica i negativan pol baterije.

električno polje polje oko električnog punjenja u nutar kojeg su aktivne električne sile

električno punjenje količina elektriciteta. Ako je nešto napunjeno, to znači da sadrži neuravnotežen elektricitet.

elektrolit tečnost koja provodi električnu struju

elektrolitski kondenzator element koji sadrži tečnost (elektrolit). Ovakvi kondenzatori obično imaju veliki kapacitet (nekoliko mikro farada). Za elektrolitske kondenzatore važna je orentacija. Ako je spojen pogrešno, trenutno će biti uništen.

elektromagnet u osnovi kalem kroz koji prolazi struja. Zove se elektromagnet zato što ima osobine magneta kada kroz njega prođe električna energija.

elektron negativno napunjen dio atoma.

elektronski kompjuter uređaj sa elektronskim kolima koji može brzo da izvodi veliki broj operacija.

element supstanca koja se sastoji od samo jedne vrste atoma.

emiter kontakt na tranzistoru gde se struja iz pozitivnog pola baterije kroz bazu spaja sa kolektorom.

energija sposobnost nečega da radi. Energija može menjati svoj oblik: mehanička u električnu (u generatoru), električna u toplotnu (u grejalici), električna u svetlosnu (u sijalici) itd.

frekvencija broj promena u sekundi.

generator uređaj koji pretvara mehaničku energiju u struju. Generatori se koriste u elektranama gde se, npr. mehanička energija vode pretvara u struju.

grafit meki oblik karbona. U elektrotehnici koristi se u otpornicima i kliznim kontaktima. Takođe se nalazi u srcu olovke i u lubrikantima za mašine.
indukcija uticaj magneta na provodnik ili kalem u pokretu. Električna struja je indukovana kroz takve provodnike ili kaleme kada se kreću u blizini magneta.

induktivnost svojstvo kalema, meri se u henrijima (H)

integrisano kolo kolo u kojem je veliki broj elemenata (npr. tranzistori, otpornici, diode) koncentrisan na silikonski čip. Kompleksno integrisano kolo može sadržati nekoliko miliona tranzistora.

ispravljač uređaj koji naizmeničnu struju pretvara u jednosmernu

izolatori supstance koje ne provode struju

jednosmerna struja struja koja teče u samo jednom smeru

kalem električni provodnik savijen u spiralu da stvori induktivnost ili magnetno polje

kapacitet svojstvo kondenzatora. Meri se u faradima (F)

katoda kontakt diode spojen na negativan pol. Struja prolazi kroz ovu diodu samo kada je spojena na negativan pol

kolo sa povratnom informacijom dio kola koji usmerava informaciju iz izlaza ponovo u ulaz istog kola.

kompakt disk vidi pod CD

kondenzator element kola koji čuva struju tako da napon na njegovim kontaktima ostane nepromenjen. Kondenzator stvara otpor promenama napona na njegovim kontaktima.

kulon jedinica za merenje količine struje

laser (skraćeno od Light Amplification by Simulated Emission of Radiation) je uređaj koji emituje tanak i moćan zrak svetlosti samo jedne boje.

LED (Light Emitting Diode) svetleća dioda

magnet tvar koja privlači železne, kobaltne ili predmete od nikla.

magnetno polje područje oko magneta.

mikrofon sprava u kojoj se struja pretvara u zvuk.

mikroprocesor veoma složeno integrisano kolo sa velikim brojem logičkih kola. Biranjem stanja (komandi) na određenim konekcijama moguće je narediti kolu da nešto uradi sa podacima sačuvanim na drugim konekcijama. Mikroprocesori su u stvari „mozgovi“ svih kompjutera.

molekuli najmanji dio supstance koji ima osobine te supstance.

monostabilni nešto (npr. kolo) što ima samo jedan stabilni status. Ako taj status promenimo vanjskim delovanjem on će se vratiti u svoj početni stabilni status.

naizmenična struja struja koja naizmenično teče u jednom, pa u drugom smeru

naponski razvodnik kolo koje se sastoji od dva otpornika spojena na izlazu kola.

napunjeno telo telo kojem je data ili iz kojeg je uzeta struja

niskofrekventni signal čujni signal između 16 i 20 hiljada Hz.

NPN tranzistor tranzistor koji normalno radi kada mu je kolektor spojen na pozitivan, a emiter na negativan pol

NTC (negative temperature coefficient) je termistor u kojem otpor pada kada temperatura poraste.

ommetar instrument za merenje otpora.

oscilator kolo koje proizvodi naizmeničnu struju.

otpor svojstvo otpornika. Meri se u omima (Ω).

otpornik element kola koji odoleva toku električne struje. U njemu se struja promeni u toplotu.

PNP tranzistor tranzistor koji normalno funkcioniše kada mu je emiter spojen na pozitivan, a kolektor na negativan pol.

pojačalo kolo koje pojačava električni signal

pol strana magneta gde je uticaj magnetnih sila najjači.

poluprovodnik supstanca koja ima osobine i provodnika i izolatora. Obrađena je i upotrebljena na pravi način, ponaša se kao provodnik.

potenciometar otpornik sa podesivim otporom. Spojen je na kolo tako da su mu oba kontakta otpornika i klizač spojeni.

prekidač element kola kojim možemo kolo isključiti.

prekidač sa pločicama cevčica sa dve metalne trakice. Kada su namagnetisane (magnetom ili elektromagnetom) dodirnu se i puste struju.

protoni delovi atoma sa pozitivnim naelektrisanjem.

provodnici supstance koje provode elekričnu energiju

pulsirajuća struja struja koja teče u samo jednom pravcu i napon koji varira.

računar urežaj koji može obraditi podatke izvodeći različite operacije sa podacima (npr. računanje)

RAM (random access memory) radna memorija računara. U ovoj memoriji informacije se mogu pisati i čitati.

relej sprava sa elektromagnetom koji privlači železnu pločicu i tako spari pokretni i fiksni kontakt. Pomoću releja možemo uključiti druge kontakte.

robot kompjuterski kontrolisana mašina.

ROM (read only memory) memorijski čip sa kojeg se podaci samo mogu čitati.

senzor element kola koji menja vanjski impuls u električni (npr. senzor vlažnosti).

stabilno stanje koje se ne menja samo od sebe.

svetleća dioda dioda koja emituje svetlo kada kroz nju prođe struja.

termistor otpornik u kojem temperatura menja otpor.

tranzistor poluprovodni element koji menja svoj otpor kao odgovor na električne impulse (struja usmerena na njegov kontrolni kontakt)

univerzalni element vidi AVO metar.

visokofrekventni signali signali frekvencije više od čujne, preko 20kHz.

voltmetar instrument koji meri napon (električni potencijal).

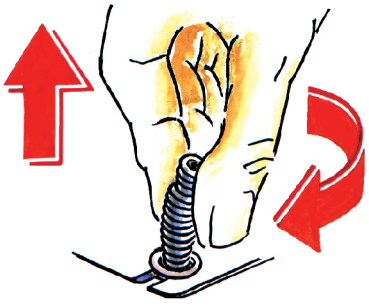
zvučnik uređaj koji menja struju u zvuk.

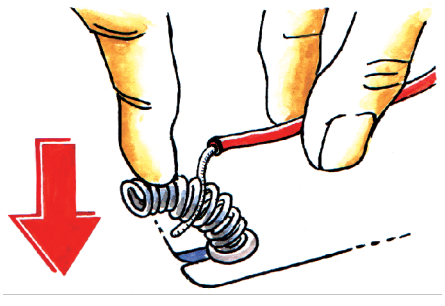
POPIS SKLOPIVIH DELOVA

Br.	POPIS SKLOPIVIH DELOVA	Kom
1	Galvanoskop	1
2	Mikrofon	1
3	Kutija sa komadićima železa	1
4	Kutija sa šarafima i maticama	1
5	Vijci M4 x 5	12
6	Matice M4	16
7	Opruga	30
8	Plastična podloga	1
9	Metalna šipka	1
10	Magnet	1
11	Kalem (solenoid)	1
12	Vijak sa duplim navojem	1
13	Zvonce	1
14	Sijalično grlo	1
15	Stator (sa dve nožice)	1
16	Metalno jezgro	1
17	Žleb za jezgro kalema	1
18	Armatura	1
19	Rotor	1
20	Veliki metalni držač 60 x 12 mm	2
21	Par četkica	1
22	Slušalica	1
23	Pločica od cinka (Zn)	1
24	Pločica od bakra (Cu)	1
25	Šraf M4 x 20	1
26	Plastična pločica	1
27	Metalna špahtla sa plastičnom drškom	1
28	Ugao 25 x 25 mm	4
29	Mali metalni držač 38 x 12 mm	2
30	Otpornik (reostat)	1
31	Mali čekić za zvonce	1
32	Ključ sa odvijačem	2
33	Izolovani spojevi	5
34	Kompas	1
35	Sijalica 12 V/0,05 A	1

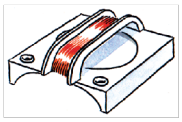
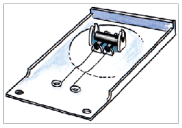
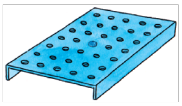
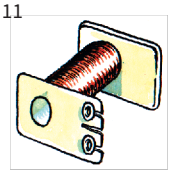
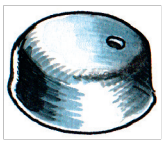
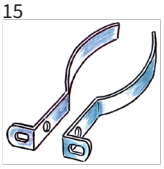
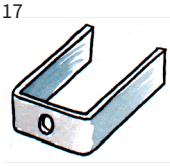
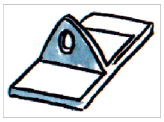
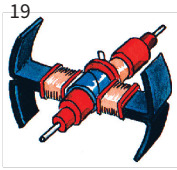
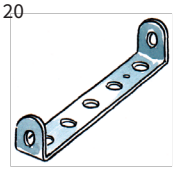
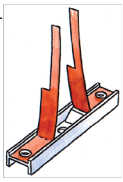
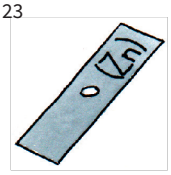
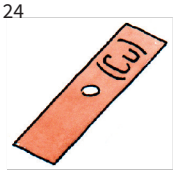
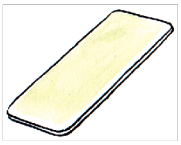
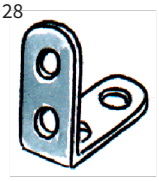
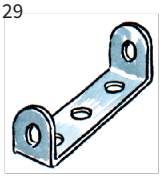
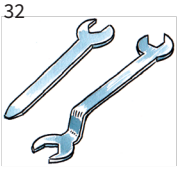
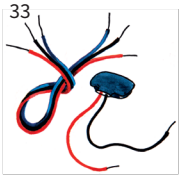
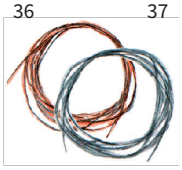
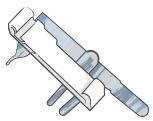
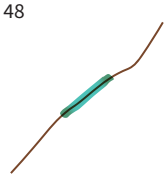
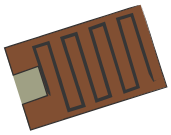
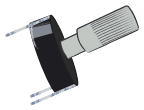
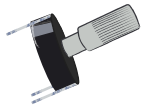
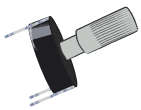
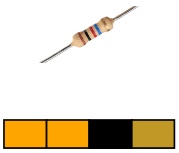
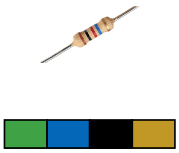
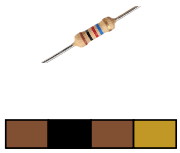
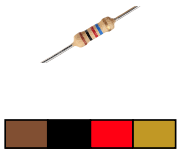
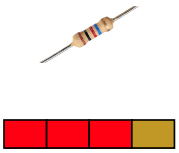
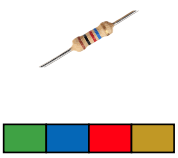
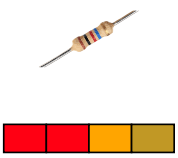
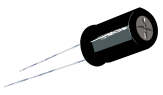
Br.	POPIS SKLOPIVIH DELOVA	Kom
36	Bakarna žica	1
37	Postojana žica	1
38	Kućište za 9 V bateriju	1
39	Osnovna ploča	1
40	Prekidač	1
41	Relej	1
42	Tranzistor BC548	3
43	Crvena LED dioda	1
44	Zelena LED dioda	2
45	Zvučnik 8 Ω, 0,5 W	1
46	Diode 1N4004	2
47	Termistor NTC 10 kΩ	1
48	Relej sa cevčicom	1
49	Indikator vlažnosti	1
50	Potenciometar 100 Ω	1
51	Potenciometar 10 kΩ	1
52	Potenciometar 47 kΩ	1
53	Otpornik 33 Ω, 0,5 W	1
54	Otpornik 56 Ω, 0,5 W	1
55	Otpornik 100 Ω, 0,5 W	1
56	Otpornik 270 Ω, 0,5 W	1
57	Otpornik 1 kΩ, 0,5 W	2
58	Otpornik 2,2 kΩ, 0,5 W	1
59	Otpornik 5,6 kΩ, 0,5 W	1
60	Otpornik 22 kΩ, 0,5 W	3
61	Otpornik 100 kΩ, 0,5 W	1
62	Keramički kondenzator 1,5 nF	1
63	Keramički kondenzator 10 nF	2
64	Keramički kondenzator 47 nF	1
65	Keramički kondenzator 100 nF	1
66	Elektrolitski kondenzator 100 µF/16 V	2
67	Elektrolitski kondenzator 1000 µF/16 V	1
68	Kontaktna žica, dužine 55 mm	4
69	Kontaktna žica, dužine 100 mm	6
70	Kontaktna žica, dužine 150 mm	4

Ubacite kontakt (priključak) u osnovnu ploču.





Ubacite žicu u kontakt (priključak).

1 	2 	3	4	5 6	7	8 
9	10	11 	12	13 	14	15 
16	17 	18 	19 	20 	21 	22
23 	24 	25	26 	27	28 	29 
30	31	32 	33 	34	35	36 37 
38	39	40 	41	42	43	44
45	46	47	48 	49 	50 	51 
52 	53 	54 	55 	56	57 	58 
59 	60 	61	62 1,5µF (152)	63 10µF (103)	64 47µF (473)	65 100µF (104)
66	67 	68 L = 55 mm	69 L = 100 mm	70 L = 150 mm		

ELECTRO PIONEER

273 experiments of magnetism, electricity and electronics

Uses one battery 9V ⎓ IEC 6LR61-9V ⎓ (not included)

Producer and copyright-holder: LIVE MEHANO d.o.o. • Polje 9 • 6310 Izola • Slovenija

CONTENTS

INTRODUCTION 267
UNITS 268
BASIC COMPONENTS OF ELECTRIC CIRCUITS ..... 269 - 278
ELECTRIC CIRCUITS ..... 279 - 322
ELECTROSTATICS ..... 323 - 328
MAGNETISM ..... 328 - 333
BATTERIES AND ELEMENTS ..... 333 - 339
ELECTROMAGNETISM ..... 339 - 342
ELECTROMAGNET IN ENGINEERING ..... 342 - 345
GENERATORS AND ELECTROMOTORS ..... 345 - 346
WHO IS...? 347
GLOSSARY ..... 348 - 350
LIST OF ASSEMBLY PARTS ..... 351 - 352

RIGHTS AND OBLIGATIONS

By purchasing this book, you agree to comply with all copyright regulations covering this type of work, and not to violate the copyright. The contents of this book are protected by the copyright law. No part of this book can be reproduced or rewritten, photocopied or transferred to any information storage media without explicit prior written permission from the publisher. All experiments described in this book have been carefully examined and tested. Nevertheless, the publisher does not accept responsibility for any physical and/or material damage, or for injuries occurring during the assembly of the experiments described in this book.

TO OUR YOUNG READERS

We are delighted that you have entered the fascinating world of electric through our book, and we hope that you will enjoy the experiments. However, this kit is not meant solely for your enjoyment. By conducting the experiments and reading the pertaining explanations, you will also learn the basics of electric, which you will find useful time and again in the real-life situations.
Do not be afraid to experiment. The results of an experiment are worth more than the opinions of a thousand experts, so test all your new ideas. If an experiment does not work as, it should, do not be discouraged. Once you have found and solved the problem you will have learned something new and useful which you will be able use when conducting other experiments.
All the experiments suggested in this book have been designed so that you cannot injure yourself or cause any damage to your surroundings, apart from the odd scratch on your fingers. This book describes a fair number of different experiments. Some are so simple that explanations are unnecessary. Others are complicated and you might not be able to fully understand how they work at once. After repeated and closer study, you will be able to build and operate even the most difficult experiments with ease. However, if an experiment is causing you considerable difficulty and frustration do not be afraid to skip it and return to it at a later date. The diversity of experiments, provides everyone with the opportunity to learn more about the subject. In addition, the detailed description of the experiments and their functioning given in this book might prove helpful to you in your school work.

DEAR PARENTS

By buying this book, you are entering the world of electric with your child. If you feel at ease with this subject, offer your child support and inspiration. If this world is new to you, do not hesitate to join in with your promising scientist. The world of electric is full of revelations for younger as well as older learners.

We would like to take another opportunity to stress the fact that the kit is completely safe. It has deliberately been designed for battery power, since using the mains supply could present a potential hazard, especially for inexperienced users. NEVER ALLOW YOUR CHILD TO USE MAINS POWER WITH THIS KIT!

Use of a converter has not been mentioned. If you have experience with electronics or electricity, a converter can be used as the power source, but only under your supervision. Unsupervised use of a converter can result in damage to the parts.

NOTICE TO PARENTS

- BEFORE USE, THE CHILD SHOULD READ THE INSTRUCTIONS CAREFULLY AND FOLLOW THEM.
- THE COLLECTION IS INTENDED FOR CHILDREN OF BOTH SEXES FROM 9 YEARS OLD.
- USE 9V IEC 6LR61 BATTERY FOR EXPERIMENTS.
- DO NOT USE RECHARGEABLE BATTERIES (eg Ni-Cd batteries).
- THE BATTERY MUST BE CONNECTED WITH THE CORRECT POLARITY.
- NEVER TRY TO MAKE A CIRCUIT THAT USES ELECTRICAL ENERGY FROM THE PLUG TO WORK! THIS COULD BE DANGEROUS TO YOUR LIFE AND THE SURROUNDINGS! ELECTRICITY FROM A WALL PLUG IS DEADLY DANGEROUS. THE CONSEQUENCE OF SUCH ACTION CAN ALSO BE A FIRE! PLEASE NOTE THAT THE KIT AND ITS COMPONENTS ARE NOT INTENDED TO WORK AT MAINS VOLTAGE.
- IT IS PREFERRED THAT THE EXPERIMENTS ARE CARRIED OUT IN THE PRESENCE OF ELDERLY PEOPLE.
- DO NOT PERFORM EXPERIMENTS NOT DESCRIBED IN THE INSTRUCTIONS.
- IF YOU ARE NOT GOING TO USE THE ASSEMBLED CIRCUIT FOR A LONG TIME, REMOVE THE BATTERY.
- CIRCUITS MUST ONLY BE POWERED BY THE SPECIFIED BATTERY.
- WE RECOMMEND THE USE OF AN ALKALINE BATTERY WITH AN ADDITIONAL "GREEN" LABEL.
- DO NOT PUT THE BATTERY INTO CONTACT WITH METAL PARTS AS THERE IS A POSSIBILITY OF FIRE OR EXPLOSION.
- NEVER TRY TO CHARGE THE BATTERY.
- THE BATTERY MUST BE REPLACED BY AN ADULT.
- DO NOT THROW BATTERIES INTO A FIRE.
- DISCOVER THE USED BATTERY IN THE CONTAINERS DESIGNATED FOR THIS.
- POWER SUPPLY CONNECTIONS ARE NOT ALLOWED TO BE SHORTED.
- THE ITEM CONTAINS ELEMENTS WITH FUNCTIONAL SHARP TIPS OR CUT EDGES.

EN71: Magnet

WARNING: Not suitable for children under 9 years. This product contains a small magnet with a magnetic flux of over 50 KG2mm. Swallowed magnets can stick together across the intestines causing serious injuries. Seek immediate medical attention if magnet(s) are swallowed.

EN62115:

WARNING: Only for use by children aged 9 years and older. Instructions for parents are included and must be observed. This product contains loose wire. The wires are not to be inserted into socket-outlets. Experiment 97: The temperature increases of the resistor in experiment 97 exceeds the limit, but the instructions did not point out the possible hazards or include a warning. One must not directly contact the hot surface of accessible parts during and after the experiment, such as the surface of the resistor, the batteries, the winding and other electronic components. Do make sure that the temperature has fallen, otherwise there may be a risk of burning. The packaging has to be kept since it contains important information.

WARNING

Do not use re-chargeable batteries (i.e. nickel cadmium). Only batteries of the same or equivalent type as recommended are to be used in this toy. We recommend the use of alkaline batteries. Batteries are to be inserted with the correct polarity. Change all batteries. Do not mix different types of batteries (i.e. alkaline and zinc carbon), or old and new batteries together. Batteries must only be charger by an adult. You should not leave discharged batteries in the battery compartment. In case you do not intend to use this toy for a long time, please remove the battery. Batteries must not come into contact with metal parts as this may cause an explosion. Non-rechargeable batteries are not to be recharged. Re-rechargeable batteries are to be removed from the toy before being charged (if removable). Re-rechargeable batteries are only to be charged under adult supervision (if removable). Do not throw batteries into a fire. Please dispose empty batteries into appropriate containers. Do not short-circuit the supply terminals. Colours of insulated wires can vary from colours shown on the pictures in the manual.

INTRODUCTION

Application of electronics discoveries has brought wonderful changes to our world. Less than fifty years have passed since the first use of the transistor, and hardly a decade since the discovery of integrated circuits. Electronics is used in every aspect of our lives. Ask your grandparents whether they had televisions and radios in their youth; not to mention video recorders, computers, portable cassette players, automatic cam- eras, and other electronics appliances without which we cannot imagine our lives today. Your grandparents will certainly admit that electronics has brought profound changes to their lives. Maybe some will complain and reminisce about "the good old days", but do not let that worry you. Their grandparents did the same. And maybe you will too when you talk to your own grandchildren.

Electronics certainly does affect our lives and we should pay attention to it. The fact that you are reading this book proves that you believe so too. How do video recorders and computers and digital watches and CD players work? The answer isn't simple. You probably have Lego bricks at home. When your younger brother or sister asks you how to build a castle, space-craft or house, you would know. You used a multitude of small simple blocks. Each block on its own is simple, but when you assemble them into a whole, you build something which does not resemble any of the individual blocks. While you were busy constructing your masterpiece, you probably weren't very worried about how and from what material the Lego blocks were made.

Similarly in electronics, a complex electronic circuit is assembled from simple elements. Even great experts can't tell precisely how such a complicated and complex electronic circuit works. You surely know how to use a television and how to play your pocket computer games. And it does not worry you that you do not know how they work. Just as you need a range of small blocks for your Lego castle, you must first know how to make numerous small and simple circuits, before you can make a complex electronic circuit.

This is where this book will help you. By studying it, you will learn how simple electronic circuits work and by applying the knowledge gained from this book, you will be able to assemble quite complicated circuits yourself.
In these instructions there are 270 explanations of experiments and theoretical descriptions. To enable you to perform them the set contains all necessary assembly parts, except those that can be found in any household.
There are: a notebook sheet, a piece of paper, a comb, a wooden pencil, a glass of water, a pin, a pointer, tin/alu-foil, cotton thread, nails, matches, cardboard, needles, iron tin, expanded polystyrene (or elder), knitting needles (iron), a candle, a penknife, a map of Europe, a wooden ruler, a book, a hammer, container with water, corks, a wooden board, iron wire, salt, sand, lead refills for pencils Ø 0.5 or more, or painting charcoal (or carbon rods from battery), iron plate 40 x 5 mm, an elastic band, a wrist watch, a file, string, yoghurt plastic cup, a coin.

The set has been intended for boys and girls over 9 years of age. It is suitable for individual, as well as group work, and can be successfully used in elementary schools, although it has been originally prepared for extra - curricular activities. As these sets are also used for extra - curricular school activities in these are a few descriptions of experiments in which will we need to buy or to borrow a few other parts:
- No. 35 Bulb 12 V/0.05 A screw E10 (1 piece for experiment No. 207, 2 pieces for experiments No. 209 and No. 210)
- No. 14 Incandescent bulb holder E10H1 (1 piece for experiment No. 207, 2 pieces for experiments No. 209 and No. 210)
- No. 38 Insulated connecting for battery (1 piece for experiments No. 211, No. 230 and No. 260, 2 pieces for experiments No. 212)

HOW TO EXPERIMENT

Each experiment has been marked with a consecutive number. Although the experiments can be made irrespectively of the consecutive number, it is recommended to do them in the numerical order. To explain the procedure of these experiments let us take the experiment No 130/131 referring to the electric bell. At the end of the text there are few numbers written. They denote all indispensable assembly parts, the pictures and names of which can be found in the list of assembly parts, given at the back cover of this booklet. In our case these numbers are: 5-6-7-8-11-12-13-16-17-25-28-31-33 etc. Considering this numerical order, we should sort out and arrange the following units:

4 x 7 = spring clips
8 = plastic base
6 x 5 = screws
13 x 6 = nuts
11 = coil
12 = double threaded screw
13 = bell
16 = iron core
17 = core sleeve
25 = screw M4 x 20
3 x 28 = angle 25 x 25 mm
31 = little hammer
33 = insulated connecting wire

• 2 x 5 - means you need two assembly parts No 5
• (20) - a number in brackets means you need the same parts as in experiment No 20.
• notebook sheet, comb - means that this part is not included and can be found in any household.

Example: Fix the angle on the plastic base with the screw and the nut. Next comes the iron core with its sleeve. The coil is mounted on the core etc. All assembly parts should be in firm contact. In case of faulty operation an effort should be made to detect the fault and fix it. It is recommended to experiment in electrostatics in dry weather, especially in winter, with dry hands.

We wish you much success in young experimenting …

UNITS

Since we will be dealing with various physical quantities measured in various units, we must first learn about the units of measurement used in electronics.

In Slovenia, as elsewhere in the world, we use, in technical matters, the SI system of units - Système International (as the French write International System). In this system, the basic units are:

Quantity	Unit	Abbreviation
length	metre	m
mass	kilogram	kg
time	second	s
electric current	ampere	A
temperature	kelvin	K
luminous intensity	candela	cd
amount of substance	mole	mol

All other units are derived from these basic units and can be expressed in terms of them: i.e. a volt is a derived unit. The equations of individual derived units are not very simple and are beyond the scope of this book.

Many of the things around us can be measured, and their properties defined. Thus, we can measure the length of a table. For this we use a measuring instrument (i.e. a ruler) with a scale dividing it into small units. The unit for measuring length is the metre. You probably also know other units. Mass is measured in kgs, time in seconds, volume in cubic metres, etc.

We often use measurement values which are much larger or smaller than our basic unit. In such instances we use prefixes which state how many times our unit is smaller or larger than the basic unit.

For measurement values which are much larger than the basic unit, we use the following prefixes:

prefix	symbol	value	we multiply the basic unit by
kilo-	K	10^3	1.000
mega-	M	10^6	1.000.000
giga-	G	10^9	1.000.000.000
tera-	T	10^{12}	1.000.000.000.000

So, 1 kilometre is equal to 1,000 metres, and 101.6 megahertz is equal to 101,600,00 hertz or:

1 km = 1,000 m
101.6 MHz = 101,600,000 Hz

For measuring values which are much smaller than the basic unit, we use the following prefixes:

prefix	symbol	value	we divide the basic unit by
mili-	m	10^{-3}	1.000
mikro-	µ	10^{-6}	1.000.000
nano-	n	10^{-9}	1.000.000.000
piko-	p	10^{-12}	1.000.000.000.000

So, 1 millimetre is equal to 0.001 metre and 10 millilitres are equal to 0.01 litre or:

1 mm = 0.001 m
10 ml = 0.01 l

BASIC COMPONENTS OF ELECTRIC CIRCUITS

ELECTRIC CIRCUIT

Electric current cannot be heard, seen or smelt.

WHY DOES ELECTRIC CURRENT FLOW? Electric current flows when we have an electric potential difference and a closed circuit. Imagine we have a bowl full of water on the table, and another empty bowl under the table. Connect the two with a hose through which the water will flow. The upper bowl will empty as the lower one fills. The larger the hose, the more water will flow through it.

Now let us fit a wheel above the lower bowl. If the wheel is small and light enough, the current from a small hose will make it turn. If we fit a bigger wheel, we will either have to use a larger hose with greater current or, if we want to use the same hose, move the upper bowl higher to get a stronger jet, say from the table to the cupboard.

Sooner or later, the upper bowl will be emptied. If we connect a hand pump to the lower bowl, we can pump the water from the lower to the upper bowl. This experiment with the bowls, hoses, wheel and pump shows basically what happens in an electric circuit. The higher bowl is one pole of the battery. The various sizes of hoses are different sizes of conductors, through which stronger or weaker electric current passes. The smaller or larger water-wheels are the power consumers (i.e. stronger or weaker electric motor or stronger or weaker light bulb). Just as the upper bowl will empty sooner if the wheel and hose are larger, so the battery will empty sooner if the conductor is larger or the electric motor stronger.

Instead of using a battery as the power source, we use a generator, just as in power plants. In our case this is the water pump. In our bowl-and-hose system, the circuit consists of the upper bowl, the hose, the water-wheel and finally the lower bowl. In an electric circuit, current will flow from the positive (+) pole, through the conductor, through the consumer and into the negative (-) pole.

The effect of the electric current depends on whatever is connected to the circuit. If we connect an electric motor, the effect will be to turn its axle. If we connect a buzzer, we will hear the buzz. If we connect a light bulb, we will see its light. The possibilities are many. In making electric circuits, we use some basic components. These are: batteries, conductors, resistors, capacitors, switches and semiconductors (diodes, light emitting diodes, transistors and integrated circuits).

BATTERY

Electric batteries are sources of electric power. The main characteristic of electric batteries is their voltage. The unit for voltage is the volt, named after the Italian physicist Alessandro Volta. The symbol for the unit is V. The symbol for voltage is U.

The voltage between the poles of the small batteries we use in our cassette players is 1.5 V. The voltage between the poles of a car battery is 12 V. The voltage in a three-cell flat battery is 4.5 V.

For batteries and accumulators, we use the same symbol; a long, thin and a parallel shorter and thicker line. The thinner line is the positive pole, and the thicker line the negative pole, of the battery. If we connect several battery cells in a serial connection, we obtain a battery with higher voltage. One battery cell will usually have 1.5 V. So, a 9 V battery will have six closed cells, and a 4.5 V battery three closed cells, serially connected.

Serial connected batteries are usually drawn on our drawings so, that thinner and thicker lines are shown in a column or points are drawn between two symbols of the battery. Symbols of the batteries and their external look like are shown on figure a and b. Come back to the comparison with the bowls; image bowl stairs, connected with a hose. From the highest bowl the water will circulate into the lower through the hose, and from the last bowl the water which was in all the bowls will come out. We can show the serial connection this way.

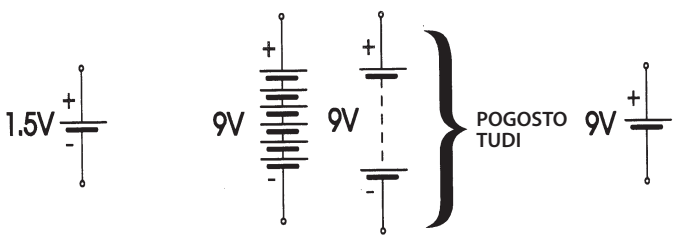


Figure a - Symbol for battery

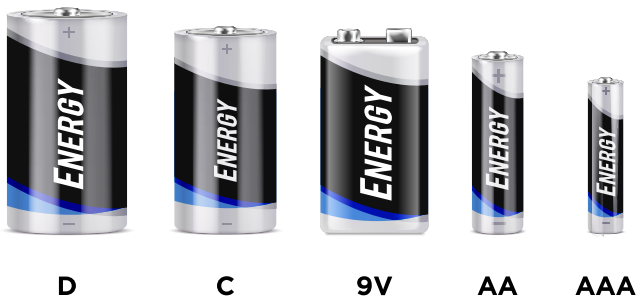


Figure b - Various batteries

CONDUCTORS

We use conductors to connect the components of electric circuits into closed circuits. In circuit diagrams, conductors are shown as lines. If conductors cross, then so do the lines on the diagram. If conductors are to be connected, this is shown in the diagram by a dot. If the components and circuits are connected serially, then the dots are not drawn in the diagram. Examples of crossing, connections and serial connections are shown in the figure c.
If we compare the conductors to hoses, it should hold that larger conductor lines can convey more electricity. The wires which you have in your kit can be used in all your experiments. To make sure that the current flows where it should, the wires are insulated and the insulation is removed only at the ends.

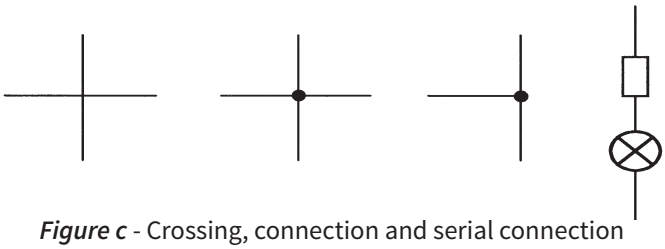


Figure c - Crossing, connection and serial connection

SWITCH

The switch is used to connect, e.g. close, the circuit or to disconnect, e.g. sever, the circuit. The switch and its symbol are shown in the figure d and e. The diagram also shows whether the switch is on or off.

Electric current flows through a closed circuit. Electric current is the electric charge which flows through the conductor per second. In an equation, it is expressed as:

I=Q/t

In this equation, I is the current and Q the electric charge which passed through the conductor in time t.
Electric current is measured in amperes (A) after the French physicist André Ampère. The symbol for current is I.

Figure d - Conductors and switch

Figure e - Symbol for switch in circuit diagrams

ELECTRIC CURRENT

If we return to our water bowls, the quantity of water in the upper bowl represents the electric charge stored in the battery. More water will flow through a larger hose; in other words, the current will be greater. Of course, stronger currents will empty the battery sooner. The same holds for batteries and light bulbs: if a light bulb is stronger, a larger current will flow through it at the same voltage. The bulb will produce more light, but the battery will empty sooner than with a smaller bulb.

ALTERNATING ELECTRIC CURRENT

Imagine that we are observing water flow through a strait between a bay and the open sea. What happens with the tide? When the water level is higher in the open sea, due to the tide, the water flows into the bay. When the water level in the sea is lower, the water flows from the bay into the open sea. As a result of the shifting tides, the water flows once into and then out of the bay. We can say that in our strait we have an alternating flow of water.
Similarly, electric current can flow through a conductor first in one direction and then in the other. Such a flow of electric current is called alternating current (AC).
Although the current from the battery always flows in only one direction, we will, in our experiments, come across situations where the current will flow in one direction and then the other through certain elements of the circuit. An alternating current will flow through these elements.

FREQUENCY

In alternating current, we can count how many times per second the electric current changes direction. The number of changes per second is called the frequency. The unit of frequency is the hertz (Hz), named after the German physicist Heinrich Hertz.
Now, if we recall the chapter on units, we will find that there is no basic unit for frequency. But we have said that all other units are derived from the basic units. And how do we derive a unit for frequency? Frequency is the number of changes per second. We have no unit for "number of changes", but 1 second is a basic unit. The unit for frequency can be expressed as:
(unit for frequency) = (unit for number of changes)/ (unit for time)

Hz=1/s

This is an example of a simple equation of units of the unit system. Other units (i.e. volt or ohm) are not derived so easily.
If an alternating signal has a low frequency, we call it a low frequency signal. The current flowing through the coil of a loudspeaker is a low frequency current. The sound which we hear is between 16 Hz and 20 kHz. Electrical signals at such frequencies are called low frequency signals. The electric current flowing through the cable between an antenna and a television is a high frequency current.
In our experiments, we will deal only with low frequency alternating currents.

RESISTOR

A resistor is usually made from a ceramic tube covered in a resistant coating (i.e. graphite or metal). At the end of the tube are two wires through which the resistor is connected to the circuit. A resistor and its symbol are shown in the figure f and g.
If we compare the characteristics of a resistor to the flow of water, the resistor would be a narrow area in the hose through which the water is flowing. The more the hose is narrowed, the harder it will be for the water to flow through.
The current flowing through the resistor depends on the voltage at the connections and the resistance of the resistor itself. The greater the volt- age, the more current will flow through the resistor. At an equal voltage, more current will flow through a resistor with lower resistance. This can be expressed by the equation:

I =U/R

In which I is the current flowing through the resistor, U is the voltage at the contacts of the resistor and R is the resistance of the resistor. We can turn the equation around to obtain:

U=IxR

This is Ohm's Law, named after the German physicist Georg Simon Ohm, who studied the relations between electric current, voltage and resistance in an electric circuit. The unit for electrical resistance is the ohm and the symbol is the capital Greek letter omega (Ω). Just like with other units, we use prefixes for larger values, i.e. kilo and mega: 1 kilo- ohm is one thousand ohms and one megaohm is one million ohms.
Since resistors are usually small, numbers written on them would soon be rubbed out. To make finding different resistors easier, the values of resistors are marked by coloured bands.

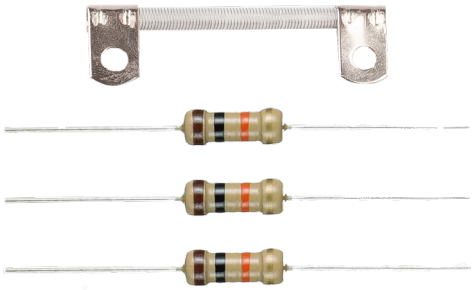


Figure f - Resistors

Figure g - Symbol for resistor

HOW DO WE READ THESE BANDS?

Hold the resistor so that the coloured bands are nearer its left side. If there are several bands, then the widest one should be on the right side. There can be three to five bands on a resistor. If there are more than three bands, then the right band shows its accuracy. If there are three or four bands, then the first two show the numerical values and the third the number of zeros following the numbers. If there are five lines, then the first three show the numerical values and the fourth the following zeros.

The colour codes are given in the table below:

0	black	
1	brown	
2	red	
3	orange	
4	yellow	
5	green	
6	bue	
7	violet	
8	grey	
9	white	

The same colour codes are used to show the number of following zeros:

0	none	
1	one	
2	two	
3	three	
4	four	
5	five	
6	six	
7	seven	
8	eight	
9	nine	

To mark resistors with a resistance below 10 ohms, the numerical values will be too large.
In this case, the number value has to be divided by ten or one hundred.

to divide by ten	gold	
to divide by one hundred	silver	

The last (fourth or fifth) band tells us how accurate the resistor is. When the resistors are produced, they do not all come out completely equal. Resistors which are supposed to have equal resistance can slightly differ. If we take a box of resistors with one particular resistance value, say 100 Ω, and measure their resistance, the measured values will not be completely the same. With more accurate production, these differences will be smaller. As you can imagine, of course, more accurate resistors are more expensive. Considering the use and price of the elements, the user has to decide the required accuracy of the elements needed. Producers often vouch for the accuracy of their products. If the accuracy of a resistor is marked, then it will be marked by the following colour bands:

± 10%	silver	
± 5%	gold	
± l%	brown	
± 2%	red	
± 0,5%	green	
± 0,25%	blue	
± 0,1%	violet	
± 0,05%	grey	

Thus, a resistor with a resistance of 100 Ω made with an accuracy of ± 10% will have a resistance between 90 Ω and 110 Ω. Let's look at some examples:

A resistor with three bands: brown, black, red.
Value is: one, zero, two zeros: 1,000 Ω.

Resistor with four bands: orange, orange, orange, gold
Value is: three, three, three zeros: 33,000 Ω
Accuracy: ± 5%.

Resistor with five bands: red, black, green, gold, (broad) red.
Value is: two, zero, five, divide by ten: 20.5 Ω
Accuracy: ± 2%.

If we need a stronger resistor, it will usually be bigger. Very powerful resistors are made so that a resistor wire is coiled around the ceramic tube. In our experiments, we will not be using such resistors.

Sometimes we need resistors which can quickly change values. Imagine we have a sliding contact on our resistor. When the contact point changes, the resistance between the contact and the slider changes. Such resistors are called potentiometers. In potentiometers, the resistant layer is on a thin plate shaped like a ring. The slider is attached to a shaft. An example of the use of a potentiometer is in the experiment where we adjust the volume in a radio receiver. Since the housing of the potentiometer is large enough, the resistance value is written on it in numbers, i.e. 50 K (50 kΩ).

If we wish to use the potentiometer as an adjustable resistor, we connect it to the circuit at one end output and connect the middle output to the slider. When the slider is next to the end output, the resistance is low or negligible. When the slider is at the opposite end, the entire resistant layer lies between the contacts, and the resistance is the highest possible for that potentiometer. This is the resistance given on the housing of the potentiometer.

COLOR	no. 1	no. 2	no. 3	MULTIPLIER	TOLERANCE
SILVER	-	-	-	10^{-2}	10 %
GOLD	-	-	-	10^{-1}	5 %
BLACK	0	0	0	1	-
BROWN	1	1	1	10^{1}	1 %
RED	2	2	2	10^{2}	2 %
ORANGE	3	3	3	10^{3}	-
YELLOW	4	4	4	10^{4}	-
GREEN	5	5	5	10^{5}	5 %
BLUE	6	6	6	10^{6}	0,25 %
VIOLET	7	7	7	10^{7}	0,1 %
GREY	8	8	8	10^{8}	0,05 %
WHITE	9	9	9	10^{9}	20 %

When we use the potentiometer as an adjustable resistor, only two outputs are used: the middle output and one of the end outputs. In diagrams, such adjustable resistors are often drawn as resistors crossed by an arrow. Generally, in circuit diagrams, an element crossed by an arrow means that the element is adjustable.
The figure h shows a symbol for a potentiometer and a potentiometer used as an adjustable resistor.

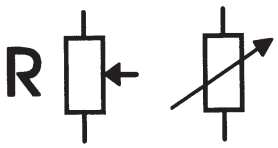


Figure h - Symbol for potentiometer

SHORT CIRCUIT

The resistance of a wire, compared to any other element in the circuit, is very small. We can say that it is zero.
If we connect a wire in parallel to another element, the current will flow through the wire, rather than through the element. We could say, that the current chose the "easier" path. Such a by-pass is called a short circuit. A short circuit can also be a by-pass produced by pressing a button or flicking a switch.

OPEN CONTACT

If we sever the circuit at some point, the path along which the electric current could flow will be disconnected, because electricity cannot be conducted through the air. Such a point is called an open contact. If one contact of such an element is in the air, electric current cannot flow through it.

EARTH

We will often use the term "earth". In electrical terms, this usually means the part of the circuit connected to the negative pole of the battery. In a car, we can say of any conductor connected to the bodywork that it is earthed. In our circuits, it will mean that it is connected to the negative pole of the battery.
Unless explicitly specified, voltage is usually measured between a particular point and the earth, or negative battery pole. So, if you see 9V written on the collector, the voltage is measured between the collector and the negative pole of the battery.
The symbols for earth are shown in the figure i.

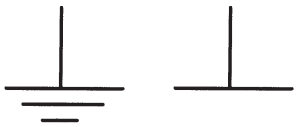


Figure i - Symbols for earth

CAPACITOR

A capacitor is made of two parallel plates divided by a layer which does not conduct electricity. In order to make it smaller, it is rolled like tissue paper.

The ability of the capacitor to accept a certain electric charge is called capacitance. The unit of capacitance is the farad (F), named after the English physicist Michael Faraday. The symbol for capacitance is C. The farad is a very large unit, so we use smaller units: a microfarad (μF) is one-millionth of a farad and one nano-farad (nF) is another thousand times less. The numerical value of the capacitance is usually written on the capacitor.

What would a capacitor be in our water experiments? Suppose we put an empty balloon at the end of the hose and fill it with water. If we then remove the hose, the water will gush out. The larger the balloon, the more water will go into it. If we place the bowl higher, the balloon will again accept more water.
The height of the upper bowl represents in a capacitor the voltage at its outputs, the size of the balloon represents the capacitance, and the quantity of water accepted by the balloon represents the electric charge.

The capacitance of a capacitor is:

C=Q/U

Q is the electric charge (in coulombs, C) on the plates of the capacitor, U is the voltage at the outputs of the capacitor (in volts, V). If a capacitor has greater capacitance, it will accept more electric charge at the same voltage.

The capacitors used in our experiments are of various sizes and shapes. Some are shaped like tablets, with wires on both plates. These are ceramic capacitors. Others take the shape of plastic cylinders or cubes. These are rolled inside and surrounded by a housing. The third type are electrolytic capacitors. For these, it is very important how we connect them. Which contact goes to the positive and which to the negative pole of the circuit is usually marked on the housing of electrolytic capacitors. On the housing of electrolytic capacitors, you can also see the upper voltage limit which they can accept. If we connect a capacitor to a high- er voltage, it will soon be destroyed.
Electrolytic capacitors have a capacitance of several microfarads. Ordinary and electrolytic capacitors and their symbols are shown in the figure j and k.

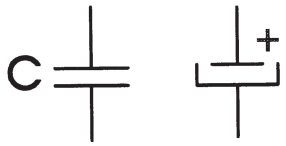


Figure j - Symbol for ordinary and electrolytic capacitor

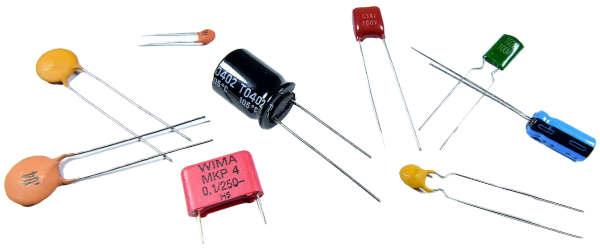


Figure k - Capacitors

COIL

A coil is a long wire wrapped around a support. If we let electric current flow through a coil, it will behave like a magnet. We can observe how a connected coil attracts iron items, like wire, nuts and bolt, etc.
The coil resists the changes in the current running through it. A wound hose with water flowing through it will behave similarly if the hose is long and there is a lot of water in it. After we disconnect the end of the hose from the tap, the water will continue to flow for some time before it calms down and stops flowing.

The characteristic of a coil is its inductance. The unit for inductance is called a henry (H), after the English physicist Joseph Henry. The symbol for inductance is L.
A coil and its symbol are shown in the figure l and m.

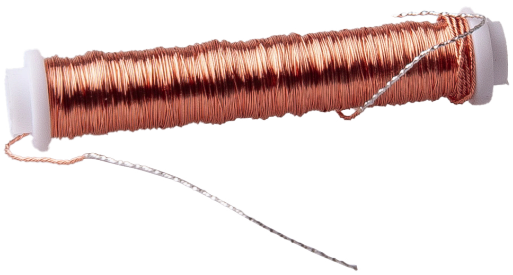


Figure l - Coil

Figure m - Symbol for coil

THERMISTOR

A thermistor is a special kind of resistor. Its property is that the resistance changes greatly if we heat it. As to whether the resistance increases or falls when we heat it, we say that the thermistor has a positive or negative temperature coefficient. The resistance of a thermistor is always given for room temperature (20° C). This kit includes a thermistor in which the resistance drops if it is heated.

Externally, thermistors often resemble ceramic capacitors. The resistance is marked in numbers, or colours, with the first colour on the opposite side of the output wires.
The thermistor and its symbol are shown in the figure n and o.

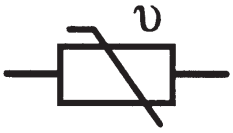


Figure n - Symbol for thermistor

Figure o - Thermistor

LIGHT BULB

The kit also includes a light bulb, which we will use in our experiments. The bulb, the fitting for the bulb, and the symbol for the bulb are shown in the figure p and s.

The filament light bulb was invented almost simultaneously by an American and a British inventor: Thomas Alva Edison and Sir Joseph Wilson Swan.

Figure p - Symbol for light bulb

SEMICONDUCTING DIODE

A semiconducting diode uses the properties of matter which conducts electric current only under specific conditions.
The property of a semiconducting diode is that it conducts electric cur- rent only in one direction. When connecting a diode to a circuit, we must be careful to turn the diode in the correct direction. The direction of the current is marked on the diode. The positive contact of the diode is called an anode, and the negative contact a cathode. Electric current will flow through the diode when the anode is connected to the positive and the cathode to the negative pole of the battery.
If the diode is cylindrical, the cathode will be marked by a coloured line, or the symbol for the diode will be drawn on it.
One variety of the diode is the light emitting diode (LED). When electric current flows through LED, it glows. LEDs are designed to emit different coloured light, i.e. red, green, yellow. LEDs have a shorter contact for the cathode, and the ring of the housing of the diode is cut away on the side of the cathode.
Various types of diodes and LEDs and their symbols are shown in the figure r and s.

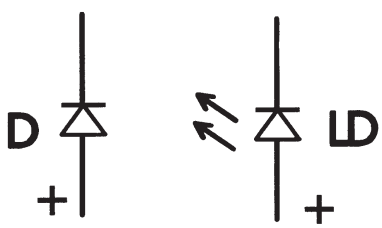


Figure r - Symbols for diode and light emitting diode

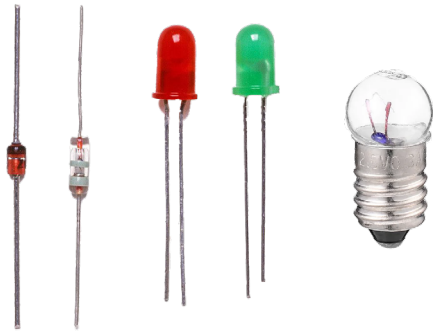


Figure s - Light bulb and diode

TRANSISTOR

The transistor was the result of research work conducted at the American Bell corporation. It was invented in 1948 by Walter H. Brattain, John Bardeen and William Shockley. The invention of the transistor sparked an irrepressible wave in the development of electronics, which is still in progress today. The transistor is a semiconducting element with three outputs. Its property is that its resistance changes depending on the current that flows through its control output.

How could we explain the behaviour of a transistor with the water flow analogy? Suppose we fitted a valve onto the hose. A spring keeps the valve closed. On the shaft of the valve is a long handle holding a small container with a hole in it, through which the water drips. Through a thin hose, we direct water from the upper bowl into the small container. The container will fill up and the handle of the valve will move and open the valve on the large hose. Now a lot more water can run through it. When we shut off the small hose, the water will drip out of the container, the spring will turn back the handle and close the valve. With a small quantity of water, we can thus control the flow of water through the larger hose.

The larger hose was brought to the valve from the reservoir. This connection on the valve is called the collector. The flow of water through the larger hose is controlled by the flow through the thin hose to the small container. The small container is called the base. From our valve and from the container, water flows into another container (called the emitter), from where the water flows into the lower bowl.

In a transistor, the three connections are called the collector, base and emitter. The connections are seldom marked on the housing of the transistor. If they are, it is usually the emitter which is marked. But the connections are not always arranged with the base in the middle, as in our diagram. To find out about the arrangement of the contacts, we will usually have to look into the catalogue in which the specifications of the transistor are given.

The figure u shows some different types of transistors. The figure t shows the arrangement of the contacts for a BC548 transistor, like the one included in this kit (three pieces).

The diagram also shows the symbol for a transistor. The thick line is the base. Extending from this base is a slanted line, which is the collector. The third line has an arrow pointing in the direction of the current flow through the transistor. If the arrow is turned away from the base, then the current flows from the emitter contact outwards, and this is an NPN transistor. If the arrow is turned towards the base, then it is a PNP transistor. The principle is the same in both cases, only the current flows in different directions. This kit includes only NPN transistors.

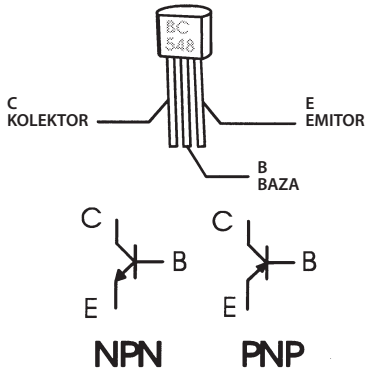


Figure t - Symbol for transistor

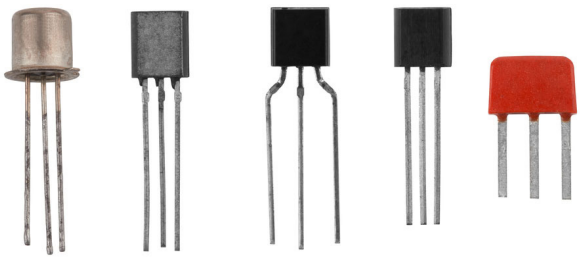


Figure u - Various types of transistors

CIRCUIT BOARD

You will do all the experiments described in this manual on the circuit board. The board is designed to avoid the need for a soldering iron, screwdriver or pincers. All the circuits can be made by hand.

The circuit board has holes. When assembling a circuit, check the arrangement of the contacts on the diagram. Then attach the contact spring clips as shown in the figure v.

If you put the wire through only one thread of the spring, it could fall out quickly; the circuit then won't function. You should therefore push the wire through at least two threads. Of course, the insulation has to be removed from the wire at the point of contact. The figure z shows a correctly inserted wire.

Prepare the element which you intend to connect carefully. Never bend the output wires where they are attached to the element. After they have been bent in this place a few times, the wire will snap and the element will be useless.
Attach the battery to the circuit board to prevent it from pulling on the whole circuit with its weight. You can do this using material from the kit (wires and spring clips).

Now that we have learnt about the basic components of the kit, we can start assembling circuits. For each circuit, first study thoroughly how it is made. Then find the components in your kit. Arrange the spring clips as shown in the diagram. Compare the scheme and the diagram.

You can then begin assembling the circuit. First, attach the spring clips, then the wires, switches, resistors, capacitors, etc. Before connecting the battery, check that you have correctly assembled all the elements. Make sure you have connected the semiconducting elements and electrolytic capacitors correctly!

Provided you have not made any mistakes, the circuit should function normally. If it doesn't, immediately disconnect the battery and try to find the cause of the problem.

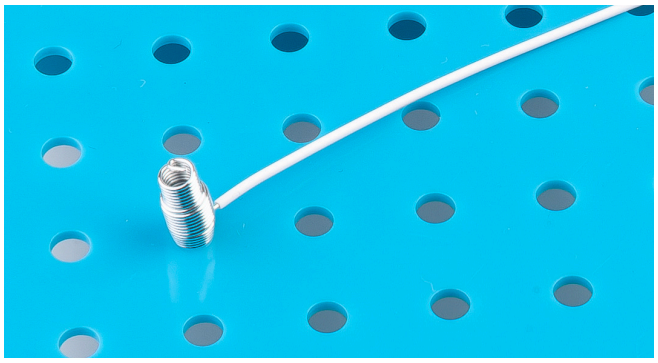


Figure v - Inserting of the spring clips into the base board

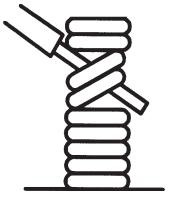


Figure z - Inserting of the wire into the spring clip

Good luck, and have fun!

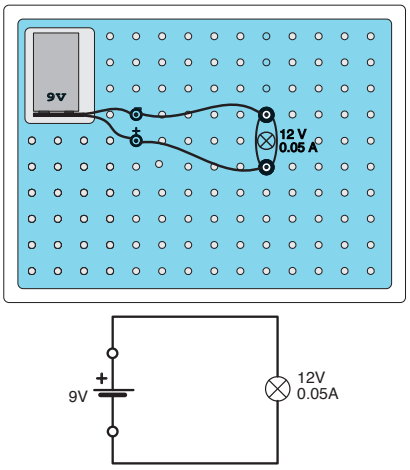
ELECTRIC CIRCUITS

1. SIMPLE ELECTRIC CIRCUIT

Put the light bulb in its fitting. Connect the bulb and the wires from the battery as shown in the figure 1. Then connect the battery. Electric current will flow from the positive pole of the battery through the wire to the bulb, through the bulb and through the other wire to the negative pole. The bulb will glow until the battery is drained or until you disconnect the circuit.

Tools: battery 9V, 4x7, 14, 35, 38, 2x68

Fig. 1

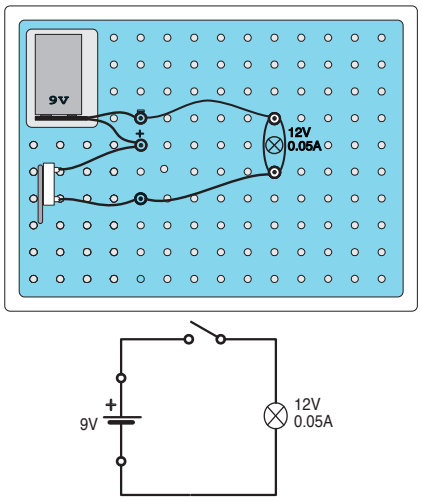


2. ELECTRIC CIRCUIT WITH A SWITCH

Add one spring clip and connect the switch to the circuit. The bulb will glow only when the switch is ON.

Tools: battery 9V, 5x7, 14, 35, 38, 54, 2x68

Fig. 2

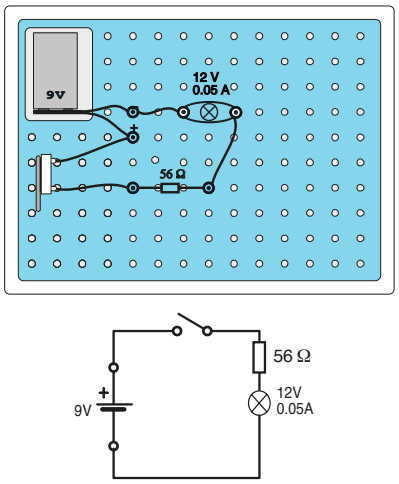


3. SERIAL CONNECTION OF TWO ELEMENTS

Fit one more spring clip onto the circuit board. Change the circuit by connecting a 56 Ω resistor between the switch and the bulb. When you press the switch, the bulb will glow, but less brightly than before.

Tools: battery 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 3



4. IS IT IMPORTANT HOW WE CONNECT THE RESISTOR?

In the same circuit (figure 3), switch the output wires of the resistor. When you press the switch, the bulb will glow with the same intensity as before. This shows that it makes no difference how we connect the resistor.
If you look at the diagrams, you'll find that they are the same in both cases. There is no indication in the circuit diagram as to how the resistor should be turned. This means that it is not important for the functioning of the circuit.

Tools: battery 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

5. IS IT IMPORTANT HOW WE CONNECT THE LIGHT BULB?

We can perform an experiment like we did with the resistor. Swap the connections of the bulb. Again, with a light bulb it doesn't matter how we connect it to the circuit. The diagram doesn't show how the bulb should be turned, and the spring clips connecting it are not separately marked. This means that it is not important for the functioning of the circuit.

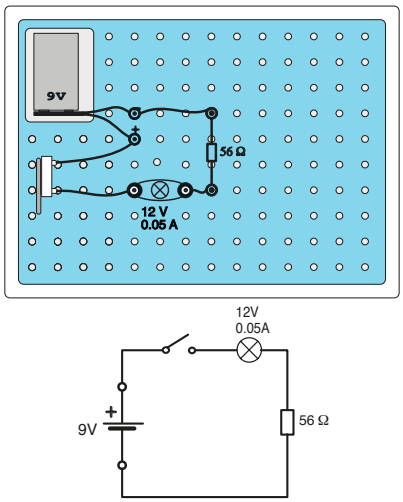
Tools: battery 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

6. IS THE SEQUENCE OF SERIALLY CONNECTED ELEMENTS IMPORTANT?

The circuit elements are the battery, the switch, the resistor and the bulb (figure 6). Swap any two elements and again test the circuit. It will behave just as it did before. Regardless of how we connect the elements, the electric current will flow from the positive pole of the battery through all the elements of the closed circuit. If we have several elements serially connected in a circuit, the sequence of their connection does not affect the functioning of the circuit.

Tools: battery 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 6

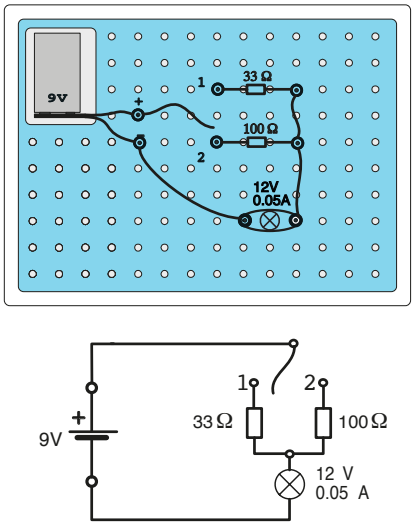


7. CURRENT FLOWING THROUGH THE RESISTOR

Leave the connecting wire from the positive pole of the battery disconnected. The bulb will not glow because the circuit has been cut. If you touch spring clip 1 with the wire, the bulb will glow. If you touch spring clip 2 with the wire, the bulb will glow with less intensity.
The bulb emits more light when the current through it is stronger. We can conclude that more current went through the bulb when we connected the wire to clip 1. In the first case, the current ran through a 33 Ω resistor, and then through the bulb back to the battery. In the second case, the only difference is that we now have a 100 Ω resistor. The current in the second case was weaker because the resistance of the RESISTOR was greater.

Tools: battery 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 53, 55, 4x68

Fig. 7



8. ELECTRIC CIRCUIT WITH AN ADJUSTABLE RESISTOR

Assemble a circuit as shown in figure 8. After turning on the switch, turn the shaft of the potentiometer to the left and right. When the potentiometer's resistance is lowest, the bulb will glow brightest. Remember Ohm's law: at the same voltage, the current is stronger if the resistance is lower. What are the resistors in the circuit? These are: all the wires, the bulb, and the potentiometer. The switch, when switched on, has practically no resistance. Compared to the resistance of other resistors and the bulb, the resistance in the connecting wires is minimal and we can ignore it.
The current which flows through the bulb is equal to that which flows through the potentiometer. Ohm's law applies in all cases, for the bulb as well as for the potentiometer. We can denote the resistance of the entire circuit by R, that of the bulb by Rb and that of the potentiometer by Rp.
If the voltage of the battery is U, then:

$U = I \times R$

Where I is the current through the circuit and R is the resistance of the entire circuit.
The voltage across the potentiometer is:

$U_p = I \times R_p$

while across the bulb, the voltage is

$U_b = I \times R_b$

The voltage of the battery is split between the bulb and the potentiometer. The voltage across the battery is equal to the sum of the voltages across the bulb and the potentiometer.

$U = U_p + U_b$

If we had several resistors in the circuit, the voltage across the battery would equal the sum of the voltage across all the resistors in the circuit. This is known as Kirchoff's law of voltage or Kirchoff's second law, after the physicist Gustav Robert Kirchoff.
The equation can also be written as:

$I \times R = I \times R_p + I \times R_b$

If we divide the left and right hand sides of the equation by I, we obtain another correct form of the equation:

$R = R_p + R_b$

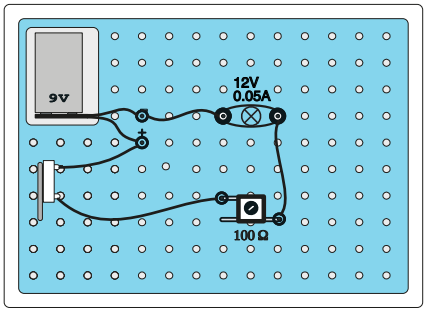
Hence: the total resistance of serially connected elements in a circuit is equal to the sum of all the resistors in the circuit.
If the value of the potentiometer Rp is altered, then the resistance in the entire circuit will change, as will the electric current. As a result, the brightness of the light emitted by the bulb will change.
If we return to the analogy with the water bowls, then serial connection of two resistors (we must keep in mind that the bulb also works as a resistor) would be equivalent to water from the upper bowl flowing first through one hose and then through the other to the lower bowl.
Sometimes we don't have a resistor of the required resistance value. If we have two resistors the sum of which equals the required resistance, we can serially connect them in the circuit. The substitute resistance can be assembled from any number of serially connected resistors. The total resistance equals the sum of the resistance of all the serially connected resistors in the circuit:

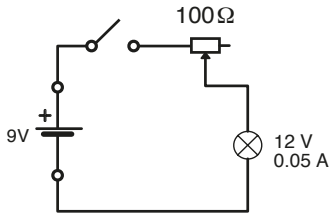
R = R1 + R2 + R3 ...

R is the resistance of all the serially connected resistors added together. R1, R2, R3, ... are the resistances of individual serially connected resistors.
The resistance of the entire chain of serially connected resistors is always larger than the resistance of the resistor with the highest resistance value.

Tools: battery 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 50, 68, 2x68

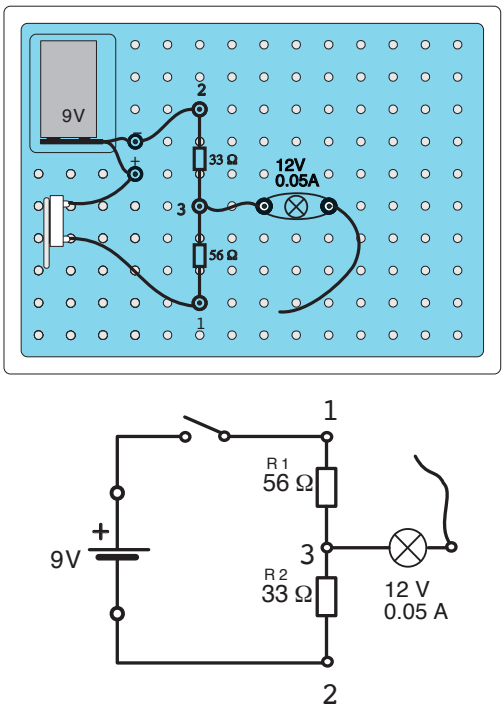
Fig. 8





9. VOLTAGE DIVISION ON TWO SERIALLY CONNECTED RESISTORS

Fig. 9



In the circuit in figure 9, two resistors are serially connected. Leave the wire connected to spring clip 3 loose.
The total resistance of the serially connected resistors is:

R = R1 + R2
or
R = 56 Ω + 33 Ω
or
R = 89 Ω

The total resistance of the serially connected resistors is greater than the resistance of the largest single resistor.

The current which flows from the battery through the resistors is, according to Ohm's law:

U = I x R

If we divide the upper equation by R we get:

I = U/R

from which it follows that:

I = 9 V/89 Ω

or approximately:

I = 0,1 A

To calculate the voltage across individual resistors, we again use Ohm's law:

U = I x R

Denote the voltages across resistors R1 and R2 by U1 and U2. Thus, it follows that:

$U_1 = R_1$ x I

or

U_1= 0,1 A x 56 Ω

U_1= 5,6 V

Similarly:

U_2=I x R_2

U_2= 0,1 x 33

U_2= 3.3 V

The voltage at the battery equals the sum of the voltages across both resistors:

U= U_1 + U_2

U= 5.6 + 3.3

approximately:

U= 9 V

The error can be ignored, since it is the result of approximations of the current flowing from the battery through the resistors.

If we have two serially connected resistors, the voltage will be greater across the one with greater resistance. Let's check!

Touch clip 1 and then clip 2 with the loose end of the wire. Repeat this several times. In the first case, the light will glow brighter than in the second. This is understandable, because the larger share of the battery's total voltage is at the first resistor, and the smaller at the second.

Tools: battery 9V, 7x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 4x68

10. CIRCUIT WITH A LIGHT EMITTING DIODE

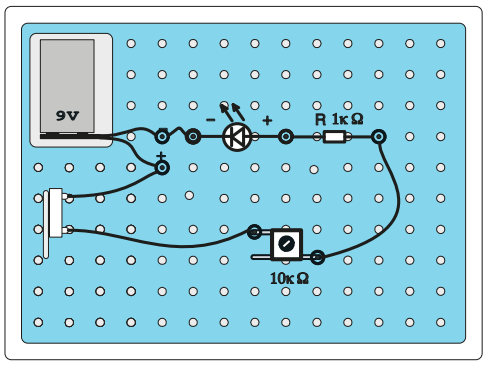
We here have a circuit with a 10 kΩ potentiometer, serially connected to a 1 kΩ resistor. Be careful how you turn the light emitting diode (LED)! For this experiment, use the red LED.
Turn the shaft of the potentiometer to the left and right. The light intensity of the diode will change.
Turn the potentiometer until the diode glows dimmest. We now have a resistor of 1 kΩ and a potentiometer of 10 kΩ; the total resistance is therefore 11 kΩ.
Now turn the potentiometer until the diode glows brightest. The slider on the potentiometer will have touched the output of the potentiometer. In this position, the resistance of the potentiometer is at its lowest; we can say there is none. In this case, the total resistance of the resistor and the potentiometer is 1 kΩ.
What is happening is perfectly in accord with Ohm's law. When the resistance of the potentiometer increases, the total resistance of all the serially connected elements (the potentiometer, the resistor, the diode; the resistance of the switch is negligible) also increases. Therefore, the current flowing from the battery will be smaller and the diode will glow less brightly.
The circuit would work also without the 1 kΩ resistor, but we would have to be very careful never to turn the potentiometer to its zero value, because in this position, the current flowing through the diode would be too strong and would damage it. In order to avoid this, we have included a resistor in the circuit, serially connected to the potentiometer, so that the total resistance of the resistor and the potentiometer can never be zero, and the diode will be safe from excessive current.
In which circuit does more current flow from the battery: this one, or the one with the bulb?
In the one with the bulb, because, according to Ohm's law, the current is stronger at the same voltage if the resistance is lower.

I= U/R

If we left them connected for a long time, which would glow longer, the bulb or the diode? The LED. Because the bulb needs a stronger current, the battery will drain sooner. Don't test this, because you will have to purchase a new battery for further experiments.

Tools: battery 9V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

Fig. 10



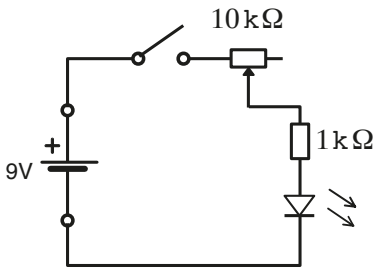
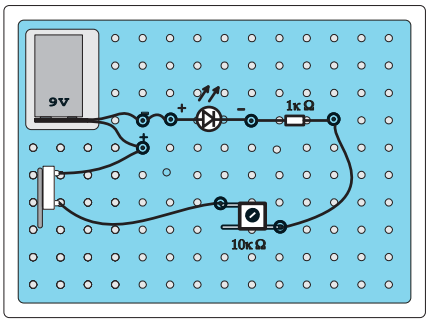
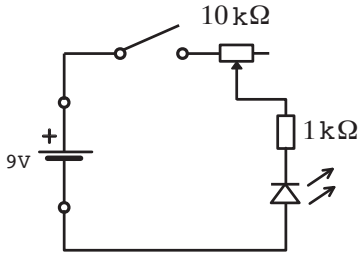


Fig. 11



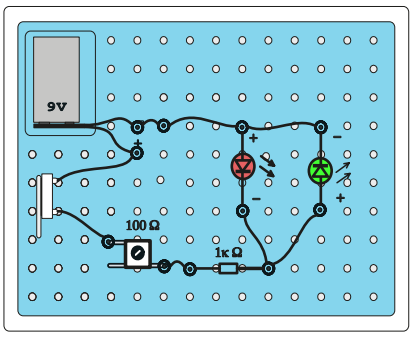


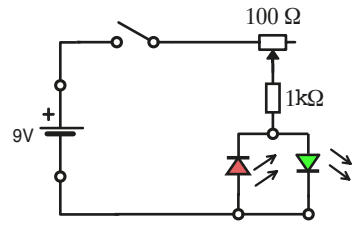
11. IS IT IMPORTANT HOW WE CONNECT THE LED?

Swap the connections to the LED. When you press the switch, the diode doesn't glow. Why?
Try to remember the description of the diode. Electric current flows through the diode in only one direction. If the LED is connected to the circuit the wrong way round, electric current will not be able to flow through it and it will not glow.
In general, you should remember that it is important how we turn a semiconductor diode. If the diode is connected incorrectly, the circuit will not function, and there is a chance that such carelessness could cause the diode (or some other element of the circuit) to burn out. Before connecting a semiconducting diode to an electric circuit, always check if the diode is the right way round.

Tools: battery 9V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

Fig. 12





12. CIRCUIT WITH TWO LEDS TURNED IN THE OPPOSITE DIRECTIONS

Add to the previous circuit another (green) LED. Connect it to the circuit in parallel with the other diode, but turned the other way round. Press the switch. The red LED will glow just as before. The green diode will not glow because it is turned so that the current cannot flow through it. Now swap the connecting wires to the battery. Press the switch and the green diode will glow. Because the battery connections have been switched, the electric current now flows in the opposite direction. The current now flows through the green diode, because the red diode is turned so that it cannot conduct current.

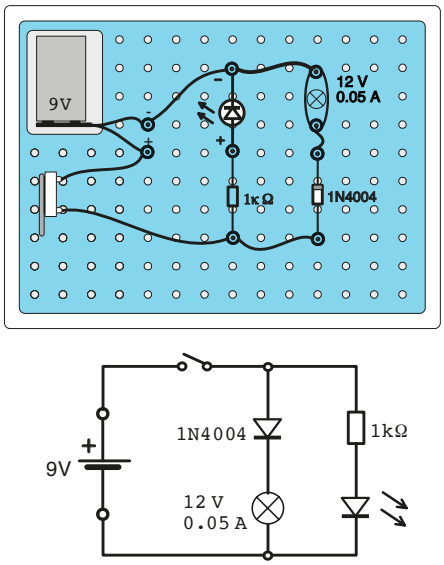
Tools: battery 9V, 9x7, 38, 40, 43, 44, 50, 57, 4x68, 69

13. CIRCUIT WITH A LIGHT BULB AND A LED (1)

The circuit is made so that current can flow through its two parallel branches. In one branch we have a light bulb and an ordinary diode serially connected, and in the other a resistor and an LED. When we press the switch, the bulb and the LED will glow.

Tools: battery 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 13

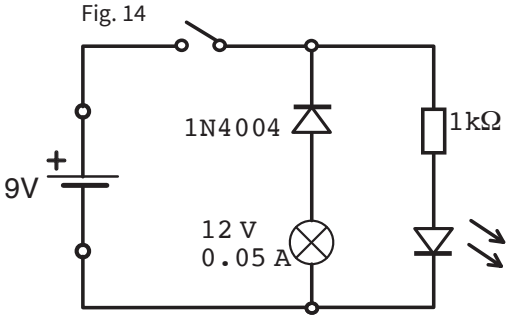


14. CIRCUIT WITH A LIGHT BULB AND A LED (2)

The circuit is made so that current can flow through its two parallel branches. In one branch we have a light bulb and an ordinary diode serially connected, and in the other a resistor and an LED. When we press the switch, the bulb and the LED will glow.

Tools: battery 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 14

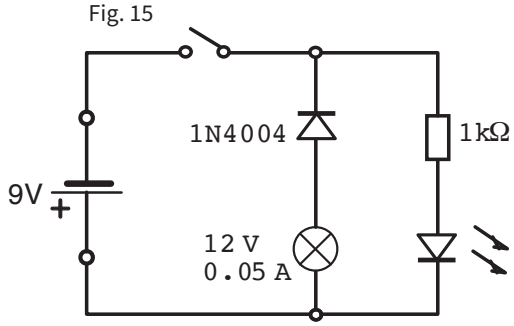


15. CIRCUIT WITH A LIGHT BULB AND A LED (3)

Now the ordinary diode and the LED are turned in the opposite directions. Swap the connecting wires of the battery. The bulb will glow, but not the LED. The LED is now turned so that it cannot conduct electric current. Depending on how the battery is connected, either the LED or the bulb will glow.

Tools: battery 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 15

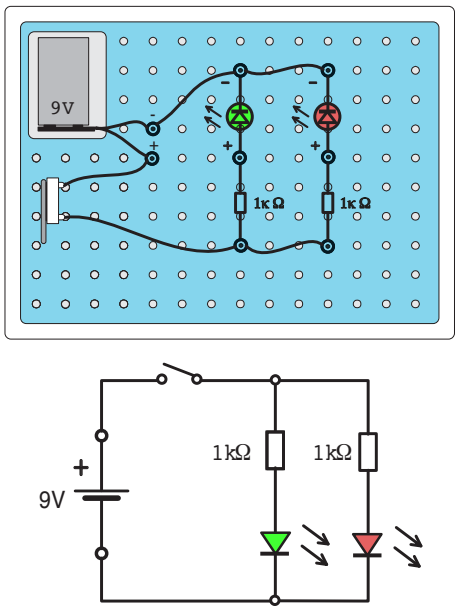


16. PARALLEL CONNECTION

We now have two branches of the circuit, one with a red LED and the other with a green one. Check the polarity of the LEDs!
If the circuit has been set up correctly, the LEDs will glow with approximately the same intensity. The current flows from the positive pole of the battery, then splits into two parts, one flowing through the green LED and the other through the red one.

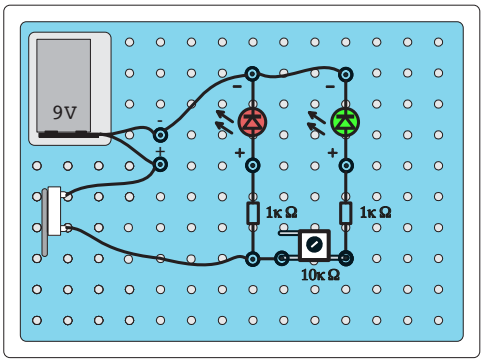
Tools: battery 9V, 8x7, 38, 40, 43, 44, 2x57

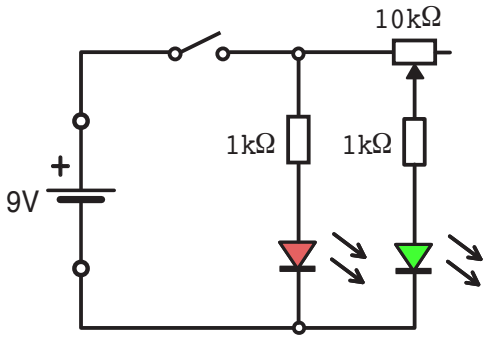
Fig. 16



17. CHANGED DIRECTION OF THE CURRENT IN THE BRANCHES OF A PARALLEL CONNECTION

Fig. 17





Add another spring clip to the circuit. Disconnect one branch of the circuit, and connect a 10 kΩ potentiometer between the 1 kΩ resistor and the red LED. Connect the circuit to the battery. When you turn the potentiometer, the brightness of the red diode changes, while that of the green diode doesn't.
The electric current flows from the positive pole of the battery through the conducting wire. Here, it splits in two: one part flows through the resistor and the green LED, the other flows through the resistor, potentiometer and the green LED. The resistance of the branch with the potentiometer is definitely greater, so less current flows through it and the green diode glows less brightly.
Call the current flowing from the battery I, the current flowing through the green diode Ig and the entire resistance of this branch Rg. If we then call the current flowing through the resistor, potentiometer and the red diode Ir and the total resistance of this branch of the circuit Rr, then:

$$I = I_g + I_r$$

In other words: the current which flows from one conductor through several parallel branches equals the sum of all the currents flowing through individual branches of the circuit. This is Kirchoff's law of current flow, Kirchoff's first law.
For the entire circuit:

$$I = U/R$$

Here, R is the total resistance of the circuit.
The current flowing through the green LED is:

$$I_g = U/R_g$$

Rg is the resistance of the branch with the green diode.
The current through the red diode is:

$$I_r = U/R_r$$

Rr is the resistance of the branch with the red diode.
According to Kirchoff's first law:

$$I = I_g + I_r$$

or

$$U/R = U/R_g + U/R_r$$

The voltage in the battery equals the voltage in both branches. If we divide the equation by U, it will still be valid, but in a different form:

$$1/R = 1/R_g + 1/R_r$$

This means: the reciprocal of the total resistance in a circuit equals the sum of the reciprocals of the resistance of its individual parallel branches.
If we use a common denominator for the right-hand side of the equation and turn the equation around, we get:

$$R = R_g \times R_r/(R_g + R_r)$$

Kirchoff's law described in terms of water currents: we have one hose from the upper bowl which is divided into two hoses. The water flows through these two hoses to the lower bowl. The water flowing through the single hose splits into the water flowing through the individual parallel hoses.
Since the water does not get lost anywhere, we can conclude that the quantity of water (i.e. current) flowing through the upper hose is equal to the sum of the currents flowing through the parallel hoses.
Sometimes we don't have a resistor with the required value, but we have stronger resistors. If we have two resistors of which the sum of their reciprocal values is the required value, we can connect them in the circuit in parallel. The required resistance can be derived from any number of resistors connected in parallel. Of course, the reciprocal value of the total resistance equals the sum of the reciprocal values of all the resistors in the chain:

$$1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 \ \ldots$$

R is the equivalent resistance of all the resistors connected in parallel. R1, R2, R3 ... are the individual resistance values of the resistors.
The resistance of resistors connected in parallel is always smaller than the resistance of the resistor with the smallest resistance.

Tools: battery 9V, 9x14, 38, 40, 43, 44, 51, 2x57, 2x68

18. ANOTHER EXAMPLE OF PARALLEL CONNECTION

The equation from which we calculate the total resistance of two parallel resistors proves that the total resistance of two parallel resistors is smaller than the resistance of the resistor with the smaller value.
We can demonstrate this through the following experiment (figure 18). One end of the 33 Ω resistor is not connected anywhere. The 56 Ω and the 100 Ω resistors are connected in parallel. Their total value is:

1/R= 1/56 + 1/100
1/R= 0.0178 +0.01
1/R= 0.0278

If we multiply the equation by R, we get

1= 0.0278 x R

If we then divide the equation by 0.0278, we get

1/0.0278 = R

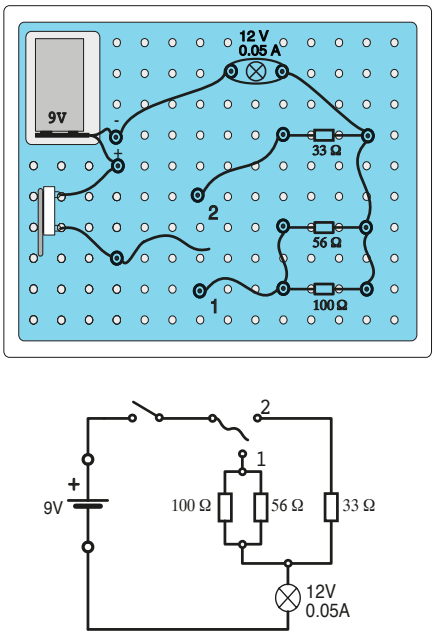
or, approximately

R= 36 Ω

Now observe the bulb's brightness. Remove the wire from clip 1 and connect it to clip 2. The current now flows through the 33 Ω resistor. Because the 33 Ω resistor has almost the same resistance as the parallel 56 Ω and 100 Ω resistors, the bulb glows equally brightly in both cases.
What we have learnt here may come in very handy. If we do not have a certain resistor, we might be able to use two (or more) resistors connected in parallel or serially instead.

Tools: battery 9V, 13x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 55, 4x68, 4x69

Fig. 18

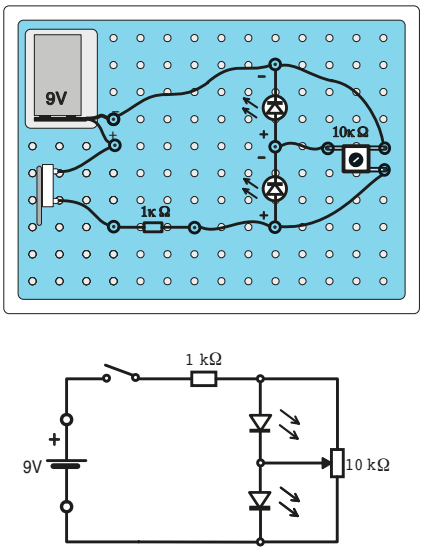


19. CHANGING THE BRIGHTNESS OF TWO LEDS AT THE SAME TIME

Assemble a circuit like the one in figure 19. What happens when you turn the potentiometer? In the part of the potentiometer where the slider is closer to the output connection, the resistance will be smaller and the voltage lower. The diode connected in parallel with this part of the circuit will glow less brightly.

Tools: battery 9V, 10x7, 38, 2x44, 51, 55, 57, 4x68, 69

Fig. 19

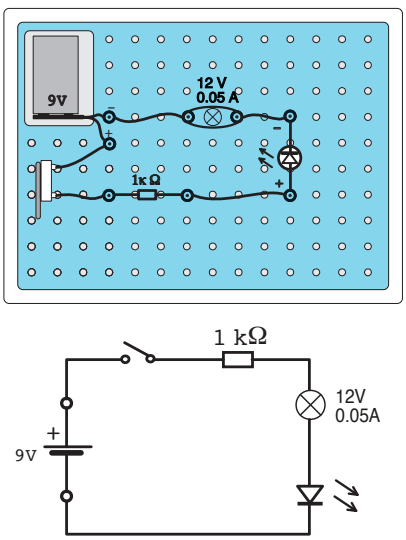


20. CIRCUIT WITH LIGHT BULB AND LED IN SERIE

We have now learnt about the LED. As its name suggests, it emits light when electric current flows through it in the correct direction. This is precisely what we use them for. When the current flows through the diode in the correct direction, the diode should glow.
The current necessary for the diode to glow is very small, a few milliamps. This current is much smaller than that needed for the bulb. Therefore, the bulb glows more brightly. If the current which flows through the bulb flowed through the diode, the diode would burn out. You will find in our experiments that a resistor is always serially connected to the diode. Its purpose is to limit the current flowing through the diode.
From the circuit below, we will see that the current needed for the LED to glow is too small for the bulb. You should never connect the diode directly to the battery, without a 1k- resistor serially connected to it. If you do, the LED will burn out immediately!

Tools: battery 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 3x68

Fig. 20

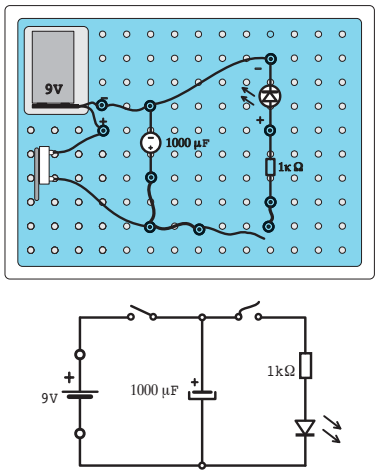


21. CAPACITOR AS A SOURCE OF ELECTRIC POWER

Assemble a circuit like the one in figure 21. Leave the positive pole of the battery free. Press the switch! Will the LED glow? No, since there is no electric power connected to it. Let the switch go.
Now touch the positive pole of the electrolytic capacitor to the wire from the positive pole of the battery. There was no electric charge in the electrolytic capacitor. It was empty. When we connected it to the battery, the current jumped from the battery to the capacitor. The capacitor is now charged and can be used as a source of electric power.
Now leave the wire from the positive pole of the battery unattached and press the switch. Although the battery is disconnected, the LED glows! Since the power accumulated in the capacitor is limited, the diode will only glow for a short while. If you watch the diode, you will see that it glows less and less brightly. The electric current flows from the capacitor to the LED. We say that the capacitor is being emptied.

Tools: battery 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 67, 4x68, 69

Fig. 21

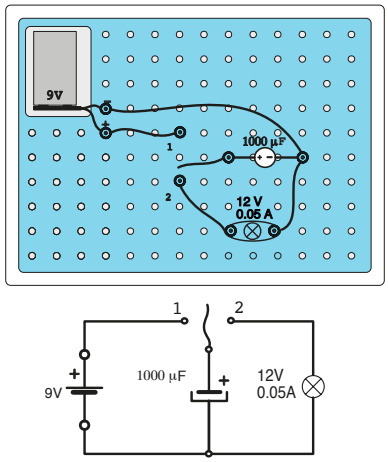


22. HOW QUICKLY DOES THE CAPACITOR DRAIN?

Instead of the LED and a serially connected resistor, connect a light bulb. The bulb will only glow for a brief moment. We have already learnt that the bulb needs more current than the LED. This means that the light bulb has lower resistance. If more current flows from the capacitor, it will drain sooner. That's why the bulb glows for a shorter time than the diode.

Tools: battery 9V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 22

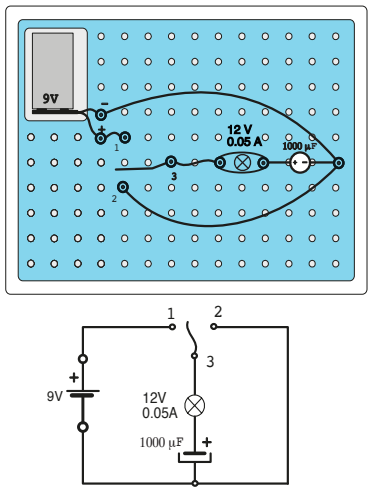


23. A CAPACITOR CAN BE CHARGED AND EMPTIED SEVERAL TIMES

Make a small adjustment to the circuit. Leave the wire connected to the bulb fitting free at the other end.
With this end of the wire, alternately touch spring clip 1 and then spring clip 2. Observe what happens.
When you touch clip 1, the capacitor is charged. The current which flows from the battery to the electrolytic capacitor also flows through the light bulb. When the capacitor is empty, the current will be stronger and the bulb will glow. When the capacitor is charged, the current stops and the bulb stops glowing.
If you touch clip 2 with the loose wire, the current will flow from the positive pole of the capacitor through the light bulb to its negative pole. At first, when the capacitor is fully charged, the current will be strong. As the capacitor drains, the current will grow weaker and the bulb will glow less and less brightly until it goes out.

Tools: battery 9V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 23

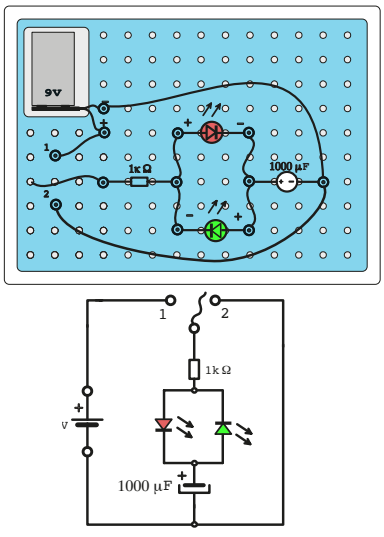


24. ALTERNATING CURRENT CAN ALSO FLOW THROUGH THE CAPACITOR

As we charge the capacitor, the current will flow into the capacitor; when we empty it, the current will flow out. This means that while charging and emptying the capacitor, the current flows in opposite directions. We can prove this by assembling a circuit with two LEDs turned in opposite directions and connected in parallel.
Leave the other end of the wire connected to clip 3 loose. With this loose end, again touch alternately clip 1 and clip 2. Observe what happens. As you know, current flows through a diode in only one direction. While the capacitor is being charged, current will flow through the red LED; and while it is draining, current will flow through the green LED. Therefore, the red diode will glow when the capacitor is being charged and the green diode will glow when it is draining.
We have also learnt that current no longer flows into a capacitor once it is charged. The capacitor thus stops the flow of direct current.
While the capacitor is being charged and drained, the current flows alternately into and then out of the capacitor. If current flows once in one direction and then in the opposite one through an element, we say that alternating current is flowing through it. This experiment has proved that alternate current can flow through a capacitor.
Replace the 1000 µF capacitor with a 100 µF one. The LED will now glow for a much shorter time. Less electric charge can flow into a capacitor with a lower capacitance, and therefore the diode will glow for a shorter time.

Tools: battery 9V, 11x7, 38, 43, 44, 56, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 24



25. PARALLEL CONNECTION OF TWO CAPACITORS

In this experiment, we have two capacitors connected in parallel. How do two capacitors connected in parallel behave? Remember the ratio between the charge in the capacitor and the voltage at its contacts:

C= Q/U

In a charged capacitor with capacitance C and voltage U across the contacts, the charge will be

Q= C x U

If two capacitors are connected in parallel, the charge conducted to them by a single wire will be split between the two capacitors:

$Q = Q_1 + Q_2$

here Q1 and Q2 are the charges in the first and the second capacitors respectively. If their capacitances are C1 and C2 and their total capacitance C, the upper equation could be written as:

$C \times U = C_1 \times U_1 + C_2 \times U_2$

The voltage across the connections to both capacitors is equal, U=U1=U2. We can thus write the equation as:

$C \times U = C_1 \times U + C_2 \times U$

If we divide both sides of the equation by U, we get the formula for the total capacitance of two capacitors connected in parallel:

$C = C_1 + C_2$

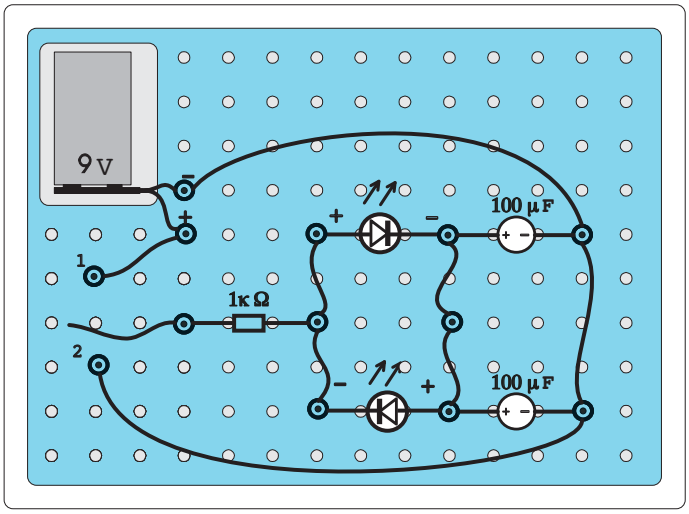
In our case, the total capacitance of the two capacitors is 200 μF. This will be indicated by the diodes, which will glow for longer than when there was only one 100 μF capacitor connected to the circuit.
Just as we can alter the resistance by connecting resistors in parallel, so can we alter capacitance by parallel connection of two or more capacitors.

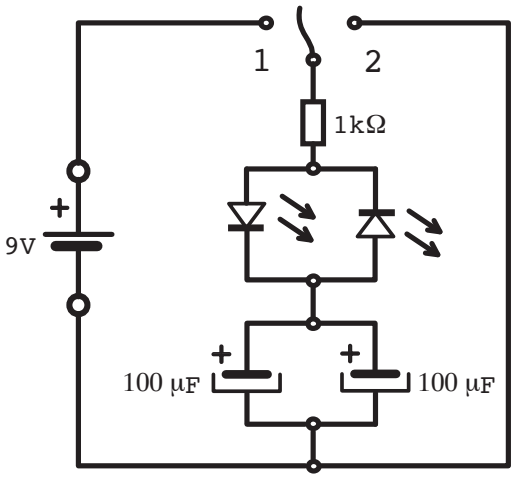
$C = C_1 + C_2 + C_3 \ldots$

C is the capacitance of all the capacitors connected in parallel, equivalent to a single capacitor of such capacitance.
The capacitance of several capacitors connected in parallel is always larger than the capacitance of the capacitor with the smallest capacitance.

Tools: battery 9V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 25





26. SERIAL CONNECTION OF CAPACITORS

Let's alter the circuit so that the capacitors are connected serially. If you touch one clip and then the other with the loose wire, you will find that the LED glows for a much shorter time than in the previous experiment. This indicates that the equivalent capacitance of serially connected capacitors is smaller than for capacitors connected in parallel. When electric current flows into the capacitors, they become charged.
The voltage across the contacts of both the capacitors will be equally divided among them:

$$U = U_1 + U_2$$

If the substitute capacitance of two serially connected capacitors is

$$C = Q / U$$

and the voltage at the contacts of this capacitor

$$U = Q / C$$

then it follows that:

$$Q/C = Q_1/C_1 + Q_2/C_2$$

where Q1 and Q2 are the charges in the first and second capacitor respectively, and C1 and C2 are their capacitances. The charge which entered the first capacitor equals the current emitted by the second one. This is understandable, since no wire is connected between the two capacitors, which would direct the current in or out.
Therefore:

$$Q = Q_1 = Q_2$$

If we divide this equation by Q, we get:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2$$

which says that the reciprocal of the equivalent capacitance of two serially connected capacitors equals the sum of their reciprocals.
As we did for parallel connection of resistors, we can write the same equation in a different manner. We find a common denominator for the right side of the equation and we turn the equation over. We get:

$$C = C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$$

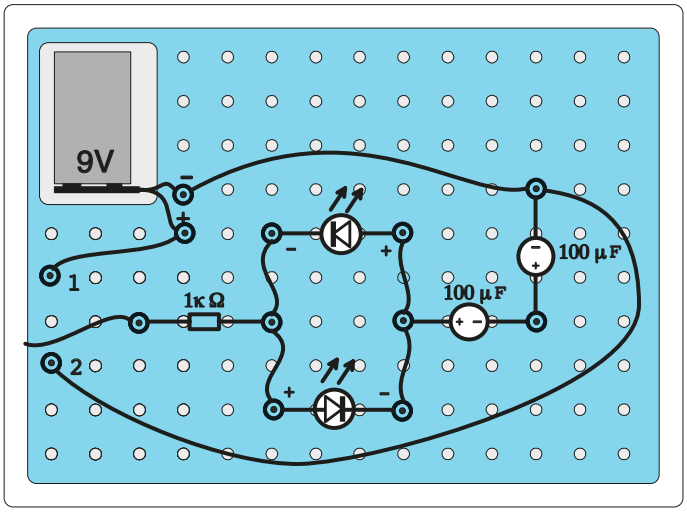
In our experiment, we used two serially connected 100 µF capacitors. Their total capacitance will be 50 µF.
Just as a desired resistance can be obtained by two or several resistors connected in parallel, so a desired capacitance can be derived from two or more serially connected capacitors.

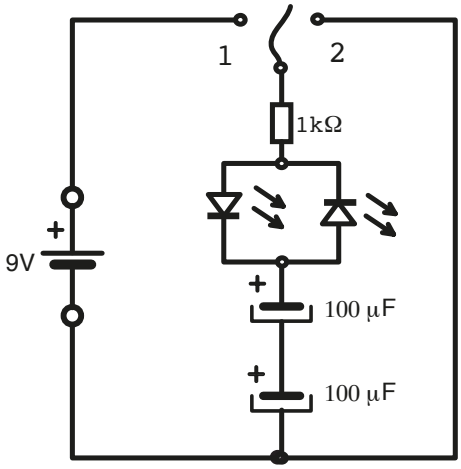
$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \ldots$$

C is the equivalent capacitance of all the capacitors. C1, C2, C3 ... are the capacitances of individual serially connected capacitors.
The total capacitance of serially connected capacitors is always smaller than the capacitance of the capacitor with the smallest capacitance.

Tools: battery 9V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 26



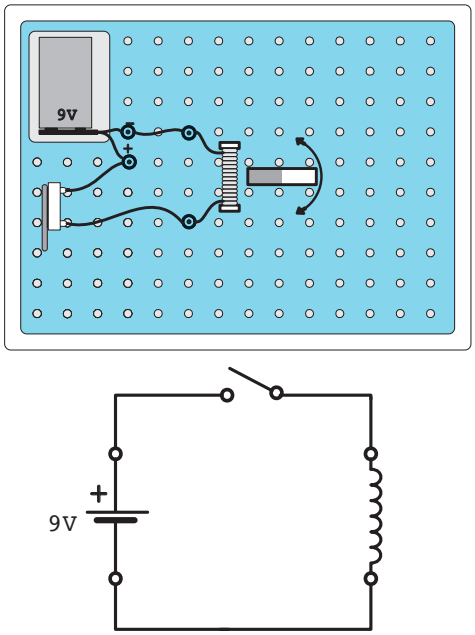


27. ELECTROMAGNET

If we let electric current flow through a coil of wire, the coil will behave as a magnet. This can be proved by a simple experiment.
Assemble a simple circuit in which the battery, the switch and a coil are serially connected. When switched on, the current will flow through the coil. Nothing appears to happen. Switch the circuit off.
Insert an iron nail into the coil so that part of it sticks out. Press the switch. The nail will instantly be pulled into the coil and will remain there.
Make another experiment. Tie a magnet to a thread and hold it hanging above the coil. Press the switch. The magnet will turn along the longitudinal axis of the coil through which the current is flowing. Remember how the magnet was turned. Now swap the connecting wires of the coil. Press the switch. The coil will again behave like a magnet, except the magnet on the thread will turn in the opposite direction. If we change the direction of the current flowing through the coil, the coil will behave as a magnet turned in the other direction.
The nail and the magnet would behave similarly if we put them close together. Our experiment indicates that a coil through which electric current is flowing behaves as a magnet. A magnet made from a coil through which electric current is conducted is called an electromagnet.

Tools: battery 9V, 4x7, 11, 38, 40, 68, iron nail

Fig. 27

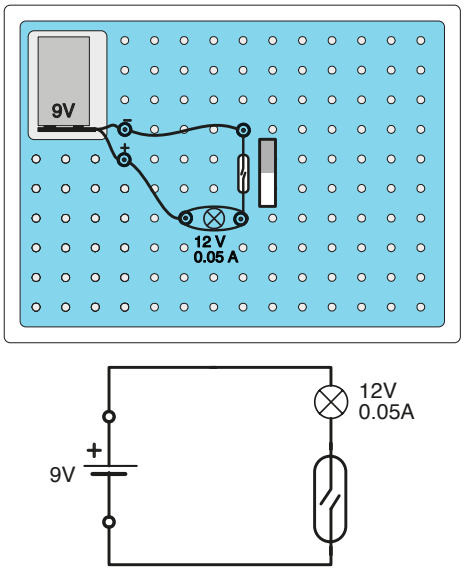


28. HERMETIC REED SWITCH

Place two spring clips on a piece of paper, slightly apart. Lift the paper and with the other hand hold a magnet beneath and vertical to it. The spring clips will become magnetised and will both behave like small magnets. Magnets either attract or repel each other. The spring clips will position themselves so that they attract each other.
Imagine that we connected both clips to a circuit so that the circuit would be closed when the clips touch. The circuit would then operate when we bring a magnet close under the paper with the slightly distanced clips.
The reed switch works on the same principle. Two flexible iron reeds are put close together in an airtight glass tube. When the reeds are magnetised, they will attract each other and make contact.
When they are no longer magnetised, they will pull apart because of their flexibility.
How do we magnetise the reeds? If we do this with a magnet, we get a switch which can be switched on and off by bringing a magnet closer or pulling it away. This situation is shown in the figure 28. When the magnet is brought close to the reed switch, the reeds will be magnetised and the current will flow through the light bulb, making it glow.

Tools: battery 9V, 5x7, 10, 14, 35, 38, 48, 2x68

Fig. 28

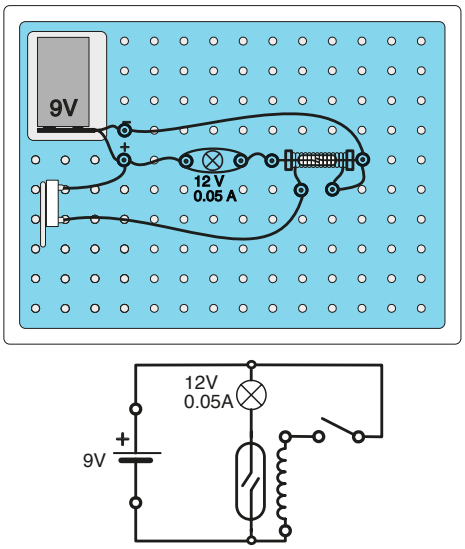


29. RELAY

We can fit a thin iron plate near the end of the electromagnet to switch on an electric switch when the electromagnet attracts it. Such an electromagnetic switch is called a relay.
We can also use an electromagnet for magnetising the reed switch. This will then also be a relay.
You can make a relay using the reed switch and the coil. This is called a reed relay.
Push the reed switch into the coil. The reed switch will be the switch to turn on the light bulb. When the circuit switch is on, the metal plates in the reed switch will make contact, the circuit will be closed, current will flow through the bulb and it will glow.

Tools: battery 9V, 8x7, 11, 14, 35, 38, 40, 48, 4x68

Fig. 29

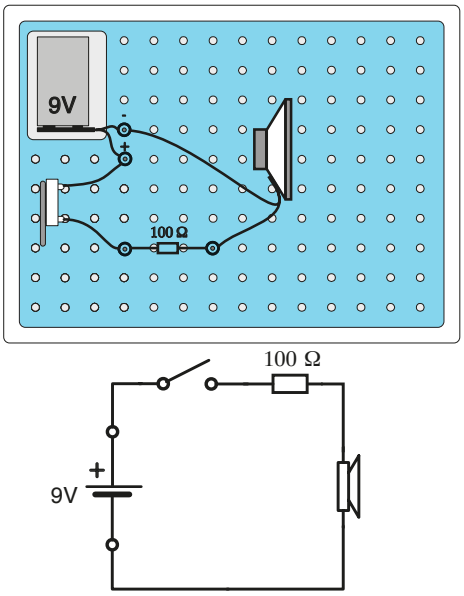


30. LOUDSPEAKER

How does sound travel through air? Sound waves propagate by sequences of smaller and greater air density, spread longitudinally in the direction the sound is travelling in. How can we trigger a sound wave? To do so, we must have an object which will vibrate forwards and backwards and cause sequences of more and less dense air. If you knock on the window, you make it vibrate. The pane of glass vibrating will cause areas of varying air pressure around the pane itself, which will then spread out. Because this occurs on both sides of the pane, the sound will be heard on both sides of the window.
In electrotechnics, we use loudspeakers for creating sound waves. What exactly is a loudspeaker?
Remember the experiment with the coil and the magnet? We have found that the coil through which electric current is conducted behaves as a magnet. In a loudspeaker, there is a magnet in the housing. A coil fixed to a paper membrane is placed in a groove in the magnet. When current flows through the coil, it will be pulled into or bounced out of the groove in the magnet. This will make the membrane move forwards and backwards. If this repeats frequently enough, we will hear a sound.
In this circuit, a 100 ohm resistor is connected in serially to the loudspeaker. Without the resistor, the fragile coil in the speaker would burn out. Press the switch. You will hear a slight cracking. Repeat this several times and watch the membrane. You will notice that the membrane moves in and out. When you press the switch, the membranes move into the speaker. Swap the connecting wires and the membrane will be pushed out. You have to watch very carefully because these movements are only slight, no more than a fraction of a millimetre.
Why does the coil jump once in and then out again? We have learnt that the coil through which electric current flows behaves like a magnet. We also know that a magnet has two distinct poles. We also know that like poles repel and opposite poles attract each other. If we change the direction of the current in the coil, the poles of the magnet it creates also change. This is why the membrane is pulled once into the speaker (when the coil and the magnet attract each other) and then bounced out (when the coil and the magnet reject each other).
Therefore, if we wish to hear sound from a speaker, we have to allow current of varying quantities through the coil. In this case, the membrane will move forwards and backwards and we will hear sound.

Tools: battery 9V, 38, 40, 45, 55

Fig. 30

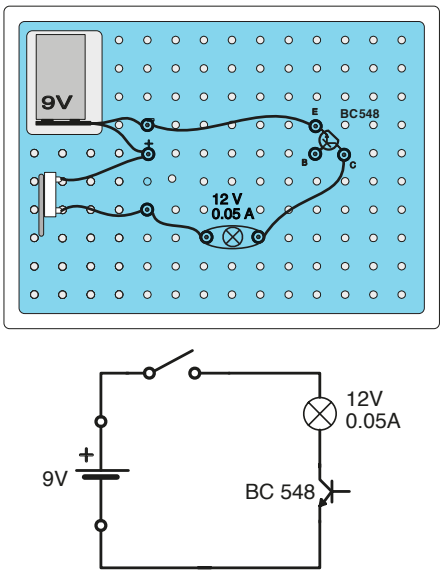


31. THE TRANSISTOR

Have you read the description of the transistor? If you have, then you will find it easy to understand the following experiments.
In this circuit, we have a light bulb and a transistor connected in parallel. Be careful how the contacts of the transistor are connected! When you connect a transistor to the circuit, you must not swap the outputs! If you do, the circuit won't operate, or, if you're unlucky, your transistor will be ruined.
In your kit you have a BC548 transistor. If you hold it so that the contact wires are pointing down and the flat side with the inscription of the type of transistor is turned towards you, then the emitter will be to your right, the base will be in the middle and the collector will be to the left. Not all transistors have the same arrangement of contact wires. The arrangement in this case is very common, but not compulsory. The arrangement of the outputs depends on the producer and the type of transistor. If you have a transistor for which you do not know the arrangement of the outputs, consult a manual. If you cannot find the description, you will have to find the correct arrangement of the outputs yourself. How this is done is shown later on in this booklet.
Let us return to our circuit. Will the bulb glow? Of course not. The base of the transistor is not connected to anything, so current doesn't flow into the base. The transistor is closed. We can say that in a closed transistor, the resistance between the emitter and the collector is very great.

Tools: battery 9V, 8x7, 14, 35, 38, 42, 3x68

Fig. 31

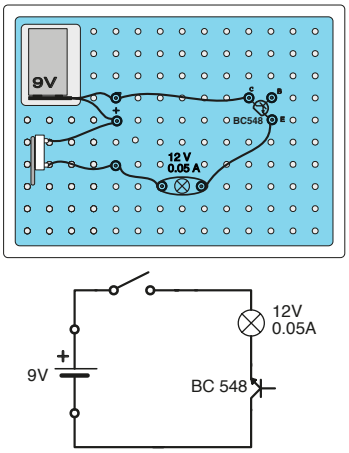


32. WHAT HAPPENS IF WE TURN THE TRANSISTOR AROUND?

Alter the circuit by connecting the emitter and collector so that they swap positions.
If you look carefully, you will see that the filament in the bulb is glowing slightly. Since the transistor does not have the emitter connected to the negative pole and the collector to the positive pole, it doesn't behave as it should.

Tools: battery 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 3x68

Fig. 32

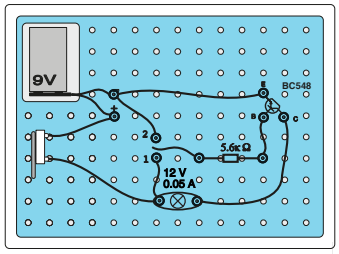


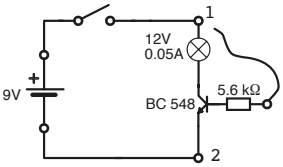
33. TRANSISTOR AS SWITCH

On the marked place on the resistor, connect a wire leaving the other end loose. The light bulb will not glow. Why?
Current does not flow to the base of the transistor and the transistor is closed! What should be done for the current to flow through the transistor? The circuit should be such that a small current flows to the base. Connect the loose end of the wire to the clip connected to the positive pole of the battery. The current will flow through the resistor to the base, the transistor will be open and the bulb will glow. In this circuit, we have used the transistor as a switch. The switch is operated by the current flowing to the base: when the current flows to the base, the transistor will be open, electric current will flow through it and the bulb will glow. When current does not flow to the base, the transistor will be closed, electric current will not flow through it and the bulb will not glow. In brief, the transistor switch is operated by the current flowing to the base. This current is much smaller than the current flowing through the transistor, which makes such a switch very efficient.
What will happen if we connect the loose end of the wire to the negative pole of the battery? First try to imagine and then perform a test. The bulb will not glow, because current doesn't flow to the base and the transistor is closed.
An open transistor has very low resistance, and the voltage between the collector and emitter will be very small, no more than a tenth of a volt. For this reason, an open transistor should never be connected directly to the positive and negative poles of a battery. The current flowing through it would be too strong and it could destroy the transistor.

Tools: battery 9V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

Fig. 33



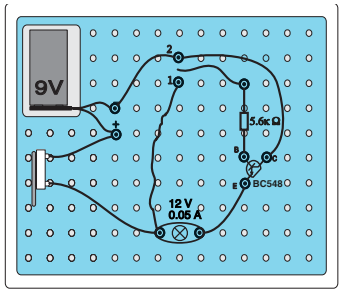


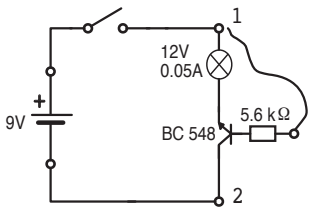
34. AN INCORRECTLY TURNED TRANSISTOR

Now turn the transistor the wrong way around. Swap the emitter and collector outputs.
When the loose wire is not connected, the bulb glows slightly. If we touch the positive pole of the battery with the loose end of the wire, the bulb will glow more brightly, but not with full brightness. A transistor connected in such a manner is not connected correctly!
If we wish to make use of the properties of the BC548 transistor, the collector should always be connected to the positive pole and the emitter to the negative one. A small current flowing to the base will open the transistor Transistors which have the emitter correctly connected to the negative pole and the collector to the positive one are called NPN transistors. The BC548 is an NPN transistor. Some transistors must be connected with the emitter to the positive pole and the collector to the negative one. These are PNP transistors. We have not included any PNP transistors in this kit.

Tools: battery 9V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

Fig. 34



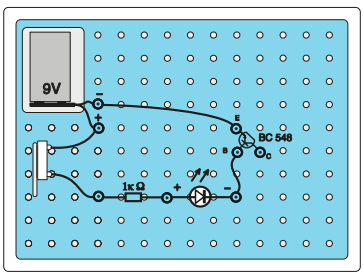


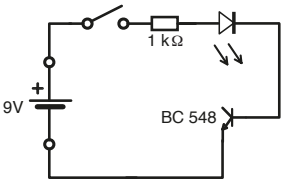
35. HOW DOES THE TRANSISTOR BEHAVE IF WE OBSERVE ONLY THE BASE AND THE EMITTER?

The light bulb needs a much stronger current to glow than an LED. If more current flows from the battery, it will drain sooner, but we can also use an LED to observe the functioning of the transistor. In fact, we can use an LED instead of a bulb in all our experiments, bearing in mind that the diode does not glow if turned in the wrong direction!
A 1 kΩ resistor connected in serially to the diode will ensure that too strong a current does not flow through the diode.
We have already said that the BC548 transistor in our kit is NPN.
This means that for normal functioning, the emitter should be connected to the negative pole. If we want electric current to flow to the base (and from there to the emitter), the base will have to be connected to the positive pole, the pole of the emitter. Connect the transistor as shown in the diagram. The LED will glow. This means that the current flows from the base towards the emitter.

Tools: battery 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 35



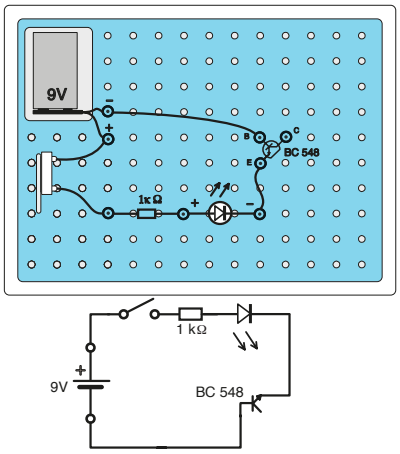


36. IN A TRANSISTOR, THE DIRECTION BASE-EMITTER BEHAVES AS A DIODE

Now swap the base and emitter contacts of the transistor. The LED will not glow. This means that current through this transistor cannot flow in the direction from the emitter to the base. In other words, the base-emitter direction in the transistor behaves as a diode. In NPN transistors, this diode is turned from base towards the emitter.

Tools: battery 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 36

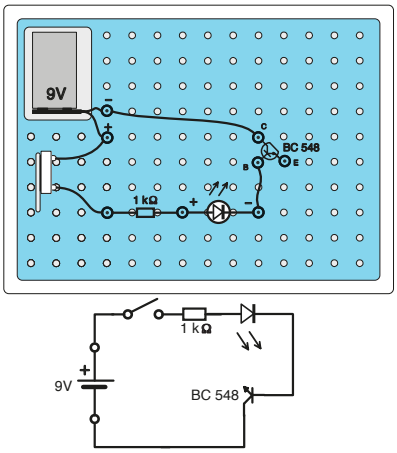


37. HOW DOES THE TRANSISTOR BEHAVE IF WE OBSERVE ONLY THE BASE AND THE COLLECTOR?

Connect the transistor so that the collector is connected to the negative pole of the battery and the base is connected through the LED, the resistor and the switch to the positive pole. The emitter remains loose (not connected to anything).
When you press the switch, the LED will glow.
This means that in our transistor, current can flow from the base towards the collector.

Tools: battery 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 37

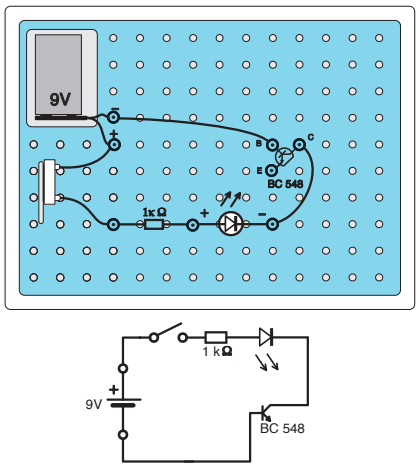


38. A TRANSISTOR THE DIRECTION BASE-COLLECTOR BEHAVES AS A DIODE

Now swap the base and collector contacts of the transistor. The diode will not glow. This means that the current cannot flow from the collector to the base. In other words, in the base-collector direction, the transistor behaves as a diode. In NPN transistors, the diode is turned from the base to the collector.

Tools: battery 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 38

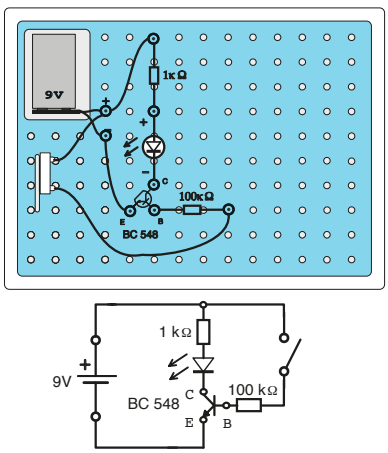


39. CIRCUIT FOR TESTING TRANSISTORS

From what we have seen so far, we can conclude how a working transistor is supposed to function. If we have doubts about the transistor, we can quite easily assemble a circuit in which the properties of the transistor will be tested. The simplest of all is the transistor switch.
The circuit diagram shows how a transistor should be connected for testing. When the battery is connected, the LED should not glow. This is because current does not flow through the base and the transistor is closed. When you press the switch, current will flow through the base and the transistor will open. The LED will glow.
In a functioning transistor, the diode will not glow when the switch is off and will glow when the switch is on. If the diode either glows or does not glow equally in both positions of the switch, the transistor is damaged.
The circuit is very easy to assemble and you can use it whenever you suspect that a circuit isn't working because of a faulty transistor.

Tools: battery 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 39



40. HOW TO DETERMINE THE ARRANGEMENT OF CONTACTS ON THE TRANSISTOR

Now that you have some knowledge of how the transistor functions, you can find for yourself the arrangement of the contacts on an unknown transistor.
You will need a battery, a resistor and an LED.
1. First check that the LED is correctly connected.
2. The first step is to determine the type of transistor and the position of the base.
We now know that the directions base-emitter and base-collector behave as diodes. In these "diodes", the anodes (in the case of an NPN transistor) are the base. We will therefore find the base of a transistor as if it were the anode of the two diodes: the emitter and the collector diode. Now: connect one of the outputs of the unknown transistor to clip 1; with the loose wire from clip 2 touch first one and then the other output of the transistor. Watch when the LED glows. Then change the output of the transistor on clip 1 and repeat the test. Repeat this for all three outputs of the transistor.
3. If you have found a single position in which the diode glows after either of the two loose outputs of the transistor has been connected to the circuit, you have found the base and your transistor is NPN. Remember the position of the transistor. The output connected to clip 1 is the base.
4. If the LED does not glow no matter how we connect the transistor, or if it glows in all cases, the transistor is certainly damaged.
5. If in some positions the LED shines only when one of the loose outputs of the transistor is connected to the circuit, this does not mean that the transistor is damaged. First check that it is not PNP type. To do so, go to item of experiment 41 -7.
6. Now we have to determine which of the other two outputs is the emitter and which the collector. In our case, we use the circuit for testing transistors. Test the transistor by taking first one and then the other output as the collector. Naturally, the base must be connected correctly. If the circuit is correctly assembled, the transistor will function. The difference in the luminescence of the LED when the switch is on and off will be more distinctive. If the transistor does not function as a switch, it is damaged.

Tools: battery 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 3x68

Fig. 40 a)

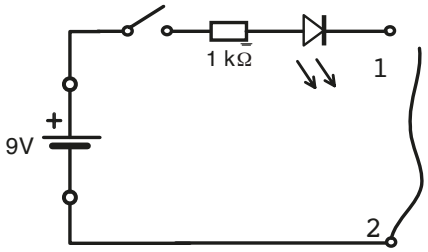
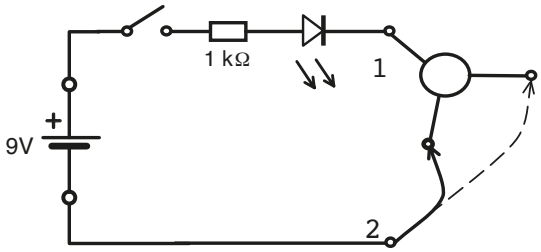


Fig. 40 b)

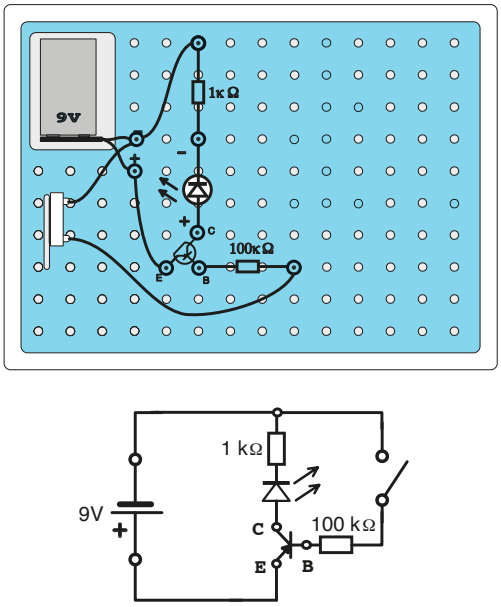


41. TEST CIRCUIT FOR PNP TRANSISTORS

7. Check that the transistor is PNP type. In this type of transistor, the current is opposite to that of an NPN transistor. This means that the emitter must be connected to the positive pole and the collector to the negative pole of the battery. The base must also be fed from the negative pole of the battery.
In a PNP transistor, the directions base-collector and base-emitter behave as diodes with a common cathode on the base. Connect one of the outputs of the transistor to clip 2 and a loose wire to clip 1. Repeat the process described under 2. Bear in mind that you are looking for diodes with a common cathode.
If you find a position in which the LED will glow after either of the remaining outputs of the transistor are connected to clip 1, the output connected to clip 2 is the base. Check that the same does not occur in any other position. If the LED does not glow in any position, or if it glows in all positions, the transistor is damaged.
8. After you have found the base of the PNP transistor, assemble a test circuit to check that the transistor functions as a switch. In the circuit diagram, you will see that the battery and the LED are in the opposite direction to the battery and the LED in the test circuit for NPN transistors.
9. Determine the emitter and the collector. You can make conclusions about them in the same way you did for the NPN transistor. Connect the transistor and see if it functions as a switch.
A transistor turned in the opposite direction will not function so well as a switch, or will not function at all.
If you cannot find the base of the transistor (common anode for the emitter and collector in an NPN transistor, and a common cathode for the emitter and collector in a PNP transistor), or if the transistor does not function as a switch, then it is damaged.
We have already said that there are no PNP transistors in this kit. Nevertheless, this procedure will prove useful when you come across a completely unknown transistor.

Tools: battery 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 41



42. CURRENT FLOWING THROUGH THE BASE CAN BE DIRECTED THROUGH THE COLLECTOR'S RESISTOR

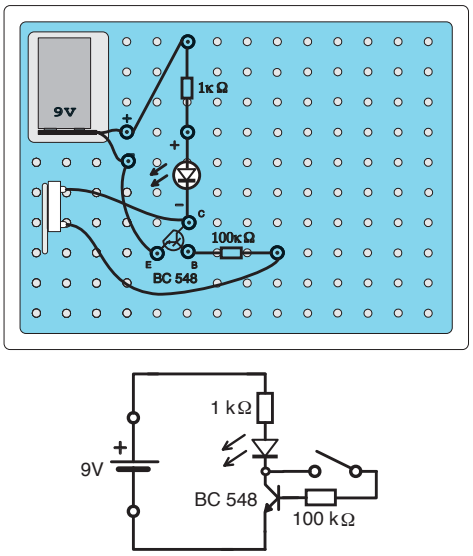
Now recall the circuit diagram for the transistor as a switch. The current is directed to the base of the transistor through a resistor, one end of which is connected to the positive pole of the battery and the other end to the base. This is not the only way to direct current to the base of the transistor, which will open the transistor.

The figure 42 shows a circuit in which the current flowing to the base of the transistor also flows through a branch of the circuit between the collector and the positive pole of the battery.

Assemble the circuit as shown in figure 42. When you press the switch, the LED will glow. This means that the transistor functions as a switch.

Tools: battery 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 42



43. CURRENT WHICH FLOWS TO THE BASE CAN BE DIRECTED FROM A VOLTAGE DIVIDER

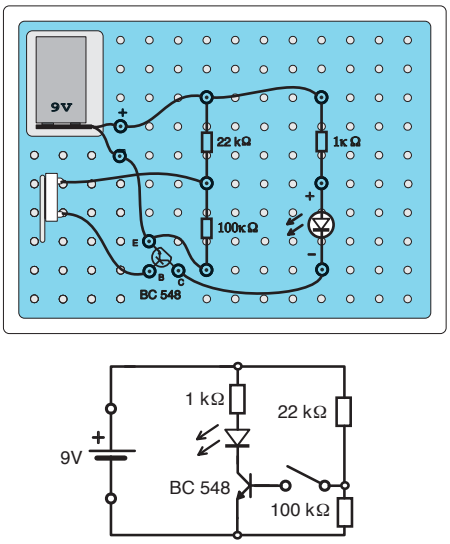
The figure 43 shows another possibility for feeding electric current to the base of the transistor.

Two resistors are used as a voltage divider. The ratio between the resistance of these two resistors determines the current flowing to the base of the transistor.

All three methods of feeding current to the transistor shown here have the same effect on the transistor, providing that current flows to the base, and the transistor is open. Which method of feeding the base we use depends on how we wish to use the transistor.

Tools: battery 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 43



44. SERIAL CONNECTION OF TWO TRANSISTOR SWITCHES

We now know that a transistor can be used as a switch. By directing a small current through the base, we can cause greater current to flow through the transistor.

With one transistor switch we can control another transistor switch. An example of this is shown in the figure 44. Between the collector and the positive pole of the battery there are a resistor and an LED.

The LED will signal whether the transistor is open or closed as a switch. If the transistor is open, electric current will not flow through it and the LED will not glow.

If we connect the battery to the circuit, the green LED will not glow. Why? The switch is not on. Current does not flow to the base of the first transistor, and it is closed. Since no current flows through it, we can consider it non-existent. The current will flow to the base of the second tran-sistor through the red LED and the 100 kΩ resistor.

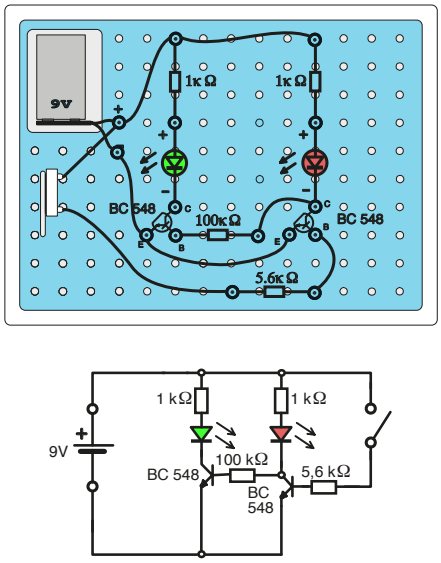
Because of the 100 kΩ resistor, the current will be too small for the red LED to glow, but it will be strong enough to open the second transistor and let the current flow through, making the green diode glow.

Press the switch. Now the current will flow to the base of the first transistor, which will thus be open. Greater current will then flow through it, making the red LED glow.

The right resistor and the right diode form the voltage divider. The base of the left transistor is fed through this voltage divider. The open transistor is a very small resistor. This resistance is so small that the voltage on it is small. The current which flows to the base of the left transistor will thus also be very small. This will cause the left transistor to be closed, and the green LED will not glow.

Tools: battery 9V, 14x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 61, 4x68, 2x69

Fig. 44

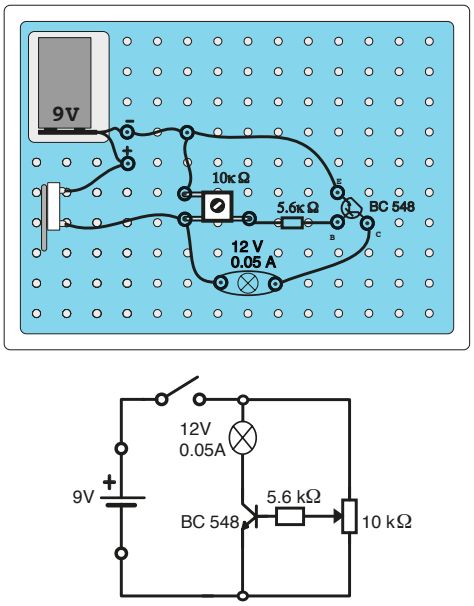


45. THE TRANSISTOR AS AN ADJUSTABLE RESISTOR

Assemble the circuit as shown in figure 45.
The brightness of the light emitted by the light bulb depends on the position of the slider on the potentiometer. If the slider is closer to the positive pole of the battery, the bulb will glow more brightly, and if it is closer to the negative pole of the battery, it will glow less brightly. If you move the slider, the intensity will vary.
How does the circuit function?
When the slider is closer to the potentiometer output connected to the positive pole of the battery, more current will flow to the base. If we move the slider, the potentiometer becomes a voltage divider.
A resistor through which current flows to the base is connected to the voltage of this divider. If the voltage in the divider is higher, greater current will flow to the base of the transistor.
When the current flowing to the base of the transistor is greater, the light bulb will glow more brightly. In this case, greater current flows through the bulb (and also through the transistor). Since the bulb is the way, it is, it is obvious that the properties of the transistor are changing in such a way that it behaves as an adjustable resistor, the resistance of which depends on the current flowing to its base.
Imagine you are turning the shaft of the potentiometer one way and the other. This will cause the voltage on the slider of the potentiometer to vary: once it will be higher and then later lower.
A higher voltage will send a greater current to the base of the transistor, and the transistor will be more open.
The varying voltage directed to the base of the transistor from the potentiometer can be brought from any other source. The transistor will amplify this voltage. We can say that the transistor used as an adjustable resistor is in fact an amplifier.

Tools: battery 9V, 11x7, 14, 35, 38, 40, 42, 51, 59, 4x68

Fig. 45

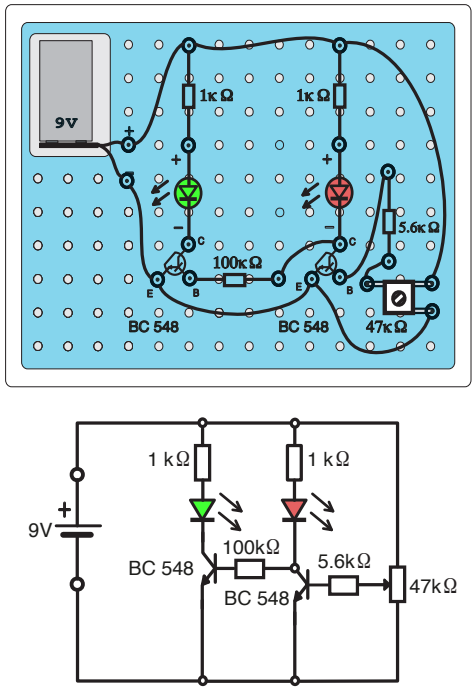


46. SERIAL CIRCUIT OF TWO TRANSISTOR AMPLIFIERS

Just as we could control one transistor switch with another, we can connect the output of one amplifier to the input of another, amplifying a small voltage several times.
In the circuit shown below, we have a serial connection of two transistor amplifiers. The LEDs serve as indicators showing how the resistance of the transistor's changes. Let us assume that the slider on the potentiometer is in such a position that the voltage on it equals zero. The current to the base of the transistor will also be zero, and the transistor will be closed.
In the previous case, the red diode didn't glow but the green diode did. The opposite will happen if the slider of the potentiometer is in a position where the current to the base is strongest. Then the red diode will glow and the green one won't. What about other positions of the potentiometer? Try them.
As you turn the shaft of the potentiometer, the red diode will glow brighter and the green one dimmer. If you turn it in the opposite direction, the red diode will glow less and the green one more.
his experiment shows how the output signal of one transistor amplifier can be used to control another. We have been controlling the light of the LEDs. At the second transistor where the voltage brought from the other transistor has been amplified, we can connect another element instead of the LED, one that needs more power to function, i.e. a light bulb or the coil of a relay.

Tools: battery 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 59, 61, 4x68, 5x69

Fig. 46

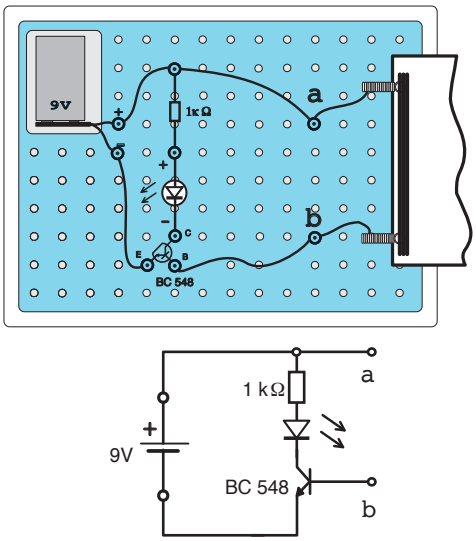


47. A LAYER OF GRAPHITE FROM A PENCIL ON A PIECE OF PAPER CAN ALSO ACT AS A RESISTOR

In the introduction, we mentioned that a resistor is usually made of a ceramic body covered by a resistant layer. This layer can also be graphite.
In everyday life, we come in touch with graphite quite often. We can find graphite in an ordinary pencil: the core is graphite. How can we prove that? Make your own resistor.
Take a piece of paper and draw a broad thick line on it. Fold the paper so that the line lies along the fold. At each end fit a spring clip into which you have inserted a connecting wire. Now you have a resistor with output wires.
How can you verify that this is really a resistor? Insert it into the circuit shown below. Through this resistor, the current will flow from the positive pole of the battery to the base of the transistor. The transistor will open and the diode will glow.

Tools: battery 9V, 10x7, 38, 42, 43, 57, 4x68, 2x69

Fig. 47

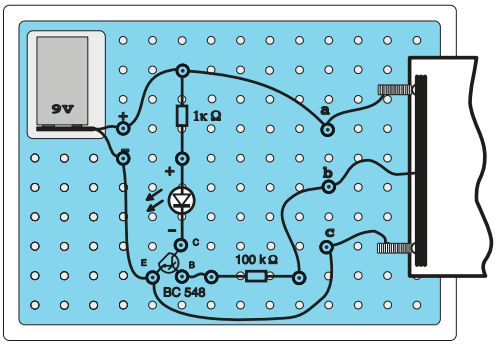


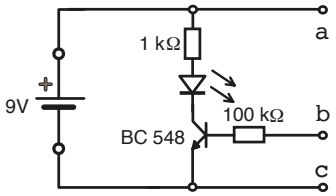
48. A LAYER OF GRAPHITE ON A PIECE OF PAPER CAN ALSO BE USED AS A POTENTIOMETER

We have already mentioned that the potentiometer is in fact a resistor in which the slider moves. Use the resistor described above and make it a potentiometer.
For this experiment you will use the resistor made for the previous experiment. Use a spring clip with a wire attached to it as the slider. Hold the clip and push it up and down along the graphite layer on the paper. Watch how the brightness of the diode changes. Recall the experiment where the transistor was used as an adjustable resistor. Here we have almost the same circuit, except that a home-made potentiometer was used instead of the a factory-made one.

Tools: battery 9V, 11x7, 38, 42, 43, 57, 61, 4x68, 5x69

Fig. 48



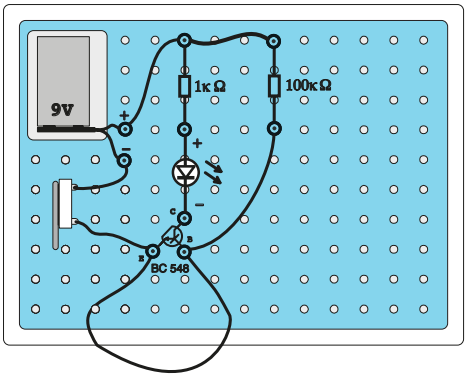


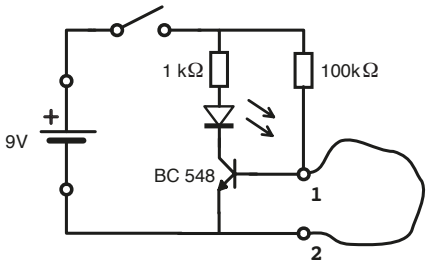
49. ELECTRONIC GUARD

Now that we have learnt about the functioning of circuits with transistors, we can use the transistor in various ways. What kind of circuits can be made using the transistor depends on the imagination of its designer. The following experiment shows the transistor in a circuit which will send a signal when it is disconnected. Such a circuit can, for instance, be used to signal the undesired opening of a door. In this circuit, the transistor will be used as a switch.
Between clips 1 and 2 is a wire which causes a short circuit between the base and the emitter. Since current does not flow to the base, this transistor is closed. The current which flows from the positive pole of the battery through a 100 kΩ resistor flows directly to the negative pole of the battery. If you remove the wire from between clips 1 and 2, the current will flow to the base of the transistor and the transistor will open. The LED will then glow. So, the circuit described can be used to detect a disconnection of the electric circuit. One possible use is as an electronic guard.
The wires between clips 1 and 2 can be of any length. Fit a gadget where you want to guard so that the circuit will easily be severed. The diagram below shows an example which can be used for signalling that the door had been opened.
Use a drawing pin to fix a paper-clip on the door and the door post on the side where the door opens. Connect the two paper clips to spring clips 1 and 2 on the circuit board. Fit a piece of wire between the paperclips, making sure that it is not insulated at the point of contact. When this is done properly, the LED will not glow. Because of the wire between clips 1 and 2, there is a short circuit between the base and the emitter, and current will not flow to the base.
If someone opens the door, the wire will be pulled off the paper-clips and the connection between spring clips 1 and 2 will be severed. The current will now flow from the positive pole of the battery through the resistor to the base of the transistor. The transistor will open and the diode will glow.
We can select several such places which we wish to guard. We can then serially connect all such places (i.e. all doors and windows, cupboard doors, etc.) and bring the wires to our circuit. The problem here is that when we get a signal from the alarm, we won't know where the intruder triggered it. If we want to get this information, we will have to make a separate circuit for each of the guarded positions. If all the circuits are at the same location, we can use one battery for them all.

Tools: battery 9V, 9x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68, 1x69

Fig. 49



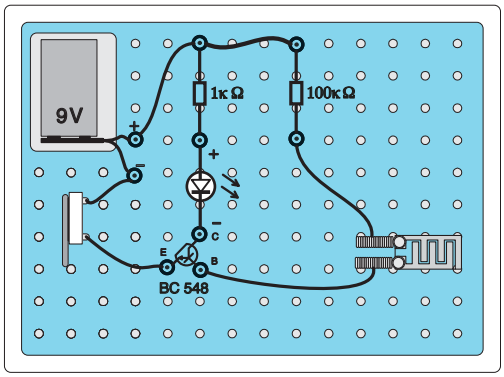


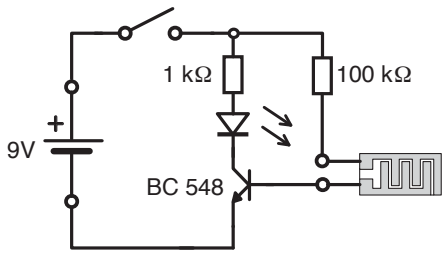
50. SIGNAL FOR HIGH LIQUID LEVEL

Most liquids conduct electric current. Not very well, but the resistance of liquids is small enough to allow sufficient current to control a transistor.
In your kit you will find a humidity sensor. This is a plate with two conductors fairly close together along a considerable length. Electric current cannot flow across the gap between the conductors.
If a conducting liquid comes between these two conductors, the resistance of the sensor will drop. We will use this property in our experiments.
In this circuit, a 100 kΩ resistor and the humidity sensor are connected between the positive pole of the battery and the transistor.
When the liquid sensor is immersed in a liquid which conducts electric current, the current will flow from the positive pole of the battery through the 100 kΩ resistor and the liquid sensor to the base of the transistor. The transistor will open and the LED will glow.
This sensor cannot be used for liquids which do not conduct electric current, such as oils and distilled water. In such cases, other sensors are used.

Tools: battery 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

Fig. 50



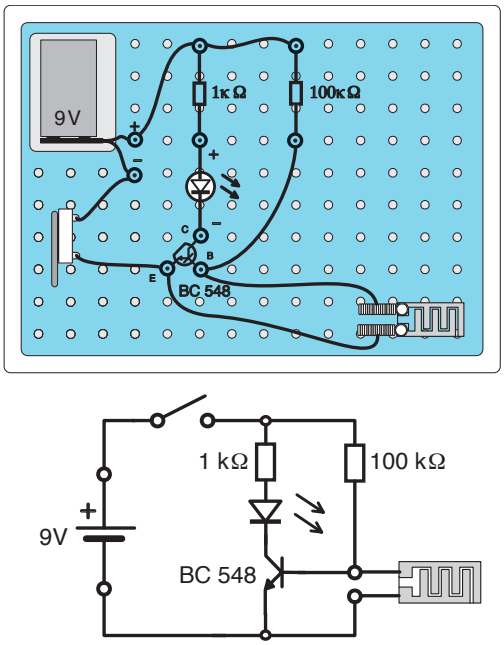


51. SIGNAL FOR LOW LIQUID LEVEL

In this experiment, we want the signal to warn us when the level of the liquid is low. In this circuit, the humidity sensor forms a voltage divider with the 100 kΩ resistor, which branches off to the base of the transistor.
When the sensor is immersed in liquid, the resistance between its conductors will be small. The voltage between its clips will thus be too small for current to be conducted to the base, and the transistor will be closed.
When the container empties, the sensor will remain in the air. As the humidity dries up, the resistance of the sensor will increase. The voltage across the middle branch of the divider will increase, and the current will flow through the 100 kΩ resistor to the base of the transistor. This will open the transistor and the diode will glow.

Tools: battery 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

Fig. 51

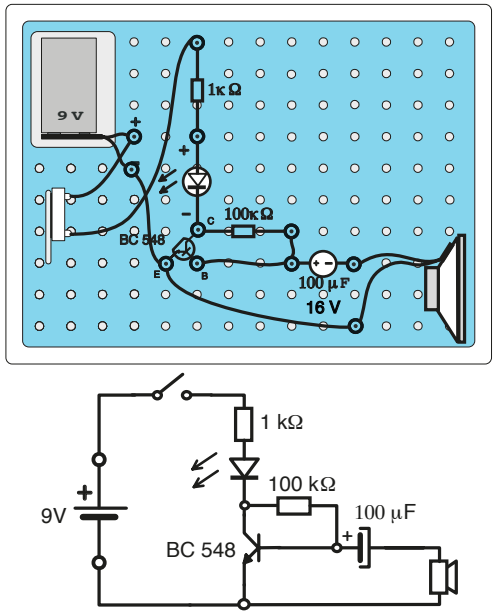


52. FREQUENCY AMPLIFIER

Recall the description of how a loudspeaker works. If electric current flows through the coil of the speaker, the coil will behave as an electromagnet. This will cause the coil to be pulled in or bounced out of the relay electromagnet. If varying or alternate current flows through this coil, it will move in and out. This will cause movements in the air and we will hear the sound it produces.
As a general rule, movement of a conductor close to a magnet (or movement of a magnet close to a conductor) will cause electric current to flow through it. This is the basic principle of electric generators in power stations.
What happens to the coil in the groove of a magnet if it moves? The movement will cause electric current to flow through it. We say that electric current is induced in it. Because the membrane moves in and out. the current in the coil will alternate directions. In brief, alternating current will flow through the coil if we talk into the speaker. If we talk into a speaker, an electric signal will be induced, the voltage of which will depend on how loudly we speak at or tap the membrane. This is how some microphones function, for example those used in modern telephones. The construction of the loudspeaker and the microphone are very similar. In your kit there is no microphone. But never mind that; instead of a microphone, we will use the speaker.
In the circuit shown below, the resistors have been chosen so that the transistor is slightly open. This causes the LED to glow slightly. An electrolytic capacitor is connected in parallel to the microphone. Because the capacitor blocks direct current, the current flowing from the collector through the 100 kΩ resistor will flow to the base of the transistor.
The speaker, used here as a microphone, is connected to the base of the transistor via the electrolytic capacitor. If you tap the membrane of the speaker or talk at it, alternating current will be induced in the coil. We have already proved that alternating current can flow through a capacitor. This current will add to the current flowing to the base of the transistor through the resistor. The current flowing to the base will thus vary. As a consequence, the transistor will be more or less open, and the LED will glow with more or with less intensity.

Tools: battery 9V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 45, 57, 61, 66, 4x68

Fig. 52

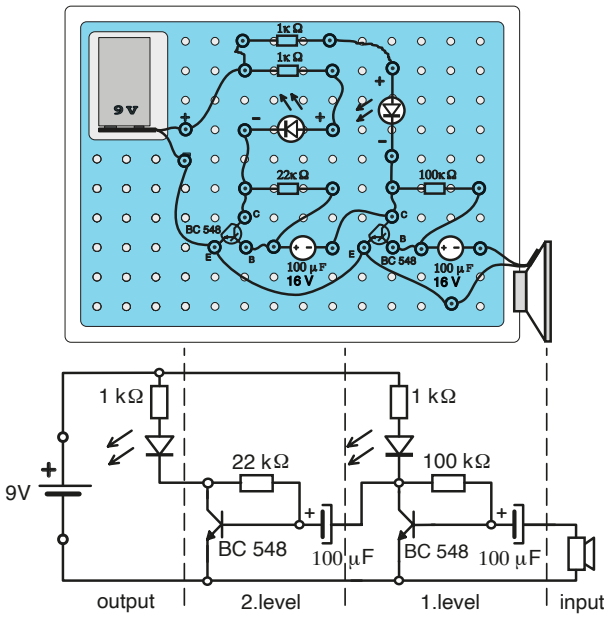


53. TWO PHASE LOW FREQUENCY AMPLIFIER

In this experiment, we use two very similar low frequency amplifiers. Between the output of the first (the collector of the right transistor) and the input of the second (the base of the left transistor) there is an electrolytic capacitor which ensures that feeding of the base of the left transistor will be controlled only by the resistors around this transistor. The first transistor amplifies the low frequency alternating current coming from the speaker, which is here used as a microphone. The amplified alternating signal flows from the collector of the right transistor through the electrolytic capacitor to the base of the left transistor.
Thus, the signal at the collector of the left transistor will be amplified several times. The LED will show how the current flow through the left transistor varies as a result of the signal coming from the speaker.

Tools: battery 9V, 24x7, 38, 2x42, 43, 44, 45, 2x57, 58, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 53

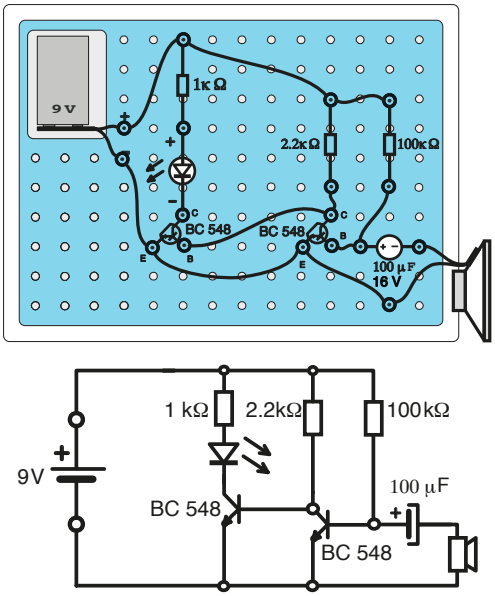


54. ANOTHER VARIATION OF THE AMPLIFIER

The diagram below shows another variation of the two-phase amplifier. Between the collector of the right transistor and the base of the left one, there is no electrolytic capacitor, allowing the direct current from the collector's resistor of the right transistor to flow to the base of the left transistor. If we compare the two circuits, we will find that in the second one we have used fewer elements. However, direct connection of direct current between the first and the second transistor can cause complications.

Tools: battery 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 45, 57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 54

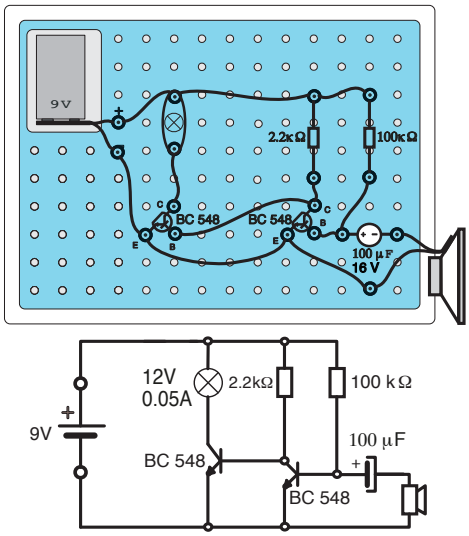


55. "LIGHT SHOW"

Using amplifiers, we can amplify a weak signal coming from the input of the speaker enough to make a light bulb glow.
If you connect the light bulb directly to the outputs of the speaker, it will not glow. But with this circuit it will be enough to tap gently on the speaker or blow into it to make the bulb glow. A similar principle is used in circuits in discotheques where lights pulsate in time with the rhythm of the music.

Tools: battery 9V, 24x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 2x57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 55

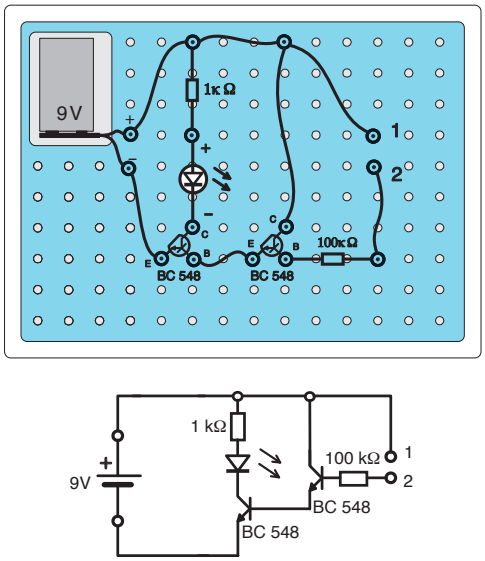


56. SENSOR CIRCUIT WITH TWO TRANSISTORS

You have probably wondered how the sensor keys on your radio and TV receiver's work. The key is not at all a button which needs to be pressed, but it works even if you only slightly touch it.
If you assemble the circuit shown in figure 56 it will become clear how the sensor key's function. Two transistors are used in this circuit. The spring clips from the positive pole of the battery and the 100 kΩ resistor connected to the other end to the base of the right transistor are placed close enough together for them both to be able to be touched by one finger.
Remember: if very small current flows to the base of the transistor, it will allow much stronger current to flow through the transistor from the collector to the emitter. This current can be fed to the base of the other transistor. Thus, the current flowing to the base of the left transistor will be amplified, amplifying, in turn, the current flowing through it. Such connection between transistors in which current from the emitter of one transistor flows directly to the base of the other is called a Darlington circuit.
The surface of our skin is always covered in a variety of dirt, damp and acids (sweat). Thus, electric current can flow across the surface of our skin. The resistance of the skin is fairly large, and the current flowing on its surface is very small. This current is fed to the base of the right transistor shown in the diagram below. When we touch the spring clips marked 1 and 2, the LED will glow.
What is the purpose of the 100 kΩ resistor between the sensor key and the base of the right transistor? The circuit would also function without the resistor, but ...
It could happen that somebody would by mistake (or on purpose) connect the sensor contacts to a metal piece. The base would then be connected directly to the positive pole of the battery. Remember: the direction base-emitter in a transistor behaves as a diode. This diode is turned so that the current can flow from the emitter to the negative pole of the battery. Current flowing directly from the positive pole of the battery through the base of the transistor would definitely ruin it. A resistor serially connected to the base of the transistor protects it against powerful current flowing through its base.

Tools: battery 9V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 3x69

Fig. 56

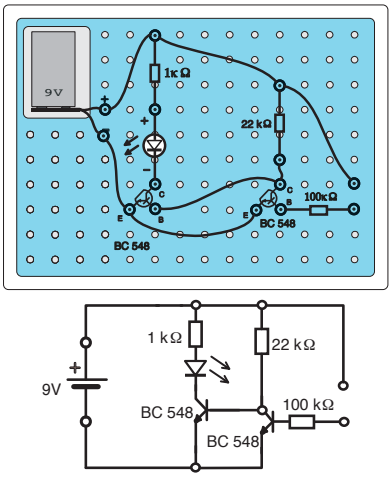


57. SENSOR CIRCUIT WHICH SWITCHES OFF AN APPLIANCE

In this circuit, the right transistor is used as a switch which switches on the left transistor switch. Normally, electric current will not flow to the base of the right transistor. The transistor will therefore be closed and will present a very high resistance. The current will thus flow through the 22 kΩ resistor to the base of the left transistor, which will open and the LED will glow.
If you touch the "sensor" spring clips, electric current will flow to the base of the right transistor and open it. The open transistor will give less resistance and the voltage on the middle branch of the voltage divider consisting of the 22 kΩ resistor and the right transistor will drop. Current to the base of the left transistor will decrease and it will close. The LED will stop glowing.

Tools: battery 9V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 57

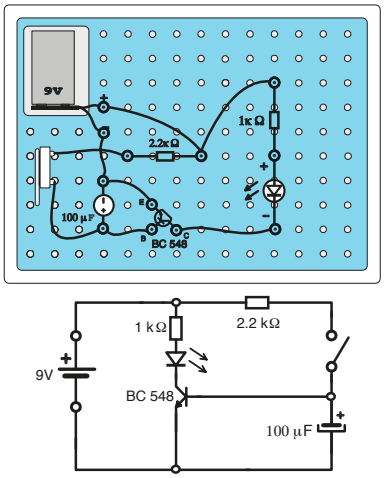


58. CAPACITOR AND TRANSISTOR (1)

If you assemble the circuit shown below and connect it to a battery, the LED will not glow, because electric current does not flow to the base of the transistor and it is closed.
Press the switch. The current from the positive pole of the battery will flow through the resistor and the switch, and on to the electrolytic capacitor and the base of the transistor. At first the current will pour into the empty capacitor. As the capacitor becomes charged, the voltage at its contacts will increase. At a certain point, it will be high enough for some of the current to flow to the base of the transistor and the transistor will begin opening. The glow of the LED will increase until it reaches its maximum.
Release the switch button. The capacitor is charged and some electric charge is stored in it. When we release the switch, the capacitor will behave as a battery from which current can flow to the base of the transistor. This will cause the transistor to remain open for some time. As the capacitor empties the current flowing from it to the base of the transistor will grow smaller. The transistor will slowly close, and the glow of the LED will become weaker until it extinguishes.

Tools: battery 9V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 66, 4x68, 2x69

Fig. 58

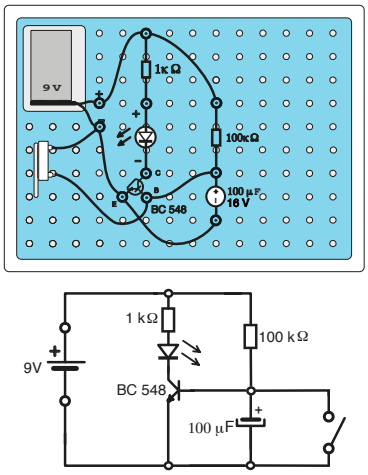


59. CAPACITOR AND TRANSISTOR (2)

In this circuit, the switch is connected in parallel to the electrolytic capacitor. When you connect the circuit to the battery, the glow of the LED will increase, as in the previous experiment.
Press the switch. This will cause a short circuit of the capacitor, which will drain immediately. The LED will go out immediately too. Release the switch button. The capacitor will slowly begin to fill. At the same time, the transistor will begin opening, and the glow of the LED will increase until it reaches a maximum.

Tools: battery 9V, 12x7, 38, 42, 43, 57, 61, 66, 4x68, 69

Fig. 59

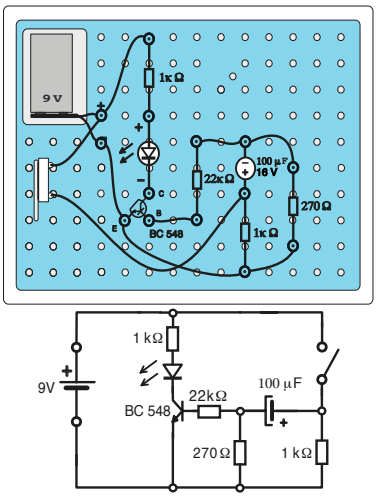


60. SWITCHING ON AN APPLIANCE FOR A BRIEF MOMENT

A circuit which employs the properties of a capacitor being charged can also be used for switching on an appliance for a short period. This can be the ventilator in a bathroom, an electric doorbell or gong, etc. The circuit described here will not allow it, but if we connect a relay between the collector of the transistor and the positive pole of the battery instead of the LED and the serially connected resistor, the relay could function as a switch for appliances which need greater current and voltage.
How does the circuit function? Let us assume that the electrolytic capacitor is empty. When you press the switch, the current will flow from the positive pole of the battery to the electrolytic capacitor. Then the current will branch off: one part through the 270 Ω resistor to the negative pole of the battery, the other through the 22 kΩ resistor to the base of the transistor. The transistor will open and the LED will glow.
The capacitor will slowly fill. Once it is charged, current will stop flowing to it. Current will also stop flowing to the base of the transistor, which will thus close and the diode will not glow.
When you release the switch, the positive pole of the capacitor will not be connected to the positive pole of the battery, current will flow through the 1 kΩ and 270 Ω resistors, and the capacitor will drain. Here the current flowing through the 270 Ω resistor flows in the opposite direction compared to when the switch is on, and the voltage on this resistor will be in the opposite direction than before. The transistor will be closed and the diode will not glow.

Tools: battery 9V, 14x7, 38, 42, 43, 56, 2x57, 66, 4x68, 2x69

Fig. 60

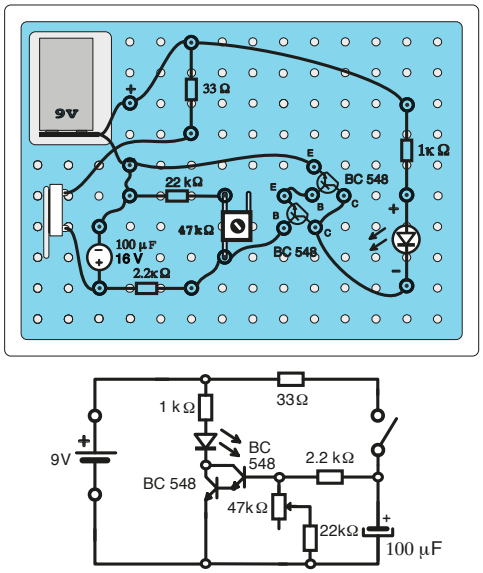


61. SWITCH WITH AN ADJUSTABLE TIME LAPSE

Maybe you have had the chance to watch one of your parents trying to lock the car in an unlit parking lot after all the car doors were closed. Wouldn't it be much easier to find the lock if the lights in the car remained lit another few seconds?
Let's suppose that our press button switch is the switch which switches on the light inside the car. When contact is made, the current will flow from the positive pole of the battery through the 33 Ω resistor, after which one part will flow to the electrolytic capacitor, the other to the 2.2 kΩ resistor. From here, one part of the current will flow to the base of the transistor, the other through the potentiometer to the negative pole of the battery. Because of the current flowing to the base, the transistor will open and the LED will glow. Release the switch. The electrolytic capacitor will begin to drain through the 2.2 kΩ resistor, from where one part of the current will flow to the base and the other part to the potentiometer and the 22 kΩ resistor. Depending on the position of the potentiometer, the capacitor will drain faster or slower.
When the voltage in the electrolytic capacitor becomes too small to keep the transistor open, the LED will stop glowing. The potentiometer is there to regulate the delay between the moment when the switch is released and the moment when the LED goes off.

Tools: battery 9V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

Fig. 61

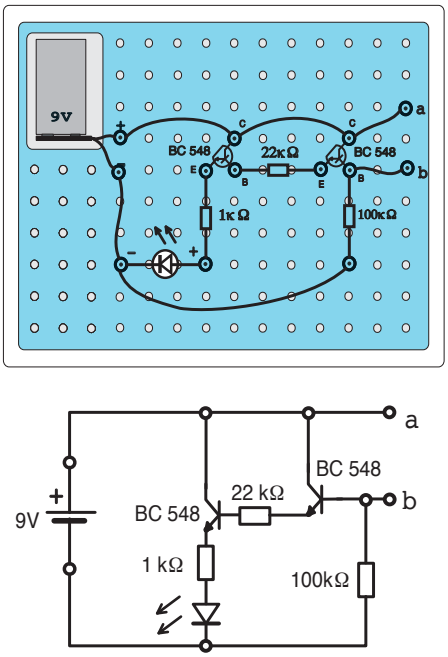


62. CIRCUIT FOR TESTING ELEMENTS

In the circuit below, the LED will glow when current flows between clips a and b. How can this be used to testing elements?
If you connect a resistor between the clips, the LED will glow if the resistor is not damaged. If you connect a capacitor between the two clips, the LED will glow for a short moment. When the capacitor is charged, the current will stop flowing from a to the capacitor and on through b to the base of the transistor. The diode will stop glowing. The diode will glow longer the higher the capacitance of the capacitor. If the LED continues to glow, the capacitor is damaged.
With this circuit we can also test diodes. A diode should be connected so that the cathode (the end of the diode which is marked) contacts with clip b. The LED will glow. If you turn the diode around, the LED should not glow. If the diode does not behave in this way, it is damaged.

Tools: battery 9V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

Fig. 62



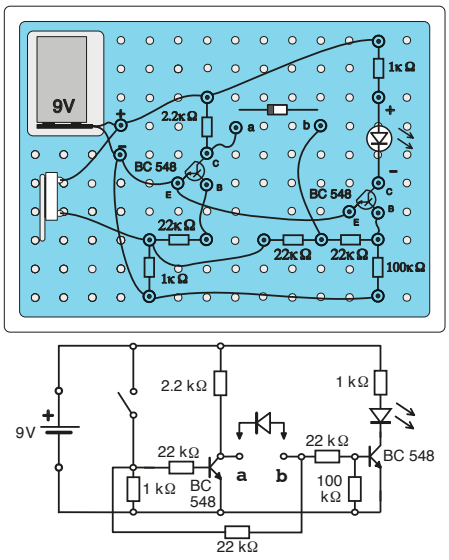
63. CIRCUIT FOR TESTING DIODES

In the previous circuit we had to connect the diode twice to test the anode - cathode and then cathode-anode directions.
With the elements from the kit, you can assemble a complex circuit for testing diodes. Let us see how the circuit behaves if we connect a working and a damaged diode to it.
Let us first assume that the diode is disconnected inside. This would be the same as if there was nothing between contacts a and b. The right transistor will be closed, because the current can't reach its base. The LED will not glow. Press the switch. The current will flow through the switch and the 22 kΩ resistor to the base of the right transistor, which will open, and the LED will glow. If you press the switch, the left transistor will also be open, but for this test it is unimportant.
Let us assume that the diode is short circuited inside. This would be the same as inserting a piece of wire between a and b. Now the current will flow through the 2.2 kΩ resistor, the inserted wire and the 22 kΩ resistor to the base of the right transistor. The transistor will open, and the LED will glow. Press the switch. Now the left transistor will open and its resistance will be very small. As a result, the voltage between the emitter and collector of this transistor will be too small for the current to flow to the base of the right transistor. The transistor will close and the LED will not glow.
Let us assume that the diode is working and inserted correctly (as shown in the diagram: the cathode on clip a. When the switch is released, the diode will stop the current, which would otherwise flow through the 2.2 k- resistor towards the base of the right transistor. Therefore, the LED will not glow. When you press the switch, the left transistor will open and the resistance between its collector and emitter will be very small. The current which would otherwise flow through the switch and the 22 kΩ resistor will instead flow through the diode and the left transistor, and the right transistor will again be closed. The LED will not glow.
Let us assume that the inserted diode is good but connected to the circuit in the wrong direction, that the cathode is on clip b. The current will flow through the 2.2 kΩ resistor, the diode and the 22 kΩ resistor to the base of the transistor, which will open, and the LED will glow. When you press the switch, the left transistor will open and the voltage across it will be very small. Current will flow through the switch and the 22 kΩ resistor towards clip b. Because the left clip of the diode is at a very low voltage (due to the open left transistor), the diode is turned in the wrong direction. The current will not flow in this direction but to the base of the right transistor. The transistor will again be open, and the LED will glow.
From this description, we can make the following table:

Condition of the diode	Switch is on	Switch is off
good	off	off
disconnected	glowing	off
short circuited	off	glowing
turned in wrong direction	glowing	glowing

Tools: battery 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 2x60, 61, 4x68, 4x69

Fig. 63

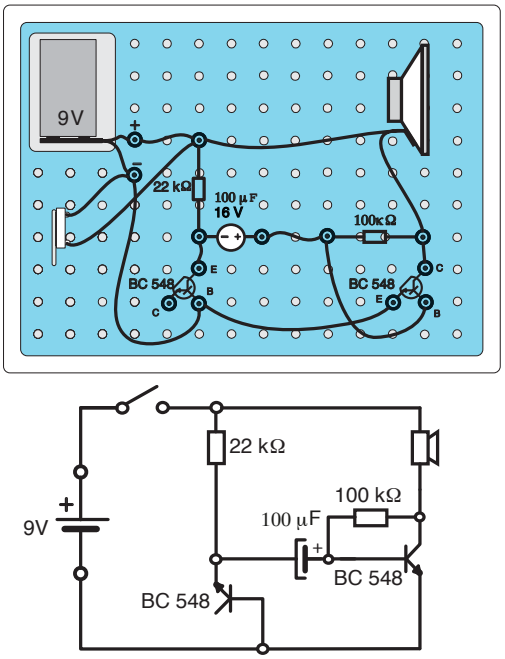


64. NOISE GENERATOR

You have probably seen amplifiers with a display which shows the volume of individual tones in the music you are listening to. On the display, you can see columns which jump up and down in time with the music.
Beneath the columns, the frequency range of each column is marked. i.e.: 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, etc.
For high-quality sound reproduction, it is essential that the amplifier amplifies all the tones equally. How can we check this? We would need the source of the signal, connecting it to the amplifier and measuring its volume at the output of the amplifier. At the source, we could then adjust the frequency of the signal and measure the volume of the output signal. Then we would change the frequency of an equally strong signal and measure its volume again. In this way, we would see which frequencies the amplifier amplifies most. With appropriate controls, we can then regulate the amplification for each frequency separately.
There is a signal in which the sounds of all frequencies are already present. This is noise. If we had a noise source, we could connect it to the input of the amplifier and measure at its output the volume of the signals with an instrument which can show the volume of individual frequencies. Such instruments have a display with columns like those described above. From here on, it would be easy to regulate the amplifiers.
A circuit which will generate noise is shown in the diagram below. The element which generates the noise is the emitter-base direction of the BC548 transistor used as a diode and connected to the circuit in the wrong direction. A transistor connected to the circuit in this way will generate a hiss which we can amplify. Here we used a transistor amplifier. When you press the switch of the circuit, you will hear a hiss from the speaker.

Tools: battery 9V, 13x7, 38, 40, 2x42, 45, 58, 61, 2x66, 4x68, 2x68

Fig. 64

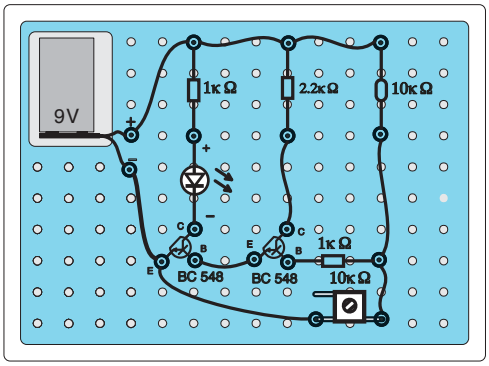


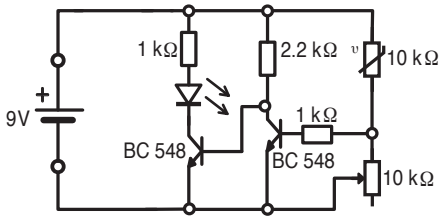
65. TEMPERATURE SENSITIVE SWITCH

We have already become acquainted with the way thermistors, transistors and relays work. Our knowledge is now sufficient for us to assemble a more complex circuit.
Imagine you have a heater and you want it to switch on automatically when the temperature drops to a certain level. This can be done using a circuit very similar to the one in the diagram below.
The thermistor and adjustable resistor on the right side of the circuit diagram are in fact a voltage divider. If the resistance of the thermistor is smaller (which occurs at a higher temperature), the output voltage of the divider will be higher. The output of the divider is connected through a resistor to the base of a transistor. Since the voltage in the divider has increased, the current to the base will increase and the transistor will open. The voltage between the emitter and collector of this transistor will thus be small. The current flowing to the base of the other transistor will drop, the transistor will close, and the diode will stop glowing.
If we connected a relay instead of the LED and the 1 kΩ resistor, it could switch on the heater or open the hot water electric valve in a central heating system.
As the temperature drops, the resistance of the thermistor will increase. This will cause the right transistor to close and the left transistor will open and the diode will glow.
The circuit can be fitted anywhere, but the thermistor has to be at the spot where we want to regulate the temperature.
Between the thermistor and the negative pole of the battery is an adjustable resistor or potentiometer. If the resistance is smaller, less current will flow to the base of the right transistor. If we want the current flowing to the base of the transistor to be strong enough to cause the relay to switch on, the resistance of the thermistor must drop to a lower value, which will happen at a higher temperature.
This means that by changing the position of the slider on the potentiometer, we can regulate the temperature at which we want the heating to turn on. With a lower resistance of the potentiometer, the heating will turn on at a higher temperature, and vice versa.
When the circuit is assembled, turn the shaft of the potentiometer so that the LED stops glowing. Then turn it back just enough for the LED to start glowing. Then hold the thermistor with your fingers. This will heat it and the LED will stop glowing. Wait a short while. The thermistor will cool off and the diode will glow again.

Tools: battery 9V, 17x7, 38, 2x42, 47, 51, 2x57, 58, 4x68, 5x69

Fig. 65



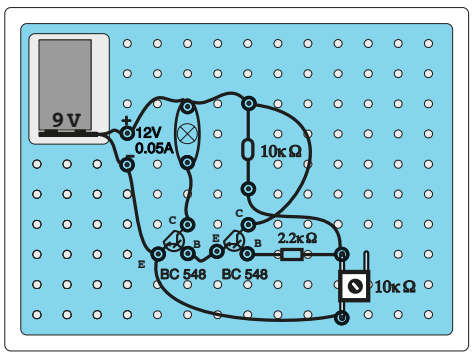


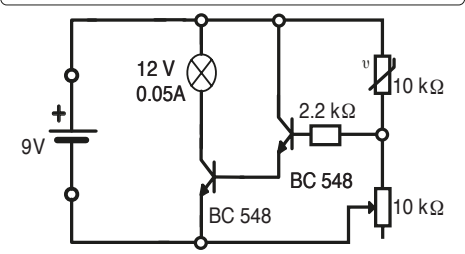
66. ELECTRIC CANDLE

To light a candle, you need a source of heat (fire from a match), and to extinguish it you only need to blow it out. The following circuit will behave in a similar manner.
If you heat the thermistor with your fingers, its resistance will drop. The voltage at the thermistor will be lower, and more current will flow to the base of the right transistor. From there, more current will flow to the base of the left transistor, causing it to open and the light bulb to glow.
If the bulb and the thermistor are close together, the heat from the bulb will heat the thermistor, and the bulb will continue glowing.
What needs to be done for the bulb to go out? Blow at the thermistor so that it cools off. If necessary, blow several times and the bulb will slowly go out. A cooler thermistor has greater resistance and less current will flow through it.
Less current will then flow to the base of the transistor and thus through the transistor. The bulb will stop glowing.
With the adjustable resistor, you can regulate the temperature at which the bulb will begin glowing. Turn the shaft of the potentiometer so that the bulb goes off. Wait for the thermistor to cool. Then turn the potentiometer until the bulb starts glowing again and quickly turn it back so that it just goes off again. Check the position of the bulb and the thermistor. The filament should be as close to the thermistor as possible.

Tools: battery 9V, 13x7, 14, 35, 38, 2x42, 47, 51, 58, 4x68, 4x69

Fig. 66



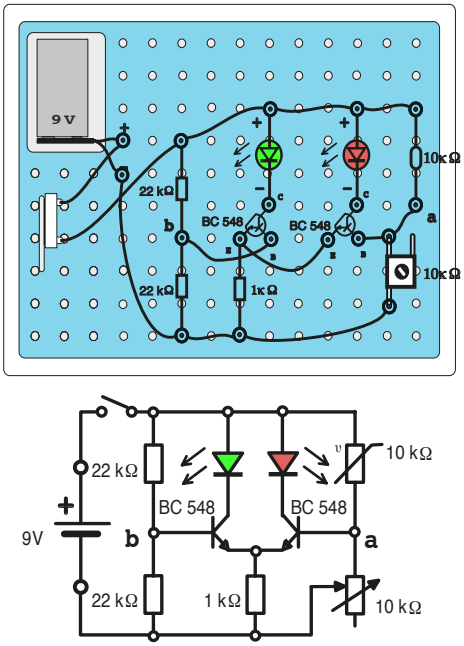


67. SIGNALLING TEMPERATURE CHANGES

Sometimes we want to know if the temperature has changed from the previously set one, and if so, in which direction. This can be done using a circuit similar to the previous one. Characteristic of this circuit is the way the transistors are connected. The current flowing from the emitters flows through a joint 1 kΩ resistor.
This resistor determines how much current will flow through both the transistors together. More current will of course flow through the transistor which has lower resistance. Because the current can flow through the left or the right transistor, or through both equally, this is called a balanced circuit. The circuit reacts strongly to differences in the voltages between points a and b. If these two voltages are equal, the circuit is balanced. In this situation, both the diodes will glow with equal intensity. The situation is like a seesaw: each side can go up or down, but if both parties make an effort, they can reach a balance where the seesaw will remain stable.
If equal current flows through both the bases, the circuit will be balanced and both transistors will have equal resistance. Both diodes will glow with equal intensity.
If the thermistor warms up, its resistance will drop. The voltage at point a will be slightly higher than at point b. The right transistor will be more open than the left one, and the right diode (red) will glow brighter and the left (green) one dimmer than before.
If the thermistor cools down, the voltage at point a will drop. Now the voltage at point b will be higher than at point a. The left transistor will now be more open than the right one, and the green diode will glow brighter and the red one weaker.
Using the potentiometer in the circuit as an adjustable resistor, we can adjust the temperature (or resistance of the resistor) at which the circuit will be balanced. At that point, both diodes will glow with equal intensity. If the temperature drops, the green diode will glow brighter and the red one dimmer. When the temperature rises, the opposite will happen. One glance at the LEDs will be enough to see whether the temperature is below or above the preset level.

Tools: battery 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 47, 51, 57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 67

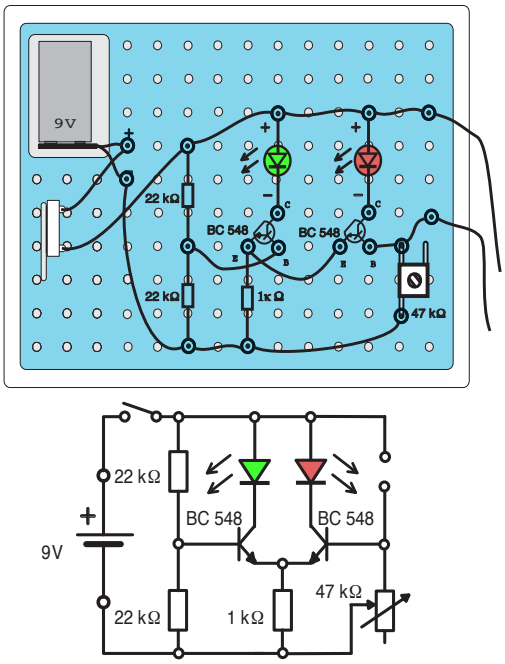


68. SIGNALLING A PRECISELY SET WATER LEVEL IN A CONTAINER

The circuit is made from the balanced circuit of two transistors described in the previous experiment. In this case, the signalling unit will be adapted for liquids. It could consist of two long parallel bare wires. As the level of the liquid rises, the resistance between the wires fitted vertically to the wall of the container will change.
Because the resistance of liquids is different in each case, the adjustable resistor and its adjustment will have to be carefully chosen. In the example in the diagram, we have used a 47 kΩ adjustable resistor.

Tools: battery 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 52, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 68



69. LOGICAL INVERTOR (NOT)

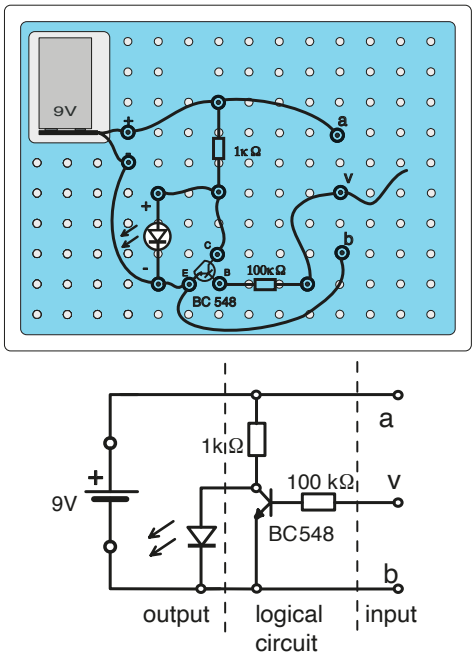
You have probably wondered how a computer functions. Believe it or not, even the most complex computer is assembled from a multitude of simple circuits.
A computer cannot calculate and work with numbers the way people do. The circuits cannot use the multiplication table the way we do. In computers, all the commands and data are written in signs which include only zeros and ones. Imagine these zeros and ones as "no voltage" and "voltage". We will not indulge in the transcription of data and commands, but we will show the basic circuits of any computer or computer integrated circuit.
Logical signals can be observed similarly as an LED which either is or isn't glowing. We will say that the input data is a logical 1 when the input clip is connected to the positive pole of the battery, and a logical 0 when it is connected to the negative pole. At the output of the circuit, the logical 1 is when the LED glows and the logical 0 when it doesn't.
The operation of any digital circuit can be described by a table which shows the logical state at the input (inputs, if there are several) and output (outputs, if there are several). Such a table is called a truth table. We will restrict ourselves to circuits with a maximum of two inputs. In all our circuits, we have shown the position of the inputs, the circuit itself and the output. Since some of the circuits have two inputs and the kit includes only one switch, you can help yourself with a wire connected to the input spring clip which you connect first to the positive (logical 1) and then to the negative (logical 2) pole of the battery.
The simplest logical circuit is the invertor. This circuit reverses the meaning of the input signal. If we have a logical 1 as input, we will have a logical 0 as output, and vice versa.
The truth table of the invertor is:

INPUT	OUTPUT
0	1
1	0

The circuit used as an invertor is in fact a transistor switch in which we can see whether the transistor is open or not. If the input clip (v) is connected to the positive pole of the battery (a), the transistor will be open and have small resistance. The LED connected in parallel to it will not glow.
When the input clip (v) is connected to the negative pole (b) of the battery, the transistor will be closed and have great resistance. The current from the positive pole of the battery will flow through the 1 kΩ resistor and the diode, which will glow.

Tools: battery 9V, 13x7, 38, 42, 57, 61, 63, 4x68, 5x69

Fig. 69



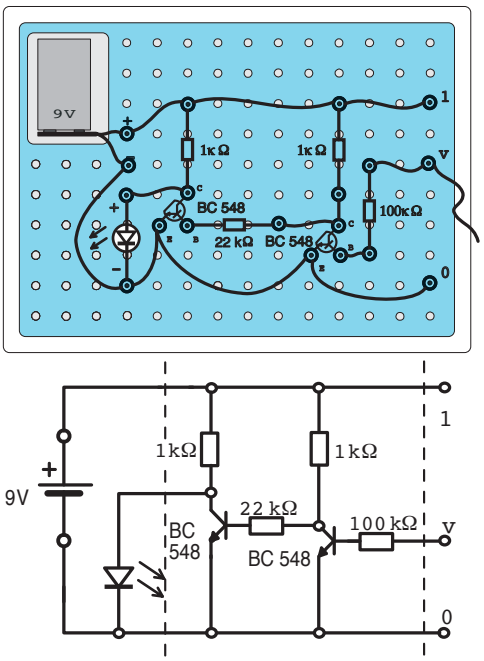
70. TWO SERIALLY CONNECTED INVERTORS

The inputs and outputs of logical circuits can be integrated to form new circuits. In this way, we use simple logical circuits to create circuits which can have very complicated functions between their input and output state.
Here we have a simple example: two serially connected invertors. We can guess what the truth table will be: if the first invertor reversed the meaning of the logical signal, then the second will re-reverse it.
The truth table of this circuit will be:

INPUT	OUTPUT
0	0
1	1

Tools: battery 9V, 19x7, 38, 2x42, 2x57, 60, 61, 63, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 70



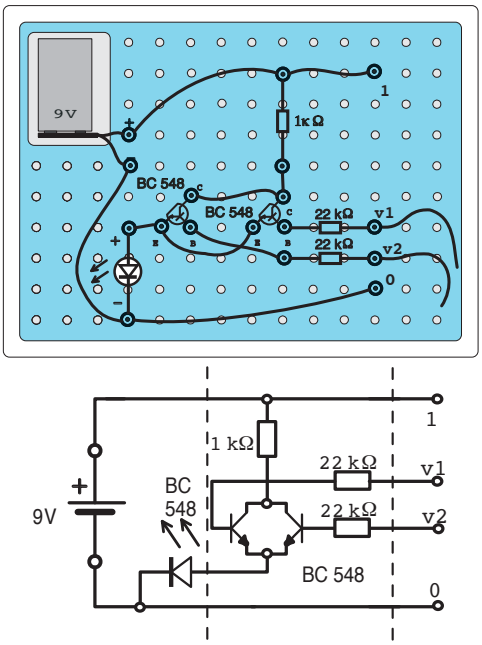
71. LOGICAL OR

In this circuit, the LED will glow when there is a logical state 1 on any of the input connections.
In this circuit, the two transistors have their emitters and collectors connected. When either of them is open, current will flow through the 1 kΩ resistor, the transistor and the LED. The transistor will open when you touch the positive pole of the battery to the wire from the input.

INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Tools: battery 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69, 2x70

Fig. 71



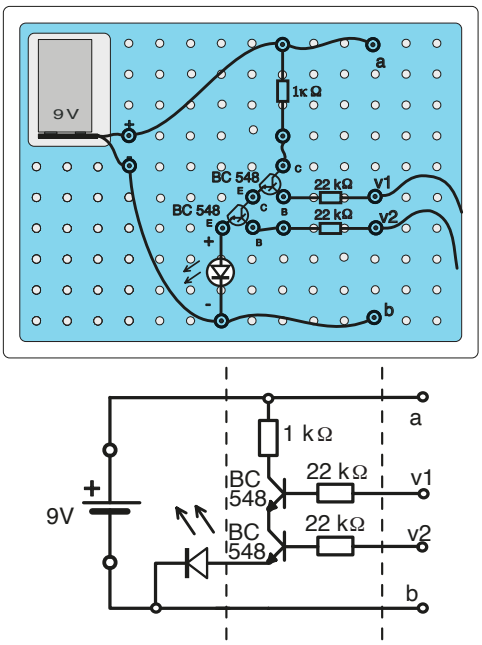
72. LOGICAL AND

In this circuit, we have two transistors connected serially. The current will flow through the LED only when both transistors are open. This means that both the inputs have to be connected to the positive pole of the battery, that is have a logical state 1. The truth table would look like this:

INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tools: battery 9V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69

Fig. 72



73. LOGICAL NOT OR (NOR)

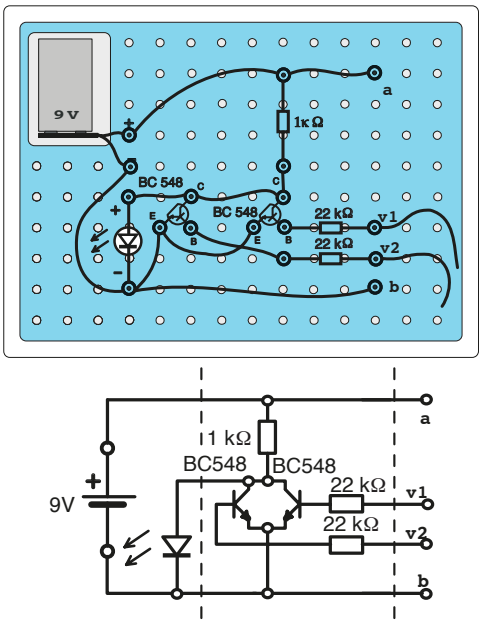
In this circuit, we again have two transistor switches in parallel. The LED will show when both transistors are closed and when the transistor switches are open. When closed, the transistors will have very high resistance and the current will easily flow through the diode, which will glow. The truth table for this circuit is:

INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Look at the OR truth table. In the NOR circuit, the output signal is opposite from the one in OR.

Tools: battery 9V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 73



74. LOGICAL NOT AND (NAND)

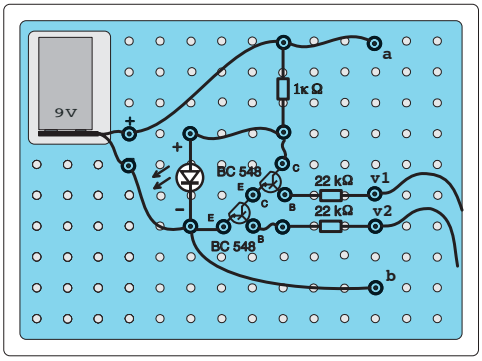
Try to recall the truth table for the AND circuit; the truth table of this will have opposite output states:

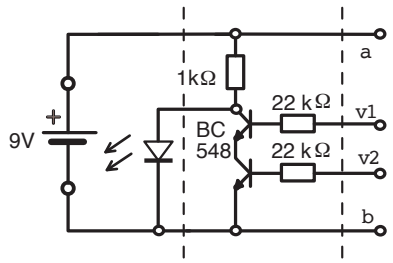
INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

In this circuit, we can tell when two transistor switches are on simultaneously. If you touch the positive pole of the battery with the wires from both the inputs, the current will flow to the bases of both the transistors, and the parallel diode will not glow. When either or both the transistors are closed, there will be too much resistance and no current will flow through it. The voltage at the LED will be high enough to make it glow.

Tools: battery 9V, 16x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 74





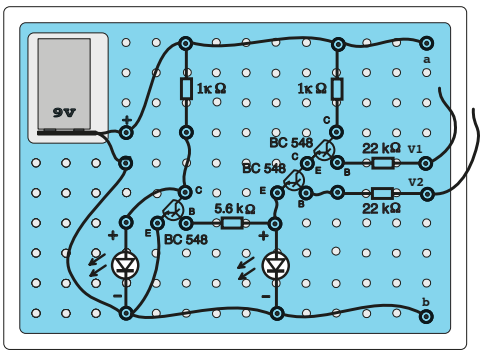
75. LOGICAL NAND ASSEMBLED FROM AND AND NOT

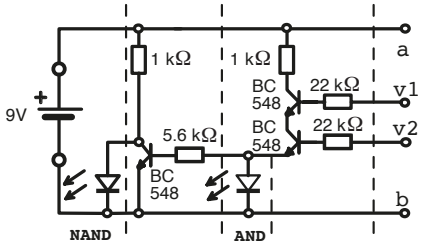
We have said that the invertor can always be used to reverse the meaning of the signal. We can thus get the same results with a NAND circuit as with an AND circuit followed by an invertor.
If we need only the functions of NAND, we can use the circuit described above, because it requires fewer elements than this circuit. But, if we need both the NAND and AND functions, we do not have to assemble both the circuits. It will be enough if we link an AND circuit to an invertor. This will make the circuit simpler. In very complex logical circuits, designers use these "details" to cut costs and reduce the space needed for the circuits.
Let's say that we need both the AND and the NAND functions. We will get the following truth table:

INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT AND	OUTPUT NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

Tools: battery 9V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 75





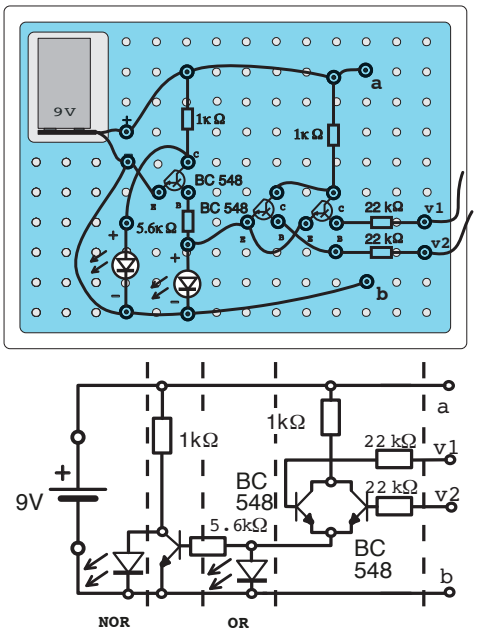
76. LOGICAL NOR ASSEMBLED FROM OR AND NOT

Just as we have assembled the logical circuit NAND from AND and NOT, we can assemble the logical circuit NOR from OR and NOT. Here we have two outputs, OR and NOR. The truth table for such a circuit is:

INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT OR	OUTPUT NOR
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Tools: battery 9V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 76



77. AN EXAMPLE OF INTEGRATING LOGICAL FUNCTIONS

Let's assume that we have assembled the circuit shown in the diagram below. This circuit is built so that in the logical circuit OR, one of the input signals is inverted. What will be the truth table of this circuit? The truth table for the OR circuit is known. We will extend it in as much as we determine the output signal of the invertor for OR input 1. For the invertor output signal and the signal at input 2, we can make a truth table in relation to the truth table for the OR circuit. We will thus get the following truth table:

INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT INVERTER	OUTPUT CIRCUIT
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1

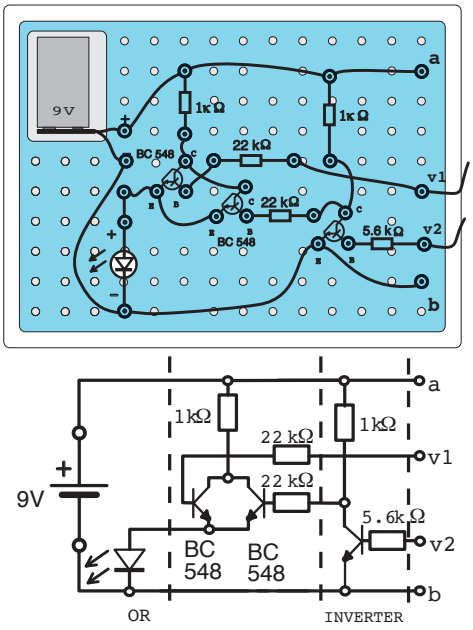
The truth table for the entire circuit will thus be:

INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

The circuits shown here are very simple. One can only imagine the complicated logical circuits needed for complex logical functions.

Tools: battery 9V, 25x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 77



78. LOGICAL BISTABLE CIRCUIT

Remember the two serially connected inverters? The signal at the output was the same as the signal at the input. If this is the case, the input and output could be connected. This would keep the state of the signals in the circuit stable.

Let's insert two LEDs serially connected to two 1 kΩ resistors between the positive pole of the battery and the transistor collectors. If we redraw the diagram so that the bases of the transistors are turned towards each other, we will get the diagram shown below. From the diagram, you can see that the base of one transistor is connected through a resistor to the collector of the other. What happens if we connect the circuit to a battery? Although the left side looks the same as the right side, it isn't. Even if the transistors are of the same type, they do not behave the same. This is also true for resistors which are supposed to have the same resistance. The resistances of two identically marked resistors is never completely equal, so we can never be sure which of the transistors will be open and which one closed. Let's label the left transistor T1 and the right transistor T2, where T1 is open when the circuit is connected to the battery. This transistor will then have a very small resistance. The collector of this transistor is the output of the voltage divider consisting of T1 and the resistor between its collector and the positive pole of the battery. The resistance of the LED is negligible. Because of the low resistance of the transistor, the voltage at the output of the divider will be very small. This voltage will be too small to conduct current to T2, which will remain closed and will act as a strong resistor.

On the right of the circuit, T2 and the resistor (and the negligible LED) form a voltage divider between the collector of the transistor and the positive pole of the battery. The output of this divider is at T2's collector. Because T2 is closed and offers great resistance, the voltage between the emitter and the collector will be high, and current will flow to the base of T1, keeping it open. In short, we have a circuit in which T1 keeps T2 closed and T2 keeps T1 open. The state in this circuit is stable and can be changed only by an impulse from outside.

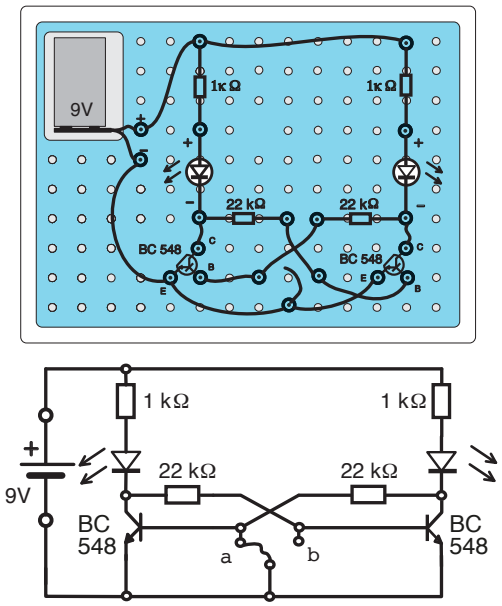
If we connect the base of the open transistor to its emitter for a brief moment, current will no longer flow to the base of the transistor and it will instantly become closed. The voltage at its collector will increase, and current will flow to the base of the second transistor, which will remain open due to the situation described above. If we want to reverse the situation, we will have to connect the base of the open transistor to the negative pole of the battery for a moment.

Assemble the circuit shown in the diagram. When you connect the circuit to the battery, one of the LEDs will glow and the other will not. Use the wire connected to the negative pole of the battery and alternately connect it once to clip a and then to clip b. In one position, the left diode will glow and in the other the green one. When you press the wire against the open transistor (the LED connected to its collector glows), its LED will go out and the LED on the other transistor will begin glowing. We have changed the state of the circuit through an outside intervention. By intervening, we have initiated a process which led to the state in the circuit changing.
This outside intervention is called "triggering". In our case, we have triggered a change by briefly connecting the base of the open transistor to the negative pole. Circuits which have a similar structure to that described here are called multivibrators. The circuit described here has two different but equivalent stable states. For this reason, we call this circuit "bistable". This circuit is a bistable multivibrator.

The functioning of bistable multivibrators is almost ideal for controlling appliances with two switches, where one switches the appliance on and the other switches it off. You have probably come across similar appliances. In this case, we could simply fit the push-button switches between the negative pole and clip a, and between the negative pole and clip b. The 1 kΩ resistor and LEDs can be replaced by relays which would switch the appliance on.

Tools: battery 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 78

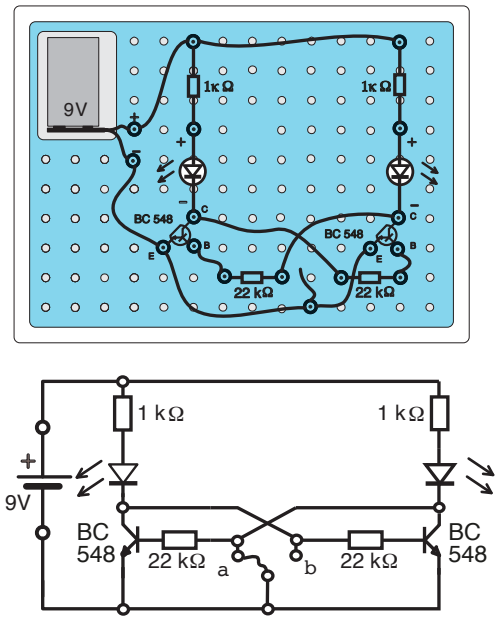


79. ANOTHER METHOD FOR TRIGGERING A BISTABLE MULTIVIBRATOR

There is another way of reversing the state in a bistable multivibrator. In this case, the circuit is very similar to the previous one. The difference lies in triggering the change. The change is triggered by closing the currently open transistor or opening the currently closed transistor through external intervention.
Touch the wire to the collector of the transistor which is closed and whose LED is not glowing. This will short circuit it. Current will stop flowing to the base of the other transistor, which will then close, reversing the state of the circuit.

Tools: battery 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 79

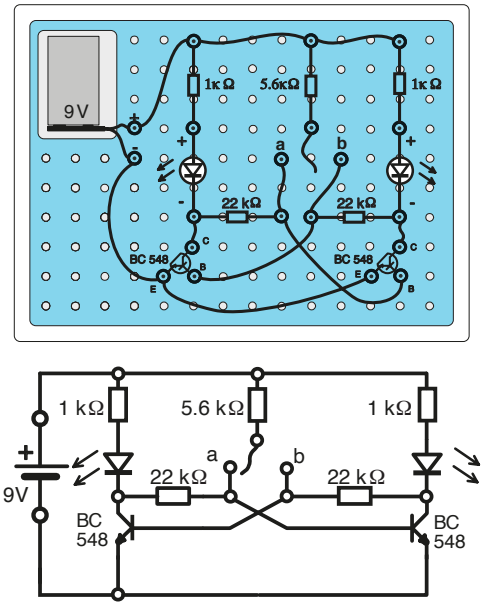


80. TRIGGERING A BISTABLE MULTIVIBRATOR WITH CURRENT TO THE BASE

The state of the circuit can also be changed by directing current from the positive pole of the battery, through a resistor, to the base of the currently closed transistor. This will open the transistor, and the state will be reversed.
Here we have described three different methods for reversing the state in such a circuit. All these methods are equally effective. Which one we use depends on how we intend to use the circuit.

Tools: battery 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 80

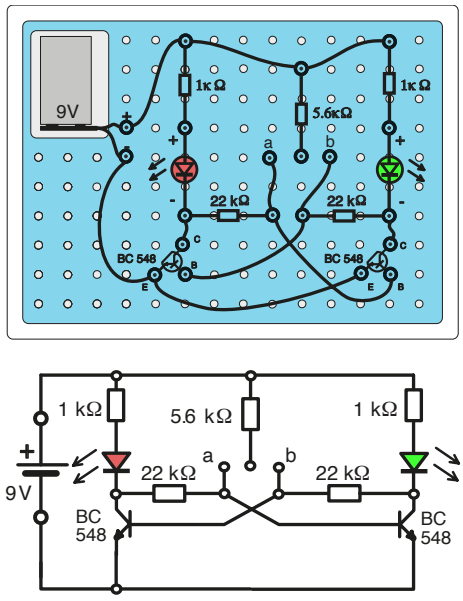


81. BISTABLE MULTIVIBRATOR AND TOUCH SENSITIVE KEYS

In this case, we will trigger the bistable multivibrator by directing current to the base of the transistor directly from the positive pole of the battery. This can also be done using touch-sensitive keys. Remember that the surface of our skin has resistance!
Place a spring clip connected to the positive pole of the battery between spring clips a and b. When you touch clip a or b to the middle clip, the state of the multivibrator will be reversed. The red and green diode could easily represent ON and OFF.
Between the positive pole of the battery and the middle sensor key is a resistor. Its purpose is to prevent excessive current from flowing into the base of the transistor, which could destroy the transistor.
If the circuit won't revert after the sensor contacts have been touched, try with a moist finger.

Tools: battery 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 81

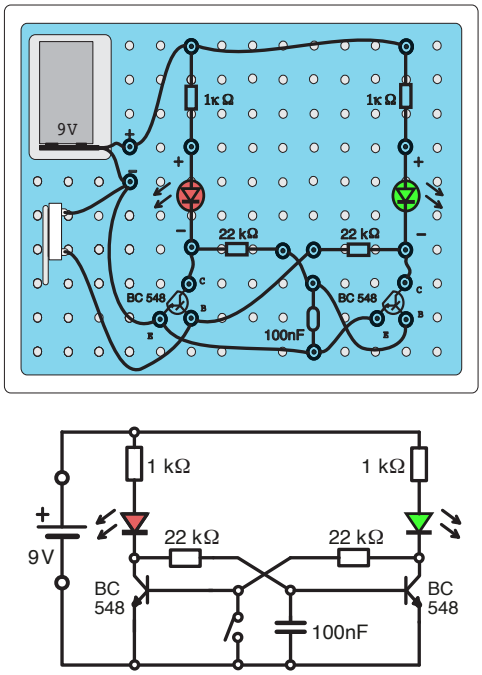


82. MEMORY CIRCUIT

In computers, bistable multivibrators are used as memory circuits. The state in the circuit is very stable, and it will not change unless triggered from outside.
If a memory circuit was constructed as the bistable multivibrators shown here, some difficulties could occur: in a bistable multivibrator, we don't know which state it was in when it was switched on. This means that in the computer memory we would have something which we could not be sure what it is.
If the capacitor is empty, electric current will flow through it and charge it. At the contacts of an empty capacitor there is no voltage. The voltage at its contacts begins to increase only after it starts to become charged. The capacitor will certainly be empty if it was not connected to any power source.
Let's connect a capacitor between the base and the emitter of a transistor in a bistable multivibrator. When we connect the circuit to the battery, the empty capacitor will cause the current, which would otherwise flow to the base of the transistor, to flow into the capacitor itself. Even if the circuit was prone to leaving this transistor open, the capacitor would prevent that.
As a result, the other transistor will open. The end result is that whenever you connect the multivibrator to a power source, the red LED will shine.
Press the switch button. The base of the left transistor will be briefly connected to the negative pole, and the left transistor will be closed.
The red LED will stop glowing, and the green one will start. This state will remain stable until the battery is disconnected. If you wish to reverse the state while the circuit is connected, the multivibrator will have to be triggered so that the right transistor closes. This can be done by briefly short-circuiting the capacitor.

Tools: battery 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 65, 4x68, 6x69

Fig. 82

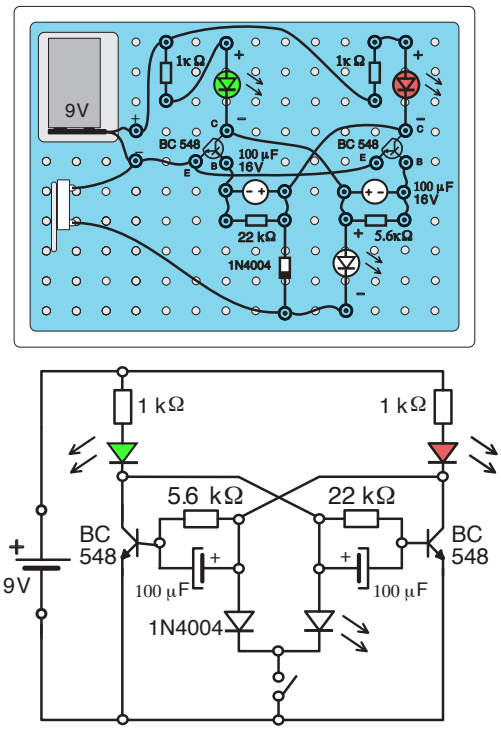


83. BISTABLE MULTIVIBRATOR AS A BINARY DIVIDER

Remember that the state of a bistable multivibrator can also be altered by briefly connecting the collector of the open transistor to the negative pole.
The voltage on the open transistor is much lower than the voltage on the closed one. This could cause more current to flow from the collector of the closed transistor towards the negative pole through a parallel wire. To alter the state of a bistable multivibrator, we must not short circuit both transistors at the same time, as this would lead to a situation like the one, we had when the circuit was connected to the battery.
We know that a diode connected so that current can flow through it has a small resistance. A property of the diode is that when its resistance is zero, the voltage in it is about 0.6 V. We also know that an open transistor has a very small resistance. Between the collector and emitter of the transistor, the voltage is even smaller, at most one tenth of a volt. If you connect a diode between the collector and emitter of an open transistor, it will not affect the state in the circuit, since the current will still flow through the open transistor, which has smaller resistance.
Now, let's go back to our circuit. Two diodes, with their cathodes linked, are connected to the collectors of both the transistors. One of these is an LED. Press the switch several times! Each time, the state of the multi-vibrator will be reversed. When the switch button is pressed the current will flow from the collector of the transistor through the diode to the negative pole of the battery. The current will flow only through the diode connected to the closed transistor. In the open transistor, the voltage between the collector and the emitter will be too low to push current through the diode or LED. Pressing the switch always affects the circuit in such a way that the transistor which is open will close and vice versa. While pressing the switch, we can watch how first the right and then the left diode switch on. The same diode is on after every second switching. If we counted only the number of times one of the diodes switched on, the number we would get would be half the number of times the switch is pressed. This circuit could be used for dividing by 2. The output signal of such a circuit could be used for controlling the input of the next circuit, and we would get a circuit for dividing by 4. By linking such circuits in a row, we could assemble a circuit for dividing by 2, 4, 8, 16, 32, etc.
The circuit for dividing by two is the basic element of all dividing circuits. Using circuits for dividing by two and the logical circuits, we can construct circuits for dividing by any number.
Two electrolytic capacitors are connected to the bases of the transistors in parallel to the resistors. The capacitors ensure that the state will reverse even after the shortest impulse on the switch.
By pressing the switch, the red diode will flash for a instant. This signals that a change has been made in the state of the circuit. We could also have used an ordinary diode, but in our set, we have included only two ordinary diodes and three LEDs.

Tools: battery 9V, 27x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 46, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 83

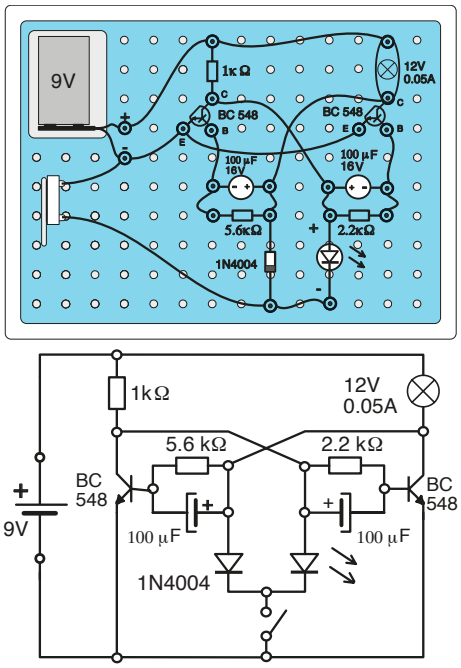


84. SWITCHING THE LIGHT ON AND OFF WITH ONE BUTTON

A circuit which divides by 2 can also be used for purposes unrelated to computers. One nice example is a circuit with which we can switch an appliance on and off by pressing only one button.
In this example, we have shown how a light bulb can be switched on and off by pressing the button. The LED signals any time the control button is pressed.
Instead of a light bulb, we can connect a relay which will switch a more powerful appliance on and off, i.e. the motor of a ventilator, or the lights in a stadium.

Tools: battery 9V, 20x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 43, 46, 57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 84

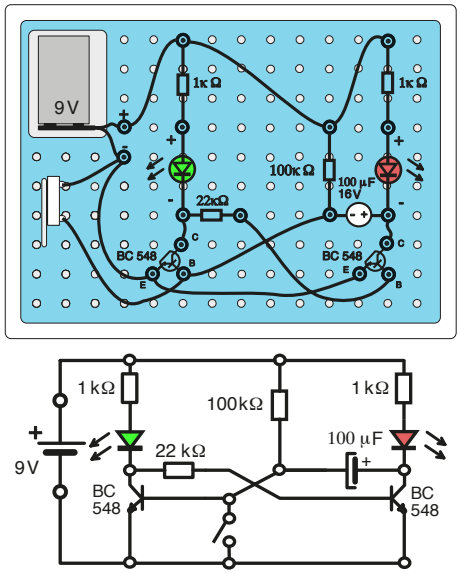


85. MONOSTABLE MULTIVIBRATOR

A monostable multivibrator is a circuit with one stable state. If the state is altered by an external impulse, it will, after some time, return to its stable state.
The green LED will glow when the circuit is connected to a power source. The right transistor has high resistance and the voltage between the collector and the emitter will be high. Because the voltage at the base of the left transistor is low, the electrolytic capacitor will get charged. Press the switch for an instant. The base of the left transistor will be briefly connected to the emitter, there will be no more current in the base, and the transistor will close. This will increase the voltage at the collector of this transistor, and current will flow to the base of the right transistor. The state of the multivibrator will be reversed. The right transistor will now have very low resistance; through it the positive contact of the capacitor will be connected to the negative pole of the battery. Now current will flow into the capacitor through the 100k- resistor and charge it. The voltage at the negative contact of the capacitor will increase until it reaches a point where current can be directed to the base of the left transistor. The left transistor will open, and the multivibrator will return to its previous state.
The monostable multivibrator can be used for briefly switching on (if you use the right transistor) or switching off (if you use the left transistor). It is true that we have already assembled circuits which could do the same more simply.
The advantage of circuits with a monostable multivibrator over those which work by charging and draining a capacitor is that the output voltage in the latter changes in a moment. The LED turns on or off very quickly. In the circuits described earlier, the change was gradual. If you still remember, in those circuits the LED faded on and off.

Tools: battery 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 85

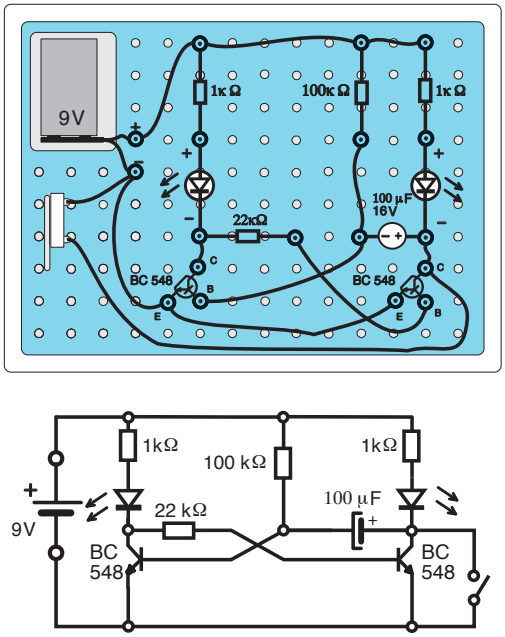


86. TRIGGERING THE MONOSTABLE MULTIVIBRATOR BY AN IMPULSE ON THE COLLECTOR

Just like with the bistable multivibrator, it is possible to trigger the monostable multivibrator in various ways. In the case shown here, the triggering will occur at the collector of the right transistor. In its normal state, the transistor is closed. Therefore, the voltage at the collector of this transistor is high. Because the voltage at the base of the transistor cannot be more than 0.6 V, the electrolytic capacitor will be charged. When you press the switch, the collector of the right transistor will be briefly connected to the negative pole. The positive electrode of the electrolytic capacitor will be on the negative pole of the battery. Because the capacitor is charged, its negative contact will be under voltage which is negative, and the transistor will instantly close. Now current will flow into the capacitor through the 100 kΩ resistor. As the voltage on the negative contact of the capacitor gets high enough, the current will flow to the base of the left transistor and the multivibrator will alter its state, which will this time remain stable.

Tools: battery 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 86

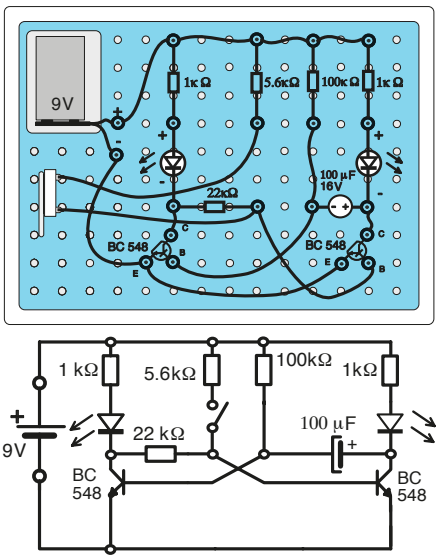


87. TRIGGERING THE MONOSTABLE MULTIVIBRATOR WITH CURRENT TO THE BASE

The same effect as with brief connection of the collector of the right transistor to the negative pole can be achieved by opening the right transistor. This can be done by directing current to the base of this transistor. The current to the closed right transistor will flow through the 22 kΩ resistor.
As in the case of the bistable multivibrator, we have shown, for the monostable multivibrator, three methods of triggering the circuit. Which one we will choose depends on the use and the triggering impulses we have available.
In a monostable multivibrator, the three methods of triggering are not equivalent. In the first case, where we briefly connect the negative pole and the base of the open transistor, the capacitor drained less than in the other two cases. The voltage between the base and the emitter of the open transistor is 0.6 V. So, when we press the switch, the voltage at the contacts of the capacitor will change by only 0.6 V.
In the case where we trigger the change at the collector or base of the transistor which is closed in a stable state of the circuit, the capacitor will drain completely. As a consequence, it will take more time for the state in the circuit to return to stable.

Tools: battery 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 87

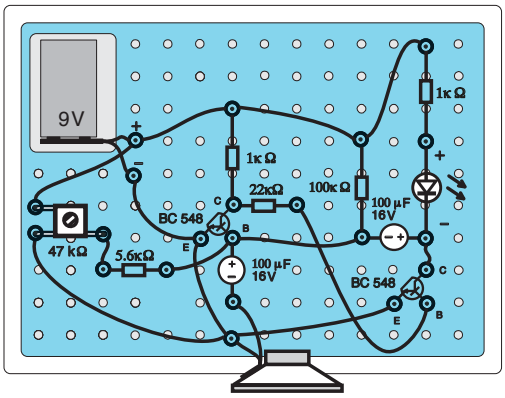


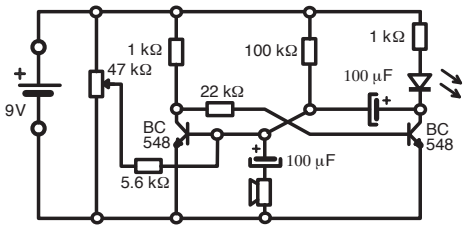
88. SOUND-SENSITIVE SWITCH

Triggering a monostable multivibrator can also be done without a press button switch by using an external element. In the example shown below, the monostable multivibrator is triggered by a signal from a loudspeaker used as a microphone.
Such a circuit can be used to trigger an alarm or for lighting in a disco. An electrolytic capacitor is connected serially to a loudspeaker, preventing direct current from flowing through it. It also doesn't act as a barrier to alternating current. The circuit is very similar to the previous one. A potentiometer is added in this circuit. With it, you can regulate the sensitivity. When the slider is closer to the positive pole of the battery, the circuit will be less sensitive.
After the circuit has been assembled and connected to a battery, it will have to be adjusted. If the LED glows, turn the potentiometer until it goes off. Then turn it back slowly to the point where it begins to glow. Wait until it goes off again. If it doesn't, turn the potentiometer slightly back. The LED will cease to glow. Blow at the speaker or lightly tap on it. The LED will glow for a few seconds.

Tools: battery 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 88



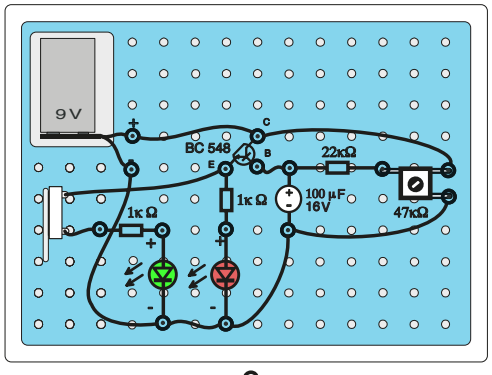


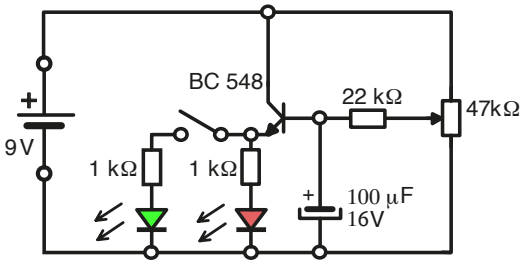
89. LIGHT REGULATOR

We have already mentioned that a transistor can be used as an adjustable resistor, the resistance of which depends on the current flowing to the base. This property can be used to change the voltage, i.e. in a converter.
With a potentiometer in the lower part of the circuit, we can adjust the voltage between the emitter and the negative pole of the battery. The base-emitter direction of a transistor behaves like a diode turned from base to emitter. If the transistor is open, current will flow through it. The voltage in a diode turned in the conducting direction is 0.6 V. In an open transistor, the voltage between the base and the emitter is also 0.6 V.
of the battery, the voltage between the emitter and the negative pole of the battery will be 0.6 V lower. If you turn the potentiometer, the voltage in it will vary from 0 to 9 volts. The voltage between the emitter and the negative pole of the battery will be 0.6 V lower than on the slider of the potentiometer. The potentiometer has fairly high resistance, and little current will flow through it. Much stronger current can flow through the transistor, but this current is also determined by elements connected between the emitter and the negative pole.
Here one 1 kΩ resistor and one LED are connected. Take a piece of wire and connect another resistor and LED at some distance from this diode. When you press the switch and switch on the LED, the light intensity of the first will not change. This means that the voltage between the emitter and the negative pole of the battery has remained unchanged. Since more current is now flowing through the transistor (two diodes are glowing), and the voltage between the collector and the emitter has not changed, the resistance of the transistor must have dropped.
If we used an ordinary resistor instead of the transistor, connection of the second LED would cause more current to flow through the resistor. Because of the increased current, the voltage across this resistor would increase and the voltage across the LED drop. Connecting a second LED would cause the first LED to glow less brightly.
This circuit is useful for regulating voltage. Often a circuit in which the collector is connected to the positive pole of the battery, between the emitter and the negative pole we have other circuit elements (e.g. a light bulb) called emitter tracers. The name is quite appropriate, since the voltage at the emitter traces the changes of voltage at the base and is always 0,6V lower. A good example of the use of this circuit is the light intensity regulator.

Tools: battery 9V, 15x7, 38, 40, 42, 43, 44, 52, 2x57, 60, 66, 4x68, 3x69

Fig. 89



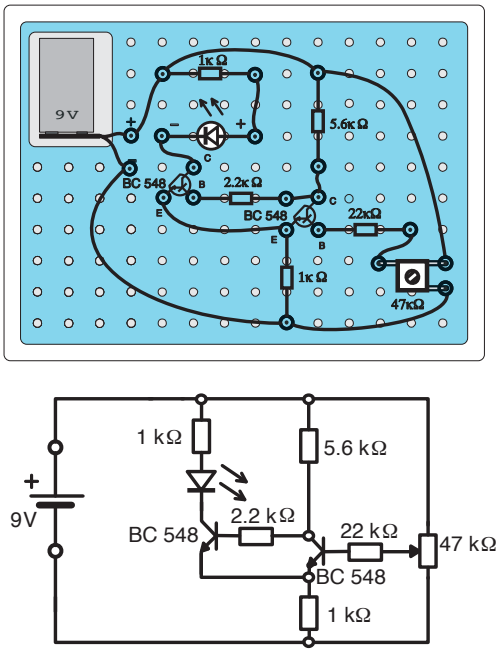


90. ELECTRIC SWITCH WITH HYSTERESIS

Assemble the circuit shown in the diagram. Turn the shaft of the potentiometer left and right and note at which position the LED switches on or off. You will notice that these two positions are different. For the LED to glow, the voltage across the slider of the potentiometer would have to be higher than that at which the LED goes off.
Because the voltage across the slider at which the LED begins to glow is higher than that at which it goes off, we can mark these two points on the potentiometer. But as we turn the potentiometer in one direction, the circuit does not behave the same as when we turn it back. This phenomenon, where changes in one direction differ from changes on the way back, is called hysteresis. This is also why we call this circuit an electric switch with hysteresis.
Let us assume that the slider of the potentiometer is in a position where it touches the end contact connected to the negative pole of the battery. Current will not flow to the base of the right transistor, and it will be closed. Voltage across the base of the left transistor will be high. Current will flow to it through a 5.6 kΩ resistor, and the transistor will be open. The LED will glow.
If you turn the potentiometer so that the voltage on the slider increases, the current to the base of the right transistor will begin to increase. As a result, the current through the right transistor will also begin to increase, and its resistance will start to drop. Less current will flow to the base of the left transistor. The current flowing through it will begin decreasing rapidly, much faster than the current through the right transistor will begin increasing. This current flows through a resistor common to the emitters of both transistors. Because the current through the right transistor increases more slowly than the current through the left transistor drops, the total current through the resistor will drop, as will the voltage at its contacts. This will have the same effect as when we briefly connected the emitter of the right transistor to the negative pole of the battery. Since the voltage at the slider of the potentiometer remained unchanged, the right transistor will be instantly open, the left closed, and the LED will stop glowing. If you turn the shaft of the potentiometer in the opposite direction, the entire process will be repeated in the opposite direction.
This circuit is called a Schmitt trigger.

Tools: battery 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 90

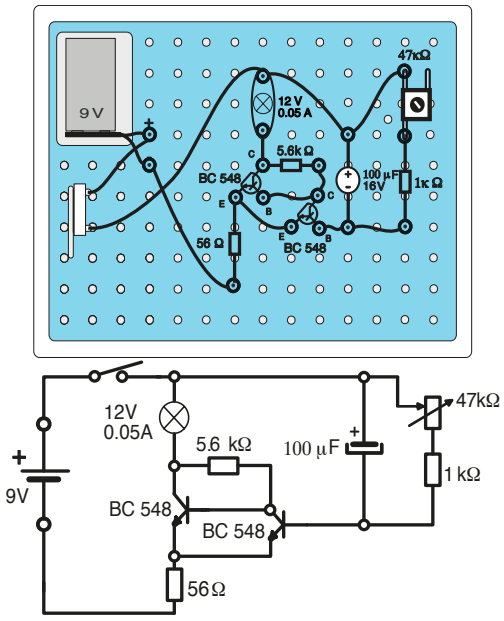


91. PULSATING LIGHT

In this circuit, we use the Schmitt trigger. When more current flows through the circuit, the circuit will have lower resistance and vice versa.
If we connect the circuit shown in the diagram to the battery, the light bulb will not glow. At first, the capacitor is empty. Through the empty capacitor, the current will flow to the base. At the same time, the capacitor will be charged and the voltage at its contacts will increase. This means that the voltage between the base and the emitter will gradually drop. At some point, the voltage at the base will be so low that the transistor will close. This will trigger the process described above for the Schmitt trigger circuit. The other transistor will open and the bulb will glow.
This current also flows through the 56 kΩ resistor. This will cause voltage at its contacts. This will also cause the voltage between the base of the first transistor and the positive pole of the battery to drop. The electrolytic capacitor will now drain through the 1k- resistor and the adjustable resistor. When the voltage is low enough (or when the voltage between the base and the emitter of the first transistor is high enough), the first transistor will open and a change in the state of the circuit will be triggered. The light bulb will glow.
With the 47 kΩ potentiometer, we can regulate the rate at which the capacitor will drain. This also means that with the potentiometer we can regulate the frequency of the entire circuit.

Tools: battery 9V, 17x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 52, 54, 57, 59, 66, 4x68, 4x69

Fig. 91

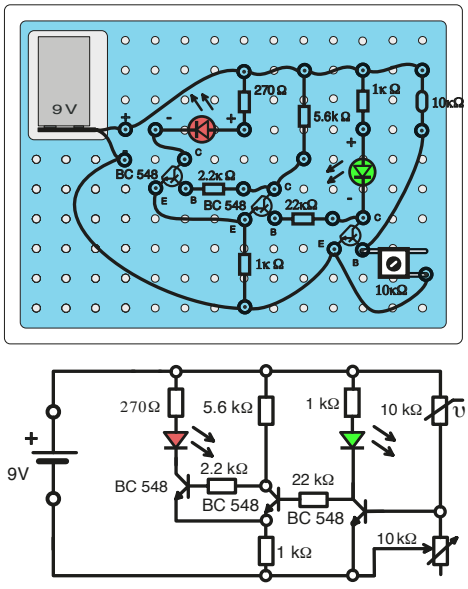


92. REGULATION OF A REFRIGERATOR

Remember the heat-sensitive switch described in this booklet? A similar switch can be used for regulating a refrigerator. The problem there is that switching the refrigerator's motor on and off of would happen at an almost equal temperature. Consequently, the motor would be very frequently switched on and off, which would not be good for it. In this circuit, two circuits are integrated: the temperature sensitive switch and the electric switch with hysteresis. Turn the shaft of the potentiometer so that the green LED barely glows. The red diode will be off. Touch the thermistor with your fingers or slowly blow warm breath at it. The green diode will begin to glow with increasing intensity, and at a certain point, the red diode will begin to glow. Leave the thermistor to cool off or blow at it to cool it off sooner. Light from the green diode will decline and the red diode will go out entirely. Regulation of the potentiometer will control the temperature at which all this happens. With the intensity of its glow, the green LED signals when the temperature has begun to rise. Instead of the red LED, we could install a relay which would switch on the refrigerator's motor. Due to the hysteresis, the motor will run at a slightly higher temperature than that at which it was switched on, which is what we want. If you listen to your refrigerator, you will notice that the motor switches on for a while and then stops. The temperature in the refrigerator dropped a degree or so. As the temperature rises, the motor will switch on again.

Tools: battery 9V, 24x7, 38, 3x42, 43, 44, 47, 51, 56, 2x57, 58, 59, 60, 4x68, 5x69

Fig. 92

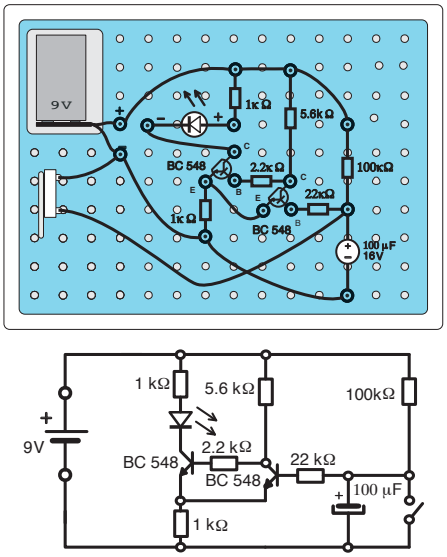


93. STAIRWAY LIGHTS

In this circuit, we use the Schmitt trigger. Why is this circuit better than the switch for briefly switching on an appliance? In that case, the voltage at the output dropped gradually, while in this circuit it is constant and stops immediately. Thus, the LED glows with the same brightness as long as it is on.
In the previous experiment we used a potentiometer to test the functioning of the circuit. In this example, there is a capacitor at the input of the circuit, which is charged through a 100 kΩ resistor. When the capacitor is charged, the right transistor is open and the circuit is off. Press the switch. The right transistor will close instantly and the LED will glow. The capacitor will start charging. Because the voltage at its contacts is increasing, the current to the base of the first transistor will also increase. This will trigger the process described in the previous case. After some time, the state of the circuit will alter and the LED will switch off.

Tools: battery 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 59, 60, 61, 66, 4x68, 3x69

Fig. 93



94. SYMMETRIC ASTABLE MULTIVIBRATOR

Sometimes we need a signal in which two lights will go on and off alternately. A nice example are the traffic lights at a railway crossing. The circuit shown below is an example of how this can be done. This circuit is called an astable multivibrator.
How does the circuit work? To simplify the description, the resistors are named R1, R2, R3 and R1, the capacitors C1 and C2, the transistors T1 and T2 and the LEDs D1 and D2. While studying this description, keep an eye on the circuit diagram.
Let's imagine that we have connected the circuit to a power source. The left side of the circuit is the same as the right side in the diagram, but in practice no two elements are absolutely equal. So let us assume that when we connected the circuit to the power source, the current was distributed so that slightly more current flowed to the base of T1 than to the base of T2. This will cause T1 to open. The voltage between the collector and emitter of T1 will be very low. The left LED will glow.
Electric current flowing through R2 will charge the electrolytic capacitor C1. At the same time, T2 will be closed and we can pretend that it does not exist in the circuit. The right contact of C2 is connected to the positive pole of the battery through R4 and the LED. The left contact is connected to the base of T1. C2 is being charged in such a way that positive current is on its right side.
After some time, C1 will be charged enough for current to flow to the base of T2. The transistor will open and its resistance will be small. The voltage between the collector and the emitter of T2 will be practically zero. The voltage at the left contact of C2 will be lower than at the right one.
This voltage is now too low for T1, and current will instantly stop flowing to its base. T1 is now closed, and T2 open, and the right LED glows. The capacitor C2 is being charged through R3, in such a way that its left contact is positive. In short, the roles of the transistors have reversed. This process keeps repeating itself, and the diodes D1 and D2 alternately glow. We can calculate approximately how long the diodes will glow. The left LED D1 will glow for:

$t_1 = 0,7 \times C_1 \times R_2$

and the right

$t_2 = 0,7 \times C_2 \times R_3$

If the left and the right circuits are equal, the diodes will glow for an equal period of time. The diagram shows that the capacitors have a capacitance of 100 µF or 0.0001F and the resistors 22 kΩ or 22,000 Ω. If we use the equation to calculate the intervals, we will find that each diode will glow for approximately:

t = 0,7 x 0,0001 x 22000

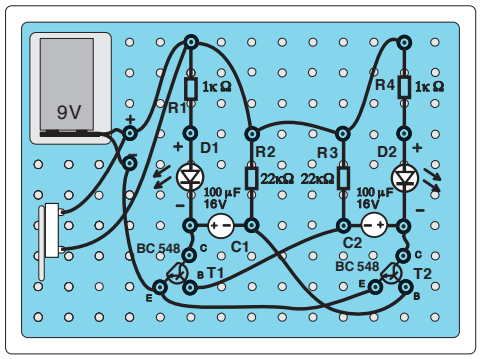
which is:

t = 1.54 s

Each diode will glow for approximately a second and a half.

Tools: battery 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 94



95. CHANGES IN THE FUNCTIONING OF THE ASTABLE MULTIVIBRATOR

We have already said that the LEDs will glow for an equal time if the left and the right sides of the circuit are equal. Let the two capacitors remain equal. If we change the two central resistors, the glowing time of the diodes will drastically change. We have seen that the diodes glow for fixed intervals which equal:

$t_1 = 0.7 \times C \times R_2$

and

$t_2 = 0.7 \times C \times R_3$

If the capacitors are the same, the diodes will glow for a total:

$t = t_1 + t_2$

or

$t = 0.7 \times C \times R_2 + 0.7 \times C \times R_3$

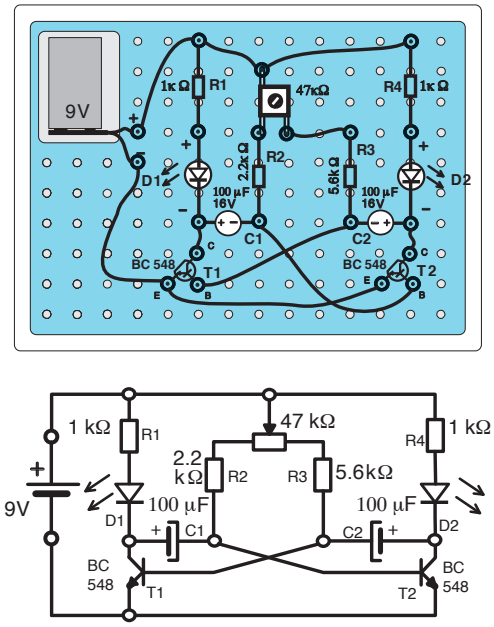
The total time will then be

$t = 0.7 \times C \times (R_2 + R_3)$

In this circuit, the resistor R2 is 2.2 kΩ and part of the resistance of the potentiometer between the left contact and the slider, while R3 is 5.6 kΩ and part of the resistance of the potentiometer between the right contact and the slider. The total resistance of the resistor R2 + R3 will always be the same, regardless of the position of the potentiometer. This means that with the potentiometer we can regulate the ratio between the glowing intervals of the diodes, while the total time remains equal.

Tools: battery 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 95



96. LIGHT REGULATOR WITH A MULTIVIBRATOR

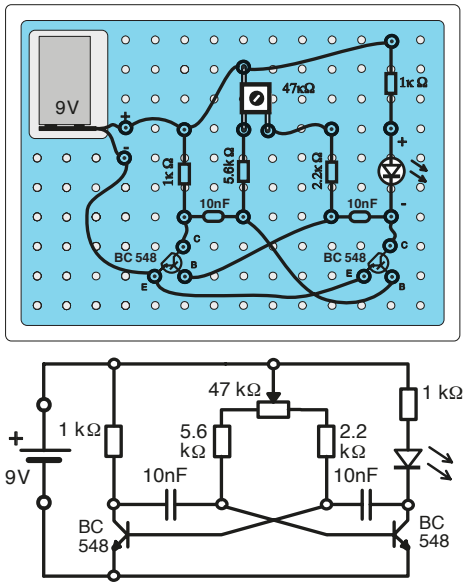
We have already described the light regulator in this booklet. In it, we controlled the intensity of light by changing the voltage at the contacts of the light bulb. This method of regulation cannot be used for lights which cannot function at lower voltages. A good example of such lights are lights with fluorescent tubes. In these lights, we exploit their property, that they can be switched on again after being switched off, if the time between switching on and off isn't too long.

Let us assume that we are switching such a light on and off at very short intervals. Because of the nature of the human eye, we will not even notice that the light has been switched off. We set the interval. If within this interval we change the time for which the light will be on, we will register this as if we have been changing the intensity of the light.

For this purpose, we will use the multivibrator described in the previous experiment. The intervals between the diode's switching on and off shouldn't be as long as in the previously described example. Instead of the 100 µF capacitor, use a 10nF capacitor. Its capacitance is a thousand times smaller, and the LED will pulsate a thousand times faster. The pulsation will not even be noticeable. As you turn the potentiometer, the length of the LED's glowing time will change and you will have a feeling that the intensity of its light is changing.

Tools: battery 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 96



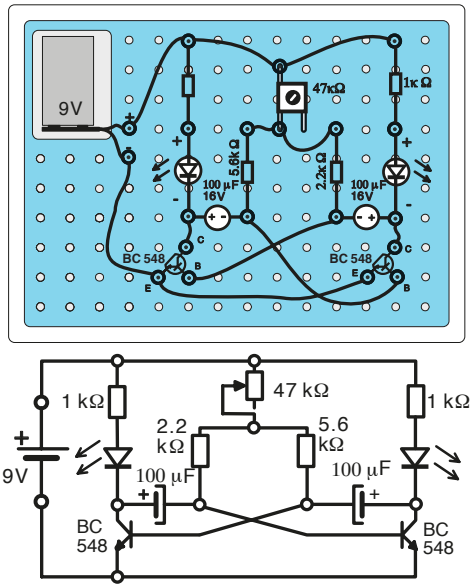
97. CHANGING THE OPERATING FREQUENCY OF AN ASTABLE MULTIVIBRATOR

The speed, or frequency, of the astable multivibrator can be changed by changing one or both of its central resistors. If you wish to change the operating frequency, you have to change the frequency of both the resistors. This can be done simply by partially joining the resistors. You get the circuit shown in the diagram.

By turning the potentiometer left and right, the operating frequency of the multivibrator will change, while the ratio of the glowing periods of the diodes will remain unchanged.

Tools: battery 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 97

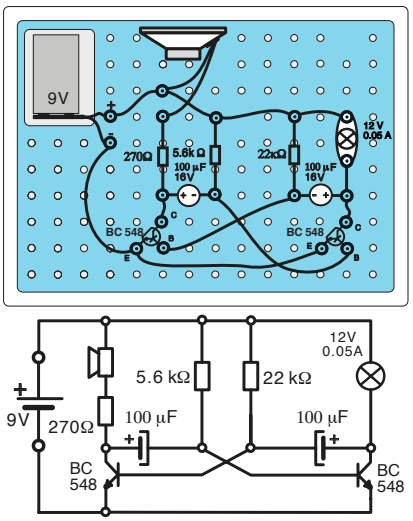


98. CAR INDICATORS

By using the multivibrator, we can make a circuit for operating the direction indicators on a car. Because the driver has to know whether the indicators are on, there is usually a sound signal accompanying them. In the circuit shown here, there is a loudspeaker installed to serve this pur-pose. From the speaker, you will hear cracking sounds in rhythm with the indicators.

Tools: battery 9V, 18x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 56, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69

Fig. 98

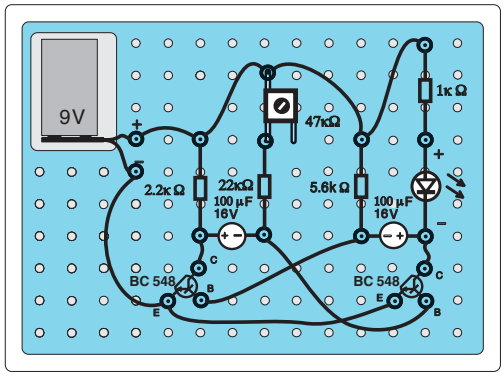


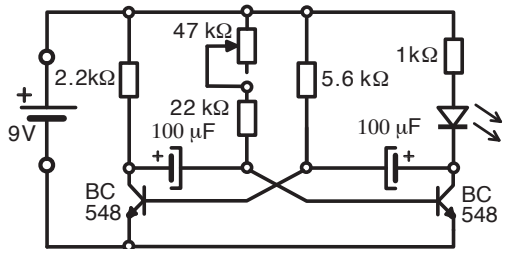
99. SETTING THE OPERATING SPEED OF WINDSCREEN WIPERS

Some cars have the possibility of regulating the speed of windscreen wipers. If it isn't raining very hard, this can be useful. If the rainfall is only slight, the windscreen will be dry and the wipers will be wiping an almost dry surface. This will cause them to skip, producing unpleasant noises.
If you watch the wipers in operation, you will notice that the time for one "sweep" across the windscreen is fixed. During this time, the motor of the wipers has to be switched on. The time between subsequent sweeps is optional.
To regulate the time between two sweeps, we can use an astable multi-vibrator in which we change one of the central resistors.
The other central resistor is chosen to keep the motor running long enough for the wipers to sweep across the windscreen and back. If you turn the potentiometer, the interval between the wipers' sweeps will change.
Instead of the LED and the 1 kΩ resistor, we can connect a relay which would switch the wiper motor on and off.

Tools: battery 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 52, 57, 58, 59, 60, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 99



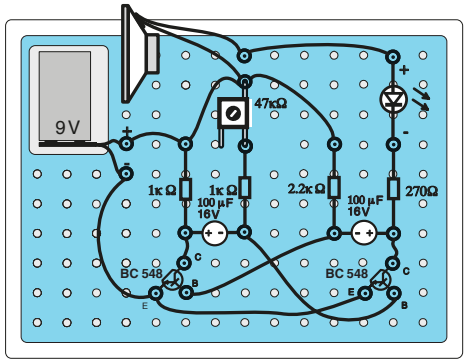


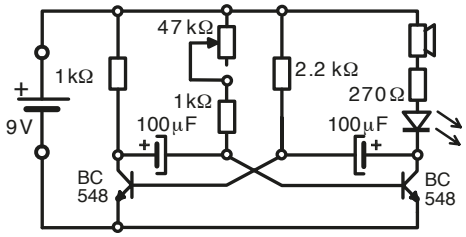
100. ELECTRONIC METRONOME

If you have had any serious contact with music, you will know how important the rhythm is. During practice, musicians use a metronome which tick-tocks the rhythm. The speed of the metronome's operation must be regulable, since it is not the same for, let's say, a lively polka and a slow waltz.
In our case, we have used an astable multivibrator in assembling a metronome. Unlike classic metronomes which only produce sound, this one also gives light signals. We can thus see it from a distance or use it in very loud music, which drowns out the sound of the metronome.

Tools: battery 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 56, 2x57, 58, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 100



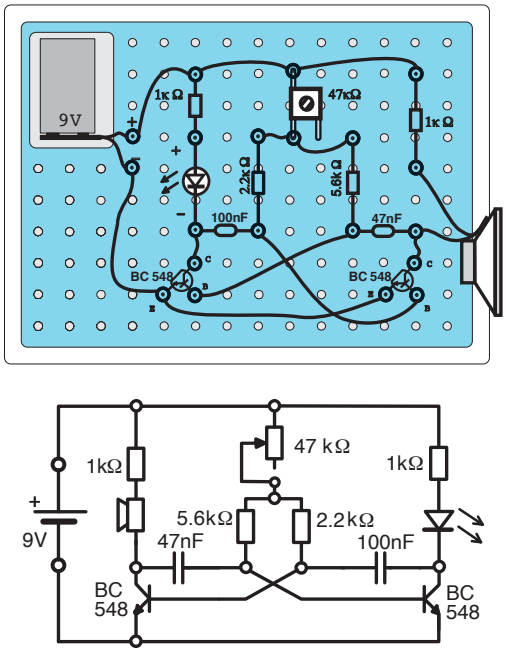


101. MULTIVIBRATOR AND LOUDSPEAKER AS A BUZZER

By appropriate choice of capacitors and resistors, we can create a multivibrator which will oscillate at a frequency which we can hear. We will connect a serially connected loudspeaker and resistor between the collector of one of the transistors and the positive pole of the battery. If you find the sound too weak, you can replace the 1 kΩ resistor with a 270 Ω one.
Press the switch. Turn the shaft of the potentiometer until you can hear your chosen sound.

Tools: battery 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 101



102. BUZZER FOR LEARNING TELEGRAPHY

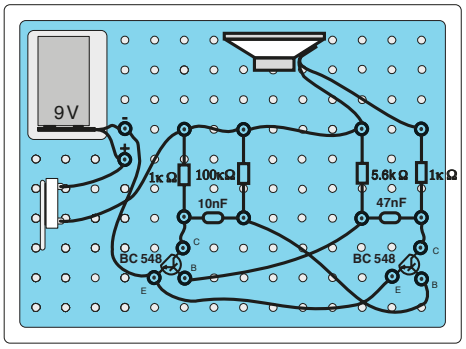
Morse telegraphy was once the only means of transmitting messages across a distance. Because of its importance at the time, this form of telegraphy was named after its inventor, Samuel Morse.

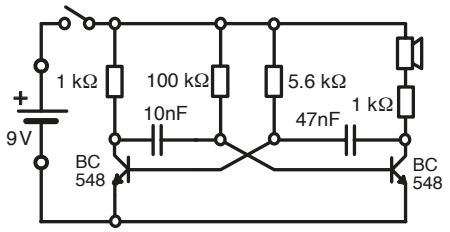
A · -	J · - - -	S · · ·	1 · - - - -
B - · · ·	K - · -	T -	2 · · - - -
C - · - ·	L · - · ·	U · · -	3 · · · - -
D - · ·	M - -	V · · · -	4 · · · · -
E ·	N - ·	W · - -	5 · · · · ·
F · · - ·	O - - -	X - · · -	6 - · · · ·
G - - ·	P · - - ·	Y - · - -	7 - - · · ·
H · · · ·	Q - - · -	Z - - · ·	8 - - - · ·
I · ·	R · - ·		9 - - - - ·
			0 - - - - -

With the advance of technology, lost its importance, but among radio hams it is still used.
If you are interested, it might be useful to learn the Morse code. To learn it, you can use the buzzer. For a buzzer, you use a multivibrator. How you position the potentiometer to regulate the pitch is not important here. The button with which you switch on the multivibrator can be used for tapping out the Morse codes. When tapping the Morse codes, follow the rule that one dash should last a period of three dots, between the parts of a code (dots and dashes), the interval is long for one dot and between individual codes the interval is three dots.

Tools: battery 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 4x68, 69

Fig. 102



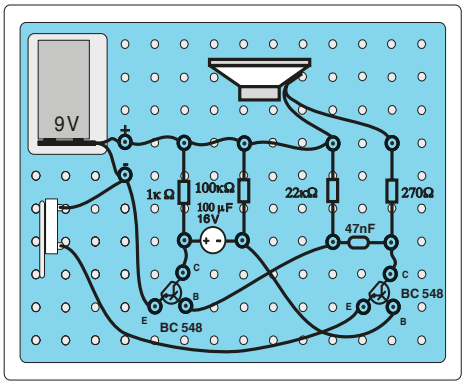


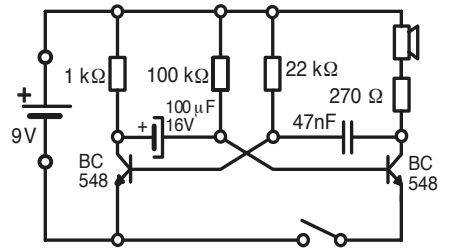
103. MACHINE GUN

With a machine gun, the report is heard at regular intervals. In our case, we will imitate the sound of a machine gun using an astable multivibrator in which the functioning of one transistor will cause the sound and the functioning of the other transistor will determine the time interval between two reports.
In this circuit, the right capacitor is ceramic and the left capacitor electrolytic. This creates a ratio of several hundred between the time intervals of the left and right transistors openings.
When we connect the astable multivibrator to a power source, it will take some time before the capacitors are charged and the circuit begins functioning. To make the multivibrator function the way we want it to, immediately after we have pressed the switch, we have seen a different system for switching on the multivibrator. When you press the switch, the burst of the machine gun will be instantly heard from the speaker.

Tools: battery 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 60, 61, 64, 66, 4x68, 4x69

Fig. 103





104. ALTERNATE SWITCHING ON AND OFF OF AN APPLIANCE

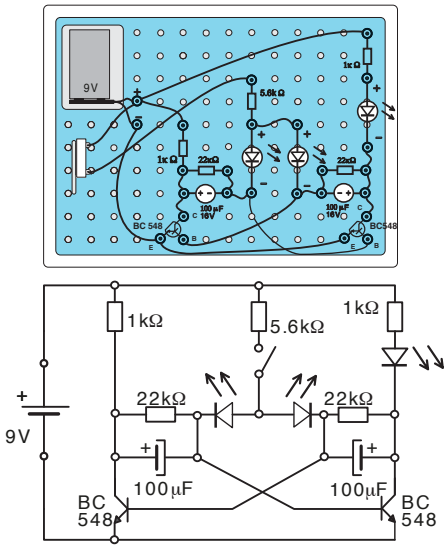
Imagine that in a production process you are using a press. Sometimes the press has to be open, while at other times it must be closed. During the production process, the press is in operation and continuously opens and closes. The control circuit has to ensure a stable state in both extreme positions, but should also allow their alternation.

As in the previous experiment, we will use an astable multivibrator as a circuit which divides by two. In this case, we trigger, by pressing the switch, the current to flow from the positive pole of the battery to the base of the transistor which is currently closed. The state of the circuit changes.

When the switch button is in contact, the circuit resembles an astable multivibrator. This, in fact, is the case. If you maintain pressure on the switch button, the bulb will begin to pulsate. When you let it go, the pulsation will cease. Pressure on the switch button for a period shorter than the period during which the transistor in an astable multivibrator is open will merely alter the state of the multivibrator.

Tools: battery 9V, 25x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 2x57, 59, 2x60, 2x66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 104



105. ELECTRONIC GUARD WITH A SOUND SIGNAL

Remember the electronic guard described in this booklet? In that case, an LED lit up when the alarm was triggered. In this case, a sound will be heard.

The circuit is essentially an astable multivibrator, which works at an audible frequency. A wire connection has been fitted in this circuit, causing a short circuit between the base and the emitter of one of the transistors. If this connection is severed, the multivibrator will begin operating and a sound will be heard from the speaker.

A short circuit has intentionally been made on the left transistor. Because of this short circuit, the other transistor will be open. Between the collector and the positive pole of the battery is a 1 kΩ resistor. On the left side is a 270 Ω resistor and a loudspeaker with only a few ohms resistance between the collector and the positive pole of the battery. Because of this, more current will flow through the left transistor than through the right one, if the former were constantly open. This would drain the battery very quickly.

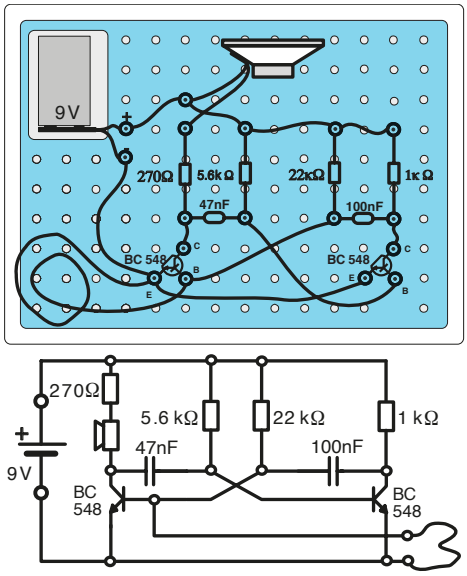
Since we don't know when the alarm will go off, it would be sensible to economise with the battery's power.

You have already learnt to assemble an alarm which will alert you that the door is open. Such alarms can be seen in shops. When a customer opens the door, a sound signal is heard, which silences after the door has been closed.

Fit a reed switch to the door post very close to the door and a magnet to the door itself. When the contacts of the reed switch are connected because of the proximity of the magnet, the alarm will be switched off. When somebody opens the door, the contacts in the reed switch will disconnect, the circuit will begin to function, and a sound will be heard from the speaker.

Tools: battery 9V, 17x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 59, 60, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 105

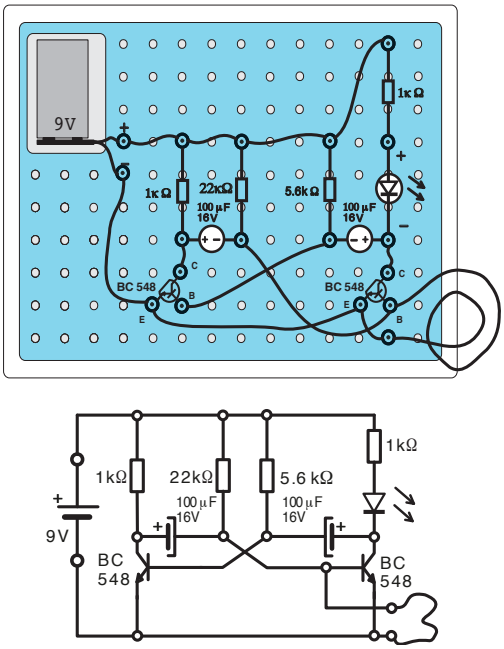


106. ELECTRONIC GUARD WITH A LIGHT SIGNAL

In this case, the alarm will signal using a pulsating light. The circuit is in principle similar to the previous one. Because the pulsating has to be low frequency, this multivibrator has been designed to function at a low frequency. For this reason, electrolytic capacitors are used in the circuit. The triggering is the same as in the previous circuit.

Tools: battery 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 2x66, 4x68, 5x69, 70

Fig. 106

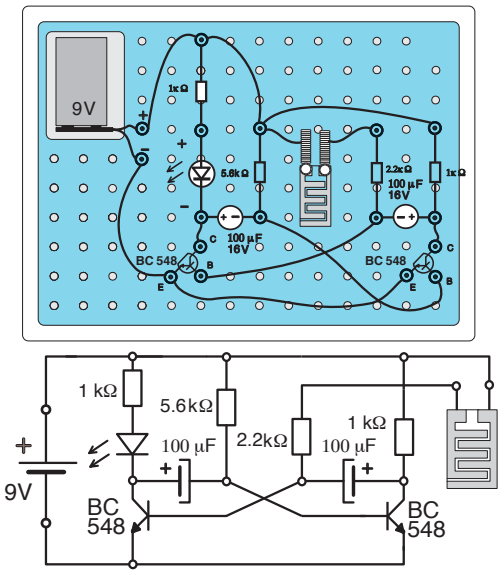


107. LIGHT ALARM FOR SIGNALING HUMIDITY LEVELS

In this alarm, a humidity sensor is connected serially to the right central resistor. When the sensor is dry, its resistance is high and electric current won't flow through it.
When the sensor becomes moist, its resistance will drop and enough current will flow through it to set the multivibrator in operation. The LED in the collector circuit of the left transistor will begin to pulsate. The alarm will not function in liquids which do not conduct electric current.

Tools: battery 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 49, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 107

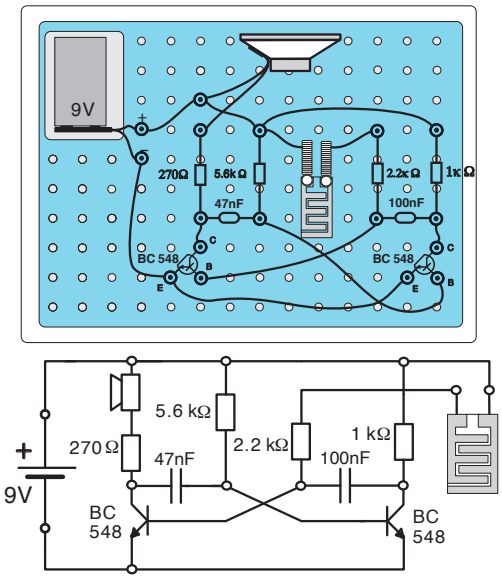


108. SOUND ALARM FOR SIGNALING HUMIDITY

In the previous circuit, replace the diode and the 1 kΩ resistor with a loudspeaker and 100 µF capacitors with 47 nF and 100 nF capacitors. You will thus get a circuit which will send a sound alarm when the humidity sensor dries up.

Tools: battery 9V, 17x7, 38, 2x42, 45, 49, 56, 57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 108

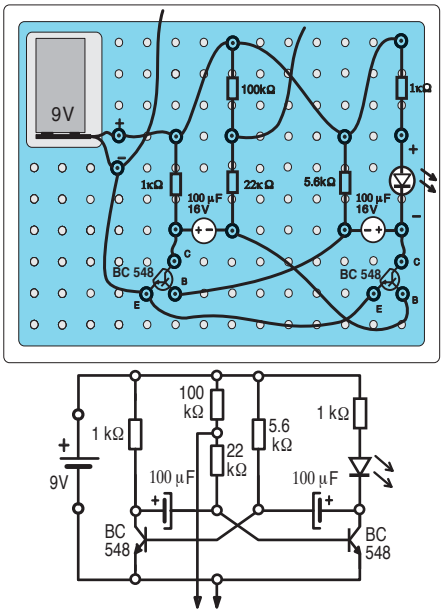


109. FLOWER GUARD

Flower lovers know how important it is to water flowers at the right time. Too much watering is not good for them, because too much humidity hurts the roots. The circuit shown in the diagram will signal with a pulsating diode that the earth in the flower pot is dry and that the flower needs to be watered.
The circuit is in fact an astable multivibrator which cannot function because of an additional resistor. This resistor is the earth between two wires inserted in it. When the earth is dry, the resistance between the two wires will be high. and it will not interfere with the functioning of the multivibrator. When the flowers are watered and the earth is humid, the resistance between the wires will be so small that the multivibrator won't function. As the earth dries up, the resistance between the wires will grow. The multivibrator will begin to function. At first, the speed of the pulsation of the LED will be slow, but as the earth gets drier, the pulsation will speed up to its maximum rate.

Tools: battery 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 109

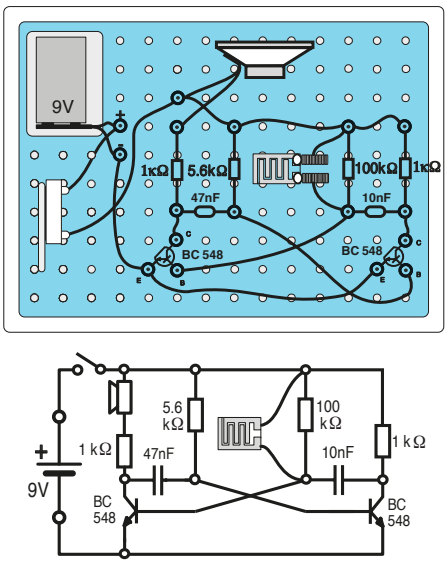


110. ACOUSTIC TOY

Little children enjoy playing with toys which produce sounds, such as rattles, whistles, drums. etc. The toy described here would probably also make them happy. This is an astable multivibrator which functions at an audible frequency. A humidity sensor is connected in parallel to one of the resistors which determine the functioning of the astable multivibrator. When the sensor is touched by a hand or finger, its resistance will change. After it has been touched, its resistance will drop. The parallel connection of the 100 kΩ resistor and the humidity sensor will then have lower resistance. The frequency of the multivibrator will increase.
By touching and holding the sensor, you will induce the toy to make interesting noises.

Tools: battery 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 45, 49, 2x57, 59, 61, 63, 64, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 110

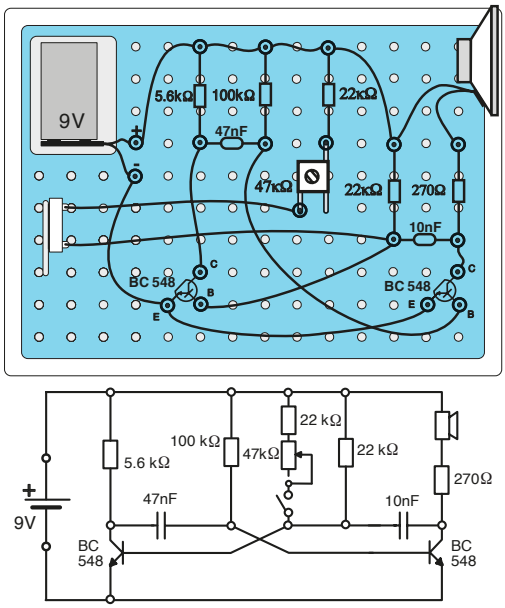


111. TWO-TONE ALARM SIREN

You have probably heard two-tone alarm sirens. In our example, this is an astable multivibrator with variable frequency. For this purpose, we can add to one of the resistors which determine the functioning of the multivibrator another resistor which is connected by pressing the switch. This will cause the resistance and frequency of the multivibrator to increase when the button is pressed.
The resistor which will be connected to the circuit by pressing the switch consists of a 22 kΩ resistor and a potentiometer. When the button is pressed, the higher tone can be adjusted by turning the shaft of the potentiometer, so that the relation between the higher and lower tone suits you.
The 22 kΩ resistor is there in case you change the resistance of the potentiometer to zero, in which case very strong current would flow to the base of the left transistor, permanently damaging it.
In this circuit, the change in tone is achieved by pressing the switch button. Instead of doing it yourself, this "button pressing" could be done by an astable multivibrator which functions at a frequency equal to the frequency of the tone change.

Tools: battery 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 45, 52, 56, 59, 2x60, 61, 63, 64, 4x68, 6x69

Fig. 111

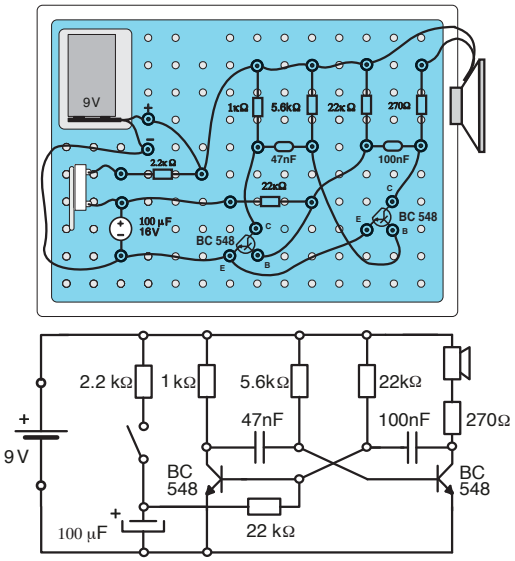


112. ALARM SIREN

Fire engines often have sirens with a whining sound. These sirens are driven by an electric motor. The diagram shows an electronic variation of the siren which will produce a similar whining sound.
The circuit is in fact an astable multivibrator which functions at audible frequencies. Current from a voltage divider, which consists of a 2.2 kΩ resistor and an electrolytic capacitor, is brought to the base of the left transistor through a 22 kΩ resistor. When you connect the circuit to a battery, the multivibrator will begin to function and sound will come from the speaker. The electrolytic capacitor will be empty and will no longer affect the circuit. Press the switch. The electrolytic capacitor will be charged through the 2.2 kΩ resistor. This will induce voltage at its contacts. Some of the current will flow to the base through the 2.2 kΩ and 22 kΩ resistors. This will slightly open the transistor. The operating speed of the astable multivibrator will change, and the tone will now be higher. Release the switch button. The charged capacitor will begin to drain through the 2.2 kΩ resistor so that the current will flow to the base of the left transistor. At first, the capacitor will drain quickly, then more slowly. As the capacitor empties, the frequency of the multivibrator will drop. This will be heard as a whining sound.

Tools: battery 9V, 22x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 58, 59, 2x60, 64, 65, 66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 112



113. SOUND SIGNALING OF A TEMPERATURE DROP

Imagine what could happen if the temperature dropped in, let's say, a chicken farm. If this happen, the chickens would die and great damage would be caused. It would be recommendable to have a temperature indicator in the control room. A light signal could tell that the temperature is normal. But a light indication of a drop in the temperature would not be enough, since perhaps nobody would notice the pulsating light. It would therefore be prudent to install a sound signal.

The temperature-sensitive switch we have already described can turn on another circuit or appliance. In the case described here, the sensitive switch would switch on a source of sound, that is a multivibrator with a loudspeaker.

When the temperature is high, the thermistor has lower resistance. At the junction of the divider, which consists of the thermistor and the potentiometer, the voltage will be high enough for current to flow to the base of the transistor and open it. The transistor now has low resistance and is connected to the multivibrator so as to block its operation. This is achieved by causing a short circuit with the negative pole of the battery at an appropriate place in the multivibrator. The LED will glow, indicating that the temperature is high.

As the temperature begins to drop, the resistance of the thermistor will increase and the voltage at the junction of the voltage divider will drop. Less current will thus flow to the base of the first transistor. The transistor will slowly close, and its resistance will grow. Its influence on the multivibrator will be smaller, and the latter will begin to function. At first, the operating frequency will be low, but as the temperature drops further, it will increase. The lower the temperature, the higher the pitch.

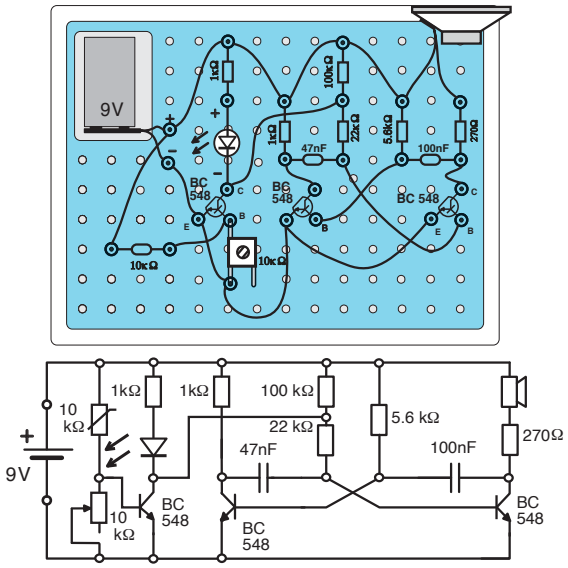
Between the collector of the first transistor and the 1 kΩ transistor is an LED. It is not essential for the functioning of the circuit, but it can serve as a visual indication of the temperature. As the temperature drops, the LED will glow less.

We have said that the voltage divider consists of the thermistor and the potentiometer connected as an adjustable resistor. At which temperature the alarm will go off depends on the position of the slider in the potentiometer.

To check how the circuit functions, turn the shaft of the potentiometer so that the LED glows and then turn it until the diode just extinguishes. With your finger, heat the thermistor. The LED will glow. Blow at the thermistor to cool it. The LED will go out and the speaker will produce a sound.

Tools: battery 9V, 25x7, 38, 2x42, 43, 45, 47, 51, 56, 2x57, 59, 60, 61, 64, 65, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 113



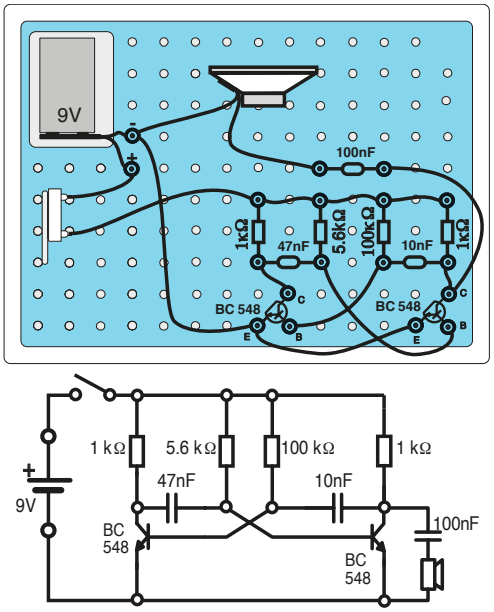
114. HOW DO WE PREVENT DIRECT CURRENT FLOWING THROUGH THE LOUDSPEAKER?

In the circuit described above, pulsating direct current flows through the speaker. What can we do if we want only alternating current to flow through it? To achieve this, we use a capacitor.

The diagram below shows how we can connect a loudspeaker. The voltage at the collector of the right transistor is distinctly pulsating. Between the emitter and the collector, the voltage varies between 0 V when the transistor is open and 9 V when it is closed. With a capacitor we will allow only alternating current to flow to the speaker, since a capacitor will conduct alternating current but not direct current.

Tools: battery 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 114

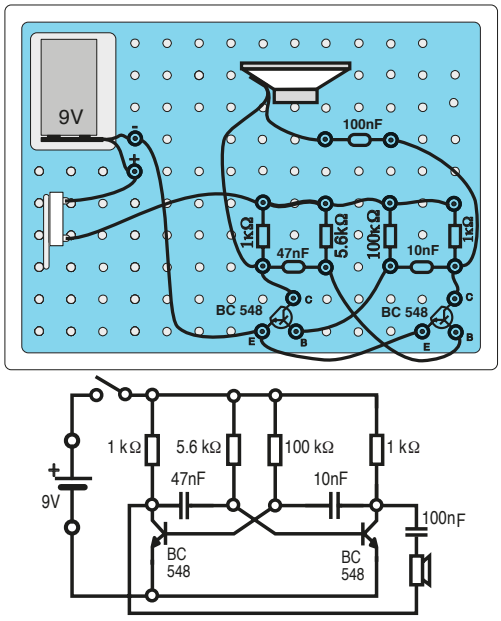


115. LOUDSPEAKER BETWEEN TWO COLLECTORS

We have mentioned several times that in a multivibrator the voltage between the emitter and the collector varies between 0 V and 9 V. This occurs at both transistors. But what is the ratio between the voltages on the collectors of the two transistors? When one transistor is open, the other is closed. Therefore, the voltage at the collector of one transistor towards the negative pole of the battery will be 0 V, and on the other 9 V. Let us assume that the left transistor is open and the right one closed. Then the voltage between both collectors will be:
U = 9 V.
As the transistors switch roles, the voltages on the transistors will change. Now the voltage between the collector of the left transistor and the negative pole of the battery will be 9 V and on the right 0 V. The voltage between the collectors will again be 9 V, but in the opposite direction. Now the voltage between both collectors is:
U = - 9 V.
If we observe the voltage on one collector, it changes by 9 V. If we observe the voltage on both collectors simultaneously, it changes from +9 V to -9 V. The voltage change is double!
In certain cases, connecting a load between the collectors of the transistors has its advantages. Here, it is important that the load is not so much that it prevents the circuit from functioning.
The resistance of the loudspeaker is very low, and direct current will flow through it. Between the collectors of both the transistors, the resistance will be small, which could stop the circuit from functioning. To avoid this, we have serially connected a capacitor to the speaker.

Tools: battery 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 115

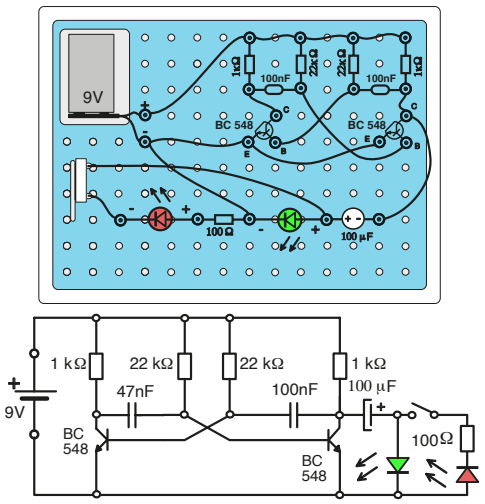


116. CIRCUIT FOR PRODUCING NEGATIVE CURRENT

Sometimes it is essential, for certain purposes, to have negative current in a circuit. The simplest way to get it is to have another battery in addition to the one which feeds the circuit, which can be used as a source of negative current. This makes the use of such a circuit more expensive, since we now have to use two batteries instead of one.
If power consumption from the battery which gives negative voltage is small, we can assemble a circuit which will give negative current at its output. This makes the whole circuit more expensive, but it will pay off in terms of batteries saved for the negative current.
To produce negative voltage, we need alternating current. In our circuit, we use an astable multivibrator to produce alternating current. Alternating current flows through the conductor first in one and then in the other direction. The voltage between the collector of for example the right transistor in a multivibrator and the negative pole of the battery changes: when the transistor is open, it is almost zero, and when it is closed, it almost reaches the voltage of the battery. This current is not alternating, but it does pulsate.
We have already seen that alternating current can flow through a capacitor, while direct current cannot. We can thus eliminate direct current from the pulsating current using a capacitor.
This principle is used in our circuit. A capacitor is connected to the collector of the right transistor, through which alternating current flows to the multivibrator. This current flows through two LEDs turned in opposite directions. When the circuit is connected to the battery, both diodes will glow. This proves that alternating current flows through the capacitor. When the current flows from the capacitor to the negative pole of the battery, it flows through the green LED. When it flows in the opposite direction, it flows through the red diode and the 100 kΩ resistor. This diode and the resistor are part of a circuit which needs negative voltage.
Instead of the green LED, we can use an ordinary diode (1N4004) in this circuit.
We must again point out that a circuit which needs negative current should not consume too much power.
If you are not certain that the multivibrator functions, you can connect the speaker between any of the 1 kΩ resistors and the positive pole of the battery.

Tools: battery 9V, 21x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 66, 4x68, 6x69

Fig. 116

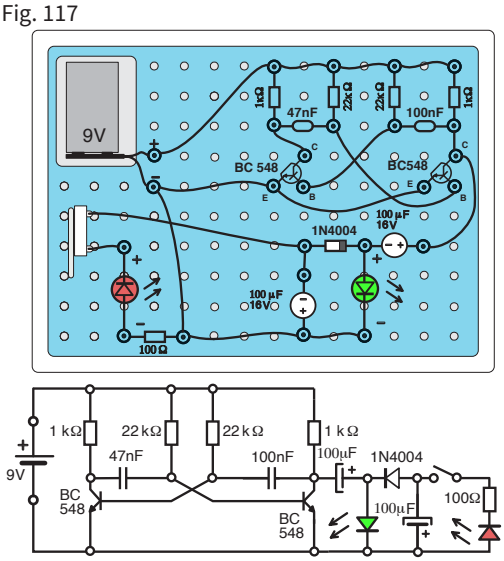


117. IMPROVED CIRCUIT FOR PRODUCING NEGATIVE CURRENT

Directed current obtained by one diode cannot be greater than the maximum level of the alternate current.
Instead of the red LED, you can insert a circuit which needs negative current for its functioning.
If the negative current obtained from the circuit described above is too low, we can use a circuit which doubles the directed negative current to obtain negative direct current. This circuit is made using two diodes and two capacitors. In the circuit, the green LED is used instead of the ordinary one.

Tools: battery 9V, 24x7, 38, 40, 3x42, 43, 46, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 117

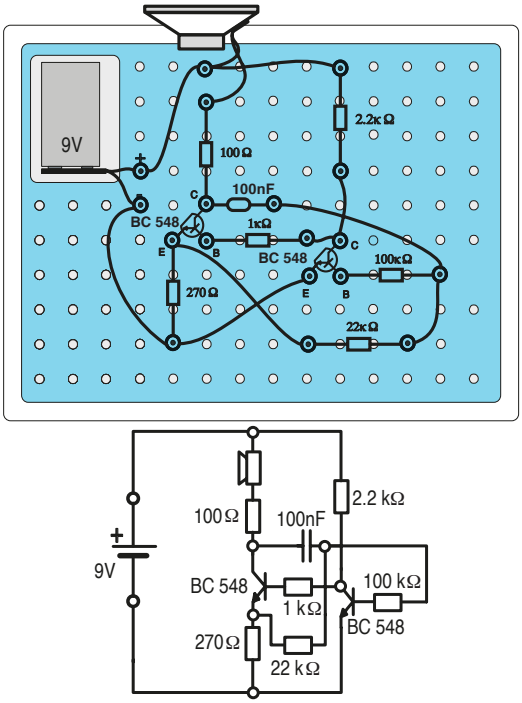


118. ANOTHER SOUND GENERATOR

With two transistors we can assemble a sound generator which is not a multivibrator, but which works on a different principle. In order to function, the circuit needs feedback. Feedback is a connection in a circuit through which some of the signal from the output is fed to the input. In this case, the circuit behaves differently than it would were there no feedback.
In our example, we have two transistors which form a low frequency amplifier. Through a 100 nF capacitor and a 100 kΩ resistor, part of the signal is directed from the output of the amplifier (the collector of the left transistor) to the input (the base of the right transistor).
Assume that while the voltage is increasing at the input of the circuit, the voltage at the output is dropping. If we add a circuit which feeds changes at the output back to the input, we could say that "this circuit is confused" and can't decide what the voltage at the input and subsequently at the output should be. This causes the voltage to fluctuate. We say that the feedback loop causes the circuit to oscillate.

Tools: battery 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 58, 60, 2x61, 65, 4x68, 3x69

Fig. 118

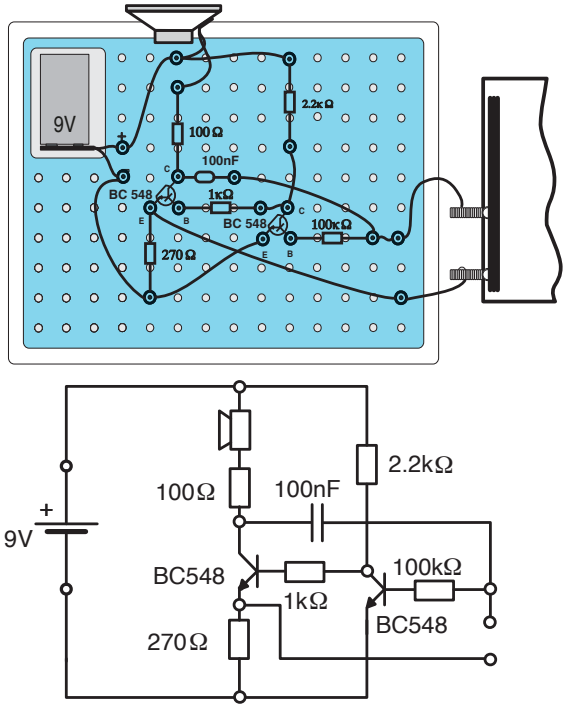


119. MUSICAL INSTRUMENT

If you change the resistance value of the 22 kΩ resistor, the frequency of the oscillator will change and we will hear a different tone from the loudspeaker. This will best be demonstrated by fitting a 47 kΩ potentiometer, connected as an adjustable resistor, instead of the 22 kΩ resistor.
You have already made an adjustable resistor by drawing a graphite line on a piece of paper with a soft pencil. Such a resistor can be used in this oscillator to alter the frequency of its operation.
Connect the clip on one side of the graphite layer to the circuit. Connect another piece of wire to the appropriate place in the circuit and attach a spring clip to it. Slide this clip along the resistant layer.
When you touch that layer, the oscillator will begin to function. If you slide it, the tone will change. You have just assembled a simple musical instrument.

Tools: battery 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 55, 56, 57, 58, 61, 65, 4x68, 5x69

Fig. 119

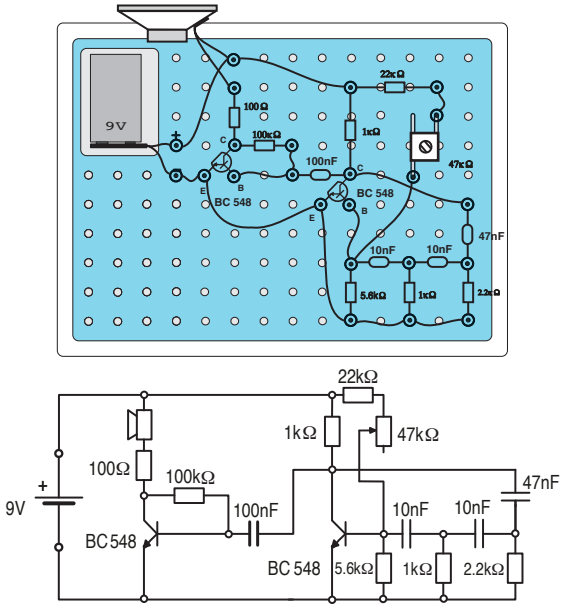


120. OSCILLATOR MADE FROM A SERIES OF RESISTORS AND CAPACITORS

To make an oscillator out of an amplifier, we need a feedback loop which will bring the signal from the output of the amplifier to its input. The properties of the feedback loop determine whether the circuit will function as an oscillator, and if it will, at what frequency it will function. The diagram below shows another example of an oscillator made by a feedback loop. Turn the shaft of the potentiometer until you hear sound from the speaker. The circuit for the return link is assembled from a series of three capacitors and three resistors.
Because the signal is too weak to be heard, a low frequency amplifier consisting of one transistor is added to the oscillator circuit.
You will hear a much more pleasant tone from the loudspeaker than from the oscillator with an astable multivibrator. This is because the oscillator described here gives a cleaner tone.

Tools: battery 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 52, 55, 2x57, 58, 59, 60, 61, 2x63, 64, 65, 4x68, 5x69

Fig. 120



ELECTROSTATICS

121. ELECTRICITY FROM PAPER

Take a sheet of paper from your notebook and dry it well above the stove, radiator or the cooker. After doing this lay it on the notebook and give it a firm stroke with your hand (figure 1). Then lift the paper with your left hand and approach it from underneath with your right-hand knuckle. As a result, an electric spark will fly from the paper to your hand.

Materials you will need: notebook sheet

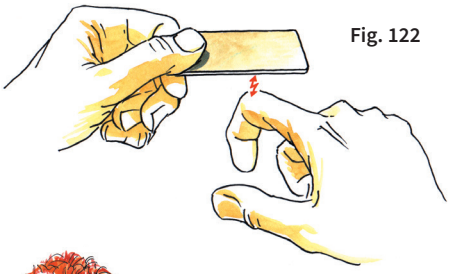
Fig. 121

122. ELECTRIC SPARK - THUNDER

Place a plastic plate on the table edge and rub it with your dry hand or a newspaper. Then lift the plate and approach it with your finger knuckle (figure 2). The electric spark will jump from the plate to your finger. You will be able to hear it, feel it, and even see it in the dark. The spark that came from the paper or plastic is not essentially different from lightning and thunder. The only difference lies in the fact that in these experiments there are only small electric currents, whereas in lightning enormous electric currents are involved.

Materials you will need: 26

Fig. 122



123. ELECTRICITY FROM WOOL

If you walk in rubber-soled shoes on a woollen or silk carpet for a long time, your body will become charged with electricity. Should you then touch a water pipe or any other metal object that is connected to the earth, an electric spark will fly from your body to the object. Likewise, the comb becomes charged with electricity and so does the combed hair. The same will happen when stroking the cat's fur, or by taking off underwear of synthetic fibres. All this is annoying, troubles arise also from the sparks at petrol stations, caused by the friction of petrol against the pipes, or on aeroplanes, where the electric charges arise from the friction of the plane against airstreams. Such electric sparks can be quite a nuisance in paper and rubber plants as well as in plants where power is transmitted via rubber or leather transmission belts. Moreover, the accident of the dirigible Hindenburg was also caused by a tiny electric spark.

Materials you will need: comb

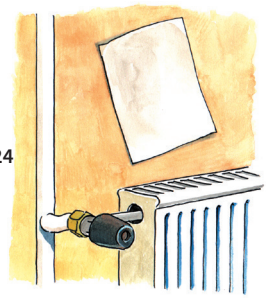
Fig. 123

124. ELECTROSTATIC "GLUE"

In the winter when the rooms are heated, warm a large sheet of newspaper over the stove or radiator apply it against the wall and give it a stroke with your hand. The sheet will readily stick to the wall and remain there for a certain period of time. This happens because the paper became electrostatically charged by the stroking.

Materials you will need: newspaper sheet

Fig. 124

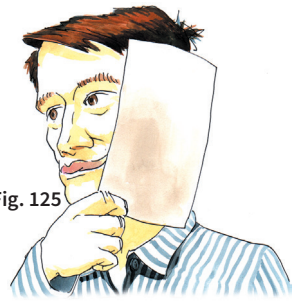


125. ELECTRIC COBWEB

After warming a sheet of paper over the stove, radiator or a plate of a cooker, put it on a notebook and give it a firm stroke with your hand, as shown in experiment No 1. Now lift the sheet and approach it to your cheek (figure 5). You will feel as if your cheek were touching a cobweb. By rubbing the paper, you charged it with electricity, which made the hairs on your skin rise and consequently remind you of a cobweb.

Materials you will need: notebook sheet

Fig. 125

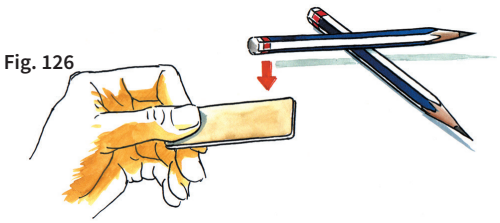


126. ELECTROSTATICALLY CHARGED BODIES ARE ATTRACTED

Place two hexagonal pencils of wood one across the other and approach the upper one with a plastic plate that has been rubbed against dry fingers or a newspaper. Instead of the upper pencil, a ruler or any other similar object can be used. All of them will be attracted by the electrostatically charged plastic plate. Already in 600 B.C. the old Greeks discovered that amber (Gr.: elektron) attracted light objects, if they were rubbed against a hand or some material. That is where the term electricity came from. Today plastic is used instead of expensive amber. Likewise, paper can become electrostatically charged if well dried and rubbed. Later experiments will show that by rubbing, both bodies that are rubbed, as well as those used for rubbing, become electrostatically charged.

Materials you will need: 26, 2 hexagonal pencils

Fig. 126

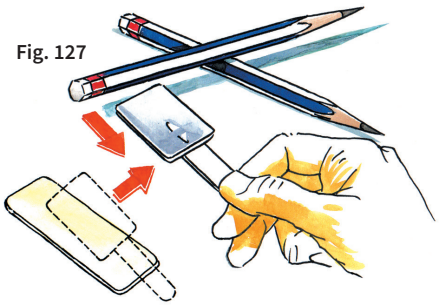


127. EVEN METALS CAN BE ELECTROSTATICALLY CHARGED

Place two hexagonal pencils of wood one across the other, as shown in the preceding experiment. Take a metal spade fixed to a plastic handle. Rub it against a plastic plate holding the plastic handle, and approach it to the upper pencil. The electrostatically charged metal spade will attract the pencil. As you see, even metals can become electrostatically charged through rubbing. Later on, you will learn why the metal spade is fixed to a plastic handle.

Materials you will need: 26, 27, 2 hexagonal pencils

Fig. 127



128. ELECTROSTATICALLY CHARGED BODIES REPEL THE UNCHARGED ONES

Place two pencils of wood on a plastic base, as shown in figure 8. Then approach the upper pencil with an electrostatically charged metal spade. The spade will attract the pencil. If the same spade is electrostatically recharged, however, it will repel the pencil. All previous experiments have shown that the electrostatically charged bodies attract the uncharged ones; yet, now you can see that in certain cases they can also repel them.
Materials you will need: 8, 26, 27, two pencils

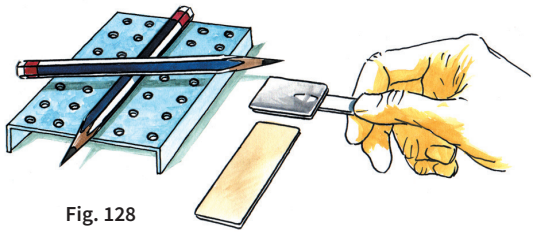


Fig. 128

129. AN ELECTROSTATICALLY CHARGED BODY NEAR A WATERJET

Place an electrostatically charged plastic plate near a weak water jet (figure 9). The plate will attract the jet as well as disperse it.
Materials you will need: 26, a glass of water

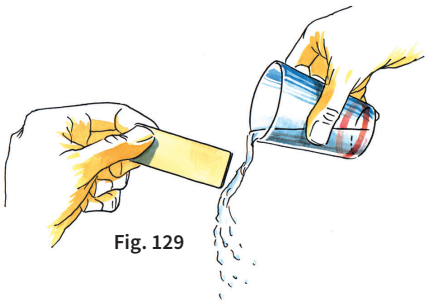


Fig. 129

130. WHEN DO ELECTROSTATICALLY CHARGED BODIES ATTRACT AND WHEN DO THEY REPEL EACH OTHER?

In this experiment the following procedure should be adopted:
1. Rub the metal plate against a plastic base.
2. Place the electrostatically charged plastic plate on the aluminium bell where it is free to move.
3. Approach the plastic plate with an electrostatically charged metal spade (figure 10) and you will see that the plate and the spade attract each other.
4. Pass the handle of the metal spade between your dry fingers or rub it against paper, then bring it near the plastic plate and you will see that they repel each other.
This experiment proves the different polarities of electrostatic charges, which can either attract or repel each other.
Materials you will need: 13, 26, 27

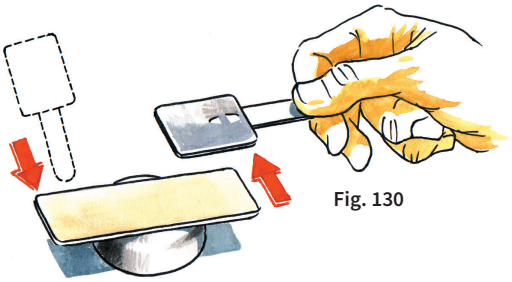


Fig. 130

131. A SIMPLE ELECTROSCOPE

By using the units of this set try to assemble a simple electroscope. From figure 11 you can see how individual units should be put together. On a plastic base there is an iron rack carrying a light paper pointer made from a piece of paper 140 x 12 mm. A pin passing through the pointer a little above its centre of gravity serves as an axle. The electroscope is faultless if its pointer is vertically suspended and in case of any deflection from this position slightly oscillates.
Materials you will need: 3 x 5, 3 x 6, 8, 20, 2 x 28, 29, a pin, a pointer

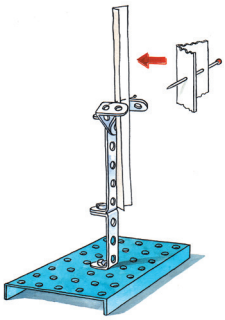


Fig. 131

132. ELECTROSTATICALLY CHARGED PLASTIC ATTRACTS THE ELECTROSCOPE POINTER

Pass a plastic plate between your dry fingers or rub it against paper, then bring it near the electroscope pointer (figure 12). The plastic plate will attract the pointer. The same experiment can be done with a comb, a piece of glass or sealing-wax rubbed against clothes. All these and many other bodies attract the electroscope pointer, provided they have been rubbed. Through rubbing, the bodies become electrostatically charged.
Materials you will need: (11), 26

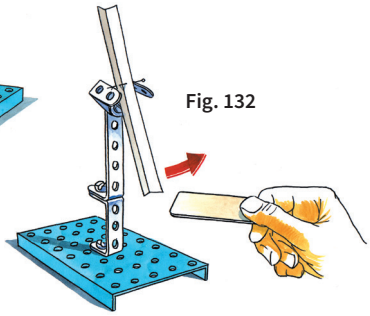


Fig. 132

133. ELECTROSTATICALLY CHARGED METAL SPADE ATTRACTS THE ELECTROSCOPE POINTER

Repeat experiment No 12, but this time do not rub the plastic plate against your hand, but against a metal spade fixed to a plastic handle. If you approach the electroscope pointer with the metal spade, the latter will attract the pointer. Then wrap the metal spade in a piece of paper or cloth and rub it against the plastic plate. Through rubbing, the paper, cloth or other bodies will become electrostatically charged. These experiments show that both - the bodies that are rubbed as well as those used for rubbing - can become electrostatically charged.
Materials you will need: (11), 26, 27, a piece of paper or cloth

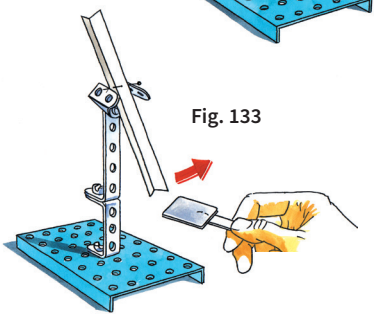


Fig. 133

134. CHARGING THE ELECTROSCOPE

Place a plastic plate on the edge of the table, stroke it with a metal spade, slightly pressing it and then touch the electroscope rack (figure 14). The pointer will deflect and remain deflected. If you repeat several times, the deflection of the pointer increases due to the increase of electrostatic charge.
Materials you will need: (11), 26, 27

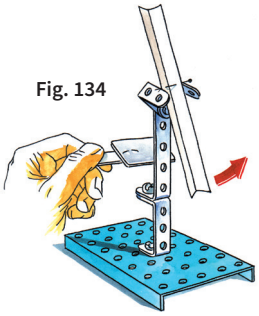


Fig. 134

135. DISCHARGING THE ELECTROSCOPE

Touch the charged electroscope metal rack with your finger (figure 15) and the pointer will return to the resting position. The electrons have passed through your body to the earth or maybe vice versa. The previous experiments have shown that bodies become electrostatically charged if rubbed against plastic. Will your hand become electrostatically charged too?
Materials you will need: (11)

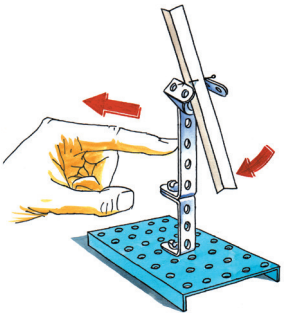


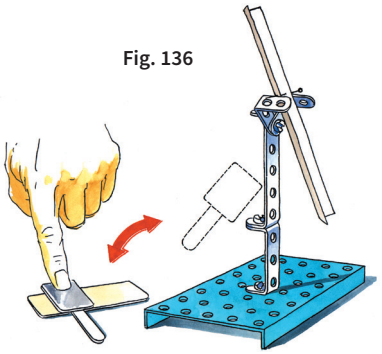
Fig.135

136. PROGRESSIVE ELECTROSCOPE CHARGING

1. Place a plastic plate on the edge of the table and rub it with a dry hand or paper.
2. Place the metal spade, held by the plastic handle, upon the plastic plate.
3. Before lifting the metal spade, touch it with your finger.
4. Further, use the metal spade to touch the electroscope rack. Its pointer will deflect. If the experiments under 2, 3 and 4 are repeated several times, the deflection of the pointer will increase, due to the increase of electrostatic charge. The plastic plate and the metal spade together form a device called an electrophorus.

Materials you will need: (11), 26, 27

Fig. 136



137. PROGRESSIVE ELECTROSCOPE DISCHARGING

Following the procedure of the preceding experiment, charge the electroscope with the electrophorus. When the electroscope is charged, touch it with the metal spade. The pointer will drop a little. If the metal spade is brought in contact with your body and the electroscope pointer repeatedly, the pointer will drop more and more.

Materials you will need: (11), 26, 27

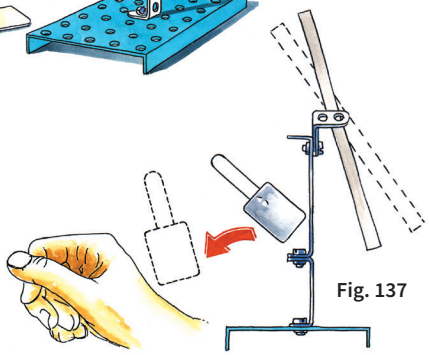


Fig. 137

138. CONDUCTORS AND INSULATORS

Charge the electroscope by means of the electrophorus (see experiment No 16), then touch the electroscope rack with the metal spade handle, a pencil, a piece of paper, a copper plate and with other units of the set. What do you notice? In contact with plastic, dry glass, china, sealing-wax, paraffin-wax etc. the electroscope pointer will not move at all. Consequently, the mentioned materials are insulators. However, metals are excellent conductors and so is our body, the pencil, damp paper etc.

Materials you will need: (11), 24, 26, 27, various objects

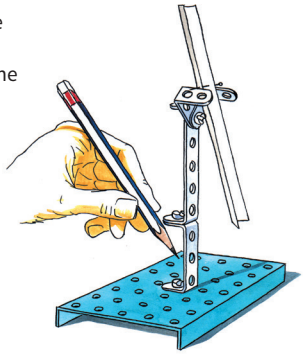


Fig. 138

139. POSITIVE AND NEGATIVE ELECTROSTATIC CHARGE

Charge the electroscope by means of the electrophorus and approach its pointer with the metal spade used for charging the electroscope (figure 19). The pointer will deflect.
If, however, the pointer is approached with a plastic plate, it will be attracted by the latter. This proves that bodies can assume different charges. In your case the metal plate and the charged electroscope are charged positively, whereas the plastic plate is negatively charged. Similarly charged bodies repel, whereas oppositely charged ones attract each other.

Materials you will need: (11), 26, 27

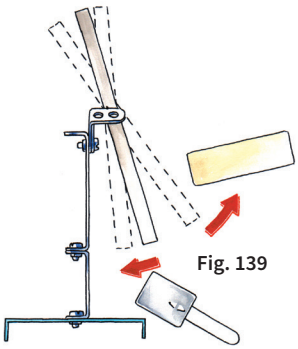


Fig. 139

140. ELECTRIC PENDULUM

Try to build an electric pendulum that can enable you very instructive experiments. It consists of a ball made of elder or expanded polystyrene (1), a cotton thread (2), a vertical paper sleeve (3), an elbow (4), and a horizontal paper sleeve (5). If no pith ball is available, a small tinfoil pot is used instead. Wrap a piece of tinfoil 5 x 3 cm around a pencil, press it at the front side and bind it to a cotton or nylon thread. To make the required paper sleeves (90 mm), take a sheet of notebook paper and cut it lengthwise into two identical parts (90 x 100 mm). Spread each part with glue and wrap it gently around an iron bar from the set. Before the glue is completely dry take the sleeve from the bar protecting it from unwrapping with an elastic or a stripe of adhesive tape and fix it to the plastic base with a double threaded screw. The elbow is obtained by bending a nail or wire of corresponding diameter into a right angle.

Materials you will need: 2 x 6, 8, 9, 12, paper, tin or alu-foil, cotton thread, iron wire

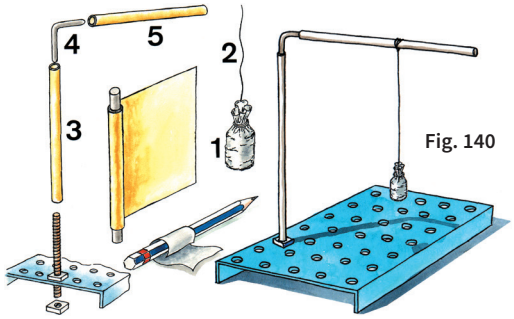


Fig. 140

141. EXPERIMENTS WITH THE ELECTRIC PENDULUM

1. Approach the electric pendulum with an electrostatically charged plastic plate. The plastic plate will attract the pith ball only to repel it immediately afterwards; so, you will not be able to catch it with the plastic plate.
2. Touch the pith ball with your hand and approach it with an electrostatically charged metal spade. The latter will attract the ball only to repel it forcibly immediately afterwards. What is the explanation of the above phenomena? The plastic is negatively charged. For that very reason it attracts the pith ball which itself assumes a negative charge and is consequently repelled. The metal spade is positively charged. Through the contact of the pith ball with the metal spade the former, too, acquires a positive charge and is consequently repelled. The above facts lead to the conclusion that bodies bearing the same electrostatic charge repel each other.

Materials you will need: (20), 26, 27

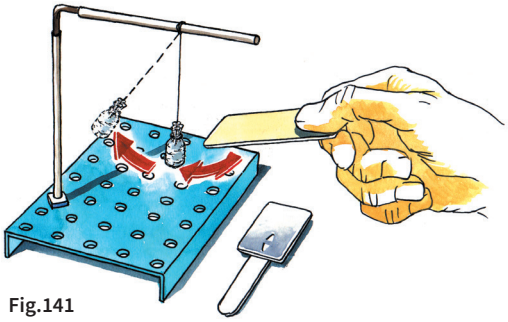


Fig.141

142. OPPOSITELY CHARGED BODIES ATTRACT EACH OTHER

This experiment requires two pendulums. The first is mounted to a plastic base, the second to an aluminium bell. Keep the pendulums apart and give them opposite electrostatic charges. By reducing the distance between the pendulums, you will notice that the pith balls attract each other. If, however, they touch each other, the charges get balanced. This leads to two conclusions.

1. Oppositely charged bodies attract each other.
2. Equally strong positive and negative charges get balanced.

Materials you will need: (20), 6, 13, 25, 26, 27, paper, alu-foil, thread

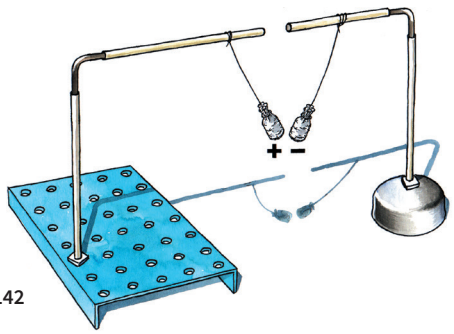


Fig.142

143. LEAF ELECTROSCOPE

Further experiments with static electricity require a more sensitive instrument. Consequently, using the following instructions, you can build yourself a leaf electroscope:
1. Use a bolt and a nut to fix the big metal bracket 60 x 12 mm into the centre of a plastic base (9).
2. Further use another bolt and nut to fix an aluminium bell to the free end of the bracket, but leave 10 mm of the bolt protruding from the bell. That is where the 90 mm wrapped tinfoil sleeve is to be stuck to the bolt. How to make the sleeve is described in experiment No 20. The upper end of the sleeve serves for carrying two bearers made of bare copper wire 0.3 mm. The bearer is a 10 mm long and 5 mm wide rectangle, shaped to permit it to be fixed to the sleeve. The electroscope leaves should be thin paper of 8 x 70 mm size. They are fixed to the brackets as seen figure 23 (right). The arrow indicates where the paper is to be stuck together.

Materials you will need: 5, 2 x 6, 8, 13, 20, 25, 36, paper, alu-foil

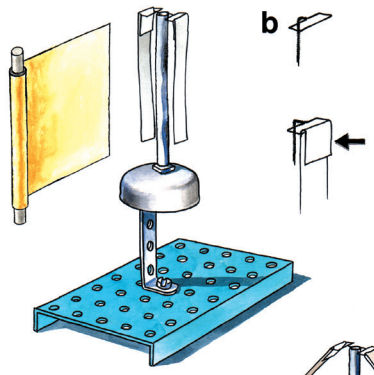


Fig. 143

144. ELECTRICITY FROM A MATCHBOX

Put the metal spade into a matchbox case and, holding the plastic handle, rub it against a plastic plate. Upon touching the electroscope with your finger, the leaves will come close together. Further wrap the plastic plate into paper, cloth, fur etc. and try to charge it by rubbing it against a plastic plate. Finally try to charge a piece of glass by rubbing it against silk or wool.

Materials you will need: (23), 26, 27, match-box

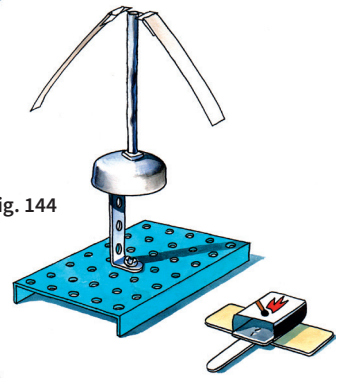


Fig. 144

145. CAPACITY

Wrap one end of the metal spade handle with a piece of tinfoil and you will have two metal spades: A big and a small one, on the same insulated handle (figure 25). Further follow the instructions of experiment No 16 to charge the electroscope to full deflection. If you touch the charged electroscope with the small metal spade from tinfoil, the angle between the electroscope leaves will diminish. Then use the same metal spade to touch in turns your body and the electroscope until the electroscope leaves come very close together. Later recharge the electroscope and repeat the experiment by using the big metal spade. Which metal spade shows the higher capacity?

Materials you will need: (23), 26, 27, alu-foil

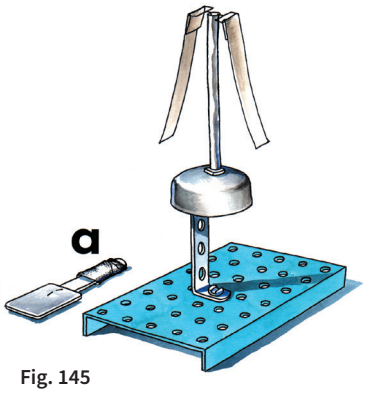


Fig. 145

146. AIR-IONISATION

l. Charge the electroscope to full deflection of both leaves and note the time they remain deflected. In dry weather, especially in the winter, the leaves will remain spread apart for a few hours, which proves the air is a good insulator. In damp weather, however, the leaves will soon return to the initial position.
2. Recharge the electroscope and approach it carefully (so the paper leaves don't catch fire) with a lit match. Immediately the leaves will come close together. This results from the fact that under the effect of heat the air molecules start moving with such speed that a reciprocal ionisation is likely to occur; in other words, the molecules charge or discharge each other with electrons. The air undergoes ionisation but ionised air has proved to be a bad insulator. This is why lightning very often strikes into fire.

Materials you will need: (23), 26, 27, matches

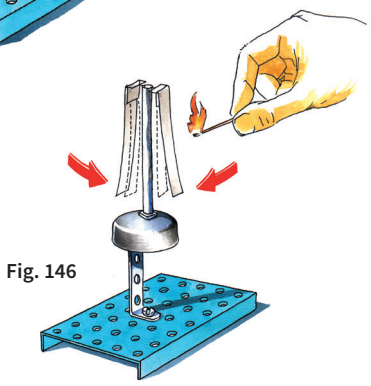


Fig. 146

147. ELECTROSTATIC FIELD

Cut a plate of the same size as the plastic plate in the set from medium thick cardboard. Place it on the edge of the table and cover it with the plastic plate. If rubbing the plastic plate with paper or your dry hand and lifting it afterwards, what do you notice? By lifting the plastic plate, you have lifted the cardboard as well, although the latter is rather heavy. Due to rubbing the plastic plate assumes a negative charge, whereas the cardboard, under the effect of the negative charge, becomes positively charged. In principle, the positive and negative charges attract each other. The force of attraction can be considerable and is felt when separating the two plates (figure 27). The field between both plates is known as an electrostatic field.

Materials you will need: 26, a cardboard plate

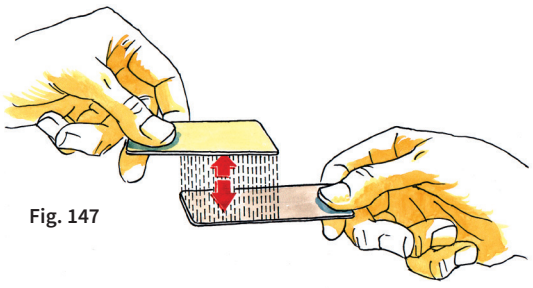


Fig. 147

148. ELECTRIC LINES OF FORCE

Place a piece of cardboard on the table-edge putting a lengthy thread underneath. Cover the cardboard plate with a plastic one and rub it with your hand or a piece of paper. Use one hand to retain the cardboard at the table and the other one to lift the plastic plate about 6-8 mm high. You will notice a certain resistance. Besides, the thread ends will lift towards the plastic plate. This is due to the fact that the electrostatic field between the two plates consists of invisible electric lines of force, the direction of which is indicated by the lifting ends of the thread.

Materials you will need: 26, a piece of cardboard, thread

Fig. 148

149. CAPACITOR

Lay an electrostatically charged plastic plate on the edge of the table and place the electroscope above it. The electroscope leaves will not move although the plastic plate is electrostatically charged. Why? The plastic is negatively charged. Consequently, the table close to it is left with a positive charge in relation to the negative one of the plastic plates. By lifting the plastic plate together with the electroscope for about 8-9 cm above the table, the positive charge of the latter will be reduced, the negative one of the former will predominate, therefore the electroscope leaves will spread apart. The positively charged table and the negatively charged plastic plate represent a capacitor. The principle of the capacitor was also mentioned in experiment No 27 and 28.

Materials you will need: (23), 26, 27

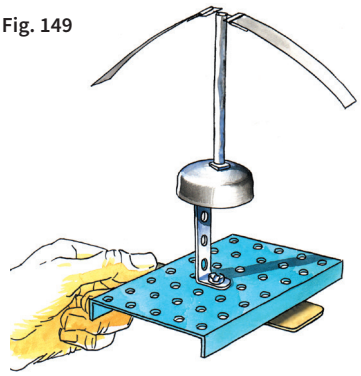


Fig. 149

150. POLARITY DETECTION WITH A GLOW LAMP

Touch the negatively charged leaf electroscope with a glow lamp. The leaves will come close together and one of the glow lamp electrodes will light up. If the electroscope is positively charged, the other glow lamp electrode will light up. Glow lamps are used in mains voltage testing instruments. In case a glow lamp is connected to the mains, both electrodes light up due to the alternating current. Note: Execute the experiment in a room that's dark.

Materials you will need: (23), 26, 27, a glow lamp (not included)

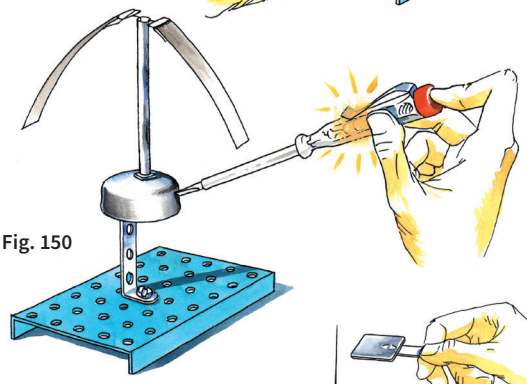


Fig. 150

151. NEEDLE EFFECT

Pin a needle to the electroscope and approach it (without touching it) with a positively charged metal spade. The electroscope leaves will deflect although the electroscope has not been touched. Then remove the metal spade and approach the needle (without touching it) with the point of another needle that you hold in your hand. The electroscope will gradually discharge, provided there is no contact between the two needle points. It is obvious that the electrons pass from one body to another through the needle point. In general, such points are likely to solve various technical problems. They are used in paper mills to ground the static electricity that arises from paper friction and involves a certain adhesion of paper sheets. Further, points are applied to remove static electricity from the plane which gets electrostatically charged through its friction in the air, as well as from driving belts; in addition, they serve for protection of buildings from lightning.

Materials you will need: (23), 26, 27, a needle

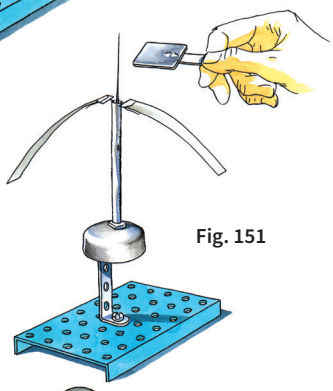


Fig. 151

152. LIGHTNING CONDUCTOR

A lightning conductor consists of an iron rod with a point on top. There is a thick copper wire or a strip of sheet zinc leading from the point to the ground where it is connected to a bigger metal network. If an electrostatically charged cloud approaches the building, the latter, due to inductivity, also assumes an electrostatic charge. If the cloud has a positive charge, that of the building is negative and vice versa. This is a very strong electric field (capacitor) between the building and the cloud. Owing to the lightning conductor point the electrons pass from the cloud to the lightning and vice versa. Thus, the electrostatic charges get balanced and the danger of lightning is avoided. If the lightning nevertheless strikes, it will strike the lightning conductor and not the building. Therefore, large buildings are furnished.

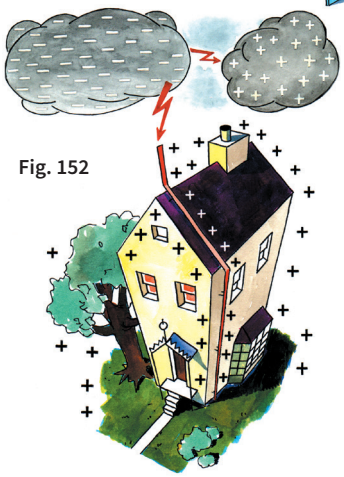


Fig. 152

153. FARADAY CAGE

An ancient story tells about a king of a remote country to whom the fairies prophesied at the birth of his daughter that she would die at her sixteenth birthday. As that day drew near the king built a fortified castle which was only accessible by crossing a drawbridge. By her sixteenth birthday the princess was bound to live in this castle together with her servants. Yet right on her sixteenth birthday the sky suddenly turned dark and started to thunder and to lighten. With a terrible noise the thunder struck the castle and killed the princess. That happened once upon a time.

But is it possible to protect buildings from lightning nowadays? Yes, it is. They can be safeguarded either by a lightning conductor or a so-called Faraday cage, which is even more reliable. The following experiment will explain its operation.

Place a smaller tin container (an old can or an aluminium cup) on a plastic base and stick a few strips of thin paper (in figure 33 only two are shown) to the inside and outside surface of the cup wall. Then touch the container (the cage) with an electrostatically charged metal spade. The outside paper strip will deflect, whereas the inside one will not move. Even if the container has been repeatedly charged, the charge will spread outside only, whereas the internal surface will remain unchanged, that is neutral. The same would occur if the container was pierced at several places, or if instead of a metal container a wire basket was used. If the same wire mesh was applied to wrap the house, the latter would be protected against lightning. The Faraday cage is especially used for ammunition storage protection.

Materials you will need: 8, 26, 27, a metal container, paper

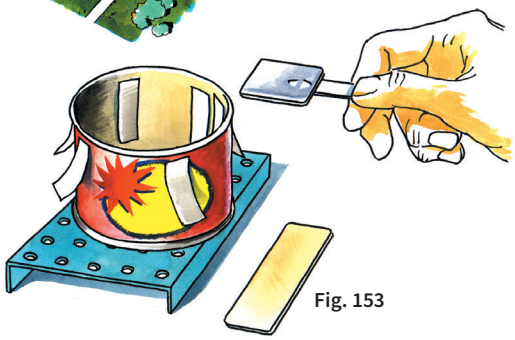


Fig. 153

154. A FEW ADDITIONAL EXPERIMENTS

Use a razor blade to cut a few balls from elder pith, lay them on the table and approach them with a charged spade. The balls will jump lively on the table. Instead of pith balls, small paper rolls can be used.

Materials you will need: 26, 27, paper, balls from elder pith or expanded poly-styrene (not included)

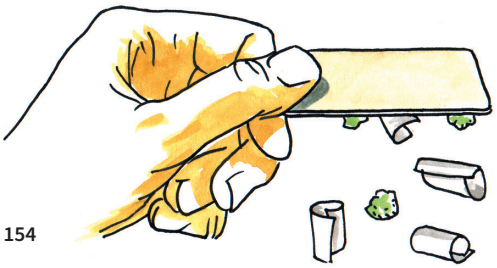


Fig. 154

155. MOLECULES, ATOMS, ELECTRONS

The entire nature consists of molecules and atoms. An atom is the smallest unit of an element. By now scientific knowledge counts 118 elements of which 92 are natural. The rest is made by man. Although the atoms of individual elements vary a lot, they have certain features in common as far as the structure and size are concerned. Every atom consists of a thick and heavy nucleus, circled by a continuous flow of a small or large number of easy electrons. The simplest is the hydrogen atom (figure 35 left). It consists of a small nucleus, orbited by a single electron (e), like the Earth is orbited by the Moon. The second is helium (figure 35 middle). A helium atom consists of a bigger nucleus, circled by two electrons. The lithium nucleus is orbited by 3 electrons, the iron nucleus by 26, the gold nucleus by 79, the lead nucleus by 82, and the uranium nucleus by 92 electrons, with various distances between them. In atoms the electrons are bound to the nucleus exactly the same way as the Moon is bound to the Earth or the Earth to the Sun. In some bodies the atom may lose a few electrons. Due to this lack of electrons, such bodies are positively charged, whereas those with an excess of electrons are negatively charged.

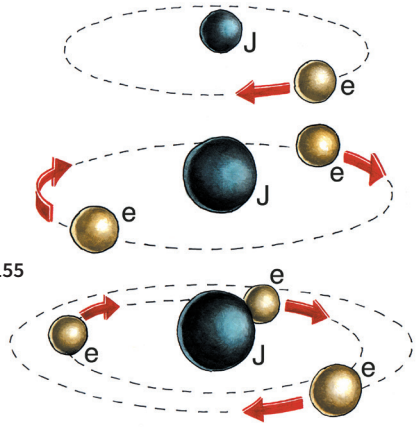


Fig. 155

MAGNETISM

156. THE MYSTERY OF MAGNETISM

The set contains two heavy cylindrical rods, one ending with a screw. Without application of any other object this experiment will demonstrate:
1. which of the two objects is a magnet and which only iron;
2. whether the iron is attracted by the magnet or the opposite. The experiment can be made the following way: Place one of the two objects on the table and try to lift it with the other one touching the former somewhere in the middle, as shown in figure 36a and b. If you manage to lift the lying piece from the table, the one in your hand is a magnet. If, on the contrary, the piece rests on the table, this one is the magnet. The reason for that will be explained later on. The experiments show that not only the magnet attracts the iron but the iron, too, attracts the magnet. Consequently, the two are reciprocally attracted.
Materials you will need: 10, 16

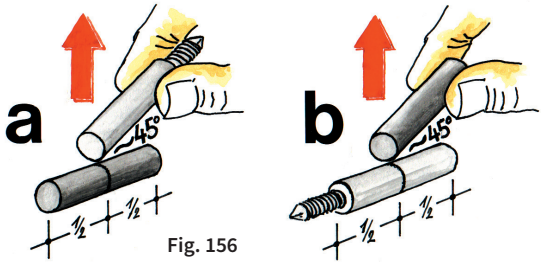


Fig. 156

157. MAGNET

The ancient Greeks discovered that a certain ore found near the city of Magnesia in Asia Minor had the power of attracting bits of iron. A legend also tells us that bits of this ore went attracted to the shepherd's iron tipped crooks. This ore was called magnetite and the attractive power magnetism. As shown later on, such a natural magnet can serve for making an artificial one. The set contains such an artificial magnet, yet it has not been made by means of magnetite, but by means of electricity. By using this magnet all bolts and nuts from the set, as well as many other iron items can be lifted.
Materials you will need: 5, 6, 10

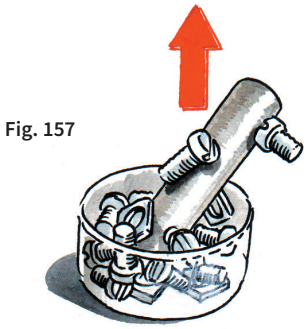


Fig. 157

158. DOES A MAGNET ATTRACT IRON OBJECTS ONLY?

Place different metal items from the set on the table and try to lift them with the magnet. Which items can be lifted? It is possible to lift all items made of iron, e.g. bolts, nuts, nails, sheet iron pieces, whereas those made of zinc, copper or lead will not be attracted by the magnet. Further experiments could show that, in addition to iron, items made of nickel and cobalt may as well be attracted by the magnet. The attractive power of a magnet is the greatest in case of the so-called magnetic alloys, such as AlNi and AlNiCo. The magnet from the set has been made of the alloy AlNiCo (aluminium, nickel, cobalt).
Materials you will need: 5, 6, 10, 23, 24, metal objects

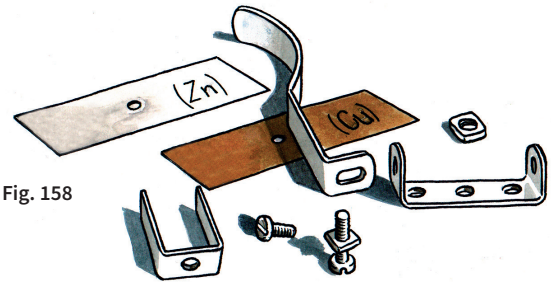


Fig. 158

159. A MAGNET HAS TWO POLES

Strew a sheet of paper with iron filings, dip the magnet into the latter and take it out immediately afterwards. The filings will stick to the magnet, yet will not be equally spread along the whole length. The ends, where the magnetic attraction is the most powerful, are called poles. Every magnet has two poles. If the magnetism here is the strongest, it is equal to 0 in the centre of the magnet. Can you now solve the riddle from experiment No 36?
Materials you will need: 3, 10, piece of paper

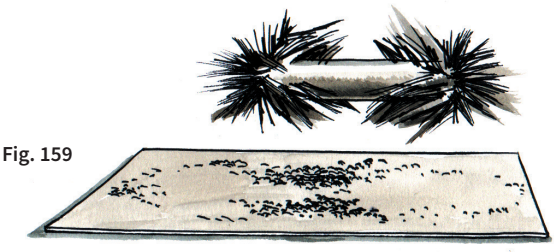


Fig. 159

160. MAGNETIC FIELD

Lay a magnet under a plastic base covered with a sheet of cardboard 9.5 x 7 cm. Then sprinkle some iron filings over the cardboard and tap it lightly with a pencil. The filings will make up a distinct pattern of lines extending in all directions from one pole and running in smaller or bigger curves to the other pole. The filings will arrange themselves along the invisible lines of force.
1. Repeat the above experiment, the cardboard being lifted two to three centimetres. Now, too, the filings will arrange themselves along the magnetic lines of force.
2. Repeat the above experiment but place the magnet vertically. In this case the filings will assume a regular pattern.
Conclusion. The area around the magnet is covered with magnetic lines of force. They form the magnetic field which is strongest around both poles.
Materials you will need: 3, 8, 10, cardboard

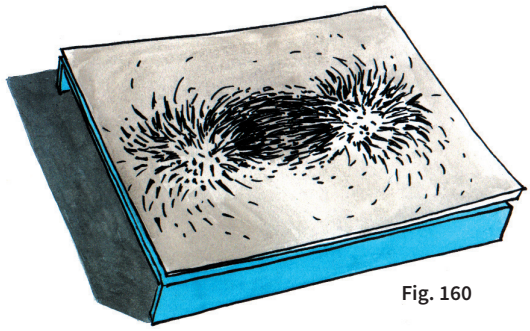


Fig. 160

161. MAGNETIC FIELD BETWEEN TWO DIFFERENT POLES

Lay the magnet on the table and add a piece of stator laminations to each end, as shown in figure 41. Cover this with cardboard, sprinkle iron filings over it and tap it lightly. The iron filings will arrange themselves along the magnetic lines of force, as observed in the previous experiment, as well as between the two pieces of stator laminations. The latter is especially important for the understanding of the generator and electromotor.

Materials you will need: 3, 10, 15, cardboard

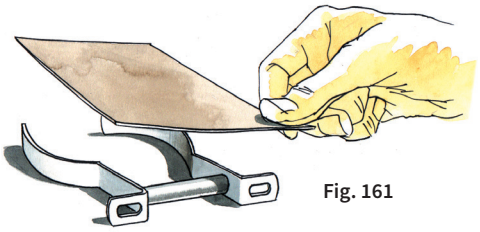


Fig. 161

162. MAGNETIC FIELD BETWEEN TWO IDENTICAL POLES

According to figure 42, lay the magnet on the table and add two pieces of stator laminations, both touching the same magnetic pole. Cover this with cardboard and sprinkle iron filings over it. Observation: In this experiment you are not interested in the filings immediately surrounding the magnet but in those between the two pieces of stator laminations. Here the iron filings have remained in complete disarray, hence no magnetic lines of force exist in the field. On the other hand, outside the field encircled by the two pieces of stator laminations, the magnetic lines of force form a very dense pattern of arcs, extending from the stator laminations to the opposite magnetic pole. From the above experiments it can be concluded that the magnetic poles are not alike. This will, too, be proved by the experiments to follow.

Materials you will need: (41)

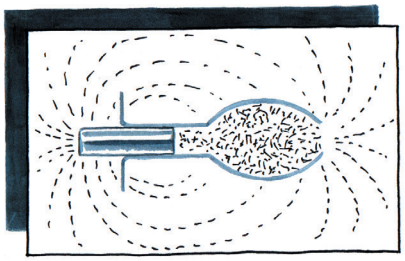


Fig. 162

163. THE NORTH AND SOUTH MAGNETIC POLE

With a piece of paper suspend the magnet from the set horizontally by an untwisted cotton string. For this purpose, the rack from experiment No 20 can be applied. When the magnet comes to rest after some time, one of its ends will always point to the North and the other to the South. The magnet has two poles, the north pole and the south pole. Mark its north pole with a colour or a piece of paper. That is the pole pointing in the direction of the Earth's North Pole.

Materials you will need: (20) 10, paper, thread

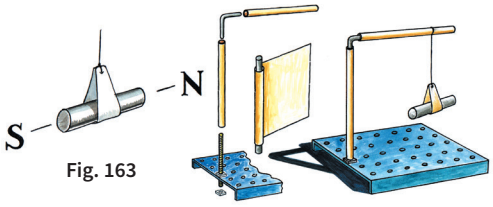


Fig. 163

164. MAGNETISM OF STEEL AND IRON

1. Repeatedly sweep over the iron knitting needle or a bigger sewing needle with one pole of the magnet, as shown in figure 44, always in the same direction. Then dip one end of the needle into some iron filings: they will be attracted to the needle; hence the needle is magnetised. An experiment can prove that the needle, too, has two poles. If suspended by a thread, it will assume such a position that one end will point towards the North and the other one towards the South.
2. Apply the same method to magnetise the iron bar from the set. The bar will attract a small number of iron filings only, which means that it is not strongly magnetic. The magnetism will soon disappear. Steel can become a permanent magnet while iron only stays magnetised temporarily.

Materials you will need: 3, 9, 10, an iron knitting needle

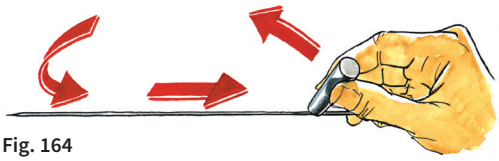


Fig. 164

165. STRONG HEAT DESTROYS MAGNETISM

Hold a magnetised iron knitting needle over a candle flame for a few seconds and then check its magnetic force. The needle is not a magnet anymore.

Materials you will need: 3, 10, a candle, an iron knitting needle

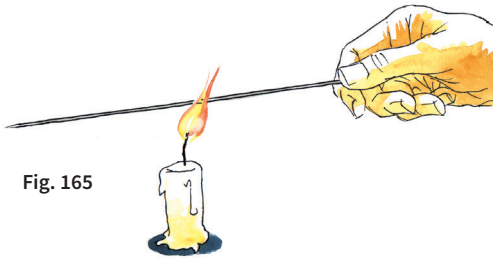


Fig. 165

166. BENDING OF A MAGNET (DEMAGNETISATION)

Bend a magnetised iron knitting needle in different directions, repeat the experiment a few times and check the magnetism of the needle. You will discover that through bending the needle has lost its magnetism. Similarly, demagnetisation will result from throwing or striking the needle.

Materials you will need: 3, 10, an iron knitting needle

Fig. 166

167. MAGNETISATION OF A PENKNIFE

Sweep a magnet over a penknife blade several times, as shown in figure 47. Then place its cutting edge near screws or iron filings and you will discover that the knife has become magnetised. Which magnetic pole has been used to magnetise the penknife and which pole is at the tip of the blade? Can a magnetised penknife serve as a compass?

Materials you will need: 3, 5, 10, a penknife

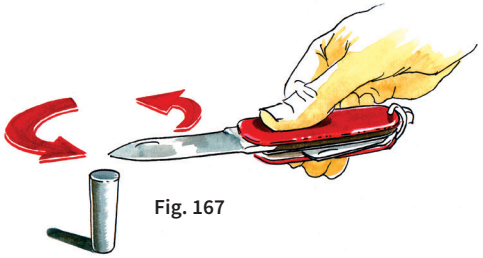


Fig. 167

168. STRENGTH OF A MAGNET

By now several magnets have been mentioned. Which of them is the strongest and what is its strength? No doubt, the AlNiCo magnet from the set is the strongest. How can the strength of the magnet be tested?

a. In addition to a magnet you will need an armature as well as a cardboard cup, made according to figure 48a and tied with a piece of thin thread to the armature. Lift the armature and the cup by means of a magnet then keep loading the cup with various articles from the set as long as the magnet is strong enough to attract the burdened armature. Remember the maximal burden lifted by the magnet. Instead, the cup can be loaded by weights, which will enable you to express the lifting capacity of the magnet more precisely.

b. According to figure 48b, combine the magnet with a core sleeve from the set and burden it with the armature as well as the cardboard cup, as described in the preceding experiment. What is the strength of the magnet now? Although the magnet is the same, its strength has increased. Now both magnetic poles are involved, whereas in the former experiment only one was.

Materials you will need: 10, 17, 18, cardboard, thread, various objects

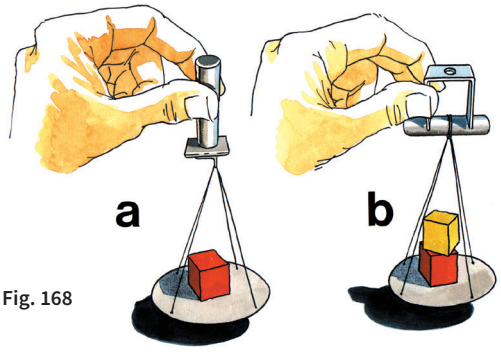


Fig. 168

169. COMPASS NEEDLE

The compass, which is included in the set, contains a magnetic needle. As it cannot be removed from the compass, you would better make yourself another one in the following way: Combine two long sewing-needles by joining their needle-eyes with a piece of thin thread. Then magnetise the newly obtained needle by rubbing one end against the magnetic North Pole and the other end against the magnetic South Pole; repeat this five times or more, moving always in the same direction. In this way the original needles have both become magnetised and function together as a compass needle. If you suspend it horizontally to a 12-20 cm long thread and wait until it comes to rest, you will see one end point to the North and the other one to the South.

Materials you will need: 10, two sewing-needles, thread, paper

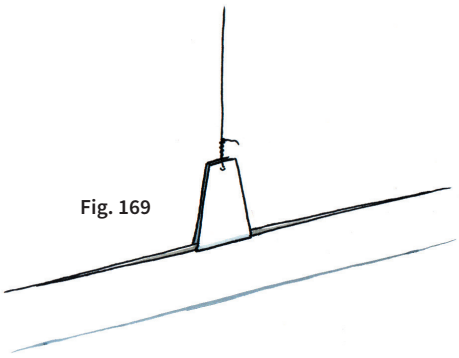


Fig. 169

170. STRENGTH OF A MAGNETIC FIELD

Suspend the compass needle horizontally from the rack and wait until it comes to rest. Then approach it with the north pole of the magnet from a distance of approximately 10 cm. Has the needle moved? Wait until it comes to rest again; then quickly turn the magnet, thus approaching the needle with the south pole. If the compass needle does not move due to the distance, repeat the experiment with a distance of 8-9 cm. The magnetic field is very extended although the magnet itself is rather small. Further, the experiments have proved that the strength of the magnetic field decreases with the square of the distance from the magnet. In other words, the magnetic field immediately surrounding the magnet is the strongest.

Materials you will need: (20), (49), 10

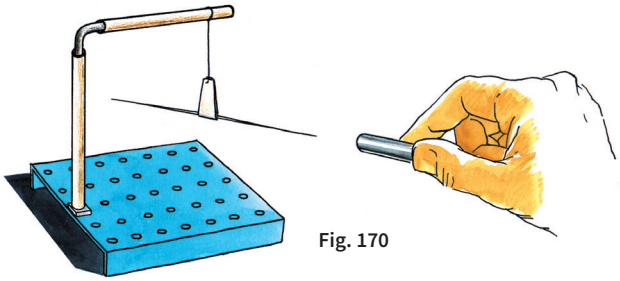


Fig. 170

171. COMPASS

The set contains a compass that differs a little from the usual type; it has an additional element. A regular compass consists of a compass needle with its blue end always pointing towards north and its red one towards south. The compass needle is supported by a steel point and is free to turn when the compass is held horizontally. The bottom of the compass housing has a compass card, indicating the cardinal points. The usual international markings of the cardinal points are capital letters that stand for the equivalent English terms:

S - South
N - North
E - East
W - West

In addition to the above elements, the compass contains a yellow needle, functioning as a pointer whenever the compass is applied as a galvanoscope. For better understanding, the compass in the experiments in the following figures will contain the blue and red compass needle only.

Materials you will need: 34

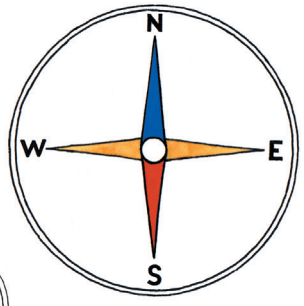


Fig. 171

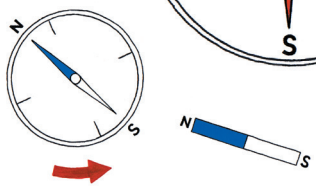
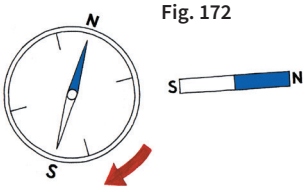


Fig. 172



172. RECIPROCAL EFFECT OF MAGNETIC POLES

1. Approach the south pole of the compass needle with the north pole of the magnet.
2. Approach the north pole of the compass needle with the north pole of the magnet.
3. Repeat the above experiments with the south pole of the magnet.

These simple experiments demonstrate one of the basic laws of magnetism:
Like magnetic poles repel and unlike poles attract each other.

Materials you will need: 10, 34

173. COMPASS IN A MAGNETIC FIELD

Lay the magnet on the centre of a larger sheet of drawing-paper and use a compass to prove the extent of the magnetic field. Place the compass on at least thirty different spots around the magnet and mark the directions of the needle with small arrows pointing in exactly the same direction as the compass needle does. If you carefully look at these arrows you will see that in the magnetic field the compass needle always assumes the direction of magnetic lines of force.

Materials you will need: 10, 34, paper

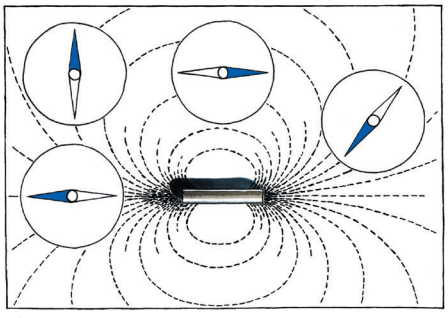


Fig. 173

174. THE EARTH AS A MAGNET

Figure 54 shows the Earth with its magnetic lines of force. The straight line North (N) - South (S) represents the geographical axe of the Earth. The fact that the Earth exerts a certain effect on the compass needle leads us to the conclusion that the Earth itself is a huge magnet whose south magnetic pole is situated near the geographic North Pole, and vice versa, its magnetic North Pole near the geographic South Pole. Its field extends all over the Earth. Within this magnetic field the compass needle always aligns itself in the direction of magnetic lines of force, running from the North to the South.

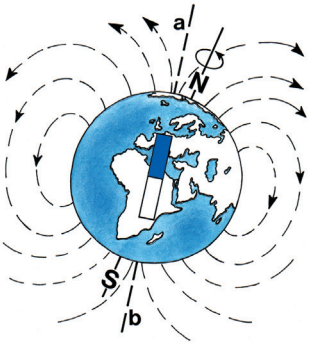


Fig. 174

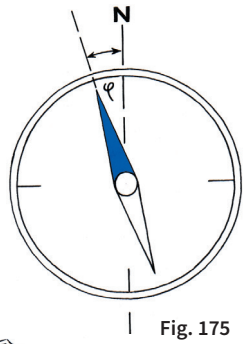


Fig. 175

175. MAGNETIC DECLINATION

The compass needle never points exactly towards the North but shows a certain declination from the North. This phenomenon is called magnetic declination. A large number of measurements throughout the years have proved that the magnetic declination differs in various parts of the world and that even on the same spot it is not always steady. As the compass is very important for orientation in traffic, data on the magnetic declination in particular places should be known. Such information is to be found in magnetic charts.

Materials you will need: 34

176. ORIENTATION BY A MAP

Lay a map of Europe on the table. Place a compass on its edge and turn the map until its edge coincides with the compass needle. In this position the map is aligned towards the North. Then look up the place and point out the directions to some of the European cities. For a very precise orientation, the magnetic declination has to be taken into account. That is the angle between the geographical and the magnetic meridian. In Central Europe it is about 4 degrees towards the West.

Materials you will need: 34, a map of Europe

Fig. 176

177. BREAKING A MAGNET

Magnetise an iron knitting needle. By using the compass, you can prove that it has both a north as well as a south pole. Break the needle into two. Each half will again prove to be a perfect magnet with its north and south pole. If you go on breaking the halves, you will see that no matter how small the pieces of a broken magnet are, they will remain perfect magnets.

Materials you will need: 10, 34, an iron knitting needle

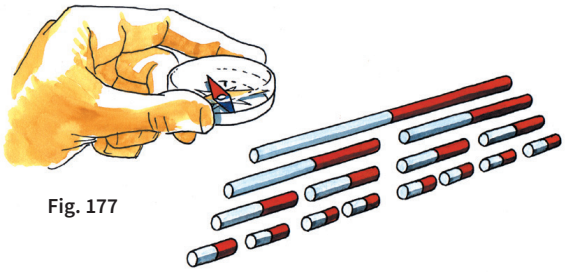


Fig. 177

178. INFLUENCING SMALL MAGNETS

Shake the box with iron filings to stir up its contents. Then lay a compass on the box. As soon as the compass needle comes to rest assuming the position North-South, slowly turn the box of filings together with the compass (figure 58 left). The compass needle will not change its direction. Then repeat the experiment by placing the magnet upon the box of filings. After tossing it to stir up its contents (figure 58 centre), remove the magnet and replace it by the compass. The compass needle will soon come to rest. When the box of filings is turned together with the compass, the compass needle will turn as well. Why?

Material you will need: 3, 10, 34

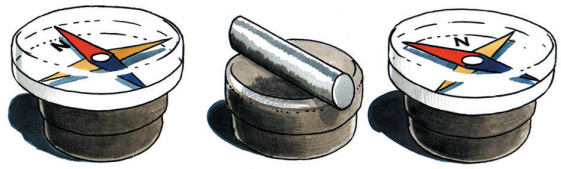


Fig. 178

179. MAGNETIC INDUCTION

Dip any piece of iron from the set into iron filings and you will determine that none are magnetic. Yet, each of these iron pieces will become magnetic if only approached with a magnet (figure 59). As soon as the magnet is removed, the iron will lose its magnetism. Inducing a magnet in this manner by placing an object within a magnetic field is called “magnetic induction”.

Materials you will need: 3, 10, 15

Fig.179

180. RESIDUAL MAGNETISM

Dip an iron bar held by means of a magnet into a box of bolts and nuts. The iron bar will attract a lot of bolts and nuts, which indicates that it has become magnetic. Then lift the magnet together with the iron bar, the bolts and the nuts sticking to it, take the iron bar in your hand and remove the magnet. Most of the formerly attracted articles will drop off, which indicates the reduction of magnetism of the iron bar. Yet, you will see that some of the bolts and nuts will keep sticking to the iron, hence the magnetism has not completely disappeared. The described phenomenon is known as residual magnetism, the knowledge of which is very important for the construction of DC generators.

Materials you will need: 5, 6, 10, 16

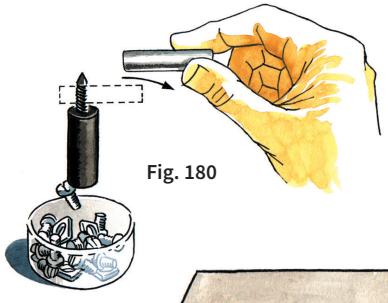


Fig. 180

181. MAGNETIC EFFECT THROUGH DIFFERENT SUBSTANCES

Figure 61 shows an experiment where the magnet is separated from the iron nut by a piece of cardboard. In spite of the intervening piece of cardboard the nut is attracted by the magnet. Moreover, by moving the magnet, the nut can be moved as well. Try the same experiment with a plastic or wooden ruler on which you put the nut. Similar experiments will prove that a magnetic field can act through glass, copper, aluminium, wood as well as many other substances but iron.

Materials you will need: 6, 10, cardboard, wooden ruler

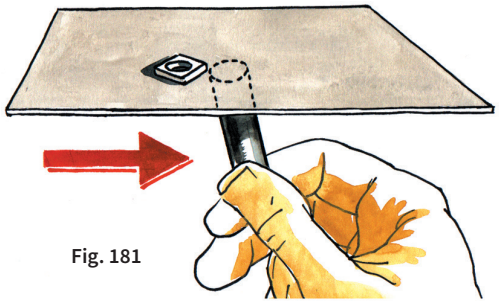


Fig. 181

182. BLOCKING THE MAGNET

To illustrate this phenomenon, place the magnet from the set inside an iron tin, originally used for sweets or a similar box. By approaching a compass, you can make sure that, due to the tin, the magnetic field is considerably weakened. If the walls of tin are thicker, the magnetic effect is entirely blocked. This proves that an iron shield can prevent any magnetic effect outwards, as well as any effect of external magnets in the shielded area.

Materials you will need: 10, 34, an iron tin

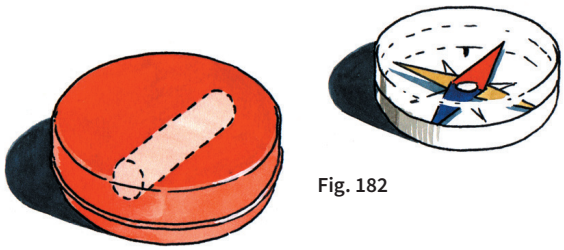


Fig. 182

183. AN ASTATIC PAIR OF COMPASSES NEEDLES

In technology compass needles that are exempt of any effect of the Earth's magnetism are frequently used. They are known as astatic pairs of needles and can be made in the following way. Magnetise two long sewing-needles in such a way that both needle-eyes become two like poles. Stitch them into a long paper roll but be careful to have two unlike poles on each side (figure 63). If such an astatic pair of compass needles is further suspended by a thin, untwisted thread, the two compass needles will not align themselves in the direction North-South. Astatic pairs of compass needles are used in the construction of sensitive galvanoscopes and galvanometers.

Materials you will need: 10, two sewing-needles, paper, thread

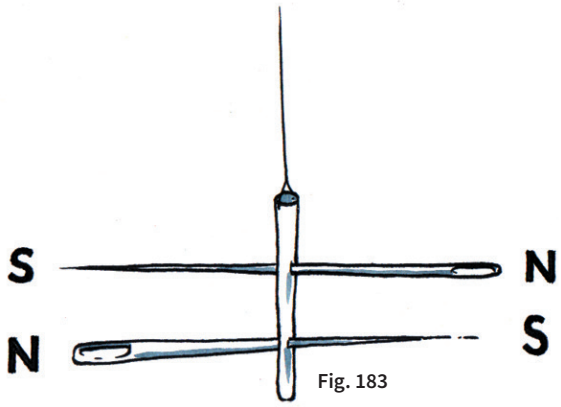


Fig. 183

184. MAGNETIC BRAKE

Take the rack from experiment No 20 and, as shown in figure 64, suspend an aluminium bell with its hollow side turned downwards. The bell should be suspended at exactly the right height to allow enough room for a magnet to be placed underneath. The experiment has two stages:

1. First remove the magnet, mark the bell on its side with a dash and twist it (rotating it) three times, let it freely untwist and count the turns until it comes to rest in the original position.
2. As soon as the bell comes to a full rest, place a magnet below and give it the same twist as before. Counting the turns you will discover that the bell will make less turns and will untwist slower than in the first experiment. What is the reason for that?

You know that the magnet never attracts aluminium, yet the experiment has proved that it can act as a brake. When the aluminium bell turns, the magnetic lines of force produce a certain electric current in the aluminium. Its electric field is inhibited by the magnetic field, which results in a braking effect.

Materials you will need: (20), 10, 13, thread, cardboard

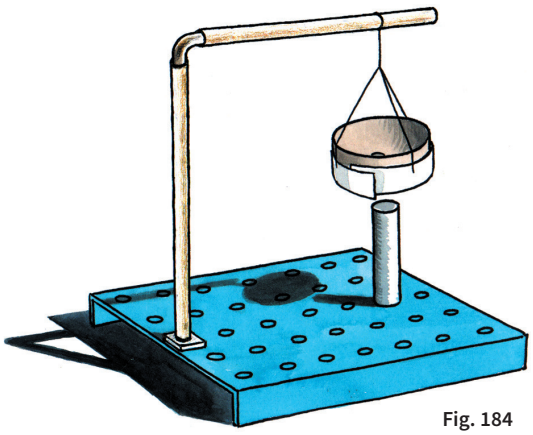


Fig. 184

185. SHIP'S COMPASS

A ship's compass is slightly different from a regular compass. Try to make a model of a ship's compass yourself.

Cut a disc of about 10 cm in diameter from light cardboard and draw a compass disc similar to the one of our compass. Then draw a scale of 360 degrees alongside the rim, starting with the mark N. To this compass card the compass needle from experiment No 49 is to be fixed by means of two paper strips; the north pole of the needle should cover the mark N of your compass card. Now suspend this compass by thin untwisted threads from the rack made in experiment No 20.

In this case not only the compass needle but also the compass card is likely to turn. After some time, the compass needle will come to rest and it will point in the direction North South. Further lay a book bearing a small strip of paper with a vertical line under the compass; the book stands for a ship. If now the captain orders: "The ship 8 degrees westward", the helmsman will turn the helm and consequently the whole ship so that the vertical line will coincide with the eight-degree East of the compass needle that will keep pointing to the North. In order to avoid any faults due to rocking of the ship, the ship's compass is suspended on a double joint: The so-called cardan joint.

Materials you will need: (20), (49), paper, cardboard, thread, book

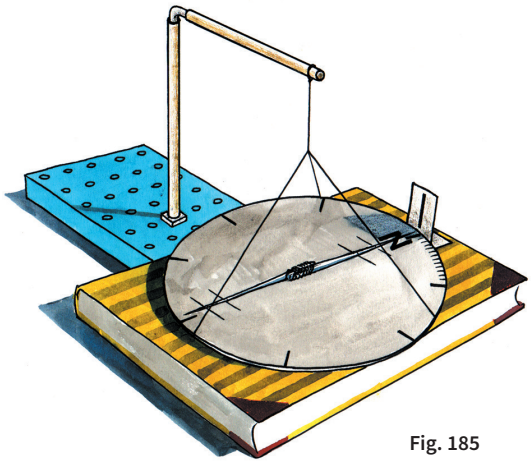


Fig. 185

186. MAGNETIC DEVIATION

If you obey the captain's order from the preceding experiment, your ship is not any more directed towards the North, but 8 degrees to the West. Now approach your compass with a big hammer or any other iron object.

Due to the fact that iron and magnet are mutually attracted, the hammer will attract the compass needle whereupon the ship will, as a result of arising perturbations, deviate from its course. Such perturbations, likely to occur on every ship, are called magnetic deviations. These phenomena are mainly due to the ship itself, because it is built of iron, as well as the engines that propel it. In addition, the freight containing iron, nickel or cobalt is also likely to cause perturbations.

To be protected against magnetic deviation, the ship's compass is equipped with movable bar magnets and movable iron balls. In your case the magnetic deviation of the compass can be corrected by approaching the compass needle, from the other side, with a piece of iron or a small magnet until the compass returns to the initial position, i.e. 8 degrees to the West.

Materials you will need: (65), a hammer

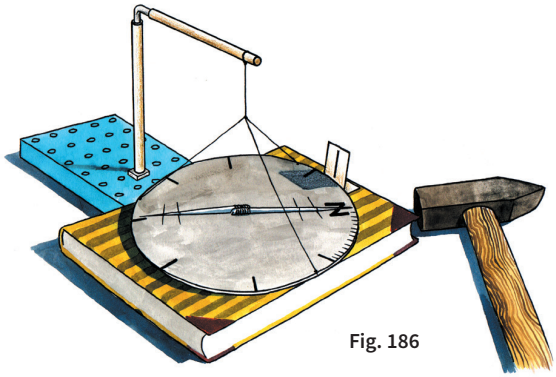


Fig. 186

187. FLOATING COMPASS NEEDLES

A very interesting experiment showing the result of reciprocal attraction and repulsing of magnetic poles can be made in the following way: Magnetise six sewing-needles in the same sense. Cut six equally shaped cork cubes and push each magnetised needle halfway through them. Make them float in a large non-magnetic container with water, but take care that the eyes of the needles are inside and the points outside the water. Now each needle is a floating magnet. As the like poles are all at the same side, they repel each other, but only for a short time. Their repulsion is counterbalanced by attractive forces between the points and the eyes of the needles, because unlike poles are in question. The described attraction and repulsion result in the formation of different shapes into which the compass needles arrange themselves. Repeat the experiment with five, four or three needles.
Note: The container should be large enough and not made of iron.
Materials you will need: 10, container with water, six sewing-needles, six small corks

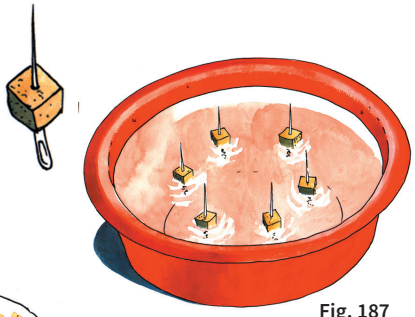


Fig. 187

188. ROTATING MAGNETIC FIELD

Give the magnet, suspended by a thread, 8-10 twists in the same direction and then let it go. Place the compass directly under the magnet and a few inches away from it. The compass needle will turn as long as the magnet revolves, for the rotation of the magnet is always accompanied by the rotation of its magnetic field.
Materials you will need: 10, 34, paper, thread

Fig. 188

BATTERIES AND ELEMENTS

189. THE BATTERY

This battery looks like an upright box. From it two metal terminals project. It has two poles: The smaller one is the positive pole, marked „+“, whereas the bigger one is the negative pole, marked „-“. The battery poles should be touched as little as possible to prevent the battery from running down immediately. The poles of batteries must not be short-circuited.

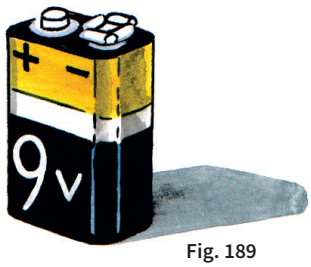


Fig. 189

190. BATTERY TEST

The set contains some devices with which you can test the battery. They all use the electric bulb and the galvanoscope. If the bulb lights or if the galvanoscope moves, the battery is faultless. Continuous testing makes the battery run down.
Materials you will need: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, a battery

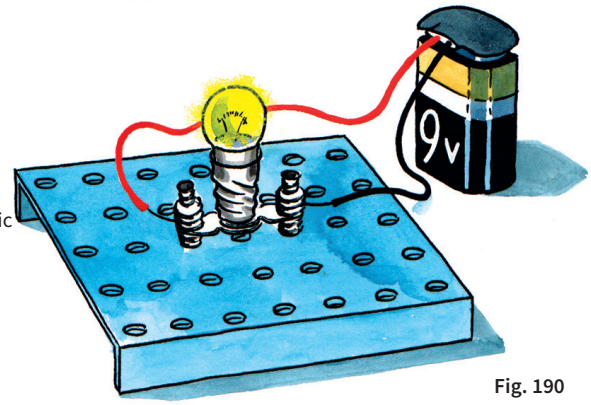


Fig. 190

191. ELECTRIC BULB

How an electric bulb works can be explained by the following experiment: Drive two nails, spaced 1 cm apart, into a wooden board and connect them with an iron wire with a diameter of 0.1 mm. If you connect the iron wire to the terminals of a new battery (figure 71 left), the former will turn red. In case the electric current from two batteries was used, the wire would burn out. Electric bulbs are built on the same principle. The globe of glass, from which all the air has been removed, contains a very thin filament of tungsten, i.e. a metal with a very high melting point. When electricity flows through the filament, the latter turns white - hot, but it cannot burn out because all air is removed from the globe and replaced by argon. An electric bulb is very delicate. It should not be dropped or shaken, especially not when lit. Likewise the voltage indicated on the socket should be strictly observed. The bulb from the set can be connected to a 9 V battery. At any higher voltage the filament would burn out.
Materials you will need: a wooden board, two nails, iron wire, a battery
WARNING:
The battery is short-circuited. Keep the battery connected only for a short time - just long enough for you to understand the experiment.
Be careful not to burn your fingers.

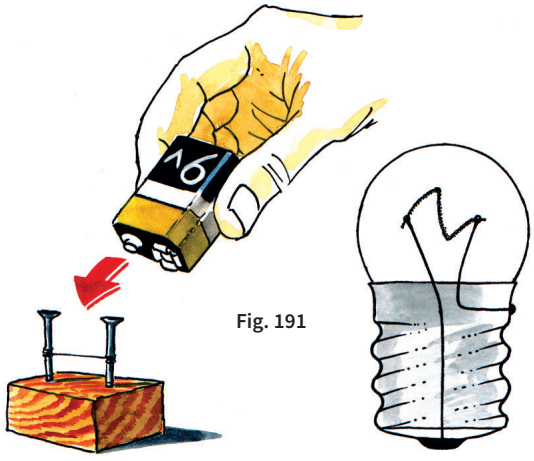


Fig. 191

192. THE INSIDE OF A BATTERY

A 9 V battery consists of six cells or elements (do not mistake them for chemical elements!). Each cell is made of a zinc can containing a sac with a carbon rod and powdered manganese dioxide, soaked in sal ammoniac solution. Individual cells are interconnected as follows:
Zinc of the first cell is free.
Carbon of the first cell is connected to zinc of the second cell.
Carbon of the second cell is connected to zinc of the third cell.
Carbon of the last cell is free.
There are two terminals projecting out of the battery: one is negative (zinc of the first cell), one is positive (carbon of the third cell).

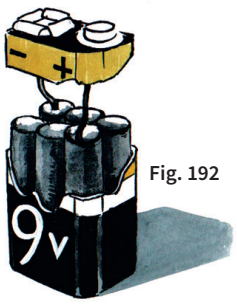


Fig. 192

193. USED BATTERIES

Batteries last only for a certain time. When run-down, they are usually thrown away. What is used up in a run-down battery? The zinc cans suffer from corrosion and the sal ammoniac solution dries up. The sacs with the carbon rod and powdered manganese dioxide, however, remain perfectly all right. Be sure to throw the run-down batteries into containers intended for batteries.

Fig. 193

194. ELECTRICITY FROM FROG'S LEGS

In 1791 a famous experiment by Luigi Galvani, a professor of anatomy at the University of Bologna, became public. He had attached a copper hook with two frog's legs to iron bars. These frog's legs swung in the wind, touching the iron bars at times. Whenever it happened, both frog's legs twitched violently as if they had been alive. Galvani thought the twitching to be caused by electricity from the animal's body. Many other scientists at that time believed the same. Alexander Volta, however, was of a different opinion. He was a professor of physics at the University of Pavia.

He too believed that the twitching was due to electricity. Yet, he rejected the belief that it was the "animal electricity" and asserted that the movement was caused by electricity, generated by the direct contact of two dissimilar metals, iron and copper, at one side, whereas at the other side the two metals were indirectly in touch through a moist body that was not necessarily of animal origin.

The argument between Volta and adherents of Galvani went on for many years. It was not until 1799 that Volta managed to build a device that could prove his theory. You will probably build it yourself, but before you do, you should become familiar with the instrument for detecting electricity. It is called a galvanoscope.

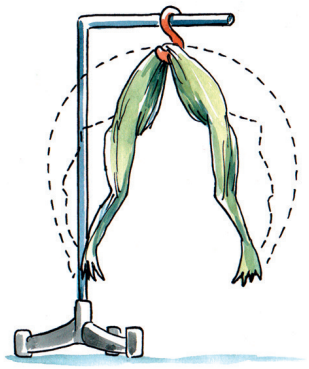


Fig. 194

195. GALVANOSCOPE

The galvanoscope from the set consists of three parts: A compass (K), a base (P) and a coil (T). In addition to the red-blue compass needle, the compass contains a yellow one. When using it, insert the compass and the base into the coil and turn the base until the yellow needlepoint faces 0. Mind that no magnet or iron object lies in the vicinity of your galvanoscope.

Materials you will need: 1, 34

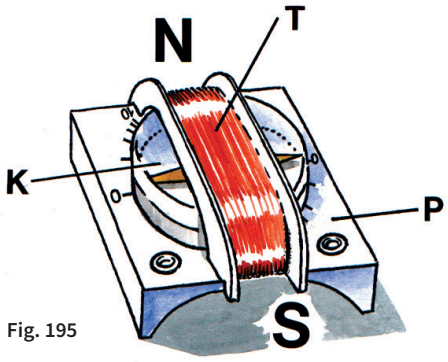


Fig. 195

196. THE DISCOVERY BY VOLTA

Rub the zinc (Zn) and the copper (Cu) plates from the set with fine sandpaper, wipe them well and connect them to the galvanoscope by means of two connecting wires, as shown in figure 76. The yellow needle of the galvanoscope should be in position 0. Try the following experiments:

1. Insert a piece of newspaper between the two plates. The galvanoscope pointer will not move.
2. Soak the paper between the plates in ordinary water. The galvanoscope pointer will move, thus indicating that there is a flow of electric current through the galvanoscope.
3. Now reverse the poles (i.e. the wire attached to the zinc plate is to be connected to the copper plate and vice versa). Again, the galvanoscope pointer will deflect, but in the opposite sense.
4. Press the plates tightly one against the other. This time the pointer deflection will increase.
5. Reduce the size of the plates. The pointer deflection will decrease.

The experiment by Volta differed a little from the one just described above. In his time no galvanoscope, which would detect infinite electric currents, was known. Volta proved the presence of electric current by the so-called Volta pile. He built a pile of zinc and copper disks separated by pieces of moist cloth. He kept the alternating order of zinc and copper disks and thus compiled a stack of about 60 disks. In this pile the two dissimilar metals made contact due to the fluid in the intermediate cloth. Volta realised that this contact generated electric current. This simple invention was the first device (battery), made by man to produce an electric current and it brought Volta immortal fame in the world of science. In his honour the unit of voltage has been called "volt", whereas the corresponding measuring device is known as a "voltmeter". The pair of plates mentioned at the beginning of this experiment is called the Volta cell.

Materials you will need: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, paper, water

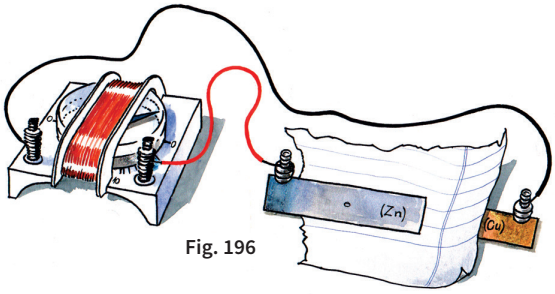


Fig. 196

197. CELL MADE OF COPPER, ZINC AND SALT SOLUTION

Dip a copper and a zinc plate into a glass of salt water and connect them to the galvanoscope by means of two connecting wires. The galvanoscope pointer will show a sizable deflection, indicating the flow of electric current.

Materials you will need: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, a glass of water, salt

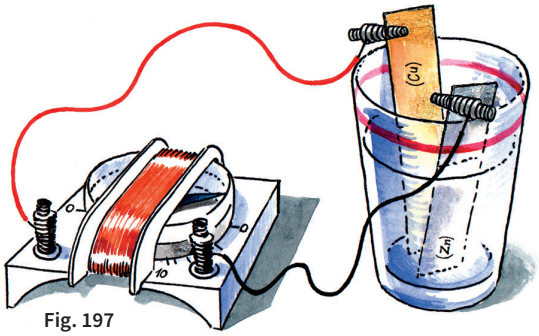


Fig. 197

198. POLARISATION AND DEPOLARISATION

1. Connect a cell of zinc, copper and salt solution to the galvanoscope as explained in experiment No 77. Now observe the galvanoscope pointer carefully. First it will deflect, indicating the generation of electric current in the cell but then it will gradually return to its zero setting. This is obviously due to the decrease of electric current. If salt is added, an increase of electric current will occur but it will not last long. What is the reason for the decrease of the electric current? Hydrogen bubbles, resulting from the splitting of dissolved salt, accumulate on the copper plate and hinder the process that occurred in the cell. This phenomenon is called polarization.
2. If you remove the accumulated bubbles with a stick or a piece of cloth the cell will continue to generate the electric current.
3. Then pour some of the solution away and fill the cell with fine clean sand. This cell will keep producing an electric current for a longer time. This occurs because the hydrogen bubbles combine with oxygen from the air and from water, the air being between the grains of sand. So, polarization is prevented, consequently, sand acts as a depolariser.

Materials you will need: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, a glass of water, salt, sand

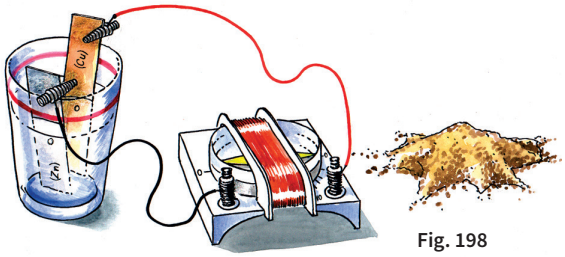


Fig. 198

199. LECLANCHE CELL

A 9 V battery consists of six Leclanché cells in which zinc acts as the negative pole, carbon as the positive pole and manganese oxide as depolariser. The electrolyte (a liquid between two poles) is a sal ammoniac solution in the ratio of 1:3. This liquid is mixed with some starchy substance that prevents it from being fluid. This is a so-called dry cell.

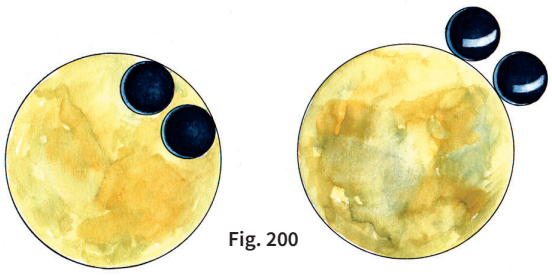


Fig. 200

200. THE PROCESS OF ELECTRIC GENERATION IN A CELL

Under the effect of electric forces between liquids (the electrolyte) and metals (poles), the latter tend to give off positive ions. This results in an excess of electrons gathering on the metals, i.e. on the zinc plate. If you now joint the zinc and the carbon (or the copper, as shown in the preceding experiment) with an external electric conductor, the electrons will rush from the zinc plate, overflowing with electrons, towards the copper one, where they are fewer. This movement of electrons produces the electric current. Yet, what are ions? As you know, substances are made up of molecules and atoms, and the latter again consist of a nucleus orbited by electrons. Each atom has a number of electrons. However, sometimes an atom or a group of atoms may lose a few electrons, thus becoming an ion. The same happens if an atom or a group of atoms gains more electrons than required. In the first case the ion is positive, in the second case it is negative.

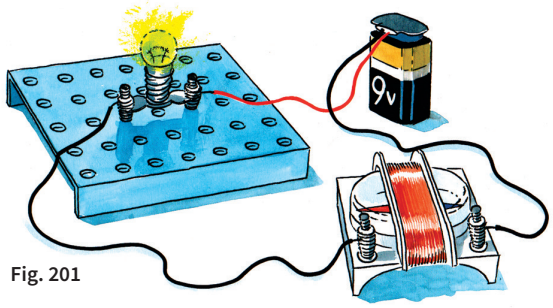


Fig. 201

201. ELECTRIC CIRCUIT

Figure 81 represents the electric circuit of a battery, an electric bulb, a galvanoscope and corresponding connecting wires. In this case the current flows from the battery to the bulb, then from the bulb to the galvanoscope and at last from the galvanoscope to the battery. As long as there is a flow of current, the bulb will light and the galvanoscope pointer will stay deflected. If, however, the circuit is disconnected the flow of current will stop, because it is possible only in a closed circuit.

Materials you will need: 1, 4 x 7, 8, 14, 33, 34, 35, a battery

202. SHORT-CIRCUIT

By using an electric bulb and a battery, close the electric circuit as shown in figure 82. The bulb will light up, but it will go out as soon as you touch the two battery poles with a copper plate or any other metal object. The above phenomenon is called short-circuit. It is followed by a quick discharge of the battery because there is a very strong current flowing without any resistance (via the short-circuiting bridge) from the negative to the positive battery pole. To assure long battery life any short circuit should be avoided.

Materials you will need: 2 x 7, 8, 14, 24, 33, 35, a battery

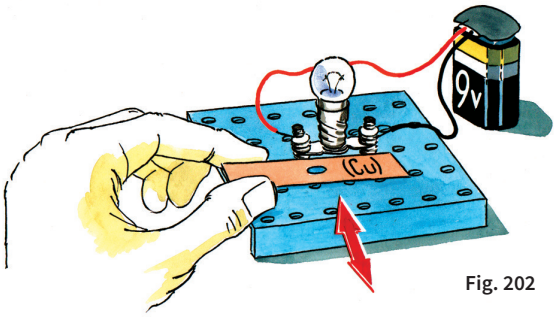


Fig. 202

203. FUSE

The household mains voltage is 220 V. In order to prevent any damages due to short circuiting, the electric line has built-in fuses. They are placed above the electric meters and can be either on an electromagnetic or a thermal basis. In this case thermal fuses are in question. The fuse (figure 83) consists of a ceramic cylinder containing a thin wire that overheats and melts away in case of a short circuit. In such a case the fault is first to be traced in the mains network. The reason for the blown fuse can be either overloading of the network (a current overload - sum of loads) or a short circuit on one of the consuming devices connected. As soon as the cause that made the fuse blow is removed, a new fuse is to be inserted. It is forbidden and very dangerous to repair a blown fuse by means of a wire, as shown in figure 83. This may result in fire or serious damage to the electric appliances.

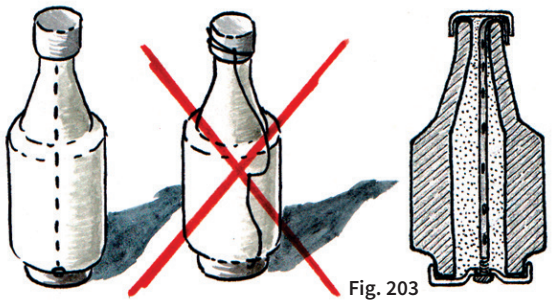


Fig. 203

204. AN ELECTRIC KEY

Figure 84 shows an electric key and its connection to the battery and the electric bulb. By pressing the key, you close the electric circuit. The bulb will light as long as the key is pressed. This device can be applied in a bedside lamp or most usually in the electric bell.

Materials you will need: 2 x 5, 2 x 6, 6 x 7, 8, 14, 24, 28, 33, 35, a battery

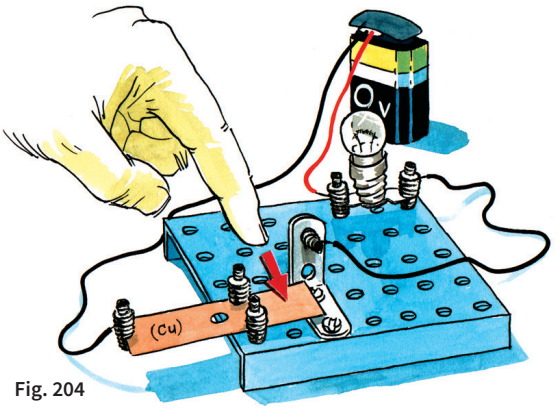


Fig. 204

205. MAKING A FLASH TELEGRAPH SYSTEM

The key built in experiment No 84 can be used as a telegraph system. The messages are transmitted by means of the Morse alphabet in the form of long and short light signals (figure 85). The advantage of this telegraph system is that no connecting wires are necessary for signal transmission. Its disadvantage is that it can be applied only in places within the distance of sight and that no signalling by daylight is possible. Should the message remain secret, a special ciphered signalling is to be applied.

A • −	J • − − −	S • • •	1 • − − − −
B − • • •	K − • −	T −	2 • • − − −
C − • − •	L • − • •	U • • −	3 • • • − −
D − • •	M − −	V • • • −	4 • • • • −
E •	N − •	W • − −	5 • • • • •
F • • − •	O − − −	X − • • −	6 − • • • •
G − − •	P • − − •	Y − • − −	7 − − • • •
H • • • •	Q − − • −	Z − − • •	8 − − − • •
I • •	R • − •		9 − − − − •
			0 − − − − −

Fig. 205

206. SWITCH

The electric key from experiment No 84 is suitable for such installations only where the electric circuit is closed for a short time, as for instance in case of the flash telegraph system or the electric bell. Should the circuit be closed for a longer time, a switch is required. Its principle is shown in figure 86. By turning the switch lever to the left, you will close the electric circuit and the bulb will light until the lever is turned to the right. In case of home wiring switches, the lever, housed in an insulated casing, is always turned in the same direction. Be careful not to touch the metal parts of the switch with your hand, because they are under high voltage.

Materials you will need: 3 x 5, 3 x 6, 4 x 7, 8, 14, 24, 2 x 28, 33, 35, a battery

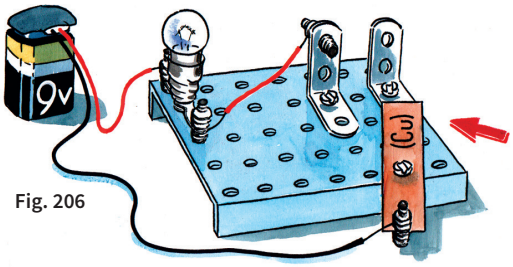


Fig. 206

207. ONE SWITCH FOR TWO ELECTRIC BULBS

The same switch can be used to switch on and off several electric bulbs. Figure 87 represents two electric bulbs supplied in turns by the same battery. A similar switch for three bulbs would be required e.g. in traffic lights where the red, the yellow and the green light flash up in turns.

Materials you will need: 3 x 5, 3 x 6, 7 x 7, 8, 2 x 14, 24, 2 x 28, 33, 2 x 35, a battery

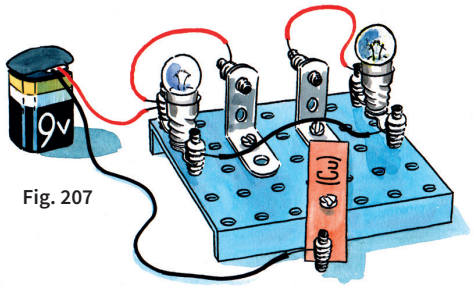


Fig. 207

208. TWO SWITCHES FOR ONE ELECTRIC BULB

What type of installation is required if an electric bulb is in the middle of the staircase, and we wish to switch it on and off, both on the ground floor as well as on the first floor? For this purpose, two switches, an electric bulb, a source of power (in your case a battery) and corresponding connecting wires are necessary. The parts in the set are suitable for the assembly of two switches, placed on either side of the base. Figure 88 shows their interconnection as well as their connection to the electric bulb and the battery. Each switch can be applied for both switching on and off. Besides, the electric bulb can be switched on by one switch and then switched off by the other. The above installation is known as corresponding.

Materials you will need: 6 x 5, 6 x 6, 8 x 7, 8, 14, 23, 24, 4 x 28, 33, 35, a battery

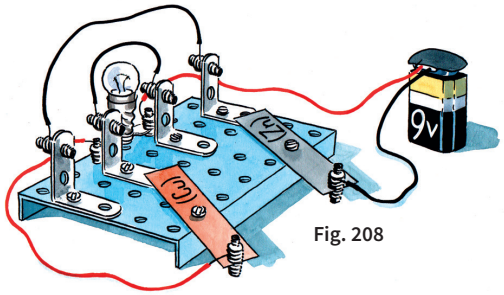


Fig. 208

209. ELECTRIC BULBS CONNECTED IN PARALLEL

1. Connect three equal bulbs to a battery. Note: They will all light up to full brightness as soon as the circuit is closed. What is the consumed power? The battery voltage is 9 V. Each bulb consumes 0.05 A. The electric power is:
P = 9 V x (3 x 0.05) =1.35 W.
2. Unscrew one of the tree bulbs; the other two will continue glowing. The parallel type of connection is generally used for house wiring.

Materials you will need: 6 x 7, 8, 3 x 14, 33, 3 x 35, a battery

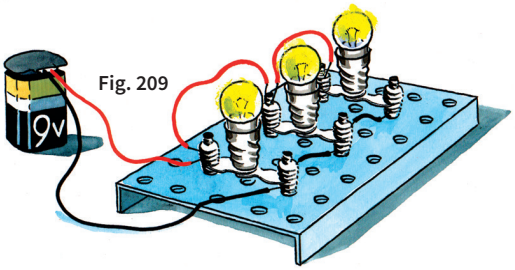


Fig. 209

210. ELECTRIC BULBS CONNECTED IN SERIES

1. In experiment No 72 the inside of a battery was described. You may remember that it consists of six cells in which the carbon rods function as positive electrodes, whereas the zinc cans and the electrolyte (sal ammoniac solution) function as negative electrodes. The manganese oxide is a depolariser. The above-mentioned cells are connected in a series. The voltage of each individual element is 1.5 V; hence the whole battery voltage is 6 x 1.5 = 9 V (see figure 91 left).
2. If two batteries are connected in a series, as shown in figure 91 right, the voltage of the new battery will be 2 x 9 = 18 V.

Materials you will need: (89)

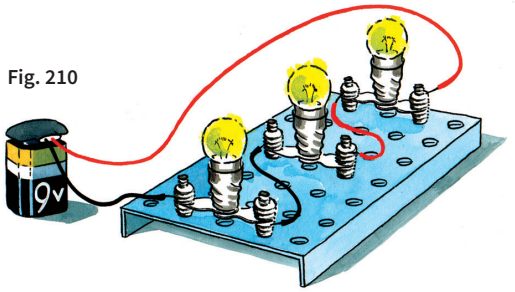


Fig. 210

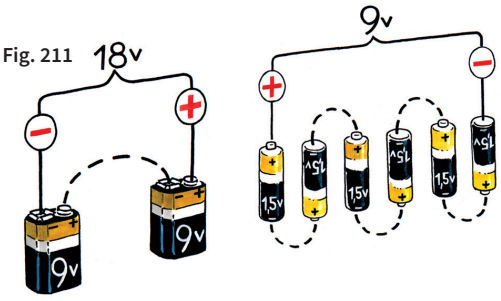


Fig. 211

211. BATTERY VOLTAGE INCREASE

1. In experiment No 72 the inside of a battery was described. You may remember that it consists of six cells in which the carbon rods function as positive electrodes, whereas the zinc cans and the electrolyte (sal ammoniac solution) function as negative electrodes. The manganese oxide is a depolariser. The above-mentioned cells are connected in a series. The voltage of each individual element is 1.5 V; hence the whole battery voltage is 6 x 1.5 = 9 V (see figure 91 left).
2. If two batteries are connected in a series, as shown in figure 91 right, the voltage of the new battery will be 2 x 9 = 18 V.

Materials you will need: 2 batteries

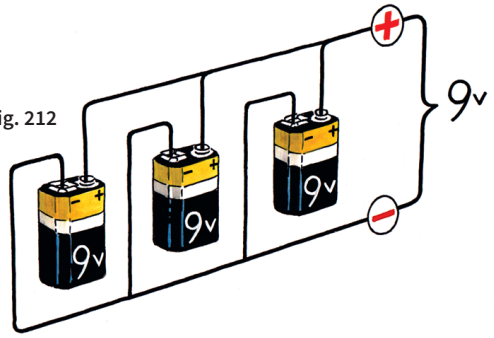


Fig. 212

212. INCREASE OF BATTERY STRENGTH

Buy a new battery which generates the necessary current. This will do for supplying 3 electric bulbs, each consuming 0.05A. If a more powerful source is required, a few batteries can be connected in parallel, as shown in figure 92. Although the voltage of each battery is 9 V, the total voltage will not be higher; on the other hand, the amperage, i.e. the capacity of batteries connected in parallel will increase.

Materials you will need: 33, 3 batteries

213. THE SPEED OF ELECTRICITY

An electric signal can orbit the Earth seven times in a second. Hence the speed of electricity is 300,000 kilometres per second. (The experiment shown in figure 93 is in fact impracticable. The picture should only help you to imagine the speed of electricity).

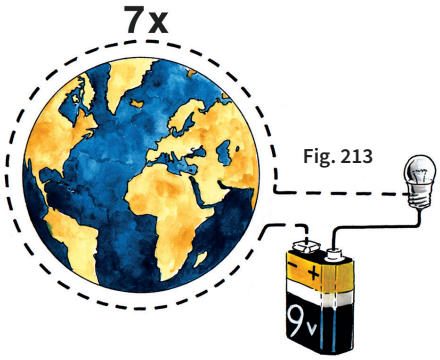


Fig. 213

214. CONDUCTIVITY TESTING

Use the parts of the set to build a conductivity tester, applied in testing different materials (shown in figure 94).

1. Rough testing: Lay the object that is to be tested upon the conductivity tester. The object should touch both plates, for only then is the electric circuit closed. If the bulb lights up, the tested object is a conductor. Try e.g. a pencil, a piece of cardboard, the rheostat from the set. If these objects are applied the bulb will not light up, which may lead to the assumption that the mentioned objects are insulators. Yet, it is not true. Experiment No 18 for instance proved that by means of a pencil a loaded electroscope can be discharged.

How can this paradox be explained? As you know, in this case the voltage is 9 V, whereas in experiment No 18 it amounts to many hundred V. The fact whether objects are conductors or insulators does not depend on the composition of the object only but also on the electric voltage. Hence it can be said that there are no ideal insulators or conductors. Only good insulators and good conductors can be found. Some good conductors are e.g.: Silver, copper and aluminium, whereas good insulators are: glass, rubber, china polyethylene and some others.

2. Replace the bulb of the previously described tester with a galvanoscope. Again, test the conductivity of the rheostat wire and the galvanoscope pointer will deflect, which means that the constant wire is a conductor, though not as good as a copper wire.

3. Further test the conductivity of a potato. Cut a big potato in two halves and put one half on the metal plate of your tester. Most probably the bulb will not light up, whereas the galvanoscope pointer will deflect, proving that a potato allows electricity to flow through; the larger the contact surface and the higher the pressure, the greater its conductivity. In no case should broke electric wires, belonging either to the mains or to the telephone and telegraph network, be touched. It is particularly dangerous to touch conductors with a wet hand or with wet objects held in your hands (e.g. when flying kites).

Materials you will need: 2 x 5, 2 x 6, 4 x 7, 8, 14, 23, 24, 33, 35, a battery and various objects

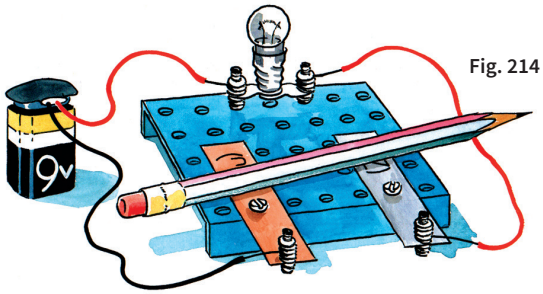


Fig. 214

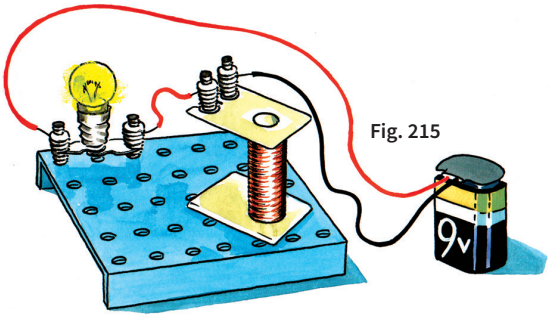


Fig. 215

215. CONDUCTOR RESISTANCE

1. Take an electric bulb, a coil and a battery to close the electric circuit as shown in figure 95. The bulb will glow very faintly. It is clear that less current flows through the long and thin wire of the coil than through the much thicker and shorter connecting wire. If the coil is removed from the circuit, the electric bulb will glow at full brightness. The conductor offers resistance to the current. Make similar experiments with the galvanoscope and rotor coil.

2. Connect an electric bulb, a coil and a battery to close the electric circuit. The bulb will glow very faintly, but now you are to concentrate on a special phenomenon. Open the circuit and the light will go out. Will the bulb light up as soon as the electric circuit is closed again? The experiment will show you that it will not light up immediately because there is a certain lapse of time between the moment of closing the circuit and the lighting up of the bulb. This delay is due to the special characteristic of the coil, which represents a current resistance not only because of the length of its wire but rather because the wire is wound. Thus, at closing the circuit the coil generates a so-called inductive current, which resists the electric current from the battery. The coil represents an inductive resistance, whereas the conductor itself is a galvanic resistance.

Materials you will need: 4 x 7, 8, 11, 14, 33, 35, a battery

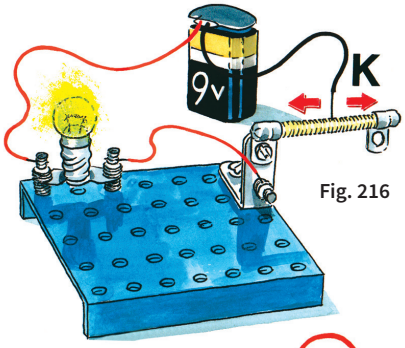


Fig. 216

216. RESISTOR OR RHEOSTAT

In the set there is also an item called resistor or rheostat. It consists of a core made of an insulating material around which a constantan wire, with great electrical resistance, is wound. Connect the rheostat, an electric bulb and a battery to close the circuit as shown in figure 96. Try to move the gliding contact along the rheostat and the bulb will glow at greater or smaller brightness, depending on whether the resistor is getting shorter or longer.

Materials you will need: 2 x 5, 2 x 6, 3 x 7, 8, 14, 30, 33, 35, a battery

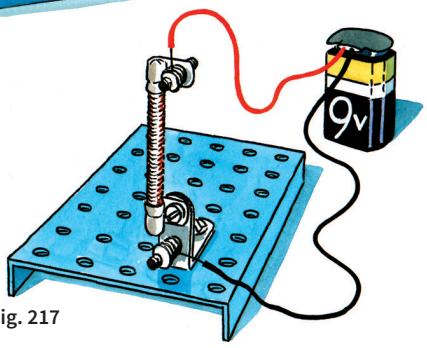


Fig. 217

217. ELECTRIC HEATER

To close the electric circuit, connect the rheostat to the battery terminals as shown in figure 97. The resistor wire that the electric current flows through will heat up. You have made heat. Numerous household appliances work on the same principle, e.g.: electric cooker, electric iron, electric water-heaters, radiators etc. In all the mentioned appliances the electric energy is converted into heat.

Materials you will need: 2 x 5, 2 x 6, 2 x 7, 8, 28, 30, 33, a battery

218. ELECTRIC IGNITER

Drive two nails into a small wooden board 1 cm apart and interconnect them with a 0.1 mm iron wire. Strew the wire with broken match-heads and connect it to the battery, as shown in figure 98. The bits of match-heads will catch fire. Because of the effect of the electric current the iron wire has heated up so much, that it caused the ignition of the phosphorus. That is the principle of explosive charges applied in mines and quarries.

NOTE: Execute the experiment on an uninflammable base.

Materials you will need: 2x7, 33, a small wooden board, two nails, iron wire, a battery

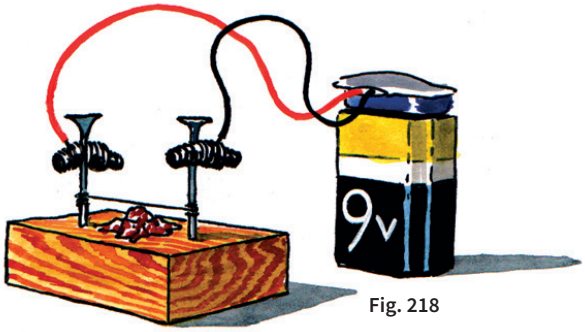


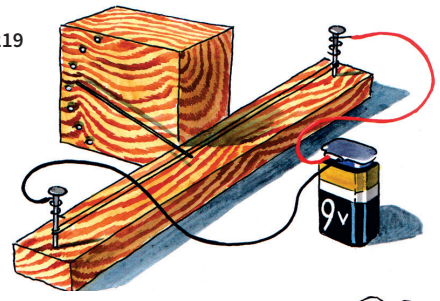
Fig. 218

219. HOT-WIRE AMMETER

Drive two strong nails into a 20-25 cm long and 3 cm wide wooden board. Interconnect them with a double 0.2 mm constantan wire and attach a pointer that is in fact a small wooden or paper stick, as shown in figure 99. This is the model of a hot-wire ammeter. If both ends of the wire are connected to the battery, the pointer will deflect, as the wire will heat itself up - and stretch - because of the electric current.

Materials you will need: 33, 37, a wooden board, 2 nails, a stick, a battery

Fig. 219

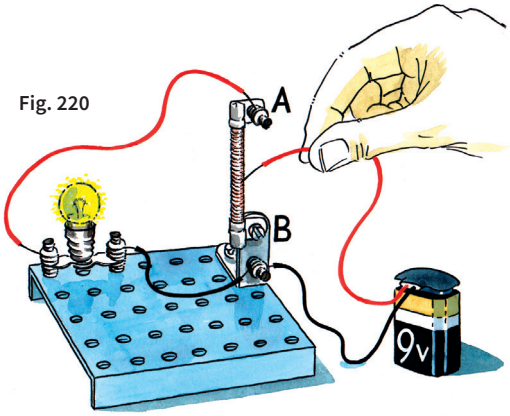


220. POTENTIOMETER

Connect an electric bulb, a resistor and a battery to close the electric circuit as shown in figure 100. In this case the resistor stands for a potentiometer. Experiment: Let the free end of the wire, leading from the battery, touch the potentiometer in point A. The electric bulb will glow with full brightness. Then move the contact slowly from point A to point B. The brightness of the bulb will slowly decrease until the light will finally go out in point B. The voltage drops because of the resistor through which the electric current flows through. As in point A the bulb is directly connected to the battery, it is supplied by an unreduced voltage of 9 V. Should the contact move towards point B, the voltage will drop because the resistance has increased. Halfway between A and B the voltage will be 4.5 V, whereas in point B the voltage will disappear and the light will go out.

Materials you will need: 5, 6, 4 x 7, 8, 14, 28, 30, 33, 35, a battery

Fig. 220



221. OHM'S LAW

Connect three 1.5 V batteries in a series as described in experiment No 91. Then connect such a voltage source to a bulb as shown in figure 101. If only one cell (1.5 V) is used, the bulb will not glow. In case of two cells the voltage will increase to 3 V (1.5 x 2), hence the bulb will glow faintly. Should three cells be applied, the bulb will glow strongly, as the voltage is higher (1.5 V x 3 = 4.5 V). We can go on till 8 batteries (8 x 1.5 V =12 V) since the bulb is intended for a voltage of 12 V. From this experiment you can conclude that the strength of the current (amperage) increases with the increasing voltage. Besides, experiment No 96 taught us that the weaker the conductor resistance, the stronger the electric current and vice versa. Hence, current, voltage and resistance are in a relationship to each other that has been formulated in Ohm's law which reads: The greater the voltage and the smaller the resistance, the stronger the current. If current, voltage and resistance are marked by international symbols, where:

I = denotes current (measured in amperes - A)
U = denotes voltage (measured in volts - V)
R = denotes resistance (measured in ohms - Ω) then the ensuing formula is:
I= U / R

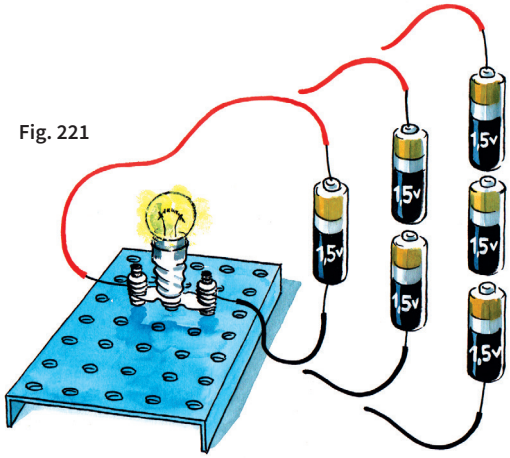
A simple way to remember Ohm's law is by using the Ohm's law diagram:

To determine the value of the unknown quality, cover the corresponding symbol with your finger and the remaining symbols will indicate whether the values are to be multiplied or divided, hence:

I= U / R
U= I x R
R= U / I

Materials you will need: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, three batteries

Fig. 221

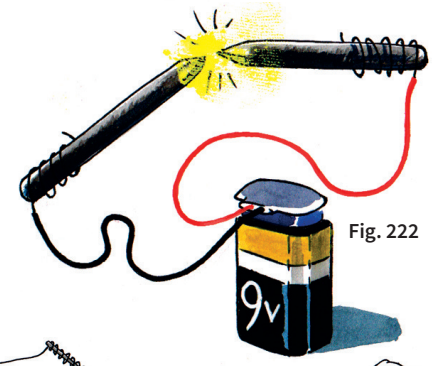


222. ELECTRIC ARC

Sharpen two carbon rods and connect them to a battery, as shown in figure 102. Make the carbon rod points touch each other and then separate them slowly. You will notice a small, yet very bright electric arc arising between the two points. By using two or more batteries repeat the same experiment under water. The electric arc was used as a source of light in earlier film-projectors and its application extended even to the public lighting system.

Materials you will need: 33, two carbon rods, a battery

Fig. 222

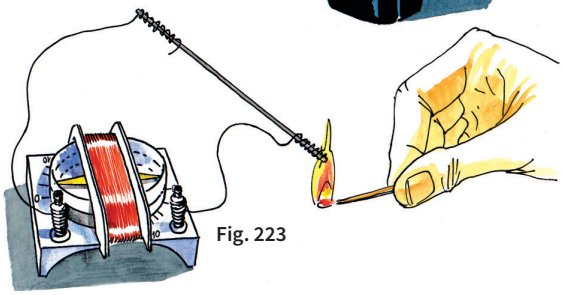


223. THERMOCOUPLE

Fix a piece of 0.2 mm constantan wire to both ends of a 12-13 cm long iron wire and connect the former to the galvanoscope, as shown in figure 103. As soon as the pointer comes to rest (the yellow pointer pointing to zero), strike a match and heat up one of the two junctions with it. The galvanoscope pointer will deflect. This combination of two dissimilar metals, called thermocouple, has been widely used in engineering, especially in measuring high temperatures in ironworks, manufacturing of ceramic articles, etc.

Materials you will need: 1, 2 x 7, 9, 34, 37, matches

Fig. 223

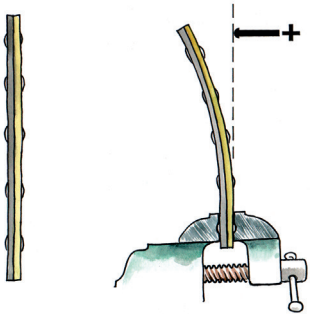


224. BIMETAL STRIP

Place a piece of sheet iron (l0 x 1 cm) on a piece of sheet zinc or aluminium of the same size and screw them firmly together. If now, holding one end of this bimetal strip with a pair of tongs, you proceed to heat it, the bimetal strip will react to the variation in temperature by bending from its original shape. This happens because the thermal expansion coefficient of zinc is bigger than that of iron. Bimetal strips are used in thermostats. A thermostat is an electric device intended to open a circuit at a certain temperature, but as soon as the latter drops (or rises), the role of the thermostat is to close the circuit again (figure 104 right). In this way the temperature of a refrigerator, an electric cooker, a water-heater etc. can be maintained constant or within two set limits.

Materials you will need: sheet iron, sheet zinc, rivets

Fig. 224



225. MEASUREMENT OF RESISTANCE

Measurement of resistance is done by means of the “Wheatstone bridge”, represented in figure 105. It is built in the following way:
1. Drive two nails 50 cm apart into a 60 cm long and 8 cm wide wooden board. Interconnect them with a constantan wire and connect both ends of the latter to the galvanoscope with its yellow pointer adjusted to zero.
2. Other elements of the Wheatstone bridge are: The resistor (No 33 in the set) with the resistance of 70 Ohm, a coil whose resistance is to be measured, and a battery. These elements are connected as shown in the figure.
3. Touch the resistor wire with a contact leading from the battery, and the galvanoscope pointer will deflect. However, it will deflect even if the resistor wire is touched at any other spot, except for one. Remember this spot and mark it with a “C”.
Presume that in this very spot the resistor wire is divided in two sections of unequal lengths, marked “d1” and “d2”. These two lengths can be measured, they are e.g.: d1 = 30 cm and d2 = 20 cm. The coil resistance can be determined by the following formula:
X=R x d1 / d2
X=70 x 30 / 20
X=105 Ω
Thus, in our case the coil resistance is 105 Ohm.
A full explanation of the mentioned formula can be found in any manual on physics.
Materials: 1, 6 x 7, 11, 30, 33, 34, 37, a battery, two nails, a wooden board

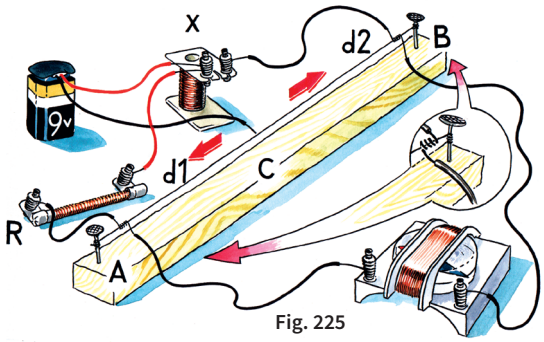


Fig. 225

226. RELATIONSHIP BETWEEN TEMPERATURE AND RESISTANCE OF CONDUCTION WIRE

1. Drive two small nails into a small wooden board and interconnect them with a piece of 0.1 mm iron wire, twisted into a spiral. Connect the spiral, the bulb and the battery to close the circuit as shown in figure 106. As soon as the circuit is closed, the bulb will light up. Yet, if the spiral is heated up, the light will go out, which is proof that due to high temperature the iron wire resistance has increased.
2. Repeat the experiment by using a constantan spiral of the same size. In spite of increased temperature, the constantan wire resistance has not changed.
Materials: 4 x 7, 14, 33, 35, a wooden board, two nails, iron wire, candle, a battery

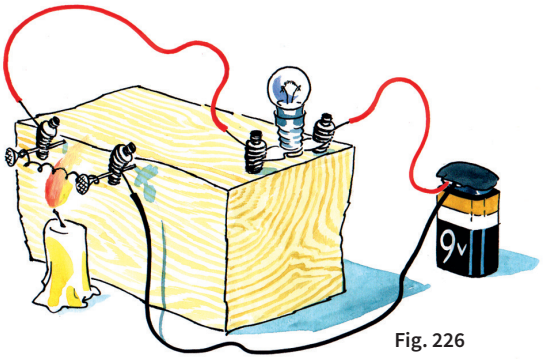


Fig. 226

ELECTROMAGNETISM

227. MAKING AN ELECTROMAGNET

Wind about 20 or 30 windings of insulated copper wire around the iron bar from the set. For better electric conjunction scrape the isolation from the two endings of the copper wire. Connect the free ends of the wire to the battery and dip the iron bar into a pile of iron filings. As soon as the electric circuit is closed, the iron bar will become a magnet. Should you open the circuit, the bar will lose its magnetism. The electromagnet was invented this way.
Materials you will need: 3, 2 x 7, 9, 33, 36, a battery
WARNING:
The battery is short-circuited.
Keep the battery connected only for a short time - just long enough for you to understand the experiment.
Be careful not to burn your fingers.

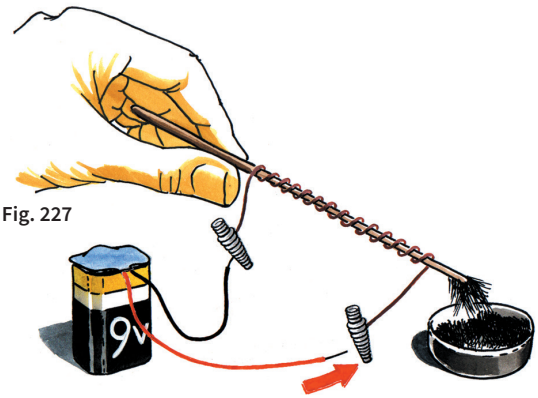


Fig. 227

228. OERSTED’S DISCOVERY

Like many other important discoveries, the discovery of the electromagnet was quite accidental. The Danish scientist Hans Christian Oersted noticed that a current carrying wire, placed parallel to a compass needle, made the latter deflect.
Repeat this experiment in the following way: Hold a piece of wire, the ends of which are connected to the battery terminals, above the compass needle. The compass needle will deflect and will remain in this position as long as the electric circuit is closed. As soon as the circuit is opened, the compass needle will assume the initial position. Should the connections to the battery terminals be reversed, the compass needle will deflect in the opposite direction.
Materials you will need: 33, 34, a battery
WARNING:
The battery is short-circuited.
Keep the battery connected only for a short time - just long enough for you to understand the experiment.
Be careful not to burn your fingers.

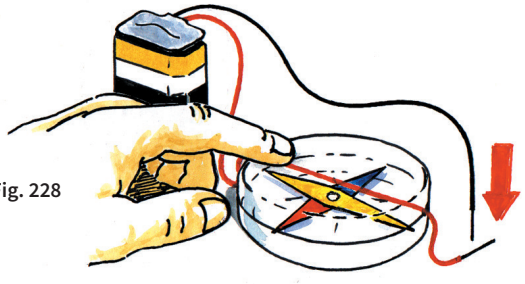


Fig. 228

229. SUMMING UP MAGNETIC FIELDS

Loop an insulated copper wire a few times around the compass and connect it to the battery after each turn. The more windings, the greater the compass needle deflection. Evidently a magnetic field develops around each winding and the resulting magnetic field around the solenoid is the total of all individual fields of windings. This is the principle applied in your galvanoscope as well as in all other electromagnets.
Materials you will need: 2 x 7, 33, 34, 36, a battery
WARNING:
The battery is short-circuited.
Keep the battery connected only for a short time - just long enough for you to understand the experiment.
Be careful not to burn your fingers.

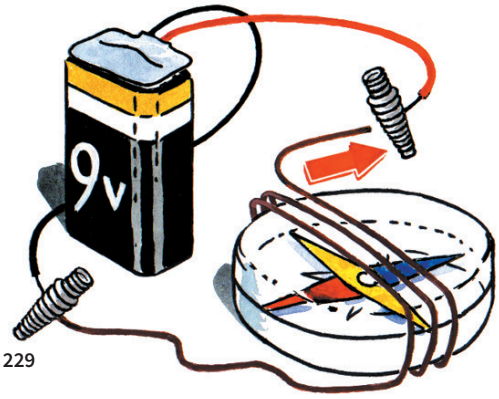


Fig. 229

230. MAGNETIC FIELD AROUND A CURRENT-CARRYING CONDUCTOR

1. Push a piece of copper wire through the centre of a large piece of cardboard, as shown in figure 110. Connect both wire ends to the battery, and by using a compass, check the magnetic field of the conductor. Your task is to discover the extent of the magnetic field as well as its strength. The experiment is made by a continuous closing and opening of the circuit whereby the deflection of the compass needle in different positions should be observed carefully.
2. Another way of showing the magnetic field is by sprinkling iron filings all around the wire that goes through the centre of the cardboard. Tap the cardboard slightly and the filings will align themselves in constantly increasing circles.

Materials you will need: 3, 34, 36, cardboard, a battery

WARNING:
The battery is short-circuited.
Keep the battery connected only for a short time - just long enough for you to understand the experiment.
Be careful not to burn your fingers.

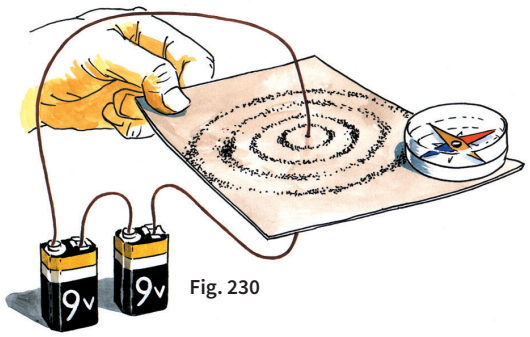


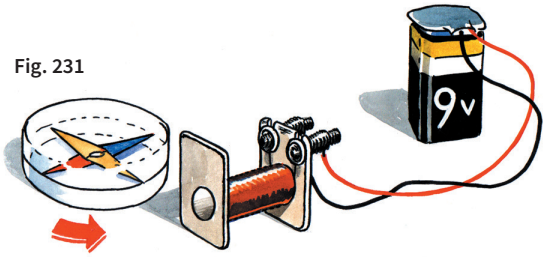
Fig. 230

231. A SOLENOID ACTING LIKE A MAGNET

The set contains a solenoid of 100 windings of insulated copper wire. Place the solenoid about 2 cm from the compass and, according to figure 111, allow the current from a battery to flow through its windings. As soon as the circuit is closed the compass needle will deflect and will remain in that position as long as there is a flow of current through the solenoid. Should the circuit be opened, the compass needle will assume the initial position.

Materials you will need: 2 x 7, 11, 33, 34, a battery

Fig. 231

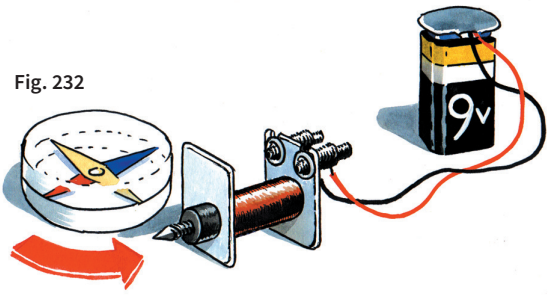


232. IRON-CORED SOLENOID

Repeat the preceding experiment and remember the compass needle deflection. Open the circuit in order to insert an iron core (not a magnet) from the set into the solenoid. Upon closing the circuit, the deflection of the compass needle will be much more distinct, since the iron core inserted into the solenoid has increased the magnetic strength of the latter.

Materials you will need: 2 x 7, 11, 16, 33, 34, a battery

Fig. 232

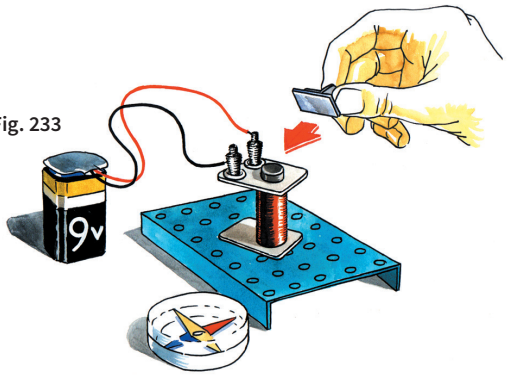


233. BAR ELECTROMAGNET

Fit a solenoid on an iron core fixed to a plastic base and connect it to the battery terminals. The result will be an electromagnet in the form of a bar (figure 113). Such experiments can prove that an electromagnet is formed at the moment the circuit is closed; as soon as the circuit is opened, the magnet loses its strength and only a minimum trace of magnetism is left in it.

Materials you will need: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 33, 34, a battery

Fig. 233

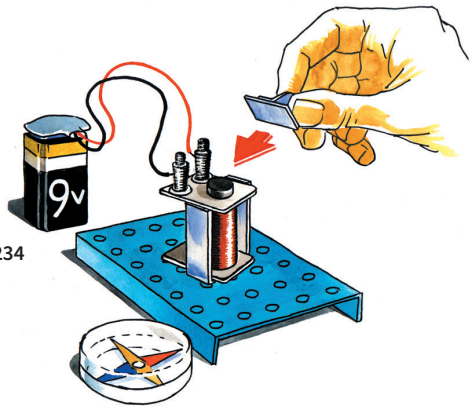


234. U-ELECTROMAGNET

Fit the same iron core as already applied in some of the experiments to a plastic base (figure 114). This core serves to carry a solenoid connected to the battery. Closing the circuit will give a very strong electromagnet, much stronger than the one from the preceding experiment, although the same battery and the same solenoid have been applied. Whereas in the preceding experiment it was not possible to lift the magnet and its base by means of an armature, a much heavier freight can be lifted now. What is the reason for the increased strength of the electromagnet?

Materials you will need: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, 34, a battery

Fig. 234



235. ELECTROMAGNETIC LIFT

Using the units of the set try to build a small electromagnetic lift. Connect the U-electromagnet from the preceding experiment to the battery terminals, as shown in figure 115. Further immerse it into a box of screws and try to carry them to another spot. As soon as the circuit is opened, the freight will fall off.

Materials you will need: 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 33, iron objects, a battery

236. DISH-SHAPED ELECTROMAGNET

This experiment is possible only if an engineering workshop is available. Drill a 20 mm deep hole with a 9 mm diameter into a 3 cm thick iron disc, with a 6 cm diameter and insert 100 windings of insulated copper wire with a diameter of 0.3 mm into it. By drawing both wire ends through insulated holes, connect the solenoid to the battery. The corresponding armature is made of a 10 mm thick iron disc. Though connected to a battery only, such electromagnets can lift about 15 dag. Similar magnets are used in electric lifts, lifting even ten or twenty tons, and more.

Fig. 235

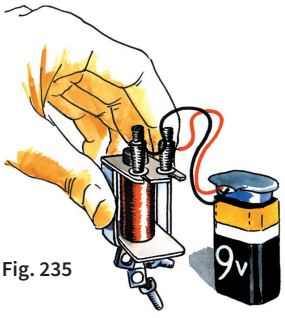
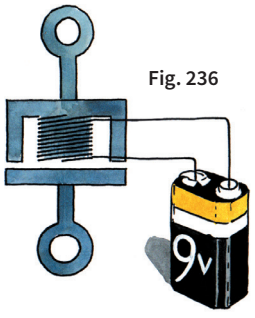


Fig. 236



237. WHICH MAGNET IS STRONGER?

The set contains two magnets: A permanent one, made of AlNiCo alloy, and an electromagnet, resembling the one from the preceding experiment. Which of the two is stronger? To answer the question, repeat experiment No 48b, in which the strength of a permanent magnet was tested. The corresponding testing instrument is shown in figure 117 left. Fill its cardboard cup with as many objects as the magnet can hold. If the same experiment is repeated with the electromagnet (figure 117 right), the latter will prove to be considerably stronger than the permanent magnet.

Materials you will need: 6, 2 x 7, 10, 11, 16, 17, 18, 33, cardboard, thread, a battery

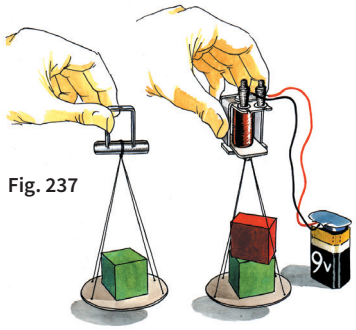


Fig. 237

238. ELECTROMAGNETIC SPECTRUM

1. In the centre of a piece of cardboard, the size of a postcard, cut a 30 mm long and 21 mm wide rectangular opening. This is where half of the solenoid from the set is to be inserted. Connect it to the battery and sprinkle some iron filings on the cardboard. Compare the resulting electromagnetic spectrum with that of the permanent magnet from experiment No 40.
2. Repeat the previous experiment by inserting an iron core into the solenoid.

Materials you will need: 3, 2 x 7, 11, 16, 33, cardboard, a battery

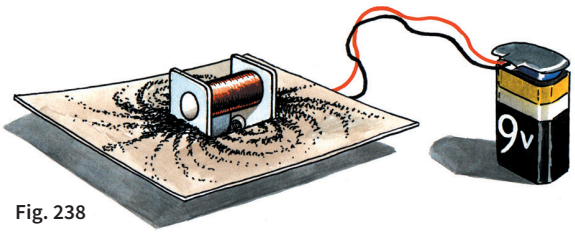


Fig. 238

239. THE SOLENOID WITH A NAIL

Connect the solenoid from the set to the battery, as shown in figure 119, and insert a medium size nail into the hole in the centre of the sleeve. If the solenoid is lifted, the nail will not fall out. In fact, the nail is exposed to forces, one of them being gravitation and the other magnetism, but the latter is evidently greater.

Materials you will need: 2 x 7, 11, 33, a nail, a battery

240. THE SOLENOID WITH TWO NAILS

Place the solenoid upon a plastic base, insert two nails without heads into its central hole and connect the solenoid to the battery. At closing and opening the circuit you will see the two nails move. If the circuit is open, the nails will assume the position shown in figure 120a; as soon as the circuit is closed, however, the nails will move apart (figure 120b). The latter is due to the fact that the two nails become magnetic but, having the same poles on the same side, they repel each other.

Materials you will need: 5, 6, 4 x 7, 8, 11, 24, 28, 33, two nails, a battery

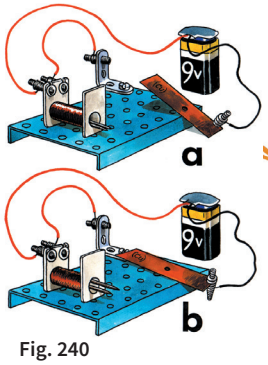


Fig. 240

Fig. 239

241. SOFT-IRON AMMETER

Insert a nail into the hole of the solenoid sleeve and tie it with a piece of string or an elastic band, as shown in figure 121. Further insert a pointer, made of two pieces of sheet iron (from an old tin), cut into the following dimensions: 40 x 5 mm and 60 x 2 mm and 0.2-0.4 mm thick and tied together as shown in figure 121. The thinner part has to be turned a bit to the left. If the solenoid is connected to the battery, the nail and the pointer will become similarly magnetised and will consequently repel each other. By means of a professional ammeter this home-made device can also be calibrated and provided with a measuring scale.

Materials you will need: 2 x 7, 11, 33, two pieces of sheet iron, a piece of wood, a nail, an elastic band, a batter

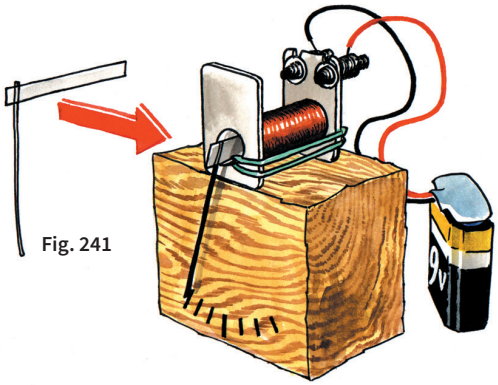


Fig. 241

242. ANOTHER VERSION OF AMMETER

Wind about 20 loops of constantan wire around an iron rod and use the resulting spring for suspending an iron core. Insert a part of this core into the solenoid (figure 122) and connect it to the battery. The solenoid will attract the core, and the stronger the current, the more the latter will plunge downward into the solenoid centre. Should this device be equipped with a pointer and a scale, it could also serve for measuring the solenoid attraction or respectively the current intensity.

Materials you will need: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 2 x 20, 28, 33, 37, a battery

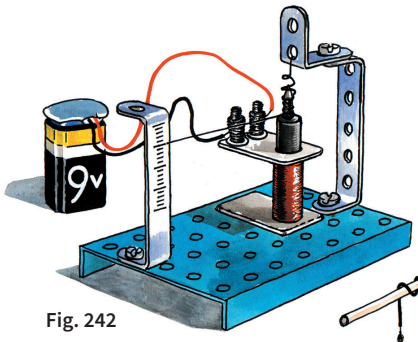


Fig. 242

243. MOVING COIL INSTRUMENT

Fit an iron bracket on a plastic base vertically and on this another one horizontally. Fix an iron core to one end of the horizontal bracket and a magnet to the other end. The set-up assembly is in fact a horseshoe magnet with a very strong magnetic field between its legs. Place a solenoid of insulated copper with a diameter of 0.16 mm in the magnetic field. It has to have 10 to 12 windings of 10 mm wire in diameter and is suspended as shown in figure 123 left. One end of solenoid leading via the paper rack to the positive battery terminal and the other one via the base to the negative one (for better electric conjunction scrape the isolation from the two endings of the copper wire). As soon as the circuit is closed, the solenoid will either turn to the left or to the right, depending on the sense of the electric current. All precise electric measuring instruments work on this principle. The rotation of the solenoid will be explained in the experiment to follow.

Materials you will need: (20), 2 x 5, 3 x 6, 10, 16, 2 x 29, 33, 36, a battery

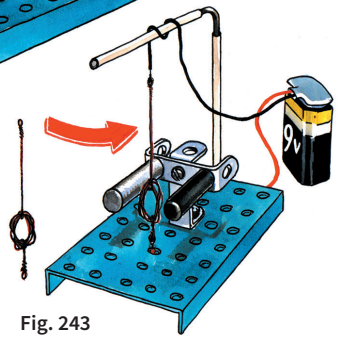


Fig. 243

244. A CONDUCTOR IN THE MAGNETIC FIELD

Fix an iron bracket vertically upon a plastic base and attach both an iron core and a magnet, to it. Further take a 10 cm long copper wire and the rack from experiment No 20 to suspend the double threaded screw (wind about 30 windings) into the magnetic field of the horseshoe magnet, set up as described above. For better electric conjunction scrape the isolation from the two endings of the copper wire.
As soon as the circuit is closed, the screw will turn either to the left or to the right, depending on the sense of the electric current. This rotation is due to the interaction of the magnetic fields: the powerful one created between both ends of the magnet and another one created around the conductor as soon as the circuit is closed. It is well known that magnetic fields are either mutually attracted or repelled, depending on whether they are like or unlike ones. The above experiment is very important for understanding the operation of an electromotor.
Materials you will need: (20), 5, 2 x 6, 10, 12, 16, 29, 33, 36, a battery

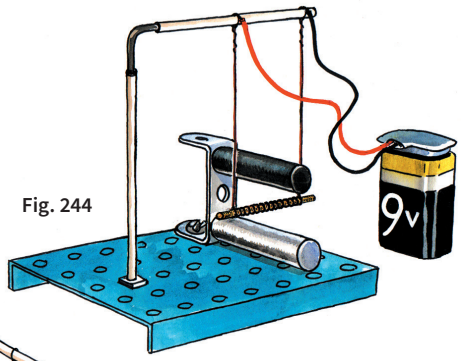


Fig. 244

245. BLOCKING AN ELECTROMAGNET

Fix an electromagnet on a plastic base and, by means of the rack from experiment No 20, with a cotton thread suspend an iron bracket (38 x 12 mm) from the rack, to be placed 1 cm from the electromagnet. If the circuit is closed, the electromagnet will attract the iron bracket. If, however, any materials like e.g. sheet copper, sheet zinc, cardboard, glass, sheet iron, and the like are inserted between the electromagnet and the iron bracket, you will determine which materials don't have an effect on the magnetic field and which, on the other hand, tend to block it.
Materials you will need: (20), 5, 2 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 28, 29, 33, thread, a battery

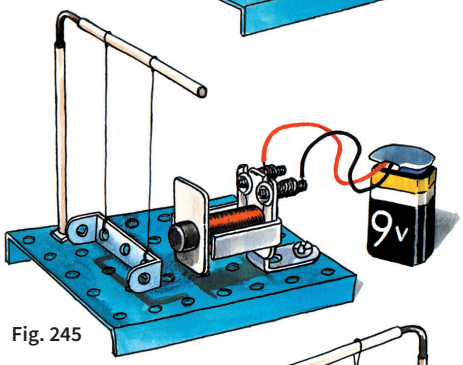


Fig. 245

246. ELECTROMAGNETIC BRAKE

To a rack (see experiment No 20), fixed upon a plastic base, on a cotton thread suspend an aluminium bell turned upside down. Fix an electromagnet underneath. Mark the bell with a dash on the edge. The circuit remaining open, twist the bell three times. Let it go and count the turns it makes while untwisting. When the bell comes to rest, close the circuit and repeat the described experiment. You will notice that the electromagnet breaks the bell! The described phenomenon plays an important role in engineering.
Materials you will need: (20), 6, 2 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 33, thread, a battery

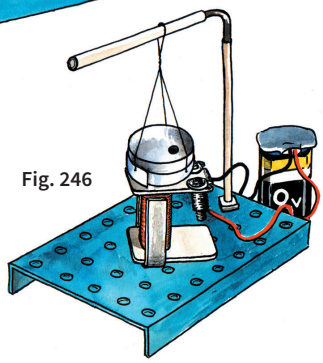


Fig. 246

ELECTROMAGNET IN ENGINEERING

247. MORSE TELEGRAM

Fix an electromagnet, consisting of a core lifted with a nut, a sleeve and a solenoid, to a plastic base and proceed by setting up the armature that is to be placed at a very short distance from the electromagnet. It is actually a 60 x 12 mm bracket, fixed horizontally to a vertical one. From the right side a 25 x 25 mm angle bearing a small pencil is attached to it. Fix a switch made from a copper plate to an angle of 25 x 25 mm, and the spring clips on the plastic base (see figure 127). If this telegraph is connected to the battery and the circuit is closed, the electromagnet will attract the armature.
As soon as the circuit is opened, the armature will assume its initial position. In case of a professional telegraph the pencil will mark points and dashes on a paper strip passing under it. The points and dashes, which form the Morse alphabet (see experiment No 85), depend on how long the circuit is closed.
Materials: 5 x 5, 6 x 6, 6 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 24, 2 x 28, 29, 33, a battery, a pencil, paper

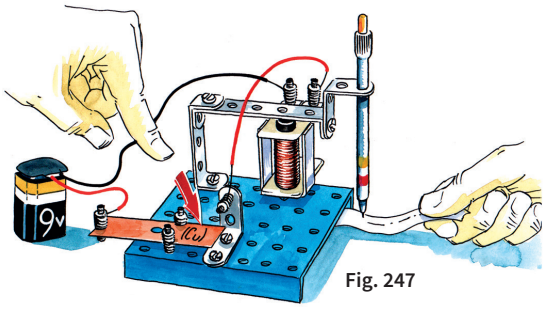


Fig. 247

248. MORSE KEY

Morse invented a special switch, permitting alternating switching on and off of two telegraphs. You can make such a key yourself. Use the copper plate, the two angles 25 x 25 mm and the spring clips. Fix all of them to the plastic base. The two angles, together with their screws, represent the right and left contact (figure 128). The Morse key has three supplies, the central one functioning as the usual supply. If, however, you move the lever to one or the other side, the electric current will pass over the right or the left contact. The operation of a Morse key can be explained best by interconnection of two telegraphs.
Materials you will need: 7 x 5, 8 x 6, 7 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 23, 3 x 28, 29, 33, a battery

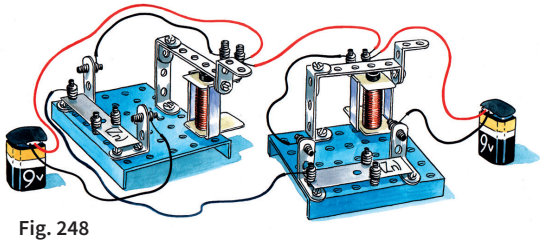


Fig. 248

249. CIRCUIT DIAGRAMS

Figure 129 is a circuit diagram representing two Morse telegraphs and two keys.
The letters stand for:

T = Morse telegraph **B = Battery**
K = Morse key **Z = Earth**

The above method used to connect two railway stations with each other. You can follow this diagram if you have two sets of Electro Pioneer. Place the two telegraphs in two different rooms, interconnect them with two wires and you will be able to telegraph.
In case of a railway Morse telegraph, only one wire is applied, whereas the other one is replaced by the earth; the earth contacts are two metal plates hidden in the ground. Today telephones, fax and e-mail have replaced the telegraph.
Materials you will need: two Morse telegraphs, two batteries

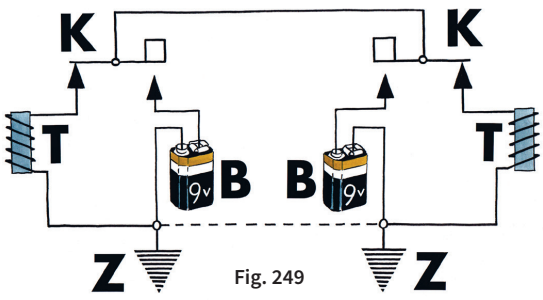


Fig. 249

250. WAGNER HAMMER

The scientist Wagner invented an electric device that closes and opens the electric circuit automatically. It is known as the Wagner hammer and is often used in engineering. Try to build it the following way: By using the 25 x 25 mm angle fix the electromagnet to a plastic base. At about 2-3 mm from the electromagnet attach a little hammer for the bell with the other angle. The current should flow from the battery via the wire in your hand to the hammer, from there to the angle, and then via the connecting wire to the solenoid and back to the battery.

As soon as the circuit is closed, the hammer will start vibrating, thus opening and closing the electric circuit. At the moment of attraction to the electromagnet the hammer will be separated from the contacts and the circuit will be opened. Consequently, the electromagnet will stop working, whereupon the hammer will, due to the flexible spring, assume its initial position and again close the electric circuit. This cycle is repeated over and over again.

Materials you will need: 4 x 5, 5 x 6, 3 x 7, 8, 11, 16, 17, 2 x 28, 31, 33, a battery

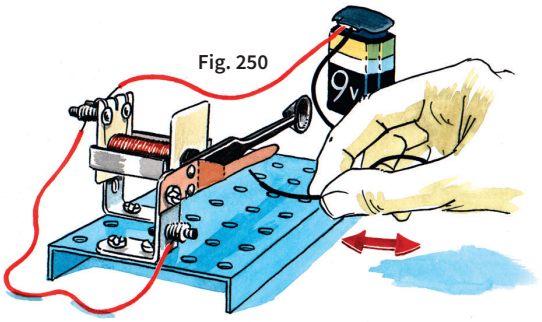


Fig. 250

251. ELECTRIC BELL

After you have built the Wagner hammer, you will not find the construction of the electric bell difficult either. For this purpose, an M4 x 20 screw and a bell have to be added. As shown in figure 131, the M4 x 20 screw consists of an angle bearing the screw and two nuts. The bell is fixed to the base by means of the double threaded screw and corresponding nuts. The connections can be seen from figure 131.

Materials: 5 x 5, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33, a battery

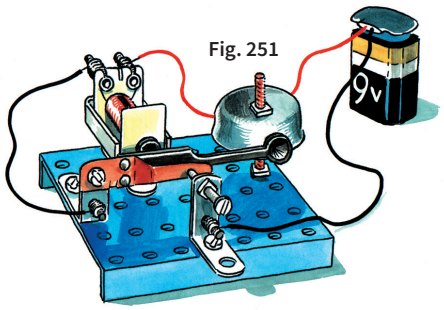


Fig. 251

252. ELECTRIC BELL REPLACING THE DOORKEEPER

Figure 132 represents the circuit diagram regarding the interconnection between the electric bell, the battery and the push-button. The bell and the battery are installed in the flat whereas the push-button is at the entrance. The person wishing to visit you presses the button. In this way the circuit is closed and the bell starts ringing. Using another electromagnet, you can also open the door for the visitor.

Materials you will need: an electric bell, a battery, a push button, connecting wires

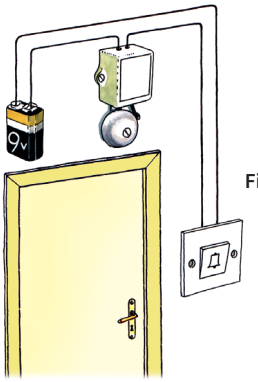


Fig. 252

253. ELECTRIC BELL WITH MORE PUSH-BUTTONS

Certain facilities, such as hospitals, hotels, railway carriages etc. require installations that enable the calling of certain persons, e.g. the janitor, the nurse, or the conductor. Figure 133 represents the circuit diagram showing the interconnection between the bell, the battery and several push-buttons. To explain the application of this principle in practice, let us examine the sleeping-van signalling system. In a sleeping-van corridor there is a red signal plate above each door. When the bell rings, the plate “drops” to tell the conductor which passenger is calling him. Similar signal plates with room number can be found in hospitals and hotels. Their operation, too, depends on the electromagnet.

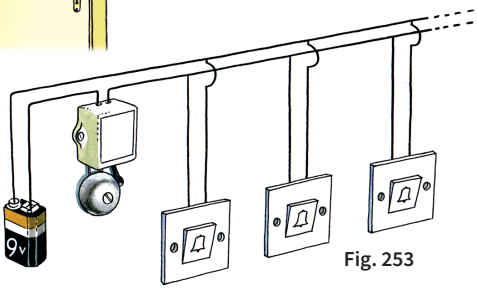


Fig. 253

254. SIGNALLING EQUIPMENT

Use a very thin tin plate to make the switch shown in figure 134. Each piece of tin must be 10 mm wide and 60 mm long. Fix the switch above the door in such a way that the two pieces of tin make contact when the door is open and not when it is closed. Should this switch be connected to the battery and the electric bell, you will get a signalling device announcing when a door or a window opens.

Materials you will need: tin plate, an electric bell, connecting wire, a battery

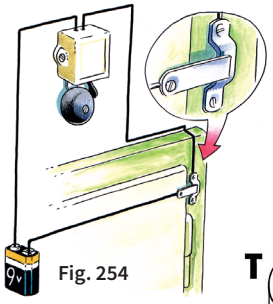


Fig. 254

255. ELECTRIC LIQUID LEVEL INDICATOR

The water level or the level of any other liquid in a factory or laboratory tank should never be above or under a certain point. Such points can be electrically protected as shown in figure 135. The liquid bears a float that rises or falls according to the water level. In case it reaches the critical upper level, contact A closes the circuit and the electric bell warns that something has gone wrong. If, on the other hand, the liquid level drops below minimum, contact B closes the circuit, thus activating the signalling system. A completely automatic liquid level regulation is also possible. In this case one of the above contacts opens and the other one closes the inflow or respectively the outflow of the liquid. The markings stand for:

P = float
T = wheel
U = weigh

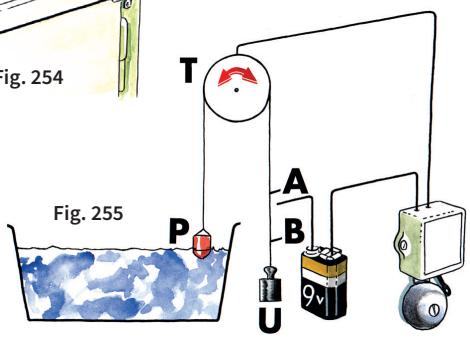


Fig. 255

256. PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF THE ELECTRIC CURRENT

The electric current effects your body. This may be demonstrated by some experiments:

1. Take a copper plate in your left hand and a zinc plate in your right hand and touch both battery terminals as shown in figure 136 left. Although presuming that there is a flow of electric current through your body, you will not feel it when touching the battery terminals.

2. Connect the metal plates in the above experiment to an iron-cored coil (figure 136 right). Then, holding the plates in your hand, repeatedly close and open the circuit. As before, you will not feel anything when closing the circuit. However, strong electric shocks will be felt when opening the circuit. These shocks arise from the coil at the moment when the circuit is opened. To understand this phenomenon, repeat experiment No 95. There you got to know the so-called inductive resistance in the coil in a closed electric circuit.

A magnetic field forms around the coil in such circumstances but as soon as the circuit is opened the magnetic field is destroyed, the consequence being an induced current that is felt as a shock.

Materials you will need: 4 x 7, 11, 16, 23, 24, 33, a battery

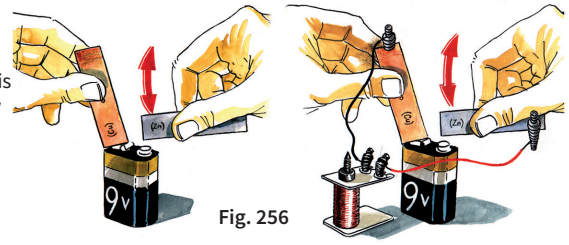


Fig. 256

257. INDUCTION COIL

There is only one step from the electric bell to the induction coil. While the bell is ringing, connect it with two metal plates: The first is fastened with a screw and the second with an angle bearing the hammer (see figure 137). If your hands are dry, you will only feel a weak current; if, however, they are wet you will find the current strong. Evidently the voltage of the electric current you feel is higher than that of the flashlight battery.

Materials you will need: (131), 23, 24, 33, a battery

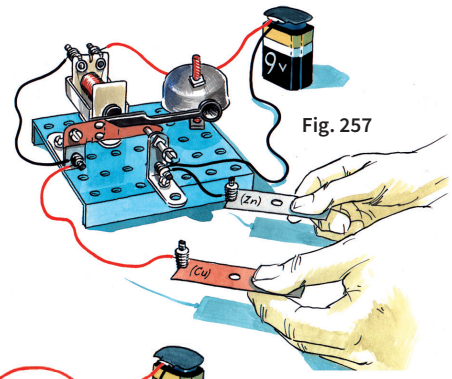


Fig. 257

258. ELECTRIZATION THROUGH WATER

Immerse a metal plate from the preceding experiment into a dish filled with water and add a coin. While the bell is ringing use your right hand to grasp the other metal plate firmly and your left hand to try to take the coin out of the water. When touching the water surface, you will feel a powerful shock and will not be able to lift the coin because of your hand being seized with cramps.

In general, it is very dangerous to touch electric installations with wet hands!

Materials you will need: (137), a dish of water, a coin

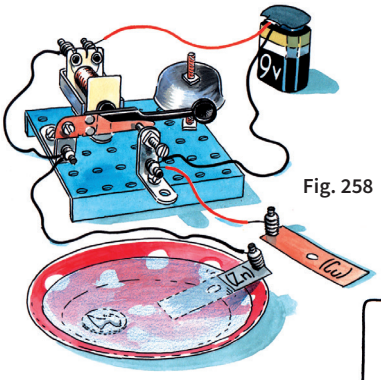


Fig. 258

259. THE EARTH AS A CONDUCTOR

Push the electrode from the preceding experiment into moist earth that you stand barefooted on. Grasp the other electrode with your hand and you will find moist earth to be a very good electric conductor (figure 139 is just a partial scheme of the experiment).

Materials you will need: (137)

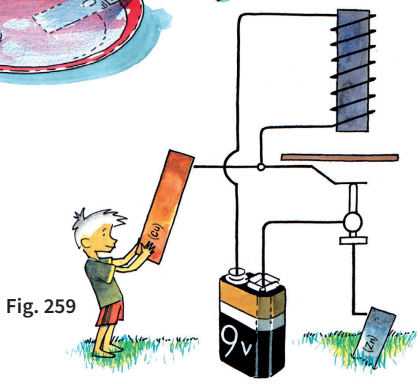


Fig. 259

260. RELAY

A relay is a device that allows a strong circuit to be indirectly closed or opened by a weaker current. The relays are of two types, the closing and the opening ones. Try to make both. Figure140 shows the circuit diagram of an opening relay. The first circuit includes the electromagnet and battery No 1. As soon as the circuit is closed, the electromagnet will attract the little hammer which in its turn will close another circuit comprising a bulb, battery No 2. and a hammer. As a result, the bulb will light up. It is not hard to modify a closing relay to an opening relay.

Materials you will need: 3 x 5, 3 x 6, 6 x 7, 8, 11, 14, 16, 2 x 29, 31, 33, 35, two batteries

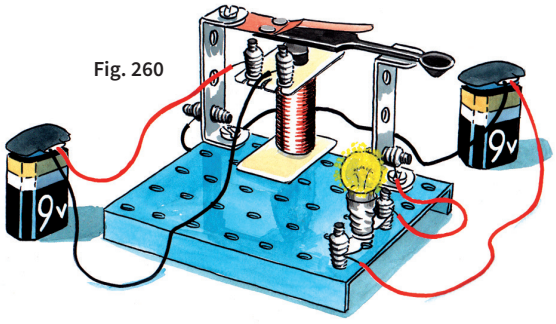


Fig. 260

261. SHEPHERD'S TELEPHONE

A shepherd's telephone consists of two cardboard cylinders on one side covered with parchment paper - you can also use an empty yoghurt plastic cup. Connect the two units with a piece of thin thread that must be tight during the conversation. While one is speaking the other is listening and vice versa, hence simultaneous talking and listening is not possible. During talking the parchment diaphragm vibrates. Via the tightened thread these vibrations are transmitted to the other diaphragm which under this effect also starts vibrating, enabling the voice from the other side to be heard.

This telephone, however, cannot be used for talking at long distances or around the corner. Bell's telephone works on the same principle. It, too, consists of two units, each containing a permanent magnet, an iron core and a solenoid; a thin metal diaphragm precedes the electromagnet. If speaking into the diaphragm, the magnetic field changes. This results in generation of electric current in the solenoid.

By means of two wires this electric current is transmitted to the other telephone set, where it causes the vibration of the metal diaphragm. Nowadays Bell's telephone set has been replaced by a modern version made up of a handset and a microphone.

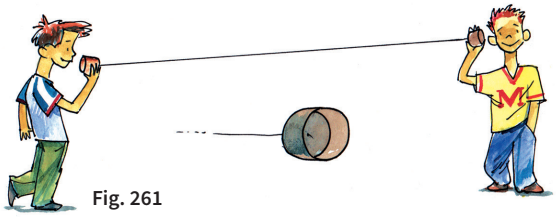


Fig. 261

262. ELECTRIC ENERGY TRANSFORMED INTO SOUND

Figure 142 shows a circuit diagram of a device that can transform electricity into sound. Fix an electromagnet, consisting of a core, a sleeve and a solenoid, on a plastic base. Cover this electromagnet with a metal sweet box cover (made of sheet iron) which is to be lifted slightly during the experiment. It serves as the diaphragm. If the circuit is alternately closed and opened, some rustling noise can be heard. When the circuit is closed, the diaphragm is attracted by the electromagnet, and when it is opened the diaphragm due to its flexibility, returns to its initial position.

The earphone, that you are going to set up in the next experiment, works on the same principle.

Materials you will need: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, a tin cover, a battery

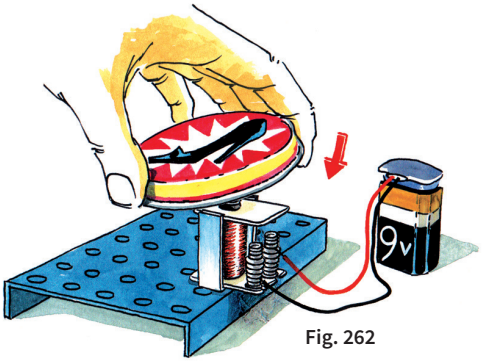


Fig. 262

263. EARPHONE

By using two 38 x 12 mm brackets and one 60 x 12 mm bracket connect the diaphragm and the electromagnet so that they are only 1-2 mm apart. Further, connect the earphone to the battery, as shown in figure 143. When closing the circuit, the diaphragm should neither touch nor be at an excessive distance from the electromagnet. When closing the circuit, the electromagnet attracts the diaphragm. When you open the circuit, the diaphragm releases. You will hear a characteristic rustling noise.

Materials you will need: 4 x 5, 6 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 20, 22, 2 x 29, 33, a battery

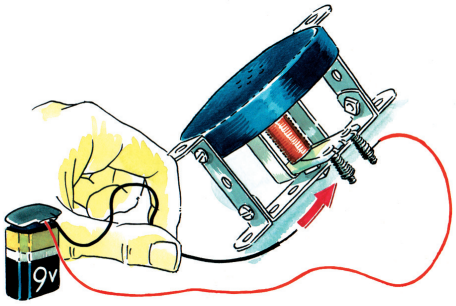


Fig. 263

264. FILE FUNCTIONING AS A CIRCUIT-BREAKER

Connect the earpiece from the preceding experiment to the battery through the file, as shown in figure 144. Make one contact glide along the file whereupon, due to repeated opening of the circuit, some rustling noise will be heard from the earphone.

Materials you will need: (143), a file

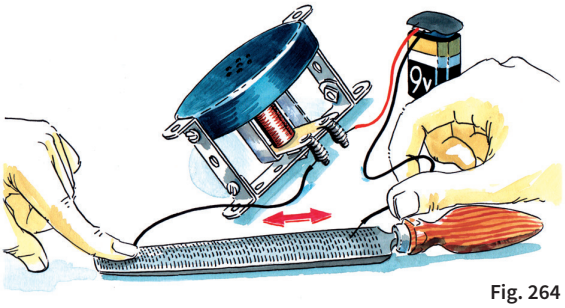


Fig. 264

265. AUTOMOBILE HORN

This experiment requires an earphone (figure 143), a battery and some connecting wires. Connect one pole of the solenoid to the diaphragm and the other one to the battery terminal. The remaining battery terminal is to be connected to the diaphragm with feeling (leave the diaphragm to vibrate) as shown in figure 145.

Materials you will need: (143), 7

266. MICROPHONE

This set contains a very simple, yet sensitive microphone. It consists of two basic units: the diaphragm like the one in the earphone (except for being a plastic one) and three rods of which two are of iron and fixed to the diaphragm, whereas the third one is of carbon and is in touch with the other two. Connect the battery, the microphone and the electric bulb to close the circuit, as shown in figure 146. If you press your finger against the unattached carbon rod, the electric bulb will light up. The more you press, the brighter the light will shine. Due to a stronger or weaker contact with the carbon the microphone will let pass a stronger or weaker current. The same happens when talking into the microphone.

Materials you will need: 2, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7, 8, 14, 2 x 28, 33, 35, a battery

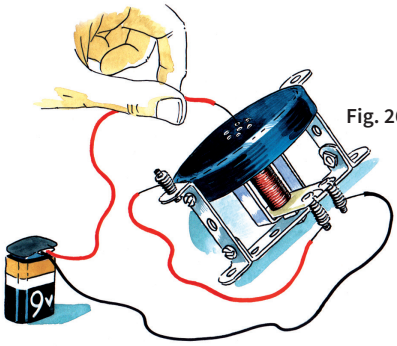


Fig. 265

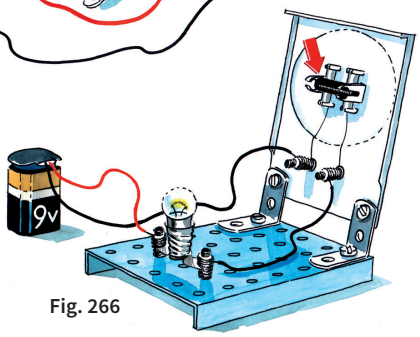


Fig. 266

267. TELEPHONE

If the earphone from experiment No 143. as well as the microphone from the preceding experiment are connected to the battery, the new combination will be a telephone set, i.e. the device for transmission of speech and other sounds at long distances. An analogue wrist watch lying on a plastic base can be heard over the earphone. This is due to the fact that the ticking of the watch makes the microphone diaphragm vibrate. As the microphone carbon rods let weaker and stronger currents pass and the diaphragm is attracted by the earphone electromagnet with different force, the air vibrates and these vibrations can be perceived.

This home-made telephone set can be applied for transmission of speech as well. In this case leave the microphone in one room and transfer the earphone into another one (you'll need longer wires).

Materials you will need: (143), (146), a wrist watch

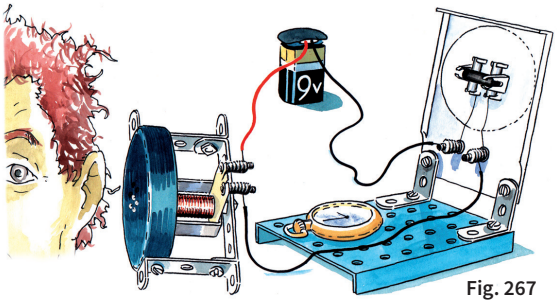


Fig. 267

GENERATORS AND ELECTROMOTORS

268. MECHANICAL ENERGY TRANSFORMED INTO ELECTRICAL ENERGY

1. Connect a solenoid to a galvanoscope (figure 148) and with a very brisk gesture insert a magnet into the hole of the sleeve. The galvanoscope pointer will deflect, whereupon it will assume the initial position quickly. If the magnet is quickly drawn out, the pointer will deflect to the opposite direction. 2. Turn the magnet over and repeat the experiment. Now you will notice the electric shocks. How is the electric current generated in this experiment? You know from the previous experiments that the magnet is the source of the magnetic field. If the magnet is inserted into the solenoid, the magnetic lines of force cut the solenoid windings. Due to induction, electric current is generated, yet it exists only as long as the magnet turns, hence as long as the magnetic field changes.

This is one of the basic electro-technical experiments. All generators are built on this principle. A generator is a machine for transforming mechanical energy into electric energy.

Materials you will need: 1, 4 x 7, 10, 11, 33, 34

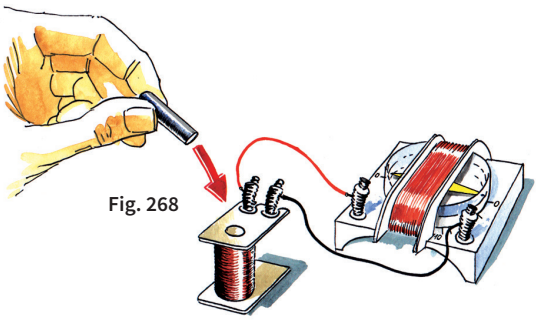


Fig. 268

269. ALTERNATING CURRENT GENERATOR

Insert an iron core into the solenoid, further connect the solenoid to the galvanoscope and wait until its pointer stops at the zero setting. Turn the magnet, suspended by a thread, above the solenoid and the result will be the simplest version of an AC-generator.

Materials you will need: 1, 4 x 7, 10, 11, 16, 33, 34, paper, thread

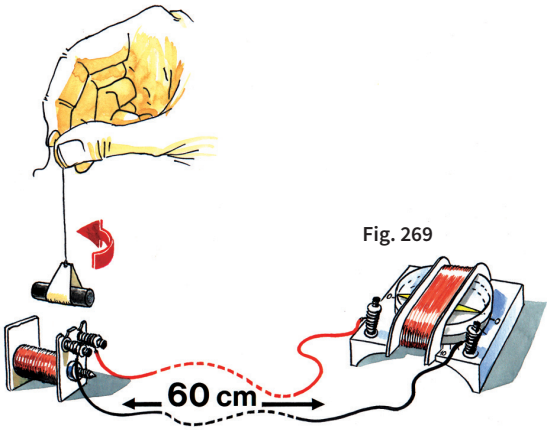


Fig. 269

270. ELECTRIC MOTOR AND GENERATOR STATOR

The part of an electric machine that does not move is called a stator. Try to build one. Fix both stator legs upon the base and insert a magnet, fixed to the former by means of a double threaded screw and two nuts. The stator is ready. With a compass you can prove the presence of the magnetic field between the stator legs. By sprinkling some iron filings, you can even demonstrate that the magnetic lines of force run from one stator leg to the other. (See experiment No 41).

Materials you will need: 2 x 5, 4 x 6, 8, 10, 12, 15, 34

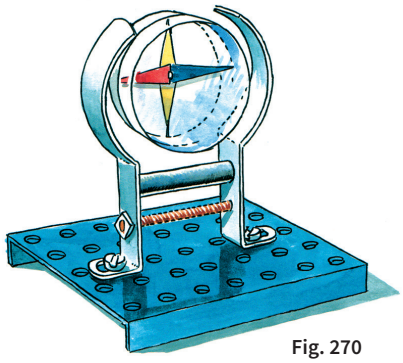


Fig. 270

271. ELECTRIC MOTOR AND GENERATOR ROTOR

A rotor is actually a rotating solenoid. Both ends of its windings end in two semicylinders, called a collector, which in case of an electric motor serves to supply, and in case of a generator to convey away the electric current. A metal spring leans against each side of the collector. It is called a brush. Use a compass to test the rotor operation:

1. Connect the rotor via the brushes to the battery, as shown in figure 151.
2. By means of the compass determine the north and the south pole of the rotor.
3. Check whether by turning for 360 degrees the rotor poles change or remain the same.

Upon careful observation you will see that after each turning for 180 degrees both rotor solenoid ends change the polarity, which is due to the collector which in a certain moment changes the sense of the electric current. Evidently the sense of the electric current changes when the rotor solenoid reaches the horizontal position. At that moment the magnetic poles of the rotor change as well. The north pole is turned into the south pole and vice versa.

Materials you will need: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 19, 2 x 20, 21, 33, a battery

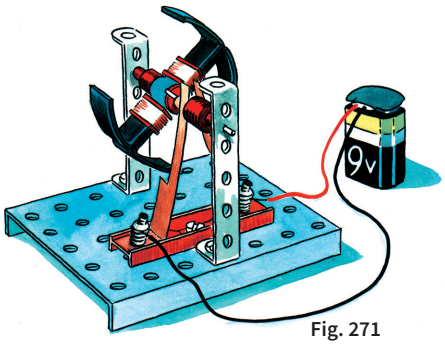


Fig. 271

272. DIRECT CURRENT ELECTRIC MOTOR

After constructing the generator stator (experiment No 150) and the generator rotor accompanied with brushes (experiment No 151), try to make a DC motor. First set up the rotor with brushes, then the stator. After you have checked whether the rotating of the rotor is faultless and if the brushes lean against the collector, connect the electric motor to a battery. The rotor will start rotating, at first at a slow pace, then ever quicker, up to the full number of turns, i.e. about 2,800 to 3,000 per minute. Reverse the battery terminals!

Materials you will need: (151), 2 x 5, 4 x 6, 10, 12, 15

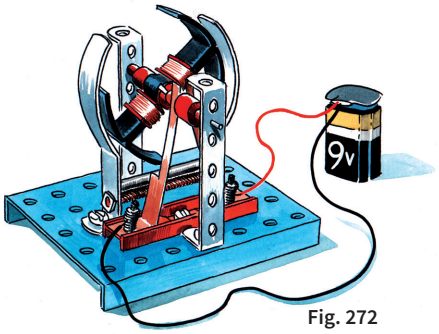


Fig. 272

273. DIRECT CURRENT GENERATOR

Connect the electric motor from the preceding experiment to the galvanoscope and turn the electric motor rotor with your hand. The galvanoscope pointer will deflect. Reverse the rotor and the galvanoscope pointer will move in the opposite sense. As you have seen, the DC motor can also be applied as a generator, i.e. the device generating the direct current.

Materials you will need: (152), 1, 2 x 7, 34

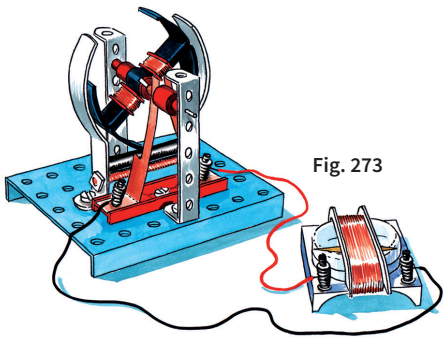


Fig. 273

CONCLUSION

Every book has an ending. If you have reached the end of this book, don't let this be the conclusion of your attempts to broaden the horizons of your knowledge of electronics and electrotechnics. Let this book be an introduction and guide into the world of electronics, a world of new events, surprises and unfathomable possibilities.

Good luck!

WHO IS ...?

In this chapter, we will list the names of some of the scientists who have contributed to the development of electronics and electrotechnics. Most of them have already been mentioned in the book.

Ampere, André Marie French physicist (1775-1836) studied Oersteds discovery and set the foundations for electrodynamics (a science which deals with electric charge in motion). He devoted his work to discovering the precise link between electric current and magnetism. The unit for measuring electric current (A) is named after him.

Bardeen, John was an American physicist (1909-1991) who, together with Walter H. Brattain and William Shockley, received the Nobel Prize for Physics in 1956 for inventing the transistor in 1948 as a result of the efforts of these three researchers at the Bell development laboratories. He also studied the properties of substances at extremely low temperatures (superconductors), for which he was awarded another Nobel Prize in 1972, together with Len N. Cooper and John Schreiffer.

Brattain, Walter Houser American physicist (1902-1987), see Bardeen.

Coulomb, Charles Augustin de French physicist (1736-1806), studied the forces between two charged bodies. The unit for electric charge (C) is named after him.

Edison, Thomas Alva American physicist (1847-1931), one of the most resourceful researchers of the 19th century. Among his multitude of inventions are the lightbulb with a charcoal filament, the phonograph (the forerunner of the gramophone) and the movie projector.

Faraday, Michael English chemist and physicist (1792-1867), known for his pioneering research and experiments in the areas of electricity and magnetism. Many claim that he was one of the greatest experimenters ever. He developed the concept of lines of force - imaginary lines along which magnetic forces flow. This description of the behaviour of forces in an area is often still used today. The unit for capacitance of a capacitor (F) was named after him.

Henry, Joseph American physicist and scientist (1797-1878), is known for discovering electromagnetic induction and autoinduction. His experiments in the fields of chemistry, electricity and magnetism indicate the diversity of the subjects he studied. The unit for inductance (H) is named after him.

Hertz, Heinrich Rudolph German physicist, mathematician and engineer (1857-1894), was the first to highlight the existence of radio waves. He proved that radio waves are transmitted at the speed of light. In honour of his work and results, the unit for frequency (Hz) was named after him.

Kelvin, William Thomson Scottish physicist (1824-1907), proposed measuring temperature from absolute zero (-273.15° C). He was one of the people who created the foundations for thermodynamics. He helped with the project for transmitting telegraphic messages from Europe to America via an undersea cable. He improved a variety of measuring instruments. He was knighted for his work. The unit for measuring absolute temperature (K) is named after him.

Kirchoff, Gustav Robert German physicist (1824-1887), discovered the basic law of electromagnetic emission, according to which the radiation of a black body depends on the temperature of the body and the frequency. He is one of the founders of spectroscopy.

Leclanché, Georges French inventor (1839-1882), after whom dry battery cells are named. Nowadays, we still use dry batteries for portable appliances.

Morse, Samuel Finley Breese American artist and inventor (1791-1872). Among art connoisseurs, he is known for his miniature paintings. As a technician, he is known primarily for the development of the tele graph. He developed a device for receiving messages transmitted by wire, which used an electromagnet to press a pen against a ribbon and thus receive the message in the form of dots and lines. He also developed codes consisting of dots and lines.

Oersted, Hans Christian Danish philosopher (1777-1851). During experiments conducted while giving lectures in 1820, he discovered electromagnetic induction. He also studied the behaviour of liquids and gases under pressure. He was greatly respected for his lectures and for his experiments.

Ohm, Georg Simon German physicist (1789-1854). In 1826, he determined the relation between voltage, current and resistance in a closed electric circuit. Ohm's law, and the unit for measuring resistance (Ω), are named after him.

Shockley, William American physicist (1910-1989). See Bardeen, John.

Swan, Sir Joseph Wilson British chemist and inventor (1828-1914), contributed richly to the development of photography. Amongst his other inventions were the light bulb with a graphite filament (1860) and the light bulb with a metal filament (1878).

Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Italian physicist (1745-1827), the inventor of the first electric battery. He was also the first to isolate the gas methane. The unit for voltage (V) is named after him.

GLOSSARY

This glossary includes some expressions which might not be familiar to you. Some are commonly used in the book, some less so, while others may not have been used but pertain to the subjects of electronics and electrotechnics.

absolute zero lowest possible temperature (-273.15° C).

accumulator a battery, or source of electric power, which can be recharged after it has been drained. An accumulator is usually charged by electric power obtained from a converter.

alternating current current which flows alternately first in one direction and then in the other.

ammeter an instrument for measuring electric current

amplifier a circuit which amplifies electric signals.

anode the diode connection which is connected to positive potential. Electric current will flow through the diode only if the anode is connected to the positive pole.

astable something is astable if its states are active but continuously alternate.

AVO meter an instrument for measuring electric current, voltage or resistance. The name was derived from the symbols for these quantities A, V and Ohm.

balanced circuit a circuit through which current is directed and divided in a manner resembling a seesaw (one side up, the other down, or balanced).

base the connection of a transistor through which the current by which the transistor is controlled is directed.

battery a source of electric power in which chemical energy (the energy stored in chemical compounds) is converted into electric energy. Once drained, the battery is useless, unless it is rechargeable.

bistable is something which can be in one of two stable states.

bit the smallest unit of computer information. It has two states, logically called 1 and 0.

capacitance the property of capacitors. It is measured in farads (F).

capacitor an element of a circuit which stores electric power so that the voltage at its contacts remains unchanged. The capacitor resists changes in voltage at its contacts.

cathode the contact of a diode which is connected to the negative pole. Current will flow through a diode only when the cathode is connected to the negative pole.

CD is a disk on which information (including music) can be stored in a digital form.

CD-ROM Is essentially a CD for recording computer information. One such dick can hold information equivalent to 300,000 typed pages. It can also store pictures, animated sequences, video clips and sound.

charged body is a body to which electric charge is given or from which it is taken.

chip miniature silicon plate on which an integrated electronic circuit has been made.

coil an electric conductor wound into a spiral to provide inductance or a magnetic field.

circuit diagram a diagram which shows how individual elements of the circuit are connected.

coulomb unit for measuring the quantity of electric charge.

compact disk see CD

computer a device capable of processing data or performing various operations with the data (i.e. calculating).

conductors substances which conduct electric current

converter a device which converts alternating current into direct current.

Darlington's circuit a circuit in which the current from the emitter of one transistor flows directly to the base of the other.

digital information information recorded by sequences of bits.

dynamo a generator of direct electric current.

diode a semiconducting element of a circuit through which current is conducted in only one direction.

direct current current which flows in only one direction

electric motor a device by which electric power is converted into mechanical force.

electric charge quantity of electricity. If something is charged, it means it contains unbalanced electricity.

electric circuit the path of electricity flow. Electric current can flow only if the circuit is closed, i.e. the positive pole of the battery, the conducting wire, the light bulb, the other conducting wire and the negative pole of the battery.

electric current directed and controlled movement of electric charge.

electric field a field around an electric charge inside which electric forces are active.

electrolyte a liquid which conducts electric current.

electrolytic capacitor an element which contains a liquid (electrolyte). Such capacitors usually have large capacitance (several microfarads). For electrolytic capacitors, the orientation is important. If connected the wrong way, they will be destroyed immediately.

electromagnet basically a coil through which electric current flows. Because it has the properties of a magnet when connected to electric power, it is called an electromagnet.

electron a negatively charged subatomic particle.

electronic computer a device with electronic circuits which can perform a great number of operations very quickly.

element a substance consisting of only one type of atom.

element of a circuit a component of the circuit.

emitter the contact on a transistor where the currents from the positive pole of the battery through the base and collector join.

energy the ability of something to perform work. Energy can change its form: mechanical into electric (in a generator), electric into thermal (in a heater), electric into light (in a light bulb), etc.

frequency number of changes per second.

generator a device which transforms mechanical energy into electric power. Generators are used in power plants where, for instance, the mechanical energy of water is transformed into electricity.

graphite a soft form of carbon. In electrotechnics, it is used for resistors and on sliding contacts. It is also in the core of pencils and in lubricants for lubricating machines.

high-frequency signals signals of a frequency higher than we can hear. Above 20 kHz.

induction the influence of a magnet on a conductor or coil in movement. Electric current is induced to flow through such conductors or coils when they are moving close to a magnet.

inductance a property of coils measured in henries (H).

insulators substances which do not conduct electricity.

integrated circuit a circuit in which a large number of elements (i.e. transistors, resistors, diodes) are concentrated on a silicon chip.

complex integrated circuits can contain several million transistors.

laser (abbreviation for Light Amplification by Simulated Emission of Radiation) is a device which emits a narrow and powerful stream of light of only one colour.

LED (Light Emitting Diode) a light diode

light diode a diode which emits light when current flows through it.

loudspeaker a device which changes electricity into sound.

low-frequency signal an audible signal, that is between 16 Hz and 20,000 Hz.

magnet matter which attracts iron, cobalt and nickel objects.

magnetic field the area surrounding a magnet.

microphone a device in which energy produced by sound is transformed into electricity.

microprocessor a very complex integrated circuit with a large number of logical circuits. By choosing states (commands) at certain connections, it is possible to "command" the circuit to do something with the states (data) located at other connections. Microprocessors are in fact the "brains" of all computers.

molecules the smallest amount of a substance which still has the properties of the substance.

monostable something (i.e. a circuit) which has only one stable state. If we change this state by external action, it will return to its original, stable, state.

NPN transistor a transistor which functions normally when its collector is connected to the positive pole and the emitter to the negative pole.

NTC (negative temperature coefficient) is a thermistor in which resistance drops as the temperature rises.

ohmmeter an instrument for measuring resistance.

oscillator a circuit which produces alternating current.

PNP transistor a transistor which functions normally when its emitter is connected to the positive pole and the collector to the negative pole.

pole the side of the magnet where the influence of magnetic forces is the strongest.

potentiometer a resistor with adjustable resistance. It is connected to the circuit so that both contacts of the resistor and the slider are connected.
protons subatomic particles with positive electric charge.

pulsating current a current which flows in only one direction and the voltage of which fluctuates.

RAM (random access memory) the working memory of a computer. In this memory, information can be written and read.

reed switch a tube with two metal reeds. When they are magnetised (by a magnet or electromagnet), they touch and let current flow.

relay a device with an electromagnet which attracts a plate of iron and thus couple's movable and fixed contacts. With relays, we use electric current to switch on other contacts.

resistance the property of resistors. It is measured in ohms (Ω).

resistor an element of a circuit which resists the flow of electric current. In it, electric current changes into heat.

feedback circuit the part of a circuit which directs part of the information from the output back to the input of the same circuit.

robot computer controlled machines.

ROM (read only memory) a memory chip from which data can only be read.

semiconductor a substance with the properties of both conductors and insulators. If processed and used the right way, they are conductors.

sensor an element in a circuit which changes an outer impulse into an electric impulse (i.e. humidity sensor).

stable a state which won't change by itself.

switch a circuit element with which we can disconnect the circuit.

thermistor a resistor in which resistance changes with temperature.

touch sensitive button a sensor which reacts to the touch.

transistor a semiconducting element which changes its resistance in response to electric impulses (current directed to its control contact).
universal instrument see AVO meter.

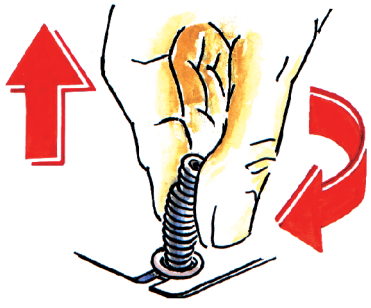
voltage divider a circuit consisting of two resistors. the output of the circuit is where they are connected.

voltmeter an instrument for measuring voltage (electric potential).

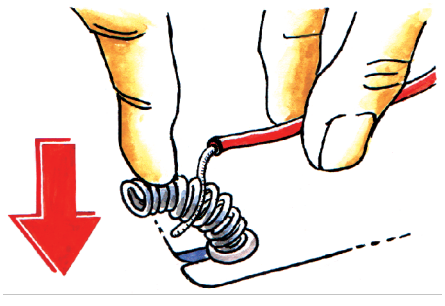
LIST OF ASSEMBLY PARTS

No.	LIST OF ASSEMBLY PARTS	Pcs
1	Galvanoscope	1
2	Microphone	1
3	Box of iron filings	1
4	Box with bolts and nuts	1
5	Screws M4 x 5	12
6	Nuts M4	16
7	Spring clip	30
8	Plastic base	1
9	Iron bar	1
10	Magnet	1
11	Coil (Solenoid)	1
12	Double threaded screw	1
13	Bell	1
14	Incandescent bulb holder	1
15	Stator (composed of 2 legs)	1
16	Iron core	1
17	Core sleeve	1
18	Armature	1
19	Rotor	1
20	Big metal bracket 60 x 12 mm	2
21	Pair of brushes	1
22	Earphone	1
23	Zinc plate (Zn)	1
24	Copper plate (Cu)	1
25	Screw M4 x 20	1
26	Plastic plate	1
27	Metal spade with a plastic handle	1
28	Angle 25 x 25 mm	4
29	Small metal bracket 38 x 12 mm	2
30	Resistor (rheostat)	1
31	Little hammer for the bell	1
32	Spanner with screwdriver	2
33	Insulated connecting	5
34	Compass	1
35	Bulb 12 V/0.05 A	1

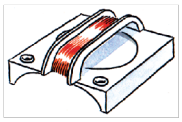
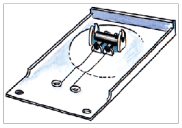
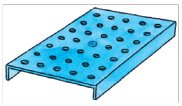
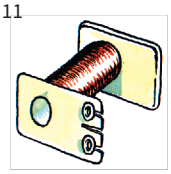
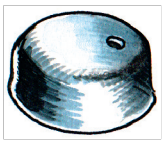
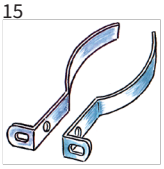
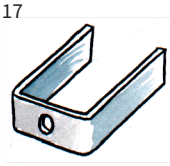
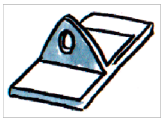
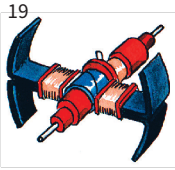
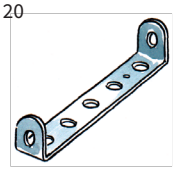
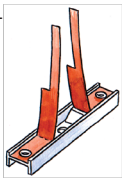
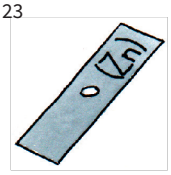
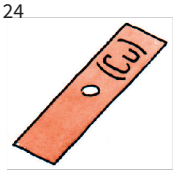
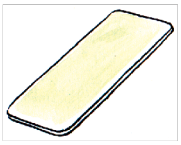
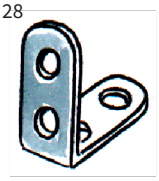
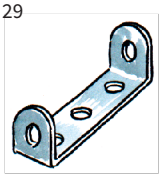
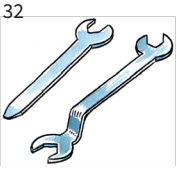
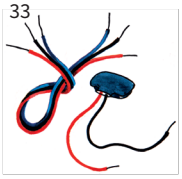
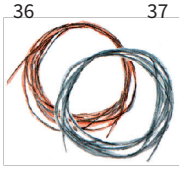
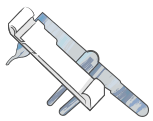
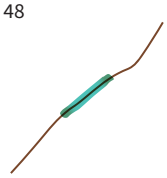
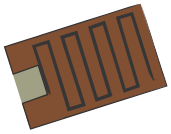
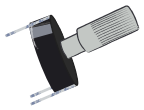
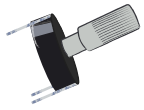
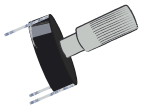
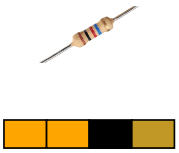
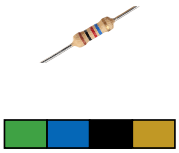
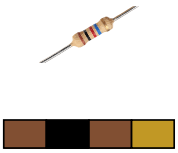
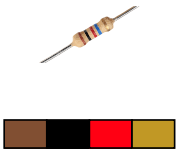
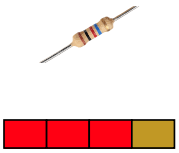
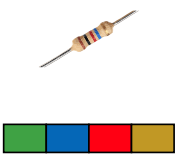
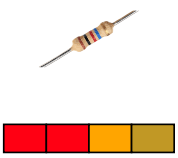
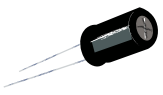
No.	LIST OF ASSEMBLY PARTS	Pcs
36	Copper wire	1
37	Constantan wire	1
38	Connector for 9 V battery	1
39	Base board	1
40	Switch	1
41	Relay coil	1
42	Transistor BC548	3
43	Red LED	1
44	Green LED	2
45	Loudspeaker 0.5 W, 8 Ω	1
46	Diode 1N4004	2
47	Thermistor NTC 10 kΩ	1
48	Reed relay	1
49	Humidity indicator	1
50	Potentiometer 100 Ω	1
51	Potentiometer 10 kΩ	1
52	Potentiometer 47 kΩ	1
53	Resistor 33 Ω, 0.5 W	1
54	Resistor 56 Ω, 0.5 W	1
55	Resistor 100 Ω, 0.5 W	1
56	Resistor 270 Ω, 0.5 W	1
57	Resistor 1 kΩ, 0.5 W	2
58	Resistor 2.2 kΩ, 0.5 W	1
59	Resistor 5.6 kΩ, 0.5 W	1
60	Resistor 22 kΩ, 0.5 W	3
61	Resistor 100 kΩ, 0.5 W	1
62	Ceramic capacitor 1.5 nF	1
63	Ceramic capacitor 10 nF	2
64	Ceramic capacitor 47 nF	1
65	Ceramic capacitor 100 nF	1
66	Electrolytic capacitor 100 µF/16 V	2
67	Electrolytic capacitor 1,000 µF/16 V	1
68	Conducting wire, 55 mm	4
69	Conducting wire, 100 mm	6
70	Conducting wire, 150 mm	4



The insertion of spring clips into the base board.



The insertion of wire into the spring clip.

1 	2 	3	4	5 6	7	8 
9	10	11 	12	13 	14	15 
16	17 	18 	19 	20 	21 	22
23 	24 	25	26 	27	28 	29 
30	31	32 	33 	34	35	36 37 
38	39	40 	41	42	43	44
45	46	47	48 	49 	50 	51 
52 	53 	54 	55 	56	57 	58 
59 	60 	61	62 1,5µF (152)	63 10µF (103)	64 47µF (473)	65 100µF (104)
66	67 	68 L = 55 mm	69 L = 100 mm	70 L = 150 mm		

ELECTRO PIONEER

273 Versuche zu Magnetismus, Elektrizität und Elektronik

Erforderlich eine 9V ⎓ IEC 6LR61-9V ⎓ Batterie (nicht enthalten)

HERAUSGEBER: LIVE MEHANO d.o.o. • Polje 9 • 6310 Izola • Slovenija

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG 355
MABEINHEITEN 356
GRUNDBAUSTEINE DER ELEKTROSCHALTUNG ..... 357 - 366
DER ELEKTRISCHE STROMKREIS ..... 367 - 410
ELECTROSTATIK ..... 411 - 416
MAGNETISMUS ..... 416 - 421
BATTERIEN UND ELEMENTE ..... 421 - 427
ELECTROMAGNETISMUS ..... 427 - 430
ELEKTROMAGNETEN IN DER TECHNIK ..... 430 - 433
GENERATOREN UND ELECTROMOTOREN ..... 433 - 434
WER IST DAS? 435
VOKABULAR ..... 436 - 438
VERZEICHNIS DER BAUTEILE ..... 439 - 440

RECHTE UND VERANTWORTUNGEN

Der Inhalt dieses Buches ist entsprechend des Gesetzes für Autorenrechte geschützt. Aus diesem Buch darf nichts kopiert, abgeschrieben, fotokopiert oder an andere Medien weitergeleitet werden ohne eine ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Trägers der Autorenrechte erhalten zu haben. Alle Versuche, die in diesem Buch beschrieben sind, wurden sorgfältig überprüft und getestet. Der Inhaber der Autorenrechte trägt keine Verantwortung für eventuell auftretende Materialschäden oder physische Verletzungen, die während des Experimentierens auftreten könnten.

WILLKOMMEN JUNGE LESERIN, WILLKOMMEN JUNGER LESER

Es freut uns, dass du dich entschlossen hast, durch unser Buch in die Welt der Elektronik einzutreten. Wir hoffen, dass dir das Zusammensetzen der Schaltungen Spaß machen wird. Allerdings soll dies nicht nur eine reine Spielerei sein. Mit dem Durchführen der Experimente und dem Durchlesen des Buches, wirst du dir Grundkenntnisse über Elektrizität aneignen, die dir auch im alltäglichen Leben nützlich sein werden. Habe keine Angst vor den Versuchen. Die Ergebnisse eines Versuchs sind mehr wert als tausend Meinungen von Fachleuten. Probiere alle deine Ideen aus! Wenn die Schaltung nicht funktionieren sollte, sei nicht enttäuscht. Überlege noch einmal und überprüfe alles noch einmal. Wenn du herausgefunden hast, was falsch gelaufen ist, und das Experiment funktioniert schließlich, hast du etwas Neues und Nützliches gelernt, dass du auch für spätere Experimente benutzen kannst. Alle Schaltungen, die in diesem Buch vorgeschlagen sind, sind so vorbereitet worden, dass du dich nicht verletzen oder größere Schäden anrichten kannst, abgesehen von eventuellen kleinen Kratzern an den Fingern. In diesem Buch wird eine große Zahl von verschiedenen Experimenten beschrieben. Einige sind so einfach, dass du gar keine Erklärung benötigst. Einige sind dagegen sehr kompliziert und du wirst am Anfang nicht vollständig verstehen, wie sie funktionieren. Verzweifle nicht! Vielleicht wird dir beim zweiten genaueren Durchlesen alles klar werden. Es ist auch nicht schlimm, wenn du dieses Experiment einfach überspringst und zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal versuchst. Gerade die Vielfalt der Experimente gibt allen Interessierten mit den unterschiedlichsten Kenntnissen über Elektronik die Möglichkeit, Neues zu lernen und etwas Angemessenes zu finden. Weil der Aufbau der Schaltungen so exakt beschrieben ist, kannst du das Buch eventuell auch als Handbuch in der Schule benutzen.

LIEBE ELTERN

Mit diesem Buch treten Sie mit ihrem Kind in die Welt der Elektronik ein. Wenn sie sich in dieser Welt schon auskennen, seien Sie dem jungen Forscher Ermunterung und Hilfe. Wenn aber diese Welt der Elektronik auch für Sie neu ist, so sollte es Ihnen ein Vergnügen sein, sich dem jungen Forscher anzuschließen. Die Welt der Elektronik ist voll von Entdeckungen, die auf junge genauso wie auf ältere ForscherInnen wartet.

Wir möchten noch einmal betonen, dass das Set so hergestellt ist, dass seine Anwendung sicher ist. Mit Absicht haben wir als Energiequelle eine Batterie vorgesehen, da die Stromenergie aus der Steckdose eine potentielle Gefahr darstellt, die besonders auf unerfahrene Anwender lauert.

DESHALB ERLAUBEN SIE IHREM KIND NICHT, MIT STROM AUS DER STECKDOSE ZU EXPERIMENTIEREN!
Die Anwendung eines Gleichrichters anstatt der Batterie ist in diesem Buch nicht erwähnt. Wenn sie selber schon Erfahrungen mit Elektronik und Elektrotechnik besitzen, so kann die Energiequelle auch ein Gleichrichter sein, jedoch ausschließlich unter ihrer Aufsicht. Die

WARNUNG FÜR ELTERN!

DAS KIND SOLL VOR DEM GEBRAUCH SORGFÄLTIG DIE ANWEISUNGEN LESEN UND SIE BERÜCKSICHTIGEN. DIE KOLLEKTION RICHTET SICH AN KINDER VON BEIDEN GESCHLECHTERN AB 9 JAHREN. AUS SICHERHEITSGRÜNDEN SIND ALLE VERSUCHE FÜR DIE SPANNUNG 9 V (BATTERIE 9 V IEC 6LR61) ANGEPASST. DURCHGEFÜHRT SOLLEN NUR DIEJENIGEN VERSUCHE, DIE IN DER ANLEITUNG GENAU ERLÄUTERT WERDEN. ES IST ERWÜNSCHT, DASS ALLE VERSUCHE IN IHRER GEGENWART DURCHGEFÜHRT WERDEN. BEWAHREN SIE DIE ANWEISUNGEN SORGFÄLTIG AUF, DA SIE WICHTIGE INFORMATIONEN ERHALTEN.

EN71: Magnet
WARNUNG: Nicht geeignet für Kinder unter 8 Jahren. Dieses Produkt enthält einen kleinen Magnet mit einem magnetischen Fluss von über 50 KG2mm. Verschluckte Magnete können im Darmsystem aneinanderhaften und so zu schweren Verletzungen führen. Sofort ärztliche Hilfe aufsuchen, wenn Magnete (-e) verschluckt werden.

EN62115:
WARNUNG: Nur für Kinder im Alter von 9 Jahren und älter geeignet. Anweisungen für Eltern sind enthalten und müssen beachtet werden. Dieses Produkt enthält lose Drähte. Die Drähte dürfen nicht in Steckdosen gesteckt werden. Experiment 97: Die Temperatur des Widerstands im Experiment 97 kann sich übermäßig erhöhen, aber die Anweisungen geben keinen Hinweis über mögliche Gefahren und enthalten keine Warnung. Die heiße Oberfläche der zugänglichen Teile, wie etwa die Oberfläche des Widerstands, der Batterien, der Wicklung und anderer elektronischer Komponenten darf während und nach dem Experiment nicht berührt werden. Stellen Sie sicher, dass sich heiße Oberflächen abgekühlt haben, sonst besteht Verbrennungsgefahr. Die Verpackung muss aufbewahrt werden, da sie wichtige Informationen enthält.

ACHTUNG

Vor Durchführung der Versuche alle Anweisungen genau lesen und durchführen. Der Baukasten darf nur von Kindern, die älter als 9 Jahre alt sind, benutzt werden. Die Versuche nur so durchführen, wie sie in der Anleitung genau erklärt sind. Keine wiederaufladbaren Batterien benutzen (d.h. ohne Nickel Kadmium). Nur Batterien des gleichen Typs benutzen, wie wir es angegeben haben. Wir empfehlen die Benutzung von Alkaline-Batterien. Die Batterien müssen mit den richtigen Polenseiten benutzt werden. Die Batterien immer im kompletten Satz wechseln; nicht verschiedene Typen (Alkaline- und Zinkkarbon- Batterien) oder alte und neue Batterien mischen und zusammen benutzen. Die Batterien sollten nur von einem Erwachsenen gewechselt werden. Leere Batterien sollten nicht im Batteriefach bleiben, sondern herausgenommen werden und in speziellen Abfallbehältern entsorgt werden (nicht in den normalen Müll werfen!). Falls der Experimentierkasten für längere Zeit nicht benutzt wird, die Batterie aus dem Fach entfernen. Die Batterien nicht in Kontakt mit Metallteilen kommen lassen, es kann eine Explosion auslösen. Batterien nicht ins Feuer werfen. Wiederaufladbare Batterien können nicht wiederaufgeladen werden.

ALLGEMEINE HINWEISE

Alle Bestandteile des Baukastens sind auf der letzten Seite mit Nummern und Abbildungen aufgeführt.
Vor dem Experimentieren muss man eine Flachbatterie mit 9 V (IEC 6LR61) anschaffen.
Jede Versuchsbeschreibung enthält die Nummern der Baukastenteile in der Reihenfolge, in der sie gebraucht werden.
Vor Beginn des Versuchs immer alle notwendigen Teile heraussuchen und in der richtigen Reihenfolge auf den Tisch legen.
Nach dem Versuch die Teile wieder ordentlich in den Kasten einsortieren.

EINLEITUNG

Die Nutzung der Entdeckungen aus dem Bereich der Elektronik veränderte die Welt in der wir leben gründlich. Seit der Entdeckung des Transistors ist noch nicht einmal ein halbes Jahrhundert vergangen und die Entdeckung der integrierten Schaltung noch keine dreißig Jahre alt. Die Anwendung der Elektronik fand in allen Bereichen unseres Lebens ihren Platz. Wenn du das nicht glauben magst, frage mal deine Großeltern, ob sie in ihrer Jugendzeit einen Fernseher oder ein Radio daheim hatten. Von Videorecordern, Computern, Kassettenrecordern und Fotoapparaten mit automatischer Einstellung ganz zu schweigen!

Bestimmt aber werden sie dir alle bestätigen können, dass die Anwendung der Elektronik ihr Leben sehr veränderte. Vielleicht werden einige sogar jammern, wie schön es einmal "ohne" war, aber mach dir darüber keine Gedanken. Auch ihnen wurde von den Großeltern das gleiche erzählt. Vielleicht wirst auch du später das gleiche sagen.
Die Elektronik veränderte und verändert unsere Lebensweise gründlich, deshalb verdient sie unsere Aufmerksamkeit. Das du dieses Buch liest, ist der Beweis dafür, dass auch du so denkst. Wie funktionieren aber Videorecorder, Computer, elektronische Armbanduhren, CD-Player? Die Antwort ist nicht leicht.

Bestimmt hast du daheim Legos. Wenn dich der kleine Bruder oder die kleine Schwester fragt, woraus das schöne Schloss, das Raumschiff oder das Haus gebaut ist, kannst du ihnen leicht antworten. Du hast eine Menge von einfachen Würfeln zusammengesteckt. Jeder für sich ist einfach, wenn du sie aber zu einer bestimmten Form vereinigst, entsteht etwas, was einem einzigen Lego-Stein überhaupt nicht ähnlich ist. Als du dein Meisterwerk zusammenbautest, bekamst du bestimmt keine grauen Haare bei der Frage, wie und woraus ein Lego-Stein hergestellt ist.

So in etwa ist es auch mit der Elektronik. Bei einer noch so verstrickten Schaltung können wir uns vorstellen, dass sie aus einer Menge sehr einfacher Schaltungen zusammengesetzt ist. Nicht einmal die größten Fachleute können genau sagen, wie eine komplizierte und umfangreiche Elektroschaltung funktioniert. Klar, dass du einen Fernseher bedienen und mit einem Gameboy spielen kannst. Dabei aber stört dich die Frage überhaupt nicht, wie die beiden Geräte funktionieren. So wie du für den Bau eines Schlosses aus Legos eine Menge kleiner Steine benötigst, so musst du auch für die Zusammensetzung einer komplizierten Schaltung zuerst eine Menge einfacher Schaltungen herstellen.

Dafür solltest du dieses Buch benutzen. Dadurch wirst du lernen, wie einfache Elektronikschaltungen funktionieren. Mit dem Wissen, welches du dir durch die Benutzung dieses Buches aneignest, wirst du auch in der Lage sein, dir eine schon etwas kompliziertere Elektronikschaltung zusammenzubauen.

Diese Anleitung umfasst 270 Versuche und theoretische Beschreibungen. Der Baukasten enthält alle notwendigen Bauteile zur Durchführung der Versuche. Man braucht außerdem noch ein paar Dinge, die man in jedem Haushalt findet, wie Papier, Nägel, Nähnadeln und Baumwollgarn, Alufolie, Stricknadeln, ein Taschenmesser, Reißnägel, Klebstoff, einen Kamm, ein Stück Glas, ein Wasserglas, Siegellack, ein Stück Holz, Metalldraht usw.

Der Baukasten ist für Jungen und Mädchen über 9 Jahre entwickelt. Man kann mit diesem Baukasten sowohl allein als auch in der Gruppe arbeiten. Er kann auch sehr erfolgreich in der Grundschule eingesetzt werden, obwohl er ursprünglich für das Experimentieren zu Hause, außerhalb der Schule, gedacht ist.

Da die Baukästen auch manchmal in Schulen benutzt werden, sind auch einige Versuche beschrieben, für die man noch einige zusätzliche Werkzeuge benötigt werden:
- Nr. 35 Glühlampe 12 V/0,05 A, Schraubfassung E10 (1 Stück für Versuch Nr. 207, 2 Stück für Versuch Nr. 209 und 210)
- Nr. 14 Glühlampenfassung E10H1 (1 Stück für Versuch Nr. 207, 2 Stück für Versuch Nr. 209 und 210)
- Nr. 38 Isolierte Batterieverbindung (1 Stück für Versuch Nr. 211, 230 und 260, 2 Stück für Versuch Nr. 212)

WIE DIE VERSUCHE DURCHGEFÜHRT WERDEN

Alle Versuche sind durchnummeriert. Man kann sie zwar auch unabhängig voneinander durchführen, aber es wird empfohlen, sie der Reihe nach durchzuprobieren.
Wie man das macht, wird nun am Beispiel des Versuchs 130/131 über die elektrische Klingel erklärt. Unter der Beschreibung stehen einige Zahlen. Sie bezeichnen die notwendigen Baukastenteile, deren Bilder und Namen in der Liste am Ende dieses Heftes aufgeführt sind. In diesem Fall sind es die Nummern: 5-6-7-8-11-12-13-16-17-25-28-31-33 usw. In dieser Reihenfolge sollte man die Teile heraussuchen. Dann hat man folgendes vor sich liegen:

4 x 8 = Sprungfedern
8 = Kunststoffsockel
6 x 5 = Schrauben
13 x 6 = Muttern
11 = Spule
12 = Gewindebolzen
13 = Glocke
16 = Eisenkern
17 = Kernmantel
25 = Einstellschraube
3 x 28 = Winkel 25 x 25 mm
31 = Hämmerchen für die Klingel
33 = isolierter Verbin

• 2 x 5 - bedeutet, man braucht zwei Bauteile Nr. 5
• (20) - eine Zahl in Klammern bedeutet, man braucht die gleichen Teile wie bei Versuch 20
• ein Blatt aus einem Notizbuch, ein Kamm - bedeutet, dass diese Teile nicht dazugehören und wir sie in jedem Haushalt bekommen.

Beispiel: Den Winkel mit Schraube und Mutter am Kunststoffsockel befestigen. Dann kommt der Eisenkern mit dem Kernmantel. Die Spule wird auf den Kern gesetzt usw. Alle Bauteile müssen festen Kontakt haben. Wenn etwas nicht richtig funktioniert, den Fehler suchen und beheben. Die elektrostatischen Versuche sollten vorzugsweise bei trockenem Wetter, vor allem im Winter und mit trockenen Händen durchgeführt werden.

Wir wünschen viel Spaß und Erfolg beim Experimentieren …

MABEINHEITEN

Da wir es in diesem Buch mit physikalischen Mengen zu tun haben werden, die in verschiedenen Maßeinheiten angegeben sind, zuerst etwas über unserem System der Maßeinheiten.

Überall auf der Welt, benutzen wir in der Technik das sogenannte SI-System der Maßeinheiten: SI - (franz.) = Systeme Internationale bzw. internationales System. In diesem System sind als grundlegende Einheiten die folgenden festgelegt:

Menge	Einheit	Abkürzung
Lange	meter	m
Masse	kilogramm	kg
Zeit	sekunden	s
Strom	amper	A
Tem eratur	kelvin	K
Lichtstarke	candel	cd
Stoffmenge	mol	mol

Alle anderen Einheiten sind aus den grundlegenden Einheiten abgeleitet und werden durch sie ausgedrückt. So ist zum Beispiel Volt eine abgeleitete Einheit. Die Verbindung zwischen den einzelnen abgeleiteten Einheiten ist nicht gerade einfach, sie genau zu erklären ginge über den Rahmen dieses Buches hinaus.

Eine Menge von Dingen, die sich um uns herum befinden, können wir auf eine bestimmte Weise ausmessen und ihnen so eine bestimmte Eigenschaft zuschreiben. Wir können die Länge eines Tisches ausmessen. Zu diesem Zweck benutzen wir ein Messinstrument (z. B. ein Lineal) auf dem sich eine Skala befindet, die in kleine Untereinheiten aufgeteilt ist. Die Einheit für das Messen der Lange ist ein Meter.

Sicher kennst du noch andere Einheiten. Die Masse wird in Kilogramm gemessen, die Zeit in Sekunden, der Inhalt von Behältern in Kubikmetern usw.

Oft haben wir es mit ausgemessenen Werten zu tun, die viel größer oder kleiner sind als die Grundeinheiten. In solchen Fällen benutzen wir Vorsilben, die uns sagen, wievielmal unsere Einheit kleiner oder größer als die Grundeinheit ist.
Für ausgemessene Werte, die nach ihrer Größe sehr viel größer sind als die Grundeinheit, benutzen wir folgende Vorsilben:

Vorsilbe	Kennzeichnung	Wert	Multipliziert man mit
kilo-	K	10^3	1.000
mega-	M	10^6	1.000.000
giga-	G	10^9	1.000.000.000
tera-	T	10^{12}	1.000.000.000.000

So hat z. B. 1 Kilometer 1.000 Meter, 101,6 Megahertz aber 101.600.000 Hertz bzw.

1 km = 1.000 m
101,6 MHz = 101.600.000 MHz

Für ausgemessene Werte, die nach ihrer Größe viel kleiner als die Grundeinheiten sind, benutzen wir folgende Vorsilben:

Vorsilbe	Kennzeichnung	Wert	Grundeinheit wird geteilt durch
mili-	m	10^{-3}	1.000
mikro-	µ	10^{-6}	1.000.000
nano-	n	10^{-9}	1.000.000.000
piko-	p	10^{-12}	1.000.000.000.000

So ist z. B. 1 Millimeter gleich 0,001 Meter, 10 Milliliter dann 0,01 Liter bzw.

1 mm = 0,001 m
10 ml = 0,01 1

GRUNDBAUSTEINE DER ELEKTROSCHALTUNG

DER ELEKTRISCHE STROMKREIS

Den elektrischen Strom kann man nicht hören, sehen oder riechen.

WANN LAUFT DER STROMKREIS? Dann, wenn wir elektrische Spannung haben und der Stromkreis geschlossen ist.
Stell dir mal vor, du hast auf dem Tisch ein Gefäß, das mit Wasser gefüllt ist und auch unter dem Tisch befindet sich ein Gefäß, jedoch leer. Wenn man mit einem Schlauch das obere Gefäß mit dem unteren verbindet, beginnt das Wasser durch den Schlauch zu fließen. Das Gefäß auf dem Tisch leert sich langsam, das untere aber füllt sich. Je größer der Durchmesser des Schlauchs ist, umso mehr Wasser fließt durch.

Angenommen es ist direkt über dem unteren Gefäß ein Rad angebracht. Wenn dieses klein und leicht ist, wird es schon vom kleinsten Wasserstrahl gedreht. Wenn aber das Rad größer ist, braucht es auch einen stärkeren Wasserstrahl, den man dadurch bekommt, dass man einen größeren Schlauchdurchmesser nimmt oder aber, dass man bei dem dünneren Schlauch das Gefäß vom Tisch nimmt und es auf einen (höheren) Schrank stellt.

Früher oder später entleert sich das obere Gefäß in das untere. Wenn man aber an das untere Gefäß eine Pumpe anschließt und mit der Hand in Betrieb setzt, wird das Wasser vom unteren Gefäß in das obere gepumpt. Die Experimente mit den Gefäßen, Schlauchen, Wasserrädern und der Pumpe, verdeutlichen, was sich alles im elektrischen Stromkreis abwickelt. Das erhöhte Gefäß stellt einen Batterieanschluss dar, unterschiedlich dicke Schläuche jedoch verschieden dicke Leitungen, durch welche ein stärkerer oder schwächerer elektrischer Stromkreis fließt. Die kleineren und größeren Wasserräder sind aber die Verbraucher der Stromenergie, zum Beispiel ein schwacher und ein stärkerer Elektromotor oder eine schwache oder stärkere Glühbirne. So wie beim größeren Wasserrad und beim dickeren Schlauch das obere Gefäß früher leer wird, so entleert sich auch die Batterie früher bei dickeren Leitern und stärkeren Elektromotoren.

Anstelle der Batterie benutzen wir als Quelle der elektrischen Energie einen Generator, so wie in den Kraftwerken. Im oberen Beispiel übernahm die Wasserpumpe die Rolle des Generators.
In unserem Beispiel mit den Gefäßen übernahmen der Reihe nach dem oberen Gefäß, der Schlauch, das Wasserrad und am Ende noch das untere Gefäß die Rolle des Stromkreises. Im elektrischen Stromkreis verläuft der Strom vom Anschluss, welcher mit dem Pluszeichen (+) gekennzeichnet ist, durch den Leiter, dann durch den Verbraucher der elektrischen Energie bis hin zum Negativanschluss (-).

Die Wirkung des elektrischen Stroms ist davon abhängig, was sich im elektrischen Stromkreis befindet. Wenn sich hier ein Elektromotor befindet, können wir die Drehungen der Achse beobachten. Bei einem Summer, hören wir den Laut. Wenn es eine Glühbirne ist, sehen wir die Helligkeit. Beispiele gibt es viele. Für die Herstellung aller elektrischen Schaltungen benutzt man Grundbausteine. Dies sind zum Beispiel Batterien, Leiter, Widerstände, Kondensatoren, Schalter, und Halbleiterelemente (Diode, Leuchtdiode, Transistor und integrierte Schaltung).

BATTERIE

Die Batterien sind Quellen der elektrischen Energie. Die Haupteigenschaft der elektrischen Energie ist die Spannung. Zu Ehren des italienischen Physikers Alessandro Volti nennt man die Maßeinheit für die Spannung Volt bzw. V. Das Symbol für Spannung ist U.

Die Spannung zwischen den Anschlüssen auf einem kleinen Batterieeinsatz, welchen man zum Beispiel in kabellosen Kassettenrecordern benutzt, betragt 1,5 V. Die Spannung zwischen den Anschlüssen an der Autobatterie (Akkumulator) ist jedoch 12 V. Die Spannung zwischen den Anschlüssen einer Flachbatterie ist 4,5 V.

Für Batterien und Akkumulatoren benutzt man das gleiche elektrische Symbol: einen langen dünnen Strich und parallel zu ihm noch einen dickeren Strich. Der dünne Strich stellt den positiven, der dickere den negativen Pol dar. Wenn man mehr Batteriezellen hintereinanderschaltet, bekommt man eine Batterie mit höherer Spannung. Eine Batteriezelle hat normalerweise 1,5 V. Also, in einer 9 V Batterie sind 6 Zellen verbunden, in einer von 4,5 V aber drei.

Die hintereinander verbundene Batteriezellen sind auf einer Schaltskizze so eigezeichnet, dass die dünnen und die dicken Striche in der Form eines Turms gezeichnet sind oder aber, dass zwischen den beiden Symbolen für die Batterie Punkte eingezeichnet sind. Die unterschiedlichen Symbole der Batterien und deren äußeres Aussehen sind auf der Bilder a und b dargestellt.
Kehren wir zum Vergleich mit den Gefäßen zurück; stell dir gefüllte Gefäße auf Treppen vor, die durch Schläuche miteinander verbunden sind. Aus dem obersten Gefäß fließt das Wasser durch die Schläuche in das jeweils untere, aus dem letzten Gefäß läuft das Wasser, das ja in allen Gefäßen vorhanden war, aber über. Die Hintereinanderschaltung der Batterien kannst du damit vergleichen.

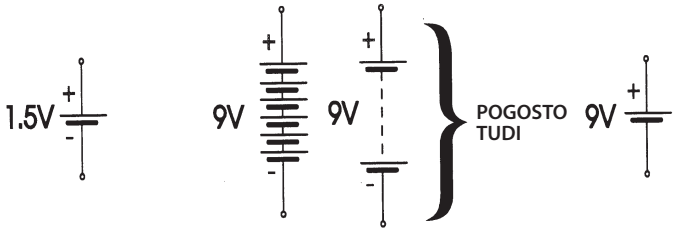


Bild a - Symbol für die Batterie

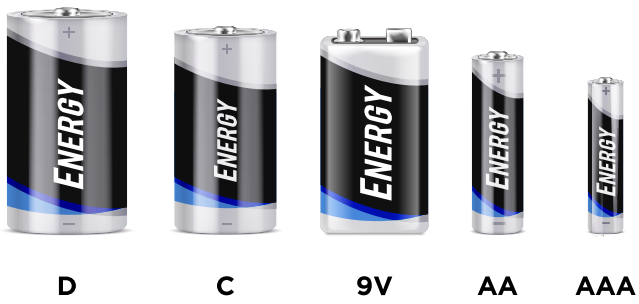


Bild b - Unterschiedliche Batterien

STROMLEITER

Mit den Stromleitern verbinden wir die einzelnen Bausteine der elektrischen Schaltungen im Stromkreis. In den Schaltplänen werden die Stromleiter durch Striche veranschaulicht. Wenn sich die Stromleiter untereinander nur kreuzen, dann kreuzen sich auch die Striche in dem Schaltplan. Wenn aber die Leiter untereinander verbunden werden sollen, ist dies mit einem Punkt auf dem Schaltplan gekennzeichnet. Wenn man die Leiter und die Bausteine parallel bindet, dann wird der Punkt nicht eingezeichnet. Das Kreuzen, der Kontakt und die Serienschaltung der Leiter sind im Bild c dargestellt.
Wenn wir die Leiter wieder mit dem Schlauchen vergleichen, gilt, dass durch dickere Leiter mehr Strom durchfließt. Die Drähte, die sich im Set befinden, sind ausreichend dick und in allen unseren Experimenten anwendbar. Damit der elektrische Strom nur in die Richtung fließt, in die er soll, sind die Drähte isoliert, die Isolierung ist nur an den Drahtenden entfernt.

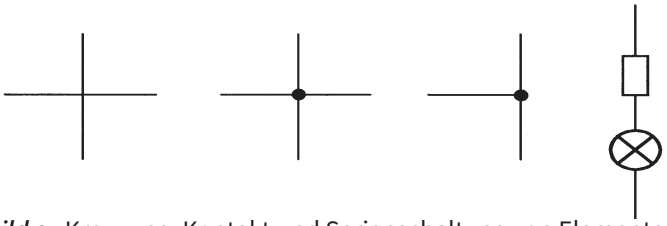


Bild c - Kreuzung, Kontakt und Serienschaltung von Elementen

DER SCHALTER

Den Schalter benutzen wir für zum Zumachen bzw. Schließen und Aufmachen bzw. Öffnen des elektrischen Stromkreises. Das äußere Aussehen und das Symbol eines Schalters sind auf der Bilder d und e dargestellt. Im Schaltplan ist auch eingezeichnet, ob ein Schalter geöffnet ist oder nicht.
Der elektrische Strom fließt durch den abgeschlossenen Stromkreis. Der elektrische Strom ist die Menge der Elektrik, die in einer Sekunde durch den Leiter fließt.
Mit einer Gleichung schreiben wir das so:

I=Q/t

In dieser Gleichung ist I Strom, Q aber die Strommenge, die den Leiter in der Zeit = t durchfließt.
Nach dem französischen Physiker Andre Ampere messen wir den elektrischen Strom in Ampere (A),
das Symbol für Strom ist I.

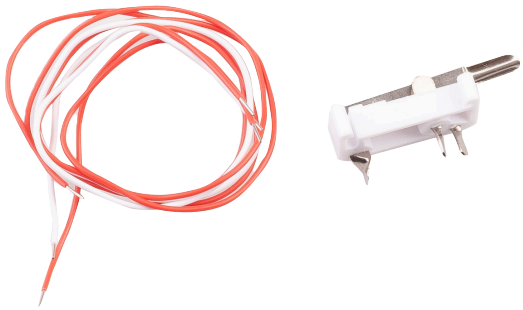


Bild d - Bild der Leiter und Schalter

Bild e - Elektrisches Symbol für Schalter

DER STROM

Wenn wir uns an die Gefäße mit dem Wasser erinnern, so erinnern wir uns auch, dass die Wassermenge im oberen Gefäß die Menge des Stroms darstellt, welcher in der Batterie gespeichert ist. Durch einen dickeren Schlauch fließt mehr Wasser bzw. stärkerer Strom. Natürlich entleert sich die Batterie bei stärkerem Strom schneller. Das gleiche gilt für die Batterie und die Glühbirne: ist die Glühbirne stark, fließt bei gleicher Spannung durch sie ein stärkerer Strom. Die Glühbirne leuchtet zwar heller, jedoch entleert sich die Batterie schneller als wenn man eine schwächere Glühbirne benutzt.
Auch das Wasser im Fluss stellt einen Strom dar. So wie das Wasser unter der Brücke immer in die gleiche Richtung durchfließt, so fließt auch der Gleichstrom durch den Leiter immer in der gleichen Richtung.

DER WECHSELSTROM

Stell dir vor, du beobachtest einen Wasserstrom in einer Enge zwischen einer Bucht und dem offenen Meer. Was passiert zwischen den Gezeiten? Wenn auf dem offenen Meer wegen der Flut der Wasserspiegel sehr hoch ist, fließt das Wasser in die Bucht. Wenn der Wasserspiegel auf dem offenen Meer wegen der Ebbe niedrig ist, fließt das Wasser aus der Bucht in das offene Meer. Wegen der Gezeiten fließt das Wasser in der Buchtenge zuerst in die eine Richtung, später aber in die Gegenrichtung. Wir können sagen, dass durch die Buchtenge wechselnder Strom fließt.
Auch durch die Stromleiter fließt der elektrische Strom einmal in die eine und einmal in die andere Richtung. Einen solchen Strom nennen wir Wechselstrom.
Obwohl der elektrische Strom aus der Batterie immer nur in eine Richtung fließt, werden wir in unseren Schaltungen Beispiele antreffen, wo durch einige Elemente in der Elektroschaltung der Strom zuerst in die eine, dann in die andere Richtung fließt. Mit anderen Worten ausgedrückt, durch die Elemente wird Wechselstrom fließen.

DIE FREQUENZ

Beim Wechselstrom können wir feststellen, wievielmal in der Sekunde die Richtung des Stroms wechselt. Die Anzahl der Richtungsveränderungen in einer Sekunde nennen wir Frequenz. Nach dem deutschen Physiker Heinrich Hertz, welcher dem Strome des Wechselstroms untersuchte, nennen wir die Einheit für Frequenz Hertz (Hz).
Erinnerst du dich an das Kapitel, in dem wir über die grundlegenden Maßeinheiten sprachen. Dort erwähnten wir, dass man alle Maßeinheiten aus den Grundeinheiten ableiten kann. Unter den Grundeinheiten gibt es aber keine Einheit für die Frequenz. Und wie kann man sie aus den Grundeinheiten ableiten? Die Frequenz ist die Anzahl der Veränderungen in der Sekunde. Deshalb gibt es für die "Anzahl der Veränderungen" keine Einheit, für die Sekunde aber haben wir eine Grundeinheit. Frequenzeinheit können wir ausdrücken als:
Einheit für Frequenz = Einheit für die Anzahl der Veränderungen / Einheit für Zeit

Hz=1/s

Dies war ein Beispiel der einfachen Verbindung zwischen den Einheiten der Maßsysteme. Zu einigen anderen Einheiten (z.B. Volt oder Ohm) ist der Weg nicht so einfach.
Wenn irgendein Wechselsignal eine niedrige Frequenz aufweist, dann sagen wir, dass dies ein "Niederfrequenz-Signal" (NF-Signal) ist. Der elektrische Strom, welcher durch die Spannungsspule in den Lautsprechern fließt, ist ein niederfrequenter. Der Ton, den wir hören, hat eine Frequenz zwischen 16 und 20 Hz. Die elektrischen Signale solcher Frequenzen nennen wir niederfrequente Signale. Auch der Strom, welcher durch den Antennenleiter zwischen Antenne und Fernseher fließt, ist niederfrequent.
Wenn wir es in unseren Schaltungen mit Wechselsignalen zu tun haben werden, so werden dies niederfrequente Signale sein.

WIDERSTAND

Ein Widerstand besteht gewöhnlich aus einem Keramikröhrchen, auf welchem eine Widerstandsschicht (z. B. Graphit oder Metall) angebracht ist. Am Ende des Röhrchens sind zwei kleine Drähte angebracht, mit denen man den Widerstand mit der Schaltung verbindet. Das äußere Aussehen und das elektrische Symbol für den Widerstand sind auf die Bilder f und g dargestellt.
Wenn wir die Eigenschaften des Widerstands mit dem Verhalten der Flüssigkeiten vergleichen, dann müssen wir uns den Widerstand als eine Verengung im Schlauch, durch den die Flüssigkeit fließt, vorstellen. Je enger der Schlauch wird, desto schwieriger wird die Flüssigkeit durch die Verengung fließen.
Der Fluss durch den Widerstand ist von der Spannung an den Anschlüssen und von der Widerstandsfähigkeit - dem Widerstandswert - des einzelnen Widerstands abhängig. Je höher die Spannung ist, je mehr Strom fließt durch den Widerstand. Bei gleicher Spannung fließt mehr Strom durch einen Widerstand mit kleinerem Widerstandswert. Die Bedeutung der oberen Aussage können wir mit einer Gleichung so darstellen:

I =U/R

wobei das I der Strom durch den Widerstand, das U die Spannung an den Anschlüssen des Widerstands und das R der Widerstandswert ist. Die Gleichung können wir auch in einer anderen Form niederschreiben:

U=IxR

Nach dem deutschen Physiker Georg Simon Ohm, der die Verhältnisse zwischen Strom, Spannung und Widerstand im elektrischen Stromkreis erforschte, nennen wir dieses Gesetz das Ohmsche Gesetz. Die Maßeinheit für den elektrischen Widerstand ist Ohm, welche wir ansonsten mit dem griechischen Buchstaben Omega (Ω) kennzeichnen. So wie bei den anderen Einheiten, verwenden wir hier bei größeren Werten auch die Vorsilben Kilo- und Mega-: 1 Kiloohm sind tausend Ohm, 1 Megaohm aber eine Million Ohm.
Da die Widerstände von ihrer Größe her eher winzig sind, könnten auf ihnen aufgedruckte Zahlen leicht weggewischt oder beschädigt werden und das Ablesen wäre dann schwierig. Deshalb sind die Werte der Widerstände mit Farbringen gekennzeichnet.

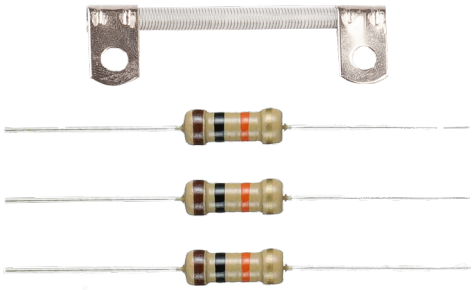


Bild f - Widerstände

Bild g - Elektrische Symbol für das Widerstand

UND WIE LESEN WIR DIE KENNZEICHNUNGEN?

Den Widerstand nehmen wir so in die Hand, dass die Farblinien näher am linken Rand des Widerstands sind. Wenn auf dem Widerstand mehrere Linien eingezeichnet sind, dann sollte die breiteste Linie rechts sein. Auf dem Widerstand können sich drei oder fünf Linien befinden. Wenn es mehr als drei Linien sind, bedeutet die rechte Linie die Herstellungsgenauigkeit. Wenn wir auf dem Widerstand drei oder vier Linien haben, stellen die ersten zwei Zahlen dar, die dritte aber die Zahl das Nullen, die man zu den abgelesenen Zahlen dazuzählen muss. Gibt es aber fünf Linien, sind die Zahlen mit den ersten drei Linien angegeben, die vierte bestimmt dann die Zahl das Nullen.

Die Farben bedeuten:

0	Schwarz	
1	Braun	
2	Rot	
3	Orange	
4	Gelb	
5	Grün	
6	Blau	
7	Violett	
8	Grau	
9	Weiß	

Mit den gleichen Farben wird auch die Anzahl des Nullens, die man zu den abgelesenen Zahlen dazuzählen muss, angegeben.

0	keine	
1	eine	
2	zwei	
3	drei	
4	vier	
5	fünf	
6	sechs	
7	sieben	
8	acht	
9	neun	

Bei der Bezeichnung von Widerständen, die kleiner als 10 Ohm sind, ist der abgelesene Zahlenwert schon zu hoch.
In diesem Fall muss man den erhaltenen Zahlenwert durch zehn oder hundert teilen.

teile durch zehn	Gold	
teile durch hundert	Silber	

Der letzte (vierte bzw. fünfte) Ring sagt uns, wie genau der Widerstand hergestellt ist. Wenn in einer Fabrik Widerstände (oder irgendwelche anderen Elemente) hergestellt werden, sind die Produkte untereinander nicht vollkommen gleich. So unterscheiden sich alle Widerstände, die den gleichen Widerstandswert besitzen sollen, um eine Winzigkeit. Wenn wir eine Schachtel voll von Widerständen nehmen, zum Beispiel 100 Ω und sie mit einem entsprechenden Instrument auf ihren Widerstand messen, stellen wir fest, dass sich die gemessenen Werte ein wenig voneinander unterscheiden. Bei der exakteren Herstellung unterscheiden sich diese Widerstandswerte weniger, bei nicht so exakter Herstellung jedoch mehr. Du kannst dir vorstellen, dass deshalb die exakteren Elemente auch teurer sind. In Hinblick auf den Einsatz und den Preis der Elemente muss der Benutzer selbst entscheiden, wie exakt hergestellte Elemente er benötigt.
Der Hersteller der Widerstände sichert oft die Genauigkeit der Produkte zu. Wenn auf dem Widerstand die Exaktheit der Herstellung angeführt ist, so ist diese mit den unten angeführten farbigen Kennzeichnungen markiert.

± 10%	Silber	
± 5%	Gold	
± l%	Braun	
± 2%	Rot	
± 0,5%	Grün	
± 0,25%	Blau	
± 0,1%	Violett	
± 0,05%	Grau	

So besitzt zum Beispiel ein Widerstand, der den Widerstandswert von 100 Ω hat und mit einer Genauigkeit von ± 10% hergestellt wurde, einen Widerstandswert von bestimmt zwischen 90 und 110 Ω.
Sehen wir uns einige Beispiele an:

Ein Widerstand mit drei Linien: Braun, Schwarz, Rot.
Der Wert beträgt: eins, Null, zwei Nullen: 1.000 Ω.

Ein Widerstand mit vier Linien: Orange, Orange, Orange, Gold.
Der Wert beträgt: drei, drei, drei Nullen: 33.000 Ω bzw. 33 k Ω.
Die Genauigkeit beträgt ± 5%.

Ein Widerstand mit fünf. Linien: Rot, Schwarz, Grün Gold (breit), Rot.
Der Wert beträgt: zwei, Null, fünf, durch zehn: 20,5 Ω.
Die Genauigkeit beträgt: ± 2%.

Wenn wir einen stärkeren Widerstand benötigen, dann hat dieser üblicherweise größere Maße. Sehr starke Widerstände sind so hergestellt, dass auf dem Keramikröhrchen ein Widerstandsdraht aufgewickelt ist. In unseren Schaltungen werden wir solche Widerstände nicht anwenden.
Manchmal benötigen wir einen Widerstand, dessen Wert wir mit Leichtigkeit verändern können. Nehmen wir an, dass wir auf dem Widerstand einen Gleitkontakt haben. Wenn wir den Kontakt verschieben, so verändert sich zwischen einem der Anschlüsse und dem Gleitkontakt der Widerstand. Solche veränderlichen Widerstände nennen wir Spannungsleiter (Potentiometer). In den Spannungsleitern befindet sich die Widerstandsschicht auf einer kleinen Platte in Ringform. Der Gleiter ist auf einer drehbaren Achse befestigt. Ein Beispiel zur Anwendung eines Potentiometers haben wir in der Schaltung, mit der man die Lautstarke eines Empfangsgerätes einstellen kann.
Da das Gehäuse des Potentiometers groß genug ist, ist der Widerstandswert mit Zahlen auf das Gehäuse des Potentiometers geschrieben, zum Beispiel 50 K (50 Ω).
Wenn wir das Potentiometer als veränderlichen Widerstand anwenden wollen, gliedern wir ihn so in die Schaltung, dass wir eine End- und eine mittlere Klemme benutzen, auf die der Gleiter des Potentiometers angeschlossen ist. Wenn die Achse des Potentiometers so verdreht ist, dass der Gleiter des Potentiometers ganz nah an dem Anschluss ist, der benutzt wird, ist der Widerstandswert zwischen den Anschlüssen und dem Gleiter sehr niedrig; wir können ohne weiteres sagen, dass sie gleich Null ist. Wenn sich der Gleiter des Potentiometers ganz nah an dem Ende des Potentiometers befindet, welcher nirgendwo angeschlossen ist, ist zwischen dem Gleiter und dem verwendeten Anschluss des Potentiometers die Widerstandsschicht mit ihrer ganzen Lange vorhanden. Dann ist der Widerstandswert zwischen dem Gleiter und dem benutzten Potentiometer Anschluss die größtmögliche für dieses Potentiometer. Das ist der Widerstandswert, der auf dem Gehäuse des Potentiometers angeführt ist.

FARBE	nr. 1	nr. 2	nr. 3	MULTIPLIKATOR	TOLERANZ
SILBER	-	-	-	10^{-2}	10 %
GOLD	-	-	-	10^{-1}	5 %
SCHWARZ	0	0	0	1	-
BRAUN	1	1	1	10^{1}	1 %
ROT	2	2	2	10^{2}	2 %
ORANGE	3	3	3	10^{3}	-
GELB	4	4	4	10^{4}	-
GRÜN	5	5	5	10^{5}	5 %
BLAU	6	6	6	10^{6}	0,25 %
VIOLETT	7	7	7	10^{7}	0,1 %
GRAU	8	8	8	10^{8}	0,05 %
WEISS	9	9	9	10^{9}	20 %

Wenn wir das Potentiometer als veränderlichen Widerstand benutzen, werden nur zwei Anschlüsse angewendet: der mittlere und einer von denen am Ende. Deshalb wird in Schaltplänen ein solcher veränderlicher Widerstand häufig mit einem schräg darüber gezeichneten Pfeil gekennzeichnet. Im Allgemeinen gilt: Wenn ein Pfeil über dem Symbol eines Elements eingezeichnet ist, heißt dies: das Element ist veränderlich.
Auf dem Bild h ist eine schematische Verdeutlichung eines Potentiometers sowie eines Potentiometers dargestellt, der als veränderlicher Widerstand verwendet ist.

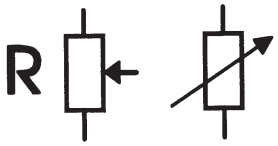


Bild h - Symbol für das Potentiometer

KURZSCHLUSS

Der Widerstandswert eines Drahtes ist, im Vergleich zum Widerstandswert irgendeins anderen Elements in der Schaltung, unbedeutend klein, wir können auch sagen: gleich Null.
Wenn wir parallel zu irgendeinem Element Draht geben, fließt deshalb der elektrische Strom lieber durch die Drähte als durch das Element. Man sagt dazu auch: der elektrische Strom hat den für ihn einfachsten Weg bzw. den "kürzesten" Weg genommen. Deshalb nennen wir diesen Verbindung Kurzschluss.
Auch eine Umschaltung, die wir durch Tastendruck oder die Betätigung eines Schalters vornehmen, nennen wir Kurzschluss.

GEÖFFNETE KLEMMEN

Wenn wir an einer Stelle die Schaltung unterbrechen, hört der bestehende Weg auf, auf dem der elektrische Strom weiterfließen könnte, denn durch die Luft kann der elektrische Strom nicht fließen. Eine solche Stelle nennen wir geöffnete Klemmen. Wenn nur ein Anschluss irgendeines Elements in der Luft hängt, kann durch dieses Element der elektrische Strom nicht hindurchfließen.

DIE MASSE

Wir werden in diesem Buch auch öfters den Begriff "Masse" benutzen. In der Elektrotechnik stellt dieser Begriff einen Teil der Schaltung dar, welcher mit einem Draht an den negativen Anschluss der Batterie angeschlossen ist. Zum Beispiel beim Auto; von jedem Leiter, der an das Fahrgestell bzw. an das Chassis angeschlossen ist, sagen wir, dass er an die Masse angeschlossen ist. In unseren Schaltungen wird der Begriff "Masse" bedeuten, dass dieses Teil an den negativen Batterieanschluss angeschlossen ist.
Gewöhnlich werden die Spannungen zwischen einem bestimmten Punkt und der Masse gemessen bzw. dem negativen Batterieanschluss. Also, wenn irgendwo geschrieben steht, dass auf dem Kollektor 9 V ist, bedeutet dies, dass die Spannung zwischen diesem Kollektor und der Masse bzw. dem negativen Batterieanschluss gemessen wurde. Das Symbol der Masse ist auf dem Bild i aufgezeichnet.

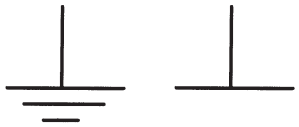


Bild i - Symbol für die Masse

KONDENSATOR

Der Kondensator ist aus zwei parallelen Platten hergestellt, zwischen denen sich eine Schicht befindet, die den elektrischen Strom nicht leitet. Damit der Kondensator in seinen äußeren Dimensionen kleiner ist, ist er so ähnlich wie ein Papierhandtuch zusammengefaltet oder gewickelt. Die Fähigkeit des Kondensators, eine bestimmte Menge von Elektrizität aufzunehmen, nennen wir Kapazität. Nach dem englischen Chemiker und Physiker Michael Faraday nennen wir die Einheit für die Kapazität "Farad" (F). Das Symbol für die Kapazität ist ein großes C. Ein Farad ist eine sehr große Einheit, deshalb verwenden wir öfters kleinere Einheiten: ein Mikrofarad (μF) ist der millionste Teil eines Farads, ein Nanofarad (nF) ist dagegen tausendmal kleiner als ein Mikrofarad. Der Zahlenwert der Kapazität ist am häufigsten einfach mit Ziffern auf den Kondensator selbst aufgeschrieben.
Wie würden wir eigentlich den Kondensator bei unseren Wasserexperimenten veranschaulichen? Wenn wir am Ende des Schlauchs einen leeren Ballon befestigen, so füllt er sich mit Wasser. Wenn wir den Schlauch entfernen, beginnt das Wasser aus dem Ballon herauszuspritzen. Je großer der Ballon, umso mehr Wasser geht hinein. Wenn das obenstehende Gefäß auf einen höheren Platz gestellt wird, geht in den Ballon ebenso viel mehr Wasser hinein.
Beim Kondensator konnten wir sagen, dass die Höhe des oberen Gefäßes der Spannung an den Klemmen des Kondensators entspricht, die Größe des Ballons ist die Kapazität, die Wassermenge, die wir in den Ballon bitten können, ist aber die Elektrik. Die Kapazität des Kondensators ist:

C=Q/U

wobei Q die Elektrizität (in Coulombs, C) ist, welche auf den Platten des Kondensators ist und U die Spannung an den Klemmen des Kondensators (in Volts, V).

Wenn ein Kondensator eine größere Kapazität besitzt, geht in ihn bei gleicher Spannung mehr Strom hinein. Die Kondensatoren, die wir in unseren Versuchen verwenden werden, haben unterschiedliche Formen und Größen. Die einen haben die Form kleiner Tabletten, auf deren beiden Seiten kleine Drähte angebracht sind. Dies sind keramische Kondensatoren. Andere haben die Form kleiner plastischer Zylinder oder Würfel. Diese Kondensatoren haben im Innern zusammengewickelte Folien und sind im Gehäuse eingegossen. Die dritte Ausführung sind die elektrolytischen Kondensatoren. Für sie ist charakteristisch, dass es nicht egal ist, wie wir sie anschließen. Auf dem Gehäuse des elektrolytischen Kondensators ist extra angeführt, welcher Anschluss an die positive und welcher an die negative Spannung in der Schaltung angeschlossen werden muss.
Auf dem Gehäuse des elektrolytischen Kondensators ist auch angeführt, was für eine Spannung er verträgt. Wenn wir ihn an eine größere Spannung anschließen, kann er sehr schnell kaputtgehen.
Die elektrolytischen Kondensatoren haben eine Kapazität von mehreren Mikrofarad.
Das Aussehen sowie die schematische Darstellung eines einfachen und eines elektrolytischen Kondensators sind auf der Bilder j und k dargestellt.

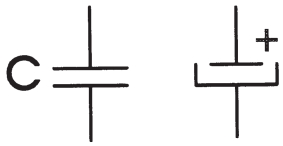


Figure j - Symbol eines einfachen und eines elektrolytischen Kondensators

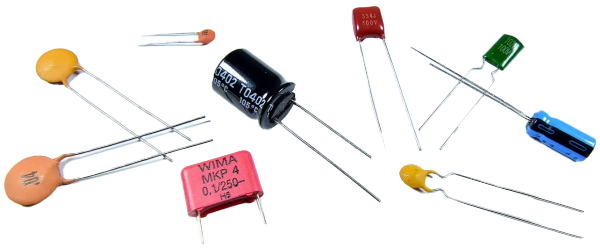


Bild k - Kondensatoren

SPULE

Die Spule ist genaugenommen ein langer Draht, der auf einen Träger aufgewickelt ist. Wenn durch die Spule Strom fließt, benimmt sie sich wie ein Magnet. Dies können wir sehr schon dadurch sehen, dass die Spule, durch die Strom fließt, kleine Eisenstücke an sich zieht, z. B. Drahtreste, kleine Muttern und Schrauben.
Die Spule widersetzt sich der Veränderung des Stroms, der durch sie fließt. Ähnlich verhält sich auch ein langer gewickelter Schlauch, durch welchen Wasser fließt. Wenn der Schlauch lang ist, befindet sich darin viel Wasser. Sobald wir den Schlauchanfang vom Wasserhahn entfernen, läuft das Wasser noch einige Zeit heraus, erst später beruhigt es sich und hört auf zu fließen.
Die Eigenschaft der Spule ist die Induktivität. Zu Ehren des englischen Physikers Joseph Henry benennen wir die Einheit für die Induktivität Henry (H). Das Symbol für die Induktivität ist der Großbuchstabe L. Die Spule und ihr elektrisches Symbol sind auf der Bilder l und m dargestellt.

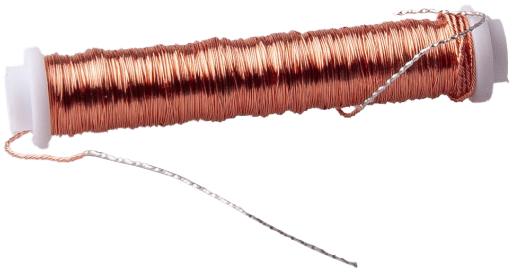


Bild l - Spule

Bild m - Das Symbol der Spule

THERMISTOR

Der Thermistor ist eine besondere Ausführung eines Widerstandes. Für ihn ist charakteristisch, dass sich sein Widerstandswert sehr verändert, wenn wir ihn erwärmen.
In Hinblick darauf, ob sich der Widerstand beim Erwärmen verringert oder vergrößert, sagen wir, dass der Thermistor einen negativen oder positiven Temperaturkoeffizienten hat. Der Widerstandswert des Thermistors wird mit Zimmertemperatur (20° C) angegeben.
In unserem Set befindet sich ein Thermistor, bei dem der Widerstand mit der Erwärmung fällt.
Äußerlich sind die Thermistore den keramischen Kondensatoren sehr ähnlich. Der Widerstand ist mit Zahlen oder mit Farben so gekennzeichnet, dass die erste Farbkennzeichnung auf dem Platz ist, der sich gegenüber den Anschluss Drähten befindet.

Der Thermistor und sein elektrisches Symbol sind auf die Bilder n und o dargestellt.

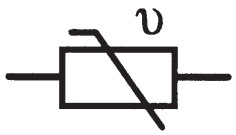


Bild n - Symbol des Thermistors

Bild o - Thermistor

GLÜHBIRNE

In dem vorliegenden Set befindet sich auch eine Glühbirne, die wir in unseren Versuchen verwenden werden. Die Glühbirne, ihre Fassung sowie ihr Symbol sind auf die Bilder p und s dargestellt.

Die Glühbirne mit den eingebauten Glühfarben ist eine Erfindung, mit welcher ungefähr zur gleichen Zeit zwei Erfinder berühmt wurden: der Amerikaner Thomas Alva Edison und der Engländer Sir Joseph Wilson Swan.

Bild p - Das Symbol der Glühbirne

HALBLEITERDIODE

Die Halbleiterdiode nützt die Eigenschaften der Stoffe aus, welche den elektrischen Strom nur unter bestimmten Bedingungen leiten.

Charakteristisch für Halbleiterdioden ist, dass sie den Strom nur in eine Richtung leiten, in die andere aber nicht. Deshalb müssen wir beim Anschließen der Diode in die Schaltung darauf achten, die Diode in die entsprechende Richtung zu drehen. Auf der Diode ist besonders gekennzeichnet, in welche Richtung sie den Strom leiten wird. Den positiven Anschluss der Diode nennen wir Anode, den negativen dagegen Kathode. Durch die Diode fließt der elektrische Strom dann, wenn wir die Anode an den positiven, die Kathode aber an den negativen Pol der Batterie anschließen.
Wenn die Diode in der Form eines kleinen Zylinders hergestellt ist, ist gewöhnlich die Kathode mit einer Farblinie gekennzeichnet oder es ist auf dem Körper der Diode das Dioden Symbol aufgezeichnet.
Eine besondere Variante der Dioden sind die Leuchtdioden. Wenn durch eine Leuchtdiode Strom fließt, so leuchtet diese, wie ja schon der Name sagt. Die Leuchtdioden sind so hergestellt, dass sie unterschiedliche Leuchtfarben abgeben, so zum Beispiel rote, grüne oder gelbe. Bei den Leuchtdioden ist der Kathodenanschluss kürzer, der Gehäusering der Diode ist aber an der Kathodenseite abgeschnitten. Die unterschiedlichen Dioden-Typen, die Leuchtdioden und die entsprechenden Elektrosymbole sind auf der Bilder r und s dargestellt.

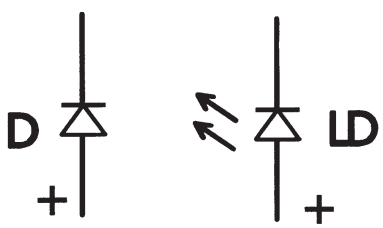


Bild r - Symbol einer Diode und einer Leuchtdiode

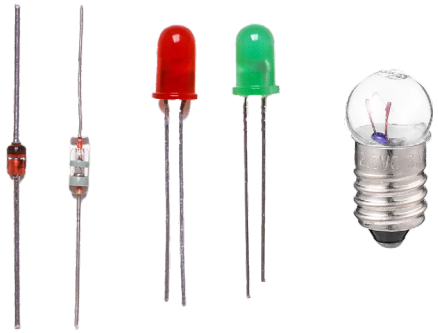


Bild s - Darstellung von Glühbirnen und Dioden

TRANSISTOR

Der Transistor ist ein Ergebnis der Forschungsarbeit in den Forschungslaboratorien des amerikanischen Unternehmens Bell. Er wurde im Jahre 1948 von Walter H. Brattain, John Bardeen und William Shockley erfunden. Die Erfindung des Transistors löste eine Lawine unaufhaltsamer Entwicklung in der Elektronik aus, deren Zeugen wir auch noch heute sind.

Der Transistor ist ein Halbleiterelement mit drei Anschlüssen. Charakteristisch für ihn ist, dass sich sein Widerstandswert in der Abhängigkeit vom Strom, welcher durch das Lenkradschloss fließt, sehr ändert.

Wie lässt sich das Verhalten des Transistors mit der Umfüllung des Wassers durch den Schlauch deutlich machen? Nehmen wir einmal an, dass an dem Schlauch ein Ventil angebracht ist. Eine Schließfeder halt das Ventil zu. An der Achse des Ventils ist ein langer Hebel angebracht, an weichem sich ein kleines Gefäß mit einem Loch befindet, durch welches das Wasser abfließen kann. Mit einem kleinen Schlauch führen wir aus dem oberen Gefäß (das ja bei allen unseren Beispielen eine Rolle spielt) dem kleinen Gefäß das Wasser zu. Das kleine Gefäß füllt sich und der Hebel bewegt sich langsam und öffnet so das Ventil des dickeren Schlauchs. Durch diesen Schlauch kann jetzt viel mehr Wasser fließen. Wenn wir den kleinen Schlauch schließen, fließt aus dem kleinen Gefäß das Wasser aus, die Sperrfeder dreht den kleinen Hebel um und das Ventil schließt sich. Mit einer kleinen Wassermenge können wir den Wasserdurchfluss durch den dickeren Schlauch regulieren.
Den dickeren Schlauch schließen wir ans Ventil des Reservoirs an. Diese Stelle am Ventil nennen wir "Kollektor". Den Wasserdurchfluss in dem dickeren Schlauch regulieren wir so mit dem Wasserdurchfluss aus dem dünneren Schlauch zu dem kleinen Gefäß. Das kleinere Gefäß nennen wir "Basis". Aus unserem Ventil und dem kleinen Gefäß fließt das Wasser in ein gemeinsames Gefäß (wir nennen es "Emitter"), von Kier aus fließt das Wasser in das untere, in das Sammelgefäß.
Bei dem Halbleitertransistor sind die entsprechenden drei Anschlüsse der Kollektor, die Basis und der Emitter. Auf den Gehäusen der Transistoren sind die Anschlüsse nur selten besonders gekennzeichnet. Wenn dies so ist, ist gewöhnlich der Emitter gekennzeichnet. Die Unterteilung der Anschlussfüßchen ist bei allen Transistoren nicht die gleiche, deshalb können wir nicht immer sagen, dass die Basis der mittlere Anschluss ist, wie dies auf dem Bild t veranschaulicht ist. Um festzustellen, wie die Unterteilung der Kontaktanschlüsse ist, müssen wir jedes Mal im Katalog nachschlagen, in welchem auch die Eigenschaften des Transistors angegeben sind.

Auf dem Bild u sind verschieden Transistortypen dargestellt. Auf dem Bild ist auch die Unterteilung der Füßchen für den Transistor des Typs BC548 aufgezeichnet, welcher sich in unserem Set befindet (drei Stück). Auf der Zeichnung sehen wir auch das Symbol des Transistors. Der dickere Strich stellt die Basis dar. Aus ihr geht ein schräger Strich, der den Kollektor darstellt. Der dritte Strich für den Emitter hat einen Pfeil. Die Pfeilrichtung zeigt uns die Richtung des elektrischen Stroms, welcher durch den Transistor fließt.

Wenn der Pfeil von der Basis weggedreht ist, fließt der elektrische Strom aus dem Emitter Anschluss heraus und dann handelt es sich um den sogenannten NPN-Transistor. Wenn der Pfeil aber zur Basis gerichtet ist, handelt es sich um den sogenannten PNP-Transistor. Das Funktionsprinzip der beiden ist das gleiche, nur dass die Ströme in entgegengesetzte Richtungen fließen. In unserem Set befinden sich die NPN-Transistoren.

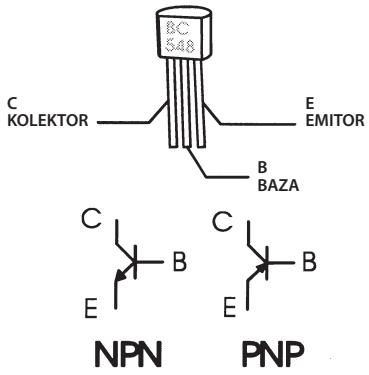


Bild t - Symbol des Transistors

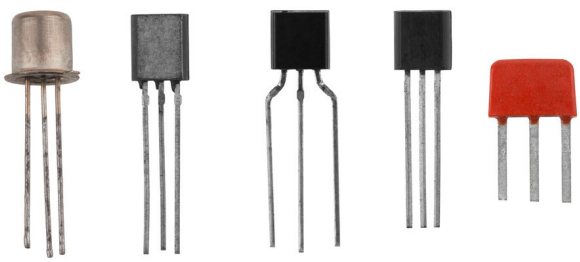


Bild u - Verschiedene Transistor-Typen

DIE MONTAGEPLATTE - FACHLICH BESTÜCKUNGSPLATTE GENANNT

Alle Versuche, die in diesem Buch beschrieben sind, werden wir auf der beigefügten Bestückungsplatte durchführen. Zur Bestückung der Platte brauchst du weder Lötkolben, Schraubenzieher oder Zange. Alle Verbindungen kannst du mit der Hand herstellen.

In der Bestückungsplatte sind vorgebohrte Löcher. Bei der Zusammensetzung der Schaltung muss du zuerst sorgfältig nachsehen, wie auf der Darstellungszeichnung die Unterteilung der Kontakte verläuft. Auf die entsprechenden Stellen steckst du dann die Kontaktfeder so ein, wie dies auf dem Bild v veranschaulicht ist.
Wenn der Draht nur durch eine Spule an die Feder geht, kann sie schnell aus der Federspule herausfallen und die Schaltung wurde dann nicht funktionieren (sie hängt in der Luft). Deshalb bringe den Draht durch die Feder so an, dass du an der Ausgangs- und Eingangsstelle mindestens zwei Umwicklungen machst. Es ist verständlich, dass der Draht, welchen du durch die Feder eingesteckt hast, an dieser Stelle ohne Isolierung ist. Einen richtig in die Federklemme eingesteckten Draht kannst du auf dem Bild z sehen.

Bereite vorsichtig die Elemente vor, die du anschließen möchtest. Biege niemals ein Draht in unmittelbarer Nähe eines Elements. Nach mehrmaligem Biegen kann der kleine Draht abbrechen und das Element ist unbrauchbar. Damit die Batterie durch ihr eigenes Gewicht nicht die ganze Platte mit sich zieht, befestigst du sie am besten an der Grundplatte. Zu diesem Zweck kannst du das beigefügte Material (kleine Drähte und Federklemmen) verwenden.

So. Jetzt haben wir den rein theoretischen Teil mit der Vorstellung der grundlegenden Bestandteile der Elektroschaltungen beendet. Jetzt können wir endlich mit dem Zusammensetzen der Schaltungen beginnen. Bei jeder Schaltung solltest du dir zuerst genau ansehen, wie die Schaltung zusammengesetzt ist. Im Set suchst du zunächst die erforderlichen Bestandteile heraus. Die Federklemmen richte dir so ein, wie dies in der Darstellung der Schaltung ersichtlich ist. Siehe dir genau die Ähnlichkeiten zwischen der Darstellung der Schaltung und dem schematischen Schaltplan an.

Jetzt kannst du mit dem Zusammensetzen der Schaltung beginnen. Zuerst stellst du die Federklemmen auf. Dann die Drähte, Schalter, Widerstände, Kondensatoren usw. Die Halbleiterelemente schließt du erst am Ende an. Überprüfe vor dem Anschluss der Batterie nochmal, ob du alle Elemente richtig angeschlossen hast. Gib acht, wie du die Halbleiterelemente und die elektrolytischen Kondensatoren anschließen willst!

Wenn dir kein Fehler unterlaufen ist, funktioniert die Schaltung, wenn nicht, schalte sofort die Batterie ab und versuche herauszufinden, wodurch der Fehler verursacht wurde.

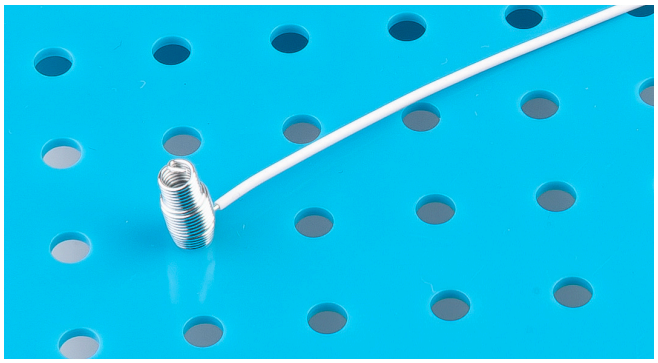


Bild v - Einsetzen der Federklemme in die Grundplatte

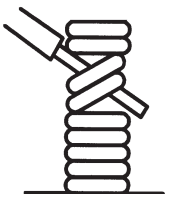


Bild z - Einsetzen des Drahts in den Federklemmen

Wir wünschen dir eine Menge Unterhaltung und Spaß!

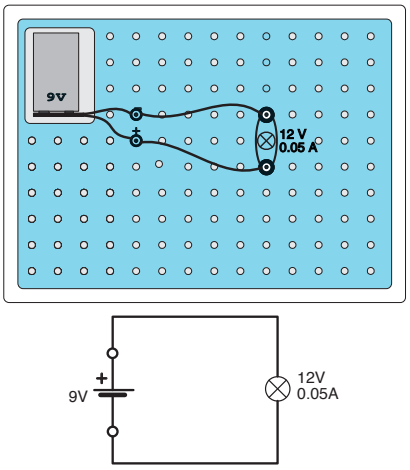
HUNDERT SCHALTUNGEN

1. DER EINFACHE ELEKTRISCHE STROMKREIS

Drehe zuerst die Glühbirne in die Fassung ein. Dann verbinde die Anschlussdrähte mit der Batterie so, wie dies auf dem Bild 1 gezeigt ist. Jetzt kannst du auch die Batterie anschließen. Der elektrische Strom fließt zuerst von dem positiven Pol der Batterie durch den Draht bis zur Glühbirne, dann noch durch den anderen Draht in den negativen Pol der Batterie. Die Glühbirne leuchtet solange, bis die Batterie leer ist oder du den Stromkreis selber unterbrichst.

Zubehör: Batterie 9V, 4x7, 14, 35, 38, 2x68

Fig. 1

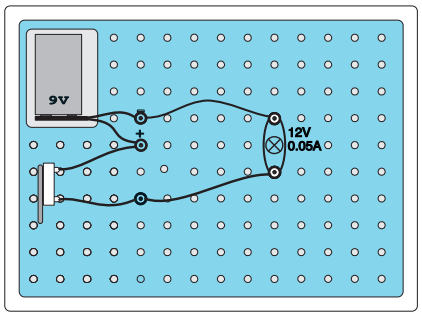


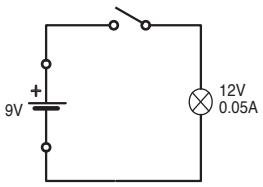
2. DER ELEKTRISCHE STROMKREIS MIT EINEM SCHALTER

Gib eine Federklemme dazu und bringe in dem Stromkreis noch einen Schalter an. Jetzt wird die Glühbirne nur dann leuchten, wenn du sie mit dem Schalter einschaltest.

Zubehör: Batterie 9V, 5x7, 14, 35, 38, 54, 2x68

Fig. 2





3. HINTEREINANDERSCHALTUNG ZWEIER ELEMENTE

Gib auf die Bestückung Platte noch eine Federklemme. Ändere den Stromkreis so, dass du zwischen dem Schalter und der Glühbirne einen Widerstand von 56 Ω einbaust. Wenn du dann auf die Schaltertaste drückst, leuchtet die Glühbirne, jedoch viel schwächer wie im vorherigen Beispiel.

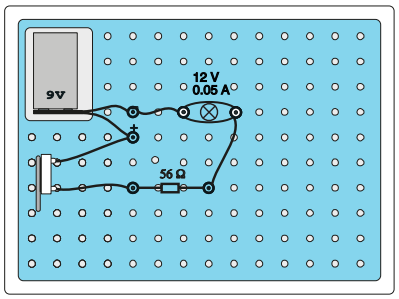
Zubehör: Batterie 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

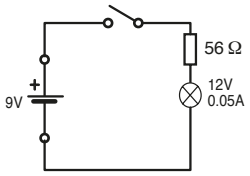
4. IST ES WICHTIG, WIE WIR EINEN WIDERSTAND ANSCHLIESSEN?

Drehe den Widerstand in der vorherigen Schaltung so herum, dass die beiden Anschlüsse untereinander vertauscht werden. Wenn du die Taste drückst, wird die Glühbirne genauso stark oder hell leuchten, wie im vorigen Beispiel. Wir können also feststellen, dass es in den elektrischen Schaltungen egal ist, wie herum wir den Widerstand einsetzen.
Wenn du dir das Elektroschema ansiehst, siehst du, dass es das gleiche wie im vorigen Beispiel ist. Auf dem Elektroschema ist nicht extra vermerkt, wie herum der Widerstand eingesetzt werden soll. Das bedeutet, dass dies für das Funktionieren der Schaltung unbedeutend ist.

Zubehör: Batterie 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 3



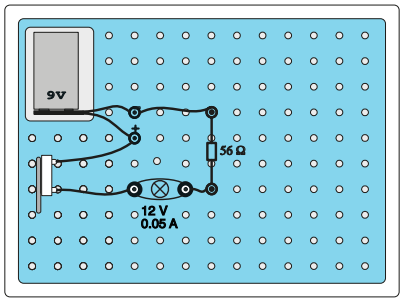


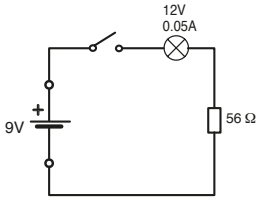
5. IST ES WICHTIG, WIE. WIR EINE GLÜHBIRNE ANSCHLIESSEN?

Machen wir dazu einen Versuch, der ähnlich wie der vorhergehende ist. Vertausche die beiden Anschlüsse der Glühbirne untereinander. Du siehst, auch bei der Glühbirne ist es egal, wie wir sie in der Schaltung anschließen. Auf dem Elektroschema ist nicht besonders gekennzeichnet, wie die Glühbirne gedreht sein muss, die Anschlussklemmen der Glühbirne sind aber auch nicht gesondert gekennzeichnet. Das bedeutet, dass dies für das Funktionieren der Schaltung unbedeutend ist.

Zubehör: Batterie 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 6





6. IST DIE REIHENFOLGE DER ELEMENTE IN DER HINTEREINANDERSCHALTUNG (REIHENSCHALTUNG) VON BEDEUTUNG?

In der Schaltung auf dem Bild 6 ist der Stromkreis aus Batterie, Schalter, Widerstand und einer Glühbirne zusammengesetzt. Jetzt vertausche untereinander zwei x-beliebige Elemente und versuche erneut die Schaltung. Wie du feststellen kannst, funktionieren sie wie im vorigen Beispiel. Ohne Rücksicht darauf, wie wir die Elemente verteilen, fließt der elektrische Strom von dem positiven Batterieanschluss der Reihe nach durch alle Elemente der Schaltung. Wenn im Stromkreis mehrere Elemente hintereinander verbunden sind, ist für das Funktionieren der Elektroschaltung die Elementen Reihenfolge der Hintereinanderschaltung unbedeutend.

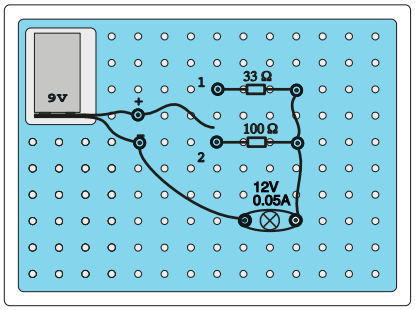
Zubehör: Batterie 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

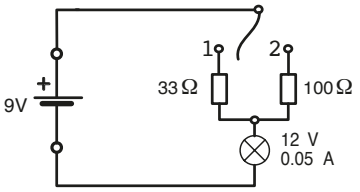
7. STROM DURCH EINEN WIDERSTAND

Drehe den kleinen Draht vom positiven Batterieanschluss nach oben bzw. in die Luft. Wie du gemerkt hast, leuchtet die Glühbirne nicht, weil der Stromkreis nicht geschlossen ist. Bringe jetzt den kleinen Draht in Kontakt mit der Federklemme Nr. 1 und du wirst sehen, dass die Glühbirne aufleuchtet. Jetzt bringe den kleinen Draht zur Federklemme Nr. 2 und die Glühbirne wird auch in diesem Fall aufleuchten, jedoch ein wenig schwächer.
Die Glühbirne leuchtet stärker, wenn durch sie mehr Strom fließt. An diesem Beispiel kannst du sehen, dass dann mehr Strom durch die Glühbirne fließt, wenn du den kleinen Draht mit der Klemme Nr. 1 in Berührung gebracht hast. Im ersten Beispiel floss der elektrische Strom durch den Widerstand von 33 Ω, dann durch die Glühbirne und zurück in die Batterie. Im zweiten Beispiel besteht der Unterschied nur darin, dass sich jetzt im Stromkreis ein Widerstand von 100 Ω befindet. Wenn es irgendwo einen Grund dafür gibt, dass im zweiten Beispiel aus der Batterie schwächerer Strom geflossen ist, kann dies nur im Wert des Widerstandes liegen. Im zweiten Beispiel ist dieser Größer!

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 53, 55, 4x68

Fig. 7





8. STROMKREIS MIT REGULIERBAREM ELEKTRISCHEN STROM

Stelle die Schaltung nach der unteren Vorlage zusammen. Schalte jetzt den Schalter ein, drehe die Achse des Potentiometers nach links und rechts. Wenn der Widerstand des Potentiometers am niedrigsten ist, leuchtet die Glühbirne stärker. Erinnere dich an das Ohmsche Gesetz: bei gleicher Spannung ist der elektrische Strom stärker, wenn der Widerstandswert niedriger ist.
Was aber stellt den Widerstand im Stromkreis dar? Das sind alle Drähte, der Widerstandswert der Glühbirne und der Widerstandswert des Potentiometers. Wenn der Schalter eingeschaltet ist, ist der Widerstandswert gleich Null. Der Widerstandswert der angeschlossenen Drähte ist im Vergleich zur Widerstandsfähigkeit des Widerstandes und der Glühbirne vernachlässigbar niedrig, deshalb werden wir sie in der Abhandlung nicht weiter berücksichtigen.
Der elektrische Strom, der durch die Glühbirne fließt, ist genauso wie der, welcher durch das Potentiometer fließt. Das Ohmsche Gesetzt gilt immer, sowohl für die Glühbirne als auch für das Potentiometer. Egal ob R der Widerstandswert des gesamten Stromkreises, Rg der Widerstandswert der Glühbirne, Rp aber der Widerstandswert des Potentiometers ist.
Wenn die Spannung der Batterie U ist, dann gilt

$U = I \times R$

weil I der Strom durch die Schaltung ist, R dagegen der Widerstandswert des gesamten Stromkreises. Im Potentiometer ist die Spannung

$U_p = I \times R_p$

in der Glühbirne betragt die Spannung aber

$U_g = I \times R_g$

Die Batteriespannung verteilt sich auf das Potentiometer und die Glühbirne. Die Batteriespannung ist gleich der Summe der Spannung im Potentiometer und der Glühbirne.

$U = U_p + U_g$

Wenn wir im Stromkreis mehrere Widerstände hätten, würde die Spannung in der Batterie gleich der Spannungssumme in allen Widerständen im Stromkreis sein. Nach dem Physiker Gustav Robert Kirchoff benannte man diese Regel das Kirchoffsche Gesetz für Spannungen bzw. das zweite Kirchoffsche Gesetz. Die obere Gleichung können wir auch auf andere Weise aufschreiben:

$I \times R = I \times R_p + I \times R_g$

Wenn wir die linke und die rechte Seite der Gleichung durch I teilen, bleibt die Gleichung noch weiter gültig, nur das sie jetzt die Form hat:

$R = R_p + R_g$

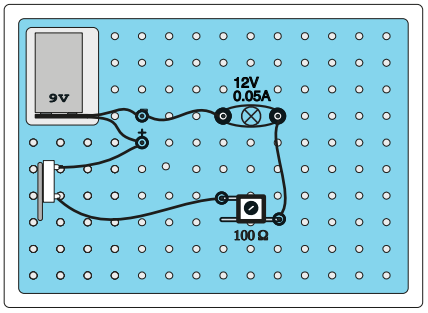
Auch: der gesamte Widerstandswert der in Reihe geschalteten Elemente im Stromkreis ist gleich der Summe aller Widerstände, die im Stromkreis sind.
Wenn sich der Wert des Potentiometers Rp ändert, ändert sich der gesamte Widerstandswert im Stromkreis und dadurch auch der elektrische Strom im Stromkreis. Deshalb ändert sich auch die Leuchtkraft der Glühbirne.
Wenn wir uns an das Beispiel mit dem Gefäß und dem Wasser, die Hintereinanderschaltung zweier Widerstände erinnern (denn die Glühbirne können wir uns auch als ein Widerstand vorstellen), könnten wir uns auch folgendes vorstellen: aus dem oberen Gefäß fließ das Wasser durch den ersten Schlauch, aus diesem in einen zweiten Schlauch, aus dem dann das Wasser in das untere Gefäß hineinfließt. Manchmal kommt es vor, dass wir keinen Widerstand mit dem erforderlichen Widerstandswert haben. Wenn wir zwei Widerstände haben, deren Summe des Widerstandswertes der gesuchten entspricht, können wir sie hintereinanderschalten und auf diese Art in die Schaltung einbauen. Den Ersatzwiderstandswert können wir aus einer beliebigen Anzahl in Reihe (hintereinander) geschalteter Widerstände zusammensetzen. Dabei gilt, dass der gesamte Widerstandswert gleich der Widerstandswert Summe aller in Reihe geschalteten Widerstände in der Kette ist:

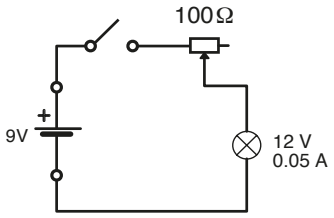
R = R1 + R2 + R3 ...

R ist der Ersatzwiderstandswert aller in Reihe geschalteten Widerstande zusammen. RI, R2, R3 dagegen sind die Widerstandswerte einzelner Widerstände.
Der Widerstandswert der gesamten Kette der in Reihe geschalteten Widerstande ist immer größer als der Widerstandswert des Widerstands mit dem größten Widerstandswert.

Zubehör: Batterie 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 50, 68, 2x68

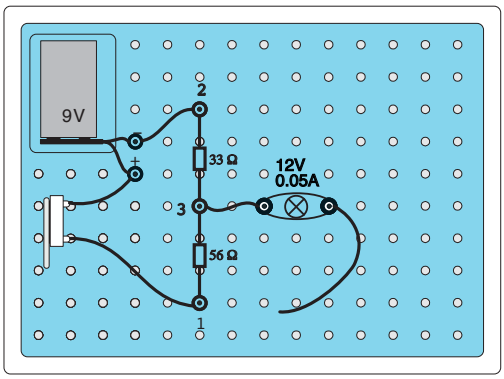
Fig. 8

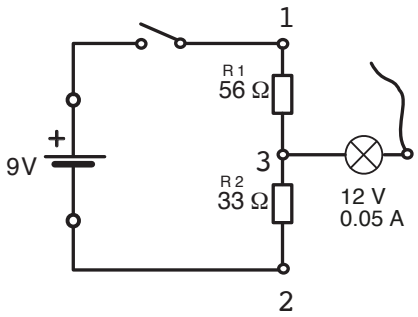




9. SPANNUNGSTEILUNG AN ZWEI IN REIHE GESCHALTETEN WIDERSTÄNDEN

Fig. 9





In der Schaltung in Bild 9 sind zwei Widerstände in Reihe geschaltet. Der kleine Draht, der an die Federklemme Nr. 3 angeschlossen ist, soll das andere Ende in der Luft haben.
Der Gesamtwiderstand Wert der in Reihe geschalteten Widerstände beträgt:

R = R1 + R2
bzw.
R = 56 Ω + 33 Ω
oder
R = 89 Ω

Der Gesamtwiderstandswert der hintereinandergeschalteten Widerstände ist größer als der Widerstandswert des größten Widerstands in der Reihe. Der elektrische Strom, der aus der Batterie durch die in Reihe geschalteten Widerstände fließt, ist nach dem Ohmschen Gesetz:

U = I x R

Wenn wir jetzt die obere Gleichung an beiden Seiten durch R teilen, erhalten wir:

I = U/R

Es folgt:

I = 9 V/89 Ω

Oder ungefähr:

I = 0,1 A

Rechnen wir jetzt mal die Spannung an den einzelnen Widerstanden aus.
Wir verwenden wieder das Ohmsche Gesetz:

U = I x R

Kennzeichnen wir nun die Spannung an den Widerstanden RI und R2 als Ul und U2. So gilt:

U_1= R_1 x I

beziehungsweise

U_1= 0,1 A x 56 Ω

U_1= 5,6 V

Ähnlich gilt:

U_2=I x R_2

U_2= 0,1 x 33

U_2= 3.3 V

Die Spannung an der Batterie ist gleich der Spannungssumme an beiden Widerständen:

U= U_1 + U_2

U= 5.6 + 3.3

bzw. fast

U= 9 V

Fehler, die bei der Ausrechnung entstehen, können wir vernachlässigen. Der Grund für die Entstehung dieser Fehler liegt darin, dass wir den Zahlenwert des elektrischen Stroms, der aus der Batterie durch den Widerstand fließt, nur annähernd aufgeschrieben haben.

Wenn wir also zwei in Reihe geschaltete Widerstände haben, wird der größere Widerstand auch einen größeren Widerstandswert haben.
Überzeugen wir uns davon!

Bringe das Drahtende, das in der Luft hängt zuerst mit der Federklemme Nr. 1 und dann mit der Federklemme Nr. 2 in Kontakt. Wiederhole dies einige Male. Im ersten Beispiel wird die Glühbirne starker leuchten, im zweiten aber schwächer. Dies ist verständlich, denn in dem ersten Widerstand ist der Anteil der gesamten Batteriespannung größer, in dem zweiten aber kleinerer.

Zubehör: Batterie 9V, 7x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 4x68

10. STROMKREIS IN DER LEUCHTDIODE

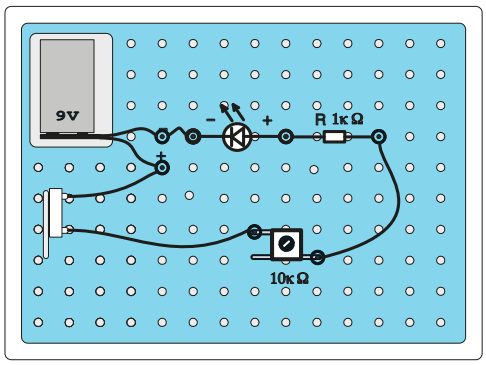
In der Schaltung haben wir ein Potentiometer mit dem Widerstandswert von 10 Ω und mit ihm in Reihe geschaltet einen Widerstand von 1 kΩ. Achte darauf, wie du die Leuchtdiode umgedreht hast! Nimm die rote Leuchtdiode für den Versuch.
Drehe jetzt die Achse des Potentiometers nach links und rechts. Die Leuchtkraft der Leuchtdiode wird sich ändern.
Drehe jetzt das Potentiometer so herum, dass die Diode am schwächsten leuchtet. Jetzt hast du in der Schaltung einen Widerstand von 1 kΩ und das Potentiometer mit einem Widerstandswert von 10 kΩ. Der gesamte Widerstandswert der beiden ist also 11 kΩ.
Nun drehe jetzt das Potentiometer so herum, dass die Diode am stärksten leuchtet. Der Gleiter des Potentiometers ist diesmal in der Stellung, dass der Gleiter und der benutzte Anschluss des Potentiometers zusammen sind. Deshalb ist der Widerstandswert des Potentiometers am niedrigsten, gleich Null. Der gesamte Widerstandswert des Widerstandes und des Potentiometers sind lediglich 1 kΩ.
Was sich hier abspielt, entspricht dem Ohmschen Gesetz. Bei größerem Widerstand des Potentiometers ist der gesamte Widerstandswert aller in Reihe geschalteten Elemente (Potentiometer, Widerstande und Dioden; für den Schalter können wir annehmen, dass der Widerstandswert gleich Null ist) Größer. Deshalb wird der elektrische Strom, welcher aus der Batterie fließt, schwächer sein und die Diode wird aus diesem Grunde auch schwächer leuchten.
Die Schaltung würde auch ohne den Widerstand von 1 kΩ funktionieren, jedoch müssten wir dann berücksichtigen, dass der Gleiter des Potentiometers niemals in der Stellung wäre, in der der Widerstandswert des Potentiometers gleich Null ist. In solchem Fall würde durch die Diode ein sehr starker Strom fließen und die Folge wäre für die Leuchtdiode verhängnisvoll: sie würde ganz einfach durchbrennen. Damit du dir bei der Anwendung einer solchen Schaltung keine Sorgen machen musst, haben wir mit Absicht in die Reihenschaltung mit dem Potentiometer noch einen Widerstand eingesetzt. Der Gesamtwiderstandswert des Widerstandes und des Potentiometers wird als niemals gleich Null sein. Die Leuchtdiode ist dadurch vor eventuell zu starkem Strom sicher.
In welcher Schaltung fließt aus der Batterie ein stärkerer Strom: in dieser oder in der mit der Glühbirne? Na klar, in der mit der Glühbirne, denn nach dem Ohmschen Gesetz wird bei der gleichen Batteriespannung wegen des kleineren Widerstands der elektrische Strom Größer sein, denn es gilt

I= U/R

Wenn wir sie lange Zeit eingeschaltet lassen würden, was würde länger leuchten: die Glühbirne oder die Leuchtdiode? Die Leuchtdiode natürlich.
Weil für die Glühbirne stärkerer Strom erforderlich ist, wird sich die Batterie auch schneller entleeren. Ein guter Rat: prüfe es nicht nach, eine leere Batterie hilft dir nicht mehr weiter und du müsstest dir eine neue kaufen.

Zubehör: Batterie 9V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

Fig. 10



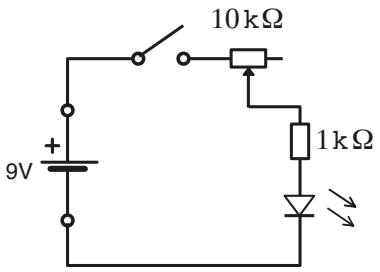
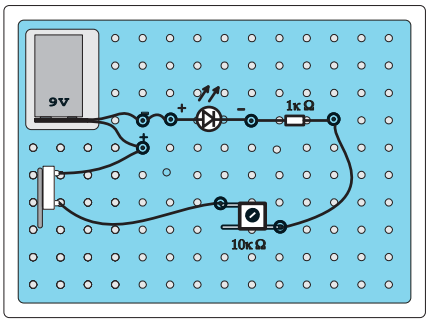
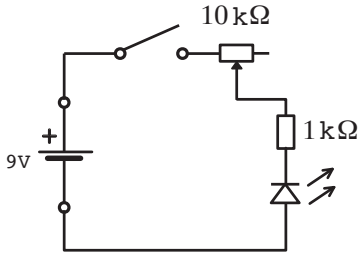


Fig. 11





11. IST ES WICHTIG, WIE WIR DIE LEUCHTDIODE ANSCHLIESSEN?

Tausche einmal die Anschlüsse der Leuchtdiode untereinander aus. Wenn du die Taste drückst, wird die Diode nicht leuchten. Warum? Erinnere dich an die Beschreibung der Diode. Durch die Diode fließt der elektrische Strom nur in eine Richtung. Wenn in der Elektroschaltung die Leuchtdiode verkehrt herum ist, kann durch sie kein elektrischer Strom fließen und deshalb kann sie auch nicht leuchten.
Im Allgemeinen gilt es sich zu merken, dass es für die Halbleiterdiode sehr wichtig ist, wie wir sie anschließen. Wenn die Leuchtdiode ist nicht richtig herum angeschlossen ist, funktioniert die Schaltung nicht, im schlimmsten Fall besteht auch die Möglichkeit, dass wegen einer solchen Unvorsichtigkeit die Diode (oder irgendein anderes Element in der Schaltung) durchbrennen kann. Deshalb pass auf, dass du vor dem Anschließen der Schaltung mit Halbleiterdioden an die elektrische Spannung immer überprüfst, ob die Diode auch richtig herum ist.

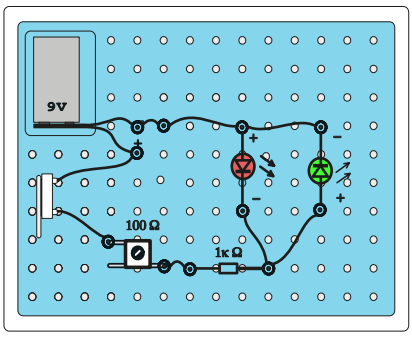
Zubehör: Batterie 9V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

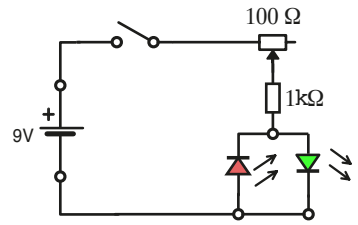
12. SCHALTUNG MIT ZWEI UMGEKEHRT GEDREHTEN LEUCHTDIODEN

Setze in die obere Schaltung noch eine (grüne) Leuchtdiode ein. Schließe sie so in der Schaltung an, dass sie zwar parallel zur vorhandenen Diode angeschlossen ist, drehe sie jedoch in die umgekehrte Richtung. Jetzt drücke die Taste. Die rote Diode wird so wie vorher leuchten. Die grüne Leuchtdiode ist so umgedreht, dass durch sie kein Strom fließen kann und deshalb kann sie auch nicht leuchten. Jetzt vertausche die Anschlussdrähte, mit denen die Batterie an die Schaltung angeschlossen ist, untereinander. Drücke erneut die Taste. Wie du siehst leuchtet die grüne Leuchtdiode. Weil die beiden Batterieanschlüsse untereinander vertauscht sind, fließt der elektrische Strom in die umgekehrte Richtung. Der Strom kann jetzt durch die grüne Leuchtdiode fließen, denn die rote Leuchtdiode ist in die Sperrrichtung gedreht.

Zubehör: Batterie 9V, 9x7, 38, 40, 43, 44, 50, 57, 4x68, 69

Fig. 12



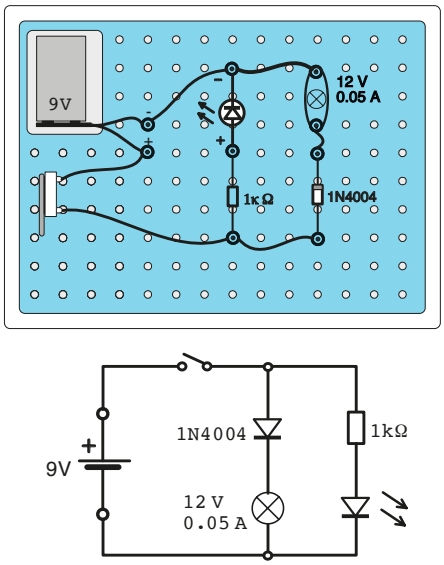


13. SCHALTUNG MIT EINER GLÜHBIRNE UND EINER LEUCHTDIODE (1)

Die Schaltung ist so hergestellt, dass der elektrische Strom durch zwei parallel geschaltete Schaltungszweige fließen kann. In einem Zweig sind die Glühbirne und eine einfache Diode hintereinandergeschaltet, in der anderen dagegen ein Widerstand und eine Leuchtdiode. Wenn du auf die Taste drückst, leuchtet die Glühbirne und die Diode.

Zubehör: Batterie 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 13

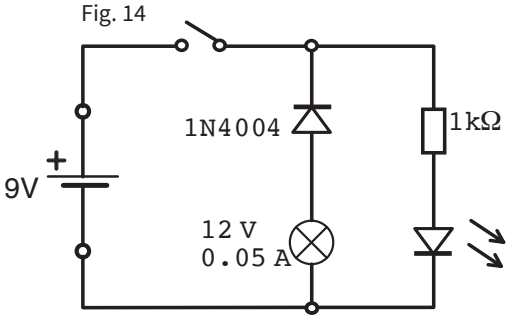


14. SCHALTUNG MIT EINER GLÜHBIRNE UND EINER LEUCHTDIODE (2)

Drehe jetzt die einfache Diode so, dass du die Anschlüsse dieser Diode untereinander vertauschst. Diesmal wird nur die Leuchtdiode leuchten. Dies ist verständlich, denn durch den Zweig, in welchem sich die Glühbirne befindet, fließt kein elektrischer Strom, weil durch die auf diese Weise eingesetzte Diode der Strom nicht fließen kann.

Zubehör: Batterie 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 14

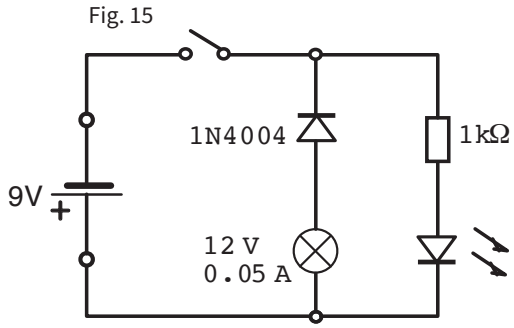


15. SCHALTUNG MIT EINER GLÜHBIRNE UND EINER LEUCHTDIODE (3)

Jetzt sind die einfache und die Leuchtdiode in umgekehrte Richtung gedreht. Vertausche die Anschlussdrähte der Batterie untereinander. Wie du siehst, leuchtet jetzt die Glühbirne, die Leuchtdiode aber nicht. Die Leuchtdiode ist in der Schaltung so umgedreht, dass durch sie kein Strom fließen und sie deshalb auch nicht leuchten kann. Es ist vom Anschluss der Batterie abhängig, ob die Glühbirne oder die Leuchtdiode leuchten wird.

Zubehör: Batterie 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 15

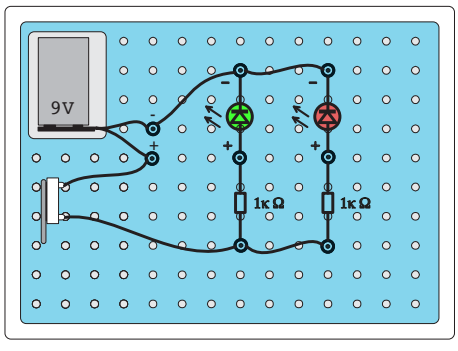


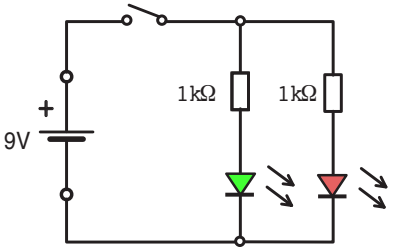
16. PARALLELSCHALTUNG

In der Schaltung sind jetzt zwei Zweige: einer mit einer roten und einer mit einer grünen Leuchtdiode. Achte auf die Polarität der Leuchtdioden!
Wenn die Schaltung richtig zusammengesetzt ist, werden die beiden Dioden etwa gleich stark leuchten. Der elektrische Strom fließt durch den positiven Pol der Batterie und teilt sich dann in zwei Teile auf: der eine fließt durch die grüne, der andere durch die rote Leuchtdiode.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 38, 40, 43, 44, 2x57

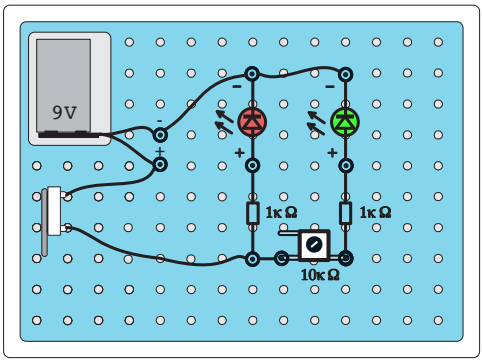
Fig. 16

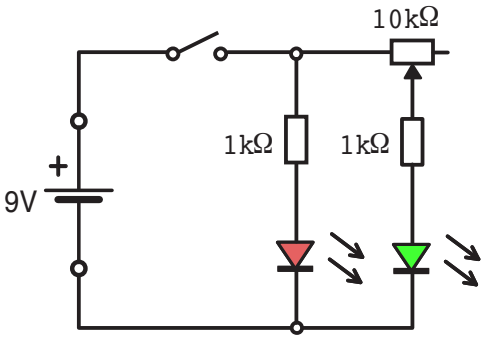




17. STROMÄNDERUNG IM ZWEIG DER PARALLELSCHALTUNG

Fig. 17





Setze noch eine Federklemme in die Schaltung ein. Jetzt unterbreche den einen Zweig so, dass du zwischen den Widerstand von 1 kΩ und die rote Leuchtdiode ein Potentiometer von 10 kΩ einsetzt. Schließe die Zweige an die Batterie an. Wenn du den Widerstand drehst, verändert sich die Leuchtkraft der roten Diode, die Leuchtkraft der grünen Diode aber nicht. Der elektrische Strom fließt vom positiven Anschluss der Batterie durch den Leiter, dann gelangt er bis zu der Stelle, wo er sich in zwei Teile teilt: ein Teil fließt durch den Widerstand und durch die grüne Leuchtdiode, der andere aber durch den Widerstand, das Potentiometer und die rote Leuchtdiode. Der Widerstandswert des Zweiges, in welchem sich das Potentiometer befindet, ist allerdings größer. Deshalb fließt durch sie ein schwächerer Strom und die Leuchtdiode leuchtet dementsprechend auch schwächer.
Bezeichne den Strom, der durch die Batterie fließt mit dem Großbuchstaben I. Und den Strom der durch den Widerstand und durch die rote Leuchtdiode fließt mit Ig, der Gesamtwiderstandswert des Zweiges soll dagegen Rg sein. Jetzt soll der Strom, der durch den Widerstand, das Potentiometer und durch die rote Leuchtdiode fließt, Ir sein, der Gesamtwiderstandswert dieses Zweiges aber Rr.
Dann gilt

$$I = I_g + I_r$$

Mit anderen Worten bedeutet dies, der Strom, der aus einem Leiter in mehrere parallel geschalteten Zweige fließt, ist gleich der Summe alter Ströme in den einzelnen Zweigen. Dies ist das Kirchoffsche Gesetz für Ströme bzw. das erste Kirchoffsche Gesetz.
Für die gesamte Schaltung gilt

$$I = U/R$$

wobei R der Widerstandswert der gesamten Schaltung ist.
Der Strom durch die grüne Leuchtdiode ist

$$I_g = U/R_g$$

wobei Rg der Widerstandswert der gesamten Schaltung mit der grünen Leuchtdiode ist. Der Strom, der durch die rote Leuchtdiode fließt ist aber

$$I_r = U/R_r$$

wobei Rr der Widerstandswert des gesamten Zweiges, in welchem sich die rote Leuchtdiode befindet, ist.
So können wir jetzt nach dem ersten Kirchoffschen Gesetz folgendes aufschreiben

$$I = I_g + I_r$$

Beziehungsweise

$$U/R = U/R_g + U/R_r$$

Die Batteriespannung ist gleich der Spannung in beiden Zweigen. Wenn wir die Gleichung durch U teilen, ist die Gleichung noch immer gültig, sie bekommt jedoch eine neue Form:

$$1/R = 1/R_g + 1/R_r$$

In Worten ausgedrückt: der Reziprozitätswert des gesamten Widerstandswerts ist gleich der Summe der Reziprozitätswerte des Widerstandswertes einzelner parallel geschalteter Zweige. Wenn wir die rechte Seite der Gleichung auf einen gemeinsamen Nenner bringen und die Gleichung umdrehen, bekommen wir die gleiche, aber ein wenig anders aufgeschrieben:

$$R = R_g \times R_r/(R_g + R_r)$$

Wenn wir uns das erste Kirchoffsche Gesetz mit den Wasserströmen veranschaulichten, würden wir uns dies so vorstellen: Aus dem oberen Gefäß leiten wir das Wasser mit einem Schlauch ab. Dieser teilt sich dann in zwei Schläuche. Durch sie würde dann das Wasser in das untere Gefäß fließen. Der Wasserstrom, der durch den einen Schlauch fließt, teilt sich durch die parallel angebrachten Schläuche in zwei Wasserströme.
Da das Wasser nirgendwo verloren gehen kann, ist auf jeden Fall die Wassermenge (bzw. der Strom), die durch den oberen Schlauch fließt, gleich der Summe der Ströme durch die zwei parallel angebrachten Schläuche.
Manchmal kann es vorkommen, dass wir keinen Widerstand mit dem erforderlichen Widerstandswert zur Verfügung haben, jedoch Widerstände haben, die mit einem größeren Widerstandswert versehen sind.
Wenn wir zwei Widerstände haben, deren Summe des reziproken Widerstandswerts der gesuchten entspricht, können wir sie parallelschalten und so in die Schaltung anschließen.
Den Ersatzwiderstandswert können wir aus einer beliebigen Anzahl parallelgeschalteter Widerstände zusammensetzen. Dabei gilt natürlich vor allem dies, dass der Reziprozitätswert des gesamten Widerstandswerts gleich der Summe des reziproken Widerstandswertes aller Widerstände in der Kette ist:

$$1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 \ \ldots$$

R ist der Ersatzwiderstandswert aller parallel geschalteten Widerstände zusammen. R1, R2, R3 ... sind Widerstandswerte einzelner parallel geschalteten Widerstände.
Der Widerstandswert aller parallel geschalteten Widerstände zusammen ist immer kleiner als der Widerstandswert des Widerstandes, der den kleinsten Widerstandswert hat.

Zubehör: Batterie 9V, 9x14, 38, 40, 43, 44, 51, 2x57, 2x68

18. NOCH EIN BEISPIEL DER PARALLELEN SCHALTUNG

Die Gleichung, mit welcher wir den Gesamtwiderstandwert zweier parallel geschalteter Widerstände ausrechnen, besagt, dass der Gesamtwiderstandswert zweier parallel geschalteter Widerstände kleiner als der kleinste unter ihnen ist. Dies werden wir bei dem unteren Beispiel schön sehen können. Ein Ende des Widerstands von 33 Ω ist nirgendwo angeschlossen, Die Widerstande von 56 Ω und 100 Ω sind parallel geschalteter. Jetzt rechnen wir ihren Gesamtwiderstandswert aus:

1/R= 1/56 + 1/100
1/R= 0.0178 +0.01
1/R= 0.0278

Wenn wir jetzt die Gleichung mit R malnehmen, erhalten wir

1= 0.0278 x R

Teilen wir noch die Gleichung durch 0,0278, so erhalten wir

1/0.0278 = R

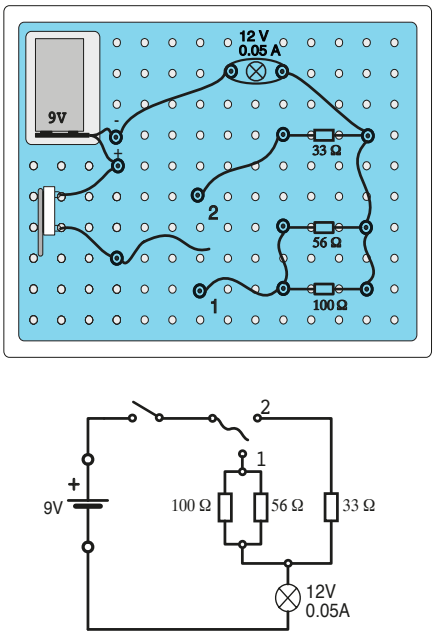
bzw. annähernd

R= 36 Ω

Beobachte, wie stark die Glühbirne leuchtet. Entferne jetzt den kleinen Draht aus der Federklemme Nr. 1 und schließe sie an die Federklemme Nr. 2 an. Der Strom fließt durch den Widerstand von 33 Ω und durch die Glühbirne. Da der Widerstand von 33 Ω und die Parallelschaltung der Widerstände von 56 Ω und 100 Ω einen annähernd gleichen Wert haben, leuchtet die Glühbirne in beiden Beispielen gleich stark.
Was wir jetzt festgestellt haben, werden wir vielleicht später nützlich anwenden können. Wenn wir irgendeinen Widerstand nicht haben, kann der Widerstand mit dem gewünschten Widerstandswert durch zwei (oder mehrere) Widerstände, die parallel oder in Reihe geschaltet sind, ersetzt werde.

Zubehör: Batterie 9V, 13x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 55, 4x68, 4x69

Fig. 18

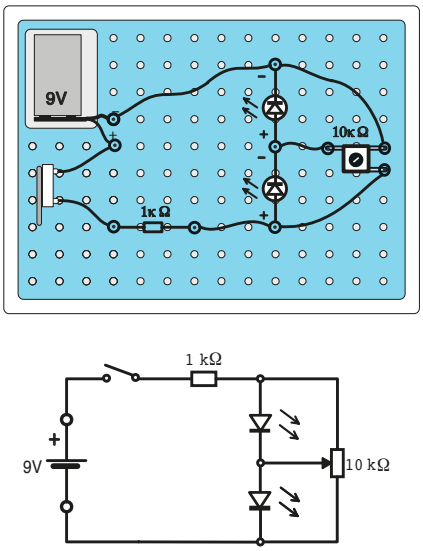


19. GLEICHZEITIGE LEUCHTKRAFTÄNDERUNG ZWEIER LEUCHTDIODEN

Baue die Schaltung nach der unten dargestellten Vorlage.
Was geschieht, wenn du das Potentiometer drehst? Auf jenem Teil des Potentiometers, auf welchem der Gleiter näher an dem Anschluss ist, ist der Widerstand kleiner, deshalb ist such die Spannung niedriger. Infolgedessen leuchtet die parallel geschaltete Leuchtdiode in diesem Teil schwächer.

Zubehör: Batterie 9V, 10x7, 38, 2x44, 51, 55, 57, 4x68, 69

Fig. 19

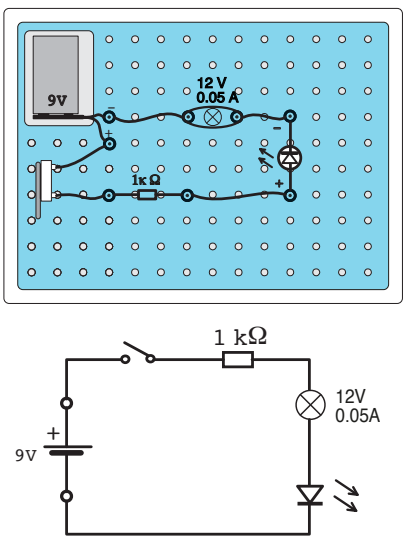


20. SCHALTUNG MIT IN REIHE GESCHALTETER GLÜHBIRNE UND EINER LEUCHTDIODE

Wir haben die Leuchtdiode ja schon behandelt. Wie uns schon der Name sagt, ist ihre Haupteigenschaft die, dass sie dann leuchtet, wenn der Strom in der richtigen Richtung durch sie fließt. Gerade aus diesem Grunde benutzen wir sie such: wenn durch die Leuchtdiode der Strom in die richtige Richtung fließt, leuchtet sie auf.
Der Strom, der erforderlich ist, die Diode aufleuchten zu lassen, ist sehr schwach, einige Milliampere. Dieser Strom ist viel schwächer als jener, der erforderlich ist, um eine Glühbirne zum Leuchten zu bringen. Deshalb leuchtet die Glühbirne stärker. Wenn wir durch die Leuchtdiode einen so starken Strom durchlassen würden, wie durch die Glühbirne, würde die Leuchtdiode durchbrennen.
Deshalb wirst du in allen unseren Schaltungen sehen können, dass hinter der Leuchtdiode immer ein Widerstand eingebaut ist, der den Strom, der durch sie hindurchfließt, abgrenzt.
Die Schaltung dargestellt auf dem Bild 20 wird uns zeigen, dass der Strom, der erforderlich ist um die Diode zum Leuchten zu bringen, zu schwach ist, die Glühbirne Leuchten zu lassen.
Die Leuchtdiode darfst du nicht direkt an die Batterie (ohne den hintereinandergeschalteten Widerstand von 1 kΩ) anschließen! Wenn du dies trotzdem tust, wird die Diode sofort durchbrennen!

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 3x68

Fig. 20

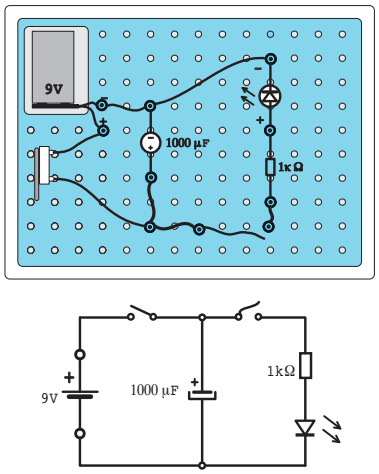


21. DER KONDENSATOR ALS QUELLE DER ELEKTRISCHEN ENERGIE

Stelle die Schaltung so her, wie sie im unteren Bild dargestellt ist. Der positive Anschluss soll in der Luft sein. Drücke nun die Taste! Wird die Leuchtdiode aufleuchten? Natürlich nicht, da von nirgendwoher elektrischer Energie kommt. Lasse jetzt die Taste los.
Jetzt bringst du den Anschlussdraht des positiven Pols des Batterieanschlusses in Kontakt mit dem positiven Anschluss des elektrolytischen Kondensators.
Im elektrolytischen Kondensator war keine elektrische Energie vorhanden bzw. er war leer. Als wir die Batterie an ihm angeschlossen haben, floss der Strom ruckartig in den Kondensator hinein. Der Kondensator ist jetzt aufgefüllt und wir können ihn als Energiequelle nutzen.
Der Anschlussdraht, der aus dem positiven Batterieanschluss herausgeht, soll jetzt wieder frei sein. Nun betätige die Taste. Obwohl die Batterie nicht angeschlossen ist, leuchtet die Leuchtdiode! Weil die Energie, die im Kondensator gespeichert ist sehr gering ist, wird die Leuchtdiode sehr bald aufhören zu leuchten. Wenn du die Leuchtdiode beobachtest, siehst du sehr schön, wie diese immer weniger leuchtet, bis sie erlischt. Der elektrische Strom fließt aus dem Kondensator in die Leuchtdiode. Dazu sagen wir, dass sich der elektrolytische Kondensator langsam entleert.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 67, 4x68, 69

Fig. 21

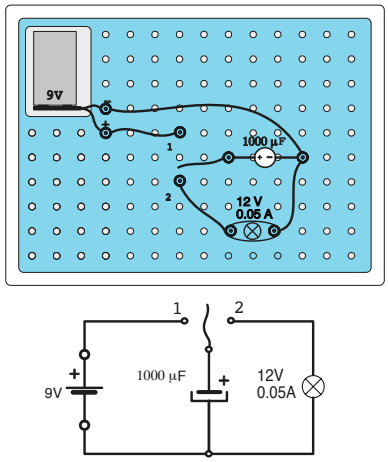


22. WIE SCHNELL ENTLEERT SICH EIN KONDENSATOR?

An Stelle der Leuchtdiode und des Hintereinanderschaltungen Widerstands sollst du nun in die Schaltung eine Glühbirne einsetzen. In diesem Fall wird die Glühbirne nur einen Augenblick leuchten.
Wir stellten schon vorher fest, dass die Glühbirne für ihr Funktionieren mehr Strom als die Leuchtdiode benötigt. Dies bedeutet, dass die Glühbirne einen niedrigeren Widerstand hat. Wenn aus dem Kondensator mehr Strom herausfließt, wird er verständlicherweise früher leer, deshalb leuchtet die Glühbirne eine kürzere Zeit als die Leuchtdiode.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 22

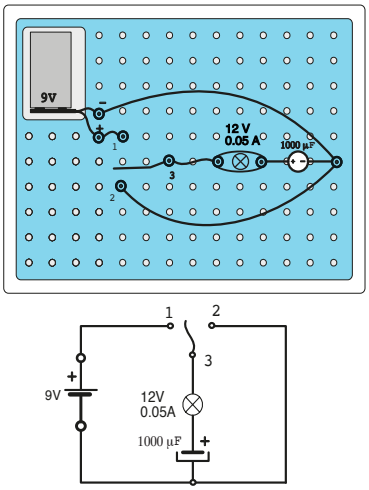


23. EINEN KONDENSATOR KÖNNEN WIR WIEDERHOLT AUFFÜLLEN UND ENTLEEREN

Ändere die Schaltung ein wenig. Der kleine Draht an der Klemme, an welchem auch die Klemme der Glühbirne befestigt ist, soll das andere Ende in der Luft bzw. frei haben.
Mit diesem Drahtende berühre jetzt einmal die Federklemme Nr. 1, dann die Federklemme Nr. 2. Beobachte was sich abspielt!
Wenn du mit dem Draht die Klemme Nr. 1 berührst, so füllt sich der Kondensator auf. Der Strom der aus der Batterie in den elektrolytischen Kondensator hineinfließt, fließt auch durch die Glühbirne. Wenn der Kondensator leer ist, ist der Stromfluss groß und deshalb leuchtet die Glühbirne. Wenn der Kondensator voll aufgeladen ist, wird der Strom nicht fließen und die Glühbirne nicht leuchten.
Wenn du mit dem kleinen Draht die Klemme Nr. 2 berührst, fließt der elektrische Strom vom positiven Kondensatoranschluss durch die Glühbirne und in den negativen Anschluss. Am Anfang ist der Kondensator voll und der Strom ist deshalb groß. Wenn sich der Kondensator leeren wird, wird auch der Strom schwacher und schwacher und die Glühbirne leuchtet schwächer und schwächer, bis sie erlischt.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 23

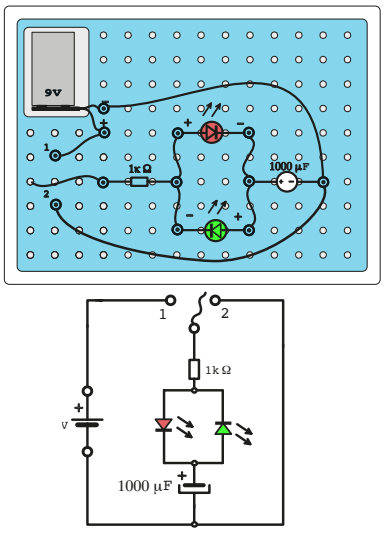


24. DURCH EINEN KONDENSATOR KANN AUCH EIN WECHSELSTROM FLIESSEN

Wenn wir den Kondensator mit dem elektrischen Strom aufladen, fließt der Strom in den Kondensator hinein, wenn wir ihn aber leeren, fließt der Strom aus ihm heraus. Das bedeutet, dass beim Aufladen und beim Entleeren des Kondensators der Strom in verschiedene Richtungen fließt. Davon können wir uns leicht überzeugen, wenn wir eine Schaltung aus zwei, umgekehrt gedrehten und parallel geschalteten Leuchtdioden anfertigen.
Der kleine Draht, der an die Klemme Nr. 3 angeschlossen ist, soll das andere Ende in der Luft haben. Mit dem anderen Ende dieses Drahts berühre die Klemme 1, dann die Klemme 2. Wiederhole dies einige Male und beobachte was geschieht.
Wie du schon weißt, fließt durch die Leuchtdiode der elektrische Strom nur in eine Richtung. So wird auch beim Aufladen des elektrolytischen
Kondensators der elektrische Strom durch die rote Leuchtdiode fließen, beim Entleeren dagegen durch die grüne Diode. Deshalb leuchtet beim Aufladen des Kondensators die rote, beim Entleeren aber die grüne Leuchtdiode.
Wir stellten schon fest, dass im aufgefüllten Kondensator kein elektrischer Strom mehr fließt. Deshalb können wir sagen, dass der Kondensator eine Sperre für den Gleichstrom ist.
Beim Aufladen und Entleeren des Kondensators fließt der Strom einmal in den Kondensator, dann aber aus ihm heraus. Wenn durch irgendein Element der Strom einmal in die eine, dann aber in die umgekehrte Richtung, sagen wir, dass durch dieses Element Wechselstrom fließt. Dieser Versuch zeigte uns, dass durch den Kondensator Wechselstrom fließen kann.
Baue anstelle des Kondensators von 1000 µF einen Kondensator von 100 µF in die Schaltung ein. Die Leuchtdiode wird jetzt eine viel kürzere Zeit leuchten. In einen Kondensator, der eine niedrigere Kapazität hat, fließt weniger Strom hinein und deshalb wird die Leuchtdiode auch eine viel kürzere Zeit leuchten.

Zubehör: Batterie 9V, 11x7, 38, 43, 44, 56, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 24



25. PARALLELSCHALTUNG DER KONDENSATOREN

In dieser Schaltung befinden sich zwei parallel geschaltete Kondensatoren, die eine Kapazität von 100 µF haben. Wie verhalten sich zwei parallel geschalteten Kondensatoren?
Erinnern wir uns, im was für einem Verhältnis die Elektrizität steht, die sich im Kondensator befindet und an die Spannung an den Klemmen des Kondensators:

C= Q/U

1m aufgeladenem Kondensator, der die Kapazität C hat und an den Klemmen die Spannung U ist die Elektrizität dann

Q= C x U

Wenn wir zwei parallel angeschlossene Kondensatoren haben, wird die Elektrizität, die in dem gemeinsamen Draht bis zu ihnen flog, in beide geteilt:

$$Q= Q_1 + Q_2$$

wo Q1 und Q2 Elektrizität im ersten und im zweiten Kondensator ist. Wenn die Kapazitäten der Kondensatoren Cl und C2 sind, die Gesamtkapazität der beiden Kondensatoren aber C, können wir die obere Gleichung auch so aufschreiben:

$$C \times U= C_1 \times U_1 + C_2 \times U_2$$

Die Spannung an den Klemmen der beiden Kondensatoren ist gleich U1 = U2 = U. Deshalb können wir die obere Gleichung auch so aufschreiben:

$$C \times U= C_1 \times U + C_2 \times U$$

Wenn wir jetzt die linke und die rechte Seite der Gleichung durch U teilen, bekommen wir die Formel für die Gesamtkapazität beider parallel geschalteter Kondensatoren.

$$C=C_1 + C_2$$

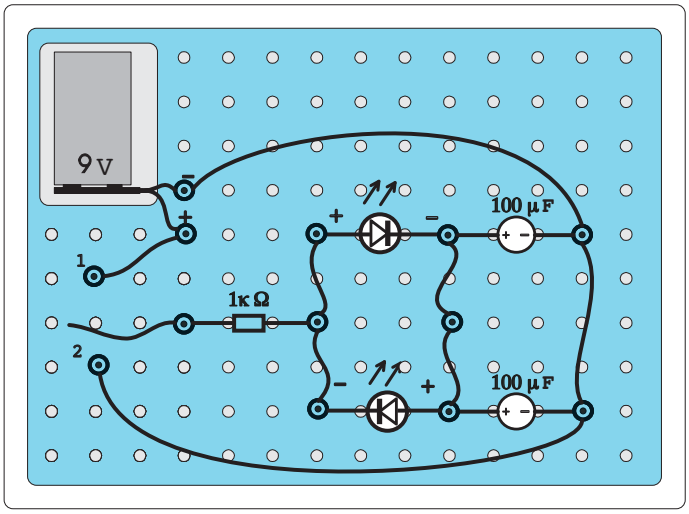
In unserem Beispiel betragt die Gesamtkapazität der Kondensatoren 200 µF. Das zeigt sich auch dadurch, dass die Leuchtdiode länger leuchtet als bei dem Versuch, als sich in der Schaltung nur ein Kondensator mit einer Kapazität von 100 µF befand.
So wie wir den gesuchten Widerstandswert mit zwei oder mehreren hintereinandergeschalteten Widerständen vertauschen können, so können wir auch die gesuchte Kapazität durch zwei oder mehrere parallel geschaltete Kondensatoren ersetzten.

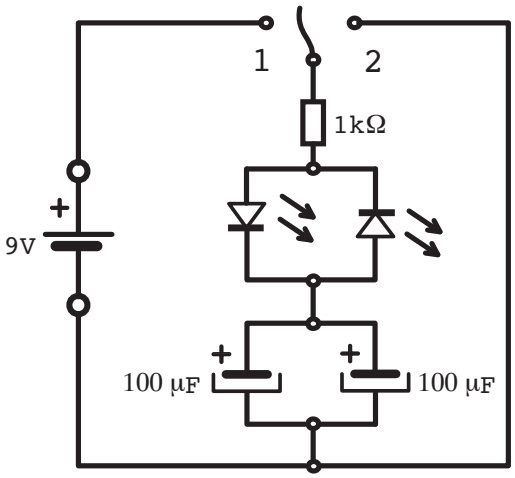
$$C= C_1 + C_2 + C_3 \ldots$$

C ist die Ersatzkapazität aller parallel geschalteten Kondensatoren zusammen. Cl, C2, C3 sind die Widerstandswerte der einzelnen parallel geschalteten Kondensatoren.
Die Kapazität aller parallel geschalteten Kondensatoren zusammen ist immer größer als die Kapazität des Kondensators mit der niedrigsten Kapazität.

Zubehör: Batterie 9V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

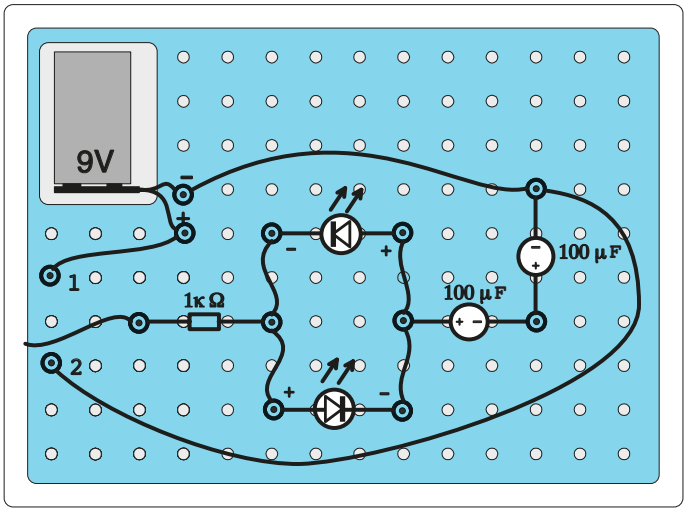
Fig. 25

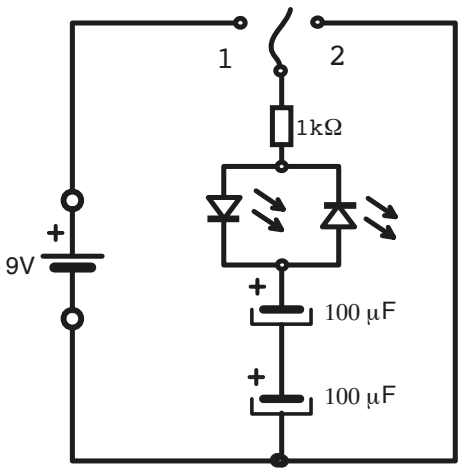




26. HINTEREINANDERSCHALTUNG DER KONDENSATOREN

Fig. 26





Ändere die obere Schaltung so, dass die beiden Kondensatoren hintereinandergeschaltet sind. Wenn du versuchst, den kleinen Draht beim ersten Mal mit der Klemme Nr. 1 in Kontakt zu bringen, beim zweiten Mal aber auf die Klemme 2, wirst du sehen, dass die Leuchtdiode viel weniger Zeit leuchtet als im ersten Beispiel. Das bedeutet, dass die Ersatzkapazität der hintereinandergeschalteten Kondensatoren viel niedriger als bei parallel geschalteten Kondensatoren ist.
Wenn der elektrische Strom in die Kondensatoren hineinfließt, dann laden sie sich auf. Die Spannung an den äußeren Anschlüssen der beiden Kondensatoren wird sich auf beide verteilen:

$$U = U_1 + U_2$$

Wenn die Ersatzkapazität der beiden hintereinandergeschalteten Kondensatoren

$$C = Q / U$$

und die Spannung an den Klemmen dieses Kondensators

$$U = Q / C$$

ist, dann können wir die obere Gleichung so aufschreiben:

$$Q/C = Q_1/C_1 + Q_2/C_2$$

wobei Q1 und Q2 die Elektrizität im ersten bzw. im zweiten Kondensator sind, Cl und C2 aber die Kapazität des ersten und des zweiten Kondensators. Die Elektrizität, die in den ersten Kondensator einfloss, ist gleich jener, die aus dem zweiten herausfloss. Das ist verständlich, weil an dem Verbindungspunkt zwischen den beiden Kondensatoren kein Draht angebracht ist, auf welchem der Strom zu- oder Abfließen könnte. Deshalb gilt

$$Q = Q_1 = Q_2$$

Wenn wir die Gleichung in der linken und rechten Seite durch Q teilen, erhalten wir die Formel:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2$$

die uns sagt, dass der Reziprozitätswert der Ersatzkapazität der hintereinandergeschalteten Kondensatoren gleich der Summe der Reziprozitätswerte der hintereinandergeschalteten Kondensatoren ist.
So führten wir es auch bei den parallel geschalteten Widerstanden durch, wir können auch hier die obere Gleichung auf eine andere Weise auf-schreiben. Die linke Seite bringen wir auf einen gemeinsamen Nenner und dann drehen wir die Gleichung um. Wir bekommen die Formel:

$$C = C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$$

In unserem Beispiel hatten wir zwei hintereinandergeschalteten Kondensatoren von je 100 µF. Ihre Gesamtkapazität betragt 50 µF.
So wie wir der gesuchte Widerstandswert mit zwei oder mehreren parallel geschalteten Widerstanden vertauschen können, so können wir auch die gesuchte Kapazität durch die Kapazität von zwei oder mehr hintereinandergeschalteten Kondensatoren ersetzen.

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \ldots$$

C ist die Ersatzkapazität aller in Reihe geschalteten Kondensatoren zusammen. Cl, C2, C3 ... sind die Kapazitäten der einzelnen in Reihe geschalteten Kondensatoren.
Die Kapazität aller in Reihe geschalteten Kondensatoren zusammen ist immer kleiner als die Kondensatorkapazität mit der kleinsten Kapazität.

Zubehör: Batterie 9V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

27. ELECTROMAGNET

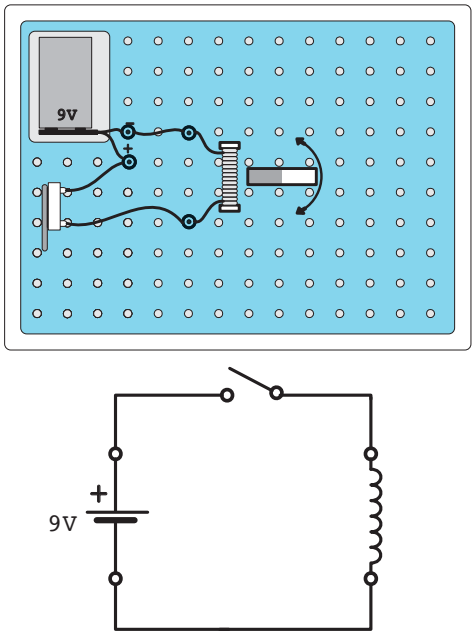
Wenn wir den elektrischen Strom durch eine Drahtwicklung lassen, so verhält sich diese wie ein Magnet. Das können wir auf eine sehr einfache Weise zeigen. Stelle einen sehr einfachen Stromkreis her, in welchem die Batterie, der Schaller and die Spule hintereinandergeschaltet sind. Wenn du den Schalter betätigst, wird der Strom durch die Spule fließen. Scheinbar passiert nichts. Schalte jetzt den elektrischen Strom ab. Setze einen kleinen Nagel so in die Spulenöffnung ein, dass er teilweise noch aus der Spule herausragt. Jetzt drücke die Taste. Das Nägelchen wird ruckartig in das Innere der Spule hineingezogen und wird auch drinnen bleiben.

Noch ein Experiment: Befestige einen Magneten an einem Faden and halte ihn so, dass er über der Spule hängt. Drücke erneut die Taste! Der Magnet dreht und stellt sich so auf, dass er längsseits der Spulenachse, durch die der Strom fließt, liegen wird. Merke dir wie der Magnet vor einem Augenblick gestanden ist. Jetzt vertausche die Anschlussdrähte der Spule untereinander. find drücke noch einmal auf die Taste. Die Spule wird sich auch jetzt wie der Magnet benehmen. nur dass sich der Magnet, der an dem Faden hängt. in umgekehrter Richtung drehen wird. Wenn wir die Stromrichtung durch die Spule vertauschen, verhält sich die Spule wie der Magnet, dem du umgedreht hast.

Entsprechend würden sich such der kleine Nagel und der Magnet verhalten, wenn wir sie in die Nähe eines anderen Magneten aufstellten. Unser Experiment zeigt, dass sich eine Spule, durch die elektrischer Strom fließt, so wie ein Magnet verhält. Einen solchen Magnet, der aus einer Spule, durch die Strom fließt, hergestellt ist, nennen wir Elektromagnet.

Zubehör: Batterie 9V, 4x7, 11, 38, 40, 68, kleine Nagel

Fig. 27



28. HERMETISCHER KONTAKTER

Stelle zwei Federklemmen so auf ein Stück Papier, dass sie nur ein wenig auseinander stehen. Jetzt hebe mit der einen Hand las Stück Papier etwas an und steile mit der anderen den Magneten senkrecht zum Papier. Die beiden Klemmen magnetisieren sich and jede wird sich so wie ein Magnet verhalten. Sie ziehen sich gegenseitig an oder stoßen sich ab. Die Federklemmen werden sich so aufstellen, dass sie sich gegenseitig anziehen.

Stelle dir vor, dass wir an jeder Federklemme einen elektrischen Draht anbringen und dass die zusammengebrachten Federklemmen einen Stromkreis bilden.

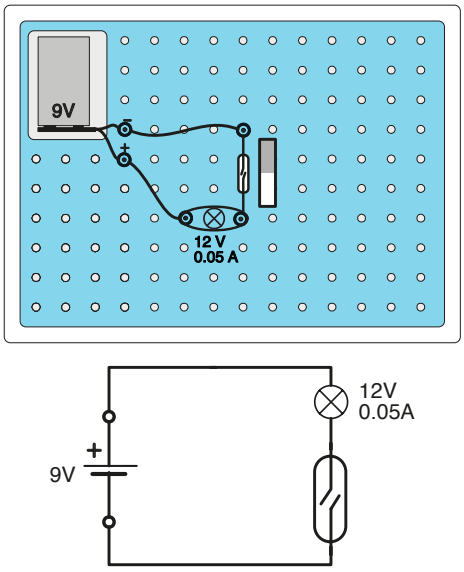
In unserem Beispiel wird der Stromkreis dann geschlossen, wenn wir den Klemmen, die auf dem Papier zwar etwas auseinander liegen, mit einem Magneten nähern.

Auf eine ähnliche Art funktioniert der hermetische Kontakt. Die Fachleute nennen ihn auch den Reed-Kontakt. In einem Glasröhrchen sind zwei dünne elastische Metallplatten so eingeschmolzen, dass sie ein wenig Abstand haben. Wenn wir die kleinen Platten magnetisieren, so zieht die eine die andere an, and so entsteht zwischen ihnen ein elektrischer Kontakt. Wenn die Plättchen nicht magnetisiert sind, springen sie wegen ihrer Elastizität wieder auseinander.

Wie können wir die Plättchen magnetisieren? Wenn wir dies mit einem Magneten tun, erhalten wir einen Schalter, denn wir ein- oder ausschalten können, indem wir den Magneten nähern oder entfernen. Ein solches Beispiel ist auf dem Bild 28 dargestellt. Wenn wir den Magneten dem hermetischen Kontakt annähern, magnetisieren sich die beiden Zungen und durch die Glühbirne fließt elektrischer Strom. Die Glühbirne leuchtet.

Zubehör: Batterie 9V, 5x7, 10, 14, 35, 38, 48, 2x68

Fig. 28



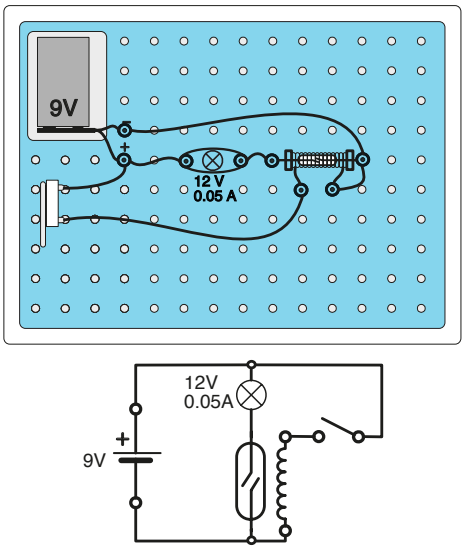
29. RELAIS

Vor dem Magneten können wir ein Stück Eisen aufstellen, welches, wenn es von dem Elektromagneten angezogen wird, den Elektroschalter einschaltet. Einen solchen Elektromagnetschalter nennen wir Relais. Für die Magnetisierung der Kontakte des hermetischen Kontakters können wir auch einen Elektromagneten benutzen. Auch dies wird ein Relais sein. Aus einer Spule und einem hermetischen Kontakter kannst du selber ein Relais herstellen. Dieses Relais wird von den Fachleuten oft als Reed-Relais bezeichnet. Setze in den Spulenkörper einen hermetischen Kontakter ein. Der Spulenkörper soll der Schalter sein, der die Glühbirne einschaltet. Den Strom, der durch die Spule f1ießen sollte, kannst du mit der Taste einschalten. Wenn die Taste gedrückt ist, werden sich wegen der Wirkung des Elektromagnets die eisernen Zungen im Reed-Kontakter gegenseitig anziehen.

Deswegen wird zwischen ihnen eine elektrische Verbindung entstehen und so wird auch noch der Stromkreis durch die Glühbirne geschlossen. Die Glühbirne wird leuchten.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 11, 14, 35, 38, 40, 48, 4x68

Fig. 29



30. LAUTSPRECHER

Wie verbreitet sich der Schall durch die Luft? Die Schallwellen verbreiten sich in der Form von Abtrieben und Verdünnungen in der Luft, die sich der Richtung des verbreiteten Schalls anschließen. Wie können wir selber eine Schallwelle auslösen? Zu diesem Zweck brauchen wir einen vor- und rückwärts schwingenden Gegenstand, der so die Abtriebe und Verdünnungen in der Luft verursachen wird. Wenn du auf ein Fensterglas klopfst, so bringst du es durch das Klopfen in Schwingung. Wegen der Schwingungen des Glases entstehen an ihm Abtriebe und Verdünnungen, die sich dann im Raum verbreiten. Weil dies an beiden Seiten des Fensterglases geschieht, hören wir das Klopfen auch an beiden Seiten des Fensters.
In der Elektrotechnik verwenden wir Lautsprecher für die Erzeugung von Schallwellen.
Was ist eigentlich ein Lautsprecher?
Erinnere dich an den Versuch mit der Spule und dem Magneten. Wir stellten fest, dass sich eine Spule, durch die elektrischer Strom fließt, wie ein Magnet verhält. Beim Lautsprecher sitzt auf dem Gehäuse ein Magnet. Im Magnetschlitz ist eine kleine Spule eingesetzt, die auf einer Papiermembrane befestigt ist. Wenn Strom durch die kleine Spule fließt, wird diese dadurch in den Magnetschlitz eingezogen oder aber von ihr abgestoßen. Dadurch wird die Membrane des Lautsprechers nach vorn oder nach hinten in Bewegung gebracht. Wenn dies hintereinander und schnell genug geschieht, hören wir einen Ton.
In dieser Schaltung ist in Reihe mit dem Lautsprecher ein Widerstand von 100 Ω angeschlossen. Wenn dieser nicht vorhanden wäre, könnte die zarte Spule im Lautsprecher durchbrennen. Drücke die Taste und du wirst einen kleinen Knall wahrnehmen. Wiederhole dies einige Male und beobachte dabei die Membrane. Du wirst sehen, dass sich die Membrane nach innen und außen bewegt. Stelle dir jetzt vor, dass, wenn du die Taste drückst, die Membrane in das Innere des Lautsprechers rückt. Vertausche die beiden Anschlussklemmen des Lautsprechers untereinander. Jetzt wird beim Tastendruck die Membrane aus dem Lautsprecher gedrückt. Sei bei diesem Versuch vorsichtig, weil diese Verschiebungen sehr klein sind, nur einige Teile eines Millimeters.
Warum springt die Membrane manchmal nach innen, manchmal aber nach außen?
Wir haben bis jetzt festgestellt, dass sich die Spule, durch die der elektrische Strom durchfließt, wie ein Magnet verhält. Ebenso, dass der Magnet ausgeprägte Pole hat. Wir wissen aber auch, dass sich zwei gleiche Pole untereinander abstoßen, verschiedene aber anziehen. Wenn wir die Richtung des Stroms durch die Spule ändern, so wird sich auch die Polarität der beiden Pole vertauschen. Deshalb springt die Membrane einmal in das Innere des Lautsprechers (dann, wenn sich die kleine Spule und der Magnet anziehen) und einmal nach außen (dann, wenn sich die kleine Spule und der Magnet abstoßen).
Also wenn wir aus dem Lautsprecher einen Ton hören wollen, muss durch seine kleine Spule ein Strom von veränderlicher Starke fließen. In diesem Fall wird sich die Membrane nach vorn und nach hinten bewegen und wir hören einen Ton.

Zubehör: Batterie 9V, 38, 40, 45, 55

Fig. 30

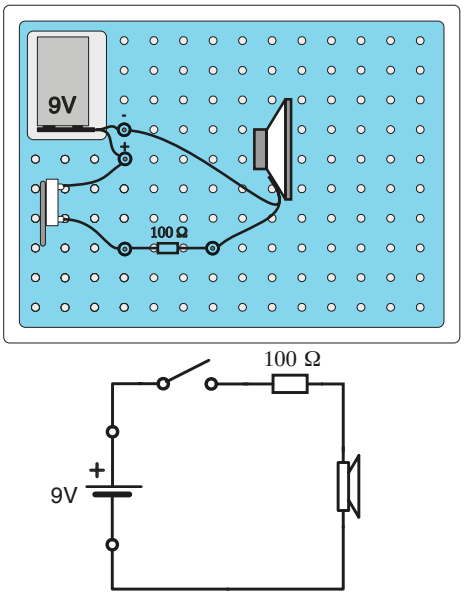
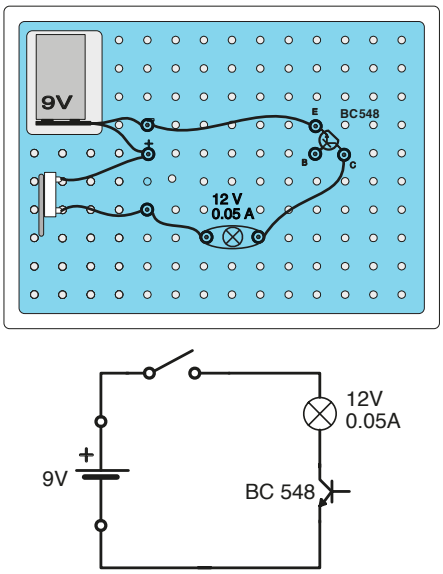


Fig. 31



31. LERNEN WIR DEN TRANSISTOR KENNEN

Hast du die Beschreibung, wie ein Transistor funktioniert, durchgelesen?
Wenn ja, dann wirst du mit der unten dargestellten Schaltung keine Schwierigkeiten haben.
In der Schaltung sind eine Glühbirne und ein Transistor hintereinandergeschaltet. Gib darauf acht, wie auf dem Transistor die Anschlusskontakte angeordnet sind! Beim Anschließen des Transistors in die Schaltung darfst du die einzelnen Anschlüsse nicht untereinander vertauschen! Wenn du das trotzdem tust, wird die Schaltung nicht funktionieren, im schlimmsten Fall kann es passieren, dass der Transistor zerstört wird.
In deinem Set, dass du vor dir liegen hast, befindet sich der Transistor BC548. Wenn du ihn so in die Hand nimmst, dass die kleinen Anschlussdrähte nach unten zeigen, die gerade Fläche des plastischen Gehäuses, auf der die Bezeichnung des Transistors aufgeschrieben ist, aber zu dir hin, dann ist der linke Anschluss der Stromwender (Kollektor), der mittlere die Basis, der rechte aber der Emitter.
Nicht alle Transistoren haben die gleiche Anordnung der Anschlusskontakte. Eine solche Anordnung der Kontakte, wie sie in unserem Beispiel ist, kommt sehr häufig vor, sie ist aber nicht die Regel. Die Anordnung der Anschlusskontakte ist vom Hersteller und dem Modell des Transistors abhängig. Wenn du eines Transistors zur Verfügung hast und du kennst die Anordnung der Anschlusskontakte nicht, musst du immer seine Beschreibung im Handbuch auffinden. Wenn du diese Beschreibung nicht finden kannst, versuche selber die Anordnung der Anschlussdrähte festzustellen. Wie du diesen Vorgang durchführen kannst, ist später in diesem Buch beschrieben.
Kehren wir zu unserer Schaltung zurück. Wird die Glühbirne leuchten? Natürlich nicht. Der Basisanschluss des Transistors ist nirgendwo angeschlossen, deshalb fließt in die Basis kein elektrischer Strom: der Transistor ist geschlossen: Wir können sagen, dass beim geschlossenen Transistor der Widerstandswert zwischen dem Emitter und dem Kollektor sehr groß ist.

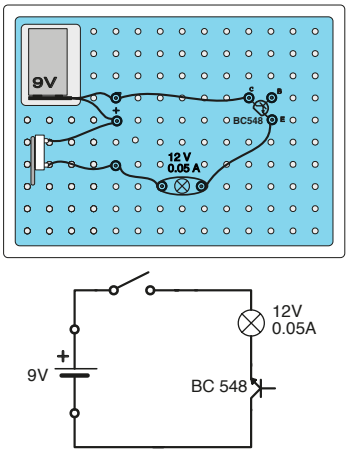
Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 14, 35, 38, 42, 3x68

32. WAS PASSIERT, WENN WIR DEN TRANSISTOR VERKEHRT HERUM DREHEN?

Ändere die obere Schaltung. schließe den Transistor so an, dass der Emitter und der Kollektor untereinander die Plätze tauschen.
Wenn du aufmerksam beobachtest, wirst du sehen können, dass der Glühfaden in der Glühbirne ein wenig glimmert. Weil der Transistor keinen Emitter an den negativen, den Kollektor aber an der positiven Spannung angeschlossen hat, verhält er sich nicht so, wie er müsste.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 3x68

Fig. 32

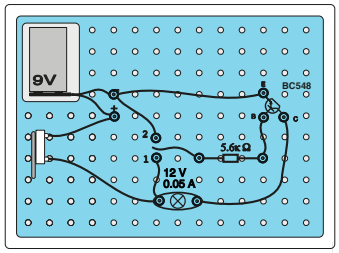


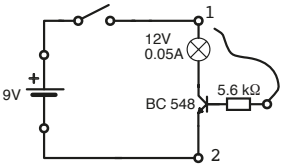
33. TRANSISTOR ALS SCHALTER

Schließe an die markierte Stelle des Widerstandes den kleinen Draht an, dessen Ende frei sein soll. Wie du sehen kannst, leuchtet die Glühbirne nicht. Warum nicht?
In die Basis des Transistors fließt kein elektrischer Strom, deshalb ist der Transistor geschlossen! Was müssen wir jetzt unternehmen, damit der Strom durch den Transistor geleitet wird? Wir müssen die Schaltung so bauen, dass ein schwächerer Strom in die Basis fließt. Schließe deshalb das freie Ende des Drahts an die Klemme an, an welcher der positive Pol der Batterie angeschlossen ist. Der Strom wird durch den ‘Widerstand in die Basis fließen und der Transistor öffnet sich, die Glühbirne leuchtet jetzt. In dieser Schaltung verwendeten wir den Transistor als Schalter. Den Schalter steuern wir mit dem Strom in der Basis: wenn der Strom in die Basis, fließt, ist der Transistor geöffnet und durch ihn fließt der elektrische Strom, die Glühbirne leuchtet. Wenn in die Basis des Transistors kein elektrischer Strom fließt, ist der Transistor gesperrt, durch ihn fließt kein Strom und deshalb leuchtet auch die Glühbirne nicht. Mit einem Wort, den Transistorschalter steuern wir mit dem Strom, der in die Basis fließt. Dieser Strom ist niedriger als der Strom, der durch den Transistor fließt, deshalb ist ein solcher Schalter sehr wirksam.
Was wird passieren, wenn wir den Draht anstatt an den positiven, an den negativen Batterieanschluss anschießen? Denk mal darüber nach und probiere es dann aus!
Natürlich, die Glühbirne wird nicht leuchten, weil durch die Basis kein Strom fließt, deshalb ist der Transistor geschlossen. Der geöffnete Transistor stellt einen sehr sehr kleinen Widerstandswert dar. Dann wird zwischen der Kollektor- und der Emitter Klemme eine sehr niedrige Spannung vorhanden sein, höchstens ein Zehntel eines Volts.
Deshalb darf der geöffnete Transistor niemals direkt zwischen dem positiven and dem negativen Batterieanschluss angeschlossen sein, weil durch ihn ein starker Strom, der ihn beschädigen könnte, fließt.

Zubehör: Batterie 9V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

Fig. 33



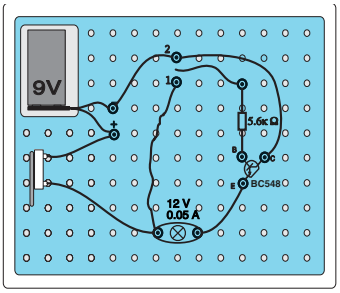


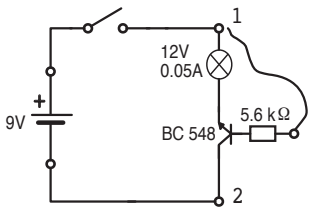
34. VERKEHRT GEDREHTER TRANSISTOR

Jetzt schließe den Transistor so an, dass er verkehrt angeschlossen ist. Vertausche den Emitter- and Kollektoranschluss untereinander.
Wenn das freien Ende des Drahts in der Luft ist, flimmert die Glühbirne sehr schwach. Wenn du aber mit dem freien Ende des Drahts den positiven Batterieanschluss berührst, wird der Faden in der Glühbirne ein wenig stärker aufglühen, jedoch wird die Glühbirne noch immer nicht mit voller Kraft leuchten. Ein so angeschlossener Transistor kann nicht richtig funktionieren!
Also, wenn wir die Eigenschaften des Transistors BC548 nutzen möchten, muss der Kollektor immer an die positive, der Emitter aber an die negative Spannung angeschlossen sein. Damit der Transistor geöffnet ist, muss in die Basis ein schwacher Strom fließen.
Transistoren, die den Emitter an die negative, den Kollektor aber an die positive Spannung angeschlossen haben, sind sogenannte NPN-Transistoren. Ein solcher ist auch der Transistor BC548. Es gibt aber auch Transistoren, die in die Schaltung so angeschlossen werden müssen, dass der Emitter an die positive, der Kollektor aber an die negative Spannung angeschlossen ist. Das sind sogenannte PNP-Transistoren. In diesem Set gibt es einen solchen Transistor nicht.

Zubehör: Batterie 9V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

Fig. 34



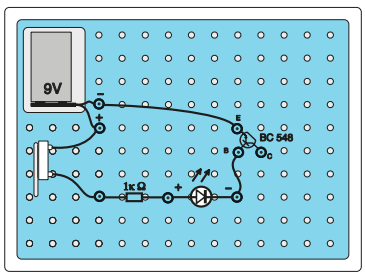


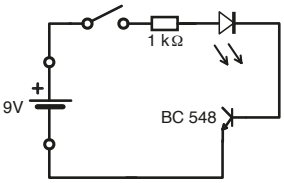
35. WIE VERHÄLT SICH DER TRANSISTOR, WENN WIR NUR DIE BASIS UND DEN EMITTER BEOBACHTEN?

Damit eine Glühbirne leuchtet, braucht sie eine größere Menge elektrischen Strom als eine Diode. Wenn aus der Batterie stärkerer Strom fließt, ist sie schneller leer. Deshalb kannst du für die Beobachtung, wie der Transistor funktioniert, eine Leuchtdiode verwenden. Das kannst du bei allen Versuchen mit einer Glühbirne machen. Dabei darfst du aber nicht vergessen, dass eine verkehrtherum gedrehte Leuchtdiode nicht leuchtet! Natürlich, in Reihe mit der Leuchtdiode ist auch noch ein Widerstand von 1 kΩ geschaltet, der versichert, dass durch die Diode kein zu starker Strom fließt.
Wir haben schon gesagt, dass der Transistor BC548, der sich im Set befindet, vom Typ NPN ist.
Das bedeutet, dass für das normale Funktionieren der Emitter an den negativen Pol angeschlossen sein muss. Wenn wir möchten, dass der elektrische Strom in die Basis (und von hier in den Emitter) fließt, muss die Basis an die positive Spannung angeschlossen sein bzw. an den Emitter. Schließe jetzt den Transistor so an, wie es auf dem Bild 35 dargestellt ist. Die Leuchtdiode wird leuchten. Das bedeutet, dass der Strom von der Basis in Richtung Emitter fließen kann.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 35



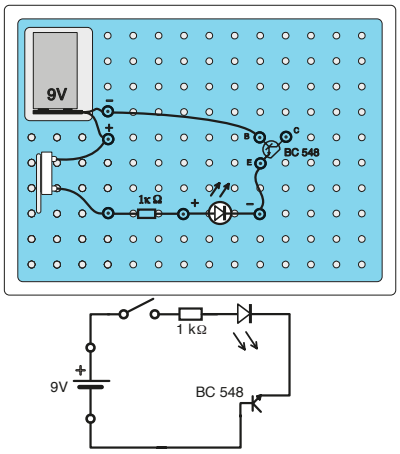


36. BEIM TRANSISTOR VERHÄLT SICH DIE RICHTUNG BASIS-EMITTER WIE EINE DIODE

Jetzt tausche den Basis- und den Emitter Anschluss untereinander aus. Die Leuchtdiode wird nicht leuchten. Das bedeutet, dass durch diesen Transistor kein Strom vom Emitter in Richtung Basis fließen kann. Mit anderen Worten, beim Transistor verhält sich die Richtung Basis-Emitter wie eine Diode. Bei den NPN-Transistoren ist diese Diode umgekehrt, von der Basis in Richtung Emitter.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 36

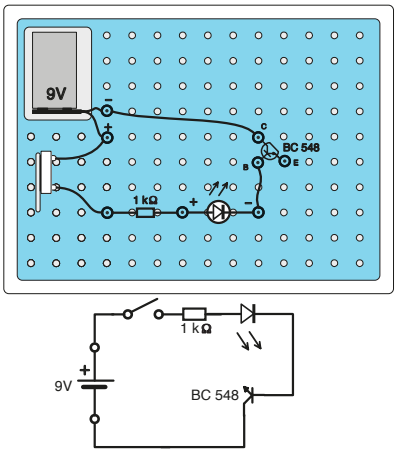


37. WIE VERHÄLT SICH DER TRANSISTOR, WENN WIR NUR DIE BASIS UND DEN KOLLEKTOR BEOBACHTEN?

Schließe jetzt den Transistor so an, dass der Transistorkollektor an den negativen Batterieanschluss angeschlossen ist, die Basis aber über die Leuchtdiode, den Widerstand und den Schalter an den positiven Batterienanschluss. Der Emitter soll in der Luft sein beziehungsweise nirgendwo angeschlossen.
Wenn du die Taste drückst, leuchtet die Leuchtdiode auf.
Das bedeutet, dass bei unserem Transistor der elektrische Strom aus der Richtung der Basis gegen den Kollektor fließen kann.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 37

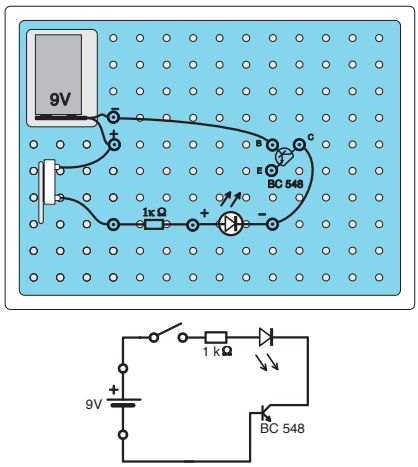


38. BEIM TRANSISTOR VERHÄLT SICH DIE RICHTUNG BASIS-KOLLEKTOR WIE EINE DIODE

Jetzt tausche untereinander den Basis- und den Kollektoranschluss des Transistors aus. Die Leuchtdiode leuchtet nicht. Das bedeutet, der elektrische Strom kann nicht durch diesen Transistor aus der Richtung des Kollektors gegen die Basis fließen. Mit anderen Worten gesagt, beim Transistor verhält sich die Richtung Basis-Kollektor, wie die Diode. Bei den NPN-Transistoren ist diese Diode von der Basis gegen den Kollektor gedreht.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 38

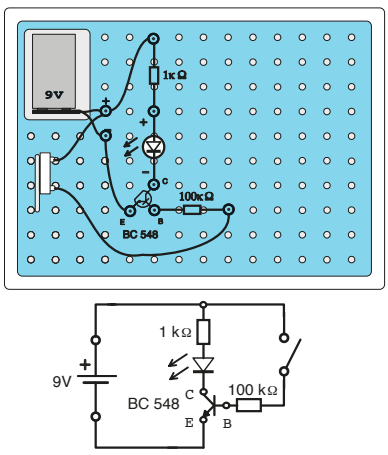


39. SCHALTUNG ZUR PRÜFUNG VON TRANSISTOREN

Aus dem Ganzen, was du bist jetzt gelernt hast, können wir schließen, wie sich ein guter Transistor verhalten muss. Wenn wir Zweifel haben, ob der Transistor in Ordnung ist, stellen wir einfach eine Schaltung her, in der die Eigenschaften der Unbedenklichkeit des Transistors angewandt werden. Das Einfachste ist der Transistorschalter.
In der unten gezeichneten Schaltung ist gekennzeichnet, wie wir den Transistor, den wir überprüfen wollen, einsetzen müssen. Wenn die Batterie angeschlossen ist, darf die Leuchtdiode nicht leuchten. Das ist verständlich, denn in die Basis fließt kein Strom und deshalb ist der Transistor geschlossen. Wenn du den Bedienungsknopf drückst, fließt in die Basis Strom und der Transistor ist geöffnet. Deshalb leuchtet die Leuchtdiode. Bei einem guten Transistor ist bei der nichtbestätigten Taste die Leuchtdiode ausgeschaltet, bei der gedrückten Taste dagegen an. Wenn die Leuchtdiode immer ein- oder ausgeschaltet ist, bedeutet dies, dass der Transistor nicht mehr gut ist.
Die Schaltung ist wirklich einfach, verwende sie immer dann, wenn du den Verdacht hast, dass die Schaltung, die du hergestellt hast, deshalb nicht funktioniert, weil vielleicht der Transistor beschädigt ist.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 39



40. WIE STELLEN WIR FEST, WIE DIE ANORDNUNG DER ANGESCHLOSSENEN KONTAKTE IM TRANSISTOR IST?

Jetzt wo du recht gut weißt, wie ein Transistor funktioniert, kannst auch selber die Anordnung der angeschlossenen Kontakte an unbekannten Transistoren finden.
Zur Hilfe benötigst du eine Batterie, einen Widerstand und eine Leuchtdiode.
1. Überprüfe zuerst, ob die Leuchtdiode richtig angeschlossen ist.
2. Beim ersten Schritt musst du feststellen, was für einen Transistor-Typ du verwenden wirst und wo die Basis ist.
Wir erwähnten schon, dass sich beim Transistor die Wege Basis-Emitter und Basis-Kollektor wie Dioden verhalten. Bei diesen "Dioden" sind (wenn es sich um einen NPN-Transistor handelt) die beiden Anoden am Basisanschluss zusammengeschaltet. Deshalb suchen wir am Transistor die Basis so, dass wir den Anschluss, der die Anode der zwei Dioden ist, finden: Emitter- und Kollektoranschluss.
Also: schließe eine von den Klemmen des unbekannten Transistors an die Klemme Nr. 1 an. Den Draht aus der Klemme Nr. 2 führe zuerst auf die eine, dann auf die zweite, freie Klemme des Transistors. Pass auf, wann die Leuchtdiode aufleuchtet. Nun vertausche die Klemme des Transistors, die an die Federklemme Nr. 1 angeschlossen ist und versuche es erneut. Wiederhole das für alle drei Positionen des Transistors.
3. Wenn bei der Berührung der beiden freien Transistoranschlüsse die Leuchtdiode nur in einer Position des Transistors aufleuchtet, bedeutet dies, dass du die Basis entdeckt hast und dass der Transistor vom Typ NPN ist. Merke dir, bei welcher Position des Transistors diese lag. Die Transistorklemme, die in diesem Beispiel an die Federklemme Nr. 1 angeschlossen war, ist die Basis.
4. Wenn die Leuchtdiode nicht aufleuchtet oder sie leuchtet in allen Fällen, ist der Transistor bestimmt defekt.
5. Wenn in einigen Positionen die Leuchtdiode nur bei der Berührung eines der freien Transistoranschlüsse aufleuchtet, bedeutet dies noch nicht, dass der Transistor defekt ist. Überprüfe, oh er nicht vielleicht von Typ PNP ist. In diesem Fall setze mit dem Punkt 41-7. fort.
6. Jetzt ist es noch notwendig festzulegen., welche von den übrigen zwei Klemmen der Emitter, welche der Kollektor ist. Zu diesem Zweck verwende die Schaltung für die Transistorüberprüfung. Prüfe den Transistor so, dass du zuerst eine, dann die zweite unbekannte Klemme für den Kollektor nimmst. Die Basis sollte natürlich so angeschlossen sein, wie dies erforderlich ist. Bei richtiger Schaltung funktioniert der Transistor besser, beziehungsweise der Unterschied in der Leuchtkraft der Diode bei gedrückter oder nichtgedrückter Taste ist sehr stark.
Wenn der Transistor nicht wie ein Schalter funktioniert, ist er defekt.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 3x68

Fig. 40 a)

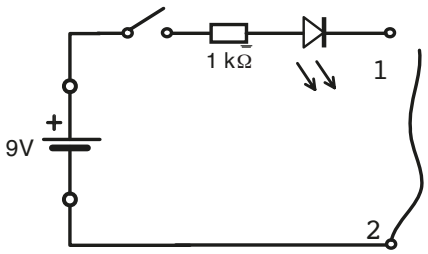
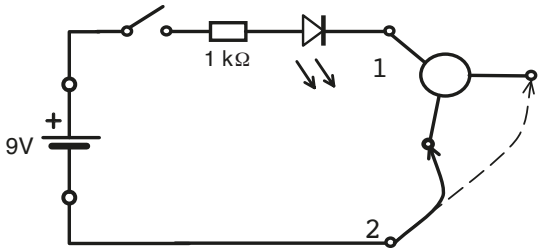


Fig. 40 b)

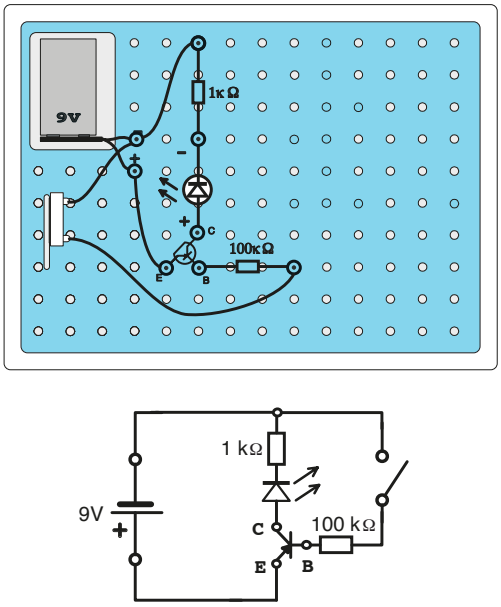


41. TESTSCHALTUNG DER TRANSISTOREN VOM TYP PNP

7. Überprüfe, ob der Transistor möglicherweise vom Typ PNP ist. Bei solchem Transistor sind die Spannungen anders als bei jenen vom Typ NPN. Das bedeutet, der Emitter muss an den positiven, der Kollektor aber an den negativen Anschluss der Batterie angeschlossen sein. Die Versorgung der Basis kommt genauso aus dem negativen Anschluss der Batterie.
Beim PNP-Transistor verhalten sich die Richtungen Basts-Kollektor und Basis-Emitter wie die beiden Dioden, die an dem Basisanschluss zusammengeschaltete Kathoden haben. Jetzt muss du die Transistorklemme an die Federklemme Nr. 2, den Draht aber an die Federklemme Nr. 1 anschließen. Wiederhole den Vorgang, der unter dem Punkt 2. beschrieben ist. Sei dir bewusst, dass du jetzt Dioden suchst, die zusammengeschaltete Kathoden haben.
Wenn du einen solchen Anschluss findest, bei welchem durch die Berührung des kleinen Drahts aus der Federklemme 1 auf irgendeiner freien Klemme die Leuchtdiode aufleuchten wird, ist dies die Basis. Natürlich, prüfe zuerst, ob sich dies nicht an den anderen Stellurigen des Transistors wiederholt. Falls die Leuchtdiode überhaupt nicht oder aber in allen Fällen leuchtet, ist der Transistor bestimmt defekt.
8. Sobald du die Basis des PNP-Transistors gefunden hast, stelle eine Testschaltung her, mit der du überprüfen kannst, ob der Transistor wie ein Schalter funktioniert.
Aus diesem Schaltplan ist ersichtlich, dass die Batterie und die Leuchtdiode anders herumgedreht sind als bei der Testschaltung beim NPN-Transistor.
9. Suche den Emitter und den Kollektor. Du kannst das gleiche machen, wie bei der Anordnung der Anschlüsse des NPN-Transistors. Schließe den Transistor an und überprüfe, ob er wie ein Schalter funktioniert.
Ein umgekehrt angeschlossener Transistor wird als Schalter schlechter oder überhaupt nicht funktionieren.
Wenn du beim Transistor die Basis nicht finden kannst (die Gesamtanode für Emitter und Kollektor beim NPN bzw. die Gesamtkathode für den Emitter und Kollektor beim PNP) oder aber der Transistor nicht wie ein Schalter funktioniert, ist der Transistor defekt.
Wir erwähnten schon, dass sich in unserem Set kein PNP-Transistor befindet. Trotzdem wird dir das oben beschriebene Verfahren helfen, wenn du einen völlig unbekannten Transistor in Händen hast.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 41

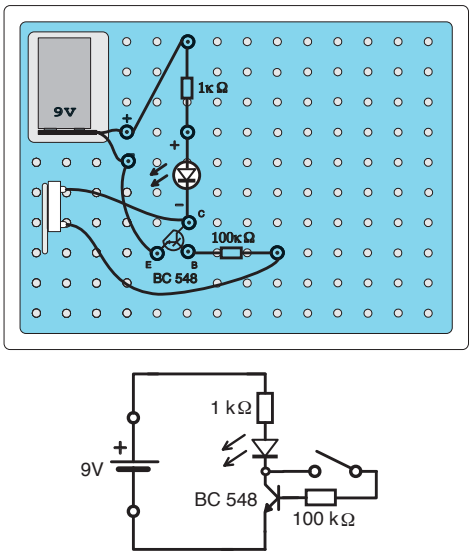


42. DEN STROM, DER AN DIE BASIS FLIESST, KÖNNEN WIR DURCH DEN KOLLEKTORWIDERSTAND BRINGEN

Erinnere dich an den Schaltplan des Transistors als Schalter. Der elektrische Strom wird in die Basis des Transistors durch einen Widerstand gebracht, von dem ein Ende an den positiven Batterieanschluss, das andere aber an die Basis angeschlossen ist. Das ist nicht die einzige Art, wie wir den Strom, der den Transistor öffnen wird, in die Transistorbasis bringen.
Auf dem unteren Bild ist ein Beispiel gezeigt, bei dem der Strom, der durch die Basis des Transistors fließt, auch durch den Schaltzweig zwischen dem Kollektor and dem positiven Batterieanschluss fließt.
Stelle die unten gezeigte Schaltung her. Wenn du auf die Taste drückst, wird die Leuchtdiode aufleuchten. Das bedeutet, der Transistor funktioniert wie ein Schaller.

Zubehör: Batterie 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 42

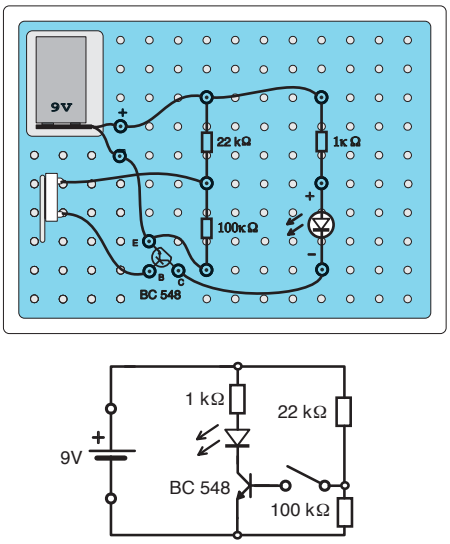


43. DEN STROM, DER IN DIE BASIS FLIESST, KÖNNEN WIR DURCH DEN SPANNUNGSWIDERSTAND DES WIDERSTANDSVERTEILERS BRINGEN

Im Bild 43 ist noch eine Möglichkeit der Basisversorgung des Transistors mit elektrischem Strom dargestellt.
Widerstände ist bestimmt, wie stark der elektrische Strom ist, der in die Transistorbasis fließen wird.
Alle drei dargestellten Versorgungsarten der Transistorbasis mit eklektischem Strom haben auf den Transistor die gleiche Wirkung: der Transistor ist geöffnet.
Weiche Art der Versorgung der Basis in der Schaltung angewandt worden ist, ist von der Art der Transistoranwendung abhängig.

Zubehör: Batterie 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 43

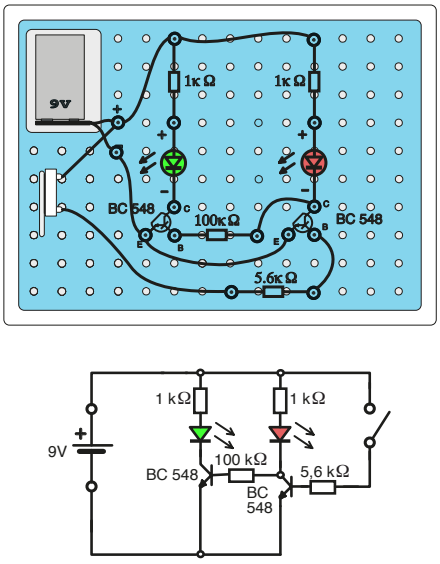


44. IN REIHE SCHALTUNG ZWEIER TRANSISTORSCHALTER

Wir wissen schon, dass der Transistor als Schalter angewandt werden kann. Mit wenig Strom, der in die Transistorbasis fließt, können wir verursachen, dass durch den Transistor viel Strom fließt.
Mit einem Transistorschalter können wir einen anderen Transistorschalter beeinflussen. Ein solches Beispiel ist auf dem Bild 44 dargestellt. Bei jedem der Transistoren befindet sich zwischen dem Kollektor und dem positiven Batterieanschluss ein Widerstand and eine Leuchtdiode.
Die Leuchtdiode wird signalisieren, ob der Transistor als Schalter geöffnet oder geschlossen ist. Wenn der Transistor geöffnet ist, fließt durch ihn kein Strom und die Leuchtdiode leuchtet nicht.
Wenn du in der unten dargestellten Schaltung eine Batterie anschließt, wird die grüne Leuchtdiode leuchten. Warum? Die Taste ist nicht gedrückt. Deshalb fließt kein Strom in die Basis des ersten Transistors und dieser ist geschlossen. Weil durch ihn kein Strom fließt, könnten wir vielleicht denken, er wäre überhaupt nicht in der Schaltung vorhanden. Deshalb wird von dem positiven Batterieanschluss durch die rote Leuchtdiode und den Widerstand von 100 kΩ der elektrische Strom in die Basis des anderen Transistors fließen. Wegen des Widerstands von 100 1Ω wird der elektrische Strom zu schwach sein, um die rote Leuchtdiode zum Leuchten zu bringen. Jedoch ist dieser Strom stark genug, den linken Transistor zu öffnen und so kann der elektrische Strom hindurchfließen. Deshalb wird auch die grüne Leuchtdiode leuchten. Drücke die Taste. Jetzt wird der elektrische Strom in die Basis des rechten Transistors fließen, welcher deshalb geschlossen sein wird. Durch ihn wird jetzt ein starker Strom fließen und die rote Leuchtdiode leuchtet. Der linke Widerstand und die Leuchtdiode sowie der rechte Transistor stellen einen Spannungsverteiler dar. Daraus wird die Basis des linken Transistors versorgt. Der geöffnete Transistor weist einen sehr schwachen Widerstand auf und deshalb ist die Spannung an ihm sehr klein. Aus diesem Grunde ist auch der elektrische Strom, der in die Basis des linken Transistors fließt sehr sehr schwach und deshalb ist der linke Transistor geschlossen und die grüne Leuchtdiode leuchtet nicht.

Zubehör: Batterie 9V, 14x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 61, 4x68, 2x69

Fig. 44

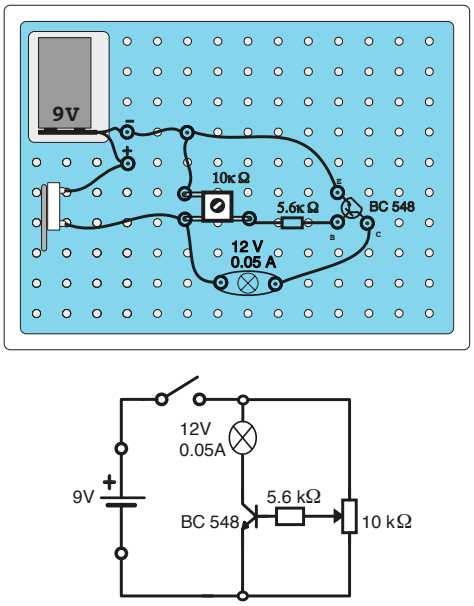


45. TRANSISTOR ALS ABGLEICHWIDERSTAND

Stelle die unten dargestellte Schaltung her.
Wie stark die Glühbirne leuchten wird, ist von der Lage des Potentiometer Gleiters abhängig. Ist der Gleiter naher am positiven Batterieanschluss, leuchtet die Glühbirne stärker, wenn sie aber naher am negativen ist, leuchtet sie schwächer. Wenn du den Gleiter bewegst, ändert sich die Leuchtkraft der Glühbirne.
Wie funktioniert diese Schaltung?
Wenn der Gleiter des Potentiometers naher jenem Potentiometers Anschluss ist, welcher an die positive Spannung der Batterie angeschlossen ist, fließt durch die Basis ein stärkerer Strom. Wenn wir den Gleiter des Potentiometers bewegen. ist der Potentiometer genaugenommen ein Spannungsverteiler.
An die Spannung dieses Verteilers ist ein Widerstand angeschlossen, durch welchen der elektrische Strom in die Basis fließt. Wenn die Spannung in dem Verteiler größer ist, fließt in die Basis des Transistors ein stärkerer Strom.
Wenn der Strom in der Transistorbasis stärker ist, leuchtet die Glühbirne stärker. In diesem Fall fließt durch die Glühbirne (und natürlich auch durch den Transistor) stärkerer Strom. Da die Glühbirne immer gleich ist, ist es klar, dass der Transistor seine Eigenschaften ändert und dies derart, dass er sich wie ein Abgleichwiderstand verhält, dessen Widerstandswert vom Strom, der in die Basis des Transistors fließt, abhängig ist.
Stelle dir vor, du drehst die Achse des Potentiometers nach links und rechts. Deshalb ändert sich die Spannung am Gleiter des Potentiometers: einmal wird sie größer, ein andermal kleiner. Die größere Spannung befördert stärkeren elektrischen Strom in die Basis des Anschusses und der Transistor ist mehr geöffnet.
Anstatt die Spannung, die sich verändert, aus dem Potentiometer in die Basis zu bringen, können wir die veränderliche Spannung aus irgendeiner Quelle bringen. Der Transistor verstärkt diese Spannungsveränderungen. Deshalb können wir sagen, dass der Transistor, welchen wir als Abgleichwiderstand anwenden, eigentlich ein Verstärker ist.

Zubehör: Batterie 9V, 11x7, 14, 35, 38, 40, 42, 51, 59, 4x68

Fig. 45

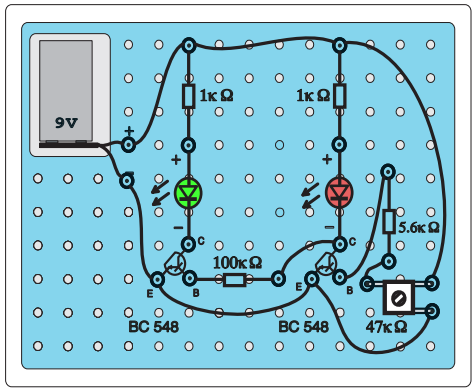


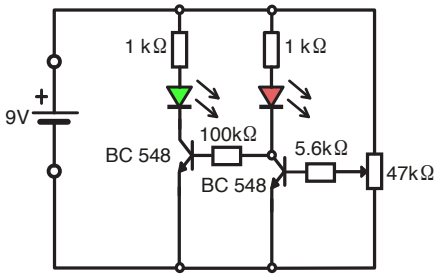
46. IN REIHE SCHALTUNG ZWEIER TRANSISTORENVERSTÄRKER

So wie wir mit einem Transistorschalter einen anderen steuern konnten, können wir den Ausgang aus einem Transistorverstärker in den Eingang des nächsten bringen. Auf diese Art können wir eine niedrige Spannung vielfach verstärken.
In der unten dargestellten Schaltung ist eine in Reihe Schaltung zweier Transistoren Verstärker dargestellt. Die beiden Leuchtdioden sind hier dazu da, dass du beobachten kannst, wie die beiden Transistoren ihren Widerstandswert verändern.
Wir stellen uns vor, dass sich der Gleiter des Potentiometers in einer solchen Stellung befindet, dass die Spannung am Gleiter des Potentiometers gleich Null ist. Deshalb ist der elektrische Strom in der Basis des rechten Transistors auch gleich Null und der Transistor ist geschlossen.
Aus dem vorherigen Beispiel können wir folgern, dass die rote Leuchtdiode nicht leuchten wird, dagegen aber die grüne. Genau umgekehrt ist es, wenn der Gleiter des Potentiometers sich in einer solchen Stellung befindet, dass der elektrische Strom in der Basis des Transistors am stärksten ist. Dann leuchtet die rote, die grüne Leuchtdiode aber nicht. Wie ist es aber in den Zwischenstellungen des Potentiometers Gleiters? Versuche es!
Während du den Gleiter des Potentiometers drehst, wird zum Beispiel die rote Leuchtdiode anfangen zu leuchten, die grüne aber verlöschen. Wenn du die Achse in die Gegenrichtung drehst, wird sich die Leuchtkraft der roten Leuchtdiode verkleinern, die der grünen aber vergrößern.
Mit dieser dargestellten Schaltung veranschaulichten wir, wie sich das Ausgangssignal eines Transistorverstärkers für Steuerung des nächsten anwenden lässt. In unserem Beispiel haben wir mit beiden Transistoren die beiden Leuchtdioden an- und ausgeschaltet. Beim zweiten Transistor, an dem die Spannung, die aus der Basis des rechten Transistors geleitet wurde, schon sehr verstärkt ist, können wir anstatt der Leuchtdiode ein Element anwenden, das für seine Funktion viel Kraft braucht, zum Beispiel Glühbirne, Relaiswicklung usw.

Zubehör: Batterie 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 59, 61, 4x68, 5x69

Fig. 46



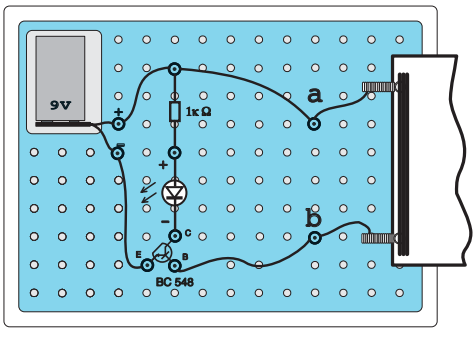


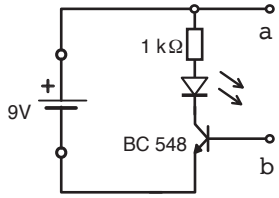
47. EINE GRAPHITSCHICHT MIT DEM BLEISTIFT AUF PAPIER GEBRACHT, IST AUCH EIN WIDERSTAND

In der Einführung erwähnten wir schon, dass der Widerstand im Allgemeinen so hergestellt ist, dass auf das keramische Röhrchen eine dünne Widerstandsschicht aufgetragen ist. Dies kann auch Graphit sein.
Im alltäglichen Leben treffen wir sehr häufig auf Graphit. Graphit können wir auch in einem ganz einfachen Bleistift vorfinden: der Kern bzw. die Mine ist aus Graphit hergestellt. Wie können wir die oben erwähnte Behauptung beweisen? Stelle dir einfach selber einen Widerstand her! Zuerst nimmst du ein Blatt Papier auf welches du mit einem weichen Bleistift (z.B. Stärke B), eine breite und ausgemalte Linie zeichnest. Falte das Papier so, dass sich die breite Linie am Rand befindet, am Falz. Setze auf die beiden Enden der Linie je eine Federklemme, in die du einen Anschlussdraht eingesetzt hast. Jetzt hast du einen Widerstand, der zwei Anschlussdrähte hat!
Wie kannst du prüfen, dass dies wirklich ein Widerstand ist? Schließe ihn an die unten dargestellte Schaltung an. Durch deinen Widerstand wird vom positiven Batterieanschluss der elektrische Strom in die Basis des Transistors fließen. Der Transistor ist geöffnet und die Leuchtdiode leuchtet auf.

Zubehör: Batterie 9V, 10x7, 38, 42, 43, 57, 4x68, 2x69

Fig. 47



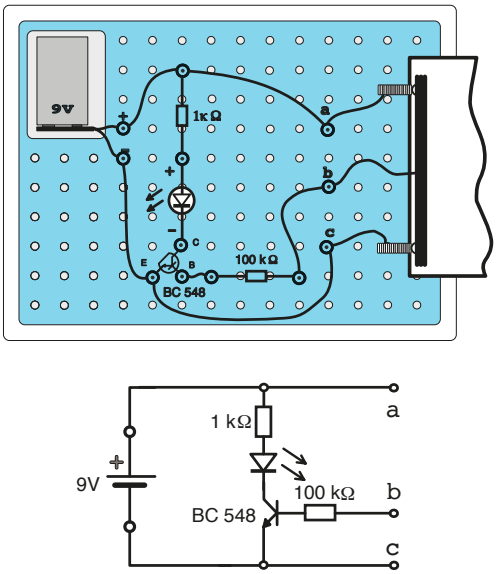


48. DIE GRAPHITSCHICHT AUF DEM PAPIER KANNST DU ALS POTENTIOMETER EINSETZEN

Wir erwähnten schon, dass das Potentiometer genaugenommen ein Widerstand ist, auf welchem wir den Gleiter bewegen können. Benutze den oben beschriebenen Widerstand, welchen du mit einem einfachen Bleistift auf das Papier gezeichnet hast, um aus ihn ein Potentiometer herzustellen.
Für das Potentiometer nimmst du den für den vorherigen Versuch hergestellten Widerstand. Das Gleitstück wird einfach durch eine Federklemme ersetzt, in die du einen kleinen Draht eingesetzt hast. Nimm die Federklemme in die Hand und streife mit ihr auf der Graphitschicht auf dem Papier herum. Beobachte jetzt, wie sich die Leuchtkraft der Leuchtdiode verändert! Erinnere dich an die Schaltung in welcher der Transistor als Abgleichwiderstand verwendet wurde. Das ist hier vollkommen die gleiche Schaltung, nur dass du anstatt eines in der Fabrik hergestellten Widerstands hier dein eigenes Erzeugnis verwendest hast.

Zubehör: Batterie 9V, 11x7, 38, 42, 43, 57, 61, 4x68, 5x69

Fig. 48

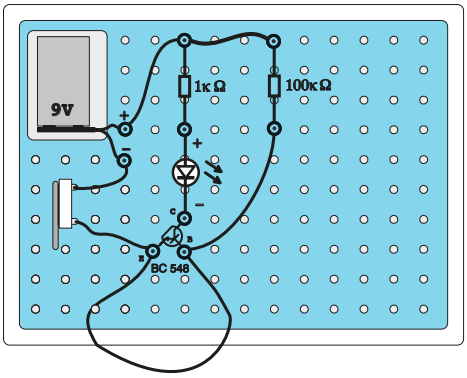


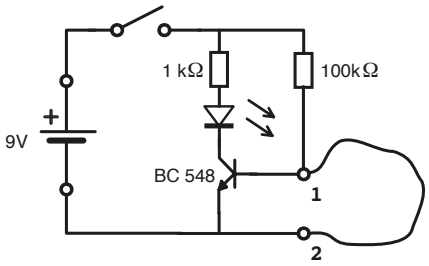
49. ELEKTRONISCHER WÄCHTER

Jetzt wo wir die Funktionsschaltung des Transistors kennengelernt haben, können wir den Transistor auf verschiedene Arten anwenden. In was für einer Schaltung der Transistor angewandt werden soll, ist nur vom Einfallsreichtum des Schaltplaners abhängig.
Die folgende Schaltung stellt uns die Einsetzung eines Transistors in einer Schaltung vor, die ein Signal bei einer Stromunterbrechung auslöst. Eine solche Schaltung können wir zum Beispiel für die Signalisierung eines unerlaubten Öffnens der Tür einsetzen. In dieser Schaltung werden wir den Transistor als Schalter anwenden.
Zwischen den Klemmen 1 und 2 befindet sich ein Draht, der die Aufgabe hat, einen Kurzschluss zwischen der Basis und dem Emitter auszulösen. Weil in die Basis des Transistors kein elektrischer Strom fließt, ist der Transistor geschlossen. Der elektrische Strom, der vom positiven Batterieanschluss durch den Widerstand von 100 kΩ fließt, fließt direkt in den negativen Batterieanschluss.
Wenn du jetzt den Draht zwischen den Klemmen 1 und 2 entfernt hast, fließt der elektrische Strom in die Basis und der Transistor ist offen. Deshalb leuchtet die Leuchtdiode auf. Also, kannst du hier die beschriebene Schaltung für die Feststellung einer Unterbrechung des elektrischen Stroms anwenden. Eine unter vielen Möglichkeiten der Anwendung dieser Schaltung ist der elektrische Wächter.
Der Draht zwischen den Klemmen 1 und 2 kann beliebig lang sein. An die Stelle, die du bewachen möchtest, stellst du eine Vorrichtung, mit der es ohne weiteres möglich ist, den elektrischen Stromkreis zu unterbrechen. Im unteren Bild ist das Beispiel dargestellt, wie wir das unerlaubte Öffnen einer Tür entdecken können.
Befestige an der Türseite, die sich öffnet, mit einem Heftzweck (Reißnagel) je eine Büroklammer an der Tür und der unteren Türzarge. An jede der beiden Klammern befestige dann einen Draht, welcher in die Schaltung führt, entweder an den Anschluss 1 oder 2. Jetzt verbinde die beiden Büroklammern mit einem dünnen Drahtstück. Du musst dabei aufpassen, dass der Draht an den Stellen, wo er an den Büroklammern angebracht ist, ohne Isolierung ist. Wenn du alles vorbereitet und aufgestellt hast, darf die Leuchtdiode nicht leuchten. Denn: wegen des Drahts zwischen den Klemmen 1 und 2 ist zwischen der Basis und dem Emitter ein Kurzschluss und deshalb fließt kein elektrischer Strom in die Basis.
Wenn jemand die Tür öffnet, löst sich der dünne Draht von den Büroklammern und unterbricht so den Kontakt zwischen den Punkten 1 und 2. Der Strom fließt jetzt vom positiven Batterieanschluss durch den Widerstand in die Basis des Transistors. Der Transistor ist geöffnet und die Diode leuchtet auf.
Wir können noch mehr solche Stellen finden, die wir bewachen möchten. Alle solche Stellen bzw. Orte (z. B. Fenster, Türen, Schranktüren usw.) schalten wir hintereinander und am Ende verbinden wir die Drähte in der Schaltung. Die einzige Schwierigkeit dabei ist, dass wir bei einem Alarm nicht wissen, an welcher Stelle der "Eindringling" den Alarm ausgelöst hat. Wenn wir aber auch dies noch herausfinden möchten, müssen wir für jede bewachte Stelle eine besondere Schaltung anwenden. Wenn sich alle Schaltungen am gleichen Platz befinden, können wir für alle nur eine Batterie benützen.

Zubehör: Batterie 9V, 9x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68, 1x69

Fig. 49



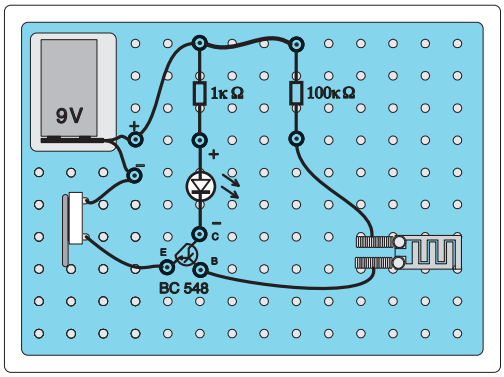


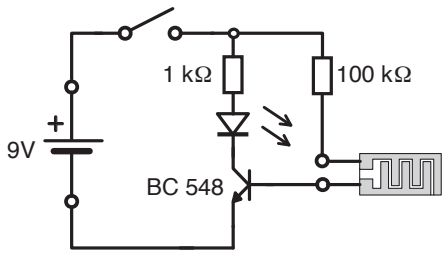
50. FLÜSSIGKEITSNIVEAUMELDER

Die meisten Flüssigkeiten leiten elektrischen Strom. Zwar sehr schwach, jedoch ist trotz alldem der Widerstandswert der Flüssigkeit schwach genug, dass durch sie der Strom, der den Transistor steuert, fließen kann. lm Set ist ein Flüchtigkeitsfühler. Das ist ein kleines Plättchen, auf dem sich zwei Leiter auf einer ziemlichen Länge sehr nah beisammen befinden. Durch den Schlitz zwischen den Leitern kann der elektrische Strom nicht fließen. Wenn jetzt aber zwischen die beiden Leiter eine Leitflüssigkeit gelangt, fällt deshalb der gesamte Widerstandswert des Tastfühlers. Diese Tatsache werden wir in unseren Schaltungen anwenden.
In dieser Schaltung sind zwischen dem positiven Batterieanschluss und der Basis des Transistors in Reihe ein Widerstand von 100 kΩ und ein Feuchtigkeitsfühler geschaltet. Wenn auf den Feuchtigkeitstastfühler die Flüssigkeit gelangt, die den elektrischen Strom leitet, dann fließt der Strom vom positiven Batterieanschluss durch den Widerstand von 100 kΩ und den Feuchtigkeitstastfühler in die Basis des Transistors. Der Transistor ist geöffnet und die Leuchtdiode leuchtet auf.
Es soll ausdrücklich betont werden, dass wir den hier beschriebenen Tastfühler dann nicht anwenden können, wenn wir es mit Flüssigkeiten zu tun haben, die den elektrischen Strom nicht leiten, wie z. B. verschiedene Öle und destilliertes Wasser. In diesen Fällen müssen wir einen anders hergestellten Tastfühler benützen.

Zubehör: Batterie 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

Fig. 50



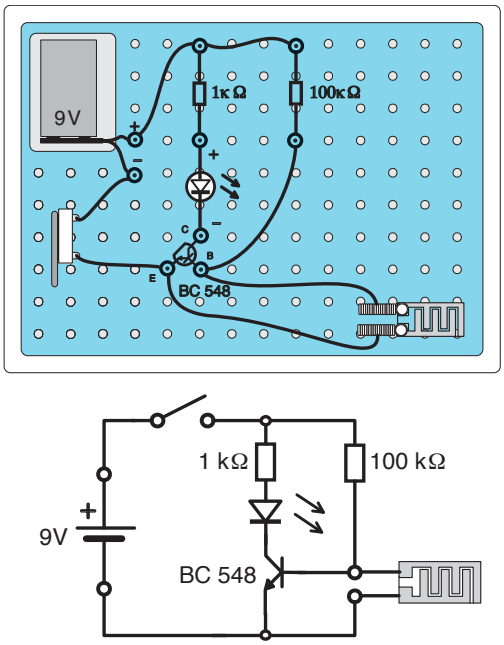


51. MELDER EINES NIEDRIGEN FLÜSSIGKEITSNIVEAUS

In diesem Beispiel möchten wir das Signal dann eingeschaltet haben, wenn sich im Gefäß keine Flüssigkeit mehr befindet. Der Flüssigkeit Fühler ist in der Schaltung so eingesetzt, dass er zusammen mit dem Widerstand von 100 kΩ einen Spannungsverteiler bildet, an welchem die mittlere Abzweigung an die Basis des Transistors angeschlossen ist.
Wenn sich am Tastfühler Feuchtigkeit befindet, entsteht zwischen seinen Klemmen ein schwacher Widerstand. Deshalb ist die Spannung zwischen den beiden Klemmen zu klein, als dass der elektrische Strom in die Transistorbasis fließen würde und der Transistor ist geschlossen.
Wenn das Gefäß leer ist, ist der Tastfühler in der Luft. Wenn die Feuchtigkeit trocknet, hat der Feuchtigkeitsfühler einen großen Widerstandswert. Deshalb erhöht sich auch die Spannung an der mittleren Abzweigung des Spannungsverteilers und der Strom kann durch den Widerstand von 100 kΩ in die Basis des Transistors fließen. Der Transistor ist deshalb geschlossen und die Leuchtdiode leuchtet.

Zubehör: Batterie 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

Fig. 51

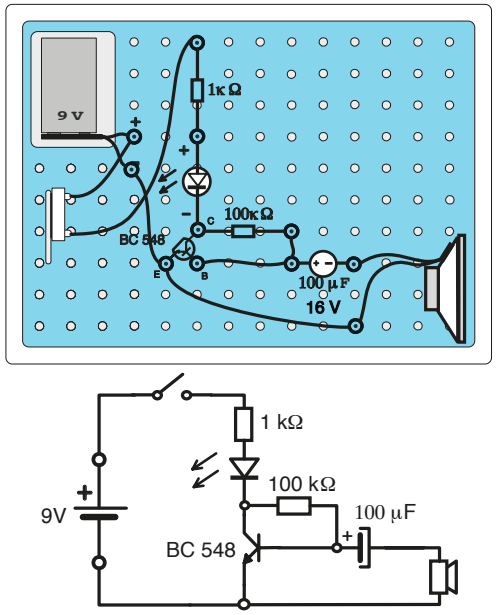


52. EINPHASIGE NIEDERFREQUENZVERSTÄRKER

Erinnere dich an die Beschreibung, wie ein Lautsprecher funktioniert. Wenn durch die Wicklung im Lautsprecher elektrischer Strom fließt, verhält sich diese Wicklung wie ein Elektromagnet. Deshalb wird diese kleine Spule in das Relais des Elektromagnets gezogen oder sie wird von ihm abgestoßen. Wenn durch diese Spule ein Strom veränderlicher Stärke oder Wechselstrom fließt, bewegt sich die kleine Spule vor und zurück. Darum wird die Luft, die in der Nähe des Lautsprechers ist, zum Schwingen gebracht und wir hören dies als einen Ton.
Im Allgemeinen gilt, dass im Leiter, der sich in der Nähe des Magnets bewegt (bzw. im Leiter, in dessen Nähe sich der Magnet bewegt), der elektrische Strom wegen dieser Bewegungen anfängt zu fließen. Das ist das Grundprinzip des Funktionierens der elektrischen Generatoren in den Kraftwerken.
Was spielt sich in der Spule ab, die sich in der Rille des Magnets befindet, wenn sie sich hin und her bewegt? Wegen der Bewegungen der kleinen Spule beginnt der elektrische Strom durch sie zu fließen. Wir sagen, in der Spule wird der elektrische Strom induziert. Weil sich die Membrane hin und her bewegt, fließt der Strom zuerst durch die Spule in die eine Richtung dann in die andere Richtung. Mit einem Wort, als Folge des Sprechens fließt durch die Spule in den Lautsprecher ein Wechselstrom.
Wenn wir in den Lautsprecher sprechen, erscheint an den Anschlussklemmen des Lautsprechers ein elektrisches Signal, dessen Spannung davon abhängig ist, wie laut wir sprechen oder auf die Membrane klopfen. So funktioniert auch ein Mikrophon, z. B. ein solches, das in modernen Telefonhörern eingebaut ist. Also ist der Aufbau eines Mikrophons und eines Lautsprechers sehr ähnlich. In unserem Set befindet sich kein Mikrophon, aber das macht nichts, an seiner Stelle gebrauchen wir den Lautsprecher.
In der unten dargestellten Schaltung sind die Widerstände so ausgesucht worden, dass der Transistor leicht geöffnet ist. Deshalb leuchtet die Diode schwach. In Reihe mit dem Mikrophon ist auch ein elektrolytischer Kondensator geschaltet. Da der Kondensator eine Sperre für den Gleichstrom ist, fließt der Strom, der vom Kollektoranschluss durch den Widerstand von 100 kΩ fließt, im Ganzen in die Basis des Transistors. An die Basis des Transistors ist über den elektrolytischen Kondensator ein Lautsprecher angeschlossen. den wir hier als Mikrophon verwenden. Wenn du auf die Membrane klopfst oder in den Lautsprecher sprichst, induziert sich in der kleinen Spule der Wechselstrom. Mit dem Experiment haben wir schon gezeigt, dass der Wechselstrom durch einen Kondensator fließen kann. Dieser Strom wird zu dem Strom hinzugezählt, der durch den Widerstand in die Basis des Transistors geleitet wird. Deshalb hat der elektrische Strom, der durch die Basis fließt, eine veränderliche Stärke. Infolgedessen ist der Transistor mehr oder weniger geöffnet. Die Leuchtdiode leuchtet auch dann mal stärker und mal schwächer.

Zubehör: Batterie 9V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 45, 57, 61, 66, 4x68

Fig. 52

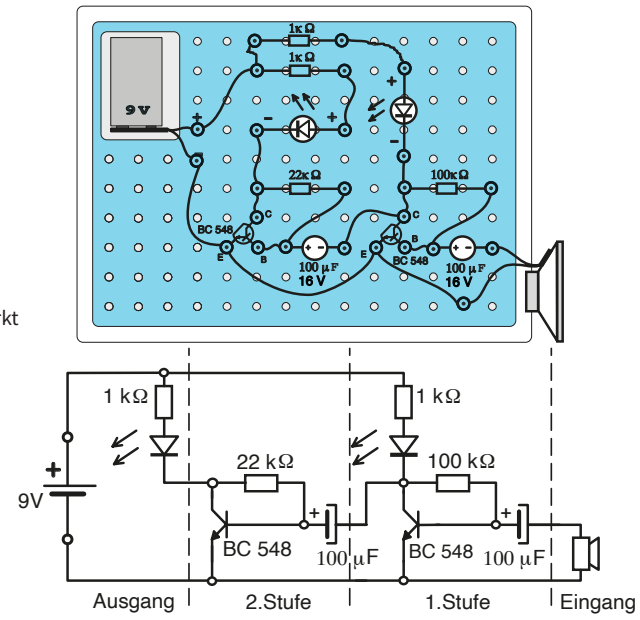


53. ZWEIPHASIGE NIEDERFREQUENZVERSTÄRKER

In dieser Schaltung wurden zwei untereinander sehr ähnliche Niederfrequenz Verstärker verwendet. Zwischen dem Ausgang des ersten (Kollektor des rechten Transistors) und dem Eingang des zweiten (Basis des linken Transistors) befindet sich ein elektrolytischer Kondensator, der versichert, dass die Versorgung der Basis des linken Transistors nur durch den Widerstand geschieht, die um diesen Transistor herum sind. Der erste Transistor verstärkt das niederfrequente Wechselsignal aus dem Lautsprecher, der wir in unserem Beispiel als Mikrophon benutzen. Das verstärkte Wechselsignal geht aus dem Kollektor des rechten Transistors durch den elektrolytischen Kondensator in die Basis des linken Transistors. Deshalb ist auf dem Kollektor des linken Transistors das Signal vielfach verstärkt. Die Leuchtdiode zeigt, wie sich der elektrische Strom durch den linken Transistor als Folge des Signals, das aus dem Lautsprecher kommt, verändert.

Zubehör: Batterie 9V, 24x7, 38, 2x42, 43, 44, 45, 2x57, 58, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 53

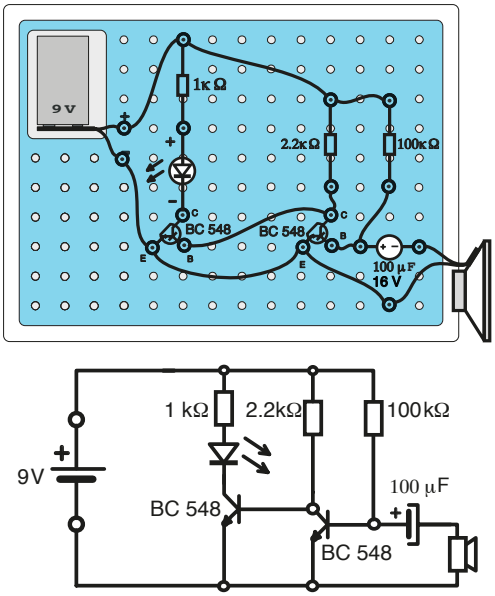


54. NOCH EINE AUSFÜHRUNG DES VERSTÄRKERS

Im unteren Bild ist eine etwas andere Ausführung des zweistufigen Transistorverstärkers dargestellt. Zwischen dem Kollektor der linken and der Basis des rechten Transistors befindet sich kein elektrolytischer Kondensator. Deshalb kann der Gleichstrom, der durch den Kollektorwiderstand des rechten Transistors fließt, teilweise auch durch die Basis des linken Transistors fließen.
Wenn du diese Schaltung mit der vorigen vergleichst, siehst du, dass in dieser Schaltung weniger Elemente eingesetzt werden.

Zubehör: Batterie 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 45, 57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 54

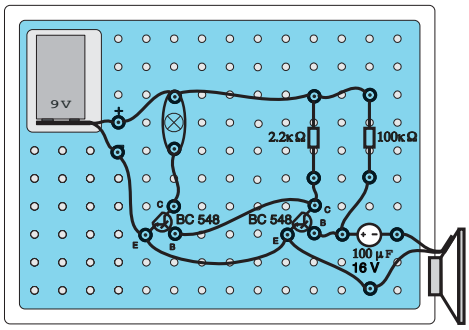


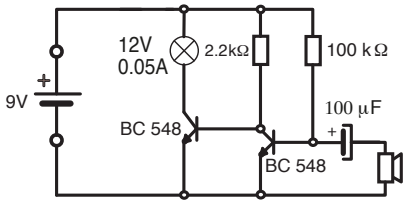
55. "LIGHT SHOW"

Mit dem Verstärker können wir ein schwaches Signal, das an den Verstärkereingang kommt, so verstärken, dass die Glühbirne aufleuchtet. Wenn du die Glühbirne direkt an die Lautsprecherklemmen anschließt, wird sie in keinem Fall brennen. Wenn du aber bei der hergestellten Schaltung fein an den Lautsprecher klopfst oder ihn anpustest, wird die Glühbirne aufleuchten. Ein ähnliches Prinzip gilt auch für die Schaltungen die in den Diskotheken die Spotlights im Rhythmus der Musik aufleuchten lassen.

Zubehör: Batterie 9V, 24x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 2x57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 55



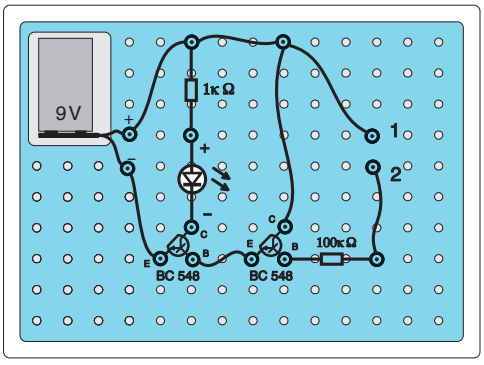


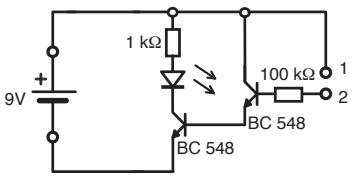
56. EINE SENSORSCHALTUNG MIT ZWEI TRANSISTOREN

Wahrscheinlich hast du dich schon gefragt, wie genaugenommen eine Sensortaste, die du am Fernseher oder Radio siehst, funktioniert. Die Taste ist überhaupt keine Taste, sondern nur ein Kontakt, welchen wir mit dem Finger berühren. Wenn du die untere Schaltung fertiggestellt hast, ist es dir bestimmt klar, wie eine solche Taste aufgebaut ist. In der Schaltung sind zwei Transistoren angewandt.
Gib die Federklemmen des positiven Batterieanschlusses und das Ende des 100 kΩ Widerstands, das nicht an die Basis des rechten Transistors angeschlossen ist, so nah zusammen, dass do beide gleichzeitig mit einem Finger berühren kannst.
Erinnere dich: wenn in die Basis des Transistors ein sehr schwacher Strom fließt, so fließt durch den Transistor aus dem Kollektor in den Emitter ein vielfach stärkerer Strom. Diesen Strom können wir dann so leiten, dass er in die Basis des nächsten Transistors fließt. So ist der elektrische Strom, der in die Basis des rechten Transistors fließt wirklich vielfach verstärkt, das Ergebnis der Verstärkung ist aber der Strom, der durch den linken Transistor fließt. Eine solche Schaltung von Transistoren, bei welcher der Strom aus dem Emitter eines Transistors direkt in die Basis des anderen fließt, nennen die Fachleute die Darlingtonsche Schaltung.
Die Oberfläche unserer Haut ist immer mit unterschiedlichem Schmutz, mit Feuchtigkeit und Säuren (Schweißabsonderung!) bedeckt, deshalb kann der elektrische Strom auf der Hautoberfläche fließen.
Der Widerstandswert der Haut ist ziemlich groß und der elektrische Strom, der auf ihrer Oberfläche fließt, ist deshalb sehr sehr gering. Aber gerade dieser Strom ist in die Basis des rechten Transistors auf dem dargestellten Schaltplan, geleitet. Wenn du mit dem Finger die Federklemmen, die im Schaltplan mit 1 und 2 gekennzeichnet sind, berührst, wird die Leuchtdiode aufleuchten.
Wozu dient der Widerstand von 100 kΩ, der sich zwischen dem Sensorkontakt und der Basis des rechten Transistors befindet? Die Schaltung würde auch funktionieren, wenn dieser Widerstand nicht vorhanden wäre, jedoch …
Es könnte passieren, dass irgendeiner aus Versehen (oder mit Absicht) mit einem Metallgegenstand einen Kontakt zwischen den beiden Sensorkontakten herstellen würde. In solchem Fall würde die Basis direkt an den positiven Batterieanschluss angeschlossen sein. Erinnere dich: die Richtung Basis-Emitter verhält sich wie eine Diode. Diese Diode ist so umgedreht, dass der elektrische Strom aus dem Emitter an die negative Batterieklemme fließen kann. Deshalb würde vom positiven Batterieanschluss in die Basis des Transistors ein Starkstrom fließen, der den Transistor zerstören würde. Deswegen ist in Reihe mit der Basis des Transistors noch ein Widerstand eingesetzt, der den Transistor davor schützt, dass in seine Basis ein zu starker elektrischer Strom fließen würde.

Zubehör: Batterie 9V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 3x69

Fig. 56



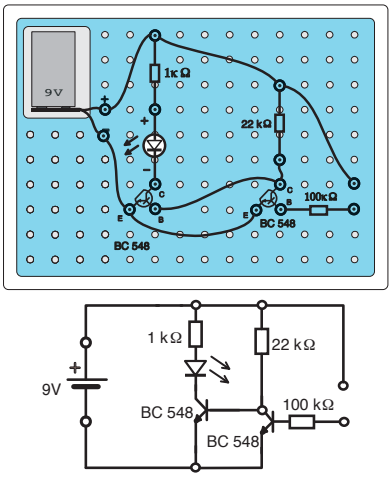


57. EINE SENSORSCHALTUNG, DIE EINE ANLAGE AUSSCHALTET

In dieser Schaltung wurde der rechte Transistor als Schalter angewandt, der den linken Transistorschalter einschaltet, Im Ruhestand fließt in die Basis des rechten Transistors kein elektrischer Strom. Dieser Transistor ist deshalb geschlossen und stellt einen großen Widerstandswert dar. Der elektrische Strom fließt deswegen durch den Widerstand von 22 kΩ in die Basis des linken Transistors, der geöffnet ist und die Leuchtdiode leuchtet auf.
Wenn du mit dem Finger die "Sensor"-Federklemmen berührst. fließt in die Basis des rechten Transistors Strom, der dann den Transistor öffnet. Der geöffnete Transistor stellt einen niedrigen Widerstandswert dar and deshalb ist an der mittleren Abzweigung des Spannungsverteilers, der von dem Widerstand von 22 kΩ und dem rechten Transistor dargestellt ist, die Spannung sehr niedrig. Der Strom in der Basis des linken Transistors fällt, der Transistor ist geschlossen und die Leuchtdiode leuchtet nicht.

Zubehör: Batterie 9V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 57

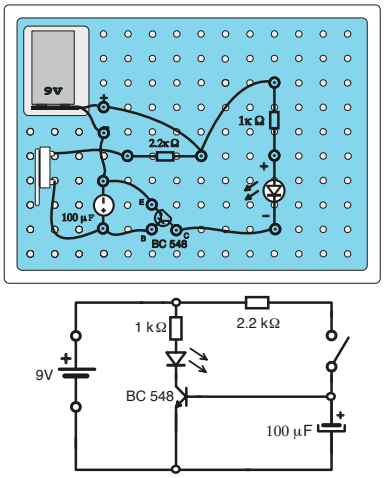


58. KONDENSATOR UND TRANSISTOR (1)

Wenn du die folgende Schaltung herstellst und sie an die Batterie anschließt, wird die Leuchtdiode nicht leuchten. Das ist verständlich, denn es gibt keinen elektrischen Strom, der in die Basis des Transistors fließen würde und deshalb ist der Transistor geschlossen.
Drücke die Taste. Aus dem positiven Batterieanschluss fließt der elektrische Strom durch den Widerstand und die Taste sowie weiter in den elektrolytischen Kondensator und in die Basis des Transistors. Am Anfang ist der Kondensator leer, deswegen fließt der elektrische Strom schlagartig hinein. Während sich der Kondensator auflädt, wächst an seinen Klemmen die Spannung. In einem bestimmten Augenblick ist diese groß genug. dass etwas von dem Strom auch in die Basis des Transistors fließt und der Transistor anfängt sich zu öffnen. Die Leuchtdiode leuchtet immer stärker. bis die Leuchtkraft nicht das Maximum erreicht.
Jetzt lass die Taste los. Der Kondensator ist aufgeladen und in ihm ist jetzt der elektrische Strom gespeichert. Wenn du die Taste loslässt, verhält sich der Kondensator wie eine Batterie, aus der der Strom in die Basis des Transistors fließen kann. Deswegen ist der Transistor noch einige Zeit geöffnet. Weil sich der Kondensator langsam leert, wird der elektrische Strom, der aus ihm in die Basis des Transistors fließt, langsam schwächer. Der Transistor schließt sich langsam und deswegen wird die Lichtstärke der Leuchtdiode immer geringer bis sie am Ende ganz erlischt.

Zubehör: Batterie 9V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 66, 4x68, 2x69

Fig. 58

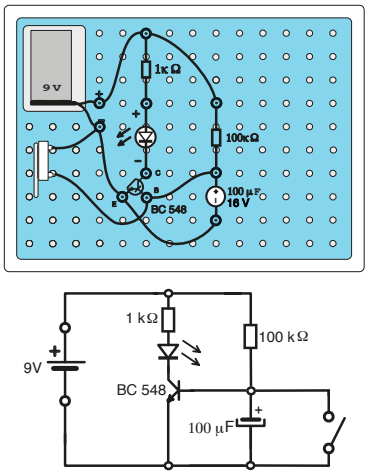


59. KONDENSATOR UND TRANSISTOR (2)

In dieser Schaltung ist die Taste parallel mit dem elektrolytischen Kondensator geschaltet. Wenn du die hergestellte Schaltung an die Batterie anschließt, wird die Leuchtdiode langsam hell, ähnlich wie beim vorigen Versuch.
Jetzt drücke die Taste. Sie schließt den Kondensator kurz und dieser entleert sich im Nu. Gleichzeitig erlischt auch die Leuchtdiode.
Lass die Taste jetzt los. Der Kondensator beginnt sich langsam aufzuladen. Zugleich beginnt auch der Transistor sich zu öffnen und die Leuchtdiode leuchtet immer stärker, bis die Lichtstärke das Maximum erreicht.

Zubehör: Batterie 9V, 12x7, 38, 42, 43, 57, 61, 66, 4x68, 69

Fig. 59

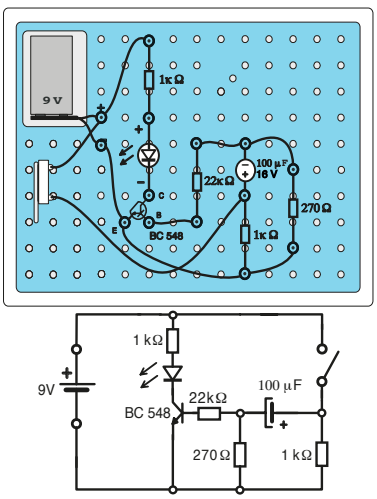


60. KURZZEITIGES EINSCHALTEN EINER ANLAGE

Die Schaltung, die die Auflade Eigenschaften des Transistors benützt, können wir zum kurzzeitigen Einschalten irgendwelcher Anlagen benutzen. Das kann zum Beispiel ein Ventilator im Badezimmer, die Klingel oder der Gong an der Eingangstüre usw. sein.
Die hier beschriebe Schaltung ermöglicht dies zwar nicht, wenn wir aber anstatt der Leuchtdiode und dem hintereinandergeschalteten Widerstand zwischen dem Kollektor des Transistors und dem positiven Batterieanschluss eine Relaiswicklung anschließen würden, könnten wir mit der Vermittlung des Relais auch einen Verbraucher anschließen, der für sein Funktionieren einen stärkeren Strom und eine höhere Spannung benötigt.
Wie funktioniert die Schaltung? Vorausgesetzt, der elektrolytische Kondensator ist leer. Wenn du die Taste drückst, fließt der elektrische Strom aus dem positiven Batterieanschluss in den elektrolytischen Kondensator. Dann verzweigt sich dieser Strom: ein Teil fließt durch den Widerstand von 270 Ω gegen den negativen Batterieanschluss, der zweite aber durch den Widerstand von 22 kΩ in die Basis des Transistors. Deshalb ist der Transistor geöffnet und die Leuchtdiode leuchtet.
Der Kondensator lädt sich langsam auf. Wenn er aufgeladen ist, fließt in ihn kein Strom mehr. Deswegen gibt es auch keinen Strom, der in die Basis des Transistors fließen könnte, dieser ist zu und die Leuchtdiode leuchtet nicht.
Wenn du die Taste loslässt, ist der positive Anschluss des elektrolytischen Kondensators nicht mehr an den positiven Batterieanschluss angeschlossen. So kann der Strom durch den Widerstand von 1 kΩ und 270 Ω fließen und der Kondensator leert sich. In dieser Zeit fließt der Strom durch den Widerstand von 270 Ω in die Gegenrichtung und nicht mehr in die, in die er geflossen ist, als du die Taste gedrückt hast. Jetzt liegt die Spannung in umgekehrter Richtung an dem Widerstand. Das bedeutet, der Transistor ist zu und die Leuchtdiode leuchtet nicht.

Zubehör: Batterie 9V, 14x7, 38, 42, 43, 56, 2x57, 66, 4x68, 2x69

Fig. 60

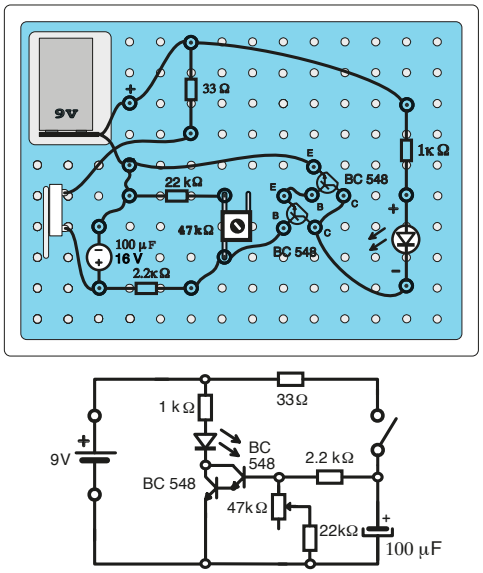


61. SCHALTER MIT EINSTELLBARER ZEITVERSPÄTUNG

Vielleicht hast du schon die Möglichkeit gehabt, die Eltern dabei zu beobachten, wie sie auf einem dunklen Parkplatz versuchten ihr Auto abzuschließen, nachdem alle Autotüren zu wahren und nirgendwo ein Licht vorhanden war. Es wäre schon, wenn die Lichter im Inneren des Autos wenigstens noch einige Sekunden leuchten würden, umso leichter das Türschloss zu finden.
Wir stellen uns vor, dass die Taste im unteren Schema die erforderliche Taste für das Anmachen des Lichts ist. Wenn die beiden Kontakte der Taste verbunden sind, fließt der elektrische Strom durch den Widerstand von 33 Ω, dann fließt ein Teil in den elektrolytischen Kondensator und beginnt ihn aufzuladen, der andere Teil geht weiter in den Widerstand von 2,2 kΩ.
Von hier aus fließt ein Teil des Stroms in die Basis des Transistors, der andere dagegen durch das Potentiometer gegen den negativen Batterieanschluss. Wegen des Stroms, der durch die Basis des Transistors fließt, ist dieser offen und die Leuchtdiode brennt.
Lass jetzt die Taste los. Der elektrolytische Kondensator beginnt sich durch den Widerstand von 2,2 kΩ zu leeren, woraufhin ein Teil dieses Stroms in die Basis fließt, der zweite Teil durch das Potentiometer und den 22 kΩ Widerstand. Abhängig von der Lage des Gleiters auf dem Potentiometer leert sich der Kondensator schneller oder langsamer. Wenn die Spannung an dem elektrolytischen Kondensator zu niedrig ist, damit der Strom, der in die Basis des Transistors fließt, diesen offen halten könnte, wird die Leuchtdiode ausgehen. Das Potentiometer dient also zum Einstellen der Zeit, wie lange die Leuchtdiode noch leuchten soll, wenn du die Taste losgelassen hast.

Zubehör: Batterie 9V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

Fig. 61

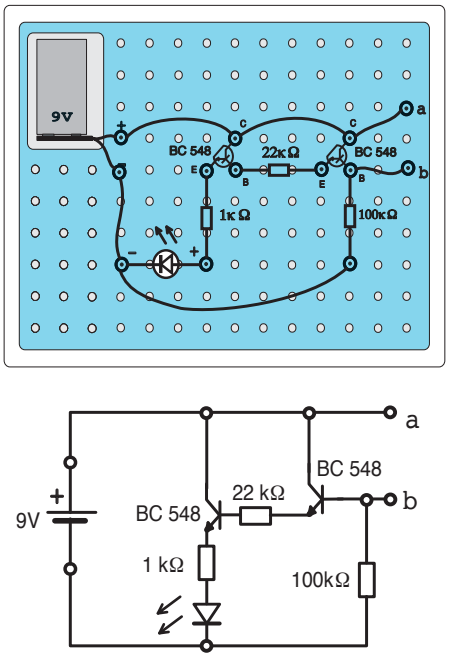


62. SCHALTUNG ZUR PRÜFUNG DER ELEMENTE

In der Schaltung unten leuchtet die Leuchtdiode, wenn der elektrische Strom aus der Klemme a in die Klemme b fließt. Wie können wir diese Feststellung zur Prüfung von Elementen verwenden?
Wenn du zwischen den Klemmen a und b einen Widerstand schaltest, leuchtet die Diode, wenn der Widerstand nicht unterbrochen oder beschädigt ist.
Wenn du zwischen den Klemmen a und b einen Kondensator einbaust, leuchtet die Diode nur für einen Augenblick auf. Wenn sich der Kondensator auflädt, fließt der elektrische Strom nicht mehr aus der Klemme a in den Kondensator und weiter in die Basis des Transistors. Deshalb erlischt die Diode. Wenn der Kondensator aber eine größere Kapazität hat, leuchtet die Diode eine längere Zeit. Wenn sie nicht erlischt, so bedeutet dies, der Kondensator ist defekt.
Mit dieser Schaltung kannst du auch kontrollieren, ob eine Diode einwandfrei funktioniert. Die Diode musst du so anschließen, dass die Kathode - das gekennzeichnete Dioden Füßchen - an die Klemme b angeschlossen ist. Die Leuchtdiode leuchtet. Wenn du jetzt die Diode, die du kontrollierst, umdrehst, darf sie nicht leuchten. Wenn sich beim Anschließen der Prüfdiode die Schaltung nicht so verhält, wie hier beschrieben, ist die Diode defekt.

Zubehör: Batterie 9V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

Fig. 62



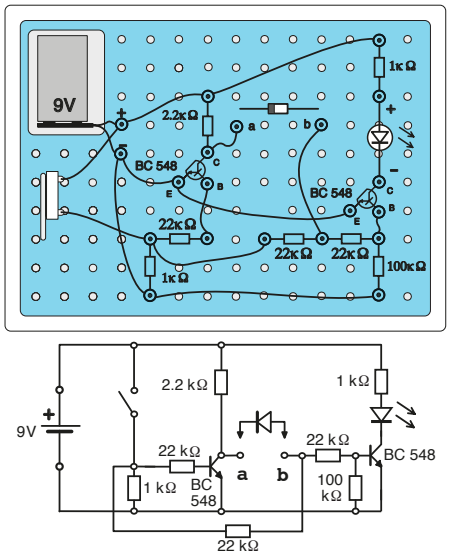
63. SCHALTUNG ZUR PRÜFUNG VON DIODEN

Bei der vorigen Schaltung musste die Testdiode während des Prüfens zweimal angeschlossen und nachgesehen werden, wie sie sich in den Richtungen Anode-Kathode und Kathode-Anode verhält. Mit den Elementen die du zur Verfügung hast, kannst du eine sehr viel vollkommenere Schaltung zur Prüfung von Dioden herstellen.
Sehen wir, wie sich die Schaltung verhält, wenn wir in sie eine gute oder eine defekte Diode einsetzen.
Vorausgesetzt, die Diode ist in ihrem Inneren unterbrochen. Das würde das gleiche bedeuten, als wäre in der Testschaltung zwischen den Klemmen a und b gar nichts. Der rechte Transistor ist zu, da kein Weg für den Strom da ist, der in seine Basis führen sollte. Deshalb leuchtet die Leuchtdiode nicht. Drücke die Taste. Durch die Taste und den Widerstand von 100 kΩ fließt der Strom in die Basis des rechten Transistors, der sich deshalb öffnet, und die Leuchtdiode leuchtet. Wegen der gedrückten Taste ist auch der linke Transistor offen, jedoch ist dies im Augenblick nicht bedeutend. Angenommen, die Diode ist im Innern kurzgeschlossen. Das bedeutet das Gleiche, als würden wir zwischen den Klemmen a und b einen kleinen Draht einsetzen. Jetzt kann der elektrische Strom durch den Widerstand von 2,2 kΩ, durch den eingesetzten Draht und den Widerstand von 22 kΩ in die Basis des rechten Transistors fließen. Deshalb ist dieser Transistor offen und die Leuchtdiode leuchtet. Nun drücke die Taste. Jetzt ist der linke Transistor geöffnet und sein Widerstandswert ist deswegen sehr niedrig. Deshalb wird die Spannung zwischen dem Emitter und dem Kollektor dieses Transistors zu niedrig sein, als dass der elektrische Strom in die Basis des anderen Transistors fließen könnte. So ist eben dieser Transistor geschlossen und die Leuchtdiode kann nicht leuchten.
Vorausgesetzt, dass eine gute Diode geschaltet wurde und sie so eingesetzt ist, wie hier aufgezeichnet ist: die Kathode befindet sich an der Klemme a, Wenn die Taste frei ist, ist die Diode eine Sperre des Stroms, der durch den Widerstand von 22 kΩ gegen die Basis des rechten Transistors fließen würde. Deshalb leuchtet die Diode auch nicht. Wenn du die Taste drückst, ist der linke Transistor offen, deswegen ist zwischen seinem Kollektor und dem Emitter ein niedriger Widerstandswert. Der Strom, der durch die Taste und den Widerstand von 100 kΩ fließt, floss wegen des niedrigen Widerstandswertes des linken Transistors lieber durch die Diode und den linken Transistor, deshalb ist der rechte Transistor erneut geschlossen. Die Leuchtdiode leuchtet nicht.
Nehmen wir einmal an, dass eine gute Diode geschaltet und falsch in die Schaltung eingesetzt wurde, bzw. dass die Kathode an der Klemme b ist. Durch den Widerstand von 22 kΩ, die Testdiode und den Widerstand von 22 kΩ fließt der Strom in die Basis des rechten Transistors, der deshalb offen ist und die Leuchtdiode brennt. Wenn du die Taste betätigst, ist der linke Transistor offen und in ihm ist ein kleiner Widerstandswert. Der elektrische Strom, der durch die Taste und den Widerstand von 100 kΩ
fließt, fließt auch gegen die Klemme b. Weil sich die linke Dioden Klemme (wegen des offenen linken Transistors) in einer sehr niedrigen Spannung befindet, ist die Testdiode verkehrt herumgedreht. Deshalb fließt der Strom nicht in dieser Richtung, sondern kann nur in die Basis des rechten Transistors fließen. Dieser ist schon wieder offen und die Leuchtdiode leuchtet.
Aus dem oben beschrieben Verhaltens der Schaltung könnten wir folgende Tabelle aufstellen.

Zustand der Diode	Taste ist gedrückt	Taste ist frei
gut	geschlossen	geschlossen
unterbrochen	leuchtet	geschlossen
Kurzschluss	geschlossen	leuchtet
falsch herum gedreht	leuchtet	leuchtet

Zubehör: Batterie 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 2x60, 61, 4x68, 4x69

Fig. 63

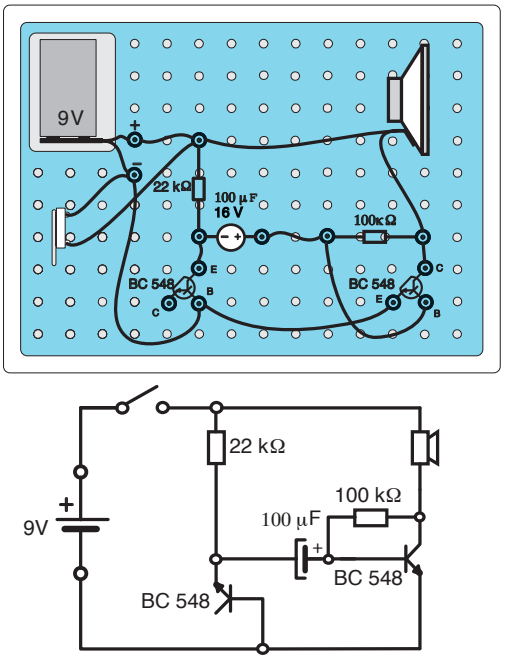


64. GERÄUSCHGENERATOR

Wahrscheinlich kennst du die Verstärker mit einer eingebauten Anzeigeeinrichtung, die zeigt, wie stark die einzelnen Töne in der Musik, die du gerade anhörst, sind. Hierbei kannst du Säulen sehen, die im Rhythmus der Musik hoch und runter hüpfen. Unter den einzelnen Säulen steht, welche der Frequenz das gehörte Signal der Säule entspricht, z. B.: 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz usw.
Für eine hochqualitative Musikvorführung ist es absolut erforderlich, dass der Verstärker gleichmäßig alle Töne verstärkt. Wie könnten wir dies überprüfen? Wir müssten eine Signalquelle haben, die am Verstärker angeschlossen sein wäre, an dem Verstärkerausgang aber die Kraft messen würde. An der Quelle würden wir dann eine Signalfrequenz aufstellen und die Stärke des Verstärkers ausmessen. Dann würden wir bei gleich starkem Signal die Frequenz verändern und erneut die Stärke ausmessen. So könnten wir feststellen, welche Frequenzen der Verstärker besser verstärkt, welche weniger. Dann könnten wir mit einem entsprechenden Regulator die "Verstärkung des Verstärkers" bei jeder Frequenz einzeln einstellen.
Es besteht ein Signal, in welchem schon die Töne alter Frequenzen gleichzeitig enthalten sind. Wenn wir eine Geräuschquelle hätten, würden wir sie an den Verstärkereingang anschließen und am Ausgang des Verstärkers die Kraft mit einem Instrument messen, das uns die Kraft bei den einzelnen Frequenzen zeigen kann. Solche Instrumente haben solche Säulenanzeigeeinrichtungen wie oben beschrieben. Dann können wir leicht und schnell alle Einstellungen des Verstärkers verrichten.
Eine solche Schaltung, die als Ausgangssignal ein Geräusch abgibt, ist im unteren Bild dargestellt.
Als Element, welcher das Geräusch abgibt, wurde eine Diode Emitter-Basis des Transistors BC548 angewandt, die in der Schaltung so geschaltet ist, dass sie in die umgekehrte Richtung gedreht ist. Ein so angeschlossener Transistor gibt Geräusche von sich, die wir nachträglich verstärken können. Zu diesem Zweck verwende wir einen Transistorverstärker. Wenn du bei dieser beschriebenen Schaltung auf die Taste drückst, hörst du aus dem Lautsprecher ein Geräusch.

Zubehör: Batterie 9V, 13x7, 38, 40, 2x42, 45, 58, 61, 2x66, 4x68, 2x68

Fig. 64

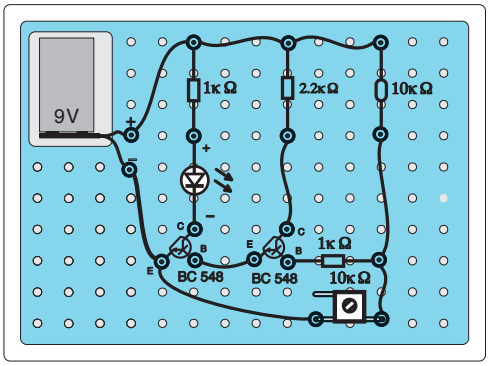


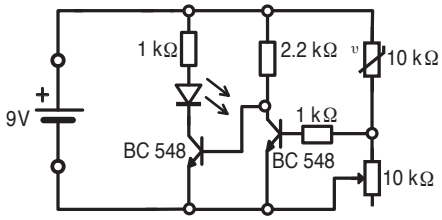
65. TEMPERATUREMPFINDLICHER SCHALTER

Wir lernten jetzt schon das Funktionieren des Thermistors, Transistors und des Relais kennen. Das was du jetzt schon weißt reicht aus, auch ein wenig kompliziertere Schaltungen herstellen zu können.
Stelle dir vor, du hast einen Heizkörper und jetzt möchtest du, dass er sich dann von selber einschaltet, wenn die Temperatur auf einen vorgeschriebenen Wert gefallen ist. Dies wird dir die Schaltung im unteren Bild ermöglichen.
Der Thermistor und ein Abgleichwiderstand, die sich an der rechten Seite des Schaltplans befinden, stellen einen Spannungsverteiler dar. Wenn der Widerstandswert des Thermistors kleiner ist (das trifft bei höheren Temperaturen zu), ist die Ausgangsspannung des Verteilers höher. Auf den mittleren Punkt bzw. auf den Ausgang des Spannungsverteilers ist über den Widerstand die Transistorbasis geschaltet. Weil die Spannung an dem Transistor wächst, wächst auch der elektrische Strom in der Basis dieses Transistors und der Transistor ist geöffnet. Deshalb ist die Spannung zwischen dem Kollektor und dem Emitter dieses Transistors niedrig, reduziert ist auch der Strom, der in die Basis des linken Transistors fließt, der Transistor schließt sich und die Leuchtdiode erlischt. Versuche dir vorzustellen, dass in der Schaltung anstatt der Leuchtdiode und des Widerstands von 1 kΩ eine Relaiswicklung eingeschaltet ist, die mit ihren starken Kontakten den Heizkörper einschaltet oder aber bei der Zentralheizung das elektrische Ventil für das heiße Wasser öffnet.
Wenn die Temperatur fällt, erhöht sich der Widerstandswert des Thermistors. Deshalb ist der linke Transistor zu, der rechte aber offen und die Leuchtdiode leuchtet auf.
Die Schaltung kann überall eingebaut werden, der Thermistor aber muss an der Stelle sein, an der wir die Temperatur regulieren möchten. Zwischen dem Thermistor and der negativen Batterieklemme befindet sich ein Abgleichwiderstand bzw. ein Potentiometer. Wenn dieser Widerstand kleiner ist, fließt in die Basis des rechten Transistors weniger Strom. Damit der Stromzufluss in die Basis dieses Transistors stark genug ist das Relais einzuschalten, muss der Widerstandswert des Thermistors auf den niedrigsten Wert fallen, was auch bei höheren Temperaturen geschieht.
Dies bedeutet eigentlich, dass du mit der Stellungsveränderung des Potentiometers Gleiters die Temperatur regulieren kannst, bei der sich der Heizkörper einschalten soll. Bei einem niedrigen Widerstandswert des
Potentiometers schaltet sich der Heizkörper bei einer höheren Temperatur ein und umgekehrt.
Wenn du die Schaltung aufgebaut hast, drehe die Achse des Potentiometers so, dass die Diode erlischt. Dann drehe sie ein wenig zurück, gerade so viel, dass die Leuchtdiode aufleuchtet. Dann fasse mit den Fingern den Thermistor. Dadurch erwärmst du ihn und die Leuchtdiode erlischt. Jetzt warte einige Zeit. Der Thermistor kühlt ab and die Leuchtdiode leuchtet erneut auf.

Zubehör: Batterie 9V, 17x7, 38, 2x42, 47, 51, 2x57, 58, 4x68, 5x69

Fig. 65



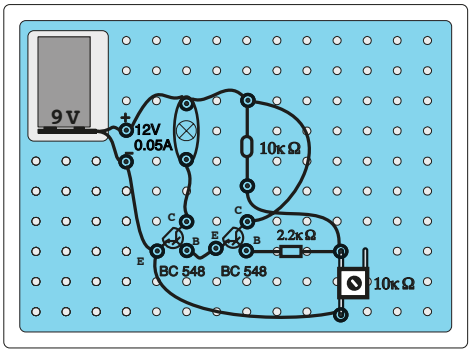


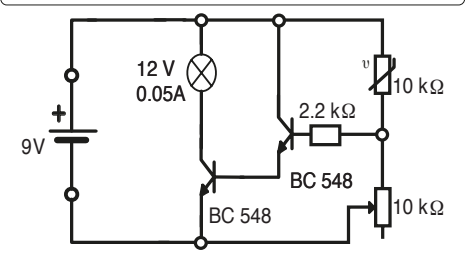
66. DIE ELEKTRISCHE KERZE

Um eine Kerze anzuzünden, benötigst du Wärme (z. B. das Feuer eines Streichholzes), um sie aber auszumachen genügt es, dass du sie anpustest. Die nächste Schaltung verhält sich ähnlich wie die Kerze.
Wenn du den Thermistor mit den Fingern erwärmst, fällt sein Widerstandswert. Deshalb ist an dem Thermistor eine niedrigere Spannung, in die Basis des rechten Transistors aber fließt mehr Strom hinein. Deshalb fließt auch in die Basis des linken Transistors ein stärkerer Strom, der Transistor öffnet sich und die Glühbirne leuchtet auf.
Wenn die Glühbirne und der Transistor sehr nah nebeneinander aufgestellt sind, erwärmt die Glühbirne mit ihrer Nähe den Transistor und deshalb leuchtet sie noch weiter.
Was muss man tun, damit die Glühbirne erlischt? Blase leicht in den Thermistor, so, dass du ihn ein wenig abkühlst. Wenn nötig, wiederhole das einige Male, die Glühbirne fängt langsam an zu erlöschen. Ein kühlerer Thermistor hat einen größeren Widerstand und deshalb fließt durch den Thermistor ein schwächerer Strom. Ein schwächerer Strom fließt auch in die Transistorbasis und deshalb auch in den Transistor. Die Glühbirne erlischt.
Stelle mit dem Abgleichwiderstand ein, bei welcher Temperatur die Glühbirne anfangen soll zu leuchten. Drehe die Achse des Potentiometers so, dass die Glühbirne erlischt. Jetzt warte einige Zeit, damit der Thermistor abkühlt. Dann drehe die Achse des Potentiometers so lange, bis die Glühlampe aufleuchtet, jetzt drehe die Achse schnell ein wenig zurück, so dass die Glühbirne nicht mehr leuchtet. Achte auf die Stellung von Thermistor und Glühbirne zueinander. Der Glühfaden sollte, soweit dies möglich ist, dem Thermistor sehr nah sein.

Zubehör: Batterie 9V, 13x7, 14, 35, 38, 2x42, 47, 51, 58, 4x68, 4x69

Fig. 66



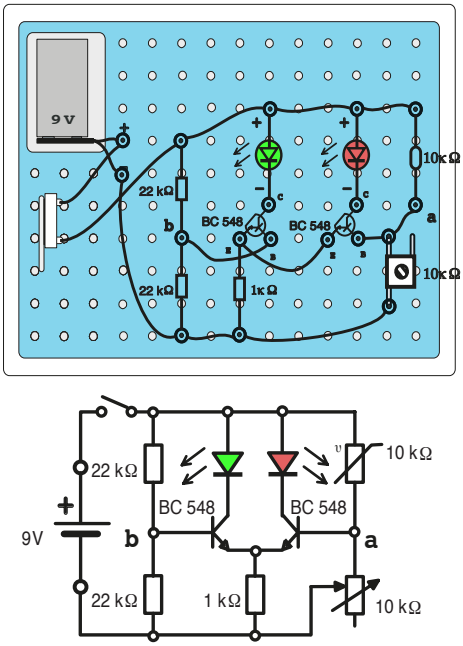


67. TEMPERATURVERÄNDERUNGSMELDER

Manchmal möchten wir wissen, ob sich die Temperatur von der vorbestimmten nach oben oder nach unten verändert hat. Dafür können wir eine Schaltung anwenden, die der unten ähnlich ist. Das Charakteristische dieser Schaltung ist die Art, wie die beiden Transistoren eingeschaltet sind. Der elektrische Strom, der aus dem Emitter fließt, fließt durch einen gemeinsamen 1 kΩ Widerstand, Dieser Widerstand bestimmt. wieviel Strom durch die beiden Transistoren zusammenfließen darf. Natürlich fließt mehr Strom durch den Transistor, der einen niedrigeren Widerstandswert hat. Da der Strom durch den rechten und linken Transistor oder durch beide gleich fließen kann, nennen wir diese Schaltung die Waagebalkenschaltung. Die Schaltung reagiert auf den Unterschied zwischen den Punkten a und b. Wenn diese Spannungen gleich sind, ist die Schaltung im Gleichgewicht. Dann leuchten beide Leuchtdioden gleich stark.
Die Situation ist ähnlich der auf der Wippe: eine Seite ist entweder unten oder oben, wenn sich die beiden Kinder ein wenig bemühen, kann die Schaukel im Gleichgewicht sein. Also, wenn in die beinen Basen der gleiche Strom zugeführt wird, ist auch die Waagebalkenschaltung im Gleichgewicht und beide Transistoren haben den gleichen Widerstandswert. Deshalb leuchten die beiden Leuchtdioden gleich stark. Wenn sich der Thermistor erwärmt, fällt sein Widerstandswert. Deshalb ist die Spannung am Punkt a ein wenig, höher als die am Punkt b. Deswegen ist der rechte Transistor mehr geöffnet als der linke and die rechte (rote) Leuchtdiode leuchtet stärker als vorher, die linke (grüne) aber schwächer.
Sobald sich der Thermistor abkühlt, fällt die Spannung am Punkt a ein wenig. Jetzt ist die Spannung am Punkt b höher als die am Punkt a. Der rechte Transistor ist jetzt mein geöffnet und die grüne Diode leuchtet stärker als vorher, die rote aber schwächer.
Mit dem Potentiometer, der in der Schaltung als Abgleichwiderstand eingeschaltet ist, stellen wir jetzt ein, bei welcher Temperatur (bzw. Widerstandswert des Thermistors) die Schaltung im Gleichgewicht ist. Dann leuchten beide Leuchtdioden gleich stark. Wenn die Temperatur dann fällt, leuchtet die grüne Diode mehr, die rote aber weniger. Bei der Temperaturerhöhung ist die Rolle der Leuchtdioden vertauscht.
Ein Blick auf die beiden Leuchtdioden genügt, um zu erfahren, ob die Temperatur in der Nähe des Thermistors höher oder aber gleich der eingestellten ist.

Zubehör: Batterie 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 47, 51, 57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 67

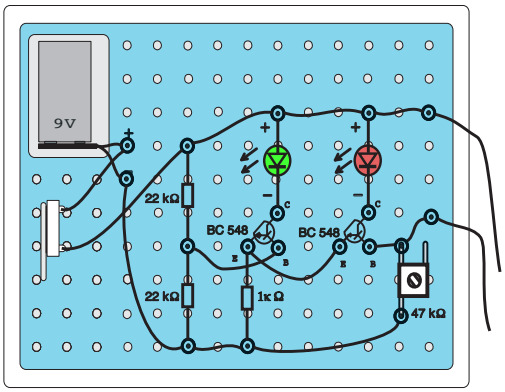


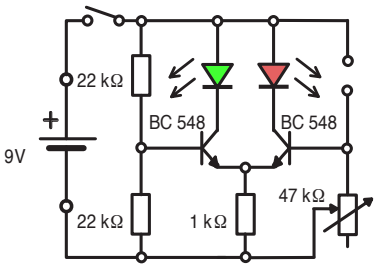
68. GENAU BESTIMMTER FLÜSSIGKEITSNIVEAUMELDER IM RESERVOIR

Die Schaltung wurde aus der Waagebalkenschaltung von Transistoren hergestellt, die im vorherigen Beispiel beschrieben wurde. Jetzt ist natürlich der Melder der Arbeit mit den Flüssigkeiten angepasst. Dies können zwei lange, parallel liegende nicht isolierte Drähte sein. Wenn das Fülssigkeitsniveau im Reservoir steigt, verändert sich der Widerstandswert zwischen den Drähtern, die senkrecht an der Reservoirwand angebracht sind.
Da der Widerstandswert der Flüssigkeiten von Fall zu Fall verschieden ist, muss auf die Auswahl und die Einstellung des Abgleichwiderstands aufgepasst werden. In diesem Beispiel ist auf der Zeichnung ein Abgleichwiderstand von 47 kΩ eingezeichnet.

Zubehör: Batterie 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 52, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 68





69. LOGISCHER INVERTER (NOT)

Wahrscheinlich hast du dich schon mit der Frage gequält, wie die Computer funktionieren? Wenn es auch noch so unwahrscheinlich erscheint, auch ein noch so komplizierter Computer ist aus sehr einfachen Schaltungen zusammengebaut.
Die Computer können nicht rechnen und mit den Zahlen so umgehen, wie wir Menschen es tun. Auch die Schaltungen können nicht einfach so zusammenzählen und rechnen, wie wir es tun. Bei den Computern sind
alle Befehle und Daten mit einem Zeichen aufgeschrieben die nur Nullen (0) und Einser (1) enthalten. Die Null und die Eins können wir uns als " Spannung nein" und "Spannung ja" vorstellen. In die Details der Datenschrift und Befehle wollen wir hier nicht gehen. Wir wollen dir hier aber die Grundschaltungen klarlegen, von denen es viele in jedem Computer oder im integrierten Schaltkreis des Computers gibt. Weil sich den englischsprechenden Wissenschaftlern als erste mit derartigen Schaltungen befassten, werden sie häufig mit englischen Namen bezeichnet. In den Untertiteln sind diese Bezeichnungen in Klammern angeführt. Die logischen Signale können wir so verfolgen, indem wir die Leuchtdiode beobachten, die leuchtet oder nicht. Wir werden so sagen, dass wir die logische 1 als Eingangsangabe dann haben, wenn die Eingangsklemme an den positiven Batterieanschluss geschaltet ist, die Eingangsklemme an den positiven Batterieanschluss geschaltet ist, die logische 0 aber dann, wenn die Eingangsklemme an den negativen Batterieanschluss gekoppelt ist.
Am Ausgang der Schaltung ist die logische 1 dann, wenn die Leuchtdiode leuchtet, die logische 0 aber dann, wenn sie nicht leuchtet. Das Verhalten einer jeden Digitalschaltung können wir mit einer Tabelle beschreiben, in der sich die logischen Zustände am Eingang (bzw. an den Eingängen, wenn es mehrere sind) und am Ausgang (bzw. den Ausgängen, wenn es mehrere gibt) befinden. Eine solche Tabelle nennen wir Regeltabelle.
Bei unseren Schaltungen werden wir uns auf solche mit höchstens zwei Eingängen beschränken. Bei allen unseren Schaltungen ist veranschaulicht, wo die Eingänge, wo nur eine Schaltung und wo der Ausgang ist. Da aber einige Schaltungen zwei Eingänge haben, sich im Set aber nur eine Taste befindet, kannst du dir damit helfen, dass du mit dem kleinen Draht, der an die Eingangsfederklemme angeschlossen ist, einmal den positiven Batterieanschluss (logische 1) berührst, das zweite Mal aber das negative Batterieanschluss (logische 0).
Die einfachste logische Schaltung ist der Inverter. Das ist eine Schaltung, die die Bedeutung des Eingangssignals umdreht. Also, wenn wir am Eingang eine logische 1 haben. werden wir am Ausgang eine logische 0 haben und umgekehrt.
Die Regeltabelle des Inverters ist die:

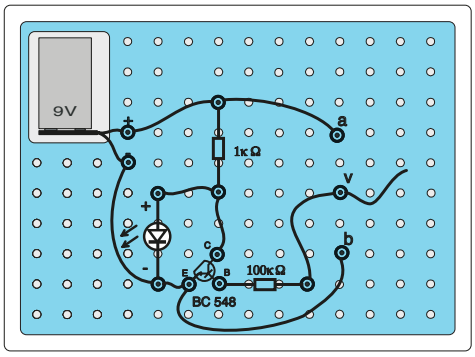
The truth table of the invertor is:

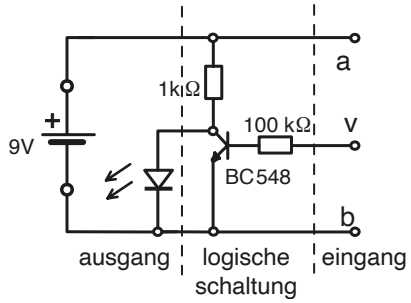
EINGANG	AUSGANG
0	1
1	0

Die Schaltung, die als Inverter angewendet wurde, ist genaugenommen ein Transistorschalter, an welchem wir beobachten können, ob der Transistor offen oder zu ist. Wenn die Eingangsklemme an den positiven Batterieanschluss angeschlossen ist, ist der Transistor geöffnet und hat deswegen einen sehr kleinen Widerstandswert. Die parallel mit ihm angeschlossene Leuchtdiode wird deshalb nicht leuchten.
Wenn die Eingangsklemme an den negativen Batterieanschluss angeschlossen ist, ist der Transistor geschlossen. Der Transistor hat deshalb einen sehr großen Widerstandswert. Deshalb fließt der elektrische Strom vom positiven Batterieanschluss durch den Widerstand von 1 kΩ und dann durch die Leuchtdiode, die deshalb leuchtet.

Zubehör: Batterie 9V, 13x7, 38, 42, 57, 61, 63, 4x68, 5x69

Fig. 69





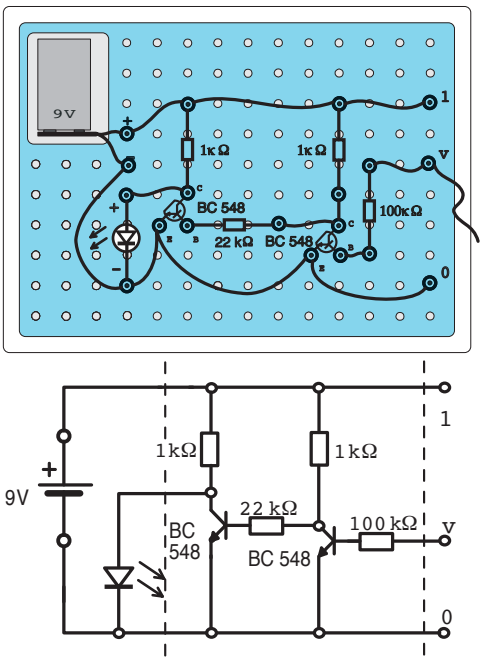
70. ZWEI IN REIHE GESCHALTETE INVERTER

Die Ausgänge und Eingänge der logischen Schaltungen können wir untereinander so verbinden, dass wir neue Schaltungen erhalten. Auf diese Weise können wir mit einfachen logischen Schaltkreisen Schaltungen mit sehr komplizierten Funktionen zwischen dem Eingangs- und Ausgangszustand erhalten.
Hier haben wir ein sehr einfaches Beispiel: zwei in Reihe geschaltete Inverter. Wie die Regeltabelle ist, können wir erraten: wenn der erste Inverter die Bedeutung des logischen Signals umdreht, dreht ihn der andere Inverter nochmals um. Deshalb haben wir am Ausgang ein Signal, gleich jenem am Eingang. Die Regeltabelle solcher Schaltung ist dann:

EINGANG	AUSGANG
0	0
1	1

Zubehör: Batterie 9V, 19x7, 38, 2x42, 2x57, 60, 61, 63, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 70



71. DAS LOGISCHE "ODER" (OR)

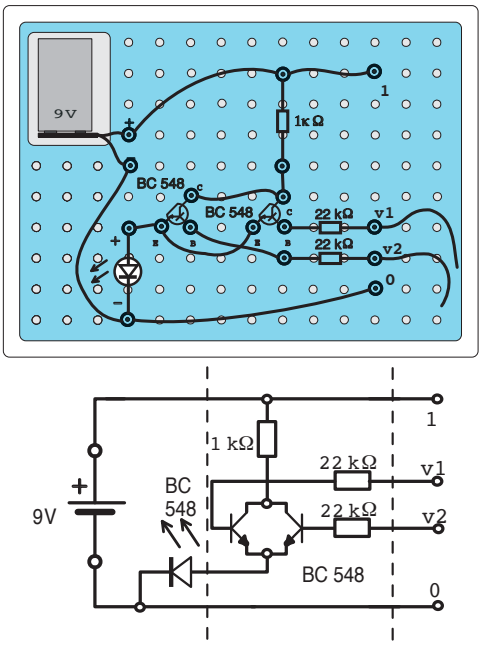
Bei dieser Schaltung leuchtet die Leuchtdiode erst dann, wenn zwischen irgendwelchen Eingangsanschlüssen der logische Zustand 1 ist.

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

In der Schaltung befinden sich zwei Transistoren mit verbundenem Emitter und Kollektor die zusammen eingeschaltet sind. Wenn irgendeiner von ihnen offen ist, fließt der Strom durch den Widerstand von 1 kΩ, den Transistor und dann noch durch die Leuchtdiode. Der Transistor ist dann offen, wenn du mit dem Draht die positive Batterieklemme berührst.

Zubehör: Batterie 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69, 2x70

Fig. 71



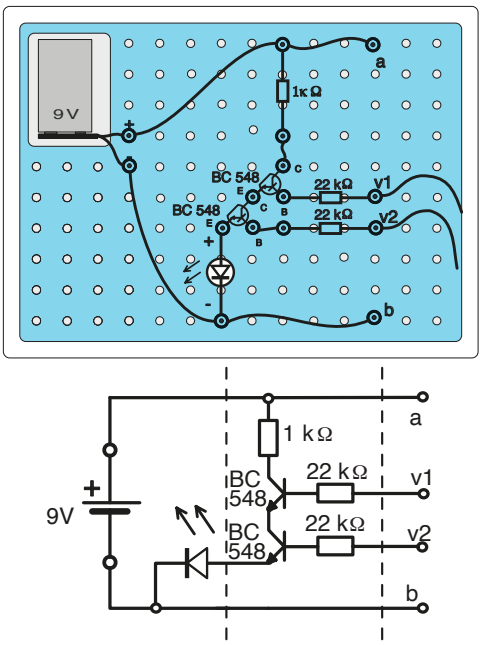
72. DAS LOGISCHE "UND" (AND)

Bei dieser Schaltung sind die Transistorschalter in Reihe geschaltet. Der elektrische Strom fließt nur dann durch die Leuchtdiode, wenn beide Transistoren offen sind. Das bedeutet, dass beide Eingänge an den positiven Batterieanschluss angeschlossen sein müssen, bzw. sie müssen den Zustand einer logischen Eins haben. Mit der Regeltabelle würden wir das oben Erwähnte folgendermaßen aufschreiben:

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Zubehör: Batterie 9V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69

Fig. 72



73. DAS LOGISCHE "VERNEINTE ODER" (NOT OR BZW. NOR)

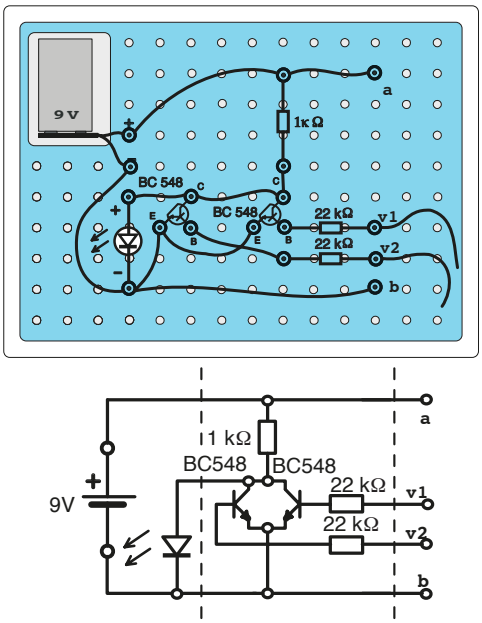
Auch in dieser Schaltung sind zwei parallel geschaltete Schalter angewandt worden. Mit der Leuchtdiode können wir beobachten, wann die beiden Transistoren sich schließen werden, bzw. die beiden Transistoren Schalter offen sind. Dann haben die beiden Transistoren einen sehr großen Widerstandswert und der elektrische Strom kann mit Leichtigkeit durch die Diode fließen, die deshalb auch leuchtet. Die Regeltabelle für eine solche Schaltung ist:

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Jetzt schaue die Regeltabelle für die Schaltung OR an. Bei der OR-Schaltung ist das Ausgangssignal umgekehrt zu (verneint) jenem, welchen wir bei OR hatten.

Zubehör: Batterie 9V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 73



74. DAS LOGISCHE "VERNEINTE UND" (NOT AND BZW. NAND)

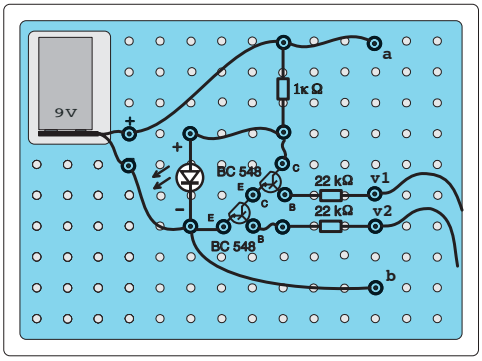
Wenn du dich erinnern kannst, wie die Regeltabelle bei der Schaltung AND aussieht, hat die Regeltabelle bei dieser Schaltung eine umgekehrte Bedeutung am Ausgang. Auch:

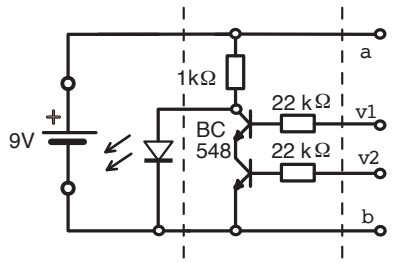
EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Bei dieser Schaltung können wir beobachten. wann die Transistorschalter gleichzeitig eingeschaltet sind. Wenn du mit den beiden kleinen Drähten den positive Batterieanschluss berührst, fließt der Strom in die Basis beider Transistoren, und beide Transistoren öffnen sich.
Deshalb ist die Leuchtdiode parallel mit einem kleinen Widerstandswert eingeschaltet und leuchtet nicht. Wenn von den Transistoren einer (oder beide) zu ist, egal welcher, stellt er einen großen Widerstandswert dar und durch ihn fließt kein Strom. Deshalb wird in der Leuchtdiode genug Spannung vorhanden sein, dass sie leuchtet.

Zubehör: Batterie 9V, 16x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 74





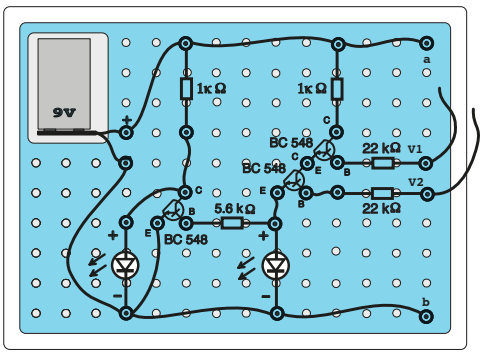
75. DAS LOGISCHE NAND, HERGESTELLT AUS AND UND NOT

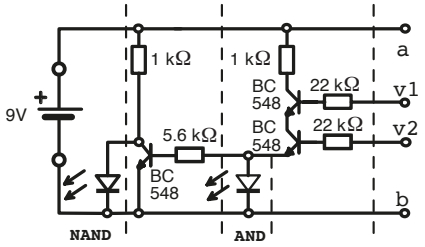
Wir erwähnten schon, dass wir den Inverter immer anwenden können, um mit ihm die Bedeutung eines Signals umzudrehen. So können wir das gleiche Ergebnis erhalten wie im vorherigen Beispiel, wenn wir den Ausgang der AND-Schaltung an den Inverter bringen.
Wenn wir nur die Funktionen NAND benötigen, können wir schon die beschriebene Schaltung anwenden, weil in ihr weniger Elemente sind wie in der hier beschriebenen. Wenn wir aber wegen eines bestimmten Grundes gleichzeitig die Schaltungen AND und NAND benötigen,
brauchen wir deswegen nicht beide Schaltungen herstellen, sondern es genügt, dass wir nur die AND-Schaltung und einen Inverter herstellen. Solche Schaltung wird ein wenig einfacher sein. Bei sehr komplizierten logischen Schaltungen sind die Planer wegen des Preises und des Platzes, welchen die Schaltung benötigt, gezwungen, solche "Kleinigkeiten" zu berücksichtigen.
Vorausgesetzt, wir benötigen eine Funktion AND und NAND. So erhalten wir folgende Regeltabelle:

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG AND	AUSGANG NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

Zubehör: Batterie 9V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 75





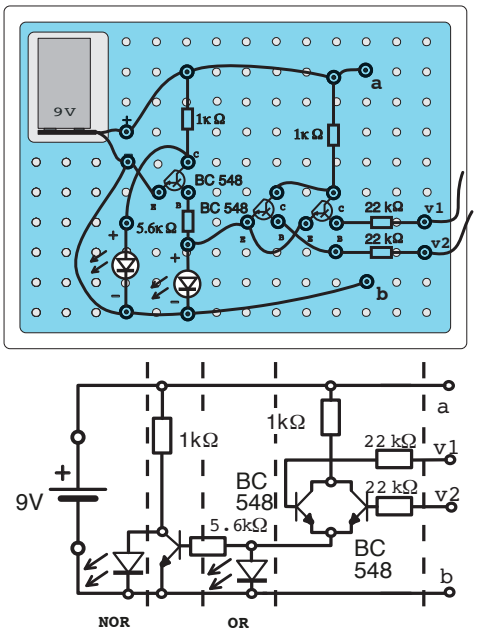
76. DAS LOGISCHE NOR, HERGESTELLT AUS OR UND NOT

So wie wir die logische Schaltung NAND mit AND- und NOT-Schaltung herstellten, können wir auf ähnliche Weise die logische NOR-Schaltung aus der OR- und NOT-Schaltung herstellen. Dabei haben wir zwei Ausgänge zur Verfügung: OR und NOR. Die Regeltabelle für eine solche Schaltung ist:

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG OR	AUSGANG NOR
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Zubehör: Batterie 9V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 76



77. ZUSAMMENSETZUNGSBEISPIEL DER LOGISCHEN FUNKTIONEN

Vorausgesetzt wir haben eine Schaltung, wie im unteren Bild dargestellt ist. Die Schaltung ist so hergestellt, dass in der logischen OR-Schaltung die Bedeutung des Ausgangssignals umgedreht ist. Wie wird die Regeltabelle für die gesamte Schaltung aussehen?
Für die OR-Schaltung ist uns die Regeltabelle schon bekannt. Erweitern wir sie jetzt in solchem Maße, dass wir für den Eingang 1 zusätzlich feststellen müssen, wie das Signal am Inverter Ausgang ist. Für das Signal am Ausgang des Inverters und das Eingang Signal 2 setzten wir dann die Regeltabelle in Hinblick darauf zusammen, was in der Regeltabelle für die OR-Schaltung aufgeschrieben ist. So bekommen wir folgende Regeltabelle:

EINGANG 1	EINGANG 2	AUSGANG INVERTER	AUSGANG SCHALTUNG
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1

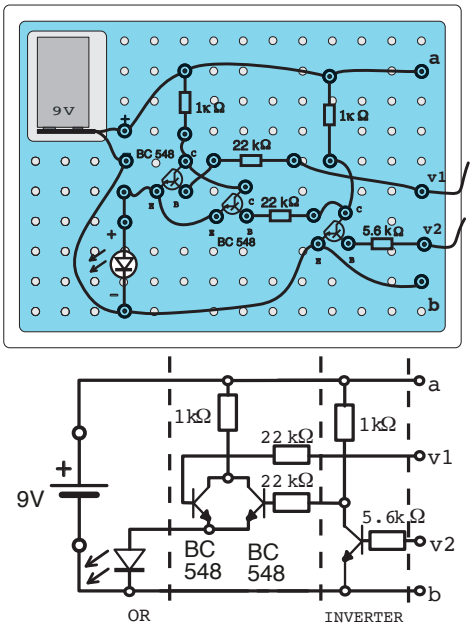
Die Regeltabelle für die gesamte Schaltung ist also diese:

INPUT 1	INPUT 2	OUTPUT
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Die hier dargestellte Schaltung ist sehr einfach. Du kannst dir denken, dass wir für sehr komplizierte logische Funktionen auch sehr komplizierte logische Schaltungen benötigen.

Zubehör: Batterie 9V, 25x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 77



78. DIE LOGISCHE FLIP-FLOPSCHALTUNG

Erinnere dich an die zwei in Reihe geschalteten Inverter: das Signal am Ausgang der Schaltung war gleich jenem Signal, die die Schaltung am Eingang hatte. Wenn dies so ist, könnten wir den Eingang und den Ausgang der Schaltung untereinander verbinden. Dann ist der Zustand der Signale in der Schaltung fest erhalten.

Wir schalten die Leuchtdioden in die Schaltung so ein, dass sie bei jedem der Transistoren parallel mit dem Widerstand von 1 kΩ zwischen dem positiven Batterieanschluss und dem Kollektor verbunden sind. Wenn wir jetzt die Schaltung so aufzeichnen, dass die Basen der beiden Transistoren gegeneinander gedreht sind, erhalten wir den unten veranschaulichten Schaltplan. Aus der Zeichnung ist sehr schön zu ersehen, dass die Basis einer der Transistoren über den Widerstand an den Kollektor des anderen angeschlossen ist.

Was passiert, wenn wir die Schaltung an die Batteriespannung anschließen? Obwohl die linke Seite vom Aussehen her genauso wie die rechte ist, ist dies nicht wahr. Obwohl die Transistoren vom gleichen Typ sind, sind sie nicht gleich. Das gleiche gilt auch für die Widerstände, die den gleichen Widerstandswert haben sollten. Schon wegen der Produktionsverfahren haben zwei Widerstände nicht genau den gleichen Widerstandswert. Deshalb können wir mit Sicherheit nicht wissen, welcher Transistor offen, welcher zu sein wird. Kennzeichnen wir den linken Transistor mit T1, den linken aber mit T2. Jetzt soll der Zustand nach dem Anschließen an den Batteriespannung so sein, dass der Transistor T1 offen ist. Deshalb stellt der Transistor einen sehr kleinen Widerstandswert dar. Der Kollektor dieses Transistors ist der Ausgang des Spannungsverteilers, welchen der Transistor T1 und der Widerstand zwischen seinem Kollektor und dem positiven Batterieanschluss bildet. Der Widerstandswert der Leuchtdiode ist für diese Abhandlung vernachlässigbar. Wegen des niedrigen Widerstandswertes des Transistors T1 wird am Ausgang dieses Verteilers die Spannung sehr klein sein. Diese niedrige Spannung wird den Strom der Basis des Transistors T2 nicht zuführen können, der deshalb geschlossen ist und so eine große Spannung darstellt.

Der Transistor T2 und der Widerstand (sowie die Leuchtdiode, die wir in dieser Abhandlung vernachlässigen können) bilden der rechten Seite der Schaltung zwischen ihrem Kollektor und dem positiven Batterieanschluss einen Spannungsverteiler, dessen Ausgang sich an der Kollektorklemme befindet. Weil der Transistor T2 geschlossen ist und einen großen Widerstandswert darstellt, ist die Spannung zwischen dem Emitter und dem Kollektor groß. Deshalb fließt in die Basis des Transistors T1 der Strom, der diesen Transistor offenhält. Kurz gesagt, ein geschlossener Kreis, in welchem der offene Transistor T1 den Transistor T2 zuhält. Natürlich hält ebenfalls der Transistor T2 den Transistor T1 offen. Der Zustand in dieser Schaltung ist stabil und wenn wir ihn verändern wollen, muss dies von außen geschehen.

Wenn wir die Basis des Transistors, der offen ist, für einen Augenblick mit dem Emitter schließen, wird der elektrische Strom nicht in die Basis geführt und der Transistor wäre deshalb für einen kurzen Moment geschlossen. Die Spannung an seinen Kollektor erhöht sich, der Strom wird in die Basis des anderen Transistors geführt, der wegen dem oben beschriebenen Zustand offenbleibt. Wenn wir noch einmal den Zustand in der Schaltung umstürzen wollen, ist es für einen Moment erforderlich mit der Masse bzw. mit dem negativen Batterieanschluss die Transistorbasis, die jetzt offen ist, zu sperren.

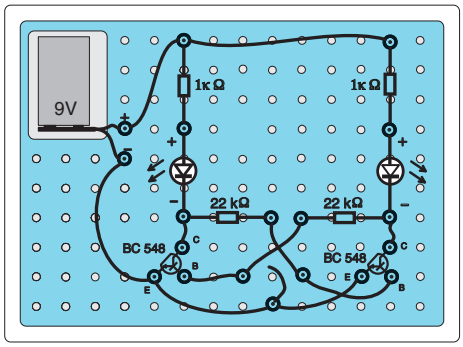
Jetzt stelle die Schaltung her, die im folgenden Bild dargestellt ist. Wenn du die Schaltung an die Batteriespannung anschließt wird eine Leuchtdiode leuchten, die andere nicht. Mit dem kleinen Draht, der an den negativen Batterieanschluss angeschlossen ist, berühre abwechselnd die Klemmen a und b. Einmal wird die linke, das andere Mal die rechte Leuchtdiode leuchten. Wenn du mit dem Draht die Basis des Transistors, der im Augenblick offen ist (die Leuchtdiode, die an seinen Kollektor angeschlossen ist, leuchtet) berührst, erlischt seine Leuchtdiode und es leuchtet jene am anderen Transistor auf.
In der Schaltung haben wir den Zustand mit Einfluss von außen verändert. Dadurch haben wir den Prozess der Zustandsveränderung in der Schaltung ausgelöst, deshalb nennen wir es "Auslösen". In unserem Beispiel haben wir die Veränderung so ausgelöst, dass wir die Basis des augenblicklich geöffneten Transistors für einen Moment kurz mit der Masse geschlossen haben.

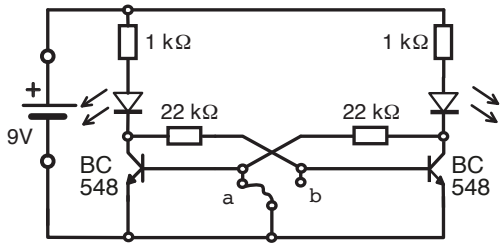
Die Schaltungen, die einen Aufbau ähnlich der hier beschriebenen haben, nennen wir Multivibratoren. Die hier beschriebene Schaltung kann zwei unterschiedliche, ansonsten aber gleichwertige stabile Zustände haben. Deshalb sagen wir, die Schaltung ist "Flip-Flop". Diese Schaltung ist also ein Flip-Flop-Multivibrator. Die Flachleute benutzen einfach das Fremdwort, denn das Übersetzen der Benennungen ist nicht immer angebracht. Flip-Flop-Multivibrator könnten wir etwa als einen "zweigleichgewichtigen Mehrfach- oder Kippschwinger" übersetzen, was wahrscheinlich einen noch ernsten Menschen zum Lachen bringen würde …

Die Funktionsart des Flip-Flop-Multivibrator ist geeignet und kommt wie gerufen für das Ein- und Ausschalten von Anlagen mit zwei Tasten. Mit der einen Taste können wir die Anlange ein-, mit der anderen aber ausschalten. Ähnliche Anlagen hast du bestimmt des Öfteren schon gesehen. In dem hier beschriebenen Beispiel könnte wir zwischen der Klemme a und dem negativen Batterieanschluss sowie der Klemme b und dem negativen Batterieanschluss einfach zwei Tasten einsetzen. An Stelle des Widerstands von 1 kΩ und der hintereinandergeschalteten Leuchtdiode, könnten wir uns vorstellen, dass hier die Wicklung irgendeines Relais, mit welchem wir dann eine Großanlage einschalten können, eingesetzt ist.

Zubehör: Batterie 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 78



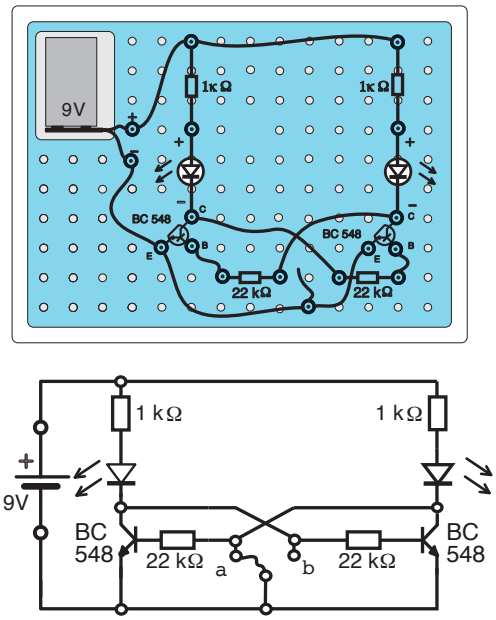


7979. NOCH EINE AUSLÖSUNGSART DES FLIP-FLOP-MULTIVIBRATORS

Den Zustand in dem Flip-Flop-Multivibrator, kannst du auch auf eine andere Art umkippen. In diesem Fall ist die Schaltung ähnlich jener, die wir gerade durchgenommen haben. Der Unterschied liegt nur in der Auslösung der Schaltung. Die Schaltung wird dann ausgelöst, wenn wir mit äußerem Einfluss den augenblicklich geöffneten Transistor sperren oder das augenblicklich gesperrte Öffnen.
Berühre mit dem kleinen Draht den Kollektor jenes Transistors, der augenblicklich gesperrt ist und dessen Leuchtdiode nicht leuchtet. Deshalb wird in ihm ein Kurzschluss sein. In der Basis des anderen Transistors wird kein Strom mehr zugeführt, deshalb wird dieser Transistor gesperrt und der Zustand der Schaltung kippt um.

Zubehör: Batterie 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 79

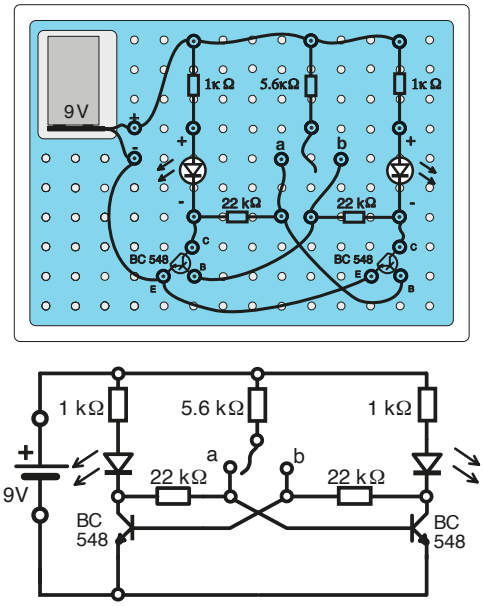


80. AUSLÖSUNG DES FLIP-FLOP-MULTIVIBRATORS MIT STROM IN DIE BASIS

Den Zustand der Schaltung können wir auch so umkippen, dass wir vom positiven Batterieanschluss über den Widerstand den Strom in die Basis jenes Transistors führen, der augenblicklich gesperrt ist. Deshalb öffnet sich dieser Transistor und der Zustand der Schaltung verändert sich. Hier haben wir dir jetzt drei unterschiedliche Veränderungsarten des Zustands in solcher Schaltung beschrieben. Alle Arten sind gleich wirkungsvoll. Welche wir jetzt anwenden, ist von den Forderungen abhängig, die die Anwendungsart der Schaltung fordert.

Zubehör: Batterie 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 80

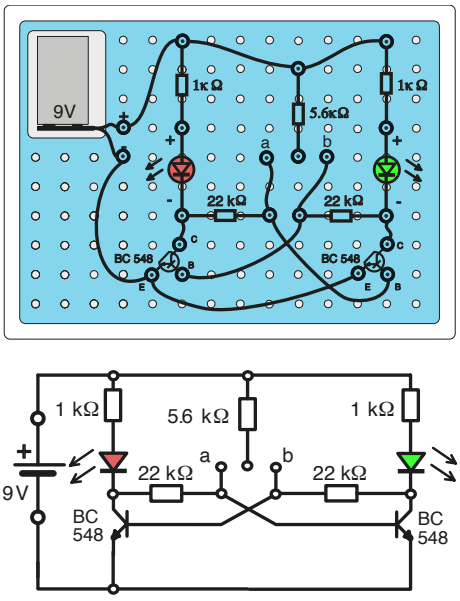


81. FLIP-FLOP-MULTIVIBRATOR UND SENSORTASTEN

In diesem Versuch lösen wir den Hip-Flop-Multivibrator so aus, dass wir in die Basis des Transistors den Strom unmittelbar von dem positiven Batterieanschluss zuführen.
Dies können wir auch über die Sensortasten durchführen. Erinnere dich, die Haut des Fingers hat einen bestimmten Widerstandswert!
Stelle jetzt die Federklemmen a und b so auf, dass zwischen Ihnen eine Federklemme liegt, die mit den positiven Batterieanschluss verbunden ist. Wenn du nun mit dem Finger die Federklemme a bzw. b und die dazwischenliegende Klemme berührst, wird sich der Zustand des Multivibrators verändern. Die rote und die grüne Leuchtdiode könnten in dem Fall auch bedeuten: "die Anlage funktioniert" und "die Anlage ist in Ruhezustand".
Zwischen den positiven Batterieanschluss und die mittlere Sensorklemme ist ein Widerstand eingesetzt worden. Der befindet sich deshalb dort, um zu verhindern, dass in die Basis des Transistors ein zu starker Strom geführt wird, der den Transistor zerstören könnte.
Wenn die Schaltung trotz des berühren der Sensorkontakte nicht den Zustand verändert, versuche die Sensoren vorsichtig mit einem angefeuchteten Finger an berühren.

Zubehör: Batterie 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 81

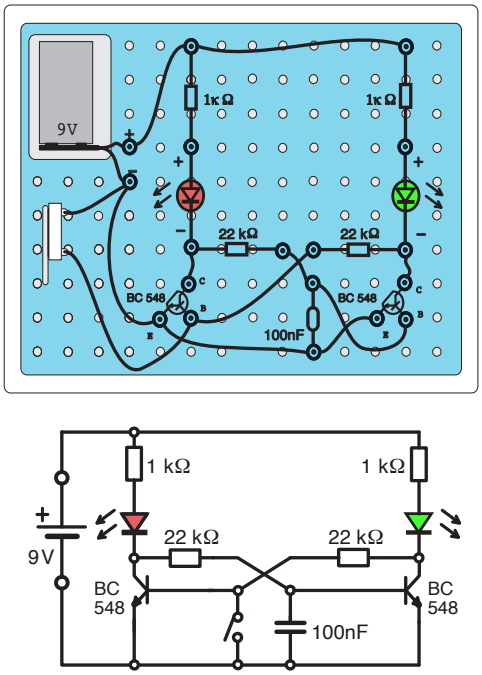


82. SPEICHERSCHALTUNG

Die Flip-Flop-Multivibratoren können in den Computern als Speicherschaltungen angewandt werden. Der Schaltungszustand ist sehr stabil und verändert sich so lange nicht, bis dies nicht von einem äußeren Einfluss verursacht wird.
Wenn die Speicherschaltung so hergestellt wäre, wie der oben dargestellte Flip-Flop-Multivibrator, würden bestimmte Schwierigkeiten auftreten: bei dem Flip-Flop-Multivibrator wissen wir nicht, in was für einen Zustand er sich stellen wird, wenn wir ihn an die Spannung anschließen. Das bedeutet, dass im Computerspeicher etwas wäre, von dem wir niemals mit Gewissheit wissen würden, was es ist.
Wenn der Kondensator leer ist, fließt in ihn der elektrische Strom hinein und lädt ihn langsam auf. Im leeren Kondensator ist keine Spannung vorhanden. Die Spannung an den Transistorklemmen fängt erst dann zu wachsen an, wenn der Kondensator anfängt sich aufzuladen. Der Kondensator ist mit Sicherheit leer, wenn er nicht an die Spannung angeschlossen war.
Setzen wir den Kondensator zwischen die Basis und den Emitter des Transistors im Flip-Flop-Multivibrator. Beim Anschließen der Schaltung an die Batteriespannung (schon leer) sichert der Kondensator zu, dass der elektrische Strom, der eigentlich in die Basis des Transistors fließen würde, in den Kondensator geleitet wird. Auch wenn die Schaltung dazu geneigt wäre, dass dieser Transistor geöffnet wäre, verhindert dies der Kondensator.
Wegen diesem schon beschriebenen Geschehnis ist der zweite Transistor geöffnet. Deshalb leuchtet nach dem Anschließen des Multivibrators an die Batteriespannung immer die rote Leuchtdiode.
Drücke jetzt die Taste. Die Basis des rechten Transistors ist kurzgeschlossen an die Masse und deshalb ist der rechte Transistor gesperrt. Die rote Leuchtdiode erlischt, die grüne aber leuchtet.
Das dauert so lange, bis du die Batterie abklemmst (oder bis sie leer ist!). Wenn du aber bei der angeschlossenen Schaltung den Zustand wieder so verändern willst, dass die rote Leuchtdiode aufleuchtet, musst du den Multivibrator noch einmal auslösen, und dies so, dass der rechte Transistor gesperrt ist. Dies kannst du zum Beispiel machen, indem du für einen Augenblick den Kondensator kurzschließt.

Zubehör: Batterie 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 65, 4x68, 6x69

Fig. 82

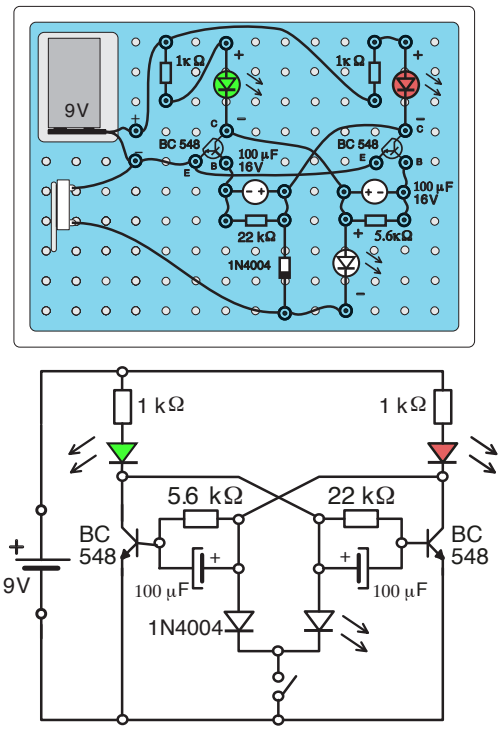


83. FLIP-FLOP-MULTIVIBRATOR ALS DUALVERTEILER

Erinnere dich: den Zustand des Flip-Flop-Multivibrators kannst du auch so umkippen, indem du den Kollektor des Transistors, der offen ist, für einen Augenblick mit der Masse kurzschließt. Am Kollektor des offenen Transistors ist die Spannung viel niedriger als jene, die sich am Kollektor des gesperrten Transistors befindet. Deshalb könnte vom Kollektor aus gegen den negativen Batterieanschluss bei gesperrtem Transistor durch den parallel aufgestellten Draht ein stärkerer Strom Durchfließen.
Um den Zustand des Flip-Flop-Multivibrators zu verändern, dürfen wir nicht gleichzeitig beide Transistoren kurzschließen, weil wir sonst einen solchen Zustand erhalten würden, wie er beim Anschließen der Schaltung an den Batterieanschluss ist.
Wir wissen, dass eine Diode, die so angeschlossen ist, dass durch sie Strom fließt, einen niedrigen Widerstandswert darstellt. Die natürliche Funktion der Diode ist so, dass dann der Widerstandswert gleich Null ist, aber auch solche, dass an der Diode die Spannung etwa 0,6 V beträgt. Wir wissen auch, dass ein offener Transistor einen niedrigen Widerstandswert aufweist. Zwischen dem Kollektor und dem Emitter ist beim offenen Transistor die Spannung schon viel niedriger als jene, sie hat höchstens ein Zehntel von einem Volt. Wenn du beim offenen Transistor zwischen Kollektor und Emitter noch eine Diode einschaltest, so beeinflusst dies nicht den Zustand in der Schaltung, denn der Strom fließt noch immer weiter durch den offenen Transistor mit niedrigerem Widerstandswert.
Kehren wir zu unserer Schaltung zurück. An die Kollektoren der beiden Transistoren sind zwei Dioden mit verbunden Kathoden angeschlossen. Eine von ihnen ist eine Leuchtdiode. Jetzt drücke mehrere Male die Taste! Der Zustand des Multivibrators verändert sich bei jedem Druck auf die Taste. Wenn du nämlich die Taste drückst, kann der elektrische Strom von der Kollektorklemme des Transistors durch die Diode in den negativen Batterieanschluss fließen. Der Strom fließt nur durch jene Diode, die an den Kollektor des gesperrten Transistors angeschlossen ist. Beim offenen Transistor ist die Spannung zwischen dem Kollektor und Emitter niedriger als die Spannung, die erforderlich ist, dass durch die Diode bzw. Leuchtdiode Strom fließen würde. Deshalb beeinflusst der Druck auf die Taste die Schaltung so, dass sich der offene Transistor zusperrt und umgekehrt.
Beim Tastendrücken ist es gut zu sehen, dass bei jedem Drücken wechselseitig die linke und die rechte Leuchtdiode aufleuchtet. Die gleiche Diode leuchtet bei jedem zweiten Druck auf die Taste. Wenn wir das Einschalten einer Diode und die Tastenbetätigungen zählen würden, ist die Diode zweimal weniger eingeschaltet. Diese Schaltung können wir als für das Teilen durch 2 anwenden. Das Ausgangssignal eines solchen Schaltungsverteilers könnten wir zur Lenkung des nächsten anwenden und so die Schaltung erhalten, die sich durch 4 teilt. Mit der Kopplung solcher Teilschaltungen in die Reihe, könnten wir eine Schaltung bekommen, die durch 2, 4, 8, 16, 32 usw. geteilt wird.
Die Schaltung für die Teilung durch zwei ist das grundlegende Element aller Schaltungen, die teilen. Mit der Anwendung dieser Schaltungen, die durch zweiteilen und die logischen Schaltungen, die schon beschrieben wurden, können wir eine Schaltung errichten, die eine Teilung mit irgendeiner Zahl durchführt.
In der Schaltung sind parallel mit den beiden Widerständen, die an der Basis der Transistoren angeschlossen sind, noch zwei elektrolytische Kondensatoren dazugegeben. Die beiden Kondensatoren versichern, dass die durchgeführte Veränderung des Zustands auch bei kürzestem Druck auf die Tasten bleibt.
Beim Druck auf die Taste leuchtet die rote Leuchtdiode auf. Das kann eine Signalisierung ein, dass es zur Betätigung der Schaltung gekommen ist. Anstatt dieser Diode, könnte es auch eine einfache Diode sein, jedoch haben wir in unserem Set nur zwei einfache und drei Leuchtdioden zur Verfügung.

Zubehör: Batterie 9V, 27x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 46, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 83

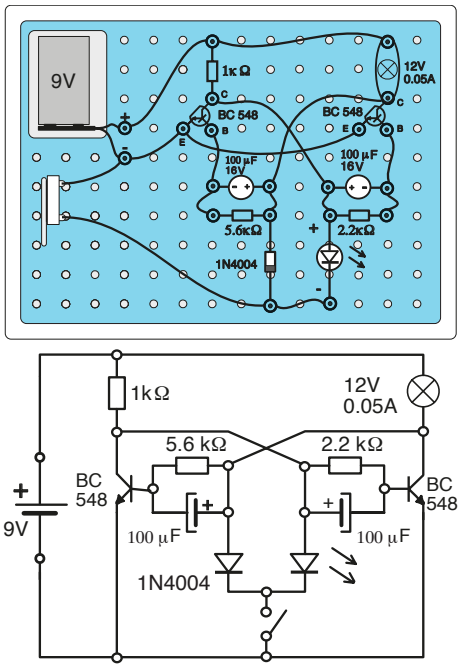


84. EIN- UND AUSSCHALTEN DES LICHTS MIT EINEM SCHALTER

Die Schaltung, die durch zweiteilt, kann auch für zahlreiche "nichtcomputerische" Anwendungsarten benutzt werde. Ein schönes Beispiel dieser Anwendung ist die Schaltung, bei der wir eine Anlage nur mit dem Druck auf einer Taste ein- und ausschalten.
In diesem Beispiel ist dargestellt, wie wir mit dem Druck auf die Taste die Glühbirne ein- und ausschalten. Die Leuchtdiode signalisiert den Druck auf die Steuertaste. Anstatt der Glühbirne können wir in die Schaltung eine Relaiswicklung einbauen, die dann eine stärkere Anlage ein- oder ausschaltet, zum Beispiel einen Ventilatormotor oder die Flutlichter in einem Stadion ...

Zubehör: Batterie 9V, 20x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 43, 46, 57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 84

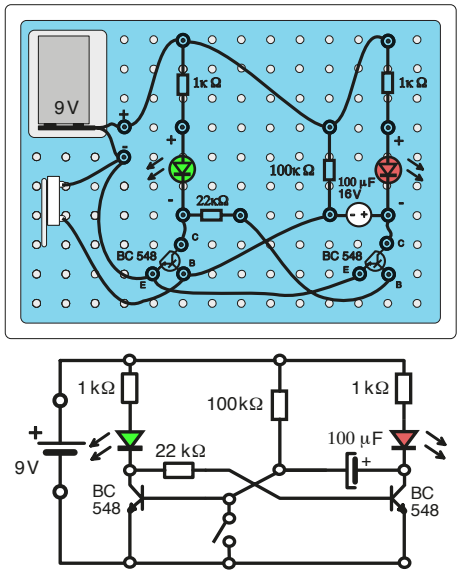


85. MONOSTABILER MULTIVIBRATOR

Der monostabile Multivibrator ist eine Schaltung, die nur einen stabilen Zustand hat. Wenn wir mit einem äußeren Einfluss den Zustand in der Schaltung verändern, wird sich die Schaltung nach einiger Zeit von selbst wieder in den stabilen Zustand versetzen.
Wenn du die Schaltung an die Spannung anschließt, leuchtet die grüne Leuchtdiode. Der linke Transistor hat einen großen Widerstandswert, deshalb ist zwischen dem Kollektor und dem Emitter eine hohe Spannung. Weil an der Basis des linken Transistors eine niedrige Spannung vorhanden ist, ist der elektrolytische Kondensator aufgeladen.
Drücke für einen Augenblick auf die Taste. Die Basis des linken Transistors ist mit dem Emitter kurzgeschlossen, in der Basis ist kein Strom mehr vorhanden und der Transistor schließt sich. Am Kollektor dieses Transistors ist deshalb eine hohe Spannung und der elektrische Strom kann in die Basis des rechten Transistors fließen. Der Zustand des Multivibrators kippt um. Der rechte Transistor verfügt jetzt über eine sehr niedrige Spannung und deshalb ist die positive Klemme des Transistors über ihn an den negativen Batterieanschluss angeschlossen. Jetzt fließt in diesen Kondensator von dem positiven Batterieanschluss durch den Widerstand von 100 kΩ der Strom, der ihn auflädt. Deshalb wächst die Spannung an der negativen Transistorklemme, solange sie nicht groß genug ist, um den Strom in die Basis des linken Transistors zuführen. Der linke Transistor öffnet sich und der Zustand im Multivibrator kehrt in seinen ursprünglichen Zustand zurück.
Den monostabilen Multivibrator könnten wir für kurzzeitige Einschaltungen (wenn du den rechten anwendest) oder Ausschaltungen (wenn du den linken Transistor anwendest) benutzen. Jemand könnte sagen, dass wir Schaltungen, mit denen wir das durchführen könnten, schon behandelt haben und dass sie einfacher sind. Das ist wahr. Der Vorteil solcher Schaltungen mit monostabilem Multivibrator gegenüber denen, die für das Funktionieren die Aufladung oder die Leerung des Kondensators ausnützen, ist der, dass sich hier die Spannung am Ausgang im Augenblick verändert. Das können wir auch daran sehen, dass die Leuchtdiode im Augenblick aufleuchte oder erlischt. Bei den Schaltungen, die vorher beschrieben wurden, veränderte sich die Spannung langsam. Wenn du dich erinnerst, hat sich dort die Leuchtdiode langsam an- bzw. ausgemacht.

Zubehör: Batterie 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 85

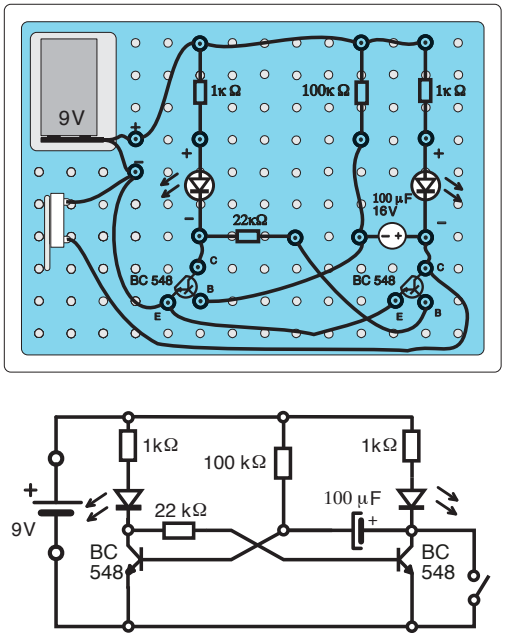


86. AUSLÖSUNG DES MONOSTABILEN MULTIVIBRATORS MIT EINFLUSS AM KOLLEKTOR

So wie ein Flip-Flop-Multivibrator die Kraft auf mehrere Arten auslöst, können wir auch beim monostabilen Multivibrator die Auslösung auf mehrere Arten durchführen. In diesem Beispiel führen wir die Auslösung am Kollektor des rechten Transistors durch. Im Normalzustand ist der Transistor geschlossen. Deshalb ist an seinem Kollektor die Spannung hoch. Weil an der Basis des Transistors höchstens 0,6 V liegt, ist der elektrolytische Kondensator aufgeladen.
Wenn du die Taste drückst, ist der Kollektor des rechten Transistors mit der Masse kurzgeschlossen. Die positive Elektrode des elektrolytischen Kondensators ist an der Masse. Da der Kondensator aufgeladen war, bedeutet dies, dass der negative Kondensatoranschluss jetzt an dem negativen Pol sein wird und der linke Transistor im Augenblick gesperrt ist. Jetzt beginnt durch den Widerstand von 100 kΩ der elektrische Strom in den Kondensator zu fließen.
Wenn die Spannung an der negativen Kondensatorklemme so hoch wird, dass der Strom in die Basis des linken Transistors fließen kann, verändert der Multivibrator wieder den Zustand, der jetzt stabil ist.

Zubehör: Batterie 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 86

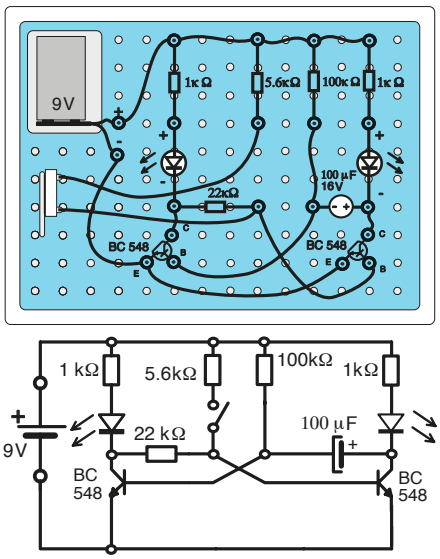


87. AUSLÖSUNG DES MONOSTABILEN MULTIVIBRATORS MIT STROM IN DIE BASIS

Die gleiche Wirkung, wie sie der kurzgeschlossene Kollektor des rechten Transistors mit der Masse hat, erreichen wir auch, wenn wir den rechten Transistor öffnen. Das erreichen wir mit zusätzlich zugeführtem Strom, der in die Basis dieses Transistors fließen sollte. Der Strom ist in der Basis des rechten, zwar gesperrten Transistors; zugeführt durch den 22 kΩ Widerstand.
So wie im Beispiel des stabilen Multivibrators haben wir auch im Beispiel des monostabilen Multivibrators drei Arten der Schaltungsauslösung dargestellt. Welche unter ihnen wir anwenden werden, ist von der Anwendung und den Ausloseimpulsen abhängig, die wir zur Verfügung haben.
Bei dem monostabilen Multivibrator sind die drei Arten der Auslösung nicht gleichwertig. Im ersten Beispiel, als wir die Basis des geöffneten Transistors kurzgeschlossen haben, hat sich der elektrolytische Kondensator viel weniger entleert als in den zwei anderen Beispielen, Die Spannung zwischen der Basis und dem Emitter des geöffneten Transistors beträgt nämlich 0,6 V. Deshalb verändert sich auch beim Druck auf die Taste die Spannung an den Klemmen des Kondensators nur um 0,6 V.
Im Fall der Auslösung am Kollektor oder an der Basis des Transistors, der im stabilen Zustand gesperrt ist, entleert sich der Kondensator im Ganzen. Deswegen ist mehr Zeit erforderlich, dass der Zustand in der Schaltung in die stabile Position zurückkehrt.

Zubehör: Batterie 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 87

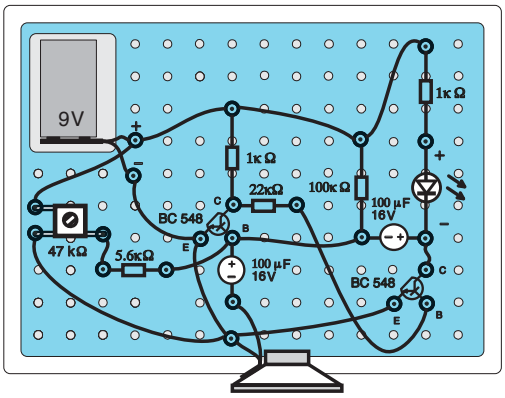


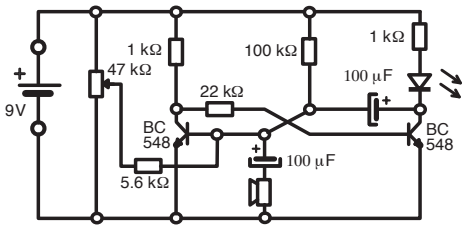
88. SCHALTER, EMPFINDLICH AUF GERÄUSCHE

Die Auslösung des monostabilen Multivibrators können wir auch ohne die Taste, mit einem fremden Element herstellen. In diesem Beispiel ist dargestellt, wie wir den monostabilen Multivibrator mit einem Signal auslösen, das aus dem Lautsprecher kommt, welchen wir als Mikrophon verwenden.
Solche Schaltung können wir z. B. als Alarm oder für das Anmachen der Lichter in einer Diskothek anwenden.
In Reihe mit dem Lautsprecher ist ein elektrolytischer Kondensator geschaltet, der verhindert, dass der Gleichstrom, durch den Lautsprecher fließt, zugleich aber für den Wechselstrom keine Hindernisse darstellt. Ansonsten ist die Schaltung ähnlich der aus dem vorherigen Beispiel. In dieser Schaltung wurde noch ein Potentiometer eingesetzt. Mit ihm kannst du die Empfindlichkeit der Schaltung einstellen. Wenn der Gleiter dem positiven Batterieanschluss näher ist, ist die Schaltung weniger empfindlich.
Wenn du die Schaltung aufgebaut und an die Batterie angeschlossen hast, muss du noch die Funktionseinstellung durchführen. Wenn die Leuchtdiode leuchtet, drehe die Achse des Potentiometers so, dass die Leuchtdiode aufhört zu leuchten. Jetzt drehe die Achse des Potentiometers so lange, bis die Leuchtdiode aufleuchtet. Warte bis sie erlischt. Wenn sie nicht erlischt, drehe die Achse des Potentiometers sanft zurück. Die Leuchtdiode wird erlöschen. Jetzt puste in den Lautsprecher oder klopfe mit dem Finger vorsichtig auf seine Membrane. Die Leuchtdiode leuchtet auf und brennt noch einige Sekunden lang.

Zubehör: Batterie 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 88

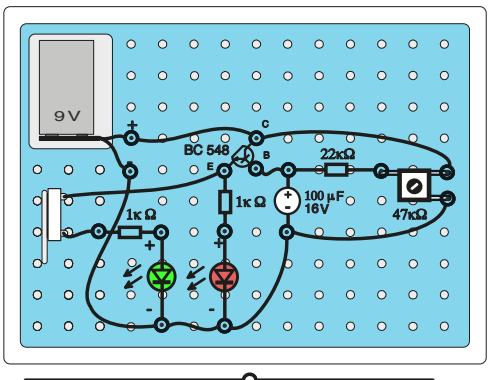


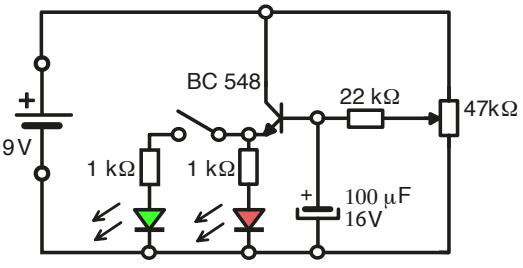


89. LICHTREGLER

Wir sagten schon, dass wir den Transistor auch als Abgleichwiderstand verwenden können, dessen Widerstandswert von dem Strom abhängig ist, der in die Basis fließt. Diese Eigenschaft können wir leicht für die Spannungsveränderung zum Beispiel beim Gleichrichter anwenden.
Mit dem Potentiometer in der unteren Schaltung können wir die Spannung zwischen dem Emitter und dem negativen Batterieanschluss einstellen. Wir erwähnten schon, dass sich die Richtung Basis-Emitter bei dem Transistor wie eine Diode verhält, die von der Basis gegen den Emitter gedreht ist. Wenn der Transistor geöffnet ist, fließt durch ihn der elektrische Strom. Wir erwähnten aber auch, dass an der Diode, die an die Leitrichtung angeschlossen ist, die Spannung etwa 0,6 V beträgt. Das gleiche gilt auch für den Transistor: beim geöffneten Transistor ist zwischen der Basis und dem Emitter 0,6 V.
Wenn sich also zwischen der Basis des Transistors und dem negativen Batterieanschluss eine bestimmte Spannung befindet, ist zwischen dem Emitter und dem negativen Batterieanschluss die Spannung um 0,6 V niedriger. Wenn du jetzt bei der unteren Schaltung die Achse des Potentiometers drehst, verändert sich an ihm die Spannung zwischen 0 und 9 V. Gleichzeitig ist zwischen dem Emitter und dem negativen Batterieanschluss die Spannung 0,6 V kleiner als jene, die sich an dem Gleiter des Potentiometers befindet. Der Potentiometer hat einen ziemlich hohen Widerstandswert, deshalb fließt durch ihn ein schwächerer Strom. Durch einen Transistor kann viel stärkerer Strom durchfließen, der zwar mit bestimmten Elementen festgelegt ist, die zwischen dem Emitter Klemme und dem negativen Batterieanschluss geschaltet sind.
Hier sind zwischen dem Emitter und dem negativen Batterieanschluss ein Widerstand von 1 kΩ und eine Leuchtdiode geschaltet. Jetzt nehme ein Stück Draht und setze weit weg von dieser Diode noch einen Widerstand und eine Leuchtdiode ein. Wenn du mit der Taste die Leuchtdiode einschaltest, wird sich die Lichtstärke der ersten überhaupt nicht verändern. Das bedeutet, dass die übrige Spannung zwischen dem Emitter and dem negativen Batterieanschluss unverändert ist. Da jetzt durch den Transistor stärkerer Strom fließt (es leuchten beide Dioden), die Spannung zwischen dem Kollektor und dem Emitter sich aber nicht verändert hat, bedeutet dies, dass sich der Widerstandswert des Transistors verkleinert hat.
Wenn wir an Stelle des Transistors einen einfachen Widerstand hätten würde wegen des Anschließens der zweiten Leuchtdiode durch diesen Widerstand stärkerer Strom fließen. Weil der Strom stärker ist, wird an dem Widerstand höhere Spannung sein, an der Leuchtdiode aber würde die Spannung ein wenig fallen. Deshalb würde bei der Einschaltung der zweiten Diode die Lichtkraft der ersten ein wenig schwächer werden.
Diese Schaltung ist für die Regulierung der Spannung geeignet. Häufig nennen wir solche Schaltungen, bei welchen der Kollektor an den positiven Batterieanschluss geschaltet ist, die zwischen dem Emitter und dem negativen Batterieanschluss aber andere Elemente (z. B. eine Glühbirne) in der Schaltung haben, den Emitterfolger. Dieser Name entspricht vollkommen, denn die Spannung am Emitter folgt den Veränderungen der Spannung an der Basis und ist immer um 0,6 V niedriger als diese. Ein schönes Beispiel einer Anwendung solcher Schaltung wäre zum Beispiel im Lichtstärkeregulator einer Glühbirne.

Fig. 89





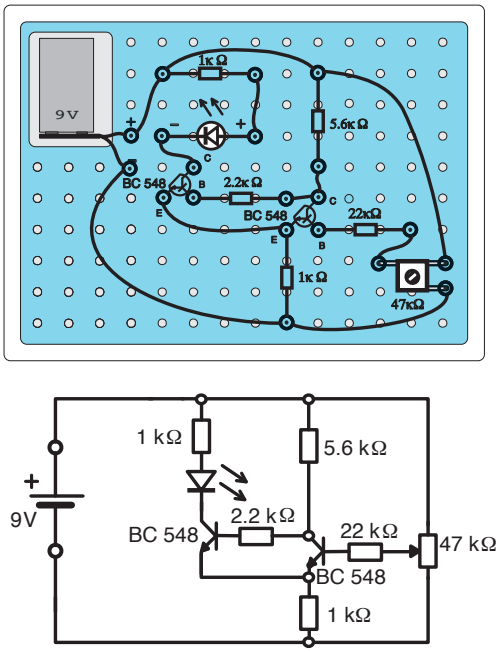
Zubehör: Batterie 9V, 15x7, 38, 40, 42, 43, 44, 52, 2x57, 60, 66, 4x68, 3x69

90. ELEKTRISCHER SCHALTER MIT HYSTERESIS

Stelle die unten dargestellte Schaltung her. Drehe jetzt die Achse des Potentiometers nach rechts und nach links und beobachte, bei welcher Achsenposition des Potentiometers die Leuchtdiode erlischt oder in welcher sie aufleuchtet. Bestimmt hast du bemerkt, dass diese zwei Stellungen unterschiedlich sind. Um die Diode zum Leuchten zu bringen, muss die Spannung am Gleiter des Potentiometers viel höher als jene sein, bei der die Leuchtdiode erlischt.
Da die Spannung am Gleiter des Potentiometers, bei der die Leuchtdiode aufleuchtet, höher als die ist, bei der sie erlischt, können wir die zwei Punkte am Potentiometer markieren. Das Verhalten der Schaltung beim Drehen des Potentiometers in eine Richtung ist nicht gleich jener, wenn wir die Potentiometer Achse zurückdrehen. Eine solche Erscheinung, bei welcher sich bei der Veränderung in eine Richtung etwas unterscheidet von der Veränderung in die andere Richtung, nennen wir Hysteresis. Deshalb sagen wir auch, dass diese Schaltung eigentlich ein elektrischer Schaller mit Hysteresis ist.
Nehmen wir einmal an, dass der Gleiter des Potentiometers in einer solchen Position ist, dass er die Klemme berührt, die an den negativen Batterieanschluss angeschlossen ist. Deshalb fließt in die Basis des rechten Transistors kein elektrischer Strom und dieser ist gesperrt. Deswegen ist an der Basis des linken Transistors die Spannung höher. In sie fließt der Strom durch den Widerstand von 5,6 kΩ und der Transistor ist offen. Die Leuchtdiode leuchtet.
Wenn du jetzt die Achse des Potentiometer so drehst, dass sich die Spannung am Gleiter erhöht, wird auch der Stromfluss in die Basis des rechten Transistors beginnen sich langsam zu erhöhen. Der Strom durch den rechten Transistor fängt an stärker zu werden, sein Widerstandswert aber wird beginnen zu sinken. In die Basis des linken Transistors wird so ein etwas schwächerer Strom fließen. Deshalb schwächt sich der Strom durch den linken Transistor sehr schnell ab, viel schneller als der Strom durch den rechten Transistor wächst. Dieser Strom fließt durch den Widerstand, der gemeinsam für die Emitter beider Transistoren ist. Da der Strom durch den rechten Transistor sich langsamer stärkt als sich der Strom durch den linken Transistor schwächt, schwächte sich der gesamte Strom durch diesen Widerstand und auch die Spannung an ihm ist gefallen. Das ist genauso als wenn wir für einen Augenblick den Emitter an den rechten Transistor des Batterieanschlusses anschließen würden. Da die Spannung am Gleiter des Potentiometers unverändert ist, wird der rechte Transistor im Augenblick geöffnet sein, der linke aber gesperrt und die Leuchtdiode leuchtet nicht mehr. Wenn du jetzt die Achse des Potentiometers in die entgegengesetzte Richtung drehst, wird sich der gesamte Verlauf in umgekehrter Richtung abwickeln.
Fachleute nennen häufig eine solche Schaltung auch den Schmittschen Auslöser (vom engl. Wort Trigger = Auslöser).

Zubehör: Batterie 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 90

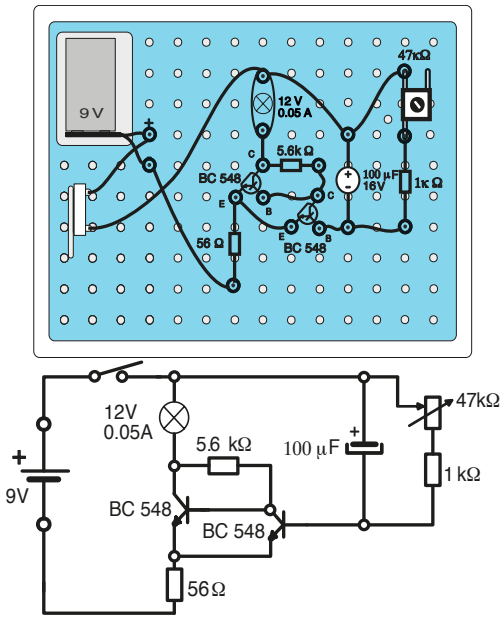


91. BLINKLEUCHTE

In dieser Schaltung wurde die Schmittsche Auslöser Schaltung angewandt. Wenn durch die Schaltung ein starker Strom fließt, wird die Schaltung einen niedrigen Widerstandswert haben und umgekehrt. Wenn wir die unten dargestellte Schaltung an die Batterie anschließen, leuchtet die Glühbirne noch nicht.
Am Anfang ist der elektrolytische Kondensator leer. Durch den leeren elektrolytischen Kondensator fließt der elektrische Strom in die Basis. Gleichzeitig wird wegen dem zugeführten Strom der Kondensator aufgeladen und die Spannung an den Klemmen erhöht sich. Das bedeutet, dass die Spannung zwischen der Basis und dem Emitter langsam fällt. In einem bestimmten Augenblick ist die Spannung zwischen der Basis und dem Emitter so niedrig, dass sich der erste Transistor schließt. Somit ist das Geschehen ausgelöst, wie wir es schon bei der Beschreibung der Schaltung mit der Hysteresis bzw. bei der Schmittschen Auslöser Schaltung besprochen haben. Der andere Transistor öffnet sich und durch die Glühbirne fließt Strom. Dieser Strom fließt auch durch den Widerstand von 56 Ω. Deshalb tritt an ihm eine Spannung auf. Das bedeutet, dass die Spannung zwischen der Basis des ersten Transistors und dem positiven Batterieanschluss niedriger ist. Der elektrolytische Kondensator leert sich jetzt durch den Widerstand von 1 kΩ und den Abgleichwiderstand. Wenn die Spannung niedrig genug ist (bzw. wenn die Spannung zwischen der Basis und dem Emitter des ersten Transistors stark genug ist), öffnet sich der erste Transistor und die Veränderung des Zustands in der Schaltung wird ausgelöst. Die Glühbirne erlischt.
Mit dem Abgleichwiderstand von 47 kΩ können wir die Leerungsgeschwindigkeit des elektrolytischen Kondensators einstellen. Das bedeutet auch, dass sich mit diesem Abgleichwiderstand die Frequenztätigkeit der gesamten Schaltung einstellt.

Zubehör: Batterie 9V, 17x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 52, 54, 57, 59, 66, 4x68, 4x69

Fig. 91

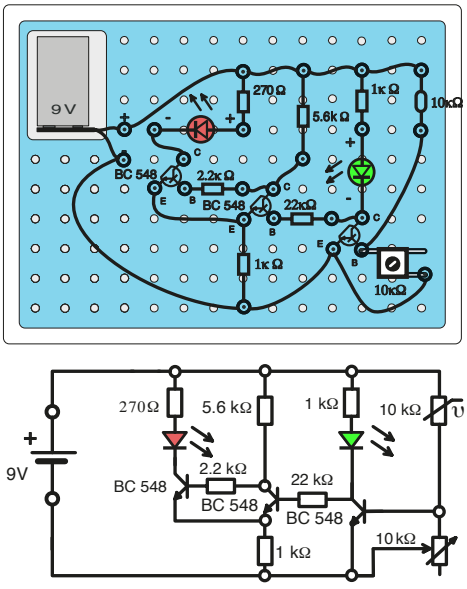


92. DIE FUNKTIONSREGULIERUNG EINES KÜHLSCHRANKS

Erinnere dich an die temperaturempfindliche Schaltung, welche wir schon in diesem Handbuch beschrieben haben. Eine ähnliche Schaltung könnten wir auch bei der Funktionssteuerung eines Kühlschranks anwenden. Die Schwierigkeit liegt nur darin, dass bei der schon beschriebenen Schaltung die Ein- und Ausschaltung des Kühlschrankmotors praktisch bei gleicher Temperatur durchgeführt wird. Deswegen würde sich der Motor sehr oft ein- und ausgeschalten, was für ihn überhaupt nicht gut wäre. In dieser Schaltung sind zwei vereinigt: die temperaturempfindliche und die elektrische mit Hysteresis. Drehe jetzt die Achse des Potentiometers so herum, dass die grüne Leuchtdiode kaum leuchtet. Die rote Leuchtdiode ist ausgeschaltet. Drücke jetzt den Thermistor mit den Fingern oder hauche ihn langsam warm an. Die grüne Leuchtdiode leuchtet stärker und stärker, im gleichen Augenblick aber leuchtet auch die rote Leuchtdiode auf.
Jetzt lass den Thermistor los, damit er abkühlt oder kühle ihn durch Pusten ab.
Die Helligkeit der grünen Leuchtdiode lässt nach, bald erlischt aber auch die rote Leuchtdiode. Es ist von der Einstellung der Potentiometer Achse abhängig, bei welcher Temperatur dies alles geschieht. Die grüne Leuchtdiode zeigt uns mit ihrer Helligkeit, dass die Temperatur begonnen hat zu steigen. Anstelle der roten Leuchtdiode könnten wir uns ein Relais vorstellen, des den Motor des Kühlschranks einschaltet.
Wegen der Hysteresis schaltet sich der Motor des Kühlschranks bei etwas höheren Temperaturen ein, als diesen, bei welchen er sich ausschaltet, was auch richtig ist. Wenn du dir zu Hause anhörst, wie der Motor in eurem Kühlschrank funktioniert, kannst du feststellen, dass er sich zeitweilig einschaltet, einige Zeit in Betrieb ist und sich wieder ausschaltet.
Die Temperatur im Kühlschrank ist um einige Grade gefallen. Wenn sich die Temperatur im Kühlschrank etwas erhöht, schaltet sich der Motor wieder ein.

Zubehör: Batterie 9V, 24x7, 38, 3x42, 43, 44, 47, 51, 56, 2x57, 58, 59, 60, 4x68, 5x69

Fig. 92

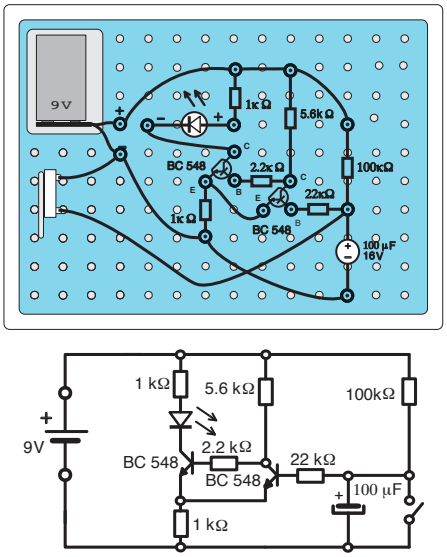


93. STUFENAUTOMAT

In dieser Schaltung wurde die Schmittsche Auslöser Schaltung aus dem vorherigen Beispiel angewandt. Warum ist diese Schaltung besser als die, die wir schon für die kurzzeitige Einschaltung der Anlage angewandt haben? Dort fiel die Spannung am Ausgang langsam ab, in dieser Schaltung ist aber die Spannung konstant und fällt im Moment ab. Deshalb leuchtet auch die Leuchtdiode die ganze Zeit gleich stark, wenn sie eingeschaltet ist.
Im vorherigen Beispiel haben wir zur Funktionsprüfung der Schaltung ein Potentiometer verwendet. In diesem Beispiel hier, ist aber an dem Schaltungseingang ein elektrolytischer Kondensator, welcher sich durch den Widerstand von 100 kΩ auflädt. Wenn der Kondensator aufgeladen ist, öffnet sich der rechte Transistor und die Verbindung schaltet sich aus.
Der rechte Transistor ist im Augenblick gesperrt. Die Leuchtdiode leuchtet.
Der Kondensator beginnt sich langsam aufzuladen. Weil die Spannung an seinen Klemmen wächst, verstärkt sich auch der Strom in der Basis des ersten Transistors. Dies löst das Geschehen aus, das schon in der Darstellung aus der vorherigen Schaltung beschrieben wurde. Nach einiger Zeit wird sich der Zustand in der Schaltung verändern und die Leuchtdiode erlischt.

Zubehör: Batterie 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 59, 60, 61, 66, 4x68, 3x69

Fig. 93



94. SYMMETRISCHER INSTABILER MULTIVIBRATOR

Manchmal benötigen wir ein Signal, bei welchen sich zwei Leuchten wechselseitig einschalten. Ein schönes Beispiel einer solchen Signalanlage ist das Leuchtsignal, welches wir bei heruntergelassenen Schranken an Bahnübergängen sehen können.
Die hier unten dargestellte Schaltung ist ein Beispiel, wie wir eine solche Signalisierung herstellen. Eine solche Schaltung nennen die Fachleute einen instabilen Multivibrator.
Wie funktioniert eine solche Schaltung? Um es uns leichter zu machen haben wir die Widerstände mit den Symbolen R1, R2, R3 und R4 gekennzeichnet, die beiden Kondensatoren sind C1 und C2, die Transistoren T1 und T2 und die beiden Leuchtdioden D1 und D2. Sieh dir bei der Erläuterung genau die Darstellung der Schaltung in dem Bild 94.
Mal angenommen, wir haben die Schaltung an die Spannung angeschlossen. Die linke Seite des Schemas ist genauso wie die rechte, trotzdem gibt es in der Natur keine zwei Elemente, die sich vollkommen gleich sind. Deshalb können wir voraussetzen, dass beim Anschluss der Schaltung an die Batterie die elektrischen Ströme so fließen, dass in die Basis des Transistors T1 etwas mehr Strom fließt als in die Basis des Transistors T2. Deshalb wird T1 offen sein. Die Spannung zwischen dem Kollektor und dem Emitter T1 ist sehr niedrig. Die linke Leuchtdiode leuchtet. Durch den Widerstand R2 fließt Strom, der den elektrolytischen Kondensator C1 auflädt.
Gleichzeitig ist der Transistor T2 gesperrt und wir können uns für einen Augenblick denken, dass er nicht in der Schaltung ist. Deshalb ist die rechte Klemme des Kondensators C2 über den Widerstand R4 und die Leuchtdiode an den positiven Batterieanschluss abgeschlossen, die linke Klemme aber an die Basis T1. Deshalb lädt sich C2 so auf, dass sich die positive Spannung an der rechten Seite des Kondensators befindet.
Nach einer bestimmten Zeit ist der Kondensator C1 so aufgeladen, dass der elektrische Strom in die Basis des Transistors T2 fließt. Deshalb öffnet sich der Transistor und hat einen niedrigen Widerstandswert. Die Spannung zwischen dem Kollektor und dem Emitter des Transistors T2 ist faktisch gleich Null. Die Spannung an der linken Klemme des Kondensators C2 ist niedriger als die an der rechten. Diese Spannung ist jetzt für den Transistor T1 so niedrig, dass im Augenblick der Strom aufhört in seine Basis zu fließen. Der Transistor T1 ist jetzt gesperrt, T2 ist aber offen, deshalb leuchtet die rechte Leuchtdiode.
Der Kondensator C2 lädt sich jetzt durch den Widerstand R3 so auf, dass die linke Klemme positiv ist. C1 lädt sich aber durch den Widerstand R1 und die Diode auf, also ist auch seine linke Klemme positiv. Kurzum, die Rollen der beiden Transistoren sind jetzt umgekehrt als im vorigen Beispiel.
Der Vorgang wiederholt sich fortlaufend, deshalb leuchten auch die beiden Dioden D1 und D2 wechselseitig. Für dieses Schaltungsbeispiel können wir auch ungefähr die Zeit berechnen, in der die beiden Leuchtdioden leuchten.
Die linke Leuchtdiode bzw. D1 leuchtet ungefähr

$t_1 = 0{,}7 \times C_1 \times R_2$

die rechte aber

$t_2 = 0{,}7 \times C_2 \times R_3$

Wenn die linke und die rechte Hälfte der Schaltung gleich sind, leuchten die beiden Dioden gleichlang. Aus der Zeichnung kannst du ersehen, dass die beiden Kondensatoren eine Kapazität von 100 µF bzw. 0,0001 F haben, die beiden entsprechenden Widerstände aber einen Widerstandswert von 22 kΩ bzw. 22.000 Ω.
Diese Werte setzen wir in die Gleichung und erhalten die ungefähre Zeit, in der jede der beiden Leuchtdioden leuchtet

t = 0,7 x 0,0001 x 22000

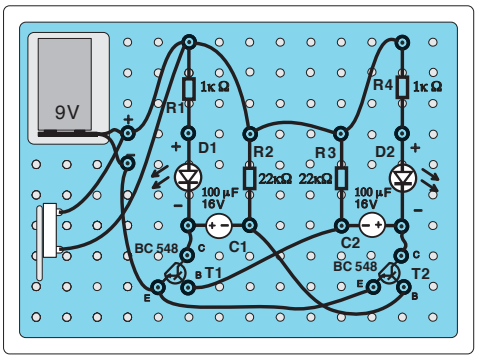
beziehungsweise

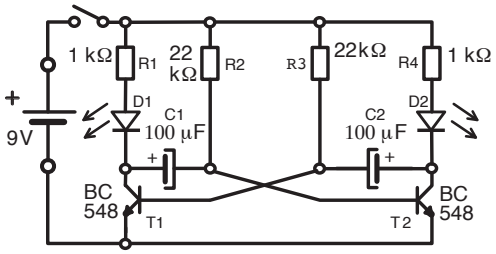
t = 1.54 s

Jede Leuchtdiode leuchtet also ungefähr eineinhalb Sekunden.

Zubehör: Batterie 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 94





95. VERÄNDERUNG DER ART DES FUNKTIONIERENS DES INSTABILEN MULTIVIBRATORS

Wir erwähnten schon, dass die linke und die rechte Leuchtdiode nur dann gleichlang leuchten, wenn die linke Seite der Schaltung genauso wie die rechte ist. Vorausgesetzt, dass die beiden elektrolytischen Kondensatoren gleich sind! Wenn du jetzt die beiden mittleren Widerstande änderst, ändert sich die Einschaltzeit der einzelnen Dioden stark. Oben haben wir beschrieben, dass die beiden Dioden nur eine bestimmte Zeit leuchten, diese beträgt:

$t_1 = 0.7 \times C \times R_2$

und

$t_2 = 0.7 \times C \times R_3$

Wenn die beiden Kondensatoren gleich sind, leuchten die beiden Leuchtdioden zusammen

$t = t_1 + t_2$

beziehungsweise

$t = 0.7 \times C \times R_2 + 0.7 \times C \times R_3$

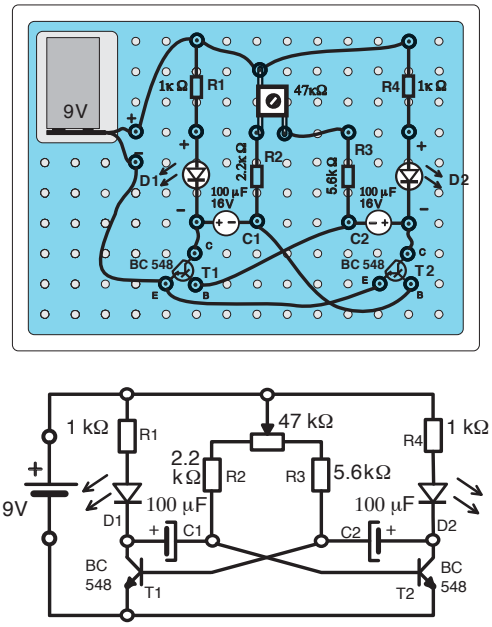
So betragt die Gesamtzeit des Betriebs

$t = 0.7 \times C \times (R_2 + R_3)$

In dieser Schaltung ist der Widerstand R2 eigentlich ein Widerstand von 2,2 kΩ und ein Teil des Widerstandswertes des Potentiometers zwischen dem linken Anschluss und dem rechten Gleiter, der Widerstand R3 aber ist ein Widerstand von 5,6 kΩ und ein Teil des Widerstandswertes des Potentiometers zwischen dem rechten Anschluss und dem Gleiter. Deshalb ist der Gesamtwiderstandswert der beiden Widerstände R3 + R2 immer gleich, ungeachtet dessen, wie der Gleiter des Potentiometers eingesetzt ist. Das bedeutet, dass wir mit dem Drehen der Potentiometer Achse das Verhältnis zwischen den beiden Zeiten, wenn die einzelnen Dioden leuchten, bestimmen können, die Gesamtzeit des Funktionierens beider Leuchtdioden aber bleibt unverändert.

Zubehör: Batterie 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 95



96. LICHTREGULATOR MIT EINEM MULTIVIBRATOR

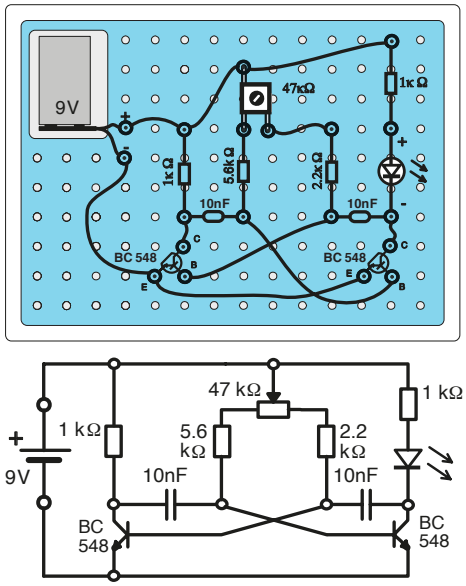
In diesem Buch haben wir den Lichtregulator (Dimmer) schon beschrieben. In ihm haben wir die Lichtstärke der Glühbirne reguliert, indem wir die Spannung an den Klemmen veränderten. Eine solche Art der Lichteinstellung können wir fürs Leuchten verwenden, die nicht bei niedriger Spannung funktionieren. Ein gutes Beispiel solcher Leuchten sind solche mit Fluoreszenzröhren. Bei solchen Leuchten können wir deren Eigenschaft ausnützen, dass sie nach dem Ausschalten erneut aufleuchten können, wenn nur die Zeit zwischen dem Ein- und Ausschalten nicht zu groß ist.

Vorausgesetzt, wir schalten ein solches Licht sehr schnell ein und aus. In diesem Fall können wir wegen der Natur des menschlichen Auges überhaupt nicht wahrnehmen, dass das Licht ausgeschaltet war. Bestimmen wir die Zeit zwischen zwei Ausschaltphasen. Wenn wir in dieser Zeit die Brenndauer des Lichts verändern, haben wir den Eindruck, dass wir die Stärke des Lichts verändern.

Zu diesem Zweck werden wir wie im zuvor beschriebenen Versuch, einen Multivibrator verwenden. Die Zeit zwischen den beiden ausgeschalteten Dioden darf nicht so lang sein, wie im obigen Versuch. Deshalb nimmst du jetzt anstatt der beiden 100 µF Kondensatoren den Kondensator mit einer Kapazität von 10 nF. Die Kapazität dieser Kondensatoren ist tausendmal kleiner und die Leuchtdiode blinkt tausendmal schneller, deshalb nimmst du das Blinken überhaupt nicht wahr. Wenn du jetzt die Achse des Potentiometers nach rechts und nach links drehst, verändert sich die Brenndauer der Leuchtdiode und du denkst, die Leuchtkraft der Leuchtdiode würde sich verändern.

Zubehör: Batterie 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 96



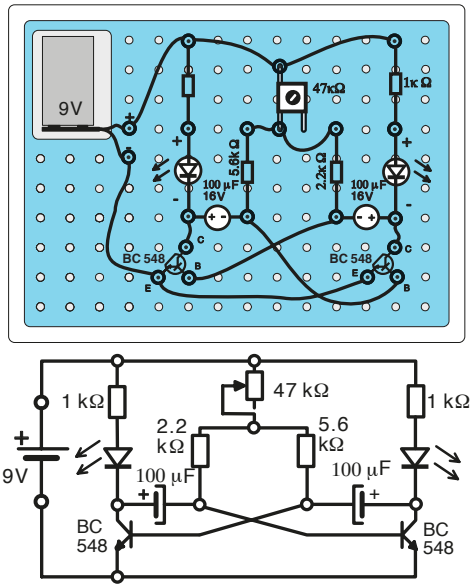
97. VERÄNDERUNG DER FREQUENZTÄTIGKEIT DES INSTABILEN MULTIVIBRATORS

Die Geschwindigkeit bzw. die Frequenztätigkeit des instabilen Multivibrators kannst du so verändern, dass du einen oder beide mittlere Widerstände im Multivibrator veränderst. Wenn du die Frequenztätigkeit verändern willst, musst du den Wert der beiden mittleren Widerstände gleichzeitig verändern. Dies können wir vereinfachen, indem wir die beiden Widerstände teilweise vereinigen. So bekommen wir die Schaltung die auf dem unteren Bild 97 dargestellt ist.

Wenn wir nun die Achse des Potentiometers nach rechts und nach links drehen, verändert sich die Frequenztätigkeit des Multivibrators, das Verhältnis der Brennzeiten beider Leuchtdioden wird aber unverändert bleiben.

Zubehör: Batterie 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 97

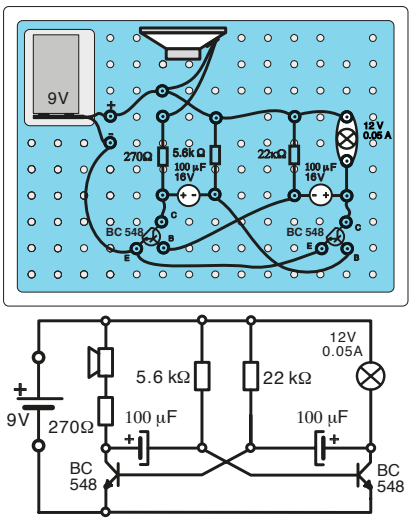


98. AUTOBLINKER

Mit dem Multivibrator können wir eine Schaltung herstellen, wie sie für das Einschalten der Fahrtrichtungsanzeiger (Blinker) am Auto verwendet werden. Da der Fahrer wissen muss, ob der Blinker eingeschaltet ist, befindet sich im Auto auch noch eine akustische Signalisierung. Dazu ist in der hier gezeigten Schaltung noch ein Lautsprecher eingebaut, aus welchem man feine Geräusche im Rhythmus der Lichtschaltung hören kann.

Zubehör: Batterie 9V, 18x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 56, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69

Fig. 98

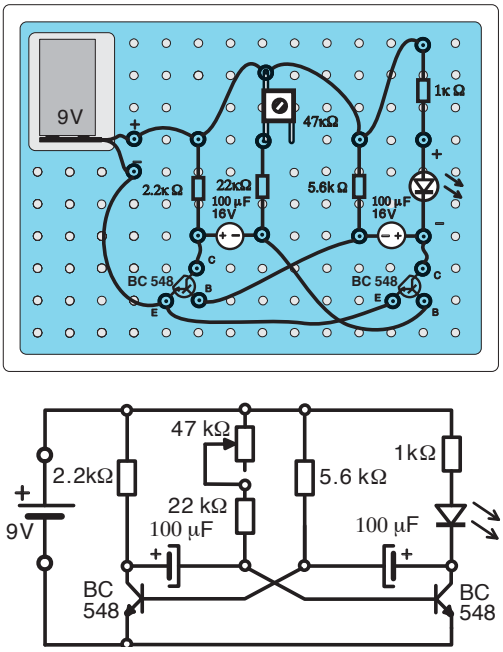


99. GESCHWINDIGKEITSEINSTELLUNG DER AUTOSCHEIBENWISCHER

Bei den heutigen modernen Autos kann man die Geschwindigkeit der Scheibenwischer einstellen. Wenn es nicht so stark regnet, ist dies sehr praktisch. Wenn der Regen sehr schwach ist, wird die Frontscheibe nicht nass und die Scheibenwischer reiben beinahe auf einem trocknen Glas. Deswegen hüpfen sie und geben ein unangenehm quietschendes Geräusch von sich.
Wenn du das Funktionieren der Scheibenwischer beobachtet hast, hast du bestimmt festgestellt, dass die Zeit, die die Scheibenwischer für einen "Spaziergang" über die Frontscheibe benötigen, festgelegt ist. In dieser Zeit muss der Antrieb der Scheibenwischer eingeschaltet sein. Die Zeit zwischen zwei Einschaltungen kann aber beliebig sein.
Für die Intervalle zwischen zwei Einstellungen des Scheibenwischerantriebs können wir einen instabilen Multivibrator verwenden, bei welchem wir einen von den mittleren Widerständen verändern.
Der zweite mittlere Widerstand ist so ausgesucht, dass er die Scheibenwischer gerade so lange eingeschaltet hält, um die Frontscheibe einmal nach links und nach rechts zu wischen. Wenn du die Achse des Potentiometers nach rechts und nach links drehst, verändert sich die Zeitspanne des Zeitraums zwischen zwei Wischzügen des Scheibenwischers.
Anstatt der Leuchtdiode und des Widerstands von 1 kΩ können wir in die Schaltung eine Relaiswicklung einschalten, die dann den Antrieb der Scheibenwischer einschaltet.

Zubehör: Batterie 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 52, 57, 58, 59, 60, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 99

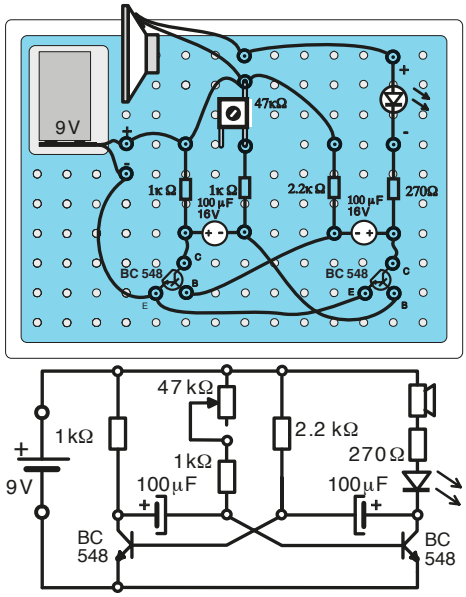


100. ELEKTRONISCHER METRONOM

Wenn du dich irgendwann ernsthaft mit der Musik befasst hast, dann weißt du, wie wichtig der Rhythmus in der Musik ist. Beim Proben verwenden die Musiker ein Metronom (einen Taktmesser), der mit seiner Ticktack den Rhythmus angibt. Die Funktionsgeschwindigkeit des Metronoms ist einstellbar, da es nicht gleichgültig ist, ob wir eine lustige Polka oder einen langsamen Walzer (oder Techno) proben.
In diesem Beispiel haben wir anstatt des Metronoms einen instabilen Multivibrator verwendet. Zum Unterschied von den klassischen Metronomen, die nur ein rhythmisches Ticken von sich geben, erzeugt dieses Metronom gleichzeitig auch ein Lichtsignal. Deshalb können wir es von weitem beobachten oder aber auch bei sehr lauter Musik, die das Ticken des Metronoms übertönt.

Zubehör: Batterie 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 56, 2x57, 58, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 100

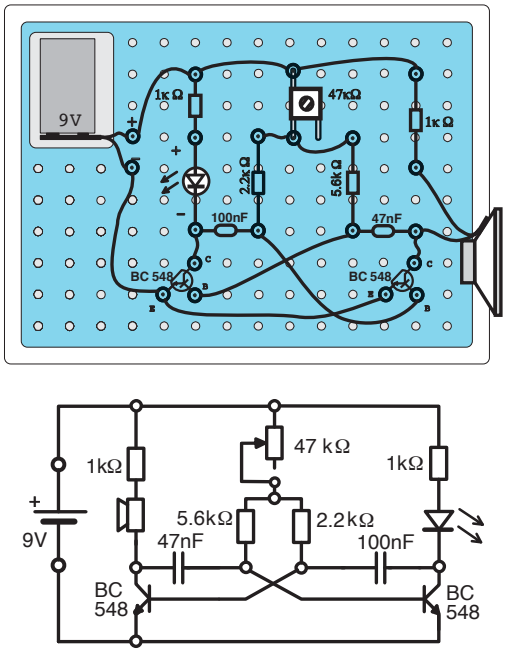


101. MULTIVIBRATOR UND LAUTSPRECHER ALS SUMMER

Mit einer entsprechenden Auswahl von Kondensatoren und Widerständen können wir einen solchen Multivibrator herstellen, der auf der Frequenz, die wir hören, schwingt. Bei einem der Transistoren zwischen dem Kollektor und dem positiven Batterieanschluss setzen wir einen in Reihe geschalteten Lautsprecher und einen Widerstand ein. Wenn du meinst, der Ton aus dem Lautsprecher sei zu leise, kannst du den Widerstand von 1 kΩ durch einen Widerstand von 270 Ω ersetzten. Drücke jetzt die Taste. Drehe die Achse des Potentiometers so, dass du aus dem Lautsprecher den Ton hörst, der dir am besten gefällt.

Zubehör: Batterie 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 101



102. SUMMER ZUM ERLERNEN DER MORSETELEGRAPHIE

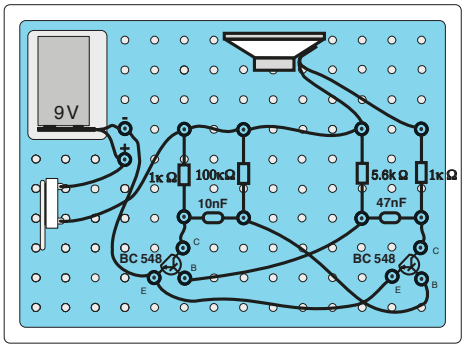
Die Morsetelegraphie war einstmals die einzige Form um Nachrichten über Entfernungen hin zu übersenden. Deswegen benannte man die Telegraphie nach dem Erfinder des Telegraphie Alphabets Samuel Morse.

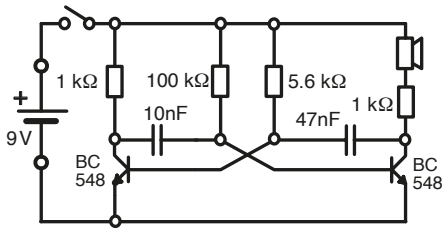
A · -	J · - - -	S · · ·	1 · - - - -
B - · · ·	K - · -	T -	2 · · - - -
C - · - ·	L · - · ·	U · · -	3 · · · - -
D - · ·	M - -	V · · · -	4 · · · · -
E ·	N - ·	W · - -	5 · · · · ·
F · · - ·	O - - -	X - · · -	6 - · · · ·
G - - ·	P · - - ·	Y - · - -	7 - - · · ·
H · · · ·	Q - - · -	Z - - · ·	8 - - - · ·
I · ·	R · - ·		9 - - - - ·
			0 - - - - -

Mit dem Fortschritt in der Technik verlor die Telegraphie sehr an ihrer Bedeutung. Unter den Amateurfunkern dagegen ist sie trotz des Fortschritts in der Technik noch immer sehr bedeutend.
Wenn dich das Amateurfunken interessiert, wird es vielleicht ganz gut sein, wenn du das Morsealphabet erlernst. Um die Telegraphie zu erlernen brauchst du einen Summer. Dafür kannst du auch einen Multivibrator verwenden. Bei dem Summer ist für das Erlernen der Telegraphie das Potentiometer für die Einstellung des Tons nicht wichtig. Die Taste mit der du den Multivibrator an die Stromspeisung einschaltest, kann dir als Morsetaste dienen.
Halte dich beim Tippen an die Regel, dass jeder Strich so lang wie drei Punkte ist, zwischen den einzelnen Teilen der Zeichen (Strichen und/oder Punkten) liegt ein Abstand von einer Punktlänge, zwischen den einzelnen Zeichen aber ist der Abstand genauso lang wie bei drei Punkten.

Zubehör: Batterie 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 4x68, 69

Fig. 102



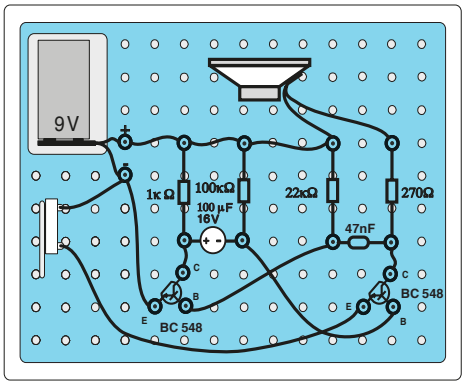


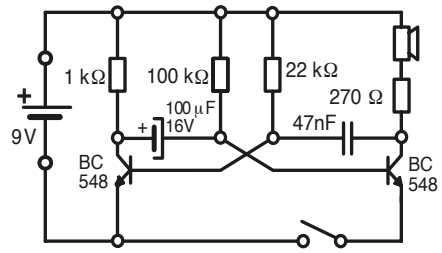
103. KLAPPERVORRICHTUNG

Bei der Klapper folgen einander in gleichen zeitlichen Abständen die Aufschläge. In unserem Beispiel werden wir für die Nachahmung einer Klapper einen instabilen Multivibrator verwenden, bei dem die Funktion eines Transistors die Nachahmung des Schlages ist, die des anderen aber der Zeitabstand zwischen den zwei Schlägen. Deshalb hat in der hier dargestellten Schaltung der rechte Kondensator ein Keramikgehäuse, der linke ist aber elektrolytisch. So ist das Verhältnis der Zeitabschnitte, in der der linke und der rechte Transistor geöffnet sind, beinahe einige hundert.
Wenn wir den instabilen Multivibrator an die Spannung anschließen, vergeht immer einige Zeit, bis sich die Kondensatoren aufgeladen haben und die Schaltung anfängt zu funktionieren. Damit der Multivibrator so funktioniert, wie wir dies gleich nach dem Druck auf die Taste möchten, ist hier in dieser Schaltung ein anderer Anschluss des Multivibrators dargestellt. Wenn du auf die Taste drückst, hörst du aus dem Lautsprecher ein sich wiederholendes Schlagen, als würdest du eine Klapper hören.

Zubehör: Batterie 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 60, 61, 64, 66, 4x68, 4x69

Fig. 103



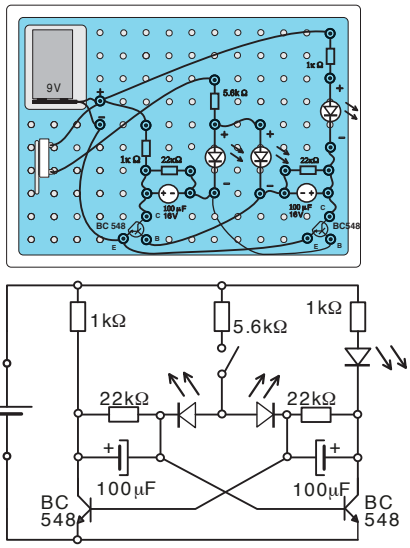


104. WECHSELEIN- UND AUSSCHALTUNG VON ANLAGEN

Stell dir vor, du benützt in einer Fabrik eine Stanzpresse. Manchmal ist es erforderlich, dass die Presse offen ist, manchmal dass sie zu ist. Im Produktionsprozess ist aber die Presse in Betrieb und geht rauf und runter. Die Steuerschaltung muss so hergestellt sein, dass sie einen stabilen Zustand in beiden Endpositionen ermöglicht, sie muss aber auch die Auswechslung der Endlager ermöglichen.
In diesem Beispiel (genauso wie im vorherigen) werden wir ein Flip-Flop-Multivibrator als Schaltung anwenden, die durch zweiteilt. In diesem Beispiel lösen wir mit dem Druck auf die Taste den Strom aus, der aus dem positiven Batterieanschluss in die Basis des Transistors fließt, der im Augenblick gesperrt ist. Deshalb verändert sich der Zustand der Schaltung.
Wenn die Taste eingeschaltet ist, erinnert die Schaltung an einen instabilen Multivibrator. Dies ist auch richtig. Wenn du die Taste gedrückt hältst, fängt die Glühbirne an zu flimmern. Wenn du die Taste jetzt loslässt, hört das Flimmern auf. Der Tastendruck, der kürzer als die Zeit ist, in welcher der Transistor im instabilen Multivibrator gesperrt ist, kippt nur den Zustand des Multivibrators um.

Zubehör: Batterie 9V, 25x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 2x57, 59, 2x60, 2x66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 104

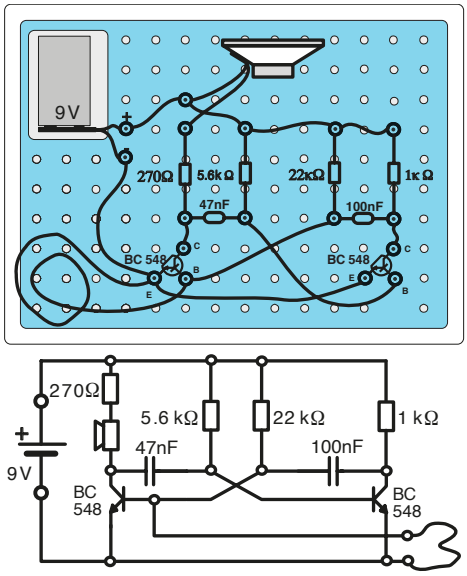


105. ELEKTRONISCHER WÄCHTER MIT TONSIGNALISIERUNG

Erinnere dich an den elektronischen Wächter, den wir schon in diesem Buch beschrieben haben. Damals hat sich beim Auslösen des Alarms nur die Leuchtdiode eingeschaltet. In diesem Beispiel hört man beim Auslösen des Alarms auch einen Ton. Die Schaltung ist eigentlich ein instabiler Multivibrator, der bei einer hörbaren Frequenz funktioniert. In die Schaltung ist eine Drahtverbindung eingebaut, welche zwischen Basis und Emitter einer der Transistoren einen Kurzschluss verursacht. Wenn diese Drahtverbindung unterbrochen ist, fängt der Multivibrator an zu arbeiten und aus dem Lautsprecher kommt ein Ton.
Die kurzgeschlossene Verbindung ist ausschließlich am linken Transistor hergestellt. Wegen der kurzgeschaltenen Verbindung ist der andere Transistor offen. Zwischen dem Kollektor und dem positiven Batterieanschluss beträgt der Widerstand 1 kΩ. An der linken Seite befindet sich aber zwischen dem Kollektor und dem positiven Batterieanschluss ein Widerstand von 270 Ω und ein Lautsprecher, der nur einen Widerstandswert von einigen Ohm hat. Deswegen würde durch den linken Transistor, wenn dieser immer offen wäre, stärkerer Strom als durch den rechten fließen. Die Batterie wäre also früher leer. Da wir nicht wissen, wann wir einen Alarm erwarten können, ist es angebrachter, mit der Batterieenergie zu sparen. Jetzt kannst du selber einen Alarm aufbauen, der dich darauf aufmerksam macht, dass die Tür geöffnet ist. Solche Alarmsysteme kannst du in Läden sehen. Wenn der Kunde die Tür aufmacht und in das Geschäft tritt, hören wir ein Tonsignal, das sofort aufhört, wenn der Kunde die Tür wieder schließt.
Befestige an der Türzarge einen dicht verschlossenen Kontakt so, dass er sich ganz nah an der Tür befindet. Bringe jetzt an der Tür noch einen Magnet an. Wenn die beiden Kontakte wegen der Nähe des Magnets eingeschaltet sind, wird der Alarm ausgeschaltet. Wenn einer die Tür öffnet, gehen die zwei Kontakte auseinander und die Schaltung ist in Betrieb und aus dem Lautsprecher kommt ein Ton.

Zubehör: Batterie 9V, 17x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 59, 60, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 105

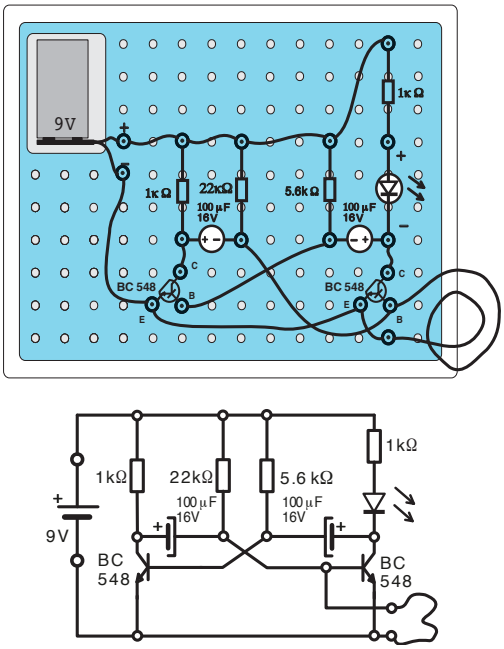


106. ELEKTRONISCHER WÄCHTER MIT LICHTSIGNAL

In diesem Beispiel wird der Alarm mit einem blinkenden Licht gemeldet. Die angewandte Schaltung ist im Prinzip ähnlich wie die vorige. Da das Blinken eine Niederfrequenz darstellt, ist dieser Multivibrator so hergestellt, dass er in einer sehr niedrigen Frequenz arbeitet. Deshalb sind in der Schaltung zwei elektrolytische Kondensatoren angewandt worden. Die Art der Alarmauslösung verläuft gleich wie in der vorigen Schaltung.

Zubehör: Batterie 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 2x66, 4x68, 5x69, 70

Fig. 106

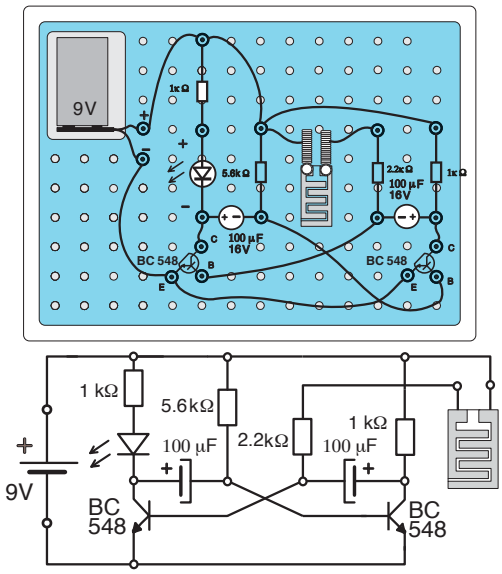


107. LICHTSIGNALISIERUNG ZUR FEUCHTIGKEITSMELDUNG

Bei diesem dargestellten Alarm ist in Reihe mit dem mittleren Widerstand ein Feuchtigkeitsfühler angeschlossen. Wenn der Fühler trocken ist, stellt er einen hohen Widerstandswert dar und durch ihn fließt kein elektrischer Strom.
Wenn er feucht ist, fällt sein Widerstandswert und durch ihn kann der Strom fließen, der stark genug ist, den Multivibrator zum Funktionieren zu bringen. Die Leuchtdiode, die sich im Kollektorstromkreis des linken Transistors befindet, beginnt zu Blinken.
Der Alarm wird natürlich nicht ausgelöst, wenn wir es mit Flüssigkeiten zu tun haben, die den elektrischen Strom nicht leiten.

Zubehör: Batterie 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 49, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 107

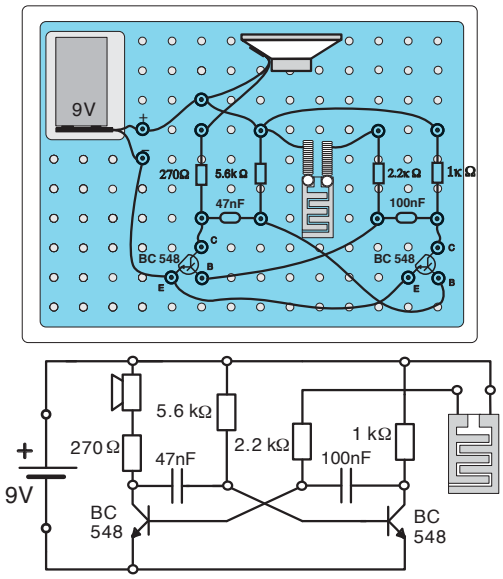


108. TONALARM ZUR FEUCHTIGKEITSMELDUNG

Tausche die Leuchtdiode und den 1 kΩ Widerstand aus der vorigen Schaltung gegen den Lautsprecher, und den Kondensator mit einer Kapazität von 100 µF gegen die Kondensatoren von 47 nF und 100 nF aus. So bekommst du einen Alarm, der sich, wenn der Feuchtigkeitsfühler feucht wird, mit einem Tonsignal melden wird.

Zubehör: Batterie 9V, 17x7, 38, 2x42, 45, 49, 56, 57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 108

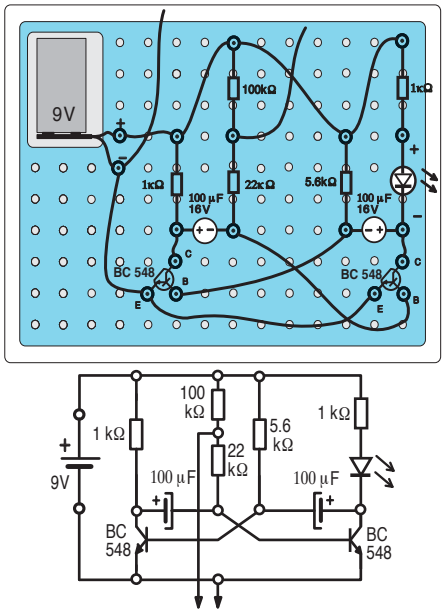


109. BLUMENWÄCHTER

Blumenliebhaber wissen es genau, wie wichtig es ist, den Blumen zu richtiger Zeit Wasser zu geben. Zuviel gießen schadet den Blumen aber auch, denn zu viel Feuchtigkeit schadet gewöhnlich den Wurzeln der Blumen. Die Schaltung, dargestellt auf der unteren Zeichnung, meldet uns mit blinkender Diode, dass die Erde im Blumentopf trocken ist und dass sie begossen werden muss.
Die Schaltung ist genaugenommen ein instabiler Multivibrator, bei dem wir mit einem zusätzlichen Widerstand verhindern, dass er funktioniert. Dieser Widerstand befindet sich zwischen zwei kleinen Drähten, die in die Topferde eingesteckt wurden. Wenn die Erde trocken wird, wird der Widerstand zwischen den zwei Drähten groß, deshalb wird er die Arbeit des Multivibrators nicht stören. Der Multivibrator fängt an zu funktionieren. Am Anfang ist das Blinken der Leuchtdiode langsam. Wenn sich die Erde trocknet, erhöht sich dann das Blinken bis zum maximalen Wert.

Zubehör: Batterie 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 109

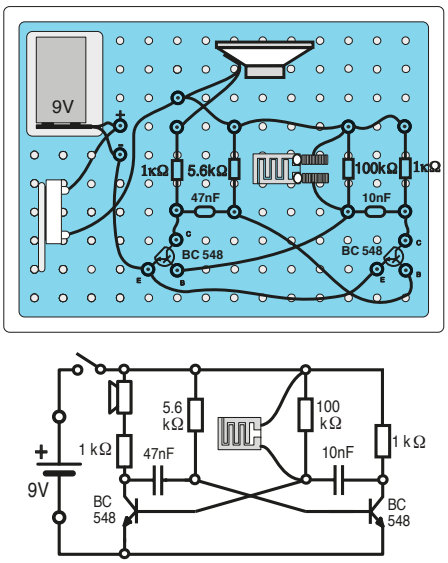


110. AKUSTISCHES SPIELZEUG

Kleine Kinder freuen sich sehr über Spielzeug, das einen Ton von sich gibt. Deshalb sind Rasseln, Spielzeug mit Pfeifen, Trommeln usw. bei den Kleinen sehr beliebt. Wahrscheinlich würde ihnen auch das hier beschriebene Spielzeug gefallen.
Dies ist eigentlich ein instabiler Multivibrator, der auf einer hörbaren Frequenz funktioniert. Parallel zu einem der Widerstände, der die Funktionsart des instabilen Multivibrators bestimmt, ist der Feuchtigkeitsfühler angeschlossen.
Wenn du diesen Fühler mit einem Finger oder der Hand drückst, verändert sich sein Widerstandswert. Nach dem Druck auf den Feuchtigkeitsfühler fällt sein Widerstandswert. Die Parallelschaltung des Widerstands von 100 kΩ und des Feuchtigkeitsfühlers hat deshalb einen niedrigeren Widerstandswert. Die Frequenz des Multivibrators erhöhte sick.
Mit dem Drücken und Halten des Feuchtigkeitsfühlers kannst du aus diesem "Spielzeug" sehr interessante Töne herauslocken.

Zubehör: Batterie 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 45, 49, 2x57, 59, 61, 63, 64, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 110

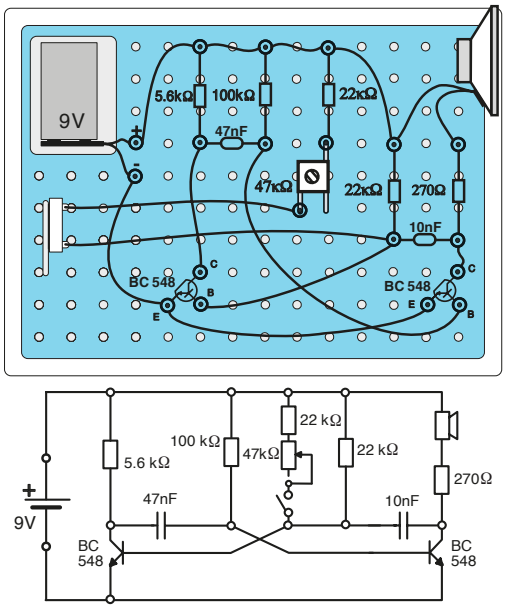


111. ZWEITON-ALARMSIRENE

Wahrscheinlich hast du schon die Möglichkeit gehabt eine Zweiton-Alarmsirene zu hören. In unserem Beispiel ist dies ein instabiler Multivibrator, bei dem wir die Frequenz verändern können. Zu diesem Zweck können wir einem der Widerstände, die die Frequenztätigkeit bestimmen, mit dem Druck auf die Taste parallel noch einen Widerstand dazugeben. Deshalb ist auf dieser Stelle der Widerstandswert niedriger und die Frequenz des Multivibrators erhöht sich.
Der Widerstand, welchen wir mit der Taste in die Schaltung dazugeben, ist aus der in Reihe Schaltung des 22 kΩ Widerstands und einem Potentiometer zusammengesetzt. Bei gedrückter Taste kannst du mit dem Drehen der Potentiometer Achse den Ton so hoch einstellen, dass dir das Verhältnis zwischen dem höheren und dem niedrigen Ton entspricht.
Wir verwenden den 22 kΩ Widerstand um nicht den Widerstandswert des Abgleichwiderstands auf Null zu verringern. Sonst würde in die Basis des linken Transistors ein sehr starker Strom fließen, der den Transistor für immer beschädigen könnte.

Zubehör: Batterie 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 45, 52, 56, 59, 2x60, 61, 63, 64, 4x68, 6x6

Fig. 111

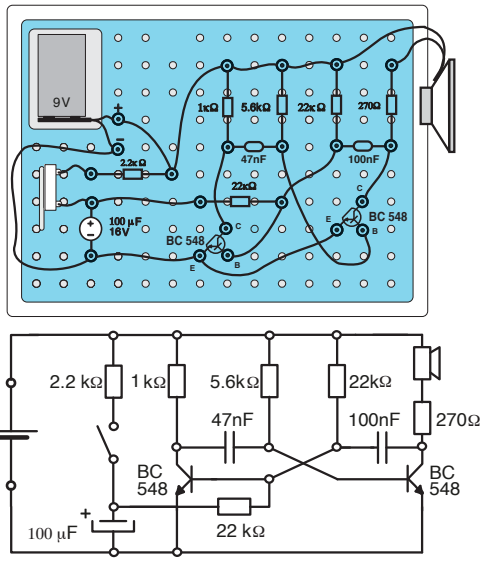


112. ALARMSIRENE

Wie du weißt, sind auf dem Feuerwehrwagen Sirenen mit einem heulenden Ton angebracht. Hierbei wird die Sirene von einem Elektromotor angetrieben. Auf der unteren Zeichnung ist eine elektronische Variante der Sirene mit einem ähnlichen Ton dargestellt.
Die Schaltung ist genaugenommen ein instabiler Multivibrator, der auf den hörbaren Frequenzen funktioniert. In die Basis des linken Transistors ist durch den 22 kΩ Widerstand zusätzlicher Strom aus dem Spannungsverteiler zugeführt worden, der aus einem 2,2 kΩ Widerstand und einem elektrolytischen Kondensator gebildet wurde.
Wenn du die Schaltung an die Batteriespannung anschließt, beginnt der Multivibrator zu funktionieren und aus dem Lautsprecher kommt ein Ton. Der elektrolytische Kondensator ist leer und beeinflusst die Schaltung nicht.
Jetzt drücke auf die Taste. Durch den Widerstand von 2,2 kΩ lädt sich der elektrolytische Kondensator auf. Deshalb befindet sich an seinen Klemmen auch Spannung. Durch den Widerstand von 2,2 kΩ und den Widerstand von 22 kΩ fließt etwas Strom in die Basis. Der Transistor ist ein wenig mehr geöffnet. Die Funktionsgeschwindigkeit des instabilen Multivibrators verändert sich und der Ton ist höher.
Jetzt lasse die Taste los. Der Kondensator, der aufgeladen war, beginnt sich durch den Widerstand von 22 kΩ so zu leeren, dass der Strom in die Basis des linken Transistors fließt. Am Anfang leert sich der Kondensator sehr schnell, dann aber immer langsamer.
Wenn sich der Kondensator auf diese Art leert, verringert sich die Frequenz der Multivibrator Funktion. Dies hörst du als einen heulenden Ton.
Der Druck auf die Taste löst die Entstehung des Heultons aus. Bei der Alarmsirene im Fahrzeug kann sich genauso eine Taste befinden, mit einer ähnlichen Funktion.

Zubehör: Batterie 9V, 22x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 58, 59, 2x60, 64, 65, 66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 112

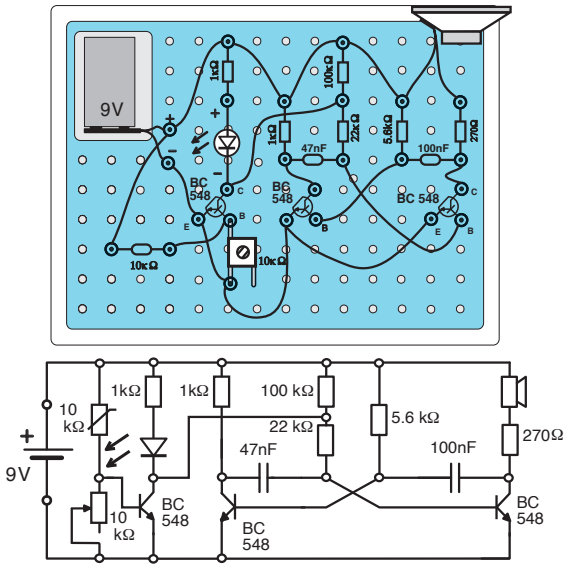


113. TONSIGNALISIERUNG DES TEMPERATURFALLS

Steil dir vor, wie wichtig es zum Beispiel in einer Hühnerfarm ist, dass die Temperatur im Gebäudeinnern nicht fällt. Wenn dies passieren würde, würden die Küken verenden und es würde ein großer Schaden entstehen. Deshalb würde es gut sein, wenn wir in einem Kontrollraum die Temperatur ablesen könnten.
Die Lichtindikation könnte ein normales Funktionieren melden. Jedoch reicht die Lichtindikation des Temperaturfalls nicht aus, es kann vorkommen, dass keiner die blinkende Leuchte bemerkt. Deshalb wäre es gut, wenn ein Ton Alarm angebracht wäre. Mit der schon beschriebenen temperaturempfindlichen Schaltung können wir eine beliebige andere Schaltung oder Anlage einschalten. In dem hier dargestellten Beispiel wird die temperaturempfindliche Schaltung von einer Tonquelle eingeschaltet, die eigentlich ein Multivibrator ist, in dem auch ein Lautsprecher angeschlossen ist.
Wenn die Temperatur hoch ist, hat der Thermistor einen niedrigen Widerstand. Deshalb ist in der Abzweigung des Verteilers, der aus dem Thermistor und dem Potentiometer gebildet ist, die Spannung so hoch, dass in die Basis des Transistors ein genügend starker Strom hineinfließt, damit sich der Transistor öffnet. Der Transistor stellt jetzt einen niedrigen Widerstandswert dar, der in der Schaltung so angeschlossen ist, dass er deren Funktionieren verhindert. Dies ist so hergestellt, dass er an einer günstigen Stelle im Multivibrator mit dem negativen Batterieanschluss einen Kurzschluss auslöst. Die Leuchtdiode leuchtet und meldet so, dass die Temperatur hoch ist.
Wenn die Temperatur fällt, wächst an dem Thermistor der Widerstandswert und deshalb beginnt an der Abzweigung des Spannungsverteilers die Spannung zu fallen. In die Basis des ersten Transistors fließt ein schwächerer Strom. Der Transistor sperrt sich langsam und seine Widerstandsfähigkeit erhöht sich. Deswegen ist der Einfluss auf den Multivibrator immer kleiner und dieser beginnt zu funktionieren. Zuerst ist die Frequenztätigkeit niedrig, mit zusätzlichem Temperaturfall aber erhöht sie sich. Je niedriger die Temperatur, desto höher ist der Ton.
Zwischen dem Kollektor des ersten Transistors und dem 1 kΩ Widerstand befindet sich eine Leuchtdiode. Für das Funktionieren der Schaltung ist sie nicht erforderlich. Jedoch kann sie als Lichtindikation der Temperatur dienen. Wenn die Temperatur beginnt zu sinken, wird die Leuchtdiode schwächer.
Wir erwähnten schon, dass der Spannungsverteiler vom Thermistor und Potentiometer darstellt wird, eingeschaltet als Abgleichwiderstand. Von der Gleiter Position des Potentiometers ist es abhängig, bei welcher Temperatur die Schaltung den Ton Alarm einschaltet.
Um dich davon zu überzeugen, wie die Schaltung funktioniert, stelle die Achse des Potentiometers in die Lage, dass die Leuchtdiode leuchtet, dann drehe die Achse so herum, dass die Leuchtdiode gerade erlischt. Erwärme mit dem Finger den Thermistor. Die Leuchtdiode leuchtet. Jetzt puste so in den Thermistor, dass sich dieser abkühlt. Die Leuchtdiode erlischt langsam und aus dem Lautsprecher kommt ein Ton.

Zubehör: Batterie 9V, 25x7, 38, 2x42, 43, 45, 47, 51, 56, 2x57, 59, 60, 61, 64, 65, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 113

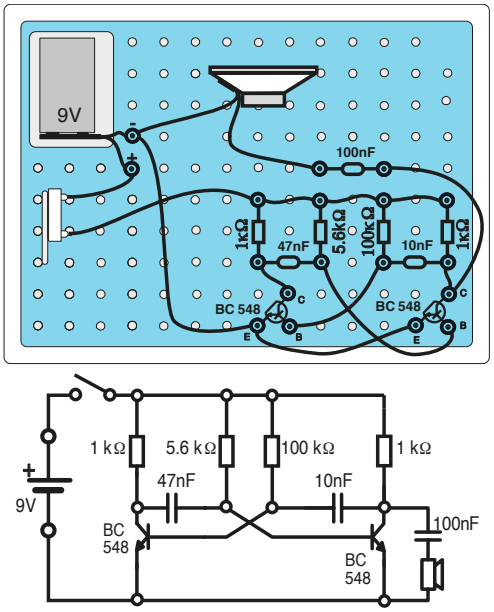


114. WAS IST ZU TUN, WENN DURCH DEN LAUTSPRECHER KEIN GLEICHSTROM FLIESSEN DARF?

Bei der vorher beschrieben Schaltung fließt durch den Lautsprecher ein pulsierender Gleichstrom. Was ist zu tun, wenn wir möchten, dass durch den Lautsprecher nur Wechselstrom fließt? Dazu verwenden wir einen Kondensator.
Auf der unten aufgezeichneten Schaltung ist dargestellt, wie wir den Lautsprecher anschließen können. An dem Kollektor des rechten Transistors ist eine ausgeprägte pulsierende Spannung. Zwischen dem Emitter und dem Kollektor verändert sich die Spannung zwischen 0 V, wenn der Transistor offen ist, und 9 V, wenn der Transistor gesperrt ist. Mit dem Kondensator erreichen wir, dass durch den Lautsprecher nur Wechselstrom fließt, denn der Kondensator lässt Wechselstrom durch, Gleichstrom aber nicht.

Zubehör: Batterie 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 114

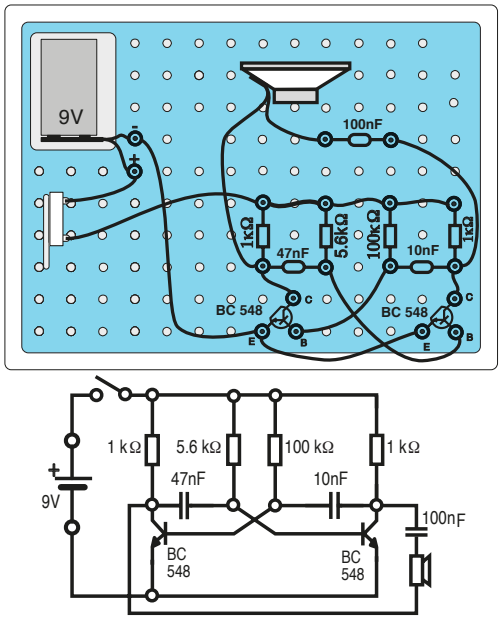


115. LAUTSPRECHER ZWISCHEN ZWEI KOLLEKTOREN

Schon mehrmals haben wir erwähnt, dass sich die Spannung im Multivibrator zwischen dem Emitter und dem Kollektor zwischen 0 V und 9 V ändert. Dies geschieht an beiden Transistoren. In was für einem Verhältnis aber stehen die beiden Spannungen an den Kollektoren der zwei Transistoren?
Wenn der eine Transistor geöffnet ist, so ist der zweite gesperrt. Deshalb beträgt an einem Kollektor die Spannung gegen den negativen Batterieanschluss 0 V, an dem zweiten aber 9 V. Nehmen wir an, dass der linke Transistor offen ist, der rechte aber gesperrt. Dann ist zwischen den beiden Kollektoren die Spannung U = 9 V.
Wenn die Transistoren ihre Rolle tauschen, verändern sich die Spannungen an den beiden Kollektoren. Jetzt ist die Spannung zwischen den Kollektoren des linken Transistors und dem negativen Batterieanschluss 9 V, an dem rechten ist dagegen die Spannung 0 V. Die Spannung zwischen den beiden Kollektoren ist genauso 9 V, jedoch in umgekehrter Richtung! U = -9 V!
Wenn wir die Spannung an einem Kollektor beobachten, so verändert sich dort diese um 9 V. Wenn wir die Spannung an beiden Kollektoren gleichzeitig beobachten, verändert sich die Spannung zwischen +9 V und -9 V. Die Veränderung der Spannung ist zweimal größer!
In bestimmten Fällen hat das Anschließen der Last zwischen den Kollektoren der Transistoren einen bestimmten Vorrang. Dabei ist wichtig, dass diese Belastung nicht so ist, dass die Schaltung aufhört zu funktionieren.
Der Widerstandswert des Lautsprechers ist sehr niedrig und es würde deshalb durch ihn Gleichstrom fließen. Zwischen den Kollektoren der beiden Transistoren würde ein niedriger Widerstandswert sein und die Schaltung könnte aufhören zu funktionieren. Deshalb ist in Reihe mit dem Lautsprecher in der Schaltung schon ein Kondensator.

Zubehör: Batterie 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 115

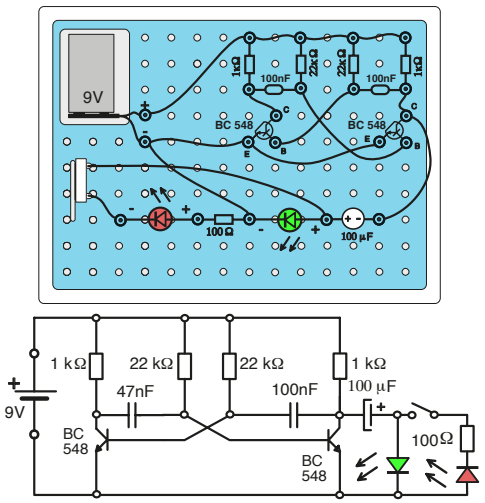


116. SCHALTUNG ZUR GEWINNUNG NEGATIVER SPANNUNG

Manchmal ist es erforderlich, dass wir in einer Schaltung aus bestimmten Gründen auch eine negative Spannung haben. Das Einfachste ist, wenn wir neben der Batterie, welche die Schaltung für ihr funktionieren benötigt, noch eine zusätzliche Batterie als Queue der negativen Energie verwenden,
Auf jeden Fall aber macht das eine solche Schaltung teurer, weil wir jetzt anstatt einer Batterie zwei brauchen.
Wenn der Verbrauch aus der Batterie, die eine negative Spannung gibt, niedrig ist, dann können wir eine Schaltung herstellen, die an ihrem Ausgang, eine negative Spannung geben wird. Dies verteuert zwar die gesamte Schaltung ein wenig, jedoch wird sich das wegen der gesparten Batterien für die negative Spannung schnell auszahlen.
Zur Gewinnung negativer Spannung benötigen wir eine Wechselspannung. In unserer Schaltung wurde zur Gewinnung der Wechselspannung ein instabiler Multivibrator verwendet. Für den Wechselstrom gilt, dass er durch den Leiter einmal in die eine und dann in die andere Richtung fließt. Die Spannung zwischen dem Kollektor zum Beispiel des rechten Kollektors im Multivibrator und dem negativen Batterieanschluss verändert sich: wenn der Transistor offen ist, ist er gleich Null, wenn er gesperrt ist, erreicht die Spannung die Batterie. Dies ist keine Wechselspannung, sie ist jedoch sehr pulsierend.
Wir zeigten schon, dass durch den Kondensator Wechselstrom fließen kann, Gleichstrom aber nicht. Deshalb können wir mit dem Kondensator aus der pulsierenden Spannung die Gleichspannung aussondern. Genau dies ist in unserer Schaltung angewandt worden. An den Kollektor des rechten Transistors wurde ein Kondensator angeschlossen, durch welchen aus dem Multivibrator Wechselstrom fließt. Dieser Strom fließt durch zwei gegeneinander gekehrte Leuchtdioden. Wenn du jetzt die Schaltung an die Batteriespannung angeschlossen hast, leuchten beide Leuchtdioden. Dies beweist uns, dass durch den Kondensator Gleichstrom fließt. Wenn der Strom aus dem Kondensator gegen den negativen Batterieanschluss fließt, fließt er durch, die grüne Leuchtdiode. Wenn er in die umgekehrte Richtung fließt, fließt er durch die rote Diode und den 100 Ω Widerstand. Dieser Widerstand und die rote Leuchtdiode stellen eine Verbindung dar, die für ihre Funktion negative Spannung benötigen.
Anstatt der grünen Leuchtdiode kann sich in der Schaltung eine einfache Diode 1N4004 befinden.
Noch einmal: die Schaltung, die für das Funktionieren eine negative Spannung benötigt, darf nicht zu viel Strom verbrauchen.
Wenn du vielleicht nicht so ganz sicher bist, ob der Multivibrator funktioniert, kannst du zwischen irgendeinem Widerstand von 1 kΩ und dem positiven Batterieanschluss einen Lautsprecher anschließen.

Zubehör: Batterie 9V, 21x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 66, 4x68, 6x69

Fig. 116

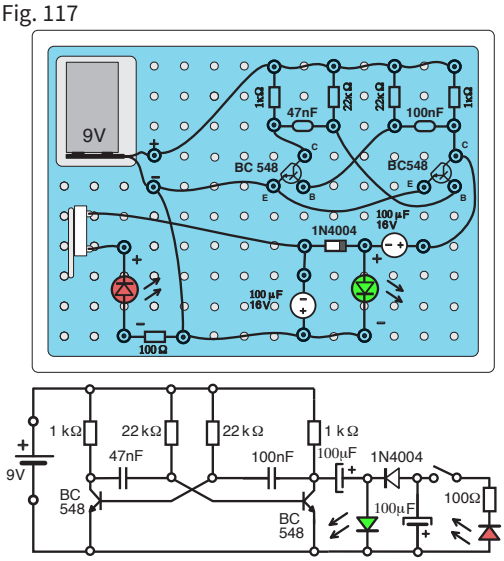


117. VERBESSERTE SCHALTUNG ZUR GEWINNUNG NEGATIVER ELEKTRISCHER SPANNUNG

Die Richtspannung, die wir durch die Diode bekommen, kann nicht größer als der größte Wert der Wechselspannung sein.
Anstatt der roten Leuchtdiode kannst du eine Verbindung anschließen, die für ihre Funktion negative Spannung benötigt.
Wenn die durch die vorher beschriebe Schaltung gewonnene negative Spannung zu niedrig ist, kannst du zur Gewinnung der negativen Gleichspannung eine Schaltung anwenden, welche die gerichtete Spannung verdoppelt. Eine solche Spannung stellen wir aus zwei Dioden und zwei Kondensatoren her. In der Schaltung wurde die grüne Leuchtdiode anstelle der einfachen Diode verwendet.

Zubehör: Batterie 9V, 24x7, 38, 40, 3x42, 43, 46, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 117

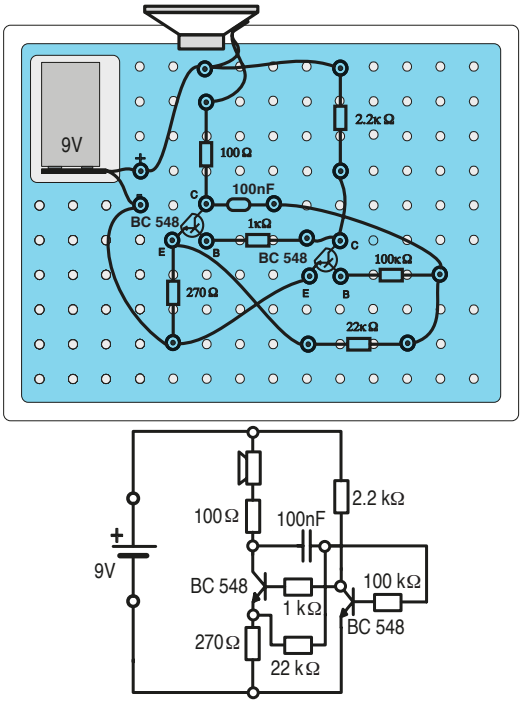


118. NOCH EIN TONGENERATOR

Mit zwei Transistoren können wir einen Tongenerator herstellen, welch¬er kein instabiler Multivibrator ist, sondern ein wenig anders funktioniert. Für seine Funktion verwendet er eine Rückkopplung.
Die Rückkopplung ist jene Verbindung in der Schaltung, durch die etwas von dem Signal aus dem Ausgang in den Eingang zurückkehrt. Auf diese Art verhält sich die gesamte Schaltung anders als in dem Fall, wo es diese Rückkopplung nicht gibt.
In unserem Fall haben wir es mit einem Transistor zu tun, der einen niederfrequenten Verstärker darstellt.
Durch den Kondensator 100 nF und den Widerstand von 100 kΩ kehrt aus dem Ausgang des Verstärkers (Kollektor des linken Transistors) etwas von dem Signal in den Eingang des Verstärkers (Basis des rechten Transistors) zurück.
Nehmen wir mal an, dass dann, wenn am Eingang der Schaltung die Spannung wächst, diese am Eingang aber fällt. Wenn wir mit der zusätzlichen Schaltung dafür sorgen, dass die Veränderung am Ausgang in den Eingang zurückkehrt, könnten wir sagen, dass die "Schaltung nicht weiß, was sie tut" und sich nicht entschließen kann, was für Spannungen am Ausgang und am Eingang sein sollten. Deshalb beginnt die Spannung zu schwingen. Wir sagen dazu, dass wegen der Rückkopplung die Schaltung begonnen hat zu oszillieren.

Zubehör: Batterie 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 58, 60, 2x61, 65, 4x68, 3x69

Fig. 118

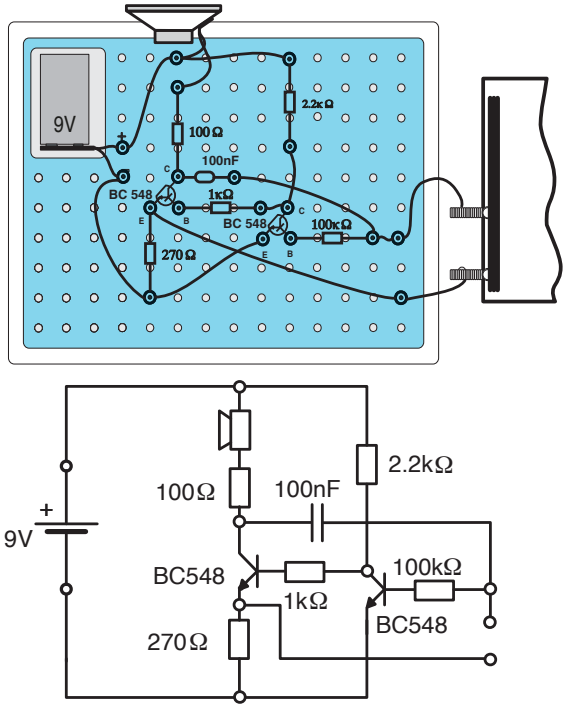


119. MUSIKINSTRUMENT

Wenn du die Welt des Widerstands von 22 kΩ veränderst, ändert sich auch die Frequenztätigkeit des Oszillators und aus dem Lautsprecher kommt ein Ton mit veränderlichen Höhen heraus.
Dies kannst du schon sehen, wenn du anstatt des Widerstands von 22 kΩ in die Schaltung ein Potentiometer von 47 kΩ, angeschlossen als Abgleichwiderstand, einbaust.
Du hast schon selber einen Abgleichwiderstand dadurch hergestellt, indem du mit einem weichen Bleistift eine Graphitspur auf Papier gezeichnet hast. Einen solchen Widerstand kannst du in diesem Oszillator für die Veränderung der Frequenz seines Funktionierens anwenden.
Auf einem Ende der Graphitspur soll eine Federklemme sein, die über den Draht in die Schaltung angeschlossen ist. Das andere Ende des Drahtes schließe an die entsprechende Stelle in der Schaltung. Stelle die Federklemme am anderen Ende dieses Drahts auf. Jetzt reibe mit dieser Federklemme auf der Widerstandsschicht. Wenn du mit ihr die Widerstandsschicht berührst, beginnt der Oszillator zu funktionieren. Wenn du mit der Klemme auf der Widerstandsschicht reibst, verändert sich die Höhe des Tons. So kannst du ein unproblematisches Musikinstrument herstellen.

Zubehör: Batterie 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 55, 56, 57, 58, 61, 65, 4x68, 5x69

Fig. 119

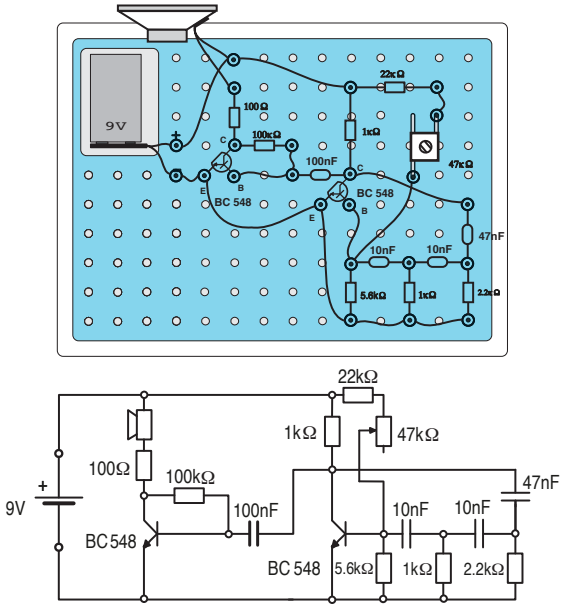


120. OSZILLATOR, HERGESTELLT MIT EINER KETTE VON WIDERSTÄNDEN UND KONDENSATOREN

Um aus einem Verstärker einen Oszillator zu machen, benötigen wir eine Rückkopplung, die das Signal aus dem Ausgang des Verstärkers zurück in den Eingang bringt. Die Eigenschaften der Rückkopplung bestimmen, ob die Schaltung wie ein Oszillator funktioniert und bei welcher Frequenz.
In der hier dargestellten Zeichnung haben wir noch ein Beispiel eines Oszillators, der aus einer Rückkopplung hergestellt ist. Drehe die Achse des Potentiometers jetzt so, dass du aus dem Lautsprecher einen Ton hörst. Die Schaltung für die Rückkopplung ist aus einer Kette von drei Kondensatoren und drei Widerständen zusammengesetzt. Da das Signal zu schwach ist um es zu hören, wurde der Oszillatorschaltung noch ein niederfrequenter Verstärker mit einem Transistor hinzugefügt.
Aus dem Lautsprecher hörst du einen sehr angenehmen Ton, viel angenehmer als der, welchen wir bei den Oszillatoren hörten, die aus einem instabilen Multivibrator hergestellt worden sind. Der hier beschriebene Oszillator gibt einen sehr klaren Ton von sich.

Zubehör: Batterie 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 52, 55, 2x57, 58, 59, 60, 61, 2x63, 64, 65, 4x68, 5x69

Fig. 120



ELEKTROSTATIK

121. ELEKTRIZITÄT AUS PAPIER

Man nimmt ein Blatt aus einem Heft und trocknet es gut auf der Heizung oder am Ofen. Dann legt man es auf das Heft und streicht mit der Hand fest darüber (Bild 1). Anschließend das Blatt mit der linken Hand vom Heft hochheben und den Zeigefinger der rechten Hand von unten an das Blatt heranführen. Dann spürt man plötzlich wie ein elektrischer Funke auf den Fingerknöchel überspringt.

Zubehör: Blatt aus dem Heft

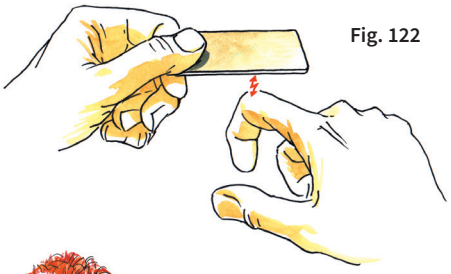
Fig. 121

122. EIN ELEKTRISCHER FUNKE - BLITZ UND DONNER

Die Polyvinylplatte aus dem Kasten an die Tischkante legen und mit der trockenen Hand oder einer Zeitung kräftig reiben. Dann hochheben und einen Finger von unten heranführen (Bild 2). Ein elektrischer Funke springt von der Platte auf den Finger über. Man kann ihn hören, spüren und im Dunklen sogar sehen. Dieser Funke, der vom Papier oder Kunststoff überspringt ist im Prinzip das gleiche wie Blitz und Donner. Der einzige Unterschied liegt darin, dass bei den Versuchen nur winzig kleine und beim Blitz enorm große elektrische Ströme freigesetzt werden.

Zubehör: 26

Fig. 122



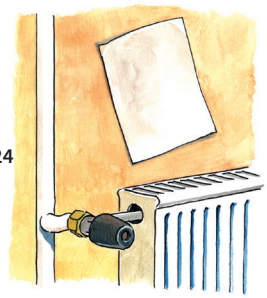
123. ELEKTRIZITÄT AUS WOLLE

Läuft man mit Gummisohlen längere Zeit auf Woll- oder Seidenteppichen, lädt sich der Körper elektrisch auf. Wenn man dann einen Wasserhahn oder etwas anderes Gekrümmtes aus Metall berührt, das mit der Erde verbunden ist, springt ein elektrischer Funke vom Körper auf diesen Gegenstand über. Beim Kämmen mit einem Kunststoffkamm laden sich auch der Kamm und das Haar elektrisch auf. Das gleiche geschieht, wenn man eine Katze streichelt oder Unterwäsche aus Kunstfasern auszieht. Dies ist nur lästig und unangenehm, aber es kann richtig gefährlich werden, wenn an der Tankstelle durch die Reibung des Benzins an den Leitungen Funken entstehen oder auch in Flugzeugen, die sich durch die Reibung am Luftstrom elektrisch aufladen. Diese elektrischen Funken verursachen auch in Papier- und Gummifabriken oder in Fabriken, in denen Kraft über Gummi- oder Lederriemen übertragen wird, viel Ärger. Sogar der Absturz des Luftschiffs Hindenburg wurde durch einen kleinen elektrischen Funken verursacht.

Zubehör: Ein Kamm

Fig. 123

Fig. 124

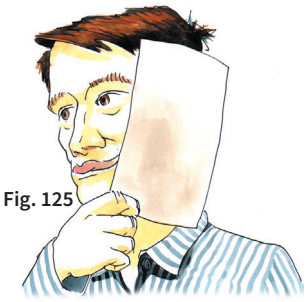


124. ELEKTROSTATISCHES “KLEBEN”

Wenn im Winter die Heizung läuft, ein großes Blatt Papier oder Zeitung an der Heizung erwärmen, dann an die Wand halten und mit der Hand kräftig darüberstreichen. Das Blatt bleibt eine Zeitlang an der Wand kleben, denn durch das Darüberstreichen wurde das Papier elektrostatisch aufgeladen.

Zubehör: Zeitungspapier

Fig. 125



125. ELEKTRISCHES SPINNENNETZ

Ein an der Heizung erwärmtes Blatt Papier auf ein Heft legen und wie bei Versuch 1 mit der Hand kräftig glattstreichen. Das Blatt dann hochheben und nah an die Wange halten (Bild 5). Es fühlt sich an, als würde ein Spinnennetz die Haut berühren. Durch das Glattstreichen wurde das Papier elektrisch geladen und lässt dann die Härchen auf der Haut “zu Berge stehen”, das fühlt sich dann an wie ein Spinnennetz.

Zubehör: Ein Blatt Papier

126. ELEKTROSTATISCH GELADENE KÖRPER ZIEHEN SICH AN

Zwei sechskantige Holzbleistifte kreuzförmig übereinanderlegen und die Polyvinylplatte (vorher wieder kräftig mit der trockenen Hand oder einer Zeitung reiben) einem Bleistiftende nähern. Anstatt des oberen Bleistifts kann man auch ein Lineal oder etwas ähnliches benutzen. In jedem Fall wird dieser Gegenstand von der elektrostatisch geladenen Kunststoffplatte angezogen. Die alten Griechen entdeckten schon 600 v. Chr., dass Bernstein (gr. “Elektron”) Gegenstände anzieht, wenn diese vorher mit der Hand oder anderen Dingen gerieben worden waren. Daher kommt das Wort “Elektrizität”. Heute benutzen wir anstatt des teuren Bernsteins Kunststoff. Auch getrocknetes und geriebenes Papier kann sich elektrostatisch aufladen. Spätere Versuche zeigen, dass sich beim Reiben sowohl die reibenden als auch die geriebenen Körper elektrostatisch aufladen.

Zubehör: 26, zwei Bleistifte

Fig. 126

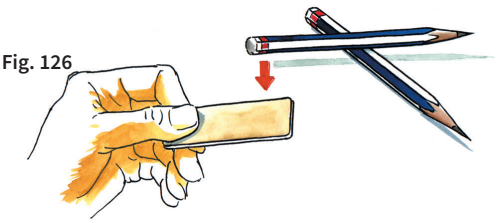
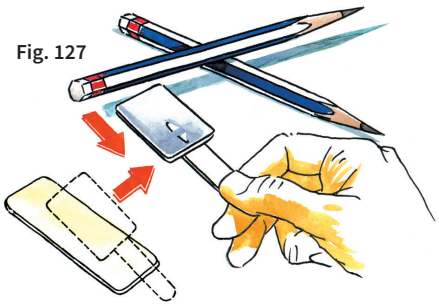


Fig. 127



127. AUCH METALLE KANN MAN ELEKTROSTATISCH AUFLADEN

Wie beim vorherigen Versuch zwei sechskantige Holzbleistifte kreuzförmig übereinanderlegen. Das Metallplättchen mit dem Plastikgriff am Griff festhalten, gegen die Polyvinylplatte reiben und dann dem oberen Bleistift annähern. Das elektrostatisch geladene Metallplättchen zieht den Bleistift an. Das heißt, sogar Metalle können durch Reiben elektrostatisch geladen werden. Später werden wir herausfinden, warum die Metallplatte einen Plastikgriff hat.

Zubehör: 26, 27, zwei Bleistifte

128. ELEKTROSTATISCH GELADENE KÖRPER STÖßEN NICHT GELADENE KÖRPER AB

Zwei Holzbleistifte auf den Kunststoffsockel legen (Bild 8), dann das elektrostatisch geladene Metallplättchen an den oberen Bleistift heranführen. Das Plättchen zieht den Bleistift an. Wenn es jedoch erneut elektrostatisch geladen wird, stößt es den Bleistift ab. Die bisherigen Versuche haben alle gezeigt, wie elektrostatisch geladene Körper andere Körper anziehen, hier sieht man, dass sie sich in einigen Fällen auch abstoßen können.

Zubehör: 8, 26, 27, zwei Bleistifte

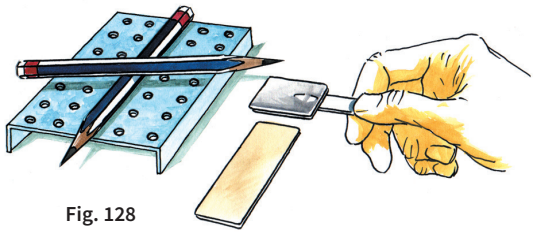


Fig. 128

129. DAS VERHALTEN ELEKTROSTATISCH GELADENER KÖRPER IN DER NÄHE EINES WASSERSTRAHLS

Führt man die elektrostatisch geladene Polyvinylplatte an einen schwachen Wasserstrahl heran (Bild 9), zieht sie den Strahl an und streut in.

Zubehör: 26, ein Glas Wasser

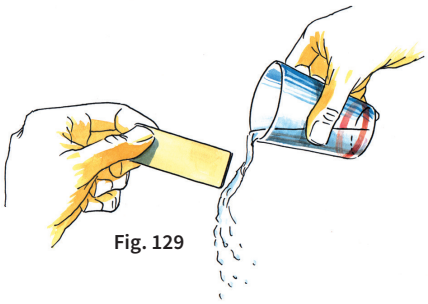


Fig. 129

130. WANN ZIEHEN SICH ELEKTROSTATISCH GELADENE KÖRPER AN, WANN STÖßEN SIE SICH AB?

Dieser interessante Versuch läuft so ab:

1. Das Metallplättchen an der Polyvinylplatte reiben und laden.
2. Die Plastikplatte auf die Aluminiumglocke legen, so dass sie sich leicht drehen kann.
3. Das elektrostatisch geladene Metallplättchen an die Platte führen. Ergebnis: sie ziehen sich an.
4. Nun den Plastikgriff am Metallplättchen zwischen den trockenen Fingern oder an Papier reiben und an die Platte heranführen. Ergebnis: sie stoßen sich ab.

Somit zeigt dieser Versuch, dass elektrostatische Ladungen unterschiedliche Polarität haben können, durch die sie sich entweder anziehen oder abstoßen.

Zubehör: 13, 26, 27

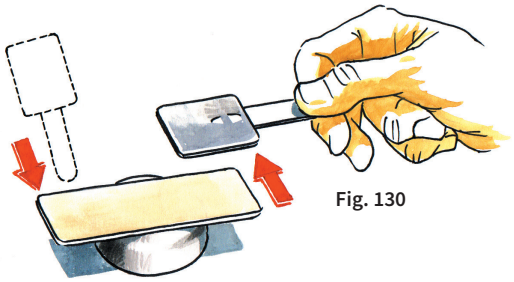


Fig. 130

131. EIN EINFACHES ELEKTROSKOP

Mit den Teilen des Baukastens lässt sich ein einfaches Elektroskop bauen. Bild 11 zeigt, wie die Teile zusammengesetzt werden. Auf dem Kunststoffsockel eine Metallstange aufstellen, an der ein Papierzeiger aus einem 140 x 12 mm großen Stück Papier befestigt ist. Als Achse dient eine Stecknadel, die etwas oberhalb des Schwerpunktes durch den Zeiger gestochen wird. Das Elektroskop ist funktionsbereit, wenn der Zeiger senkrecht hängt und bei geringer Auslenkung sanft zurückpendelt.

Zubehör: 3 x 5, 3 x 6, 8, 20, 2 x 28, 29, eine Stecknadel, ein Zeiger

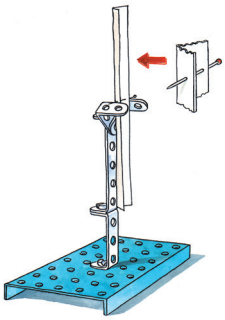


Fig. 131

132. ELEKTROSTATISCH GELADENER KUNSTSTOFF ZIEHT DEN ELEKTROSKOPZEIGER AN

Die Polyvinylplatte wird wieder mit der trockenen Hand oder an Papier gerieben und dann in die Nähe des Elektroskop Zeigers gebracht (Bild 12). Die Platte zieht den Zeiger an. Den gleichen Versuch kann man mit einem Kamm, einem Stück Glas oder Siegellack durchführen, die man vorher an der Kleidung reibt. Diese Dinge und noch viele andere ziehen den Elektroskop Zeiger an, wenn man sie vorher gerieben hat. Durch Reiben werden Körper elektrostatisch aufgeladen.

Zubehör: (11), 26

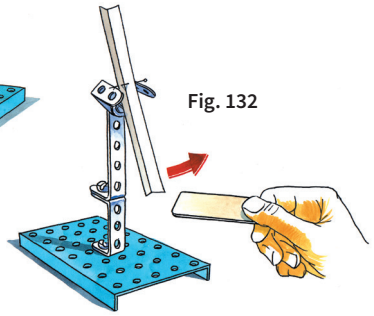


Fig. 132

133. DAS ELEKTROSTATISCH GELADENE METALLPLÄTTCHEN ZIEHEN DEN ELEKTROSKOPZEIGER AN

Versuch 12 wird wiederholt. Diesmal wird die Polyvinylplatte jedoch nicht mit der Hand gerieben, sondern gegen das Metallplättchen mit dem Plastikgriff. Nähert man das Metallplättchen dem Elektroskop Zeiger an, wird er angezogen. Dann wickelt man Papier oder Stoff um den Metallteil und reibt ihn an der Plastikplatte, um das Papier oder den Stoff elektrostatisch aufzuladen. Nähert man nun das umwickelte Metallteil dem Elektroskop Zeiger, schlägt er wieder aus. Somit wurden durch das Reiben nicht nur das Metallplättchen, sondern auch das Papier bzw. der Stoff und die geriebene Kunststoffplatte elektrostatisch aufgeladen. Das beweist, dass nicht nur die Körper mit denen man reibt, sondern auch diejenigen an denen man reibt, sich elektrostatisch aufladen.

Zubehör: (11), 26, 27, Papier, Stoff

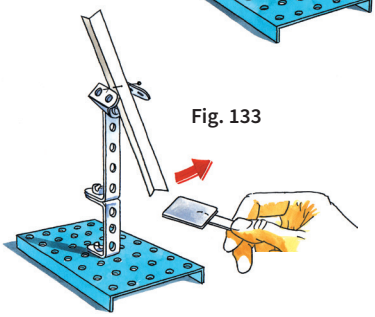


Fig. 133

134. DAS LADEN DES ELEKTROSKOPS

Die Polyvinylplatte an den Tischrand legen und die Metallplatte am Plastikgriff unter leichtem Druck darauf reiben, dann die Elektroskop Stange berühren (Bild 14). Der Zeiger schlägt aus und bleibt in dieser Stellung. Wiederholt man das Gleiche mehrmals, wird der Zeiger immer stärker ausgelenkt, weil die elektrostatische Ladung immer stärker wird.

Zubehör: (11), 26, 27

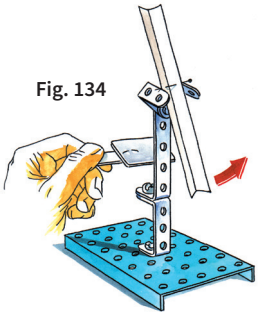


Fig. 134

135. DAS ENTLADEN DES ELEKTROSKOPS

Berührt man nun die Metallstange des geladenen Elektroskops mit dem Finger (Bild 15), kehrt der Zeiger sofort in die Ausgangsstellung zurück. Die Elektronen sind durch den Körper in die Erde abgeleitet worden (auch der umgekehrte Vorgang wäre möglich). Die vorstehenden Versuche haben gezeigt, dass Körper sich elektrostatisch aufladen, wenn man sie gegen Kunststoff reibt. Kann sich unsere Hand auch elektrostatisch aufladen?

Zubehör: (11)

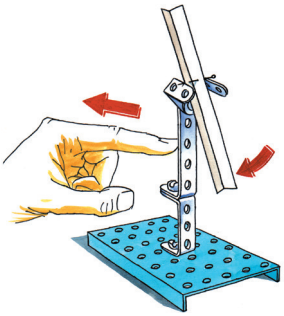


Fig.135

136. STUFENWEISES LADEN DES ELEKTROSKOPS

1. Die Polyvinylplatte an den Tischrand legen und das Metallplättchen am Plastikgriff darüber reiben.
2. Das Metallplättchen am Plastikgriff festhalten und auf die Platte legen.
3. Vor dem Anheben das Metallplättchen mit dem Finger berühren.
4. Dann die Elektroskop Stange mit dem Metallplättchen berühren. Wiederholt man die Schritte 2, 3 und 4 mehrmals, wird die Auslenkung des Zeigers immer stärker, weil die elektrostatische Ladung immer stärker wird. Die Polyvinylplatte und das Metallplättchen am Plastikgriff bilden zusammen ein Gerät, das Elektrophor (Elektrizitätsträger) heißt.

Zubehör: (11), 26, 27

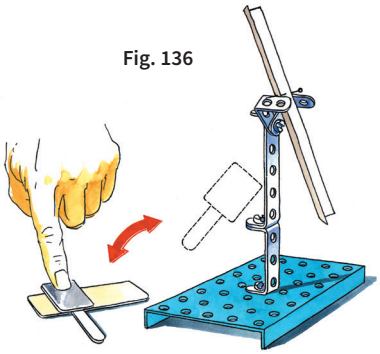


Fig. 136

137. LANGSAMES ENTLADEN DES ELEKTROSKOPS

Das Elektroskop wie im vorstehenden Versuch beschrieben mit dem Elektrophor laden. Wenn es geladen ist, mit dem Metallplättchen berühren. Der Zeiger fällt etwas. Berührt man mit dem Metallplättchen mehrmals abwechselnd den eigenen Körper und dann die Elektroskop Stange, fällt der Zeiger langsam immer weiter.

Zubehör: (11), 26, 27

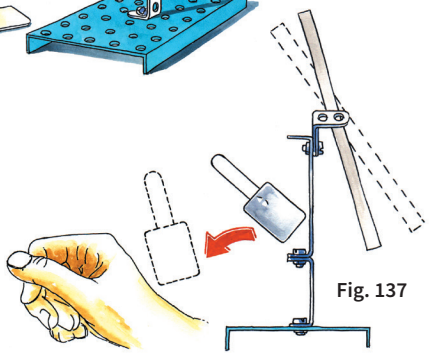


Fig. 137

138. LEITER UND ISOLATOREN

Das Elektroskop mit dem Elektrophor laden (siehe Versuch Nr. 16), dann die Elektroskop Stange mit dem Plastikgriff des Metallplättchens, einem Bleistift, einem Stück Papier, einer Kupferplatte oder anderen Teilen aus dem Baukasten berühren. Was ist festzustellen? Bei Kontakt mit Kunststoff, trockenem Glas, Porzellan, Siegellack, Paraffin etc. bewegt sich der Elektroskop Zeiger überhaupt nicht. Daher bezeichnet man diese Stoffe als Isolatoren. Aber Metalle sind gute Elektrizitätsleiter, genauso wie unser Körper, Bleistifte, feuchtes Papier usw.

Zubehör: (11), 24, 26, 27, verschiedene Gegenstände

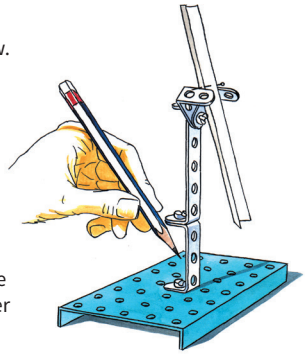


Fig. 138

139. POSITIVE UND NEGATIVE ELEKTRISCHE LADUNG

Das Elektroskop mit dem Elektrophor laden und das Metallplättchen, mit dem die Ladung vorgenommen wurde, in die Nähe des Zeigers bringen (Bild 19). Der Zeiger bewegt sich weg, d.h. er lenkt aus. Bringt man jedoch die Kunststoffplatte in seine Nähe, wird er angezogen. Dies zeigt, dass Körper unterschiedlich geladen sein können. In diesem Fall sind das Metallplättchen und das geladene Elektroskop positiv geladen, während die Kunststoffplatte negativ geladen ist. Gleich geladene Körper stoßen sich ab, entgegengesetzt geladene Körper ziehen sich an.

Zubehör: (11), 26, 27

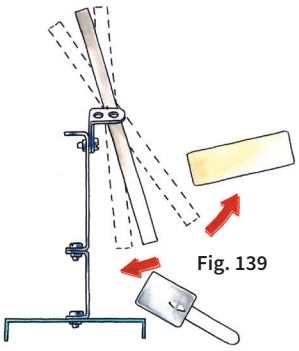


Fig. 139

140. EIN ELEKTRISCHES PENDEL

Mit einem elektrischen Pendel kann man eine Reihe sehr interessanter Versuche durchführen. Man baut es aus einer Holundermark- oder Styroporkugel (1), einem Baumwollfaden (2), einem Papierröhrchen (senkrecht stehend) (3), einem Winkelstück (4) und einem zweiten Papierröhrchen (waagerecht stehend) (5). Falls kein Holundermark oder Styroporkugel verfügbar ist, stattdessen ein kleines Töpfchen aus Alufolie benutzen. Hierzu ein 5 x 3 cm großes Stück Alufolie um einen Bleistift wickeln, vorne zusammendrücken und an einen Baumwollfaden binden. Für die 90 mm langen Papierröhrchen ein Blatt Schreibpapier der Länge nach in zwei gleichgroße Teile schneiden (90 x 100 mm). Jeden Teil mit Klebstoff bestreichen und um die Metallstange aus dem Baukasten wickeln. Bevor der Klebstoff ganz getrocknet ist, das Röhrchen abnehmen. Damit es sich nicht wieder auswickelt, mit einem Klebestreifen schützen. Dann das Röhrchen mit dem Gewindebolzen am Kunststoffsockel befestigen. Für das Winkelstück wird ein Nagel oder ein Stück Draht zu einem gleichschenkeligen rechten Winkel gebogen.

Zubehör: 2 x 6, 8, 9, 12, Papier, Alufolie, Baumwollfaden, ein Nagel oder Draht

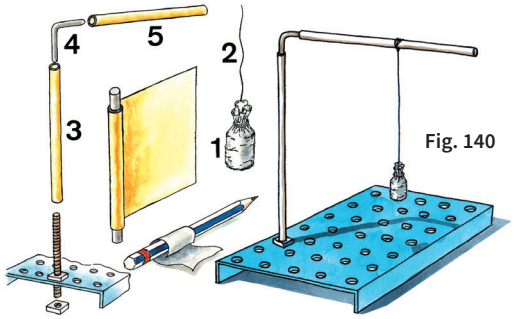


Fig. 140

141. VERSUCHE MIT DEM ELEKTRISCHEN PENDEL

1. Nähert man an das Pendel eine elektrostatisch geladene Kunststoffplatte, so zieht diese die Holundermarkkugel (bzw. das Alufolientöpfchen) an und stößt sie gleich darauf wieder ab; man kann sie mit der Kunststoffplatte nicht fangen.
2. Berührt man die Holundermarkkugel mit der Hand und nähert sich mit einer elektrostatisch geladenen Metallplatte, wird die Kugel angezogen und dann sofort stark abgestoßen.

Wie lässt sich das erklären?

Die Kunststoffplatte ist negativ geladen, deshalb zieht sie die Markkugel an, die dann ihrerseits negativ geladen und deshalb abgestoßen wird. Das Metallplättchen ist positiv geladen. Durch den Kontakt mit dem Metallplättchen wird die Markkugel auch positiv geladen und somit abgestoßen. Dies zeigt wiederum, dass Körper mit der gleichen elektrischen Ladung einander abstoßen.

Zubehör: (20), 26, 27

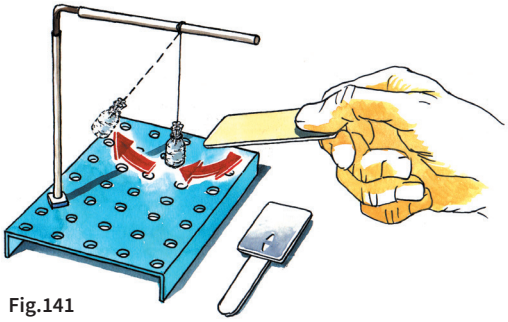


Fig.141

142. KÖRPER MIT ENTGEGENGESETZER ELEKTRISCHER LADUNG ZIEHEN SICH AN

Für diesen Versuch braucht man zwei Pendel. Das erste Pendel steht auf einem Kunststoffsockel, das zweite auf der Aluminiumglocke. Die beiden Pendel sollen sich nicht berühren und unterschiedlich elektrisch geladen werden. Schiebt man sie dann aufeinander zu, werden die Markkugeln angezogen, sobald sie sich jedoch berühren, heben sich die Ladungen auf. Das zeigt zweierlei:

1. Entgegengesetzt geladene Körper ziehen einander an.
2. Positive und negative Ladungen gleicher Stärke heben einander auf.

Zubehör: (20), 6, 13, 25, 26, 27, Papier, Alufolie, Baumwollfaden

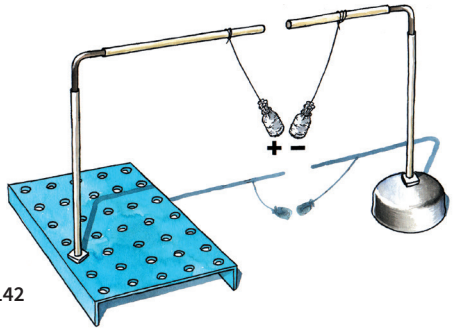


Fig.142

143. DAS BLÄTTCHENELEKTROSKOP

Für weitere Versuche mit statischer Elektrizität braucht man ein empfindlicheres Instrument. Geeignet ist ein Blättchen Elektroskop, das man so baut: 1. Mit Schraube und Mutter die große, 60 x 12 mm Schelle in der Mitte des Kunststoffsockels befestigen.
2. Mit einer weiteren Schraube und Mutter die Glocke am freien Ende der Schelle befestigen, hierbei sollen noch 10 mm der Schraube aus der Glocke herausragen. Darauf wird 90 mm langes Alufolie Röhrchen gesteckt. Die Herstellung des Röhrchens ist in Versuch 20 beschrieben. Am oberen Ende des Röhrchens werden zwei Träger aus blankem, 0,3 mm starkem Kupferdraht oder 0,2 mm dickem Konstantandraht befestigt. Der Träger ist ein 10 mm langes und 5 mm breites Rechteck, das so geformt ist, dass man es am Papierröhrchen befestigen kann. Die Blättchen des Elektroskops sollen aus dünnem Papier (8 x 70 mm) sein. Sie werden an den Haltern angebracht, wie in Bild 23 rechts gezeigt. Der Pfeil zeigt, wo das Papier zusammengeklebt ist.
Zubehör: 5, 2 x 6, 8, 13, 20, 25, 36, Papier, Alufolie, Draht

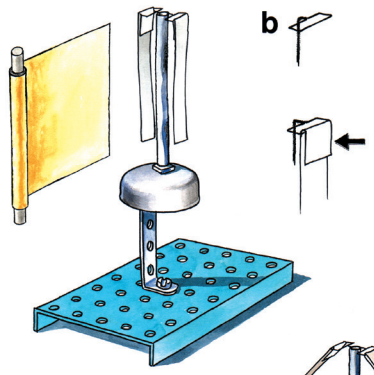


Fig. 143

144. ELEKTRIZITÄT AUS DER STREICHHOLZSCHACHTEL

Das Metallplättchen mit Plastikgriff in die Hülle einer Streichholzschachtel stecken und gegen die Polyvinylplatte reiben. Berührt man das Elektroskop mit dem Finger, gehen die Blättchen zusammen, nähert man sich mit der Schachtelhülle (Bild 24) spreizen sie sich. Man kann nun das Metallplättchen nacheinander mit Papier, Stoff, Pelz usw. umwickeln und durch Reiben an der Kunststoffplatte aufladen. Die Ladung wird dann jeweils mit dem Elektroskop überprüft. Schließlich versucht man ein Stück Glas durch Reiben an Seide oder Wolle zu laden.
Zubehör: (23), 26, 27, eine Streichholzschachtel, Papier, Stoff, Pelz, Glas, Seide oder Wolle

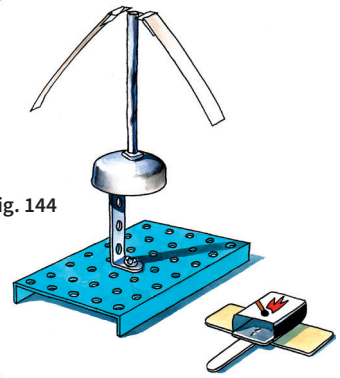


Fig. 144

145. KAPAZITÄT

Ein Ende des Plastikgriffs am Metallplättchen mit einem Stück Alufolie (siehe das Detail “a”) umwickeln, um so zwei Metallplättchen, ein kleines und ein größeres, am gleichen isolierten Griff zu erhalten (Bild 25). Dann wie im Versuch Nr. 16 beschrieben das Elektroskop bis zur stärksten Auslenkung laden. Berührt man das geladene Elektroskop mit dem kleinen Metallplättchen wird der Winkel zwischen den Elektroskop Blättchen kleiner. Dann berührt man mit dem gleichen Metallplättchen abwechselnd den eigenen Körper und das Elektroskop, bis dessen Blättchen sehr eng zusammenkommen. Dann das Elektroskop erneut laden und den Versuch mit dem größeren Metallplättchen wiederholen. Welches Metallplättchen hat die größere Kapazität?
Zubehör: (23), 26, 27, Alufolie

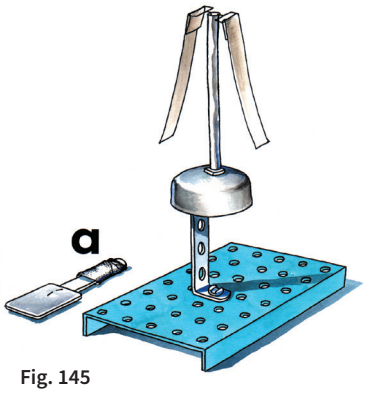


Fig. 145

146. IONISIERUNG DER LUFT

1. Elektroskop bis zur vollen Ablenkung der Blättchen laden und feststellen, wie lange sie gespreizt bleiben. Bei trockenem Wetter, vor allem im Winter bleiben sie einige Stunden lang abgelenkt, das beweist, dass die Luft ein guter Isolator ist. Bei feuchtem Wetter kehren sie jedoch schnell in ihre ursprüngliche Stellung zurück.
2. Elektroskop erneut laden und ganz vorsichtig ein brennendes Streichholz in die Nähe halten (Vorsicht, damit sie kein Feuer fangen!). Die Blättchen gehen dann sofort zusammen, weil die Luftmoleküle durch die Hitze so schnell bewegt werden, dass sie sich gegenseitig ionisieren. Anders gesagt, die Moleküle laden sich gegenseitig mit Elektronen auf und entladen sich. Die Luft wird ionisiert und ionisierte Luft gilt als schlechter Isolator. Deshalb schlägt der Blitz oft in Feuer ein.
Zubehör: (23), 26, 27, Streichhölzer

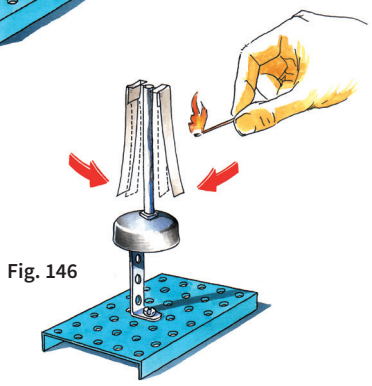


Fig. 146

147. ELEKTROSTATISCHE FELDER

Aus mittelstarkem Karton ein Rechteck der gleichen Größe schneiden wie die Polyvinylplatte im Baukasten. Das Kartonrechteck an die Tischkante legen und mit der Kunststoffplatte abdecken. Was ist festzustellen, wenn man die Kunststoffplatte mit Papier oder der trockenen Hand reibt und dann anhebt? Beim Anheben der Kunststoffplatte, hebt sich das Kartonrechteck ebenfalls, obwohl es recht schwer ist. Durch das Reiben wird die Kunststoffplatte negativ geladen, während das Kartonrechteck unter dem Einfluss der negativen Ladung positiv geladen wird. Positive und negative Ladungen ziehen sich grundsätzlich an. Die Anziehungskraft kann recht stark sein und ist zu spüren, wenn man die beiden Platten voneinander trennen will (Bild 27). Zwischen beiden Platten hat sich ein elektrostatisches Feld gebildet.
Zubehör: 26, ein Stück Karton

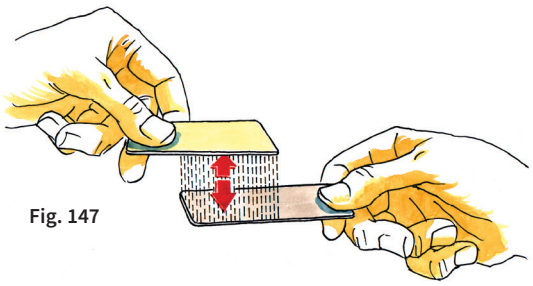


Fig. 147

148. ELEKTRISCHE KRAFTLINIEN

Ein Stück Karton an die Tischkante und darunter einen längeren Faden legen. Die Polyvinylplatte auf den Karton legen und mit der Hand oder einem Stück Papier reiben. Mit der einen Hand den Karton festhalten und mit der anderen die Kunststoffplatte ca. 6-8 mm hochheben. Man spürt deutlich einen Widerstand und die Fadenenden richten sich in Richtung der Kunststoffplatte auf. Das kommt daher, dass das elektrostatische Feld zwischen den beiden Platten aus unsichtbaren elektrischen Kraftlinien besteht, deren Richtung die hochstehenden Fadenenden anzeigen.
Zubehör: 26, ein Stück Karton, Faden

Fig. 148

149. KONDENSATOR

Die elektrostatisch geladene Kunststoffscheibe an die Tischkante legen und das Elektroskop darüber stellen. Die Blättchen des Elektroskops bewegen sich nicht, obwohl die Platte elektrostatisch geladen ist. Warum nicht? Der Kunststoff ist negativ geladen, daher hat der Tisch in dessen Umgebung eine positive Ladung. Wird die Kunststoffplatte nun zusammen mit dem Elektroskop 8-9 cm über den Tisch angehoben, verringert sich seine positive Ladung und die negative Ladung der Platte überwiegt, deshalb spreizen sich die Blättchen nun. Der positiv geladene Tisch und die negativ geladene Platte bilden einen Kondensator. Das Prinzip des Kondensators wurde auch in den Versuchen 27 und 28 schon zugrunde gelegt.

Zubehör: (23), 26, 27

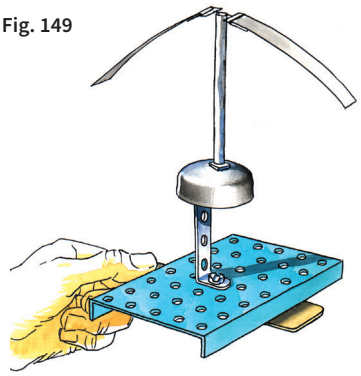


Fig. 149

150. BESTIMMUNG DER POLUNG MIT EINER GLIMMLAMPE

Berührt man mit dem negativ geladenen Elektroskop eine Glimmlampe, schließen sich die Elektroskop Blättchen und eine der Elektroden der Glimmlampe leuchtet auf. Ist das Elektroskop positiv geladen, leuchtet die andere Elektrode auf. Glimmlampen benutzt man in Geräten zur Prüfung der Netzspannung. Wenn sie ans Stromnetz angeschlossen werden, leuchten beide Elektroden auf, da die Netzspannung Wechselspannung ist. Das Experiment in einem abgedunkelten Raum durchführen.

Zubehör: (23), 26, 27, Glimmlampe (im Baukasten nicht enthalten)

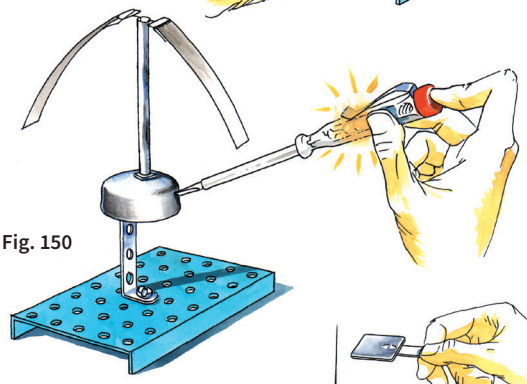


Fig. 150

151. DIE WIRKUNG VON SPITZEN

Steckt man oben in das Elektroskop eine Nadel oder ein Stück Draht und nähert sich dann mit dem positiv geladenen Metallplättchen (ohne die Nadel zu berühren), lenken die Elektroskop Blättchen aus, obwohl das Elektroskop nicht berührt wurde. Dann bringt man eine Nadelspitze oder ein Stück Draht in die Nähe der Nadelspitze am Elektroskop, wiederum ohne Berührung Das Elektroskop entlädt sich langsam, falls sich die beiden Nadelspitzen nicht berühren. Offensichtlich wandern die Elektronen über die Nadelspitzen von einem Körper zum anderen.

In der Praxis kann man mit solchen Spitzen eine Reihe technischer Probleme lösen. In Papierfabriken leitet man die Elektrizität, die durch die Reibung des Papiers entsteht und die Blätter aneinanderkleben lässt mit solchen Spitzen zur Erde ab. Auch die elektrostatische Ladung durch die Luftreibung bei Flugzeugen oder bei Antriebsriemen wird mit Spitzen abgeleitet und man setzt sie als Schutz vor Blitzschlägen an Gebäuden ein.

Zubehör: (23), 26, 27, eine Nadel

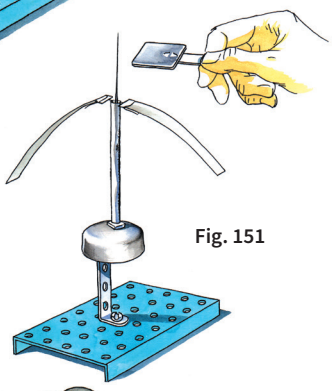


Fig. 151

152. DER BLITZABLEITER

Ein Blitzableiter ist eine Eisenstange mit einer Spitze oben. Ein dicker Kupferdraht oder ein Streifen Zinkblech führt von der Spitze zur Erde und ist dort an eine größere Metallmasse angeschlossen.

Nähert sich eine elektrostatisch geladene Wolke dem Gebäude, wird der Blitzableiter durch die Induktion ebenfalls elektrostatisch geladen. Ist die Wolke positiv geladen, ist die Ladung des Gebäudes negativ und umgekehrt. Zwischen der Wolke und dem Gebäude besteht ein sehr starkes elektrisches Feld (Kondensator). Wegen der Wirkung der Spitze des Blitzableiters gehen die Elektronen von der Wolke auf den Blitzableiter über und umgekehrt, somit gleichen sich die elektrostatischen Ladungen aus und es kommt nicht zu einem Blitzschlag. Schlägt der Blitz aber trotzdem ein, dann in den Blitzableiter und nicht ins Gebäude. Der Blitzableiter leitet ihn in die Erde ab. Große Gebäude haben gleich mehrere Blitzableiter.

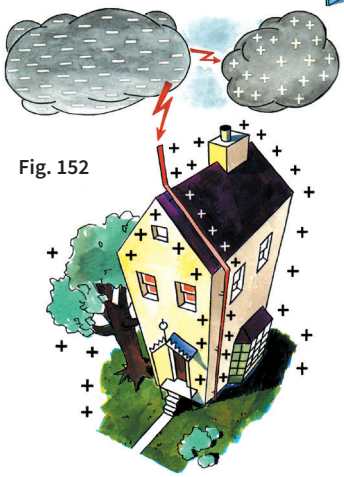


Fig. 152

153. DER FARADAYSCHE KÄFIG

Es gibt ein altes Märchen über den König eines fernen Landes, dem eine Fee bei der Geburt seiner Tochter prophezeite, dass sie an ihrem 16. Geburtstag sterben würde. Als der Tag näher rückte, baute der König eine Burg, in die man nur durch eine Zugbrücke gelangen konnte. Die Prinzessin und ihre Dienerschaft müssten nun bis zu ihrem 16. Geburtstag in der Burg wohnen. Jedoch gerade an diesem Tag wurde der Himmel plötzlich dunkel und ein starkes Gewitter mit Blitz und Donner brach herein. Mit lautem Krachen schlug der Blitz in die Burg ein und tötete die Prinzessin. Doch das war einmal. Können wir denn heute unsere Häuser besser gegen Blitzschlag schützen? Ja, das geht. Man kann sie entweder mit einem Blitzableiter oder einem sogenannten Faradayschen Käfig schützen, der sogar noch sicherer ist. Der folgende Versuch zeigt, wie er funktioniert. Einen kleinen Blechbehälter (eine leere Konservendose oder ein Alu Schüsselchen) auf die Polyvinylplatte stellen und einige dünne Papierstreifen innen und außen an die Behälterwand kleben (in Bild 33 sind nur zwei Papierstreifen zu sehen). Dann den Behälter (der hier die Funktion des Käfigs hat) mit dem elektrostatisch geladenen Metallplättchen berühren. Die Papierstreifen außen werden abgelenkt, aber die im Inneren bewegen sich nicht, selbst wenn der Behälter wiederholt geladen wird. Die Ladung breitet sich nur an der Außenseite aus, die Innenfläche bleibt ungeladen, d.h. neutral. Das Gleiche würde geschehen, wenn der Behälter durchlöchert wäre oder wenn man stattdessen einen Drahtkorb benützte. Wenn man also ein Haus mit einem Drahtgeflecht umgibt, ist es gegen Blitzschlag geschützt. Der Faradayscher Käfig wird besonders zum Schutz von Munitionslagern eingesetzt.

Zubehör: 8, 26, 27, ein Metallbehälter, Papier

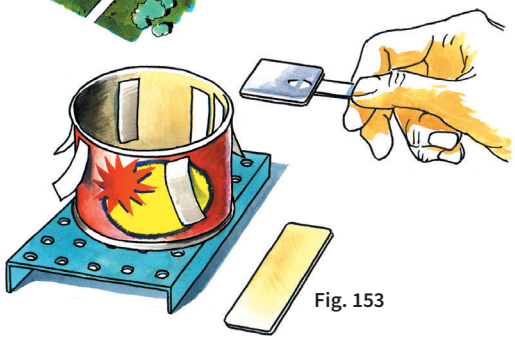


Fig. 153

154. NOCH EINIGE WEITERE VERSUCHE

Mit einer Rasierklinge einige Styroporkügelchen schneiden, auf den Tisch legen und das geladene Metallplättchen in die Nähe bringen. Die Kügelchen werden wie wild auf dem Tisch herumspringen. Anstelle der Styroporkügelchen kann man auch kleine Papierröllchen verwenden.

Zubehör: 26, 27, Papier, Styropor- oder Papierkügelchen

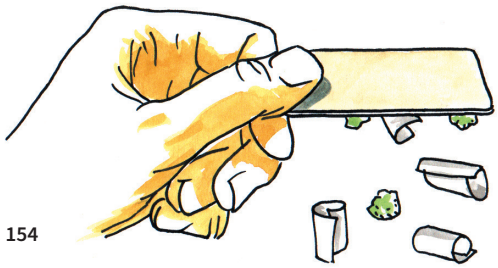


Fig. 154

155. MOLEKÜLE, ATOME, ELEKTRONEN

Alles in der Natur um uns besteht aus verschiedenen Substanzen. Dabei spricht man von einem Element als reine Substanz, die nicht mehr durch chemische Reaktionen in andere Substanzen aufgeteilt werden kann. Elemente bestehen aus Atomen, die zu Molekülen verbunden sind. Heute kennen wir 118 Elemente, von denen 92 in der Natur vorkommen und die übrigen künstlich durch Kernreaktionen hergestellt sind. Auch, wenn sich die Atome der einzelnen Elemente stark unterscheiden, weisen sie doch einige Gemeinsamkeiten in Aufbau und Größe auf. Jedes Atom hat einen dicken, schweren Kern, um den ständig leichteren oder schwereren Elektronen kreisen. Das einfachste Atom ist das Wasserstoffatom (Bild 35, links). Es hat einen kleinen Kern, um den nur ein Elektron (e) kreist, genauso, wie der Mond um die Erde kreist. Das Heliumatom hat einen größeren Kern, um den zwei Elektronen kreisen. Um einen Litiumkern kreisen 3 Elektronen, um den Eisenkern 26, den Goldkern 79, den Bleikern 82 und um den Uraniumkern 92, auf mehreren Bahnen und in unterschiedlichen Abständen. Die Elektronen im Atom sind an den Kern gebunden, genauso wie der Mond an die Erde oder die Erde an die Sonne gebunden sind. In einigen Körpern können die Atome einige Elektronen verlieren. Wenn Elektronen fehlen, sind diese Körper positiv geladen, Körper die zu viele Elektronen haben, sind negativ geladen.

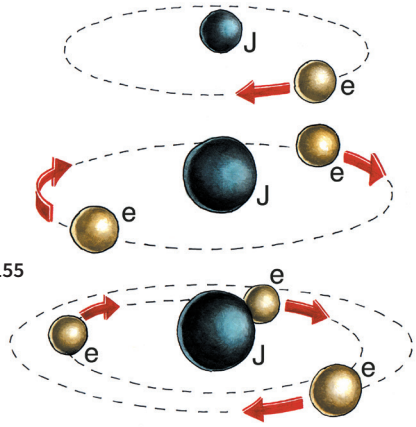


Fig. 155

MAGNETISMUS

156. DAS GEHEIMNIS DES MAGNETISMUS

Der Baukasten enthält zwei schwere zylindrische Stangen. Eine davon hat eine Schraube am Ende. Ohne irgendwelche weiteren Hilfsmittel zeigt der folgende Versuch
1. welche der beiden Stangen ein Magnet ist und welche nur eine Eisenstange;
2. ob das Eisen vom Magneten angezogen wird oder umgekehrt.
Der Versuch läuft so: eine der beiden Stangen auf den Tisch legen und versuchen, sie mit der anderen aufzuheben, indem man sie ungefähr in der Mitte berührt (siehe Bild 36a und b). Markiere die Mitte auf den beiden Metallstangen. Wenn die Stange auf dem Tisch sich anheben lässt, dann ist die andere der Magnet. Wenn aber die Stange auf dem Tisch liegenbleibt, dann ist diese der Magnet. Weiter unten wird erklärt, warum das so ist. Diese Versuche zeigen nicht nur, dass der Magnet das Eisen anzieht, sondern, dass auch das Eisen den Magneten anzieht. Das heißt beide ziehen sich gegenseitig an.
Zubehör: 10, 16

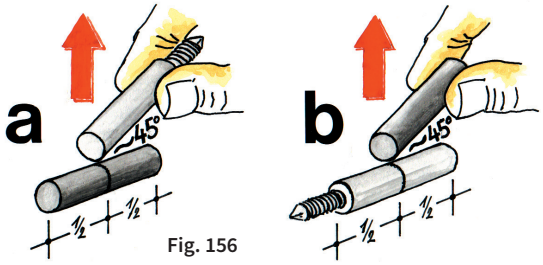


Fig. 156

157. DER MAGNET

Die alten Griechen entdeckten in der Nähe der kleinasiatischen Stadt Magnesia (Türkei) ein Erz, das kleine Eisenteile anziehen konnte. Der Legende nach wurden solche Erzteilchen von den eisenbeschlagenen Spitzen der Hirtenstäbe angezogen. Die Griechen nannten das Erz Magnetit und die Anziehungskraft Magnetismus. Wir sehen später, dass man mit einem solchen natürlichen Magneten auch künstliche herstellen kann. Auch der Baukasten enthält einen künstlichen Magneten, der nicht mit Magnetit gemacht worden ist, sondern mit Elektrizität. Mit diesem Magneten kann man Schrauben und Muttern im Baukasten und noch viele andere Gegenstände anheben.
Zubehör: 5, 6, 10

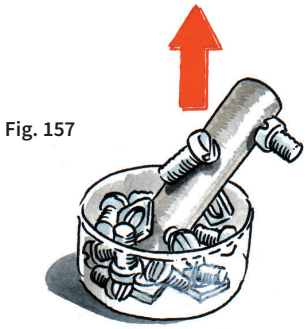


Fig. 157

158. ZIEHT EIN MAGNET NUR EISERNE GEGENSTÄNDE AN?

Um diese Frage zu beantworten, legt man einige Teile aus unterschiedlichen Metallen auf den Tisch und versucht, sie mit dem Magnet zu heben. Welche lassen sich anheben? Es lassen sich alle Teile aus Eisen, z.B. Schrauben, Muttern, Nägel und Eisenblech heben, aber die aus Zink, Kupfer oder Blei werden vom Magneten nicht angezogen. Weitere Versuche werden zeigen, dass außer Teile aus Eisen auch solche aus Nickel und Kobalt angezogen werden. Die Anziehungskraft des Magneten ist bei sogenannten magnetischen Legierungen wie Al-Ni, Al-Ni-Co am stärksten. Der Magnet im Baukasten ist aus Al-Ni-Co, einer Aluminium-Nickel- Kobalt-Legierung.
Zubehör: 5, 6, 10, 23, 24, Metallteile

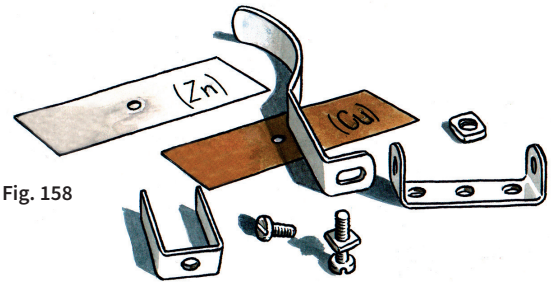


Fig. 158

159. EIN MAGNET HAT ZWEI POLE

Schüttet man die Eisenspäne aus dem Baukasten auf ein Blatt Papier, taucht den Magnet in der Mitte ein und zieht ihn sofort wieder zurück, dann bleiben die Späne am Magneten haften, aber nicht gleichmäßig entlang der gesamten Länge. Die Enden, an denen die Anziehungskraft am stärksten ist, heißen Pole. Jeder Magnet hat zwei Pole. Dort ist der Magnetismus am stärksten und in der Mitte des Magneten ist er gleich Null. Ist das Geheimnis aus Versuch Nr. 36 jetzt klar?
Materials you will need: 3, 10, piece of paper

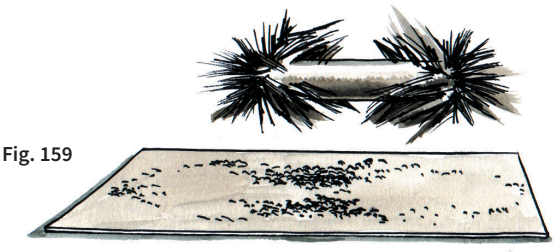


Fig. 159

160. DAS MAGNETISCHE FELD

Den Magneten unter den Kunststoffsockel schieben und auf den Sockel ein 9,5 x 7 cm großes Kobalt Stück Karton legen. Als Nächstes:
1. Einige Eisenspäne auf den Karton streuen und mit einem Bleistift leicht antippen. Die Späne werden ein bestimmtes Linienmuster zeigen, das sich in sämtliche Richtungen von einem Pol ausbreitet und in kleineren oder größeren Bogen zum anderen Pol verläuft. Die Späne formieren sich entlang der unsichtbaren Kraftlinien.
2. Wiederholt man das Experiment, wenn der Karton zwei oder drei cm angehoben ist, formieren sich die Späne entlang der magnetischen Kraftlinien.
3. Wiederholt man den Versuch, nachdem man den Magneten senkrecht aufgestellt hat, ergibt sich kein besonderes Muster.
Das zeigt: im Bereich des Magneten verlaufen magnetische Kraftlinien. Sie bilden ein magnetisches Kraftfeld, das an den Polen am stärksten ist.
Zubehör: 3, 8, 10, Karton

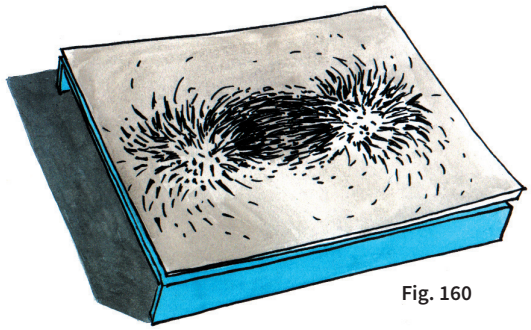


Fig. 160

161. DAS MAGNETISCHE FELD ZWISCHEN UNGLEICHNAMIGEN POLEN

Den Magneten auf den Tisch legen und wie in Bild 41 gezeigt, an jedes Ende ein Statorblech. Mit einem Karton abdecken und einige Eisenspäne darauf streuen, leicht antippen. Die Eisenspäne formieren sich wie auch bei den vorherigen Versuchen, entlang der Kraftlinien des Magnetfeldes und sie tun dies auch zwischen den beiden Blechen. Das ist für das Verständnis der Funktion von Generatoren und Elektromotoren besonders wichtig.

Zubehör: 3, 10, 15, Karton

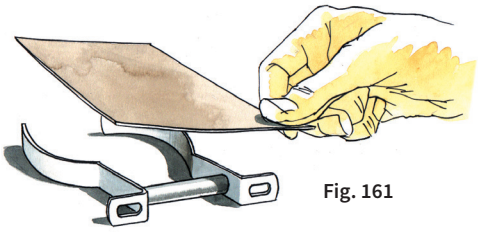


Fig. 161

162. DAS MAGNETISCHE FELD ZWISCHEN GLEICHNAMIGEN POLEN

Der Magnet und die beiden Statorbleche werden dieses Mal wie in Bild 42 auf den Tisch gelegt. Die Bleche berühren den gleichen Magnetpol. Wiederum mit Karton abdecken und darauf Eisenspäne streuen. Bei dieser Beobachtung geht es nicht darum, was die Späne direkt am Magneten tut, sondern die, zwischen den beiden Blechen. Dort bleibt sie völlig ungeordnet liegen, d.h. dort wirken keine magnetischen Feldlinien. Aber außerhalb der von den Blechen abgeschirmten Fläche bildet die Späne ein sehr dichtes Bogenmuster, das von den Blechen zum entgegengesetzten Magnetpol reichen. Daraus lässt sich ersehen, dass die Magnetpole nicht gleich sind. Das zeigen die nachfolgenden Versuche noch deutlicher.

Zubehör: 3, 10, 15, Karton

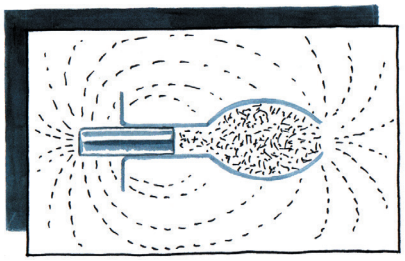


Fig. 162

163. NORD- UND SÜDPOL EINES MAGNETEN

Der Magnet wird mit einem Stück Papier waagerecht an einem ungezwirnten Faden (z.B. von einem Baumwollfaden) aufgehängt. Dazu verwenden wir den Ständer, den wir auch beim Versuch 20 benutzt haben. Nach einiger Zeit kommt der Magnet zur Ruhe, dabei zeigt eines seiner Enden immer nach Norden und das andere nach Süden. Der Magnet hat zwei Pole, den Nord- und den Südpol. Den Nordpol mit Farbe oder einem Papierstückchen markieren. Dieser Pol zeigt immer in die Richtung, in der sich der Nordpol der Erde befindet.

Zubehör: (20), 10, Papier, Faden

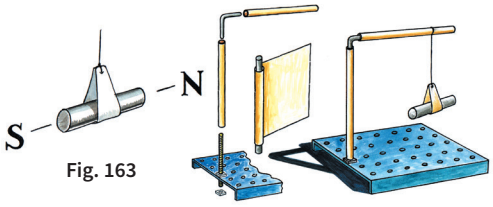


Fig. 163

164. DER MAGNETISMUS VON STAHL UND EISEN

1. Mit dem gleichen Pol des Magneten so, wie in Bild 44 gezeigt, mehrmals in der gleichen Richtung und demselben Pol über eine Stricknadel oder eine dickere Nähnadel entlangstreichen Dann ein Ende der Stricknadel in die Eisenspäne tauchen: sie werden von der Nadel angezogen, das heißt, die Nadel wurde magnetisiert. Mit einem Versuch lässt sich zeigen, dass auch die Nadel zwei Pole hat. Wird sie an einem Faden aufgehängt, nimmt sie auch eine Stellung ein, in der ein Pol nach Norden und der andere nach Süden zeigt.
2. Jetzt magnetisieren wir die Eisenstange aus dem Baukasten in gleicher Weise. Die Stange zieht nur sehr wenige Eisenspäne an, d.h. sie ist nicht sehr stark magnetisch. Und auch dieser Magnetismus geht schnell wieder verloren. Stahl kann dauerhaft zum Magneten werden, Eisen jedoch nur vorübergehend.

Zubehör: 3, 9, 10, eine Stricknadel aus Metall

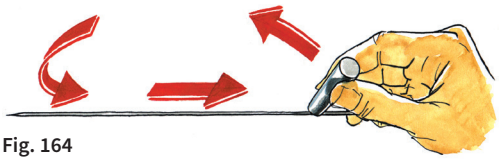


Fig. 164

165. HOHE TEMPERATUREN HEBEN DEN MAGNETISMUS AUF

Wenn man eine magnetisierte Stricknadel einige Sekunden in die Flamme einer Kerze hält und dann den Magnetismus überprüft, zeigt sich, dass sie nicht mehr magnetisch ist.

Zubehör: 3, 10, eine Kerze, eine Stricknadel aus Metall

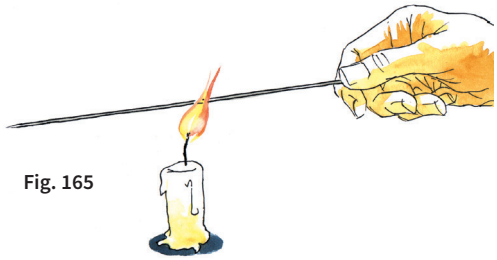


Fig. 165

166. BIEGEN EINES MAGNETEN (ENTMAGNETISIERUNG)

Eine magnetisierte Stricknadel in verschiedene Richtungen biegen, den Ablauf mehrmals wiederholen und dann den Magnetismus der Nadel überprüfen. Dabei zeigt sich, dass die Nadel durch das Biegen die Magnetisierung verloren hat. Das gleiche passiert, wenn man die Nadel auf den Boden wirft, gegen den Tisch schlägt.

Zubehör: 3, 10, eine Stricknadel aus Metall

Fig. 166

167. MAGNETISIEREN EINES TASCHENMESSERS

Mit dem Magneten mehrmals über die Schneide des Taschenmessers streichen wie in Bild 47 gezeigt. Dann die Schnittkante an Schrauben oder Eisenspäne halten und es zeigt sich, dass das Taschenmesser magnetisiert wurde. Mit welchem Magnetpol wurde das Messer magnetisiert und welcher Pol hat sich an der Messerspitze gebildet? Kann man ein magnetisiertes Taschenmesser als Kompass benutzen?

Zubehör: 3, 5, 10, Taschenmesser

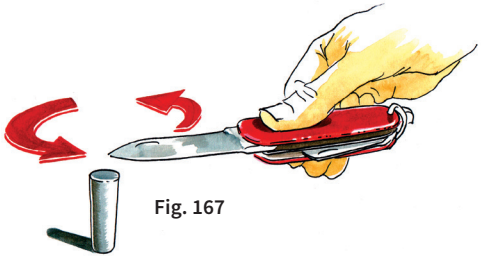


Fig. 167

168. DIE STÄRKE EINES MAGNETEN

Mittlerweile sind schon mehrere Magnete erwähnt worden. Welcher ist am stärksten und wie stark ist er? Natürlich ist der Al-Ni-Co-Magnet aus dem Baukasten der stärkste. Aber wie können wir seine Stärke prüfen?
a. Außer dem Magneten braucht man auch noch einen Anker und einen Pappbecher, der mit einem dünnen Faden an den Anker gebunden wird (siehe Bild 48a). Anker und Becher mit dem Magneten anheben, dann verschiedene Teile aus dem Baukasten in den Becher laden, bis der Magnet den schweren Anker nicht mehr halten kann. Notiere welcher Magnet welche Last höchstens tragen konnte. Man kann natürlich auch kleine Gewichte in den Becher laden und so exakt angeben, welche Last jeder Magnet tragen kann.
b. Jetzt noch den Kernmantel aus dem Baukasten auf den Magneten setzen (Bild 48b) und das Experiment wie zuvor beschrieben wiederholen. Wie stark ist der Magnet jetzt? Obwohl es sich um den gleichen Magneten handelt, ist er stärker geworden, weil jetzt beide Magnetpole benutzt werden, zuvor war es nur einer.
Zubehör: 10, 17, 18, Karton, Faden, verschiedene Teile

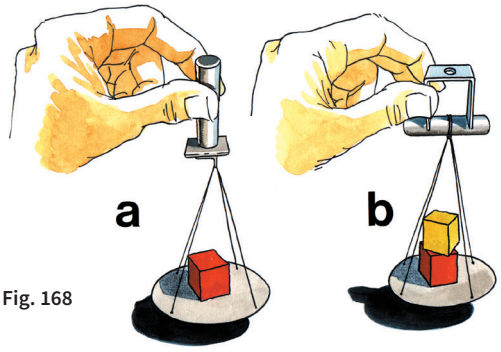


Fig. 168

169. DIE KOMPASSNADEL (MAGNETNADEL)

Der Kompass im Baukasten enthält eine Magnetnadel. Da man sie nicht herausnehmen kann, macht man sich einfach noch einen anderen Kompass nach der folgenden Anleitung:
Zwei Nähnadeln mit einem durch beide Öhre gesteckten Faden aneinanderbinden. Die neue Doppelnadel wird magnetisiert, indem man das eine Ende der Nadel am Nordpol des Magneten und das andere Ende am Südpol des Magneten reibt; fünfmal oder noch öfter wiederholen, und immer in die gleiche Richtung reiben. Dadurch werden beide Nadeln magnetisiert und funktionieren wie eine Kompassnadel. Hängt man sie waagerecht an einem 12-20 cm langen Faden auf und wartet, bis sie in Ruhestellung ist, zeigt ein Ende nach Norden, das andere nach Süden.
Zubehör: 10, zwei Nähnadeln, Faden, Papier

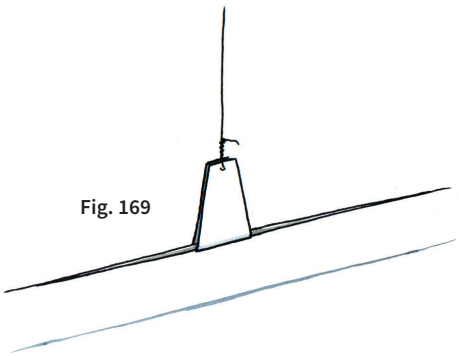


Fig. 169

170. STÄRKE DES MAGNETFELDES

Die Kompassnadel waagerecht an den Ständer hängen und in Ruhestellung kommen lassen. Dann den Nordpol des Magneten langsam von ca. 10 cm Entfernung auf die Nadel zu bewegen. Bewegt sich die Nadel?
Warten, bis sie wieder in Ruhe ist, dann den Magneten schnell herumdrehen und den Südpol in Richtung Nadel bringen. Wenn sich die Kompassnadel nicht bewegt, weil die Entfernung zu groß ist, dann auf 8-9 cm herangehen. Das Magnetfeld ist recht groß, obwohl der Magnet selbst relativ klein ist. Dieser Versuch zeigt auch, dass die Stärke des Magnetfeldes sich mit dem Quadrat der Entfernung vom Magneten abschwächt. Das bedeutet, dass das Magnetfeld direkt um den Magneten herum am stärksten ist.
Zubehör: (20), (49), 10

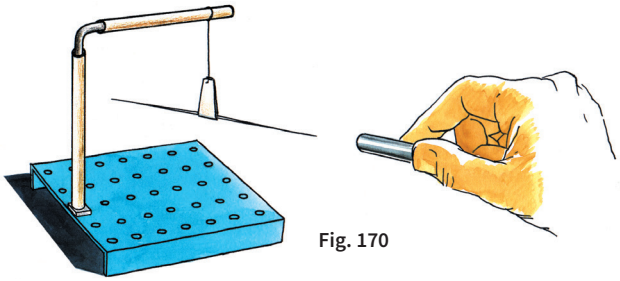


Fig. 170

171. DER KOMPASS

Der Kompass im Baukasten ist etwas anders als ein gewöhnlicher Kompass; er hat noch einen zusätzlichen Bestandteil. Gewöhnlich besteht ein Kompass aus einer Kompassnadel, deren blaues Ende immer nach Norden und deren rotes Ende immer nach Süden zeigt. Die Kompassnadel sitzt auf einer Stahlspitze und kann sich ungehindert drehen, wenn man den Kompass waagerecht hält. Auf dem Boden des Gehäuses befindet sich die Windrose, die die Himmelsrichtungen anzeigt. International üblich ist die Bezeichnung der vier Himmelsrichtungen mit dem Anfangsbuchstaben der englischen Wörter:
S - Süden (South)
N - Norden (North)
E - Osten (East)
W - Westen (West)
Der Kompass im Baukasten hat aber noch eine gelbe Nadel, die als Zeiger dient, wenn man den Kompass als Galvanoskop verwendet. Der Einfachheit halber, enthält der Kompass in den Abbildungen für die folgenden Versuche immer nur die blau-rote Kompassnadel.
Zubehör: 34

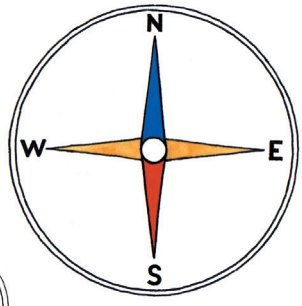


Fig. 171

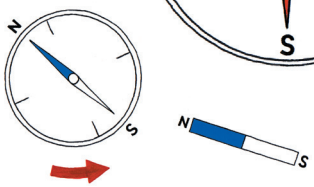
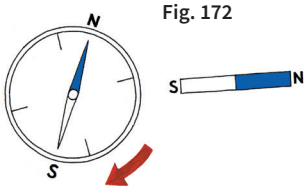


Fig. 172



172. DIE GEGENSEITIGE EINWIKRUNG VON MAGNETPOLEN

1. Den Nordpol des Stabmagneten an den Südpol der Kompassnadel annähern.
2. Den Nordpol des Stabmagneten an den Nordpol der Kompassnadel annähern
3. Obige Versuche mit dem Südpol des Magneten wiederholen. Diese einfachen Versuche zeigen eines der Grundgesetze des Magnetismus: gleiche magnetische Pole stoßen einander ab, ungleiche ziehen sich an.
Zubehör: 10, 34

173. DER KOMPASS IM MAGNETFELD

Den Magneten in die Mitte eines großen Blatt Papiers legen und mit dem Kompass die Größe des Magnetfeldes nachweisen. Den Kompass an mindestens dreißig verschiedene Stellen um den Magneten herum legen und die Stellung der Nadel mit Pfeilen markieren, die in die gleiche Richtung zeigen wie die Nadel. Wenn man sich die Pfeile dann genau ansieht, stellt man fest, dass die Kompassnadel innerhalb des Magnetfeldes immer die gleiche Richtung annimmt wie die magnetischen Kraftlinien.
Zubehör: 10, 34, Papier

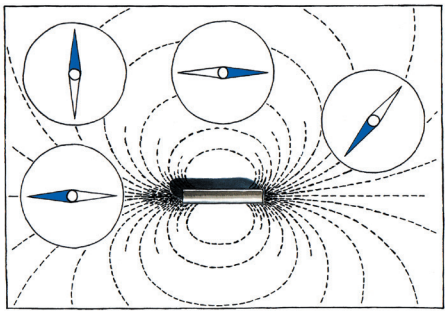


Fig. 173

174. DIE ERDE ALS MAGNET

Bild 54 zeigt die Erde mit ihren magnetischen Kraftlinien. Die gerade Linie mit N für Norden und S für Süden zeigt die geografische Achse der Erde an. Wenn die Erde eine Wirkung auf die Kompassnadel hat, dann heißt das, dass die Erde selbst ein großer Magnet ist, dessen magnetischer Südpol in der Nähe des geographischen Nordpols liegt und umgekehrt, liegt der magnetische Nordpol in der Nähe des geographischen Südpols. Das Magnetfeld umfasst die ganze Erde. Innerhalb dieses Magnetfeldes richtet sich die Kompassnadel immer nach den magnetischen Kraftlinien aus, die von Nord nach Süd laufen.

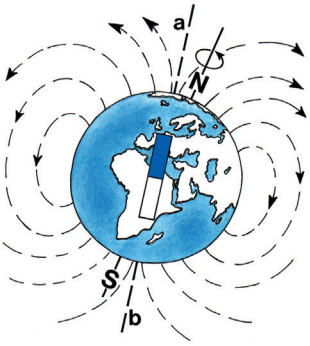


Fig. 174

175. MAGNETISCHE DEKLINATION

Die magnetischen Pole stimmen nicht exakt mit den geografischen Polen überein. Das bedeutet, dass die Kompassnadel nie ganz genau nach Norden zeigt, sondern etwas von dieser Richtung abweicht. Die gerade Linie a-b (siehe Bild 54) wird magnetischer Meridian genannt. Der Winkel zwischen dem magnetischen (a-b) und dem geografischen Meridian (N-S) nennt man magnetische Deklination.

Viele Messungen haben im Laufe der Jahre gezeigt, dass diese magnetische Deklination nicht überall auf der Erde gleich und auch nicht an jeder Stelle immer dieselbe sind. Da der Kompass für die Orientierung im internationalen Verkehr sehr wichtig ist, muss man die magnetische Deklination an bestimmten Stellen kennen. Diese ist in magnetischen Karten eingetragen.

Zubehör: 34

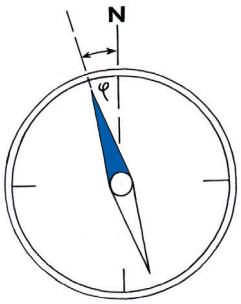


Fig. 175

176. ORIENTIERUNG MIT DER LANDKARTE

Eine Landkarte Europas auf dem Tisch ausbreiten, dann den Kompass an den Rand legen und die Karte solange drehen, bis sie mit der Kompassnadel übereinstimmt. So zeigt die Karte nach Norden. Nun kann man verschiedene Städte in Europa suchen und sehen in welcher Richtung sie liegen. Zur genauen Orientierung muss die magnetische Deklination einbezogen werden. Das ist der Winkel zwischen dem geographischen und dem magnetischen Meridian (Längengrad). In Mitteleuropa sind das ca. 4 Grad nach Westen.

Zubehör: 34, eine Landkarte von Europa

Fig. 176

177. DIE TEILUNG EINES MAGNETEN

Zuerst eine Metallstricknadel magnetisieren. Nun kann man mit dem Kompass nachweisen, dass sie einen Nord- und einen Südpol hat. Das wussten wir schon. Wenn man die Nadel jetzt durchbricht, ist jede Hälfte wieder ein richtiger Magnet mit einem Nord- und einem Südpol. Zerbricht man die einzelnen Teile weiter, dann bleibt das so. Egal wie klein die Teile werden, sie haben immer zwei Pole.

Zubehör: 10, 34, Stricknadel aus Metall

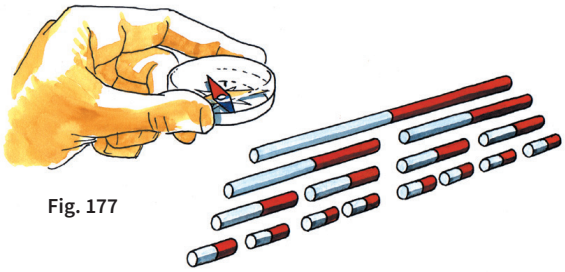


Fig. 177

178. GLEICHRICHTUNG KLEINER MAGNETE

Die Dose mit den Eisenspänen gut schütteln und durcheinandermischen, dann den Kompass auf die Dose legen. Sobald die Kompassnadel in Ruhestellung ist und Nord-Süd anzeigt, die Dose mit den Spänen und dem Kompass langsam drehen (Bild 58 links). Die Kompassnadel ändert ihre Richtung nicht. Dann den Versuch wiederholen und den Magnet auf die Dose legen. Die Dose wieder schütteln und den Inhalt mischen (Bild 58 Mitte), den Magneten wegnehmen und stattdessen den Kompass darauflegen. Die Kompassnadel geht in Ruhestellung. Wenn wir jetzt die Dose und den Kompass zusammendrehen, dreht sich die Nadel mit. Warum?

Zubehör: 3, 10, 34

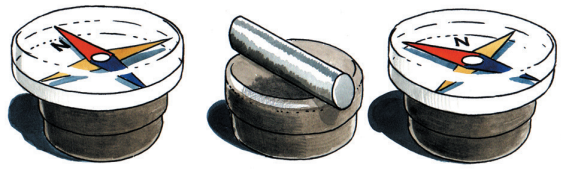


Fig. 178

179. MAGNETISCHE INDUKTION

Taucht man ein Eisenteil aus dem Baukasten in die Eisenspäne, so stellt man fest, dass keines magnetisch ist. Aber sie werden alle magnetisch, wenn ein Magnet in die Nähe kommt (Bild 59). Sobald er weggenommen wird, geht der Magnetismus verloren. Diese Wirkung des Magneten auf Objekte im Magnetfeld heißt “magnetische Induktion”.

Zubehör: 3, 10, 15

Fig.179

180. REMANENTER MAGNETISMUS

Einen Magneten an eine Eisenstange halten und die Eisenstange in eine Schachtel mit Schrauben und Muttern tauchen. Die Eisenstange zieht viele Schrauben und Muttern an, d.h. sie ist magnetisch geworden. Dann den Magneten zusammen mit der Eisenstange und den daran klebenden Schrauben und Muttern hochheben, die Eisenstange festhalten und den Magneten wegnehmen. Die meisten der daran klebenden Teile fallen herunter, d.h. die Magnetkraft in der Stange ist schwächer geworden. Aber einige Teile bleiben daran kleben, also ist noch etwas Magnetismus vorhanden. Das nennt man magnetische Remanenz, die für den Bau von Gleichstrommotoren sehr wichtig ist.

Zubehör: 5, 6, 10, 16

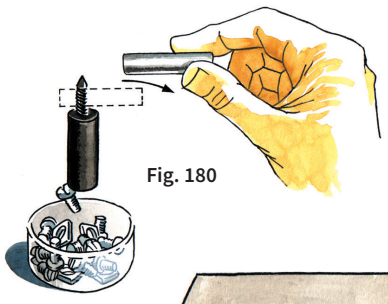


Fig. 180

181. DIE MAGNETWIRKUNG DURCH VERSCHIEDENE STOFFE HINDURCH

Bild 61 zeigt einen Versuch, bei dem sich zwischen dem Magneten und der Eisenmutter ein Stück Karton befindet.

Trotz des dazwischen liegenden Kartons wird die Mutter vom Magneten angezogen.

Die Mutter bewegt sich sogar, wenn man den Magneten bewegt. Jetzt kann man mit demselben Experiment überprüfen, ob der Magnet so stark ist, dass er durch ein Plastik- oder Holzlineal wirkt, und er die Mutter bewegen kann, wenn man sie oben auf das Lineal legt. Dieser und weitere Versuche zeigen, dass ein Magnetfeld auch durch Glas, Kupfer, Aluminium, Holz und viele andere Stoffe hindurch wirkt, jedoch nicht durch Eisen.

Zubehör: 6, 10, Karton, ein Holzlineal

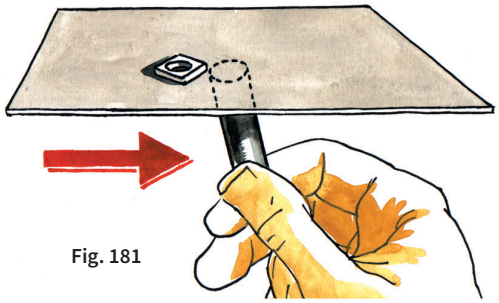


Fig. 181

182. BLOCKIERUNG DER MAGNETWIRKUNG

Um dieses Phänomen nachzuweisen, legen wir den Magneten aus dem Baukasten in eine Bonbondose aus Eisenblech. Nähert man sich mit dem Kompass, stellt man fest, dass das Magnetfeld durch die Dose erheblich abgeschwächt wird. Wenn die Wände der Dose noch dicker wären, würde die Magnetkraft völlig blockiert. Das zeigt, dass die Magnetkraft durch ein Eisenschild nach außen abgeschirmt werden kann und auch umgekehrt, Magnete von außen nicht in den abgeschirmten Bereich hineinwirken können.

Zubehör: 10, 34, Eisenblechdose

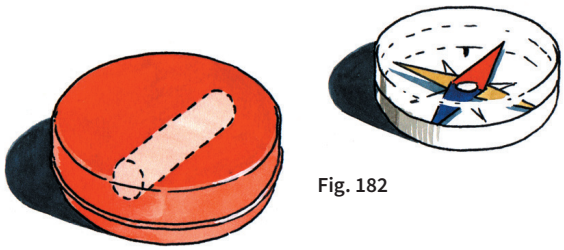


Fig. 182

183. DAS ASTATISCHE NADELPAAR

In der Technik verwendet man oft Kompassnadeln, die nicht vom Erdmagnetismus beeinflusst werden. Man nennt sie astatische Nadelpaare und sie werden folgendermaßen hergestellt. Zwei gleich lange Nähnadeln so magnetisieren, dass an den Öhren gleichnamige Pole entstehen. Dann in ein langes Papierröhrchen stecken, so dass die Pole an jeder Seite ungleich sind (Bild 63). Hängt man dieses astatische Nadelpaar dann mit einem dünnen, ungezwirnten Faden auf, richten sie sich nicht in Nord-Südrichtung aus. Astatische Nadelpaare werden beim Bau empfindlicher Galvanoskope und Galvanometer benutzt.

Zubehör: 10, zwei lange Nähnadeln, Papier, Faden

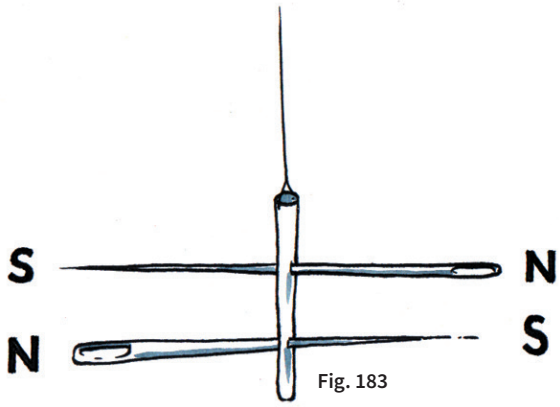


Fig. 183

184. DIE MAGNETISCHE BREMSE

Die Aluminiumglocke mit der Öffnung nach unten an den Ständer aus Versuch 20 hängen (Bild 64). (Am besten klebt man dazu starkes Papier um den Glockenrand und befestigt daran drei Fäden, um die Glocke daran aufzuhängen). Die Glocke sollte genauso hoch hängen, dass man den Magneten darunter stellen kann. Der Versuch läuft in zwei Schritten ab:

1. Den Magneten entfernen, die Glocke an der Seite mit einem Strich markieren und dreimal drehen. Während sie sich dann selbst ungehindert zurückdreht, merkt man sich die Anzahl der Umdrehungen, die sie braucht, um in die Ausgangsstellung zurückzukehren.
2. Sobald die Glocke wieder ganz ruhig hängt, den Magneten wieder darunter stellen und genauso drehen wie zuvor. Zählt man dieses Mal die Umdrehungen, so stellt man fest, dass sich die Glocke weniger oft dreht und langsamer in die Ausgangsstellung zurückkehrt als beim ersten Versuch. Warum ist das so?

Wir wissen schon, dass ein Magnet Aluminium nicht anzieht, aber der Versuch hat gezeigt, dass er wie eine Bremse wirkt. Wenn sich die Aluminiumglocke dreht, erzeugen die magnetischen Kraftlinien im Aluminium elektrischen Strom. Diesem elektrischen Feld wirkt das magnetische Feld entgegen, daher kommt die Bremswirkung.

Zubehör: (20), 10, 13, Bindfaden, Kartonpapier

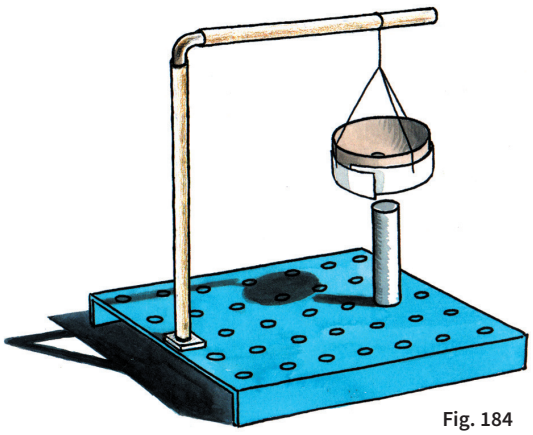


Fig. 184

185. DER SCHIFFSKOMPASS

Ein Schiffkompass ist etwas anders als der bisher benutzte. Nun wollen wir versuchen, das Modell eines solchen Schiffskompasses herzustellen. Aus dünnem Karton einen Kreis mit ca. 10 cm Durchmesser ausschneiden und darauf eine Windrose zeichnen. Außerdem am Rand, ausgehend von N (Nord) eine Skala mit 360 Grad auftragen. Dann an dieser Kompassscheibe die Kompassnadel aus Versuch 49 mit zwei Papierstreifen befestigen; der Nordpol der Nadel sollte über dem N der Kompassscheibe zu stehen kommen. Diesen Kompass dann mit einem dünnen ungezwirnt Faden an das Gestell von Versuch 20 hängen. Jetzt dreht sich wahrscheinlich nicht nur die Kompassnadel, sondern auch die Kompassscheibe. Nach einiger Zeit kommt die Kompassnadel zur Ruhe und zeigt in Nord-Südrichtung. Nun ein Buch mit einem kleinen Papierstreifen, der eine senkrechte Linie hat und nach oben gebogen ist, unter den Kompass legen. Das Buch übernimmt die Rolle des Schiffs. Wenn der Kapitän jetzt die Anweisung gibt: “Kurs 8 Grad West”, dreht der Steuermann das Steuerrad und damit das ganze Schiff so, dass die senkrechte Linie mit dem achten Grad West des Kompasses übereinstimmt, während die Nadel weiterhin nach Norden zeigt. Damit auch dann nichts schiefgeht, wenn das Schiff stark schwankt, ist der Schiffskompass an einem Doppelgelenk aufgehängt, dem sogenannten kardanischen Gelenk.

Zubehör: (20), (49), Faden, Papier, Karton und ein Buch

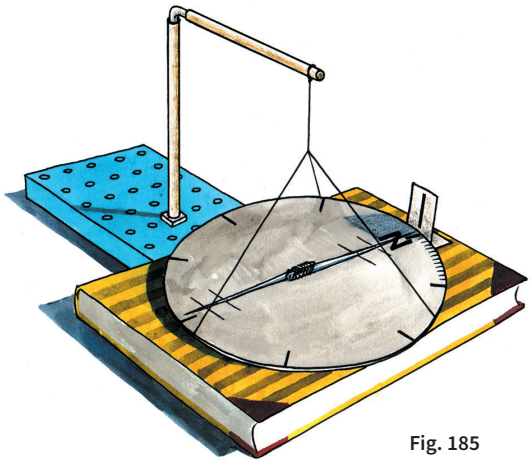


Fig. 185

186. DIE MAGNETISCHE DEVIATION

Befolgt man die Anweisungen des Kapitäns aus dem vorstehenden Versuch, dann fährt das Schiff nicht mehr genau nach Norden, sondern mit einem Kurs von 8 Grad West. Jetzt nähern wir uns dem Kompass mit einem großen Hammer oder einem anderen eisernen Gegenstand. Da sich Eisen und Magnet gegenseitig anziehen, zieht der Hammer die Kompassnadel an und das Schiff weicht vom Kurs ab. Solche Störungen können auf jedem Schiff auftreten und heißen magnetische Deviationen oder Abweichungen. Sie werden hauptsächlich vom Schiff selbst verursacht, weil es eiserne Bauteile hat. Das gleiche gilt für die Antriebsmotoren. Auch die Fracht kann Störungen verursachen, wenn sie Eisen, Nickel oder Kobalt enthält. Um sich vor magnetischer Deviation zu schützen, besitzt der Schiffskompass bewegliche Stabmagneten und bewegliche Eisenkugeln. Bei unserem Modell kann man die Deviation dadurch ausgleichen, dass man von der anderen Seite ein Stück Eisen oder einen kleinen Magneten in die Nähe der Nadel bringt, bis sie wieder in ihre ursprüngliche Stellung zurückkehrt und das Schiff wieder Kurs 8 Grad West hat.

Zubehör: (65), ein Hammer

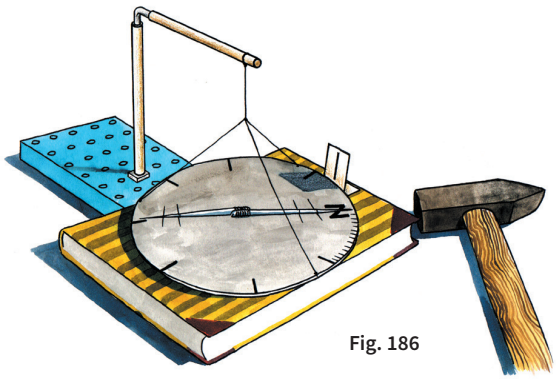


Fig. 186

187. SCHWIMMENDE KOMPASSNADELN

Man kann einen sehr interessanten Versuch durchführen, um die Folgen des gegenseitigen Abstoßens und der Anziehung magnetischer Pole zu verdeutlichen: sechs Nähnadeln werden in der gleichen Richtung magnetisiert. Sechs gleich große Korkstückchen schneiden und durch jedes eine der magnetisierten Nadeln halb hindurchstecken. In einem großen, nicht magnetischen Behälter mit Wasser schwimmen lassen. Dabei müssen die Öhre der Nadeln alle nach unten ins Wasser und die Spitzen nach oben gerichtet sein. Jetzt ist jede Nadel ein schwimmender Magnet. Da die gleichnamigen Pole alle auf der gleichen Seite sind, stoßen sie einander ab, aber nur für kurze Zeit. Ihr Abstoßen wird durch Anziehungskräfte zwischen den Ohren und den Spitzen der Nadel ausgeglichen, da dies ja ungleiche Pole sind. Durch diese Anziehung und das Abstoßen bilden die Nadeln immer wieder neue Formationen. Den Versuch kann man mit 5, 4 oder 3 Nadeln wiederholen. Achtung: der Behälter sollte groß genug und nicht aus Eisen sein.

Zubehör: 10, Wasserbehälter, sechs Nähnadeln, sechs kleine Korken

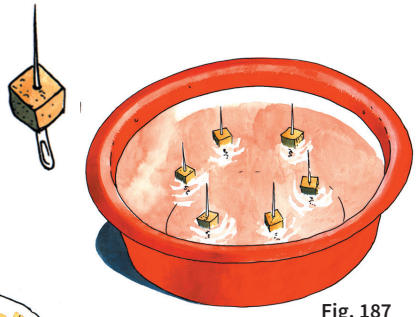


Fig. 187

188. DAS MAGNETISCHE DREHFELD

Einen an einem Faden aufgehängten Magneten acht- bis zehnmal in die gleiche Richtung drehen und dann loslassen. Im Abstand von einigen Zentimetern den Kompass direkt unter den Magneten stellen.

Die Kompassnadel dreht sich, solange der Magnet sich dreht, denn jede Drehung des Magneten bedeutet auch eine Drehung des Magnetfeldes.

Zubehör: 10, 34, Papier, Faden

Fig. 188

BATTERIEN UND ELEMENTE

189. DIE BATTERIE

Man kann diese Batterie in vielen Läden kaufen. Sie sieht aus wie eine kleine Schachtel. Zwei Metallknöpfe stehen oben heraus. Das sind die beiden Pole: Der kleinere ist der positive Pol „+“ und der größere ist der negative Pol „-“. Die Batteriepole sollten möglichst wenig berührt werden, damit die Batterie nicht gleich leer wird. Die beiden Pole nicht miteinander kurzschließen.

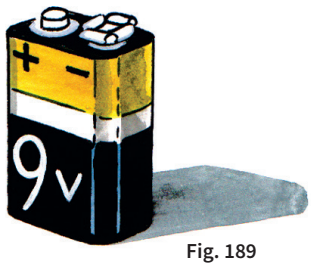


Fig. 189

190. FUNKTIONSPRÜFUNG DER BATTERIE

Der Baukasten enthält einige Geräte, mit denen man die Funktion der Batterie prüfen kann. Das sind die elektrische Glühbirne und das Galvanoskop. Leuchtet die Glühbirne oder bewegt sich das Galvanoskop bei Berührung mit der Batterie, ist sie fehlerfrei. Bei Dauerprüfung wird die Batterie schnell leer.

Zubehör: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, eine Batterie

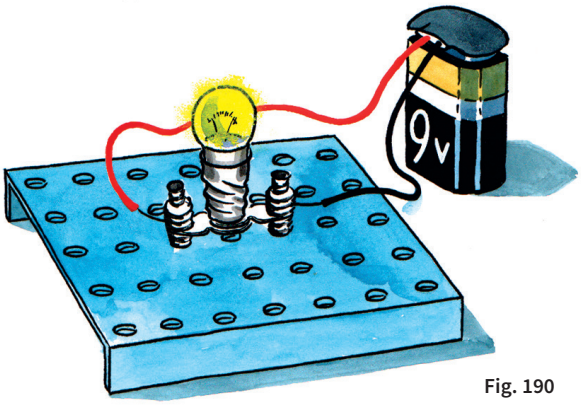


Fig. 190

191. DIE ELEKTRISCHE GLÜHBIRNE

Folgender Versuch erklärt, wie eine Glühbirne funktioniert:

Zwei Nägel mit 1 cm Abstand in ein Holzbrett schlagen und dazwischen einen 0,1 mm dicken Eisendraht spannen. Verbindet man den Eisendraht mit den Klemmen einer neuen Batterie, wird er rot (Bild 71 links). Würde man den elektrischen Strom von zwei Batterien benutzen, würde der Draht verbrennen. Elektrische Glühbirnen sind nach dem gleichen Prinzip gebaut. Der luftleere Glaskolben enthält einen sehr dünnen Wolframfaden, das ist ein Metall mit einem sehr hohen Schmelzpunkt. Wird Strom durch den Faden geleitet wird er weißglühend, er kann aber nicht brennen, weil der Glaskolben keinen Sauerstoff enthält, sondern mit dem Edelgas Argon gefüllt ist. Elektrische Glühbirnen sind sehr zerbrechlich und dürfen nicht herunterfallen oder geschüttelt werden, insbesondere nicht, wenn sie brennen. Die Spannungsangabe am Sockel sollte immer genau beachtet werden. Die Glühbirne aus dem Baukasten kann an eine 9 V Batterie angeschlossen werden. Bei höheren Spannungen brennt der Faden durch.

Zubehör: Holzbrett, zwei Nägel, Eisendraht, Taschenlampenbatterie

ACHTUNG:

- Die Batterie ist kurzgeschlossen.
- Die Batterie nur kurze Zeit anschließen - nur solange, bis der Versuch verstanden wurde.
- Aufpassen, dass man sich nicht die Finger verbrennt.

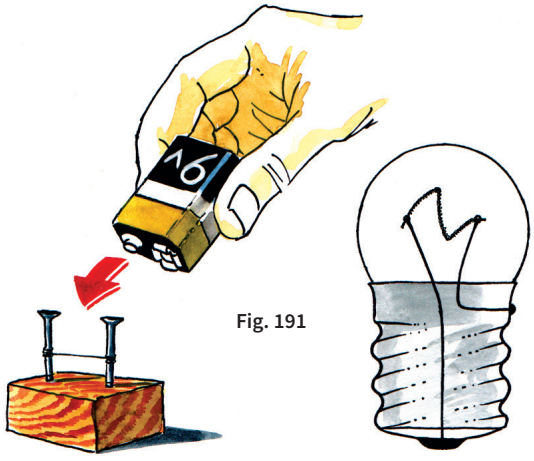


Fig. 191

192. DAS INNERE DER ALKALINE BATTERIE

Eine 9 V Batterie besteht aus sechs Zellen oder Elementen. Die einzelnen Zellen sind wie folgt verbunden:

Die erste Zinkzelle ist frei (der negative Pol),
die erste Kohlezelle ist mit dem Zink der zweiten verbunden,
die Kohle der zweiten mit dem Zink der dritten und die Kohle der dritten und so weiter,
die letzte Kohlezelle ist frei (der positive Pol).
Zwei Klemmen ragen aus der Batterie heraus: die kleinere ist der positive Pol, (die erste Zinkzelle) und die größere der negative Pol (die letzte Kohlezelle).

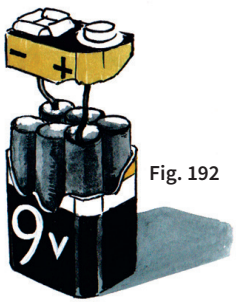


Fig. 192

193. VERBRAUCHTE BATTERIEN

Batterien funktionieren nur für einen bestimmten Zeitraum. Wenn sie leer oder zu schwach geworden sind, wirft man sie meistens weg. Was verbraucht sich an der Batterie? Die Zinkbehälter verrosten und die Salmiaklösung trocknet aus. Die Beutel mit dem Kohlestab und das Mangandioxydpulver bleiben völlig intakt. Altbatterien immer nur in die dafür vorgesehenen Abfallbehälter werfen.

Fig. 193

194. ELEKTRIZITÄT AUS FROSCHSCHENKELN

Im Jahr 1791 wurde ein berühmter Versuch von Luigi Galvani, Anatomieprofessor an der Universität Bologna, veröffentlicht. Er befestigte einen Kupferhaken mit zwei Froschbeinen an Eisenstäben. Die Froschschenkel schaukelten im Wind und berührten dabei manchmal die Eisenstäbe. Immer, wenn sie diese berührten, zuckten sie stark zusammen, als wäre es ein lebendiger Frosch. Galvani meinte, dass das Zucken durch Elektrizität in den Tierkörpern verursacht würde. Viele andere Wissenschaftler teilten damals seine Meinung. Nur Alexander Volta nicht, er war Physikprofessor an der Universität Pavia. Er meinte auch, dass das Zucken elektrisch bedingt sei, aber er war nicht der Ansicht, dass es die "tierische Elektrizität" sei. Er behauptete, dass die Bewegung durch Elektrizität verursacht würde, die durch den direkten Kontakt von zwei verschiedenen Metallen, Eisen und Kupfer, auf der einen Seite entstünde, während die beiden Metalle auf der anderen Seite indirekt über den feuchten Körper verbunden waren, der aber nicht unbedingt ein Tierkörper sein müsste. Der Meinungsstreit zwischen Volta und den Anhängern von Galvani dauerte viele Jahre. Erst 1799 konnte Volta ein Gerät bauen, mit dem er seine Theorie beweisen konnte. Jetzt können wir es nachbauen, aber vorher müssen wir uns noch mit dem Gerät zur Feststellung von Elektrizität befassen, dem sogenannten Galvanoskop.

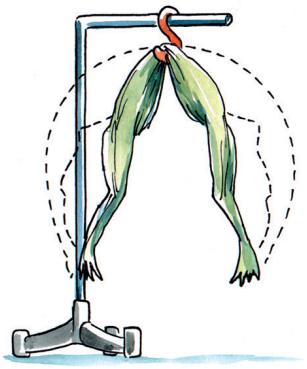


Fig. 194

195. DAS GALVANOSKOP

Das Galvanoskop aus dem Baukasten besteht aus drei Teilen: dem Kompass (K), einer Unterlage (P) und einer Spule (R). Außer der rot-blauen Kompassnadel hat der Kompass ja noch eine gelbe Nadel. Zum Messen schiebt man den Kompass und die Unterlage in die Spule und dreht die Unterlage solange, bis die gelbe Nadel auf E (oder W) steht. In der Nähe des Galvanoskops darf kein Magnet oder Eisenteil liegen.

Zubehör: 1, 34

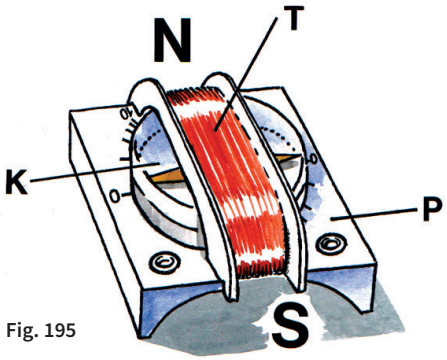


Fig. 195

196. VOLTAS ENTDECKUNG

Die Zinkplatte (Zn) und die Kupferplatte (Cu) aus dem Baukasten mit feinem Sand abschmirgeln, gut sauber wischen und mit zwei Anschlussdrähten mit dem Galvanoskop verbinden (siehe Bild 76). Der gelbe Zeiger des Galvanoskops sollte auf E (oder W) stehen. Nun ist alles bereit für die folgenden Versuche:

1. Zwischen die beiden Platten ein Stück Zeitungspapier schieben. Der Galvanoskop Zeiger bewegt sich nicht.
2. Das Zeitungspapier mit Leitungswasser befeuchten. Der Galvanoskop Zeiger bewegt sich und zeigt so an, dass elektrischer Strom durch das Galvanoskop fließt.
3. Nun die beiden Pole umkehren (d.h. der an die Zinkplatte angeschlossene Draht wird an die Kupferplatte angeschlossen und umgekehrt). Der Galvanoskop Zeiger schlägt wieder aus, aber diesmal in die andere Richtung.
4. Beide Platten kräftig aufeinanderpressen, dann schlägt der Zeiger stärker aus.
5. Verkleinert man die Kontaktflächen der Platten, schlägt der Zeiger schwächer aus.

Voltas Versuch war etwas anders als der eben Gezeigte. Damals gab es noch kein Galvanoskop, das so schwache elektrische Ströme messen konnte. Volta wies den elektrischen Strom mit der sogenannten Voltaschen Säule nach. Er stapelte abwechselnd ein Zink- und ein Kupferblättchen übereinander und legte dazwischen jeweils ein Stück nassen Stoff. Insgesamt stapelte er in dieser Art ungefähr 60 Plättchen aufeinander, in der Säule waren die beiden unterschiedlichen Metalle nur durch die Flüssigkeit im dazwischen liegenden Stoff in Kontakt. Volta erkannte, dass durch diesen Kontakt ein elektrischer Strom entstand. Diese einfache Erfindung (eine Art Batterie) war das erste Gerät, mit dem ein Mensch elektrischen Strom produziert hatte und machte Volta zu einem unsterblichen Wissenschaftler. Ihm zu Ehren wurde die Einheit zur Messung der Stromspannung "Volt" genannt und das entsprechende Messgerät heißt Voltmeter. Das Plattenpaar, das eingangs genannt wurde ist eine Voltazelle oder Voltaelement. Seit Voltas Entdeckung wurden viele verschiedene Zellen hergestellt. Sie sind alle nach Galvani benannt, daher heißen sie galvanische Zellen oder Elemente.

Zubehör: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, Papier, Wasser

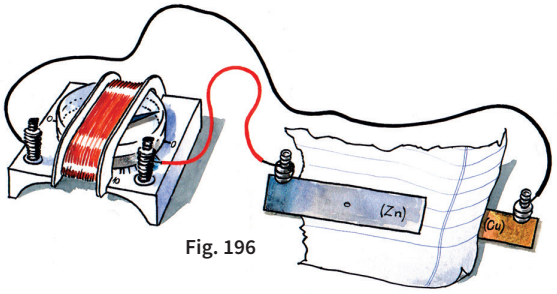


Fig. 196

197. EINE STROMZELLE AUS KUPFER, ZINK UND SALZWASSER

Die Kupfer- und die Zinkplatte in ein Glas Salzwasser stellen und mit den beiden Verbindungsdrähten an das Galvanoskop anschließen. Der Galvanoskop Zeiger wird stark ausschlagen und anzeigen, dass Strom fließt.

Zubehör: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, ein Glas Wasser, Salz

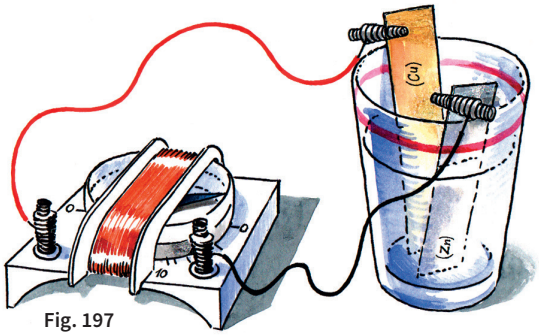


Fig. 197

198. POLARISATION UND DEPOLARISATION

1. Ein Element aus Zink, Kupfer und Salzlösung an das Galvanoskop anschließen wie in Versuch 77 beschrieben. Jetzt den Galvanoskop Zeiger genau beobachten. Zuerst schlägt er aus und zeigt, dass im Element Strom erzeugt wird, aber dann fällt er langsam wieder auf null. Das bedeutet, dass der elektrische Strom wieder abfällt. Fügt man Salz hinzu, steigt der elektrische Strom wieder an, aber nur für kurze Zeit. Warum nimmt der elektrische Strom immer wieder ab? Durch die Zersetzung des aufgelösten Salzes entstehen Wasserstoffbläschen, die sich auf der Kupferplatte absetzen und den Prozess, der in der Zelle abläuft behindern. Diesen Vorgang nennt man Polarisation.
2. Entfernt man die Bläschen mit einem Stöckchen oder einem Stück Stoff, erzeugt das Element wieder elektrischen Strom.
3. Nun einen Teil der Salzlösung abgießen und die Zelle mit feinem, sauberem Sand füllen. Jetzt erzeugt sie länger elektrischen Strom, denn die Wasserstoffbläschen verbinden sich mit dem Sauerstoff in der Luft und im Wasser, weil zwischen den Sandkörnern Luft ist. Damit kann man die Polarisation verhindern, das heißt, Sand ist ein Depolarisator.

Zubehör: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, ein Glas Wasser, Salz, Sand

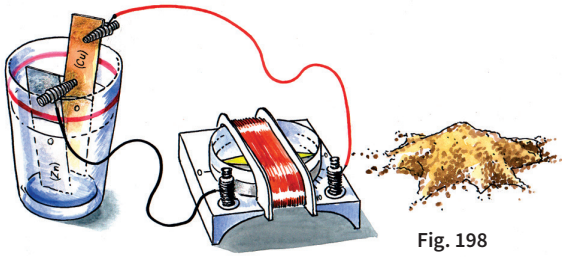


Fig. 198

199. DAS LECLANCHE ELEMENT

Eine 9 V Batterie besteht aus sechs Leclanché-Elementen, bei denen das Zink den negativen Pol, Kohle den positiven Pol und Manganoxyd den Depolarisator darstellt. Der Elektrolyt (die Flüssigkeit zwischen den Polen) ist eine Lösung aus Salmiak und Wasser im Verhältnis 1:3. Diese Lösung ist mit einem Bindemittel versetzt, damit sie nicht flüssig ist. Das ist die sogenannte Trockenbatterie.

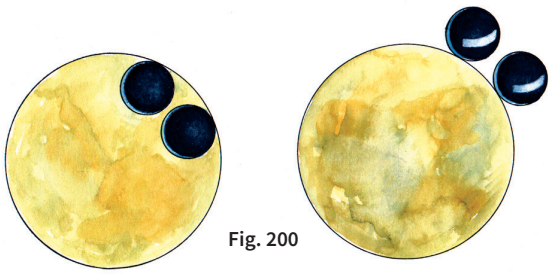


Fig. 200

200. WIE IN DER ZELLE ELEKTRISCHER STROM ERZEUGT WIRD

Unter dem Einfluß der elektrischen Kräfte zwischen Flüssigkeiten (dem Elektrolyten) und Metallen (den Polen), geben die Metalle positive Ionen ab. Dadurch entsteht bei den Metallen, in diesem Fall der Zinkplatte, ein Überschuss von Elektronen. Verbindet man nun Zink und Kohle (oder Kupfer wie im vorherigen Versuch) mit einem externen elektrischen Leiter, wandern die Elektronen vom Zink, wo sie überzählig sind, zum Kupfer, wo es weniger gibt.
Durch diese Bewegung der Elektronen entsteht elektrischer Strom. Aber, was sind Ionen? Wie schon erklärt, bestehen Stoffe aus Molekülen und Atomen, diese wiederum bestehen aus einem Kern, um den Elektronen kreisen. Jedes Atom hat eine bestimmte Anzahl von Elektronen. Manchmal verliert jedoch ein Atom oder eine Gruppe von Atomen einige Elektronen, die so zum Ion werden. Das gleiche geschieht, wenn ein Atom oder eine Gruppe von Atomen mehr Elektronen bekommt, als sie braucht. Im ersten Fall ist das Ion positiv, im zweiten negativ.

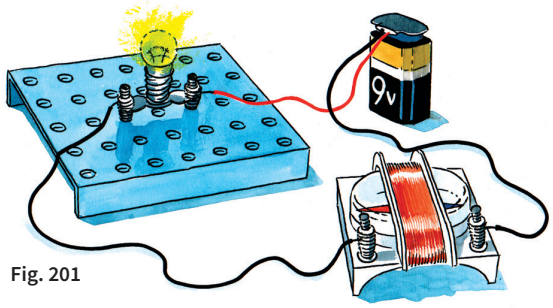


Fig. 201

201. DER STROMKREIS

Bild 81 zeigt den Stromkreis der zwischen einer Batterie, einer Glühbirne und einem Galvanoskop besteht, sowie die zugehörigen Verbindungsdrähte. In diesem Fall fließt der Strom von der Batterie zur Glühbirne, dann von der Glühbirne zum Galvanoskop und von dort wiederum zur Batterie. Solange der Strom fließt, leuchtet die Glühbirne und der Zeiger des Galvanoskops wird abgelenkt. Wird der Stromkreis jedoch unterbrochen, fließt der Strom nicht mehr.
Zubehör: 1, 4 x 7, 8, 14, 33, 34, 35, eine Batterie

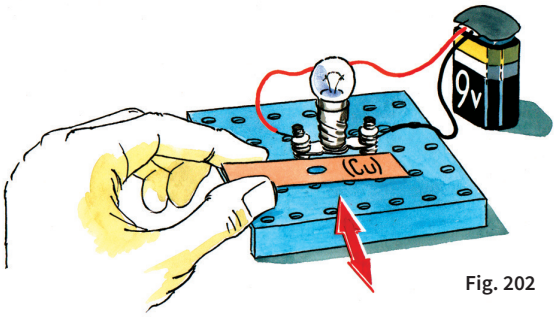


Fig. 202

202. DER KURZSCHLUSS

Stelle mit der Glühbirne und der Batterie einen geschlossenen Stromkreislauf wie in Bild 82 gezeigt, her. Die Glühbirne leuchtet auf. Sobald jedoch die beiden Batteriepole mit Kupferplatte oder einem anderen metallenen Gegenstand berührt werden, erlischt sie. Das nennt man einen Kurzschluss. Danach verbraucht sich die Batterie sehr schnell, weil ein sehr starker Strom ohne Widerstand (über den Kurzschluss brücke) von ihrem negativen zum positiven Pol geflossen ist. Um eine Batterie recht lange benutzen zu können, sollte man jeden Kurzschluss vermeiden.
Zubehör: 2 x 7, 8, 14, 24, 33, 35, eine Batterie

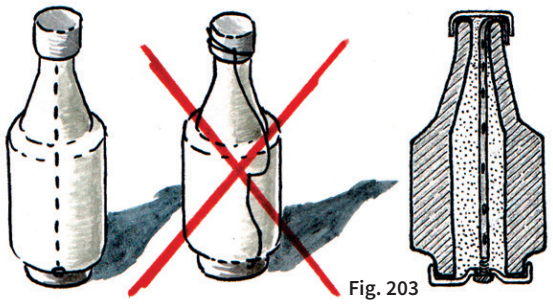


Fig. 203

203. DIE SICHERUNG

Die Spannung des Stroms, den wir im Haushalt vom Netz bekommen, beträgt 220 V. Um Schäden durch Kurzschluss zu vermeiden, sind in die elektrischen Leitungen Sicherungen eingebaut. Sie befinden sich über dem Stromzähler und können entweder elektromagnetisch oder thermisch ausgelöst werden. Wir befassen uns kurz mit der thermischen Sicherung. Eine thermische Sicherung (Bild 83) besteht aus einem Keramikzylinder (1), der einen in Sand (2) eingebetteten dünnen Draht (3) enthält, der mit zwei Metallkappen und einer kleinen Feder verbunden ist. Der Draht erhitzt sich bei einem Kurzschluss so stark, dass er schmilzt. Dann muss man zunächst die Ursache im Netz suchen. Die Sicherung kann durchgebrannt sein, weil das Netz überladen wurde (ein Stromstoß überlastete die maximale Leistungsfähigkeit) oder, durch einen Kurzschluss, bei dem Verbindungsdrähte in direkten Kontakt geraten sind. Hat man die Ursache beseitigt, setzt man sofort eine neue Sicherung ein. Es ist verboten und auch sehr gefährlich, eine durchgebrannte Sicherung, wie in Bild 83 rechts gezeigt, mit einem Draht reparieren zu wollen. Dadurch könnte ein Brand oder ein nachhaltiger Schaden an elektrischen Geräten entstehen.

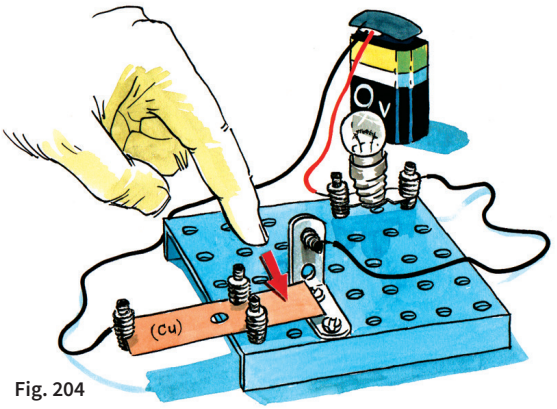


Fig. 204

204. EIN ELEKTRISCHER “SCHALTKNOPF”

Bild 84 zeigt einen elektrischen “Schaltknopf” und seine Verbindung mit einer Batterie und einer Glühbirne. Drückt man den Knopf, ist der Stromkreis geschlossen, Die Glühbirne leuchtet, solange der Knopf gedrückt ist.
Solche Knöpfe kann man z.B. bei einer Nachttischlampe einsetzen oder auch bei einer Klingel.
Zubehör: 2 x 5, 2 x 6, 6 x 7, 8, 14, 24, 28, 33, 35, eine Batterie

205. TELEGRAPHIEREN MIT LICHT

Der im Versuch 84 hergestellte Schaltknopf kann auch zum Telegraphieren benutzt werden. Die Nachricht wird mit dem Morsealphabet durch lange und kurze Lichtsignale übermittelt (Bild 85). Der Vorteil des Lichttelegraphierens ist, dass man dazu keine Leitungen benötigt. Der Nachteil ist, dass es nur innerhalb der Sichtweite und nur nachts funktioniert. Wenn die Nachricht geheim bleiben soll, dann kann man die Lichtreichen kodieren oder chiffrieren.

A • −	J • − − −	S • • •	1 • − − − −
B − • • •	K − • −	T −	2 • • − − −
C − • − •	L • − • •	U • • −	3 • • • − −
D − • •	M − −	V • • • −	4 • • • • −
E •	N − •	W • − −	5 • • • • •
F • • − •	O − − −	X − • • −	6 − • • • •
G − − •	P • − − •	Y − • − −	7 − − • • •
H • • • •	Q − − • −	Z − − • •	8 − − − • •
I • •	R • − •		9 − − − − •
			0 − − − − −

Fig. 205

206. EIN SCHALTER

Der elektrische Schaltknopf aus Versuch 84 ist für Einrichtungen sinnvoll, bei denen der Stromkreis nur kurzgeschlossen werden soll, z.B. beim Lichttelegraphieren oder einer elektrischen Klingel. Will man den Stromkreis für längere Zeit schließen, braucht man einen Schalter. Das Grundprinzip dafür zeigt Bild 86. Dreht man den Schalthebel nach links, ist der Stromkreis geschlossen und die Birne leuchtet, bis er nach rechts bewegt wird. Bei den elektrischen Installationen im Haus werden die Schalthebel, die in isolierten Gehäusen untergebracht sind, immer in die gleiche Richtung gedreht. Man darf die Metallteile des Schalters nie mit der Hand anfassen, da sie unter hoher Spannung stehen.

Zubehör: 3 x 5, 3 x 6, 4 x 7, 8, 14, 24, 2 x 28, 33, 35, eine Batterie

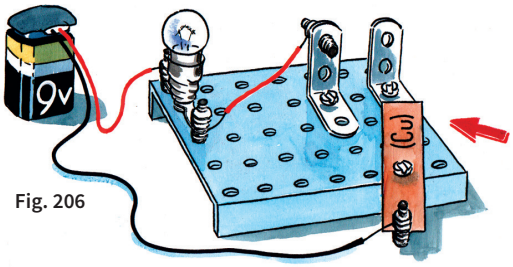


Fig. 206

207. EIN SCHALTER FÜR ZWEI GLÜHBIRNEN

Man kann mit dem gleichen Schalter mehrere Glühbirnen an- und ausschalten. Bild 87 zeigt zwei Birnen, die abwechselnd aus der gleichen Batterie gespeist werden. Man braucht einen ähnlichen Schalter für drei Birnen z.B. bei Verkehrsampeln, bei denen rot, gelb und grün abwechselnd aufleuchten.

Zubehör: 3 x 5, 3 x 6, 7 x 7, 8, 2 x 14, 24, 2 x 28, 33, 2 x 35, eine Batterie

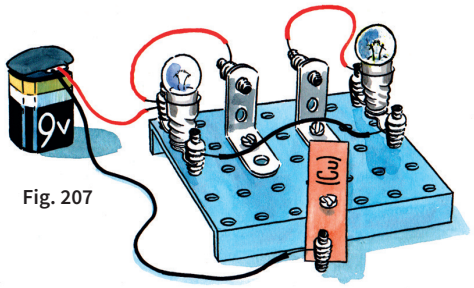


Fig. 207

208. ZWEI SCHALTER FÜR EINE GLÜHBIRNE

Welche Art von Installation brauchen wir, wenn eine Birne im Treppenhaus hängt und vom Erdgeschoß und vom ersten Stock aus an- und ausgeschaltet werden soll? Dazu braucht man zwei Schalter, eine Glühbirne, eine Stromquelle (in diesem Fall die Batterie) und entsprechende Verbindungsdrähte. Mit den Teilen aus dem Baukasten baut man zwei Schalter, an jeder Seite des Sockels einen. Bild 88 zeigt, wie sie miteinander und mit der Glühbirne und der Batterie verbunden sind. Mit jedem Schalter kann man an- und ausschalten. Außerdem kann man die Birne mit dem einen Schalter an- und mit dem anderen ausschalten. Diese Art der Installation nennt man eine korrespondierende Installation.

Zubehör: 6 x 5, 6 x 6, 8 x 7, 8, 14, 23, 24, 4 x 28, 33, 35, eine Batterie

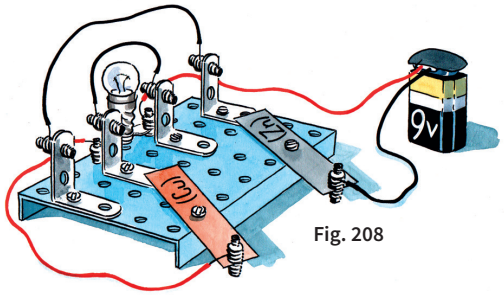


Fig. 208

209. PARALLELGESCHALTETE GLÜHBIRNEN

1. Drei gleich starke Glühbirnen an die Batterie anschließen. Sobald der Stromkreis geschlossen ist, leuchten sie gleich hell auf. Wieviel Strom wird verbraucht?
Die Batteriespannung beträgt 9 V Jede der Glühbirnen verbraucht 0,05 A.
Die elektrische Leistung ist
P = 9 (3 x 0,05) = 1,35 W
2. Schraubt man eine der Glühbirnen los, glühen die anderen weiter. Im Haus wird meistens eine Parallelschaltung für Glühbirnen eingesetzt.

Zubehör: 6 x 7, 8, 3 x 14, 33, 3 x 35, eine Batterie

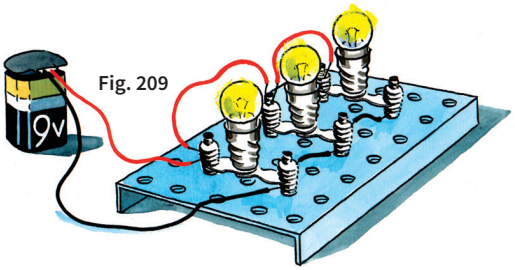


Fig. 209

210. IN REIHE GESCHALTETE GLÜHBIRNEN

1. Drei Glühbirnen in Reihe (d.h. nacheinander) an die Batterie anschließen. Eine Glühbirnen allein leuchten ganz hell, zwei in Reihe geschaltete Birnen, leuchten schon weniger hell und drei in Reihe geschaltete Glühbirnen sind kaum erkennbar. Im ersten Fall beträgt die Batteriespannung 9 V und es fließt ein Strom von 0,05 A durch die Birne. Bei zwei in Reihe geschalteten Birnen, muss die Spannung doppelt und bei dreien dreimal so hoch sein, wie für eine einzige.
2. Schraubt man eine der in Reihe geschalteten Glühbirnen los, gehen auch die anderen aus, weil der Stromkreis unterbrochen wurde.

Zubehör: (89)

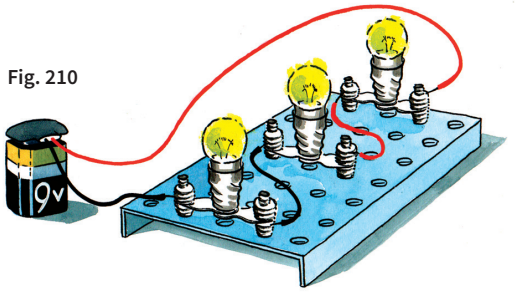


Fig. 210

211. ERHÖHUNG DER BATTERIESPANNUNG

1. Im Versuch 72 wurde das Innere einer Batterie beschrieben. Sie besteht aus sechs Zellen, in denen Kohlestäbe die Funktion von positiven Elektroden, und Zinkbehälter und der Elektrolyt (Salmiaklösung) die von negativen Elektroden haben. Das Manganoxyd ist der Depolarisator. Diese Zellen sind in Reihe geschaltet. Die Spannung jedes einzelnen Elements beträgt 1,5 V, somit hat die gesamte Batterie eine Spannung von 6 x 1,5 = 9 V
2. Schaltet man zwei Batterien parallel wie in Bild 91 rechts, hat die neue Batterie eine Spannung von 2 x 9 V = 18 V.

Zubehör: zwei Batterien

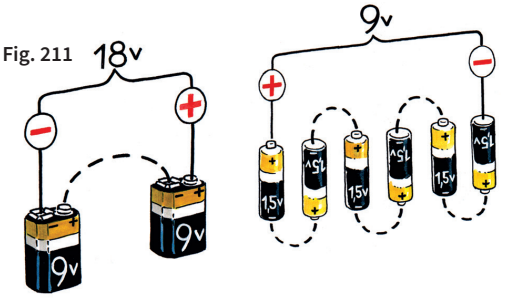


Fig. 211

212. ERHÖHUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT DER BATTERIE

Eine neue Batterie, die den nötigen Strom für 3 Glühbirnen, die je 0,05 A verbrauchen, kaufen. Braucht man eine stärkere Stromquelle, kann man mehrere Batterien parallelschalten (wie in Bild 92 gezeigt). Obwohl die Spannung jeder einzelnen Batterie und aller Batterien zusammen 9 V beträgt, sich also nicht verändert, erhöht sich die Ampereleistung, d.h. die Stromstärke und somit die Leistungsfähigkeit der parallelgeschalteten Batterien.

Zubehör: 33, 3 Batterien

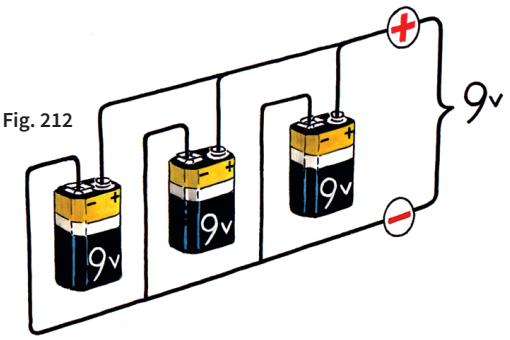


Fig. 212

213. DIE FORTPFLANZUNGSGESCHWINDIGKEIT ELEKTRISCHER SIGNALE

Ein elektrisches Signal kann die Erde in einer Sekunde siebenmal umrunden. Das heißt, die Geschwindigkeit der Elektrizität beträgt 300.000 km pro Sekunde. Der in Bild 93 abgebildete Versuch ist in Wirklichkeit undurchführbar. Das Bild soll nur verdeutlichen wie schnell die Elektrizität ist.

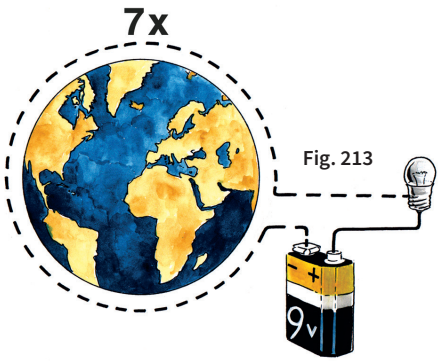


Fig. 213

214. PRÜFUNG DER LEITFÄHIGKEIT

Aus den Teilen des Baukastens kann man eine Vorrichtung zur Prüfung der Leitfähigkeit verschiedener Stoffe herstellen (wie in Bild 94 gezeigt).
1. Grobprüfung: Der zu prüfende Gegenstand wird auf die Vorrichtung gelegt. Er sollte beide Platten berühren, weil sonst der Stromkreis nicht geschlossen ist. Wenn die Glühbirne aufleuchtet, ist der zu prüfender Gegenstand leitfähig. Man kann es mit einem Bleistift probieren, einem Stück Karton und die Ruhestatt aus dem Baukasten. Bei keinem dieser Gegenstände leuchtet die Birne auf, das heißt also, dass sie Isolatoren sind. Ganz kann das jedoch nicht stimmen, denn im Versuch 18 haben wir gesehen, dass man ein geladenes Elektroskop mit einem Bleistift entladen kann. Wie lässt sich dieser Widerspruch erklären? Nun, hier ist die Spannung jetzt 9 V, aber beim Versuch 18 waren es viele hundert Volt. Ob Gegenstände leitfähig sind oder nicht, hängt nicht nur von seiner Zusammensetzung ab, sondern auch von der Spannung. Daher gibt es keine idealen Isolatoren oder ideale Leiter. Nur gute Isolatoren und gute Leiter. Gute Leiter sind z.B. Silber, Kupfer und Aluminium.
Gute Isolatoren sind: Glas, Gummi, Porzellan, Polyäthylen und einige andere.
2. Nun ersetzt man die Glühbirne in der beschriebenen Versuchsanordnung durch das Galvanoskop. Bei der Prüfung der Leitfähigkeit des Rheostatdrahte wird der Zeiger wieder ausschlagen, das bedeutet, dass der Konstantandraht des Rheostats zwar ein Leiter ist, aber kein so guter wie ein Kupferdraht.
3. Jetzt kann man noch die Leitfähigkeit einer Kartoffel prüfen. Eine größere Kartoffel halbieren und eine Hälfte auf die Metallplatte des Prüfgeräts legen. Wahrscheinlich geht die Lampe nicht an, aber der Galvanoskop Zeiger schlägt aus und beweist, dass durch die Kartoffel Elektrizität fließt; je größer die Kontaktfläche und je größer der Druck, umso größer die Leitfähigkeit.
Man sollte auf keinen Fall defekte elektrische Drähte des Netzes oder auch des Telefonnetzes berühren. Ganz besonders gefährlich ist eine Berührung von Hochspannungsleitern mit nassen Händen oder wenn man nasse Dinge in der Hand hält (z.B. beim Drachensteigen).
Zubehör: 2 x 5, 2 x 6, 4 x 7, 8,14, 23, 24, 33, 35, eine Batterie und verschiedene Gegenstände

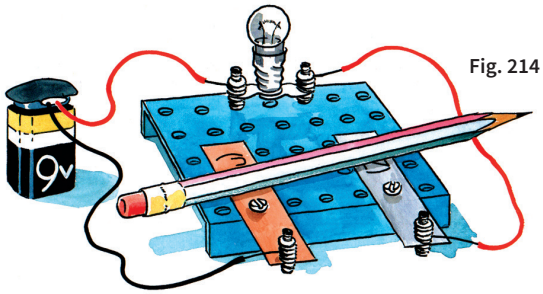


Fig. 214

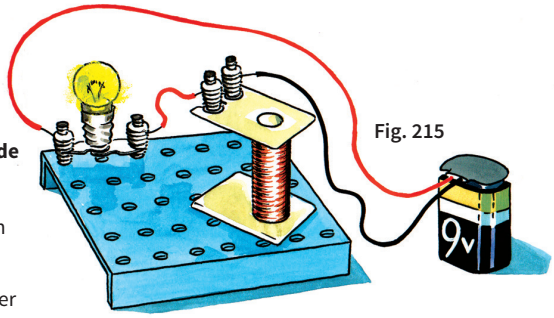


Fig. 215

215. WIDERSTAND EINES LEITERS

1. Mit einer Glühbirne, einer Spule und einer Batterie einen geschlossenen Stromkreis herstellen (wie in Bild 95 gezeigt). Die Glühbirne leuchtet ganz schwach. Es liegt auf der Hand, dass durch den langen dünnen Draht der Spule weniger Strom fließt als durch den dickeren und kürzeren Verbindungsdraht. Wird die Spule aus dem Stromkreis genommen, leuchtet die Glühbirne wieder ganz stark. Der Leiter setzt dem Strom Widerstand entgegen. Den gleichen Versuch kann man nun mit der Spule des Galvanoskops und des Rotors durchführen.
2. Eine Glühbirne, eine Spule und eine Batterie zu einem geschlossenen Stromkreis zusammenschließen.
Die Glühbirne leuchtet sehr schwach, aber jetzt gibt es noch ein anderes Phänomen zu beobachten. Das Licht erlischt, sobald der Stromkreis unterbrochen wird. Leuchtet die Glühbirne sofort wieder auf, wenn der Stromkreis geschlossen wird? Der Versuch zeigt, dass sie nicht sofort wieder aufleuchtet, es vergeht etwas Zeit zwischen dem Schließen des Stromkreises und dem Aufleuchten der Birne. Diese Verzögerung wird durch eine besondere Eigenschaft der Spule hervorgerufen, die nicht nur wegen der Länge ihres Drahtes dem Strom Widerstand entgegengesetzt, sondern auch weil er gewunden ist.
Beim Schließen des Stromkreises wird durch die Wicklungen der Spule ein sogenannter induzierter Strom erzeugt, der dem Stromfluss von der Batterie entgegenwirkt. Die Spule zeigt induktiven Widerstand, der Leiter selbst hat galvanischen Widerstand.
Zubehör: 4 x 7, 8, 11, 14, 33, 35, eine Batterie

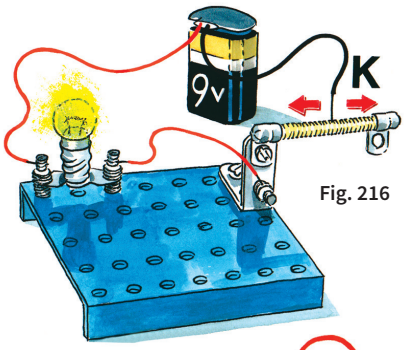


Fig. 216

216. DER REGELWIDERSTAND ODER RHEOSTAT

Der Baukasten enthält ein Gerät, das Widerstand oder Rheostat heißt. Es ist ein Kern aus Isoliermaterial, um das ein dicker Konstantandraht mit einem großen spezifischen elektrischen Widerstand gewickelt ist. Rheostat, Glühbirne und die Batterie zu einem geschlossenen Stromkreis zusammenschließen (wie in Bild 96 gezeigt). Bewegt man, den Schiebegriff auf dem Rheostat, leuchtet die Birne stärker oder schwächer, je nachdem, ob der Widerstand größer (länger) oder kleiner (kürzer) wird.
Zubehör: 2 x 5, 2 x 6, 3 x 7, 8, 14, 30, 33, 35, eine Batterie

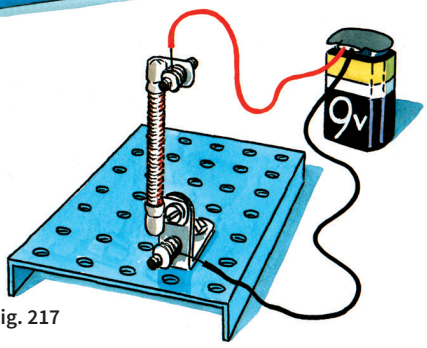


Fig. 217

217. DER ELEKTRISCHE HEIZWIDERSTAND

Rheostat mit den Batteriepolen verbinden und so einen geschlossenen Stromkreis herstellen (siehe Bild 97).
Der Widerstandsdraht, durch den der elektrische Strom fließt, erhitzt sich. Wir haben Wärme erzeugt. Viele Haushaltsgeräte arbeiten nach dem gleichen Prinzip, z.B.: Elektroherd, Bügeleisen, Boiler, Heizgeräte usw. In all diesen Fällen, wird elektrische Energie in Wärme umgewandelt.
Zubehör: 2 x 5, 2 x 6, 2 x 7, 8, 28, 30, 33, eine Batterie

218. ELEKTRISCHE ZÜNDUNG

Zwei Nägel mit 1 cm Abstand in ein kleines Holzbrett schlagen und mit einem 0,1 mm dicken Eisendraht verbinden. Auf den Draht abgeriebene oder zerriebene Streichholzköpfe streuen und den Draht an die Batterie anschließen. Die Teilchen der Streichholzköpfe fangen Feuer, denn der Strom hat den Draht so stark erhitzt, dass der Phosphor sich entzündete. Mit dieser Methode werden in Bergwerken und Steinbrüchen Sprengladungen gezündet. Achtung: Das Experiment auf einer nicht entzündlichen Unterfläche durchführen.
Zubehör: 2 x 7, 33, ein Holzbrettchen, 2 Nägel, Eisendraht, eine Batterie

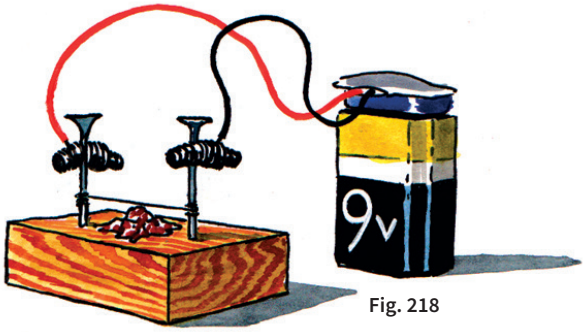


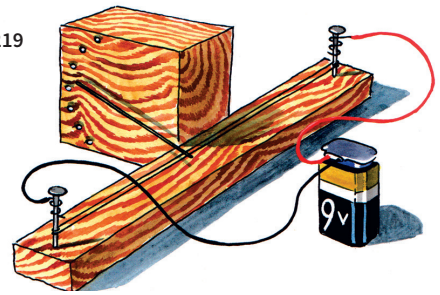
Fig. 218

219. AMPEREMETER (STROMMESSER) MIT HITZDRAHT

Zwei starke Nägel in ein 20-25 cm langes und 3 cm breites Holzbrett schlagen. Dazwischen doppelt 0,2 mm dicken Konstantandraht spannen, daran - wie in Bild 99 gezeigt - einen Zeiger befestigen, der ein kleines Stäbchen aus Holz oder Papier ist. Wenn beide Drahtenden mit der Batterie verbunden werden, schlägt der Zeiger aus, weil der Strom den Draht erhitzt und er dadurch länger wird.

Zubehör: 33, 37, Holzbrettchen, 2 Nägel, ein Stäbchen, eine Batterie

Fig. 219

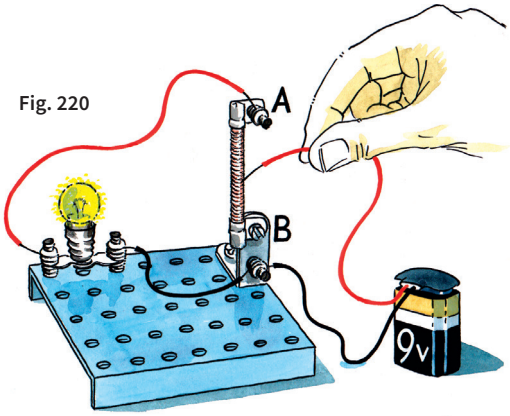


220. POTENTIOMETER

Glühbirne, Resistor und die Batterie zu einem geschlossenen Stromkreis verbinden, wie in Bild 100 gezeigt. Hier übernimmt der Rheostat jetzt die Rolle des Potentiometers. Versuch: Das freie Ende des Anschlussdrahtes der Batterie berührt Punkt A des Potentiometers. Die Glühbirne leuchtet ganz hell. Dann den Kontaktpunkt langsam von Punkt A nach Punkt B verschieben. Die Leuchtkraft der Birne wird immer schwächer und sie erlischt schließlich ganz, wenn Punkt B erreicht ist. Die Spannung sinkt, weil der Strom durch den Rheostat fließen muss. Beim Punkt A ist die Glühbirne direkt mit der Batterie verbunden und erhält die volle Spannung von 9 V. Bewegt sich der Kontakt auf Punkt B zu, fällt die Spannung, weil der Widerstand zunimmt. Irgendwo auf halbem Wege zwischen A und B, beträgt die Spannung 4,5 V und bei Punkt B hört sie auf und die Lampe geht aus.

Zubehör: 5, 6, 4 x 7, 8, 14, 28, 30, 33, 35, eine Batterie

Fig. 220

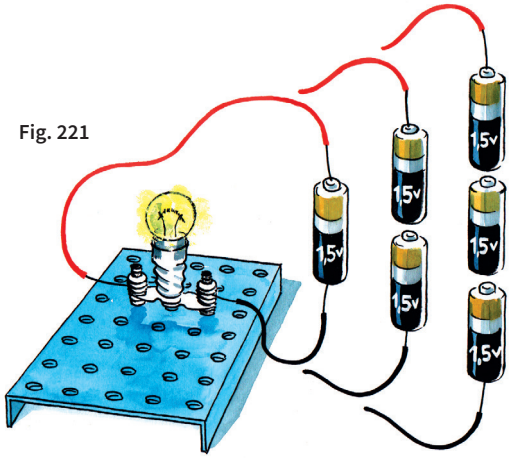


221. DAS OHMSCHE GESETZ

Drei 1,5 V Batterien in Reihe schalten, wie in Versuch 91 beschrieben. Diese Stromquelle dann mit der Glühbirne verbinden (Bild 101). Wird nur eine Zelle benutzt (1,5 V) leuchtet die Lampe nicht. Benutzt man zwei Zellen, steigt die Spannung auf 3 V (2 x 1,5 V) und die Lampe leuchtet schwach. Bei 3 Zellen, leuchtet sie schließlich stark, weil die Spannung höher ist (1,5 V x 3 = 4,5 V). Man kann dieses Experiment auf bis zu acht Batterien steigern (8 x 1,5 V = 12 V). Die Glühbirne verträgt eine Spannung bis zu 12 V. Daraus sieht man, dass die Stromstärke (gemessen in Ampere) bei steigender Spannung zunimmt. In Versuch 96 wurde gezeigt, dass der elektrische Strom umso stärker ist, je geringer der Widerstand und umgekehrt. Somit stehen Strom, Spannung und Widerstand in einer Beziehung miteinander, die im sogenannten Ohmschen Gesetz ausgedrückt ist. Das Gesetz lautet: Je größer die Spannung und je kleiner der Widerstand, umso stärker der Strom. Für Strom, Spannung und Widerstand hat man internationale Symbole eingeführt,

I steht für den Strom (gemessen in Ampere - A)
U steht für die Spannung (gemessen in Volt - V)
R steht für den Widerstand (gemessen in Ohm - Ω),
dies ergibt die mathematische Formel: **I= U / R**

Fig. 221



Das Ohmsche Gesetz kann man sich ganz leicht merken, wenn man sich das nachstehende Dreiecksdiagramm merkt.

Wenn man eine der drei Größen bestimmen will, deckt man sie mit dem Finger ab und die übrigen geben dann an, was man rechnen muss, um das Gesuchte zu erhalten:

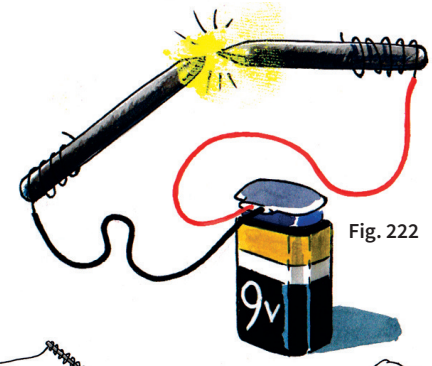
I= U / R
U= I x R
R= U / I
Zubehör: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, drei Batterien

222. DER ELEKTRISCHE LICHTBOGEN

Zwei Kohlestifte aus einer alten Batterie anspitzen und an die Taschenlampenbatterie anschließen (Bild 102). Dann die beiden Kohlestabspitzen miteinander in Berührung bringen und langsam wieder trennen. Dabei ist ein kleiner aber sehr heller elektrischer Lichtbogen zwischen den beiden Spitzen zu erkennen. Jetzt den Versuch mit zwei oder mehr Batterien unter Wasser nochmals durchführen. Dieser elektrische Lichtbogen wurde in den ersten Filmprojektoren als Lichtquelle benutzt, früher verwendete man ihn auch in zur Straßenbeleuchtung.

Zubehör: 33, zwei Kohlestäbe, eine Batterie

Fig. 222

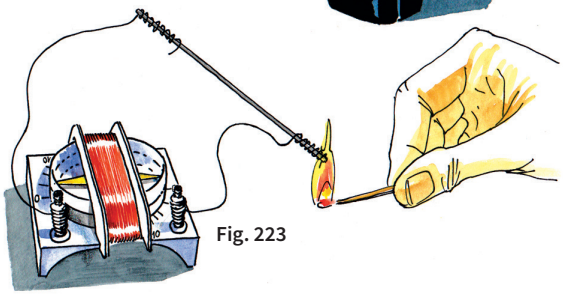


223. DAS THERMOELEMENT

An beiden Enden eines 12-13 cm langen Eisendrahtes ein Stück 0,2 mm dicken Konstantandraht befestigen und dieses mit dem Galvanoskop verbinden (Bild 103). Sobald der Zeiger in Ruhestellung ist (der gelbe Zeiger zeigt auf null), ein Streichholz entzünden und eine der beiden Verbindungs-stellen damit erhitzen. Der Galvanoskop Zeiger schlägt aus. Diese Kombination von zwei ungleichen Metallen, heißt Thermoelement und wird überall in der Technik eingesetzt, vor allem wenn man hohe Temperaturen in Hüttenwerken oder im der Keramikindustrie messen will.

Zubehör: 1, 2 x 7, 9, 34, 37, Streichhölzer

Fig. 223

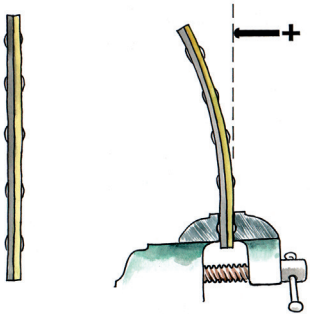


224. DER BIMETALLSTREIFEN

Ein 10 x 1 cm großes Stück Eisenblech auf ein gleich großes Zink- oder Aluminiumblech legen und fest zusammennieten. Dann hält man diesen Bimetallstreifen (bi = zwei) an einem Ende mit einer Zange fest und erhitzt ihn. Durch die Wärmeeinwirkung biegt sich der Streifen, weil der Wärmeausdehnungskoeffizient von Zink größer ist als der von Eisen. Man verwendet Bimetallstreifen in Thermostaten. Ein Thermostat ist ein elektrisches Gerät, das den Stromkreis bei einer bestimmten Temperatur öffnen soll, es muss ihn aber auch wieder schließen, sobald die Temperatur gesunken (oder angestiegen) ist (Bild 104 rechts). So kann man die Temperatur des Kühlschranks, Elektroherdes, Boilers etc. konstant oder innerhalb bestimmter Grenzen halten.

Zubehör: Eisenblech, Zinkblech, Nieten

Fig. 224



225. MESSUNG DES WIDERSTANDES

Der Widerstand wird mit der sogenannten Wheatstoneschen Brücke gemessen (siehe Bild 105). Und so wird sie gebaut:
1. Im Abstand von 50 cm zwei Nägel in ein 60 cm langes und 8 cm breites Holzbrett schlagen. Die Nägel mit 0,2 mm Konstantandraht verbinden und dessen Enden mit dem Galvanoskop (gelber Zeiger zeigt auf null)
2. Des Weiteren gehören zur Wheatstoneschen Brücke: Der Rheostat (Nr. 33 im Baukasten), der wie wir wissen einen Widerstand von 70 Ohm hat, eine Spule, deren Widerstand gemessen werden soll und eine Batterie. Diese Teile werden miteinander verbunden (Bild 105).
3. Den Rheostatdraht mit einem Kontakt von der Batterie berühren, der Galvanoskop Zeiger schlägt aus. Aber er schlägt auch aus, wenn der Rheostatdraht irgendwo anders berührt wird. Lediglich eine Stelle bildet eine Ausnahme. Diese Stelle ist festzustellen und mit C zu markieren. Man könnte den Widerstandsdraht in zwei ungleich lange Teile zerlegen, die d1 und d2 heißen. Diese beiden Längen kann man messen, sie könnten z.B. d1 = 30 cm und d2 = 20 cm lauten.
Der Widerstand der Spule lässt sich nun mit der folgenden Formel errechnen:
X=R x d1 / d2
X=70 x 30 / 20
X=105 Ω
In diesem Fall beträgt der Widerstand der Spule 105 Ohm.
Eine ausführliche Erklärung dieser Formel, kann man in jedem Physikbuch nachlesen.
Zubehör: 1, 6 x 7, 11, 30, 33, 34, 37, eine Batterie, ein Holzbrett, zwei Nägel

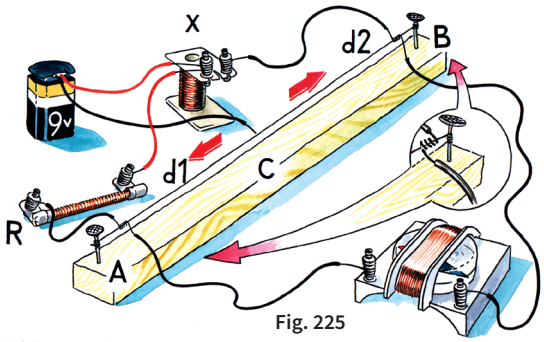


Fig. 225

226. DIE TEMPERATURABHÄNGIKEIT DES WIDERSTANDES EINES LEITUNGSDRAHTS

1. Zwei kleine Nägel in ein Holzbrettchen schlagen und mit einem 0,1 mm dicken Eisendraht verbinden. Diesen Draht vorher wie eine Spirale wickeln. Die Spirale, die Glühbirne und die Batterie zu einem geschlossenen Stromkreis zusammenschließen (Bild 106). Sobald der Stromkreis geschlossen ist, leuchtet die Birne auf. Wenn die Spirale sich erwärmt, geht das Licht jedoch aus, was zeigt, dass der Widerstand des Eisendrahtes durch die hohe Temperatur gestiegen ist.
2. Den gleichen Versuch mit einer Spirale aus Konstantandraht gleicher Größe wiederholen. Trotz des Temperaturanstiegs verändert sich der Widerstand des Drahtes nicht.
Zubehör: 4 x 7, 14, 33, 35, ein Holzbrettchen, zwei Nägel, Eisendraht, eine Kerze, eine Batterie

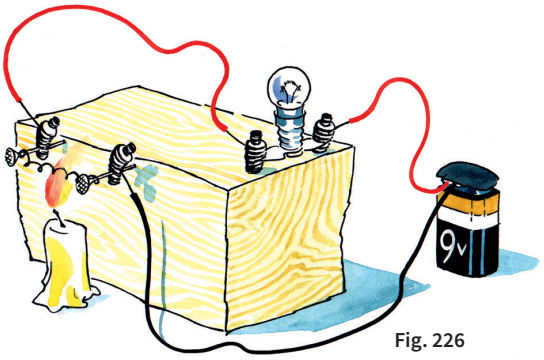


Fig. 226

ELEKTROMAGNETISMUS

227. DER ELEKTROMAGNET

Den Eisenstab aus dem Baukasten ungefähr 20- bis 30-mal mit isoliertem Kupferdraht umwickeln. Um eine bessere elektrische Verbindung zu erhalten, die Isolation an den Enden des Kupferdrahts abkratzen. Die freien Enden des Drahtes an die Batterie anschließen und den Eisenstab in ein Häufchen Eisenspäne tauchen. Sobald der Stromkreis geschlossen ist, wird der Eisenstab magnetisch. Wenn der Stromkreis geöffnet wird, verliert der Stab die Magnetkraft. So wurde der Elektromagnet erfunden.
Zubehör: 3, 2 x 7, 9, 33, 36, eine Batterie
ACHTUNG:
- Die Batterie ist kurzgeschlossen.
- Die Batterie nur kurze Zeit anschließen - nur solange, bis der Versuch verstanden wurde.
- Aufpassen, dass man sich nicht die Finger verbrennt.

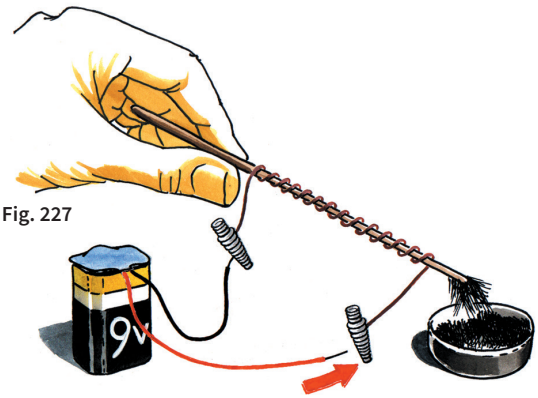


Fig. 227

228. OERSTEDTS ENTDECKUNG

Wie so oft bei wichtigen Entdeckungen, wurde auch der Elektromagnet rein zufällig entdeckt. Der dänische Physiker Hans Christian Oersted bemerkte, dass eine Kompassnadel ausschlug, als ein Draht unter Strom sich in der Nähe befand. Wir wiederholen den Versuch wie folgt: Ein Stück Draht, dessen Enden mit der Batterie verbunden sind, über die Kompassnadel halten. Sie schlägt aus und bleibt abgelenkt, solange der Stromkreis geschlossen ist. Sobald er geöffnet wird, geht die Kompassnadel in ihre ursprüngliche Stellung zurück. Polt man die Drahtanschlüsse um, schlägt sie in die entgegengesetzte Richtung aus.
Zubehör: 33, 34, eine Batterie
ACHTUNG:
- Die Batterie ist kurzgeschlossen.
- Die Batterie nur kurze Zeit anschließen - nur solange, bis der Versuch verstanden wurde.
- Aufpassen, dass man sich nicht die Finger verbrennt.

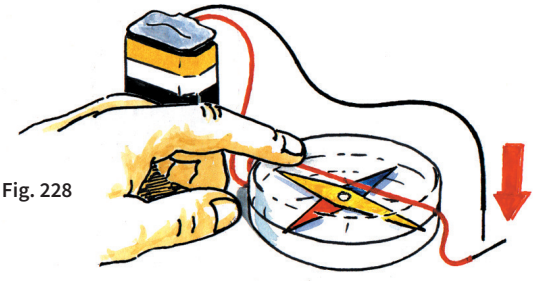


Fig. 228

229. DIE ADDITION MAGNETISCHER FELDER

Isolierten Kupferdraht mehrfach um den Kompass wickeln und nach jeder Wicklung einmal an die Batterie anschließen. Je mehr Wicklungen vorhanden sind, umso stärker schlägt die Kompassnadel aus. Man sieht, dass sich um jede Wicklung ein magnetisches Feld bildet und sich diese Felder zum Magnetfeld der Spule addieren.
Auf diesem Prinzip basieren das Galvanoskop und alle anderen Elektromagneten.
Zubehör: 2 x 7, 33, 34, 36, eine Batterie
ACHTUNG:
- Die Batterie ist kurzgeschlossen.
- Die Batterie nur kurze Zeit anschließen - nur solange, bis der Versuch verstanden wurde.
- Aufpassen, dass man sich nicht die Finger verbrennt.

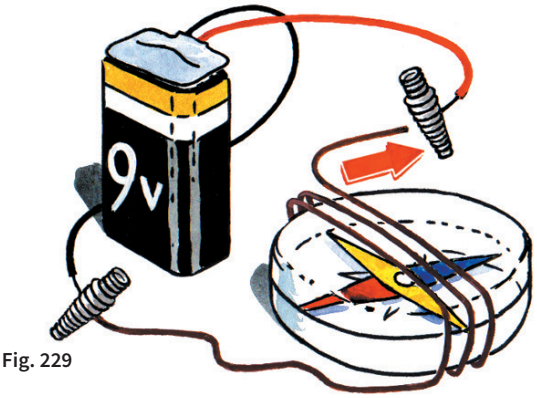


Fig. 229

230. DAS MAGNETFELD UM EINEN STROMFÜHRENDEN LEITER

1. Ein Stück Kupferdraht mitten durch einen etwas größeren Karton stechen (Bild 110). Beide Drahtenden an die Batterie anschließen, dann mit dem Kompass das Magnetfeld des Leiters prüfen. Hierbei ist festzustellen, wie groß die Ausdehnung des magnetischen Feldes ist und wie stark es ist. Bei diesem Versuch wird der Stromkreis ständig geöffnet und geschlossen, wobei man die verschiedenen Stellungen der Kompassnadel sorgfältig beobachten muss.
2. Man kann das Magnetfeld auch dadurch nachweisen, dass man Eisenspäne um den Draht streut. Wen man den Karton leicht antippt, formieren sich die Späne in konzentrischen Kreisen. Für diesen Versuch braucht man jedoch mehr als eine Batterie.

Zubehör: 3, 34, 36, Karton, eine Batterie

ACHTUNG:
- Die Batterie ist kurzgeschlossen.
- Die Batterie nur kurze Zeit anschließen - nur solange, bis der Versuch verstanden wurde.
- Aufpassen, dass man sich nicht die Finger verbrennt.

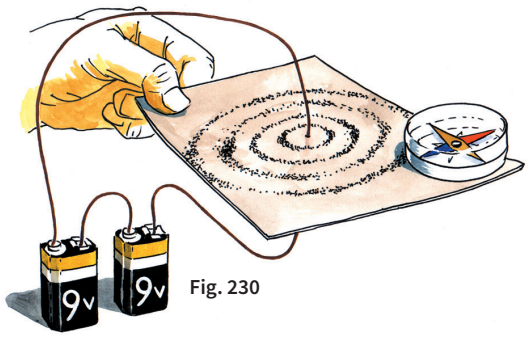


Fig. 230

231. DIE SPULE ALS MAGNET

Im Baukasten ist eine Spule mit 100 Wicklungen aus isoliertem Kupferdraht enthalten. Diese Spule ca. 2 cm vom Kompass platzieren und den Strom von der Batterie durch ihre Wicklung fließen lassen, wie in Bild 111. Sobald der Stromkreis geschlossen ist, schlägt die Kompassnadel aus und bleibt in dieser Stellung, solange der Strom durch die Spule fließt. Wird der Stromkreis geöffnet, geht die Kompassnadel in die Ausgangsstellung zurück.

Zubehör: 2 x 7, 11, 33, 34, Batterie

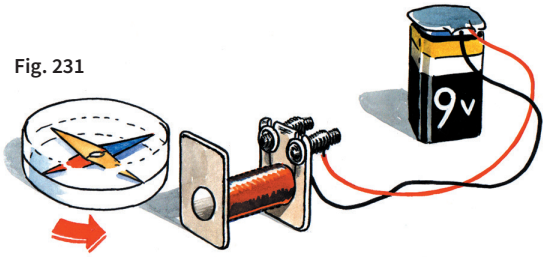


Fig. 231

232. DIE SPULE MIT EISENKERN

Den vorstehenden Versuch wiederholen und die Ablenkung der Kompassnadel im Kopf behalten. Dann den Stromkreis öffnen und einen Eisenstab (keinen Magneten) aus dem Baukasten in die Spule einführen. Nachdem der Stromkreis geschlossen ist, wird die Kompassnadel viel stärker ausschlagen als vorher, denn durch den Eisenkern ist die Magnetkraft der Spule stark gestiegen.

Zubehör: 2 x 7, 11, 16, 33, 34, Batterie

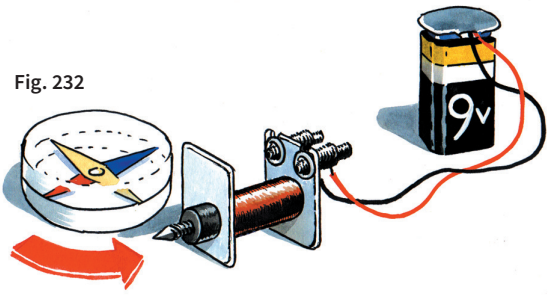


Fig. 232

233. DER ELEKTROSTABMAGNET

Den Eisenkern auf dem Kunststoffsockel befestigen, die Spule daraufsetzen und mit der Batterie verbinden. Dadurch entsteht ein stabförmiger Elektromagnet (Bild 113). Dieser Versuch beweist, dass ein Elektromagnet entsteht, sobald der Stromkreis geschlossen wird, wird er geöffnet, geht die Magnetkraft verloren und nur ein ganz kleiner Rest bleibt zurück.

Zubehör: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 33, 34, Batterie

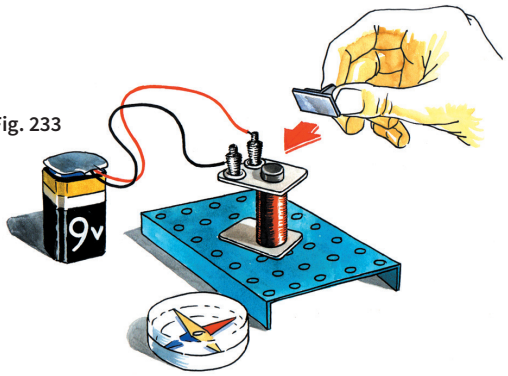


Fig. 233

234. DER ELEKTRO-U-MAGNET

Den auch zuvor schon benutzten Eisenkern auf dem Kunststoffsockel befestigen (Bild 114). Er soll die an die Batterie angeschlossene Spule tragen. Durch das Schließen des Stromkreises ergibt sich ein sehr starker Elektromagnet, der noch stärker ist, als der im vorherigen Versuch, obwohl die gleiche Batterie und die gleiche Spule verwendet wurden. Beim vorherigen Versuch konnten Magnet und Unterlage mit einem Anker nicht gehoben werden, jetzt können sogar noch schwerere Lasten gehoben werden. Warum ist der Elektromagnet jetzt stärker?

Zubehör: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, 34, Batterie

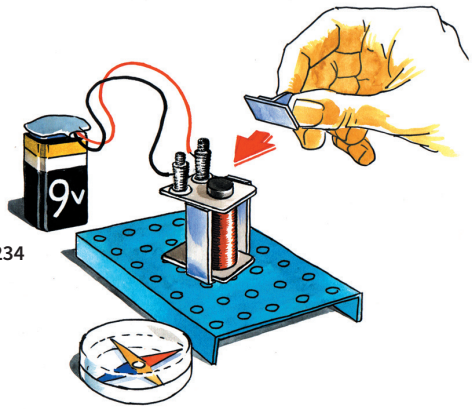


Fig. 234

235. DER ELEKTRISCHE HUBMAGNET

Mit den Teilen aus dem Baukasten kann man einen kleinen elektrischen Hubmagneten bauen. Den Elektro-U-Magneten aus dem vorherigen Versuch mit der Batterie verbinden (Bild 115). Dann den Magneten in eine Schachtel mit Schrauben tauchen. Man kann diese mit dem Magneten an einen anderen Platz befördern. Sobald der Stromkreis geöffnet wird, fällt die Last herunter.

Zubehör: 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 33, Eisenteile, Batterie

236. DER SCHÜSSELFÖRMIGE ELEKTROMAGNET

Der Versuch kann nur in einer Mechaniker Werkstatt ausgeführt werden. In ein 30 mm dickes Rundeisen von 60 mm Durchmesser, wird von der einen Seite aus zentrisch eine 9 mm breite und 30 mm tiefe Ringung eingedreht. In diese Nut werden 100 Windungen 0,3 mm starker isolierter Kupferdraht gewickelt. Die Enden des Drahtes durch isolierte Bohrungen im Magnetmantel zur Batterie führen. Auch ein entsprechender Anker wird aus 10 mm starkem Rundeisen hergestellt. Obwohl dieser Elektromagnet nur an eine Batterie angeschlossen ist, kann er bis zu 15 dgr schwere Lasten tragen. Ähnliche Magneten werden in elektrischen Hebevorrichtungen eingesetzt, die bis zu 10 oder 20 Tonnen oder noch mehr heben können.

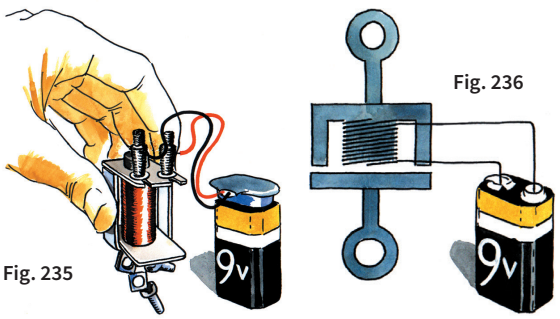


Fig. 235

Fig. 236

237. BESTIMMUNG DES STÄRKEREN MAGNETEN

Der Baukasten enthält zwei Magnete: Einen permanenten Magneten aus Al-Ni-Co Legierung und den Elektromagneten aus den vorherigen Versuchen. Welcher ist stärker? Das ist durch Wiederholung des Versuches 48b festzustellen, mit dem die Stärke eines permanenten Magneten geprüft wurde. Bild 117 links zeigt das Prüfgerät. In die Kartonschale so viele Gegenstände legen wie der Magnet tragen kann. Lässt man die gleichen Gegenstände vom Elektromagneten tragen (Bild 117 rechts), stellt man fest, dass dieser erheblich stärker ist als der permanente Magnet.

Zubehör: 6, 2 x 7, 10, 11, 16, 17, 18, 33, Karton, Faden, Batterie

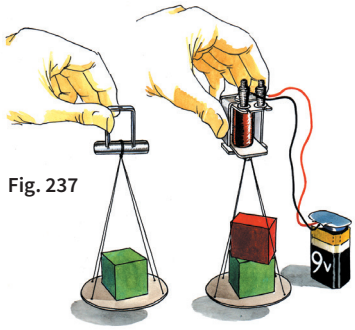


Fig. 237

238. DAS ELEKTROMAGNETISCHE SPEKTRUM

1. In die Mitte eines postkartengroßen Kartons ein Rechteck von 30 x 21 mm schneiden. Durch dieses Loch die Spule aus dem Baukasten halb hindurchstecken. Die Spule an die Batterie anschließen und einige Eisenspäne auf den Karton streuen. Das entstehende elektromagnetische Spektrum mit dem des permanenten Magneten aus Versuch 40 vergleichen.
2. Den gleichen Versuch wiederholen und dabei den Eisenkern in die Spule stecken.

Zubehör: 3, 2 x 7, 11, 16, 33, Karton, Batterie

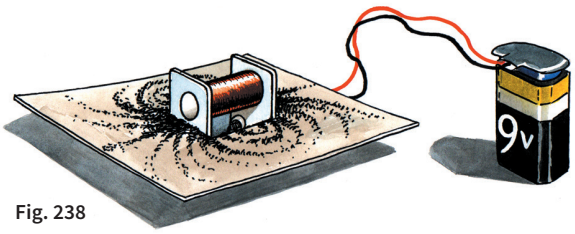


Fig. 238

239. DIE SPULE MIT DEM NAGEL

Die Spule aus dem Baukasten an die Batterie anschließen (Bild 119) und einen mittelgroßen Nagel in die Spulenbohrung stecken. Wenn der Magnet angehoben wird, fällt der Nagel nicht heraus. Hier wirken zwei Kräfte auf den Nagel ein: Zum einen die Schwerkraft und zum anderen die Magnetkraft, die hier anscheinend stärker ist.

Zubehör: 2 x 7, 11, 33, ein Nagel, Batterie

240. DIE SPULE MIT ZWEI NÄGELN

Die Spule auf den Kunststoffsockel setzen, zwei Nägel ohne Köpfe in die mittlere Bohrung stecken und die Spule an die Batterie anschließen. Wird der Stromkreis abwechselnd geschlossen und geöffnet, ist zu beobachten, wie sich die beiden Nägel bewegen. Bei geöffnetem Stromkreis gehen sie in die Stellung wie in Bild 120a; sobald der Stromkreis geschlossen wird, bewegen sie sich auseinander wie in Bild 120b. Das liegt daran, dass sie magnetisiert werden, aber da sie die gleichen Pole an der gleichen Seite haben, stoßen sie einander ab.

Zubehör: 5, 6, 4 x 7, 8, 11, 24, 28, 33, 2 Nägel, Batterie

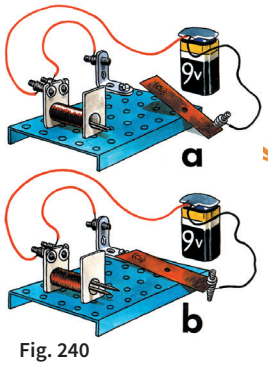


Fig. 240

Fig. 239

241. DAS WEICHEISENAMPERMETER

Einen Nagel in die Spulenbohrung stecken und mit Faden oder Gummi, so wie in Bild 121 gezeigt, festbinden. Außerdem einen Zeiger hineinstecken, der aus zwei Stück Eisenblech (von einer alten Konservendose) gemacht ist. Die Blechstücke sollen 40 x 5 mm und 60 x 2 mm groß und 0,2-0,4 mm dick sein und wie in Bild 121 zusammengebunden werden. Das dünnere Blechstück etwas nach links drehen. Wird die Spule an die Batterie angeschlossen, werden Nagel und Zeiger gleichnamig magnetisiert und stoßen sich deswegen ab. Mit einem echten Amperemeter kann man das selbstgebaute eichen und mit einer Skala versehen.

Zubehör: 2 x 7, 11, 33, zwei Stück Eisenblech, ein Stück Holz, ein Nagel, ein Gummi, eine Batterie

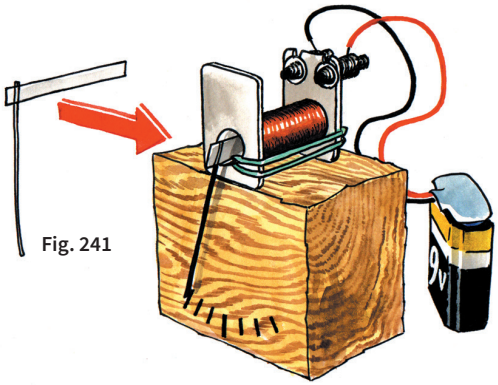


Fig. 241

242. NOCH EIN ANDERER TYP EINES AMPEREMETERS

Zirka 20 Wicklungen Konstantandraht um einen Eisenstab wickeln und an die dadurch entstandene Feder einen Eisenkern hängen. Diesen Kern teilweise in die Spule (Bild 122) hineinstecken. Wenn die Spule an die Batterie angeschlossen ist, zieht sie den Eisenkern an. Je stärker der Strom, umso tiefer sinkt er ins Spuleninnere. Wenn man dieses Gerät mit einem Zeiger und einer Messskala ausstattet, kann man damit auch messen, wie stark die Anziehung des Elektromagneten bzw. wie stark der Strom ist.

Zubehör: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 2 x 20, 28, 33, 37, Batterie

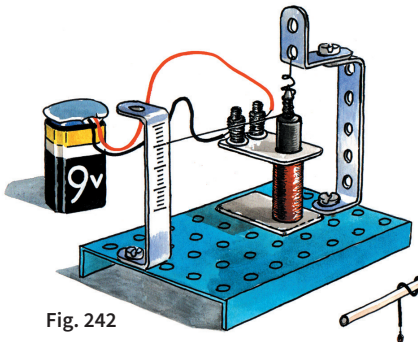


Fig. 242

243. DAS DREHSPULENINSTRUMENT

Eine Schelle senkrecht auf dem Kunststoffsockel befestigen und auf dieser waagerecht eine zweite Schelle. An einem Ende der waagerechten Schelle den Eisenkern anbringen und an der anderen einen Magneten. Diese Anordnung ist eigentlich ein Hufeisenmagnet mit einem sehr starken magnetischen Feld zwischen den Schenkeln. In dieses Feld nun eine Spule aus 0,16 mm dickem isolierten Kupferdraht bringen. Die Spule sollte aus 10 bis 12 Wicklungen bestehen und 10 mm Durchmesser haben. Sie wird so, wie in Bild 123 links gezeigt, aufgehängt. Sie hängt an einem Haken aus blankem Kupferdraht, dessen eines Ende über den Papierständer (Herstellung siehe Versuch 20) zum positiven Batteriepol führt, das andere über den Sockel zum negativen Pol. Um eine bessere elektrische Verbindung zu erhalten, die Isolation an den Enden des Kupferdrahts abkratzen. Sobald der Stromkreis geschlossen ist, dreht sich die Spule entweder nach rechts oder nach links, je nachdem, in welche Richtung der Strom dreht. Alle präzisen elektrischen Messgeräte arbeiten nach diesem Prinzip. Die Drehung der Spule wird im nächsten Versuch erklärt.

Zubehör: (20), 2 x 5, 3 x 6, 10, 16, 2 x 29, 33, 36, ein Ständer, Batterie

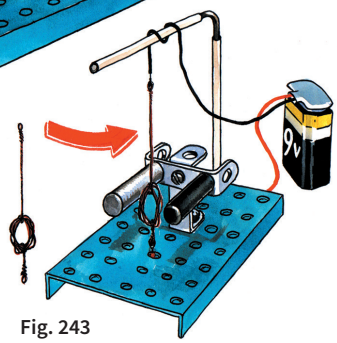


Fig. 243

244. DER LEITER IM MAGNETFELD

Eine Schelle senkrecht auf dem Kunststoffsockel befestigen und daran den Eisenkern und den Magneten festmachen. Außerdem braucht man ein 10 cm langes Stück Kupferdraht und das Gestell aus Versuch 20, daran wird der Gewindebolzen wie schon zuvor beschrieben gehängt und in das magnetische Feld des Hufeisenmagneten gehalten. Sobald der Stromkreis geschlossen wird, dreht sich die Schraube entweder nach links oder nach rechts, je nach Drehrichtung des Stromes. Diese Drehung entsteht, weil die beiden magnetischen Felder aufeinander reagieren: Das starke Feld zwischen den beiden Schenkeln des Magneten und das andere, das um den Leiter herum entsteht, sobald der Stromkreis geschlossen wird. Bekanntlich ziehen sich Magnetfelder entweder an oder stoßen sich ab, je nachdem, ob sie gleichnamig oder ungleichnamig sind. Dieser Versuch ist sehr wichtig, um zu verstehen wie ein Elektromotor funktioniert.

Zubehör: (20), 5, 2 x 6, 10, 12, 16, 29, 33, 36, Batterie

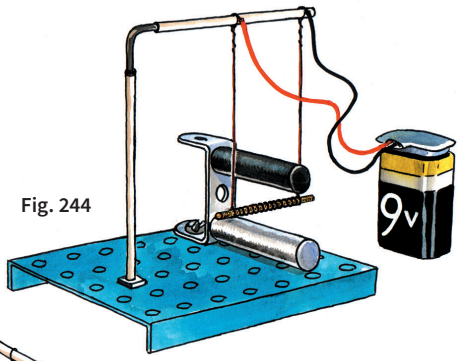


Fig. 244

245. BLOCKIERUNG DER WIRKUNG EINES ELEKTROMAGNETEN

Den Elektromagneten auf dem Kunststoffsockel befestigen und ca. 1 cm von ihm entfernt die Schelle (38 x 12 mm) mit einem Baumwollfaden am Ständer aus Versuch 20 aufhängen. Bei geschlossenem Stromkreis zieht der Magnet die Schelle an. Wenn allerdings verschiedene Materialien wie z.B. Kupferblech, Zinkblech, Karton, Glas, Eisenblech u.ä. Zwischen den Magneten und die Schelle gehalten werden, lässt sich feststellen, welche das magnetische Feld nicht beeinflussen und welche es blockieren.

Zubehör: (20), 5, 2 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 28, 29, 33, Baumwollfaden, Batterie

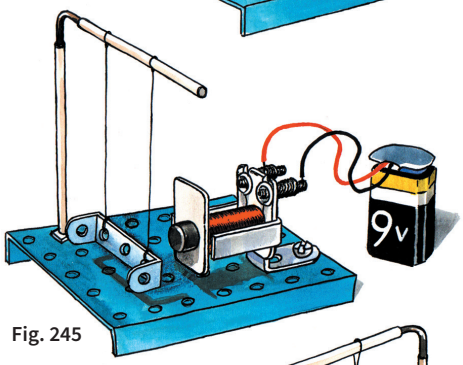


Fig. 245

246. ELEKTRISCHES BREMSEN

Den Ständer aus Versuch 20 auf den Kunststoffsockel montieren und daran mit einem Baumwollfaden die Glocke (mit der Öffnung nach unten) anhängen. Den Elektromagneten darunter platzieren. Die Glocke am Rand mit einem Strich markieren. Solange der Stromkreis nicht geschlossen ist, die Glocke dreimal drehen. Dann loslassen und zählen, wie oft sie sich dreht, bis sie wieder geradehängt. Sobald sie wieder ruhig hängt, den Stromkreis schließen und den gleichen Versuch wiederholen. Hierbei stellt man fest, dass der Elektromagnet die Glocke abbremst. Dieses Prinzip ist in der Technik sehr wichtig.

Zubehör: (20), 6, 2 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 33, Baumwollfaden, Batterie

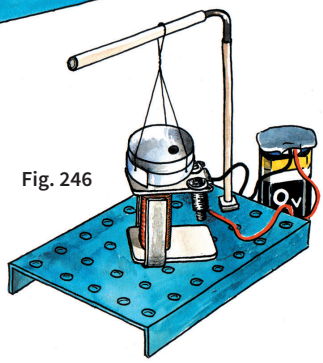


Fig. 246

ELEKTROMAGNET IN DER TECHNIK

247. DER MORSETELEGRAPH

Einen Elektromagneten bestehend aus Spule, Eisenkern und Kernmantel auf dem Kunststoffsockel befestigen. Als nächstes die Konstruktion (K) bauen und in der Nähe des Magneten aufstellen. Sie besteht aus einer 60 x 12 mm Schelle, die waagerecht an einer senkrechten Schelle angebracht ist. Rechts wird ein 25 x 25 mm Winkel angebracht, in dem ein dünner Bleistift steckt. Einen Schalter, der aus einer Kupferplatte, einem 25 x 25 mm Winkel und einer Sprungfeder besteht, an der Plastikplatte befestigen (siehe Bild 127). Schließt man diesen Telegraphen nun an die Batterie an und dann den Stromkreis, zieht der Elektromagnet diese Ankerkonstruktion an. Sobald der Stromkreis unterbrochen wird, geht der Anker wieder in die Ausgangsposition zurück. Beim richtigen Telegraphen schreibt der Bleistift Punkte und Striche auf einem unter ihm vorbeilaufenden Papierstreifen. Je nachdem, wie lange der Stromkreis jeweils geschlossen ist, entstehen diese Punkte und Striche, die das Morsealphabet darstellen (Versuch 85).

Zubehör: 5 x 5, 6 x 6, 6 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 24, 2 x 28, 29, 33, Batterie, Bleistift, Papier

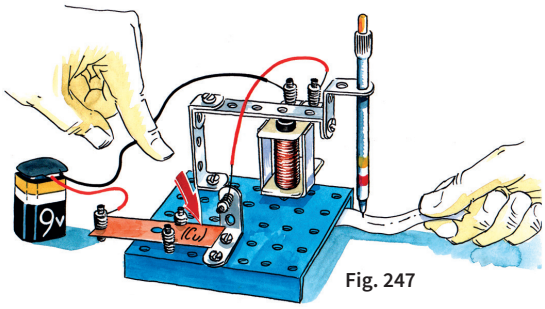


Fig. 247

248. DER MORSESCHLÜSSEL

Um zwei Telegraphen abwechselnd an- und auszuschalten erfand Morse einen besonderen Schalter. Diesen können wir nachbauen. Man braucht dazu eine Kupferplatte, zwei 25 x 25 mm Winkel und eine Sprungfeder, die am Rand des Kunststoffsockels befestigt werden. Die zwei Winkel mit ihrem Schrauben bilden den linken und den rechten Kontakt (siehe Bild 128). Der Morseschlüssel hat drei Zuleitungen, wobei die mittlere für beide Kontakte die gemeinsame Zuleitung darstellt. Legt man den Hebel zur einen oder anderen Seite um, fließt der Strom durch den rechten oder linken Kontakt. Am besten kann man den Morseschlüssel verstehen, wenn man zwei Telegraphen miteinander verbindet.

Zubehör: 7 x 5, 8 x 6, 7 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 23, 3 x 28, 29, 33, Batterie

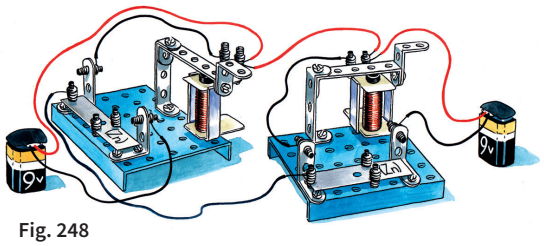


Fig. 248

249. SCHALTPLÄINE

Bild 129 ist ein Schaltplan für zwei Morsetelegraphen und zwei Schlüssel.
Die Buchstaben bedeuten folgendes:

T = Morsetelegraph B = Batterie
K = Morseschlüssel Z = Erde

Auf diese Art und Weise könnte man z.B. zwei Bahnhöfe verbinden. Im Eisenbahnverkehr setzte man Morsetelegraphen ein. Wenn man zwei Baukästen besitzt, kann man die Apparatur laut Schaltplan nachbauen. Stellt man die beiden Telegraphen dann in verschiedenen Räumen auf und verbindet sie mit Drähten, kann man telegraphieren. Bei der Eisenbahn braucht man nur einen Draht, der andere wird durch die Erde dargestellt. Der Kontakt wird mit den zwei eingegrabenen Metallplatten hergestellt.

Zubehör: 2 Morsetelegraphen, 2 Morseschlüssel, 2 Batterien

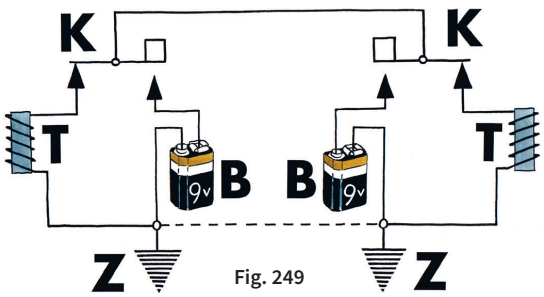


Fig. 249

250. DER WAGNERSCHE HAMMER

Der Physiker Wagner erfand ein elektrisches Gerät, das selbsttätig den Strom ein- und abschaltet. Man nennt es den Wagnerschen Hammer und setzt es in der Technik häufig ein. So wird er gebaut:
Mit dem Winkel von 25 x 25 mm wird der Elektromagnet am Kunststoffsockel befestigt. Ca. 2-3 mm vom Elektromagneten entfernt bringt man den Klingelanker mit dem anderen Winkel an. Der Strom soll von der Batterie durch den Leitungsdraht, der noch in der Hand gehalten wird, zum Winkel fließen, dann über den Verbindungsdraht zur Spule und zurück zur Batterie. Sobald der Stromkreis geschlossen wird, beginnt der Klingelanker zu vibrieren. Er öffnet und schließt so abwechselnd den Stromkreis. Wird der Anker vom Elektromagneten angezogen, wird der Strom unterbrochen, da sich der Anker vom Kontakt entfernt hat. Dann wirkt der Elektromagnet nicht mehr. Von der Feder getrieben, geht der Anker wieder in seine Ausgangsposition zurück, wodurch der Stromkreis wieder geschlossen wird. Dieser Ablauf wiederholt sich dauernd.

Zubehör: 4 x 5, 5 x 6, 3 x 7, 8, 11, 16, 17, 2 x 28, 31, 33, Batterie

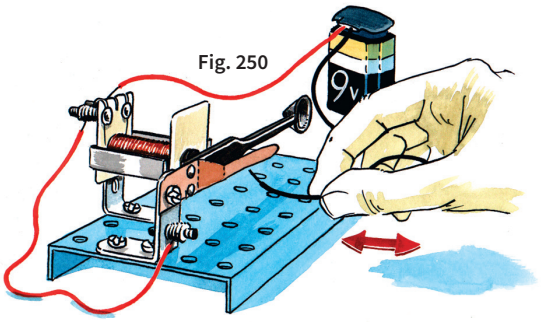


Fig. 250

251. DIE ELEKTRISCHE KLINGEL

Wenn man schon einen Wagnerschen Hammer gebaut hat, ist es ganz leicht, auch eine elektrische Klingel zu bauen. Man braucht zusätzlich noch die Einstellschraube und die Glocke selbst. Wie in Bild 131 gezeigt, ist die Einstellschraube ein Winkel, in der die Schraube und zwei Muttern sitzen. Die Glocke wird am Sockel mit dem Gewindebolzen und den Muttern angebracht. Die Anschlüsse sind in Bild 131 gezeigt.

Zubehör: 5 x 5, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33, Batterie

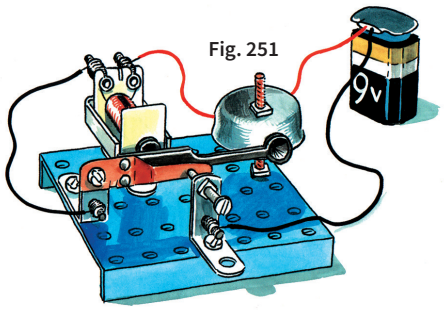


Fig. 251

252. DIE ELEKTRISCHE KLINGEL ERSETZT DEN PFÖRTNER

Bild 132 zeigt den Schaltplan für die Verbindung von elektrischer Klingel, Batterie und Klingelknopf. Die Glocke und die Batterie sind in der Wohnung angebracht und der Klingelknopf am Eingang. Ein Besucher drückt dort auf den Knopf, dadurch wird der Stromkreis geschlossen und die Klingel ertönt. Benutzt man einen weiteren Elektromagneten, kann man gleichzeitig die Tür öffnen.

Zubehör: eine elektrische Klingel, Batterie, Druckschaltknopf, Verbindungsdrähte

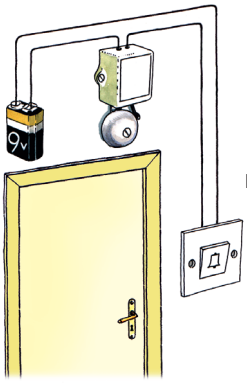


Fig. 252

253. DIE KLINGEL MIT MEHREREN KLINGELKNÖPFEN

In bestimmten Einrichtungen wie Krankenhäusern, Hotels, Eisenbahnwagen usw., muss man Personen wie die Krankenschwester oder den Zimmerservice von verschiedenen Stellen aus rufen können. Bild 133 ist der Schaltplan für die Verbindung von Glocke, Batterie und mehreren Klingelknöpfen. Nehmen wir einmal das Beispiel eines Schlafwagens. Im Gang des Schlafwagens gibt es über jeder Abteiltür ein rotes Signalschild. Wenn die Klingel läutet, klappt es herunter und der Schaffner weiß, welcher Fahrgast ihn ruft. Auch in Krankenhäusern und Hotels gibt es solche Signaltafeln, die ebenfalls elektromagnetisch betätigt werden.

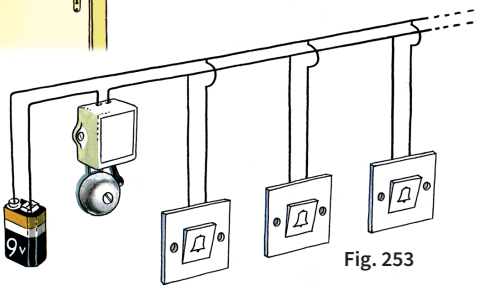


Fig. 253

254. EINE SIGNALANLAGE

Aus sehr dünnem Dosenblech einen Schalter wie in Bild 134 gezeigt herstellen. Jeder Blechteil muss 10 mm breit und 60 mm lang sein. Diesen Schalter über der Tür so anbringen, dass sich zwei Blechteile berühren, wenn die Tür geöffnet ist, bei geschlossener Tür aber nicht. Verbindet man diesen Schalter dann mit der Batterie und der elektrischen Klingel, hat man eine Signalanlage, die anzeigt, wenn die Tür oder ein Fenster geöffnet wird. Solche Einrichtungen benutzt man als Sicherungsanlagen in Lagerhäusern, Geschäften und Wohnungen.

Zubehör: Dosenblech, elektrische Klingel, Lötdraht, Verbindungsdrähte

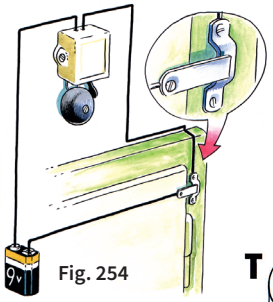


Fig. 254

255. EINE ELEKTRISCHE FÜLLSTANDSANZEIGE

Der Wasserstand oder der Stand einer anderen Flüssigkeit im Tank einer Fabrik oder eines Labors sollte einen bestimmten Punkt nie unter- oder überschreiten. Diese Stellen kann man wie in Bild 135 gezeigt, elektrisch sichern. Auf der Flüssigkeit schwimmt ein Schwimmer, der mit dem Wasserstand steigt und fällt. Erreicht er den entscheidenden oberen Punkt, wird Kontakt A geschlossen und eine elektrische Klingel ertönt als Warnsignal. Fällt der Wasserstand jedoch unter die untere Grenze, wird der Stromkreis durch Kontakt B geschlossen und der Alarm ausgelöst. Man kann den Flüssigkeitspegel auch ganz automatisch regulieren, indem die genannten Kontakte einen Zufluss bzw. Abfluss der Flüssigkeit auslösen. Die Abkürzungen bedeuten:

P = Schwimmer,
T = Rad,
U = Gewicht

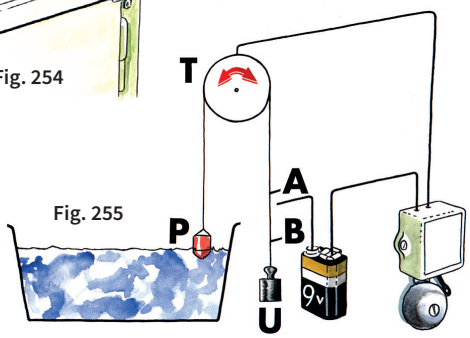


Fig. 255

256. PHYSIOLOGISCHE WIRKUNGEN DES ELEKTRISCHEN STROMES

Elektrischer Strom wirkt auf den eigenen Körper. Dazu einige Versuche:
1. Nimm eine Kupferplatte in die linke und eine Zinkplatte in die rechte Hand und berühre die beiden Batteriepole (Bild 136 links). Obwohl anzunehmen ist, dass der elektrische Strom durch den Körper fließt, fühlt man es beim Berühren der Batteriepole nicht.
2. Verbinde die Metallplatten mit der Spule, in der sich der Eisenkern befindet (Bild 136 rechts). Mit den Platten in der Hand wird der Strom eingeschaltet und wieder unterbrochen. Wie zuvor fühlt man beim Schließen des Stromkreises nichts; ganz im Gegenteil, man spürt erst einen starken Stromschlag, wenn der Stromkreis wieder geöffnet wird.
Diese Stromschläge kommen aus der Spule, wenn der Stromkreis geöffnet wird. Zur Erklärung dieser Erscheinung, sollte Versuch 95 wiederholt werden. Dort ging es um den induktiven Widerstand der Spule. Steht die Spule unter Strom, baut sich ein magnetisches Feld um sie auf, wird der Stromkreis unterbrochen, wird dieses magnetische Feld zerstört und induziert in der Spule kurzzeitig einen derart starken Strom, dass wir ihn als Schlag empfinden.

Zubehör: 4 x 7, 11, 16, 23, 24, 33, Batterie

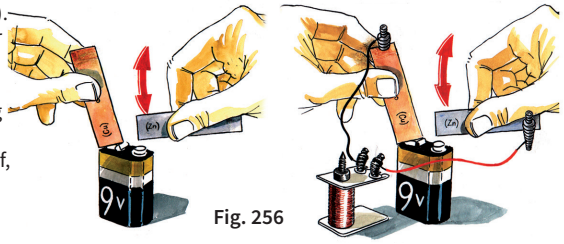


Fig. 256

257. DER INDUKTIONSAPPARAT

Von der elektrischen Klingel zum Induktionsapparat (Selbstinduktionsapparat) ist es nur ein kleiner Schritt. Während die Klingel läutet wird sie an zwei Metallplatten angeschlossen: die erste wird mit der Einstellschraube befestigt und die zweite mit dem Winkel, der den Anker trägt (Bild 137). Mit trockenen Händen spürt man nur einen schwachen Strom, sind sie aber nass, einen starken.
Anscheinend ist die Spannung des Stromes, den man jetzt spürt, stärker als die der Taschenlampenbatterie.
Zubehör: (131), 23, 24, 33

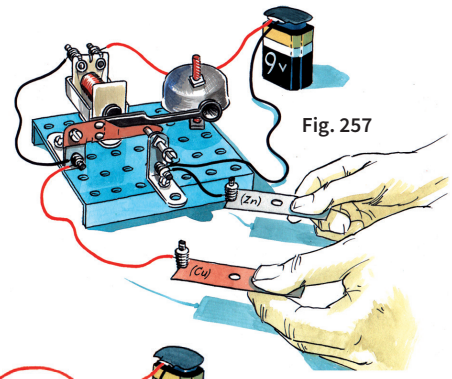


Fig. 257

258. ELEKTRISIERUNG DURCH WASSER

Eine Metallplatte aus dem vorstehenden Versuch und eine Münze in eine Schüssel mit Wasser legen. Während die Klingel läutet, mit der rechten Hand die andere Metallplatte festhalten und mit der linken versuchen, die Münze aus dem Wasser zu holen. Beim Berühren des Wassers spürt man einen starken Schlag und kann die Münze nicht herausholen, weil sich die Hand verkrampft. Es ist immer sehr gefährlich elektrische Einrichtungen mit nassen Händen zu berühren!
Zubehör: (137), eine Schüssel mit Wasser, eine Münze

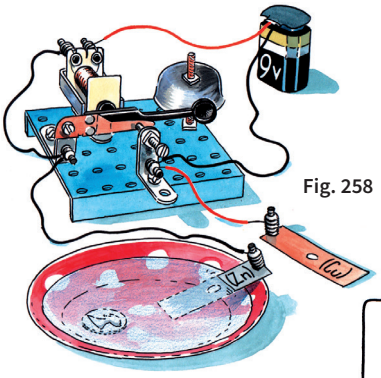


Fig. 258

259. DIE ERDE ALS LEITER

Die Elektrode aus dem vorstehenden Versuch in feuchte Erde stecken und barfuß daraufstellen. Die andere Elektrode in die Hand nehmen, man stellt fest, dass die feuchte Erde ein sehr guter elektrischer Leiter ist. Bild 139 ist nur ein Ausschnitt des Versuchsaufbaus.
Zubehör: (137)

260. DAS RELAIS

Ein Relais ist ein Gerät, mit dem ein Stromkreis mit starkem Strom indirekt durch einen schwächeren Strom geöffnet und unterbrochen werden kann. Es gibt zwei Arten von Relais: Zum Öffnen und zum Schließen. Beide können mit dem Baukasten gebaut werden. Bild 140 zeigt den Schaltplan für ein Einschaltrelais. Im ersten Stromkreis befinden sich der Elektromagnet und die Batterie 1. Sobald der Stromkreis geschlossen wird, zieht der Elektromagnet den kleinen Anker an, der dann wiederum einen anderen Stromkreis schließt, zu dem Batterie 2, eine Glühbirne und ein Anker gehören. Dadurch leuchtet die Glühbirne auf. Das Einschaltrelais lässt sich ganz einfach zu einem Ausschaltrelais umbauen.
Zubehör: 3 x 5, 3 x 6, 6 x 7, 8, 11, 14, 16, 2 x 29, 31, 33, 35, 2 Batterien

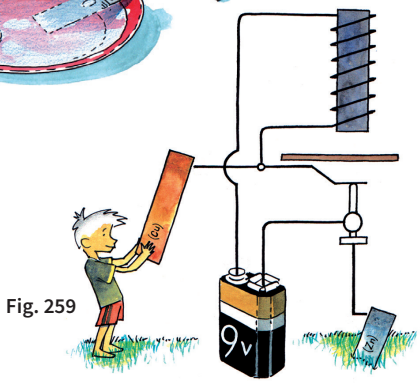


Fig. 259

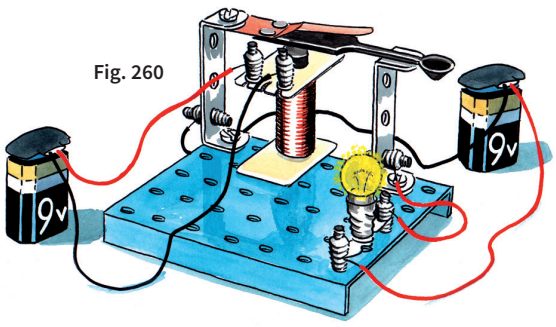


Fig. 260

261. DAS HIRTENTELEFON

Die Leute, die früher die Kühe hüteten, haben sich ein ganz besonderes Telefon einfallen lassen, das die meisten schon einmal im Kindergarten gebaut haben. Es besteht aus zwei Kartonzylindern, die auf der einen Seite mit Pergamentpapier bespannt sind. Man kann dafür einen Yoghurtplastikbecher benutzen. Diese beiden Zylinder werden mit einem dünnen Faden verbunden, der während des Gesprächs ganz straff gehalten werden muss. Während der eine spricht, hört der andere zu und umgekehrt. Man kann also nicht gleichzeitig sprechen und hören. Beim Sprechen vibriert die Pergamentmembran. Diese Vibrationen werden über den straff gespannten Faden an die andere Membran übertragen, so dass man die Stimme von der anderen Seite hört. Mit diesem Telefon kann man sich jedoch nicht über sehr weite Entfernungen unterhalten oder um eine Ecke sprechen.
Das Telefon von Bell basiert auf dem gleichen Prinzip. Es besteht auch aus zwei Teilen, die jeweils einen Permanentmagneten enthalten, einen Eisenkern und eine Spule; vor dem Elektromagneten befindet sich eine dünne Metallmembran. Spricht man gegen die Membran, wird das magnetische Feld verändert. Die Veränderung wird in der Spule induziert. Dieser elektrische Strom wird über zwei Drähte an den anderen Telefonapparat übertragen, wo er wiederum die Metallmembran zum Schwingen bringt. Heutzutage benutzt man anstatt des Telefons von Bell eine modernere Version mit Hörmuschel und Mikrophon.

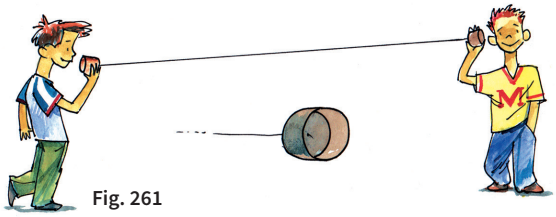


Fig. 261

262. UMWANDLUNG VON ELEKTRISCHER ENERGIE IN SCHALLENERGIE

Bild 142 zeigt den Schaltplan eines Geräts, mit dem man elektrische Energie in Schallenergie umwandeln kann. Dazu einen Elektromagneten, bestehend aus Eisenkern, Kernmantel und Spule auf der Plastikplatte befestigen. Über den Elektromagneten den Metalldeckel einer Bonbondose (aus Eisenblech) legen, während des Versuchs den Deckel etwas anheben, er dient als unsere Membran. Wird der Stromkreis abwechselnd geschlossen und geöffnet, ist ein Rauschen zu hören. Wenn der Stromkreis geschlossen wird, zieht der Elektromagnet die Membran an, wird er geöffnet, geht die Membran, da sie flexibel ist, wieder in die Ausgangsposition zurück. Die Hörmuschel, die im nächsten Versuch gebaut wird, basiert auf dem gleichen Prinzip.
Zubehör: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, ein Blechdeckel, Batterie

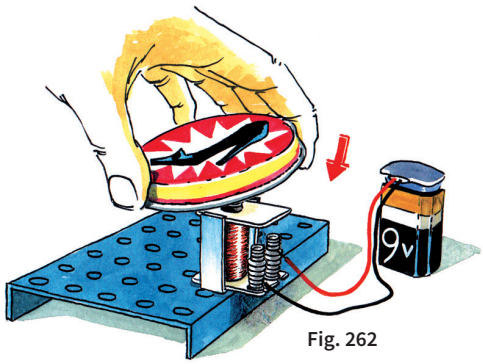


Fig. 262

263. HÖRMUSCHEL

Mit der kleinen und der großen Schelle die Membran und den Elektromagneten so verbinden, dass sie nur 1-2 mm voneinander entfernt sind. Dann die Hörmuschel wie in Bild 143 gezeigt an die Batterie anschließen. Beim Schließen des Stromkreises, sollte die Membran den Elektromagneten nicht berühren, aber auch nicht zu weit von ihm weg sein. Wird der Stromkreis geschlossen, zieht der Elektromagnet die Membran an. Wenn der Stromkreis geöffnet wird, entspannt sich die Membran wieder. Man kann das charakteristische Rauschen im Hörer wahrnehmen.

Zubehör: 4 x 5, 6 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 20, 22, 2 x 29, 33, Batterie

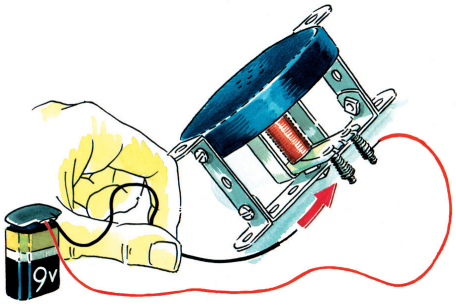


Fig. 263

264. EINE FEILE ALS STROMUNTERBRECHER

Die Hörmuschel aus dem vorstehenden Versuch mit der Batterie durch eine Feile verbinden wie in Bild 144 gezeigt. Mit einem Kontakt an der Feile entlangstreichen, daraufhin raschelt es in der Hörmuschel, weil der Stromkreis so häufig unterbrochen wird.

Zubehör: (143), eine Feile

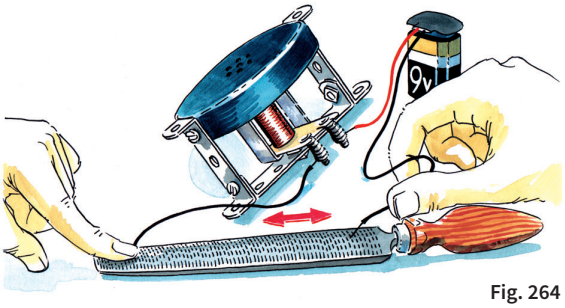


Fig. 264

265. DIE AUTOHUPE

Für diesen Versuch braucht man eine Hörmuschel (Bild 143), eine Batterie und einige Verbindungsdrähte. Einen Pol der Spule mit der Membran verbinden und den anderen mit dem Batteriepol. Den anderen Batteriepol vorsichtig mit der Membran verbinden (die Membran muss sich noch bewegen lassen) wie in Bild 145 gezeigt.

Zubehör: (143), 7

266. DAS MIKROPHON

Der Baukasten enthält ein sehr einfaches und doch empfindliches Mikrophon. Es besteht aus zwei Hauptteilen: Die Membran, ähnlich wie die in der Hörmuschel, diesmal jedoch aus Kunststoff, und drei Stäbe, zwei aus Eisen, die an der Membran befestigt sind und ein dritter aus Kohle, der die anderen zwei berührt. Die Batterie, das Mikrophon und die Glühbirne zu einem geschlossenen Stromkreis verbinden wie in Bild 146 gezeigt. Drückt man mit dem Finger auf das nicht befestigte Kohlestäbchen, leuchtet die Glühbirne auf. Je stärker man drückt, umso stärker leuchtet sie. Je nachdem, ob der Kontakt mit dem Kohlestäbchen stärker oder schwächer ist, lässt das Mikrophon mehr oder weniger Strom durch. Wenn jemand in das Mikrophon spricht, passiert genau das gleiche.

Zubehör: 2, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7, 8, 14, 2 x 28, 33, 35, Batterie

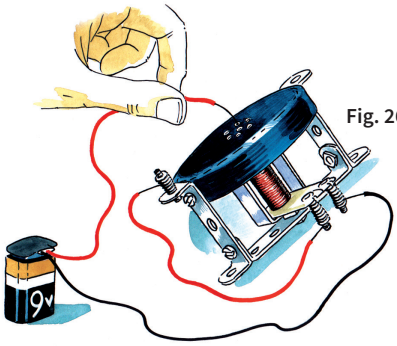


Fig. 265

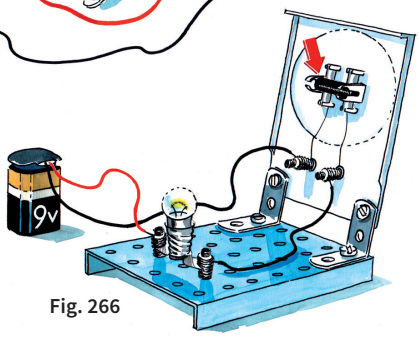


Fig. 266

267. DAS TELEFON

Verbindet man sowohl die Hörmuschel aus Versuch 143 als auch das Mikrophon aus dem letzten Versuch mit der Batterie, erhält man einen Telefonapparat, d.h. ein Gerät zur Übertragung von Sprache und anderen Geräuschen über weite Entfernungen. Legt man eine tickende Uhr auf den Kunststoffsockel, so kann man das über die Hörmuschel hören, weil das Ticken die Membran des Mikrophons vibrieren lässt. Wenn die Kohlestäbchen des Mikrophons mehr oder weniger Strom durchlassen und die Membran vom Elektromagneten in der Hörmuschel unterschiedlich stark angezogen wird, vibriert die Luft und diese Schwingungen kann man wahrnehmen. Dieses selbstgebaute Telefon kann auch Sprache übertragen. Dafür die Hörmuschel in ein anderes Zimmer bringen als das Mikrophon. (Für diesen Versuch braucht man längere Drähte.)

Zubehör: (143), (146), eine tickende Uhr

GENERATOREN UND ELEKTROMOTOREN

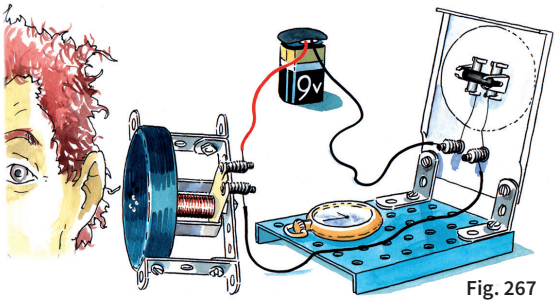


Fig. 267

268. UMWANDLUNG VON MECHANISCHER IN ELEKTRISCHE ENERGIE

1. Die Spule mit dem Galvanoskop (Bild 148) verbinden und dann den Magneten mit einer ruckartigen Bewegung in die Bohrung der Spule schieben. Der Galvanoskop Zeiger schlägt aus und geht dann schnell wieder in die Ausgangsstellung zurück. Auch wenn man den Magneten schnell herauszieht, schlägt der Zeiger aus, diesmal jedoch in die entgegengesetzte Richtung.
2. Den Magneten herumdrehen und den gleichen Versuch wiederholen. Auch diesmal sind Stromstöße zu beobachten. Wie wird der elektrische Strom in diesem Versuch erzeugt? Die früheren Versuche haben gezeigt, dass der Magnet ein magnetisches Feld erzeugt. Schiebt man den Magneten in die Spule, überschneiden sich die Kraftlinien mit den Spulenwindungen. Durch diese Induktion wird elektrischer Strom erzeugt, jedoch nur solange sich der Magnet bewegt, d.h. solange sich die Lage des Magnetfeldes ändert. Dies ist einer der wichtigsten Versuche aus der Elektrotechnik. Alle Generatoren arbeiten nach diesem Prinzip. Ein Generator ist eine Maschine, die die mechanische Energie in elektrische Energie umwandeln kann.

Zubehör: 1, 4 x 7, 10, 11, 33, 34

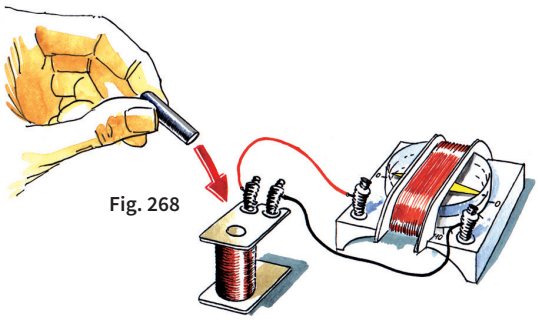


Fig. 268

269. DER WECHSELSTROMGENERATOR

Den Eisenkern in die Spule stecken und die Spule mit dem Galvanoskop verbinden. Dann warten, bis der Zeiger auf null zurückgeht. Dreht man nun den an einem Faden hängenden Magneten über der Spule hat man die einfachste Version eines Wechselstromgenerators.
Zubehör: 1, 4 x 7, 10, 11, 16, 33, 34, Papier, Faden

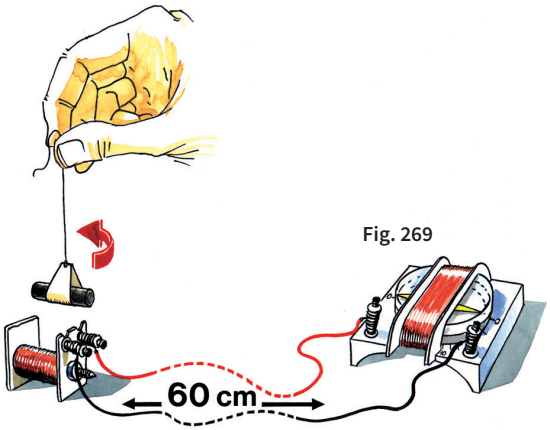


Fig. 269

270. DER STATOR DES GENERATORS UND DES ELEKTROMOTORS

Stator nennt man den Teil elektrischer Maschinen, der sich nicht bewegt. Wir wollen einen Stator bauen. Die beiden Stator teile auf der Kunststoffunterlage befestigen. Den Magneten zwischen die Schenkel schieben und mit einem Gewindebolzen verspannen. Der Stator ist fertig. Der Kompass zeigt an, dass zwischen den Schenkeln das Stator ein Magnetfeld entstanden ist. Wenn man einige Eisenspäne darauf sprenkelt, kann man sogar nachweisen, dass die magnetischen Kraftlinien von einem Schenkel zum anderen laufen (vgl. Versuch 41).
Zubehör: 2 x 5, 4 x 6, 8, 10, 12, 15, 34

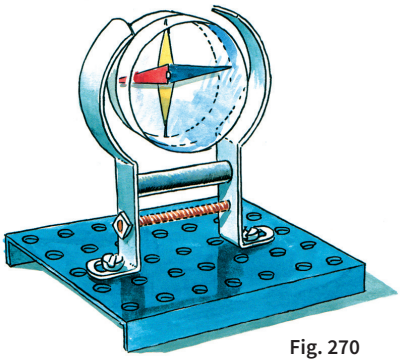


Fig. 270

271. DER ROTOR DES GENERATORS UND DES ELEKTROMOTORS

Eigentlich ist ein Rotor nichts weiter als eine drehbare Spule. Die beiden Enden ihrer Wicklungen enden in zwei kreiszylindrischen Halbschalen, die man Kollektor nennt, und die beim Elektromotor für die Stromzufuhr sorgen und beim Generator für die Ableitung. An jeder Seite des Kollektors lehnt eine Metallfeder, man nennt sie Bürste. Mit dem Kompass kann man die Funktion des Rotors untersuchen.
1. Den Rotor über die Bürsten mit der Batterie verbinden (Bild 151)
2. Mit dem Kompass den Nord- und den Südpol des Rotors bestimmen.
3. Überprüfen, ob die Rotorpole gleichbleiben oder sich verändern, wenn der Rotor um 360 Grad gedreht wird.

Bei genauer Beobachtung ist festzustellen, dass sich die Polarität der beiden Rotorpole ändert, wenn man ihn um 180 Grad dreht, denn dann ändert der Kollektor die Richtung des elektrischen Stroms. Natürlich ändert sich die Richtung des Stroms, wenn die Rotorspule eine waagerechte Stellung einnimmt. Dann ändern sich auch die Magnetpole des Rotors. Der Nordpol wird zum Südpol und umgekehrt.
Zubehör: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 19, 2 x 20, 21, 33, Batterie

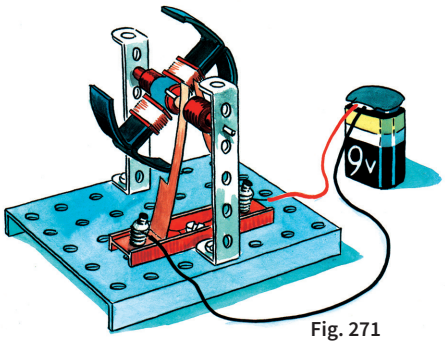


Fig. 271

272. DER GLEICHSTROMMOTOR

Nach dem Bau eines Generator Stators (Versuch 150) und eines Generatorrotors mit Bürsten (Versuch 151) kann man einen Elektromotor für Gleichstrom bauen. Zunächst den Rotor mit den Bürsten aufstellen, dann den Stator. Überprüfen, ob der Rotor sich auch problemlos dreht und die Bürsten am Kollektor angelehnt sind. Danach den Elektromotor an eine Batterie anschließen. Der Rotor beginnt sich zu drehen, zunächst recht langsam, dann aber immer schneller, bis zur vollen Drehzahl, etwa 2.800-3.000 Umdrehungen in der Minute. Jetzt die Pole an der Batterie wechseln. Was passiert?
Zubehör: (151), 2 x 5, 4 x 6, 10, 12, 15

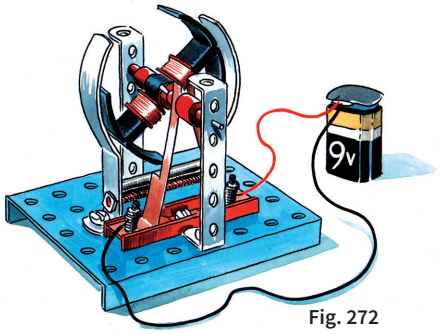


Fig. 272

273. DER GLEICHSTROMGENERATOR

Den Elektromotor aus dem letzten Versuch an das Galvanoskop anschließen und den Rotor mit der Hand drehen. Der Galvanoskop Zeiger schlägt aus. Dreht man den Rotor in die andere Richtung, bewegt sich der Zeiger auch in die entgegengesetzte Richtung. Das bedeutet, dass der Gleichstrommotor auch als Generator eingesetzt werden kann, also ein Gerät mit dem man elektrischen Strom erzeugt.
Zubehör: (152), 1, 2 x 7, 34

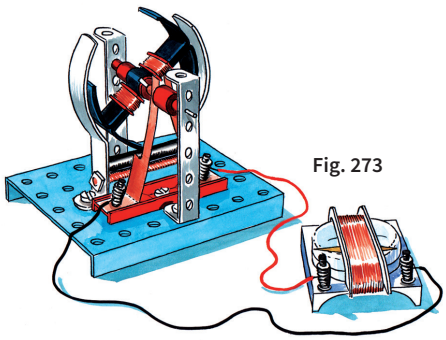


Fig. 273

ABSCHLUSS

Jedes Buch hat auch einen Abschluss. Wenn du dich bis zum Ende durchgearbeitet hast, so soll dies nicht auch der Abschluss deines Horizonts des Wissens im Bereich der Elektronik und der Elektrotechnik sein.
Das Handbuch das du gerade in der Hand hältst, sollte für dich in Wirklichkeit nur die Einführung und ein Wegweiser in die Welt der Elektronik sein, voll von neuen Erkenntnissen, Überraschungen und unverhofften Möglichkeiten.

Deshalb mutig weiter so!

WER IST DAS?

In diesem Kapitel berichten wir über einige Wissenschaftler, welche mit ihrer Arbeit reichlich zur Entwicklung der Elektrotechnik und der Elektronik beigetragen haben. In dem nachfolgenden Verzeichnis sind vor allem Namen angeführt, die wir in diesem Buch schon erwähnt haben.

Ampere, André Marie (1775-1836), französischer Physiker; untersuchte die Oersted Entdeckung und stellte die Grundsatztheorien der Elektrodynamik auf (das Wissen, dass die Elektrizität in der Bewegung untersucht). Seine Arbeit widmete er der Feststellung der exakten Verbindung zwischen dem elektrischen Strom und dem Magnetismus. Nach ihm wurde auch die Einheit für das Messen des elektrischen Stroms (A) benannt.

Bardeen, John (1908-1991), amerikanischer Physiker, welcher im Jahre 1956 zusammen mit Walter H. Brattain und William Shockley den Nobelpreis für Physik, für die Entdeckung des Transistors, bekam. Die Entdeckung war das Ergebnis der Forschungsarbeit dieser drei Wissenschaftler in den Laboratorien von Bell im Jahre 1948. Unter anderem beschäftigte er sich mit den Erforschungen der Stoffe bei sehr niedrigen Temperaturen (Superleitfähigkeit), für das er zusammen mit N. Cooper und John Schrieffer im Jahre 1972 noch einen Nobelpreis bekam.

Brattain, Walter Houser Amerikanischer Physiker (1902–1987), siehe Bardeen.

Coulomb, Charles Augustin de (1736-1806), französischer Physiker, welcher die Kräfte zwischen zwei aufgeladenen Körpern untersuchte. Nach ihm benennen wir die Elektrizität (C).

Edison, Thomas Alva (1847-1931), amerikanischer Erfinder und Physiker, einer der erfolgreichsten des 19. Jahrhunderts. Zu der Vielzahl seiner angemeldeten Patente gehört z.B. die Kohlenfadenlampe, der Phonograph (Vorläufer des heutigen Grammophons) und der Kinoprojektor.

Faraday, Michael (1792-1867), englischer Chemiker und Physiker; bekannt durch seine Pionierversuche und -forschungen im Bereich der Elektrizität und des Magnetismus. Viele sind der Meinung, dass er einer der größten Experimentatoren war, die jemals lebten. Seine Idee sind die gedachten Feldlinien, an denen entlang z.B. die Magnetkraft wirkt. Diese Veranschaulichung der Kraftwirkung im Raum wird noch heute vielfach angewendet. Nach ihm wurde die Einheit für die Kondensatorkapazität (F) benannt.

Henry, Joseph (1797-1878), amerikanischer Physiker und Wissenschaftler, bekannt durch die Entdeckung der elektromagnetischen Induktion und der Selbstinduktion. Seine Experimentarbeiten im Bereich der Chemie, Elektrizität und des Magnetismus zeigen uns, für wie viele Wissenschaftsbereiche er sich interessierte. Nach ihm ist die Einheit der Selbstinduktion (H) benannt worden.

Hertz, Heinrich Rudolph (1857-1894), deutscher Physiker, Mathematiker und Ingenieur, bewies als erster das Bestehen von elektrischen Wellen. Er bewies auch, dass sich die Funkwellen mit Lichtgeschwindigkeit verbreiten. Ihm zu Ehren ist die Einheit für die Frequenz (Hz) benannt.

Kelvin, William Thomson (1824-1907), schottischer Physiker, schlug vor die Temperatur vom absoluten Nullpunkt (von -273,15° C) an zu messen. Er ist einer von denen, die den Grundsatz der Thermodynamik aufstellten. Er wirkte bei dem Übertragungsprojekt der Telegrafie Nachrichten über Unterseekabel aus Europa nach Amerika mit. Besserte eine Reihe von Messinstrumenten aus. Für seine Arbeit wurde er auch mit einem Adelstitel ausgezeichnet. Nach ihm wird die Einheit für die Messung der absoluten Temperatur (K) benannt.

Kirchoff, Gustav Robert (1824-1887), deutscher Physiker, entdeckte das Grundgesetz der elektromagnetischen Strahlung, nach dem die Kraft der Strahlung eines schwarzen Körpers von der Körpertemperatur und der Frequenzwellen abhängig ist. Ist einer der Gründer der Spektroskopie.

Leclanché, Georges (1839 1882), französischer Erfinder, nach dem wir die Trockenbatterie nennen.

Morse, Samuel Finley Breese (1791-1872), unter den Kunstkennern ist er als Maler von Miniaturen sehr geschätzt. In der Technik wird er besonders wegen der Entwicklung des elektrischen Telegraphs anerkannt. Für den Nachrichtenempfang über Drähte verwendete er ein Gerät, welches mit elektromagnetischem Druck auf ein Band schieb, und so war es möglich in Form von Kleine Strichen und Punkten Nachrichten zu empfangen. Er erfand auch die Kodierungsart der Zeichen mit Strichen und Punkten.

Oersted, Hans Christian (1777-1851), dänischer Philosoph, welcher in seinen Vorlesungen im Jahre 1820 bei Versuchen die elektromagnetische Induktion entdeckte. Erforschte auch das Verhalten von Flüssigkeiten und Gasen, die unter Druck

Ohm, Georg Simon (1789-1854), deutscher Physiker, im Jahre bestimmte er das Verhältnis zwischen Spannung, Strom und Widerstand im geschlossenen elektrischen Stromkreis. Nach ihm wird dieses Verhältnis

Shockley, William (1910-1989), amerikanischer Physiker, siehe Bardeen John.

Swan, Sir Joseph Wilson (1828-1914), britischer Chemiker und Erfinder, der viel zur Entwicklung der Photographie beitrug. Zu seinen Erfindungen zählen unter anderem auch die Glühbirne mit Kohlenglühfaden (1860) und die Glühbirne mit Metallfaden (1878).

Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio (1745-1827), italienischer Physiker, Erfinder der ersten elektrischen Batterie. Zu seinen Leistungen gehört auch, dass er als erster das Gas Methan isolierte. Nach ihm nennen wir die Einheit für die elektrische Spannung (V).

VOKABULAR

Das hier aufgestellte Wörterverzeichnis enthalt Wörter, die dir vielleicht weniger bekannt sind. Ein paar Wörter werden hier im Buch häufig angewandt, einige nur begrenzt, manche vielleicht überhaupt nicht, sie stehen aber auf jeden Fall in enger Verbindung mit der Welt der Elektronik und der Elektrotechnik.

Der absolute Nullpunkt die niedrigste, mögliche Temperatur (-273.15° C).

Akkumulator im Grunde Batterie bzw. eine Quelle der elektrischen Energie, die man erneut auffüllen kann, wenn sie leer ist. Der Akkumulator wird üblicherweise mit elektrischer Energie aufgeladen, die man mit Hilfe eines Gleichrichters erhält.

Amperemeter ein Instrument, mit dem man die Stärke des elektrischen Stroms misst.

Anode positiver Anschluss bei der Diode. Durch die Diode wird der elektrische Strom nur dann fließen, wenn die Diode an den positiven Batterieanschluss angeschlossen ist.

Atom der kleinste Teil eines Elements, der immer noch die Eigenschaften von diesem hat.

AVO-Meter ein Instrument mit welchem man den elektrischen Strom, die Spannung oder den Widerstand messen kann. Da die Einheiten dieser Großen A, V und Ohm sind, erhielt das Instrument auch einen solchen Namen.

Waagenbalkenschaltung - ist eine Schaltung, durch die sich der Durchfluss des elektrischen Stroms richtet und teilt, ähnlich, wie sich auf einer Schiffschaukel die Stellung zweier Kinder ändert (rauf, runter oder vertikal).

Batterie ist die Quelle der elektrischen Energie, in welcher sich die chemische Energie (bzw. die Energie wird in chemischen Verbindungen gespeichert) in elektrische Energie umwandelt. Eine ausgenutzte (entleerte) Batterie kann man nicht mehr auffüllen.

Basis ist jener Anschluss am Transistor, an welchem wir den Lenkstrom anbringen.

Flip-Flop ist jenes Etwas (bzw. das Element der Schaltung), welches in dem einen oder anderen stabilen Zustand bzw. der Stellung erhalten bleibt.

Byte ist der kleinste Teil einer Computerinformation. Es hat nur zwei Zustände, wir nennen sie logische 1 und logische 0.

CD ist eine Platte, auf der Daten (kann aber auch Musik sein) in digitaler Form gespeichert sind.

CD-ROM eine Compactdisc, auf welchem die Computerdaten aufgezeichnet sind. Auf einer solcher Disk gibt es zum Beispiel Platz für Texte von 300.000 Schreibmaschinenseiten. Neben dem Text, können auf einer Disk auch Bilder, animierte Sequenzen, Videoaufnahmen und Ton gespeichert werden.

Coulomb Einheit für die Messung der Elektrizitätsmenge.

Chip so benennen wir ein dünnes Silizium-Plättchen, auf dem eine elektronische integrierte Schaltung aufgedruckt ist.

Darlingtonsche Schaltung von Transistoren ist eine Schaltung, bei welcher der elektrische Strom aus dem Emitter eines Transistors direkt zur Basis eines anderen Transistors fließt.

Spannungsverteiler eine Schaltung, die aus zwei Widerständen hergestellt ist. Der Verteilerausgang ist die Stelle, an der sich beide Widerstände berühren.

Digitale Information ist eine Information, die durch eine Reihe von Byte dargestellt ist.

Dynamo Generator, welcher zur Erzeugung des elektrischen Gleichstroms dient.

Diode ein Halbleiterelement der Schaltung, durch die der elektrische Strom nur in eine Richtung fließen kann.

Elektrizität Zu einer Vorrichtung, die mit elektrischer Energie geladen ist, sagen wir, dass sie die Elektrizität enthalt.

Elektrischer Strom ist im Grunde die gerichtete und gezwungene Bewegung der Elektrizität.

Elektrischer Stromkreis ist der Stromweg durch die Schaltung. Der elektrische Strom kann nur dann fließen, wenn der Stromkreis geschlossen ist, z. B.: der positive Batterieanschluss, Anschlussdraht, Glühbirne, andere Anschlussdrähte, negativer Batterieanschluss.

Elektrisches Feld ist der Bereich um die Elektrizität. In ihm wirken die elektrischen Kräfte.

Elektrolyt Stoff, der in wässriger Lösung elektrischen Strom leitet.

Elektrolytischer Kondensator ist ein Element die eine Flüssigkeit (Elektrolyt) enthält. Solche Kondensatoren verfügen gewöhnlich über eine ziemlich hohe Kapazität (mehrere Mikrofarad). Für die elektrolytischen Kondensatoren ist es sehr wichtig, wie wir sie in die Schaltung anschließen. Ein verkehrt angeschlossener Kondensator könnte sofort zerstört werden.

Elektromagnet genaugenommen eine Spule, durch die elektrischer Strom fließt. Weil sich die Spule so verhält, nennen wir sie Elektromagnet.

Elektromotor eine Vorrichtung, in welcher elektrische Energie in mechanische umgewandelt wird.

Elektron negativ geladenes, leichtes Elementarteilchen.

Elektronischer Computer eine elektronische Anlage, die mit Hilfe elektronischer Schaltungen im Stande ist, sehr schnell eine große Zahl von Rechenoperationen durchzuführen.

Element ein Stoff, der von nur einer Art van Atomen zusammengesetzt ist.

Element der Schaltung der kleinste Bestandteil der elektrischen Schaltung.

Emitter ist jener Anschluss am Transistor, in welchem sich die Ströme sammeln, die aus dem positiven Batterieanschluss in den Kollektor und die Basis gelangen.

Energie Fähigkeit bestimmte Arbeit zu leisten. Die Energie kann ihre Form ändern: z. B. mechanische in elektrische Energie (im Generator), elektrische in Wärmeenergie (im Heizkörper), elektrische in Leuchtenergie (in der Glühbirne) usw.

Gleichstrom fließt durch den Leiter immer in eine Richtung.

Frequenz ist die Anzahl von Veränderungen in einer Sekunde.

Generator eine Vorrichtung, die die mechanische Energie in elektrische umwandelt. Solche Generatoren verwendet man in Kraftwerken, wo sich die mechanische Energie des Wassers in elektrische Energie umwandelt.

Graphit weiches schwarzes Mineral aus reinem Kohlenstoff. In der Elektrotechnik wird es manchmal für die Herstellung von Widerständen und bei Gleitkontakten angewandt. Wir linden es auch in Bleistiftminen aber auch in Pasten für Kugellagerschmierung.

Isolator Stoff, der Energieströme schlecht oder gar nicht leitet.

Wechselstrom fließt wechselseitig durch den Leiter, zuerst in die eine, dann in die andere Richtung.

Induktion Erregung elektrischer Ströme und Spannungen durch bewegte Magnetfelder.

Induktivität ist die Eigenschaft der Spulen. Sie wird in Henry (H) gemessen.

Integrierter Schaltkreis ein Schaltkreis, der auf einem kleinen Silizium-Plättchen eine größere Zahl von Elementen des Schaltkreises enthält, wie z. B. Transistoren, Widerstände, Kondensatoren usw. Sehr umfassende integrierte Schaltkreise können mehrere Millionen von Transistoren enthalten.

Kathode - negativer Anschluss bei der Diode. Durch die Diode fließt der elektrische Strom nur dann, wenn die Kathode an den negativen Batterieanschluss angeschlossen ist.

Kapazität ist die Eigenschaft der Kondensatoren. Sie wird in Farad (F) gemessen.

Kollektor ist ein Anschluss am Transistor, an dem sich der auffälligste Einfluss des Lenkstroms befindet, der zur Basis des Transistors fließt. Compakt-Disk siehe CD.

Kondensator Gerät zur Speicherung elektrischer Ladungen, so dass sich an seinen Klemmen die Spannung nicht ändert. Der Kondensator leistet Widerstand bei Veränderung der elektrischen Spannung an seinen Klemmen.

Kontaktschalter ist elektrischer Schalter, in welchem die beiden elektrischen Kontakte durch eine äußere Kraft geschlossen werden.

Laser - (Abkürzung für Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation = Lichtverstärkung durch angeregte Emission von Strahlung); ein Gerät, das einen farblosen, starken und sehr engen Lichtstrahl abgibt.

LED (light emmiting diode); eine Leuchtdiode.

Magnet ein Gegenstand, der die Eigenschaft besitzt, Eisen-, Kobalt- und Nickelstücke anzuziehen.

Magnetfeld ist der Bereich um den Magneten herum, in welchem Magnetkräfte wirken.

Masse gewöhnlich jener Teil der Schaltung, die direkt an den negativen Batterieanschluss angeschlossen ist. Z. B. heim Auto ist die Masse einfach das Fahrgestell, welches an den negativen Anschluss des Akkumulators angeschlossen ist.

Mikrophon Ein Gerät zur Umwandlung von Schallenergie in elektrische Energie.

Mikroprozessor ein sehr komplexer integrierter Schaltkreis, in welchem eine Menge logischer Schaltungen ist. Durch besondere Zustände (bzw. Befehle) an bestimmten Anschlüssen kann der Schaltung "befohlen" werden, was sie mit den Zuständen (Daten), die sie an den anderen Anschlüssen hat, machen soll. Die Mikroprozessoren, sind eigentlich das "Gehirn" aller Computer.

Molekül des kleinsten Teilchens irgendeines Stoffes, das noch immer seine Eigenschaften besitzt.

Monostabil ist das Gebilde (bzw. die Schaltung), dass nur eine stabile Position (bzw. Zustand) hat, in der es sich am liebsten aufhält. Wenn wir mit äußeren Einflüssen diesen Zustand verändern wollen, wird sich alles zusammen von sich aus in diesen stabilen Zustand, den einzigen denn es besitzt, zurückversetzen.

Aufgeladener Körper ist der Körper, welchem Elektrizität zu- oder abgeführt wurde.

Instabil ist jenes Ding, welches zwar ausgedrückte Zustände hat, zu denen es fließt, jedoch gesellt es sich keinem von ihnen zu.

Neutron Elementarteilchen mit der Masse des Wasserstoffkernes ohne elektrische Ladung.

die niederfrequenten Signale haben solche Frequenzen, die wir hören können. Das sind Frequenzen zwischen 16 Hz und 20000 Hz.

NTC (negative temperature coefficient = negativer Temperaturkoeffizient), ist ein Thermistor, dessen Widerstand mit wachsender Temperatur fällt.

Ohmmeter ein Instrument, mit dem wir den elektrischen Widerstandswert messen können.

Verstärker ist eine Schaltung, die die elektrischen Signale verstärkt.

Fassung ein Element, in welches wir die elektrische Glühbirne einschrauben.

Oszillator eine Schaltung, die eine elektrische Wechselspannung abgibt.

Potentiometer ein Widerstand, der einen wechselnden Widerstandswert hat. In der Schaltung ist es so angeschlossen, dass beide Anschlussklemmen des Widerstands und des Gleiters angeschlossen sind.

Vorsilben wir schreiben sie vor der Grundeinheit und zeigen so, wievielmal ist eine Einheit Größer oder kleiner von der Grundeinheit ist.

Protonen Atomteilchen, die eine positive elektrische Ladung haben.

Leiter sind Stoffe, die sehr gut den elektrischen Strom leiten.

Pol ist jener Ort am Magnet, an dem die Magnetkräfte am stärksten sind.

Halbleiter sind Stoffe, die die Eigenschaft von Isolatoren und Leitern haben. Wenn wir diese bearbeiten und dann auf bestimmte Weise verwenden, sind es Halbleiter.

Rückkopplung ist die Verbindung in der Schaltung, die einen Teil der Ausgangsinformation der Schaltung zurück an den Eingang der gleichen Schaltung bringt.

Pulsierender Strom ist ein solcher Strom, der durch den Leiter immer nur in eine Richtung fließt, jedoch so, dass sich die Stromstärke ändert.

Computer eine Anlage, die im Stande ist, die erhaltenen Daten zu verarbeiten bzw. mit den erhaltenen Daten bestimmte Operationen (z. B. Ausrechnungen) durchzuführen.

RAM (random access memory) ein Direktzugriffsspeicher für Computer, bei dem die Daten in beliebiger Reihenfolge abgerufen oder eingeschrieben werden können.

Reed-Kontakter ist ein Röhrchen, in weichem sich zwei Kontakte befinden. Wenn wir sie magnetisieren (mit einem Magnet oder Elektromagnet), ziehen sie sich an und durch sie kann der elektrische Strom fließen.

Relais ist eine Vorrichtung mit einem Elektromagnet, die ein Eisenstück anzieht und dadurch auch bewegliche Kontakte auf unbewegliche drücken kann. Das Relais verwenden wir, um mit dem elektrischen Strom die Kontakte einzuschalten.

Roboter sind Maschinen, deren Bewegungen von Computern gelenkt sind.

ROM (read only memory) ein Festwertspeicher von dem wir nur abrufen und lesen können. Sehr häufig sind solche Speicher in der Form eines integrierten Schaltkreises hergestellt, der auf der oberen Seite ein durchsichtiges Fensterchen hat.

Sensortaste ist eine Taste, die auf die Berührung reagiert.

Schema ein Schaltplan der elektrischen Schaltung.

Schaltplan ein Plan, in dem veranschaulicht wird, wie die einzelnen Elemente in der Schaltung untereinander geschaltet sind.

Stabil ist jener Zustand, welcher sich von sich aus nicht verändern wird.

Schalter ist ein Element der Schaltung, mit welchem wir den elektrischen Strom unterbrechen oder einschalten können.

Leuchtdiode ein Element der Schaltung, in welchem sich die elektrische Energie in Licht umwandelt.

Temperatur ist eine Angabe, die uns sagt, wie warm oder kalt eine Sache ist.

Thermistor ist ein Widerstand, in welchem sich wegen der Temperaturveränderung der Widerstandswert sehr ändert.

Fühler ist jenes Element, das den nichtelektrischen Einfluss in elektrischen umwandelt (z. B. Feuchtigkeitsfühler).

Taste ist ein elektrischer Schalter, der nur dann geschlossen ist, wenn wir in gedrückt halten.

Transistor ist ein Halbleiterelement, an welchem wir durch äußerlichen Einfluss (mit elektrischem Strom, der in den Steueranschluss fließt) seinen Widerstandswert stark verändern können.

Transistor NPN ein Transistor, der für die Normalfunktion den Kollektor an die positive, den Emitter aber an die negative Spannung angeschlossen haben muss.

Transistor PNP ein Transistor, der für die Normalfunktion den Kollektor an die negative, den Emitter aber an die positive Spannung angeschlossen haben muss.

Spule ist ein Element der Schaltung, in welchem sich die Energie so speichert, dass durch sie der elektrische Strom durchfließt, sich aber nicht ändert.

Universalinstrument siehe AVO-Meter

Widerstand ist ein Element der sich dem Durchfluss der elektrischen Energie so widersetzt, dass sich in ihm die elektrische Energie in Wärmeenergie umwandelt.

Widerstandswert ist die Eigenschaft der Widerstände. Sie wird in Ohm (Ω) gemessen.

Gleichrichter ist eine Vorrichtung, die Wechselstrom in Gleichstrom umwandelt. Gewöhnlich ist dies eine Vorrichtung, die wir an den Netzanschluss anschließen, an seinen Ausgängen hat sie aber eine Gleichspannung, an die wir Anlagen anschließen können, die nur unter Gleichspannung funktionieren (z. B. Transistorempfänger).

hochfrequente Signale sind Signale solcher Frequenzen, die wir nicht hören können. Das sind alle Signale, die eine Frequenz über 20 kHz haben.

Voltmeter ist ein Instrument, mit welchem wir die elektrische Energie messen können.

Lautsprecher ist eine Anlage, in der sich die elektrische Energie in Schallwellen umwandelt.

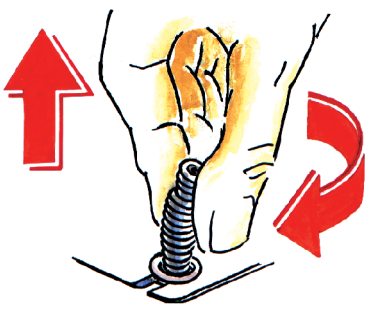
Glühbirne ist ein Element, das elektrische Energie so in Wärmeenergie umwandelt, dass der Faden in der Glühbirne sehr stark aufglimmt and leuchtet. Wegen der Wärme sind die Glühbirnen auch heiß.

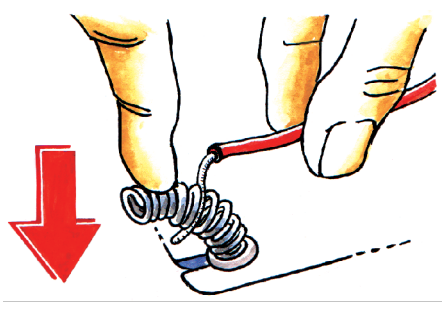
VERZEICHNIS DER BAUTEILE

Nr.	VERZEICHNIS DER BAUTEILE	Anzahl
1	Galvanoskop	1
2	Mikrophon	1
3	Schachtel mit Eisenspänen	1
4	Schachtel mit Schrauben und Muttern	1
5	Kurze Schraube M4 x 5	12
6	Muttern M4	16
7	Sprungfeder	30
8	Kunststoffsockel	1
9	Eisenstab	1
10	Magnet	1
11	Spule	1
12	Gewindebolzen	1
13	Glocke	1
14	Glühbirnenträger	1
15	Stator, zweiteilig	1
16	Eisenkern	1
17	Kernmantel	1
18	Anker	1
19	Rotor	1
20	Große Schellen 60 x 12 mm	2
21	Bürstenpaar	1
22	Hörmuschel	1
23	Zinkplatte (Zn)	1
24	Kupferplatte (Cu)	1
25	Einstellschraube M4 x 20	1
26	Polyvinylplatte	1
27	Metallplättchen mit Kunststoffgriff	1
28	Winkel 25 x 25 mm	4
29	Kleine Schelle 28 x 12 mm	2
30	Widerstand (Rheostat)	1
31	Hämmerchen für die Klingel	1
32	Schraubenschlüssel mit Schraubenzieher	2
33	Leitungsdraht	5
34	Kompass	1
35	Glühbirne	1

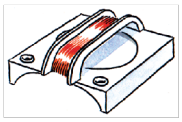
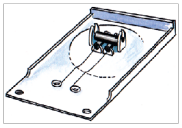
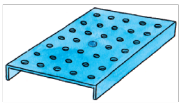
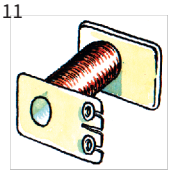
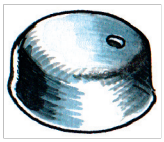
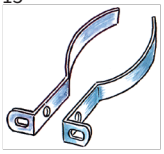
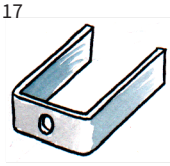
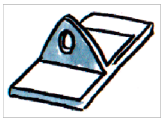
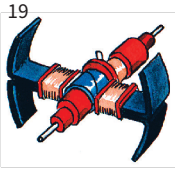
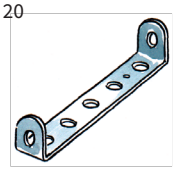
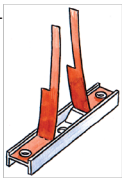
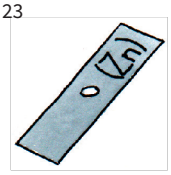
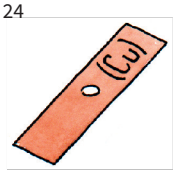
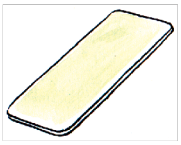
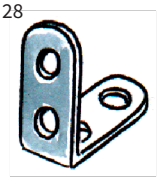
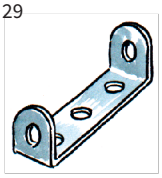
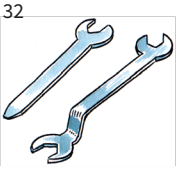
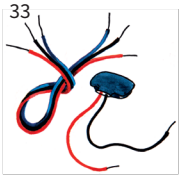
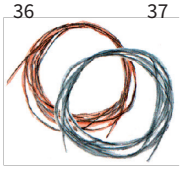
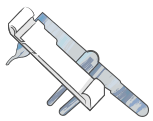
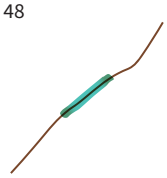
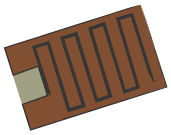
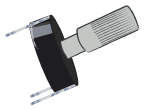
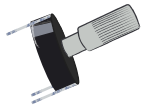
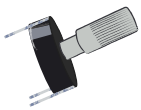
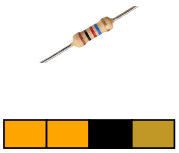
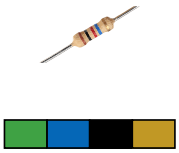
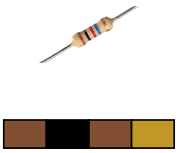
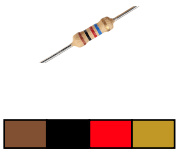
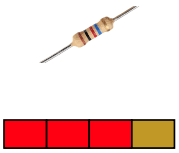
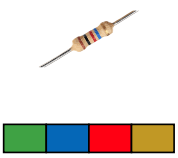
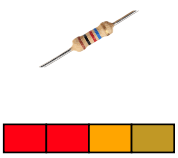
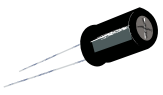
No.	VERZEICHNIS DER BAUTEILE	Anzahl
36	Kupferdraht	1
37	Konstanter Draht	1
38	Anschluss für 9 V Batterie	1
39	Grundplatte	1
40	Schalter	1
41	Relaiswicklung	1
42	Transistor BC548	3
43	Rote Leuchtdiode	1
44	Grüne Leuchtdiode	2
45	Lautsprecher 8 Ω, 0,5 W	1
46	Diode 1N4004	2
47	Thermistor NTC 10 kΩ	1
48	Reed-Kontakt	1
49	Feuchtigkeitssensor	1
50	Potentiometer 100 Ω	1
51	Potentiometer 10 kΩ	1
52	Potentiometer 47 kΩ	1
53	Widerstand 33 Ω, 0.5 W	1
54	Widerstand 56 Ω, 0.5 W	1
55	Widerstand 100 Ω, 0.5 W	1
56	Widerstand 270 Ω, 0.5 W	1
57	Widerstand 1 kΩ, 0.5 W	2
58	Widerstand 2.2 kΩ, 0.5 W	1
59	Widerstand 5.6 kΩ, 0.5 W	1
60	Widerstand 22 kΩ, 0.5 W	3
61	Widerstand 100 kΩ, 0.5 W	1
62	Ceramic capacitor 1.5 nF	1
63	Keramischer Kondensator 10 nF	2
64	Keramischer Kondensator 47 nF	1
65	Keramischer Kondensator 100 nF	1
66	Elektrolytischer Kondensator 100 µF/16 V	2
67	Elektrolytischer Kondensator 1,000 µF/16 V	1
68	Verbindungsdraht, 55 mm	4
69	Verbindungsdraht, 100 mm	6
70	Verbindungsdraht, 150 mm	4

Legen Sie die Kontaktfeder in die Grundplatte.





Stecken Sie den Draht in die Kontaktfeder.

1 	2 	3	4	5 6	7	8 
9	10	11 	12	13 	14	15 
16	17 	18 	19 	20 	21 	22
23 	24 	25	26 	27	28 	29 
30	31	32 	33 	34	35	36 37 
38	39	40 	41	42	43	44
45	46	47	48 	49 	50 	51 
52 	53 	54 	55 	56	57 	58 
59 	60 	61	62 1,5µF (152)	63 10µF (103)	64 47µF (473)	65 100µF (104)
66	67 	68 L = 55 mm	69 L = 100 mm	70 L = 150 mm		

ELECTRO PIONEER

273 expériences pour découvrir le magnétisme, l'électricité et l'électronique

Fonctionne avec une pile 9V ⎓ IEC 6LR61-9V ⎓ (non fournie)

Producteur et détenteur des droits d'auteur: LIVE MEHANO d.o.o. • Polje 9 • 6310 Izola • Slovenija

CONTENTS

INTRODUCTION 443
UNITES DE MESURE 444
ELEMENTS DE BASE D'UN CIRCUIT ELECTRIQUE ..... 445 - 454
CIRCUITS ..... 455 - 498
ÉLECTROSTATIQUE ..... 499 - 504
MAGNÉTISME ..... 504 - 509
PILES, ELEMENTS, ACCUMULATEURS ..... 509 - 515
ÉLECTROMAGNÉTISME ..... 515 - 518
L'ELECTRO-AIMANT DANS LA TECHNIQUE ..... 518 - 521
GENERATRICES ET MOTEURS ELECTRIQUES ..... 521 - 522
QUI EST QUI? 523
GLOSSAIRE ..... 524 - 526
DESIGNATION ET CROQUIS DES PIECES ..... 527 - 528

DROITS ET OBLIGATIONS

En achetant ce manuel, vous vous engagez à respecter toutes les prescriptions dans le domaine des droits d'auteur relatives à ce genre d'édition et à ne pas violer ces droits. Le contenu de ce livre est protégé par la loi des droits d'auteur. Aucune partie de ce manuel ne peut être reproduite, recopiée, photocopiée ou transmise à n'importe quel media de stockage informatique, sans une autorisation écrite de l'éditeur au préalable. Toutes les expériences décrites dans ce livre ont été soigneusement examinées et testées. Cependant, l'éditeur dégage toute responsabilité en cas de dommage physique et/ou matériel, ou préjudice quelconque pouvant survenir durant la réalisation des expériences décrites dans ce livre.

A NOS JEUNES LECTEURS

Nous sommes heureux de vous voir pénétrer dans l'univers fascinant de l'électricité grâce à notre manuel, et nous espérons que vous trouverez beaucoup de plaisir en exécutant ces expériences. Cependant, ce kit n'est pas conçu uniquement pour le plaisir. En réalisant les expériences et en lisant les explications s'y rapportant, vous acquerrez les connaissances de base en électricité qui vous seront utiles tout au long de la vie courante. N'ayez pas peur d'expérimenter. Les résultats d'une expérience valent mieux que l'opinion d'un millier d'experts. Testez donc toutes vos idées! Si une expérience ne donne pas le résultat escompté, ne soyez pas découragé. En ayant trouvé et résolu le problème, vous aurez appris quelque chose de nouveau et d'utile que vous pourrez mettre à profit lors de nouvelles expériences. Toutes les expériences proposées dans ce manuel ont été conçues de manière à ne pas vous blesser, ni causer le moindre dommage à votre entourage à l'exception de menues égratignures aux doigts. Ce manuel décrit un nombre appréciable d'expériences différentes. Certaines sont tellement simples, qu'elles ne nécessitent aucune explication. D'autres sont compliquées et, il se peut que vous ne soyez pas à même de comprendre directement et complètement comment elles fonctionnent. Après une étude plus approfondie, vous serez capable d'élaborer et de réaliser facilement les expériences, même les plus difficiles. Cependant, si une expérience vous pose un réel problème et une quelconque frustration, n'hésitez pas à la laisser provisoirement pour y revenir ultérieurement. La diversité des expériences donne à chacun l'occasion d'apprendre plus sur le sujet. De plus, la description détaillée des expériences et leur fonctionnement contenus dans ce manuel pourraient s'avérer très utiles dans vos activités scolaires.

CHERS PARENTS

En achetant ce manuel, vous entrez dans l'univers de l'électricité avec votre enfant. Si vous vous sentez à l'aise avec ce sujet, offrez à votre enfant: soutien et stimulation. Si ce domaine ne vous est pas familier, n'hésitez pas à vous y consacrer avec votre savant "en herbe". C'est un univers plein de révélations pour les électriciens novices de tout âge.

Nous profitions encore une fois de cette occasion pour souligner le fait que la boîte d'expériences est complétement sans risques. Elle a été délibérément créée pour un fonctionnement à la puissance des batteries, l'utilisation du courant de secteur pouvant présenter un danger potentiel, particulièrement pour les utilisateurs non expérimentés.

NE PERMETTEZ JAMAIS A VOTRE ENFANT D'UTILISER LE COURANT DE LA PRISE SECTEUR POUR CETTE BOITE D'EXPERIENCES! L'utilisation du convertisseur à la place de la batterie n'est même pas mentionnée. Si vous avez de l'expérience avec les produits électriques et électroniques, l'utilisation du convertisseur est autorisée, mail sous condition de votre surveillance. L'utilisation du convertisseur sans surveillance peut entraîner un dommage définitif des éléments.

ATTENTION!

Pour raison de sécurité, tous les circuits sont prévus pour un fonctionnement à la puissance des batteries.
POUR LES ESSAIS UTILISENT LA BATTERIE 9 V BATTERIE IEC 6LR61.
NE PAS ESSAYER D'ASSEMBLER LE CIRCUIT EN LE RACCORDANT AU RESEAU D'ELECTRICITE! CELA POURRAIT METTRE EN DANGER VOTRE VIE ET VOTRE ENTOURAGE! LE COURANT ELECTRIQUE VENANT DE LA PRISE SECTEUR EST DANGEREUX ET PEUT CAUSER LA MORT OU PROVOQUER UNE INCENDIE! LA BOITE D'EXPERIENCES ET SES ELEMENTS NE SONT PAS PREVUS POUR FONCTIONNER SOUS LA TENSION DE RESEAU ELECTRIQUE.
IL EST SOUHAITABLE D'EXECUTER CES EXPERIENCES UNIQUEMENT SOUS SURVEILLANCE DES ADULTES.
NE PAS EXECUTER DES EXPERIENCES NON DECRITES DANS CE MANUEL.
SI LE CIRCUIT NE SERA PAS UTILISE POUR UN CERTAIN TEMPS, ENLEVER LA BATTERIE.
LES CIRCUITS ELECTRIQUES DOIVENT S'ALIMENTER UNIQUEMENT AU MOYEN DE LA BATTERIE PRECONISEE.
DES PILES ALKALINES SONT RECOMMANDEES AVEC NOTE SUPPLEMENTIRE "VERTE".
NE STOCKER JAMAIS LES PILES AVEC DES INSTRUMENT METALLIQUES (RISQUE DE FEU OU D'EXPLOSION).
NE JAMAIS ESSAYER DE RECHARGER LES PILES.
LE REMPLACEMENT DES PILES DOIT ETRE EFFECTUE PAR UN ADULTS.
NE PAS JETER LES PILES USAGEES DANS LA NATURE OU DANS LE FEU.
PLACER LES PILES VIDES DANS DES CONTENEURS ADEQUATS.
LE PRODUIT CONTIENT DES ELEMENTS QUI ONT DES BORDS ET PARTIES TRANCHANTS.
LES PIECES CONTENUES DANS CETTE BOITE D'EXPERIENCES SONT DE PETITES DIMENSIONS ET ONT LES BORDS TRANCHANT.
CE PRODUIT N'EST DONC PAS RECOMMANDE AUX ENFANTS AU DESSOUS DE 9 ANS.
CONSERVER CES INFORMATIONS POUR UTILISATION ULTERIEURE.

EN 71: Aimant
AVERTISSEMENT: Ne convient pas aux enfants de moins de 9 ans. Ce produit contient un petit aimant avec un flux magnétique de plus de 50 KG2mm. S'ils sont avalés, les aimants peuvent s'attacher les uns aux autres à travers la paroi intestinale et causer de graves blessures. Consultez immédiatement un médecin si un(des) aimant(s) sont avalés.

EN 62115:
AVERTISSEMENT: Utilisation exclusivement réservée aux enfants âgés de 9 ans et plus. Les instructions destinées aux parents sont fournies avec le produit et doivent être respectées. Ce produit contient un fil libre. Les fils ne doivent pas être insérés dans les prises de courant. Expérience 97: L'augmentation de température de la résistance lors de l'expérience 97 dépasse la limite, mais les instructions n'ont pas signalé de dangers possibles et ne contiennent pas d'avertissement. Il ne faut pas toucher directement la surface chaude des parties accessibles pendant et après l'expérience, comme la surface de la résistance, les piles, l'aération et les autres composants électroniques. Assurez-vous que la température a diminué, faute de quoi il peut y avoir un risque d'incendie. L'emballage doit être conservé car il contient des informations importantes.

AVERTISSEMENT

Ne pas utiliser des piles rechargeables (c'est-à-dire nickel cadmium). Ce Jouet doit être alimenté uniquement avec les piles prescrites. Des piles alcalines sont recommandées avec note supplémentaire "verte". Prenez soin d'insérer vos piles correctement, en respectant les signes ("+" et "-"). Indiquées sur l'appareil et sur la pile. Changez toutes les piles. Ne mélangez pas différents types de piles (par ex. alcaline et autres...) ou des piles neuves avec des piles déjà usées. Le remplacement des piles doit être effectué par un adulte. Les piles épuisées ne doivent pas rester dans le logement de piles. Si l'on prévoit une longue période d'inutilisation, enlever les piles. Ne stocker jamais les piles avec des instrument métalliques (risque de feu ou d'explosion). Ne rechargez pas les piles non-rechargeables. Les piles rechargeables doivent être sorties du jouet pour être rechargées. Les piles rechargeables doivent être rechargées sous la surveillance d'un adulte. Ne pas jeter les piles usagées dans la nature ou dans le feu. Placer les piles vides dans des conteneurs adéquats. Ne pas mettre les bornes d'alimentation en court-circuit. Les couleurs des câbles installés est possible qu'ils sont différents des couleurs démontrées dans les guides d'usage.

INSTRUCTIONS GENERALIS

Toutes les pièces de la boîte sont répertoriées, illustrées et numérotées à la dernière page.
Avant de commencer les expériences, il faut se procurer une pile plate de 9 V (IEC 6LR61).
Chaque description des expériences comporte le n° des pièces nécessaires dans l'ordre de leur utilisation.
Avant de commencer une expérience, il est conseillé de disposer les pièces nécessaires sur la table, dans l'ordre d'assemblage.
Lorsque l'expérience est terminée, ranger correctement les accessoires dans la boîte.

INTRODUCTION

L'application des découvertes dans le domaine de l'électronique a profondément bouleversé le monde dans lequel nous vivons. Le premier transistor a été découvert il y'a à peine cinquante ans, et le circuit intégré a été utilisé pour la première fois il y'a moins de trente ans. L'électronique trouve son application dans tous les aspects de notre vie. Si vous avez des doutes, demandez à vos grands-mères et grands-pères s'ils avaient eu une télévision ou poste de radio quand ils étaient jeunes, pour ne pas mentionner les vidéos, ordinateurs, magnétophones à cassettes portables, caméras automatiques, etc.
Ils admettront quand même que l'application de l'électronique a considérablement bouleversé leur vie. Peut-être certains se plaindront-ils en se souvenant des "beaux temps de jadis", mais ne vous inquiétez pas. Leurs grands-parents disaient la même chose. Vous direz peut-être la même chose à vos petits-enfants.
L'électronique affecte vraiment notre vie et elle mérite donc toute notre attention. Le fait que vous avez en mains ce manuel est bien la preuve que vous lui faites confiance. Mais comment fonctionnent les vidéos et les ordinateurs, les montres électroniques, les lecteurs à disques compacts! La réponse n'est pas simple.
Vous avez certainement les cubes Lego à la maison. Quand votre petit frère ou sœur vous demande comment on peut construire un château, un aéronef ou une maison, vous connaissez déjà la réponse. En utilisant une multitude de petits cubes très simples. Chacun de ces cubes est très simple, mais quand vous les assemblez en un tout, vous avez fait quelque chose qui ne ressemble plus à aucune de ces pièces. Au moment de construire votre œuvre, vous ne vous êtes surtout pas posé la question en quel matériel étaient faits ces cubes.
Il en est de même avec l'électronique. Nous pouvons imaginer qu'un circuit intégré complexe est construit d'une multitude de circuits très simples. Même les plus grands connaisseurs ne sauront dire exactement comment fonctionnent les circuits électroniques très complexes et compliqués. Vous savez sans doute utiliser une télévision ou jouer un jeu sur votre ordinateur de poche. Et là, vous ne vous faites sûrement pas de souci si vous ne savez pas comment cela fonctionne. Juste comme vous devez avoir beaucoup de petits cubes pour construire un château, afin de pouvoir assembler un circuit électronique complexe, vous devriez savoir construire une multitude de circuits simples.
C'est la que ce livre pourrait vous être utile. En l'étudiant, vous apprendrez comment fonctionnent les circuits simples. Grâce aux connaissances acquises par ce manuel, vous serez capables d'assembler des circuits complexes.

Cette brochure comprend 270 expériences et descriptions théoriques. La boîte contient tous les accessoires nécessaires pour leur exécution, à l'exception de ceux que l'on trouve dans tout ménage comme, par exemple: une feuille de bloc-notes, un morceau de papier, un peigne, un crayon en bois, un verre d'eau, une épingle, poinçon, du papier aluminium, du fil de coton, des clous, des allumettes, du carton, des aiguilles, une canette, du polystyrène expansé (ou autre), des aiguilles à tricoter (enfer), une bougie, un canif, une carte d'Europe, un règle en bois, un livre, un marteau, un récipient avec de l'eau, des bouchons, un tableau en bois, du fil de fer, du sel, su sable, des mines de Ø 0,5 ou plus ou fusain, une plaquette de fer de 40 x 5 mm, un élastique, un montre, un dossier, de la ficelle, un pot de yoghourt en plastique, une pièce de monnaie. La boîte est destinée aux garçons et filles à partir de 9 ans. Elle convient pour une activité individuelle ou en groupe et peut être utilisée efficacement dans les écoles primaires, bien qu'elle ait été destinée initialement aux activités à option. De ce fait, quelques expériences nécessitent l'achat ou l'emprunt d'autres éléments:
- n° 35 Ampoule 12 V / 0,05 A culot E10 (1 pièce pour l'expérience n° 207, 2 pièces pour les expériences n° 209 et n° 210)
- n° 14 Support pour ampoule E10H1 (1 pièce pour l'expérience n° 207, 2 pièces pour les expériences n° 209 et n° 210)
- n° 38 Connecteur pour pile 9 V (1 pièce pour les expériences n° 211, n° 230 et n° 260, 2 pièces pour l'expérience n° 212).

COMMENT REALISER LES EXPERIENCES

Chaque expérience porte un numéro d'ordre. Il n'est pas obligatoire de suivre cet ordre, quoique ce soit préférable. Nous donnons ci-dessous, à titre d'exemple, le déroulement de l'expérience avec la sonnette électrique décrite à la figure 130/131. A la fin du texte, sont repris les numéros des accessoires pour réaliser la sonnette électrique. La liste de ces accessoires et leur illustration figurent à la fin du fascicule. Dans notre exemple, il s'agit des n°: 5-6-7-8-11-12-13-16-17-25-28-31-33 etc. Selon cette énumération, nous préparons et disposons sur la table, les éléments suivants:

4 x 7 = attache- ressort	12 = l'axe avec l'écrou	3 x 28 = équerre simple 25 x 25 mm
8 = socle en matière plastique	13 = la cloche	31 = le marteau
6 x 5 = les vis	16 = noyau en fer doux	33 = câbles avec 2 fiches
13 x 6 = les écrous	17 = cadre pour noyau	
11 = bobinage	25 = longue vis M4 x 20	

• 2 x 5 - signifie que nous avons besoin de deux pièces indiquées par le numéro 5.
• (20) - le chiffre entre parenthèses signifie que nous avons besoin des mêmes éléments que ceux énumérés à l'expérience 130.
• une feuille de cahier, un peigne - signifie que ces pièces ne sont pas incluses et sont disponibles dans tous les foyers.

Exemple: Avec la vis et l'écrou, nous fixons l'équerre sur le socle en plastique. Ensuite le noyau est fixé à son cadre et le bobinage sur le noyau, etc. Toutes les pièces doivent être attachées soigneusement et fermement les unes aux autres. Si l'appareil ne se mettait pas immédiatement en marche, il faudrait rechercher et éliminer les erreurs. Les expériences électrostatiques réussiront le mieux lorsque le temps est sec, particulièrement en hiver. Les mains aussi doivent être sèches.

Nous vous souhaitons beaucoup de plaisir et de satisfactions au cours de vos expériences ...

UNITES DE MESURE

Comme nous aurons affaire dans ce manuel aux quantités physiques, mesurées en unités diverses, nous devons d'abord dire quelque mot sur les unités de mesure utilisées dans le domaine de l'électricité et d'électronique.

En Slovénie comme d'ailleurs dans le monde entier, on utilise, en matière technique, le système d'unités- S.I. selon le terme français, Système International. Dans ce système, les unités de base sont les suivantes:

Quantité	Unité	Abréviation
longueur	mètre	m
masse	kilogramme	kg
temps	seconde	s
courant électr.	ampère	A
température	kelwin	K
lumière	candele	cd
quantité de substance	mole	mol

Toutes les autres unités sont dérivées de ces unités de base et peuvent être exprimées à partir de celles-ci. Par exemple, volt est une unité dérivée. Certaines équations des unités dérivées ne sont pas tellement simples: en tout état de cause, ce genre d'équations dépassent l'objectif de ce livre.

Une grande variété de choses qui nous entourent peuvent être mesurées et il est possible de déterminer leurs propriétés. Nous pouvons à titre d'exemple, mesurer la longueur d'une table. Pour ce faire, nous utilisons un instrument de mesure (p.e. une régale), avec une graduation, divisée en petites unités de longueur. L'unité de longueur est mètre.

Vous connaissez certainement d'autres mesures. La masse est mesurée en kilos, le temps en secondes, le volume en mètres cubes, etc.

Nous utilisons souvent des valeurs mesurées qui sont largement plus grandes ou plus petites des unités de mesure de base. Dans ce cas, nous utilisons les préfixes, qui indiquent combien de fois les unités que nous avons utilisées sont plus grandes ou plus petites des unités de base.

Pour les valeurs mesurées, qui sont largement supérieures à l' unité de base, nous utilisons les préfixes suivants:

préfixe	symbole	valeur	unité de base multiplies par
kilo-	K	10^3	1.000
mega-	M	10^6	1.000.000
giga-	G	10^9	1.000.000.000
tera-	T	10^{12}	1.000.000.000.000

Ainsi, 1 kilomètre est-il égal à 1.000 m, et 101,6 mégahertz à 101.600.000 herz, soit:
1 km = 1000 m
101,6 MHz = 101.600.000 Hz.

Pour les valeurs mesurées, qui sont largement inférieures à l'unité de base, nous utilisons les préfixes suivants:

préfixe	symbole	valeur	unité de base divisée par
mili-	m	10^{-3}	1.000
mikro-	μ	10^{-6}	1.000.000
nano-	n	10^{-9}	1.000.000.000
piko-	p	10^{-12}	1.000.000.000.000

Ainsi, un millimètre est-il égal à 0,001 mètre, et 10 millilitres à 0,01 litre soit:
1 mm = 0,001 m
10 m1 = 0,01 l

ELEMENTS DE BASE D'UN CIRCUIT ELECTRIQUE

CIRCUIT ELECTRIQUE

Nous ne pouvons ni entendre, ni voir ni sentir un courant électrique.

A QUEL MOMMENT UN COURANT ELECTRIQUE COMMENCE-T-IL A PARCOURIR? C'est quand il y'a une tension électrique et un circuit électrique fermé.
Supposons qu'une cuvette d'eau se trouve sur une table et une autre cuvette en dessous de la table. Si nous relions ces deux cuvettes par un tuyau en caoutchouc, l'eau commence à couler à travers ce tuyau. La cuvette de dessus se vide au fur et à mesure que celui de dessous se remplit. Plus le tuyau est large, plus il y'aura d'eau qui passe par celui-ci.

Maintenant nous posons une roue hydraulique au-dessus de la cuvette inférieure. Si la roue est petite et légère, le courant du petit tuyau sera capable de la faire tourner. Si nous mettons une roue plus grande, nous devrons utiliser un tuyau plus large avec un courant plus fort, ou, si nous voulons utiliser le même tuyau, nous devrons déposer la cuvette de dessus, qui se trouve sur la table, à un endroit encore plus haut, sur l'armoire par exemple.

La cuvette de dessus finit par se vider, tôt ou tard. Si nous raccordons à la cuvette supérieure une pompe à main, nous pourrons pomper de l'eau de la cuvette supérieure vers celle inférieure. Ces expériences avec les cuvettes, tuyau, roue et pompe nous montrent ce qui se produit dans un circuit électrique. La cuvette de dessous représente un pôle de la batterie. Les différentes dimensions des tuyaux sont les différentes dimensions de conducteurs, parcourus par un courant électrique, plus fort ou plus faible. Les roues hydrauliques, petites et grandes jouent le rôle des consommateurs de courant, p.e. un moteur électrique fort ou faible, ou une ampoule forte ou faible. Tout comme la cuvette de dessus se vide plus vite si la roue et le tuyau sont plus grands, ainsi la batterie se décharge plus vite si le conducteur est plus large et le moteur électrique plus fort.

Au lieu d'utiliser la batterie comme source d'énergie nous utiliserons une génératrice, comme dans une usine électrique. Dans notre cas, la pompe à eau sert de génératrice.

Dans notre système de cuvettes et de tuyau, le circuit était composé de cuvette supérieure, tuyau, roue hydraulique et finalement cuvette inférieure. Dans un circuit électrique, le courant commence à passer à partir de la prise représentant le pôle positif, il traverse ensuite le conducteur et le consommateur et passe dans la prise négative.
L'effet du courant électrique dépend de ce qui est raccorde au circuit. S'il s'agit d'un électromoteur, nous verrons que son axe commence à tourner. Si nous raccordons un bourdonneur, nous entendrons un bruit. Si nous relions une ampoule, nous verrons la lumière. Il existe beaucoup de possibilités. Pour construire tous ces circuits électriques, nous utiliserons quelques composants de base. Ce sont, par exemple, batteries, conducteurs, condensateurs, commutateurs et semi-conducteurs (diodes, diodes luminescentes, transistors, circuits intégrés).

BATTERIE

Les batteries électriques sont une source d'énergie électrique. La caractéristique principale d'une batterie électrique est la tension. En l'honneur du physicien italien Alessandro Volta, l' unité de tension est dénommée volt. Son symbole est Vet le symbole de la tension est également U.
La tension entre deux pôles des petites batteries, que nous utilisons dans les magnétophones à cassettes portables est de 1,5 V. La tension entre les pôles de l'accumulateur d'une automobile est de 12 V. La tension entre les pôles d'une batterie plate à trois éléments est de 4,5 V.
Nous utilisons le même symbole pour les batteries et les accumulateurs: un trait long et étroit et, en parallèle, un trait court et épais. Le trait plus étroit représente le pôle positif et celui plus épais désigne le pôle négatif de la batterie. Si nous relions plusieurs éléments de batterie en série, nous obtenons la batterie avec une tensions plus haute. Normalement, un élément de la batterie a une tension de 1,5 V. Une batterie de 9 V comprend donc 6 éléments reliés en série, et celle de 4,5 V en a trois.
En général, pour représenter les éléments de la batterie reliés en série dans un schéma de circuit, les traits plus épais et plus étroits sont désignés en forme de petites colonnes, ou on marque des points entre les deux symboles de la batterie. Les différents symboles des batteries et l'aspect visuel de ces déméres sont sont présentes aux figures a et b.
Revenons à notre analogie avec les cuvettes; supposons que les cuvettes, reliées par les tuyaux, sont posées sur l'escalier. De la cuvette supérieure, l'eau passe dans la cuvette inférieure à travers un tuyau, et toute l'eau qui se trouvait dans les cuvettes en dessus, se vide par la cuvette de dessous. On peut comparer cela à un circuit de batteries reliées en série.

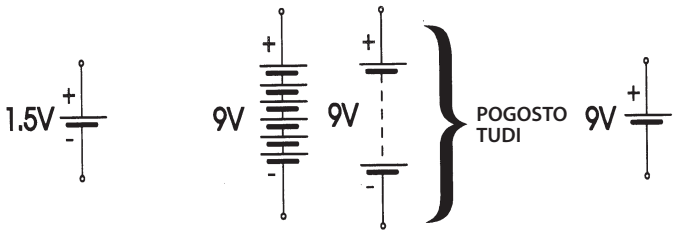


Figure a - Symbole de la batterie

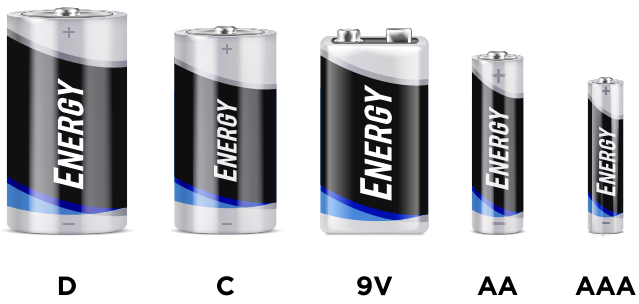


Figure b - Les différentes batteries

CONDUCTEURS

Nous utilisons les conducteurs pour relier les éléments des circuits électriques dans les circuits fermés. Dans les schémas de circuit, les conducteurs sont représentés par des traits. Si les conducteurs sont intersectés, les traits dans le schéma de circuit doivent être intersectés aussi. Si on doit relier les conducteurs, cela est représenté par un point dans le schéma. Lorsque les conducteurs et les éléments du circuit sont reliés en série, il ne faut pas marquer les points dans le schéma. Le intersectés, le contact et la liaison en série des conducteurs sont présentés à la figure c.
Si nous comparons les conducteurs avec les tuyaux, alors il est vrai que les conducteurs plus larges peuvent transmettre plus d'électricité. Les fils que vous trouverez dans cette boîte d'expériences sont suffisamment larges et peuvent être utilisés dans toutes les expériences. Pour assurer que le courant passe strictement où c'est nécessaire, les fils sont isolés, l'isolation étant enlevée seulement aux extrémités des fils.

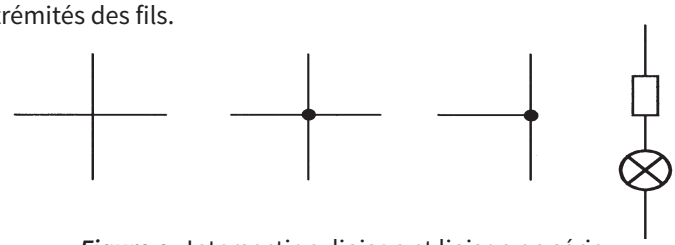


Figure c - Intersection, liaison et liaison en série

INTERRUPTEUR

Nous utilisons l'interrupteur pour relier, c'est-à-dire fermer un circuit, ou pour ouvrir, c'est-à-dire couper le circuit. L'aspect visuel et le symbole électrique de l'interrupteur sont présentés aux figures d et e. Le schéma doit également indiquer si l'interrupteur est placé sur la position marche ou arrêt. Le courant électrique passe par un circuit fermé. Le courant électrique est la quantité d'électricité qui se déplace à travers un conducteur en une seconde.

On peut exprimer cela par l' équation suivante:

I=Q/t

Etant rappelé que I est le courant, Q la quantité d'électricité parcourant le conducteur en un temps t.
L'intensité de courant électrique est mesurée en ampère (A), du nom du physicien français Andre Ampère.
Le symbole de l' intensité de courant est I.

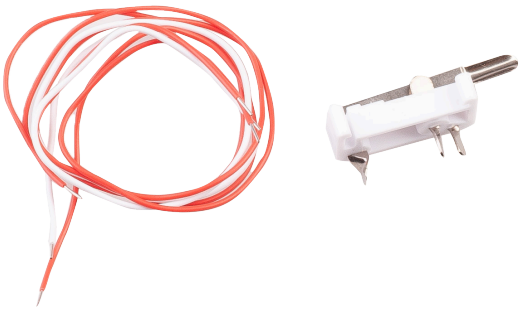


Figure d - Conducteurs et interrupteurs

Figure e - Symbole pour commutateur dans diagramme de circuit

COURANT ELECTRIQUE

Si nous revenons à nos cuvettes d'eau, nous nous rappellerons que la quantité d'eau contenue dans la cuvette supérieure représente la quantité d'électricité emmagasinée dans la batterie. Le tuyau plus large sera parcouru par plus d'eau, soit u n courant plus fort.
Naturellement, la batterie se décharge plus rapidement si le courant est plus fort. Cela vaut aussi pour la batterie ou l'ampoule: si l'ampoule est plus forte, un courant plus fort traversera l'ampoule, la tension restart la même. L'ampoule s'éclaire plus fort, mais la batterie se décharge plus vite que si on avait utilisé tine ampoule plus faible. L'eau d'un fleuve est aussi un courant. Comme l'eau qui passe sous un pont dans le même sens, le courant électrique continu traverse le conducteur toujours dans le même son.

COURANT ELECTRIQUE ALTERNATIF

Supposons que nous observions un courant d'eau dans un détroit situé entre une baie et la haute mer. Que se passe-t-il avec la marée?
Quand le niveau d'eau en haute mer monte, sous l'effet de la marée, les courants d'eau coulent vers la baie. Lorsque le niveau d'eau descend, les courant d'eau coulent de la baie vers la haute mer. Sous l'effet des mouvements périodiques de la mer, les courants d'eau coulent une fois dans un sens et puis dans l'autre. Nous pouvons dire que nous avons dans la baie un courant alternatif d'eau.
De même façon dans les conducteurs électriques, le courant électrique peut passer une fois dans un sens et ensuite dans l'autre. Ce courant électrique est nommé courant alternatif.
Bien que le courant électrique, fourni par la batterie se déplace toujours dans le même sens, nous rencontrerons dans nos expériences, des situations où le courant se déplacera d'abord dans un sens et après dans l'autre, à travers certains éléments du circuit. Autrement dit, à travers ces éléments passe du courant alternatif.

FREQUENCE

Quand il s'agit d'un courant alternatif, nous pouvons compter combien de fois en tine seconde le courant électrique change de direction. Le nombre de changement de direction en une seconde s'appelle fréquence. L'unité de fréquence est hertz (Hz), du nom du physicien allemand Heinrich Hertz qui étudia les courants alternatifs.
Rappelons-nous ici le chapitre dans lequel nous avons parlé des unités de mesure de base. Là nous avons mentionné que toutes les autres mesures d'unité peuvent être dérivées des unités de base. L'unité de fréquence ne figure pas parmi les unités de base. Comment peut-elle être dérivée des autres unités? La fréquence est le nombre de changements en une seconde. Pour le "nombre de changements" il n'y a pas d'unité, par contre une seconde est une unité de base. L'unité de fréquence peut être exprimée de la manière suivante:
(unité de fréquence) = (unité de nombre de changement) / (unité de temps)

Hz=1/s

C'est une équation simple des unités faisant partie du système d'unités. Les autres unités (p.e. volt ou ohm) ne sont pas tellement faciles à dériver.
Si un signal alternatif a une basse fréquence, nous l'appelons signal de basse fréquence. Le courant électrique qui parcourt un ressort de l'hautparleur est un courant à basse fréquence. La fréquence de son que nous pouvons entendre se situe entre 16 Hz à 20 Hz. Les signaux électriques qui ont ces fréquences-là s'appellent signaux à basse fréquence. Le courant électrique qui passe par un câble entre l'antenne et la télévision est le courant à haute fréquence.
Dans nos expériences, nous utiliserons seulement les courants alternatifs à basse fréquence.

RESISTANCE

En général, on fait une résistance au moyen d'un tube céramique rempli d'une couche résistante (p.e. du graphite ou du métal). A l'extrémité du tube il y a deux fils fixés, qui permettent de raccorder la résistance au circuit. L'aspect visuel et le symbole électrique de résistance sont présentés aux figures f et g.
Si on voulait comparer les caractéristiques de la résistance avec un courant d'eau, la résistance serait la partie rétrécie du tube qui est parcouru par l'eau. Plus c'est rétréci, plus il sera difficile pour l'eau de passer par le tube.
Le courant passant par la résistance dépend de la tension sur les prises et de la résistance même. Plus grande est la tension, plus de courant passera par la résistance. Si la tension ne varie pas, plus de courant passera par la résistance plus faible. On peut exprimer cela par l'équation suivante:

I =U/R

étant rappelé que I = courant dans la résistance, U = tension sur les bornes de la résistance, R = résistance. On peut exprimer cette équation d'une autre manière:

U=IxR

Cette loi s'appelle la loi d'Ohm, du nom du physicien allemand George Simon Ohm, qui étudia les rapports entre le courant, la tension et la résistance dans un circuit électrique. L'unité de mesure pour la résistance électrique est ohm et son symbole est la lettre grecque Ω. De même que pour les autres unités, quand il s'agit des valeurs plus grandes, nous utilisons les préfixes kilo et méga: 1 kiloohm est égal à mille ohms, et 1 mégaohm à un million d'ohms. Comme les résistances ont en général de petites dimensions, les numéros marques sur celles-ci seraient vite effacées ou difficiles à lire. C'est pourquoi nous marquons les valeurs des résistances par les petites bandes colorées.

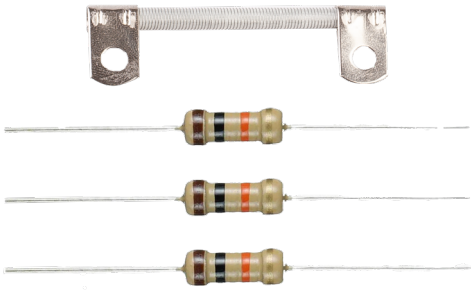


Figure f - Resistance

Figure g - Symbole de la résistance

COMMENT DOLT-ON LIRE CES INDICATIONS?

Nous saisissons la résistance de nos mains, en sorte que les bandes colorées soient près de la partie gauche de la résistance. S'il y'a plusieurs bandes, celle plus large doit être du côté droit. La résistance peut avoir entre trois et cinq bandes. S'il y'a plus de trois bandes, la bande droite montre la précision de la pièce.
S'il y'a trois ou quatre bandes, alors les deux premières montrent les valeurs numériques, et la troisième le nombre de zéros à ajouter aux numéros indiqués. Quand il y'a cinq bandes, les trois premières montrent les valeurs numériques et la quatrième le nombre de zéros devant suivre derrière les numéros.

Les codes des couleurs sont donnés ci-après:

0	noir	
1	marron	
2	rouge	
3	orange	
4	jaune	
5	vert	
6	bleu	
7	violet	
8	gris	
9	blanc	

On utilise les mêmes codes des couleurs pour indiquer le nombre de zéros à ajouter derrière les numéros:

0	nul	
1	un	
2	deux	
3	trois	
4	quatre	
5	cinq	
6	six	
7	sept	
8	huit	
9	neuf	

Pour marquer la résistance inférieure à 10 ohms, la valeur numérique serait trop grande.
Dans ce cas, il faut diviser la valeur numérique par 10 ou par 100.

à diviser par 10	bande d'or	
à diviser par 100	bande d'argeni	

La dernière bande (quatrième ou cinquième) indique quelle est la précision de la résistance. Quand on fabrique des résistances dans les usines, elles ne sont jamais toutes les mêmes. Or, les résistances, supposées être tout à fait identiques, peuvent quand même différer un peu. Si nous prenons une boîte de ces éléments, dont la résistance déclarée est de 1000 ohms, et nous mesurons leur résistance, les valeurs obtenues ne seront pas tout à fait les mêmes. Suite à une fabrication plus précise, on peut réduire ces différences, sinon il y'aura toujours quelque différence. Figurez-vous aussi que les éléments plus précis sont quand même plus chers. C'est l'utilisateur lui-même qui doit déterminer la précision nécessaire, en fonction de ce qu'il veut en faire et du prix. Le fabriquant accorde souvent une garantie pour la précision de ces produits. Si la précision est marquée sur la résistance, c'est fait exactement au moyen de ces bandes colorées.

± 10%	couleur d'argent	
± 5%	or	
± l%	marron	
± 2%	rouge	
± 0,5%	vert	
± 0,25%	bleu	
± 0,1%	violet	
± 0,05%	huit	

Une résistance de 100 ohms, assurant une précision de 10%, fournit donc une résistance entre 90 Ω et 110 Ω.
Regardons quelques exemples.

Une résistance à trois bandes: marron, noir, rouge.
Sa valeur est la suivante: un, zéro, deux zéros: 1000 Ω.
Une résistance à quatre bandes; orange, orange, orange, or.
Sa valeur est: trois, trois, trois zéros: 33000 Ω ou 33 kΩ.
La précision: ± 5%.

Une résistance à cinq bandes: rouge, noir, vert, or (large), rouge.
La valeur en est: deux, zéro, cinq, divisé par 10: 20,5 Ω.
Précision: ± 2%.

Si nous avons besoin d'une résistance plus forte, elle doit être plus grande. Les résistances très fortes sont construites d'un tube céramique enroulé du fil résistant. Dans nos expériences nous n'utilisons pas ces résistances.

Quelquefois nous avons besoin des résistances capables de changer rapidement leur valeur. Supposons que notre résistance ait un curseur. Quand nous faisons glisser le curseur, la résistance entre le curseur et la prise de contact varie. Nous appelons ces résistances potentiomètres. Dans un potentiomètre, la couche résistante est située sur une plaquette en forme d'une bague. Le curseur est fixé sur un axe pivotant. Un exemple de I' utilisation du potentiomètre est l'expérience dans laquelle nous ajustons le volume du poste récepteur. Comme le boîtier du potentiomètre est suffisamment grand, les valeurs de résistance y sont faciles à marquer, p.e. 50K (50 kΩ).
Si nous voulons utiliser le potentiomètre comme résistance réglables, nous le relions au circuit, utilisant une bride extrême et une autre médiane, auxquelles nous raccordons le curseur du potentiomètre. Quand l'axe du potentiomètre se trouve en position où le curseur est tout proche de la bride sur laquelle nous l'avons raccordé la résistance entre cette bride et le curseur sera très faible ou même négligeable. Lorsque le curseur du potentiomètre est proche de la bride libre, la couche résistante se situe entre le curseur et la bride raccordée dans toute sa longueur, et atteint le maximum pour ce potentiomètre. C'est la résistance dont la valeur est marquée sur le boîtier du potentiomètre.

COULEURS	No. 1	No. 2	No. 3	MULTIPLICATEUR	PRECISION
ARGENT	-	-	-	10^{-2}	10 %
OR	-	-	-	10^{-1}	5 %
NOIR	0	0	0	1	-
MARRON	1	1	1	10^{1}	1 %
ROUGE	2	2	2	10^{2}	2 %
ORANGE	3	3	3	10^{3}	-
JAUNE	4	4	4	10^{4}	-
VERT	5	5	5	10^{5}	5 %
BLEU	6	6	6	10^{6}	0,25 %
VIOLET	7	7	7	10^{7}	0,1 %
GRIS	8	8	8	10^{8}	0,05 %
BLANC	9	9	9	10^{9}	20 %

Quand nous voulons utiliser le potentiomètre comme résistance réglable, nous utilisons uniquement deux brides: celle médiane et une des extrêmes. Dans le schéma de circuit, ces résistances réglables sont souvent représentées par le symbole de résistance barré d'une flèche. La flèche tirée sur le symbole d'un élément quelconque signifie donc que c'est un élément réglable. La figure h représente le schéma d'un potentiomètre et du potentiomètre servant de résistance variable.

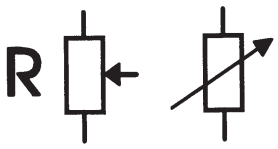


Figure h - Symboles du potentiomètre

COURT CIRCUIT

La résistance d'un fil, comparée à la résistance de tous les autres éléments du circuit, est très faible ou négligeable.
Si nous raccordons un fil en parallèle à un autre élément, le courant électrique passe par le fil, plutôt que par l'élément. Nous pourrions dire que le courant a choisi la voie plus facile ou "plus courte". Pour cette raison, on appelle ce pontage un court-circuit. Nous appelons aussi court-circuit un pontage que l'on provoque en enfonçant sur une touche ou en appuyant pour un court moment sur un interrupteur.

CONTACT OUVERT

Si nous coupons le circuit en un certain endroit, la vole du courant électrique est interrompue, parse que l'électricité ne se transmet pas par l'air. Ces endroits nous appelons les contacts ouverts. Il suffit qu'une seule borne de raccordement de n'importe quel élément soit libre, pour que le courant ne puisse pas traverser cet élément.

MISE A LA TERRE

Nous utiliserons souvent le terme "mise à la terre". Dans le domaine de l'électrotechnique, cela signifie qu'en général une partie du circuit est reliée, au moyen d'un fil, au pôle négatif de la batterie. Dans une automobile, nous disons pour chaque conducteur raccordé au châssis, qu'il est "mis à la terre". Dans nos circuits, ce terme indiquera un raccordement au pôle négatif de la batterie.
En général, on mesure la tension entre un point déterminé et la mise à terre, ou le pôle négatif de la batterie. Si vous voyez donc 9 V indiqué sur un collecteur, cela veut dire que la tension est mesurée entre le collecteur et le pôle négatif de la batterie. Le symbole de la mise à la terre est représenté dans le schéma i.

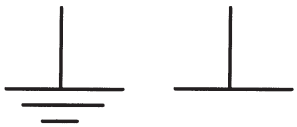


Figure i - Symbole de la mise à la terre

CONDENSATEUR

Un condensateur est constitué de deux plaquettes parallèles séparées par une couche qui ne conduit pas l'électricité.
Pour réduire les dimensions du condensateur, il est enroulé comme un rouleau de papier.

La propriété du condensateur de recevoir une certaine quantité d'électricité s'appelle la capacite. L'unité de capacité s'appelle farad (F) du nom do physicien anglais Michael Faraday. Le symbole de capacité est C. Le farad est une unité très grande. Pour cette raison nous utilisons les unités plus petites: un microfarad (μF) est un millionième du farad et un nanofarad (nF), est encore mille fois plus petit. En général, la valeur numérique de capacité est indiquée sur le condensateur.
Comment présenter un condensateur dans nos expériences? Si nous posons un ballon vide a l'extrémité d'un tube, celui-là se remplira d'eau. Si nous enlevons maintenant le tube, l'eau commence à jaillir du ballon. Plus grand est le ballon, plus d'eau il reçoit. Si nous posons maintenant encore plus haut la cuvette supérieure, le ballon recevra plus d'eau.

On peut dire que dans un condensateur, la hauteur de la cuvette supérieure représente la tension sur ses brides, le volume du ballon est la capacité, et la quantité d'eau dans le ballon la charge électrique. La capacité du condensateur est donc:

C=Q/U

étant rappelé que Q est la quantité électrique (en coulomb C), sur les plaquettes du condensateur, U la tension sur les prises de sortie du condensateur (en volt).

Si la capacité du condensateur est plus grande, il reçoit plus de charge électrique, la tension restant la même. Les condensateurs que nous utiliserons dans nos expériences ont des dimensions et formes différentes. Certains ont la forme des plaques, munis des fils sur les deux surfaces. Ce sont des condensateurs céramiques. D'autres sont en forme de cylindres ou cubes plastiques. Ceux-ci sont enroulés à l'intérieur et protégés d'un boîtier. Un troisième type sont les condensateurs électrolytiques, pour lesquels il est très important comment ils sont raccordés.
Sur le boîtier du condensateur électrolytique il est en général marqué quelle borne est à relier au pôle positif et laquelle il faut relier au pôle négatif. Les condensateurs électrolytiques ont aussi sur leurs boîtiers une indication de tension qu'ils peuvent recevoir. Si nous raccordons condensateur électrolytique à une tension plus haute, il sera vite détruit. La capacité des condensateurs électrolytiques est de plusieurs microfarads.

L'aspect visuel et le schéma du condensateur normal et électrolytique sont présentés aux figures j et k.

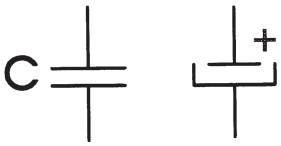


Figure j - Symboles d'un condensateur normal et du condensateur électrolytique

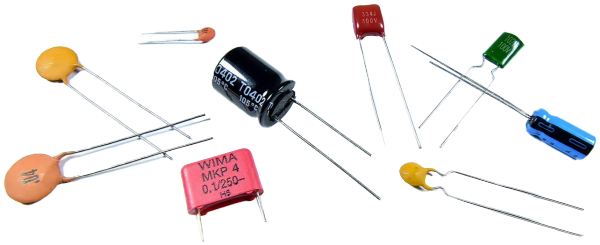


Figure k - Condensateur

BOBINAGE

Un bobinage est en effet un long fil enroulé sur un support. Si nous laissons le courant électrique parcourir le bobinage, il travaillera comme un aimant. Nous pouvons observer comment le bobinage parcouru par le courant électrique attire des brins de fer, comme du fil, des écrous et des vis.
Le bobinage résiste aux changements du courant qui le parcourt. Un tube long et enroulé, parcouru par l'eau, travaille de la même manière. Si le tube est long, il y'a beaucoup d'eau dedans. Si nous enlevons le tube du robinet, l'eau continue à couler pour un certain temps avant de se ralentir et d'arrêter de couler.
La propreté du bobinage est l'inductance. L'unité d'inductance est henry (H), du nom du physicien anglais Joseph Henry. Le symbole de l'inductance est L.
La bobine et son symbole électrique sont présentés aux figures l et m.

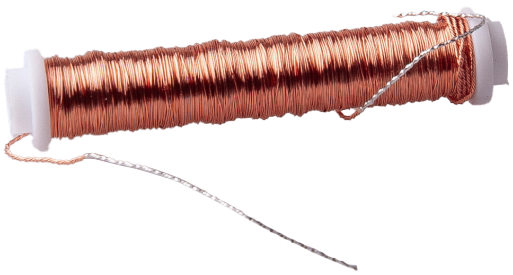


Figure l - Bobinage

Figure m - Symbole du bobinage

THERMISTANCE

Une thermistance est un type particulier de résistance. La caractéristique en est que sa résistance change considérablement si nous la chauffons. En fonction de la hausse ou de la baisse de résistance de la thermistance chauffée, on dit qu'elle a un coefficient de température positif ou négatif. La résistance de la thermistance est toujours mesurée à la température ambiante (20° C). Cette boîte d'expériences contient une thermistance dont la résistance baisse quand nous la chauffons.

Par leur aspect extérieur, les thermistances ressemblent souvent aux résistances céramiques. La résistance est marquée ou par un chiffre ou par une couleur, le premier symbole étant marqué sur la partie opposée par rapport aux fils d'alimentation. L'aspect visuel de la thermistance et les symboles électriques sont présentés aux figures n et o.

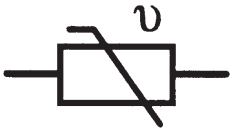


Figure n - Symbole de la thermistance

Figure o - Thermistance

AMPOULE

Cette boîte d'expériences contient une ampoule que nous utiliserons dans nos circuits.
Le symbole électrique de l'ampoule est présenté à la figure p, l'aspect visuel de l'ampoule à la figure s.

L'ampoule à filament fut découverte presque simultanément par deux
inventeurs: l'américain Thomas Alva Edison et l'anglais Sir Joseph William Swan.

Figure p - Symbole de l'ampoule

DIODE SEMICONDUCTRICE

Une diode semiconductrice tire profit des propriétés des substances qui conduisent du courant électrique uniquement sous certaines conditions.
La propriété de la diode semiconductrice réside dans le fait qu'elle conduit du courant électrique uniquement dans un sens et pas dans l'autre. Nous devons donc bien regarder que la diode soit tournée dans le bon sens quand nous la raccordons au circuit. Le sens du courant est marqué sur la diode. L'extrémité positive de la diode s'appelle anode, et celle négative cathode. Le courant électrique commence à parcourir la diode lorsque l'anode est reliée à la borne positive et la cathode à la borne négative de la batterie.
Si la diode est en forme cylindrique, la cathode est marquée par un trait coloré, ou le symbole de la diode est indiqué sur le corps de la diode. Une variété de diode est la diode luminescente (LED). Quand un courant électrique parcourt une diode luminescente, elle s'allume. Les diodes luminescentes sont faites de manière à émettre la lumière de différents couleurs, par exemple rouge, verte ou jaune. L'extrémité des diodes luminescentes, appelée cathode, est plus courte et la bague du logement de la diode est coupée du côté de la cathode.
Les différents types de diodes luminescentes et les symboles électriques correspondants sont présentés aux figures r et s.

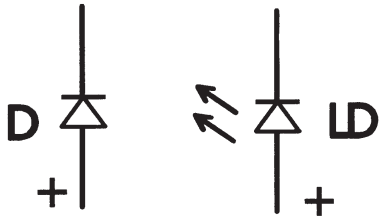


Figure r - Symbole de la diode et de la diode luminescente

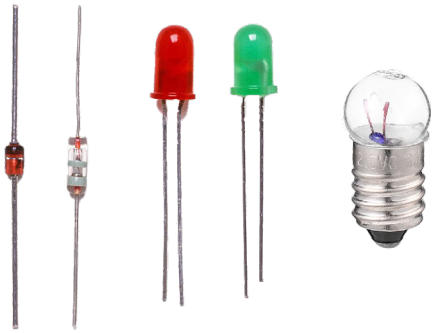


Figure s - Ampoule et diode

TRANSISTOR

Le transistor est le fruit des travaux de recherches menés dans les laboratoires de la société américaine Bell. Il a été découvert en 1948 par Walter H. Brattain, John Bardeen et William Shockley. La découverte du transistor déclencha une vague irrépressible dans l'évolution de l'électronique, que nous vivons encore aujourd'hui. Le transistor est un élément semiconducteur avec trois prises de sortie. Sa caractéristique réside dans le fait que la résistance varie en fonction du courant qui passe dans ses trois prises de sortie.

Queue analogie pouvons-nous trouver entre le travail du transistor et un courant d'eau? Supposons que nous avions muni le tuyau d'une soupape. La soupape est fermée au moyen d'un ressort. Sur l'axe de la soupape il y' a une longue manivelle avec un petit bassin dans lequel on a réalisé un trou par lequel l' eau s'évacue lentement. Au moyen d'un autre tuyau plus large, nous envoyons de l'eau du bassin vers le petit bassin. Le bassin se remplit et la manivelle de la soupape commence à se déplacer ouvrant ainsi la soupape du tuyau plus large. Maintenant, beaucoup plus d'eau peut passer à travers le tuyau. Lorsque nous fermons le petit tuyau, le bassin se vide d'eau, le ressort pousse la manivelle et la soupape se ferme. Une petite quantité d'eau nous permet donc de contrôler le courant d'eau dans le grand tuyau.

Le grand tuyau a été amené du réservoir vers la soupape. Ce raccordement sur la soupape s'appelle un collecteur. Le courant d'eau passant à travers le grand tuyau est contrôlé par du courant qui se déplace à travers le petit tuyau vers le petit bassin. Le petit bassin est appelé base. Depuis notre soupape et le petit bassin, l'eau passe dans le bassin commun (appelons-le un émetteur), et de là, l'eau passe dans le bassin de dessous.

Dans le transistor les trois prises sont appelées collecteur, base et émetteur. Sur le boîtier des transistors, les prises sont très rarement indiquées. Si c'est le cas, c'est en général l'émetteur qui est indiqué. Cependant, les prises ne sont pas toujours disposées de la même manière, et nous ne pouvons pas dire que la base est la prise médiane, comme c'est présenté dans le schéma t. Pour déterminer comment les prises sont disposées, il faut se reporter au catalogue présentant les propriétés de l'appareil.

Le schéma u montre plusieurs types de transistors. Il indique également la disposition des prises du transistor BC 548, contenu dans notre boîte d'expériences.

Le schéma montre le symbole du transistor. Le trait large est la base. De celle-ci sort un trait oblique, celui du collecteur. Le troisième trait est avec une flèche. Cette flèche désigne la direction du courant dans le transistor. Si la flèche est détournée de la base, le courant passe depuis la prise de l' émetteur vers l'extérieur, et c'est on transistor NPN. Si la flèche est tournée en direction de la base, il s'agit d'un transistor PNP. Le principe est le même dans les deux types, à seule exception que le courant passe dans les différents sens. Notre boîte d'expériences contient uniquement les transistors NPN.

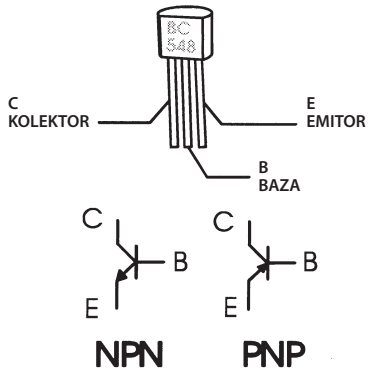


Figure t - Symboles des transistors

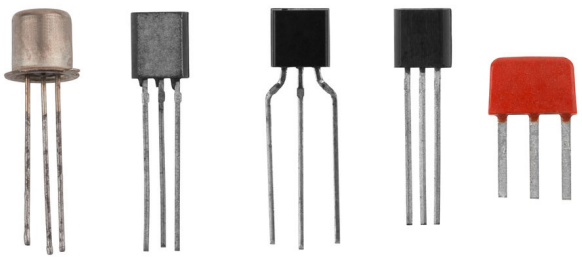


Figure u - Les différentes transistors

PLANCHE DE CIRCUIT

Nous exécuterons toutes les expériences décrites dans ce manuel sur une planche de circuit. La planche est conçue de manière à éviter l'utilisation du fer à souder, tournevis ou pinces. Tous ces circuits peuvent être réalisé à la main. Dans la planche de circuit sont réalisés des trous.

Lors d'assembler les circuits, vérifiez la disposition de prises sur le schéma ci-joint. Insérez alors les brides de ressort conformément au schéma v.

Si le fil passe par une spire de ressort, il peut vite en tomber et le circuit ne pourra pas fonctionner. Il faut donc que le fil passe par au moins deux spires. Il est entendu que sur le point de raccordement l'isolation doive être enlevée du fil. Le schéma z montre un fil inséré correctement dans la bride de ressort.

Préparez avec précaution l'élément que vous désirez connecter. Ne tordez jamais le fil à l'endroit où il est raccordé à l'élément. Si le fil est tordu plusieurs fois en même endroit, il risque de se rompre et l'élément ne pourra pas fonctionner.
Fixez la batterie sur la planche afin qu'elle n'entraîne pas tout le circuit par son propre poids. Vous pouvez le faire en utilisant des matériels contenus dans notre boîte (les fils et les brides de ressort). Maintenant, comme nous avons appris quels sont les éléments de la boîte d'expériences, nous pouvons commencer l'assemblage des circuits électriques. Pour chaque circuit, il faut étudier minutieusement en quoi il consiste. Ensuite il faut chercher les éléments dans la boîte. Disposer les brides de ressort comme indiqué dans le schéma de circuit. Comparez le circuit avec le schéma de circuit.

Vous pouvez commencer à assembler les circuits. D'abord, fixez les brides de ressort, ensuite les fils, les interrupteurs, les résistances, les condensateurs etc. Les éléments semiconducteurs sont à raccorder à la fin. Avant de raccorder la batterie, vérifiez si tous les éléments sont reliés correctement. Attention au raccordement des éléments semiconducteurs et les condensateurs électrolytiques.

Si vous n'avez pas commis d'erreurs, le circuit fonctionne. Si non, débrancher immédiatement la batterie et essayez de trouver la cause du problème.

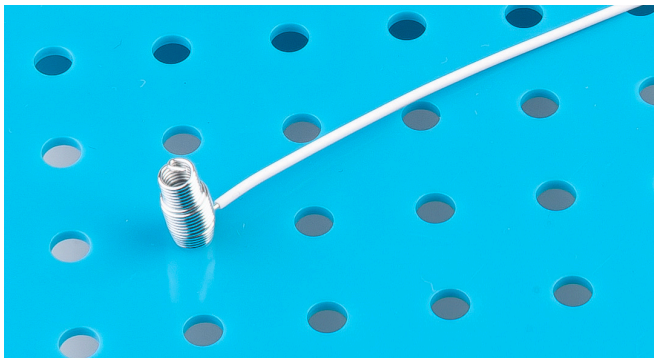


Figure v - Mise en place des brides de ressort sur la planche de circuit

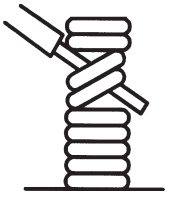


Figure z - Insertion du fa dans la bride de ressort

Nous vous souhaitons bonne chance et amusez-vous bien!

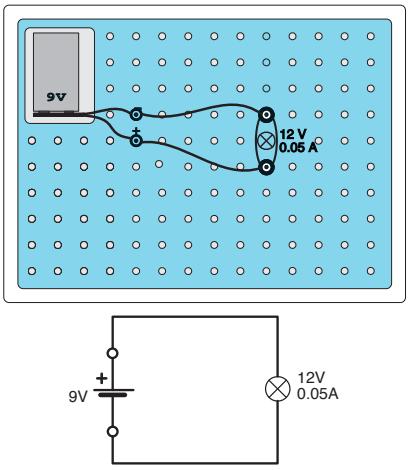
CIRCUITS

1. CIRCUIT ELECTRIQUE SIMPLE

Insérez l'ampoule dans son logement. Raccordez l'ampoule et les fils de la batterie comme indiqué dans le schéma. Ensuite reliez la batterie. Depuis le pôle positif de la batterie, le courant électrique passe à travers le fil jusqu'a l'ampoule, et par l'ampoule et l'autre fil vers le pôle négatif. L'ampoule reste éclairée jusqu' à ce que la batterie ne se décharge pas ou jusqu'au moment où on coupe le circuit.

Accessoires: pile 9V, 4x7, 14, 35, 38, 2x68

Fig. 1

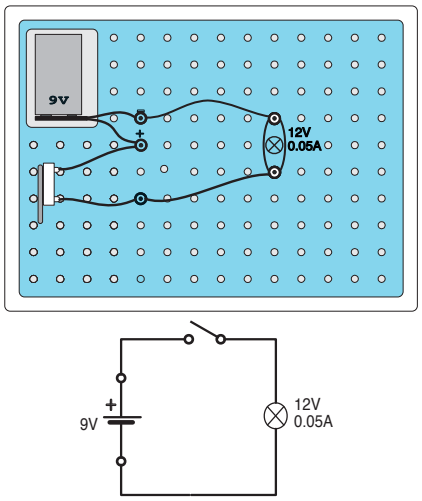


2. CIRCUIT ELECTRIQUE AVEC INTERRUPTEUR

Insérez encore une bride de ressort et connecter l'interrupteur au circuit. L'ampoule s'éclaire uniquement si l'interrupteur est placé en position marche.

Accessoires: pile 9V, 5x7, 14, 35, 38, 54, 2x68

Fig. 2

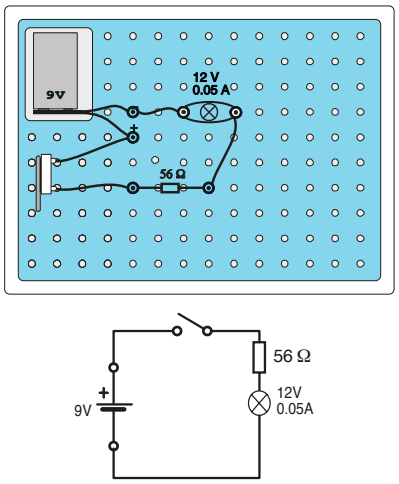


3. LIAISON DE DEUX ELEMENTS EN SERIE

Ajoutez encore une bride de ressort à la planche de circuit. Modifiez le circuit en raccordant une résistance de 56 Ω entre l'interrupteur et l'ampoule. Quand vous appuyez sur l'interrupteur, l'ampoule s'éclaire, mais plus faiblement que dans l'expérience précédente.

Accessoires: pile 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 3



4. EST-IL IMPORTANT COMMENT ON A RACCORDE LA RESISTANCE?

Dans le circuit que nous avons utilisé dans l'expérience précédente (figure 3), tournez la résistance en sorte d'inverser les brides. Si vous appuyez sur la touche, l'ampoule s'éclaire de la même intensité que dans l'expérience précédente. Nous constatons donc qu'il n'est pas important comment la résistance est tournée dans le circuit.
Si vous regardez le schéma, vous verrez que celui-là est identique au précédent. Dans le schéma de circuit, il n'y a pas d'indication comment il faut tourner la résistance. Cela veut dire que cela n'a pas d'importance pour le fonctionnement du circuit.

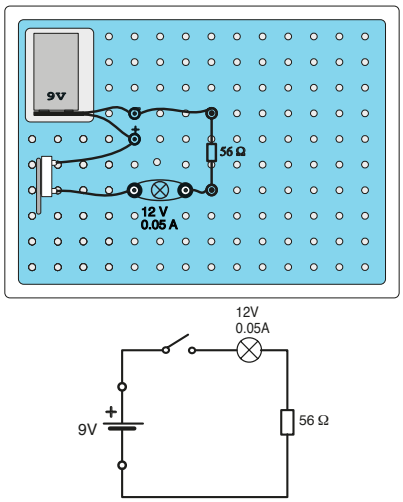
Accessoires: pile 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

5. EST-IL IMPORTANT COMMENT ON A RELIE L'AM POULE?

Nous pouvons faire une expérience similaire à la précédente. Inversez les prises de l'ampoule. Pour l'ampoule également il n y'a pas d'importance comment elle est reliée. Le schéma ne précise pas comment il faut relier l'ampoule, et les brides de ressort à relier à l'ampoule ne sont pas indiqués. Cela veut dire que ça n'a pas d'importance pour le fonctionnement du circuit.

Accessoires: pile 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 6



6. L'ORDRE DES ELEMENTS RELIES EN SERIE EST-T- IL IMPORTANT?

Dans le circuit présenté à la figure 6, le circuit de courant est composé de batterie, interrupteur, résistance et ampoule. Inversez n'importe quels des deux éléments et vérifiez le circuit. Il travaille de la même manière que dans le cas précédent. Sans égard à la disposition des éléments, le courant électrique passe de la borne positive de la batterie à travers tous les éléments du circuit fermé. Si nous avons plusieurs éléments reliés en série dans un circuit, l'ordre de leurs liaisons n'a pas d'importance et n'affecte pas le travail du circuit.

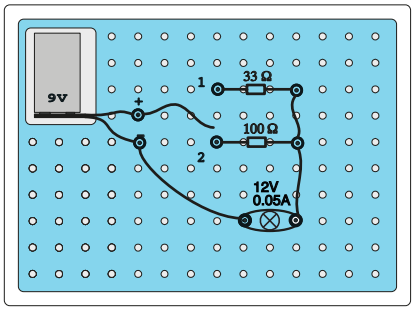
Accessoires: pile 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

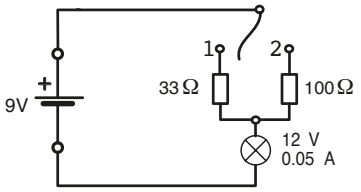
7. LE COURANT PARCOURANT LA RESISTANCE

Laissons libre la borne positive de la batterie. L'ampoule ne s'éclaire pas parce que le circuit est coup. Si vous touchez du fil la bride de ressort no. 1, l'ampoule s'éclaire. Touchez avec ou fil la bride de ressort no. 2, l'ampoule s'éclaire mais avec une moindre intensité.
L'ampoule s'éclaire avec plus d'intensité quand elle est parcourue par un courant plus fort. Nous pouvons en déduire que le courant qui parcourait l'ampoule était plus fort quand nous avons relié le fil à la bride no. 1. Dans le premier cas, le courant passait à travers une résistance de 33 Ω, et ensuite il passait par l'ampoule et revenait dans la batterie. Dans le second cas, la différence reposait dans le seul fait que nous avions une résistance de 100 Ω. Le courant dans le second cas était plus faible, pour la seule raison que la résistance fournie était plus forte.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 53, 55, 4x68

Fig. 7





8. CIRCUIT ELECTRIQUE AVEC RESISTANCE REGLABLE

Assemblez le circuit selon la figure 8. Branchez l'interrupteur et faites tourner l'axe du potentiomètre à gauche et à droite. Si la résistance du potentiomètre est basse, l'ampoule s'éclaire avec plus d'intensité. Rappelons-nous la loi d'Ohm: la tension restant inchangée, le courant est plus fort si la résistance est plus faible. Quelles sont les résistances dans le circuit? Ce sont tous les fils, l'ampoule et le pointomètre. L'interrupteur, quand il est branché, n'a pratiquement pas de résistance. Comparée à la résistance des autres résistances et l'ampoule, la résistance dans les fils est presque inexistante et nous pouvons la négliger.
Le courant parcourant l'ampoule est égal à celui passant à travers le potentiomètre. La loi d'Ohm est applicable dans tous les cas, de l'ampoule jusqu'au potentiomètre. Nous pouvons indiquer la résistance de circuit par R, celle de l'ampoule par Ra et celle de potentiomètre par Rp.
Si la tension tie la batterie est U, nous avons l'équation suivante:

U = I x R

étant rappelé que I est le courant dans le circuit et R la résistance de circuit entier.
La tension dans le potentiomètre est la suivante:

U_p= I x R_p

et celle de l'ampoule:

U_a= I x R_a

La tension de batterie se distribue entre l'ampoule et le potentiomètre. La tension de batterie est égale à la somme des tensions de potentiomètre et de l'ampoule.

U = U_p + U_a

Si nous avions plusieurs résistances dans le circuit, la tension dans la batterie serait égale à to somme des tensions de toutes les résistances raccordées dans le circuit. C'est la loi de tension ou la seconde loi de Kirchhoff, du nom du physicien danois Gustav Robert Kirchhoff.
On peut exprimer cette équation d'une autre manière:

I x R= I x R_p+I x R_a

si nous divisons les parties gauche et droite par I, nous obtiendrons une autre forme correcte de l'équation, soit:

R= R_p + R_a

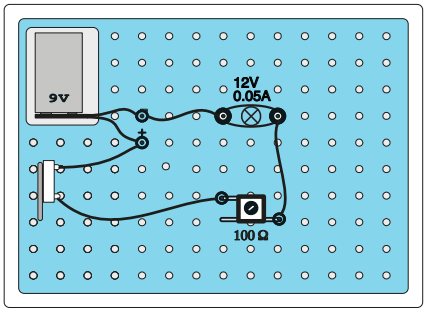
Donc, la résistance totale des éléments reliés en série dans un circuit, est égale à la somme de toutes les résistances du circuit.
Si la valeur du potentiomètre Rp change, la résistance de l'ensemble de circuit change aussi, de même que le courant électrique. Le résultat en est que l'intensité de l'ampoule change de même.
Si nous revenons à l'analogie avec les bassins d'eau, alors la liaison de deux résistances (n'oublions pas que l'ampoule travaille comme une résistance), serait analogue à l'eau du bassin de dessus, qui passe d'abord à travers un tuyau et ensuite par l'autre vers le bassin de dessous.
Quelquefois il pourrait nous arriver de ne pas avoir de résistance avec la valeur de résistance demandée. Si nous avons deux résistances dont la somme des résistances est égale à celle demandée, nous pouvons les relier en série et les raccorder au circuit. La résistance équivalente peut être assemblée de n'importe quel nombre de résistances reliées en série. Il est rappelé que la résistance totale égale la somme de résistances de toutes les résistances reliées en série au circuit:

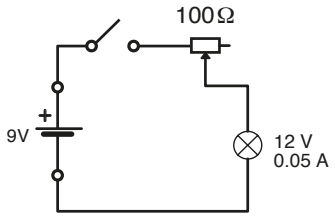
R = R1 + R2 + R3 ...

R étant la résistance de toutes les résistances reliées en série dans l'ensemble. RI, R2, R3... sont des résistances de chaque résistance individuelle reliée en série.
La résistance de toute la chaîne de résistances reliées en série est toujours plus grande que la résistance la plus haute d'une résistance individuelle.

Accessoires: pile 9V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 50, 68, 2x68

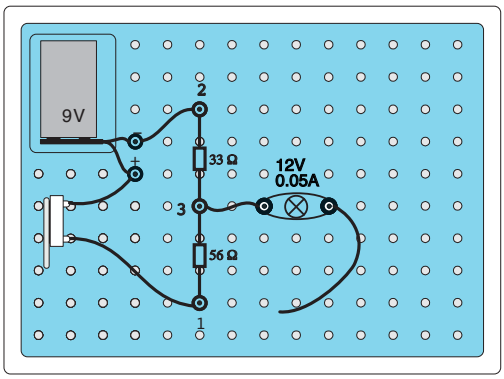
Fig. 8

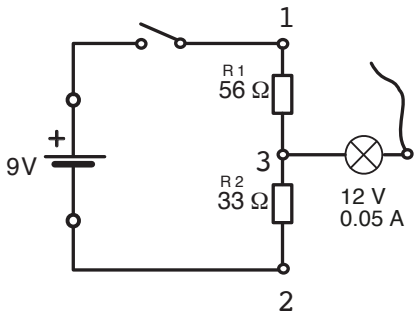




9. REPARTITION DE LA TENSION SUR DEUX RESISTANCES RELIEES EN SERIE

Fig. 9





Dans le circuit représenté à la figure 9 deux résistances sont reliées en série. Une extrémité du fil reliée à la bride de ressort no. 3 est libre. La résistance totale des résistances reliées en série est la suivante:

R = R1 + R2
ou
R = 56 Ω + 33 Ω
ou
R = 89 Ω

La résistance totale des résistances reliées en série est plus grande que la résistance fournie par la plus grande résistance individuelle. Le courant passant de la batterie à travers les deux résistances reliées en série est, selon la loi d'Ohm, le suivant:

U = I x R

Si nous divisons l'équation par R, nous obtenons:

I = U/R

d'ou il s'ensuit que:

I = 9 V/89 Ω

ou approximativement:

I = 0,1 A

Pour calculer la tension sur chaque résistance, nous utilisons encore une fois la loi d'Ohm:

U = I x R

Si nous désignons la tension sur les résistances R1 et R2 par U1 et U2, il s'ensuit que:

U_1= R_1 x I

ou

U_1= 0,1 A x 56 Ω

U_1= 5,6 V

de même:

U_2=I x R_2

U_2= 0,1 x 33

U_2= 3,3 V

La tension de la batterie égale la somme de tensions dans les deux résistances.

U= U_1 + U_2

U= 5,6 + 3,3

ou

U= 9 V

On peut négliger ici une erreur de calcul éventuel. Ces erreurs peuvent découler du fait que nous avons pris en compte une valeur approximative du courant électrique parcourant les résistances. Si nous avons donc deux résistances reliées en série, la tension sera plus forte dans la résistance plus grande. Vérifions!

Une extrémité du fil restée libre reliez d'abord à la bride no.1, et ensuite à la bride no.2. Répétez plusieurs fois! Dans le premier cas, l'ampoule s'éclaire avec plus d'intensité et dans le second avec moins. C'est logique, parce que sur la première résistance la part de la tension totale de la batterie est plus grande que sur la deuxième résistance.

Accessoires: pile 9V, 7x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 4x68

10. CIRCUIT AVEC DIODE LUMINEUSE

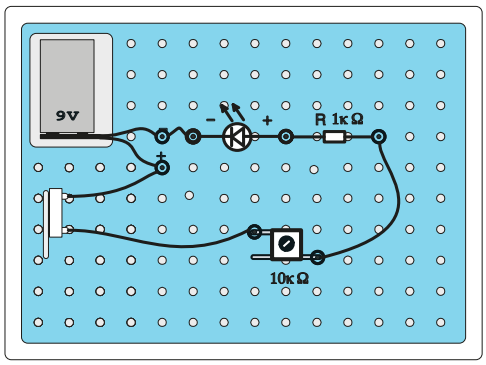
Dans le circuit nous avons un potentiomètre dont la résistance est de 10 kiloohms, lié en série a la résistance de 1 kiloohm. Faites attention comment vous avez tourné la diode luminescente. Utilisez la diode luminescente rouge dans cette expérience!
Faites tourner l'axe du potentiomètre à droite et à gauche. L'intensité de la lumière émise par la diode luminescente varie.
Tournez le potentiomètre jusqu'au moment où la lumière de la diode ne devienne plus faible. Nous avons ainsi une résistance de 1 kΩ et le potentiomètre de 10 kΩ; la résistance totale est donc de 11 kΩ. Maintenant faites tourner le potentiomètre jusqu'au moment où l'intensité de la lumière émise par la diode luminescente ne devienne plus forte. Le curseur du potentiomètre se trouve en position la plus proche de la borne de potentiomètre. C'est le point où la résistance du potentiomètre sera la plus faible ou négligeable. Dans ce cas la résistance totale de la résistance et du potentiomètre est de 1 kΩ.
Cela est conforme à la loi d'Ohm. Quand la résistance de potentiomètre monte, la résistance totale de tous les éléments reliés en série (potentiomètre, diode, la résistance de l'interrupteur étant négligeable), monte aussi. C'est pourquoi le courant venant de la batterie sera moins fort et l'intensité de la diode plus faible.
Le circuit pourrait fonctionner sans la résistance de 1 kΩ, mais nous devons faire très attention à ne jamais placer le potentiomètre exposition 0, parce qu'en cette position le courant parcourant la diode serait trop fort et pourrait l'endommager. Pour éviter cela, nous avons inséré une résistance dans le circuit, en la reliant en série au potentiomètre, ce qui empêche que la résistance totale, y compris celle du potentiomètre, soit zéro, et la diode en est protégée du courant excessif.
Dans quel circuit il y aurait plus de courant provenant de la batterie; dans celui-ci au dans l'autre avec l'ampoule?
Dans le circuit avec l'ampoule, parce que, conformément à la loi d'Ohm, le courant est plus fort, si la résistance est plus faible et que la tension reste la même, étant donné que:

I= U/R

Si nous laissons l'ampoule et la diode connectée pour un temps plus long, laquelle des deux restera allumée plus longtemps: l'ampoule ou la diode? La diode luminescente, bien entendu. Comme l'ampoule a besoin d'un courant plus fort, la batterie décharge plus vite. Nous vous conseillons de ne pas le vérifier, sinon vous serez obligé de vous procurer une nouvelle batterie pour pouvoir continuer les expériences.

Accessoires: pile 9V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

Fig. 10



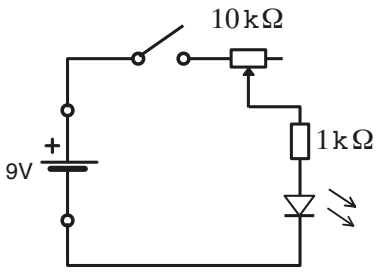
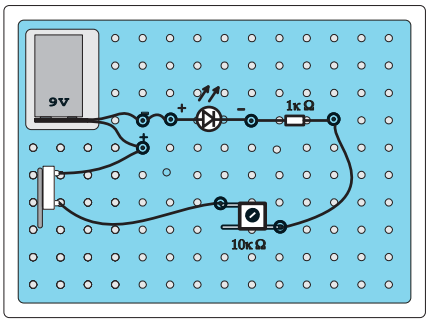
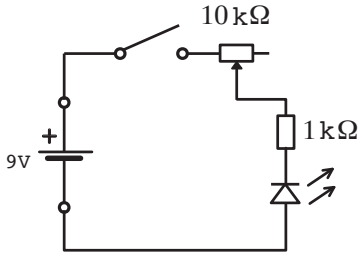


Fig. 11



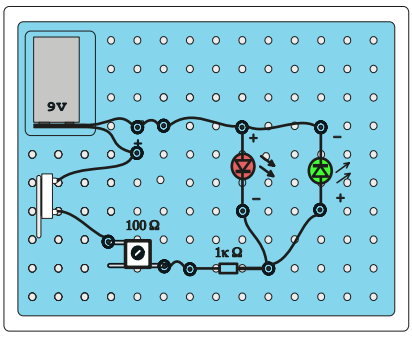


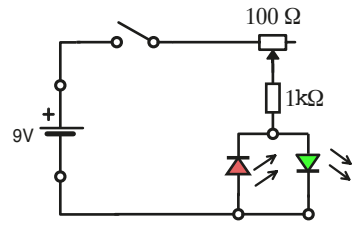
11. EST-IL IMPORTANT COMMENT LA DIODE LUMINESCENTE EST RELIEE?

Inversez les brides de la diode luminescente. Quand vous appuyez sur la touche, la diode ne s'éclaire pas. Pourquoi? Rappelez-vous la description de la diode? Le courant électrique passe par la diode seulement dans un sens. Si dans le circuit la diode luminescente est tournée dans le sens contraire, le courant électrique ne peut pas la parcourir et elle ne s'éclaire pas.
En général, vous ne devez pas oublier qu'il est important comment la diode semiconductrice est tournée. Si la diode n'est pas reliée correctement, le circuit ne fonctionne pas, et une défaillance de notre part risque de brûler la diode. Avant de relier la diode semiconductrice au circuit électrique, vérifiez obligatoirement si la diode est tournée dans le bon sens.

Accessoires: pile 9V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

Fig. 12





12. CIRCUIT AVEC DEUX DIODES LUMINECENTES PLACEES DANS LE SENS OPPOSE

Ajoutons au circuit décrit ci-dessus une autre diode lumineuse (verte). Relions-la au circuit en parallèle à la diode déjà reliée, mais tournons-la dans l'autre sens. Appuyons sur l'interrupteur. La diode rouge s'éclaire comme avant. La diode verte ne s'éclaire pas parce qu'elle est tournée de manière à empêcher le courant de la parcourir. Maintenant inversons les fils reliant la batterie au circuit. Appuyons sur la touche et la diode verte s'éclaire. Comme les bornes de la batterie sont inversées, le courant électrique passe maintenant dans le sens opposé. Le courant passe à travers la diode verte, parce que la diode rouge est tournée de manière à empêcher le courant de la parcourir.

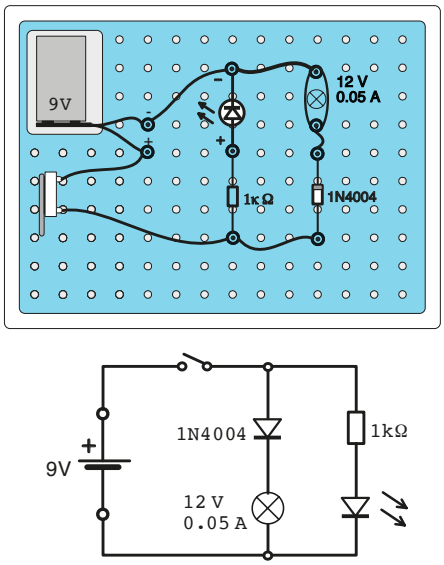
Accessoires: pile 9V, 9x7, 38, 40, 43, 44, 50, 57, 4x68, 69

13. CIRCUIT AVEC L'AMPOULE ET LA DIODE LUMINESCENTE (1)

Le circuit est construit de manière à permettre au courant de passer à travers les deux branches parallèles. Dans une branche, nous avons l'ampoule et une diode normale reliée en série, et dans l'autre la résistance et la diode luminescente. Quand nous appuyons sur la touche, l'ampoule et la diode s'éclairent.

Accessoires: pile 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 13

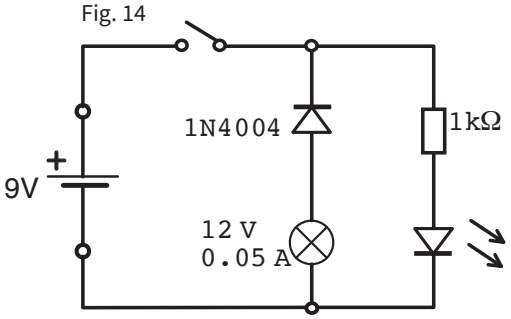


14. CIRCUIT AVEC L'AMPOULE ET LA DIODE LUMINESCENTE (2)

Tournez la diode normale et inversez ses extrémités. Maintenant, seule la diode lumineuse s'éclaire.
C'est logique, parce que dans la branche avec l'ampoule, il n'y a pas de courant électrique. La diode est placée en position qui empêche le courant de passer.

Accessoires: pile 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 14

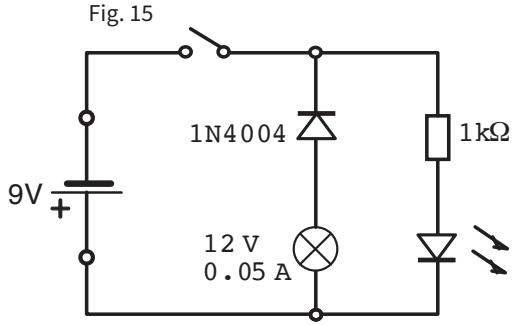


15. CIRCUIT AVEC L'AMPOULE ET LA DIODE LUMINESCENTE (3)

La diode normale et celle luminescente sont tournés en positions opposées. Inversez les fils de raccordement de la batterie. L'ampoule s'éclaire et la diode luminescente non. La diode luminescente est actuellement tournée de manière à empêcher le courant d'y passer, et de ce fait elle ne s'allume pas. C'est en fonction de la façon dont on a relié la batterie, que s'éclaire ou la diode ou l'ampoule.

Accessoires: pile 9V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 15

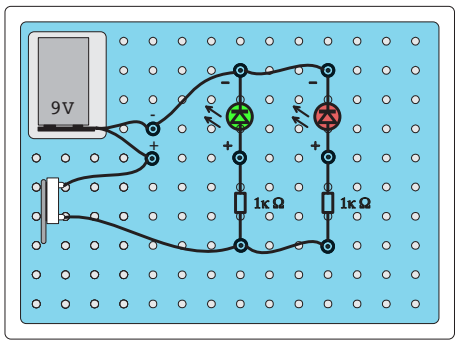


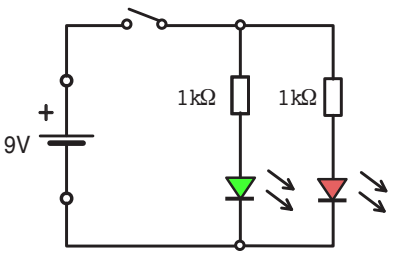
16. CIRCUIT RELIE EN PARALLELE

Dans le circuit il y'a actuellement deux branches: une avec la diode rouge et l'autre avec la diode verte. Attention à la polarité des diodes lumineuses. Si le circuit est assemblé correctement, les deux diodes lumineuses s'éclairent approximativement avec la même intensité. Le courant passe du pôle positif de la batterie pour se diviser en deux parties: une partie passe par la diode verte, l'autre par la diode rouge.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 38, 40, 43, 44, 2x57

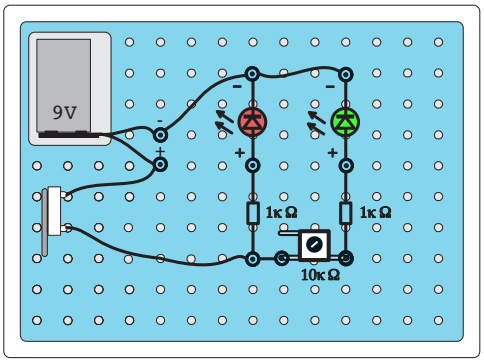
Fig. 16

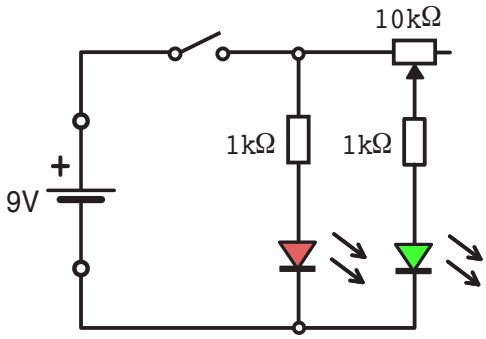




17. CHANGEMENT DE DIRECTION DU COURANT DANS LA BRANCHE DU CIRCUIT RELIE EN PARALLELE

Fig. 17





Insérez dans le circuit une bride de ressort supplémentaire. Coupez une branche du circuit insérant le potentiomètre de 10 kΩ entre la résistance de 1 kΩ et la diode luminescente rouge. Raccordez le circuit à la batterie. Quand vous tournez la résistance, la luminosité de la diode rouge varie tandis que celle de la diode verte ne change pas. Le courant électrique passe de la borne positive de la batterie à travers le conducteur et arrive au point où il se divise en deux. Une partie traverse la résistance et la diode verte, l'autre passe à travers la résistance, le potentiomètre et la diode lumineuse rouge. La résistance de la branche contenant le potentiomètre est bien entendu plus haute. Elle est donc traversée par un courant moins fort et la diode lumineuse s'éclaire d'une intensité plus faible.
Destinons le courant de la batterie par I, le courant passant par la diode verte et la résistance par Iv et la résistance totale de la branche par Rv. Si nous désignons le courant passant par la résistance, le potentiomètre et la diode lumineuse rouge par Ir, la résistance totale de cette branche par Rr, il s'ensuit que:

$$I = I_v + I_r$$

Autrement dit, le courant, passant depuis un conducteur vers plusieurs branches reliées en parallèle, est égal à la somme de tous les courants dans les branches individuelles.
C'est la loi sur les courants ou la première loi de Kirchhoff.
Pour l'ensemble de circuits, il est donc valable que:

$$I = U/R$$

R étant la résistance de l'ensemble de circuit.
Le courant traversant par la diode verte est le suivant:

$$I_v = U/R_v$$

Rv étant la résistance de la branche complète avec la diode verte.
Le courant parcourant la diode rouge est le suivant:

$$I_r = U/R_r$$

Rr étant la résistance de l'ensemble de circuit avec la diode rouge.
Conformément à la première loi de Kirschoff:

$$I = I_v + I_r$$

ou

$$U/R = U/R_v + U/R_r$$

La tension de la batterie est égale à celle des deux branches. Si nous divisons l'équation par U, elle reste valable mais prend une forme nouvelle:

$$1/R = 1/R_v + 1/R_r$$

Cela veut dire que la valeur réciproque de la résistance totale dans le circuit est égale à la somme de valeurs réciproques de résistance des branches individuelles reliées en parallèle.
Si nous utilisons le dénominateur commun pour la partie droite de l'équation, et nous inversons l'équation, nous obtenons la même chose exprimée autrement:

$$R = R_v \times R_r/(R_v + R_r)$$

Si nous voulions illustrer la première loi de Kirschoff au moyen des courants d'eau, nous pourrions le faire en imaginant que le tuyau venant du bassin d'eau supérieur se divise en deux tuyaux. L'eau passe à travers ces deux tuyaux dans le bassin inférieur. Le courant d'eau, passant par un tuyau, se divise en deux courants traversant les deux tuyaux reliés en parallèle. Comme l'eau ne peut pas disparaître, nous pouvons en déduire que la quantité d'eau (le courant), passant par le tuyau supérieur est égale à la somme de courants se déplaçant par les deux tuyaux reliés en parallèle.
Il peut nous arriver de ne pas avoir de résistances avec la valeur demandée, tout en possédant des résistances plus fortes. Si nous avons deux résistances, dont la somme de valeurs réciproques correspond à celle demandée, nous pouvons les raccorder en parallèle et les relier au circuit. La résistance analogue peut être constituée d'un nombre quelconque de résistances lié en parallèle. Bien sûr, la valeur réciproque de la résistance totale est égale à la somme de valeurs réciproques des résistances dans la chaîne:

$$1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 \ \ldots$$

R étant la résistance analogue de toutes les résistances liées en parallèle dans l'ensemble.
R1, R2, R3... sont des valeurs individuelles des résistances.
La résistance de l'ensemble de résistances liées en parallèle est toujours inférieure à la plus faible résistance individuelle.

Accessoires: pile 9V, 9x14, 38, 40, 43, 44, 51, 2x57, 2x68

18. ENCORE UN EXEMPLE DE CIRCUIT LIE EN PARALLELE

L'équation pour calculer le total de résistance des deux résistances liées en parallèle montre que la somme totale est inférieure à la plus faible résistance individuelle.
Nous pouvons le démontrer par l'expérience suivante (figure 18): un bout de résistance de 33 Ω reste libre. Les résistances de 56 Ω et 100 Ω sont connectées en parallèle. Calculons le total de leurs résistances:

1/R= 1/56 + 1/100
1/R= 0,0178 +0,01
1/R= 0,0278

Si nous multiplions l'équation par R, nous obtenons:

1= 0,0278 x R

Ensuite nous divisons l'équation par 0,0278 et nous obtenons

1/0,0278 = R

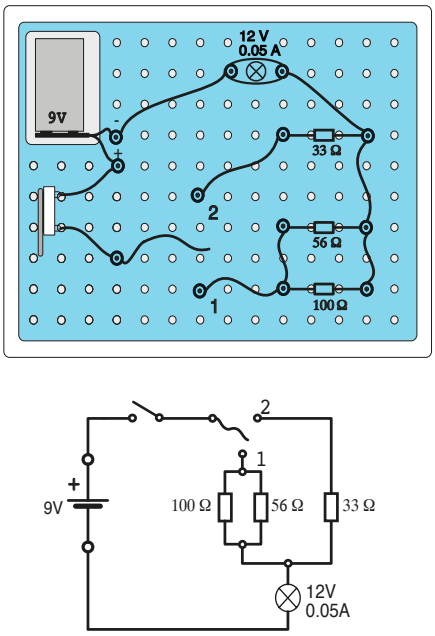
ou approximativement:

R= 36 Ω

Observons la lumière de l'ampoule. Enlevons le fil de la bride de ressort no. 1, et relions-le à la bride de ressort no. 2. Le courant passe maintenant par la résistance de 33 Ω et l'ampoule. Comme la résistance de 33 Ω est presque égale aux résistances de 56 Ω et de 100 Ω liées en parallèle, l'ampoule s'éclaire de même intensité dans les deux cas.
Ce que nous avons appris ici, pourra nous être utile par la suite. Si une des résistances nous fait défaut, nous pourrons remplacer la résistance demandée par une liaison des deux résistances (ou plus), reliées en parallèle ou en série.

Accessoires: pile 9V, 13x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 55, 4x68, 4x69

Fig. 18

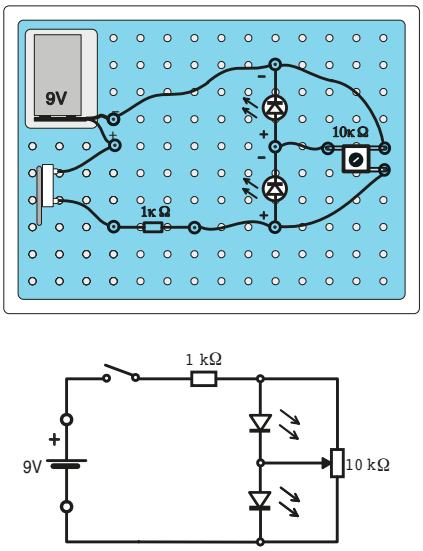


19. CHANGEMENT SIMULTANE D'ILLUMINATION DES DEUX DIODES LUMINEUSES

Assemblez le circuit selon la figure 19.
Qu'est-ce qui se produit quand vous faites tourner le potentiomètre? Dans la partie du potentiomètre où le curseur est plus proche de la prise, la résistance est plus faible, par conséquent, la tension est moins haute. La diode reliée en parallèle à cette partie du circuit s'allume avec moins d'intensité.

Accessoires: pile 9V, 10x7, 38, 2x44, 51, 55, 57, 4x68, 69

Fig. 19

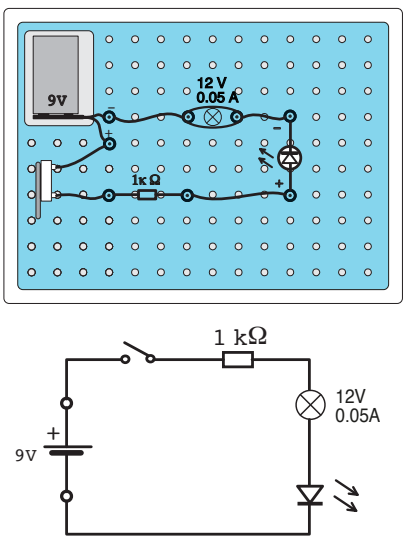


20. CIRCUIT AVEC L'AMPOULE ET LA DIODE LUMUNIEUSE LIEES EN SERIE

Nous avons déjà fait la connaissance de la diode lumineuse. Son nom nous dit déjà que sa caractéristique principale est d'émettre la lumière si elle est parcourue par un courant électrique se déplacent dans le sens correct. Nous l'utilisons juste pour cela: elle s'éclaire si le courant passant par la diode se déplace dans le sens correct.
Le courant nécessaire pour allumer la diode est très faible, quelques milliampères. Ce courant est beaucoup plus faible que celui nécessaire pour faire allumer une ampoule. Pour cette raison, l'ampoule s'éclaire avec plus d'intensité. Si par la diode lumineuse on faisait passer un courant aussi fort que celui parcourant l'ampoule, la diode serait brûlée. C'est pourquoi vous verrez dans toutes nos expériences, que dans tous les circuits, il y'a toujours une résistance liée en série à la diode, pour limiter le courant passant dans celle-ci.
Le circuit dans la figure 20 montre que le courant, nécessaire pour allumer la diode lumineuse, est trop faible pour faire éclairer l'ampoule. Les diodes lumineuses ne doivent jamais être liées seules à la batterie (sans une résistance de 1 kΩ, liée en série). Si vous le faites, la diode brûlera immédiatement.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 3x68

Fig. 20

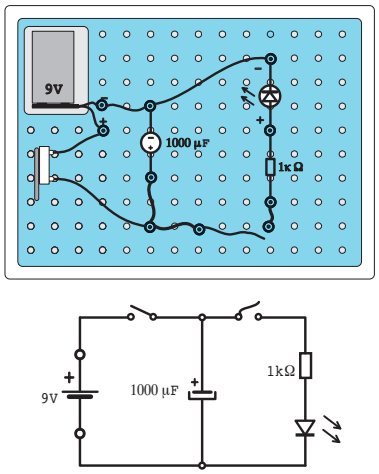


21. CONDENSATEUR COMME SOURCE D'ENERGIE ELECTRIQUE

Assemblez le circuit, comme c'est montré à la figure 21. La borne positive de la batterie doit rester libre. Appuyez sur la touche! Est-ce que la diode lumineuse s'éclaire? Bien sûr que non, puisqu'il n'y a pas d'énergie électrique. Relâchez la touche. Maintenant, du fil venant de la borne positive de la batterie touchez le pôle positif du condensateur électrolytique. Le condensateur électrolytique n'avait pas de charge électrique, autrement dit, il était vide. Quand vous l'avez raccordé à la batterie, le courant a sauté de la batterie sur le condensateur. Il est maintenant chargé et vous pouvez l'utiliser comme source d'énergie électrique. Libérez la borne positive de la batterie encore une fois. Appuyez sur la touche. Bien que la batterie ne soit pas raccordée, la diode luminescente s'éclaire! Comme l'énergie accumulée dans le condensateur est très faible, la diode s'éclaire pour un temps très court. Si vous observez la diode, vous apercevrez que l'intensité de sa luminosité va diminuant pour s'éteindre complément. Le courant électrique passe du condensateur vers la diode luminescente. On dit dit que le condensateur électrolytique commence à se décharger.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 67, 4x68, 69

Fig. 21

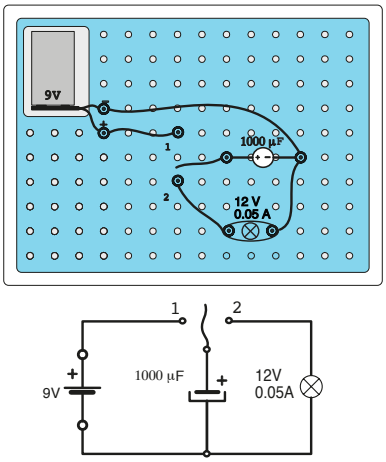


22. QUELLE EST LA VITESSE DE DECHARGEMENT DU CONDENSATEUR

Remplacez dans le circuit la diode lumineuse et la résistance liée en série par une ampoule. L'ampoule s'éclaire pour on court moment.
Nous avons déjà appris que l'ampoule a besoin d'un courant plus fort que la diode lumineuse. Cela veut dire que la résistance de l'ampoule est plus faible. Si un courant plus fort passe par le condensateur, il se décharge plus vite. Pour cette raison, l'ampoule s'éclaire pour un temps plus court que la diode.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 22

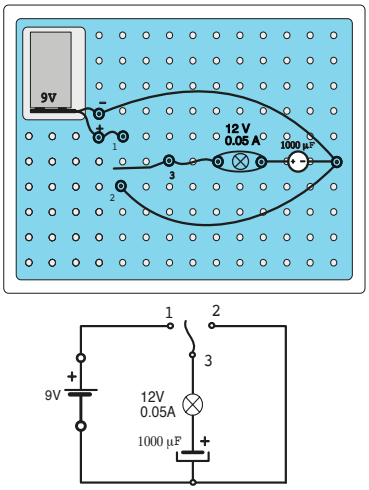


23. CONDENSATEUR PEUT SE CHARGER ET DECHARGER PLUSIEURS FOIS

Modifions un peu le circuit. Laissons libre le bout du fil relié à la prise d'ampoule.
De ce bout de fil, touchons d'abord la bride de ressort no. 1 et ensuite du no. 2. Observons ce qui va se produire.
Lorsque nous touchons la bride de ressort no. 1, le condensateur se charge. Le courant qui passe depuis la batterie vers le condensateur sera plus fort et l'ampoule s'éclaire. Quand le condensateur est chargé le courant ne passe pas et l'ampoule ne s'éclaire plus.
Quand nous touchons la bride de ressort no. 2, le courant électrique saute du pôle positif du condensateur à travers l'ampoule jusqu'au pôle négatif. D'abord, quand le condensateur est chargé, le courant est fort. Au fur et à mesure que le condensateur se décharge, le courant devient de plus en plus faible, et l'ampoule s'éclaire de plus en plus faiblement pour s'éteindre finalement.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 23

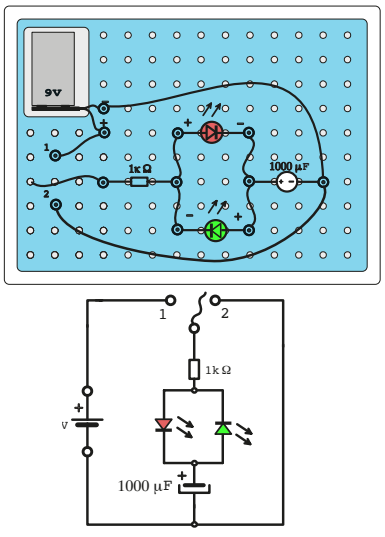


24. UN COURANT ALTERNATIF PEUT PARCOURIR LE CONDENSATEUR

Quand nous chargeons le condensateur, le courant, passe par le condensateur et lorsque nous le déchargeons, le courant s'en va. Cela veut dire que le courant se déplace dans les sens divers, lors du chargement et du déchargement du condensateur. Nous pouvons le prouver en assemblant un circuit avec deux diodes lumineuses tournées dans les sens opposés et liées en parallèle.
Laissons libre le bout du fil relié à la bride no. 3. De cette extrémité libre touchons encore une fois la bride no. 1 et ensuite la bride no. 2. Répétons plusieurs fois et observons ce qui se produit.
Comme vous le savez, le courant passe par la diode uniquement dans un sens. Quand le condensateur est chargé, le courant passe par la diode rouge, et par la diode verte lorsqu'il se décharge. Pour cette raison, la diode rouge s'éclaire lors du chargement et la verte pendant le déchargement du condensateur.
Nous avons déjà constaté que le courant ne passe plus quand le condensateur est chargé. Le condensateur empêche donc le courant continu de passer.
Quand nous chargeons et déchargeons le condensateur, le courant passe alternativement, une fois vers le condensateur et ensuite depuis celui-ci. Si dans un élément, le courant passe une fois dans un sens et après dans l'autre, on dit qu'un courant alternatif parcourt cet élément. Cette expérience montre que le courant alternatif peut passer par un condensateur.
A la place du condensateur de 1000 µF, raccordons au circuit un condensateur de 100 µF. La diode s'éclaire pour un temps beaucoup plus court. Dans le condensateur ayant une capacité moins forte, la quantité d'électricité qui le parcourt est moins grande, et la diode s'éclaire pour un temps plus court.

Accessoires: pile 9V, 11x7, 38, 43, 44, 56, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 24



25. LIAISON DES DEUX CONDENSATEURS EN PARALLELE

Dans ce circuit, nous avons deux condensateurs liés en parallèle, de capacité de 100 µF chacun. Comment les deux condensateurs travaillent-ils quand ils sont liés en parallèle?
Rappelons-nous le ratio entre la charge électrique dans le condensateur et la tension aux extrémités de celui-ci.

C= Q/U

Dans le condensateur chargé, dont la capacité est C et la tension U à ses extrémités, la charge est:

Q= C x U

Si deux condensateurs sont liés en parallèle, la charge envoyée vers ceux-là par le même fil, se distribue entre les deux condensateurs de la manière suivante:

$Q= Q_1 + Q_2$

Q1 et Q2 étant les charges dans le premier et le deuxième condensateur respectivement. Si les capacités des condensateurs sont C1 et C2, la capacité totale C, l'équation de dessus peut être exprimée comme suit:

$C \times U= C_1 \times U_1 + C_2 \times U_2$

La tensions sur les prises des deux condensateurs est identique, soit:

$U_1=U_2= U$

$C \times U= C_1 \times U + C_2 \times U$

Si nous divisons les deux parties de l'équation par U, nous obtenons la formule de la capacité totale des deux condensateurs reliés au circuit.

$C=C_1 + C_2$

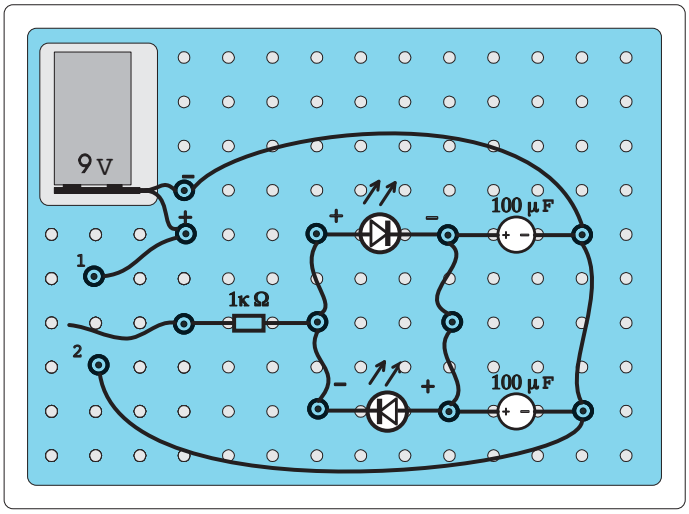
Dans notre cas, la capacité totale des condensateurs est de 200 µF.
Cela nous sera indiqué par les diodes qui s'éclairent pour un temps plus long qu'en cas ou un seul condensateur dont la capacité est de 100 µF était relié au circuit.
C'est exactement de la même manière que nous pouvons remplacer la résistance demandée par deux ou plusieurs résistances reliées en parallèle, que nous pouvons remplacer la capacité demandée par la capacité des deux ou plusieurs condensateurs liés en parallèle.

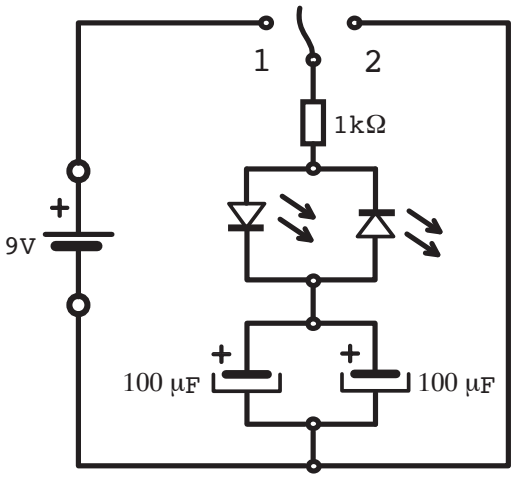
$C= C_1 + C_2 + C_3...$

La capacité C est la capacité équivalente de tous les condensateurs liés en parallèle. C1, C2, C3... est la résistance de chaque condensateur individuel lié en parallèle.
La capacité de plusieurs condensateurs liés en parallèle est toujours plus grande que la capacité du condensateur ayant la plus faible capacité.

Accessoires: pile 9V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

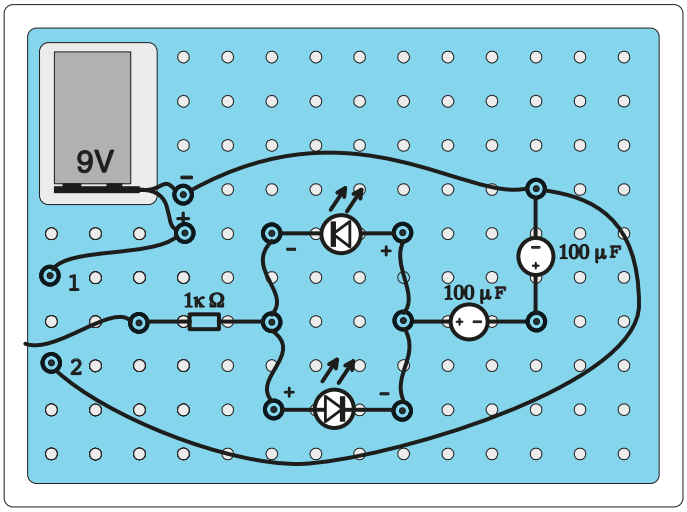
Fig. 25

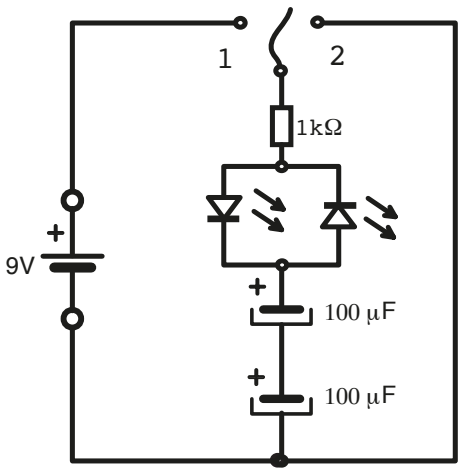




26. LIAISON DES CONDENSATEURS EN SERIE

Fig. 26





Assemblons le circuit liant en série deux condensateurs. Si vous touchez du fil la bride no. 1, et ensuite la bride no. 2, vous verrez que la diode lumineuse s'éclaire pour un temps plus bref que dans l'expérience précédente. Cela indique que la capacité équivalente des condensateurs liés en série est plus faible que celle des condensateurs liés en parallèle.
Quand le courant électrique passe dans les condensateurs, ils commencent à se charger. La tension sur les prises des condensateurs se divise entre les deux condensateurs:

$$U = U_1 + U_2$$

Si la capacité analogue des deux condensateurs liés en série est:

$$C = Q / U$$

et la tension sur les prises des condensateurs est:

$$U = Q / C$$

il s'ensuit que:

$$Q/C = Q_1/C_1 + Q_2/C_2$$

Q1 et Q2 étant les charges électriques dans le premier et le deuxième condensateur, et C1 et C2 les capacités du premier et du deuxième condensateur.
La charge électrique passant dans le premier condensateur est égale à celle provenant du deuxième. C'est logique, puisqu'il n'y a pas de fil reliant les deux condensateurs, ce qui permettrait au courant d'entrer et sortir. Il s'ensuit donc que:

$$Q = Q_1 = Q_2$$

Si nous divisons cette équation par Q, nous obtenons:

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2$$

ce qui veut dire que la valeur réciproque de la capacité équivalente des condensateurs reliés en série est égale à la somme de leurs valeurs réciproques.
De la même manière que pour le circuit avec les résistances reliées en parallèle, il existe aussi une autre manière d'exprimer l'équation ci-dessus. Nous trouvons le dénominateur commun pour la partie droite de l'équation et nous inversons cette dernière. Nous obtenons:

$$C = C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$$

Dans notre expérience, nous avons utilisé deux condensateurs de 100 µF reliés en série. Leur capacitée totale était de 50 µF.
De même que nous avons remplacé la résistance demandée par deux ou plusieurs résistances liées en parallèle nous pouvons substituer à la capacité exigée deux ou plusieurs capacités de deux ou plusieurs condensateurs liés en série.

$$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \ldots$$

C étant la capacité équivalente de tous les condensateurs liés en série, et C1, C2, C3 la capacité de chacun des condensateurs liés en série. La capacité totale de tous les condensateurs liés en série est toujours plus faible que celle du condensateur avec la plus petite capacité.

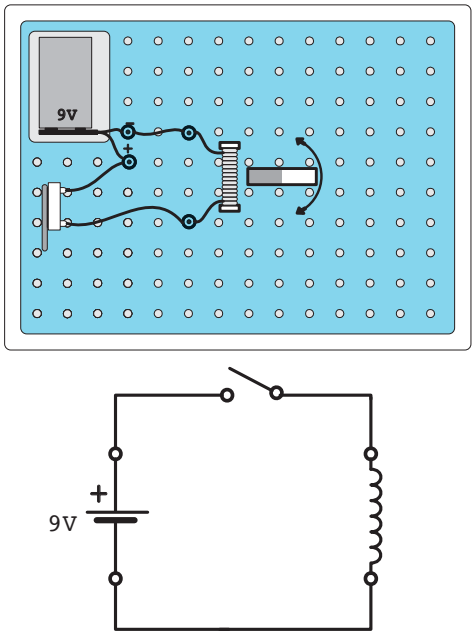
Accessoires: pile 9V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

27. ELECTROAIMMANT

Quand nous laissons du courant électrique parcourir les spires de bobinage, celui-ci commence è travailler comme un aimant. Nous pouvons le prouver par une simple expérience.
Assemblons un circuit simple auquel nous raccordons en série, la batterie, l'interrupteur et le bobinage. Quand vous appuyez sur l'interrupteur, le courant électrique passe dans le bobinage. A l'apparence, rien ne s'est produit. Relâchez l'interrupteur.
Insérez un clou dans le trou du bobinage de manière qu'un bout de clou dépasse légèrement au dehors. Appuyez sur la touche!
Le clou sera brusquement tire à l'intérieur du bobinage et restera dedans.
Faisons encore une expérience! Attachez l'aimant à un fil à coudre et tenez-le suspendu au-dessus du bobinage. Appuyez sur la touche! L'aimant commence à tourner le long de l'axe longitudinal du bobinage qui est parcouru par du courant. Rappelons-nous-en quelle position se trouvait l'aimant il y'a quelques instants. Maintenant, inversez les fils de connexion du bobinage. Appuyez sur la touche! Le bobinage travaille comme un aimant, à seule exception que l'aimant suspendu au fil tourne dans le sens opposé. Si nous changeons le sens du courant électrique, passant dans le bobinage, celui-ci travaille comme l'aimant tourne dans l'autre sens.
Le clou et l'aimant fourniraient le même travail, si on les rapprochait l'un de l'autre. Notre expérience prouve que le bobinage parcouru par un courant électrique travaille comme aimant. L'aimant construit à partir d'un bobinage qui est parcouru par le courant électrique s'appelle électroaimant.

Accessoires: pile 9V, 4x7, 11, 38, 40, 68, clou

Fig. 27

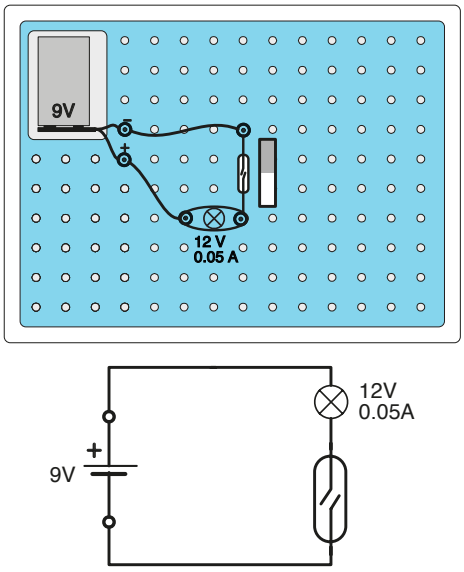


28. COMMUTATEUR HERMETIQUE (INTERRUPTEUR REED)

Posez sur un papier deux brides de ressort un peu à l'écart l'un de l'autre. Soulevez le papier et posez l'aimant perpendiculairement sur le papier. Les brides de ressort se magnétisent et chacune travaille comme un petit aimant. Les aimants s'attirent ou se repoussent entre eux. Les brides se placeront de façon à s'attirer.
Imaginez que nous avons relié un fil électrique à chacune des brides, et que celles-ci formaient un circuit fermé. Dans notre expérience, le circuit est fermé si en dessous du papier sur lequel sont placées les brides à une petite distance entre elles, nous rapprochons un aimant de celles-ci.
Un commutateur hermétique est conçu de la même manière. Les spécialistes l'appellent l'interrupteur reed du nom de son inventeur reed. Dans un tube de verre, deux lames métalliques sont fixées à une petite distance entre elles. Quand nous aimantons les lames, elles s'attirent et provoquent un contact électrique. Quand les lames ne sont pas magnétisées, elles se repoussent du fait de leur élasticité. Comment peut-on aimanter les lames? Si nous le faisons avec un aimant, nous obtenons l'interrupteur que l'on peut placer en position marche/arrêt en approchant ou en éloignant l'aimant. C'est représenté à la figure 28. Lorsque nous approchons l'aimant de l'interrupteur reed, les lames se magnétisent et un courant électrique commence à passer par l'ampoule. L'ampoule s'éclaire.

Accessoires: pile 9V, 5x7, 10, 14, 35, 38, 48, 2x68

Fig. 28

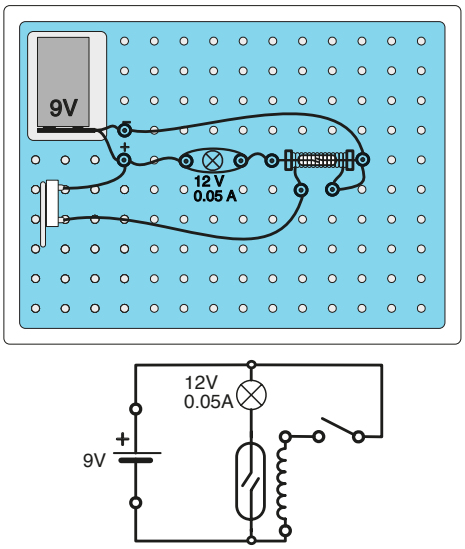


29. RELAIS

Nous approchons un bout de fer de l'électroaimant et quand celui-ci est attiré par l'électroaimant, il met en marche l'interrupteur. On appelle cet interrupteur électromagnétique un relais.
Pour magnétiser les prises de commutateur hermétique, nous pouvons utiliser l'électroaimant. C'est aussi un relais.
Vous pouvez construire un relais à partir du bobinage et le commutateur hermétique. Les techniciens appellent ce relais selon le nom de l'interrupteur reed - un relais reed.
Insérez l'interrupteur hermétique dans le bobinage. Ce contacteur hermétique peut servir d'interrupteur, qui fait allumer l'ampoule. Le circuit électrique peut être établi au moyen de la touche.
Quand la touche est appuyée, sous l'effet de l'électroaimant, les deux lames métalliques de contacteur reed, s'attirent et se mettent en contact, ce qui permet au circuit de se fermer et le courant commence à parcourir l'ampoule. L'ampoule s'allume.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 11, 14, 35, 38, 40, 48, 4x68

Fig. 29

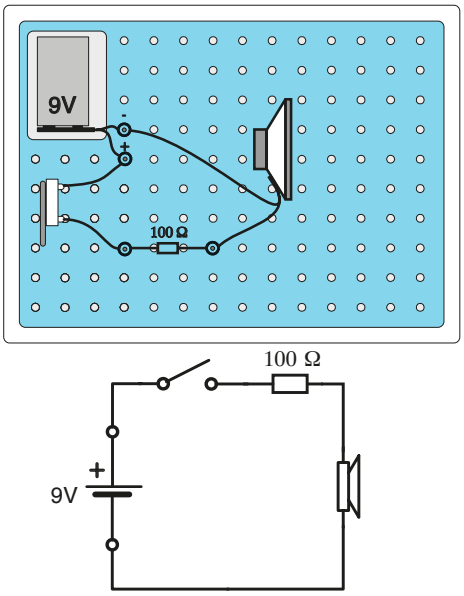


30. HAUT-PARLEUR

Comment le son se propage- t-il dans l'air? Les ondes sonores sont obtenues par la propagation des vibrations de l'air dont la densité est alternativement plus forte ou plus faible, projetées longitudinalement dans le sens de déplacement de son. Comment pouvons-nous provoquer les ondes sonores? Pour ce faire, il nous faudrait un objet qu'on fera vibrer en avant et en arrière, et qui, ainsi engendrera les vibrations de l'air de différente densité. Si vous frappez sur une vitre vous la faites vibrer. Les vibrations du vitre produisent des aires de pression de l'air différents, qui se propagent dans l'espace. Comme cela se produit des deux côtés du vitre, on entend le son des deux côtés.
Dans l'électrotechnique, pour produire des ondes sonores nous utilisons les haut-parleurs. Qu'est-ce qu'un haut-parleur?
Rappelez-vous les expériences avec le bobinage et l'aimant. Nous en avons déduit que le bobinage, parcouru par le courant électrique travaille comme un aimant.
Dans le haut-parleur, il y'a un aimant sur son enceinte. Le bobinage, fixé sur une membrane en papier, est posé dans la rainure de l'aimant. Quand le bobinage est parcouru par le courant électrique, il est retiré dans la rainure de l'aimant d'où il est ensuite repoussé. Cela fait vibrer la membrane du haut-parleur et elle commence à se mouvoir en avant et en arrière. Si cela se produit successivement et suffisamment vite, nous entendons un son.
Dans ce circuit une résistance de 100 Ω est reliée en parallèle à haut-parleur. Sans cette résistance, le bobinage fragile dans le haut-parleur risquerait de brûler. Appuyez sur la touche. Vous entendrez un léger crépitement. Répétez cela plusieurs fois et observez la membrane. Vous apercevrez que la membrane commence à vibrer en avant et en arrière. Supposez que, quand vous appuyiez sur la touche, la membrane se remue vers l'intérieur du haut-parleur. Inversez les prises de haut-parleur et la membrane commence à vibrer vers l'extérieur au moment où on a appuyé sur la touche. Observez d'un œil attentif, puisque les mouvements sont très délicats, juste quelques millimètres. Pourquoi la membrane saute-t-elle une fois vers l'intérieur et ensuite vers l'extérieur?
Nous avons constaté que le bobinage, parcouru par le courant travaille comme un aimant. Nous savons que l'aimant possède deux pôles distincts. Nous savons aussi que les deux mêmes pôles se repoussent et les pôles différents s'attirent. Si nous changeons le sens de courant dans le bobinage, la polarité de l'aimant change aussi. Pour cette raison, une fois la membrane saute vers l'intérieur du haut-parleur (au moment où le bobinage et l'aimant s'attirent), et ensuite vers l'extérieur (quand le bobinage et l'aimant se repoussent).
Si nous voulons entendre la voix du haut-parleur, il faut donc que le bobinage de haut-parleur soit parcouru par du courant alternatif. Dans ce cas, la membrane vibrera en avant et en arrière et nous entendrons un son.

Accessoires: pile 9V, 38, 40, 45, 55

Fig. 30

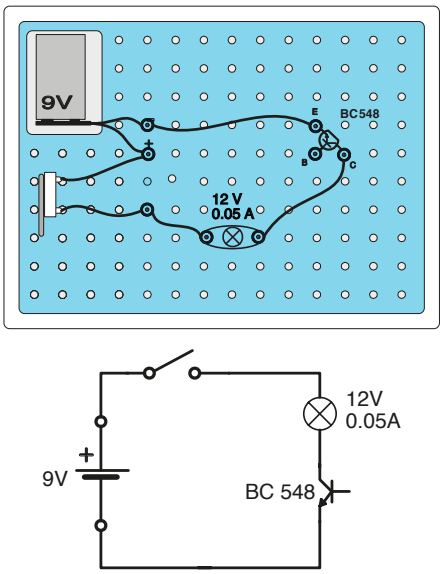


31. TRANSISTOR

Avez-vous lu la description d'un transistor? Si oui, vous comprendrez sans problème les expériences décrites ci-après.
Dans le circuit, l'ampoule et le transistor sont liés en parallèle. Attention au raccordement des prises de contact du transistor! Quand vous branchez le transistor au circuit, n'inversez pas les prises de contact! Si vous le faites, le circuit ne fonctionnera pas et dans le pire des cas, le transistor sera détruit.
Notre boîte d'expériences contient un transistor BC548. Si vous le prenez en sorte que les fils d'alimentation soient tournés vers le bas, et la planche du boîtier plastique sur laquelle il est indiqué le type de transistor vers vous, alors le collecteur sera la prise qui se trouve à votre gauche, la base sera au milieu et l'émetteur à droite.
Cette disposition des prises n'est pas obligatoire pour tous les transistors. La disposition des prises décrite dans notre expérience est fréquente mais elle n'est pas obligatoire. Cela dépend des fabricants et du type de transistors. Si vous avez un transistor dont vous ignorez la disposition des prises de raccordement reportez-vous au manuel. Si vous ne pouvez pas trouver sa description, essayez-vous mémé de déterminer la disposition des prises de raccordement. Le procédé que vous devez suivre est décrit dans ce manuel.
Revenons à noire circuit. Est-ce que l'ampoule s'éclaire? Bien sûr que non. La prise de base du transistor n'est pas raccordée et la base ne reçoit donc pas de courant. Nous pouvons dire que la résistance dans un transistor fermé, entre l'émetteur et le collecteur, est très importante.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 14, 35, 38, 42, 3x68

Fig. 31



32. QU'EST-CE QUI SE PRODUIT SI NOUS METTONS LE TRANSISTOR À L'ENVERS?

Modifions le circuit en raccordant le transistor de manière à inverser les places de l'émetteur et du collecteur.
Si vous regardez attentivement, vous verrez que le filament de l'ampoule rougit légèrement. Comme dans le transistor l'émetteur n'est pas raccordé au pôle négatif, et le collecteur au pôle positif, il ne travaille pas comme il faudrait.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 3x68

33. TRANSISTOR COMME COMMUTATEUR

Raccordez un fil en endroit marqué sur la résistance et laissez libre l'autre bout de ce fil. L'ampoule ne s'allume pas. Pourquoi?
Il n'y a pas de courant dans la base de transistor et il est fermé. Que faut-il faire pour que le courant passe dans le transistor? Reliez le bout de fil à la prise qui est raccordée à la borne positive de la batterie. Le courant commence à passer à travers la résistance dans la base, et le transistor s'ouvre, l'ampoule s'éclaire.
Dans ce circuit, le transistor est utilisé comme commutateur. Le commutateur travaille au moyen du courant passant vers la base: quand le courant passe dans la base, le transistor est ouvert, le courant passe dans le transistor et l'ampoule s'éclaire. Lorsque le courant ne passe plus dans la base du transistor, celui-ci est fermé, le courant électrique n'y passe pas et l'ampoule ne s'allume pas. En bref, le commutateur de transistor est contrôlé par le courant passant dans la base. Ce courant est beaucoup plus faible que celui qui passe par le transistor, et pour cette raison ce commutateur est très efficace.
Qu'est-ce qui peut se produire si nous raccordons le fil à la borne négative de la batterie, à la place de celle positive? Réfléchissez d'abord et vérifiez après! Naturellement, l'ampoule ne s'éclaire pas, parce que la base n'est pas parcourue par le courant et le transistor est fermé. Le transistor fermé a une résistance très basse et la tension entre le collecteur et l'émetteur est très faible, pas plus qu'un dixième de volte. Pour cette raison, un transistor ouvert ne doit jamais être connecté directement entre les bornes positive et négative de la batterie, parce que le courant serait trop fort, et pourrait endommager le transistor.

Accessoires: pile 9V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

34. QUAND LE TRANSISTOR N'EST PAS TOURNE CORRECTEMENT

Raccordez le transistor d'une manière incorrecte. Inversez les prises d'émetteur et du collecteur.
Quand le bout du fil reste libre, l'ampoule s'allume faiblement. Mais lorsque vous touchez la borne positive de la batterie du bout libre du fil, l'ampoule s'allume d'une plus grande intensité, mais pas encore de sa pleine intensité. Le transistor branché ainsi ne fonctionne pas correctement!
Si nous voulons donc tirer profit des propriétés du transistor BC548, le collecteur doit obligatoirement être raccorde à la borne positive et l'émetteur à celle négative. Pour que le transistor reste ouvert il faut que le courant passant dans la base soit faible.
Les transistors dont l'émetteur est lié à la borne négative et le collecteur à borne positive sont les transistors dénommés transistors NPN. Le transistor BC548 est un transistor NPN. Il existe aussi des transistors qui doivent être branchés au circuit de manière à ce que l'émetteur soit raccordé au pôle positif et le collecteur au pôle négatif. Ce sont les transistors PNP. Cette boîte d'expériences ne contient pas ce type de transistor.

Accessoires: pile 9V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

35. COMMENT LE TRANSISTOR TRAVAILLE-T-IL SI NOUS OBSERVONS UNIQUEMENT LA BASE ET L'EMETTEUR?

Pour s'allumer l'ampoule a besoin du courant plus fort que celui qui fait allumer la diode lumineuse. Si le courant venant de la batterie est plus fort, la batterie se décharge rapidement. En effet, nous pouvons utiliser la diode lumineuse pour observer le fonctionnement du transistor. Dans toutes les expériences où nous avions utilisé l'ampoule, nous aurions pu utiliser les diodes également. Il ne faut pas oublier que la diode tournée dans le mauvais sens ne s'allume pas! Bien entendu, une résistance de 1 kΩ reliée en parallèle à la diode, assure que le courant passant dans la diode ne soit pas trop fort.
Nous avons déjà mentionné que le transistor BC548 de notre boîte est de type NPN.
Cela veut dire que pour un bon fonctionnement l'émetteur doit être relié au pôle négatif. Si nous voulons que le courant électrique passe dans la base (et depuis le vers l'émetteur), la base doit être reliée au pôle positif par rapport à l'émetteur. Reliez le transistor comme indiqué dans la figure 35. La diode s'allume. Cela veut dire que le courant passe depuis la base vers l'émetteur.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 32

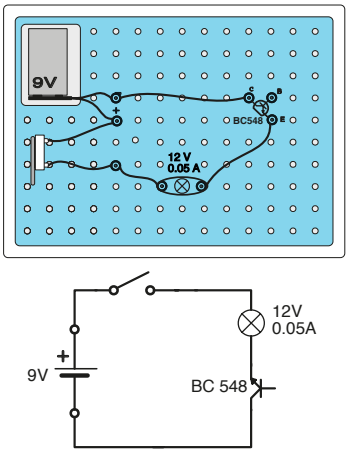
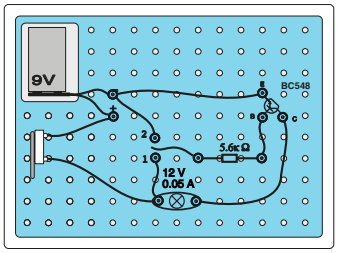


Fig. 33



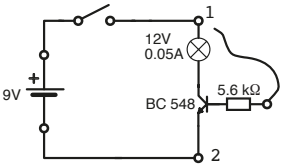
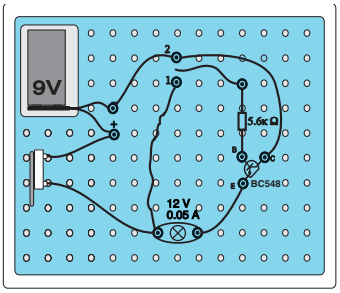


Fig. 34



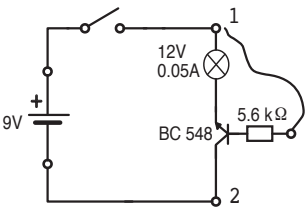
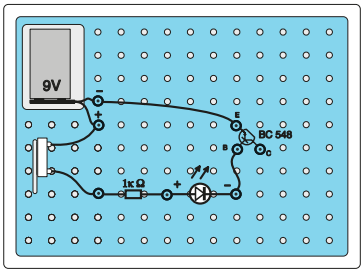
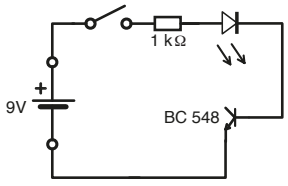


Fig. 35



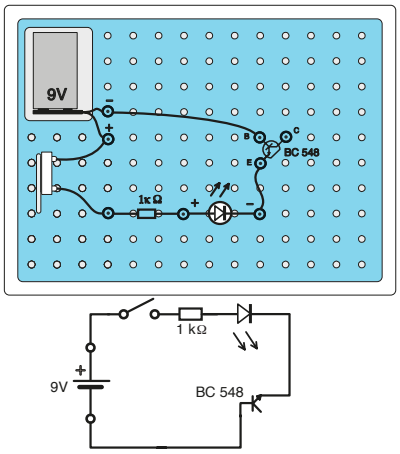


36. DANS LE TRANSISTOR LA DIRECTION BASE-EMETTEUR TRAVAILLE COMME DIODE

Inversez les prises de la base et de l'émetteur dans le transistor. La diode ne s'allume pas. Cela signifie que le courant dans le transistor ne peut pas passer dans la direction émetteur - base. Autrement dit, dans le transistor la direction émetteur - base travaille comme une diode. Dans le transistor NPN cette diode est tournée dans la direction base - émetteur.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 36

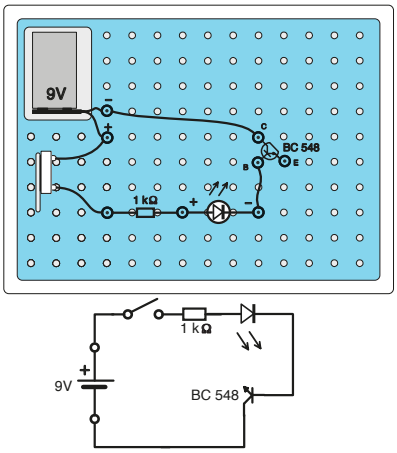


37. COMMENT LE TRANSISTOR TRAVAILLE-T-IL SI NOUS OBSERVONS SEULEMENT LA BASE ET LE COLLECTEUR?

Raccordons le transistor de manière que le collecteur de transistor soit relié au pôle négatif de la batterie, et la base, par la diode, la résistance et l'interrupteur, au pôle positif de la batterie. L'émetteur doit rester libre, c'est-à-dire déconnecté.
Quand vous appuyez sur la touche, la diode commence à éclairer. Cela signifie que dans notre transistor le courant peut se déplacer de la base vers le collecteur.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 37

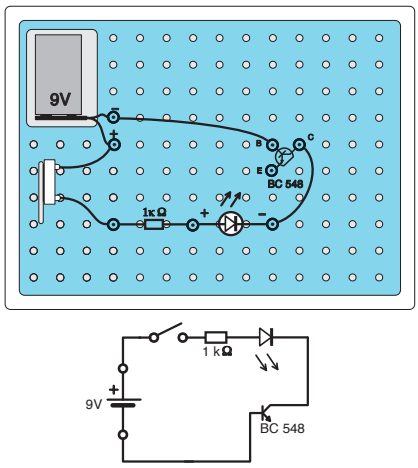


38. DANS LE TRANSISTOR LA DIRECTION BASE-COLLECTEUR TRAVAILLE COMME DIODE

Inversez les prises de la base et du collecteur dans le transistor. La diode ne s'allume pas. Cela signifie que le courant dans le transistor ne peut pas passer dans la direction depuis le collecteur vers la base. Autrement dit, dans la direction base - collecteur, le transistor travaille comme une diode. Dans les transistors NPN, la diode est tournée depuis la base vers le collecteur.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 38

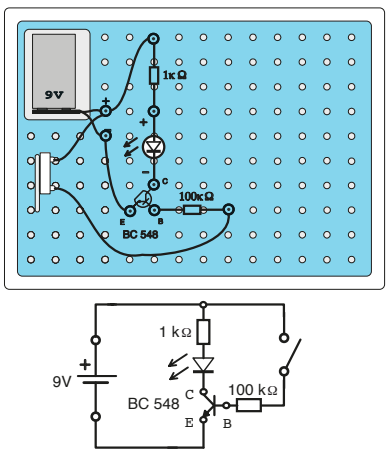


39. CIRCUIT POUR TESTER LES TRANSISTORS

De ce que nous avons appris, nous pouvons déjà dire comment doit fonctionner un bon transistor.
Si nous doutons de la qualité du transistor, construisons simplement un circuit qui nous permettra de tester les propriétés du transistor. Le plus simple, c'est de construire un interrupteur de transistor.
Le schéma du circuit ci-dessous montre comment il faut connecter le transistor à tester. Quand la batterie est reliée, la diode ne doit pas s'allumer. C'est logique puisque le courant ne passe pas dans la base et le transistor est fermé. Lorsque nous appuyons sur la touche, le courant commence à passer dans la base et le transistor est ouvert. La diode s'éclaire. Dans le transistor qui fonctionne bien, la diode ne s'allume pas si l'interrupteur est en position arrêt et s'éclaire si l'interrupteur est en position marche. Si la diode est éclairée ou éteinte en permanence, cela veut dire que le transistor ne fonctionne pas bien.
Le circuit est vraiment simple à assembler, et vous pouvez l'utiliser chaque fois que vous doutez que le transistor ne marche pas parce qu'il est défectueux.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 39



40. COMMENT DETERMINER LA DISPOSITION DES PRISES DE TRANSISTOR

Comme vous avez maintenant certaines connaissances du fonctionnement du transistor, vous pouvez essayez-vous même à déterminer la disposition des prises sur un transistor que vous ne connaissez pas encore.
Vous avez besoin de la batterie, la résistance et la diode.
1. D'abord vérifiez si la diode est correctement liée.
2. Le premier pas c'est de déterminer le type de transistor et la position de la base.
Nous avons déjà dit que dans un transistor les couples base - émetteur et base - collecteur travaillent comme diodes. Les anodes de ces "diodes" (en cas de transistor NPN), servent de base. Nous allons donc trouver la base de transistor comme si elle était l'anode des deux diodes: celles de l'émetteur et du collecteur. Or, liez une des prises de transistor que vous ne connaissez pas, à la bride no. 1; du bout du fil libre qui est relié à la bride no. 2 touchez d'abord une prise et ensuite l'autre prise de transistor. Observez quand la diode se mettra à éclairer. Ensuite changez la prise de transistor reliée à la bride no. 1 et répétez le test. Répétez ce test pour toutes les prises de transistor.
3. Si vous avez trouvé une seule position où la diode s'allumait, cela veut dire que vous avez trouvé la base et que le transistor est de type NPN. N'oubliez pas la position exacte du transistor. La prise de transistor liée à la bride de ressort no. 1 est la base.
4. Si la diode ne s'allume pas ou s'allume dans toutes les positions du transistor, il est sûr que le transistor est défectueux.
5. Si dans certaines positions la diode lumineuse s'allume uniquement lorsqu'une des prises de transistor est raccordée au circuit, cela ne veut pas encore dire que le transistor est défectueux. Vérifie-s'il ne s'agit pas d'un transistor de type PNP. Pour ce faire passez au point 7. de l'expérience 41.
6. Il faut maintenant déterminer laquelle des deux prises restantes est l'émetteur et quelle est le collecteur. Dans notre cas, nous utiliserons le circuit pour tester le transistor. Vérifiez le transistor en prenant d'abord la première prise et ensuite la deuxième prise inconnue comme collecteur. Bien entendu, la base doit être reliée correctement. Si le circuit est assemblé correctement, le transistor fonctionnera bien, et les différents degrés d'illumination de la diode quand l'interrupteur est en position marche ou arrêt seront plus facile à distinguer.
Si le transistor ne fonctionne pas comme commutateur, c'est parce qu'il est défectueux.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 3x68

Fig. 40 a)

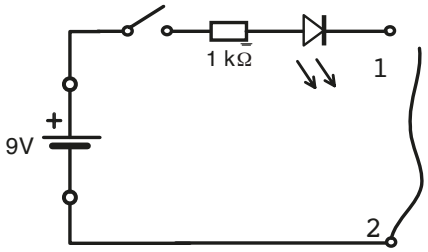
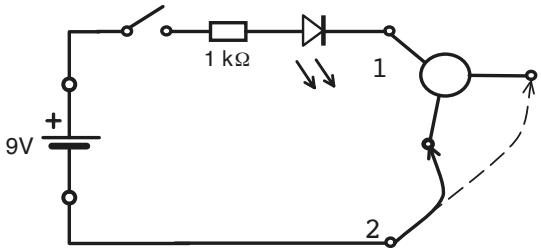


Fig. 40 b)

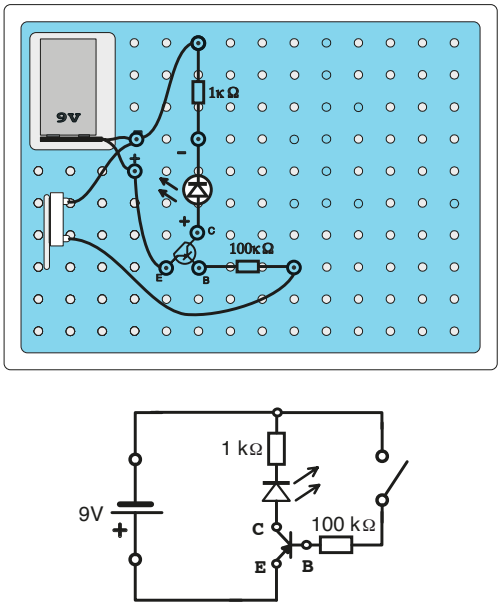


41. CIRCUIT POUR TESTER LES TRANSISTORS DE TYPE PNP

7. Vérifiez si le transistor n'appartient pas au type PNP. Le courant dans ce type de transistor passe dans le sens opposé par rapport à celui de type NPN. Cela veut dire que l'émetteur doit être relié au pôle positif et le collecteur au pôle négatif de la batterie. La base doit également être alimentée de la borne négative de la batterie.
Dans le transistor PNP les couples base - collecteur et base - émetteur travaillent comme diodes ayant une cathode commune sur la base. Raccordez une des prises de transistor à la bride de ressort no. 2 et un fil à la bride de ressort no. 1. Répétez le procédé décrit à la figure 2. N'oubliez pas que vous cherchez les diodes avec une cathode commune.
Si vous trouvez la position en laquelle la diode s'allume à chaque contact du fil venant de la bride de ressort no. 1 avec n'importe quelle autre bride qui est restée libre, c'est la base. Bien entendu, il faut vérifier que la même chose ne se produise pas - dans les autres positions. Si la diode ne s'allume point ou si elle s'allume en toutes les positions, cela veut dire que le transistor est défectueux.
8. Quand vous avez trouvé la base de transistor PNP, assemblez le circuit pour vérifier si le transistor travaille comme commutateur. Dans le schéma de circuit, vous verrez que la batterie et la diode sont placées dans les sens opposés par rapport au circuit qui permet de tester les transistor NPN.
9. Déterminer la position de l'émetteur et du collecteur. Vous pouvez tirer les conclusions comme vous l'avez fait pour les transistors NPN. Connectez le transistor et vérifiez s'il marche comme commutateur.
Le transistor tourné dans le sens opposé fonctionne mal ou il ne fonctionne pas du tout.
Si vous ne pouvez pas déterminer la base de transistor (anode commune de l'émetteur et du collecteur chez un NPN ou la cathode commune de l'émetteur et du collecteur chez un PNP), ou le transistor ne travaille pas comme commutateur, cela veut dire que le transistor est en panne.
Nous avons déjà souligné qu'il n'y avait pas de transistor PNP dans notre boîte d'expériences. Le procédé décrit ci-dessus pourra être utile quand même, quand vous aurez affaire à un transistor entièrement inconnu.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 41

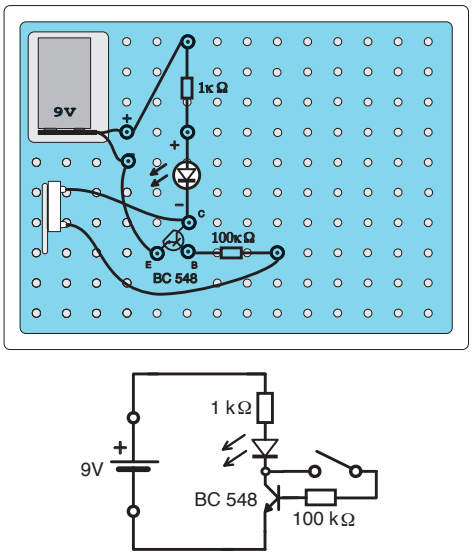


42. COURANT PASSANT DANS LA BASE PEUT ETRE CONDUIT A TRAVERS UNE RESISTANCE DE COL LECTEUR

Rappelons-nous ici le schéma du circuit pour le transistor travaillant comme commutateur. Le courant est conduit vers la base de transistor à travers une résistance dont une extrémité est connectée au pôle positif de la batterie et l'autre à la base. Ce n'est pas la seule possibilité pour conduire le courant dans la base de transistor. Le courant mettra le transistor en marche.
Le schéma ci- dessous montre le circuit dans lequel le courant passant dans la base passe aussi à travers la branche du circuit entre le collecteur et le pôle positif de la batterie.
Assemblez le circuit décrit. Quand vous appuyez sur l'interrupteur la diode s'allume. Cela veut dire que le transistor travaille comme commutateur.

Accessoires: pile 9V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 42

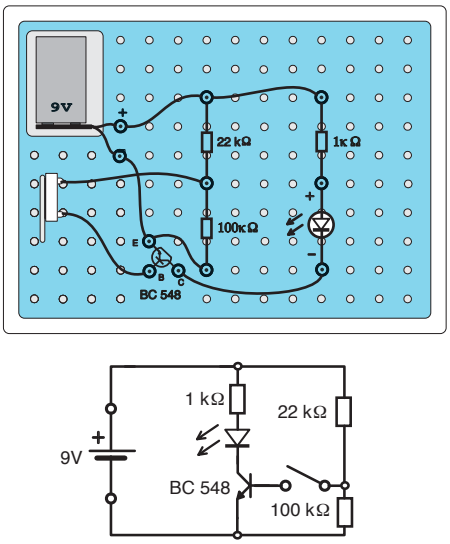


43. COURANT PASSANT DANS LA BASE PEUT ETRE CONDUIT DU DIVISIEUR DE TENSION

Le schéma ci-dessous montre encore une possibilité d'alimentation de la base de transistor par le courant électrique.
Nous utilisons deux résistances comme diviseur de tension. Le ratio entre la résistance de ces deux résistances détermine l'intensité de courant qui passe dans la base de transistor.
Tous les trois modes d'alimentation de la base de transistor par le courant électrique, décrit ci-dessus, produisent le même effet sur le transistor sous condition que le courant passe dans la base de transistor: le transistor est ouvert. Quel mode d'alimentation de la base sera choisi dépend de la manière dont on veut utiliser le transistor.

Accessoires: pile 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 43

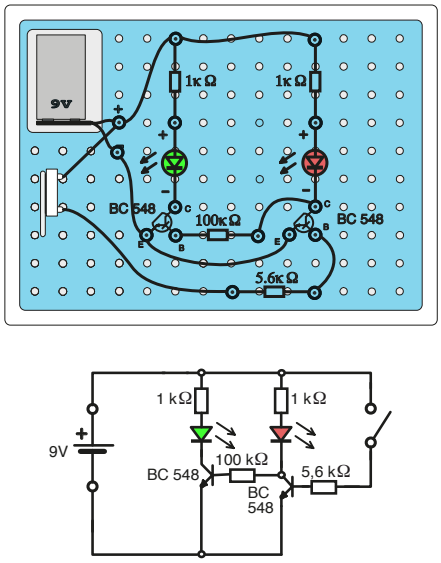


44. RACCORDEMENT DES DEUX INTERRUPTEURS DE TRANSISTORS EN SERIE

Nous savons maintenant comment on peut utiliser le transistor comme commutateur. En envoyant un faible courant dans la base nous pouvons provoquer que le transistor soit parcouru par un fort courant.
Par une prise de transistor nous pouvons contrôler une autre prise. Un tel exemple est montré dans le schéma ci-dessous. Entre le collecteur et le pôle positif de la batterie il y'a une résistance et une diode.
La diode lumineuse indique si le transistor travaillant comme commutateur est ouvert ou fermé. Si le transistor est ouvert, le courant électrique ne passe pas et la diode ne s'allume pas.
Si nous connectons la batterie à ce circuit, la diode verte s'allume. Pourquoi?
Le commutateur n'est pas mis en position marche. Le courant ne passe pas dans la base du premier transistor, et il est fermé. Comme il n'y a pas de courant dans le transistor nous pouvons le considérer comme inexistant. Le courant passera dans la base de l'autre transistor par la diode rouge et la résistance de 100 kΩ. La résistance étant de 100 kΩ le courant sera trop petit pour allumer la diode rouge, mais il sera suffisamment fort pour ouvrir le transistor gauche et pour permettre au courant électrique de passer. La diode verte s'allume.
Appuyez sur l'interrupteur. Maintenant le courant passe dans la base de transistor droit, et celui-ci se ferme. Cela permet à un courant plus fort de le parcourir et la diode rouge s'allume.
La résistance droite et la diode droite ainsi que le transistor droit forment un diviseur de tension. Il alimente la base de transistor gauche. Le transistor ouvert fournit une très faible résistance et une faible tension. Le courant passant dans la base de transistor gauche est donc très faible. Cela provoque la fermeture du transistor gauche et la diode verte ne s'allume pas.

Accessoires: pile 9V, 14x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 61, 4x68, 2x69

Fig. 44

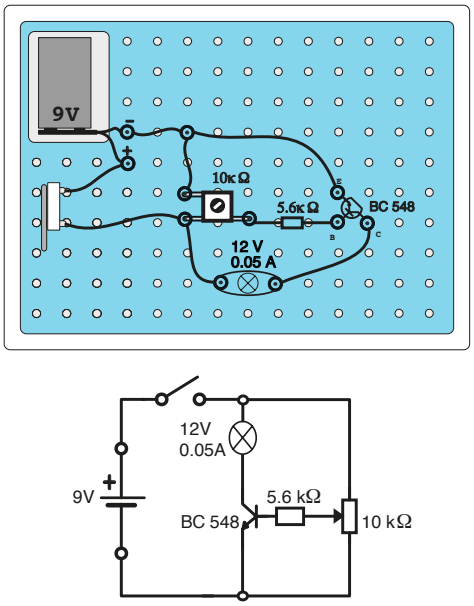


45. TRANSISTOR COMME RESISTANCE REGLABLE

Assemblez le circuit comme indiqué ci-dessous.
L'illumination de l'ampoule dépend de la position du curseur du potentiomètre. Si le curseur est proche de la borne positive de la batterie, l'ampoule s'éclaire avec plus d'intensité, et s'il est plus proche de la borne négative de la batterie, l'ampoule s'éclaire avec moins d'intensité. Si vous faites glisser le curseur, l'intensité de la lumière varie.
Comment le circuit fonctionne-t-il?
Quand le curseur du potentiomètre est plus proche de la prise de potentiomètre, qui est relié à la borne positive de la batterie, le courant passant dans la base est plus fort. Si nous faisons glisser le curseur, le potentiomètre devient le diviseur de tension.
La résistance parcourue par le courant qui passe dans la base est raccordée à la tension de ce diviseur. Si la tension de diviseur est plus haute, le courant passant dans la base de transistor sera plus fort. Quand le courant passant dans la base de transistor est plus fort, l'ampoule s'allume d'une plus grande intensité. Dans ce cas, le courant parcourant l'ampoule (et le transistor, bien entendu) sera plus fort. Comme l'ampoule est ce qu'elle est, il est évident que les propriétés du transistor changent et qu'il commence à travailler comme une résistance réglable, dont la résistance dépend du courant passant dans la base.
Supposons que vous fassiez tourner l'axe du potentiomètre à gauche et à droite.
Cela fait que la tension du curseur varie; elle est d'abord plus haute puis elle baisse.
La tension plus haute envoie plus de courant dans la base de transistor et celui-ci s'ouvre.
La tension variable conduite dans la base de transistor depuis le potentiomètre peut être envoyée de n'importe quelle autre source. Le transistor amplifie ces variations de tension.
On peut donc dire que le transistor que nous utilisons comme résistance réglable est un amplificateur.

Accessoires: pile 9V, 11x7, 14, 35, 38, 40, 42, 51, 59, 4x68

Fig. 45

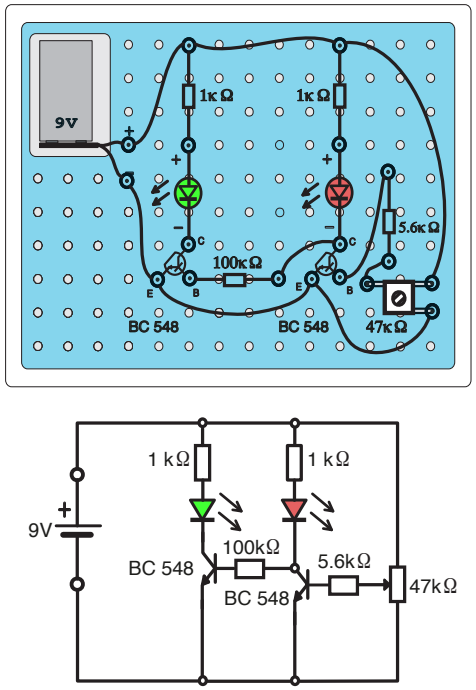


46. CIRCUIT DE DEUX AMPLIFICATEURS RELIES EN SERIE

De la même manière que nous pouvons contrôler un commutateur de transistor par un autre commutateur, nous pouvons également relier la prise de sortie d'un amplificateur à la prise d'entrée de l'autre, ce qui nous permet d'amplifier une faible tension plusieurs fois.
Dans le circuit ci-dessous nous avons un circuit de deux amplificateurs de transistor reliés en série. Les diodes lumineuses servent d'indicateurs des changements de tension du transistor.
Supposons que le curseur du potentiomètre soit en position où la tension égale zéro. Le courant parcourant la base de transistor est également zéro et le transistor est fermé.
Nous déduisons de l'expérience précédente que dans noire cas, la diode rouge ne s'allume pas, mais que, par contre, la diode verte s'allumera. Si le curseur du potentiomètre est en position dans laquelle le courant passant dans la base de transistor est le plus fort, nous aurons la situation inverse. La diode rouge sera allumée et celle verte non. Qu'est-ce qui se produit dans les positions intermédiaires du potentiomètre? Vérifiez!
Pendant que vous faites glisser le curseur du potentiomètre, la diode rouge s'allume avec plus d'intensité et la diode verte avec peu d'intensité. Si vous faites tourner le potentiomètre dans le sens opposé, l'intensité de la lumière dans la diode rouge faiblit et celle de la diode verte sera plus intense.
Le circuit décrit nous montre comment on peut utiliser le signal de sortie venant d'un amplificateur de transistor pour contrôler l'autre. Dans notre expérience nous avons montré qu'on pouvait allumer et éteindre les diodes lumineuses au moyen des deux transistors.
Dans le deuxième transistor où la tension, envoyée dans la base de transistor droit, est déjà fortement amplifiée, nous pouvons utiliser, à place de la diode lumineuse, un autre élément nécessitant pour son fonctionnement une grande puissance, comme par exemple, l'ampoule ou les spires de ressort, etc.

Accessoires: pile 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 59, 61, 4x68, 5x69

Fig. 46

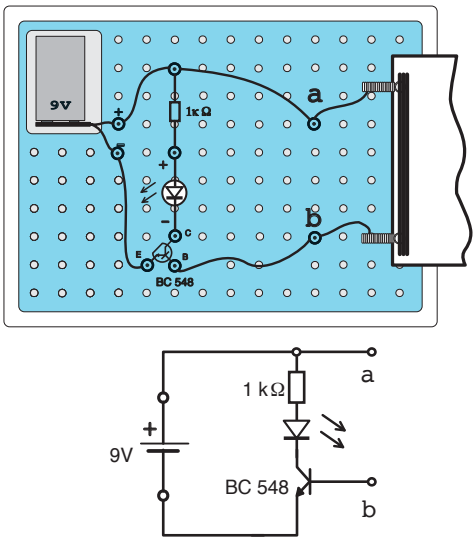


47. UNE COUCHE DE GRAPHITE SUR UNE FEUILLE DE PAPIER PEUT TRAVAILLER COMME UNE RESISTANCE

Dans l'introduction, nous avons mentionné qu'une résistance est normalement réalisée à partir d'un tube céramique sur lequel on a posé une légère couche de résistance. Cela peut être du graphite par exemple. Dans la vie quotidienne, nous pouvons souvent rencontrer du graphite. On trouve du graphite dans un simple crayon à écrire: la mine du crayon est en graphite. Comment pouvons-nous le démontrer? Faisons-nous même une résistance!
Prenons une feuille de papier et marquons un trait large au moyen d'un crayon avec la mine tendre. Pliez le papier en sorte que le trait large se situe le long de la partie repliée. A deux bouts de trait placez les brides de ressort, dans lesquelles vous avez inséré les fils de contact. Vous avez construit une résistance munie des fils de contact. Comment pouvez-vous vérifier que c'est une vraie résistance? Raccordez-la au circuit décrit à la figure 47. A travers cette résistance le courant commence à passer à partir de la borne positive de la batterie dans la base de transistor. Le transistor est ainsi ouvert et la diode rouge s'allume.

Accessoires: pile 9V, 10x7, 38, 42, 43, 57, 4x68, 2x69

Fig. 47

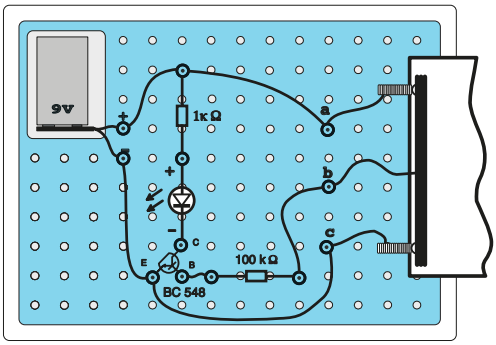


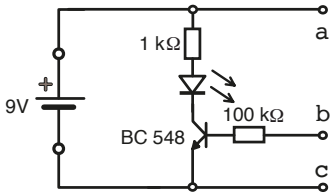
48. LA COUCHE DE GRAPHITE SUR UN PAPIER PEUT EGALEMENT ETRE UTILISEE COMME POTENTIOMETRE

Nous avons déjà mentionné que le potentiomètre est en effet une résistance sur laquelle nous pouvons faire glisser le curseur. Utilisez la résistance décrite ci-dessus, celle que vous avez réalisé en laissant une trace de graphite sur le papier, et transformez-la en potentiomètre!
Comme potentiomètre vous utiliserez la résistance construite dans l'expérience précédente. Pour le curseur utilisez la bride de ressort et frottez-la contre la couche de graphite sur le papier. Observez les changements d'illumination de la diode lumineuse! Rappelez-vous le circuit où le transistor était employé comme résistance réglable. Ici nous avons presque le même circuit, à seule exception que le potentiomètre fabriqué dans une usine est remplacé par un potentiomètre fait à la main.

Accessoires: pile 9V, 11x7, 38, 42, 43, 57, 61, 4x68, 5x69

Fig. 48



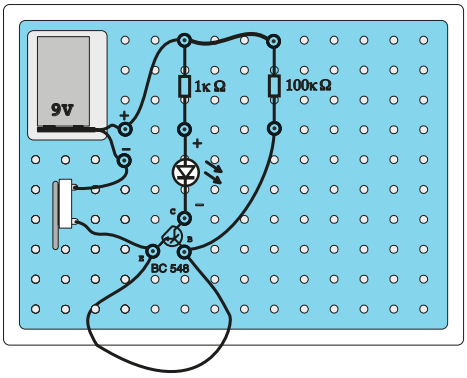


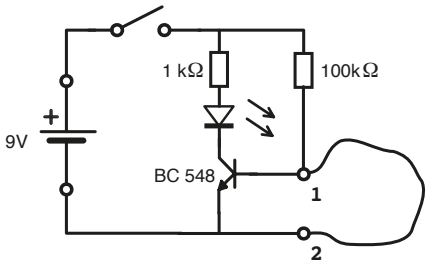
49. GARDE ELECTRIQUE

Maintenant comme nous avons appris comment fonctionne un circuit avec le transistor, nous pouvons utiliser le transistor de plusieurs manières différentes. Dans quel type de circuit le transistor sera utilisé dépend uniquement de l'imagination de celui qui décide de la conception du circuit.
L'expérience suivante montre l'utilisation du transistor dans le circuit qui émet le signal lors de l'interruption du circuit. Ce circuit, par exemple, peut être utilisé pour signaliser une ouverture indésirable de la porte. Dans ce circuit nous utiliserons le transistor comme interrupteur.
Entre les brides nos. 1 et 2 il y'a un fil qui provoque un court-circuit entre la base et l'émetteur. Comme le courant ne passe pas dans la base de transistor, celui-ci est fermé. Le courant qui passe depuis le pôle positif de la batterie, passe à travers une résistance de 100 kΩ directement dans le pôle négatif de la batterie.
Si vous enlevez le fil entre les brides 1 et 2, le courant commence é passer dans la base et le transistor est ouvert. La diode lumineuse s'allume. Donc, vous pouvez utiliser le circuit décrit pour constater les interruptions du circuit électrique. Une des nombreuses possibilités est le garde électrique.
Le fil entre les brides 1 et 2 peut être de n'importe quelle longueur.
En endroit que nous désirons mettre sous garde, nous posons un dispositif permettant d'interrompre le circuit électrique. Le schème ce dessous montre un exemple qui petit être utilisé pour signaliser que la porte sous garde était ouverte.
Sur la partie de la porte qui s'ouvre, fixez au moyen d'une punaise un trombone, et faites la même chose sur le montant de la porte. Sur chaque trombone fixez le fil relié au circuit, soit à la bride no. 1 ou celle no. 2. Entre les trombones insérez un bout de fil. Veillez à ce que le fil soit enlevé d'isolation aux points de contact avec les trombones.
Si vous avez tout-fait correctement, la diode s'allume. A cause du fil qui se trouve entre les brides 1 et 2, il s'est produit un court-circuit entre la base et l'émetteur, et le courant électrique ne passe pas dans la base.
Quand quelqu'un ouvre la porte, le fil inséré dans les trombones ne tient plus dedans, et le circuit entre les points 1 et 2 est coupé. Maintenant le courant commence à parcourir la borne positive de la batterie et passe à travers la résistance dans la base de transistor. Le transistor est ouvert et la diode commence à s'allumer.
Nous pouvons choisir plusieurs endroits et les mettre sous garde. Tous ces endroits (vitres, portes, portes de placard), nous relions en série et conduisons les fils jusqu' à notre circuit. Le seul inconvénient c'est que, lorsque nous recevons le signal, nous ignorons l'endroit où "l'importun" a fait l'intrusion qui a déclenché l'alarme. Si nous voulons obtenir cette information, il faut pour chaque point sous garde mettre en place un circuit séparé. Si tous les circuits sont posés en même endroit, nous pouvons utiliser la même batterie pour tous.

Accessoires: pile 9V, 9x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68, 1x69

Fig. 49



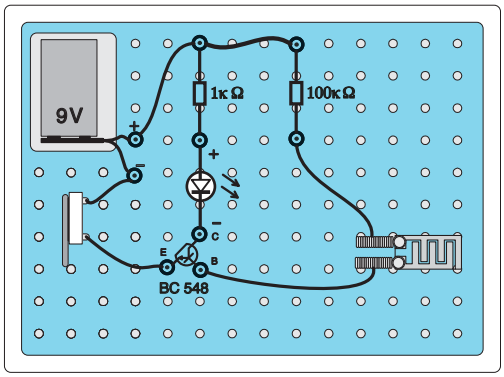


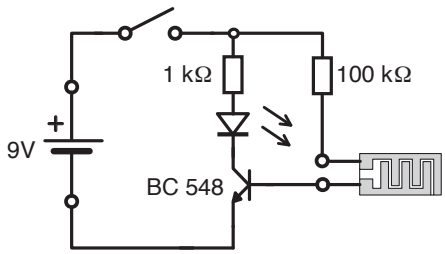
50. SIGNAL DU NIVEAU HAUT D'UN LIQUIDE

La plupart des liquides peuvent être utilisés comme conducteurs de courant électrique. Pas trop bien, naturellement, mais la résistance des liquides est suffisamment faible pour permettre au courant électrique de passer et d'alimenter tin transistor.
Dans notre boîte d'expériences vous trouverez un détecteur d'humidité. C'est une plaquette avec deux conducteurs posés très proches l'un de l'autre sur une longueur suffisamment grande. Le courant électrique ne peut pas franchir l'écart entre les deux conducteurs. Si un liquide conducteur est placé entre les deux conducteurs, la résistance du détecteur d'humidité dans son ensemble diminue. Nous allons en tirer profit dans nos expériences.
Dans ce circuit, la résistance de 100 kΩ et le détecteur d'humidité sont reliés entre la borne positive de la batterie et la base de transistor. Quand le détecteur d'humidité est immergé dans un liquide conducteur de courant électrique, celui-ci commence à parcourir la borne positive de la batterie, passant à travers la résistance de 100 kΩ et le détecteur d'humidité, dans la base de transistor. Le transistor est ouvert et la diode lumineuse s'allume.
Il faut souligner que le détecteur d'humidité décrit ci-dessus ne peut pas être utilisé pour les liquides qui ne transmettent pas le courant électrique, p.e. des différentes huiles ou l'eau distillée. Dans tons ces cas il faut utiliser d'autres détecteurs.

Accessoires: pile 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

Fig. 50



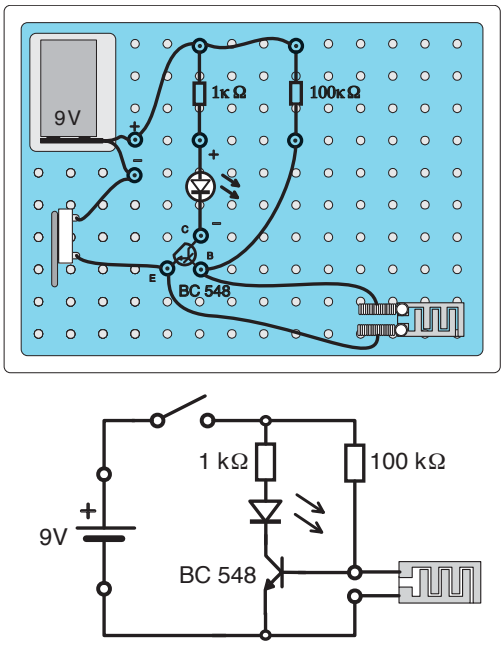


51. SIGNAL DU NIVEAU BAS D'UN LIQUIDE

Dans cette expérience nous désirons qu'un signal nous avertisse de la baisse de niveau d'un liquide. Dans ce circuit, le détecteur d'humidité est constitué à partir d'une résistance de 100 kΩ, avec laquelle il forme un diviseur de tension, dont la prise moyenne est reliée à la base de transistor.
Quand le diviseur est immergé dans un liquide, la résistance entre ses deux extrémités est faible. Pour cette raison, la tension entre ces extrémités est trop faible pour permettre au courant de passer dans la base de transistor et celui-ci est fermé. Lorsque le récipient est vide, le détecteur reste en l'air. Au fur et à la mesure que l'humidité commence à diminuer, la résistance de détecteur monte. La tension dans la branche moyenne du détecteur monte, et le courant passe par la résistance 100 kΩ, dans la base de transistor. Le transistor s'ouvre et la diode lumineuse s'allume.

Accessoires: pile 9V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

Fig. 51

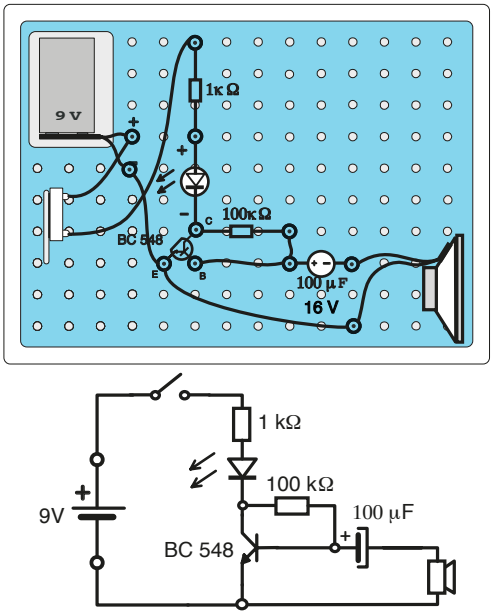


52. AMPLIFICATEUR MONOPHASE A BASSE FREQUENCE

Rappelons-nous ici la description du fonctionnement des haut-parleurs. Si le courant électrique parcourt le ressort du haut-parleur, celui-ci travaille comme un électroaimant. Sous cette action, le bobinage est tiré ou repoussé par le relais de l'électroaimant. Si un courant variable on alternatif passe par ce bobinage, il commence à se mouvoir en avant et en arrière. Cela fait vibrer les couches d'air à proximité du haut-parleur et nous entendons un son.
En règle générale, dû aux mouvements du conducteur près de l'électroaimant (on les mouvements du conducteur près de l'aimant), le courant électrique passe par le conducteur. C'est le principe fondamentales génératrices électriques dans des usines électriques.
Que se passe-t-il dans le bobinage qui se trouve dans la rainure de l'aimant si le bobinage commence à se mouvoir? Sous l'action de ses mouvements, le bobinage est parcouru par du courant électrique. On dit que le courant électrique dans le bobinage est induit.
Comme la membrane se déplace à l'intérieur et à l'extérieur, le courant dans le bobinage change de direction. En bref, si nous parlons dans le haut-parleur, un courant alternatif commence à parcourir le bobinage.
Si nous parlons dans le haut-parleur, un signal électrique apparaît sur les prises de haut-parleur, dont la tension dépend de la hauteur de notre voix ou du tapotage que nous faisons sur la membrane. C'est ainsi que fonctionnent certains microphones, p.e. ceux que l'on utilise dans les téléphones modernes. La construction du haut-parleur et du microphone se ressemble beaucoup. Cette boîte d'expériences ne comporte pas de microphones, mais peu importe! A sa place nous utiliserons le haut-parleur.
Dans le circuit décrit à la figure 52 les résistances sont choisies de manière que le transistor soit légèrement ouvert. C'est pour cette raison que la diode lumineuse s'allume faiblement. Le condensateur électrolytique est raccordé en parallèle au microphone. Comme le condensateur bloque le courant continu, le courant venant de la prise de collecteur et passant par la résistance de 100 kΩ, passe entièrement dans la base de transistor.
Le haut-parleur, utilisé ici comme microphone, est relié à la base de transistor par le condensateur électrolytique. Si vous tapotez sur la membrane du haut-parleur ou vous parlez, le courant sera induit dans le bobinage. Nous avons déjà démontré que le courant alternatif peut passer dans le condensateur. Ce courant vient s'additionner au courant passant dans la base de transistor à travers la résistance. L'intensité du courant passant dans la base varie. Le transistor sera, par conséquence, plus ou moins ouvert, et la diode s'allume avec plus ou moins d'intensité.

Accessoires: pile 9V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 45, 57, 61, 66, 4x68

Fig. 52

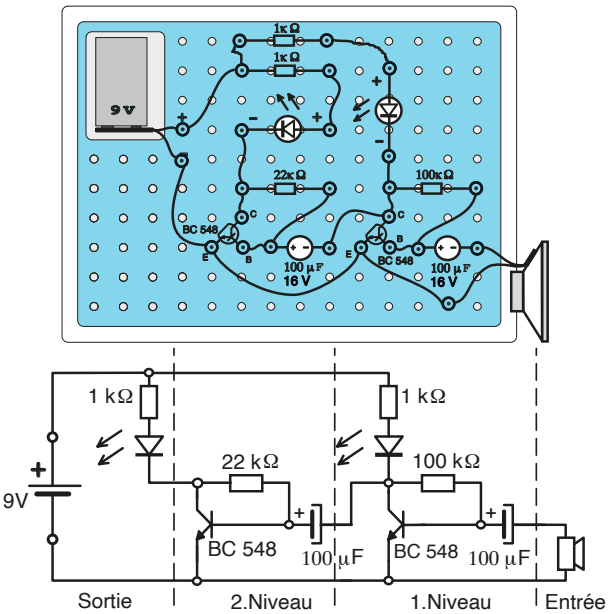


53. AMPLIFICATEUR BIPHASE A BASSE FREQUENCE

Dans cette expérience, nous utiliserons deux amplificateurs à basse fréquence très semblables l'un à l'autre. Entre la sortie du premier (le collecteur de transistor droit) et l'entrée du second (la base du transistor gauche), il y'a un condensateur électrolytique assurant que l'alimentation de la base de transistor gauche sera contrôlée uniquement à partir des résistances placées autour du transistor.
Le premier transistor amplifie le signal alternatif à basse fréquence venant du haut-parleur qui est utilisé comme microphone. Le signal alternatif renforcé passe du collecteur de transistor droit par le condensateur électrolytique dans la base de transistor gauche. Cela fait que le signal du collecteur de transistor gauche est renforcé plusieurs fois. La diode montre les changements de courant passant dans le transistor gauche comme résultat du signal venant du haut-parleur.

Accessoires: pile 9V, 24x7, 38, 2x42, 43, 44, 45, 2x57, 58, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 53

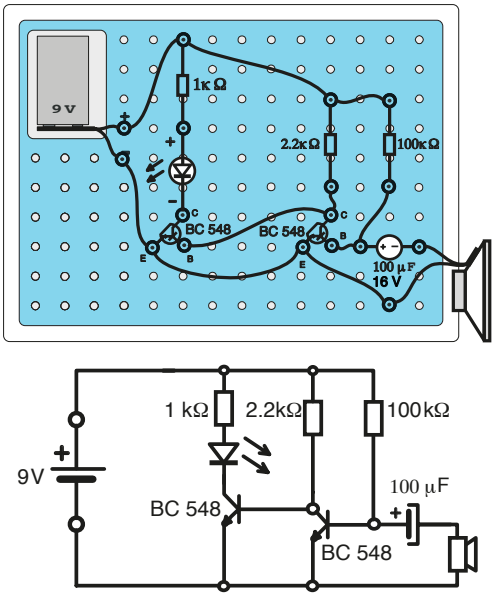


54. UNE VARIATION DE L'AMPLIFICATEUR

Le schéma ci-dessous présente une variation de l'amplificateur biphasé. Entre le collecteur de transistor droit et la base de transistor gauche, il n'y a pas de collecteur électrolytique. Cela permet au courant continu, passant par la résistance du collecteur de transistor droit, de passer pour une part dans la base de transistor gauche. Si nous comparons les deux circuits, nous constatons que dans le second nous n'avons pas utilisé tous les éléments. Cependant, un raccordement direct entre le premier et le second transistor risquerait de nous causer certains ennuis.

Accessoires: pile 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 45, 57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 54

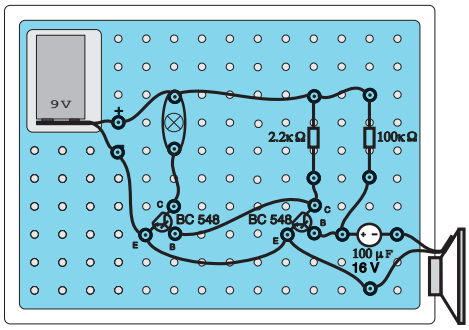


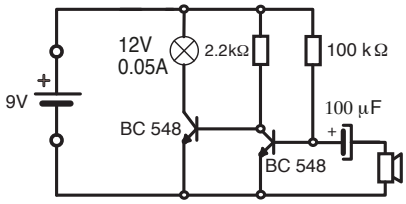
55. LIGHT SHOW

Au moyen des amplificateurs nous pouvons suffisamment amplifier un faible signal venant de l'entrée de haut-parleur pour que l'ampoule s'allume.
Si vous reliez l'ampoule directement aux prises du haut-parleur, elle ne s'éclaire pas. Mais si dans le circuit assemblé vous tapotez légèrement sur le haut-parleur ou vous soufflez dedans, l'ampoule s'allume. Le principe similaire est utilisé dans les discothèques où les lumières s'allument au rythme de la musique que l'on écoute.

Accessoires: pile 9V, 24x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 2x57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 55



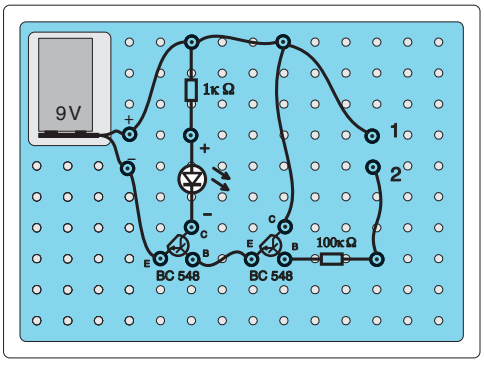


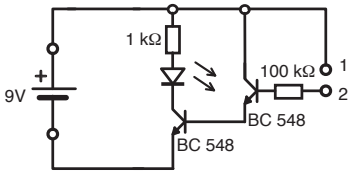
56. CIRCUIT A DETECTEUR DE SIGNAL AVEC DEUX TRANSISTORS

Vous vous étés probablement posé la question comment fonctionnent les touches de détecteur de signal des postes TV ou des postes de radio. Cette touche n'est pas proprement dite une touche sur laquelle il faut vraiment appuyer, il suffit de la toucher légèrement du doigt pour qu'elle fonctionne.
Si vous assemblez le circuit décrit à la figure 56, il sera probablement plus clair comment cette touche est construite. Dans ce circuit nous avons utilisé deux transistors. Posez les brides de ressort reliées à la borne positive de la batterie et l'extrémité de la résistance de 100 kΩ, qui est raccordée à la base de transistor droit, tellement proches l'une de l'autre que vous pouvez les touchez du votre doigt simultanément. N'oubliez pas: si un courant tout petit passe dans la base de transistor, cela permettra au courant beaucoup plus fort de passer depuis le collecteur, dans la transistor vers l'émetteur. Ce courant peut être ensuite conduit vers la base de l'autre transistor. Cela fait que le courant passant dans la base de transistor droit est effectivement renforcé plusieurs fois. Le résultat de ce renforcement est que le courant passant dans la base de transistor gauche est également renforcé. Cette connexion entre les transistors ou le courant de l'émetteur de transistor passe directement dans la base de l'autre s'appelle circuit de Darlington.
La surface de notre peau a toujours quelque dépôt de saleté, humidité et acidité (sueur!), ce qui permet au courant électrique de passer par la surface de la peau. La résistance fournie par la peau est assez grande et le courant passant par la peau est très petit. Ce courant est conduit dans la base de transistor droit, comme indiqué à la figure ci-dessous. Quand nous touchons les brides de ressort nos. 1 et 2 la diode lumineuse s'allume.
A quoi sert la résistance de 100 kΩ, placée entre la touche de détecteur de signal et la base du transistor droit? Le circuit pourrait fonctionner même sans cette résistance, mais...
Il est possible que quelqu'un, par une erreur (ou intentionnellement) ait relié les touches de détecteur de signal à une pièce métallique. La base serait donc directement reliée à la borne positive de la batterie. N'oubliez pas: la direction base - émetteur travaille dans le transistor comme une diode. Cette diode est tournée en sorte que le courant puisse passer de l'émetteur vers le pôle négatif de la batterie. Le courant passant directement du pôle positif de la batterie dans la base de transistor serait trop fort, ce qui pourrait détruire le transistor. La résistance reliée en série à la base de transistor protège le transistor contre un courant fort pouvant éventuellement passer dans la base de celui-ci.

Accessoires: pile 9V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 3x69

Fig. 56



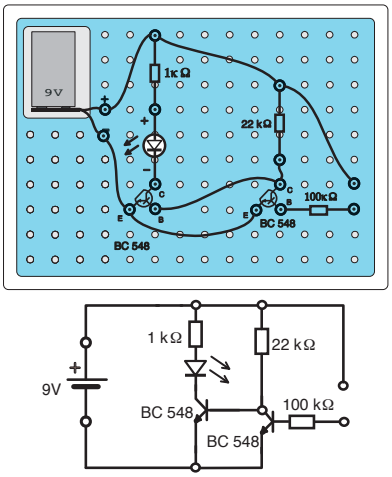


57. CIRCUIT A DETECTEUR DE SIGNAL PERMETTANT DE DEBRANCHER UN APPAREIL

Dans ce circuit le transistor droit est utilisé comme interrupteur qui met en marche l'interrupteur de transistor gauche. Normalement, le courant électrique ne passe pas dans la base de transistor droit. Le transistor est donc fermé et fournit une grande résistance. Le courant électrique passe donc par la résistance de 22 kΩ dans la base du transistor gauche, qui est ouvert et la diode s'allume.
Si vous touchez du doigt les brides "sensorielles" de ressort, le courant électrique passe dans la base de transistor droit et celui-ci s'ouvre. Le transistor ouvert fournit une faible résistance et la tension de la branche médiane du diviseur de tension, constitué d'une résistance de 22 kΩ et du transistor droit, baisse. Le courant passant dans la base de transistor droit monte et le transistor s'ouvre. La diode ne s'allume plus.

Accessoires: pile 9V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 57

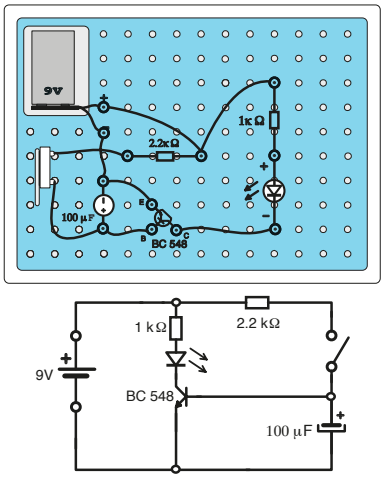


58. CONDENSATEUR ET TRANSISTOR (1)

Si vous assemblez le circuit décrit à la figure 58 et vous le reliez à la batterie, la diode ne s'allume pas. C'est normal, puisqu'il n'y a pas de courant électrique passant dans la base de transistor et le transistor reste fermé.
Appuyez sur la touche. Le courant venant du pôle positif de la batterie passe par la résistance et la touche, pour continuer vers le condensateur électrolytique et la base de transistor. Au début, le condensateur est déchargé et le courant électrique y afflue brusquement. Quand le condensateur sera chargé, la tension sur ses prises augmentera. A un certain point, la tension sera suffisante pour permettre au courant de passer dans la base de transistor et le transistor commencera à s'ouvrir. L'illumination de la diode monte jusqu'à atteindre le maximum.
Relâchez la touche. Le condensateur est chargé et une certaine électricité y est déposée. Quand nous relâchons la touche, le condensateur commence à travailler comme batterie d'où le courant peut passer dans la base de transistor. Pour cette raison, le transistor reste ouvert un certain temps. Au fur et à mesure que le condensateur commence à se décharger, le courant passant de celui-ci vers la base de transistor diminue. Le transistor se ferme lentement et l'illumination de la diode devient de plus en plus faible pour disparaître complètement.

Accessoires: pile 9V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 66, 4x68, 2x69

Fig. 58

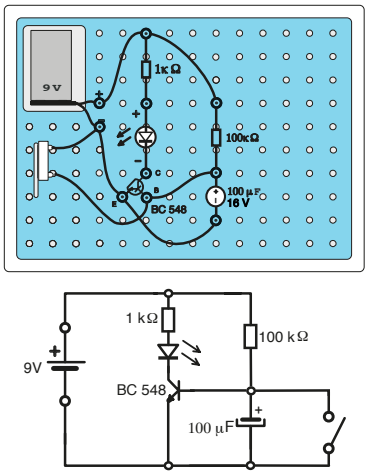


59. CONDENSATEUR ET TRANSISTOR (2)

Dans ce circuit, l'interrupteur est raccordé en parallèle au condensateur électrolytique. Lorsque vous reliez le circuit à la batterie, l'illumination de la diode augmente comme dans l'expérience précédente. Appuyez sur l'interrupteur. Cela provoque un court-circuit dans le condensateur qui se décharge immédiatement. La diode s'éteint dans le moment qui suit. Relâchez le bouton de l'interrupteur. Le condensateur commence à se charger et l'illumination de la diode augmente jusqu'à atteindre le maximum.

Accessoires: pile 9V, 12x7, 38, 42, 43, 57, 61, 66, 4x68, 69

Fig. 59

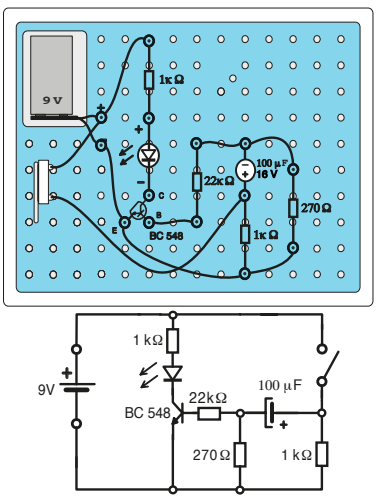


60. BRANCHEMENT DE L'APPAREIL POUR UN BREF MOMENT

Le circuit utilisant les propriétés du condensateur au moment de son chargement peut également être utilisé pour brancher on appareil pour un bref moment. Cela peut être un ventilateur dans la salle de bain, la sonnerie électrique ou le gong d'entrée. Il est vrai que le circuit décrit à la figure 60 ne le permet pas, mais si, à la place de la diode et la résistance raccordée en série, nous relions un relais entre le collecteur de transistor et le pôle positif de la batterie, le relais pourrait fonctionner comme interrupteur de l'appareil qui pour son fonctionnement à besoin d'un courant et d'une tension plus grands.
Comment ce circuit fonctionne-t-il? Supposons que le condensateur électrolytique soit déchargé? Quand vous appuyez sur la touche, le courant électrique commence à passer dans le condensateur pour se diviser ensuite en branches: une partie passe par la résistance de 270 Ω dans le pôle négatif de la batterie, l'autre par la résistance de 22 kΩ dans la base de transistor. Le transistor s'ouvre et la diode lumineuse s'allume. Le condensateur commence lentement à se charger. Quand il sera chargé le courant n'y passe plus et il ne peut non plus se déplacer dans la base de transistor. Celui-ci est fermé et la diode ne s'allume pas.
Quand vous relâchez l'interrupteur, le pôle positif du condensateur n'est plus relié à la borne positive de la batterie.
Le courant peut donc passer dans les résistances de 1 kΩ et de 270 Ω et le condensateur commence à se décharger. Ici le courant parcourant la résistance de 270 Ω passe dans le sens opposé à celui qu'il a pris quand vous aviez appuyé sur l'interrupteur, et le sens de la tension dans cette résistance est donc opposé au précédent. Cela signifie que le transistor est fermé. La diode ne s'allume pas.

Accessoires: pile 9V, 14x7, 38, 42, 43, 56, 2x57, 66, 4x68, 2x69

Fig. 60

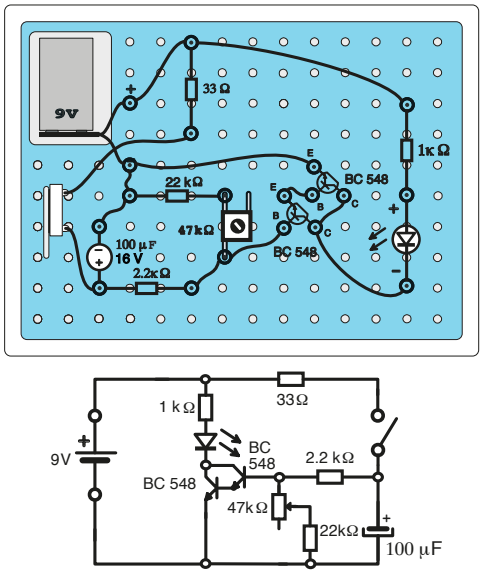


61. COMMUTATEUR A MINUTERIE PROGRAMMABLE

Vous avez probablement déjà eu l'occasion de voir vos parents essayant de verrouiller la voiture dans un parking obscur, toutes les portes de voiture fermées et toutes les lumières éteintes. Ne serait-il plus facile si les lumières à l'intérieur de l'automobile étaient restées allumées pour encore quelques secondes?
Supposons que le bouton décrit dans le schéma 61 soit le bouton pour allumer les lumières à l'intérieur de la voiture. Quand le contact est établi, le courant venant de la borne positive de la batterie commence à parcourir la résistance de 33 Ω, après quoi une partie passe dans le condensateur électrolytique et commence à le charger, et l'autre partie de courant passe dans la résistance de 2,2 kΩ. Depuis là, une partie de courant passe dans la base de transistor, l'autre par le potentiomètre passe dans la borne négative de la batterie. Puisque le courant passe dans la base de transistor, il est donc ouvert et la diode s'allume.
Relâchez le bouton. Le condensateur commence à se décharger par la résistance de 2,2 kΩ, après quoi une partie de courant commence à parcourir la base, et l'autre le potentiomètre et la résistance de 22 kΩ. En fonction de la position du curseur du potentiomètre, le condensateur se décharge plus vite ou plus lentement.
Lorsque la tension sur le condensateur électrolytique est trop faible pour permettre au courant passant dans la base de transistor de maintenir le transistor ouvert, la diode s'éteint. Au moyen du potentiomètre, vous pouvez donc régler la période de temps pendant laquelle la diode doit rester allumée après le relâchement du bouton.

Accessoires: pile 9V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

Fig. 61

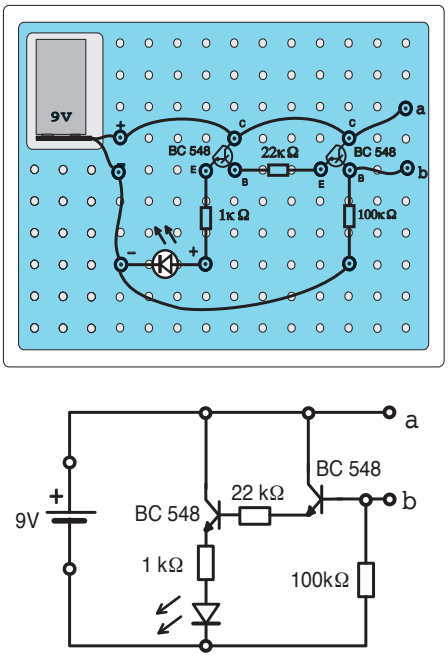


62. CIRCUIT POUR TESTER LES ELEMENTS

Dans le circuit décrit à la figure 62 la diode luminescente s'allume quand le courant passe entre les brides a et b. Comment peut-on utiliser cela pour tester les éléments?
Si vous reliez une résistance entre les brides a et b, la diode luminescente s'allume si la résistance n'est pas endommagée.
Si vous reliez un condensateur entre le point a et b, la diode s'allume pour un bref moment. Quand le condensateur est chargé, le courant ne passe plus depuis la bride a dans le condensateur et la base de transistor. La diode ne s'allume plus. Si la capacité du condensateur est plus grande, la diode reste allumée pour plus long temps. Si la diode n'arrête pas d'allumer, le condensateur est défectueux.
Au moyen de ce circuit vous pouvez également tester les diodes. Vous reliez la diode et regardez à ce que la cathode (l'extrémité marquée de la diode) soit raccordée à la bride b. La diode s'allume. Si maintenant vous tournez la diode que vous désirez tester, elle ne doit pas s'allumer. Si le circuit, lors du raccordement de la diode ne marche pas comme indiqué, cela veut dire que la diode est défectueuse.

Accessoires: pile 9V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

Fig. 62



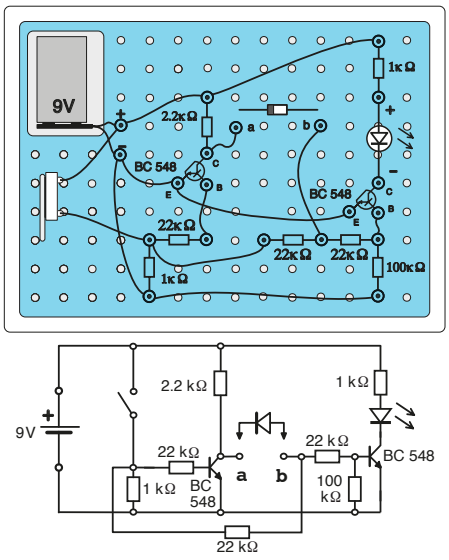
63. CIRCUIT POUR TESTER LES DIODES

Dans l'expérience précédence, nous avons dû connecter deux fois la diode à tester pour observer le fonctionnement des directions anode - cathode et ensuite cathode - anode.
Avec les éléments contenus dans notre boîte d'expériences, vous pouvez assembler un circuit complexe (pour les essais des diodes). Regardons comment le circuit travaille si nous y relions une diode en bon état et l'autre défaillante.
Tout d'abord, supposons que la diode soit coupée à l'intérieur. Ce serait comme si dans le circuit d'essai rien n'était relié entre les brides a et b. Le transistor droit est fermé, parce que le courant ne peut pas passer dans la base de transistor. La diode ne s'allume pas. Appuyez maintenant sur le bouton. Depuis le bouton et la résistance de 100 kΩ, le courant passe dans la base de transistor droit, qui s'ouvre et la diode s'allume. Comme le bouton est appuyé, le transistor gauche s'ouvre juste pour un instant, ce qui est d'ailleurs sans importance pour notre expérience.
Supposons que la diode soit court-circuitée à l'intérieur. Ce serait comme si entre les brides a et b nous avions inséré un bout de fil.
Le courant peut passer par la résistance de 2,2 kΩ, le fil inséré et la résistance de 22 kΩ, dans la base de transistor droit. Pour cette raison le transistor est ouvert et la diode lumineuse s'allume. Appuyez sur le bouton. Le transistor gauche est ouvert et il fournit une résistance très faible. Cela fait que la tension entre l'émetteur et le collecteur de ce transistor est trop faible pour permettre au courant de passer dans la base du deuxième transistor. Le transistor est donc fermé et la diode ne s'allume pas. Quand vous appuyez sur le bouton, le transistor gauche est ouvert et la résistance entre son collecteur et l'émetteur est faible. Le courant, passant normalement à travers le bouton et la résistance de 100 kΩ, passe plutôt par la diode et le transistor gauche, dû à la faible résistance du transistor gauche, et le transistor droit est de nouveau fermé. La diode ne s'allume pas. Supposons que la diode insérée se trouve en bon état et qu'elle est intercalée au circuit dans le sens opposé, c'est-à-dire la cathode est reliée à la bride b. Le courant passe par la résistance de 2,2 kΩ, la diode à tester et la résistance de 22 kΩ, dans la base de transistor droit, qui est ouvert et la diode s'allume. Lorsque vous appuyez sur le bouton, le transistor gauche s'ouvre et il fournit une faible tension. Le courant passant par le bouton et la résistance de 100 kΩ passe aussi vers la bride b. Comme la bride gauche de la diode (le transistor gauche étant ouvert) a une très basse tension, la diode à tester est tournée dans le sens erroné. Le courant ne passe pas dans ce sens mais dans la base se transistor droit. Le transistor s'ouvre encore une fois et la diode luminescente d'allume.
A partir de cette description, nous pouvons faire le tableau suivant:

état de diode	bouton appuyé	bouton relâché
bonne	éteinte	éteinte
déconnectée	allumée	éteinte
court-circuitée	éteinte	allumée
la dioda tourner à l'envers	allumée	allumée

Accessoires: pile 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 2x60, 61, 4x68, 4x69

Fig. 63

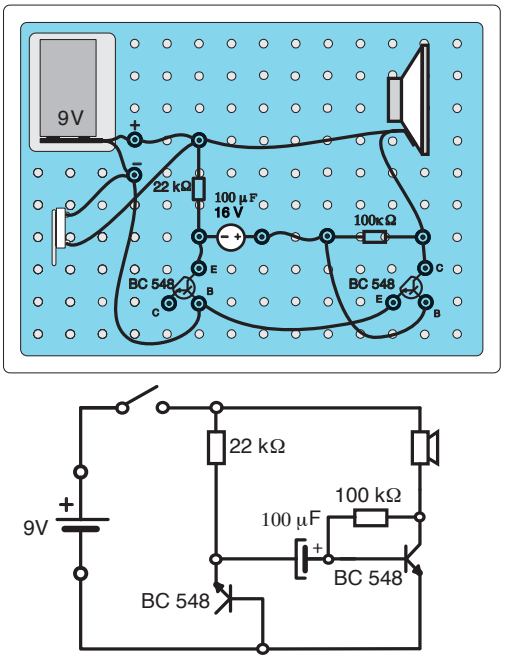


64. GENERATRICE DE BRUIT

Vous avez probablement eu l'occasion de voir un amplificateur avec l'affichage montrant le volume des tons de musique écoutée. L'affichage a de petites colonnes sautillant au rythme de la musique. Au-dessous de certaines colonnes i est indiquée la fréquence correspondant au signal écouté, p.e.: 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, etc. Pour assurer la haute qualité de la reproduction de la musique, il faudrait qu'un amplificateur amplifie tous les sons d'a même manière. Comment peut-on le vérifier? Nous devrions avoir une source de signaux, et la relier à l'amplificateur, pour ensuite mesurer la puissance à la sortie l'amplificateur. Ensuite nous devrions changer la fréquence de signal de même puissance et mesurer encore une fois son volume. Cela fait, nous pourrions constater quelle fréquence l'amplificateur amplifie mieux et quelles sont celles qu'il amplifie moins. Par des moyens appropriés, nous pourrions régler l'amplification de chaque fréquence individuelle.
Il existe un signal où tous les sons de toutes les fréquences sont déjà présents. C'est le bruit. Si nous avions une source de bruits, nous pourrions la relier à l'entrée d'amplificateur et mesurer à la sortie le volume des fréquences individuelles par un instrument qui permet de mesurer le volume. Cet instrument est muni d'un affichage avec les colonnes sautillantes décrites ci-dessus. A partir de cela, il nous sera facile de régler les amplificateurs.
Le circuit générant du bruit est décrit dans le schéma 64. L'élément qui génère du bruit est la direction émetteur - base du transistor BC548, utilisée comme diode et connectée au circuit dans le sens opposé. Le transistor raccordé au circuit de cette manière produit un sifflement que nous pouvons amplifier. Ici nous avons utilisé l'amplificateur de transistor. Quand vous appuyez sur le bouton du circuit, vous entendez un sifflement du haut-parleur.

Accessoires: pile 9V, 13x7, 38, 40, 2x42, 45, 58, 61, 2x66, 4x68, 2x68

Fig. 64

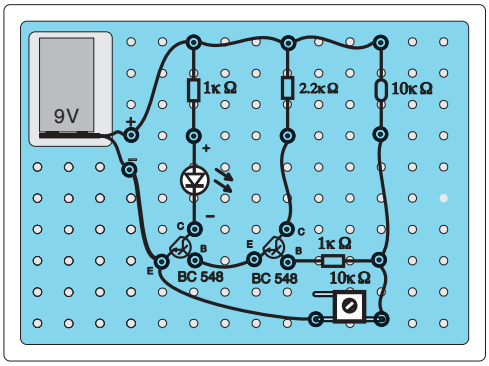


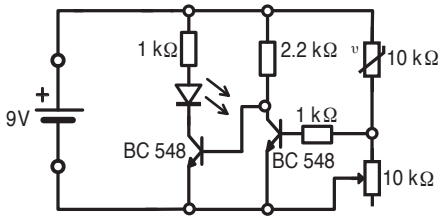
65. VOYANT DE TEMPERATURE

Nous savons déjà comment fonctionnent les thermostats, les thermistances et les relais. Nous possédons donc une connaissance suffisante pour pouvoir assembler un circuit plus complexe. Supposons que nous avions un calorifère et que nous voulions qu'il se mette en marche automatiquement quand la température baisse à un certain niveau. Cela peut se faire en utilisant un circuit semblable à celui décrit ci-dessous.
La thermistance et la résistance réglable du côté droit du schéma de circuit sont en effet un diviseur de tension réglable. Si la résistance de thermistance est plus faible (ce qui se produit quand la température est plus haute), la tension à la sortie de diviseur sera plus élevée. La sortie de diviseur est connectée par la résistance à la base de transistor. Comme la tension de diviseur a monté, le courant dans la base augmente aussi et le transistor s'ouvre. La tension entre l'émetteur et le collecteur de ce transistor sera donc faible. Le courant passant dans la base de transistor gauche diminue et le transistor se ferme. La diode ne s'allume pas. Si nous relions un relais à la place de la diode et la résistance de 1 kΩ, le relais peut mettre en marche le calorifère ou, dans un système de chauffage à l'eau, ouvrir la soupape de l'eau chaude.
Quand la température baisse, la résistance de thermistance s'élève. Pour cette raison, le transistor gauche est fermé, le droit est ouvert et la diode lumineuse commence a s'allumer.
Le circuit peut être inséré en endroit quelconque, mais la thermistance doit être placée en endroit précis où nous souhaitons régler la température.
Entre la thermistance et la borne négative de la batterie il y'a une résistance réglable, c'est-à-dire un potentiomètre. Si la résistance est petite, un courant plus faible passera dans la base de transistor droit. Si nous voulons que le courant passant dans la base de transistor soit suffisamment fort pour mettre en marche le relais, la résistance de thermistance doit descendre à un niveau plus bas, ce qui se produit quand la température est haute.
Cela veut pratiquement dire qu'en changeant de positions du curseur du potentiomètre, vous pouvez régler la température mettant en marche le calorifère. Lorsque la résistance de potentiomètre est faible, le calorifère s'allume au moment où la température est plus haute et inversement.
Quand vous avez assemble le circuit, faites tourner l'axe du potentiomètre pour que la diode ne s'allume plus. Ensuite, faites tourner le potentiomètre juste pour permettre à la diode de s'allumer. Touchez de vos doigts la thermistance. Cela va la réchauffer et la diode s'éteint. Attendez un peu. La thermistance se refroidira et la diode se rallumera.

Accessoires: pile 9V, 17x7, 38, 2x42, 47, 51, 2x57, 58, 4x68, 5x69

Fig. 65



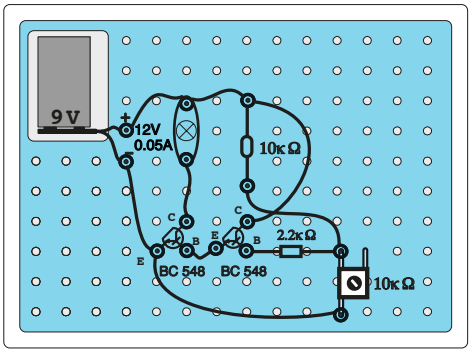


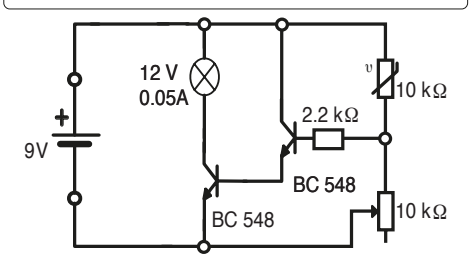
66. BOUGIE ELECTRIQUE

Pour allumer la bougie, vous avez besoin d'une source de chaleur (du feu d'une allumette), et pour l'éteindre il suffit de souffler. Le circuit ci-dessous travaille presque comme une bougie.
Si vous chauffez la thermistance, sa résistance baisse. Pour cette raison, la tension de thermistance est plus faible, et un courant plus fort passe dans la base de transistor droit. Cela fait que la base de transistor gauche est parcourue par un courant plus fort, le transistor s'ouvre et l'ampoule s'allume.
Si l'ampoule et la thermistance sont placées tout près l'une de l'autre, par sa chaleur, l'ampoule chauffe la thermistance et l'ampoule continue à allumer. Que devons-nous faire pour que l'ampoule ne s'allume plus? Soufflez légèrement dans la thermistance pour la refroidir. Si c'est nécessaire, soufflez plusieurs fois et l'ampoule commencera à s'éteindre. Quand la thermistance est refroidie, sa résistance est plus grand et le courant passant par la thermistance a une plus faible tension.
Le courant plus faible passera aussi dans la base de transistor de même qu'à travers le transistor. L'ampoule ne s'allume plus.
Au moyen d'une résistance réglable, volts pouvez ajuster la température à laquelle l'ampoule commence à s'allumer. Faites tournez l'axe du potentiomètre pour que l'ampoule ne s'allume plus. Ensuite faites tournez l'axe du potentiomètre jusqu'à ce que l'ampoule s'allume et en ce moment tournez-le rapidement pour qu'elle n'allume plus. Vérifiez la position de l'ampoule et de la thermistance. Le filament doit être aussi près que possible de la thermistance.

Accessoires: pile 9V, 13x7, 14, 35, 38, 2x42, 47, 51, 58, 4x68, 4x69

Fig. 66



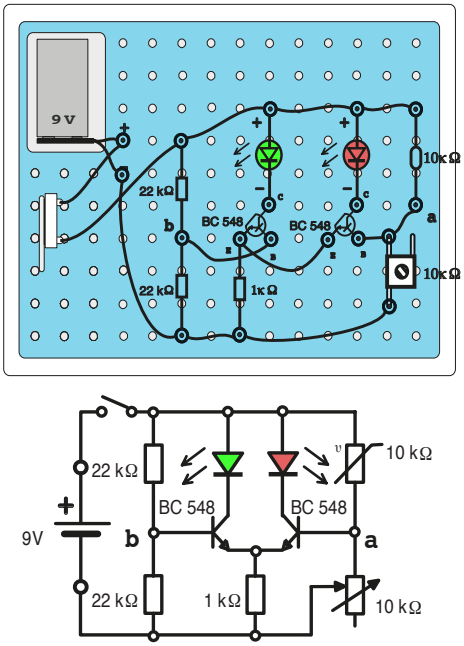


67. AVERSTISSEUR DES CHANGEMENTS DE TEMPERATURE

Quelquefois nous voulons savoir si la température a changé par rapport à celle programmée et si oui, dans quels sens. Pour ce faire, nous utilisons le circuit semblable à celui décrit ci-dessous.
La particularité de ce circuit est la manière dont on relie les transistors. Ce courant, venant des émetteurs, passe dans une résistance commune de 1 kΩ. Cette résistance détermine le total du courant qui traversera ces deux transistors. Bien entendu, il y'aura plus de courant dans le transistor avec plus basse résistance. Comme le courant peut passer ou dans le transistor gauche ou le transistor droit, mais également dans les deux, ce circuit est appelé circuit balance.
Le circuit réagit fortement aux variations de la tension entre les points a et b. Si ces deux tensions sont égales, le circuit est balancé, et les diodes s'allument de la même intensité. Cette situation ressemble à celle de la balançoire; chaque partie fait des mouvement ascendants et descendants, mais si les enfants font des efforts, ils peuvent l'équilibrer: la balançoire sera équilibrée.
Si un courant égal passe dans les deux bases, le circuit balancé et les deux transistors ont la même résistance. Pour cette raison, les deux diodes s'allument d'intensité égale.
Si la thermistance s'échauffe, sa résistance diminue. La tension au point a sera légèrement plus haute qu'au point b. Le transistor droit est plus ouvert que celui à gauche et l'intensité de la diode droite (verte) est plus grande que celle de la diode gauche (rouge). Lorsque la thermistance se refroidit, la tension au point a baissé. Maintenant, la tension au point b est supérieure à celle du point a. Le transistor droit est actuellement plus ouvert, et la diode verte s'allume plus fort qu'avant, et celle rouge moins fort.
En utilisant le potentiomètre dans ce circuit comme résistance réglable, nous pouvons ajuster la température (ou la résistance de thermistance), à laquelle le circuit sera balancé. A ce moment, toutes les deux diodes s'allument de la même intensité. Si la température baisse, la diode verte s'allume plus fort et celle rouge moins fort. Quand la température monte, le rôle des diodes sera inverse.
Un seul regard sur les diodes suffira pour voir si la température à proximité de la thermistance est plus haute, plus basse ou égale à celle programmée.

Accessoires: pile 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 47, 51, 57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 67

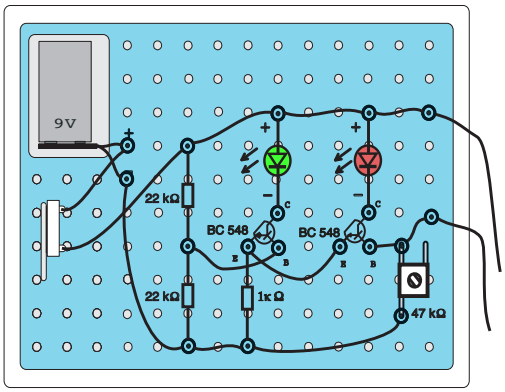


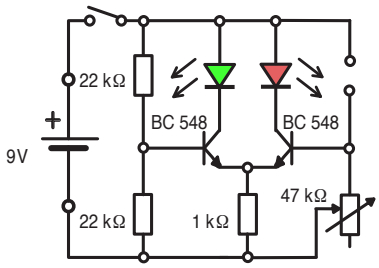
68. AVERTISSEUR DU NIVEAU EXACT D'UN LIQUIDE DANS LE RESERVOIR

Le circuit est construit à partir d'un circuit balancé de deux transistors décrits dans l'expérience précédente. Dans notre cas le signal sera, bien entendu, adapté aux liquides. Il peut être construit au moyen des deux longs fils parallèles, non isolés. Quand le niveau du liquide monte, la résistance entre les fils, fixés verticalement sur le mur du réservoir, change. Comme la résistance des liquides varie, la résistance réglable et son assemblage doivent être faits correctement. Dans le cas indiqué dans le schéma 68, nous avons utilisé la résistance réglable de 47 kΩ.

Accessoires: pile 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 52, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 68





69. INVERSEUR LOGIQUE (NOT)

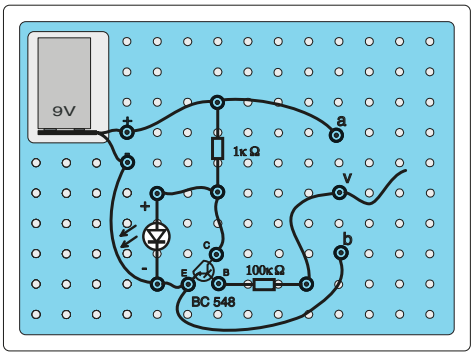
Vous vous êtes probablement déjà posé la question comment fonctionnent les ordinateurs. Si vous voulez y croire ou non, mais un ordinateur le plus compliqué est assemblé d'une multitude de circuits très simples.
Les ordinateurs ne peuvent pas faire le calcul et opérer avec les chiffres de la même manière que nous. Les circuits ne peuvent pas utiliser les tables de multiplication comme nous. Dans les ordinateurs, tous les ordres et données sont inscrites en tant que signes ne contenant que des zéros et des uns. Nous pouvons imaginer ces zéros et uns comme indiquant: "pas de tension" et "tension". Nous n'entrerons pas en détail ici pour décrire les données et les ordres. Nous allons faire la connaissance des circuits de base qui existent dans chaque ordinateur ou chaque circuit intégré d'un ordinateur.
On peut observer les signaux logiques de la même manière qu'une diode qui s'allume ou ne s'allume pas. Nous dirons que la donnée d'entrée désigne la valeur d'"un logique" lorsque la prise d'entrée est raccordée au pôle positif de la batterie, et qu'on a "zéro logique" lorsque la prise d'entrée est raccordée au pôle négatif de la batterie. A la sortie du circuit on a "un logique" quand la diode s'allume, et "zéro logique" lorsque la diode ne s'allume pas.
Le fonctionnement de n'importe quel circuit digital peut être décrit au moyen d'un tableau illustrant les états logiques à l'entrée (ou les entrées, s'il y'en a plusieurs) et à la sortie (ou sorties, s'il y'en a plusieurs). Ce tableau s'appelle tableau de vérité.
Dans nos circuits, nous nous limiterons à ceux avec deux entrées au maximum. Dans tous nos circuits nous avons indiqué les entrées, les circuits eux-mêmes et les sorties. Comme certains circuits ont deux entrées, et nous n'avons qu'un interrupteur dans notre boîte d'expériences, nous pouvons nous aider en prenant un fil relié à la bride d'entrée de ressort, avec lequel nous touchons d'abord le pôle positif de la batterie (1 logique) et ensuite nous touchons le pôle négatif de la batterie (0 logique).
Le circuit le plus simple est un inverseur. C'est un circuit qui renverse le sens du signal d'entrée. Si nous avons 1 logique à l'entrée, nous aurons 0 à la sortie et inversement. Le tableau de vérité sera donc comme suit:

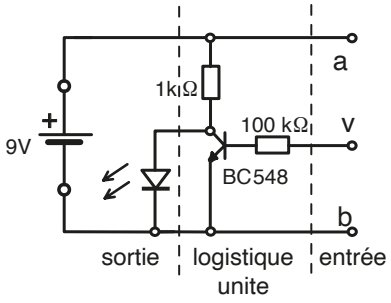
ENTREE	SORTIE
0	1
1	0

Le circuit, utilisé comme inverseur est en effet un interrupteur de transistor, qui nous permet de voir si le transistor est ouvert ou non. Si la bride d'entrée est raccordée au pôle négatif de la batterie, le transistor est fermé et la résistance est grande. La courant venant du pôle positif de la batterie passera par la résistance de 1 kΩ, et ensuite à travers la diode lumineuse. La diode s'allume.

Accessoires: pile 9V, 13x7, 38, 42, 57, 61, 63, 4x68, 5x69

Fig. 69





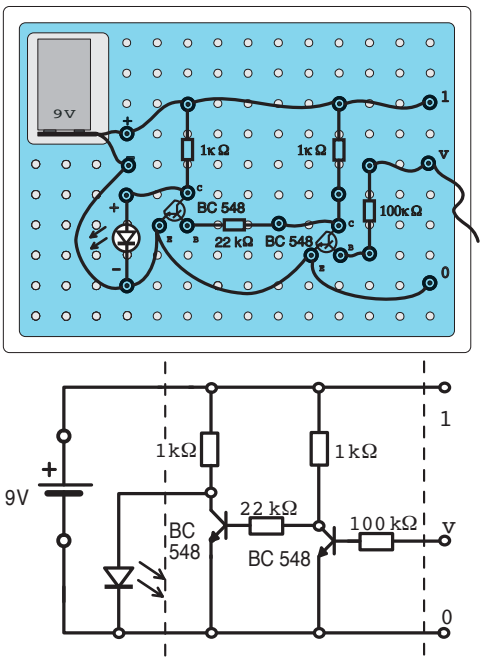
70. DEUX INVERSUERS RELIES EN SERIE

On peut intégrer les sorties et les entrées des circuits logiques pour former de nouveaux circuits. De cette manière, nous pouvons utiliser les circuits logiques simples pour créer les circuits opérant des fonctions très complexes, entre leurs états d'entrée et de sortie.
Ici nous avons un exemple très simple: deux inverseurs reliés en série. Nous pouvons facilement deviner quel sera le tableau de vérité; si le premier inverseur a renversé le sens du signal logique, le deuxième le renversera encore une fois. Le tableau de vérité sera le suivant:

ENTREE	SORTIE
0	0
1	1

Accessoires: pile 9V, 19x7, 38, 2x42, 2x57, 60, 61, 63, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 70



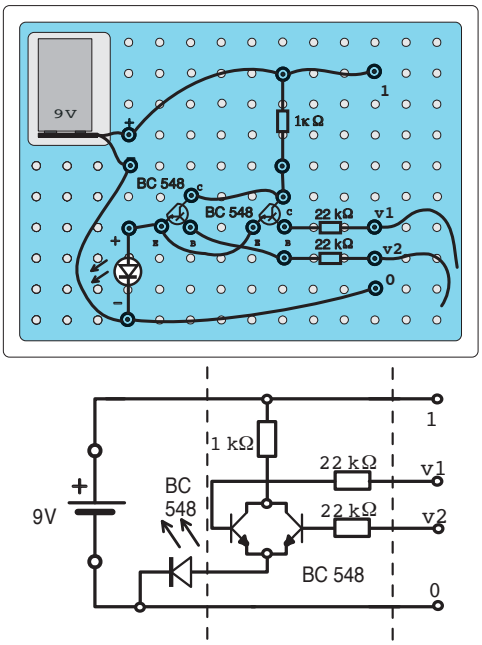
71. "OU" LOGIQUE (OR)

Dans ce circuit, la diode s'allume quand on a l'état logique 1 se sur n'importe quelle des prises d'entrée.
Dans ce circuit sont raccordés les émetteurs et les collecteurs des deux transistors. Quand l'un des deux est ouvert, le courant passe par la résistance de 1 kΩ, le transistor et ensuite à travers la diode lumineuse. Le transistor s'ouvre quand vous touchez du fil le pôle positif de la batterie.

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Accessoires: pile 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69, 2x70

Fig. 71



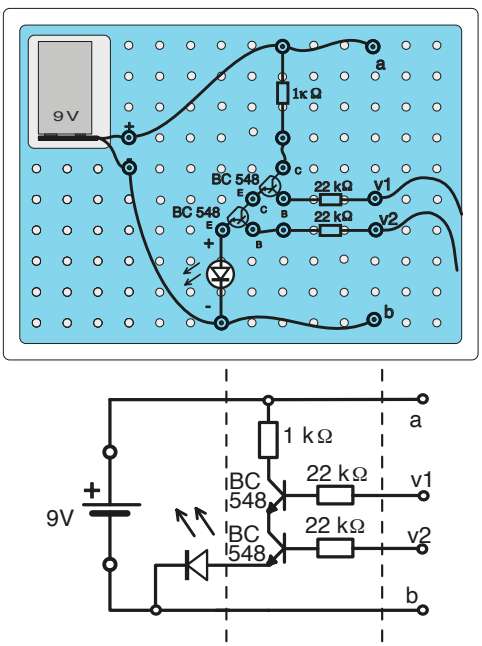
72. "ET" LOGIQUE (AND)

Dans ce circuit, nous avons deux transistors connectés en série. Le courant passe par la diode uniquement si les deux transistors sont ouverts. Cela signifie que les deux entrées doivent être reliées à la borne positive de la batterie, ce qui veut dire que leur état logique doit être 1. Le tableau de vérité sera le suivant:

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Accessoires: pile 9V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69

Fig. 72



73. "OU NIE" LOGIQUE (NOT OR ou NOR)

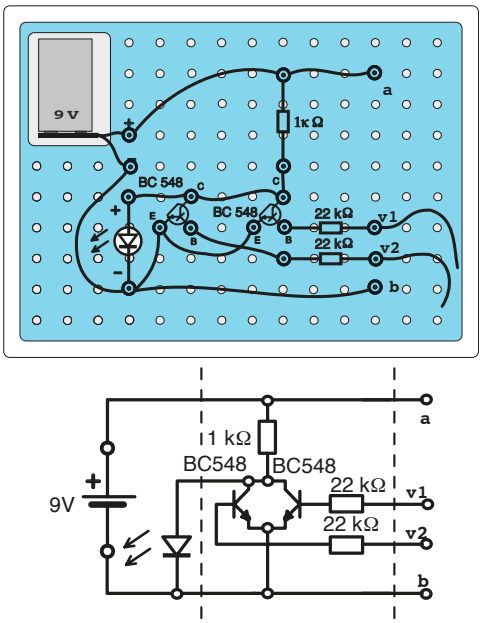
Dans ce circuit, nous avons encore une fois deux interrupteurs de transistor reliés en parallèle. La diode indique que les deux transistors sont fermés ou que les deux interrupteurs de transistor sont ouverts. Dans ce cas, les transistors auront une résistance très haute et le courant passera aisément par les diodes, qui s'allumeront. Le tableau de vérité est donné ci-après:

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Regardez le tableau de vérité du circuit OR. Dans le circuit NOR, le signal de sortie est contraire à celui de OR.

Accessoires: pile 9V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 73



74. "ET NIE" LOGIQUE (NAND)

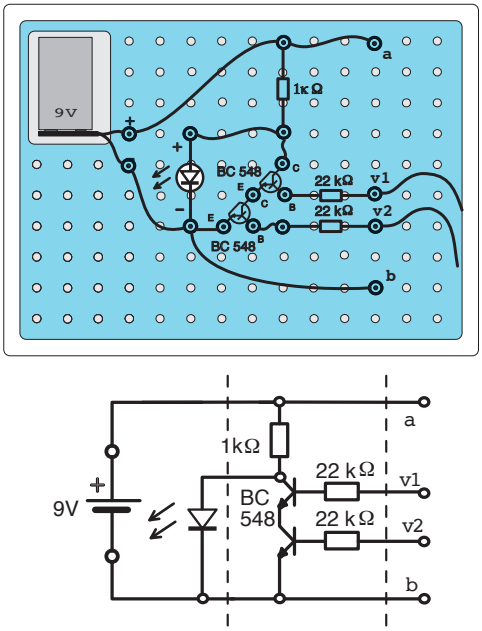
Essayez de vous rappeler le tableau de vérité pour le circuit AND. Vous savez que le tableau de vérité de ce circuit affiche les états de sortie opposés.

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Dans ce circuit nous pouvons observer les deux interrupteurs de transistor reliés simultanément. Si vous touchez des fils venant des deux entrées, le pôle positif de la batterie, le courant passera dans les bases des deux transistors et les transistors s'ouvriront. La diode reliée en parallèle a une faible résistance et ne s'allume pas. Si un des transistors ou tous les deux sont fermés, la résistance est trop forte et le courant ne peut pas les parcourir. La tension dans la diode sera insuffisante pour qu'elle s'allume.

Accessoires: pile 9V, 16x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 74



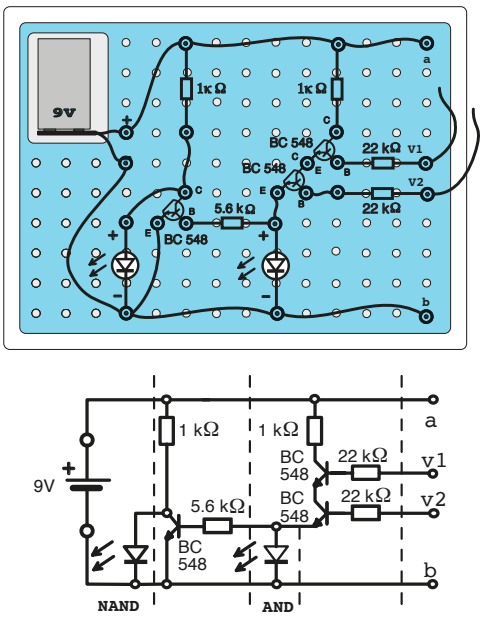
75. NAND LOGIQUE CONSTRUIT A PARTIR DE AND ET NOT

Nous avons déjà dit qu'on pouvait toujours utiliser l'inverseur pour renverser le sens du signal. Cela nous permet d'obtenir le même résultat avec le circuit NAND qu'avec le circuit AND muni d'un inverseur.
Si nous avons besoin seulement de la fonction NAND, nous utiliserons le circuit déjà décrit parce qu'il nécessite moins d'éléments que celui-ci. Si, pour une raison quelconque, nous avons besoin des fonctions AND et NAND simultanément, nous ne devons pas assembler les deux circuits, il suffira de raccorder le circuit AND à l'inverseur. Ce circuit sera un peu plus simple. Pour construire les circuits complexes, les constructeurs tiennent bien compte de ces "détails" pour diminuer les coûts et réduire leurs dimensions.
Supposons que nous ayons besoin des fonctions AND et NAND. Nous obtenons le tableau de vérité suivant:

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE AND	SORTIE NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

Accessoires: pile 9V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 75



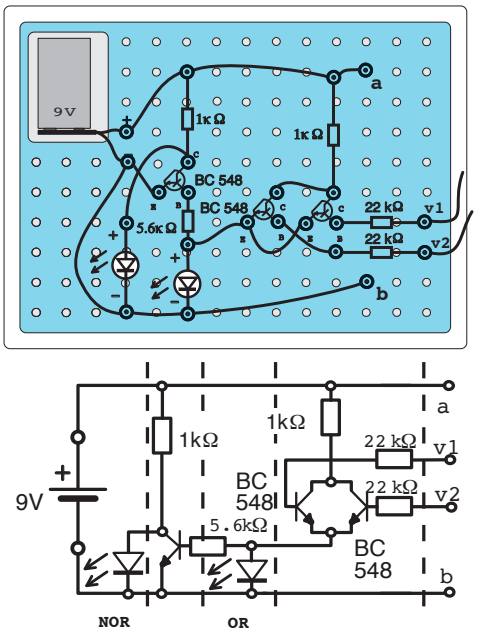
76. "NOR" LOGIQUE CONSTRUIT A PARTIR DE "OR" ET "NOT"

Juste comme nous avons fait le circuit logique NAND au moyen des circuits AND et NOT, nous pouvons construire le circuit logique NOR à partir des circuits OR et NOT. Nous avons ici deux sorties: OR et NOR. Le tableau de vérité est le suivant:

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE AND	SORTIE NAND
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Accessoires: pile 9V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 76



77. UN EXEMPLE D'INTEGRATION DES FONCTIONS LOGIQUES

Supposons que nous ayons assemblé le circuit ci-dessous. Le circuit est construit de manière que dans le circuit logique OR le sens d'un signal d'entrée soit renversé. Quel sera le tableau de vérité de l'ensemble du circuit?
Le tableau de vérité du circuit OR est déjà connu. Elargissons-le dans la mesure où cela nous permettra de déterminer le signal de sortie de l'inverseur par rapport à l'entrée 1 OR. Ensuite nous pourrons établir le tableau de vérité du signal à la sortie de l'inverseur et le signal à l'entrée 2 par rapport au tableau de vérité du circuit OR. Nous obtiendrons le tableau de vérité suivant:

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE INVERSEUR	SORTIE CIRCUIT
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1

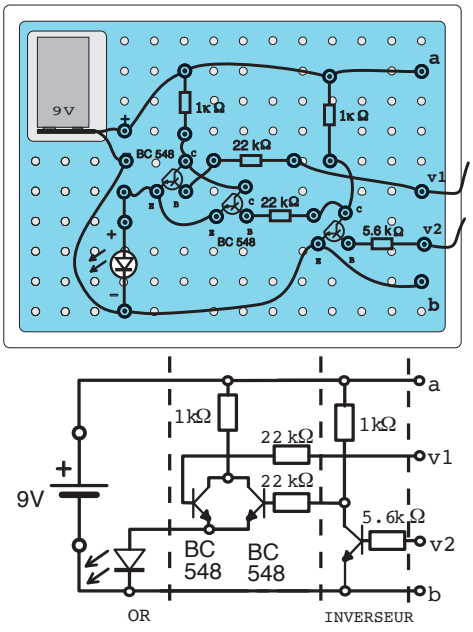
Le tableau de vérité pour l'ensemble de circuit sera le suivant:

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Le circuit ci-décrit est très simple. Imaginez que pour les circuits plus complexes il faut aussi des circuits logiques plus compliqués.

Accessoires: pile 9V, 25x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 77



78. CIRCUIT LOGIQUIE BISTABLE

Souvenez-vous encore des deux inverseurs reliés en série? Le signal à la sortie du circuit était identique à celui d'entrée. Si c'est le cas, nous pourrions relier l'entrée et la sortie du circuit. Cela permettra de maintenir l'état de signaux stable.

Insérons deux diodes lumineuses dans le circuit et relions-le aux deux résistances de 1 kΩ chacune, entre le pôle positif de la batterie et les collecteurs de transistor. Si nous recomposons le schéma en sorte que les bases de transistor soient tournées l'une vers l'autre, nous obtenons le schéma de circuit ci-dessous. Nous voyons que dans le schéma la base d'un transistor est raccordée, par une résistance, au collecteur de l'autre. Qu'est-ce qui se passe quand nous raccordons le circuit à la tension de la batterie? Même si de l'aspect, la partie gauche soit égale à celle de droite, elle ne l'est pas. Les transistors sont de même type, mais ils ne sont pas identiques. Cela vaut aussi pour les résistances supposées avoir la même résistance. Les résistances qui ont une même valeur déclarée, ne sont jamais tout-à-fait les mêmes. Pour cette raison, nous ne pouvons jamais être sûrs quel transistor sera ouvert et lequel fermé.

Marquons le transistor gauche par T1 et le droit par T2, où T1 est ouvert quand le circuit est relié à la batterie. Pour cette raison, le transistor aura une très faible résistance. Le collecteur de transistor est la sortie de diviseur de tension, constitué de transistor T1 et la résistance entre son collecteur et la borne positive de la batterie. La résistance de la diode dans notre cas est négligeable. Comme la résistance de transistor T1 est très faible, la résistance à la sortie de diviseur sera aussi très faible. Cette faible résistance ne permettra pas au courant de passer dans la base de transistor T2, qui est donc fermé et fournit, de ce fait, une grande résistance.

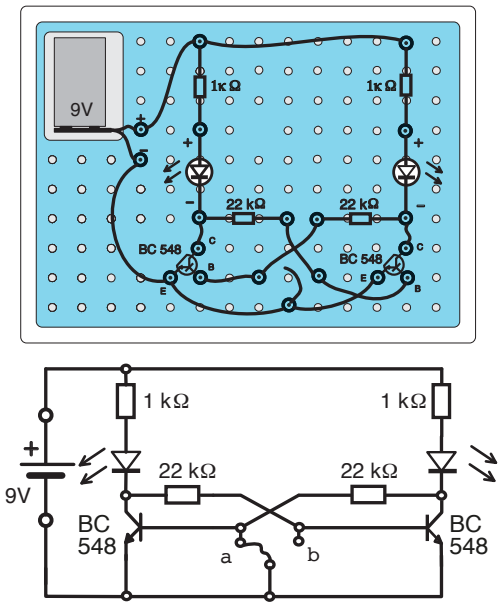
Dans la partie droite du circuit, le transistor T2 et la résistance (de même que la diode lumineuse, que nous pouvons négliger dans cette expérience), entre son collecteur et la borne positive de la batterie constituent le diviseur de tension, dont la sortie est au collecteur du T2. Comme le transistor T2 est fermé et fournit une grande résistance, il se crée une grande tension entre l'émetteur et le collecteur. Le courant passera dans la base de transistor T1 et le maintiendra ouvert. En bref, nous avons un circuit clos, dans lequel le transistor T1, qui est ouvert, tient l'autre T2 fermé et, bien entendu, le T2 qui est fermé permet à T1 de rester ouvert. L'état de ce circuit est stable et si nous voulons le changer, nous pouvons le faire seulement par une impulsion extérieure. Si nous raccordons, pour un court moment, la base de transistor, qui est ouvert, à l'émetteur, le courant ne passera plus dans la base et le transistor sera fermé en ce moment. La tension dans son collecteur monte, le courant passe dans la base de l'autre transistor, qui reste donc ouvert, dû à la situation décrite. Si nous voulons renverser l'état dans le circuit, nous devons raccorder pour un bref moment la base de transistor au pôle négatif de la batterie.

Assemblons le circuit décrit ci-dessous. Quand vous reliez le circuit à la batterie, une des diodes s'allume et l'autre non. Au moyen d'un fil, relié à la borne négative de la batterie, touchons alternativement les brides a et b. Dans une position, la diode gauche s'allume et dans l'autre, la diode droite. Quand vous touchez du fil la base de transistor, qui est actuellement ouvert (la diode, reliée à son collecteur, s'allume), sa diode s'éteint et la diode près de l'autre transistor commence à s'allumer.
Nous avons changé l'état dans le circuit par une impulsion extérieure. En intervenant de l'extérieur, nous avons déclenché le processus de changement d'état de circuit, que nous appelons "triggering" (déclenchement). Dans notre cas, le déclenchement s'est fait au moment où la base de transistor ouvert a été reliée à la borne négative. Les circuits qui ont une structure similaire à celle que nous avons décrite, s'appellent multivibreurs. Le circuit décrit possède deux états différents, mais équivalents l'un par rapport à l'autre. Pour cette raison, on l'appelle circuit "bistable". Ce circuit est un multivibreur bistable.

Un multivibreur bistable peut être très bien utilisé pour contrôler les appareils avec deux interrupteurs, ou un interrupteur sert pour mettre l'appareil en marche, et l'autre pour arrêter sa marche. Vous avez probablement rencontré ces appareils. Dans le cas qui nous intéresse, nous pourrions simplement insérer deux boutons entre la bride a et le pôle négatif de la batterie, de même qu'entre le pôle négatif et la bride b. La résistance de 1 kΩ et la diode lumineuse peuvent être remplacées par un relais qui mettra l'appareil en marche.

Accessoires: pile 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 78

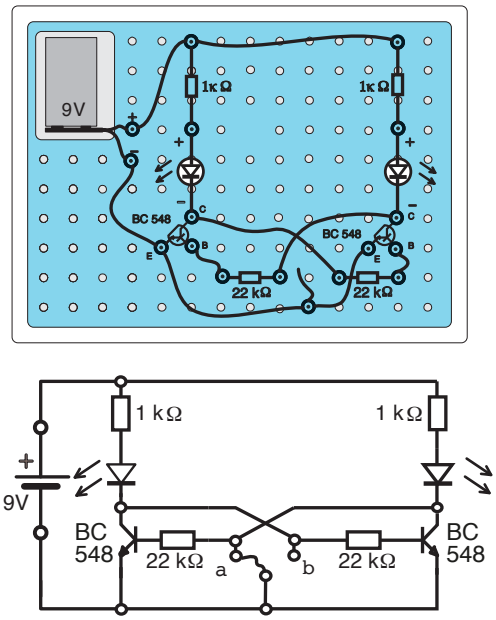


79. UN AUTRE MODE DE DECLENCHER LE MULTIVIBREUR BISTABLE

Il existe encore un mode de déclencher le changement d'état d'un multivibreur bistable. Dans ce cas, le circuit est très semblable au précédent.
La seule différence consiste en le mécanisme de déclenchement du changement. Le déclic se fait au moment où, par une impulsion extérieure, nous fermons le transistor qui était ouvert, où nous ouvrons le transistor qui était fermé. Touchez le transistor fermé avec un fil, sa diode ne s'allume pas. Cela provoque un court-circuit. Le courant ne passe plus dans la base de l'autre transistor et celui-ci se ferme, inversant l'état du circuit.

Accessoires: pile 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 79

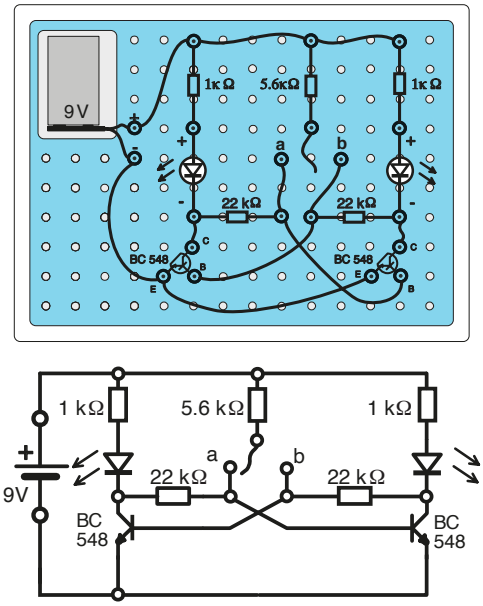


80. DECLENCHEMENT DU MULTIVIBREUR BISTABLE PAR LE COURANT PASSANT DANS LA BASE

Nous pouvons changer l'état de circuit en envoyant du courant venant de la borne positive de la batterie à travers la résistance, dans la base de transistor qui est actuellement fermé. Sous cette action, le transistor s'ouvre et l'état de circuit est renversé.
Ici nous avons décrit trois modes différents de changement d'états dans le circuit. Tous ces modes sont également efficaces. Lequel parmi eux sera appliqué dépend de la manière dont nous voulons utiliser le circuit.

Accessoires: pile 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 80

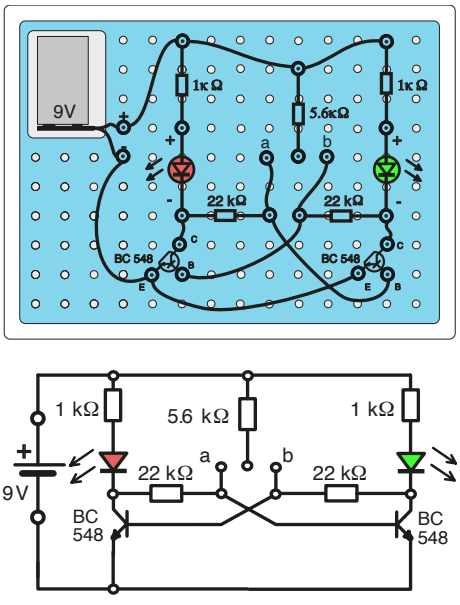


81. MULTIVIBREUR BISTABLE ET LES TOUCHES DE DETECTEUR DE SIGNAL

Dans cette expérience, nous pouvons basculer le multivibreur bistable, en conduisant du courant dans la base de transistor directement de la borne positive de la batterie. Nous pouvons le faire aussi au moyen des touches de détecteur de signal. N'oubliez pas que la peau du doigt possède une certaine résistance. Placez deux brides de ressort connectée au pôle positif de la batterie entre les brides de ressort a et b. Si vous touchez du doigt les brides du ressort a ou b et les brides insérées, l'état de multivibreur change. Les diodes rouge et verte pourraient facilement représenter les positions "marche" et "arrêt".
Entre le pôle positif de la batterie et la bride de détecteur de signal moyenne nous avons inséré une résistance. Elle est là pour empêcher le courant trop fort de passer dans la base de transistor, ce qui pourrait endommager ce dernier.
Si le circuit ne change pas son état malgré le fait que nous touchions les touches de détecteur de signal, essayons de toucher celui-ci de notre doigt légèrement mouillé.

Accessoires: pile 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 81

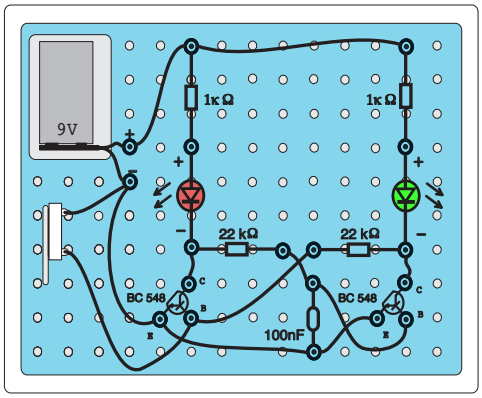


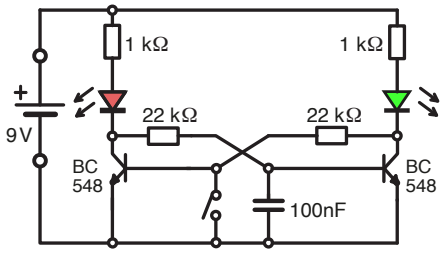
82. CIRCUIT A MEMOIRE

Les multivibreurs bistables dans les ordinateurs peuvent être utilisés comme circuits à mémoire. L'état de circuit est très simple et ne change pas tant qu'un mouvement extérieur n'aura pas provoqué le changement. Si le circuit à mémoire était construit comme multivibreur bistable décrit ci-dessus, nous risquions d'avoir quelques problèmes. Dans un multivibreur bistable nous ignorons en quel état il était quand il était raccordé à la tension. Cela veut dire que dans la mémoire de l'ordinateur il y'a quelque chose dont on ne saurait jamais exactement dire ce que c'est.
Si le condensateur est déchargé, le courant le parcourt, et il commence à se charger lentement. Le condensateur déchargé est sans tension. La tension à ses prises commence à monter au moment où il se charge. Le condensateur serait certainement déchargé s'il n'était pas relié à la tension.
Dans le multivibreur bistable plaçons le condensateur entre la base et l'émetteur de transistor. Quand nous raccordons le circuit à la batterie, le condensateur déchargé assure que le courant qui se serait certainement dirigé dans la base de transistor, passe dans le condensateur. Même si le circuit était prédisposé à garder le transistor ouvert, le condensateur ne l'aurait pas permis.
En conséquence, le deuxième transistor est donc ouvert. Pour cette raison, quand vous reliez le multivibreur à la batterie la diode rouge s'allume toujours. Appuyez sur le bouton. La base de transistor gauche est brièvement reliée au pôle négatif et le transistor gauche est fermé. La diode lumineuse rouge s'éteint, et la diode verte commence à allumer. Cet état reste stable tant qu'on n'aura pas débranché la batterie. Si on veut modifier l'état pendant que le circuit est relié, il faut déclencher le multivibreur, ce qui fermera le transistor droit. Vous pouvez le faire si vous court-circuitez le condensateur pour le moment.

Accessoires: pile 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 65, 4x68, 6x69

Fig. 82



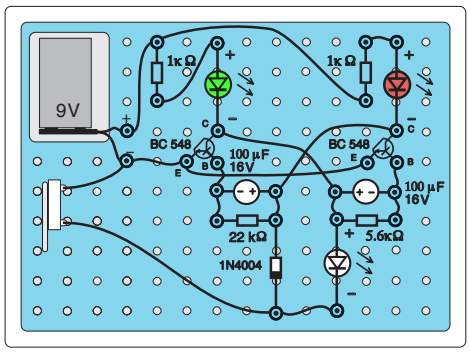


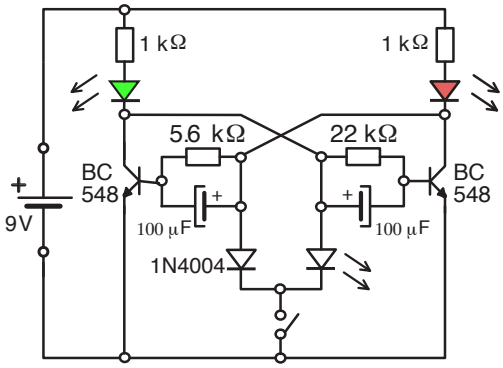
83. MULTIVIBREUR BISTABLE COMME DIVISEUR BINAIRE

N'oubliez pas que pouvez changer l'état de multivibreur bistable si vous court-circuitez pour l'instant le collecteur ouvert avec la borne négative. La tension de collecteur de transistor ouvert est beaucoup plus faible que celle de collecteur de transistor fermé. Cela pourrait provoquer qu'un courant plus fort commence à parcourir le collecteur de transistor fermé, passant vers le pôle négatif, à travers un fil inséré en parallèle.
Pour alterner l'état de multivibreur bistable, nous ne devons pas court-circuiter les deux transistors simultanément, sinon cela nous ramènerait à l'état semblable à celui où le circuit était relié à la batterie. Nous savons que la diode, reliée de manière à ce que le courant puisse la traverser, fournit de la petite résistance. La particularité du fonctionnement de la diode fait que, lorsque la résistance est zéro, la tension est d'environ 0,6 V. Nous savons de même que la résistance de transistor ouvert est très faible. Entre le collecteur et l'émetteur de transistor la tension est encore plus faible, et ne dépasse quelques dixièmes de volt. Si dans le transistor ouvert, nous relions une diode entre le collecteur et l'émetteur, l'état de circuit n'en sera pas alterne, parce que le courant continue de passer dans le transistor ouvert, dont la résistance est plus faible.
Revenons maintenant à notre circuit. Deux diodes, reliées au moyen des cathodes, sont raccordées aux collecteurs des deux transistors.
Une de ces diodes est lumineuse. Appuyez plusieurs fois sur l'interrupteur. L'état de multivibreur alterne chaque fois que vous appuyez sur l'interrupteur. Quand le bouton de l'interrupteur est enfoncé, le courant passe du collecteur de transistor à travers la diode dans la borne négative de la batterie. Le courant passe seulement par la diode reliée au collecteur de transistor fermé. Quand le transistor est ouvert, la tension entre le collecteur et l'émetteur est plus faible que la tension nécessaire pour permettre au courant de traverser la diode ou la diode lumineuse. Pour cette raison, la pression sur l'interrupteur affecte toujours le circuit de manière que le transistor qui était ouvert se ferme et vice-versa.
Quand on appuie sur l'interrupteur, on peut voir que c'est d'abord la diode droite qui s'allume et ensuite celle qui est à gauche.
La même diode s'allume à chaque deuxième pression sur l'interrupteur. Si on comptait le nombre de fois qu'une des diodes s'était allumée, on obtiendrait un numéro deux fois inférieur au nombre de pression sur l'interrupteur. Ce circuit peut donc nous permettre de diviser par deux. Le signal de sortie de ce circuit pourrait être utilisé pour contrôler l'entrée de circuit suivant, et nous obtiendrons un circuit permettant de diviser par 4. En reliant ces circuits en file, nous pourrions obtenir un circuit pour diviser par 2, 4, 8, 16, 32, etc.
Le circuit pour diviser par 2 est élément de base de tous les circuits de division. Utilisant les circuits de division par 2 et les circuits logiques, nous pourrions assembler ou circuit permettant de diviser par quel que nombre que ce soit.
Deux condensateurs électrolytiques sont reliés aux bases de transistors en parallèle par rapport aux résistances. Les condensateurs assurent que l'état alterne même à la moindre pression sur l'interrupteur.
Quand l'interrupteur est appuyé, la diode rouge s'allume pour le moment. Cela pourrait signaler que l'état de circuit change. Nous pouvons également utiliser une diode normale, mais notre boîte d'expériences contient deux diodes normales et trois diodes lumineuses.

Accessoires: pile 9V, 27x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 46, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 83



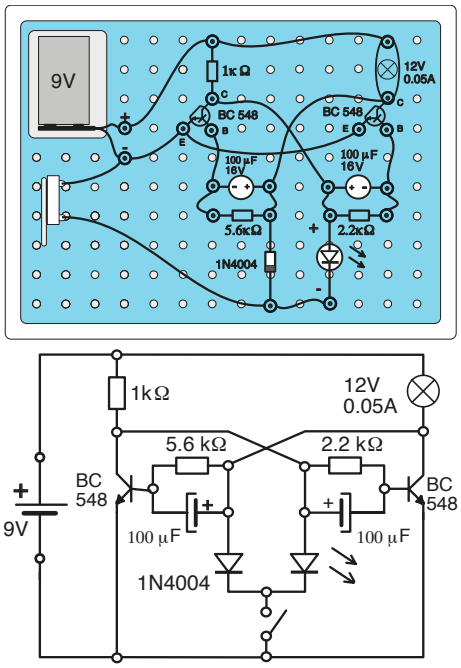


84. ALLUMAGE ET EXTINCTION DE LA LUMIERE PAR UNE TOUCHE

Le circuit de division par 2 peut être aussi utilisé à des fins qui n'ont rien à voir avec les ordinateurs. Un bon exemple en est un circuit au moyen duquel nous pouvons brancher et débrancher un appareil, juste en appuyant sur un bouton.
Dans notre exemple, nous montrons comment l'ampoule petit s'allumer et éteindre par une pression sur le bouton. La diode lumineuse signale que le bouton de contrôle est enfoncé.
A la place de l'ampoule, nous pouvons raccorder au circuit un relais, qui ensuite ferait brancher ou débrancher un appareil plus fort, comme p.e. moteur du ventilateur, ou une multitude d'ampoules sur un stade...

Accessoires: pile 9V, 20x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 43, 46, 57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 84

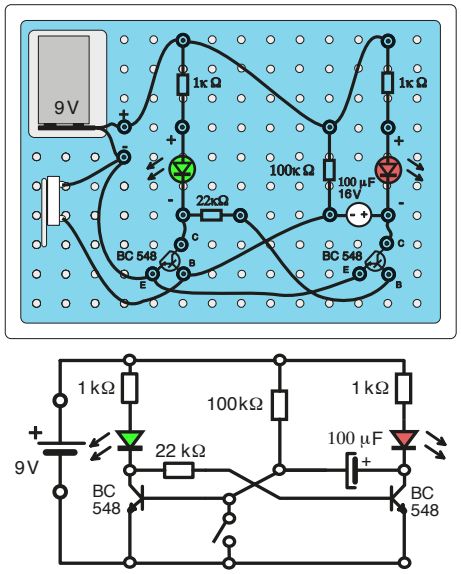


85. MULTIVIBREUR MONOSTABLE

Le multivibreur monostable est un circuit avec uniquement un état stable. Si l'état change sous l'effet d'une impulsion extérieure, le circuit revient en état stable après un certain temps.
Quand vous reliez le circuit à la tension, la diode verte s'allume. Le transistor droit fournit une grande résistance et entre le collecteur et l'émetteur s'établit une grande résistance.
Comme la tension dans la base de transistor gauche est petite, le condensateur électrolytique est chargé.
Appuyez pour le moment sur la touche. La base de transistor gauche sera brièvement connectée à l'émetteur, le courant ne passe plus dans la base, et le transistor se fermé. Cela provoque une augmentation de tension dans le collecteur de ce transistor, et le courant peut se déplacer dans la base de transistor droit. L'état de multivibreur change. Le transistor droit fournit actuellement une très faible résistance et la prise positive de collecteur est reliée par celui-ci au pôle négatif de la batterie. Maintenant le courant passe depuis la borne positive de la batterie dans le condensateur à travers la résistance de 100 kΩ et commence à le charger. Pour cette raison, la tension à la bride négative de condensateur monte jusqu'à atteindre le niveau suffisant pour permettre au courant de passer dans la base de transistor gauche. Le transistor gauche s'ouvre et l'état de multivibreur se remet en état initial.
Le multivibreur monostable peut donc être utilisé pour brancher (si vous utilisez le transistor droit) ou débrancher (si vous utilisez le transistor gauche) brièvement. C'est vrai que nous avons déjà assemblé des circuits pouvant assurer la même chose mais d'une manière plus simple. L'avantage de ces circuits avec multivibreur monostable par rapport à ceux qui pour leur fonctionnement utilisent les chargements et les déchargements du condensateur, consiste dans le fait qu'ici la tension à la sortie change brusquement. La diode lumineuse s'allume juste pour le moment et s'éteint ensuite. Dans les circuits décrits préalablement, la tension changeait lentement. Su vous vous rappelez encore ces circuits, la diode luminescente s'allumait ou s'éteignait lentement.

Accessoires: pile 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 85

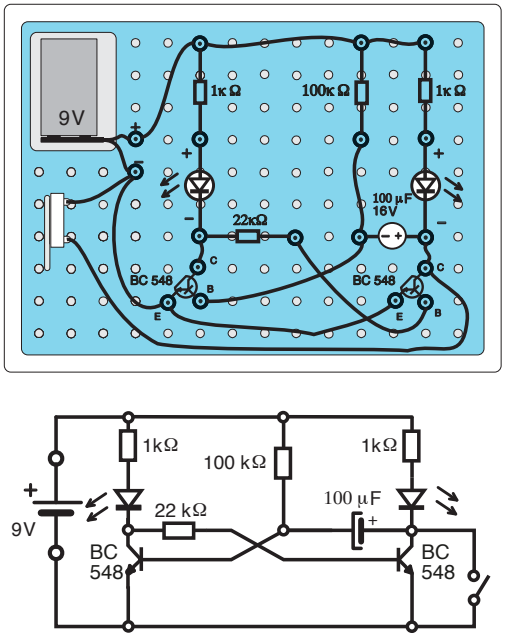


86. DECLENCHEMENT DU MULTIVIBREUR MONOSTABLE AU MOYEN DU COLLECTEUR

De la même manière que pour les multivibreurs stables, il y'a plusieurs possibilités de déclencher un multivibreur monostable. Dans le cas qui nous occupe ici, le déclenchement est fait dans le collecteur de transistor droit. A l'état normal, le transistor est fermé. Pour cette raison, son collecteur fournit une grande tension.
Comme la tension de la base de transistor ne peut pas être supérieure à 0,6 V, le condensateur électrolytique se charge.
Quand vous appuyez sur la touche, le collecteur de transistor droit se relie brièvement au pôle négatif. L'électrode positive du condensateur électrolytique est reliée au pôle négatif. Comme le condensateur est chargé, la prise de condensateur est actuellement sur le pôle négatif et le transistor gauche se ferme instantanément. Maintenant le courant commence à parcourir le condensateur à travers la résistance de 100 kΩ.
Lorsque la tension sur la prise de condensateur sera suffisamment haute pour permettre au courant de passer dans la base de transistor gauche, le multivibreur alterne sont état, qui reste stable cette fois.

Accessoires: pile 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 86

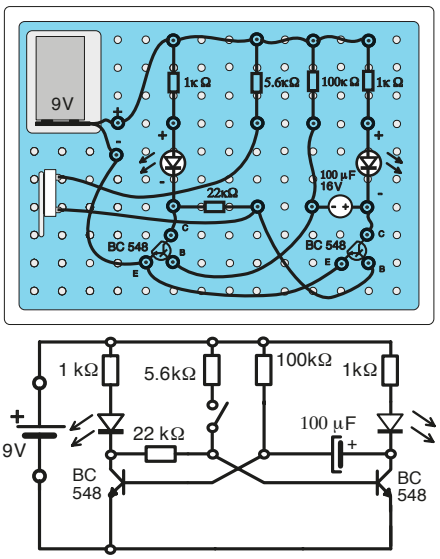


87. DECLENCHEMENT DU MULTIVIBREUR MONOSTASTABLE PAR LE COURANT PASSANT DANS LA BASE

Nous pouvons obtenir le même effet que celui que nous avons produit en connectant brièvement le collecteur de transistor droit au pôle négatif, si nous ouvrons le transistor droit. Cela peut être fait au moyen d'un courant supplémentaire passant dans la base de ce transistor. Le courant passe dans la base de transistor droit, qui est fermé, à travers la résistance de 22 kΩ. Comme dans le cas du multivibreur stable, quand il s'agit du multivibreur monostable, nous avons aussi trois modes de déclenchement du circuit. Lequel de ces trois sera appliqué dépend de l'impulsion extérieure que nous aurons choisie. Dans le multivibreur monostable les trois modes de déclenchement ne sont pas équivalents. Dans le premier cas, où nous connectons brièvement le pôle négatif et la base de transistor ouvert, le condensateur se décharge beaucoup moins que dans les deux autres cas. La tension entre la base et l'émetteur de transistor ouvert est de 0,6 V. Quand nous appuyons sur la touche, la tension aux contacts du condensateur change seulement de 0,6 V.
Dans le cas où nous faisons jouer un délice à partir du collecteur ou la base de transistor, qui est fermé en son état stable, le condensateur se décharge complètement. En conséquence, le circuit mettra plus de temps pour se remettre en son état stable.

Accessoires: pile 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 87

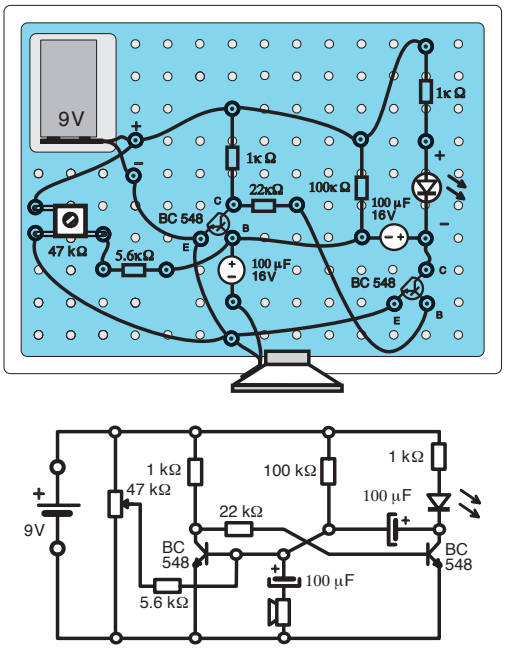


88. VOYANT SONORE

Le multivibreur monostable peut aussi être déclenché au moyen d'un élément extérieur, sans avoir à appuyer sur une touche. Dans l'exemple décrit ci-dessous, le multivibreur monostable est déclenché par un signal, venant du haut-parleur, utilisé comme microphone.
Ce circuit peut être utilisé p.e. pour déclencher un signal d'alarme ou l'allumage des lumières dans une discothèque.
Un condensateur électrolytique est relié au haut-parleur en série, empêchant le courant continu de passer dans le haut-parleur, sans pour autant présenter d'obstacle pour le déplacement de courant alternatif. Le circuit ressemble beaucoup à celui assemblé dans l'expérience précédente. Un potentiomètre est ajouté dans le circuit. Au moyen de ce potentiomètre vous pouvez régler la sensibilité du circuit. Plus proche est le curseur de la borne positive de la batterie, moins sensible est le circuit.
Quand nous aurons assemblé le circuit et l'aurons relié à la batterie, il nous restera à le régler. Si la diode lumineuse s'allume, faites tourner le potentiomètre jusqu'à ce que la diode n'arrête pas d'allumer. Ensuite faites tourner le potentiomètre jusqu'à ce que la diode ne se remette à allumer.
Attendez qu'elle s'éteigne. Si elle ne s'éteint pas, faites tourner le potentiomètre légèrement en arrière. La diode arrête d'allumer. Soufflez dans le haut-parleur ou tapotez légèrement de votre doigt sur la membrane. La diode s'allume pour quelques secondes.

Accessoires: pile 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 88

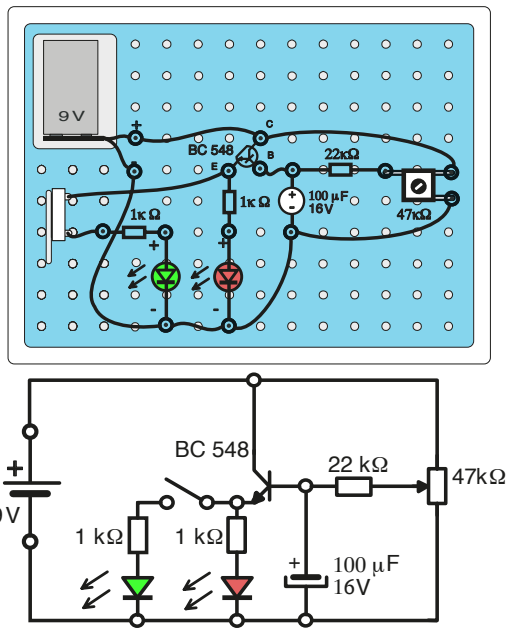


89. REGULATEUR DE LUMIERE

Nous avons déjà dit qu'on pouvait utiliser le transistor comme résistance réglable, et que sa valeur dépendrait du courant passant dans la base. Cette caractéristique peut être utilisée pour changer la tension, p.e. dans un convertisseur.
Au moyen du potentiomètre placé dans la partie inférieure du circuit, nous pouvons régler la tension entre l'émetteur et la borne négative de la batterie. La direction base - émetteur de transistor travaille comme diode, tournée depuis la base vers l'émetteur. Si le transistor est ouvert, le courant peut le parcourir. La tension sur la diode, tournée dans la direction du courant, est de 0,6 V. Dans le transistor ouvert, la tension entre la base et l'émetteur est également de 0,6 V. S'il y' a une tension entre la base de transistor et le pôle négatif de la batterie, la tension entre l'émetteur et le pôle négatif de la batterie est diminuée de 0,6 V. Si vous faites tourner le potentiomètre dans le circuit inférieur, la tension varie entre 0 V et 9 V. En même temps, la tension entre l'émetteur et la borne négative de la batterie est inférieure de 0,6 V à celle dans le curseur du potentiomètre. Le potentiomètre fournit une assez grande résistance et le courant qui y passe n'est pas fort. Le courant beaucoup plus fort peut passer dans le transistor, mais ce courant est déterminé par les éléments relies à l'émetteur et la borne négative de la batterie.
Dans notre expérience, entre l'émetteur et la borne négative de la batterie sont reliés la résistance de 1 kΩ et la diode lumineuse. Prenez un bout de fil et insérez encore une résistance et une diode lumineuse à une certaine distance de la première diode. Quand vous branchez la diode lumineuse au moyen de la touche, l'intensité de lumière dans la première diode ne varie pas. Cela veut dire que la tension entre l'émetteur et la borne négative de la batterie n'a pas varié. Comme actuellement un courant plus fort parcourt le transistor (deux diodes s'allument), et que la tension entre le collecteur et l'émetteur n'a pas varié, cela signifie que la résistance de transistor a dû baisser.
Si à la place du transistor nous avions la résistance normale, la liaison de la deuxième diode luminescente provoquerait un courant plus fort de passer dans cette résistance. Comme le courant est plus fort, la tension fournie par la résistance sera plus grande, et la tension de la diode lumineuse baissera un peu. La liaison de l'autre diode lumineuse ferait diminuer l'intensité de la première diode lumineuse. Ce circuit peut servir pour régler la tension. Un circuit, dont le collecteur est relié à la borne positive de la batterie, et qu'entre l'émetteur et le pôle négatif, il y'a d'autres éléments (p.e. ampoule), on appelle émetteur traceur. C'est un nom bien adéquat, parce que la tension dans l'émetteur suit les variations de la tension dans la base, et elle est toujours inférieure de 0,6 V de celle-ci. Un bon exemple d'application de ce circuit est régulateur d'intensité de lumière.

Accessoires: pile 9V, 15x7, 38, 40, 42, 43, 44, 52, 2x57, 60, 66, 4x68, 3x69

Fig. 89



90. INTERRUPTEUR ELECTRIQUE AVEC HYSTERESIS

Assemblons le circuit décrit ci-dessous. Faisons tourner le potentiomètre à gauche et à droite et observons dans quelle position du potentiomètre la diode lumineuse commence à s'éteindre ou à s'allumer. Nous verrons que ces positions sont différentes. Pour que la diode luminescente s'allume, la tension sur le curseur du potentiomètre doit être largement supérieure à celle à laquelle la diode s'éteint.

Comme la tension de curseur du potentiomètre, permettant à la diode de s'allumer, est beaucoup plus haute que celle à laquelle la diode s'éteint, nous pouvons marquer ces deux points sur le potentiomètre. Quand nous faisons tourner le potentiomètre dans un sens, le circuit ne travaille pas de la même manière que quand nous tournons le potentiomètre dans le sens opposé. Ce phénomène, où les changements qui se produisent dans un sens différent de ceux se produisant dans l'autre, s'appelle hystérésis ou hystérèse. Pour cette raison, nous appelons ce circuit interrupteur avec hystérésis.

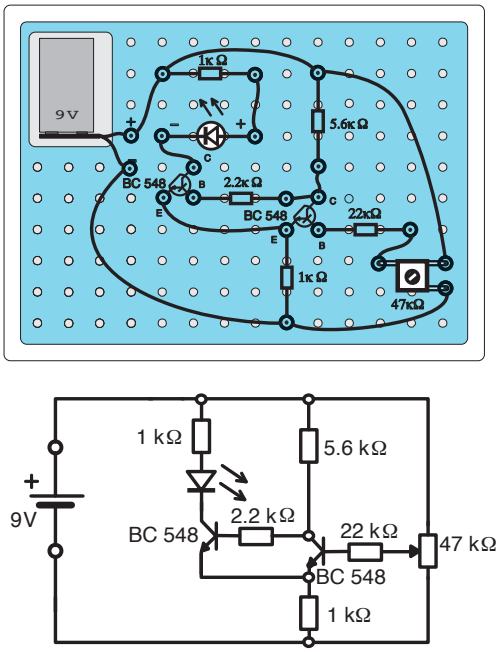
Supposons que le curseur du potentiomètre se trouve en position où il touche la bride reliée à la borne négative de la batterie. Le courant ne passe pas dans la base de transistor droit et il est fermé. La tension dans le transistor gauche est haute. Le courant le parcourt en passant à travers une résistance de 5,6 kΩ, et le transistor est ouvert. La diode luminescente s'allume.

Si vous faites tourner le potentiomètre en sorte que la tension de curseur monte, le courant passant dans la base de transistor droit commencera également à s'élever et sa résistance commence à diminuer. Le courant parcourant la base de transistor gauche sera moins fort. La courant passant dans le transistor gauche commence donc à baisser rapidement, beaucoup plus rapidement que le courant dans le transistor droit n'augmente. Ce courant passe par la résistance que se partagent les émetteurs des deux transistors. Comme le courant traversant le transistor droit augmente plus lentement et que l'autre passant par le transistor gauche baisse plus rapidement, le courant total parcourant la résistance a baissé de même que la tension. Le même effet se produirait si on connectait brièvement l'émetteur de transistor droit au pôle négatif de la batterie. Comme la tension de curseur du potentiomètre n'a pas varié le transistor droit s'ouvrira instantanément, le transistor gauche restera fermé et la diode lumineuse ne s'allumera pas. Si vous faisiez tourner l'axe du potentiomètre dans le sens opposé, tout le processus se reproduirait dans le sens opposé.

Ce circuit est dénommé par les spécialistes Schmitt trigger (trigger, en anglais déclencheur) ou limiteur de Schmitt.

Accessoires: pile 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 90



91. LUMIERE PULSANTE

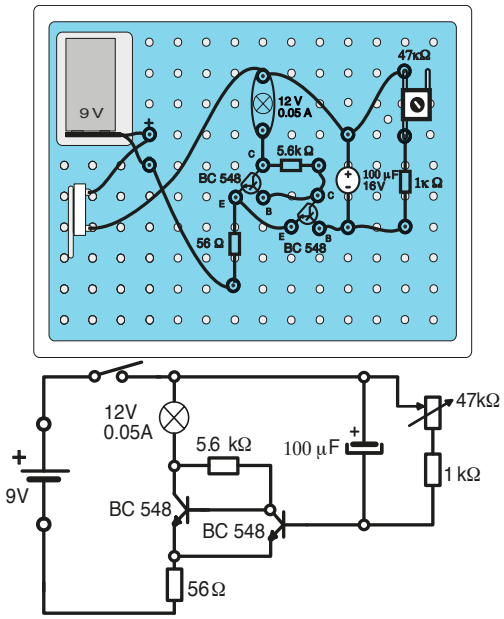
Dans ce circuit nous utilisons le mécanisme de déclenchement, Schmitt trigger. Quand un courant fort passe dans le circuit, celui-ci fournit une faible résistance et inversement.

Lorsque nous relions le circuit décrit dans le schéma, à la batterie, l'ampoule ne s'allume plus. Au début, le condensateur électrolytique est déchargé. A travers le condensateur déchargé le courant passe dans la base. En même temps, le condensateur commence à se charger et la tension augmente sur ses brides. Cela signifie que la tension entre la base et l'émetteur diminue. A un certain point, la tension dans la base sera tellement basse que le transistor se fermé. Cela déclenche le processus que nous connaissons déjà et qui a été décrit comme interrupteur de hystérésis ou limitateur de Schmitt. L'autre transistor s'ouvre et le courant commence à passer dans l'ampoule. Ce courant passe aussi dans la résistance de 56 kΩ. Cela envoie de la tension sur ses contacts. Cela veut dire aussi que la tension entre la base de premier transistor et la borne positive de la batterie diminue. Le condensateur électrolytique se décharge maintenant à travers le réducteur de 1 kΩ et la résistance réglable. Quand cette tension est suffisamment basse (c'est-à-dire lorsque la tension entre la base et l'émetteur de premier transistor est suffisamment haute), le premier transistor s'ouvre et le changement décrit est déclenché. L'ampoule s'allume.

Au moyen de la résistance variable de 47 kΩ, il est possible de régler la vitesse de déchargement du condensateur. Ceci voulant également dire que la fréquence de fonctionnement pour l'ensemble du circuit peut être réglée à l'aide de la résistance variable.

Accessoires: pile 9V, 17x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 52, 54, 57, 59, 66, 4x68, 4x69

Fig. 91



92. REGLAGE DU REFRIGERATEUR

Rappelons-nous le voyant de température décrit dans ce manuel. Un interrupteur semblable pourrait être utilisé pour régler le réfrigérateur. Le problème consiste seulement dans le fait que dans le circuit décrit, le branchement et le débranchement du moteur de réfrigérateur se produisait presque à la même température. Sous cet effet le moteur de réfrigérateur serait trop souvent branché et débranché, ce qui n'est pas bon pour le moteur.

Dans notre circuit, nous avons assemblé deux circuits: le voyant de température et l'interrupteur électrique avec hystérésis.

Faites tourner l'axe du potentiomètre en sorte que la diode verte scintille faiblement. La diode rouge est éteinte. Touchez de vos doigts la thermistance ou soufflez-y délicatement votre haleine chaude.

La diode verte s'allume de plus en plus fort et à un moment la diode rouge commencera également à allumer.

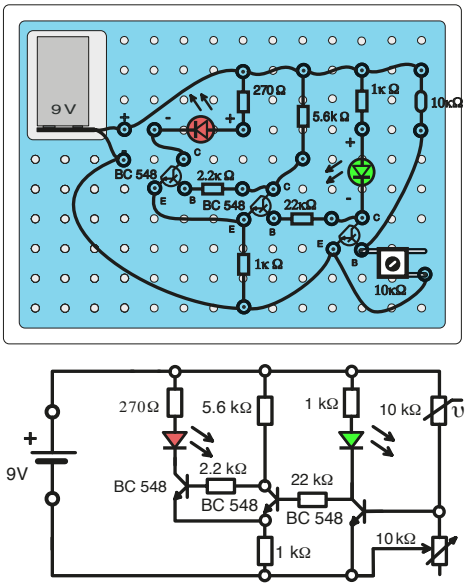
Laissons la thermistance se refroidir ou soufflons-y pour la refroidir plus vite. La lumière de la diode verte décline et la diode rouge s'éteint complétement.

Le règlement de l'axe du potentiomètre permet de contrôler la température à laquelle se produit toute cette opération. La diode verte signale par l'intensité de son illumination quand la température commence à augmenter. A la place de la diode rouge, on peut installer le relais qui mettra le moteur de réfrigérateur en marche.

Dû à la hystérésis, le moteur de réfrigérateur marche à une température un peu plus haute que celle à laquelle se produit son débranchement, ce qui est exactement ce que nous avons souhaité. Si vous écoutez chez vous le bruit du moteur de votre réfrigérateur, vous verrez qu'il marche pour un certain temps, après quoi il s'arrête. Cela fait que la température dans le réfrigérateur diminue de quelques degrés. Quand la température du réfrigérateur monte un peu, le moteur se remet en marche.

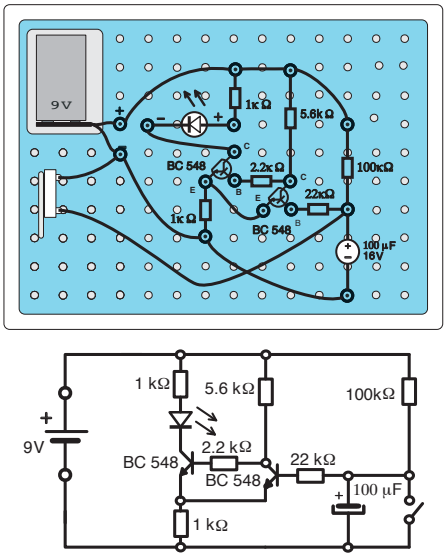
Accessoires: pile 9V, 24x7, 38, 3x42, 43, 44, 47, 51, 56, 2x57, 58, 59, 60, 4x68, 5x69

Fig. 92



93. ECLAIRAGE D'ESCALIER

Fig. 93

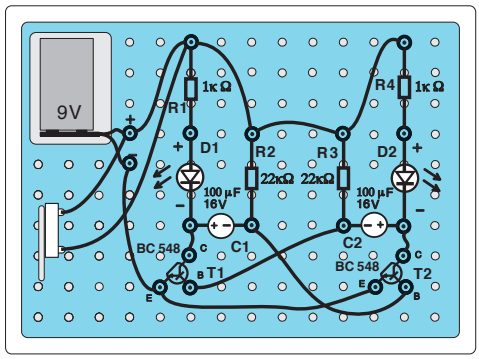


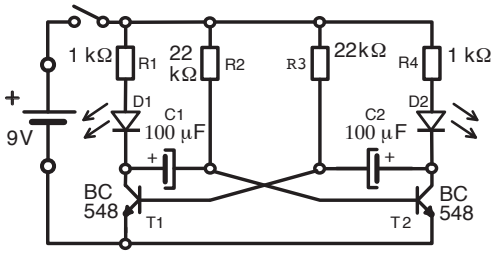
Dans ce circuit, nous utilisons le mécanisme de déclenchement, Schmitt trigger. Pourquoi ce circuit est-il meilleur de celui que nous avons utilisé pour brancher brièvement les appareils? Dans le cas précédent, la tension a la sortie baissait lentement, alors que dans notre circuit elle est d'abord permanente, pour baisser brusquement. Pour cette raison, la diode luminescente s'allume et garde la même intensité d'illumination tant qu'elle est reliée.
Dans l'expérience précédente, nous avons utilisé le potentiomètre pour vérifier le fonctionnement du circuit. Dans l'expérience qui nous intéresse, le condensateur électrolytique se trouve à l'entrée de circuit, chargé à travers la résistance de 100 kΩ. Lorsque le condensateur est charge, le transistor droit s'ouvre et le circuit est déconnecte. Appuyez sur l'interrupteur. Le transistor droit se fermé instantanément et la diode luminescente s'allume.
Le condensateur commence à se charger lentement. Comme la tension dans ses brides monte, le courant passant dans la base du premier transistor commence à monter aussi. Cela déclenche les événements déjà décrits dans l'expérience précédente. Après un certain temps, l'état change et la diode lumineuse s'éteint.

Accessoires: pile 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 59, 60, 61, 66, 4x68, 3x69

94. MULTIVIBREUR SYMETRIQUE ASTABLE

Fig. 94





On a besoin quelquefois d'un signal permettant à deux lumières de s'allumer alternativement. Un bon exemple en est la signalisation lumineuse des passages à niveau des routes ou des chemins de fer. Le circuit décrit ci-dessous nous montre comment on peut faire cela. On appelle ce circuit multivibreur astable.
Comment ce circuit travaille-t-il? Pour simplifier la description, les résistances sont indiquées par R1, R2, R3, R4, les condensateurs par Cl et C2, les transistors par T1 et T2, les diodes lumineuses par D1 et D2. Pour bien comprendre l'explication, consultez soigneusement le schéma.
Supposons que le circuit soit relié à la source d'énergie. La partie gauche du schéma est identique à celle à droite, mais en pratique il n'existe pas deux éléments qui soient tout à fait identiques. Supposons donc que, quand nous relions le circuit à la tension de la batterie, les courants se divisent en sorte que le courant plus fort passe dans la base de transistor T1 et celui moins fort traverse la base de l'autre transistor, T2. Cela fait que le transistor T1 est ouvert. La tension entre le collecteur et l'émetteur T1 est très faible. La diode gauche s'allume. Le courant passe par la résistance R2, qui charge le condensateur électrolytique C1. En même temps, le transistor T2 sera fermé et nous pouvons supposer que, pour l'instant, il soit inexistant dans le circuit. Le contact droit de condensateur C2 est connecté au pôle positif de la batterie par la résistance R4 et la diode, tandis que le contact gauche est connecté à la base de transistor T1. Cela permet au condensateur C2 de se charger, et la tension positive est envoyée ainsi sur la partie droite du condensateur. Après un certain temps, le condensateur C1 est tellement chargé que le courant passe dans la base de transistor T2. Ce transistor s'ouvre et fournit de la faible résistance. La tension entre le collecteur et l'émetteur de transistor T2 est pratiquement nulle. La tension à la bride gauche de condensateur C1 est inférieure de celle à droite. Cette tension est actuellement tellement faible pour le transistor T1 que le courant arrête immédiatement de parcourir la base. Le transistor T1 est donc fermé, T2 est ouvert, et la diode droite s'allume. Le condensateur C2 se charge maintenant par la résistance R3 en sorte que la bride gauche devienne positive. En bref, les rôles des transistors sont inversés par rapport à ceux que les transistors assumaient dans l'expérience précédente.
Le processus se perpétue en permanence et les diodes D1 et D2 s'allument alternativement. Nous pouvons calculer approximativement combien de temps les diodes resteront allumées. La diode gauche ou D1 s'allume approximativement pour un temps calculé ci-après:

$$t_1 = 0,7 \times C_1 \times R_2$$

et celle a droite:

$$t_2 = 0,7 \times C_2 \times R_3$$

Si les circuits droit et gauche sont égaux, les deux diodes s'allument pour le même temps. Le schéma montre que la capacité des deux condensateurs est de 100 µF, soit 0,0001 F, la résistance des deux résistances étant de 22 kΩ ou 22000 Ω.
Si nous utilisons l'équation pour calculer les intervalles, nous constaterons que chaque diode s'allumera approximativement pour un temps t:

t = 0,7 x 0,0001 x 22000

Soit

t = 1,54 s

Chaque diode s'allumera approximativement pour une seconde et demie.

Accessoires: pile 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 2x66, 4x68, 4x69

95. CHANGEMENT DE FONCTIONNEMENT DU MULTIVIBREUR ASTABLE

Nous avons dit que la diode gauche et droite s'allument pour le même temps, si le circuit gauche et droite sont identiques. Supposons que les condensateurs électrolytiques soient identiques. Si nous changeons les deux résistances au milieu, le temps d'illumination des diodes change dramatiquement. Nous avons vu que les diodes s'allumaient pour les intervalles égaux.

$t_1 = 0,7 \times C \times R_2$

et

$t_2 = 0,7 \times C \times R_3$

Če sta kondenzatorja enaka, svetleči diodi svetita skupaj

$t = t_1 + t_2$

ou

$t = 0,7 \times C \times R_2 + 0,7 \times C \times R_3$

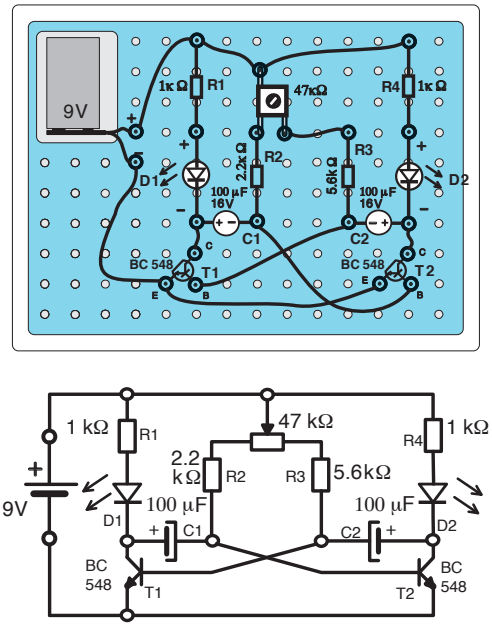
Le temps total est donc le suivant:

$t = 0,7 \times C \times (R_2 + R_3)$

Dans notre circuit, la résistance R2 comprend une résistance de 2,2 kΩ et la partie de résistance du potentiomètre entre la prise gauche et le curseur de résistance. R3 comprend une résistance de 5,6 kΩ, plus une partie de résistance du potentiomètre entre la prise droite et le curseur. La résistance totale des résistances R3+R2 sera toujours la même, indifférâmes de la position du curseur du potentiomètre. Cela veut dire qu'en faisant tourner le potentiomètre, nous pouvons ajuster le ratio des temps d'illumination des diodes, le temps total restant inchangé.

Accessoires: pile 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 95

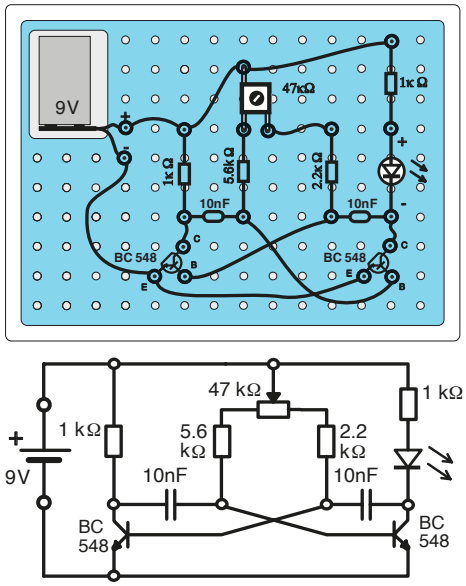


96. REGULATEUR DE LUMIERE AVEC MULTIVIBREUR

Nous avons déjà décrit le régulateur d'allumage dans ce livre, où nous avons ajusté l'intensité de lumière en changeant la tension sur les brides d'ampoule. Ce mode de réglage de lumière ne peut pas être utilisé pour les lumières qui ne peuvent pas fonctionner à basse tension. Un bon exemple sont les lumières avec les tubes fluorescents. Dans ces lumières, nous utilisons la propriété qui leur permet de sa rallumer une fois que nous les avons éteintes, si le temps entre l'éclairage et l'extinction n'est pas trop long.
Supposons que nous allumions et éteignions cette lumière en très courts intervalles. Par la nature même de la vue de l'homme, nous n'apercevrons pas que la lumière s'était éteinte. Déterminons l'intervalle. Si pendant cet intervalle, nous changeons la durée de temps durant laquelle la lumière est allumée, nous aurons l'impression d'avoir changé l'intensité de la lumière.
Pour ce faire, il nous faut le multivibreur de l'expérience précédente. L'intervalle d'extinction des deux diodes ne doit pas être aussi long que dans le cas précédent. Prenons donc, à la place des deux condensateurs de 100 µF, les condensateurs de 10 nF chaque. La capacité de ces condensateurs est dix mille fois plus faible et la diode scintille mille fois plus vite, le scintillement n'étant même pas perceptible pour nous. Quand vous faites tourner l'axe du potentiomètre, la durée d'illumination de la diode luminescente change et nous avons l'impression que l'intensité de lumière dans la diode change.

Accessoires: pile 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 96

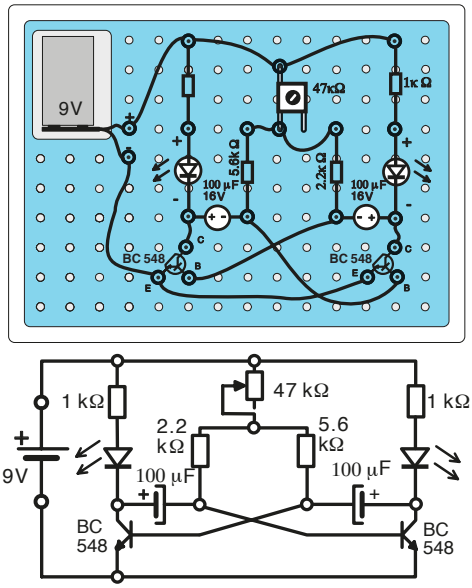


97. CHANGEMENT DE FREQUENCES DU MULTIVIBREUR ASTABLE

La vitesse ou la fréquence de multivibreur astable peut varier si on change un ou deux de ses résistances moyennes. Si vous voulez varier la fréquence du fonctionnement, il faut simultanément varier la fréquence des deux résistances. Nous pouvons le faire tout simplement en joignant partiellement les deux résistances. Nous obtiendrons ainsi le circuit décrit dans le schéma 97.
En faisant tourner l'axe du potentiomètre à droite et à gauche, la fréquence de multivibreur change, mais le ratio des périodes d'éclairage des diodes reste inchangé.

Accessoires: pile 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 97

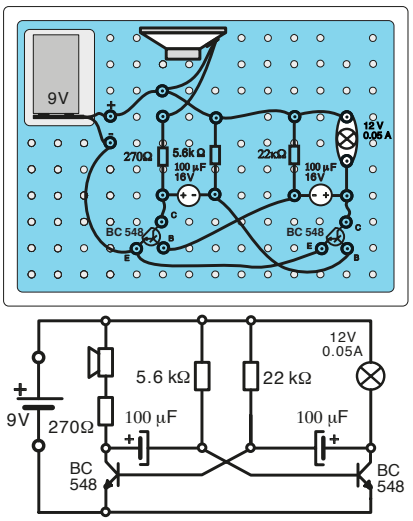


98. TEMOIN DES FEUX DE L'AUTOMOBILE

Utilisant le multivibreur nous pouvons assembler le circuit qui allume les feux clignotants de l'automobile. Comme le chauffeur doit être averti si les feux clignotants sont allumés, en général, il y'a dans la voiture un signal sonore accompagnant. Dans le circuit décrit ci-après, il y'a un haut-parleur installé à cette fin. Du haut-parleur vous pouvez entendre les craquements légers suivant le rythme d'allumage des feux.

Accessoires: pile 9V, 18x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 56, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69

Fig. 98

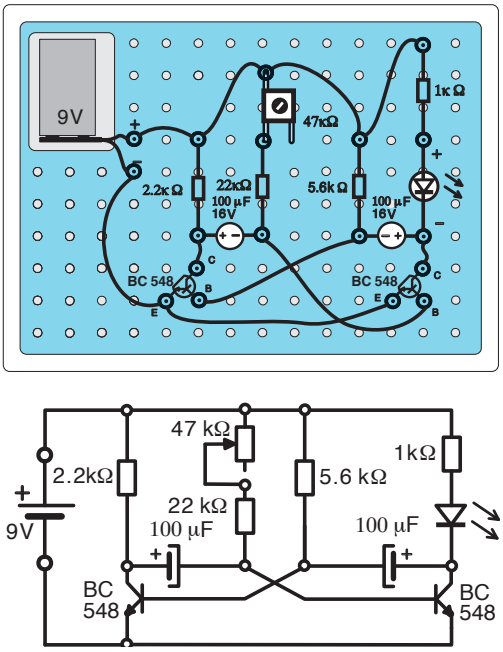


99. REGLEMENT DE LA VITESSE DES ESSUIE-GLACES DE LA VOITURE

Certaines voitures ont la possibilité de régler la vitesse des essuie-glaces. S'il ne pleut pas très fort, c'est très pratique. S'il pleut un tout petit qui est presque sèche, ce qui fait bondir les essuie-glaces et elles produisent un son désagréable.
Si vous observez le fonctionnement des essuie-glaces vous verrez que le temps de "passage" de la surface de glace est bien déterminé. Pendant ce temps, le moteur des essuie-glaces doit être branché.
Le temps entre deux branchements successifs peut être choisi volonté.
Pour régler le temps entre deux branchements du moteur d'essuie-glaces, nous pouvons utiliser un multivibreur astable, dans lequel nous faisons varier une des résistances moyennes.
L'autre résistance moyenne est réglée en sorte de maintenir le moteur en marche pour un temps suffisamment long qui permettra aux essuie-glaces de faire le passage des glaces de droite vers la gauche. Lorsque vous faites tourner le potentiomètre à gauche et à droite, l'intervalle entre les passages des essuie-glaces varie.
A la place de la diode luminescente et la résistance de 1 kΩ, nous pouvons raccorder le relais, qui mettra le moteur des essuie-glaces en marche.

Accessoires: pile 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 52, 57, 58, 59, 60, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 99

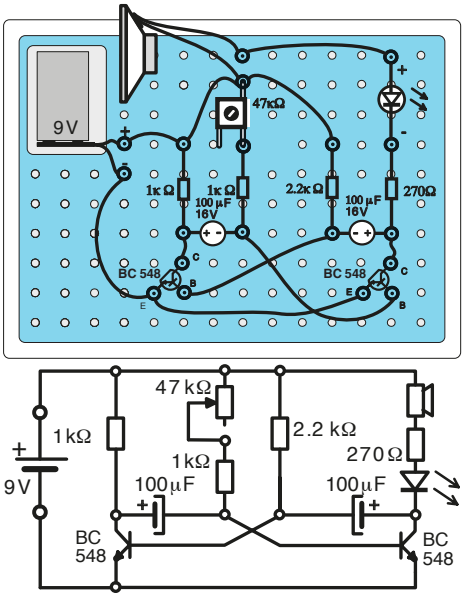


100. METRONOME ELECTRONIQUE

Si vous avez joué de la musique, vous savez quelle est l'importance du rythme dans la musique. Pendant les exercices, les musiciens utilisent le métronome qui donne du rythme par son tictac. La vitesse de métronome doit être réglable, parce qu'il y'a quand même une différence entre une polka vivace et une valse lente.
Dans notre cas, nous avons utilisé un multivibreur astable pour assembler le métronome. A la différence des métronomes classiques, ce métronome produit en même temps les signaux sonores. Nous pouvons donc l'observer et utiliser même quand la musique trop bruyante, couvre le son du métronome.

Accessoires: pile 9V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 56, 2x57, 58, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 100

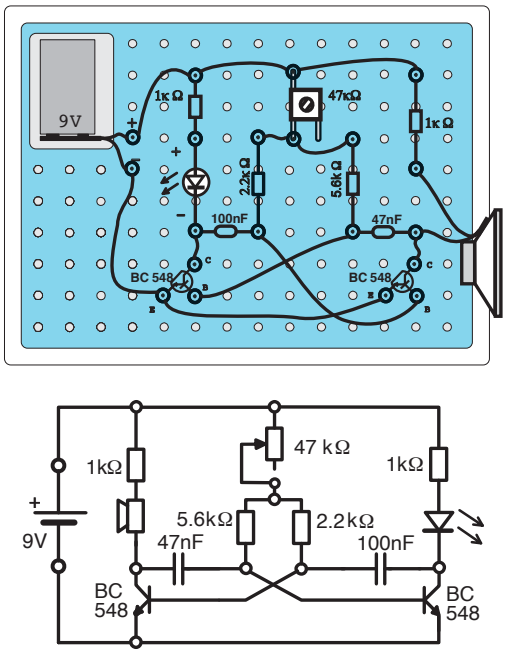


101. MULTIVIBREUR ET HAUT-PARLEUR COMME BOURDONNEUR

En faisant un choix approprié, de condensateurs et de résistances, nous pouvons assembler un multivibreur qui oscille à une fréquence audible. Nous relions le haut-parleur et la résistance raccordées en série, entre le collecteur d'un transistor et la borne positive de la batterie. Si vous trouvez le son trop faible, vous pouvez remplacer la résistance de 1 kΩ par la résistance de 270 Ω.
Appuyez sur le bouton. Faites tourner le potentiomètre tant que vous n'aurez pas entendu le son souhaité du haut-parleur.

Accessoires: pile 9V, 20x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 101



102. BOURDONNEUR POUR APPRENDRE LA TELEGRAPHIE

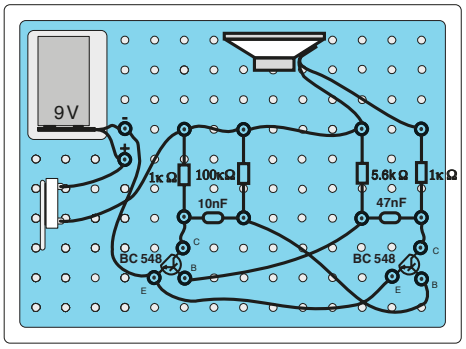
A l'époque, la télégraphie de Morse était le seul moyen pour transmettre des messages à distance. En raison de l'importance de la télégraphie en ces temps-là, elle est appelée d'après le nom de l'inventeur de l'alphabet télégraphique, Samuel Morse.

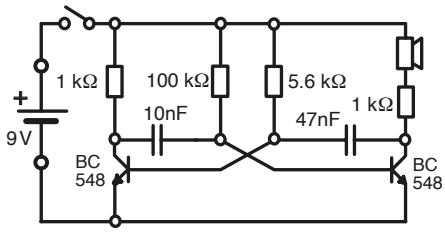
A · -	J · - - -	S · · ·	1 · - - - -
B - · · ·	K - · -	T -	2 · · - - -
C - · - ·	L · - · ·	U · · -	3 · · · - -
D - · ·	M - -	V · · · -	4 · · · · -
E ·	N - ·	W · - -	5 · · · · ·
F · · - ·	O - - -	X - · · -	6 - · · · ·
G - - ·	P · - - ·	Y - · - -	7 - - · · ·
H · · · ·	Q - - · -	Z - - · ·	8 - - - · ·
I · ·	R · - ·		9 - - - - ·
			0 - - - - -

La télégraphie a ensuite perdu son importance suite au développement ultérieur de la technologie, mais elle est encore utilisée parmi les radio-amateurs.
Si le radio-amateurisme vous intéresse, il pourrait être utile pour vous d'apprendre l'alphabet morse. Pour apprendre la télégraphie, utilisez le bourdonneur. La position du potentiomètre permettant de régler la hauteur du son, n'est pas importante pour le bourdonneur. Pour taper les codes morse, vous pouvez utiliser le même bouton qui met en marche le multivibreur.
Lorsque vous tapez les codes morse, suivez toujours la règle qui dit que chaque trait dure la période de trois points, et qu'entre les parties du code (trait et/ou point), l'intervalle dure l'espace de trois points

Accessoires: pile 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 4x68, 69

Fig. 102



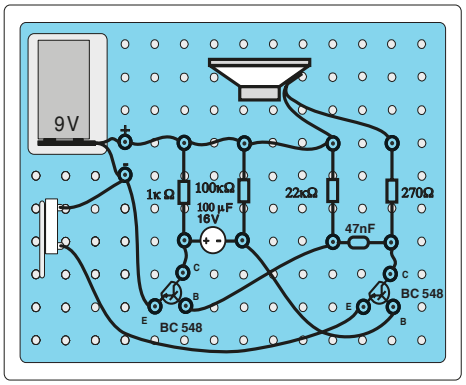


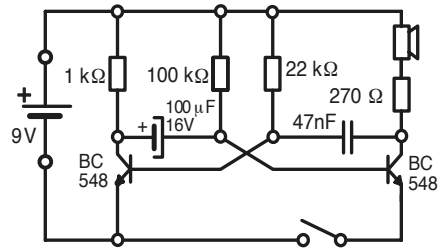
103. CLAQUETTE

Une claquette produit les claquements en intervalles réguliers. Dans notre expérience, pour imiter le son de la claquette, nous utilisons le multivibreur, dans lequel le travail d'un des transistors sert à produire le son, et au moyen de l'autre transistor on détermine la durée d'intervalle entre deux claquements. Pour cette raison, dans notre circuit, à droite il y'a un condensateur céramique et à gauche un condensateur électrolytique. Cela fait qu'il y'a un ratio de quelques centièmes entre les intervalles de temps pendant lesquels les transistors gauche et droit sont ouverts. Quand nous relions le multivibreur astable à la source d'énergie, il doit y passer un certain temps pour que les condensateurs se chargent et le circuit commence à fonctionner. Pour obtenir que le multivibreur travaille comme nous le désirons, et cela immédiatement après avoir appuyé sur le bouton, nous avons envisagé un autre système pour brancher le multivibreur.
Lorsque vous appuyez sur le bouton, vous entendrez immédiatement du haut-parleur un claquement répété de la claquette.

Accessoires: pile 9V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 60, 61, 64, 66, 4x68, 4x69

Fig. 103



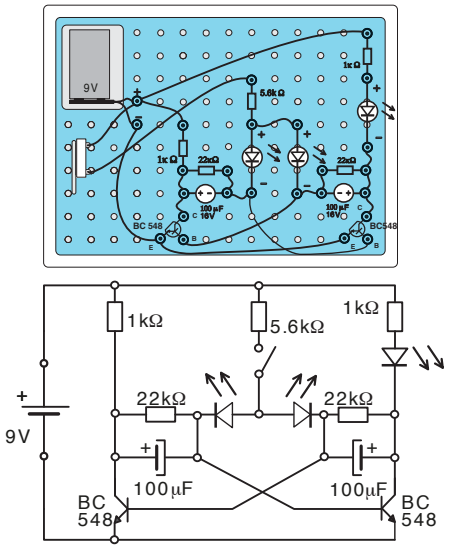


104. BRANCHEMENT ET DEBRANCHEMENT SUCCESSIFS DE L'APPAREIL

Imaginons que dans le processus de fabrication, nous devons utiliser une presse; tantôt il faut qu'elle marche, tantôt elle doit être à l'arrêt. Durant le processus de fabrication, la presse travaille, en s'ouvrant et fermant constamment. Le circuit de contrôle doit assurer l'état stable en deux positions extrêmes, mais doit également permettre l'alternance de ces deux positions.
Comme dans l'expérience précédente, nous utiliserons le multivibreur astable en tant que circuit qui permet de diviser par deux. Dans ce cas, en appuyant sur le bouton, nous déclenchons le courant venant de la borne positive de la batterie et passant dans la base de transistor, qui est actuellement fermé. L'état de circuit change sous cet effet.
Quand le bouton est mis en contact, le circuit ressemble à un multivibreur astable, ce qui n'est pas faux d'ailleurs. Si vous tenez le bouton enfoncé, l'ampoule commence à palpiter. Quand vous relâchez le bouton, le palpitement s'arrête. La simple pression sur le bouton pour une période plus courte que la période où le transistor du multivibreur astable est ouvert, fait alterner l'état du multivibreur.

Accessoires: pile 9V, 25x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 2x57, 59, 2x60, 2x66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 104

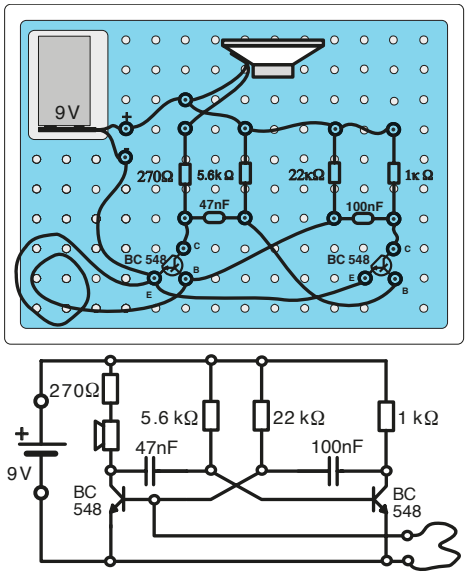


105. GARDE ELECTRIQUE AVEC SIGNAL SONORE

Rappelons-nous ici le garde électrique décrit dans ce livre. Dans cette expérience-là, il y'avait seulement la diode luminescente qui s's'allumait dès le déclenchement du signal. Ici, dans notre cas, on entend un son lorsque l'alarme est déclenchée.
Le circuit est en effet un multivibreur astable, qui travaille à la fréquence audible.
Dans le circuit, nous avons inséré un fil qui provoque le court-circuit entre la base et l'émetteur de l'un des transistors. Lorsque cette connexion est coupée, le multivibreur commence à fonctionner et le haut-parleur émet un son.
Le court-circuit dans le transistor gauche a été provoqué délibérément. En raison du court-circuit, l'autre transistor est ouvert.
Entre le collecteur et la borne positive de la batterie, il y'a une résistance de 1 kΩ.
A gauche, entre le collecteur et la borne positive de la batterie il y'a une résistance de 270 Ω de même que le haut-parleur dont la résistance est de quelques ohms seulement. Pour cette raison, si le transistor gauche reste constamment ouvert, il sera parcouru par un courant plus fort que le transistor droit, et la batterie se déchargera plus vite. Comme nous ne savons pas à quel moment l'alarme peut être déclenchée, il est recommandé d'économiser l'énergie de la batterie.
Maintenant, vous pouvez assembler vous-même une alarme qui vous avertira que la porte est ouverte. On petit voir ces alarmes dans les magasins. Quand un client ouvre la porte et entre dans le magasin, on entend un signal sonore qui s'arrête quand la porte s'est refermée. Fixez sur le montant de la porte l'interrupteur reed, tout près de la porte. Sur la porte placez un aimant. Lorsque les brides de l'interrupteur reed sont connectées, dû à la proximité de l'aimant, l'alarme est déclenchée. Quand quelqu'un ouvre la porte, les contacts dans l'interrupteur reed sont coupes, le circuit commence à travailler et on entend le son du haut-parleur.

Accessoires: pile 9V, 17x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 59, 60, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 105

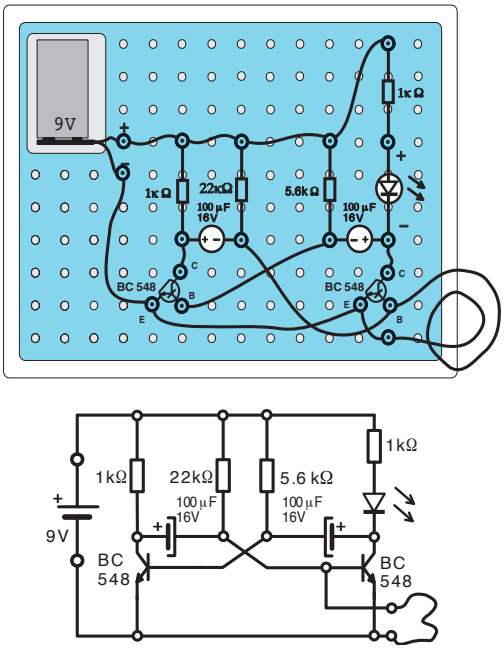


106. GARDE ELECTRONIQUE AVEC SIGNAL LUMINEUX

Dans le cas qui nous occupe, l'alarme sera déclenchée en utilisant la lumière scintillante. Le circuit est en principe semblable au précédent. Comme le scintillement a une basse fréquence, le multivibreur est construit pour fonctionner à très basse fréquence.
Pour cette raison, dans le circuit, il y'a des condensateurs électrolytiques. Le déclenchement de l'alarme se fait de la même manière que dans le circuit précédent.

Accessoires: pile 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 2x66, 4x68, 5x69, 70

Fig. 106

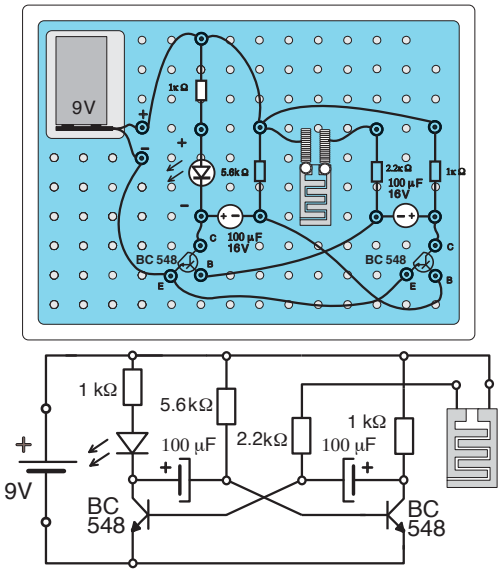


107. ALARME LUMINEUX DU NIVEAU D'HUMIDITE

Dans l'alarme décrit ci-dessous, le détecteur d'humidité est relié en série à la résistance droite centrale. Quand le détecteur est sec, il fournit de la haute résistance et il n'est pas parcouru par le courant. Lorsque le détecteur devient humide, sa résistance baisse et le courant commence à y passer, permettant au multivibreur de fonctionner. La diode luminescente, reliée au circuit du collecteur du transistor gauche, se met à scintiller.
L'alarme ne fonctionne pas s'il s'agit des liquides qui ne conduisent pas le courant électrique.

Accessoires: pile 9V, 17x7, 38, 2x42, 43, 49, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 107

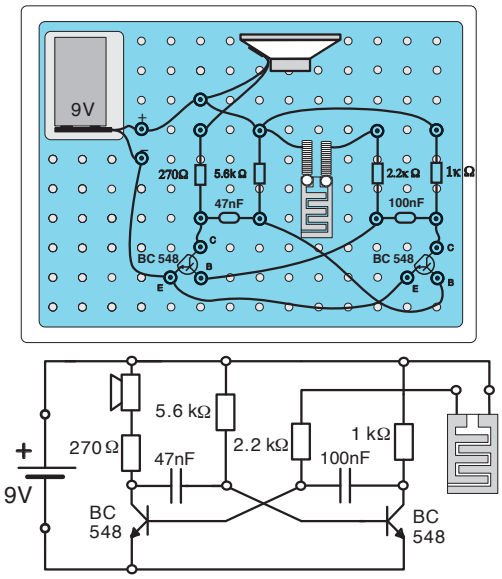


108. ALARME SONORE D'HUMIDITE

Dans le circuit de l'expérience 107, mettons à la place de la diode et la résistance de 1 kΩ, un haut-parleur et à la place des condensateurs de capacité de 100 nF les condensateurs de 47 nF et de 100 nF. Vous obtiendrez l'alarme qui se déclenche lorsque son détecteur d'humidité commence à humecter.

Accessoires: pile 9V, 17x7, 38, 2x42, 45, 49, 56, 57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 108

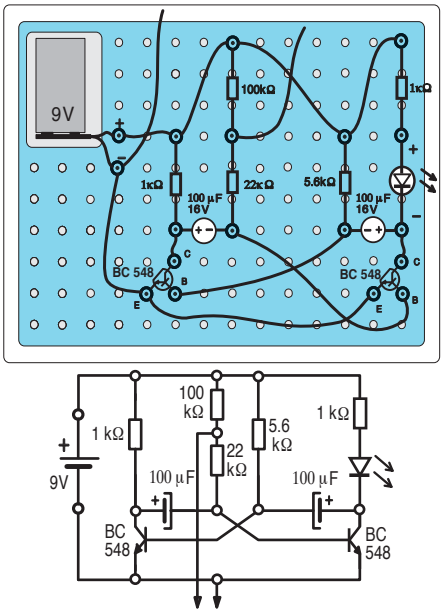


109. GARDE FLEURS

Les amateurs de fleurs connaissent très bien l'importance pour les fleurs d'être aspergées au bon moment. Il ne faut pas les asperger trop, parce que l'humidité nuit aux racines. Le circuit décrit ci-dessous avertit par le palpitement de la diode lumineuse, que la terre dans le pot est sèche et qu'il faut arroser les fleurs.
En effet, le circuit est un multivibreur astable, qui ne peut pas fonctionner parce qu'on a intercalé une résistance supplémentaire. Il s'agit d'une résistance posée entre deux fils enfoncés dans la terre. Quand la terre est sèche, la résistance entre deux fils est haute et n'affecte pas le travail du multivibreur. Lorsque les fleurs sont arrosées et la terre humide, la résistance entre les fils est tellement faible que la multivibreur ne fonctionne pas. Au début, le scintillement de la diode lumineuse est lent. Lorsque la terre commence à sécher, le scintillement s'accélère jusqu'à son maximum.

Accessoires: pile 9V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 109

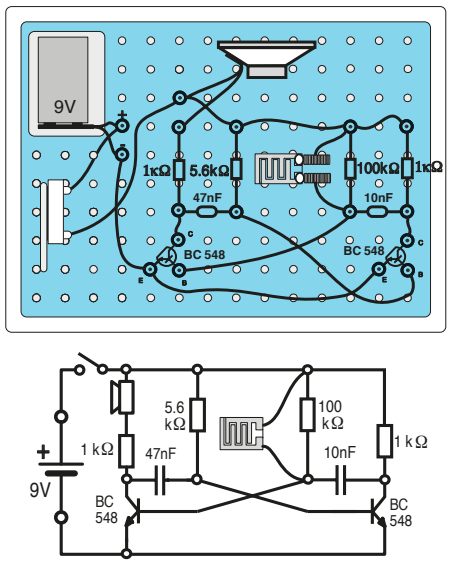


110. JOUET ACCOUSTIQUE

Les petits enfants adorent jouer avec les jouets qui produisent des sons, comme un hochet, un jouet à sifflet, des tambours, etc. Le jouet décrit dans cette expérience pourrait aussi amuser les enfants.
Il s'agit du multivibreur astable, qui fonctionne à la fréquence audible. Le détecteur d'humidité est relié en parallèle à une des résistances qui détermine le fonctionnement du multivibreur astable. Si vous touchez le détecteur du votre doigt ou de la main, sa résistance change. La pression sur le détecteur d'humidité provoque une baisse de sa résistance. La liaison en parallèle de la résistance de 100 kΩ et du détecteur d'humidité fournit une résistance plus faible. La fréquence de multivibreur monte.
En appuyant et tenant enfoncé le détecteur, nous pouvons inciter ce jouet à produire des sons très intéressants.

Accessoires: pile 9V, 17x7, 38, 40, 2x42, 45, 49, 2x57, 59, 61, 63, 64, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 110

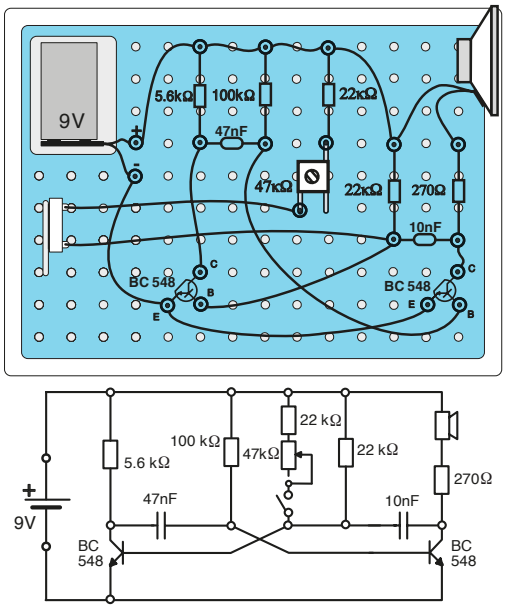


111. SIRENE D'ALARME BITONALE

Vous avez probablement eu l'occasion d'entendre une sirène d'alarme bitonale. Dans notre cas, c'est le multivibreur astable à fréquence variable. Pour ce faire, nous pouvons ajouter à une des résistances qui déterminent le fonctionnement du multivibreur encore une résistance supplémentaire, que nous branchons en appuyant sur le bouton.
La résistance de multivibreur sera plus faible et la fréquence de multivibreur montera, quand le bouton est appuyé.
La résistance que nous connectons au circuit, en appuyant sur le bouton, est constituée d'un circuit fait de la résistance de 22 kΩ et du potentiomètre, reliés en série. Quand le bouton est enfoncé, nous pouvons régler les tons aigus, faisant tourner le potentiomètre en sorte que le rapport entre les tons aigus et bas convienne à notre goût.
Nous utilisons la résistance de 22 kΩ pour ne pas permettre à la résistance réglable de baisser sa valeur à zéro. Dans ce cas un courant très fort parcourrait la base de transistor gauche, risquant de l'endommager définitivement.

Accessoires: pile 9V, 20x7, 38, 40, 2x42, 45, 52, 56, 59, 2x60, 61, 63, 64, 4x68, 6x69

Fig. 111

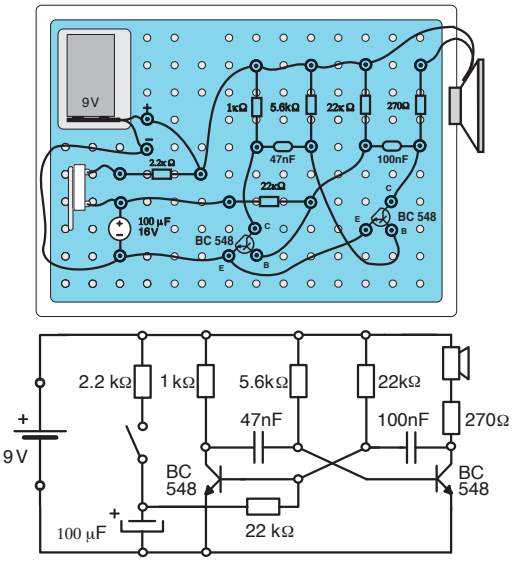


112. SIRENE D'ALARME

Les véhicules des pompiers sout souvent munis de sirène hurlante. Ces sirènes travaillent au moyen d'un moteur électrique. Dans le schéma ci-dessous nous voyons une version électronique de la sirène produisant un son hurlant analogue.
Le circuit est en effet un multivibreur astable qui fonctionne aux fréquences audibles. Le courant venant du diviseur de tension, constitué d'une résistance de 22 kΩ et du condensateur électrolytique, passe dans la base de transistor gauche, à travers la résistance de 22 kΩ.
Quand vous reliez le circuit à la source d'énergie, le multivibreur commence à fonctionner et le son vient du haut-parleur. Le condensateur électrolytique se décharge et n'affecte plus le circuit.
Appuyez sur le bouton. A travers la résistance de 2,2 kΩ le condensateur électrolytique se charge. Pour cette raison, la tension est envoyée sur ses brides. Un faible courant parcourt la base, par les résistances de 2,2 kΩ et de 22 kΩ. Le transistor commence à s'ouvrir légèrement. La vitesse de fonctionnement du multivibreur astable change et le ton est plus aigu.
Relâchez le bouton. Le condensateur chargé commence à se décharger par la résistance de 22 kΩ, et le courant passe dans la base de transistor gauche. Au début, le condensateur se décharge vite, et ensuite de multivibreur baisse, et vous entendez cela comme un ton hurlant. En enfonçant le bouton, vous déclenchez le ton hurlant. Dans la cabine de véhicule, il est également possible d'envisager un bouton jouant le rôle analogue, placé près de la sirène d'alarme.

Accessoires: pile 9V, 22x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 58, 59, 2x60, 64, 65, 66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 112

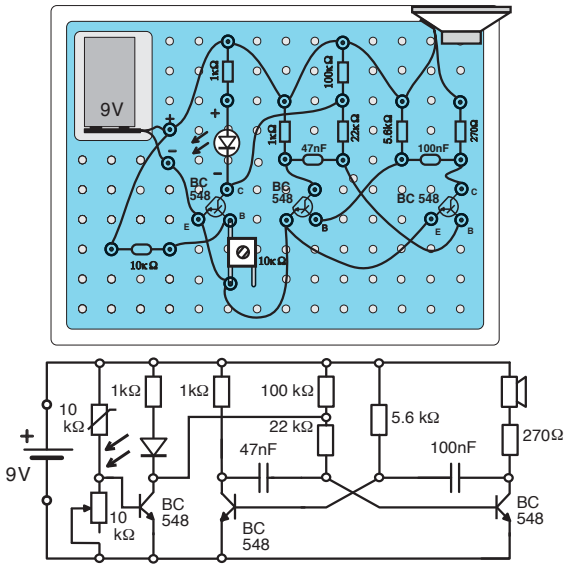


113. AVERTISSEMENT SONORE DE LA BAISSE DE TEMPERATURE

Imaginons ce qui peut arriver quand la température baisse, p.e. dans une ferme d'élevage à volailles. Si cela arrivait, la volaille serait morte, provoquant un grand dégât. Il est donc recommandé d'équiper les salles de contrôle d'un indicateur de température. Un signal lumineux pourrait indiquer que la température est normale. Mais, l'indication lumineuse de la baisse de température n'est pas suffisante, puisqu'il peut arriver que personne ne s'est aperçu du scintillement de la lumière. Pour cette raison, il serait bon d'installer un signal sonore.
Au moyen d'un voyant de température, que nous avons déjà mentionné, nous pouvons basculer n'importe quel autre circuit ou appareil.
Dans le cas qui nous intéresse, le voyant de température fera brancher la source sonore, voire le multivibreur avec le haut-parleur.
Lorsque la température est haute, la résistance de thermistance est faible.
Au raccordement du diviseur de tension, constitué de la thermistance et du potentiomètre, la tension est haute et le courant passant dans la base de transistor est suffisant pour ouvrir le transistor. Actuellement, la résistance de transistor est faible, et elle est raccordée au circuit en sorte qu'il empêche son fonctionnement. On obtient cela en court-circuitant la borne négative de la batterie en endroit approprié du multivibreur. La diode lumineuse s'allume et indique que la température a monté.
Quand la température commence à baisser, la résistance de la thermistance et la tension au raccordement du diviseur de tension diminue. Le courant, de moins en moins faible, passe dans la base de premier transistor. Le transistor commence à se fermer et sa résistance monte. Son influence sur le multivibreur va diminuât, et celui-ci se met en marche. Au début, la fréquence est faible, mais au fur et à mesure que la température baisse, elle monte. Plus basse est la température, plus aigu est le son.
Entre le collecteur de premier transistor et la résistance de 1 kΩ, il y'a une diode lumineuse.
Elle n'est pas importante pour le travail du circuit, mais elle peut servir comme indicateur lumineux de température. Quand la température commence à baisser, l'illumination de la diode faiblit.
Nous avons déjà dit que le diviseur de tension était composé de la thermistance et du potentiomètre, connecté comme résistance réglable. A quelle température le circuit déclenchera l'alarme sonore dépend de la position du curseur du potentiomètre.
Pour vérifier le fonctionnement, faites tourner l'axe du potentiomètre pour que la diode commence à illuminer, et ensuite faites tourner l'axe du potentiomètre pour que cette fois la diode arrête d'allumer. Faites chauffer la thermistance de vos doigts. La diode s'allume. Soufflez dans la thermistance pour la refroidir. La diode s'éteint lentement, et le haut-parleur produit un son.

Accessoires: pile 9V, 25x7, 38, 2x42, 43, 45, 47, 51, 56, 2x57, 59, 60, 61, 64, 65, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 113

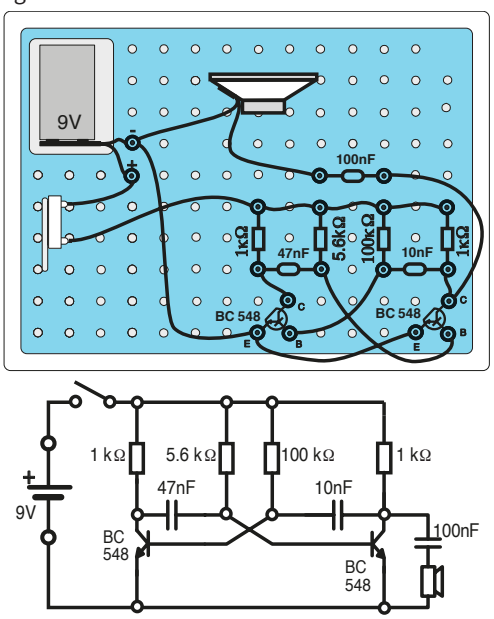


114. COMMENT EMPECHER LE COURANT CONTINU DE PASSER DANS LE HAUT-PARLEUR

Dans l'expérience précédente, le haut-parleur était parcouru par le courant continu pulsant. Que devons-nous faire si nous voulons que seul le courant alternatif passe dans le haut-parleur? Pour ce faire nous utilisons un condensateur.
Le schéma ci-dessous montre la connexion du haut-parleur. Sur le collecteur de transistor droit il y'a une tension à forte pulsation. Entre l'émetteur et le collecteur, la tension change de 0 V, quand le transistor est ouvert et à 9 V quand le transistor est fermé. Au moyen du condensateur nous assurons que seul le courant alternatif passe dans le haut-parleur, parce que le condensateur laisse passer le courant alternatif et non le courant continu.

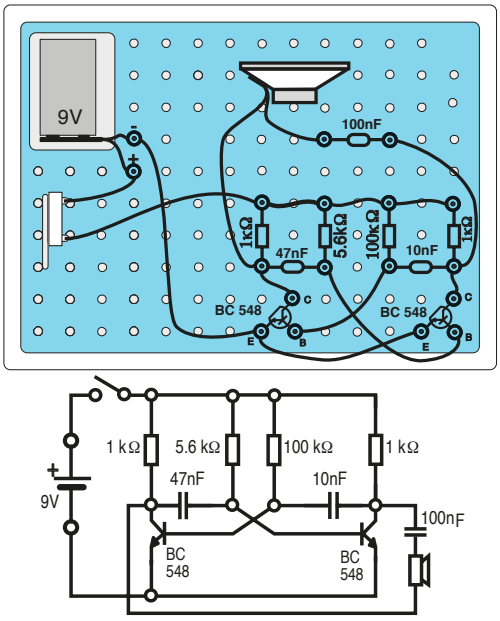
Accessoires: pile 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 114



115. HAUT-PARLEUR ENTRE DEUX COLLECTEURS

Fig. 115

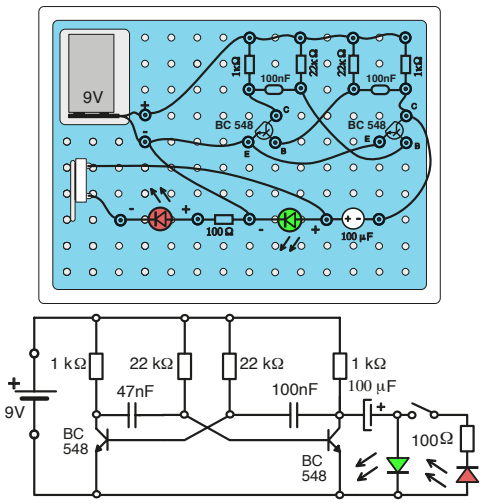


Nous avons mentionné plusieurs fois que dans le multivibreur, la tension entre l'émetteur et le collecteur varie de 0 V à 9 V. Quel est le ratio entre les tensions des collecteurs des deux transistors?
Lorsque l'un des transistors est ouvert, l'autre est fermé. Pour cette raison, la tension d'un des collecteurs, dans la direction du pôle négatif est de 0 V, est dans l'autre de 9 V. Supposons que le transistor gauche soit ouvert et le transistor droit ferme. La tension entre les deux collecteurs est U = 9 V.
Quand les transistors inversent leurs rôles, les tensions des collecteurs changent. Maintenant, la tension entre le collecteur de transistor gauche et la borne négative de la batterie est de 9 V; dans le transistor droit, elle est de 0 V, mais dans le sens opposé! La tension entre les deux collecteurs est U = -9 V!
Si nous observons la tension d'un collecteur, elle varie de 9 V. Si nous observons la tension sur les deux collecteurs simultanément, elle varie de +9 V jusqu' à -9 V. La tension est deux fois plus grande!
Dans certains cas, le raccordement d'une charge électrique entre les collecteurs de transistor offre certains avantages. Ici, l'important c'est que la charge n'est pas tellement grande pour empêcher le circuit de fonctionner.
La résistance des haut-parleurs est restée faible et un courant continu passe dans le haut-parleur. Entre les collecteurs des deux transistors la résistance est faible et le circuit risque de s'arrêter. Pour l'empêcher, nous avons relié en série le condensateur et le haut-parleur.

Accessoires: pile 9V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

116. CIRCUIT POUR PRODUIRE DU COURANT NEGATIF

Fig. 116



Parfois est-il nécessaire d'avoir un courant négatif dans le circuit. La plus simple solution c'est d'avoir encore une batterie supplémentaire qui assurera la tension négative, à part celle qui permet au circuit de travailler. Naturellement, cela rend plus chère l'utilisation du circuit, parce que nous utilisons deux batteries à la place d'une seule.
Si la consommation du courant de la batterie, fournissant la tension négative est petite, nous pouvons assembler un circuit qui fournira du courant négatif a sa sortie. Le circuit dans son ensemble est donc un peu plus cher, mais du fait que cela nous permet d'économiser les batteries de tension négative, on est vite récompensé.
Pour produire de la tension négative, nous avons besoin du courant alternatif.
Dans notre circuit, nous utilisons le multivibreur astable pour produire du courant alternatif. Le courant alternatif passe à travers le conducteur d'abord dans un sens et puis dans l'autre. La tension entre les collecteurs, p.e. de transistor droit vers le multivibreur et la borne négative de la batterie, change: quand le transistor est ouvert, elle est presque zéro, et lorsqu'il est fermé, elle s'élève à la tension de la batterie. Cette tension n'est pas alternative, elle est pulsante.
Nous avons déjà montré que le courant alternatif peut parcourir le condensateur et que le courant continu ne le peut pas. Nous pouvons donc séparer le courant direct du courant pulsant, utilisant un condensateur. C'est exactement ce que nous avons fait dans notre circuit. Le condensateur est relié au collecteur de transistor droit, parcouru par un courant alternatif qui vient du multivibrteur. Ce courant passe à travers deux diodes luminescentes tournées dans les sens opposés. Quand le circuit est relié à la batterie, les deux diodes s'allument. Cela prouve que le condensateur est parcouru par un courant alternatif.
Quand le courant passe depuis le condensateur vers la borne négative de la batterie, il passe à travers la diode verte. Lorsqu'il passe dans le sens opposé, le courant passe dans la diode et la résistance de 100 Ω. La résistance et la diode lumineuse constituent le circuit qui a besoin du courant alternatif pour son fonctionnement.
A la place de la diode lumineuse verte, on peut utiliser une diode normale 1N4004.
Nous soulignons encore une fois que le circuit nécessitant la tension négative ne doit pas consommer trop de courant. Si vous n 'êtes pas sûr du fonctionnement du multivibreur, insérez le haut-parleur entre n'importe quelle résistance de 1 kΩ et la borne positive de la batterie.

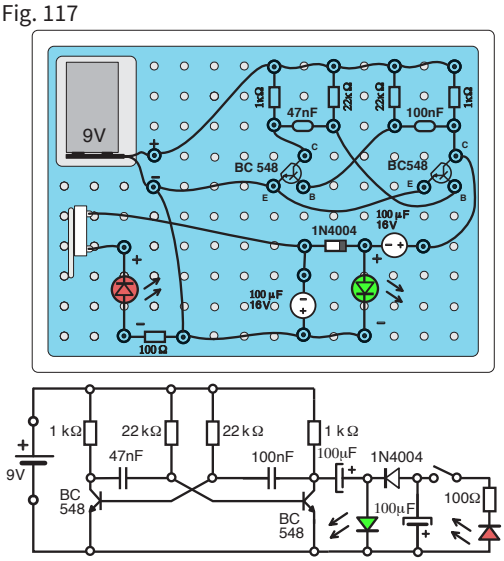
Accessoires: pile 9V, 21x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 66, 4x68, 6x69

117. CIRCUIT POUR PRODUIRE DU COURANT NEGATIF AMELIORE

Le courant envoyé d'une diode ne doit pas dépasser le niveau maximum du courant alternatif.
A la place de la diode lumineuse rouge, vous pouvez intercaler le circuit nécessitant pour son fonctionnement du courant négatif.
Si le courant négatif obtenu à partir du circuit que nous venons de décrire ci-dessus, est trop faible, nous pouvons utiliser le circuit qui peut doubler le courant négatif continu. Ce circuit peut être assemblé au moyen des deux diodes et deux condensateurs. Dans le circuit la diode verte est utilisée à la place de la diode normale.

Accessoires: pile 9V, 24x7, 38, 40, 3x42, 43, 46, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 117

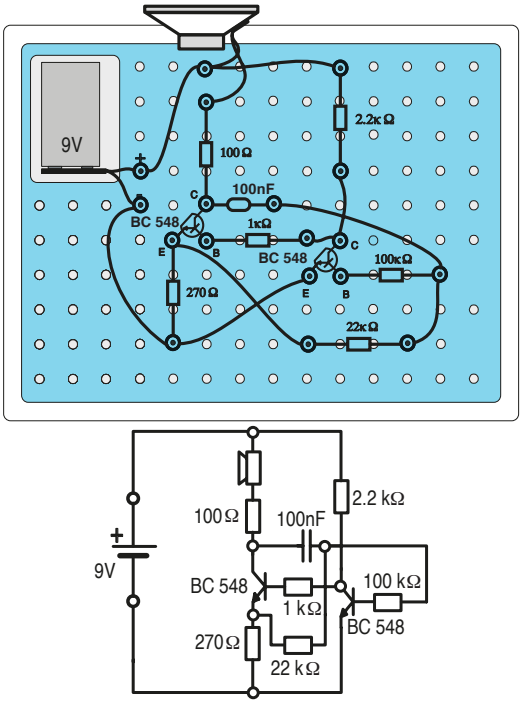


118. ENCORE UNE GENERATRICE DE SONS

Au moyen des deux transistors, nous pouvons assembler une génératrice de sons, qui ne serait pas un multivibreur et qui marchera selon un autre principe. Pour son fonctionnement il nécessite un circuit à rétroaction. La rétroaction est une sorte de connexion au circuit qui permet à une partie de signal d'être retransmise depuis la sortie à l'entrée du circuit. De cette manière, tout le circuit travaille différa ment que si cette rétroaction n'y était pas.
Dans notre expérience, nous avons deux transistors qui constituent l'amplificateur à basse fréquence.
Par le condensateur de 100 nF et la résistance de 100 kΩ, une partie de signal est retransmise depuis la sortie d'amplificateur (collecteur de transistor gauche) à l'entrée (base de transistor droit).
Supposons que pendant que la tension à l'entrée du circuit monte, celle à la sortie baisse. Si nous ajoutons le circuit permettant que le signal revienne de la sortie à l'entrée, on pourrait dire que "le circuit est confus" et qu'il ne peut pas se décider quelle tension doit y avoir à la sortie et à l'entrée! Cela provoque les oscillations de tension. On dit que la rétroaction provoque les oscillations dans le circuit.

Accessoires: pile 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 58, 60, 2x61, 65, 4x68, 3x69

Fig. 118

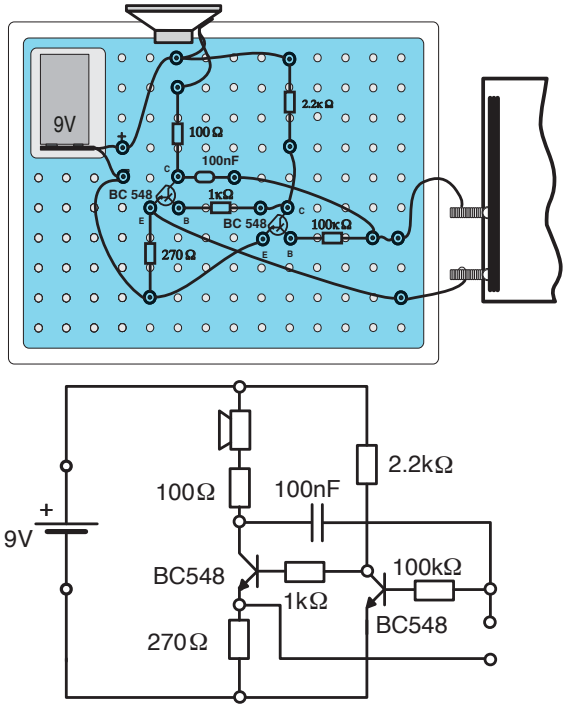


119. INSTRUMENT MUSICAL

Si vous changez la valeur de la résistance de 22 kΩ, la fréquence d'oscillateur varie aussi, et on entend les sons différents venant du haut-parleur. C'est encore plus manifeste, si à la place de la résistance de 22 kΩ, vous intercalez un potentiomètre de 47 kΩ, relié à la résistance réglable.
Vous avez déjà assemblé la résistance réglable, en apposant une trace de graphite sur le papier avec un crayon à mine tendre. Cette résistance peut être utilisée dans cet oscillateur pour alterner la fréquence de son fonctionnement.
Placez une bride de ressort au bout de la couche de graphite et reliez là au circuit au moyen d'un fil. L'autre bout de fil reliez en endroit approprié dans le circuit et posez la bride de ressort. Frottez cette bride contre la couche résistante. Si vous la frictionnez, le son change. Vous pouvez ainsi assembler un instrument musical très simple.

Accessoires: pile 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 55, 56, 57, 58, 61, 65, 4x68, 5x69

Fig. 119

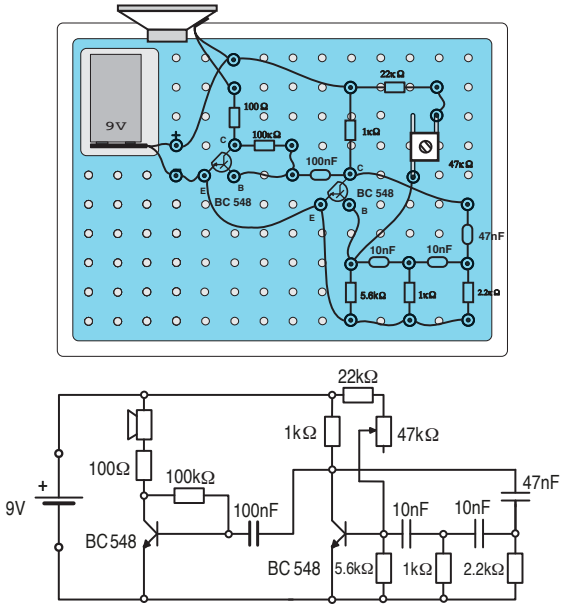


120. OSCILLATEUR CONSTITUE D'UNE SERIE DE RESISTANCES ET CONDENSATEURS

Pour construire un oscillateur à partir de l'amplificateur, nous avons besoin du circuit à rétroaction, qui ramène le signal de la sortie à l'entrée d'amplificateur.
Les propriétés du circuit ont rétroaction déterminée si le circuit travaille comme oscillateur et à quelle fréquence.
Le schéma de notre expérience montre encore un exemple d'oscillateur, construit à partir du circuit à rétroaction. Faites tourner l'axe du potentiomètre en sorte que le haut-parleur commence à produire un son. Le circuit à rétroaction est construit à partir de trois condensateurs et trois résistances.
Comme le signal est trop faible pour pouvoir l'entendre, nous avons rajouté un amplificateur à basse fréquence doté d'un transistor.
Vous entendrez du haut-parleur un son beaucoup plus agréable que celui produit par l'oscillateur, construit à partir d'un multivibreur astable. L'oscillateur ci-décrit produit un son très clair.

Accessoires: pile 9V, 18x7, 38, 2x42, 45, 52, 55, 2x57, 58, 59, 60, 61, 2x63, 64, 65, 4x68, 5x69

Fig. 120



ÉLECTROSTATIQUE

121. PAPIER CHARGÉ D'ÉLECTRICITÉ

Nous retirons une page d'une farde et nous la laissons bien sécher auprès du radiateur ou d'une source de chaleur. Nous la déposons ensuite sur la farde et nous la frottons énergiquement avec la main (figure 1). Si, de la main gauche, nous soulevons alors la feuille de papier et que nous approchons, par en dessous, le dos de la main droite, une étincelle électrique jaillira entre celle-ci et la feuille de papier.

Accessoires nécessaires: une feuille de papier

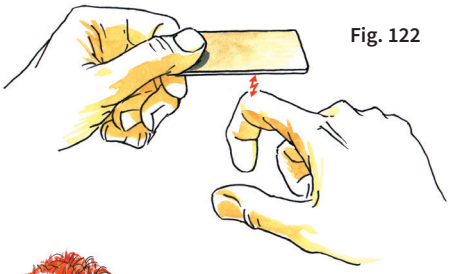
Fig. 121

122. L'ÉTINCELLE ÉLECTRIQUE (FOUDRE)

Nous posons au bord de la table la plaquette de polyvinyle et nous la frottons énergiquement de la main (il faut que celle-ci soit sèche) ou avec du papier-journal. Nous soulevons alors la plaquette d'une main, et nous approchons un doigt de l'autre main (figure 2). Entre la plaquette et le doigt jaillit une étincelle électrique que nous pouvons entendre, dont nous pouvons percevoir l'odeur et que nous pouvons même voir dans l'obscurité. Cette étincelle, que nous tirons de la plaquette de polyvinyle, ne se distingue pas essentiellement de celle produite par la foudre. La seule différence est que notre expérience ne produit qu'une petite étincelle, tandis que celle de la foudre a une puissance fantastique.

Accessoires nécessaires: 26

Fig. 122



123. PRODUIRE DE L'ÉLECTRICITÉ AU MOYEN DE LA LAINE

Si, ayant aux pieds des chaussures à semelles de caoutchouc, nous marchons pendant un certain temps sur un tapis de laine ou de soie, notre corps se charge d'électricité. Si, immédiatement après, nous touchons un tuyau d'eau ou une autre pièce métallique reliée à la terre, une étincelle jaillit entre cette pièce et nous.

De même, lorsque nous nous peignons, le peigne et nos cheveux se chargent d'électricité. Il en est de même pour la peau du chat, lorsque nous le caressons. Nous pouvons aussi entendre des crépitements électriques lorsque nous retirons des vêtements en fibres synthétiques. Ceci n'est évidemment pas aussi grave que les étincelles qui peuvent se produire dans les dépôts à la suite du frottement des liquides dans les tuyauteries. Il y a aussi la friction que l'air produit sur la surface de l'avion qui, lui aussi, se charge d'électricité. C'est ainsi que le dirigeable "Hindenburg" a pris feu et fut détruit à la suite d'une étincelle d'électricité statique. Il y a des dangers de ce genre dans les fabriques de papier ou de caoutchouc et partout où la transmission de force se fait au moyen de courroies en cuir ou en caoutchouc.

Accessoires nécessaires: peigne

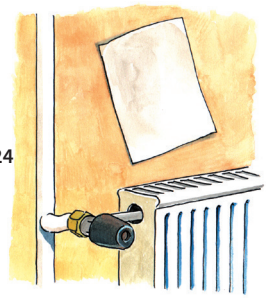
Fig. 123

124. COLLAGE ÉLECTROSTATIQUE

Lorsqu' en hiver, quand la maison est chauffée, on prend une feuille de papier journal, on la laisse sécher à fond devant le foyer ou sur un radiateur et, ensuite, on l'étale sur le mur et on la frictionne vigoureusement, elle restera longtemps collée au mur. En la frottant, nous l'avons chargée de courant électrostatique, ce qui provoque son adhésion au mur.

Accessoires nécessaires: du papier-journal

Fig. 124

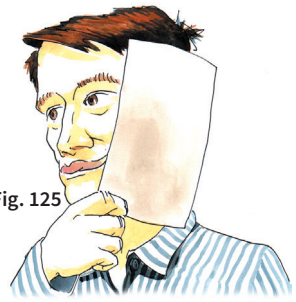


125. TOILE D'ARAIGNÉE ÉLECTRIQUE

Comme dans l'expérience n°1, nous chauffons une feuille de papier, nous la posons sur la farde et nous la frottons énergiquement. Nous soulevons alors la feuille de papier et nous l'approchons de la figure (figure 5). Nous avons l'impression de passer avec la figure dans une toile d'araignée. En frottant le papier, celui-ci s'est chargé d'électricité statique, ce qui fait hérisser les petits poils de la peau, produisant l'effet décrit ci-dessus.

Accessoires nécessaires: une feuille de papier

Fig. 125



126. DES CORPS CHARGÉS D'ÉLECTRICITÉ STATIQUE S'ATTIRENT

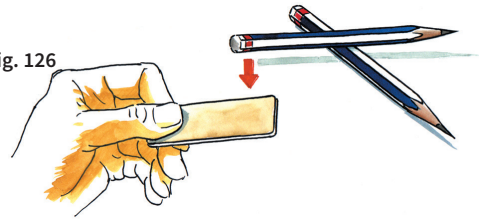
Nous posons l'un sur l'autre, se croisant à angle droit, 2 crayons hexagonaux en bois. Nous approchons d'une des extrémités du crayon supérieur la plaquette en polyvinyle que nous avons préalablement frictionnée de la main ou avec du papier-journal. A la place du crayon supérieur, nous pouvons aussi utiliser une règle ou une baguette. Le crayon ou la règle est attiré par la plaquette.

Déjà 600 ans avant notre ère, les Grecs avaient remarqué que l'ambre (en grec "Electron") frictionné avec la main ou avec un morceau de tissu attirait d'une façon remarquable de légers corps étrangers.

Dans des expériences ultérieures nous verrons comment, en frottant différents matériaux l'un contre l'autre, nous les chargeons tous les deux d'électricité statique.

Accessoires nécessaires: 26 et deux crayons

Fig. 126

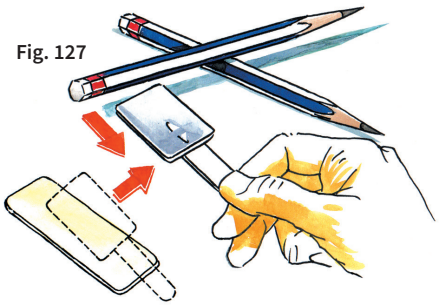


127. LES MÉTAUX AUSSI PEUVENT ÊTRE CHARGÉS D'ÉLECTRICITÉ STATIQUE

Comme dans l'expérience précédente, nous posons l'un sur l'autre deux crayons hexagonaux en bois. Nous frottons la partie métallique de la petite pelle sur la plaquette de polyvinyle. Ensuite nous approchons cette partie métallique d'une extrémité du crayon supérieur (figure 7). Il est évident que nous devons tenir la pelle par son manche en plastique. La plaque métallique chargée d'électricité attire le crayon. Ceci est la preuve que des métaux peuvent également être chargés électrostatiquement. Plus tard, nous apprendrons pourquoi la petite pelle possède un manche en plastique.

Accessoires nécessaires: 26, 27 et deux crayons

Fig. 127



128. DES CORPS CHARGÉS D'ÉLECTRICITÉ STATIQUE PEUVENT AUSSI SE REPOUSSER

Nous posons maintenant les 2 crayons en bois sur le socle en matière plastique (figure 8). Comme dans l'expérience précédente, après frictionnement, la pelle attire le crayon. Ensuite, nous chargeons à nouveau la pelle et nous remarquons que, maintenant, elle repousse le crayon. Dans toutes les expériences précédentes, nous avons vu des corps s'attirer l'un l'autre; pour la première fois, nous les voyons se repousser.

Accessoires nécessaires: 8, 26, 27 et deux crayons

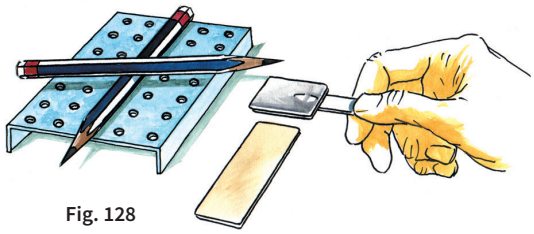


Fig. 128

129. UN CORPS CHARGÉ D'ÉLECTRICITÉ STATIQUE, PRÈS D'UN JET D'EAU

Si nous approchons la plaquette de polyvinyle d'un fin filet d'eau (figure 9), nous verrons que celui-ci est attiré et dispersé par la plaquette.

Accessoires nécessaires: 26, un verre d'eau

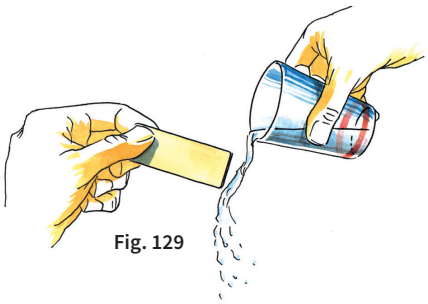


Fig. 129

130. QUAND DEUX CORPS CHARGÉS D'ÉLECTRICITÉ STATIQUE S'ATTIRENT-ILS ET QUAND SE REPOUSSENT-ILS?

Afin de répondre à cette intéressante question, nous faisons les expériences suivantes:

1. Nous frottons la partie métallique de la pelle sur la plaquette en polyvinyle.
2. Nous posons cette dernière en équilibre sur la cloche en aluminium.
3. Nous rapprochons la plaquette et la partie métallique de la pelle: les 2 pièces s'attirent (figure 10).
4. Nous électrisons le manche de la pelle en le frottant dans la main ou avec du papier. Si ensuite nous rapprochons ce manche de la plaquette, les 2 pièces se repoussent.

De cette expérience, nous pouvons déduire que les charges électriques peuvent être différentes et qu'il en résulte soit une attraction, soit une répulsion.

Accessoires nécessaires: 13, 26, 27

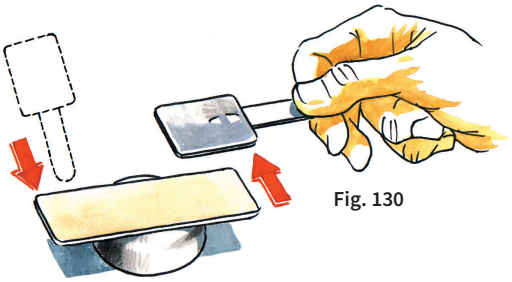


Fig. 130

131. UN ÉLECTROSCOPE SIMPLIFIÉ

En suivant les indications de la figure 11, nous rassemblons les éléments. Sur le socle en plastique, nous élevons la colonne en fer qui supporte un léger balancier de papier, découpé dans un morceau de papier 140 mm x 12 mm, et plié en deux dans le sens de sa longueur. Une épingle nous servira de pivot puisque nous avons transpercé le balancier avec celle-ci légèrement au-dessus du centre de gravité. L'électroscope est conforme, si le balancier est pendu perpendiculairement et si, s'écartant de cette position, il commence légèrement à osciller.

Accessoires nécessaires: 3 x 5, 3 x 6, 8, 20, 2 x 28, 29, punaise, balancier

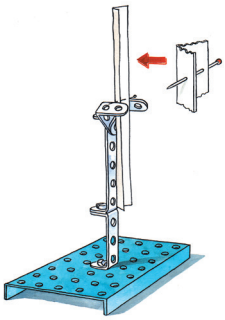


Fig. 131

132. LE POLYVINYL CHARGÉ D'ÉLECTRICITÉ STATIQUE ATTIRE LE BALANCIER DE L'ÉLECTROSCOPE

Nous frottons la plaquette de polyvinyle soit avec la main, soit avec du papier; ensuite, nous l'approchons du balancier de l'électroscope (figure 12). La plaquette attire le balancier. La même expérience peut être faite avec un peigne, un morceau de verre ou un bâton de cire à cacheter à condition de les frotter préalablement sur votre manche. Ces différents articles et beaucoup d'autres encore attireront le balancier à condition de les frictionner préalablement, car ceci les charge d'électricité statique.

Accessoires nécessaires: (11), 26

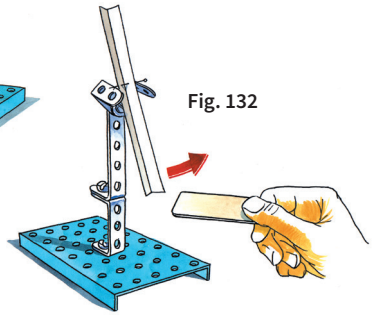


Fig. 132

133. TOUS LES CORPS ÉLECTRISÉS STATIQUEMENT ATTIRENT LE BALANCIER DE L'ÉLECTROSCOPE

Nous faisons à nouveau l'expérience n°12 mais cette fois-ci avec la pelle n°26. Nous la tenons par le manche et nous frottons la partie métallique sur la plaquette en polyvinyle. Celle-ci attirera aussi le balancier. Ensuite nous enveloppons la pelle avec un papier ou un chiffon; nous la frottons ainsi sur la plaquette. Après l'avoir déballée, nous présentons à nouveau la pelle et le balancier revient aussitôt. Le papier et le chiffon ont également été chargés d'électricité statique. De tout ceci, nous pouvons déduire que les corps sur lesquels nous frottons s'électrisent aussi bien que ceux au moyen desquels nous frottons.

Accessoires nécessaires: (11), 26, 27, un morceau de papier et de tissus

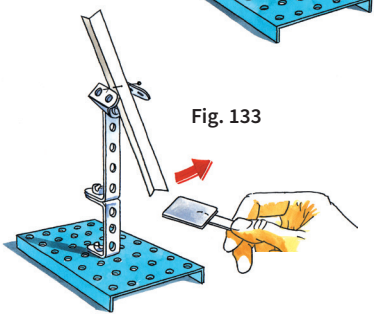


Fig. 133

134. CHARGEMENT DE L'ÉLECTROSCOPE

Nous posons la plaquette de polyvinyle sur le bord de la table et nous la frottons en appuyant légèrement au moyen de la partie métallique de la pelle. Celle-ci est ensuite mise en contact avec la colonne de l'électroscope (figure 14). Le balancier s'écarte et reste dans cette position. Si nous répétons plusieurs fois la même opération, le balancier s'écartera toujours davantage: le chargement électrostatique augmente.

Accessoires nécessaires: (11), 26, 27

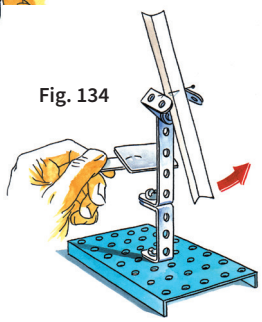


Fig. 134

135. DÉCHARGEMENT DE L'ÉLECTROSCOPE

Du bout du doigt, nous touchons la colonne de l'électroscope chargé (figure 15). Aussitôt le balancier retombe à sa position normale. Les électrons, porteurs de la charge électrostatique, ont été conduits à la terre à travers notre corps. Le chemin inverse est également possible. Dans des expériences précédentes, nous avons constaté que des matériaux quelconques peuvent être électrisés en les frottant au moyen de la plaquette de polyvinyle. Est-ce que nos mains peuvent également être chargées d'électricité statique?

Accessoires nécessaires: (11)

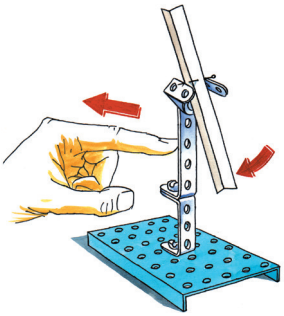


Fig.135

136. CHARGEMENT PROGRESSIF DE L'ÉLECTROSCOPE

1. Nous posons la plaquette de polyvinyle sur la table et nous la frottons vigoureusement soit avec la main, soit avec du papier.
2. Nous posons sur la plaquette la partie métallique de la pelle que nous tenons par le manche.
3. Avant de relever la pelle, nous touchons la partie métallique avec un doigt.
4. Nous touchons ensuite le balancier de l'électroscope avec la partie métallique de la pelle. Aussitôt le balancier s'écarte. Nous recommençons plusieurs fois la succession 2, 3 et 4. Le balancier s'écarte de plus en plus, ce qui prouve que le chargement électrostatique augmente. L'ensemble formé par la pelle et par la plaquette de polyvinyle s'appelle un électrophore.

Accessoires nécessaires: (11), 26, 27

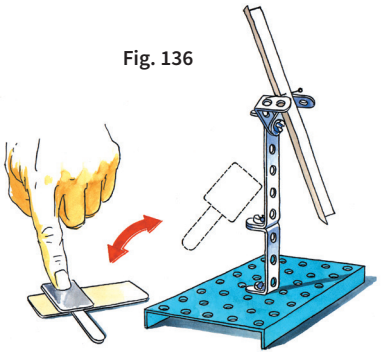


Fig. 136

137. DÉCHARGEMENT PROGRESSIF DE L'ÉLECTROSCOPE

Nous avons vu ci-dessus comment on chargeait l'électroscope et nous avons laissé celui-ci avec son balancier fortement dévié. Si maintenant, nous prenons la pelle par le manche et que nous touchons avec la partie métallique successivement notre corps et ensuite la colonne de l'électroscope, le balancier reviendra légèrement. Chaque fois que nous ferons cette opération, le balancier descendra un peu plus.

Accessoires nécessaires: (11), 26, 27

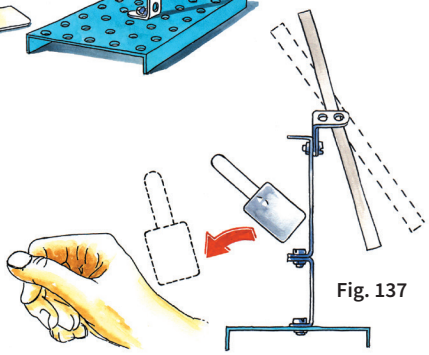


Fig. 137

138. CONDUCTEURS ET ISOLATEURS

Nous chargeons l'électroscope au moyen de l'électrophore (expérience n°16). Ensuite nous touchons la colonne successivement avec le manche non frictionné de la pelle, avec un crayon, avec du papier et avec la plaque de cuivre. Nous continuons l'expérience avec différents autres matériaux contenus dans la boîte. Que remarquons nous? Lorsque l'approche se fait avec du polyvinyle, du verre sec, de la porcelaine, de la cire à cacheter, etc, le balancier ne bouge pas. La cause réside dans le fait que tous ces matériaux sont isolants. Par contre, les métaux sont de bons conducteurs d'électricité, de même que notre corps, les crayons ou le papier humide.

Accessoires nécessaires: (11), 24, 26, 27 et divers autres matériaux

139. CORPS CHARGÉS D'ÉLECTRICITÉ POSITIVE OU NÉGATIVE

Nous chargeons à nouveau l'électroscope au moyen de l'électrophore. Si ensuite nous approchons la pelle du balancier, celui-ci s'en écartera. Par contre, si nous approchons la plaquette de polyvinyle, celle-ci attire le balancier.

Nous constatons donc que des corps peuvent être électrisés de façon différente. Dans le cas qui nous occupe, la pelle métallique et l'électroscope étaient positifs, tandis que la plaquette en polyvinyle était négative. Des objets électrisés de même polarité se repoussent tandis qu'ils s'attirent s'ils sont de polarité opposée.

Accessoires nécessaires: (11), 26, 27

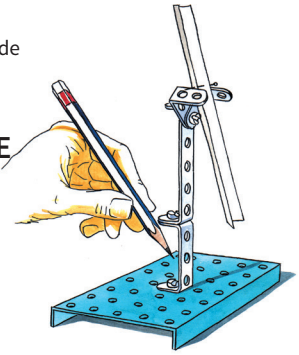


Fig. 138

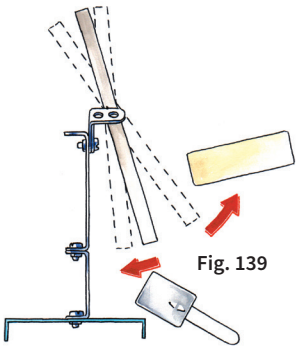


Fig. 139

140. LE PENDULE ÉLECTRIQUE

Nous construisons un pendule électrique afin de faire quelques nouvelles expériences intéressantes. Il nous faut pour cela: une boule de sureau ou de polystyrène expansé (1), un fil de coton (2), un petit tube en papier placé verticalement (3), un fil de fer plié en équerre (4) et un second petit tube en papier placé horizontalement (5).

Si on ne dispose pas d'une boule de sureau ou de polystyrène expansé (environ 1 cm de diamètre), on la remplace par un manchon fabriqué avec du papier d'argent. Nous prenons pour cela, une feuille de papier d'argent de 3 cm x 5 cm, nous la roulons autour d'un crayon, en veillant à ce qu'une partie dépasse d'un côté; nous rabattons celle-ci en la tordant pour nous permettre d'y nouer le fil de coton.

Les tubes en papier sont réalisés au moyen d'une feuille de papier (90 x100 mm) enduite de colle et roulée sur une grosse aiguille à tricoter; nous retirons celle-ci avant que la colle ne prenne en évitant qu'elle ne se déroule au moyen d'un élastique ou de papier adhésif et nous laissons sécher le tout. Une des extrémités d'un tube est fixée sur le socle au moyen de la longue vis glissée dans le tube et tenue en place par un écrou. L'équerre est faite au moyen d'un clou ou d'un bout de fil de fer.

Accessoires nécessaires: 2 x 6, 8, 9, 12, papier, papier aluminium, fil de coton, du fil de fer

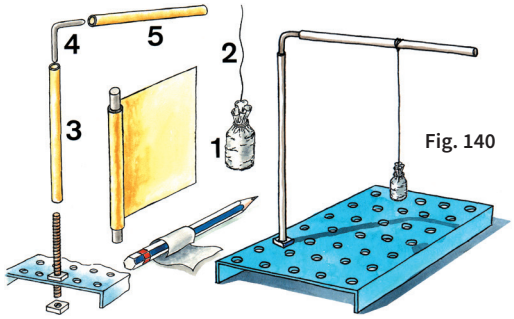


Fig. 140

141. EXPÉRIENCES AVEC LE PENDULE ÉLECTRIQUE

1. Nous approchons du pendule la plaquette en polyvinyle, chargée électro statiquement. La plaquette attire le pendule et le repousse aussitôt. Ensuite il ne se laisse plus attirer.
2. Nous touchons le pendule de la main et ensuite on en approche la pelle métallique. Celle-ci aussi attire le pendule et le repousse aussitôt.

Comment pouvons-nous expliquer ce phénomène?

La plaquette de polyvinyle est chargée négativement. Elle attire la boule de sureau qui de cette façon s'électrise aussi négativement, provoquant la répulsion. La pelle métallique est chargée positivement; à l'approche du pendule, celui-ci devient aussi positif et ils se repoussent. Ceci est encore une preuve que des corps électrisés de même polarité se repoussent.

Accessoires nécessaires: (20), 26, 27

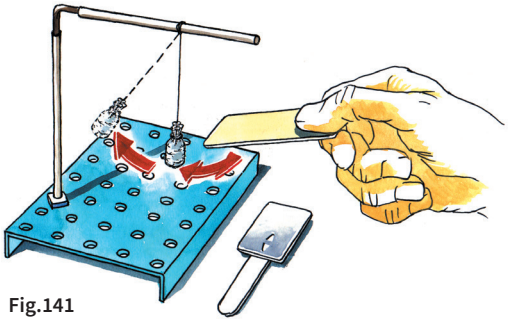


Fig.141

142. DES CORPS DE POLARITÉ CONTRAIRE S'ATTIRENT

Pour cette expérience, nous avons besoin de 2 pendules. Le second pendule est construit comme le premier (voir expérience n°20) mais on lui donne la cloche comme base. Nous gardons les pendules à l'écart l'un de l'autre et donnons à l'un une charge positive tandis que l'autre reçoit une charge négative. Lorsqu'on les rapproche lentement, on s'aperçoit que les boules s'attirent. Si elles se touchent, elles se déchargent et ne s'attirent plus.

Nous en tirons les 2 conclusions suivantes:

1. Des corps chargés de polarité opposée s'attirent.
2. Des charges positives et négatives de même puissance s'annulent.

Accessoires nécessaires: (20), 6, 13, 25, 26, 27, papier, papier aluminium et du fil

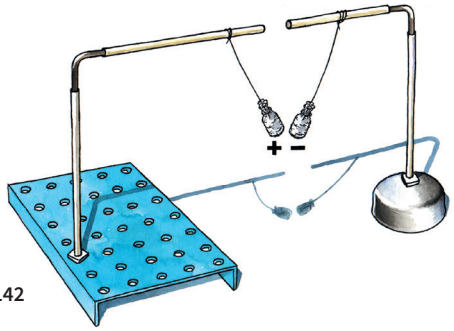


Fig.142

143. ELECTROSCOPE À FEUILLES

Afin de continuer nos expériences sur l'électricité statique, il nous faut un nouvel instrument: l'électroscope à feuilles.
Sur le centre du socle en plastique, nous fixons la cloche avec une vis et un écrou. La longue vis, la tête en dessous et bloquée sur l'équerre double au moyen d'un écrou, maintient la cloche. Sur la partie de la vis qui dépasse par au-dessus, nous glissons un tube de papier recouvert de papier d'argent et long d'environ 90 mm. La façon de fabriquer ce tube est décrite à l'expérience n°20. A la partie supérieure du tube, nous fixons 2 petits supports (voir b de la figure 23) réalisés avec du fil de cuivre de 0,3 mm de diamètre. Chaque support forme au-dessus un rectangle de 5 mm x 10 mm. Les petites feuilles de l'électroscope doivent être faites avec du fin papier de 8 mm x 70 mm. Il faut les fixer aux supports de la façon indiquée au croquis de détail de la figure 23. La flèche indique l'endroit où la petite feuille est repliée et collée sur elle-même.
Accessoires nécessaires: 5, 2 x 6, 8, 13, 20, 25, 36, papier et papier aluminium

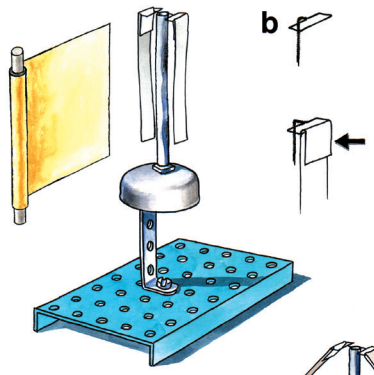


Fig. 143

144. DE L'ÉLECTRICITÉ TIRÉE D'UNE BOITE D'ALLUMETTES

Sur la pelle, que nous tenons par le manche, nous glissons le couvercle d'une boîte d'allumettes afin de le frotter sur la plaquette en polyvinyl. Nous rapprochons ensuite la boîte d'allumettes de l'électroscope (figure 24). Les petites feuilles de celui-ci s'écartent violemment. Dès que, de notre main, nous touchons l'électroscope, les petites feuilles retombent. La même expérience peut être faite en enveloppant le pelle dans du papier, dans un chiffon, dans de la fourrure, avant de la frotter sur la plaquette de polyvinyle. Les résultats sont les mêmes. Pour finir, nous pouvons encore faire l'essai avec une baguette de verre frottée sur de la laine ou sur de la soie.
Accessoires nécessaires: (23), 26, 27, une boîte d'allumettes

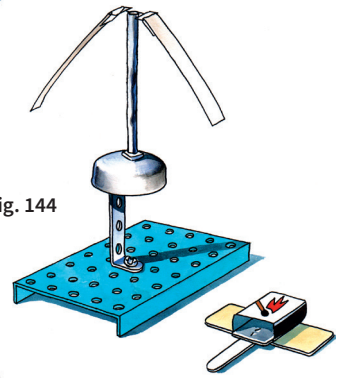


Fig. 144

145. CAPACITÉ DE CHARGE ET DE DÉCHARGE

Nous enveloppons l'extrémité du manche de la pelle avec du papier d'argent. (voir détail " a") De cette façon, nous avons 2 extrémités métalliques: une grande et une petite (figure 25). Nous chargeons l'électroscope en suivant le procédé décrit au n°16, jusqu'à ce que les petites feuilles de papier soient complètement écartées. Ensuite, nous touchons l'électroscope avec le bout du manche de la pelle en papier d'argent: les petites feuilles redescendent légèrement. Après avoir touché de la main le bout du manche, nous approchons à nouveau celui-ci de l'électroscope. A chaque mise en contact, les petites feuilles descendent un peu plus, jusqu'à retomber complètement. Ensuite, nous rechargeons l'électroscope et nous faisons la même expérience avec la pelle elle-même. La descente s'accélère sensiblement. Laquelle des 2 extrémités possède la plus grande capacité?
Accessoires nécessaires: (23), 26, 27, et papier aluminium

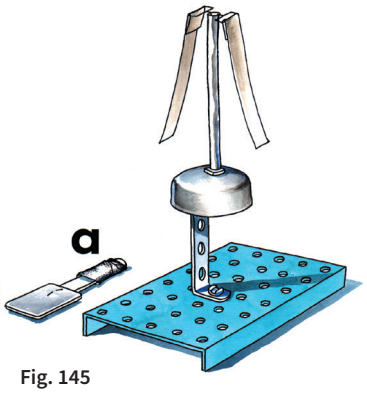


Fig. 145

146. IONISATION DE L'AIR

D'abord, nous chargeons l'électroscope jusqu'à écartement maximum des petites feuilles de papier. Nous observons le temps pendant lequel elles maintiennent leur position. Par temps sec, surtout en hiver, elles peuvent rester écartées plusieurs heures, ce qui prouve que l'air est un bon isolant. Par contre, par temps humide, les petites feuilles redescendront plus rapidement. Ensuite nous chargeons à nouveau l'électroscope et nous approchons avec précaution une allumette allumée (il faut veiller à ne pas mettre le feu aux petites feuilles de papier). Elles se referment aussitôt. Sous l'influence de la flamme (chaleur) les molécules de l'air se meuvent tellement vite qu'elles s'ionisent mutuellement, c. à. d. qu'elles se chargent où se déchargent d'électrons. L'air s'ionise et, ainsi que nous l'avons vu, l'air ionisé n'est pas un bon isolant. C'est pour cela que la foudre tombe souvent sur un feu en plein air.
Accessoires nécessaires: (23), 26, 27 et allumettes

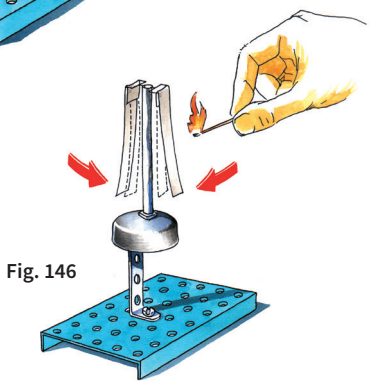


Fig. 146

147. LE CHAMP ÉLECTRIQUE

Dans un carton d'épaisseur moyenne, nous découpons un panneau de la grandeur de la plaquette de polyvinyle contenue dans la boîte. L'une étant posée sur l'autre, nous frottons le polyvinyle avec la main ou avec du papier et nous le soulevons. Que remarquons-nous? En même temps que le polyvinyle, nous avons soulevé le carton quoique celui-ci soit relativement lourd. Par le frottement, la plaquette de polyvinyle s'est chargée négativement. Par suite de la proximité de ce chargement négatif, le carton s'est chargé positivement. Comme les corps de polarité opposée s'at tirent, les 2 plaques adhèrent l'une à l'autre et nous pouvons éprouver cette attraction en tentant de les séparer (figure 27). Entre les 2 plaques s'est créé un champ électrique.
Accessoires nécessaires: 26 et assiette du carton

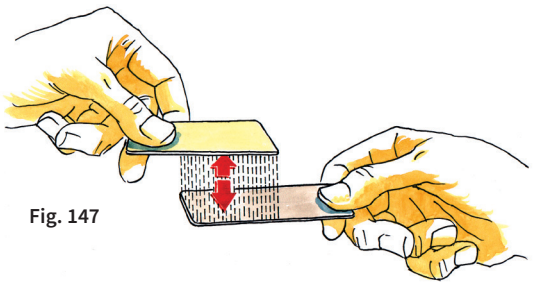


Fig. 147

148. LIGNES DE FORCE ÉLECTRIQUES

Sur le bord de la table, nous posons la plaque de carton et, en dessous d'elle un fil à coudre assez long. Nous posons la plaquette de polyvinyle sur le carton et nous la frottons avec la main ou avec du papier. Ensuite, tout en maintenant le carton sur la table avec une main, nous soulevons la plaquette de polyvinyle d'environ 6 à 8 cm avec l'autre main. Nous sentons une certaine résistance et les extrémités du fil à coudre se soulèvent en direction du polyvinyle. Dans le champ électrique situé entre les 2 plaques, se produisent des lignes de force électriques qui provoquent l'attraction du fil.
Accessoires nécessaires: 26, morceau du carton et du fil

Fig. 148

149. LE CONDENSATEUR

Sur le bord de la table, nous plaçons la plaquette de polyvinyle chargée et, par-dessus, nous posons l'électroscope. Les petites feuilles de papier ne s'écartent pas quoique la plaquette soit chargée. Pourquoi? Parce que le polyvinyle est chargé négativement. La table possède un chargement positif qui attire les petites feuilles de papier qui elles-mêmes sont négatives. Si nous soulevons de 8 à 9 mm la plaquette de polyvinyle avec l'électroscope, la charge positive de la table diminue; la charge négative de la plaquette prend le dessus et les petites feuilles de papier s'écartent. La table chargée positivement et la plaquette de polyvinyle chargée négativement forment un condensateur.

Les expériences n°27 et 28 correspondaient également au principe du condensateur.

Accessoires nécessaires: (23), 26, 27

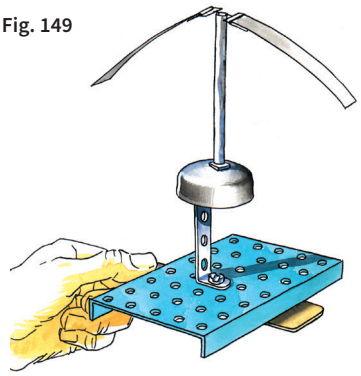


Fig. 149

150. DÉTERMINATION DES PÔLES AU MOYEN D'UNE LAMPE AU NÉON

L'électroscope étant chargé négativement, nous en approchons un tournevis d'essai contenant une lampe au néon. Les petites feuilles de papier se referment et une des extrémités de la lampe s'éclaire. Si, par contre, l'électroscope est chargé positivement, ce sera l'autre extrémité de la lampe qui s'éclairera. On trouve des tournevis à lampe au néon dans les trousses d'essai des installations électriques. Si on met le tournevis en contact avec le courant d'éclairage, les 2 extrémités de la lampe s'éclaireront parce que ce courant est alternatif.

Remarque: L'expérience doit être réalisée dans une pièce suffisamment sombre.

Accessoires nécessaires: (23), 26, 27 et une lampe de poche (non incluse)

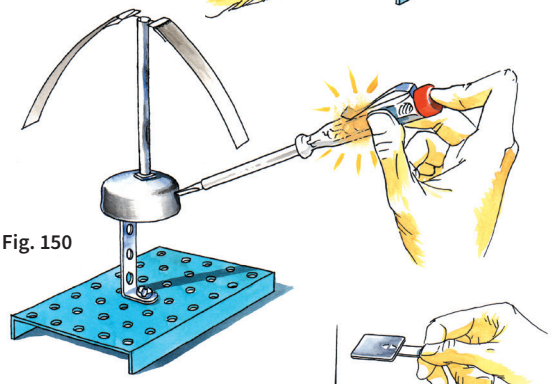


Fig. 150

151. TRAVAIL DES ÉLECTRODES À POINTE

Nous engageons une aiguille ou un morceau de fil de fer dans le haut de l'électroscope et nous en approchons la pelle chargée positivement, en veillant particulièrement à ce qu'ils ne se touchent pas. Les petites feuilles de papier s'écartent quoiqu'il n'y ait eu aucun contact. Si ensuite, sans la toucher, nous approchons de l'aiguille de l'électroscope une autre aiguille ou fil de fer que nous tenons en main, l'électroscope se déchargera graduellement quoiqu'il n'y ait eu aucun contact direct. Nous pouvons en tirer la conclusion que les électrons passent d'un corps à l'autre par l'intermédiaire des pointes des aiguilles non mises en contact. Ilest un fait que ce genre d'électrodes à pointe facilite beaucoup certains problèmes techniques. Par exemple, dans les fabriques de papier, l'électricité statique résultant du frottement du papier provoque un collage des feuilles; on élimine cet inconvénient en installant des électrodes à pointe qui conduisent l'électricité statique à la terre. Le même système est utilisé pour les avions, afin d'éliminer l'électricité statique provoquée par le frottement de l'air. Les paratonnerres portent également des pointes pour la protection contre la foudre (décharge soudaine de l'atmosphère terrestre).

Accessoires nécessaires: (23), 26, 27, et une aiguille

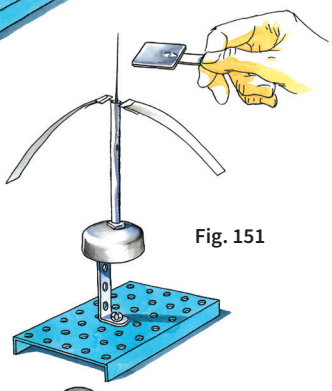


Fig. 151

152. LE PARATONNERRE

Le paratonnerre se compose d'une barre de fer terminée par une pointe. Du pied de la barre de fer part un gros câble en cuivre ou en aluminium (on utilise aussi des bandes de zinc) qui va vers la terre où il est fixé à une plaque de métal enterrée ou à une conduite d'eau. Si un nuage chargé d'électricité statique s'approche de la maison, celle-ci se charge électriquement par induction d'une polarité opposée à celle du nuage. Entre ce dernier et la maison s'établit un puissant champ électrique (condensateur). Par l'effet des électrodes à pointe, les électrons passent du nuage vers le paratonnerre et vice versa. De ce fait, les charges électriques se réduisent et le danger de la foudre s'écarte. Si, malgré tout, la décharge se faisait sous la forme d'un éclair, le courant serait détourné par les câbles de mise à la terre et cela, sans dommage pour la maison. Les grandes maisons ont des paratonnerres avec plusieurs pointes.

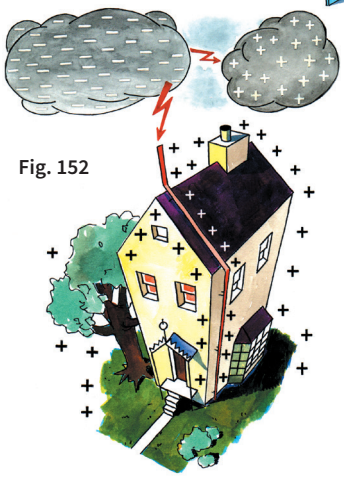


Fig. 152

153. LA CAGE DE FARADAY

Dans d'anciens livres, on trouve la légende d'un vieux roi d'un pays lointain auquel les fées prédirent, lors de la naissance de sa fille, que celle-ci mourrait le jour de son seizième anniversaire. À l'approche de ce jour, le roi fit construire un château fortifié où l'on ne pouvait entrer que par un pont-levis. La princesse et ses serviteurs ne pouvaient en sortir qu'après son anniversaire. Mais ce jour-là, le ciel se couvrit de nuages et bien vite un violent orage éclata. Un éclair plus fulgurant que les autres pénétra dans le château et foudroya la princesse. Voilà la légende.

Pouvons-nous actuellement protéger nos maisons contre l'orage? Oui, nous le pouvons; nous avons déjà fait connaissance avec le paratonnerre dans l'expérience précédente. Toutefois il existe un système encore plus sûr: la cage de Faraday. Ce paragraphe a pour but de vous décrire son fonctionnement. Sur le socle en plastique, nous posons un petit récipient en tôle (par exemple une vieille boîte à conserve ou un godet en aluminium). A l'intérieur et à l'extérieur de notre récipient, nous collons la partie supérieure de plusieurs lamelles de papier mince (la figure 33 n'en montre que 2). Nous touchons notre récipient (notre "cage") avec la pelle chargée électriquement: les lamelles de papier extérieures s'écartent tandis que les lamelles intérieures restent immobiles. Nous pouvons répéter l'expérience autant de fois que nous voulons, la charge ne se transmet qu'aux lamelles extérieures et à elles seules. Le résultat serait le même si notre récipient était troué en plusieurs endroits ou même s'il était remplacé par une cage faite en fil de fer comme une cage pour canari.

Si nous pouvions installer une telle cage autour de notre maison, l'orage ne pourrait jamais lui causer de dégâts. La cage de Faraday est surtout utilisée pour la protection des dépôts de munitions.

Accessoires nécessaires: 8, 26, 27, un récipient en tôle, une feuille de papier

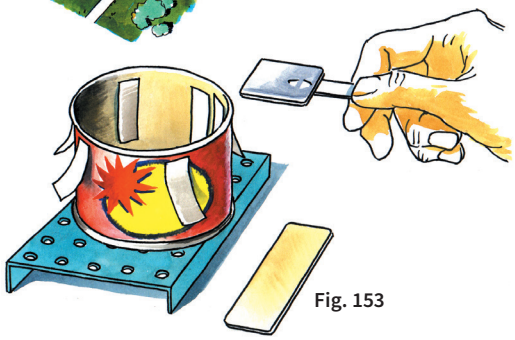


Fig. 153

154. QUELQUES EXPÉRIENCES SUPPLÉMENTAIRES

Au moyen d'une lame de rasoir, nous découpons quelques boules de moelle de sureau ou de polystyrène expansé; nous les posons sur la table et nous en approchons la pelle que nous avons préalablement chargée. Les petites boules commencent à danser entre la table et la pelle. A la place de boules de sureau nous pouvons aussi utiliser des cylindres en papier, voir figure 34.

Accessoires nécessaires: 26, 27, boules de sureau ou de polystyrène expansé et papier

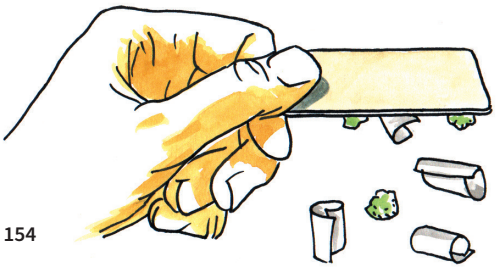


Fig. 154

155. MOLÉCULES, ATOMES, ÉLECTRONS

Toute la nature qui nous entoure est composée de différentes substances. Un élément est une substance pure qui ne pourrait pas être séparée en deux substances différentes avec une réaction chimique. Les éléments sont faits d'atomes qui sont reliés entre eux en molécules. A ce jour, nous connaissons 118 éléments dont 92 sont naturels et les autres sont réalisés artificiellement avec des réactions nucléaires. Quoique les atomes soient fort différents par leur composition et leur dimension, ils ont malgré tout des caractéristiques communes. Chaque atome possède en son centre un noyau lourd et compact autour duquel tournent d'une façon continue un nombre plus ou moins grand d'électrons. Le plus simple de tous est l'atome de l'hydrogène (figure 35, à gauche). Il se compose d'un petit noyau °J'autour duquel tourne un seul électron °e", tout comme la lune tourne autour de la terre. Le deuxième élément dans la série est l'hélium (figure 35, au centre). Il se compose d'un noyau un peu plus gros, autour duquel tournent deux électrons. Le noyau du lithium, qui est entouré de 3 électrons, est encore un peu plus gros. Autour du noyau du fer, qui est sensiblement plus gros et plus lourd que celui du lithium, tournent 20 électrons; le noyau de l'or possède 79 électrons; le plomb 82; le noyau de l'uranium est entouré de 92 électrons qui gravitent autour de lui sur plusieurs orbites à des distances différentes. Les électrons sont liés au noyau, tout comme la lune est liée à la terre et celle-ci au soleil. A certains corps, nous pouvons pendant un certain temps retirer quelques électrons de telle sorte qu'il leur en manque; ces corps sont alors chargés d'électricité positive, tandis que ceux possédant un surplus d'atomes sont chargés d'électricité négative. La molécule est un assemblage d'au moins 2 atomes d'éléments semblables ou différents.

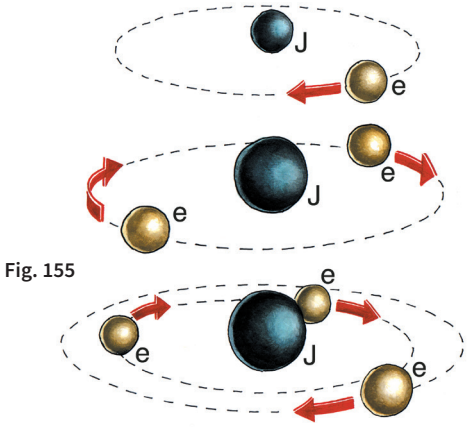


Fig. 155

MAGNÉTISME

156. DEVINETTE MAGNÉTIQUE

Dans la boîte d'expériences, nous trouvons 2 barres cylindriques. La première est blanche tandis que la seconde est noire et se termine sous forme d'une vis. Sans utiliser d'autres accessoires nous allons faire les expériences suivantes:
1. Laquelle des deux barres est un aimant, et laquelle n'est que du fer?
2. Est-ce l'aimant qui attire le fer ou est-ce le fer qui attire l'aimant?
Afin de répondre à ces 2 questions, nous allons procéder ainsi: nous déposons une des 2 barres sur la table et, au moyen de l'autre barre nous essayons de soulever la première par son milieu (dessiner le point central sur chacun des cylindres) (figure 36). Si nous parvenons à soulever ainsi la pièce se trouvant sur la table, c'est que nous avons l'aimant en main. Si, par contre, la pièce se trouvant sur la table ne bouge pas, c'est que c'est elle qui est l'aimant… Nous verrons plus tard la raison de ce comportement. Par des essais successifs, nous pouvons constater que ce n'est pas seulement l'aimant qui attire le fer, mais que celui-ci attire également l'aimant: ils s'attirent mutuellement.

Accessoires nécessaires: 10, 16

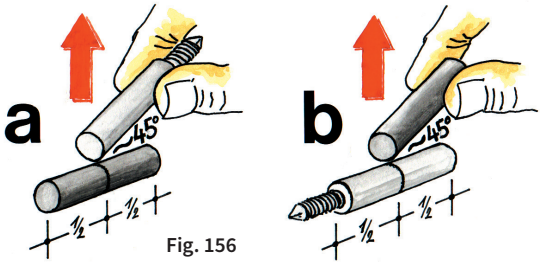


Fig. 156

157. L'AIMANT

Déjà dans l'Antiquité, les Grecs savaient que, dans les environs de la ville de Magnesia en Asie mineure (actuellement la Turquie), on trouvait un minerai qui attirait le fer. Ce minerai s'appelle la magnésite et sa puissance d'attraction: le magnétisme. Ainsi que nous le verrons plus tard, on peut fabriquer avec ce minerai des aimants synthétiques. Dans notre boîte d'expériences se trouve un aimant; toutefois, il n'a pas été réalisé au moyen de magnésite: c'est au moyen de l'électricité qu'il a été fabriqué. Cet aimant nous permet d'attirer les vis et les écrous contenus dans notre boîte, et aussi de nombreux autres objets en fer.

Accessoires nécessaires: 5, 6, 10

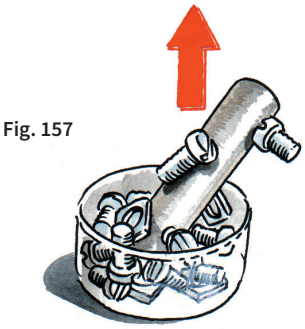


Fig. 157

158. UN AIMANT N'ATTIRE-T IL QUE LES OBJETS EN FER?

Nous posons sur la table différentes pièces prises dans notre boîte et nous essayons de les soulever au moyen de l'aimant. Quelles pièces pouvons nous soulever?
Nous pouvons soulever toutes les pièces en fer telles que: les écrous, les vis, des clous, de la tôle de fer. Par contre, tout ce qui est en zinc, en plomb, en cuivre, reste sur la table. Si nous avions des articles en nickel au en cobalt, nous pourrions nous rendre compte que l'aimant attire également ces 2 métaux. L'attraction la plus forte est faite par des alliages magnétiques appelés Al Ni, Al Ni Co.
L'aimant contenu dans notre boîte est en Al Ni Co qui est un alliage d'aluminium, de nickel et de cobalt.

Accessoires nécessaires: 5, 6, 10, 23, 24, et différents autres objets métalliques

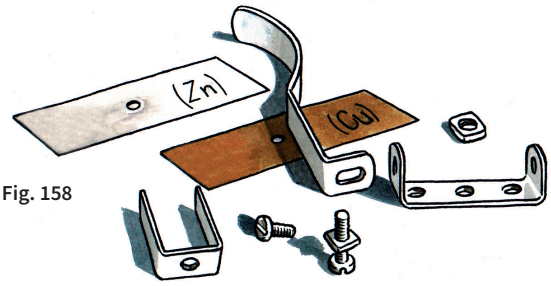


Fig. 158

159. UN AIMANT POSSÈDE 2 PÔLES

Nous prenons une feuille de papier blanc que nous saupoudrons de limaille de fer; nous y plongeons l'aimant et nous le retirons aussitôt. La limaille s'accroche à l'aimant, mais pas d'une façon uniforme sur toute sa longueur. Les endroits où l'aimant a le plus de puissance d'attraction s'appellent les pôles. Chaque aimant possède 2 pôles. C'est là que le magnétisme est le plus fort; par contre, au centre, le magnétisme est pratiquement nul. Ceci nous donne l'explication de la devinette magnétique de l'expérience n° 36.

Accessoires nécessaires: 3, 10 et un morceau de papier

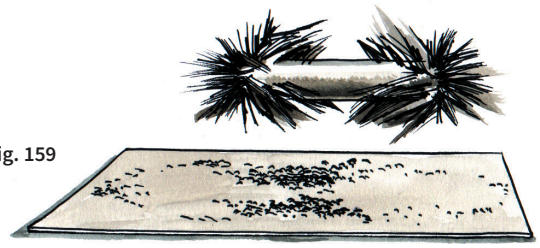


Fig. 159

160. LE CHAMP MAGNÉTIQUE

Nous glissons l'aimant sous le socle en plastique sur lequel nous avons posé la feuille de carton.
1. Nous saupoudrons le carton avec de la limaille de fer et nous le tapotons légèrement avec un crayon; on s'aperçoit immédiatement que les brins de limaille se déplacent pour former des boucles plus ou moins grandes qui partent d'un pôle pour rejoindre l'autre; elles se rangent suivant les lignes de force magnétiques invisibles;
2. Nous faisons à nouveau la même expérience mais en soulevant le carton de 2 à 3 cm; ici encore les brins de limaille s'orientent suivant les lignes de force magnétiques;
3. Nous faisons la même expérience mais en plaçant l'aimant verticalement; à nouveau nous pouvons suivre l'orientation des brins de limaille. Remarque: il ne faut utiliser que peu de limaille et la répartir uniformément sur le carton.
Conclusion: dans les environs d'un aimant se créent des lignes de force magnétiques; elles forment le champ magnétique qui est le plus puissant autour des pôles. Dans cette expérience-ci, il s'agit du champ magnétique produit par un aimant droit (barreau aimanté).

Accessoires nécessaires: 3, 8, 10 et du carton

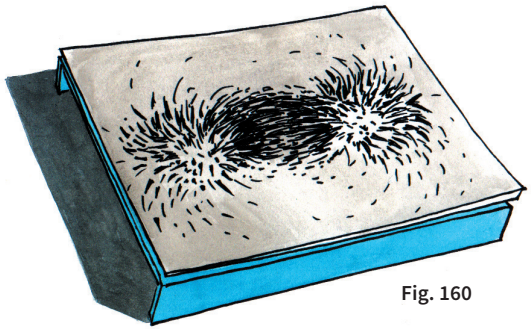


Fig. 160

161. LE CHAMP MAGNÉTIQUE ENTRE 2 PÔLES DE POLARITÉ OPPOSÉE

Nous posons l'aimant sur la table et, d'après le dessin de la figure 41, nous ajoutons les 2 parties du stator. Nous posons le carton sur l'ensemble et nous le saupoudrons d'un peu de limaille de fer. Nous tapotons le carton avec un crayon et aussitôt, tous les brins de limaille se placent suivant les lignes de force magnétiques comme dans l'expérience précédente. Toutefois, nous retrouvons aussi un champ magnétique entre les 2 tôles du stator. Ceci est une chose dont nous devrons tenir compte parce que cela nous expliquera le fonctionnement de la génératrice et du moteur électrique. Ici aussi, les lignes du champ magnétique vont d'un pôle vers l'autre.

Accessoires nécessaires: 3, 10, 15 et du carton

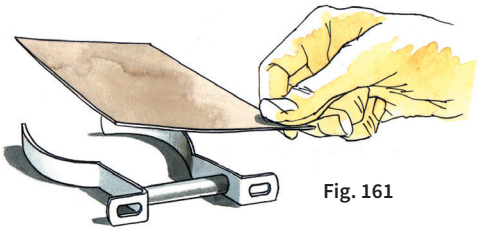


Fig. 161

162. LE CHAMP MAGNÉTIQUE ENTRE 2 PÔLES DE POLARITÉ SEMBLABLE

Comme dans l'expérience précédente, nous posons l'aimant sur la table, mais cette fois-ci, nous plaçons les 2 parties du stator suivant la figure 42. De cette façon, les 2 tôles du stator se trouvent en contact avec le même pôle de l'aimant. Nous posons de nouveau le carton sur l'ensemble et nous le saupoudrons légèrement de limaille de fer. Ce qui nous intéresse maintenant ce ne sont plus les brins de limaille entourant l'aimant, mais bien ceux se trouvant entre les tôles du stator. Ils se sont placés individuellement, non pas alignés sur des lignes passant d'un pôle à l'autre, mais plutôt en opposition les uns avec les autres comme s'ils voulaient se fuir mutuellement. Par contre, à l'extérieur des tôles du stator, les lignes de force magnétiques se sont reconstituées en boucles allant d'un pôle à l'autre. Nous pouvons en tirer la conclusion que les 2 pôles d'un aimant ne sont pas les mêmes, ce dont les expériences suivantes nous donneront des preuves supplémentaires.

Accessoires nécessaires: 3, 10, 15 et du carton

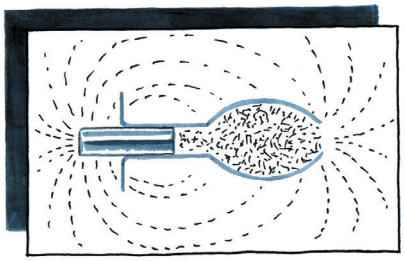


Fig. 162

163. LE PÔLE NORD ET LE PÔLE SUD D'UN AIMANT

A l'aide d'un morceau de papier formant berceau, nous suspendons l'aimant horizontalement par un fil monobrin (non retordu), par exemple: un fil de coton. Pour cette expérience nous avons besoin de la potence que nous avons fabriquée au n°20. Après un petit temps d'hésitation, l'aimant se stabilise de telle façon qu'un des pôles reste tourné vers le Nord, tandis que l'autre fait face au Sud. Nous les désignerons par le pôle vers lequel ils sont tournés et nous marquerons le pôle Nord par un peu de couleur ou par un papier collant. L'autre côté sera évidemment le pôle Sud. Un aimant possède donc 2 pôles.

Accessoires nécessaires: (20) 10, papier et du fil

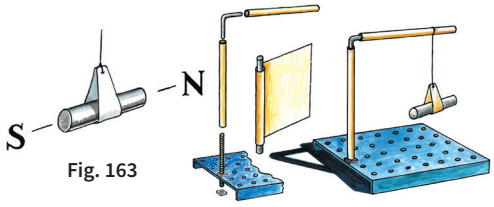


Fig. 163

164. AIMANTATION D'ACIER ET DE FER

1. Nous prenons une aiguille à tricoter en fer ou une grosse aiguille à coudre et nous la frottons plusieurs fois avec le même pôle de l'aimant, ainsi qu'il est montré à la figure 44, c'est à dire en tournant pour revenir dans le même sens. Ensuite, nous trempons l'aiguille dans la boîte contenant la limaille de fer, celle-ci y reste attachée. L'aiguille est donc aimantée. Pour nous rendre compte qu'elle possède bien les 2 pôles, nous fixons en son milieu un fil à coudre et nous suspendons ainsi le tout. Après un peu d'hésitation, notre aiguille se stabilisera, une extrémité orientée vers le Nord et l'autre vers le Sud.
2. Nous procédons de la même manière avec le noyau en fer doux contenu dans la boîte. Il ne soulève que peu de limaille car son aimantation n'est pas très forte et elle disparaît d'ailleurs très rapidement.
3. Nous faisons encore la même expérience avec le tournevis qui, comme l'aiguille à tricoter, est en acier. Il se laisse donc bien aimanter.

Conclusion: l'acier se laisse bien aimanter et garde longtemps son aimantation; par contre, l'aimantation du fer est faible et de courte durée.

Accessoires nécessaires: 3, 9, 10, et une aiguille à tricoter en acier

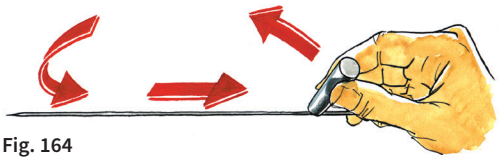


Fig. 164

165. UNE TEMPÉRATURE ÉLEVÉE DÉTRUIT LE MAGNÉTISME

Nous réchauffons l'aiguille à tricoter en fer à la flamme d'une bougie: elle perd son aimantation.

Accessoires nécessaires: 3, 10, une aiguille à tricoter en fer, une bougie et des allumettes

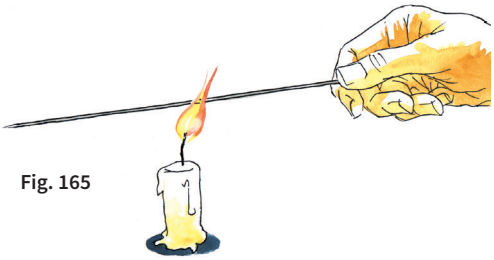


Fig. 165

166. DÉMAGNÉTISATION

Nous aimantons l'aiguille à tricoter en fer comme nous l'avons déjà fait à l'expérience n°44. Ensuite, nous cintrons l'aiguille à plusieurs reprises et dans différentes positions. Nous essayons de la faire soulever de la limaille et nous nous apercevons qu'elle a perdu son magnétisme. Elle peut aussi le perdre si nous la frappons sur un corps dur ou la laissons tomber.

Accessoires nécessaires: 3, 10 et une aiguille à tricoter en acier

Fig. 166

167. AIMANTATION D'UN CANIF

Nous frottons la lame de notre canif plusieurs fois avec l'aimant comme il est indiqué à la figure 47. Si nous approchons ensuite cette lame des vis ou de la limaille, nous nous apercevons qu'elle les attire et qu'elle est donc magnétisée. Avec quel pôle l'avons-nous aimantée? Quel pôle avons-nous à la pointe de la lame? Ce canif magnétisé peut-il aussi servir de boussole?

Accessoires nécessaires: 3, 5, 10 et un canif

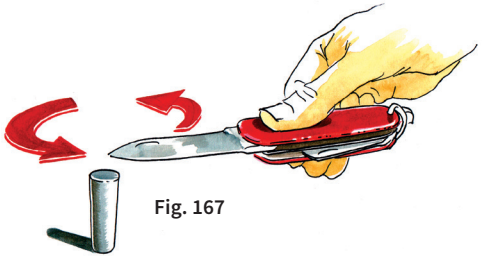


Fig. 167

168. PUISSANCE D'UN AIMANT

Nous avons jusqu'ici appris à connaître différents aimants. Lequel était le plus puissant et quelle était sa puissance? Indiscutablement, c'était l'aimant en Al Ni Co contenu dans notre boîte qui était le plus puissant. Mais comment pouvons nous mesurer sa puissance?
a) Dans un morceau de carton, nous découpons un petit plateau et nous l'attachons avec 3 ou 4 fils à l'équerre allongée n°16 (voir figure 48a). Nous soulevons l'équerre au moyen de l'aimant. Sur le plateau nous posons successivement divers objets de notre boîte, jusqu'au moment où l'aimant lâchera le tout. Nous avons alors dépassé sa puissance. Cette expérience peut aussi se faire en plaçant des poids sur le plateau; ceci nous permettra de déterminer en grammes, la puissance d'attraction de l'aimant.
b) Nous prenons le cadre de noyau, nous posons ses deux extrémités sur les pôles de l'aimant et nous suspendons au centre de celui-ci les fils du plateau (voir 2e partie de la figure 48b). Quelle est maintenant la puissance de l'aimant? Quoiqu'il soit resté le même que dans la première partie de l'expérience, nous remarquons que sa puissance est beaucoup plus grande. La raison réside dans le fait que nous utilisons maintenant les 2 pôles au lieu d'un seul.

Accessoires nécessaires: 10, 17, 18, du fil, du carton et différents objets

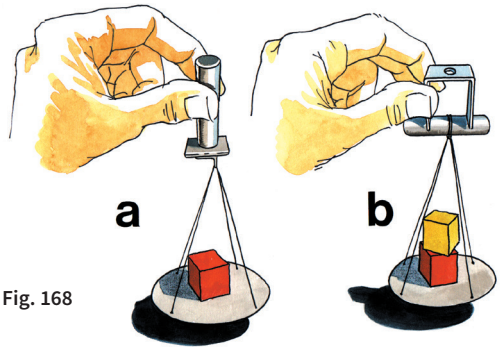


Fig. 168

169. L'AIGUILLE DE LA BOUSSOLE

Dans la boussole, qui est un des principaux éléments de notre boîte, se trouve une aiguille aimantée. Comme nous ne pouvons pas l'enlever sans endommager la boussole elle-même, nous allons nous en construire une. Nous prenons 2 longues aiguilles à coudre; nous les posons de telle façon que les chas se trouvent l'un à côté de l'autre et nous lions les 2 aiguilles ensemble, de telle façon que les pointes se trouvent à l'opposé l'une de l'autre. Nous magnétisons une des aiguilles avec le pôle Nord de notre aimant ainsi que nous l'avons fait dans les expériences 44 et 47. Il faut faire au moins 5 passages. Nous procédons de même avec la seconde aiguille mais en utilisant le pôle Sud de notre aimant. Nos aiguilles sont maintenant magnétisées et elles peuvent faire le même travail que l'aiguille aimantée de la boussole. Nous les suspendons dans un berceau en papier au bout d'un fil de 10 à 12 cm (figure 49) et nous attendons qu'elles se stabilisent. A ce moment une des pointes indiquera le Nord et l'autre le Sud.

Accessoires nécessaires: 10, deux aiguilles á coudre, du fil et du papier

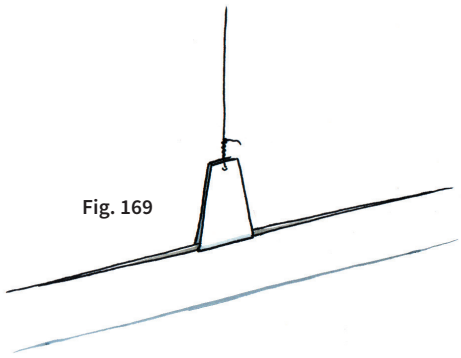


Fig. 169

170. LA PUISSANCE DU CHAMP MAGNÉTIQUE

Nous suspendons les aiguilles à la potence que nous avons fabriquée à l'expérience n°20 et nous attendons qu'elles se stabilisent. A une distance de 10 cm nous présentons le pôle Nord de notre aimant.
Les aiguilles bougent-elles? Dès qu'elles se sont arrêtées, nous présentons le pôle Sud de notre aimant. Si rien ne bougeait du fait que la distance était trop grande, nous pourrions refaire l'expérience à 9 ou à 8 cm. Nous nous rendons compte que le champ magnétique de notre aimant est fort grand, quoique lui-même soit fort petit. Par différentes expériences successives, nous pourrions déterminer que la puissance de l'aimant diminue en proportion du carré de la distance. L'attraction la plus forte se situe évidemment lorsque les pièces se trouvent dans le voisinage l'une de l'autre.

Accessoires nécessaires: (20), (49) et 10

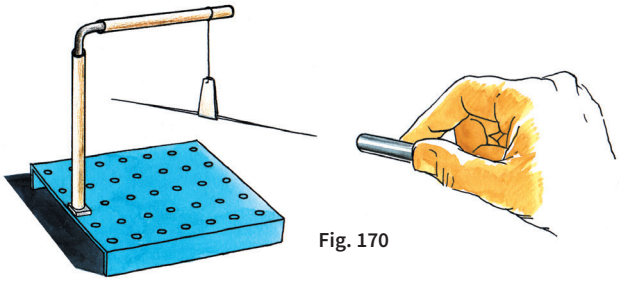


Fig. 170

171. LA BOUSSOLE

Notre boîte d'expériences contient une boussole qui est légèrement différente des boussoles habituelles. Elle contient une aiguille supplémentaire. La boussole normale possède une seule aiguille dont l'extrémité bleue indique le Nord, tandis que l'extrémité rouge indique le Sud. L'aiguille pivote sur un axe en acier, dans un boitier hermétique dont le fond représente la rose des vents avec les 4 points cardinaux. Ceux-ci sont désignés par les lettres suivantes:

S - Sud (South)
N - Nord (North)
E - Est (East)
W - Ouest (West)

L'aiguille supplémentaire jaune de notre boussole servira d'indication lorsque nous utiliserons notre boussole comme galvanomètre. Toutefois dans les autres expériences ce ne sont que les extrémités bleue et rouge qui entreront en ligne de compte.

Accessoires nécessaires: 34

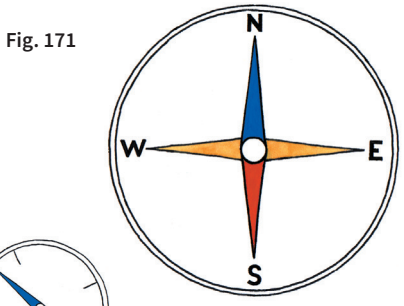


Fig. 171

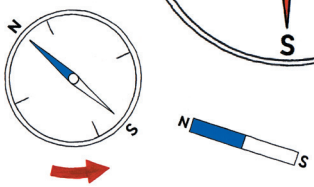
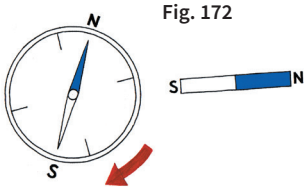


Fig. 172



172. INFLUENCE DES PÔLES MAGNÉTIQUES

1. Nous approchons le pôle Nord de l'aimant du pôle Sud de l'aiguille aimantée.
2. Nous approchons le pôle Nord de l'aimant du pôle Nord de l'aiguille aimantée.
3. Nous faisons les mêmes expériences avec le pôle Sud de l'aimant et que pouvons-nous constater?

Conclusion: Des pôles de même nom se repoussent, tandis que ceux de nom opposé s'attirent.

Accessoires nécessaires: 10 et 34

173. LA BOUSSOLE DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE

Nous déposons l'aimant au centre d'une feuille de papier blanc. Ensuite, nous déterminons le champ magnétique au moyen de la boussole. En une trentaine d'endroits tout autour de l'aimant, nous prenons note de la direction prise par l'aiguille de la boussole et nous dessinons chaque fois cette orientation sur notre papier. Etant donné que l'aiguille aimantée se place toujours dans le sens du champ magnétique, nous obtenons ainsi un schéma optique de celui-ci.

Accessoires nécessaires: 10, 34, et papier

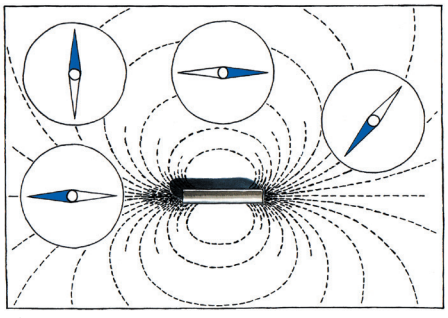


Fig. 173

174. LA TERRE EST UN AIMANT

La figure 54 montre la terre avec ses lignes de force magnétiques. La ligne droite Nord (N) - Sud (S) représente l'axe géographique de la terre. Comme la terre aussi influence l'aiguille aimantée, nous pouvons en conclure qu'elle constitue un formidable aimant qui a son pôle Sud dans les environs du pôle Nord géographique et son pôle Nord dans les environs du pôle Sud géographique. Le champ magnétique entoure toute la terre. L'aiguille aimantée se place toujours en suivant les lignes de force de ce champ magnétique qui va du Nord au Sud.

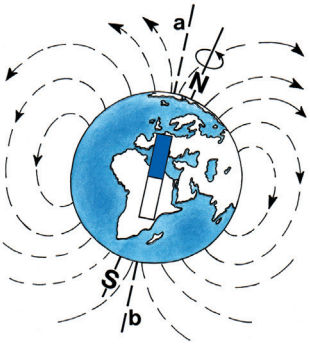


Fig. 174

175. LA DÉCLINAISON MAGNÉTIQUE

Les deux pôles de l'aiguille aimantée ne coïncident pas exactement avec les pôles géographiques. L'aiguille aimantée n'indique pas exactement le Nord, elle s'en écarte légèrement. La ligne droite a-b (voir figure 54) est appelé: le méridien magnétique.
L'angle entre le méridien magnétique (a-b) et le méridien géographique (N-S) est appelé: la déclinaison magnétique. A la suite de mesures prises pendant de longues années, on a constaté que cette déclinaison n'était pas la même dans toutes les parties du globe et même qu'elle ne restait pas constante en un point déterminé.
Comme la boussole est un instrument très important pour la navigation maritime ou aérienne, il fallait évidemment connaître l'amplitude de la déclinaison en un temps et en un endroit donnés. Les cartes marines donnent ces indications.
Accessoires nécessaires: 34

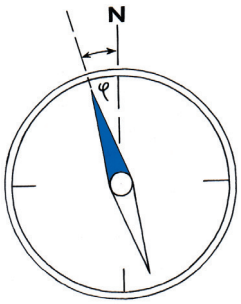


Fig. 175

176. L'ORIENTATION AU MOYEN DES CARTES GÉOGRAPHIQUES

Nous posons sur la table une carte d'Europe ou de n'importe quel pays. Sur le bord de la carte, nous posons la boussole et nous tournons le tout jusqu'à ce que l'aiguille aimantée suive la même direction que le cadre de la carte. A ce moment, notre carte est orientée au Nord.
Nous cherchons maintenant sur la carte l'endroit où nous nous trouvons et, grâce au compas, nous connaissons immédiatement les directions dans lesquelles se trouvent les villes qui nous entourent.
Afin d'obtenir une orientation parfaite, il nous faudra également connaître la déclinaison à l'endroit où nous nous trouvons, c'est à dire l'angle formé entre le pôle géographique et le pôle magnétique. La déviation en Europe occidentale est d'environ 4° vers l'Ouest (W).
Accessoires nécessaires: 34 et une carte géographique d'Europe

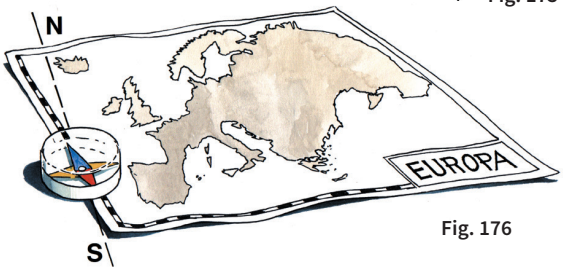


Fig. 176

177. DÉCOUPAGE D'UN AIMANT

Nous aimantons à nouveau notre aiguille à tricoter en fer. Au moyen de la boussole, nous pouvons aisément déterminer où sont ses pôles Nord et Sud. Ensuite, nous cassons l'aiguille en 2 pièces. Chaque pièce est à nouveau un aimant complet possédant les 2 pôles. Nous pouvons ainsi casser l'aiguille en 3, 4, 5 ou 10 pièces: chaque petit morceau constituera en lui-même un aimant complet possédant les 2 pôles.
Accessoires nécessaires: 10, 34, une aiguille à tricoter en acier

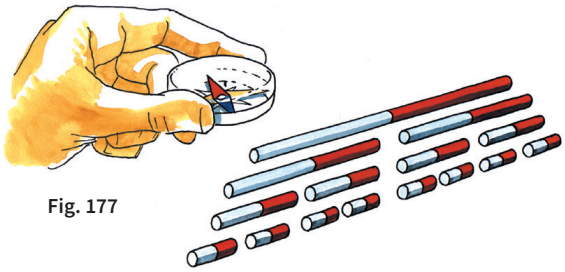


Fig. 177

178. ORIENTATION PARALLÈLE DE PETITS AIMANTS

Nous secouons bien la petite boîte contenant la limaille de fer et nous posons la boussole sur la boîte. Dès que l'aiguille aimantée aura pris sa position Nord-Sud, nous tournons lentement la boîte à limaille en même temps que la boussole (figure 58 à gauche). L'aiguille aimantée garde sa position Nord-Sud. Nous poursuivons l'expérience en posant l'aimant sur la boîte à limaille et en les secouant vigoureusement (figure 58 au centre). Nous enlevons l'aimant et nous le remplaçons par la boussole. Après quelques mouvements violents, l'aiguille s'arrêtera rapidement. Si maintenant, nous tournons la boîte à limaille avec la boussole, l'aiguille aimantée tournera en même temps. Pourquoi?
Accessoires nécessaires: 3, 10, 34

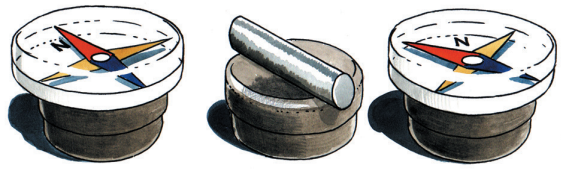


Fig. 178

179. INFLUENCE MAGNÉTIQUE

Si nous trempons n'importe quelle pièce de fer dans la boîte à limaille, nous nous apercevons de suite qu'elle n'est pas aimantée. Toutefois, elle le deviendra dès qu'on l'approchera d'un aimant (figure 59). Dès qu'on éloigne celui-ci, la pièce de fer perdra son magnétisme. Ce phénomène est appelé: "Influence magnétique".
Accessoires nécessaires: 3, 10, 15

Fig.179

180. MAGNÉTISME RÉMANENT

Nous tenons ensemble le noyau de fer doux et l'aimant; nous plongeons ainsi l'extrémité du noyau dans la boîte contenant les vis et les écrous.
Nous relevons le tout et les vis ainsi que les écrous restent attachés au noyau. A ce moment, nous écartons légèrement l'aimant du noyau et la plupart des vis retombent car, en écartant l'aimant, nous avons progressivement affaibli le magnétisme du noyau. Toutefois, quelques pièces restent encore attachées un certain temps:
le magnétisme n'a pas disparu totalement; il reste un magnétisme rémanent qui sera de grande utilité pour construire des génératrices de courant continu.
Accessoires nécessaires: 5, 6, 10, 16

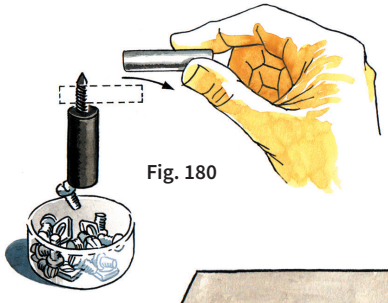


Fig. 180

181. L'EFFET DE L'AIMANT À TRAVERS CERTAINES MATIÈRES

La figure 61 montre une expérience dans laquelle un carton est glissé entre l'aimant et un écrou. Malgré tout, celui-ci subit l'attraction et il se déplace en suivant les mouvements de l'aimant sous le carton. Nous pouvons encore véri fier si cet écrou subit l'attraction de l'aimant au travers d'une latte en plastique ou en bois. A la suite de différents essais, nous constaterons que cette influence reste perceptible au travers du verre, du cuivre, de l'aluminium, du bois et de beaucoup d'autres matériaux, mais pas du fer.
Accessoires nécessaires: 6, 10, du carton, et règle en bois

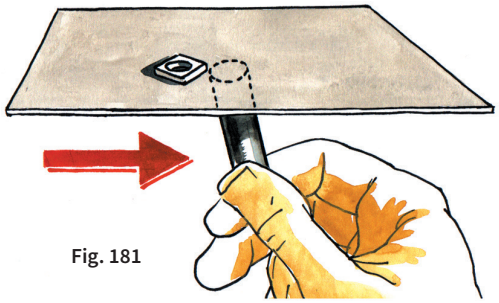


Fig. 181

182. ANNULATION DE L'EFFET D'UN AIMANT

Nous plaçons l'aimant dans une boîte en fer blanc (boîte à bonbons ou similaire). Au moyen de la boussole, nous pouvons nous rendre compte que son champ magnétique s'est fort affaibli. Plus les parois seront épaisses, plus le champ magnétique faiblira, jusqu'à devenir inexistant. Nous pouvons donc par une sorte de blindage, empêcher le passage du magnétisme aussi bien de l'intérieur vers l'extérieur que vice-versa.

Accessoires nécessaires: 10, 34 et boîte en fer

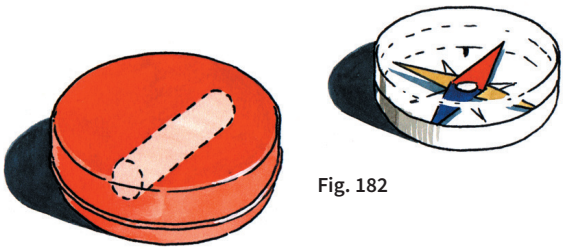


Fig. 182

183. LA PAIRE D'AIGUILLES ASTATIQUES

Dans la technique, on utilise souvent des aiguilles aimantées qui ne sont pas influencées par le magnétisme terrestre. Ce sont des paires d'aiguilles astatiques que nous pouvons fabriquer nous-mêmes. Nous commençons par magnétiser 2 longues aiguilles à coudre de telle sorte qu'elles aient toutes deux la même polarité du côté de la pointe. Nous les piquons dans un petit tube en papier en sens inverse l'une de l'autre (figure 63). Si nous suspendons ce petit tube par un fil non retord (par exemple: un fil nylon), nous constatons que les pôles terrestres n'ont aucune influence sur nos aiguilles. On utilise des aiguilles astatiques dans la construction de galvanoscopes (ou galvanomètres).

Accessoires nécessaires: 10, deux aiguilles à coudre, du papier et du fil

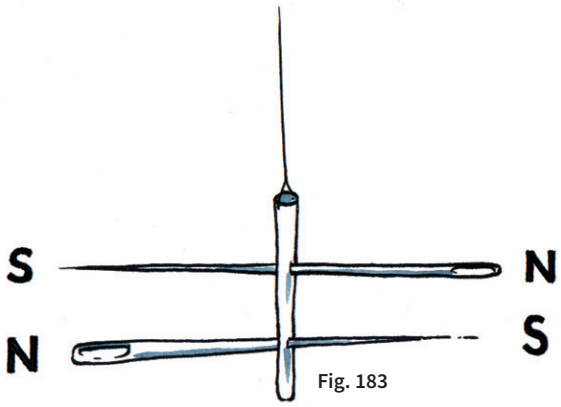


Fig. 183

184. LE FREIN MAGNÉTIQUE

Nous reprenons la potence de l'expérience n°20, nous y suspendons la cloche en aluminium avec l'ouverture vers le bas (figure 64). Pour nous permettre de la suspendre, nous collons tout autour, une bande de papier fort à laquelle nous attachons les 3 fils de support. De cette façon, la cloche pend bien horizontalement. Elle doit toutefois être fixée suffisamment haut pour qu'on puisse placer l'aimant debout en dessous d'elle. L'expérience se fait en 2 stades:

1. Nous éloignons l'aimant, nous faisons tourner la cloche à la main un certain nombre de tours dans un sens et la laissons ensuite revenir librement. Nous comptons le nombre de tours qu'elle fait pour revenir.
2. Nous faisons à nouveau la même expérience mais en plaçant l'aimant en dessous d'un des bords de la cloche et nombre de tours Nous comptons à nouveau le nombre de tours au retour. Nous constatons que le nombre de tours est plus petit à la seconde expérience qu'à la première. Pourquoi?

Nous savons que l'aimant n'a aucune influence sur l'aluminium et pourtant il a freiné la course de celui-ci. La cloche a tourné dans un champ magnétique. Les lignes de force magnétiques ont créé dans l'aluminium un courant électrique qui travaille contre le champ magnétique. Voilà la raison du freinage.

Accessoires nécessaires: (20), 10, 13, du fil et du papier

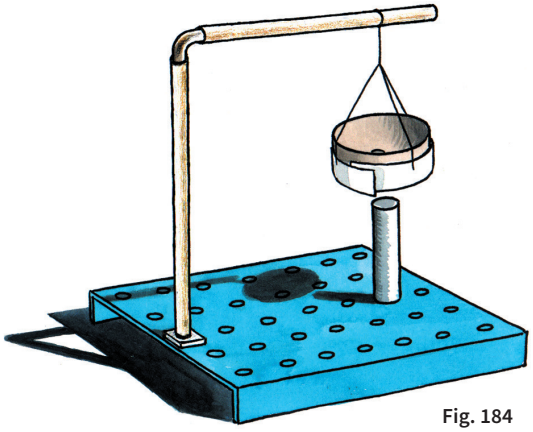


Fig. 184

185. LA BOUSSOLE MARINE

Cette boussole (le compas de marine) est autrement construite que celles que nous avons utilisées jusqu'ici. Nous allons donc nous en construire une. Dans un léger carton, nous découpons un cercle de 10 cm de diamètre et nous y dessinons une rose des vents comme il y en a une sur la boussole contenue dans la boîte. De plus, nous partageons la circonférence en 360° en partant du Nord vers l'Est, c. à. d., vers la droite. Sur la rose des vents, nous collons les aiguilles aimantées que nous avons réalisées à l'expérience n°49, de telle sorte que le pôle Nord des aiguilles corresponde avec le N de la rose des vents. Nous suspendons alors notre disque en carton au moyen de 3 fils non retords. Nous utilisons ici la seconde potence fabriquée à l'expérience n°22. Dans ce compas, ce ne sont plus seulement les aiguilles qui bougent: elles entraînent avec elles le carton représentant la rose des vents. Au bout d'un petit moment, l'ensemble s'arrête sur la position Nord-Sud des aiguilles. Sous le compas, nous glissons une planchette ou un carton assez épais qui représentera le navire. Dans l'axe longitudinal de la planchette nous traçons une ligne et, au bout de celle-ci, vers le Nord, nous élevons un petit carton pourvu d'un trait vertical correspondant à la ligne d'axe du navire (ici, notre planchette). Si le navire navigue vers le Nord, le trait vertical doit correspondre avec le N du compas. Si maintenant le capitaine donne l'ordre: "Route à 8° à l'Est", le timonier tourne le gouvernail vers la droite jusqu'au moment où le compas indique: 8°E. Dans notre cas, nous tournerons la planchette vers la droite jusqu'à ce que son trait vertical se trouve en face de la graduation représentant 8° sur la rose des vents. En effet, les aiguilles aimantées n'ont pas bougé et continuent à indiquer le Nord magnétique. Afin d'éviter des erreurs dues aux mouvements du navire par suite de l'effet des vagues, le compas est suspendu dans un double cadre dont les axes de pivotement se trouvent à angle droit l'un par rapport à l'autre: c'est la suspension "à la cardan". Son but est de maintenir le compas toujours horizontal, quelle que soit la position du navire.

Accessoires nécessaires: (20), (49), du papier, du carton, un livre et du fil

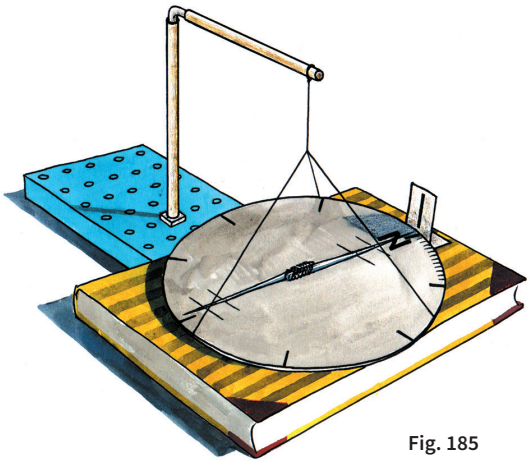


Fig. 185

186. LA DÉVIATION MAGNÉTIOUE

Reprenant l'expérience précédente et, en supposant que le capitaine commande: " Route à 8°E ", nous obtiendrons donc un déplacement du bateau par rapport à notre compas. D'autre part, comme nous le savons déjà, le fer attire un aimant. Si nous approchons de notre compas une pièce en fer, nous nous apercevons immédiatement que notre compas " dévie " et notre navire (notre planchette) semble prendre une autre direction.

Il y a de telles influences sur tous les navires et on les appelle la " Déviation". La cause en est le navire lui-même qui est construit en fer, dont les moteurs comportent du fer et dont certains accessoires tels que cabestans, bastingage, etc... sont également en fer. Parfois cette déviation peut être causée par le chargement même du navire, par exemple: du minerai de fer, de nickel ou de cobalt. Afin d'éliminer la déviation, les compas des navires sont pourvus de petits aimants mobiles et de boules de fer, mobiles également.

Dans le cas de notre compas, après avoir placé une pièce de fer à droite, nous pouvons le " compenser " en plaçant une autre pièce de fer ou un aimant de l'autre côté. Ceux-ci ne doivent pas être du même volume ni de la même puissance que les pièces qui sont la cause de la déviation, il suffit de placer les éléments correcteurs plus près du compas. Nous cherchons alors la meilleure position jusqu'à ce que celui-ci soit revenu à sa position de 8° E.

Accessoires nécessaires: (65) et un marteau

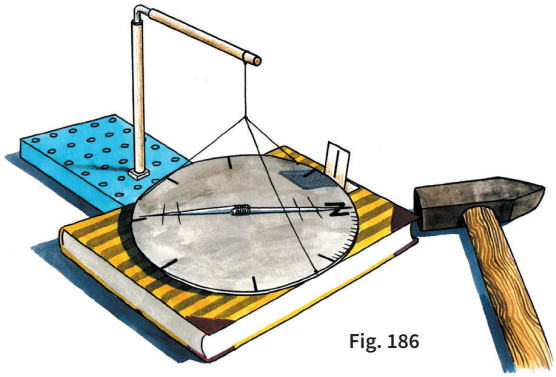


Fig. 186

187. AIGUILLES MAGNÉTIQUES DANS L'EAU

Au moyen de 6 aiguilles à coudre, nous pouvons faire des expériences intéressantes sur l'attraction et la répulsion des pôles magnétiques. Nous aimantons de la même manière les 6 aiguilles. Nous découpons 6 petits cubes semblables dans du bouchon, nous y enfonçons nos aiguilles et nous les plongeons dans un bassin rempli d'eau, en veillant à ce que les chas des aiguilles soient par dessous. Le bassin ne peut pas être en fer. Les bouchons flottent, comme les polarités semblables se repoussent, nous voyons immédiatement qu'il se produit un distancement entre eux. Toutefois, il y a aussi des attractions entre le chas d'une aiguille et la pointe d'une autre parce qu'il y a là une polarité opposée. Le résultat de ces forces magnétiques opposées forme des mouvements intéressants à observer. Nous faisons la même expérience successivement avec 5, 4 ou 3 aiguilles. Remarque: Le récipient doit être suffisamment large et non en fer.

Accessoires nécessaires: 10, un récipient avec l'eau, six aiguilles à coudre, six petite bouchons

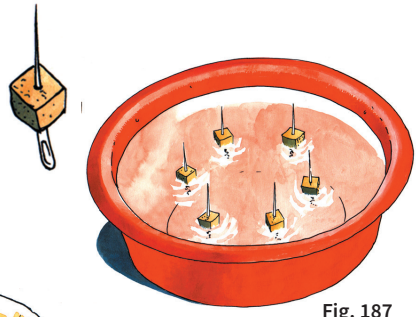


Fig. 187

188. LE CHAMP TOURNANT MAGNÉTIQUE

Au moyen de papier, nous fabriquons un petit berceau suspendu par un fil; nous y glissons notre aimant de façon à ce qu'il soit parfaitement horizontal. Ensuite, nous le faisons tourner 8 à 10 fois sur lui-même dans le même sens. Dès que nous le lâchons, il commencera donc à tourner tout seul en sens inverse.

Si, avant de le lâcher, nous avons posé la boussole en dessous, nous remarquerons que les aiguilles de celle-ci tournent en concordance avec l'aimant parce que, en même temps que celui-ci, nous avons aussi un champ magnétique qui suit sa rotation.

Accessoires nécessaires: 10, 34, du papier, un fil

Fig. 188

PILES, ELEMENTS, ACCUMULATEURS

189. LA PILE

On peut se procurer des piles dans de nombreux magasins. La pile que nous utilisons est plate et ressemble à un étui d'où émergent deux extrémités. Ce sont deux pôles de la pile. L'extrémité plus courte est le pôle positif, indiqué par „+" et celle plus longue est le négatif, marqué par „-". Il ne faut jamais toucher les pôles, ceci risquerait de décharger la pile. Il ne faut pas non plus mettre en contact les deux pôles pour ne pas provoquer un court-circuit.

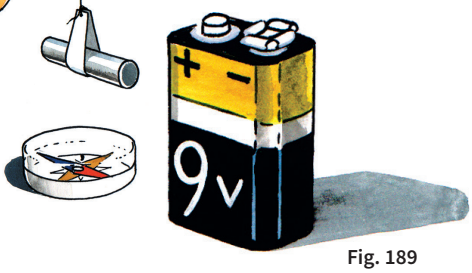


Fig. 189

190. L'ESSAI DE LA PILE

Dans notre boîte, nous trouverons plusieurs accessoires qui nous permettent de vérifier l'état de charge de la pile. Nous choisirons l'ampoule et le galvanomètre. Si l'ampoule se met à brûler ou l'aiguille du galvanomètre commence à se remuer la pile est en bon état. A force de l'utiliser la pile se décharge.

Accessoires nécessaires: 2 x 7, 8, 14, 33, 35 et une pile

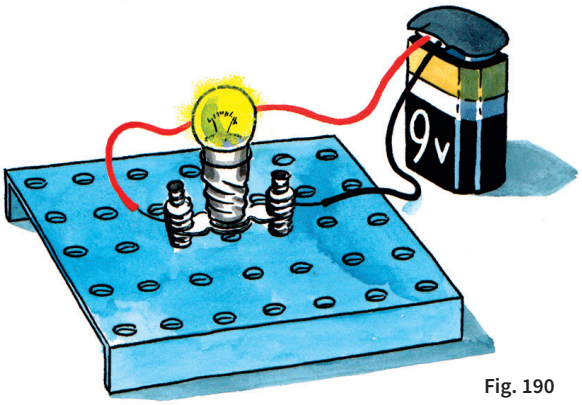


Fig. 190

191. L'AMPOULE ÉLECTRIQUE

Dans cette expérience, nous verrons comment fonctionne une ampoule. Dans une planchette, nous enfonçons 2 clous distants de 1 cm. Entre ces derniers, nous tendons un fil de fer de 0,1 mm d'épaisseur. Au travers de ce fil, nous faisons passer le courant de la nouvelle pile (figure 71 à gauche). Le fil de fer rougit. Si nous utilisions en même temps le courant de 2 batteries, le fil fondrait. C'est d'après le même principe que fonctionnent les ampoules électriques.

Dans un globe sous vide se trouvent de fins fils de wolfram, un métal à très haut point de fusion. Ce filament rougit sous l'effet du courant, toutefois, il ne peut pas fondre parce qu'il n'y a pas d'oxygène dans le globe, l'air y ayant été remplacé par l'argon.

L'ampoule est très fragile. On ne peut pas la secouer ni la laisser tomber, surtout pendant qu'elle brûle. On peut la raccorder seulement au courant dont le voltage est indiqué sur son culot. L'ampoule contenue dans notre boîte est prévue pour une intensité de 9 volt. Un voltage plus élevé ferait fondre les filaments.

Accessoires nécessaires: une planchette en bois, deux clous, du fil de fer et une pile

AVERTISSEMENT:

- La pile est en court-circuit!
- Connectez la pile pour un bref instant - juste le temps de comprendre l'expérience!
- Soyez prudent afin de ne pas vous brûler les doigts!

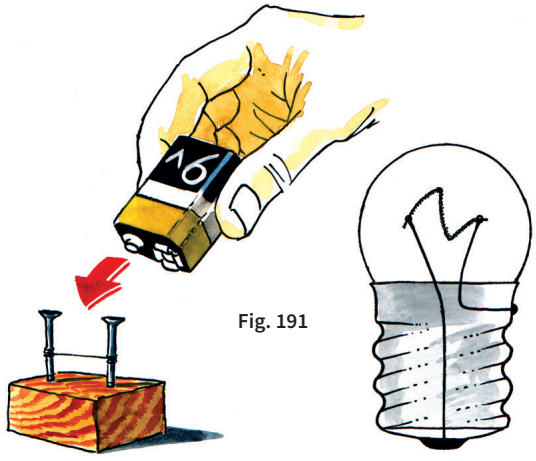


Fig. 191

192. LE CONTENU D'UNE PILE

La pile plate (9 V) est constituée de 6 éléments (ne pas confondre avec les éléments chimiques). Chaque élément se compose d'un petit récipient en zinc, un sachet de poudre de carbone et d'une solution de sel d'ammoniaque. Les éléments sont réunis de la manière suivante:

Le zinc du premier élément est libre. (pôle négatif).
Le charbon du premier élément est relié avec le zinc du deuxième élément.
Le charbon du deuxième élément est relié avec le zinc du troisième élément.
Le charbon du sixième et dernier élément est libre. (pôle positif) De l'ensemble de la pile émergent deux pôles, le négatif et le positif (charbon).

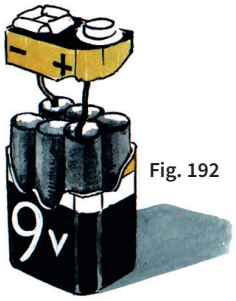


Fig. 192

193. LA DÉTÉRIORATION DE LA PILE

Les piles ne peuvent servir que pendant un certain temps et ensuite on les jette. Quelles sont les pièces de la pile qui se sont détériorées ? C'est d'abord le zinc qui est rongé. Ensuite la solution de sel d'ammoniaque s'est desséchée. Il ne reste que les sachets avec l'électrode de charbon et la poudre d'oxyde de manganèse. Nous jetons les âmes des piles usées dans les conteneurs prévus.

Fig. 193

194. L'ÉLECTRICITÉ DANS LES CUISSES DE GRENOUILLE

En 1791, on a rendue publique une expérience qui avait été faite par Monsieur Galvani, professeur d'Anatomie à l'Université de Bologne. A une potence en fer, il avait fixé un crochet en cuivre auquel était suspendue une paire de cuisses de grenouille. Comme il y avait du vent, celles-ci se balançaient et, chaque fois qu'elles venaient en contact avec le fer de la potence, elles tressaillaient comme si elles étaient encore vivantes. Galvani croyait que les tressaillements étaient dus à l'électricité contenue dans le corps de l'animal. Beaucoup de savants de son temps partageaient son opinion. Toutefois, Alexandre Volta, professeur à l'Université de Pavie, n'était pas de cet avis; il croyait également que les tressaillements étaient dus à l'électricité, mais pas à celle contenue dans le corps de l'animal. A son avis, l'électricité était produite, d'un côté par le contact direct du cuivre et du fer, tandis que de l'autre côté, elle passait à travers un corps humide qui ne doit pas nécessairement être celui d'un animal. Cette divergence d'opinion entre Volta et les adeptes de Galvani dura plusieurs années. Ce n'est qu'en 1799 que Volta créa un appareil au moyen duquel il put faire la preuve de sa théorie. Nous aussi, nous construirons cet appareil. Toutefois, il nous faudra d'abord faire la connaissance d'un appareil destiné à mesurer l'électricité. Cet appareil s'appelle le galvanomètre.

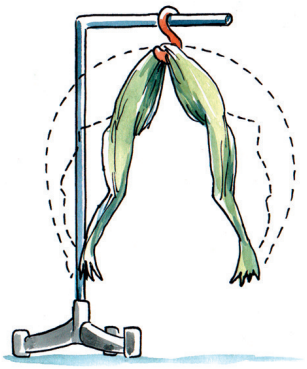


Fig. 194

195. LE GALVANOMÈTRE

Le galvanomètre contenu dans notre boîte se compose de 3 parties principales: la boussole, la base et le bobinage. La boussole contient, outre l'aiguille magnétique ayant une extrémité rouge et l'autre bleue, encore une aiguille métallique jaune supplémentaire. Pour effectuer les mesures, nous posons la boussole dans le bobinage du galvanomètre et la tournons de sorte que l'aiguille jaune se trouve amenée en position 0.
Pendant les mesures, il ne pourra y avoir dans le voisinage aucun aimant ni pièce en fer.
Accessoires nécessaires: 1, 34

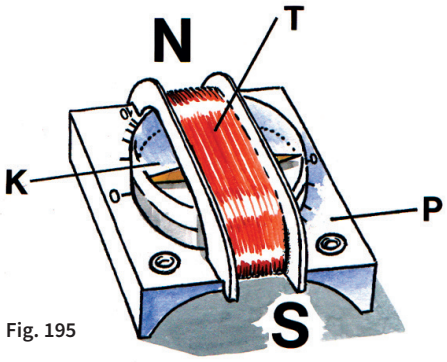


Fig. 195

196. DÉCOUVERTE DE VOLTA

Nous nettoyons avec du papier de verre la plaque de zinc (Zn) et la plaque de cuivre (Cu) contenues dans notre boîte et nous les relions au galvanomètre au moyen des fils pourvus de fiches (voir figure 76). L'aiguille jaune doit se trouver en position 0. Nous faisons les expériences suivantes:
1. Nous glissons un morceau de papier-journal entre les 2 plaques de métal; les aiguilles du galvanomètre ne bougent pas.
2. Nous humidifions avec de l'eau, le papier se trouvant entre les plaques; l'aiguille dévie, montrant de ce fait qu'il y a du courant qui passe dans le bobinage du galvanomètre.
3. Nous inversons les pôles (nous relions le fil menant à la plaque de zinc avec celle de cuivre et vice versa). L'aiguille déviera dans le sens opposé à celui du point 2.
4. Nous appuyons énergiquement sur les plaques. L'aiguille déviera davantage.
5. Si nous diminuons les surfaces en contact, la déviation de l'aiguille diminuera.
L'expérience que réalisa Volta se distingue toutefois de la nôtre. En son temps, il n'existait pas encore de galvanomètre capable de mesurer de si faibles intensités. Volta créait du courant électrique avec ce qu'on appelle la pile de Volta. Sur une plaque de zinc, il posait un chiffon humide de même dimension, suivi d'une rondelle de cuivre, puis à nouveau du zinc, un chiffon mouillé, du cuivre et ainsi de suite environ 60 fois. Le tout avait l'aspect d'une colonne. Dans celle-ci, il y avait donc un contact direct entre les deux métaux par l'intermédiaire du chiffon mouillé. Il se créait ainsi un courant électrique. Ceci fut la première tentative humaine de fabrication de courant électrique. Cette découverte toute simple rendit le nom de Volta célèbre dans le monde de la Science.
C'est d'après son nom que l'unité de tension électrique fut appelée: "Volt ", et l'appareil servant pour mesurer cette tension: "Voltmètre ". La paire de plaques que nous avons assemblée plus haut se nomme " élément de Volta" (figure 76). Depuis la découverte de Volta jusqu'à ce jour, de nombreux autres éléments furent créés qui, en l'honneur de Galvani, furent désignés comme éléments galvaniques.
Accessoires nécessaires: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, du papier et de l'eau

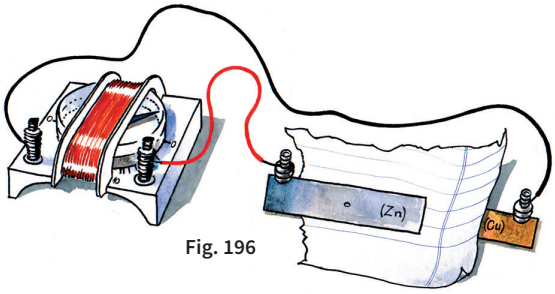


Fig. 196

197. UN ÉLÉMENT COMPOSÉ DE CUIVRE, DE ZINC ET D'UNE SOLUTION SALÉE

Dans un verre rempli d'eau salée, nous trempons une plaque de cuivre et une plaque de zinc que nous raccordons toutes deux au moyen de câbles au galvanomètre (figure 77). L'aiguille de celui-ci dévie fort, ce qui prouve qu'il passe un fort courant électrique dans cet élément.
Accessoires nécessaires: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, un verre d'eau et du sel

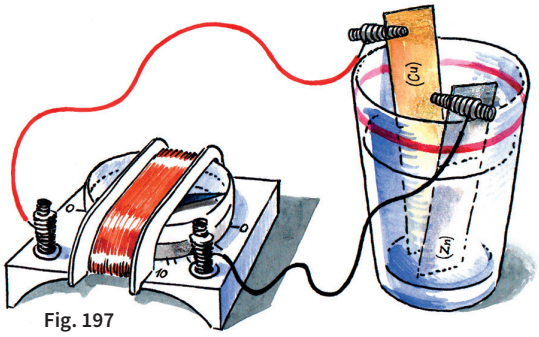


Fig. 197

198. POLARISATION ET DÉPOLARISATION

1. Nous relions au galvanomètre l'élément galvanique composé du zinc-cuivre-eau salée comme dans l'expérience n° 77. Observons l'aiguille du galvanomètre! Au début, elle dévie et nous prouve donc que l'élément fournit de l'électricité. Toutefois, l'aiguille retourne lentement. Il semble donc que le courant faiblit. Aussitôt qu'on rajoute du sel, le courant devient plus fort pour faiblir à nouveau. Pourquoi le courant faiblit-il? Sur la plaque d'électrode en cuivre se forment des bulles d'hydrogène causées par la décomposition du sel. Ces bulles empêchent le fonctionnement de l'élément. C'est ce qu'on appelle: la polarisation.
2. Au moyen d'une baguette de bois ou d'un chiffon, nous enlevons les bulles provenant du cuivre. L' élément fournit à nouveau du courant.
3. Nous jetons la solution d'eau salée et nous la remplaçons par du sable bien lavé. L'élément fournit du courant pendant une plus longue période. Les bulles d'hydrogène se mélangent maintenant avec l'oxygène de l'air pour devenir de nouveau de l'eau parce qu'il y a de l'air entre les grains de sable. Par cela nous empêchons la polarisation. C'est pour cela qu'on appelle le sable un" dépolarisant ".
Accessoires nécessaires: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, un verre, de l'eau, du sel et du sable

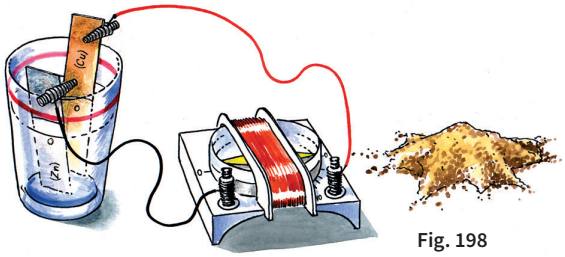


Fig. 198

199. L'ÉLÉMENT LECLANCHÉ

La pile 9 V se compose de 6 éléments Leclanché, dans lesquels le zinc donne le pôle négatif, le charbon le positif et l'oxyde de manganèse fait fonction de dépolarisant. L'électrolyte (le liquide entre les pôles) est une solution de sel d'ammoniaque et d'eau dans la proportion 1:3. Cette solution est toutefois mélangée à un épaississant, qui la rend pâteuse. C'est ce qu'on appelle: une batterie sèche.

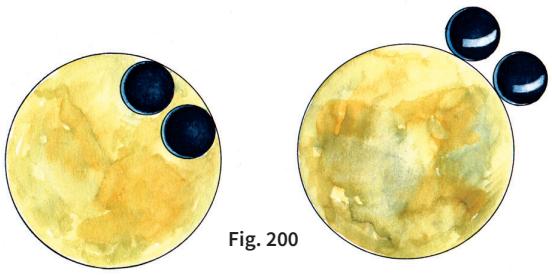


Fig. 200

200. COMMENT LE COURANT ÉLECTRIQUE NALT DANS L'ÉLÉMENT

Sous l'influence des forces électriques régnant entre le liquide et les métaux, ceux-ci créent des ions positifs. De cette manière, le métal (dans notre cas: du zinc) contient un superflu d'électrons. Si maintenant, en dehors de l'élément, nous relions par un fil le zinc et le charbon (comme nous l'avons fait avec le cuivre dans l'expérience précédente), les électrons en surnombre dans le zinc s'en vont vers le charbon où il en manque. C'est ainsi que se crée un courant électrique.

Mais que représentent les ions?

Comme nous le savons déjà, les corps sont composés de molécules et d'atomes, alors que les atomes possèdent des noyaux et des électrons. Chaque atome possède un nombre déterminé d'électrons. Si, d'un atome ou d'un groupe d'atomes nous enlevons quelques électrons, l'atome se transforme en ion. Un ion naît aussi lorsqu'un atome ou un groupe d'atomes possède plus d'électrons qu'il ne lui faut normalement. Dans le premier cas, l'ion est positif, dans le second cas, il est négatif. La figure 80 montre à gauche, un ion positif et à droite, un ion négatif.

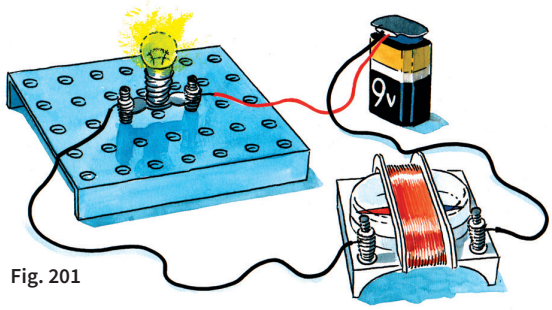


Fig. 201

201. LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE

La figure 81 représente un circuit électrique composé d'une pile, d'une ampoule, du galvanomètre et des fils de liaison. Le courant passe de la pile vers l'ampoule, de celle-ci vers le galvanomètre et de celui-ci, il retourne à la pile.

Aussi longtemps que le courant passe, l'ampoule s'éclaire et l'aiguille du galvanomètre est déviée. Si ce circuit est interrompu en n'importe quel endroit, le courant ne circule plus. Le courant ne peut circuler que dans un circuit fermé.

Accessoires nécessaires: 1, 4 x 7, 8, 14, 33, 34, 35 et une pile

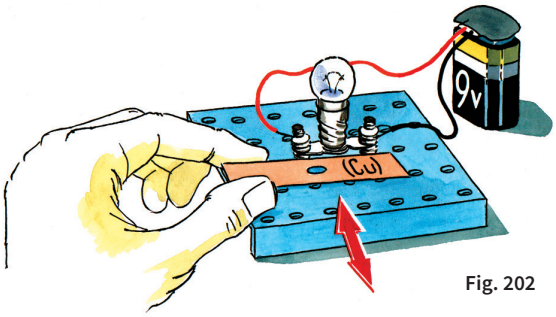


Fig. 202

202. COURT-CIRCUIT

Nous installons un circuit électrique au moyen de la pile et de l'ampoule, ainsi qu'il est indiqué à la figure 82. Dès que nous fermons le circuit, l'ampoule s'éclaire.

Au moyen de la plaque de cuivre ou de n'importe quel objet métallique, nous relions directement les 2 pôles de la pile. L'ampoule s'éteint: nous avons provoqué un court-circuit et la pile se décharge très rapidement. Par le pontage en court-circuit qui ne possède pas de résistance électrique perceptible, un courant très puissant passe du pôle négatif vers le pôle positif de la pile. Pour garder la pile en bon état, il faut éviter de provoquer des courts-circuits.

Accessoires nécessaires: 2 x 7, 8, 14, 24, 33, 35 et une pile

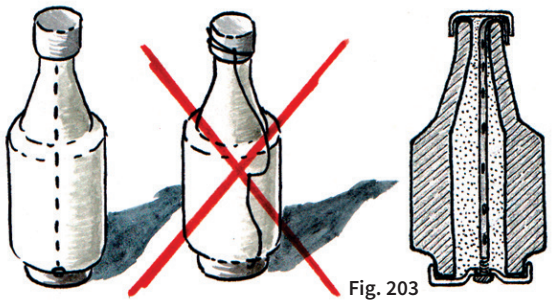


Fig. 203

203. LE FUSIBLE

Le courant électrique que nous utilisons dans notre maison a une tension de 220 V. Afin d'éviter des dégâts causés par des courts-circuits, chaque circuit électrique est protégé par un fusible. L'ensemble de ceux-ci se trouve près du compteur. Ils peuvent être réalisés soit d'une façon électromagnétique soit d'une façon thermique. Nous parlerons ici des fusibles thermiques. Le fusible (figure 83) se compose d'un cylindre en céramique (1) au centre duquel passe un fin fil (3) posé dans du sable siliceux (2). Il est maintenu en place par 2 capsules métalliques et un petit ressort (4). S'il se produit un court-circuit, le fil chauffe tau point de fondre. Dans ce cas, il faut d'abord rechercher la cause du court-circuit dans les installations électriques. Elle peut provenir d'une surcharge du circuit lorsque trop d'appareils y sont branchés ou d'un court-circuit entre les éléments montés. Dès que nous aurons découvert la cause de la destruction du fusible, nous remplaçons celui-ci par un nouveau. Il est interdit et d'ailleurs fort dangereux, de réparer un fusible en le pontant au moyen d'un fil extérieur (figure 83 à droite). Cela peut provoquer des incendies ou des dommages aux appareils.

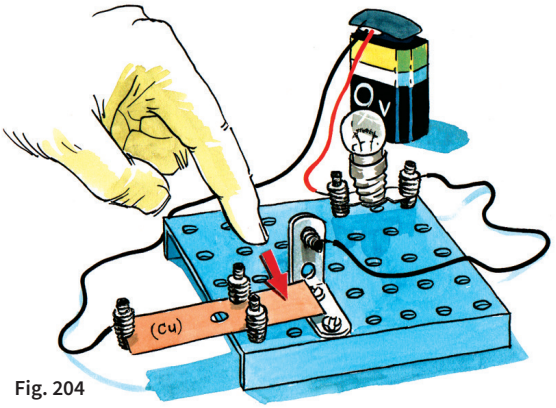


Fig. 204

204. UN BOUTON ÉLECTRIQUE

La figure 84 représente l'assemblage, le câblage et le fonctionnement d'un bouton électrique avec une pile et une ampoule. Si on appuie sur le bouton, on ferme le circuit et la lampe s'allume, aussi longtemps que l'on appuie sur le bouton.

On utilise un système analogue dans les boutons de sonnerie à la porte des maisons.

Accessoires nécessaires: 2 x 5, 2 x 6, 6 x 7, 8, 14, 24, 28, 33, 35 et une pile

205. TÉLÉGRAPHE LUMINEUX

L'appareil que nous avons monté à l'expérience précédente peut aussi être utilisé pour faire du télégraphe lumineux. Les lettres sont transmises par l'alphabet de Morse, qui est une combinaison de signaux lumineux courts et longs (figure 85). L'avantage du télégraphe lumineux réside dans le fait que pour la transmission des signaux, il ne nécessite pas l'utilisation de fils. Son désavantage réside toutefois dans le fait qu'il ne peut servir qu'entre 2 points situés à portée de vue et seulement la nuit. Si le message que l'on désire transmettre doit rester secret, il faudrait créer un alphabet chiffré.

A • −	J • − − −	S • • •	1 • − − − −
B − • • •	K − • −	T −	2 • • − − −
C − • − •	L • − • •	U • • −	3 • • • − −
D − • •	M − −	V • • • −	4 • • • • −
E •	N − •	W • − −	5 • • • • •
F • • − •	O − − −	X − • • −	6 − • • • •
G − − •	P • − − •	Y − • − −	7 − − • • •
H • • • •	Q − − • −	Z − − • •	8 − − − • •
I • •	R • − •		9 − − − − •
			0 − − − − −

Fig. 205

206. L'INTERRUPTEUR

Le bouton électrique que nous avons construit à l'expérience n°84 est destiné aux installations dans lesquelles le courant ne doit être envoyé que pour de courtes périodes, comme la sonnerie électrique ou le télégraphe lumineux. Si, par contre, le courant doit rester établi pendant un temps plus long, nous devons posséder un interrupteur tel qu'il est décrit à la figure 86. Si nous poussons le levier vers la gauche, nous fermons le circuit et la lampe s'allume. Elle restera allumée tant que nous n'aurons pas repoussé le levier vers la droite.
Les leviers des interrupteurs utilisés dans les installations des maisons sont poussés toujours dans le même sens et sont contenus dans un boîtier en matière isolante. Comme il s'agit d'un courant de tension très élevée, nous ne pouvons en aucun cas toucher les parties métalliques de ces interrupteurs.
Accessoires nécessaires: 3 x 5, 3 x 6, 4 x 7, 8, 14, 24, 2 x 28, 33, 35 et une pile

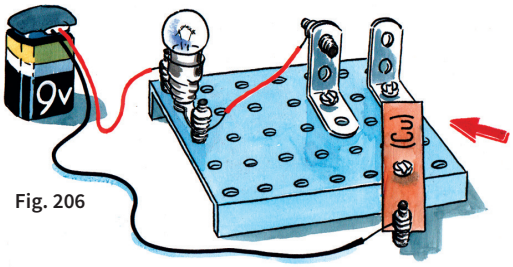


Fig. 206

207. UN INVERSEUR POUR 2 AMPOULES

Au moyen d'un interrupteur, nous pouvons éclairer et éteindre plus d'une ampoule en même temps. La figure 87 nous montre deux ampoules qui s'alimentent chacune à leur tour à la même pile au moyen d'un inverseur. On pourrait de cette façon construire un inverseur pour les signaux de signalisation à un carrefour où il faut éclairer successivement le feu rouge, jaune et vert.
Accessoires nécessaires: 3 x 5, 3 x 6, 7 x 7, 8, 2 x 14, 24, 2 x 28, 33, 2 x 35 et une pile

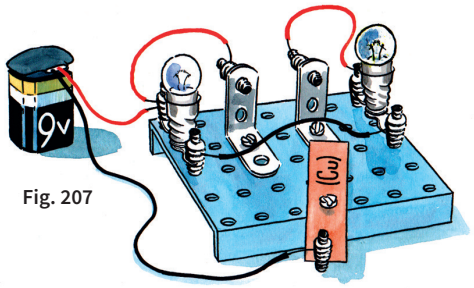


Fig. 207

208. UNE SEULE AMPOULE AVEC DEUX INTERRUPTEURS

Comment devons-nous faire si nous voulons commander une même ampoule dans notre maison, depuis le rez.de-chaussée et depuis le premier étage? Pour cela, nous avons besoin de 2 inverseurs, d'une ampoule, d'une source de courant (dans notre cas, c'est la pile) et des fils. Au moyen des pièces contenues dans notre boîte, nous construisons 2 inverseurs, chacun d'un côté du socle. La figure 88 nous montre comment nous devons relier les deux inverseurs entre eux ainsi qu'avec l'ampoule et la pile.
Avec n'importe lequel des 2 inverseurs, nous pouvons maintenant allumer ou éteindre notre ampoule. Nous pouvons aussi l'allumer avec un inverseur et l'éteindre avec l'autre depuis le premier étage, ou inversement. Cette installation s'appelle: l'installation correspondante.
Accessoires nécessaires: 6 x 5, 6 x 6, 8 x 7, 8, 14, 23, 24, 4 x 28, 33, 35 et une pile

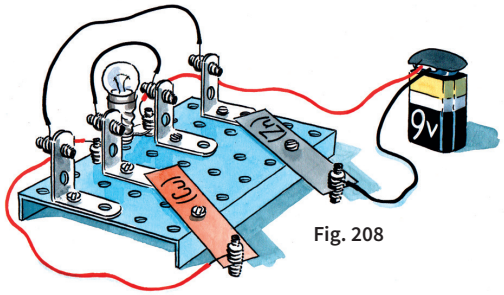


Fig. 208

209. MONTAGE D'AMPOULES EN PARALLÈLE

1. A notre pile, nous raccordons graduellement 3 ampoules en parallèle. Observation: La première ampoule brûle très fort, de même que la deuxième et la troisième. Quel est le débit total du courant utilisé ?
La tension de notre pile est 9 V. La première ampoule utilise une intensité de 0,05 A (ampère), de même que la deuxième. Le débit total du courant est donc:
P = 9 V (3 x 0,05) = 1,35 W
2. Si nous dévissons une des ampoules, nous remarquons que les deux autres continuent à brûler.
Le montage d'ampoules en parallèle est utilisé dans les maisons pour l'éclairage électrique.
Accessoires nécessaires: 6 x 7, 8, 3 x 14, 33, 3 x 35 et une pile

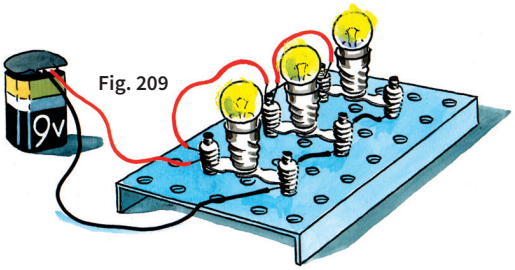


Fig. 209

210. MONTAGE D'AMPOULES EN SÉRIE

1. A notre pile, nous raccordons graduellement trois ampoules en série. Lorsque nous raccordons une seule ampoule, elle éclaire très fort, quand nous raccordons deux ampoules en série, elles éclairent moins fort, alors que trois ampoules raccordées en série donnent une lumière qu'on peut à peine distinguer. Dans le premier cas, l'ampoule utilise une intensité de 0,05 A et reçoit une tension de 9 V. Quand 2 ampoules sont reliées en série, la tension devrait être deux fois plus grande, et pour les 3 ampoules, même trois fois plus grande.
2. Au cours de l'expérience précédente, nous dévissons une des trois ampoules. Toutes les 3 ampoules s'éteindront parce que nous avons interrompu le circuit électrique.
Accessoires nécessaires: (89)

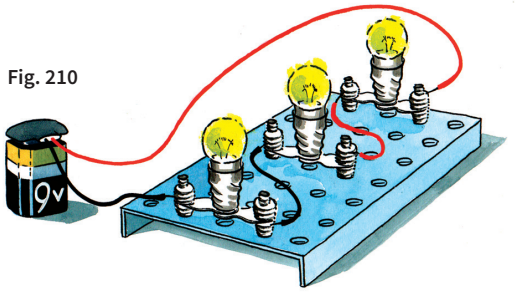


Fig. 210

211. AUGMENTATION DE LA TENSION DES PILES

1. Lors de l'expérience n°72, nous avons vu le contenu d'une pile. Nous avons constaté qu'elle contient 6 éléments. La barre de charbon constitue l'électrode positive, le zinc est l'électrode négative, de même que la solution de sel d'ammoniaque qui constitue l'électrolyte. L'oxyde de manganèse y travaille comme dépolarisant. Les éléments de la pile sont reliés en série. Chaque élément fournit une tension de 1,5 V. La pile entière fournit donc 6 x 1,5 = 9 V (figure 91, à gauche).
2. Si nous mettons en série 2 piles (figure 91 à droite), cet ensemble nous donnera une tension de 2 x 9 = 18 V.
Accessoires nécessaires: deux piles

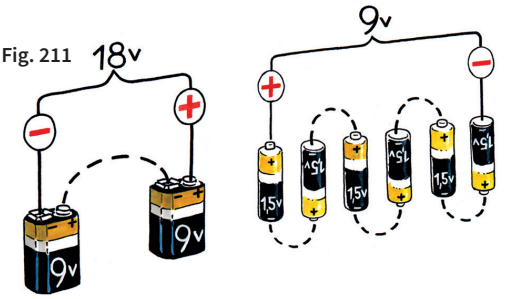


Fig. 211

212. AUGMENTATION DU DÉBIT DE LA PILE

La nouvelle pile plate a un débit suffisant pour alimenter trois ampoules, chacune consommant 0,05 A. Si nous avons besoin d'une plus grande puissance, nous pouvons brancher plusieurs piles en parallèle, comme indiqué à la figure 92. Quoique la tension de chacune des piles soit 9 V, la tension totale n'augmente pas, tout en obtenant une plus grande intensité des piles liées en parallèle.
Accessoires nécessaires: 33, et trois piles

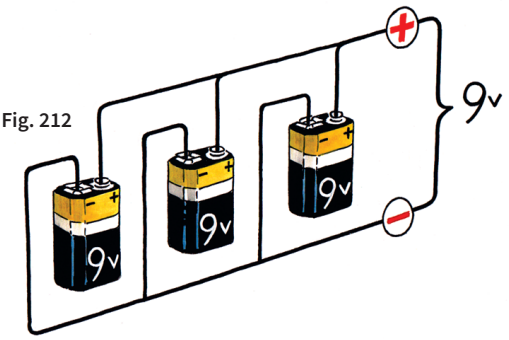


Fig. 212

213. LA VITESSE DE PROPAGATION DES SIGNAUX ÉLECTRIQUES

Le signal électrique peut, en 1 seconde, faire 7 fois le tour de la terre. La vitesse de propagation des courants ou des ondes électriques est de 300.000 km/sec (kilomètre par seconde). L' expérience illustrée à la figure 93 est toutefois impossible; le dessin nous permettra simplement de nous rendre plus tangible l'idée de cette vitesse.

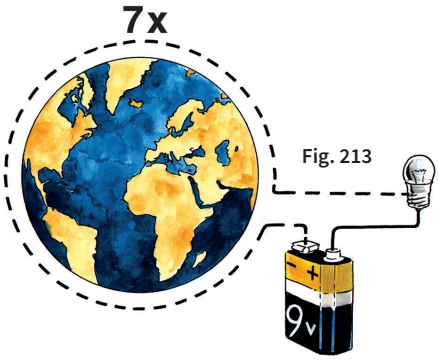


Fig. 213

214. EXPÉRIENCE DE CONDUCTIBILITÉ

Au moyen des accessoires contenus dans notre boîte, nous réalisons un appareil qui nous permettra de contrôler la conductibilité de différentes matières. La figure 94 nous montre comment nous devons construire notre appareil.

1. Epreuve de base: Nous posons sur les 2 plaques l'objet dont nous désirons éprouver la conductibilité; ainsi nous fermons le circuit. Si l'ampoule s'éclaire, c'est que l'objet que nous avons soumis à notre essai est un bon conducteur électrique. Nous essayons successivement: du plomb, un carton, le rhéostat de notre boîte. Aucun de ces objets ne provoque l'illumination de l'ampoule; ce qui pourrait nous faire supposer qu'il s'agit d'objets isolants. Ce n'est toutefois pas le cas, car, dans l'expérience n°18, nous avons pourtant constaté que le crayon provoquait la décharge d'un électroscope. Comment pouvons-nous expliquer cette contradiction? La tension utilisée dans la présente expérience est de 9 V, tandis que dans l'expérience n°18, il s'agissait de quelques centaines de volts. Ce n'est donc pas seulement la composition des différents objets qui peut nous renseigner sur leur bonne ou mauvaise conductibilité. Il faut d'ailleurs dire qu'il n y a pas de conducteurs ou d'isolants parfaits: on peut uniquement parler de "bons" conducteurs ou de "bons" isolants. Parmi les bons conducteurs, nous pouvons citer l'argent, le cuivre, l'aluminium; par contre, dans les bons isolants, nous trouvons le verre, le caoutchouc, la porcelaine et le polyvinyle.

2. Dans l'appareil décrit à la figure précédente, nous remplaçons l'ampoule par le galvanomètre et nous essayons à nouveau la conductibilité du fil de notre rhéostat. L'aiguille de notre galvanomètre dévie immédiatement, ce qui prouve que le fil de constantan transporte le courant, mais pas aussi bien que le fil de cuivre.

3. Essayons maintenant la conductibilité d'une pomme de terre. Nous en choisissons une, nous la coupons en deux et nous plaçons une des moitiés avec sa face plate sur l'une des plaques de notre boîte. L'ampoule ne s'éclairera probablement pas, mais l'aiguille du galvanomètre déviera, ce qui nous prouve la conductibilité de la pomme de terre. Elle laisse passer d'autant plus de courant que les surfaces en contact sont grandes et que la pression est plus forte. En aucun cas, nous ne pouvons toucher des fils dénudés, ceux-ci pouvant bien être des fils à haute tension ou des fils téléphoniques ou télégraphiques. Il est très dangereux de toucher des fils à haute tension avec les mains humides ou objets humides que nous tenons en main (par exemple, le fil humide des cerfs-volants).

Accessoires nécessaires: 2 x 5, 2 x 6, 4 x 7, 8,14, 23, 24, 33, 35, une pile et divers objets

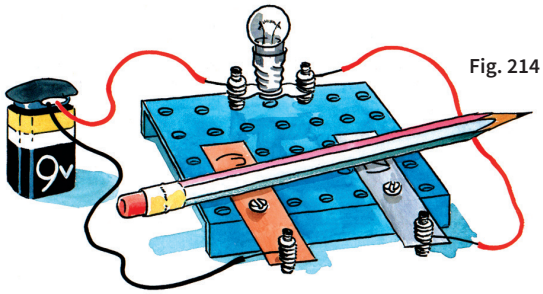


Fig. 214

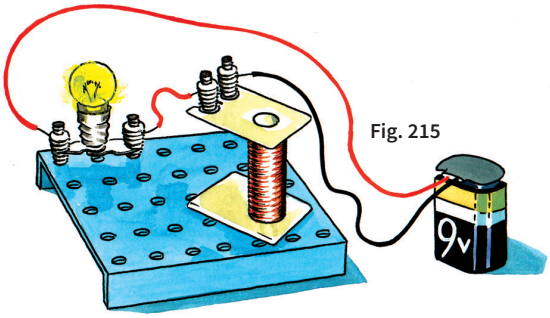


Fig. 215

215. LA RÉSISTANCE D'UN CONDUCTEUR

1. Nous fermons le circuit en reliant l'ampoule, le bobinage et la pile, comme indiqué à la figure 95. L'ampoule brûle très légèrement. Il est évident que le long et fin fil du bobinage ne laisse pas passer autant de courant que le fil plus épais et plus court. Le fil offre une résistance au passage du courant. Nous pouvons faire la même expérience avec le galvanomètre et la bobine ou solénoïde.

2. Nous fermons le circuit en raccordant l'ampoule, le bobinage et la pile. L'ampoule s'éclaire très légèrement. Nous observerons toutefois un autre phénomène. Nous interrompons le circuit ! L'ampoule s'éteint. Est-ce que l'ampoule s'éclairera à nouveau lorsque nous aurons établi la liaison ? Non. L'ampoule met un certain temps avant qu'elle ne recommence à brûler. Non seulement le long fil du bobinage offre une résistance au passage du courant, mais de plus, la fermeture du circuit provoque dans le bobinage un courant induit, qui lui aussi, s'oppose au passage du courant. C'est de là que provient le retard. C'est la résistance inductive, à l'opposé de celle galvanique offerte par le fil lui-même.

Accessoires nécessaires: 4 x 7, 8, 11, 14, 33, 35 et une pile

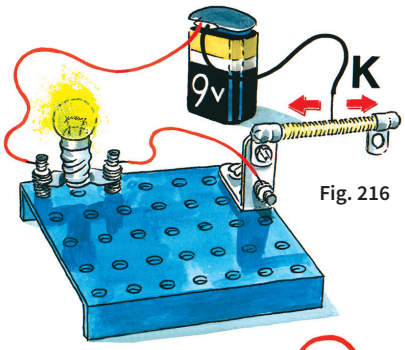


Fig. 216

216. LA RÉSISTANCE RÉGLABLE OU RHÉOSTAT

Nous avons dans notre boîte une pièce appelée résistance ou rhéostat. Elle est constituée par un fil de constantan bobiné sur une plaquette en matière isolante. Le fil de constantan offre une grande résistance au passage du courant électrique. Nous fermons le circuit au moyen du rhéostat, de l'ampoule et de la pile, comme indiqué à la figure 96. Si nous déplaçons la fiche K dans un sens ou dans l'autre, l'ampoule s'éclaire plus fort ou moins fort au fur et à mesure que nous diminuons ou allongeons la résistance.

Accessoires nécessaires: 2 x 5, 2 x 6, 3 x 7, 8, 14, 30, 33, 35 et une pile

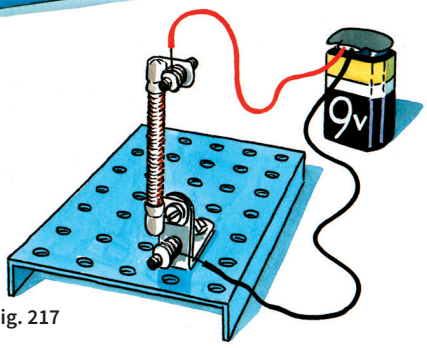


Fig. 217

217. LA RÉSISTANCE CHAUFFANTE ÉLECTRIQUE

Nous formons un circuit au moyen d'une pile et d'un pôle de notre rhéostat (figure 97). Le courant, en passant dans le fil, provoque l'échauffement de celui-ci. Nous disposons ainsi d'une petite résistance chauffante électrique. De nombreux appareils domestiques fonctionnent selon ce même principe: le fer à repasser, le radiateur, le réchaud électrique, le chauffe-eau électrique, etc. Dans ces appareils, l'énergie électrique est transformée en chaleur.

Accessoires nécessaires: 2 x 5, 2 x 6, 2 x 7, 8, 28, 30, 33 et une pile

218. L'ALLUMEUR ÉLECTRIQUE

Dans une planchette, nous enfonçons 2 clous distants de 1 cm. Nous les relions par un fil de fer de 0,1 mm de diamètre. Nous saupoudrons le fil avec du soufre récolté sur quelques têtes d'allumettes. Nous raccordons la pile aux clous, comme indiqué à la figure 98. Aussitôt, le soufre s'enflamme. Sous l'effet du courant électrique, le fil de fer a chauffé et mis feu au soufre. C'est ce système qu'on utilise dans les carrières et dans les mines pour faire sauter les charges explosives. Expérience à réaliser sur une surface ininflammable.

Accessoires nécessaires: 2 x 7, 33, du fil de fer, un petite planche en bois, deux clous et une pile

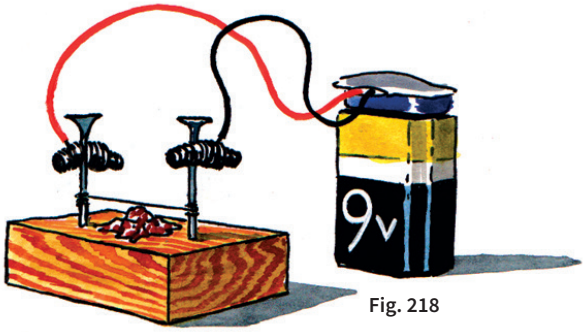


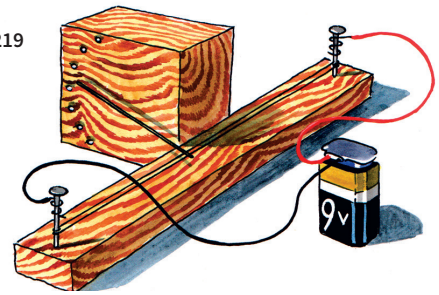
Fig. 218

219. L'AMPÈREMÈTRE RÉALISÉ AVEC UN FIL CHAUFFANT

Dans une planchette de 20 à 25 cm et de 3 cm de largeur, nous enfonçons 2 clous. Entre eux, nous tendons un double fil de constantan de 0,2 mm de diamètre. Comme aiguille indicatrice, nous utilisons une fine baguette en bois ou en papier. Nous avons ainsi préparé un ampèremètre avec un fil chauffant. Dès que nous envoyons le courant dans nos deux clous au moyen de la pile, l'aiguille déviera, parce que le fil s'échauffe et de ce fait s'allonge.

Accessoires nécessaires: 33, 37, un petite planche en bois, deux clous, un bâtonnet et une pile

Fig. 219

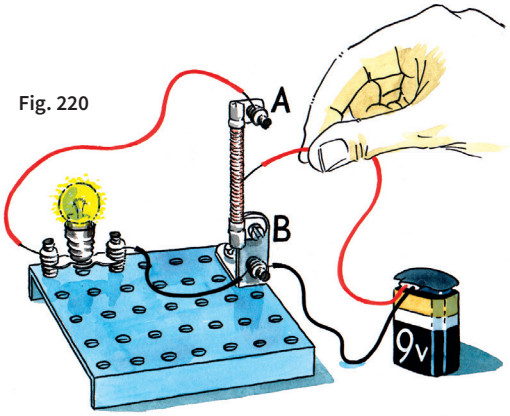


220. LE POTENTIOMÈTRE

Nous formons un circuit au moyen d'une ampoule, de la résistance et de la pile (figure 100). Dans cette expérience, la résistance sert de potentiomètre. Nous faisons les expériences suivantes: Au moyen de l'extrémité libre du fil, venant de la pile, nous touchons le potentiomètre au point A. L'ampoule s'éclaire très fort. Si nous descendons de A vers B, l'éclairage de l'ampoule diminuera de plus en plus jusqu'à s'éteindre totalement. En passant par la résistance, la tension de 9 V de la pile tombe régulièrement. Lorsque nous faisons la liaison en A, l'ampoule est reliée directement à la pile et reçoit donc une tension de 9 V. Lorsque nous glissons le contact vers le bas, la tension diminue tandis que la résistance augmente. A mi-chemin entre A et B, il n'y a plus que 4,5 V, tandis qu'en B, la tension est devenue nulle.

Accessoires nécessaires: 5, 6, 4 x 7, 8, 14, 28, 30, 33, 35 et une pile

Fig. 220



221. LA LOI D'OHM

Nous relions 3 piles à 1,5 V en série, comme dans l'expérience 91, et nous faisons la liaison avec l'ampoule (figure 101). Lorsque nous la raccordons seulement à la première pile (1,5 V), l'ampoule brûle faiblement. Avec la deuxième pile raccordée, la tension augmentera (1,5 V x 2 = 3 V), et l'ampoule brûlera plus fort. Avec les 3 piles raccordées, l'ampoule brûlera encore plus fort, parce que la tension a encore augmenté (1,5 V x 3 = 4,5 V).

Nous pouvons continuer ainsi jusqu'à 8 piles (8 x 1,5 V = 12 V). L'ampoule est prévue pour un voltage de 12 V.

Dans cette expérience, nous avons appris que l'intensité croissait en fonction inverse de la résistance. Dans l'expérience n°96, nous avons appris que plus faible est la résistance du fil, plus puissante est la tension.

La puissance du courant dépend donc de la tension de la source de celui-ci et de la résistance du fil ou appareil consommateur de courant. Plus puissante est la tension et plus faible est la résistance, plus puissant sera le courant.

Ceci est la Loi d'Ohm.

Si nous désignons la puissance, la tension et la résistance par les symboles internationaux:

I = l'intensité (mesurée en ampères - A)
U = la tension (mesurée en volts - V)
R = la résistance électrique (mesurée on ohms - Ω)

Il s'ensuit que: **I= U / R**

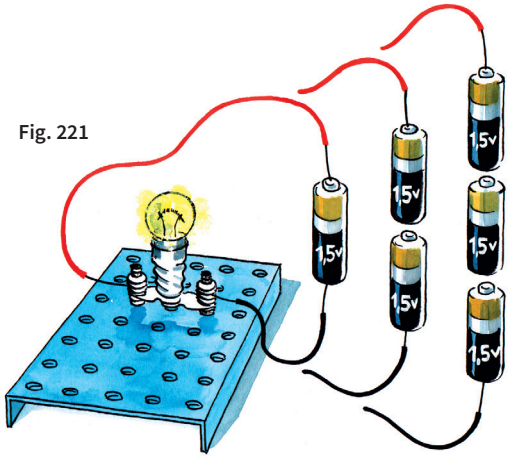
$$\frac{U}{I \times R}$$

Si maintenant dans cette formule, nous couvrons du doigt le symbole indiquant la valeur que nous désirons déterminer, nous constaterons que

I= U / R
U= I x R
R= U / I

Accessoires nécessaires: 2 x 7, 8, 14, 33, 35 et trois piles

Fig. 221

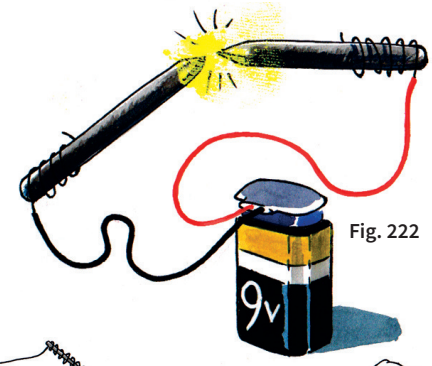


222. L'ARC ÉLECTRIQUE

Nous taillons en pointe les extrémités des deux bâtons de charbon, nous les raccordons à notre pile, comme indiqué à la figure 102. Nous rapprochons les 2 pointes jusqu'à ce qu'elles se touchent et nous les séparons immédiatement après. Entre les 2 pointes, nous percevons alors un petit mais très lumineux arc électrique. Nous répétons le même exercice avec 2 ou plusieurs piles et sous l'eau! L'arc électrique était utilisé dans les premiers projecteurs pour le tournage de films. A l'époque, on utilisait cette application aussi dans le système d'éclairage public.

Accessoires nécessaires: 33, deux bâtonnets de carbonne et une pile

Fig. 222

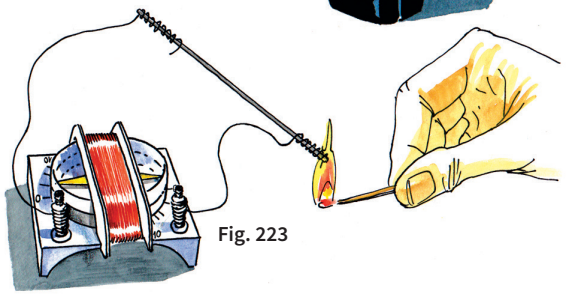


223. PILES THERMOÉLECTRIQUES

Aux 2 extrémités d'une baguette de fer de 12 à 13 cm de longueur, nous enroulons à plusieurs tours 2 bouts de fil de constantan de 0,2 mm de diamètre. Les extrémités du fil restées libres, sont attachées aux bornes du galvanomètre (figure 103). Dès que les aiguilles se sont arrêtées (l'aiguille jaune doit se trouver en position 0), nous chauffons un des points de raccord. L'appareil que nous avons construit trouve de larges applications en technique sous le nom de piles thermoélectriques; surtout pour la mesure des hautes températures dans les aciéries ou dans l'industrie de la porcelaine.

Accessoires nécessaires: 1, 2 x 7, 9, 34, 37 et des allumettes

Fig. 223



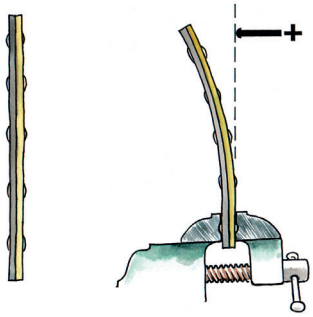
224. LES LAMES BIMÉTALLIQUES

Nous prenons un morceau de tôle de fer de 1 cm x 10 cm et un morceau de même dimension de zinc ou d'aluminium. Nous les posons l'un sur l'autre, et les rivetons ensemble. Si nous les prenons avec une pince par une extrémité et les réchauffons, la lame se courbe, parce que le zinc a un plus grand coefficient de dilatation que le fer.

Les lames bimétalliques sont utilisées dans les thermostats. Ce sont des appareils électriques qui, à une température fixée à l'avance et réglable, interrompent un circuit électrique. Aussitôt que la température aura à nouveau baissé (ou augmenté), le thermostat rétablit le circuit (figure 104 à droite). C'est ce système qui est utilisé pour les frigos, les radiateurs, les cuisinières électriques, les chauffe-eaux.

Accessoires nécessaires: de la tôle de fer et de zinc, des rivets

Fig. 224



225. CALCUL DES RÉSISTANCES AU MOYEN DU PONT DE WHEATSTONE

L'importance de la résistance d'un conducteur peut être calculée au moyen du " Pont de Wheatstone ", dont nous trouvons le schéma à la figure 105. Nous allons en construire un de la façon suivante:
1. Nous prenons une planchette de 60 cm de longueur et de 8 cm de largeur; nous y enfonçons 2 clous distants de 50 cm; nous tendons entre eux, un fil de constantan de 0,2 mm de diamètre, nous raccordons les extrémités de celui-ci aux 2 bornes du galvanomètre et nous tournons de manière à ce que l'aiguille jaune se trouve en position 0.
2. Les autres éléments du pont sont: la résistance R (la pièce n°33 de notre boîte) dont nous savons que sa résistance est de 70 ohm, le bobinage dont nous désirons calculer la résistance et la pile. La liaison de ces pièces entre elles est indiquée à la figure 105.
3. Au moyen du fil venant de la pile, nous établissons un contact sur le fil de résistance tendu entre les clous. L'aiguille du galvanomètre dévie. Elle déviera aussi lorsque le contact est établi en différents endroits. Toutefois, nous trouvons un endroit où l'aiguille du galvanomètre ne réagit plus. Nous marquerons ce point et nous l'appellerons "C".
Nous supposons maintenant que ce point "C" ne se trouve pas au centre du fil et que, par conséquent, les longueurs "d1" et "d2" ne sont pas égales. Nous les mesurons et nous supposons que d1 = 30 cm et d2 = 20 cm.
Nous pouvons alors calculer la résistance du bobinage (X) par la formule:
X=R x d1 / d2
X=70 x 30 / 20
X=105 Ω
Donc, le bobinage a une résistance de 105 ohm.
Pour ceux qui désireraient approfondir la question, nous les prions de consulter les livres de physique.
Accessoires nécessaires: 1, 6 x 7, 11, 30, 33, 34, 37, une pile, un planche en bois et deux clous

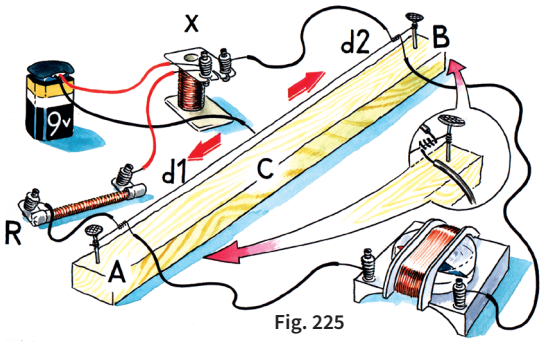


Fig. 225

226. LA RELATION ENTRE LA RÉSISTANCE D'UN CONDUCTEUR ET SA TEMPÉRATURE

1. Nous enfonçons 2 clous dans une planchette et nous tendons entre eux une petite spirale en fil de fer de 0,1 mm de diamètre. Nous raccordons ensemble la spirale, l'ampoule et la pile de façon à former un circuit fermé, (comme figure 106) Dès que le circuit est établi, l'ampoule s'éclaire; toutefois, sa luminosité diminuera au fur et à mesure que nous réchaufferons la spirale en fil de fer, ce qui prouve que la résistance de ce fil augmente en fonction du relèvement de la température.
2. Nous recommençons l'expérience en utilisant le fil de constantan à la place du fil de fer. La résistance de ce fil reste constante quelle que soit la température.
Accessoires nécessaires: 4 x 7, 14,33, 35, un planche de bois, deux clous, du fil de fer, une bougie et une pile

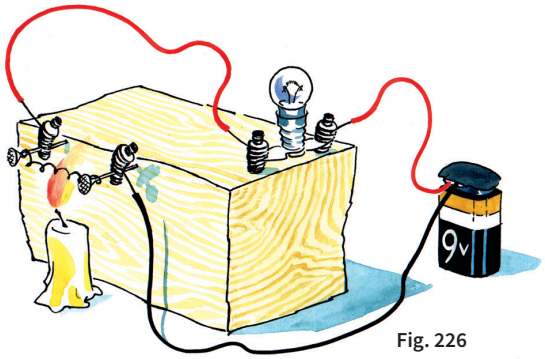


Fig. 226

ÉLECTROMAGNÉTISME

227. L'ÉLECTRO-AIMANT

Sur le noyau en fer doux contenu dans notre boîte, nous enroulons 20 à 30 tours de fil de cuivre isolé et nous relions les 2 extrémités de celui-ci aux bornes de la pile. Pour une meilleure conductibilité, nous dénudons les 2 extrémités du fil de cuivre. Nous plongeons une des extrémités du noyau dans la limaille de fer. Dès que le circuit électrique est fermé, le noyau devient magnétique et il attire la limaille; par contre, lorsque nous coupons le circuit électrique, notre noyau perd immédiatement son magnétisme. Nous venons de découvrir l'électro-aimant.
Accessoires nécessaires: 3, 2 x 7, 9, 33, 36 et une pile
AVERTISSEMENT:
- La pile est en court-circuit!
- Connectez la pile pour un bref instant - juste le temps de comprendre l'expérience!
- Soyez prudent afin de ne pas vous brûler les doigts!

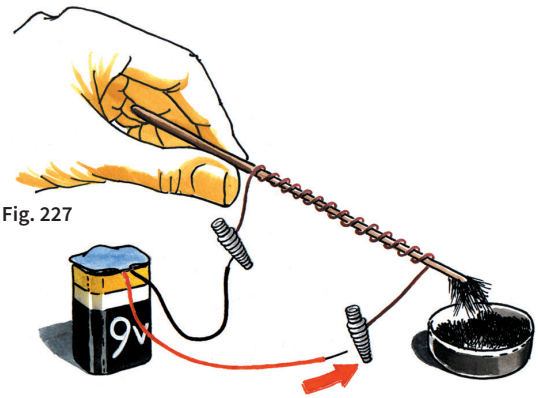


Fig. 227

228. LA DÉCOUVERTE DE OERSTED

Comme ce fut le cas pour beaucoup de découvertes, celle de l'électro-aimant fut totalement fortuite. C'est ainsi que le physicien danois Oersted remarqua un jour qu'une aiguille aimantée déviait dès qu'il se trouvait dans ses environs, un fil parcouru par le courant électrique.
Nous allons renouveler cette découverte.
Au dessus de l'aiguille de la boussole, nous posons un fil dont nous relions les 2 extrémités pendant un court moment aux 2 bornes d'une pile; aussitôt, l'aiguille dévie et reste déviée jusqu'au moment où on interrompt le circuit; à cet instant, elle retourne à sa position initiale. Si nous inversons les pôles de la pile, l'aiguille déviera dans le sens opposé.
Accessoires nécessaires: 33, 34 et une pile
AVERTISSEMENT:
- La pile est en court-circuit!
- Connectez la pile pour un bref instant - juste le temps de comprendre l'expérience!
- Soyez prudent afin de ne pas vous brûler les doigts!

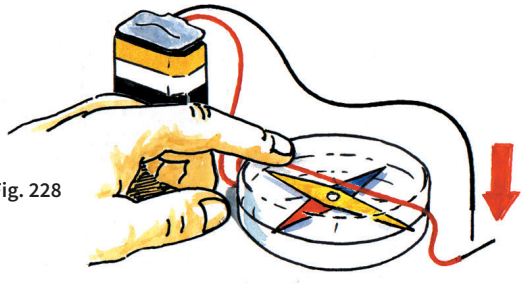


Fig. 228

229. L'ADDITION DES CHAMPS MAGNÉTIQUES (SUPERPOSITION)

Nous enroulons plusieurs tours de fil de cuivre isolé autour de notre boussole et nous relions ses 2 extrémités, l'espace d'un instant, avec les bornes de la pile. L'aiguille dévie à chaque mise sous tension et elle dévie d'autant plus fort que le nombre de tours de fil est élevé. Il est donc évident que chaque tour de fil électrique provoque son propre champ magnétique et que ces différents champs s'additionnent. C'est d'après ce principe que fonctionne le galvanomètre ainsi que tous les électro-aimants.
Accessoires nécessaires: 2 x 7, 33, 34, 36 et une pile
AVERTISSEMENT:
- La pile est en court-circuit!
- Connectez la pile pour un bref instant - juste le temps de comprendre l'expérience!
- Soyez prudent afin de ne pas vous brûler les doigts!

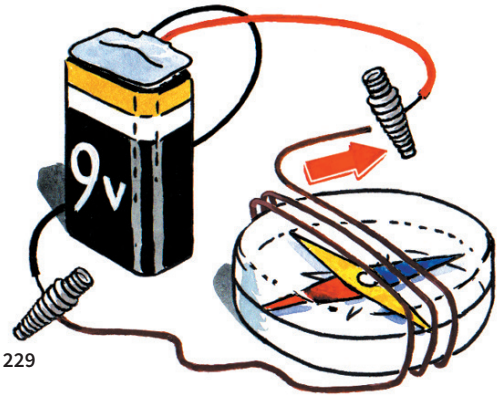


Fig. 229

230. LE CHAMP ÉLECTRIQUE D'UN FIL CONDUCTEUR TRAVAILLE DE LA MÊME MANIÈRE QU'UN CHAMP MAGNÉTIQUE

1. Comme il est indiqué à la figure 110, nous passons un fil de cuivre au travers d'une assez grande feuille de carton. Nous relions le fil à la batterie, afin de nous permettre de mesurer le champ magnétique du fil de cuivre, au moyen de notre boussole. Nous désirons connaitre la portée et la puissance du champ électrique.
L'expérience se fait de la façon suivante: nous fermons et nous rouvrons continuellement le circuit électrique tandis que nous approchons plus ou moins la boussole; la déviation de l'aiguille à chaque fermeture du circuit nous renseignera sur la puissance du champ électrique.
2. Nous pouvons aussi essayer la puissance du champ du fil conducteur en saupoudrant le carton avec de la limaille de fer et en tapotant légèrement celui-ci.
Accessoires nécessaires: 3, 34, 36, du carton et une pile
AVERTISSEMENT:
- La pile est en court-circuit!
- Connectez la pile pour un bref instant - juste le temps de comprendre l'expérience!
- Soyez prudent afin de ne pas vous brûler les doigts!

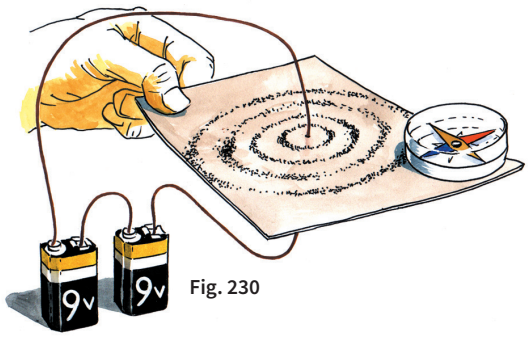
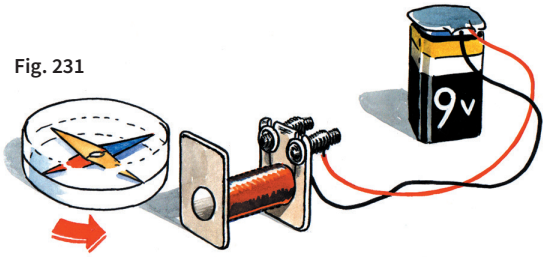


Fig. 230

231. NOTRE BOBINAGE PEUT SERVIR D'ÉLECTRO-AIMANT

Notre boîte contient un bobinage qui comporte 100 tours de fil de cuivre isolé. Nous le plaçons à environ 10 cm de la boussole et nous y faisons passer le courant de la pile (figure 111). Dès que le courant est établi, l'aiguille de la boussole dévie aussi longtemps que le courant passe dans le bobinage. Dès la rupture du circuit électrique, l'aiguille revient à sa place initiale.
Accessoires nécessaires: 2 x 7, 11, 33, 34 et une pile

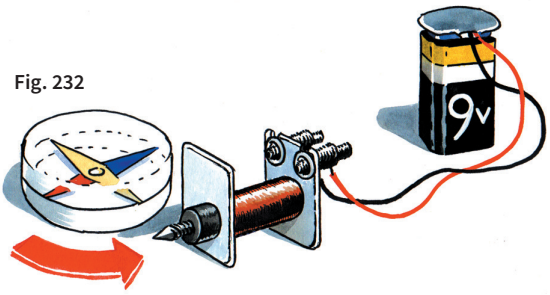
Fig. 231



232. LE BOBINAGE AVEC UN NOYAU DE FER DOUX

Nous recommençons l'expérience n°111 et nous prenons note de l'angle de déviation de l'aiguille de la boussole. Nous coupons le courant et nous glissons la barre de fer doux (surtout ne pas utiliser l'aimant n°8) dans le trou central du bobinage. Nous rétablissons le courant et nous remarquons que l'aiguille de la boussole dévie beaucoup plus que la première fois. Nous en déduisons donc que le noyau de fer doux augmente le magnétisme du bobinage.
Accessoires nécessaires: 2 x 7, 11, 16, 33, 34 et une pile

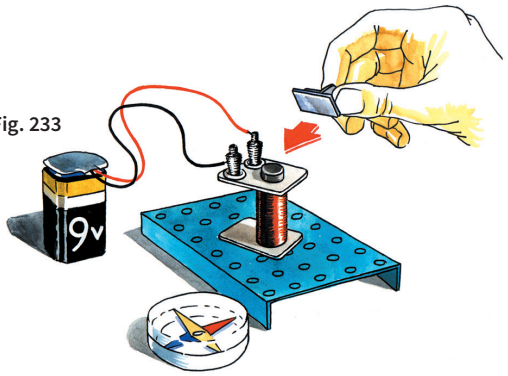
Fig. 232



233. L'ÉLECTRO-AIMANT VERTICAL

Nous prenons le socle en matière plastique et nous fixons en son centre, au moyen d'un écrou, le noyau en fer doux; nous y enfilons le bobinage et nous raccordons celui-ci à la pile: l'électroaimant vertical est prêt (figure 113). Par des essais successifs, nous pouvons nous rendre compte que l'électro-aimant attire le fer dès que le courant est établi. Par contre, dès l'interruption de celui-ci, il perd sa puissance; il reste tout au plus un léger magnétisme rémanent.
Accessoires nécessaires: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 33, 34 et une pile plate

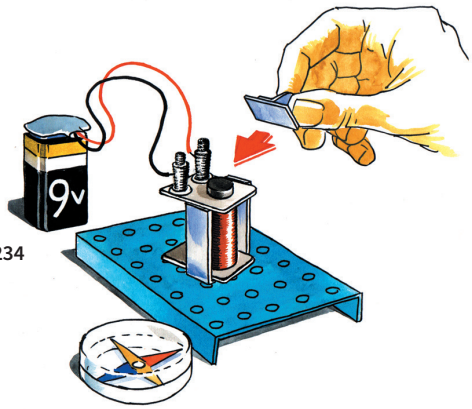
Fig. 233



234. L'ÉLECTRO-AIMANT EN FORME DE U

Nous reprenons le noyau en fer doux; nous glissons le cadre sur la tige filetée et nous fixons le tout au centre du socle en plastique (figure 114). Sur le noyau, nous enfilons le bobinage; dès que nous y envoyons le courant de la pile, nous obtenons un électro-aimant beaucoup plus puissant que celui de l'expérience n°113 quoique ce soit le même bobinage et la même pile. Dans cette expérience-là, il nous était impossible de soulever le tout au moyen de l'équerre allongée; or, maintenant, nous pouvons le faire aisément.
Pourquoi cette construction-ci est-elle plus puissante?
Accessoires nécessaires: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, 34 et une pile

Fig. 234



235. UN ÉLECTRO-AIMANT DE LEVAGE

Les pièces contenues dans notre boîte nous permettent aisément de construire un tel électro; nous prenons simplement le montage du n°114 sans le socle, ainsi que le montre la figure 115. Nous descendons l'aimant dans la boîte contenant les vis et les écrous; nous le remontons: toutes les vis et les écrous y restent attachés et nous pouvons les transporter ainsi en un autre endroit. Il suffira d'interrompre le courant pour que tous les objets transportés retombent.
Accessoires nécessaires: 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 33, des objets en fer et une pile

236. ELECTRO-AIMANT DE LEVAGE, ANNULAIRE

Pour réaliser cette expérience, il faut disposer d'un atelier permettant de fabriquer des pièces mécaniques. Nous prenons une barre de fer de 60 mm de diamètre; nous en coupons une tranche de 30 mm d'épaisseur et sur une de ses faces, nous faisons une rainure circulaire de 9 mm de largeur sur 20 mm de profondeur. Dans cette rainure, nous faisons un bobinage de 100 tours de fil de cuivre isolé de 0,3 mm d'épaisseur, que nous passons au travers du métal dans des trous soigneusement isolés. La figure 116 nous donne le dessin en coupe de l'ensemble. Dans la même barre de fer, nous prélevons encore une tranche de 10 mm d'épaisseur qui servira d'armature d'induit. Avec le seul courant de notre pile, nous pourrons soulever jusqu'à 15 dag. On utilise le même système pour fabriquer des aimants de levage pour des charges de plusieurs tonnes.

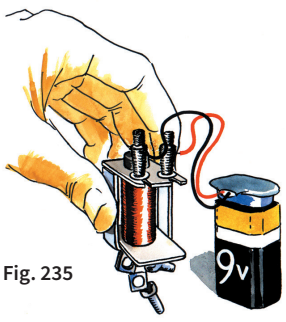


Fig. 235

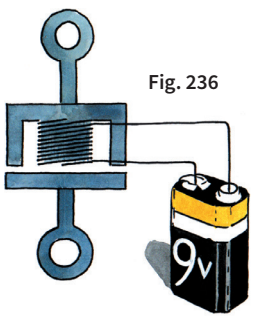


Fig. 236

237. QUEL EST L'AIMANT LE PLUS PUISSANT?

Notre boîte contient 2 aimants: celui fabriqué en alliage AlNiCo qui est un aimant permanent et l'électro-aimant dont nous venons de faire la connaissance. Lequel des 2 est plus puissant? Pour nous en faire une idée, nous reprendrons l'expérience n°48b, dans laquelle nous avons fait l'essai de la puissance de l'aimant. Nous illustrons à nouveau cette expérience dans la partie gauche de la figure 117. Sur le plateau, nous posons autant de poids que l'aimant peut supporter. Nous recommençons la même expérience mais en utilisant notre électro-aimant (figure 117 à droite). Nous constatons immédiatement que ce dernier peut soutenir un poids beaucoup plus élevé.

Accessoires nécessaires: 6, 2 x 7, 10, 11, 16, 17, 18, 33, un carton, du fil et une pile

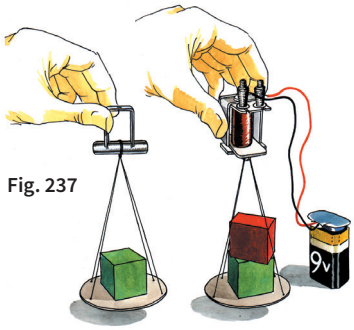


Fig. 237

238. LE SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE

1. Au milieu d'un carton de la dimension d'une carte postale, nous découpons une fenêtre rectangulaire de 32 mm x 22 mm, dans laquelle nous engageons à moitié notre bobinage. Nous raccordons celui-ci à la pile et, sur le carton, nous saupoudrons de la limaille de fer. Comparons ce spectre électromagnétique avec celui de l'aimant permanent de l'expérience n°40.
2. Nous recommençons la même expérience, mais, cette fois, nous glissons le noyau de fer doux dans le bobinage.

Accessoires nécessaires: 3, 2 x 7, 11, 16, 33, du carton et une pile

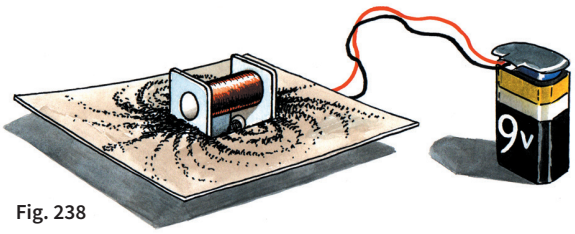


Fig. 238

239. LE BOBINAGE ET UN CLOU

Nous raccordons notre bobinage à la pile (figure 119). Dans le trou central du bobinage, nous glissons un clou de dimension moyenne. Lorsque nous soulevons le bobinage, le clou ne tombe pas. Il y a en effet 2 puissances qui ont un effet sur le clou: la pesanteur et le magnétisme. Nous constatons donc que celui-ci l'emporte.

Accessoires nécessaires: 2 x 7, 11, 33, un clou et une pile

240. LE BOBINAGE ET 2 CLOUS

Nous déposons le bobinage sur un morceau de bois ou sur notre socle en plastique; nous introduisons dans le trou central du bobinage, deux clous dont nous aurons préalablement coupé les têtes au moyen d'une tenaille ou d'une pince coupante. Le bobinage et la pile forment un circuit électrique et nous remarquons que les clous bougent lorsque nous ouvrons ou fermons le circuit. Lorsque celui-ci est ouvert, le courant est coupé et les clous reposent sur le fond du tube central (voir figure 120a); par contre, lorsque nous envoyons du courant dans le bobinage, les clous prennent la position indiquée à la figure 120b: les clous s'écartent violemment l'un de l'autre; ils sont magnétisés et, comme ils ont les mêmes pôles aux mêmes endroits, ils se repoussent mutuellement.

Accessoires nécessaires: 5, 6, 4 x 7, 8, 11, 24, 28, 33, deux clous et une pile

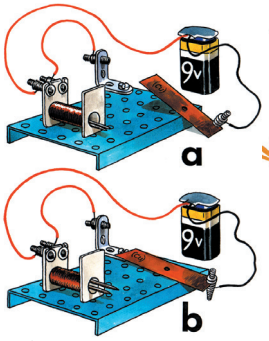


Fig. 240

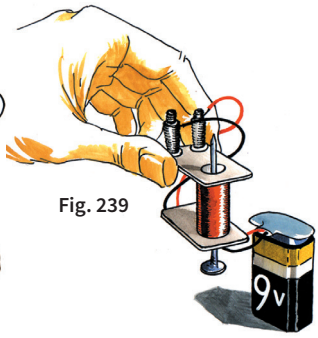


Fig. 239

241. UN AMPÈREMÈTRE À FER DOUX

Nous glissons un clou dans le tube central du bobinage et nous l'attachons à celui-ci comme l'indique la figure 121 (à droite du bobinage). Nous fabriquons une petite équerre au moyen de 2 bandelettes de fer blanc: la première mesure environ 40 mm x 5 mm, tandis que la seconde mesure environ 60 mm x 2 mm et 0,2-0,4 mm d'épaisseur. Nous fixons la plus longue au bout de l'autre, comme l'indique la figure 121, à gauche. Nous tordons la fine bandelette légèrement vers la gauche et nous glissons la plus large dans le tube du bobinage. Dès que nous envoyons le courant, le clou et la bande de fer-blanc sont magnétisés de même polarité: ils se repoussent et l'amplitude de ce mouvement dépend de l'intensité du courant qui passe dans les fils. Il nous est possible d'étalonner notre appareil au moyen d'un véritable ampèremètre et de dessiner une échelle d'intensité sur le socle en bois.

Accessoires nécessaires: 2 x 7, 11, 33, deux morceaux de feuille de métal, un morceaux de bois, un clou, un morceaux de élastique et une pile

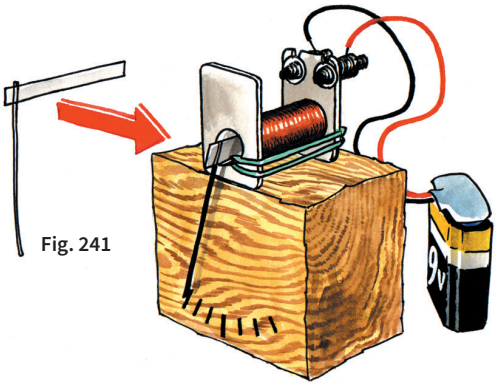


Fig. 241

242. UNE AUTRE FAÇON DE CONSTRUIRE UN AMPÈREMÈTRE

Nous tournons notre fil de constantan autour d'un clou de façon à ce qu'il prenne la forme d'un ressort possédant environ 20 spires. A ce ressort, nous suspendons le noyau en fer doux que nous aurons préalablement glissé dans le tube du bobinage (voir figure 122). Lorsque nous raccordons ce dernier à la pile, le noyau est attiré et cette attraction est d'autant plus forte que l'intensité du courant qui y est envoyé est plus grande. Il suffit alors de nous construire une aiguille et une échelle graduée que nous pourrons étalonner comme à l'expérience précédente.

Accessoires nécessaires: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 2 x 20, 28, 33, 37 et une pile

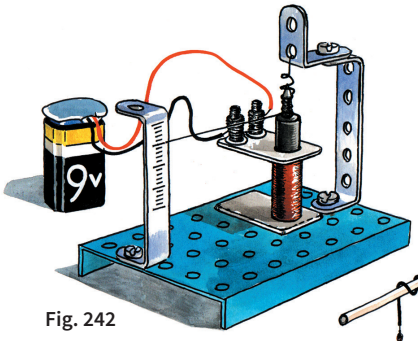


Fig. 242

243. UN INSTRUMENT À CADRE MOBILE

Sur notre socle en plastique, nous fixons une petite équerre double et, sur le haut de celle-ci, nous en fixons une seconde parallèlement au socle. Nous fixons l'aimant permanent et le noyau en fer doux dans les 2 trous extérieurs. De cette façon, nous avons réalisé un aimant permanent en forme de fer à cheval et possédant un très puissant champ magnétique entre ses extrémités.

Entre celles-ci, nous suspendons un bobinage réalisé au moyen de fil de laiton isolé de 0,16 mm de diamètre et possédant 10 à 12 tours. La figure 123, à gauche, indique la façon de le construire et de le suspendre. Les fils de suspension sont en fil de cuivre non isolé dont l'extrémité supérieure est reliée au pôle positif de la pile, tandis que l'extrémité inférieure est reliée à son pôle négatif. Les fils de suspension servent donc en même temps de fil d'alimentation. Dès que nous établissons le courant, le bobinage tournera vers la gauche ou vers la droite suivant l'emplacement des pôles du courant électrique. C'est d'après ce principe que fonctionnent les instruments de mesure électriques de précision. La rotation du bobinage explique l'expérience suivante.

Accessoires nécessaires: (20), 2 x 5, 3 x 6, 10, 16, 2 x 29, 33, 36 et une pile

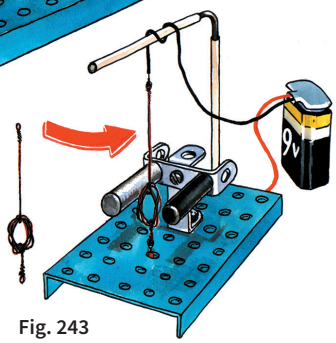


Fig. 243

244. UN FIL CONDUCTEUR DANS UN CHAMP MAGNÉTIQUE

Sur le socle en plastique, nous fixons une petite équerre double et sur celle-ci, nous attachons le noyau en fer doux et l'aimant permanent. Dans le champ magnétique du fer à cheval formé par ces 2 pièces, et au moyen de 2 fils de cuivre non isolés d'environ 10 cm, nous suspendons la tige filetée sans les écrous. Nous utilisons pour cela, la potence réalisée à l'expérience n°20. Lorsque nous envoyons le courant dans le circuit, la tige filetée (qui est ici notre fil conducteur) dévie dans un sens ou dans l'autre, suivant la polarité aux 2 fils de suspension. Nous expliquons cette réaction comme suit: il y a un puissant champ magnétique entre les 2 branches du fer à cheval, mais il s'en crée un également autour de la tige filetée dès qu'elle est parcourue par un courant électrique. Ainsi que nous le savons déjà, les champs magnétiques s'attirent ou se repoussent exactement de la même manière que les aimants, c'est-à-dire, d'après leurs polarités. Cette expérience est très importante pour la compréhension du fonctionnement du moteur électrique.

Accessoires nécessaires: (20), 5, 2 x 6, 10, 12, 16, 29, 33, 36 et une pile

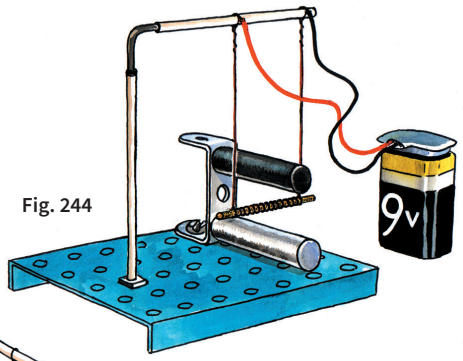


Fig. 244

245. BLOCAGE DU FONCTIONNEMENT DE L'ÉLECTRO-AIMANT

Nous fixons le bobinage sur le socle en plastique et, au moyen de la potence de l'expérience n°20, nous suspendons devant lui, avec un fil de coton, à une distance d'environ 1 cm, une petite équerre double. Dès que nous envoyons le courant dans le bobinage, celui-ci attire l'équerre. Ensuite, à titre d'essai, nous plaçons entre le bobinage et l'équerre différents matériaux, tels que: de la tôle de cuivre, de la tôle de zinc, du carton, du verre, de la tôle de fer, etc... De cette façon nous pouvons déterminer quels sont les matériaux qui n'influencent pas le champ magnétique et ceux qui bloquent son effet sur l'équerre suspendue.

Accessoires nécessaires: (20), 5, 2 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 28, 29, 33, un fil de coton et une pile

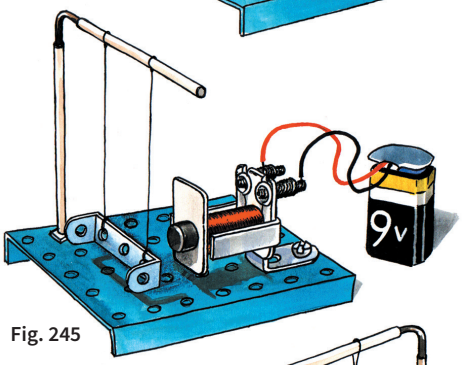


Fig. 245

246. LE FREIN ÉLECTRIQUE

Nous utilisons à nouveau la potence de l'expérience n° 20 et nous y suspendons, avec un fil de coton, la sonnette en aluminium avec son ouverture vers le bas. Nous marquons un trait de repère sur le bord de la sonnette et en dessous de celle-ci, nous fixons l'électro-aimant.

1. Le courant n'étant pas établi, nous tournons la sonnette un certain nombre de fois dans le même sens et, l'ayant libérée, nous comptons le nombre de tours qu'elle fait pour revenir à son point de départ.
2. Nous établissons le courant (l'électro-aimant est donc sous tension) et nous faisons la même expérience. Nous constatons que l'électro-aimant freine la sonnette dans son mouvement de retour. Ceci est le principe du frein électrique qui trouve de larges applications dans la technique.

Accessoires nécessaires: (20), 6, 2 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 33, un fil de coton et une pile

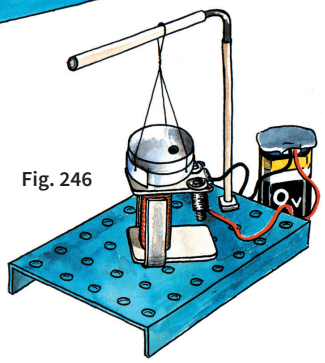


Fig. 246

L'ELECTRO-AIMANT DANS LA TECHNIQUE

247. LE TÉLÉGRAPHE MORSE

Nous fixons l'électro-aimant sur le socle en plastique; il se compose du bobinage, du noyau en fer doux et du cadre de noyau. Au moyen d'une petite équerre double, d'une grande équerre double et d'une équerre simple, nous formons un assemblage où la grande équerre (K) sert de pôle d'attraction de l'électro-aimant. Au bout de l'équerre simple, nous introduisons un fin crayon qui reste en position verticale.

Nous raccordons le bobinage à la pile et aussitôt, l'électro-aimant attire la grande équerre. Dès que nous coupons le courant, le tout retourne à sa situation de départ. C'est le principe du télégraphe Morse car, à chaque impulsion longue ou brève, le crayon (O) trace une ligne ou un point sur une bande de papier (P) qui défile à une allure régulière. L'alphabet Morse est constitué d'ensembles de traits et de points qui représentent des lettres (voir expérience n° 85).

Accessoires nécessaires: 5 x 5, 6 x 6, 6 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 24, 2 x 28, 29, 33, une pile, un crayon et du papier

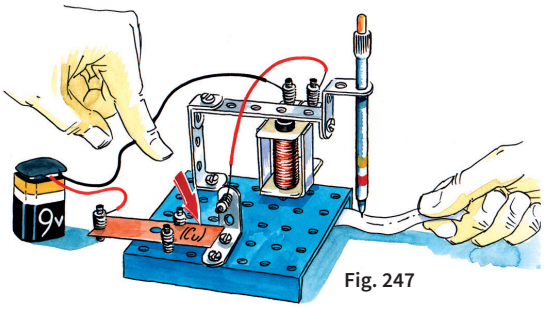


Fig. 247

248. L' INTERRUPTEUR MORSE

Pour permettre l'utilisation simultanée de 2 appareils portant son nom, l'ingénieur Morse construisit un inverseur spécial qui rendait possible l'envoi ou la réception. Nous aussi, nous allons en construire un. Comme levier, nous prenons la plaque de cuivre contenue dans notre boîte; nous la fixons à une petite équerre double sur le bord du socle en plastique. A celui-ci, nous fixons également 2 vis, l'une à gauche, l'autre à droite; elles forment les 2 points de contact électrique (figure 128). Cet interrupteur comporte 3 fils électriques de sortie, celui du centre étant le fil reliant les 2 appareils. Le fil de droite est relié à un pôle de la pile. En position de repos, le fil de gauche est ainsi relié au fil central. A l'expérience suivante, nous verrons comment fonctionnent 2 de ces appareils combinés.

Accessoires nécessaires: 7 x 5, 8 x 6, 7 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 23, 3 x 28, 29, 33 et une pile

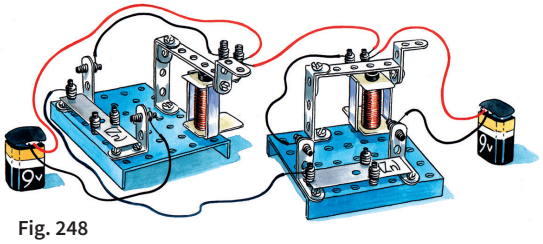


Fig. 248

249. SCHÉMA ÉLECTRIQUE DU TÉLÉGRAPHE MORSE

Nous avons ici 2 télégraphes Morse avec 2 interrupteurs.

T = Appareil télégraphique **B = pile**
K = Interrupteur **Z = Terre**

Ce schéma était utilisé auparavant par exemple pour la liaison entre 2 stations de chemin de fer, Le schéma de cette expérience nécessite l'utilisation de 2 boîtes d'expériences. On peut placer un appareil dans une chambre et l'autre ailleurs; on télégraphie alors d'un endroit à l'autre. Deux fils forment la liaison; toutefois, un de ceux-ci peut être remplacé par les tuyaux d'eau ou de chauffage (terre). C'est ainsi que, là où le télégraphe est encore utilisé, un des 2 fils de liaison est remplacé par une plaque métallique enterrée qui réalise un contact avec la terre.

Accessoires nécessaires: deux télégraphes Morse, deux interrupteurs Morse et deux piles

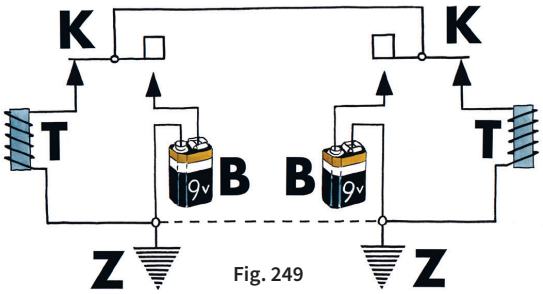


Fig. 249

250. LE MARTEAU DE WAGNER

Le physicien Wagner découvrit un appareil qui, sans aide extérieure, coupait et rétablissait le courant. Comme ce genre d'appareil est fort utilisé dans la technique, nous allons en construire un. Au moyen d'une équerre simple, nous fixons l'électro-aimant en position couchée sur le socle en plastique. D'un autre côté, nous plaçons une équerre avec alvéole; sa place doit être réglée de telle façon que le marteau vibreur auquel il sert de base reste écarté de 2 à 3 mm de l'électroaimant. Le circuit électrique s'établit comme suit: pile, fil d'alimentation (que nous tenons provisoirement en main), marteau vibreur, équerre avec alvéole, fil de liaison, bobinage, fil de retour à la pile. Dès que nous fermons le circuit au moyen du fil que nous tenons en main, le marteau commence à vibrer, coupant et rétablissant successivement le courant: dès que l'électro-aimant attire le marteau, il coupe le courant parce qu'il s'est écarté du contact; aussitôt que le courant est interrompu, le marteau retourne à sa place initiale où il rétablit le contact de telle façon que le cycle se répète indéfiniment.

Accessoires nécessaires: 4 x 5, 5 x 6, 3 x 7, 8, 11, 16, 17, 2 x 28, 31, 33 et une pile

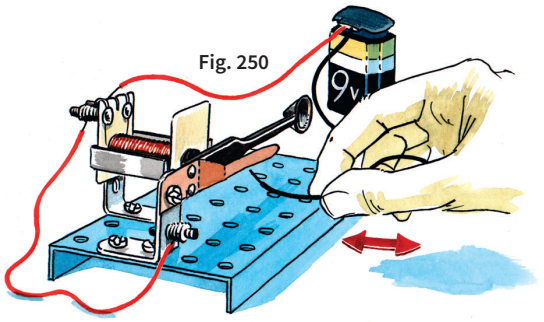


Fig. 250

251. LA SONNETTE ÉLECTRIQUE

Après avoir construit le marteau de Wagner, le montage d'une sonnette électrique ne pose plus de problèmes; il ne nous manque plus que la vis de réglage du contact et la sonnette. Ainsi que le montre la figure 131, nous plaçons la vis de réglage sur une équerre à alvéole fixée sur le socle. Deux écrous permettent un réglage exact de la position de la vis. Quant à la sonnette, nous la mettons en place grâce à la tige filetée. Les câblages sont indiqués à la figure 131.

Accessoires nécessaires: 5 x 5, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33 et une pile

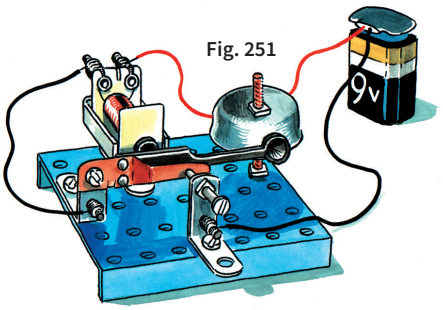


Fig. 251

252. LA SONNETTE ÉLECTRIQUE À LA PORTE DE LA MAISON

Le schéma de la figure 132 montre comment il faut faire pour installer une sonnette électrique à la porte d'une maison ou d'un appartement. La pile et la sonnette se trouvent à l'intérieur, tandis que le bouton de commande est à l'extérieur. Les personnes qui veulent nous rendre visite appuient sur le bouton, ce qui ferme le circuit et met la sonnerie en marche. Si, de plus, nous parvenons à ouvrir la porte à distance, au moyen d'un électro-aimant, nous aurons totalement remplacé un portier.

Accessoires nécessaires: la sonnette électrique, une pile, le bouton poussoir et du fil électrique

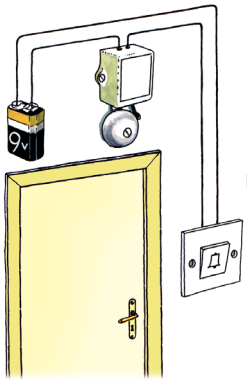


Fig. 252

253. LA SONNETTE AVEC PLUSIEURS BOUTONS DE COMMANDE

Dans les cliniques, les hôtels, les wagons de chemin de fer, etc..., il est nécessaire d'appeler certaines personnes comme les infirmières, les garçons ou les surveillants; cet appel doit pouvoir se faire au départ de nombreux endroits différents. Le schéma 133 nous montre comment on peut faire fonctionner une seule sonnette au moyen d'une pile et de plusieurs boutons de commande. De cette manière, nous pouvons par exemple, appeler le surveillant d'un wagons-lits. Ce signal peut encore être combiné avec un clapet qui indique quel est le bouton, et donc le local, d'où on a sonné. De tels tableaux de signalisation sont utilisés aussi dans les cliniques et les hôtels. Ils sont basés sur un système électromagnétique.

254. LE SIGNAL D'ALARME

En utilisant une vieille boîte en fer-blanc, nous fabriquons un contact électrique suivant les indications de la figure 134. Les bandes de métal doivent avoir environ 6 cm x 1 cm. L'ensemble est monté sur une porte, de telle sorte que, dès qu'elle s'ouvre, les 2 pièces viennent en contact. Lorsque nous aurons terminé le câblage avec la pile et la sonnerie, notre signal d'alarme sera prêt. Nous pouvons aussi utiliser ce système pour une fenêtre; il sert surtout à protéger les entrepôts, les magasins et les maisons.

Accessoires nécessaires: assiette en aluminium, la sonnette électrique, du fer-blanc et du fil électrique

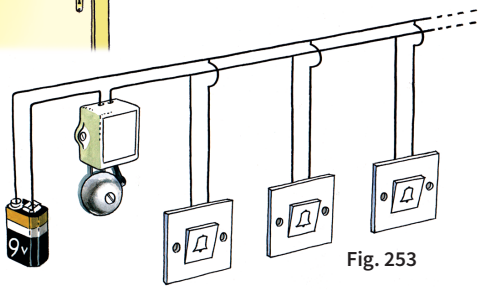


Fig. 253

255. LE SIGNAL DE REMPLISSAGE

Le niveau des liquides dans les réservoirs d'usines ou de laboratoires doit souvent être limité entre des points minima et maxima. Nous pouvons aisément réaliser un signal avertisseur qui indiquera que le réservoir va déborder ou que le liquide va manquer. Le schéma en est donné à la figure 135. Dans le réservoir pend un flotteur (P) qui monte et qui descend avec le liquide. Le fil qui le soutient passe par la poulie (T) et, sur ce même fil sont fixés des repères A et B. Un contrepoids (U) maintient ce fil tendu. Dès que le liquide arrive à son niveau maximum, le repère A vient en contact avec une pièce métallique reliée à un pôle de la pile. Par contre, dès que le liquide arrive au niveau minimum, c'est le repère B qui vient en contact avec la pièce métallique. En partant de cette commande toute simple, il est possible de réaliser une alimentation automatique du niveau du liquide dans le réservoir.

P = flotteur
T = poulie
U = contrepoids

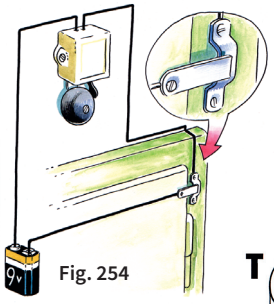


Fig. 254

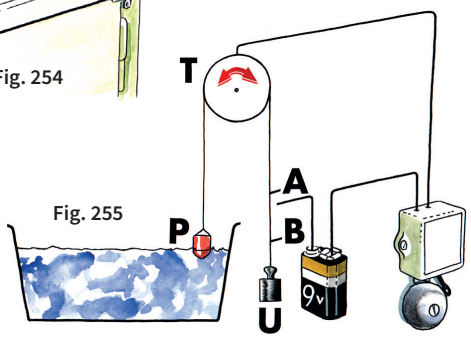


Fig. 255

256. INFLUENCES PHYSIOLOGIQUES DU COURANT ÉLECTRIQUE

Dans l'expérience n°60, nous avons pu constater que le fait de toucher de la langue les 2 bornes d'une pile, provoquait des picotements; c'était donc la preuve que le courant électrique produit des effets sur notre corps. Nous allons voir s'il y en a d'autres:

1. De la main gauche, nous saisissons la plaque de cuivre, tandis que de la main droite, nous prenons la plaque de zinc. Au moyen de ces 2 plaques, nous touchons les pôles de la pile, comme indiqué à la gauche de la figure 136. Quoiqu'il soit certain que le courant électrique passe au travers de notre corps, nous constatons que nous ne le sentons pas.
2. Nous relions des fils électriques venant de ces mêmes 2 plaques aux bornes de notre bobinage (figure 136, à droite). Ensuite, nous reprenons les plaques en main et nous les mettons en contact avec la pile: nous ne sentons rien. Toutefois, au moment où nous interrompons ce contact, nous ressentons une violente secousse.

Ce choc provient du bobinage et uniquement au moment de la rupture du contact. Pour expliquer ce fait, nous nous reportons à nouveau à l'expérience n°101; nous y avons vu que le bobinage provoque une résistance inductive. Autour du bobinage parcouru par le courant se crée un champ magnétique ainsi que nous l'avons vu à l'expérience n°124. Au moment de la rupture du courant, ce champ magnétique disparaît en créant, pendant un très court moment, un fort courant induit dont nous ressentons le choc.

Accessoires nécessaires: 4 x 7, 11, 16, 23, 24, 33 et une pile

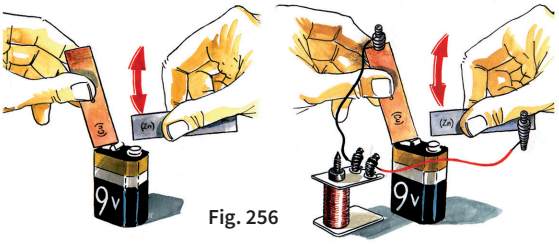


Fig. 256

257. L'APPAREIL À INDUCTION

De la sonnette électrique à l'appareil à induction (auto-inductance), il n'y a qu'un petit pas. Pendant que la sonnerie retentit, nous y relions les 2 plaques de métal utilisées dans l'expérience précédente: l'une est reliée à la vis de réglage, l'autre à l'équerre supportant le marteau (voir figure 137). Si nos mains sont sèches, nous sentirons de légers chocs, si elles sont humides, les chocs seront beaucoup plus forts. Il est évident que le courant que nous sentons est beaucoup plus puissant que celui fourni par la pile.

Accessoires nécessaires: (131), 23, 24 et 33

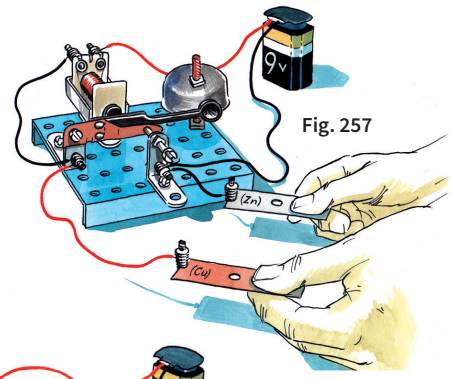


Fig. 257

258. ELECTRISATION AU MOYEN DE L'EAU

Nous prenons une des plaques de l'expérience n° 137 et nous la trempons dans un récipient contenant de l'eau; nous y jetons aussi une pièce de monnaie. Tandis que la sonnerie fonctionne, nous prenons la seconde plaque dans la main gauche et nous essayons de la main droite, de retirer la pièce de monnaie. Dès que nous touchons l'eau, nous ressentons un choc et, si nous insistons en y trempant la main, celle-ci sera prise de crampes. Il est toujours dangereux de toucher des appareils électriques avec des mains humides!

Accessoires nécessaires: (137), une pièce de monnaie et un récipient avec de l'eau

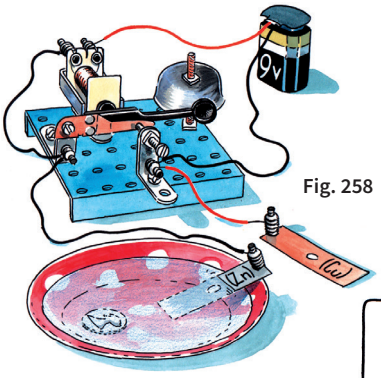


Fig. 258

259. LA TERRE PEUT SERVIR DE CONDUCTEUR

L'électrode (la plaque) qui se trouvait précédemment dans l'eau, est maintenant enfoncée dans la terre humide. Nous tenons l'autre électrode en main La figure 139 n'est qu'une vue partielle de l'expérience. La terre humide est un très bon conducteur électrique. C'est pour cela qu'il est dangereux de toucher, avec n'importe quelle partie du corps, un câble à haute ou à moyenne tension. Si de plus, nous nous trouvons sur un sol humide, ce serait la mort immédiate.

Accessoires nécessaires: (137)

260. LE RELAIS

Un relais est un appareil qui nous permet de commander à distance, au moyen d'un courant de faible tension, n'importe quel appareil à tension élevée. Nous pouvons aisément construire cet appareil.

La figure 140 représente schématiquement un relais de fermeture d'un circuit électrique. Dans le premier circuit, nous avons l'électro-aimant et la première pile. Si nous fermons ce premier circuit, l'électro-aimant attirera le marteau qui, par son extrémité, fermera le second circuit composé d'une pile, du contact et de l'ampoule. Sous cette action, cette dernière s'éclairera. Il n'est pas difficile de faire des transformations afin d'obtenir un relais opérant soit une rupture du circuit électrique, soit une inversion.

Accessoires nécessaires: 3 x 5, 3 x 6, 6 x 7, 8, 11, 14, 16, 2 x 29, 31, 33, 35, et deux piles

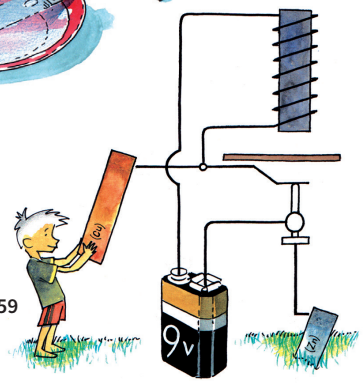


Fig. 259

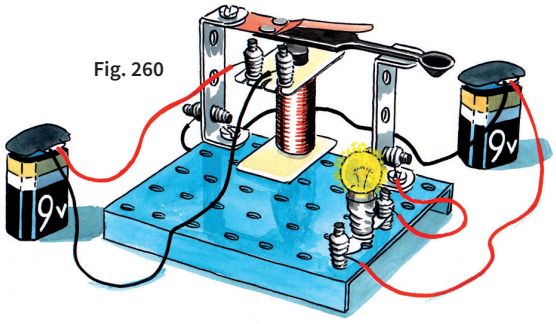


Fig. 260

261. LE TÉLÉPHONE DES BERGERS

Dans les Alpes, les bergers utilisaient un téléphone constitué par deux cylindres en carton dont une extrémité était fermée hermétiquement par une feuille de parchemin. On peut utiliser un pot de yoghourt en plastique. Entre les 2 cylindres, on tend un fil et lorsqu'un des partenaires parle dans le cornet, il suffit que le second porte le sien à l'oreille pour entendre ce que l'autre dit. Ce téléphone ne permet pas de parler derrière les coins puisque le fil doit être tendu et ne peut rien toucher.

Le fonctionnement est le suivant: sous l'effet des paroles, le premier parchemin vibre, transmet ces vibrations au fil de liaison qui les transmet à son tour au second parchemin.

Le téléphone de Bell est semblable au précédent: il se compose aussi de 2 pièces terminales semblables dans lesquelles se trouvent un électro-aimant, un noyau de fer doux et un bobinage. Devant l'aimant, est tendue une fine membrane. Dès qu'on parle devant cette dernière, on change le champ magnétique qui forme un courant induit dans le bobinage du second appareil où le phénomène inverse se produit et fait ainsi vibrer la membrane; de ce fait, on entend ce qui s'est dit devant le premier appareil.

Le téléphone de Bell disparut à l'apparition du téléphone actuel qui comprend un écouteur et un microphone, ce qui rend possible de parler et d'écouter en même temps dans les 2 sens.

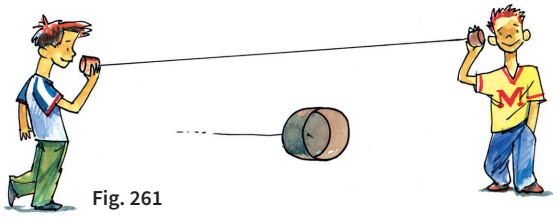


Fig. 261

262. TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE VIBRATOIRE

La figure 142 donne un schéma de l'appareil qui permet de transformer l'énergie électrique en énergie vibratoire (ou sonore).

Sur la base en plastique, on fixe un électro-aimant qui est composé d'un bobinage, d'un noyau de fer doux et d'un cadre de noyau. Au dessus du bobinage nous plaçons une membrane constituée ici par le couvercle d'une boîte à bonbons en métal. Au moment de l'expérience, nous soulevons légèrement le couvercle. Si, à ce moment, nous ouvrons et nous fermons le circuit électrique, nous entendons vibrer notre membrane.

Lors de la fermeture du circuit, l'électro-aimant attire la membrane et au moment de la rupture, celle-ci reprend sa position première grâce à son élasticité. Ceci servira de base dans la construction d'un écouteur de l'expérience suivante.

Accessoires nécessaires: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, un couvercle en fer-blanc et une pile

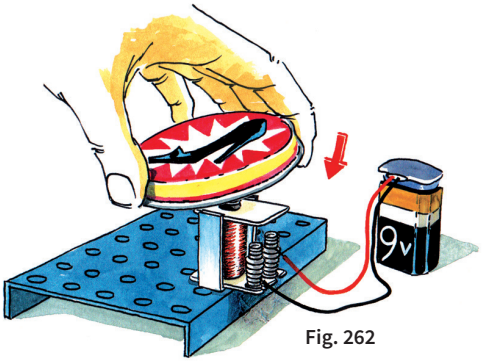


Fig. 262

263. L'ÉCOUTEUR

Au moyen des grandes et des petites équerres doubles, nous relions l'électro-aimant et la coquille de l'écouteur de telle façon qu'ils restent éloignés l'un de l'autre de 1 à 2 mm. Au moment de la mise sous tension, la coquille servant ici de membrane, ne pourra en aucun cas toucher l'électro-aimant; elle ne peut pas non plus en être trop éloignée. En fermant le circuit, l'électro-aimant attire la membrane de l'écouteur. Lorsqu'on ouvre le circuit, la membrane se relâche. On entend dès lors le bruissement caractéristique des écouteurs.

Accessoires nécessaires: 4 x 5, 6 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 20, 22, 2 x 29, 33 et une pile

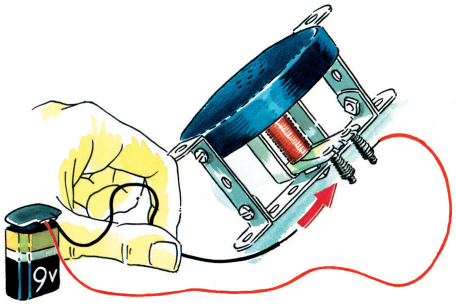


Fig. 263

264. LA LIME SERVANT D'INTERRUPTEUR

Nous relions l'écouteur réalisé à l'expérience précédente à une pile, en passant par une lime (figure 144). Avec l'extrémité d'un des fils, nous frottons la surface de la lime et nous entendons un murmure dans l'écouteur; celui-ci est causé par les nombreuses interruptions de courant au contact de la lime.

Accessoires nécessaires: (143) et une lime

265. LE CLAXON D'AUTOMOBILE

Pour réaliser cette expérience, il nous faut l'écouteur (figure 143), une pile et du fil de câblage. Nous relions un des pôles de l'électro-aimant à la membrane et l'autre pôle directement à la pile. Avec le fil venant du second pôle de la pile, nous touchons la membrane (la coquille) (la faire vibrer), comme indiqué figure 145.

Accessoires nécessaires: (143), 7

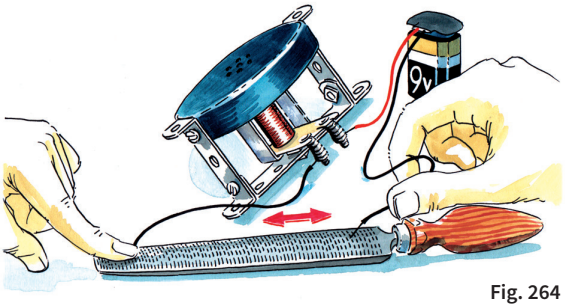


Fig. 264

266. LE MICROPHONE

Notre boîte contient également un microphone très simple mais très efficace. Il est composé de 2 parties principales: la membrane, semblable à celle de l'écouteur, mais en plastique; les 3 petites barres de charbon dont 2 sont fixées directement sur la membrane tandis que la troisième est suspendue par 2 fils et repose sur les 2 premières.

Le circuit électrique est formé par la pile, le microphone et l'ampoule (figure 146). Dès que nous appuyons le doigt sur la troisième barre de charbon, l'ampoule s'éclaire et d'autant plus intensément que nous appuyons plus fort. C'est donc le contact plus ou moins intime entre les barres de charbon qui détermine la quantité de courant qui passe de l'une aux autres et qui fait que l'ampoule s'éclaire plus ou moins fort.

Accessoires nécessaires: 2, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7, 8, 14, 2 x 28, 33, 35 et une pile

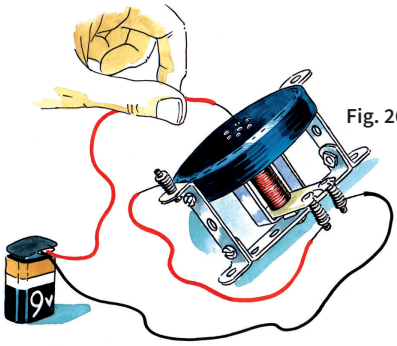


Fig. 265

267. LE TÉLÉPHONE

Lorsque nous assemblons l'écouteur de l'expérience n°143, le microphone de l'expérience précédente et une pile, nous obtenons un téléphone, c'est-à-dire un appareil qui permet de transmettre la parole sur de très longues distances.

Si nous déposons une montre sur le socle du microphone, nous entendons son tic-tac dans l'écouteur. Le son produit par la montre fait vibrer la membrane du microphone; les barres de charbon sont appuyées plus ou moins les unes contre les autres; elles laissent passer un courant plus ou moins fort et l'électro de l'écouteur attire plus ou moins la membrane suivant l'intensité du courant; l'air ambiant transmet à notre oreille les vibrations de l'écouteur et nous entendons le tic-tac de la montre. Cet appareil nous permet aussi de transmettre la parole.

Pour cela, il faut mettre le microphone et l'écouteur dans des pièces différentes. (Cela nécessite des fils plus longs).

Accessoires nécessaires: (143), (146) et une montre

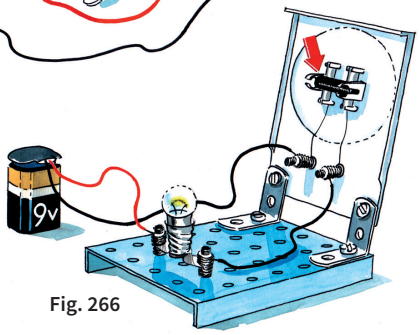


Fig. 266

GENERATRICES ET MOTEURS ELECTRIQUES

268. TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

1. Nous relions le bobinage au galvanomètre (figure 148). Dans le tube du bobinage, nous faisons glisser rapidement l'aimant permanent: l'aiguille du galvanomètre dévie, mais retourne immédiatement à sa position première. Si maintenant, nous retirons brusquement l'aimant permanent de son logement, l'aiguille du galvanomètre déviera dans l'autre sens.

2. Nous retournons l'aimant et nous faisons à nouveau la première expérience. Ici encore, nous remarquerons les déviations de l'aiguille.

Comment peut-il se créer ainsi du courant électrique? Par les expériences précédentes nous savons que l'aimant permanent possède un champ magnétique. Lorsque nous glissons l'aimant dans le bobinage, les lignes de force du champ magnétique recouperont les spires du bobinage. Le courant naît à la suite de l'induction qui nous est déjà connue. Celle-ci ne dure que le temps pris par le mouvement de l'aimant, c'est-à-dire, aussi longtemps que celui-ci modifiera l'emplacement de son champ magnétique par rapport au bobinage lui-même. Ceci est une des principales expériences dans le cadre de la connaissance de l'électricité. C'est d'après ce principe que fonctionnent les génératrices des machines qui transforment l'énergie de mouvement (la rotation) en énergie électrique. Les génératrices sont mises en mouvement par des machines à vapeur ou par des turbines à eau. Dans le premier cas, les turbines à vapeur utilisent l'énergie potentielle de la vapeur; dans le second cas, ce sont les turbines à eau qui utilisent l'énergie potentielle de l'eau en mouvement. Toutes deux transmettent ces énergies à la génératrice.

Accessoires nécessaires: 1, 4 x 7, 10, 11, 33 et 34

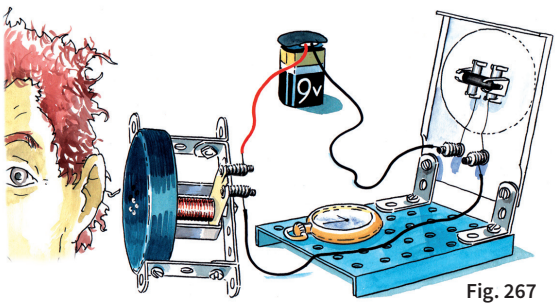


Fig. 267

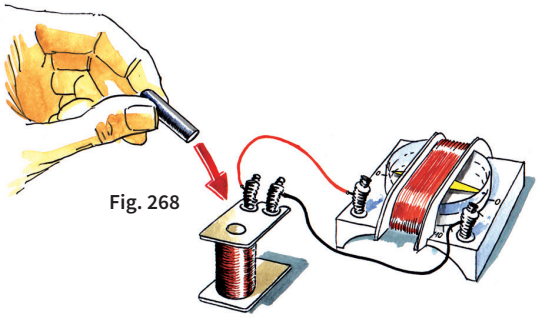


Fig. 268

269. UN ALTERNATEUR (OU GÉNÉRATRICE À COURANT ALTERNATIF)

En suivant le schéma de la figure 149, nous glissons dans le bobinage le noyau de fer doux, nous relions le bobinage au galvanomètre et nous attendons que son aiguille se trouve à 0. Ensuite, nous faisons tourner au-dessus du bobinage, l'aimant permanent suspendu dans un berceau de papier. De cette façon, nous avons construit le plus simplifié des alternateurs.
Accessoires nécessaires: 1, 4 x 7, 10, 11, 16, 33, 34, du papier et du fil

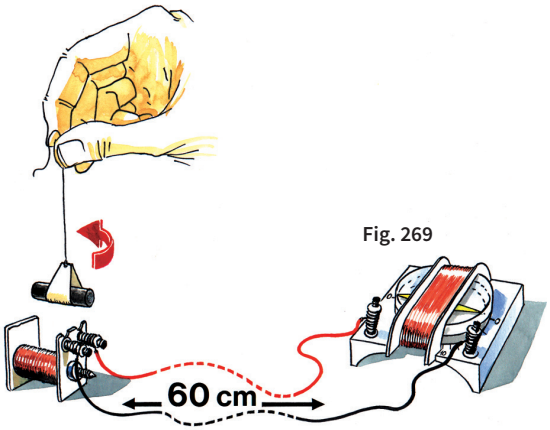


Fig. 269

270. LE STATOR DE LA GÉNÉRATRICE ET DU MOTEUR ÉLECTRIQUE

Dans une machine électrique, on appelle stator les pièces qui ne bougent pas. Nous allons en construire un. Sur le socle en plastique, nous fixons les pièces recourbées n°13; entre les 2, nous plaçons l'aimant permanent et nous le bloquons au moyen de la tige filetée: notre stator est prêt.
Au moyen de la boussole, nous pouvons nous assurer qu'un champ magnétique s'est créé entre les branches arrondies de ce stator et nous pouvons répéter l'expérience n°41 qui prouvait que le champ magnétique passe d'une branche à l'autre.
Accessoires nécessaires: 2 x 5, 4 x 6, 8, 10, 12, 15 et 34

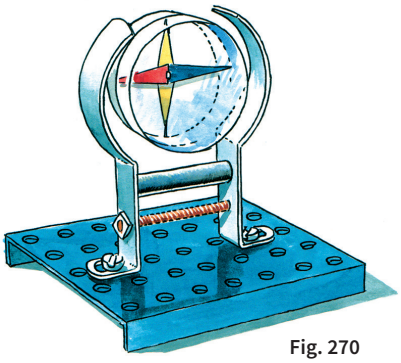


Fig. 270

271. LE ROTOR DE LA GÉNÉRATRICE ET DU MOTEUR ÉLECTRIQUE

Le rotor est, en principe, un bobinage rotatif dont le début et la fin aboutissent à des secteurs isolés d'un tambour en cuivre. Des charbons frottent sur les secteurs de ce cylindre; ils lui fournissent le courant s'il s'agit d'un moteur et ils prélèvent le courant s'il s'agit d'une génératrice.
Au moyen de la boussole, nous contrôlons la fonction du rotor:
1. Nous raccordons le rotor à la pile par l'intermédiaire des balais (ou des charbons) suivant le schéma de la figure 151.
2. Le compas nous indique où se trouve le Nord et le Sud du rotor.
3. Nous vérifions le changement de polarité au cours d'une rotation de 360° et nous constatons que les extrémités du rotor changent de polarité à chaque demi-tour qu'il effectue. Ceci est obtenu par les segments isolés du collecteur (du cylindre) qui prennent leur courant successivement sur les 2 balais.
On constate également que le changement de polarité du rotor se produit chaque fois qu'il se trouve en position horizontale. Par conséquent, il repousse chaque fois le bras du stator d'où il vient et il attire celui vers lequel il se dirige.
Accessoires nécessaires: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 19, 2 x 20, 21, 33 et une pile

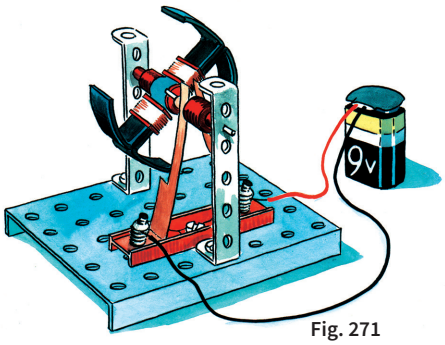


Fig. 271

272. MOTEUR ÉLECTRIQUE FOURNISSANT DU COURANT CONTINU

Comme nous avons fait la connaissance du stator de la génératrice (150) et du rotor de la génératrice avec les balais (151), nous pouvons construire un moteur électrique fournissant du courant continu.
Nous devons d'abord assembler le rotor avec les balais et ensuite le stator. Après avoir vérifié que le rotor tourne et que les balais appuient convenablement sur le collecteur, nous raccordons ceux-ci à la pile. Le rotor commence à tourner; lentement au début et ensuite, de plus en plus vite jusqu'à son maximum qui est d'environ 2.800 à 3.000 tours/minute. Lorsque nous inversons les pôles de la pile, le moteur tourne en sens inverse.
Accessoires nécessaires: (151), 2 x 5, 4 x 6, 10, 12, 15

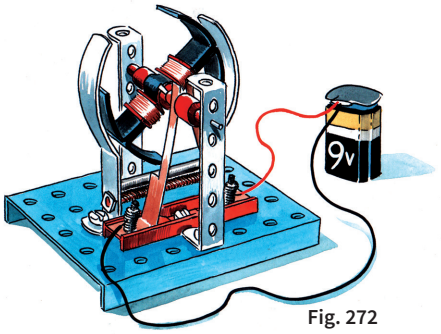


Fig. 272

273. LA GÉNÉRATRICE

Cette fois, nous raccordons le moteur, non plus à la pile, mais au galvanomètre.
Lorsqu' ensuite, nous faisons tourner le rotor à la main le plus vite possible, l'aiguille du galvanomètre déviera. Une rotation en sens inverse provoquera une déviation en sens opposé. Le moteur électrique pour courant continu peut donc également servir de génératrice, c.à.d., une machine qui fournit du courant continu.
Accessoires nécessaires: (152), 1, 2 x 7 et 34

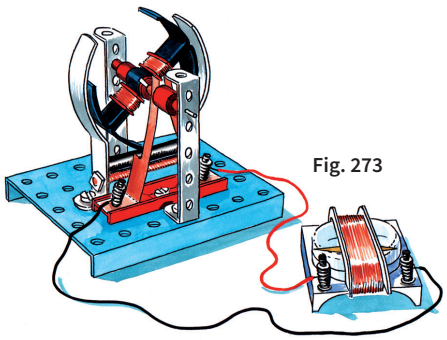


Fig. 273

CONCLUSION

Chaque livre à une conclusion. Si vous êtes parvenu à la fin de ce livre, ne permettez pas que ce soit la conclusion de vos aspirations portées vers l'élargissement de l'horizon des connaissances que vous avez acquises dans le domaine de l'électronique et de l'électrotechnique. Le livre que vous tenez en mains, ne doit être qu'une introduction dans l'univers de l'électronique, univers riche de nouvelles constatations, de surprises et de possibilités extraordinaires.
Bon courage!

QUI EST QUI?

Ampere, André Marie (1775-1836), physicien français qui élabora la découverte d'Oersted et posa les bases de l'électrodynamique (la science qui traite de l'action de la charge électrique). Il se consacra également à la détermination des rapports exacts entre le courant électrique et le magnétisme. L'unité d'intensité de courant électrique est nommée ampère (A), du nom de ce physicien.

Bardeen, John (1908-1991), physicien américain. Ensemble avec Brattain H. Walter et Schokley William, il reçut le prix Nobel de physique en 1956 pour la découverte de transistor, qui fut le résultat des recherches que ces trois physiciens avaient menés dans les laboratoires Bell en 1948. Il étudia aussi les propriétés des substances exposées à de très hautes températures. (Supraconductivité). Pour ces recherches il a obtenu un autre prix Nobel avec Leon N. Cooper et John Schrieff et 1972.

Brattain, Walter Houser (1902-1987), physicien américain, voir Bardeen, John.

Coulomb, Charles Augustin de (1736-1806), physicien français qui étudia les forces agissant entre les deux corps chargés d'électricité. L'unité de quantité électrique s'appelle coulomb (C), du nom de ce physicien.

Edison, Thomas Alva (1847-1931), physicien américain, un des inventeurs ingénieux du 19e siècle. Parmi la multitude de ses découvertes, citons l'ampoule à incandescence, le phonographe (prédécesseur du tourne-disque moderne), et le projecteur de cinéma.

Faraday, Michael (1792-1867), chimiste et physicien anglais. Il fut le pionnier par ses recherches et les expériences dans le domaine de l'électricité et du magnétisme. Nombreux sont ceux qui le considèrent un des plus grands expérimentateurs de toutes les époques. Il développa le concept de lignes de force - lignes imaginaires le long desquelles travaillent les forces magnétiques. Ce concept de travail des forces dans un espace est actuel encore aujourd'hui. Du nom de ce physicien, l'unité de capacité électrique d'un condensateur s'appelle farad (F).

Henry, Joseph (1797-1878), physicien et savant américain, connu pour la découverte de l'induction et l'auto-induction électromagnétique. Ses expériences dans le domaine de la chimie, l'électricité et le magnétisme révèle la diversité des sujets qu'il avait abordés. De son nom, l'unité d'induction s'appelle henry (H).

Hertz, Heinrich Rudolph (1857-1894), physicien, mathématicien et ingénieur allemand. Il fut le premier à démontrer l'existence des ondes de radiodiffusion. Il a prouvé que les ondes de radiodiffusion se propagent à la vitesse de lumière. En hommage de son travail et ses résultats, l'unité de fréquence est appelée hertz (Hz).

Kelvin, William Thomson (1824-1907), physicien écossais qui a proposé de mesurer la température à partir d'un zéro absolu (-273,15° C). Il fut un des fondateurs de la thermodynamique. Il participa dans le projet de transmission des messages télégraphiques par un câble sous-marin entre l'Europe et l'Amérique. Il améliora les différents instruments de mesure. Pour son travail il a obtenu le titre de chevalier. De son nom on appelle l'unité de température absolue (K).

Kirchoff, Gustav Robert (1824-1887), physicien allemand. Il découvrit la loi fondamentale de l'émission électromagnétique, selon laquelle la radiation du corps noir dépend de la température du corps et de la fréquence des ondes. Il fut un des fondateurs de la spectroscopie.

Leclanché, Georges (1839-1882), inventeur français. De son nom on appelle les batteries sèches. On utilise encore aujourd'hui les batteries de Leclanché dans les appareils portables.

Morse, Samuel Finley Breese (1791-1872), artiste et inventeur américain. Il fut apprécié parmi les connaisseurs en matière d'art pour ses peintures en miniature. Comme technicien, il est avant tout connu pour le développement du télégraphe. Il développa un instrument pour la réception des messages transmis par les fils, utilisant un électroaimant qui pressait le crayon contre une bande. Cela rendit possible la réception des messages sous forme de traits et points. Il a aussi développé les codes constitués de traits et points.

Oersted, Hans Christian (1777-1851), philosophe danois. Pendant les expériences exécutées lors de ses cours donnés en 1920, il découvrit l'induction électromagnétique. Il a aussi étudié le travail des liquides et des gaz sous pression. Il a acquis une grande réputation grâce à ses expériences et les cours donnés en public.

Ohm, Georg Simon (1789-1854), physicien allemand. En 1826 il détermina le rapport entre la tension, le courant et la résistance dans un circuit électrique établi. C'est la loi d'Ohm et l'unité de résistance électrique s'appelle ohm (Ω).

Shockley, William (1910-1989), physicien américain, voir Bardeen John.

Swan, Sir Joseph Wilson (1828-1914), chimiste et inventeur britannique. Il contribua considérablement au développement de la photographie. Parmi ses inventions citons l'ampoule à filament graphite (1860) et l'ampoule à filament en métal (1878).

Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio (1745-1827), physicien italien, inventeur de la première batterie électrique. Il fut également le premier qui avait isolé le gaz méthane. De son nom on appelle l'unité de tension (V).

GLOSSAIRE

Le glossaire ci-joint contient certains termes que vous ne connaissez probablement pas tellement bien. Certains de ces termes ont été souvent employés dans ce manuel, certains l'était moins et il y'en a aussi d'autres qui n'ont pas été mentionnés mais qui sont étroitement liés au domaine de l'électronique et l'électrotechnique.

accumulateur batterie, source d'énergie électrique, que l'on peut charger une fois qu'elle s'est déchargée. Normalement, un accumulateur est chargé d'énergie électrique qu'il a recueillie d'un condensateur.

aimant matière dont la propriété est d'attirer les objets métalliques, en cobalt et nickel.

ampèremètre instrument pour mesurer l'intensité de courant électrique.

amplificateur circuit qui amplifie les signaux électriques.

astable quelque chose est astable si les états qu'elle occupe sont actifs mais alternent constamment.

atome la plus petite particule d'un élément, capable de maintenir les propriétés de celui-ci.

base prise de transistor, sur laquelle on envoie du courant permettant de contrôler le transistor.

batterie source d'énergie électrique dans laquelle l'énergie chimique (énergie déposée dans les éléments chimiques), est transformée en énergie électrique. La batterie déchargée ne peut pas être réutilisée.

bistable propriété de ce qui peut rester stable dans un de ses deux états.

bit unité élémentaire d'information digitale pouvant prendre deux valeurs distinctes: 0 (zéro) et 1 (un).

bobinage élément du circuit, dans lequel l'énergie est déposée du fait que les enroulements du bobinage sont traversés par un courant électrique qui ne varie pas. Le bobinage fournit donc de la résistance aux changements de courant électrique qui le parcourt.

capacite propriété des condensateurs, mesurée en farad (F).

cathode extrémité de la diode reliée à la borne négative. Le courant électrique traverse la diode uniquement en cas où la cathode est reliée à la borne négative de la batterie.

CD disque compact sur lequel les données (ou la musique) sont emmagasinées sous forme digitale.

CD ROM Disque compact sur laquelle sont enregistrées les données digitales. Un disque peut contenir les informations équivalentes à 300.000 pages frappées. Sur un CD ROM on peut aussi emmagasiner des images, des séquences animées, des prises de vidéo, du son.

champs électrique espace autour de la charge électrique, où agissent les forces électriques.

champs magnétique espace autour de l'aimant dans lequel agissent les forces magnétiques.

chip plaquette en silicium minuscule sur laquelle il a été réalisé un circuit électronique intégré.

charge électrique quantité d'électricité. Si un appareil est chargé d'électricité, on dit qu'il contient de l'électricité non stable.

circuit balancé circuit où le courant envoyé se divise un peu comme sur une balançoire d'enfants (une partie en haut, l'autre en bas ou en équilibre).

circuit de Darlington circuit dans lequel le courant électrique venant de l'émetteur de transistor passe directement dans la base de l'autre transistor.

circuit électrique est la vole du courant se déplaçant à travers le circuit qui doit être fermé. Le courant électrique ne peut pas se déplacer que si le circuit est fermé: la borne positive de la batterie, la prise, le fil d'alimentation, l'ampoule, l'autre fil d'alimentation, la borne négative de la batterie.

circuit intégré circuit où un grand nombre d'éléments est regroupé sur une plaquette en silicium minuscule, comme p.e. transistors, résistances, condensateurs, etc. Les circuits intégrés très complexes comprennent plusieurs millions de transistors.

circuit à rétroaction (feedback) circuit qui fait revenir une partie d'information depuis la sortie vers l'entrée de circuit.

collecteur prise de transistor, qui nous permet d'observer l'influence du courant électrique passant dans la base de transistor.

commutateur hermétique (interrupteur reed) tube avec deux lames de contact. Quand on les aimante (au moyen de l'aimant ou de l'électroaimant), elles s'attirent, ce qui permet au courant de les parcourir. condensateur élément électronique, servant à emmagasiner la charge électrique, en sorte que la tension sur ses brides ne varie pas. Le condensateur fournit de la résistance aux variations de la tension à ses éternités.

condensateur électrolytique élément électronique, contenant du liquide (électrolyte). Ces condensateurs ont, en général, une grande capacité (plusieurs microfarads). Pour les condensateurs électrolytiques, l'important c'est dans quels sens on a raccordé leurs brides au circuit. Si elles sont tournées dans le sens contraire, le condensateur risque d'être détruit immédiatement.

conducteur substances qui conduisent bien du courant électrique.

convertisseur dispositif qui permet la transformation du courant alternatif en courant continu. En général, c'est un dispositif qu'on raccorde directement à la prise secteur, et qui a une tension permanente à ses extrémités, auxquelles nous pouvons relier les appareils qui ont besoin du courant continu (transistor) pour leur fonctionnement.

corps chargé corps auquel une charge électrique a été donnée ou prélevée.

coulomb unité de quantité électrique.

courant alternatif courant qui se déplace alternativement, d'abord dans un sens et puis dans l'autre.

courant continu courant qui passe à travers un conducteur toujours dans le même sens.

courant électrique déplacement dirigé et contrôle de la charge électrique.

courant pulsant courant parcourant un conducteur toujours dans le même sens et dont l'intensité varie.

détecteur élément permettant de transformer un impact non électrique en impact électrique (détecteur d' humidité).

diode élément semiconducteur du circuit par lequel le courant passe uniquement dans un sens.

diode LED diode luminescente.

dynamo génératrice permettant d'obtenir du courant électrique continu.

électroaimant bobinage parcouru par un courant électrique. Comme il travaille comme aimant lorsqu'il est connecté à la source électrique, on l'appelle électroaimant.

électrolyte liquide conducteur du courant électrique.

électromotor appareil dans lequel l'énergie électrique est transformée en énergie mécanique.

électron particule d'atome, possédant la charge négative.

élément substance constituée d'un seul type d'atomes.

élément du circuit la plus petite composante d'un circuit électrique.

émetteur contact de transistor ou concourent les courants venant de la borne positive de la batterie, passant dans le collecteur et la base.

énergie capacité d'exécuter un travail. L'énergie peut changer ses formes: celle mécanique en électrique (génératrice), électrique en thermique (calorifère), électrique en lumière (ampoule).

fréquence numéro de changement en une seconde.

génératrice appareil qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique. Les génératrices sont utilisées dans les usines électriques ou l'énergie mécanique de l'eau vient être transformée en énergie électrique.

graphite carbone tendre. Dans l'électrotechnique, on l'utilise pour les résistances et les curseurs. On le trouve également dans des mines de crayons et des lubrifiants pour les roulements.

goniomètre dispositif transformant le courant alternatif en courant continu. En général, c'est un dispositif qu'on raccorde à la prise secteur, et qui a une tension continue à ses extrémités, auxquelles nous pouvons relier les appareils qui pour leur fonctionnement ont besoin du courant continu (transistor). inductance propriété des bobinages. Unité de mesure est henry (H).

induction impact de l'aimant sur le conducteur ou le bobinage en mouvement. Du aux mouvements du conducteur ou du bobinage, placé à proximité de l'aimant, un courant électrique commence à y passer.

information digitale information exprimée en séquences de bits.

instrument universel voir AVO mètre.

interrupteur élément du circuit permettant de couper le circuit.

isolant substances dont la propriété est de ne pas conduire l'électricité.

haut-parleur appareil dans lequel l'énergie électrique se transforme en énergie sonore.

laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) appareil de radiation lumineuse monochromatique, cohérente très puissante et très restreinte.

microphone appareil dans lequel l'énergie sonore est transformée en énergie électrique.

microprocesseur circuit intégré très complexe avec un grand nombre de circuits logiques.

mise à la terre en général, la partie du circuit reliée directement à la borne négative de la batterie. Chez les automobiles p.e. la mise à la terre est la carrosserie métallique, reliée à la borne négative de l'accumulateur.

molécule la plus petite partie d'une matière, gardant les caractères de celle-ci.

monostable propriété de ce qui (circuit) occupe une seule position stable (état) et qu'il a tendance de garder. Si on essaie de faire changer cet état par un mouvement extérieur, le tout revient en son état initial, stable.

neutron Particule d'atome, électriquement neutre.

NTC (Negative Coefficient Temperature) Thermistance dont la résistance baisse au fur et à mesure que la température monte.

ohmmètre instrument pour mesurer la résistance électrique.

ordinateur électronique appareil avec un circuit électronique capable de traiter les informations données ou d'effectuer un grand nombre d'opérations à partir de ces données (de calcul p.e.) très rapidement.

oscillateur circuit qui produit la tension électrique négative.

plan de raccordement plan indiquant le raccordement des éléments individuels d'un circuit.

protone particule d'atome possédant la charge électrique positive.

pôle extrémité d'un aimant où l'influence des forces magnétiques est la plus importante.

potentiomètre résistance variable. Elle est reliée au circuit en sorte que toutes les deux brides de résistance et de curseur y soient raccordées.

préfixe on l'utilise devant une unité de base pour indiquer combien de fois une unité de mesure est plus grande ou plus petite de celle de base.

RAM (Random Access Memory) mémoire opérationnelle de l'ordinateur. Cette mémoire nous permet d'y écrire ou d'en lire les informations.

relais dispositif avec électroaimant qui attire un bout de fer et provoque de ce fait l'accouplement des contacts mobiles et immobiles. On utilise les relais pour commuter les interrupteurs à l'aide du courant électrique.

robot machine dont le fonctionnement est contrôle par les ordinateurs.

ROM (Read Only Memory) chip à mémoire qui nous permet la lecture des données. Très souvent, ils ont la forme de circuits intégrés munis d'une fenêtre transparente minuscule.

résistance propriété des résistances. Unité de mesure est ohm.

schéma plan de raccordement d'un circuit électrique.

semiconducteur substances ayant la propriété intermédiaire entre les isolants et les conducteurs. Si on soumet ces substances à un traitement et on les utilise après, d'une manière appropriée, elles deviennent semiconductrices.

signaux de basse fréquence signal audible, c'est-à-dire entre 16 Hz et 20.000 Hz.

signaux de haute fréquence signal dont la fréquence n'est pas audible, c'est-à-dire au-dessus de 20 kHz.

stable état qui n'alterne pas sans une influence extérieure.

température donnée qui indique combien un objet est chaud ou froid.

thermistance résistance qui varie au fur et à mesure du changement de température.

touche interrupteur électrique qui est fermé seulement si on le tient enfoncé.

touche de détecteur Touche qui réagit au contact du doigt.

transistor élément semiconducteur, dont on peut modifier la résistance par un mouvement extérieur (courant électrique passant dans sa prise de contrôle).

transistor NPN transistor qui travaille normalement si son collecteur est relié au pôle positif de la batterie et son émetteur au pôle négatif.

transistor PNP Transistor qui travaille normalement quand son collecteur est relié au pôle négatif et son émetteur au pôle positif de la batterie.

voltmètre instrument pour mesurer la tension électrique.

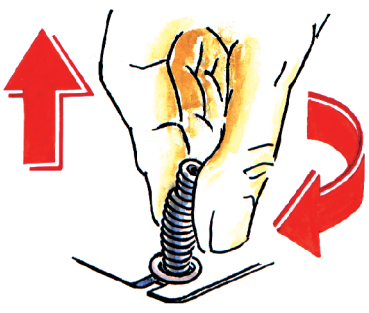
zéro absolu la plus basse température possible (-273,15° C).

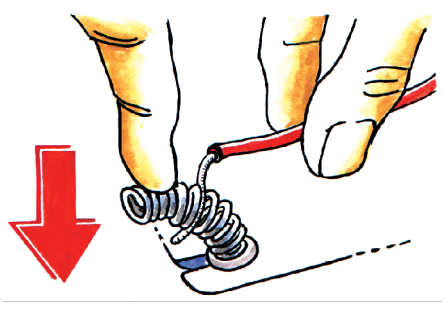
DESIGNATION ET CROQUIS DES PIECES

N°	DÉSIGNATION DES PIÈCES	Quantité
1	Galvanomètre	1
2	Microphone	1
3	Boîte contenant de la limaille de fer	1
4	Boîte contenant les vis et les écrous	1
5	Vis courtes M4 x 5	12
6	Ecrous M4	16
7	Attache-ressort	30
8	Socle en matière plastique	1
9	Baguette en fer	1
10	Aimant	1
11	Bobinage	1
12	Tige filetée	1
13	Sonnette	1
14	Soquet pour ampoule	1
15	Stator (en 2 parties)	1
16	Noyau en fer doux	1
17	Cadre pour noyau	1
18	Equerre allongée	1
19	Induit	1
20	Grande équerre double 60 x 12 mm	2
21	Paire de balais 22 Coquille d'écouteur	1
22	Plaque de zinc (Zn)	1
23	Plaque de cuivre (Cu)	1
24	Longue vis M4 x 20	1
25	Plaquette en polyvinyle	1
26	Pelle en cuivre avec manche en polyvinyle	1
27	Equerre simple 25 x 25 mm	1
28	Petite équerre double 38 x 12 mm	4
29	Résistance (rhéostat)	2
30	Marteau vibreur de sonnerie	1
31	Clef pour écrous	1
32	Câbles avec 2 fiches	2
33	Boussole	5
34	Ampoule 12 V/0,05 A	1
35	Žarnica 12 V/0,05 A	1

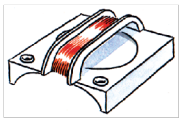
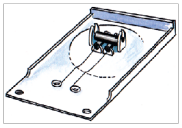
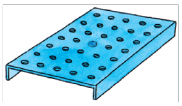
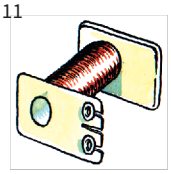
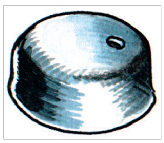
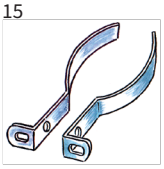
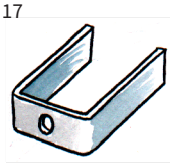
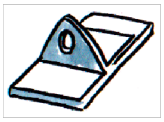
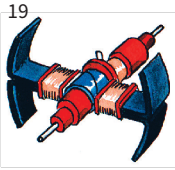
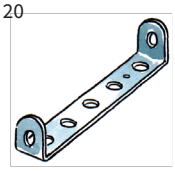
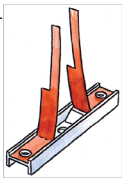
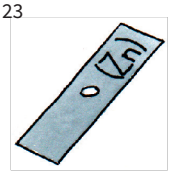
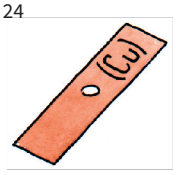
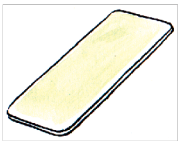
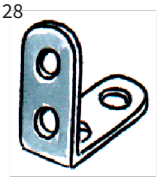
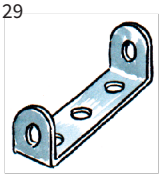
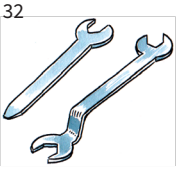
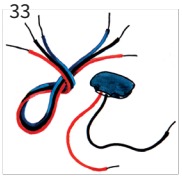
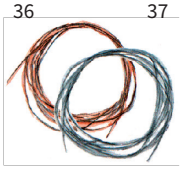
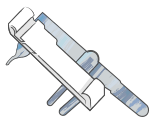
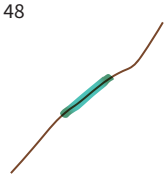
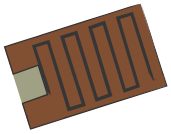
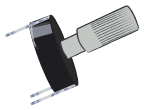
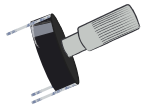
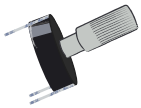
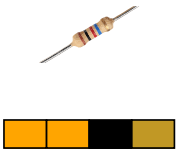
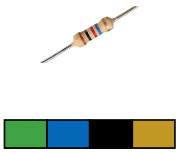
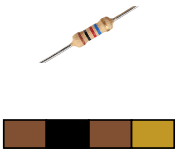
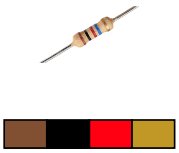
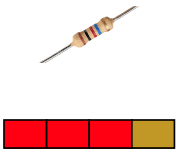
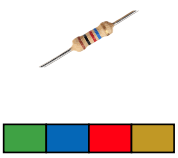
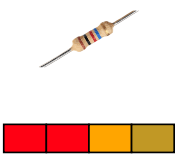
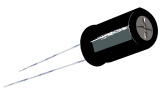
N°	DÉSIGNATION DES PIÈCES	Quantité
36	Fil de cuivre	1
37	Fil de constantan	1
38	Prise de batterie 9 V	1
39	Planche de circuit	1
40	Interrupteur	1
41	Relai Reed	1
42	Transistor BC 548	3
43	Diode luminescente rouge	1
44	Diode luminescente verte	2
45	Haut-parleur 0,5 W, 8 Ω	1
46	Diode 1N4004	2
47	Thermistance NTC 10 kΩ	1
48	Relai	1
49	Indicateur d'humidité	1
50	Potentiomètre de 100 Ω	1
51	Potentiomètre de 10 kΩ	1
52	Potentiomètre de 47 kΩ	1
53	Résistance de 33 Ω, 0,5 W	1
54	Résistance de 56 Ω, 0,5 W	1
55	Résistance de 100 Ω, 0,5 W	1
56	Résistance de 270 Ω, 0,5 W	1
57	Résistance de 1 kΩ, 0,5 W	2
58	Résistance de 2,2 kΩ, 0,5 W	1
59	Résistance de 5,6 kΩ, 0,5 W	1
60	Résistance de 22 kΩ, 0,5 W	3
61	Résistance de 100 kΩ, 0,5 W	1
62	Condensateur céramique de 1,5 nF	1
63	Condensateur céramique de 10 nF	2
64	Condensateur céramique de 47 nF	1
65	Condensateur électronique de 100 nF	1
66	Condensateur électrolytique 100 µF/16 V	2
67	Condensateur électrolytique 1000 µF/16 V	1
68	Fil de raccordement de 55 mm de longueur	4
69	Fil de raccordement de 100 mm de longueur	6
70	Fil de raccordement de 150 mm de longueur	4

Insérez le ressort de contact dans pa plaque de base.





Insérez le fil dans le ressort de contact.

1 	2 	3	4	5 6	7	8 
9	10	11 	12	13 	14	15 
16	17 	18 	19 	20 	21 	22
23 	24 	25	26 	27	28 	29 
30	31	32 	33 	34	35	36 37 
38	39	40 	41	42	43	44
45	46	47	48 	49 	50 	51 
52 	53 	54 	55 	56	57 	58 
59 	60 	61	62 1,5µF (152)	63 10µF (103)	64 47µF (473)	65 100µF (104)
66	67 	68 L = 55 mm	69 L = 100 mm	70 L = 150 mm		

ELECTRO PIONEER

273 esperimenti di magnetismo, elettricità ed elettronica

Funziona con una batteria 9V ⎓ IEC 6LR61-9V ⎓ (non inclusa)

Produttore e detentore dei diritti di autore: LIVE MEHANO d.o.o. • Polje 9 • 6310 Izola • Slovenija

INDICE

INTRODUZIONE 531
UNITÀ DI MISURA 532
COMPONENTI FONDAMENTALI DEI CIRCUITI ELETTRICI ..... 533 - 542
CIRCUITI ..... 543 - 586
ELETTROSTATICA ..... 587 - 592
MAGNETISMO ..... 592 - 597
BATTERIE E ELEMENTI ..... 597 - 603
ELETROMAGNETISMO ..... 603 - 606
APPLICAZIONI TECNICHE DELL'ELETTROMAGNETE ..... 606 - 609
GENERATORI E MOTORI ELETTRICI ..... 609 - 610
CHI È...? 611
GLOSSARIO ..... 612 - 614
LISTA DELLE PARTI DI ASSEMBLAGGIO ..... 615 - 616

DIRITTI ED OBBLIGAZIONI

Comprando questo libro accetti di osservare le regole del diritto d'autore che coprono questo tipo di lavoro è a non violare il diritto d'autore stesso. Il contenuto di questo libro è protetto dalla legge del copyright. Nessuna parte può essere riprodotta o riscritta, fotocopiata e nessuna informazione in esso contenuta può essere trasferita senza una esplicita e preventiva autorizzazione scritta da parte dell'editore. Tutti gli esperimenti descritti in questo libro sono stati attentamente esaminati e testati. Ciò nonostante l'editore non si assume alcuna responsabilità per eventuali danni fisici e/o materiali o per lesioni procurate durante l'assemblaggio degli esperimenti descritti in questo libro.

AI NOSTRI GIOVANI LETTORI

Caro giovane lettore,
Noi siamo felicissimi che tu abbia deciso di conoscere il mondo dell'elettrotecnica attraverso il nostro manuale e speriamo che ti diverta molto a condurre gli esperimenti che in esso sono contenuti. Tuttavia questo kit non è stato pensato solamente per il tuo divertimento. Conducendo gli esperimenti e leggendo le spiegazioni ad essi annesse, imparerai anche le basi dell'elettrotecnica, che in seguito ti potranno essere utili nelle situazioni di ogni giorno.
Non aver paura di sperimentare. I risultati di un esperimento valgono più dell'opinione di mille esperti, quindi testa tutte le nuove idee che ti vengono in mente. Se un esperimento non funziona come dovrebbe, non ti scoraggiare. Una volta che avrai scoperto quello che non va ed avrai risolto il problema, avrai imparato qualcosa di nuovo ed utile che potrai utilizzare negli esperimenti successivi. Tutti gli esperimenti suggeriti in questo libro sono stati progettati in modo che non siano pericolosi per te e che non arrechino danni a quanto ti sta attorno, a parte l'eventuale graffio sul dito.
Questo libro descrive un discreto numero di esperimenti diversi. Alcuni sono talmente semplici che non sono necessarie spiegazioni. Altri sono complicati e forse non sarai in grado di comprendere subito come funzionano. Dopo un attento studio, tuttavia, sarai in grado di costruire e far funzionare anche i circuiti più complicati con facilità. Tuttavia, se conducendo un determinato esperimento, dovessi incontrare notevoli difficoltà non aver paura di abbandonarlo per poi tornare a ripeterlo in seguito. La diversità degli esperimenti, alcuni dei quali forse hai studiato a scuola, garantisce a tutti l'opportunità di imparare di più sulla materia. Inoltre, la descrizione dettagliata degli esperimenti del loro funzionamento data in questo libro potrà forse esserti utile nei tuoi studi.

CARI GENITORI

Comprando questo libro, entrerete nel mondo dell'elettrotecnica con vostro figlio. Se già avete delle conoscenze in materia, potrete aiutare e consigliare vostro figlio. Se invece questa materia per voi è nuova, non esitate a partecipare attivamente. Il mondo dell'elettrotecnica è pieno di rivelazioni sia per i più piccoli sia per gli adulti.

Vogliamo cogliere questa opportunità per assicurarvi ancora che questo kit è assolutamente sicuro. È stato deliberatamente progettato per essere utilizzato con la corrente di una batteria, in quanto l'uso dell'energia elettrica della rete potrebbe presentare un potenziale rischio, specialmente per degli utilizzatori inesperti. NON PERMETTERE MAI A TUO FIGLIO DI USARE QUESTO KIT UTILIZZANDO L'ENERGIA ELETTRICA DELLA RETE!

Non è stato menzionato l'uso di un trasformatore. Se hai esperienza con l'elettronica e l'elettricità, il trasformatore potrà essere usato come fonte di energia, ma solo sotto la tua supervisione. L'uso del convertitore, senza la tua supervisione, potrebbe causare danni alle parti del kit.

AVVERTIMENTO

- PER GLI ESPERIMENTI USA UNA PILA DA 9 V, DEL TIPO IEC 6LR61.
- NON USARE PILE RICARICABILI (CIOÈ AL NICHEL-CADMIO).
- LA PILA DEVE ESSERE CONNESSA RISPETTANDO LA CORRETTA POLARITÀ.
- NON TENTARE DI ASSEMBLARE I CIRCUITI UTILIZZANDO LA CORRENTE ELETTRICA DELLA RETE. POTREBBE ESSERE PERICOLOSO SIA PER TE CHE PER LE COSE CHE TI CIRCONDANO! L'ALIMENTAZIONE ATTRAVERSO LA RETE ELETTRICA POTREBBE ESSERE MORTALE E POTREBBE CAUSARE UN INCENDIO. IL KIT E LE SUE PARTI NON SONO STATE PROGETTATE PER FUNZIONARE CON IL VOLTAGGIO DELLA RETE ELETTRICA.
- TI RACCOMANDIAMO DI USARE QUESTO KIT SOLO SOTTO LA SUPERVISIONE DI UN ADULTO.
- TI RACCOMANDIAMO DI EFFEITUARE SOLO GLI ESPERIMENTI DESCRITTI NEL MANUALE.
- SE NON HAI L'INTENZIONE DI USARE IL CIRCUITO PER UN PERIODO PIU LUNGO RIMUOVI LA PILA.
- IL CIRCUITI DEVONO ESSERE ALIMENTATI SOLTANTO CON PILE PRESCRITE.
- RACCOMANDIAMO DI USARE PILE ALCALINE.
- NON METTERE MAI LE PILE IN CONTATTO CON PARTI DI METALLO, PERCHE POSSONO INFIAMMARSI O ESPLODERE.
- LE PILE NON RICARICABILI NON DEVONO ESSERE RICARICATE.
- LE PILE DEVONO ESSERE CAMBIATE SOLO DA PARTE DEGLI ADULTI.
- NON BRUCIARE O FORARE MAI UNA VECCHIA PILA.
- LE PILE SCARICHE DEVONO ESSERE RIPOSTE NEI CONTENITORI ADATTI A QUESTO.
- NON CORTOCIRCUITARE MAI I POLI DELL'ALIMENTAZIONE.
- I PEZZI DI QUESTO KIT SONO DI PICCOLE DIMENSIONI E HANNO PUNTE AFFILATE O MARGINI TAGLIENTI.
- PERCIÒ QUESTO KIT NON È ADATTO PER BAMBINI INFERIORI AI 9 ANNI.

EN71: Magnete
ATTENZIONE: Non adatto ai bambini sotto i 9 anni. Questo prodotto contiene un piccolo magnete con un flusso magnetico superiore a 50 KG2mm. I magneti ingeriti possono attaccarsi tra loro attraverso gli intestini causando gravi lesioni. Consultare immediatamente un medico se il/i magnete/i vengono ingeriti.

EN 62115:
ATTENZIONE: Solo per l'uso da parte di bambini di età superiore ai 9 anni. Le istruzioni per i genitori sono incluse e devono essere osservate. Questo prodotto contiene fili sciolti. I fili non devono essere inseriti nelle prese di corrente. Sperimentazione 97: L'aumento di temperatura del resistore nella sperimentazione 97 supera il limite, ma le istruzioni non hanno evidenziato i possibili pericoli o incluso un avvertimento. Non bisogna toccare direttamente la superficie calda delle parti accessibili durante e dopo l'esperimento, come la superficie del resistore, le batterie, il bobinato e altri componenti elettronici. Assicurarsi che la temperatura sia scesa, altrimenti potrebbe esserci il rischio di ustioni. La confezione deve essere conservata poiché contiene informazioni importanti.

ATTENZIONE

Non usare batterie ricaricabili (cioè al Nichel-Cadmio). Usare solo batterie dello stesso tipo o equivalenti a quelle raccomandate. Raccomandiamo di usare batterie alcaline. Le batterie devono essere inserite rispettando la corretta polarità. Cambiate tutte le batterie, non mischiare assieme tipi diversi di batterie (vale a dire alcaline ed al carbonio di zinco), oppure batterie vecchie e nuove. Le batterie devono essere cambiate solo da parte degli adulti. Togliere le batterie scariche dal giocattolo. Se non avete intenzione di usare il giocattolo per un lungo periodo di tempo, rimovete le batterie. Non mettere mai le batterie in contatto con parti di metallo, perché possono infiammarsi o esplodere. Le batterie non ricaricabili non devono essere ricaricate. Le batterie ricaricabili devono essere rimosse dal giocattolo (se sono rimovibili) prima di cominciare ricaricare. Le batterie ricaricabili possono essere ricaricate (se sono rimovibili) soltanto sotto la supervisione di un adulto. Non bruciare o forare mai una vecchia batteria. Le batterie scariche devono essere riposte nei contenitori adatti a questo. Non cortocircuitare mai i poli dell'alimentazione.

ISTRUZIONI GENERALI

Nell'ultima pagina sono elencati tutti i componenti del set con accanto un disegno ed un numero di riferimento.
Prima di cominciare gli esperimenti è necessario acquistare una batteria da 9 volt (consigliamo l'uso di una batteria ad alcano di 9 V IEC 6LR61).
La descrizione dell'esperimento contiene i numeri di tutti i componenti necessari nella sequenza in cui dovranno essere utilizzati.
Prima di iniziare l'esperimento disporre sul tavolo tutti i componenti che dovranno essere utilizzati nella sequenza indicata.
Terminato l'esperimento ridisporre con ordine tutti i componenti nella scatola.

INTRODUZIONE

Le applicazioni collegate all'elettronica hanno apportato straordinari cambiamenti net nostro mondo. Sono passati meno di cinquant'anni da quando è stato utilizzato per la prima volta un transistor, e appena un decennio dalla scoperta dei circuiti integrati. L'elettronica fa parte della nostra vita quotidiana. Chiedi ai tuoi nonni se quando erano piccoli avevano la televisione o la radio; per non menzionare i video registratori, i computer, i walkman, le macchine fotografiche automatiche, ed altri apparecchi elettronici senza i quali non potremmo immaginare la nostra vita di oggi. I nostri nonni sicuramente ammetteranno che l'elettronica ha portato grossi cambiamenti nelle loro vite. Forse alcuni si lamenteranno e ricorderanno "i vecchi bei tempi", ma tu non ti preoccupare. I loro nonni facevano la stessa cosa. E magari tu farai la stessa cosa con i tuoi nipoti.
L'elettronica certamente influisce sulle nostre vite e dovremmo prestargli attenzione. Il fatto che tu stia leggendo questo libro prova che pensi la stessa cosa. Come funzionano i video registratori, i computer, gli orologi digitali ed i lettori ottici di compact disc? La risposta non è semplice.
Probabilmente tu hai il Lego. Quando tuoi fratelli o le tue sorelle più piccole ti chiedono come si costruisce un castello, una nave spaziale o una casa, tu lo sai fare. Hai usato tantissimi pezzi. Ogni singolo pezzo è semplice, ma quando li unisci per costruire qualcosa, ottieni qualcosa che è diverso da tutti i singoli pezzi che hai utilizzato. Mentre costruivi, probabilmente non ti preoccupavi di come o quale materiale sono fatti i pezzi del Lego.
Similmente in elettronica, un circuito elettronico è costituito da elementi semplici. Anche i grandi esperti non sanno con precisione come funzionino questi complicati e complessi circuiti elettronici. Sicuramente sai come usare un televisore o i video giochi portatili. E non ti preoccupa il fatto che non sai come funzionino. Come per fare un castello con il Lego, hai bisogno di tanti piccoli pezzi, così devi saper prima fare numerosi circuiti piccoli e semplici, prima di riuscire a fare un circuito elettronico complesso.
E questo libro ti aiuterà a fare questo. Leggendolo imparerai come funzionano i circuiti elettronici più semplici e utilizzando queste conoscenze potrai assemblare da solo dei circuiti piuttosto complicati.

In questo kit vi sono descritti 270 esperimenti con spiegazioni teoriche. Il kit contiene tutte le parti di assemblaggio necessarie a condurre gli esperimenti, tranne quelli che puoi trovare facilmente in casa, come carta, chiodi, aghi per cucire, carta stagnola, un coltellino a serramanico, ferri da maglia, colla, etc. Sarà necessario comprare anche una batteria che servirà per effettuare alcuni esperimenti.
Questo gioco può essere usato anche per attività extra-scolastiche e quindi sono stati descritti anche alcuni esperimenti che richiedono qualche strumento in più.
Il kit è adatto ad entrambi i sessi al di sopra dei 9 anni. Può essere utilizzato sia individualmente che in gruppo, e può essere usato con successo nelle scuole elementari, anche se è stato pensato come attività extra-scolastica.
- n° 35 Lampadina 12 V / 0,05 A attacco E10 (1 pezzo per l'esperimento n° 207, 2 pezzi per gli esperimenti n° 209 e n° 210)
- n° 14 Supporto per lampadina E10H1 (1 pezzo per l'esperimento n° 207, 2 pezzi per gli esperimenti n° 209 e n° 210)
- n° 38 Connettore per batteria 9 V (1 pezzo per gli esperimenti n° 211, n° 230 e n° 260, 2 pezzi per l'esperimento n° 212)

COME CONDURRE GLI ESPERIMENTI

Ogni esperimento è contrassegnato da un numero. Nonostante gli esperimenti possano essere fatti senza seguire l'ordine indicato nel libro delle istruzioni, si raccomanda di eseguirli nell'ordine suggerito.

Per spiegare la procedura seguita nella descrizione degli esperimenti prendiamo come esempio l'esperimento numero 130/131 sul campanello elettrico. Alla fine di ogni esperimento vengono elencati tutti i materiali necessari per condurre l'esperimento. I materiali contenuti nel set sono contrassegnati da dei numeri. Essi si riferiscono ai componenti da utilizzare, il cui nome e disegno possono essere trovati nell'ultima pagina di questo libro. Nel caso di questo esperimento i numeri sono: 5-6-7-8-11-12-13-16-17-25-28-31-33 etc. A questo punto devi ordinare e disporre sul tavolo nella sequenza indicata i seguenti componenti:

4 x 7 = molletta	12 = vita a doppia filettatura	3 x 38 = sostegno 25 x 25 mm
8 = base di plastica	13 = campanello	31 = martelletto
6 x 5 = viti	16 = nucleo di ferro	33 = connettori elettrici
13 x 6 = dado	17 = sostegno per il nucleo	
11 = bobina	25 = vite di fissaggio M4 x 20	

• 2 x 5 - significa che hai bisogno di due componenti numero 5
• (20) - il numero tra parentesi significa che ti occorrono i componenti usati nell'esperimento indicato, in questo caso l'esperimento numero 20
• foglio di quaderno, pettine - il che significa che queste parti non sono incluse e sono disponibili in ogni casa.

Esempio: fissa il supporto alla base di plastica usando la vite ed il bullone. Poi fissa il nucleo di ferro con il suo supporto. La bobina deve essere montata sul nucleo di ferro etc. Devi essere sicuro che tutte le parti assemblate siano in stretto contatto le une con le altre. In caso di funzionamento difettoso, devi cercare di individuare il difetto ed eliminarlo.
Si raccomanda di eseguire gli esperimenti di elettrostatica in assenza di umidità, e soprattutto in inverno con le mani ben asciutte.

Ti auguriamo che i tuoi esperimenti abbiano successo …

UNITÀ DI MISURA

Dato che nel libro si parla di diverse quantità fisiche misurate con varie unità di misura, devi prima conoscere le unità di misura che vengono utilizzate in elettronica.

Nel mondo per esporre gli argomenti tecnici, viene utilizzato il sistema di misura SI — Système International (sigla usata dai francesi per indicare il Sistema Internazionale). In questo sistema, le unità di misura fondamentali sono:

Grandezza	Unità di misura	Abbreviazione
lunghezza	metro	m
peso	chilogrammi	kg
tempo	secondo	s
corrente elettrica	ampere	A
temperatura	kelvin	K
intensità luminosa	candela	cd
quantità di materia	mole	mol

Tutte le altre unità di misure derivano da queste unità di misura fondamentali e possono essere espresse tramite esse: per esempio un volt è un'unità derivata. Le equazioni delle singole unità derivate non sono motto semplici e vanno al di là dello scopo di questo libro.

Si possono misurare molte delle cose che ci circondano, e si possono definire le loro proprietà. Per esempio possiamo misurare la lunghezza di un tavolo. Per farlo possiamo usare uno strumento di misura (per esempio un righello) con una scala che lo divide in piccole unità. L'unità per misurare le lunghezze è il metro. Probabilmente conosci già anche altre unità di misura. Il peso si misura in chilogrammi, il tempo in secondi, il volume di un contenitore in metri cubi, etc.

Spesso usiamo unità di misura più grandi o più piccole dell'unità di base. In questo caso usiamo dei prefissi che ci indicano quante volte questa unità di misura è più grande o più piccola dell'unità di base. Per le unità di misura che sono molto più grandi dell'unità base, usiamo i seguenti prefissi:

prefisso	simbolo	valore	moltiplichiamo l'unità di base per
kilo-	K	10^3	1.000
mega-	M	10^6	1.000.000
giga-	G	10^9	1.000.000.000
tera-	T	10^{12}	1.000.000.000.000

Così un chilometro equivale a 1.000 metri, e 101,6 megahertz equivalgono a 101.600.000 hertz oppure:
1 km = 1.000 m
101,6 MHz = 101.600.000 Hz

Per indicare le unità di misura molto più piccole di quelle di base usiamo i seguenti prefissi:

prefisso	simbolo	valore	dividiamo l'unità di base per
mili-	m	10^{-3}	1.000
mikro-	µ	10^{-6}	1.000.000
nano-	n	10^{-9}	1.000.000.000
piko-	p	10^{-12}	1.000.000.000.000

Così 1 millimetro equivale a 0,001 metri e 10 millilitri equivalgono a 0,01 litri oppure:

1 mm = 0,001 m
10 m1 = 0,01 l

COMPONENTI FONDAMENTALI DEI CIRCUITI ELETTRICI

CIRCUITO ELETTRICO

La corrente elettrica non può essere sentita o vista e non ha odore. Perché esiste il flusso di corrente elettrica? C'è un flusso di corrente quando c'è una differenza di potenziale ed un circuito chiuso.

Immagina di avere una bacinella piena d'acqua sul tavolo, ed un'altra bacinella vuota sotto il tavolo. Collega le due bacinelle con un tubo attraverso cui scorrerà l'acqua. La bacinella sul tavolo si svuoterà mentre quella sotto il tavolo si riempie. Più il tubo è largo, più grande sarà la quantità di acqua che scorrerà in esso.

Adesso monta una ruota sopra la bacinella che sta sotto. Se la ruota sarà sufficientemente piccola e leggera, il flusso d'acqua che fuoriesce da un tubo di piccole dimensioni la farà girare. Se montiamo una ruota più grande dovremmo usare un tubo più largo, in cui quindi scorre più acqua, oppure dovremmo spostare la bacinella superiore più in alto, ad esempio dal tavolo alla credenza, in modo da avere un getto più forte.

Prima o poi la bacinella superiore si svuoterà. Se colleghiamo una pompa a mano alla bacinella inferiore, potremmo pompare l'acqua dalla bacinella inferiore a quella superiore. Questo esperimento con le bacinelle, i tubi, le ruote e la pompa a mano mostra quanto avviene in un circuito elettrico. La bacinella superiore è un polo della batteria. Le varie dimensioni del tubo sono le diverse dimensioni dci conduttori, attraverso i quali passa una corrente elettrica più forte o più debole. Le ruote idrauliche piccole o grandi sono i consumatori di energia (per esempio un motore elettrico più o meno potente oppure una lampadina più o meno potente). Come la bacinella superiore si svuoterà prima se la ruota ed il tubo sono di dimensioni maggiori, così la batteria si scaricherà prima se i conduttori sono più grandi o il motore elettrico è più potente.

Invece di usare una batteria come fonte di energia, noi usiamo un generatore, proprio come negli impianti di alimentazione. Nel nostro caso esso è la pompa a mano.
Nel nostro sistema bacinella-tubo, il circuito è costituito da una bacinella superiore, il tubo, la ruota idraulica ed infine la bacinella inferiore. In un circuito elettrico, il flusso della corrente andrà dal polo positivo (+), attraverso il conduttore, attraverso il consumatore nel polo negativo (-).
L'effetto della corrente dipenderà da cosa è collegato al circuito. Se colleghiamo un motore elettrico, l'effetto sarà quello di far ruotare il suo asse. Se colleghiamo un segnale acustico, sentiremo un suono. Se colleghiamo una lampadina, vedremo la sua luce. Le possibilità sono molteplici. Per costruire i circuiti elettrici vengono usati dei componenti fondamentali. Essi sono: le batterie, i conduttori, i resistori, i condensatori, gli interruttori ed i semi conduttori (diodi, diodi che emettono luce, transistor e circuiti integrati).

LA BATTERIA

Le batterie sono una fonte di energia elettrica. La caratteristica principale delle batterie è il loro voltaggio. L'unità in base alla quale si misura il voltaggio è il volt, chiamato così in onore del fisico italiano Alessandro Volta. Il simbolo di questa unità di misura è V. Il simbolo per il voltaggio è U.
Il voltaggio tra i poli delle piccole batterie che usiamo per i walkman è pari a 1,5 V. Il voltaggio tra i poli di una batteria per la macchina è pari a 12 V. Il voltaggio di una batteria a tre celle è pari a 4,5 V.
Per le batterie e gli accumulatori usiamo lo stesso simbolo; una linea lunga e fina ed una linea parallela più corta e più spessa. La linea più fina rappresenta il polo positivo, è quella più spessa il polo negativo della batteria. Se colleghiamo in serie delle batterie costituite da più celle, otterremo una batteria con un voltaggio maggiore. La cella di una batteria in genere 1,5 V. Quindi una batteria da 9 V sarà costituita da sei celle chiuse, e una batteria da 4,5 V da tre celle chiuse, collegate in serie.
Cellule di batterie successivamente collegate sono rappresentate nel disegno di congiunzioni in modo che linee più spesse e quelle più fini sono disegnate a forma di colonna o vi sono disegnati puntini tra i due simboli per la batteria. Simboli diversi e il loro aspetto to esteriore sono rappresentati nelle figure a ed b.
Torniamo alla comparazione con i contenitori; immaginate dei contenitori, collegati con dei tubi, posizionati dei su gradini. Dal contenitore sovrastante l'acqua scorre in quello sottostante attraverso il tubo. Dall'ultima contenitore, l'acqua che prima stava in tutti quelli sovrastanti, fuoriesce. Così potete rappresentative pile successivamente collegate.
Cellule di batterie successivamente collegate sono rappresentate nel disegno di congiunzioni in modo che linee più spesse e quelle più fini sono disegnate a forma di colonna, o vi sono disegnati puntini tra i due simboli per la batteria.

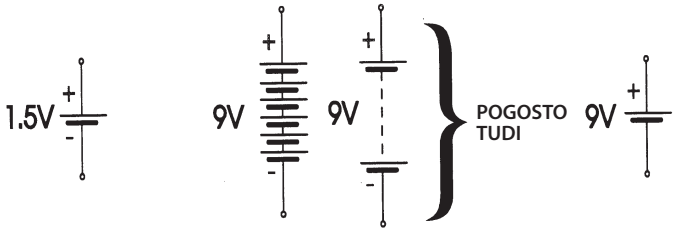


Figura a - Simbolo della batteria

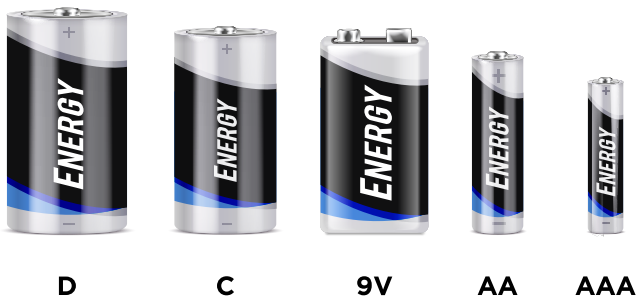


Figura b - Varie batterie

CONDUTTORI

Usiamo i contenitori per collegare i componenti del circuito elettrico e quindi chiudere il circuito. Nella rappresentazione grafica di un circuito, i conduttori sono rappresentati come linee. Se i conduttori si incrociano, lo stesso avverrà per le linee nella rappresentazione grafica. Se i conduttori devono essere collegati, nella rappresentazione grafica ciò sarà rappresentato con un punto. Se i componenti ed i circuiti sono collegati in serie, allora i punti non saranno rappresentati nella rappresentazione grafica del circuito. Esempi in incroci, collegamenti e collegamenti in serie sono mostrati nella figura c.

Se compariamo i conduttori con i tubi, dovremmo poter ritenere che nei conduttori più spessi passa più elettricità. I fili che sono nel kit possono essere usati in tutti gli esperimenti. Per far sì che la corrente, passi solo dove dovrebbe, i fili sono isolati e l'isolante è stato rimosso solo alle estremità.

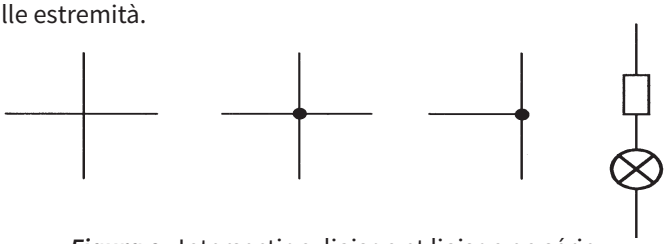


Figura c - Intersection, liaison et liaison en série

INTERRUTTORE

L'interruttore è usato per collegare e quindi chiudere il circuito, o per disconnettere e quindi dividere il circuito. L'interruttore ed il suo simbolo sono mostrati nelle figure d ed e. La rappresentazione grafica mostra inoltre se l'interruttore è accesso o spento.

La corrente elettrica passa attraverso un circuito chiuso. La corrente elettrica è la carica elettrica che passa attraverso il conduttore al secondo. Essa è quindi uguale a:

I=Q/t

dove I è la corrente e Q la carica elettrica che passa attraverso il conduttore in un tempo t.
La corrente elettrica si misura in Ampere (A) in onore del fisico francese André Ampère. Il simbolo della corrente è I.

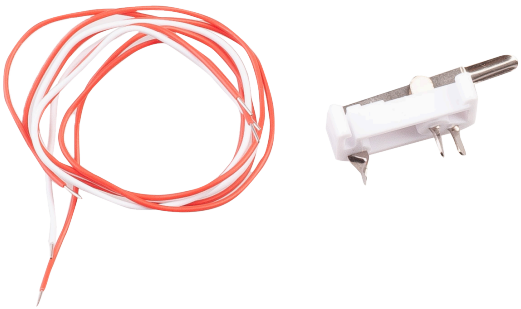


Figura d - Conduttori e interruttori

Figura e - Il simbolo dell'interruttore nella rappresentazione grafica del circuito

CORRENTE ELETTRICA
Se torniamo alle bacinelle, la quantità di acqua contenuta nella bacinella superiore rappresenta la carica elettrica accumulata nella batteria. Scorrerà più acqua in un tubo più largo; in altre parole la corrente sarà maggiore. Ovviamente correnti maggiori scaricheranno la batteria più velocemente.

Lo stesso accade con le batterie e le lampadine: se una lampadina è più potente, attraverso di essa passerà una corrente più forte allo stesso voltaggio. La lampadina produrrà più luce, ma la batteria si scaricherà prima che nel caso di una lampadina più piccola.

CORRENTE FELETTRICA ALTERNATA
Immagina di osservare l'acqua che fluisce in uno stretto posto tra una baia ed il mare aperto. Che cosa succede con la marea? Quando il livello dell'acqua è più alto in mare aperto, a causa della marea, l'acqua fluisce nella baia. Quando il livello in mare aperto è più basso, l'acqua fluisce dalla baia al mare aperto. Per effetto delle marce l'acqua fluisce prima nella baia e poi fuori dalla baia. Possiamo dire che in questo stretto c'è una corrente d'acqua alternata.

Allo stesso modo, la corrente elettrica può passare in un conduttore prima in un senso e poi nell'altro. Questo tipo di passaggio di corrente si chiama corrente alternata (c.a.).

Anche se la corrente che proviene dalla batteria va sempre nella stessa direzione, noi negli esperimenti incontreremo dei casi in cui la corrente prima passa attraverso alcuni elementi del circuito in una direzione e poi nell'altra. Questi elementi saranno attraversati da una corrente alternata.

FREQUENZA
Nel caso della corrente alternata, possiamo contare quante voile la corrente cambia direzione in un secondo. Il cambio di direzione per secondo è chiamato frequenza. L'unita di misura della frequenza è l'hertz (Hz), in onore del fisico tedesco Heinrich Hertz.
Adesso, se tornassimo al capitolo dedicato alle unità di misura, vedremmo che non c'è una unità di misura fondamentale per la frequenza. Ma abbiamo detto che tutte le altre unità di misura derivano da quelle fondamentali. Da cosa possiamo derivare quella della frequenza? La frequenza è data dal numero di cambi al secondo. Noi non abbiamo nessuna unità di misura che indichi "il numero di cambi", ma 1 secondo è una unità fondamentale. L'unità di misura della frequenza può essere espressa come segue:
(unità di misura della frequenza) = (unità di misura del numero di cambi) / (unità di tempo)

Hz=1/s

Questo è un esempio di una semplice equazione di unità di misura del sistema di unità di misura.
Alcune delle altre unità di misura (per esempio volt o ohm) non sono così semplici da derivare.
Se un segnale alternato ha una bassa frequenza, viene chiamato segnale a bassa frequenza. La corrente che attraversa la bobina di un altoparlante è una corrente a bassa frequenza. Il suono che sentiamo è tra i 16 Hz ed i 20 kHz. I segnali elettrici che hanno queste frequenze sono chiamati segnali a bassa frequenza. La corrente che attraversa il cavo che va dalla antenna alla televisione è una corrente ad alta frequenza.
Noi condurremo solo esperimenti con correnti alternate a bassa frequenza.

RESISTORE
Un resistore in genere è fatto di un tubo di ceramica coperto di un rivestimento resistente (per esempio grafite o metallo). Alla fine del tubo ci sono due fili attraverso cui il resistore è collegato al circuito.
Un resistore ed il suo simbolo sono mostrati nelle figure f ed g. Se compariamo le caratteristiche del resistore al flusso dell'acqua, il resistore sarebbe un'area stretta del tubo in cui l'acqua sta scorrendo. Più il tubo viene stretto, più difficile diviene il passaggio dell'acqua.
La corrente che attraversa un resistore dipende dal voltaggio delle connessioni e dalla resistenza dello stesso resistore. Se il voltaggio è uguale, la corrente sarà maggiore in un resistore la cui resistenza è minore. Questo può essere espresso attraverso la seguente equazione:

I =U/R

in cui I è la corrente che passa nel resistore, U è il voltaggio nei punti di contatto del resistore ed R è la resistenza del resistore. Noi possiamo girare l'equazione in modo da ottenere

U=IxR

Questa è la legge di Ohm, che prende il suo nome dal fisico tedesco Georg Simon Ohm, che studiò le relazioni tra la corrente elettrica, il voltaggio e la resistenza in un circuito elettrico. L'unità di misura della resistenza elettrica è l'ohm ed il suo simbolo è la lettera maiuscola greca omega (Ω). Proprio come per le altre unità di misura, usiamo i prefissi per indicare le unità di misura più grandi, per esempio kilo e mega: 1 kiloohm è pari a mille ohm ed 1 megaohm è pari ad un milione di ohm.
Siccome i resistori in genere sono di piccole dimensioni, i numeri scritti su di essi si cancellerebbero presto. Per facilitare il compito a chi deve trovare resistori differenti, i valori dei resistori sono contrassegnati attraverso delle fasce colorate.

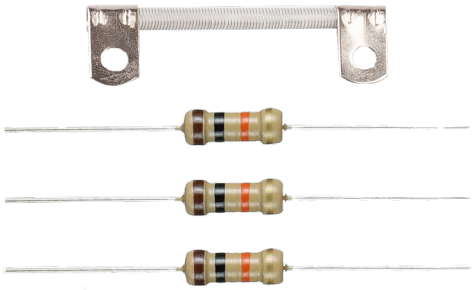


Figura f - Resistori

Figura g - Il simbolo del resistore

COME LEGGIAMO QUESTE FASCE?

Tieni il resistore in modo che le sue fasce siano più vicine al suo lato sinistro. Se ci sono più fasce, allora quella più larga dovrebbe essere sul lato destro. Ci possono essere dalle tre alle cinque fasce su un resistore. Se ci sono più di tre fasce, allora quella sulla destra indica la sua precisione. Se ci sono tre o quattro fasce, allora le prime due indicano i valori numerici e la terza i numeri di zeri che seguono i numeri. Se ci sono cinque linee, allora le prime tre indicano i valori numerici e la quarta i numeri di zeri che li seguono.

Il codice per colori e dato nella seguente tabella:

0	nero	
1	marrone	
2	rosso	
3	arancione	
4	giallo	
5	verde	
6	blu	
7	viola	
8	grigio	
9	bianco	

Lo stesso codice per colori è usato per indicare il numero di zeri che segue:

0	nessuno	
1	uno	
2	due	
3	tre	
4	quattro	
5	cinque	
6	sei	
7	sette	
8	otto	
9	nove	

Per contrassegnare i resistori che hanno una resistenza maggiore di 10 ohms, i valori numerici sarebbero troppo elevati. In questo caso, il valore numerico deve essere diviso per dieci o per cento.

per dividere per dieci	oro	
per dividere per cento	argento	

L'ultima fascia (quarta o quinta) ci indicano quanto il resistore è preciso. Quando i resistori vengono prodotti, non vengono fuori tutti uguali. Resistori che dovrebbero avere una resistenza uguale possono essere leggermente differenti. Se prendiamo una scatola di resistori che hanno un particolare valore di resistenza, per esempio 100 Ω, e misuriamo la loro resistenza, i valori non saranno proprio uguali. Con una produzione più accurata, queste differenze sarebbero minori. Ma come puoi immaginare, ovviamente, resistori più accurati sarebbero più costosi. Prendendo in considerazione l'uso che se ne intende fare e il loro costo, chi li usa deve decidere la precisione degli elementi che è necessaria.
I produttori spesso garantiscono per la precisione dei loro prodotti. Se la precisione del resistore è contrassegnata, allora sarà indicata con le seguenti fasce colorate:

± 10%	argento	
± 5%	oro	
± l%	marrone	
± 2%	rosso	
± 0,5%	verde	
± 0,25%	blu	
± 0,1%	viola	
± 0,05%	grigio	

Quindi un resistore che ha una resistenza part a 100 Ω fatto con una precisione del ± 10% avrà una resistenza che varia tra i 90 Ω ed i 110 Ω. Vediamo alcuni esempi:

Un resistore con tre fasce: marrone, nero, rosso
Il valore è: uno, zero, due zeri: 1.000 Ω.

Resistore con quattro fasce: arancione, arancione, arancione, oro
Il valore è: tre, tre, tre zeri: 33.000 Ω
Accuratezza: ± 5%

Un resistore con cinque fasce: rosso, nero, verde, oro, (largo) rosso
Il valore è: due, zero, cinque, diviso per dieci: 20,5 Ω
Precisione: ± 2%

Se abbiamo bisogno di un resistore più potente, in genere esso sarà più grande. I resistori molto potenti sono costruiti in modo che un filo resistore sia avvolto attorno al tubo di ceramica. Nei nostri esperimenti non useremo questi resistori.

Certe volte possiamo avere bisogno di resistori che possano cambiare velocemente valori. Immagina di avere un contatto mobile sul resistore. Quando il punto di contatto cambia, la resistenza tra il contatto ed il cursore cambia. Questo tipo di resistore è chiamato potenziometro. Nei potenziometri, lo strato di resistenza è posto su una placca sottile a forma di anello. Il cursore è fissato ad un asse. Un esempio dell'uso di un potenziometro è nell'esperimento dove regoleremo il volume di un apparecchio radio ricevente. Siccome l'alloggiamento del potenziometro è sufficientemente largo, il valore della resistenza è scritto in numeri, per esempio 50K (50 kΩ).

Se desideriamo usare un potenziometro come un resistore a presa variabile, lo collegheremo al circuito attraverso una estremità d'uscita e collegheremo l'uscita centrale al cursore. Quando il cursore è vicino alla estremità di uscita, la resistenza è bassa o trascurabile. Quando il cursore è all'estremità opposta, tra i due contatti si trova l'intero strato di resistenza, e la resistenza raggiunge il massimo possibile per quel potenziometro. Questa è la resistenza scritta sull'alloggiamento del potenziometro.

COLORE	No. 1	No. 2	No. 3	MULTIPLICATORE	TOLERANZA
ARGENTO	-	-	-	10^{-2}	10 %
ORO	-	-	-	10^{-1}	5 %
NERO	0	0	0	1	-
MARRONE	1	1	1	10^{1}	1 %
ROSSO	2	2	2	10^{2}	2 %
ARANCIONE	3	3	3	10^{3}	-
JAUNE	4	4	4	10^{4}	-
VERDE	5	5	5	10^{5}	5 %
BLU	6	6	6	10^{6}	0,25 %
VIOLA	7	7	7	10^{7}	0,1 %
GRIGIO	8	8	8	10^{8}	0,05 %
BIANCO	9	9	9	10^{9}	20 %

Quando usiamo il potenziometro come un resistore a presa variabile, useremo solo due uscite: l'uscita centrale e una delle uscite all'estremità. Negli schemi, questi resistori regolabili vengono spesso disegnati come dei resistori attraversati da una freccia. In genere negli schemi dei circuiti, un elemento attraversato da una freccia, indica che quell'elemento può essere regolato.

In figura h è rappresentato schematicamente il potenziometro ed un potenziometro usato come un resistore a presa variabile.

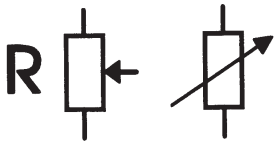


Figura h - Il simbolo del potenziometro

CORTOCIRCUITO

La resistenza di un filo, se comparata a qualsiasi altro elemento in un circuito, è motto balsa. Potremmo dire che è pari a zero.
Se colleghiamo un filo in parallelo ad un altro elemento, la corrente passerà attraverso il filo, piuttosto che attraverso l'elemento. Potremmo dire che la corrente ha scelto la via più "facile". Questo by-pass è chiamato cortocircuito.
Un cortocircuito può essere anche un by-pass prodotto premendo un bottone o dando dei colpetti ad un interruttore.

CONTATTO APERTO

Se apriamo il circuito in un punto, il percorso attraverso cui la corrente elettrica potrebbe passare verrà interrotto, perché l'elettricità non può essere condotta attraverso l'aria. Questo punto si chiama contatto aperto. Se un contatto di questo punto è nell'aria, la corrente elettrica non può passare attraverso di esso.

TERRA

Useremo spesso il termine "terra". In termini elettrici, questo in genere indica la parte del circuito collegata al polo negativo della batteria. In una macchina, possiamo dire che un qualsiasi conduttore collegato alla carrozzeria è messo a terra. Nei nostri circuiti, vorrà dire che è collegato al polo negativo della batteria.

Almeno che non sia chiaramente specificato, il voltaggio è misurato tra un particolare punto e la terra, o il polo negativo della batteria. Quindi, se vedi 9 V scritto sul collettore, il voltaggio è stato misurato tra il collettore ed il polo negativo della batteria. La rappresentazione grafica del simbolo della terra è rappresentata in figura i.

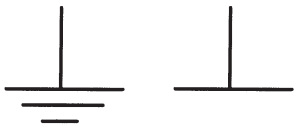


Figura i - Simbolo per la terra

CONDENSATORE

Un condensatore è fatto di due piastre di metallo separate da uno strato che non conduce elettricità. In modo che abbia dimensioni ridotte, esso è arrotolato come la Carta velina.

La caratteristica di un condensatore di accettare una certa carica elettrica è chiamata capacità. L'unità di misura della capacità è il farad (F), e prende il nome del fisico inglese Michael Faraday. Il simbolo della capacità è C. Il farad è un'unità di misura motto grande, quindi noi useremo unità più piccole: un microfarad (μF) è un milionesimo di un farad ed un nanofarad (nF) è mille volte meno della precedente unità di misura. Il valore numerico della capacità in genere è scritto sul condensatore.

Che cosa sarebbe un condensatore nei nostri esperimenti con l'acqua? Immagina di mettere un palloncino all'estremità del tubo e di riempirlo d'acqua. Se in seguito togliamo i1 tubo, l'acqua uscirà fuori. Più grande è i1 palloncino, più acqua vi entrerà. Se spostiamo la bacinella più in alto il palloncino continuerà a riempirsi.
L'altezza della bacinella superiore in un condensatore rappresenta il voltaggio delle sue uscite, e la quantità di acqua che viene immessa nel palloncino rappresenta la carica elettrica.
La capacita di un condensatore e:

C=Q/U

Q è la carica elettrica (in coulomb, C) sulle piastre del condensatore, U è i1 voltaggio delle uscite del condensatore (in volts, V). Se un condensatore ha una maggiore capacità, esso accetterà una carica elettrica maggiore alto stesso voltaggio.

I condensatori the useremo negli esperimenti sono di varie dimensioni e forme. Alcuni hanno la forma di una pastiglia, con fili su entrambe le piastre. Questi sono condensatori di ceramica. Altri hanno la forma di cilindri o cubi di plastica. Questi sono arrotolati all'interno e circondati da una custodia. Il terzo tipo è costituito dai condensatori elettrolitici. Nel caso di questi ultimi condensatori, diventa motto importante come li colleghiamo. Il genere sulla custodia del condensatore viene indicato quale contatto dove essere collegato al polo positivo e quale a quello negativo del circuito.

Sulla custodia dei condensatori elettrolitici viene inoltre indicato il limite massimo del voltaggio che possono sopportare. Se colleghiamo un condensatore ad un voltaggio più alto, esso sarà presto fuori uso.

I condensatori elettrolitici hanno una capacità pari a diversi microfarad.
I simboli dei condensatori ordinari e di quelli elettrolitici sono mostrati nelle figure j ed k.

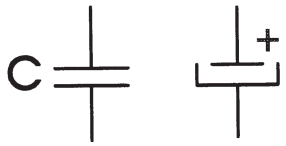


Figura j - Simboli degli ordinari condensatori e dei condensatori elettrolitici

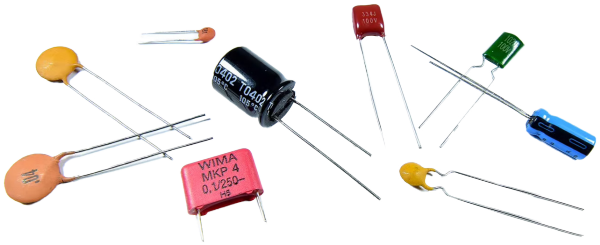


Figura k - Condensatori

BOBINA

La bobina è un lungo filo arrotolato intorno ad un supporto. Se la corrente elettrica passa attraverso la bobina, essa si comporterà come un magnete. Possiamo vedere come una bobina che è stata collegata attrae gli oggetti di ferro, come il filo, i dadi ed i bulloni, etc.
La bobina resiste alle variazioni della corrente che la attraversa. Un tubo attorcigliato in cui scorre l'acqua si comporterebbe in modo simile se il tubo fosse lungo e contenesse molta acqua. Se stacchiamo l'estremità del tubo dal rubinetto, l'acqua continuerà a scorrere e ci vorrà un po' di tempo prima che smetta di scorrere.
La caratteristica della bobina è la sua induttanza. L'unità di misura dell'induttanza si chiama henry (H), e prende il nome dal fisico inglese Joseph Henry. Il simbolo dell'induttanza è L.
La foto della bobina ed il suo simbolo sono rappresentati nelle figure 1 ed m.

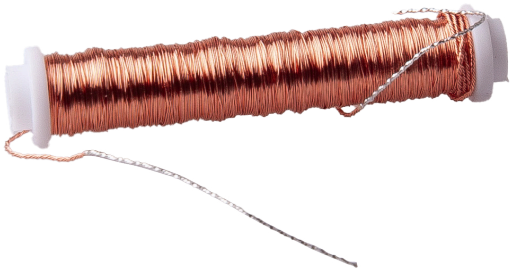


Figura l - Bobina

Figura m - Simbolo della bobina

TERMISTORE

Un termistore è un tipo speciale di resistore. La sua caratteristica principale risiede nel fatto che la sua resistenza cambia enormemente se lo riscaldiamo. Se la resistenza aumenta diciamo che il termistore ha un coefficiente positivo di temperatura, se decresce che lo ha negativo. La resistenza di un termistore è sempre data in base alla temperatura ambiente (20° C). Questo kit contiene un termistore la cui resistenza decresce quando viene riscaldato.

Esternamente i termistori assomigliano a dei condensatori di ceramica. La resistenza è indicata attraverso numeri, o colori, con il primo colore posto sul lato opposto rispetto all'uscita dei fili.
Le figure n ed o mostrano un termistore ed il suo simbolo.

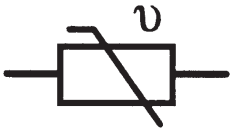


Figura n - Simbolo del termistore

Figura o - Termistore

LAMPADINA

Il kit contiene inoltre una lampadina, che userai durante gli esperimenti. Il simbolo elettrico della lampadina e mostrato in figura p e la sua foto nella figura s.

Il filamento della lampadina fu inventato quasi contemporaneamente da un inventore americano e da uno britannico: Thomas Alva Edison e Sir Joseph Wilson Swan.

Figura p - Simbolo della lampadina

DIODO SEMICONDUTTORE

Il diodo semiconduttore utilizza le proprietà della materia che conduce elettricità solo se sottoposta a specifiche condizioni. La caratteristica del diodo semiconduttore è di condurre la corrente elettrica solo in una direzione. Quando colleghiamo un diodo ad un circuito dobbiamo essere certi che il diodo sia nella giusta direzione. La direzione della corrente è indicata sul diodo. Il contatto positivo di un diodo è chiamato anodo, e quello negativo catodo. La corrente elettrica passerà attraverso il diodo quando l'anodo è collegato al polo positivo della batteria e il catodo a quello negativo.

Se il diodo è cilindrico, il catodo sarà indicato con una linea colorata, oppure su di esso ci sarà il disegno del simbolo del diodo.

Un tipo di diodo è il foto diodo (LED). Quando la corrente elettrica attraversa un LED, esso si illumina. I LED sono concepiti in modo da emettere luci di diversi colori, per esempio rossa, verde, gialla. I LED hanno un contatto più corto per il catodo, e l'anello che contiene il diodo è tagliato sul lato del catodo.

Le figure r ed s mostrano vari tipi di diodi e di LED ed i loro simboli.

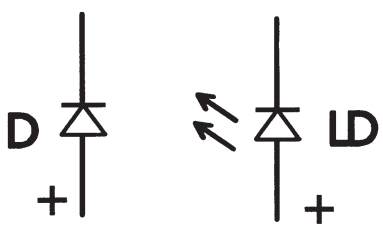


Figura r - Simboli del diodo e del foto diodo

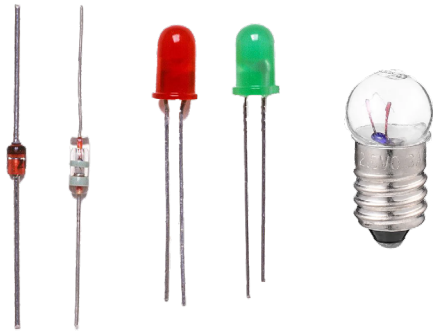


Figura s - Lampadina e diodo

TRANSISTOR

Il transistor fu il risultato di una ricerca condotta dalla Bell un'impresa americana. Fu inventato nel 1948 da Walter H. Brattain, John Bardeen e William Shockley. L'invenzione del transistor scatenò un'ondata irrefrenabile nello sviluppo dell'elettronica, che è tuttora in atto. Il transistor è un elemento semiconduttore con tre uscite. La sua caratteristica risiede nel fatto che la sua resistenza cambia in relazione alla corrente che attraversa la sua uscita di controllo.

Come potremmo spiegare il funzionamento del transistor usando l'analogia con la corrente dell'acqua? Immagina di fissare una valvola sul tubo. Una molla tiene la valvola chiusa. Sull'asse della valvola c'è un lungo manico che regge un piccolo contenitore che ha un foro, attraverso cui gocciola l'acqua. Attraverso un tubo sottile, dirigiamo l'acqua dalla bacinella superiore dentro il piccolo contenitore. Il contenitore si riempirà ed il manico della valvola si sposterà ed aprirà la valvola posta sul tubo più largo. Ora una quantità di acqua maggiore potrà scorrere attraverso di esso. Quando chiudiamo il tubo sottile, l'acqua gocciolerà fuori dal contenitore, la molla farà girare i1 manico e chiuderà la valvola. Con una piccola quantità di acqua, possiamo quindi controllare il flusso dell'acqua che scorre in un tubo più largo. Il tubo più largo è stato condotto alla valvola dal serbatoio di riserva. Questo collegamento con la valvola si chiama collettore. L'afflusso di acqua nel tubo più largo è controllato attraverso il flusso d'acqua che attraverso il tubo più sottile giunge al contenitore. Il piccolo contenitore si chiama base. Dalla valvola e dal contenitore, l'acqua giunge in un altro contenitore (chiamato emettitore), da dove l'acqua raggiunge la bacinella inferiore.

In un transistor i tre collegamenti si chiamano collettore, base ed emettitore. I collegamenti spesso sono indicati sull'alloggiamento del transistor. Se lo sono, in genere è l'emettitore ad essere indicato. Ma i collegamenti non sono sempre ordinati in modo che la base sia nel mezzo, come nella nostra figura t. Per scoprire in che ordine sono stati messi i contatti, dovremmo in genere leggere il catalogo in cui sono contenute le specifiche del transistor.

La rappresentazione grafica sottostante mostra alcuni tipi di transistor. La rappresentazione grafica inoltre mostra come sono disposti i contatti in un transistor BC548, il tipo di transistor contenuto in questo kit (tre pezzi).

Nella figura u sono mostrati diversi simboli di transistor. La linea spessa è la base. Dalla base si estende una linea inclinata, che è il collettore. La terza linea ha una freccia che indica la direzione in cui la corrente passa attraverso il transistor. Se la freccia indica nella direzione opposta rispetto alla base, allora la corrente passa dal contatto dell'emettitore verso l'esterno, questo è un transistor NPN. Se la freccia è girata verso la base, allora si tratta di un transistor PNP. Il principio su cui si basano è il medesimo, è solo la direzione della corrente a cambiare. Questo kit contiene solo transistor NPN.

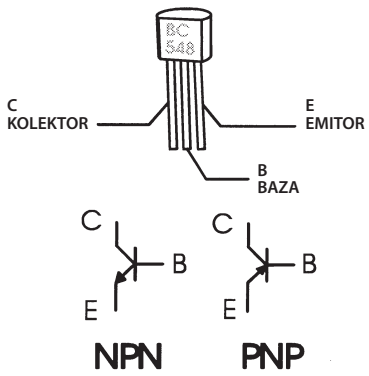


Figura t - Simbolo del transistor

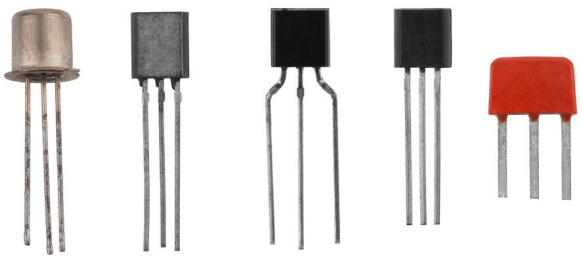


Figura u - Vari tipi di transistor

MODULO BASE

Tutti gli esperimenti descritti in questo manuale saranno condotti usando il modulo per circuiti. Il modulo è stato progettato al fine di evitare l'uso di un saldatore, di un cacciavite e delle pinze. Tutti i circuiti possono essere fatti a mano.

Il modulo per circuiti ha dei fori. Quando monti un circuito, controlla la disposizione dei contatti nella rappresentazione grafica. Poi fissa i morsetti a molla per i contatti come mostrato in figura v.

Se infili il filo in un'unica filettatura della molla, il filo potrebbe fuoriuscire ed il circuito non funzionerebbe. Quindi devi infilare il filo in almeno due filettature. Ovviamente, l'isolante deve essere rimosso dal filo nel punto di contatto. La figura z mostra un filo correttamente inserito.

Predisponi attentamente il componente che intendi collegare. Non piegare mai i fili d'uscita nel punto in cui sono fissati al componente.

Dopo che saranno stati piegati alcune volte in questo punto, i fili si romperanno ed il componente non sarà più utilizzabile. Fissa la batteria al modulo per circuiti per evitare che la batteria a causa del suo peso tiri l'interno circuito. Potrai fissarla usando i materiali forniti nel kit (fili e morsetti a molla).

Ora che hai conosciuto i componenti fondamentali contenuti nel kit, puoi iniziare a montare i circuiti. Per ogni circuito, studia prima attentamente come è fatto. Poi trova i componenti che ti servono nel kit. Disponi i morsetti a molla come mostrato nella rappresentazione grafica. Confronta lo schema e la rappresentazione grafica.

A questo punto puoi iniziare a montare il circuito. Prima fissa i morsetti a molla, poi i fili, gli interruttori, i resistori, i condensatori, etc. Prima di collegare la batteria, controlla di aver montato correttamente tutti i componenti. Assicurati di aver collegato correttamente i componenti semiconduttori ed il condensatore elettrolitico!

Se non avrai commesso errori, il circuito funzionerà normalmente. Se ciò non avviene, stacca subito la batteria e cerca di trovare il difetto.

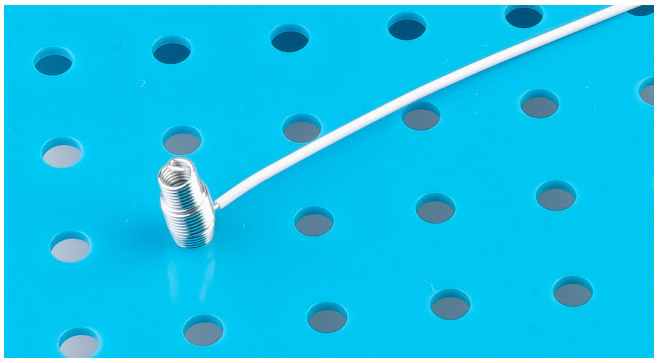


Figura v - L'inserimento dei morsetti a molla nel modulo base

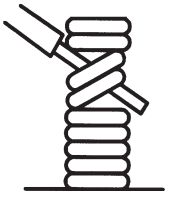


Figura z - L'inserimento del filo conduttore nella morsetta a molla

Buona fortuna, e divertiti!

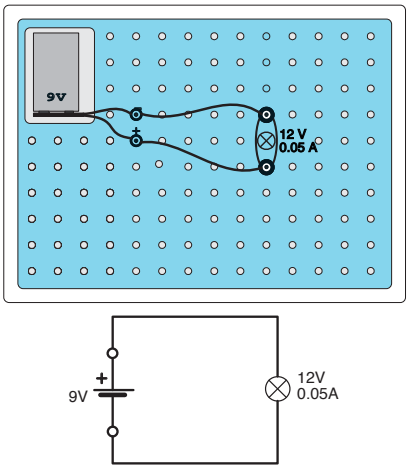
CIRCUITI

1. CIRCUITO ELETTRICO SEMPLICE

Metti la lampadina nella portalampada. Collega la lampadina ed i fili attaccati alla batteria come mostrato nella rappresentazione grafica. Poi collega La batteria.
La corrente elettrica passerà dal polo positivo della batteria attraverso il filo alla lampadina, attraverso la lampadina, e attraverso l'altro filo al polo negativo. La lampadina emetterà luce fin tanto che la batteria non si scarica oppure fin tanto che to non stacchi la batteria.

Accessori: batteria 9 V, 4x7, 14, 35, 38, 2x68

Fig. 1

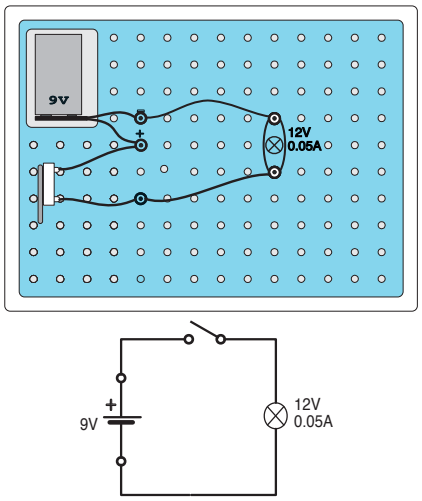


2. CIRCUITO ELETTRICO CON INTERRUTTORE

Aggiungi un morsetto a molla e collega l'interruttore al circuito come mostrato nella figura 2. La lampadina si accenderà solo se l'interruttore è acceso.

Accessori: batteria 9 V, 5x7, 14, 35, 38, 54, 2x68

Fig. 2



3. COLLEGAMENTO IN SERIE DI DUE COMPONENTI

Fissa un altro morsetto a molla sul modulo per circuiti. Cambia il circuito collegando un resistore da 56 Ω tra l'interruttore e la lampadina. Quando accenderai l'interruttore, la lampadina si accenderà, ma la luce che emetterà sarà meno intensa di prima.

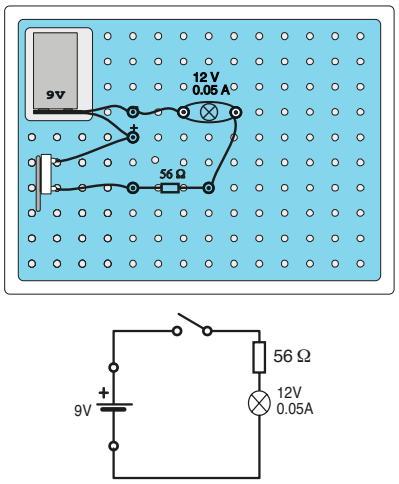
Accessori: batteria 9 V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

4. È IMPORTANTE COME COLLEGHIAMO IL RESISTORE?

Nello stesso circuito (figure 3), scambia i fili d'uscita del resistore. Quando premi l'interruttore, la lampadina emetterà una luce della stessa intensità di prima. Ciò dimostra che non fa alcuna differenza come montiamo il resistore. Se osservi le rappresentazioni grafiche, scoprirai che sono uguali. Non c'è nessuna indicazione nella rappresentazione grafica del circuito che dica come deve essere girato il resistore. Questo significa che non è importante per il funzionamento del circuito.

Accessori: batteria 9 V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 3



5. È IMPORTANTE COME COLLEGHIAMO LA LAMPADINA?

Possiamo condurre un esperimento simile a quello fatto per il resistore. Scambia i collegamenti della lampadina. Di nuovo, con una lampadina non importa come la colleghiamo al circuito. La rappresentazione grafica del circuito non mostra come deve essere girata la lampadina, ed i morsetti a molla attraverso cui è collegata non sono contraddistinti da particolari simboli. Questo significa che non è importante per il funzionamento del circuito.

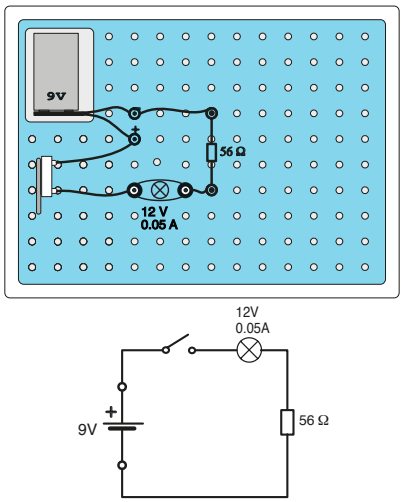
Accessori: batteria 9 V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

6. È IMPORTANTE LA SEQUENZA IN CUI PREDISPONIAMO I COMPONENTI COLLEGATI IN SERIE?

I componenti del circuito sono la batteria, l'interruttore, il resistore e la lampadina (figura 6). Scambia di posto due dei componenti e testa di nuovo il circuito. Funzionerà nello stesso modo in cui funzionava prima. Non importa come colleghiamo i componenti la corrente continuerà a fluire dal polo positivo della batteria attraverso tutti i componenti del circuito. Se abbiamo vari componenti collegati in serie in un circuito, la sequenza con cui vengono collegati non influisce sul funzionamento del circuito.

Accessori: batteria 9 V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 54, 68

Fig. 6

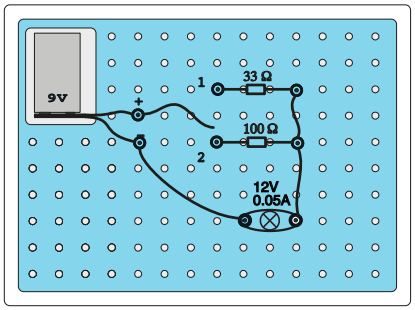


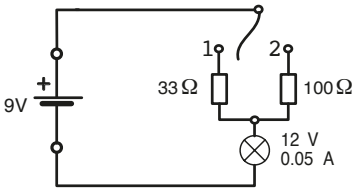
7. LA CORRENTE CHE PASSA ATTRAVERSO IL RESISTORE

Lascia il filo connettore del polo positivo della batteria staccato. La lampadina non si illuminerà perché il circuito è stato interrotto. Se tocchi il morsetto con molla n. 1 con il filo, la lampadina si illuminerà. Se tocchi il morsetto con molla n. 2 con il filo, la lampadina si illuminerà con minore intensità. La lampadina si illumina con maggiore intensità quando la corrente che passa attraverso di essa è più forte. Possiamo concludere che è passata più corrente attraverso la lampadina quando abbiamo collegato il filo al morsetto a molla n. 1. Nel primo caso, la corrente passava attraverso un resistore da 33 Ω, poi attraverso la lampadina di nuovo alla batteria. Nel secondo caso, l'unica differenza era che il resistore era da 100 Ω. La corrente nel secondo caso era più debole perché la resistenza del resistore era maggiore.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 53, 55, 4x68

Fig. 7





8. CIRCUITO ELETTRICO CON UN RESISTORE A PRESA VARIABILE

Monta il circuito come mostrato nella figura 8. Dopo aver acceso l'interruttore, gira l'asse del potenziometro a sinistra e destra. Quando la resistenza del potenziometro sarà minima. la lampadina si illuminerà con maggiore intensità. Ricordati della legge di Ohm: a parità di voltaggio, la corrente è più forte se la resistenza è più bassa. Che cosa rappresentano i resistori nel circuito? Ci sono: tutti i fili, la lampadina ed il potenziometro. L'interruttore, quando è acceso, praticamente non offre resistenza. Se paragonata alla resistenza degli altri resistori e a quella della lampadina, la resistenza dei fili connettori è minima e possiamo ignorarla.
La corrente che attraversa la lampadina è uguale a quella che passa attraverso il potenziometro.
La legge di Ohm può essere applicata in tutti i casi, sia per la lampadina che per il potenziometro. Possiamo indicare la resistenza di tutto il circuito con la lettera R, quella della lampadina con Rl e quella del potenziometro con Rp.
Se il voltaggio della batteria è U, allora:

U = I x R

dove I è la corrente che passa nel circuito ed R la resistenza di tutto il circuito.
Il voltaggio attraverso il potenziometro è:

$U_p = I \times R_p$

mentre il voltaggio attraverso la lampadina è

$U_l = I \times R_l$

Il voltaggio attraverso la batteria si divide tra la lampadina ed il potenziometro. Il voltaggio della batteria è uguale alla somma dei voltaggi attraverso la lampadina ed il potenziometro.

$U = U_p + U_l$

Se nel circuito ci fossero più resistori, il voltaggio attraverso la batteria equivarrebbe alla somma dei voltaggi attraverso tutti i resistori nel circuito. Questa è conosciuta come la legge del voltaggio di Kirchoff o la seconda legge di Kirchoff, che prende il nome dal fisico Gustav Robert Kirchoff.
L'equazione può anche essere scritta così:

$I \times R = I \times R_p + I \times R_l$

Se dividiamo tutti gli elementi dell'equazione per I, otteniamo:

$R = R_p + R_l$

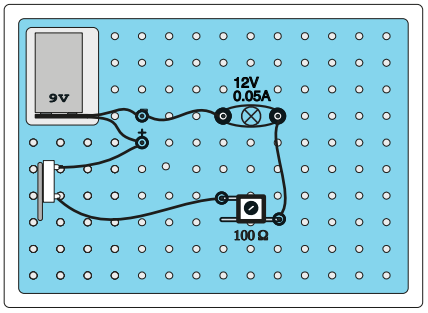
Da qui si evince che la resistenza dei componenti collegati in serie in un circuito è uguale alla somma di tutti i resistori nel circuito.
Se si fa variare il valore Rp del potenziometro, cambierà la resistenza in tutto il circuito, come anche la corrente elettrica. Di conseguenza, cambierà l'intensità della luce emessa dalla lampadina.
Se ritorniamo al paragone fatto con le bacinelle d'acqua, allora il collegamento in serie di due resistori (dobbiamo ricordarci che la lampadina funziona anch'essa come un resistore) sarebbe equivalente all'acqua che dalla bacinella superiore scorre prima attraverso un tubo e poi attraverso l'altro fino a giungere alla bacinella inferiore. Certe volte non disponiamo di un resistore con il valore di resistenza che vogliamo. Se abbiamo due resistori la cui somma è pari alla resistenza di cui abbiamo bisogno, possiamo collegarli in serie nel circuito. La resistenza sostitutiva può essere assemblata usando un certo numero di resistori collegati in serie. La resistenza totale sarà pari alla somma della resistenza di tutti i resistori collegati in serie nel circuito:

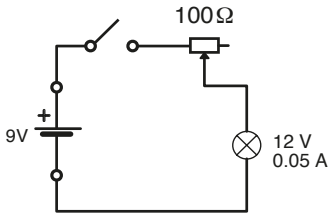
R = R1 + R2 + R3 ...

R è la resistenza di tutti i resistori collegati in serie sommata assieme. R1, R2, R3 ... sono le resistenze dei singoli resistori collegati in serie.
La resistenza dell'intera catena di resistori collegati in serie è sempre maggiore della resistenza del resistore con il valore di resistenza più elevato.

Accessori: batteria 9 V, 6x7, 14, 35, 38, 40, 50, 68, 2x68

Fig. 8





9. SUDDIVISIONE DEL VOLTAGGIO TRA DUE RESISTORI COLLEGATI IN SERIE

Nel circuito mostrato nella figura 9 ci sono due resistori collegati in serie. Lascia il filo collegato al morsetto a molla n. 3 libero.
La resistenza totale dei resistori collegati in serie è:

R = R1 + R2
oppure
R = 56 Ω + 33 Ω
oppure
R = 89 Ω

La resistenza totale dei resistori collegati in serie è maggiore della resistenza del singolo resistore più grande.
La corrente che passa dalla batteria attraverso i due resistori è, in base alla legge di Ohm:

U = I x R

Se dividiamo questa equazione per R otteniamo:

I = U/R

da cui si ricava che:

I = 9 V/89 Ω

oppure approssimativamente:

I = 0,1 A

per calcolare il voltaggio attraverso i singoli resistori, usiamo di nuovo la legge di Ohm:

U = I x R

Indica i voltaggi attraverso i resistori R1 ed R2 con U1 e U2. Ne segue che:

U_1= R_1 x I

oppure

U_1= 0,1 A x 56 Ω

U_1= 5,6 V

Allo stesso modo:

U_2=I x R_2

U_2= 0,1 x 33

U_2= 3,3 V

Il voltaggio alla batteria è pari alla somma dei voltaggi attraverso entrambi i resistori:

U= U_1 + U_2

U= 5,6 + 3,3

approssimativamente:

U= 9 V

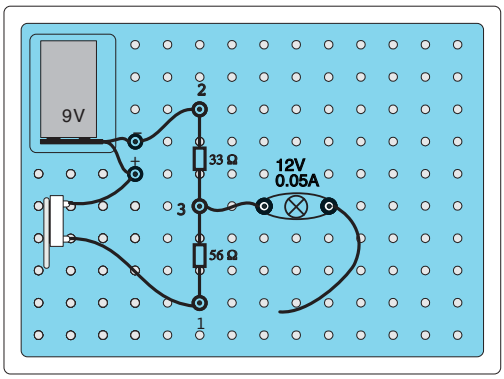
L'errore può essere ignorato, in quanto è il risultato di approssimazioni sulla quantità di corrente che passa dalla batteria attraverso i resistori.

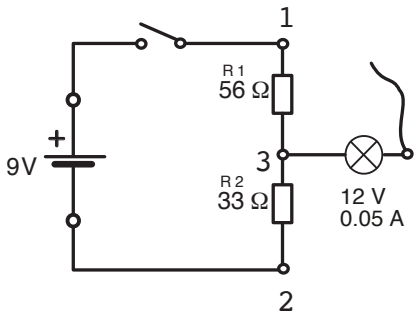
Se abbiamo due resistori collegati in serie, il voltaggio sarà maggiore nel resistore che ha la resistenza maggiore. Controlliamo!

Tocca prima il morsetto 1 e poi il morsetto 2 con l'estremità del filo libero. Ripeti questa operazione più volte. Nel primo caso, la luce emessa della lampadina sarà più intensa che nel secondo caso. Ciò è comprensibile, perché la quota maggiore del totale voltaggio della batteria è al primo resistore, e quella minore al secondo.

Accessori: batteria 9 V, 7x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 4x68

Fig. 9





10. CIRCUITO IN CUI È INSERITO UN FOTO DIODO

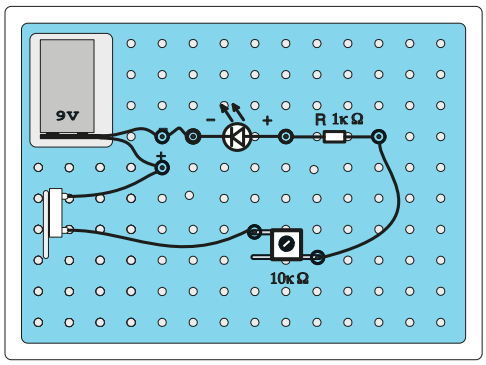
In questo caso abbiamo un circuito in cui è inserito un potenziometro da 10 kΩ, collegato in serie ad un resistore da 1 kΩ. Stai attento a come girl il foto diodo (LED)! Per questo esperimento usa il LED rosso.
Gira l'asse del potenziometro verso sinistra e verso destra. L'intensità della luce emessa dal diodo varierà.
Gira il potenziometro fino a quando l'intensità della luce del diodo non sarà la più fioca. Ora abbiamo un resistore da 1 kΩ ed un potenziometro da 10 kΩ; quindi la resistenza totale è pari a 11 kΩ.
Ora gira il potenziometro fino a quando l'intensità della luce emessa dal diodo non sia al suo massimo. Il cursore sul potenziometro avrà toccato l'uscita del potenziometro. In questa posizione, la resistenza del potenziometro è al suo minimo; possiamo dire che è nulla. In questo caso, la resistenza totale del resistore e del potenziometro è pari a 1 kΩ.
Quello che sta succedendo è in perfetto accordo con la legge di Ohm. Quando la resistenza del potenziometro aumenta, anche la resistenza totale di tutti i componenti collegati in serie (il potenziometro, il resistore, il diodo; la resistenza dell'interruttore può essere trascurata) aumenta. Quindi, la corrente che passa dalla batteria sarà minore e l'intensità della luce emessa dal diodo sarà minore.
Il circuito potrebbe funzionare anche senza il resistore da 1 kΩ, ma in questo caso dovremmo stare motto attenti a non girare mai il potenziometro fino al suo valore zero, perché in questa posizione, la corrente che attraversa il diodo sarebbe troppo forte e to danneggerebbe. Per evitare che accada, abbiamo inserito un resistore nel circuito, collegato in serie al potenziometro, in modo che la resistenza totale del resistore e del potenziometro non possa mai essere zero, ed il diodo non sia mai attraversato da una corrente troppo forte.
In quale circuito passa più corrente dalla batteria: questo, o quello con la lampadina?
In quello con la lampadina, perché, conformemente alla legge di Ohm, la corrente è più forte a parità di voltaggio se la resistenza è minore.

I= U/R

Se li lasciamo collegati a lungo, quale emetterebbe luce più a lungo, la lampadina o il diodo? Il LED. Perché la lampadina ha bisogno di una corrente più forte, la batteria si scaricherà prima. Non testare quanto detto, perché dovresti comprare un'altra batteria per i seguenti esperimenti.

Accessori: batteria 9 V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

Fig. 10



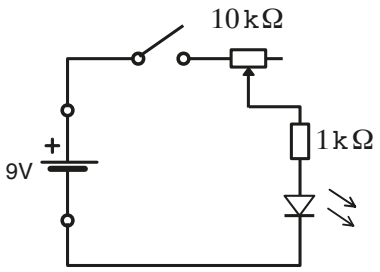
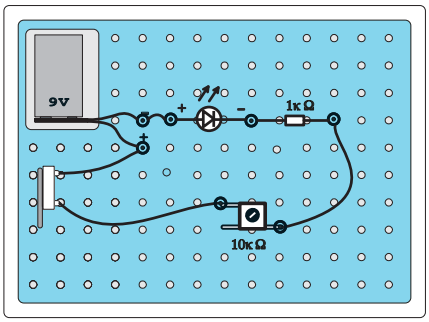
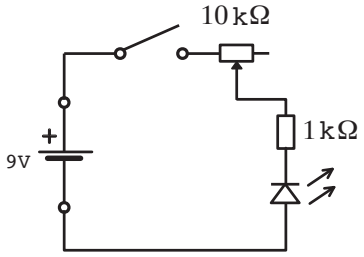


Fig. 11



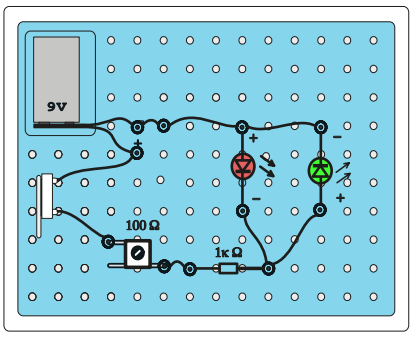


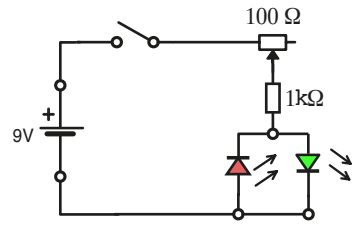
11. È IMPORTANTE COME COLLEGHIAMO IL LED?

Scambia i collegamenti del LED. Quando premi l'interruttore, il diodo non si illumina. Perché?
Cerca di ricordarti la descrizione del diodo. La corrente elettrica passa attraverso il diodo solo in una direzione. Se il LED è collegato al circuito nel verso sbagliato, la corrente elettrica non potrà passare attraverso di esso e quindi il diodo non si illuminerà.
In generale, dovresti ricordarti che è importante come giriamo un diodo semiconduttore. Se il diodo non è collegato correttamente, il circuito non funzionerà, ed è possibile che tale errore bruci il diodo (o un altro componente del circuito).
Prima di collegare un diodo semiconduttore al circuito elettrico, controlla sempre che il diodo sia nel verso giusto.

Accessori: batteria 9 V, 7x7, 38, 40, 43, 51, 57, 2x68

Fig. 12





12. CIRCUITO CON DUE LED GIRATI NELLA DIREZIONE OPPOSTA

Aggiungi al circuito precedente un altro LED (verde). Collegalo al circuito in parallelo con l'altro diodo. ma girato nell'altra direzione. Premi l'interruttore. Il LED rosso si illuminerà proprio come prima. Il LED verde non si illuminerà perché è girato in modo che la corrente non lo possa attraversare. Ora scambia i collegamenti della batteria. Premi l'interruttore e si illuminerà il LED verde. Siccome i collegamenti della batteria sono stati scambiati, ora la corrente passa in senso opposto. Ora la corrente passa attraverso il diodo verde, perché il diodo rosso è girato in modo da non poter condurre corrente.

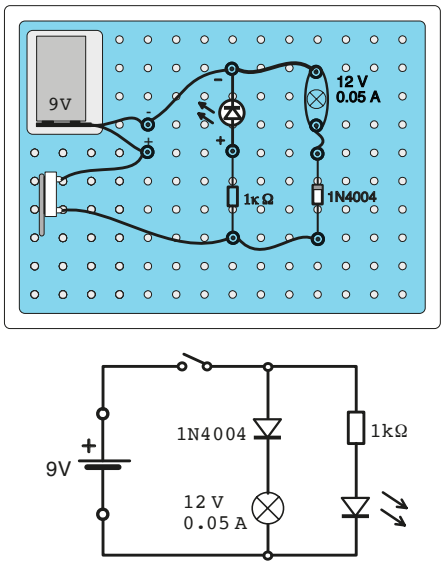
Accessori: batteria 9 V, 9x7, 38, 40, 43, 44, 50, 57, 4x68, 69

13. CIRCUITO CON UNA LAMPADINA ED UN LED (1)

Il circuito è fatto in modo the la corrente passi attraverso le due ramificazioni parallele. In una abbiamo una lampadina ed un normale diodo collegati in serie, e nell'altra un resistore ed un LED. Quando premiamo l'interruttore, la lampadina ed il LED si illuminano.

Accessori: batteria 9 V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 13

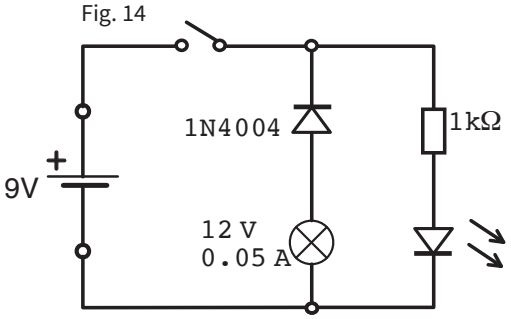


14. CIRCUITO CON UNA LAMPADINA ED UN LED (2)

Gira il diodo normale. Ora si illuminerà solo il LED. Ovviamente, la corrente non passa attraverso la ramificazione dov'è la lampadina, perché il diodo è girato in modo da non poter condurre corrente elettrica.

Accessori: batteria 9 V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 14

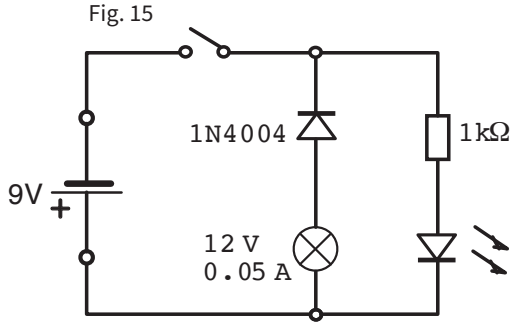


15. CIRCUITO CON UNA LAMPADINA ED UN LED (3)

Ora il diodo normale ed il LED sono girati in direzioni opposte. Scambia i collegamenti della batteria. La lampadina si accenderà, ma il LED no. Il LED ora è girato in modo da non poter condurre corrente elettrica. A seconda di come è collegata la batteria, si illuminerà o il LED o la lampadina.

Accessori: batteria 9 V, 9x7, 14, 35, 38, 40, 43, 46, 57, 3x68

Fig. 15

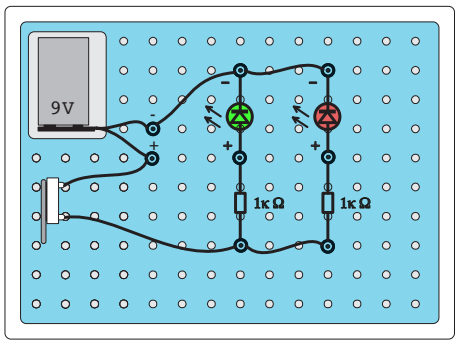


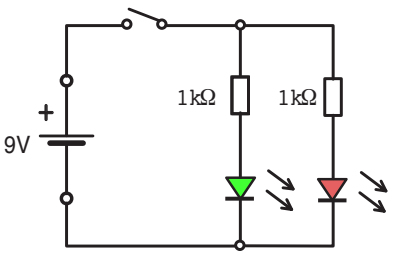
16. CIRCUIT RELIE EN PARALLELE

In questo caso abbiamo un circuito con due ramificazioni, una con un LED rosso e l'altra con un LED verde. Controlla la polarità dei LED! Se il circuito è stato montato correttamente, i LED si illumineranno più o meno con la stessa intensità. La corrente passa dal polo positivo della batteria, poi si divide in due, una parte passa attraverso il LED verde e l'altra attraverso il LED rosso.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 38, 40, 43, 44, 2x57

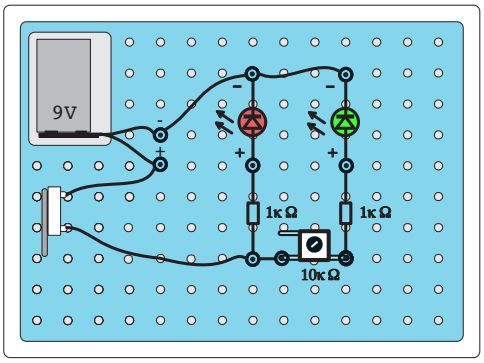
Fig. 16

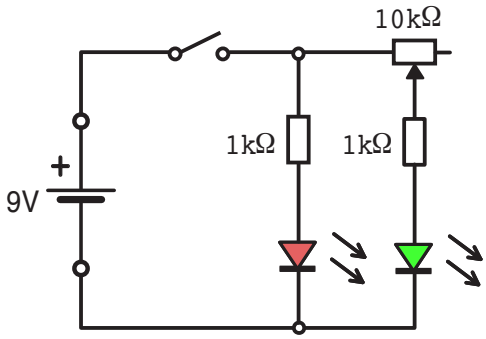




17. CAMBIAMENTO DI SENSO DELLA CORRENTE NELLE RAMIFICAZIONI DI UN COLLEGAMENTO IN PARALLELO

Fig. 17





Aggiungi un altro morsetto a molla nel circuito. Stacca una ramificazione del circuito, e collega un potenziometro da 10 kΩ tra il resistore da 1 kΩ ed il LED rosso. Collega il circuito alla batteria. Quando girl il potenziometro, l'intensità della luce emessa dal diodo rosso cambierà, mentre quella del diodo verde non muterà. La corrente elettrica passa attraverso il polo positivo della batteria nel filo conduttore. Qui si divide in due: una parte passa attraverso il resistore e il LED verde, l'altra passa attraverso il resistore, il potenziometro ed il LED rosso. La resistenza della ramificazione con il potenziometro è molto maggiore, quindi la corrente che la attraversa è minore e il diodo verde si illumina di meno.
Chiama la corrente che arriva dalla batteria I, la corrente che passa attraverso il diodo verde Iv e la resistenza totale di questa ramificazione Rv. Se poi chiamiamo la corrente che passa attraverso il resistore, il potenziometro e il diodo rosso Ir e la resistenza totale di questa ramificazione del circuito Rr, allora:

$I = I_v + I_r$

In altre parole: la corrente che passa da un conduttore attraverso varie ramificazioni parallele è pari alla somma di tutte le correnti che passano attraverso le singole ramificazioni del circuito. Questa è la legge di Kirchoff sul flusso della corrente, o la prima legge di Kirchoff.
Per l'intero circuito:

$I = U/R$

In cui R indica la resistenza totale del circuito.
La corrente che passa attraverso il LED verde è:

$I_v = U/R_v$

Rv è la resistenza della ramificazione con il diodo verde.
La corrente che passa attraverso il diodo rosso è:

$I_r = U/R_r$

Rr è la resistenza della ramificazione con il diodo rosso.
In base alla prima legge di Kirchoff:

$I = I_v + I_r$

oppure

$U/R = U/R_v + U/R_r$

Il voltaggio della batteria è pari a quello delle due ramificazioni. Se dividiamo l'equazione per U, essa sarà ancora valida, ma sarà espressa in modo diverso:

$1/R = 1/R_v + 1/R_r$

Questo significa che: il reciproco della resistenza totale di un circuito è pari alla somma dei reciproci della resistenza delle singole ramificazioni parallele.

Se usiamo un comune denominatore per entrambi i lati dell'equazione e rigiriamo l'equazione, otteniamo:

$R = R_v \times R_r/(R_v + R_r)$

La legge di Kirchoff spiegata con l'esempio dei flussi d' acqua: abbiamo un tubo che parte dalla bacinella superiore e che è diviso in due tubi. L'acqua scorre nei due tubi fino a giungere nella bacinella inferiore. L'acqua che scorre nel singolo tubo si divide nell'acqua che scorre attraverso i due singoli tubi paralleli.
Visto che l'acqua non si disperde in nessun punto, possiamo concludere che la quantità di acqua (per esempio corrente) che scorre nelle tube superiore è pari alla somma dell'acqua che scorre nei tubi paralleli.
Certe volte non abbiamo un resistore con il valore di cui abbiamo bisogno, ma abbiamo dei resistori più potenti. Se abbiamo due resistori di cui la somma dei valori reciproci è il valore che desideriamo, possiamo collegarli parallelamente nel circuito. La resistenza di cui abbiamo bisogno può essere ottenuta collegando in parallele un qualsiasi numero di resistori. Ovviamente, il valore reciproco della resistenza totale è pari alla somma dei valori reciproci di tutti i resistori collegati:

$1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 \ldots$

R è la resistenza equivalente di tutti i resistori collegati in parallelo. R1, R2, R3 ... sono i singoli valori della resistenza dei resistori.
La resistenza dei resistori collegati in parallelo è sempre minore della resistenza del resistore con minor resistenza.

Accessori: batteria 9 V, 9x14, 38, 40, 43, 44, 51, 2x57, 2x68

18. UN ALTRO ESEMPIO DI COLLEGAMENTO IN PARALLELO

L'equazione che abbiamo usato per calcolare la resistenza totale di due resistori collegati in parallelo, dimostra che la resistenza totale di due resistori collegati in parallelo è minore della resistenza del resistore con il valore più piccolo.
Possiamo dimostrarlo con il seguente esperimento (figure 18). Un'estremità del resistore da 33 Ω non è collegata a nient'altro. Il resistore da 56 Ω e quello da 100 Ω sono collegati in parallelo. Il loro valore totale è:

1/R= 1/56 + 1/100
1/R= 0,0178 +0,01
1/R= 0,0278

se moltiplichiamo l'equazione per R, otteniamo:

1= 0,0278 x R

se poi dividiamo l'equazione per 0,0278, otteniamo:

1/0,0278 = R

oppure, approssimativamente,

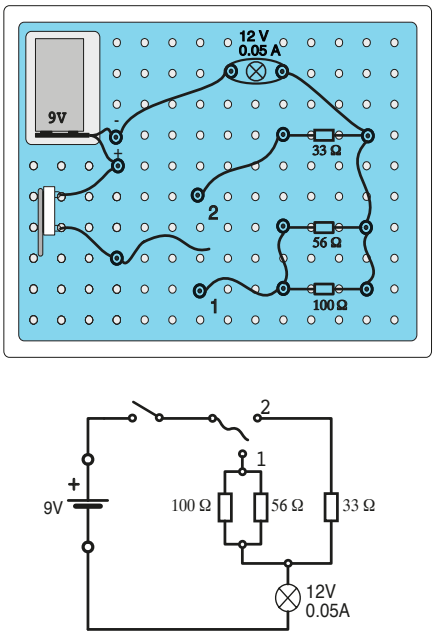
R= 36 Ω

Ora osserva l'intensità della luce emessa dalla lampadina. Rimuovi il filo dal morsetto 1 e collegalo al morsetto 2. La corrente ora passa attraverso il resistore da 33 Ω. Poiché il resistore da 33 Ω ha quasi la stessa resistenza dei resistori da 56 Ω e 100 Ω collegati in parallelo, la luce emessa dalla lampadina sarà praticamente uguale in entrambe i casi.

Quello che abbiamo appena imparato potrebbe rivelarsi molto utile. Se non abbiamo il resistore che ci occorre, potremmo usare al suo posto, due (o più) resistori collegati in parallelo o in serie.

Accessori: batteria 9 V, 13x7, 14, 35, 38, 40, 53, 54, 55, 4x68, 4x69

Fig. 18

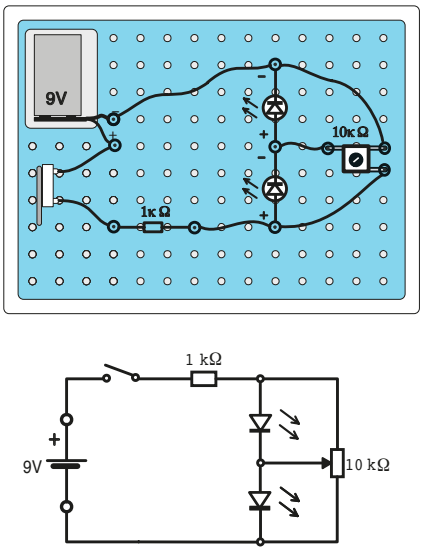


19. CAMBIARE L'INTENSITÀ DELLA LUCE EMESSA DA DUE LED ALLO STESSO TEMPO

Monta un circuito come quello mostrato nella figura 19. Che cosa succede quando giri il potenziometro? Nella parte del potenziometro dove il cursore è più vicino al collegamento d'uscita, la resistenza sarà minore ed il voltaggio sarà più basso. Il diodo collegato in parallelo con questa parte del circuito emetterà una luce di intensità minore.

Accessori: batteria 9 V, 10x7, 38, 2x44, 51, 55, 57, 4x68, 69

Fig. 19

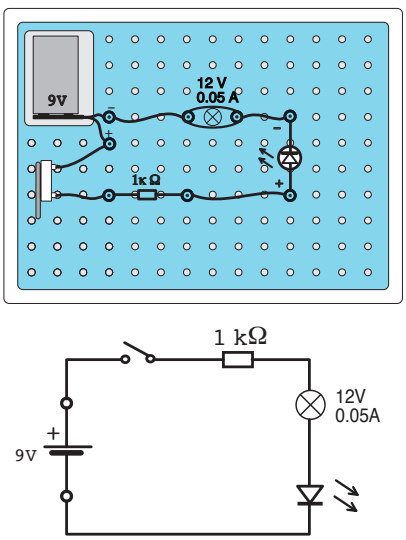


20. CIRCUITO CON LAMPADINA E LED IN PARALLELO

Ora sappiamo che cosa è un LED. Il suo nome ci dice che esso emette luce quando la corrente elettrica lo attraversa nel senso giusto. Questo è esattamente il motivo per cui li utilizziamo. Quando la corrente passa attraverso il diodo nel senso giusto, il diodo si dovrebbe illuminare.
La quantità di corrente necessaria a far illuminare un diodo è molto piccola, pochi milliampere. Questa corrente è molto minore di quella necessaria per la lampadina. Quindi la luce emessa dalla lampadina è
molto più intensa. Se la corrente che passa attraverso la lampadina, passasse attraverso il diodo, questo brucerebbe.
Scoprirai che negli esperimenti che condurremo c'è sempre un resistore collegato in parallelo al diodo. La sua funzione è di limitare il flusso della corrente che passa attraverso il diodo.
Dal circuito mostrato in figura 20, vedremo che la corrente necessaria per illuminare il LED è troppo poca per la lampadina. Non dovresti mai collegare direttamente il diodo alla batteria, senza prima averlo collegato in parallelo ad un resistore da 1 kΩ. Se lo fanno, il LED brucerà immediatamente!

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 3x68

Fig. 20

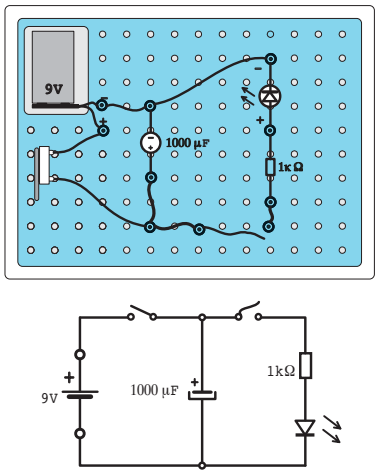


21. IL CONDENSATORE COME FONTE DI ENERGIA ELETTRICA

Monta un circuito come quello mostrato nella figura 21. Lascia il polo positivo della batteria libero. Premi l'interruttore! Il LED si illuminerà? No, in quanto non è collegato all'energia elettrica. Lascia andare l'interruttore.
Ora tocca il polo positivo del condensatore elettrolitico con il filo del polo positivo della batteria. Non c'era alcuna carica elettrica net condensatore elettrolitico. Era vuoto. Quando lo abbiamo collegato alla batteria, la corrente è saltata dalla batteria al condensatore. Il condensatore ora è carico e può essere usato come fonte di energia elettrica.
Ora lascia il filo del polo positivo della batteria staccato e premi l'interruttore. Nonostante la batteria sia staccata, il LED si illuminerà. Dato che l'energia accumulata nel condensatore è limitata, il diodo rimarrà illuminato solo per breve tempo. Se osservi il diodo ti accorgerai che l'intensità della luce da esso emessa diminuirà. La corrente passa dal condensatore al LED. Diciamo che il LED viene scaricato.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 44, 57, 67, 4x68, 69

Fig. 21

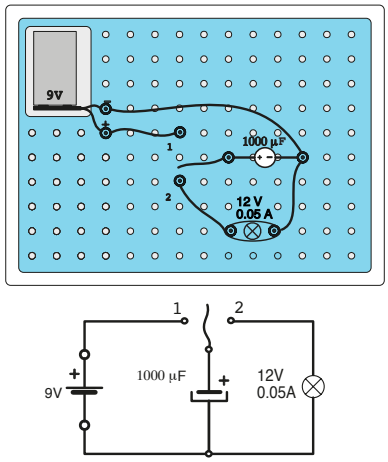


22. QUANTO TEMPO IMPIEGA IL CONDENSATORE A SCARICARSI?

Invece di un LED ed un resistore collegati in parallelo, collega una lampadina. La lampadina si illuminerà solo per un momento. Sappiamo già che la lampadina ha bisogno di più corrente del LED. Ciò significa che la lampadina ha una resistenza minore. Se dal condensatore fluisce più corrente, esso si scaricherà prima. Ecco perché la lampadina si illumina per un tempo minore rispetto al diodo.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 22

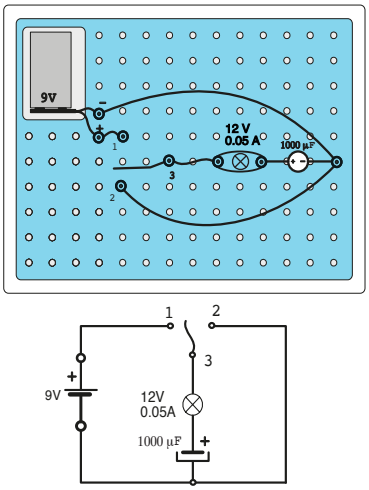


23. UN CONDENSATORE PUÒ ESSERE CARICATO È SCARICATO PIÙ VOLTE

Fai una piccola modifica nel circuito. Lascia il filo collegato con la portalampada libero all'altra estremità.
Con questa estremità del filo tocca prima il morsetto a molla 1 e poi il morsetto a molla 2. Osserva quello che succede.
Quando tocchi il morsetto 1, il condensatore si carica. La corrente che dalla batteria passa attraverso il condensatore passa anche attraverso la lampadina. Quando il condensatore è vuoto, la corrente sarà più forte e la lampadina si accenderà. Quando il condensatore è caricato, la corrente si interrompe, e la lampadina si spegne.
Se tocchi il morsetto 2 con il filo libero, la corrente passerà dal polo positivo del condensatore attraverso la lampadina al polo negativo dello stesso. In un primo momento, quando il condensatore è caricato al massimo, la corrente sarà forte. A mano a mano che il condensatore si scarica, la corrente diverrà sempre più debole e l'intensità della luce della lampadina continuerà a diminuire fino a quando la lampadina si spegnerà del tutto.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 14, 35, 38, 67, 4x68, 69

Fig. 23

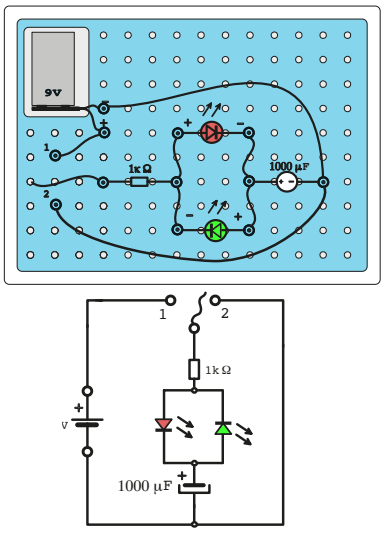


24. ANCHE LA CORRENTE ALTERNATA PUÒ PASSARE ATTRAVERSO IL CONDENSATORE

Mentre carichiamo il condensatore, la corrente fluisce dentro il condensatore; quando lo scarichiamo la corrente fluisce fuori. Questo significa che mentre carichiamo e scarichiamo il condensatore, la corrente fluisce in direzioni opposte. Possiamo dimostrare questo fatto montando un circuito con due LED girati in direzione opposta e collegati in parallelo.
Lascia l'altro estremo del filo collegato al morsetto 3 libero. Con questa estremità libera, tocca alternativamente il morsetto 1 ed una volta il morsetto 2. Osserva quanto accade.
Come sai, la corrente passa attraverso un diodo solo in un senso. Mentre il condensatore viene caricato, la corrente passera attraverso il LED rosso; mentre quando viene scaricato, la corrente passa attraverso il LED verde. Quindi, il diodo rosso si illuminerà quando il condensatore viene caricato e il diodo verde si illuminerà mentre viene scaricato.
Sappiamo inoltre che una volta che il condensatore è stato caricato la corrente non passa più. Il condensatore quindi interrompe il flusso della corrente continua.
Mentre il condensatore viene caricato e scaricato la corrente fluisce prima dentro e poi fuori del condensatore. Se la corrente passa attraverso un componente, prima in un senso e poi nell' altro, diciamo che esso è attraversato da una corrente alternata. Questo esperimento ha dimostrato che la corrente alternata può passare attraverso un condensatore.
Sostituisci il condensatore da 1000 µF con uno da 100 µF. Ora il LED si illuminerà per un tempo minore. Dentro un condensatore con capacità minore può fluire una carica elettrica minore, e quindi il diodo si illuminerà per un tempo più breve.

Accessori: batteria 9 V, 11x7, 38, 43, 44, 56, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 24



25. COLLEGAMENTO PARALLELO DI DUE CONDENSATORI

In questo esperimento, abbiamo due condensatori collegati in parallelo. Come si comportano due condensatori collegati in parallelo? Ricorda il rapporto tra la carica nel condensatore ed il voltaggio nei suoi contatti:

C= Q/U

In un condensatore carico con capacità C e voltaggio U attraverso i contatti, la carica sarà

Q= C x U

Se due condensatori vengono collegati in parallelo, la carica che arriva ad essi tramite un solo filo sarà divisa tra i due condensatori:

$Q= Q_1 + Q_2$

dove Q1 e Q2 sono rispettivamente le cariche del primo e del secondo condensatore.
Se la loro capacità sono C1 e C2 e la loro capacità totale è C, l'equazione scritta sopra potrebbe anche essere scritta come segue:

$C \times U= C_1 \times U_1 + C_2 \times U_2$

Il voltaggio nei punti di contatto dei due condensatori è uguale, U1 = U2 = U. Quindi l'equazione può essere scritta come segue:

$C \times U= C_1 \times U + C_2 \times U$

Se dividiamo entrambe i lati dell'equazione per U, otteniamo l'equazione per calcolare la capacità totale di due condensatori collegati in parallelo:

$C=C_1 + C_2$

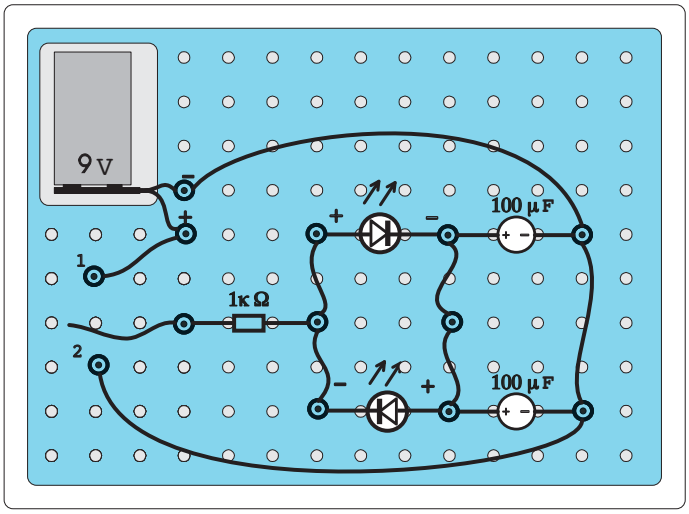
Nel nostro caso, la capacità totale dei due condensatori è pari a 200 µF. Questo risultato sarà dimostrato dai diodi, che si illumineranno per un tempo più lungo rispetto a quando nel circuito era collegato solo un condensatore da 100 µF. Proprio come possiamo modificare la resistenza collegando in parallelo dei resistori, così possiamo modificare la capacità collegando in parallelo due o più condensatori.

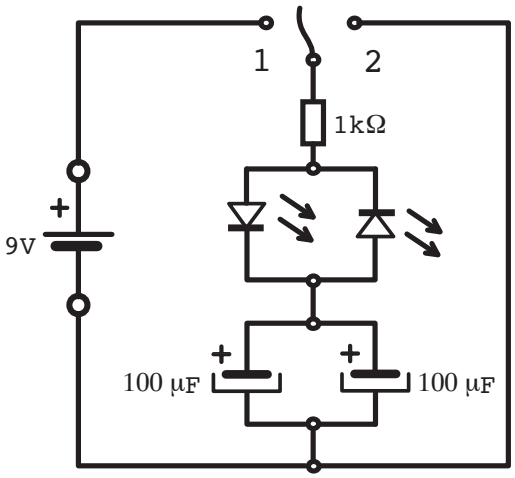
$C= C_1 + C_2 + C_3$...

C è la capacità di tutti i condensatori collegati in parallelo, equivalente ad un singolo condensatore con tale capacità.
La capacità di vari condensatori collegati in parallelo è sempre maggiore della capacità del condensatore con la capacità minore.

Accessori: batteria 9 V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 25





26. CONDENSATORI COLLEGATI IN SERIE

Modifichiamo il circuito in modo che i condensatori siano collegati in serie. Se tocchi un morsetto e poi l'altro con il filo libero, vedrai che il LED si illumina per un tempo più breve rispetto al precedente esperimento. Questo significa che la capacità dei condensatori collegati in serie è minore di quella dei condensatori collegati in parallelo.
Quando la corrente elettrica passa attraverso i condensatori, essi si caricano.
Il voltaggio nei punti di contatto di entrambe i condensatori sarà equamente suddiviso tra essi:

$U = U_1 + U_2$

Se la capacità sostitutiva di due condensatori collegati in serie è

$C = Q / U$

ed il voltaggio nei punti di contatto di questo condensatore è

$U = Q / C$

allora si può dedurre che:

$Q/C = Q_1/C_1 + Q_2/C_2$

dove Q1 e Q2 sono rispettivamente le cariche del primo e del secondo condensatore, e C1 e C2 la loro capacità.
La carica che è entrata nel primo condensatore è pari alla corrente emessa dal secondo. Questo si può capire, visto che non c'è un filo collegato tra i due condensatori, che dirigerebbe la corrente dentro o fuori.
Quindi:

$Q = Q_1 = Q_2$

Se dividiamo questa equazione per Q, otteniamo:

$1/C = 1/C_1 + 1/C_2$

il che significa che il reciproco della capacità equivalente di due condensatori collegati in serie è pari alla somma dei loro reciproci. Come abbiamo fatto per i resistori collegati in parallelo, possiamo scrivere anche questa equazione in diversi modi. Se troviamo un comune denominatore per la parte destra dell'equazione e la rigiriamo, otteniamo:

$C = C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$

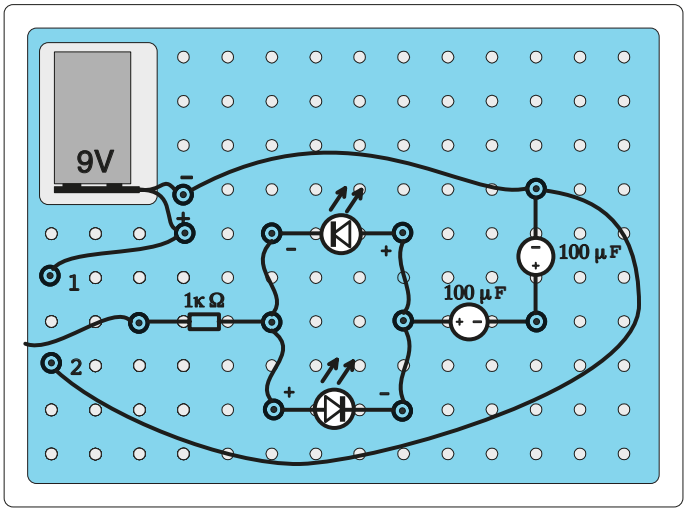
nel nostro esperimento, abbiamo usato due condensatori da 100 µF collegati in serie. La loro capacità totale sarà 50 µF. Proprio come possiamo ottenere la resistenza che ci occorre collegando in parallelo due o più resistori, così possiamo ottenere la capacità che ci serve collegando in serie due o più condensatori.

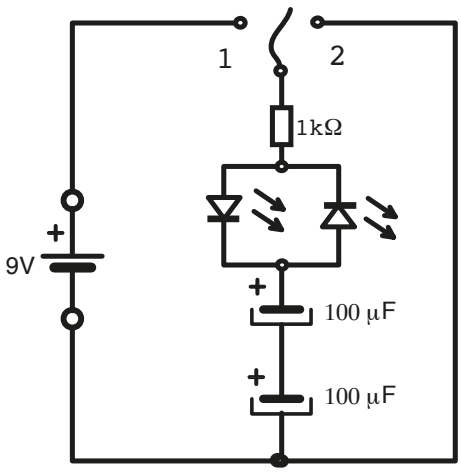
$1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \ldots$

C è la capacità equivalente di tutti i condensatori. C1, C2, C3 ... sono le capacità dei singoli condensatori collegati in serie.
La capacità totale dei condensatori collegati in serie è sempre minore della capacità del condensatore che ha la capacità più piccola.

Accessori: batteria 9 V, 13x7, 38, 43, 44, 57, 2x 66, 67, 4x68, 2x69, 2x70

Fig. 26



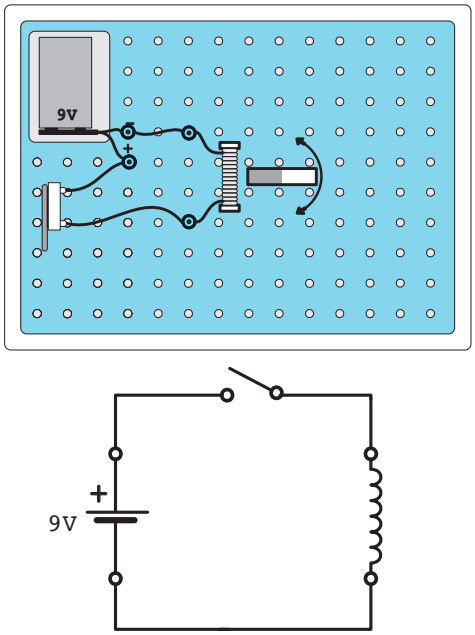


27. ELETTROMAGNETE

Se facciamo passare la corrente elettrica attraverso una bobina a filo, la bobina si comporterà come un magnete. Questo può essere dimostrato attraverso un semplice esperimento.
Montate un circuito semplice in cui la batteria, l'interruttore e la bobina sono collegati in serie. Quando l'interruttore è acceso, la corrente passerà attraverso la bobina. Sembra che non accada nulla. Spegni il circuito.
Inserisci un chiodo d'acciaio dentro la bobina in modo che una parte di esso fuoriesca. Premi l'interruttore. Il chiodo sarà attirato subito dentro la bobina e rimarrà lì.
Fai un altro esperimento. Lega un magnete ad un filo e reggilo sopra la bobina. Premi l'interruttore. Il magnete girerà intorno all'asse longitudinale della bobina attraverso cui passa la corrente. Ricordati da che parte ha girato il magnete.
Ora scambia i fili connettori della bobina. Premi l'interruttore. La bobina si comporterà di nuovo come un magnete, solo che il magnete appeso al filo girerà nella direzione opposta. Se cambiamo il senso della corrente che passa attraverso la bobina, la bobina si comporterà come un magnete girato nell'altra direzione. Il chiodo ed il magnete si comporterebbero in modo simile se li mettiamo uno vicino all'altro. Il nostro esperimento dimostra che una bobina in cui passa la corrente elettrica si comporta come un magnete. Un magnete fatto da una bobina in cui passa corrente elettrica è
chiamato elettromagnete.

Accessori: batteria 9 V, 4x7, 11, 38, 40, 68, chiodo d'acciaio

Fig. 27

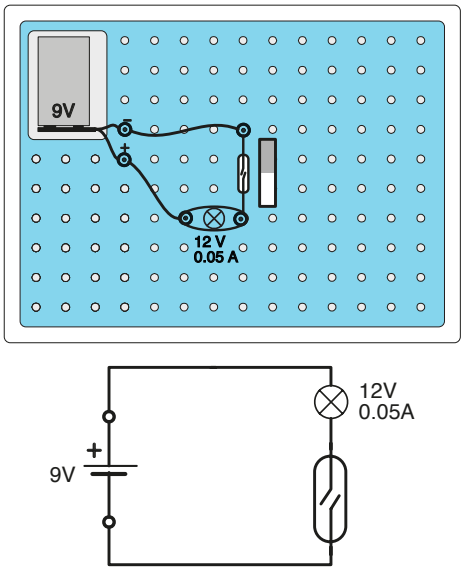


28. INTERRUTTORE REED ERMETICO

Posiziona a breve distanza l'uno dall'altro due morsetti a molla su un foglio di carta. Solleva il foglio di carta e con l'altra mano reggi sotto di esso un magnete posizionato verticalmente al foglio. I due morsetti a molla si magnetizzeranno e si comporteranno entrambi come dei piccoli magneti. I magneti o si attraggono o si respingono. I morsetti a molla si posizioneranno in modo da attrarsi l'uno con l'altro. Immagina di collegare entrambi i morsetti ad un circuito che è chiuso quando i due morsetti si toccano. Il circuito allora funzionerà quando posizioniamo un magnete sotto il foglio a breve distanza ed i due morsetti sono leggermente distanziati l'uno dell'altro.
L'interruttore reed funziona in base alto stesso principio. Due lamine flessibili di ferro sono posizionate vicino in un tubo di vetro ermetico. Quando le lamine si magnetizzano, si attraggono e fanno contatto.
Quando non sono più magnetizzate, essendo flessibili si distanziano. Come possiamo magnetizzare le lamine? Se usiamo un magnete, otterremo un interruttore che si accenderà se avviciniamo il magnete e si spegnerà se lo allontaniamo. Questa situazione è mostrata in figura 28. Quando il magnete viene avvicinato all'interruttore reed, le lamine si magnetizzano e la corrente passera attraverso la lampadina, facendola accendere.

Accessori: batteria 9 V, 5x7, 10, 14, 35, 38, 48, 2x68

Fig. 28

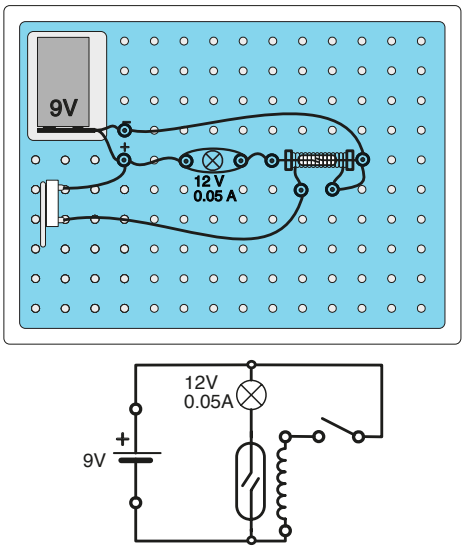


29. RELE

Posizioniamo una sottile placca di ferro vicino alla fine dell'elettromagnete, in modo da accendere l'interruttore quando l'elettromagnete attrae la placca.
Un interruttore elettromagnetico di questo genere si chiama relè. Possiamo inoltre usare un elettromagnete per magnetizzare l'interruttore reed.
Anche questo diverrà un relè.
Puoi fare un relè utilizzando un interruttore reed ed una bobina.
Questo viene chiamato un relè reed.
Spingi l'interruttore reed dentro la bobina. L'interruttore reed sarà l'interruttore per accendere la lampadina. Quando l'interruttore del circuito è acceso, le placche di metallo nell'interruttore reed faranno contatto, il circuito sarà chiuso, la corrente passerà attraverso la lampadina e questa si illuminerà.

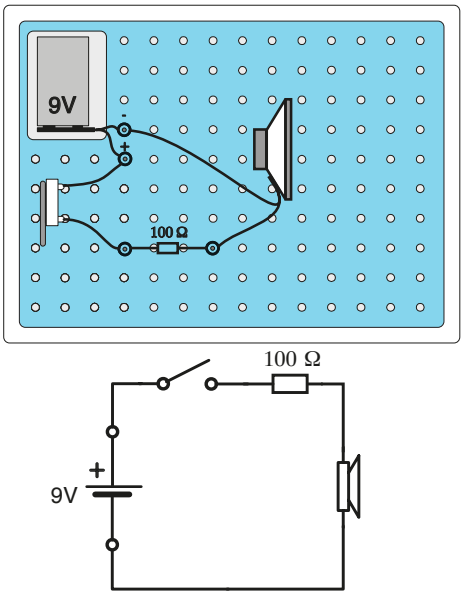
Accessori: batteria 9 V, 8x7, 11, 14, 35, 38, 40, 48, 4x68

Fig. 29



30. ALTOPARLANTE

Fig. 30

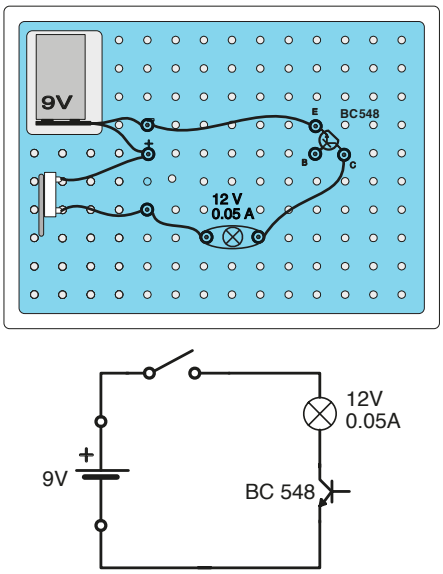


Come viaggia il suono nell'aria? Le onde sonore si propagano attra verso sequenze d'aria con densità maggiore e minore, diffuse longitudinalmente nella direzione in cui si propaga il suono. Come possiamo provocare un'onda sonora? Per farlo, abbiamo bisogno di un oggetto vibri avanti ed indietro e produca sequenze di aria più o meno dense. Se bussi su una finestra la fai vibrare. La lastra di vetro vibrando produrrà intorno a sé aree in cui la pressione varia, che poi si diffonderanno. Poiché ciò succede su entrambi i lati della lastra di vetro, il suono sarà udito su entrambi i lati della finestra.
Nell'elettrotecnica, per creare onde sonore vengono usati gli altoparlanti. Ma che coca è esattamente un altoparlante?
Ti ricordi dell'esperimento con la bobina ed il magnete? Abbiamo scoperto che una bobina in cui facciamo passare la corrente elettrica si comporta come un magnete. Nel sostegno dell'altoparlante c'è un magnete. Una bobina fissata ad una membrana di carta è posizionata in una scanalatura nel magnete. Quando la corrente passa attraverso la bobina, essa sarà attirata dentro oppure spinta fuori dalla scanalatura nel magnete. Questo farà muovere la membrana avanti e indietro. Se questo fatto si ripete frequentemente potremmo udire un suono.
In questo circuito, c'è un resistore da 100 ohm collegato in parallelo con l'altoparlante. Senza il resistore, la bobina nell'altoparlante essendo fragile si brucerebbe. Premi l'interruttore. Sentirai un fruscio. Ripeti questa operazione varie voile ed osserva la membrana. Potrai vedere la membrana muoversi dentro e fuori.
Quando premi l'interruttore, la membrana si muove verso l'interno dell'altoparlante. Scambia i fili connettori e la membrana sarà spinta in fuori. Devi osservare molto attentamente perché questi movimenti sono molto piccoli, non più di una frazione di millimetro.
Perché la bobina salta una volta dentro e poi fuori di nuovo? Sappiamo che una bobina in cui passa la corrente elettrica si comporta come un magnete. Sappiamo inoltre che un magnete ha due poli diversi. Sappiamo anche che i poli uguali si respingono e che i poli opposti si attraggono. Se cambiamo il senso della corrente nella bobina, anche i poli del magnete che viene creato cambiano. Questo è il motivo per cui la membrana viene prima tirata all'interno dell'altoparlante (quando la bobina ed il magnete si attraggono) e poi salta fuori (quando la bobina ed il magnete si respingono).
Quindi, se vogliamo sentire il suono usando un altoparlante, dobbiamo fare in modo che la bobina sia attraversata da una quantità di corrente variabile. In questo caso, la membrana si muoverà avanti e dietro, e non sentiremo il suono.

Accessori: batteria 9 V, 38, 40, 45, 55

31. IL TRANSISTOR

Fig. 31



Hai letto la descrizione del transistor? Se lo hai fatto, per te sarà facile capire i seguenti esperimenti.
In questo circuito, abbiamo una lampadina ed un transistor collegati in parallelo. Stai attento a come colleghi i contatti del transistor! Quando colleghi il transistor al circuito, non devi scambiare le uscite! Se lo fai, il circuito non funzionerà, oppure, se sei sfortunato, il tuo transistor si rovinerà.
Nel kit c'è un transistor BC548. Se lo reggi in modo che i fili d'uscita indicano verso il basso e la parte piatta con l'indicazione del tipo di transistor sia girata verso di te, allora il collettore sarà alla tua sinistra, la base sarà net mezzo e l'emettitore sarà alla tua destra. Nei transistor i fili di contatto non sono sempre disposti allo stesso modo. La disposizione in questo caso è molto comune, ma non obbligatoria. La disposizione dipende dal produttore e dal tipo di transistor. Se hai un transistor di cui non conosci le uscite, consulta un manuale. Se non riesci a trovare la descrizione, dovrai cercare di capire la disposizione delle uscite da solo. In seguito ti sarà spiegato come farlo. Ora torniamo al nostro circuito.
La lampadina si illuminerà? Certo che no. La base del transistor non è collegata a niente. e quindi la corrente non passa attraverso la base. Il transistor è chiuso. Possiamo dire che in un transistor chiuso, la resistenza tra l'emettitore ed il collettore è motto elevata.

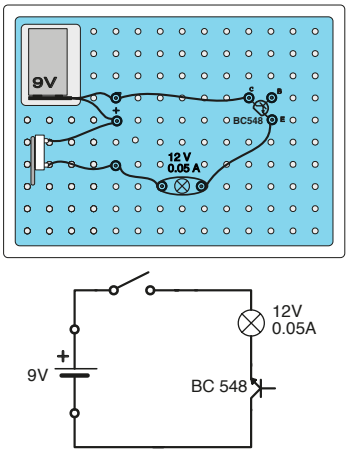
Accessori: batteria 9 V, 8x7, 14, 35, 38, 42, 3x68

3232. CHE COSA SUCCEDE SE GIRIAMO IL TRANSISTOR?

Modifica il circuito collegando l'emettitore ed il collettore in modo che si scambino le loro posizioni.
Se guardi attentamente, vedrai che il filamento della lampadina si è illuminato leggermente. Dato che il transistor non ha l'emettitore collegato al polo negativo ed il collettore collegato al polo positivo, non si comporta come dovrebbe.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 3x68

Fig. 32

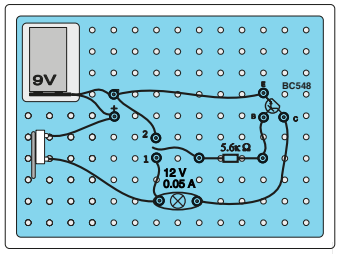


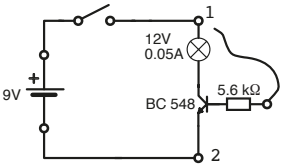
33. TRANSISTOR COME INTERRUTTORE

Sul punto indicato sul resistore, collega un filo lasciando l'altra estremità libera. La lampadina non si illuminerà. Perché?
La corrente non passa attraverso la base del transistor ed il transistor è chiuso! Che cosa dobbiamo fare affinché la corrente passi attraverso il transistor? Il circuito dovrebbe essere fatto in modo tale che una corrente debole passi attraverso la base. Collega l'estremità libera del filo al morsetto collegato al polo positivo della batteria. La corrente passerà attraverso il resistore alla base, il transistor sarà aperto e la lampadina si illuminerà. In questo circuito, abbiamo usato il transistor come interruttore. L'interruttore viene aperto dalla corrente che passa attraverso la base: quando la corrente fluisce alla base, il transistor si apre, la corrente elettrica passerà attraverso di esso e la lampadina si illuminerà. Quando la corrente non fluisce alla base, il transistor è chiuso, la corrente elettrica non passa attraverso di esso e la lampadina non si illuminerà. In breve, l'interruttore transistor è messo in funzione dalla corrente che passa attraverso la base. Questa corrente è molto più debole di quella che passa attraverso il transistor, il che fa di questo interruttore, un interruttore molto efficiente.
Che cosa succederà se colleghiamo l'estremità libera del filo al polo negativo della batteria? Prima prova ad immaginare cosa succederebbe e poi fai un test. La lampadina non si illuminerà, perché la corrente non fluisce alla base e il transistor è chiuso.
Un transistor aperto ha una resistenza molto bassa, ed il voltaggio tra l'emettitore ed il collettore sarà molto basso, non più di un decimo di volt. Per questo, un transistor aperto non dovrebbe essere mai collegato direttamente al polo positivo o negativo della batteria. La corrente che passerebbe attraverso il transistor sarebbe troppo forte e potrebbe distruggere il transistor.

Accessori: batteria 9 V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

Fig. 33



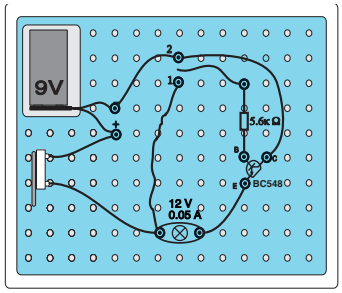


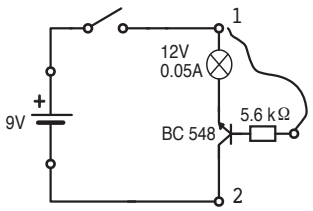
34. UN TRANSISTOR GIRATO IN POSIZIONE SBAGLIATA

Ora gira il transistor dalla parte sbagliata. Scambia le uscite dell'emettitore e del collettore.
Quando il filo libero non è collegato, la lampadina si accende appena. Se tocchiamo il polo positivo della batteria con l'estremità libera del filo, la lampadina si illuminerà di più, ma non si illuminerà al suo massimo. Un transistor collegato in questo modo non è collegato correttamente!
Se vogliamo usare le proprietà del transistor BC548, il collettore deve essere sempre collegato al polo positivo e l'emettitore a quello negativo. Una corrente debole che passa attraverso la base aprirà il transistor.
I transistor che hanno l'emettitore collegato correttamente al polo negativo ed il collettore collegato correttamente al polo positivo si chiamano transistor NPN. Il transistor BC548 è un transistor NPN. Alcuni transistor devono essere collegati con l'emettitore al polo positivo e il collettore a quello negativo. Questi sono transistor PNP. Nel kit non è stato incluso un transistor PNP.

Accessori: batteria 9 V, 10x7, 14, 35, 38, 40, 42, 59, 2x68, 2x69

Fig. 34



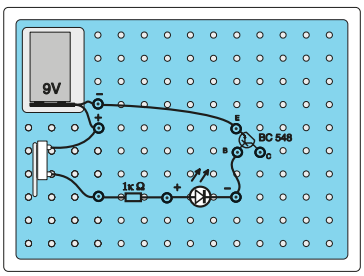


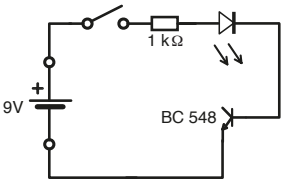
35. COME SI COMPORTA IL TRANSISTOR SE OSSERVIAMO SOLO LA BASE E L'EMETTITORE?

Ad una lampadina occorre una corrente molto più forte per illuminarsi rispetto al LED. Se la batteria emette una quantità maggiore di corrente, si scaricherà prima, ma possiamo usare anche un LED per osservare il funzionamento di un transistor. Infatti, possiamo usare un LED al posto di una lampadina in tutti i nostri esperimenti, basta che ci ricordiamo che il diodo non si illuminerà se è voltato dalla parte sbagliata! Un resistore da 1 kΩ collegato in parallelo al diodo farà sì che attraverso il diodo non passi una corrente troppo forte. Abbiamo già detto che il transistor BC548 nel nostro kit è NPN. Questo significa che per ottenere un normale funzionamento l'emettitore dovrebbe essere collegato al polo negativo. Se vogliamo che la corrente elettrica passi attraverso la base (e da lì all'emettitore), la base dovrà essere collegata al polo positivo, il polo dell'emettitore. Collega il transistor come mostrato in figura 35. Il LED si illuminerà. Questo significa che la corrente sta passando dalla base all'emettitore.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 35



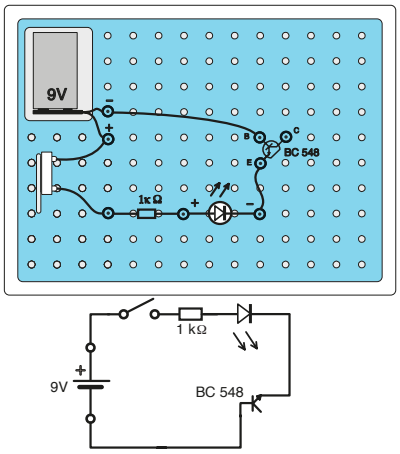


36. IN UN TRANSISTOR, LA DIREZIONE BASE-EMETTITORE SI COMPORTA COME UN DIODO

Ora scambia i contatti della base e dell'emettitore del transistor. Il LED non si illuminerà. Questo significa che in questo transistor la corrente non può passare nella direzione che va dall'emettitore alla base. In altre parole, la direzione base-emettitore nel transistor si comporta come un diodo. Nei transistor NPN, questo diodo è girato dalla base verso l'emettitore.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 36

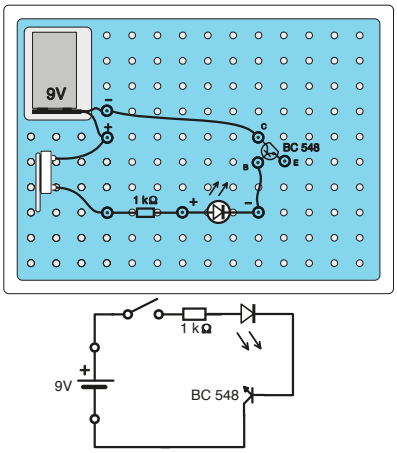


37. COME SI COMPORTA UN TRANSISTOR SE OSSERVIAMO SOLO LA BASE ED IL COLLETTORE?

Collega il transistor in modo che il collettore sia collegato al polo negativo della batteria e la base sia collegata attraverso il LED, il resistore e l'interruttore al polo positivo. L'emettitore rimane libero (non è collegato a niente).
Quando premi l'interruttore il LED si illuminerà.
Questo significa che nel nostro transistor la corrente può passare dalla base verso il collettore.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 37

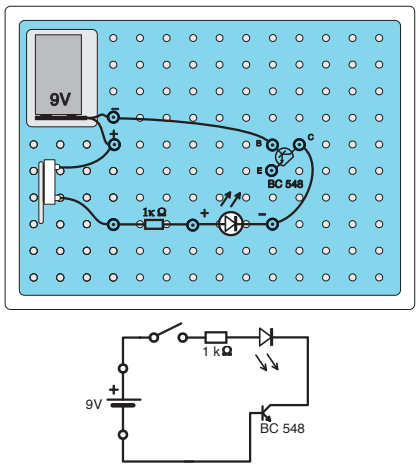


38. IN UN TRANSISTOR LA DIREZIONE BASE-COLLETTORE SI COMPORTA COME UN DIODO

Ora scambia i contatti della base e del collettore del transistor. Il diodo non si illuminerà. Questo significa che la corrente non può passare dal collettore alla base. In altre parole, nella direzione base-collettore, il transistor si comporta come un diodo. Nei transistor NPN, il diodo è girato dalla base al collettore.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 14, 35, 38, 40, 42, 43, 57, 2x68

Fig. 38

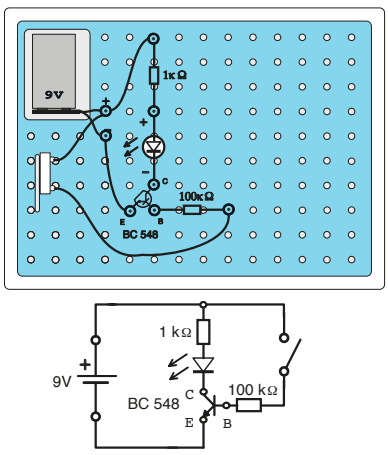


39. CIRCUTTO PER TESTARE I TRANSISTORS

Da quello che abbiamo visto sinora, possiamo dedurre come funziona un transistor funzionante.
Se abbiamo dei dubbi sul transistor, possiamo facilmente montare un circuito in cui saranno testate le proprietà del transistor. Il più semplice di tutti è l'interruttore transistor.
La rappresentazione grafica del circuito mostra come collegare il transistor per il test. Quando la batteria è collegata, il LED non dovrebbe illuminarsi. Questo avviene perché la corrente non passa attraverso la base ed il transistor è chiuso. Quando premi l'interruttore, la corrente passerà attraverso la base ed il transistor sarà aperto. Il LED si illuminerà.
In un transistor funzionante, il diodo non si illuminerà quando l'interruttore è spento, e si illuminerà quando l'interruttore è acceso. Se il diodo si illumina o si illumina nello stesso modo in entrambi le posizioni dell'interruttore, il transistor è danneggiato.
Il circuito è molto facile da montare e puoi usarlo in qualsiasi momento quando sospetti che un circuito non funzioni a causa di un transistor difettoso.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 39



40. COME DETERMINARE LA DISPOSIZIONE DEI CONTATTI SU UN TRANSISTOR

Ora che sai un po' di più su come funziona un transistor, puoi trovare da solo la disposizione dei contatti su un transistor che non conosci. Avrai bisogno di una batteria, di un resistore e di un LED.

1. Prima controlla che il LED sia collegato correttamente.

2. Il primo passo è determinare il tipo di transistor e la posizione della base. Ora sappiamo che le direzioni base-emettitore e base-collettore si comportano come diodi. In questi "diodi", gli anodi (nel caso di un transistor NPN) sono le basi. Quindi troveremo la base di un transistor come se fosse l'anodo di due diodi: il diodo emettitore e quello collettore.
Ora: collega una delle uscite del transistor che non conosci al morsetto 1; con l'estremità libera del filo dal morsetto 2 tocca prima una e poi l'altra uscita del transistor. Osserva quando il LED si illumina. Poi cambia l'uscita del transistor sul morsetto 1 e ripeti il test. Ripeti questa operazione per tutte e tre le uscite del transistor.

3. Se hai trovato una singola posizione in cui il diodo si illumina dopo che le due uscite libere del transistor sono state collegate al circuito, hai trovato la base e il tuo transistor è NPN. Ricordati la posizione del transistor. L'uscita collegata al morsetto 1 è la base.

4. Se il LED non si illumina mai comunque colleghiamo il transistor, oppure se si illumina in tutti i casi, allora il transistor è sicuramente danneggiato.

5. Se in alcune posizioni il LED si illumina solo quando una delle uscite libere del transistor è collegata al circuito, questo non significa che il transistor sia danneggiato. Prima controlla che non sia del tipo PNP. Per fare ciò, vai al punto 7. dell'esperimento n. 41.

6. Ora dobbiamo capire quale delle due altre uscite sia l'emettitore e quale il collettore. Nel nostro caso, usiamo il circuito per testare i transistor. Testa il transistor prendendo prima una uscita del transistor e poi l'altra. Ovviamente, la base deve essere collegata correttamente. Se il circuito è stato montato correttamente, il transistor funzionerà. La differenza della luminescenza del LED quando l'interruttore è acceso e spento sarà più chiara. Se il transistor non funziona come interruttore, è danneggiato.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 3x68

Fig. 40 a)

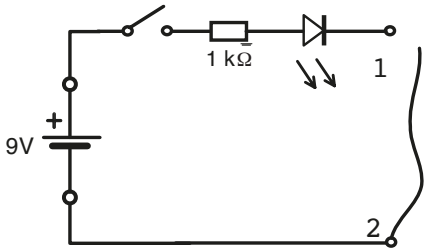
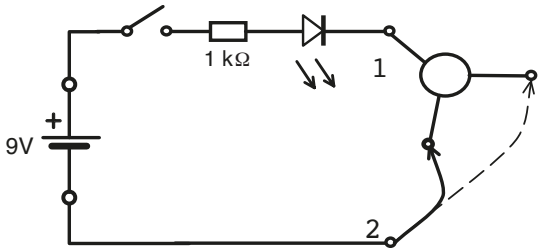


Fig. 40 b)



41. CIRCUITO PER TESTARE TRANSISTOR PNP

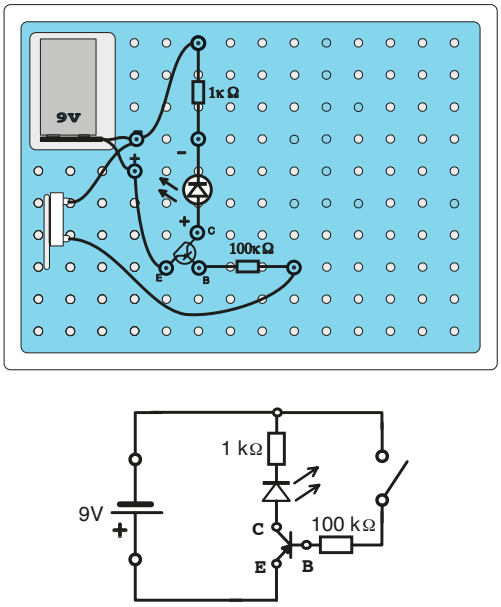
7. Controlla che il transistor sia del tipo PNP. In questo tipo di transistor, la corrente è opposta a quella di un transistor NPN. Questo significa che l'emettitore deve essere collegato al polo positivo e il collettore al polo negativo della batteria. La base deve essere anch'essa alimentata attraverso il polo negativo della batteria.
In un transistor PNP, le direzioni base-collettore e base-emettitore si comportano come diodi con un catodo in comune sulla base. Collega una delle uscite del transistor al morsetto 2 a un filo libero al morsetto 1. Ripeti il processo descritto al punto 2. Ricordati che stai cercando dei diodi con un catodo in comune.
Se trovi una posizione in cui il LED si illumina dopo che una delle due restanti uscite del transistor è stata collegata al morsetto 1, l'uscita collegata al morsetto 2 è la base. Controlla che non avvenga la stessa cosa in altre posizioni. Se il LED non si illumina in alcuna posizione, oppure se si illumina in tutte le posizioni, allora il transistor è danneggiato.

8. Dopo aver trovato la base del transistor PNP, monta un circuito per testare che il transistor funzioni come un interruttore. Nella rappresentazione grafica del circuito, noterai che il LED e la batteria sono nella direzione opposta rispetto alla batteria e al LED del circuito per testare i transistor NPN.

9. Determina quale sia l'emettitore e quale il collettore. Puoi trarre le tue conclusioni nello stesso modo in cui lo hai fatto per il transistor NPN. Collega il transistor e vedi se funziona come un interruttore. Un transistor girato nella posizione opposta non funzionerà molto bene come interruttore, o non funzionerà per niente.
Se non riesci a trovare la base del transistor (anodo in comune per l'emettitore ed il collettore net transistor NPN, e catodo in comune per l'emettitore ed il collettore nel transistor PNP), oppure il transistor non funziona come un interruttore, allora è danneggiato.
Abbiamo già detto che non ci sono transistor PNP in questo kit. Ma, questa procedura ti sarà utile net caso tu dovessi avere a che fare con un transistor che non conosci.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 41

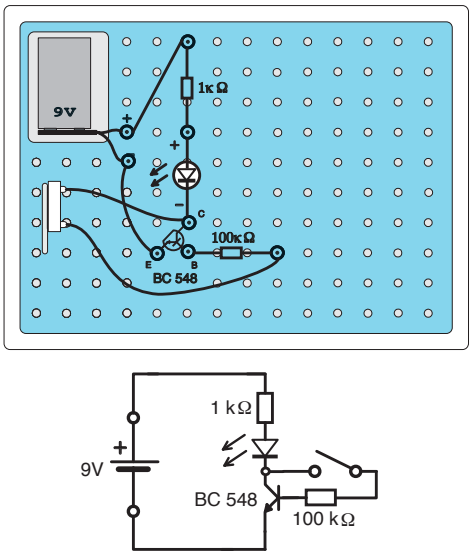


42. LA CORRENTE CHE PASSA ATTRAVERSO LA BASE PUÒ ESSERE FATTA PASSARE ATTRAVERSO IL RESISTORE DEL COLLETTORE

Ora ricordati della rappresentazione grafica del circuito con il transistor che funziona come un interruttore. La corrente viene fatta passare attraverso la base del transistor tramite un resistore, di cui un'estremità è collegata al polo positivo della batteria e all'altra estremità alla base. Questo non è l'unico modo in cui si può fare passare la corrente attraverso la base del transistor, in modo che il transistor si apra.
La rappresentazione grafica che segue mostra un circuito in cui la corrente che passa attraverso la base del transistor passa anche attraverso una ramificazione del circuito situata tra il collettore e il polo positivo della batteria.
Monta il circuito che segue. Quando premi l'interruttore, il LED si illuminerà. Questo significa che il transistor sta funzionando come un interruttore.

Accessori: batteria 9 V, 8x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68

Fig. 42

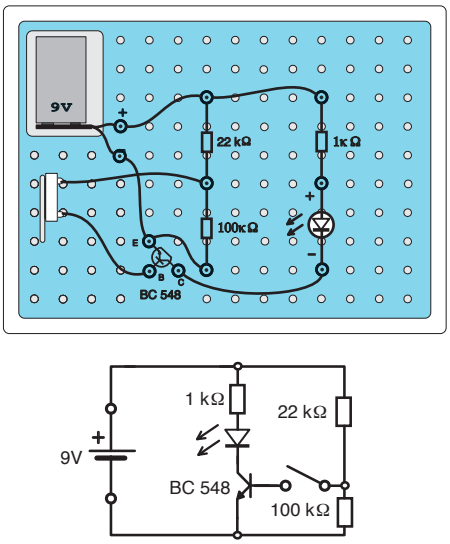


43. LA CORRENTE CHE PASSA ATTRAVERSO LA BASE PUÒ ESSERE FATTA PASSARE ATTRAVERSO UN PARTITORE DI TENSIONE

La figura 43 mostra un'altra possibilità per alimentare la base del transistor con corrente elettrica.
Vengono usati due resistori come un partitore di tensione. Il rapporto tra le resistenze di questi due resistori determina la corrente che passa attraverso la base del transistor.
Tutti e tre i metodi mostrati qui, per alimentare il transistor hanno lo stesso effetto sul transistor, purché la corrente passi attraverso la base, ed il transistor sia aperto. Il metodo che decidiamo di usare dipende solo dal modo in cui desideriamo usare il transistor.

Accessori: batteria 9 V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 43

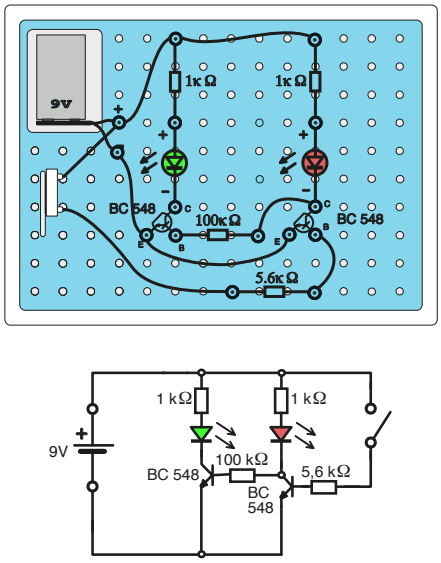


44. COLLEGAMENTO IN SERIE DI DUE INTERRUTTORI TRANSISTOR

Ora sappiamo che un transistor può essere usato come un interruttore. Facendo passare una corrente debole attraverso la base, possiamo fare in modo che attraverso il transistor passi una corrente più forte.
Con un interruttore a transistor possiamo controllare un altro interruttore a transistor. La figura 44 mostra un tale esempio. Tra il collettore ed il polo positivo della batteria ci sono un resistore ed un LED.
Il LED ci mostrerà se il transistor come interruttore è aperto o chiuso. Se il transistor è aperto, la corrente elettrica non lo attraverserà ed il LED non si illuminerà.
Se colleghiamo la batteria al circuito, il LED verde non si illuminerà. Perché? L'interruttore non è acceso. La corrente non passa attraverso la base del primo transistor, ed esso è chiuso. Dato che la corrente non lo attraversa possiamo considerarlo inesistente. La corrente passerà attraverso la base del secondo transistor, attraverso il LED rosso ed il resistore da 100 kΩ.
A causa del resistore da 100 kΩ, la corrente sarà troppo debole perché il LED rosso si illumini, ma sarà sufficientemente forte da aprire il secondo transistor e far passare così la corrente, che farà illuminare il diodo verde.
Premi l'interruttore. Ora la corrente passerà attraverso la base del primo transistor, che quindi sarà aperto. Attraverso di esso passerà quindi una corrente più forte, che farà illuminare il LED rosso.
Il resistore di destra ed il diodo di destra formano il partitore di tensione. La base del transistor di sinistra è alimentata attraverso questo partitore di tensione. Il transistor aperto è un piccolo resistore. Questa resistenza è talmente debole che la tensione su di esso sarà anche molto debole. Quindi anche la corrente che passa attraverso la base del transistor di sinistra sarà molto debole. Questo determinerà la chiusura del transistor di sinistra, e il LED verde non si illuminerà.

Accessori: batteria 9 V, 14x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 61, 4x68, 2x69

Fig. 44

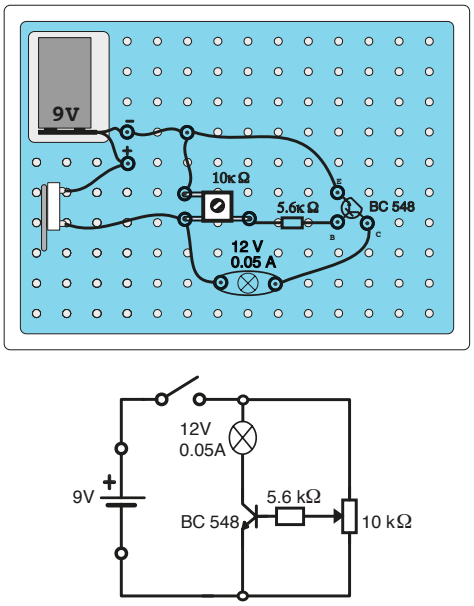


45. IL TRANSISTOR COME UN RESISTORE REGOLABILE

Monta il circuito come mostrato in figura 45.
La luminosità emessa dalla lampadina dipenderà dalla posizione del cursore sul potenziometro. Se il cursore sarà più vicino al polo positivo della batteria, la lampadina emetterà più luce, e se sarà più vicino al polo negativo della batteria, ne emetterà di meno. Se sposti il cursore l'intensità della luce varierà.
Come funziona il circuito?
Quando il cursore è più vicino all'uscita del potenziometro collegata con il polo positivo della batteria, attraverso la base passerà una corrente più forte. Se spostiamo il cursore, il potenziometro diventa un partitore di tensione.
Al voltaggio di questo partitore è collegato un resistore attraverso cui passa la corrente che arriva alla base. Se il voltaggio del partitore è maggiore, la corrente che passa attraverso la base del transistor sarà più forte.
Quando la corrente che passa attraverso la base del transistor è più forte, la lampadina si illuminerà di più. In questo caso, attraverso la lampadina passa una corrente maggiore (come anche attraverso il transistor). Dato che la lampadina è quella che è, è ovvio che le caratteristiche del transistor stanno cambiando in modo tale che esso si comporta come un resistore regolabile, la cui resistenza dipende dalla corrente che passa attraverso la sua base.
Immagina di girare l'asse del potenziometro da un lato e dall'altro. Questo farà sì che il voltaggio su cursore del potenziometro vari: una volta sarà maggiore e poi sarà minore. Un voltaggio maggiore invierà una corrente maggiore alla base del transistor, ed il transistor sarà più aperto.
La variazione del voltaggio trasmessa alla base del transistor dal potenziometro può essere trasmessa da qualsiasi altra fonte. Il transistor amplificherà questo voltaggio. Possiamo dire che il transistor usato come un resistore regolabile è in effetti un amplificatore.

Accessori: batteria 9 V, 11x7, 14, 35, 38, 40, 42, 51, 59, 4x68

Fig. 45

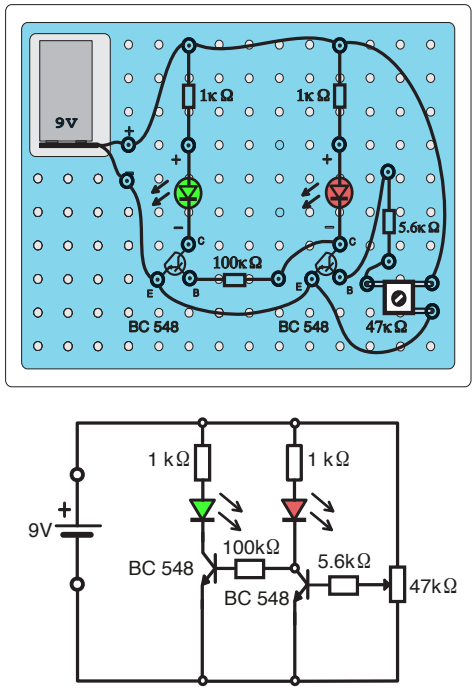


46. CIRCUITO SERIALE DI DUE TRANSISTOR AMPLIFICATORI

Proprio come possiamo controllare un transistor interruttore con un altro, possiamo collegare l'uscita di un amplificatore all'entrata di un altro, amplificando un piccolo voltaggio molte volte.
Nel circuito mostrato sotto, abbiamo un collegamento in serie due transistor amplificatori. I LED mostrano come cambia la resistenza dei transistor.
Supponiamo che il cursore sul potenziometro è in una posizione tale che il voltaggio su di esso è pari a zero. Anche la corrente che passa attraverso la base del transistor sarà pari a zero, ed il transistor sarà chiuso.
Nel caso precedente il diodo rosso non si illuminava, ma il diodo verde sì. Accadrà l'opposto se il cursore del potenziometro è in una posizione dove la corrente che passa attraverso la base è più forte. Allora il diodo rosso si illuminerà e quello verde no. Che coca accadrà se il cursore è posizionato in altri punti? Prova.
Mentre giri l'asse del potenziometro, il diodo rosso si illuminerà di più ed il diodo verde si illuminerà di meno. Se l'asse nella direzione opposta, il diodo rosso si illuminerà di meno e quello verde di più. Questo esperimento mostra come il segnale di uscita di un transistor amplificatore può essere usato per controllarne un altro. Abbiamo controllato la luce emessa dai LED. Al secondo transistor dove il voltaggio trasmesso dall'altro transistor è stato amplificato, possiamo collegare un altro componente al posto del LED, un componente che ha bisogno di un'energia maggiore per funzionare, come per esempio una lampadina o la bobina di un relè.

Accessori: batteria 9 V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 59, 61, 4x68, 5x69

Fig. 46

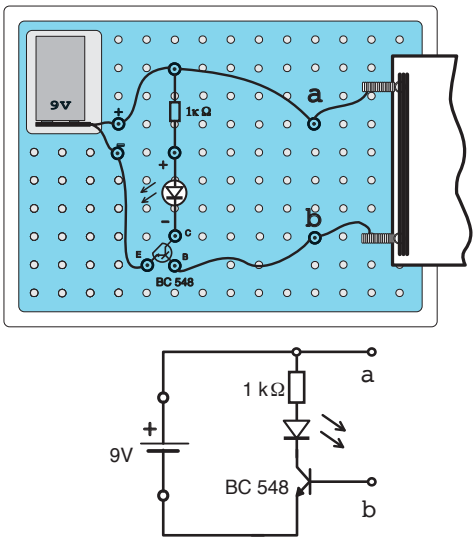


47. ANCHE UNO STRATO DI GRAFITE PRESO DA UNA MATITA E MESSO SU UN PEZZO DI CARTA PUÒ COMPORTARSI COME UN RESISTORE

Nell'introduzione, abbiamo detto che in genere un resistore è composto da corpo di ceramica ricoperto da uno strato resistente. Questo strato può essere anche di grafite. Noi entriamo in contatto con la grafite ogni giorno. Possiamo trovare la grafite in una comune matita: l'interno della matita è fatto di grafite. Come possiamo provarlo? Fai resistore.
Prendi un pezzo di carta a disegnaci sopra una linea larga e spessa. Piega il foglio in modo che la linea coincida con la piegatura. Fissa un morsetto a molla in cui hai inserito un filo connettore ad entrambe le estremità. Ora hai un resistore con i fili di uscita.
Come puoi verificare se questo è veramente un resistore? Inseriscilo nel circuito mostrato sotto. Attraverso questo resistore, passerà la corrente che proviene dal polo positivo della batteria e che va alla base del transistor. Il transistor si aprirà ed il diodo si illuminerà.

Accessori: batteria 9 V, 10x7, 38, 42, 43, 57, 4x68, 2x69

Fig. 47

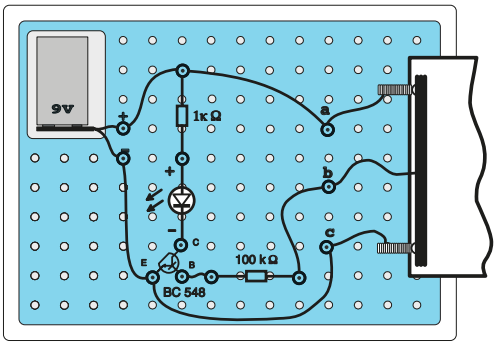


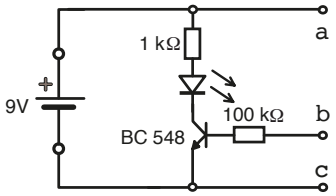
48. UNO STRATO DI GRAFITE SU UN PEZZO DI CARTA PUÒ ANCHE ESSERE USATO COME UN POTENZIOMETRO

Abbiamo già accennato al fatto che un potenziometro in effetti è un resistore in cui il cursore si muove. Usa il resistore descritto sopra per fare un potenziometro.
Per questo esperimento userai il resistore fatto per il precedente esperimento. Usa un morsetto a molla a cui è collegato un filo come cursore. Reggi il morsetto e muovilo su e giù sullo strato di grafite sul foglio di carta. Osserva come cambia la luminosità del diodo. Ricordati dell'esperimento in cui il transistor è stato usato come un resistore regolabile. In questo caso abbiamo un circuito molto simile, tranne per il fatto che invece di utilizzare un potenziometro fatto industrialmente ne abbiamo usato uno fatto a mano.

Accessori: batteria 9 V, 11x7, 38, 42, 43, 57, 61, 4x68, 5x69

Fig. 48



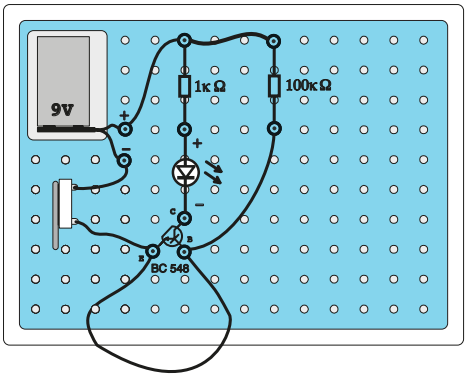


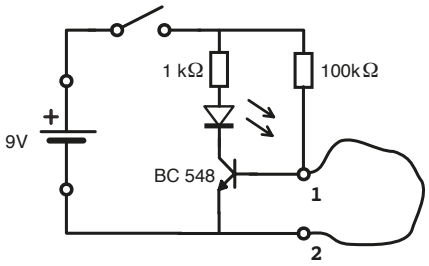
49. DISPOSITIVO DI SICUREZZA ELETTRONICO

Ora che sappiamo di più su come funzionano i circuiti in cui è inserito un transistor, possiamo usare il transistor in modi differenti. Il tipo di circuito che si può fare usando un transistor dipende dall'immaginazione di chi lo progetta.
Il seguente esperimento mostra il transistor inserito in circuito che emette un segnale quando viene scollegato. Un tale circuito può essere usato, per esempio, per segnalare l'apertura indesiderata di una porta. In questo circuito il transistor è usato come interruttore. Tra il morsetto 1 e 2 c'è un filo che causa un corto circuito tra la base e l'emettitore. Dato che la corrente non passa attraverso la base, questo transistor è chiuso. La corrente che proviene dal polo positivo della batteria e passa attraverso il resistore da 100 kΩ va direttamente al polo negativo della batteria.
Se levi il filo tra il morsetto 1 e 2, la corrente passerà attraverso la base del transistor ed il transistor si aprirà. Quindi il LED si illuminerà. Quindi il circuito descritto può essere usato per scoprire un'interruzione del circuito elettrico. Uno degli usi possibili è quello del dispositivo di sicurezza elettronico.
I fili tra il morsetto 1 e 2 possono essere di qualsiasi lunghezza. Fissa un dispositivo di sicurezza dove vuoi in modo che il circuito possa essere staccato facilmente. La rappresentazione grafica sottostante mostra un esempio che può essere usato per segnalare che una porta è stata aperta.
Usa una puntina da disegno per fissare una graffetta sulla porta e una sullo stipite della porta dal lato in cui si apre la porta. Collega le due graffette ai morsetti a molla 1 e 2 sul modulo del circuito. Fissa un filo tra le due graffette, assicurandoti che non sia isolato nel punto in cui fa contatto. Quando to avrai fatto nel modo giusto, il LED non si illuminerà. A causa del filo tra i morsetti 1 e 2, c'è un corto circuito tra la base e l'emettitore, la corrente non passerà attraverso la base. Se qualcuno apre la porta, il filo sarà strappato via dalle graffette e il collegamento tra i morsetti a molla 1 e 2 sarà staccato. Ora la corrente partendo dal polo positivo della batteria passerà attraverso il resistore fino alla base del transistor. Il transistor si aprirà ed il diodo si illuminerà.
Possiamo scegliere molti altri punti dove mettere un dispositivo di sicurezza. Poi possiamo collegare in serie tutti questi punti (per esempio tutte le porte e le finestre, le porte delle credenze, etc.) e portare i fili al nostro circuito. Ci sarà un solo problema! In questo caso non sapremo da dove è entrato l'ospite indesiderato! Se vogliamo ottenere questa informazione, dovremmo fare un circuito separato per ciascun punto che abbiamo deciso di sorvegliare. Se tutti i circuiti sono posti nello stesso posto, potremmo usare una sola batteria per tutti.

Accessori: batteria 9 V, 9x7, 38, 40, 42, 43, 57, 61, 3x68, 1x69

Fig. 49



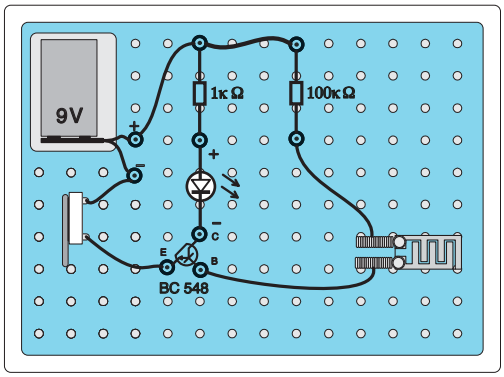


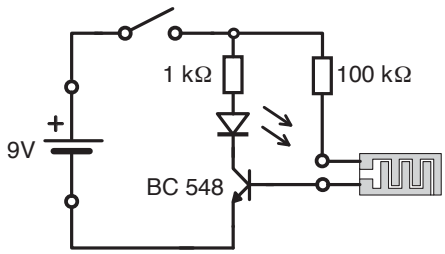
50. SEGNALE CHE RIVELA IL LIVELLO TROPPO ALTO DI UN LIQUIDO

La maggior parte dei liquidi conducono corrente elettrica. Non sono buoni conduttori, ma la resistenza dei liquidi è sufficientemente piccola da permettere alla corrente di controllare un transistor. Nel kit troverai un indicatore di umidità. Esso è costituito da una piastra con due conduttori piuttosto vicini l'uno all'altro posti lungo una lunghezza piuttosto considerevole. La corrente elettrica non può passare nello spazio tra i due conduttori.
Se un liquido viene a trovarsi tra i due conduttori, la resistenza dell'indicatore diminuirà. Useremo questa caratteristica nei nostri esperimenti.
In questo circuito, ci sono un resistore da 100 kΩ e l'indicatore di umidità collegati tra il polo positivo della batteria ed il transistor.
Quando l'indicatore del liquido viene immerso in un liquido che conduce corrente elettrica, la corrente passerà dal polo positivo della batteria attraverso il resistore da 100 kΩ e l'indicatore del liquido fino alla base del transistor. Il transistor si aprirà ed il LED si illuminerà. Questo indicatore non può essere usato con liquidi che non conducono corrente elettrica, come l'olio e l'acqua distillata. In questi casi, vengono usati altri indicatori.

Accessori: batteria 9 V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

Fig. 50



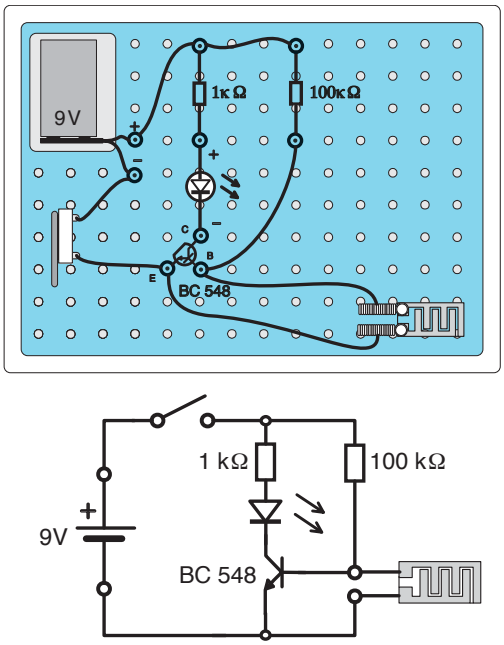


51. SEGNALE CHE RIVELA IL LIVELLO TROPPO BASSO DI UN LIQUIDO

In questo esperimento, vogliamo che l'indicatore ci segnali quando il livello del liquido è troppo basso. In questo circuito, l'indicatore di umidità forma con il resistore da 100 kΩ partitore di tensione, che si ramifica fino alla base del transistor.
Quando l'indicatore viene immerso nel liquido, la resistenza tra i suoi conduttori sarà piccola. Quindi il voltaggio tra i suoi due morsetti sarà troppo basso perché la corrente giunga alla base, ed il transistor sarà chiuso.
Quando il contenitore si sarà svuotato, l'indicatore sala a contatto con l'aria. Mentre l'umidità diminuisce, la resistenza dell'indicatore aumenterà. Il voltaggio attraverso la ramificazione centrale del partitore aumenterà, e la corrente passerà attraverso il resistore da 100 kΩ fino alla base del transistor. Questo farà aprire il transistor ed il diodo si illuminerà.

Accessori: batteria 9 V, 11x7, 38, 40, 42, 43, 49, 57, 61, 4x68

Fig. 51

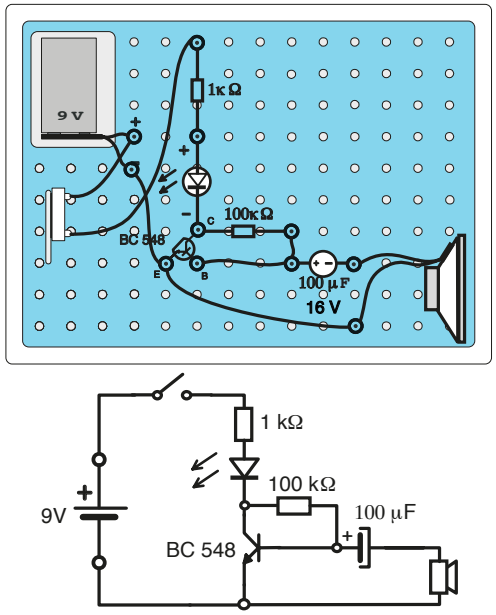


52. AMPLIFICATORE A BASSA FREQUENZA A FASE SINGOLA

Ricordati di come funziona un altoparlante. Se la corrente passa attraverso la bobina di un altoparlante, la bobina si comporterà come un elettromagnete. Questo farà sì che la bobina sia attirata dentro o spinta fuori del relè elettromagnete. Se la bobina viene attraversata da una corrente che varia o una corrente alternata, essa si muoverà dentro e fuori. Questo determinerà un movimento dell'aria e noi potremmo sentire il suono che produce.
In genere, il movimento di un conduttore vicino ad un magnete (o il movimento di un magnete vicino ad un conduttore) farà sì che la corrente elettrica passi attraverso esso. Questo è il principio fondamentale dei generatori elettrici nelle centrali elettriche.
Che coca succede alla bobina nella scanalatura del magnete quando si muove? Il movimento farà sì che la corrente elettrica la attraversi. In questo caso diciamo che in essa è stata indotta una corrente. Perché la membrana si muove dentro e fuori, la corrente nella bobina sarà alternata. In breve, se noi parliamo nell'altoparlante attraverso la bobina passerà una corrente alternata.
Se parliamo dentro un altoparlante, indurremo un segnale elettrico, il cui voltaggio dipenderà da quanto parliamo forte oppure da come picchiettiamo sulla membrana. Alcuni microfoni, per esempio quelli usati nei telefoni moderni, funzionano in questo modo. La costruzione di un altoparlante e di un microfono sono molto simili. Nel kit non c'è un microfono. Ma non importa, invece di un microfono useremo un altoparlante.
Nel circuito mostrato sotto, i resistori sono stati scelti in modo che il transistor rimanga leggermente aperto. Questo fa sì che il LED si illumini debolmente.
C'è un condensatore elettrolitico collegato in parallelo al microfono. Siccome il condensatore blocca la corrente continua, la corrente che passa attraverso il collettore e poi attraverso il resistore da 100 kΩ passerà attraverso la base del transistor.
L'altoparlante, usato qui come microfono, è collegato alla base del transistor attraverso il condensatore elettrolitico. Se picchietti sulla membrana dell'altoparlante o ci parli dentro, nella bobina verrà indotta una corrente alternata. Abbiamo già dimostrato che la corrente alternata può passare attraverso un condensatore. Questa corrente si aggiungerà a quella che passa attraverso la base del transistor attraverso il resistore. La corrente che attraversa la base quindi varierà. Di conseguenza, il transistor sarà più o meno aperto, ed il LED si illuminerà di più o di meno.

Accessori: batteria 9 V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 45, 57, 61, 66, 4x68

Fig. 52

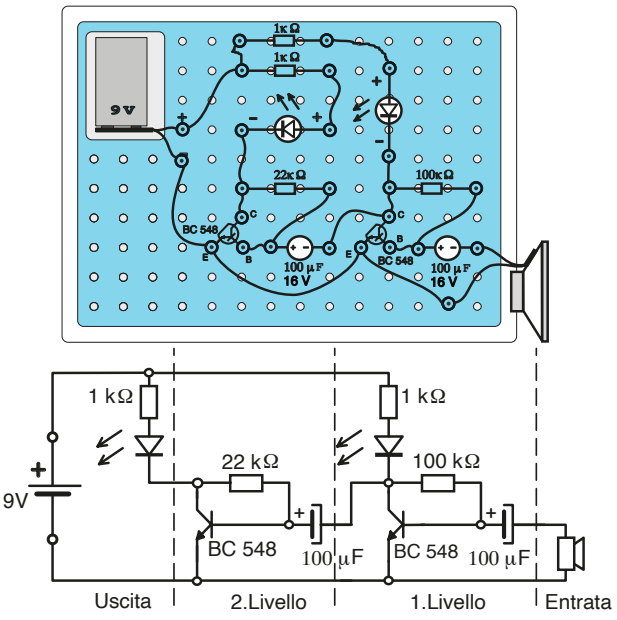


53. AMPLIFICATORE A BASSA FREQUENZA A DUE FASI

In questo esperimento, useremo due amplificatori a bassa frequenza molto simili. Tra l'uscita del primo (il collettore del transistor di destra) e l'entrata del secondo (la base del transistor di sinistra) c'è un condensatore elettrolitico che farà in modo che l'alimentazione della corrente che passerà attraverso la base del transistor di sinistra sia controllata solo dai resistori che gli stanno intorno. Il primo transistor amplificherà la corrente alternata a bassa frequenza che proviene dall'altoparlante, che in questo caso è usato come un microfono. Il segnale alternato amplificato giunge alla base del transistor di sinistra dal collettore del transistor di destra attraverso il condensatore elettrolitico. Quindi il segnale che giunge al collettore del transistor di sinistra sarà amplificato diverse volte. Il LED mostrerà come varia, a causa del segnale che proviene dall'altoparlante, il flusso della corrente che passa attraverso il transistor di sinistra.

Accessori: batteria 9 V, 24x7, 38, 2x42, 43, 44, 45, 2x57, 58, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 53

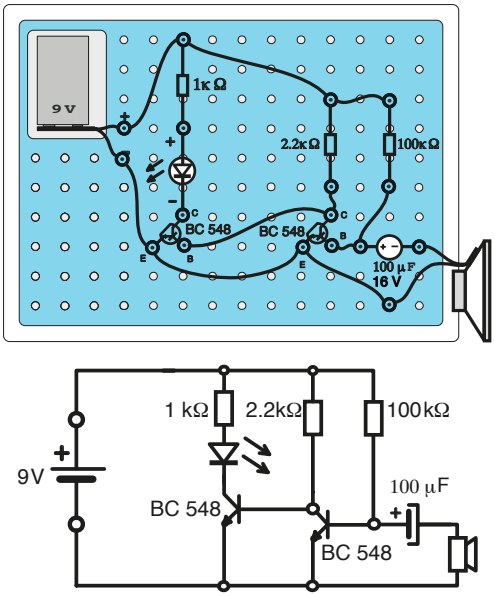


54. UN'ALTRA VARIAZIONE DELL'AMPLIFICATORE

La rappresentazione grafica sottostante mostra un'altra variazione dell'amplificatore a due fasi. Tra il collettore del transistor di destra e la base di quello di sinistra, non c'è un condensatore elettrolitico, che permette alla corrente continua che proviene dal resistore del collettore del transistor di destra di passare attraverso la base del transistor di sinistra. Se confrontiamo i due circuiti, scopriremo che net secondo abbiamo usato meno componenti. Tuttavia, il collegamento diretto della corrente continua tra il primo e il secondo transistor può causare degli inconvenienti.

Accessori: batteria 9 V, 17x7, 38, 2x42, 43, 45, 57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 54

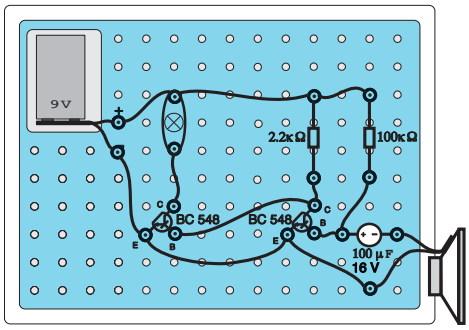


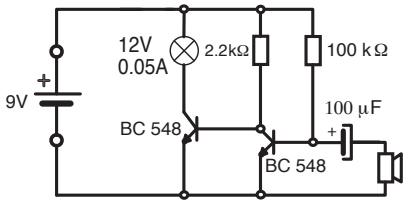
55. "SPETTACOLO DI LUCE"

Usando degli amplificatori, possiamo amplificare un segnale debole che proviene da un altoparlante in modo da far illuminare una lampadina. Se colleghi la lampadina direttamente alle uscite dell'altoparlante, essa non si illuminerà. Ma con questo circuito sarà sufficiente che to picchietti leggermente sull'altoparlante o che ci soffi dentro per far sì che la lampadina si illumini. Nelle discoteche, quando si fanno pulsare le luci a tempo con il ritmo della musica, viene usato un principio simile.

Accessori: batteria 9 V, 24x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 2x57, 58, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 55



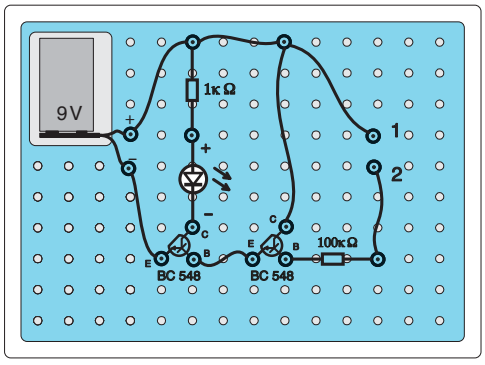


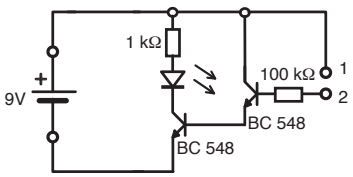
56. CIRCUITO SENSORE CON DUE TRANSISTOR

Probabilmente ti sarai chiesto come funzionano i pulsanti della radio e della televisione. Il pulsante non è affatto un bottone che deve essere premuto, ma funziona anche se lo si tocca leggermente.
Se monti il circuito mostrato in figura 56 capirai come funzionano i pulsanti. In questo circuito vengono usati due transistor. I morsetti a molla del polo positivo della batteria e del resistore da 100 kΩ collegati all'altra estremità alla base del transistor di destra sono posizionati in modo che potrai toccarli entrambe con un solo dito. Ricordati: se attraverso la base del transistor passa una corrente molto debole, ciò consentirà ad una corrente molto più forte di passare attraverso il transistor dal collettore all'emettitore. Questa corrente potrà alimentare la base dell'altro transistor. Quindi la corrente che passa attraverso la base del transistor di sinistra sarà amplificata, amplificando, di conseguenza, la corrente che passa attraverso di esso. Questo tipo di collegamento in cui la corrente che proviene dall'emettitore di un transistor giunge direttamente alla base dell'altro è chiamato circuito di Darlington.
La superficie della nostra pelle è sempre ricoperta da uno strato di sporcizie di vario genere, umidità e acidi (sudore). Quindi la corrente può passare sulla superficie della nostra pelle. La resistenza della pelle è piuttosto grande, e la corrente che passa sulla sua superficie è molto debole. Questa corrente alimenta la base del transistor di destra mostrato nella rappresentazione sottostante. Quando tocchiamo i morsetti a molla indicati con i numeri 1 e 2, il LED si illuminerà.
Qual è lo scopo del resistore da 100 kΩ posto tra i tasti indicatori e la base del transistor di destra? Il circuito funzionerebbe anche senza il resistore, ma ....
Potrebbe succedere che qualcuno per errore (o apposta) colleghi i contatti dei pulsanti ad un pezzo di metallo. In questo caso la base sarebbe collegata direttamente al polo positivo della batteria. Ricordi: la direzione base-emettitore in un transistor si comporta come un diodo. Questo diodo è messo in modo che la corrente possa passare dall'emettitore al polo negativo della batteria. La corrente passando direttamente dal polo positivo della batteria attraverso la base del transistor lo rovinerebbe definitivamente. Un resistore collegato in serie alla base del transistor evita che una corrente troppo forte passi attraverso la sua base.

Accessori: batteria 9 V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 3x69

Fig. 56



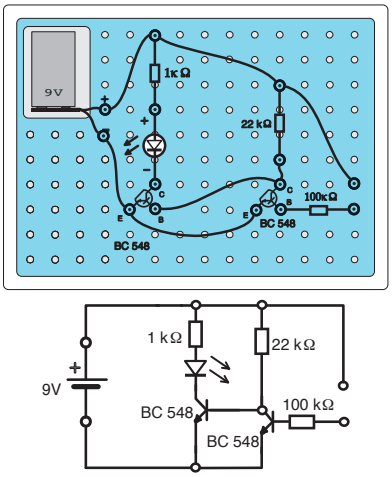


57. CIRCUITO SENSORE CHE SPEGNE UN DISPOSITIVO

In questo circuito, il transistor di destra è usato come un interruttore che accende l'interruttore del transistor di sinistra. Normalmente, la corrente elettrica non passerà attraverso la base del transistor di destra. Quindi il transistor sarà chiuso e avrà una resistenza altissima.
Quindi la corrente passerà attraverso il resistore da 22 kΩ fino a giungere alla base del transistor di sinistra, che si aprirà ed il LED si illuminerà.
Se tocchi il morsetto a molla del "sensore", la corrente elettrica passerà attraverso la base del transistor di destra e lo aprirà. Il transistor aperto offrirà meno resistenza ed il voltaggio nella ramificazione centrale del partitore di tensione formato dal resistore da 22 kΩ e dal transistor di destra diminuirà. La corrente che arriva alla base del transistor di destra diminuirà ed esso si chiuderà. Il LED si spegnerà.

Accessori: batteria 9 V, 14x7, 38, 2x42, 43, 57, 58, 61, 4x68, 69

Fig. 57

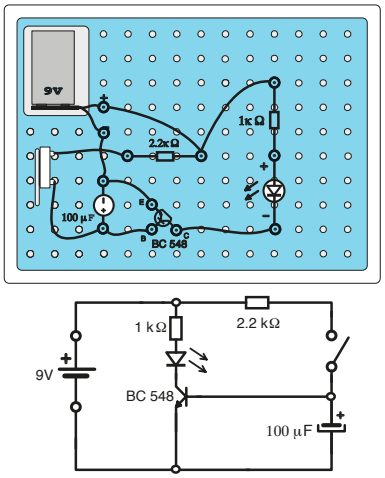


58. CONDENSATORE E TRANSISTOR (1)

Se monti il circuito mostrato sotto e lo colleghi alla batteria, il LED non si illuminerà, perché la corrente elettrica non passa attraverso la base del transistor e quindi esso è chiuso.
Premi l'interruttore. La corrente dal polo positivo della batteria passerà attraverso il resistore e l'interruttore, e poi attraverso il condensatore elettrolitico e la base del transistor. In un primo momento la corrente riempirà il condensatore vuoto. Mentre il condensatore si carica, aumenterà il voltaggio nei suoi punti di contatto. Ad un certo punto, sarà sufficientemente alto da far sì che la corrente arrivi alla base del transistor ed il transistor inizierà ad aprirsi. La luminosità del LED aumenterà fino a raggiungere il suo massimo.
Lascia andare l'interruttore. Il condensatore è carico ed in esso si è accumulata un po' di carica elettrica. Quando lasciamo andare l'interruttore, il condensatore si comporterà come una batteria da cui la corrente può passare attraverso la base del transistor. Questo permetterà al transistor di rimanere aperto per un certo tempo. A mano a mano che il condensatore si scarica la corrente che esso emette e che passa attraverso la base del transistor diminuirà. Il transistor si chiuderà lentamente, e decrescerà anche la luminosità del LED che in fine si spegnerà.

Accessori: batteria 9 V, 12x7, 38, 40, 42, 43, 57, 58, 66, 4x68, 2x69

Fig. 58

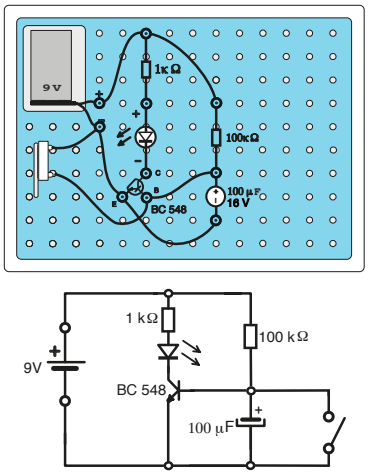


59. CONDENSATORE E TRANSISTOR (2)

In questo circuito, l'interruttore è collegato in parallelo con il condensatore elettrolitico. Quando colleghi il circuito alla batteria, la luminosità del LED aumenterà, come nell'esperimento precedente. Premi l'interruttore. Questo causerà un corto circuito del condensatore, che si scaricherà immediatamente. Anche il LED si spegnerà immediatamente. Lascia andare l'interruttore. Il condensatore comincerà lentamente a caricarsi. Allo stesso tempo, il transistor inizierà ad aprirsi, e la luminosità del LED aumenterà fino a raggiungere il suo massimo.

Accessori: batteria 9 V, 12x7, 38, 42, 43, 57, 61, 66, 4x68, 69

Fig. 59

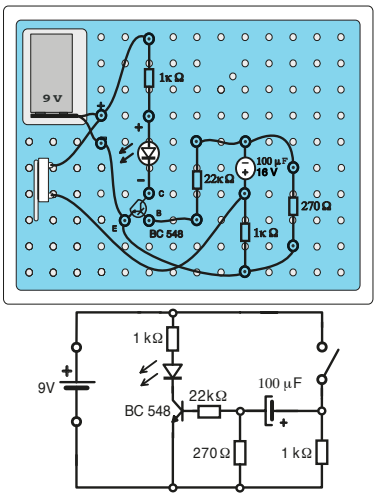


60. ACCENDERE UN APPARECCHIO PER UN TEMPO BREVE

Un circuito che utilizzi le caratteristiche di un condensatore che viene caricato può essere usato anche per accendere un apparecchio per un tempo breve. Questo apparecchio può essere il ventilatore del bagno, un campanello elettrico, etc.
Il circuito descritto qui non lo consentirà, ma se al posto del LED e del resistore collegato in serie, colleghiamo un relè tra il collettore del transistor ed il polo positivo della batteria,
il relè potrebbe funzionare come un interruttore per apparecchi che hanno bisogno di una corrente ed un voltaggio maggiore.
Come funziona il circuito? Ammettiamo che il condensatore elettrolitico sia scarico. Quando premi l'interruttore, la corrente passerà dal polo positivo della batteria attraverso il condensatore elettrolitico. Poi la corrente di ramificherà: una parte passerà attraverso il resistore da 270 kΩ fino a giungere al polo negativo della batteria, l'altra passerà attraverso il resistore da 22 kΩ fino a raggiungere la base del transistor. Il transistor si aprirà ed il LED si illuminerà.
Il condensatore si caricherà lentamente. Una volta carico, la corrente non giungerà più ad esso. La corrente inoltre smetterà di passare attraverso la base del transistor, che quindi si chiuderà ed il LED si spegnerà.
Quando lasci andare l'interruttore, il polo positivo del condensatore non sarà collegato al polo positivo della batteria, la corrente passerà attraverso il resistore da 1 kΩ e quello da 270 kΩ, ed il condensatore si scaricherà.
In questo caso la corrente che passa attraverso il resistore da 270 kΩ scorre nella direzione opposta rispetto a quando l'interruttore era acceso, ed il voltaggio su questo resistore sarà nella direzione opposta rispetto a prima. Il transistor sarà chiuso ed il diodo non si illuminerà.

Accessori: batteria 9 V, 14x7, 38, 42, 43, 56, 2x57, 66, 4x68, 2x69

Fig. 60

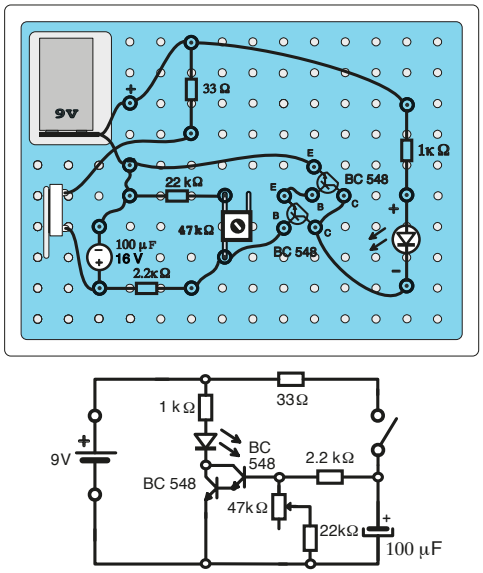


61. INTERRUTTORE A TEMPO REGOLABILE

Forse avrai avuto occasione di guardare uno dei tuoi genitori tentare di chiudere a chiave la portiera della macchina in un parcheggio ormai buio dopo che le portiere della macchina sono state tutte chiuse. Non sarebbe più facile chiudere a chiave la macchina se le luci dentro rimanessero accese un po' più a lungo?
Supponiamo che il nostro pulsante sia l'interruttore che accende le luci nella macchina. Quando c'è contatto, la corrente passerà dal polo positivo della batteria attraverso il resistore da 33 Ω, dopodiché una parte attraverserà il condensatore elettrolitico, l'altra il resistore da 2,2 kΩ. Da qui, una parte della corrente passerà attraverso la base del transistor, l'altra attraverso il potenziometro fino a giungere al polo negativo della batteria. A causa della corrente che passa attraverso la base, il transistor si aprirà ed il LED si illuminerà.
Lascia andare l'interruttore. Il condensatore inizierà a scaricarsi attraverso il resistore da 2,2 kΩ, da dove una parte della corrente passerà attraverso la base e l'altra attraverso il potenziometro ed il resistore da 22 kΩ. A seconda della posizione del potenziometro, il condensatore ci metterà più o meno tempo a scaricarsi.
Quando il voltaggio del condensatore elettrolitico diminuisce e non riesce più a tenere il transistor aperto, il LED si spegnerà. Il potenziometro serve a regolare il tempo che intercorre tra il momento in cui si lascia andare l'interruttore ed il momento in cui si spegne il LED.

Accessori: batteria 9 V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

Fig. 61

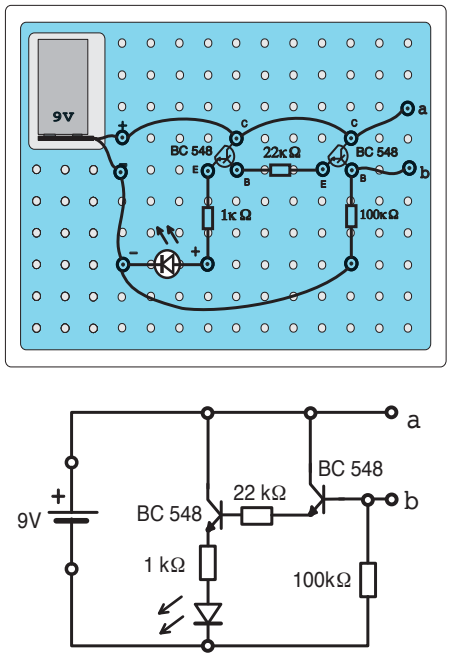


62. CIRCUITO PER TESTARE I COMPONENTI

Nel circuito in figura 62, il LED si illuminerà quando la corrente passa attraverso i morsetti a e b. Come possiamo usarlo per testare i componenti?
Se colleghi un resistore tra i morsetti, se il resistore non è danneggiato il LED si illuminerà.
Se colleghi un condensatore tra i due morsetti, il LED si illuminerà per poco. Quando il condensatore sarà carico, la corrente non passerà più da a al condensatore e poi da lì attraverso b fino alla base del transistor. Il diodo si spegnerà. Il diodo rimarrà illuminato più a lungo tanto maggiore sarà la capacità del condensatore. Se il LED resta acceso, il condensatore è danneggiato.
Con il circuito possiamo testare anche i diodi. Il diodo dovrebbe essere collegato in modo che il catodo (l'uscita del diodo contrassegnata) fa contatto con il morsetto b. Il LED si illuminerà. Se giri il diodo, il LED non dovrebbe illuminarsi. Se il diodo non si comporta in questo modo, è danneggiato.

Accessori: batteria 9 V, 13x7, 38, 2x42, 43, 57, 60, 61, 4x68, 2x69

Fig. 62



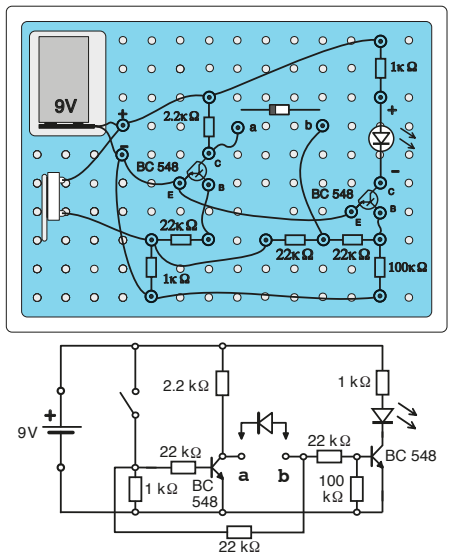
63. CIRCUITO PER TESTARE I DIODI

Nel circuito precedente dovevamo collegare il diodo due volte per testare le direzioni anodo-catodo c poi quella catodo-anodo.
Con i componenti del kit, puoi montare un circuito complesso che serve a testare i diodi. Vediamo come funzionerà il circuito se colleghiamo un diodo che funziona e uno che non funziona.
Supponiamo prima che il diodo sia staccato all'interno. Questo è lo stesso che nel caso non ci fosse nulla tra i contatti a e b. Il transistor di destra sarà chiuso, perché la corrente non riesce a raggiungere la sua base. Il LED non si illuminerà. Premi l'interruttore. La corrente passerà attraverso l'interruttore ed il resistore da 22 kΩ fino alla base del transistor di destra, the si aprirà, ed il LED si illuminerà. Se premi l'interruttore, si aprirà anche il transistor di sinistra, ma per questo test ciò non è importante.
Supponiamo che il diodo abbia un corto circuito all'interno. Questo sarebbe lo stesso che introdurre un filo tra a e b. Ora la corrente passerà attraverso il resistore da 2,2 kΩ, il filo che è stato inserito, il resistore da 22 kΩ fino alla base del transistor di destra. Il transistor si aprirà, ed il LED si illuminerà. Premi l'interruttore. Ora si aprirà il transistor di sinistra e la resistenza sarà molto debole. Ne conseguirà che il voltaggio tra l'emettitore ed il collettore di questo transistor sarà troppo debole perché la corrente arrivi alla base del transistor di destra. Il transistor si chiuderà ed il LED si spegnerà.
Supponiamo che il diodo funzioni e che sia inserito correttamente come mostrato nella rappresentazione grafica: il catodo sul morsetto a. Quando lasciamo andare l'interruttore, il diodo fermerà la corrente, che altrimenti passerebbe attraverso il resistore da 2,2 kΩ verso la base del transistor di destra. Quindi, il LED non si illuminerà. Quando premi l'interruttore, il transistor di sinistra si aprirà e la resistenza tra il collettore e l'emettitore sarà molto debole. La corrente che altrimenti passerebbe attraverso l'interruttore ed il resistore da 22 kΩ passerà invece attraverso il diodo ed il transistor di sinistra, ed il transistor di destra sarà di nuovo chiuso. Il LED non si illuminerà.
Supponiamo che il diodo funzioni ma sia collegato al circuito nella direzione sbagliata, che il catodo sia sul morsetto b. La corrente passerà attraverso il resistore da 2,2 kΩ, il diodo ed il resistore da 22 kΩ fino alla base del transistor, che si aprirà, ed il LED si illuminerà. Quando premi l'interruttore, il transistor di sinistra si aprirà ed il voltaggio in esso sarà molto debole. La corrente passerà attraverso l'interruttore ed il resistore da 22 kΩ verso il morsetto b. Poiché il morsetto di sinistra del diodo è ad un voltaggio molto basso (ciò è dovuto al fatto che il transistor di sinistra è aperto), il diodo è girato nella direzione sbagliata. La corrente non passerà in questa direzione ma verso la base del transistor di destra. Il transistor si aprirà di nuovo, ed il LED si illuminerà.
Da questa descrizione, possiamo ricavare la seguente tabella:

condizione del diodo	l'interruttore è acceso	l'interruttore è spento
buona	spento	spento
staccato	illuminato	spento
corto circuito	spento	illuminato
girata al rovescio	illuminato	illuminato

Accessori: batteria 9 V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 2x60, 61, 4x68, 4x69

Fig. 63

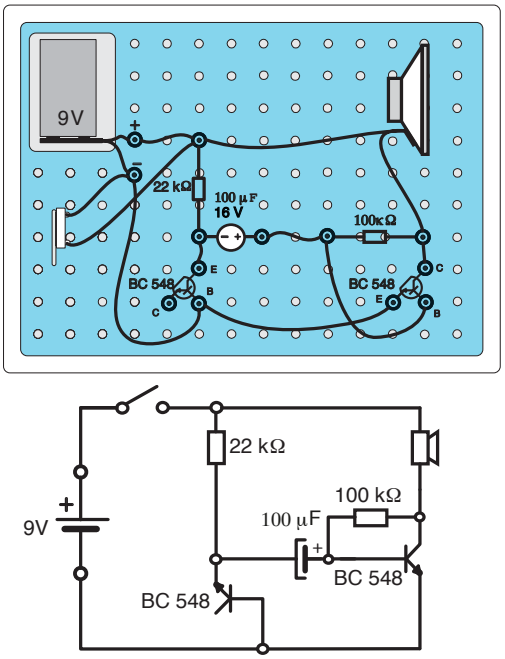


64. GENERATORE DI RUMORE

Probabilmente avrai visto degli amplificatori con un display che mostra i singoli toni della musica che stai ascoltando. Sul display, puoi vedere delle colonnine che saltano su e giù al ritmo della musica. Sotto le colonnine, è contrassegnata l'estensione della frequenza di ciascuna colonnina per esempio: 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, etc.
Perché la riproduzione del suono sia di alta qualità, è essenziale che l'amplificatore amplifichi allo stesso modo tutti i toni. Come possiamo controllare che ciò avvenga? Ci occorrerebbe la fonte del segnale, collegandola all'amplificatore e misurando il suo volume all'uscita dell'amplificatore. Alla fonte, potremmo poi regolare la frequenza del segnale e misurare il volume del segnale di uscita. Poi dovremmo cambiare la frequenza di un segnale altrettanto forte e misurare di nuovo il volume. In questo modo, saremmo in grado di vedere quali frequenze l'amplificatore amplifica di più. Con appropriati controlli, possiamo in seguito regolare separatamente l'amplificazione di ogni frequenza.
C'è un segnale in cui sono presenti i suoni di tutte le frequenze. Questo è il rumore. Se avessimo una fonte di rumore, potremmo collegarla all'entrata dell'amplificatore e misurare il volume dei segnali all'uscita con uno strumento che mostra il volume delle singole frequenze. Questi strumenti hanno un display con delle colonnine come quelli descritti sopra. Da qui in avanti sarebbe facile regolare gli amplificatori.
In figura 64 viene mostrata la rappresentazione grafica di un circuito che genera rumore. Il componente che genera il rumore è la direzione emettitore-base del transistor BC548 usato come un diodo e collegato al circuito nella direzione sbagliata. Un transistor collegato ad un circuito in questo modo produrrà un sibilo che potremmo amplificare. Qui abbiamo usato un amplificatore per transistor. Quando premi l'interruttore del circuito, sentirai un sibilo provenire dall'altoparlante.

Accessori: batteria 9 V, 13x7, 38, 40, 2x42, 45, 58, 61, 2x66, 4x68, 2x68

Fig. 64

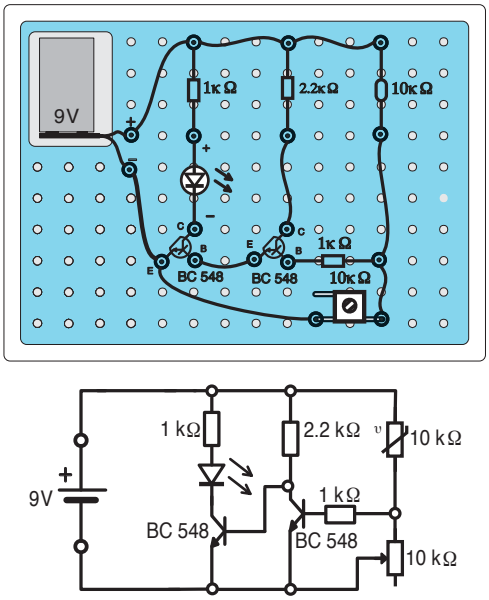


65. INTERRUTTORE SENSIBILE PER LA TEMPERATURA

Sappiamo già come funzionano i termistori, i transistor ed i relè. Le conoscenze che hai acquisito sino ad ora ti permetteranno di costruire ora un circuito più complesso.
Immagina di avere un termosifone, e vuoi che si accenda automaticamente quando la temperatura scende al di sotto di una certa temperatura. Questo può essere fatto usando un circuito molto simile a quello descritto sotto.
Il termistore ed il resistore sulla destra del circuito sono in effetti un partitore di tensione. Se la resistenza del termistore è più debole (il che avviene quando la temperatura è più alta), il voltaggio di uscita del partitore sarà più elevato. L'uscita del partitore è collegata attraverso un resistore alla base di un transistor. Dato che il voltaggio nel partitore è aumentato, la corrente che passa attraverso la base aumenterà ed il transistor si aprirà. Il voltaggio tra l'emettitore ed il collettore sarà quindi basso. La corrente che passa attraverso l'altro transistor diminuirà, il transistor si chiuderà, ed il diodo si spegnerà. Se invece del LED e del resistore da 1 kΩ colleghiamo un relè, esso potrebbe far accendere il termosifone o potrebbe aprire la valvola elettrica dell'acqua calda in un sistema di riscaldamento centralizzato.
A mano a mano che la temperatura diminuisce, la resistenza nel termistore aumenterà. Questo farà sì che il transistor di destra si chiuda ed il transistor di sinistra si apra ed il diodo si illumini.
Il circuito può essere montato ovunque, ma il termistore deve essere posizionato nel punto in cui vogliamo regolare la temperatura.
Tra il termistore ed il polo negativo della batteria c'è un resistore regolabile o un potenziometro. Se la resistenza è più debole, minor corrente passerà attraverso la base del transistor di destra. Se vogliamo che la corrente che arriva alla base del transistor sia sufficientemente forte da far accendere il relè, la resistenza del termistore deve scendere ad un livello più basso, il che accadrà ad una temperatura più alta.
Questo significa che cambiando la posizione del cursore sul potenziometro, possiamo regolare la temperatura a cui vogliamo che il riscaldamento si accenda. Con una minore resistenza del potenziometro, il riscaldamento si accenderà ad una temperatura più alta, e vice versa.
Quando il circuito sarà montato, gira l'asse del potenziometro in modo che il LED si spenga. Poi rigiralo quel tanto che basta a far illuminare il LED. Poi tieni il termistore in mano. Questo lo riscalderà ed il LED si spegnerà.
Aspetta un po'. Il termistore si raffredderà ed il LED si illuminerà di nuovo.

Accessori: batteria 9 V, 17x7, 38, 2x42, 47, 51, 2x57, 58, 4x68, 5x69

Fig. 65

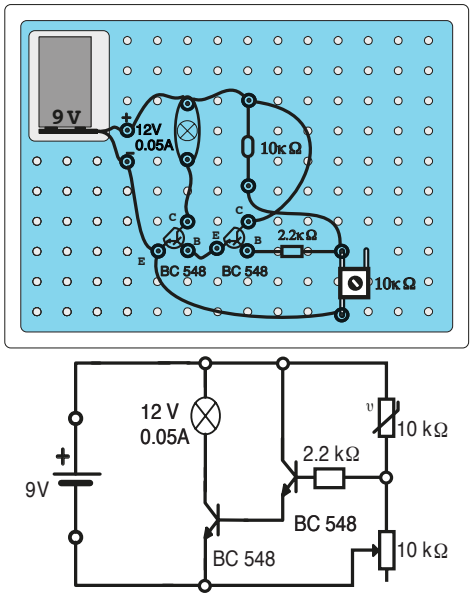


66. CANDELA ELETTRICA

Per accendere una candela ti serve una fonte di calore (un cerino acceso), e per spegnerla ti basta soffiarci sopra. Il circuito che segue si comporterà in modo analogo.
Se riscaldi il termistore con le dita, la sua resistenza diminuirà. Il voltaggio al termistore sarà più basso, e più corrente arriverà alla base del transistor di destra. Da qui, più corrente arriverà alla base del transistor di sinistra, questo perciò si aprirà e la lampadina si illuminerà.
Se la lampadina ed il termistore sono vicini, il calore della lampadina riscalderà il termistore, e la lampadina continuerà a restare accesa.
Che cosa devi fare perché la lampadina si spenga? Soffia sul termistore in modo che esso si raffreddi. Se è necessario, soffia più volte e la lampadina si spegnerà. Un termistore più freddo ha una maggiore resistenza e la corrente che lo attraversa sarà minore.
La corrente che arriva alla base del transistor sarà minore e quindi anche quella che passa attraverso il transistor. La lampadina si spegnerà.
Con il resistore regolabile, puoi regolare la temperatura a cui la lampadina inizierà ad illuminarsi. Gira l'asse del potenziometro in modo che la lampadina si spenga. Aspetta che il termistore si raffreddi. Poi gira il potenziometro sino a che la lampadina si accende appena e poi velocemente giralo affinché la lampadina si spenga di nuovo. Controlla la posizione della lampadina e del termistore. Il filamento dovrebbe essere il più vicino possibile al termistore.

Accessori: batteria 9 V, 13x7, 14, 35, 38, 2x42, 47, 51, 58, 4x68, 4x69

Fig. 66

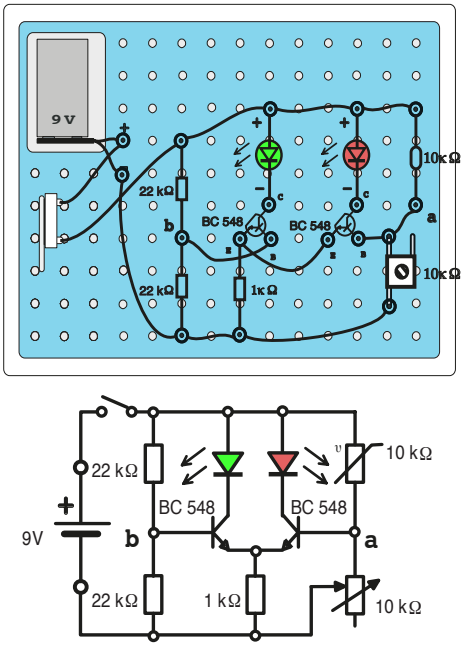


67. PER SEGNALARE LA VARIAZIONE DI TEMPERATURA

Certe volte vogliamo sapere se la temperatura è cambiata rispetto a quella precedentemente stabilita e se aumentata o diminuita. Questo può essere fatto utilizzando un circuito simile a quello precedente.
La caratteristica di questo circuito risiede nel modo in cui sono collegati i transistor. La corrente emessa dagli emettitori passa attraverso un resistore da 1 kΩ comune. Questo resistore determina quanta corrente passerà attraverso entrambi i transistor insieme. Ovviamente passerà più corrente attraverso il transistor che ha la resistenza minore.
Poiché la corrente può passare sia attraverso il transistor di destra che quello di sinistra, o attraverso entrambi nella stessa quantità, questo è chiamato un circuito bilanciato. Il circuito reagisce fortemente alle variazioni del voltaggio tra i punti a e b. Se questi due voltaggi sono uguali, il circuito è bilanciato. In questo caso, entrambi i diodi si illumineranno allo stesso modo.
Questa situazione è come un'altalena: ciascun lato può andare su o giù, ma se entrambe le parti si sforzano possono raggiungere un equilibrio in cui l'altalena rimarrà stabile.
Se attraverso le basi passa la stessa quantità di corrente, il circuito sarà bilanciato ed entrambi i resistori avranno la stessa resistenza. Entrambi i diodi si illumineranno con la stessa intensità.
Se il termistore si riscalda, la sua resistenza diminuirà. Il voltaggio nel punto a sarà lievemente più alto che nel punto b. Il transistor di destra sarà più aperto di quello di sinistra, ed il diodo di destra (rosso) si illuminerà di più di quello di sinistra (verde) che si illuminerà meno di prima.
Se il termistore si raffredda, il voltaggio nel punto a diminuirà. Ora il voltaggio nel punto b sarà più alto di quello nel punto a. Il transistor di sinistra sarà più aperto di quello di destra, ed il diodo verde si illuminerà di più di quello rosso che si illuminerà di meno. Usando nel circuito il potenziometro come un resistore regolabile, possiamo regolare la temperatura (o la resistenza del resistore) in cui il circuito sarà bilanciato. A questo punto, entrambi i diodi si illumineranno con la stessa intensità. Se la temperatura diminuisce, il diodo verde si illuminerà di più di quello rosso che si affievolirà. Quando la temperatura aumenta, accadrà l'opposto.
Un'occhiata ai LED sarà sufficiente per capire se la temperatura è più bassa o più alta di quella prestabilita.

Accessori: batteria 9 V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 47, 51, 57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 67

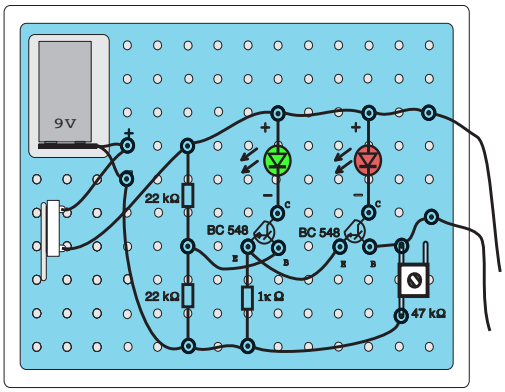


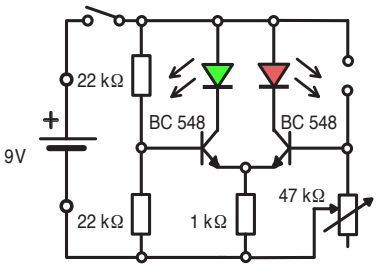
68. PER SEGNALARE IN UN CONTENITORE IL LIVELLO DELL'ACQUA PRESTABILITO CON PRECISIONE

Il circuito è costruito sulla base del circuito bilanciato di due transistor descritto nell'esperimento precedente. In questo caso, il segnalatore sarà adattato ai liquidi. Esso potrebbe essere fatto con due lunghi fili scoperti. A mano a mano che il livello del liquido sale, la resistenza tra i due fili fissati verticalmente alla parete del contenitore cambierà. Poiché la resistenza dei liquidi è diversa, il resistore regolabile e la sua regolazione dovranno essere scelte con cura.
Nell' esempio mostrato nella rappresentazione grafica, abbiamo usato un resistore regolabile da 47 kΩ.

Accessori: batteria 9 V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 52, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 68





69. INVERTITORE LOGICO "NON" (NOT)

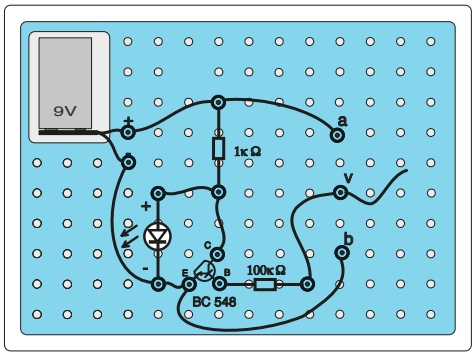
Probabilmente ti sarai chiesto come funziona un computer. Che tu ci creda o meno, anche il computer più sofisticato risulta dall'assemblaggio di circuiti molto semplici.
Un computer non può calcolare ed usare i numeri nel modo in cui facciamo noi. I circuiti non possono usare la moltiplicazione nel modo in cui la usiamo noi. Nei computer, tutti i comandi e le informazioni sono scritti usando solo i simboli 0 e 1. Immagina che questi zeri e questi uni siano "nessun voltaggio" e "voltaggio". Non ci dilungheremo sui comandi, ma mostreremo i circuiti basilari di qualsiasi computer o di un circuito integrato di computer.
I segnali logici possono essere osservati in modo simile a come osserviamo se un LED è acceso o spento. Diremo che l'informazione immessa è un 1 logico quando il morsetto di entrata è collegato al polo positivo della batteria, ed uno 0 logico quando è collegato al polo negativo. All'uscita del circuito. l'1 logico è quando il LED si illumina e lo 0 logico quando non si illumina.
Il funzionamento di qualsiasi circuito digitale può essere descritto attraverso una tabella che mostra lo stato logico all'entrata (alle entrate se ce ne sono diverse) e all' uscita (uscite, se ce ne sono diverse). Questa tabella è chiamata tabella della verità.
Ci limiteremo ai circuiti che hanno un massimo di due entrate. In tutti i circuiti abbiamo mostrato la posizione delle entrate, del circuito stesso e delle uscite. Dato che alcuni circuiti hanno due entrate ed il kit ha solo un interruttore, potrai usare un filo collegato al morsetto a molla di entrata che collegherai prima al polo positivo (1 logico) e poi a quello negativo (0 logico) della batteria.
Il circuito logico più semplice è l'invertitore. Questo circuito rovescia il significato del segnale di entrata. Se abbiamo un 1 logico come entrata avremo uno 0 logico come uscita, e vice versa. La tabella della verità dell'invertitore è:

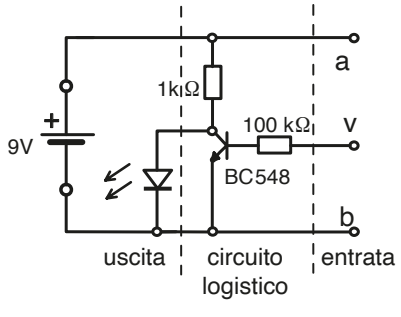
ENTRATA	USCITA
0	1
1	0

Il circuito usato come invertitore in effetti è un interruttore a transistor in cui possiamo vedere se il transistor è aperto o chiuso. Se il morsetto di entrata (v) è collegato al polo positivo della batteria (a), il transistor sarà aperto e avrà una resistenza debole. Il LED collegato in parallelo ad esso non si illuminerà.
Quando il morsetto di entrata (v) è collegato al polo negativo della batteria (b), il transistor sarà chiuso e avrà una resistenza elevata. La corrente dal polo positivo della batteria passerà attraverso il resistore 1 kΩ ed il diodo, che si illuminerà.

Accessori: batteria 9 V, 13x7, 38, 42, 57, 61, 63, 4x68, 5x69

Fig. 69





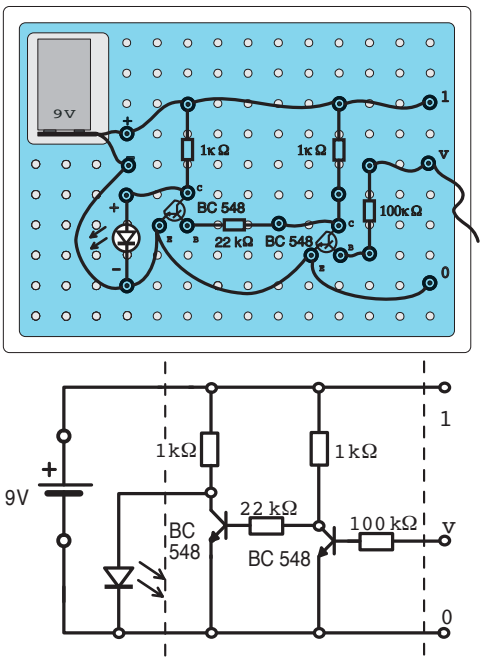
70. DUE INVERTITORI COLLEGATI IN SERIE

Le entrate e le uscite dei circuiti logici possono essere unite per creare nuovi circuiti. In questo modo, usiamo dei circuiti molto semplici per creare dei circuiti che possono avere delle funzioni molto complesse tra i loro stati di entrata ed uscita.
Qui viene mostrato un esempio molto semplice: due invertitori collegati in serie. Possiamo indovinare quella che sarà la tabella della verità: se il primo invertitore rovescia il significato del segnale logico, allora il secondo lo rovescerà di nuovo. La tabella della verità di questo circuito sarà:

ENTRATA	USCITA
0	0
1	1

Accessori: batteria 9 V, 19x7, 38, 2x42, 2x57, 60, 61, 63, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 70



71. LOGICO "OPPURE" (OR)

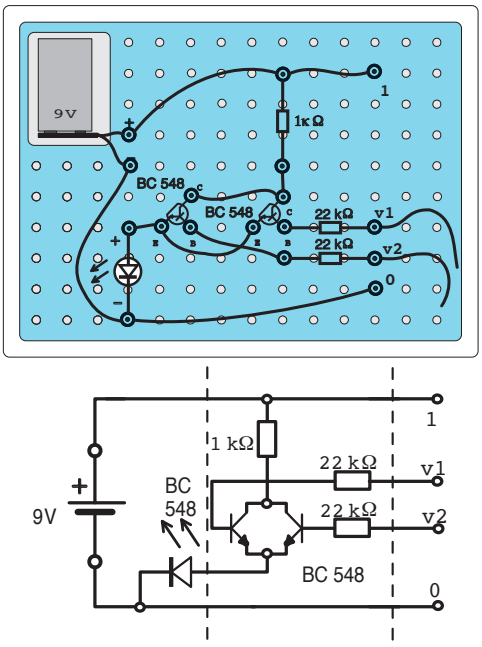
In questo circuito, il LED si illuminerà quando c'è uno stato logico 1 su uno qualunque dei collegamenti di entrata.

ENTRATA 1	ENTRATA 2	USCITA
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

In questo circuito, i transistor hanno i loro emettitori e collettori collegati. Quando uno dei due è aperto, la corrente passerà attraverso il resistore da 1 kΩ, il transistor ed il LED. Il transistor si aprirà quando tocchi il polo positivo della batteria con il filo dell'entrata.

Accessori: batteria 9 V, 17x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69, 2x70

Fig. 71



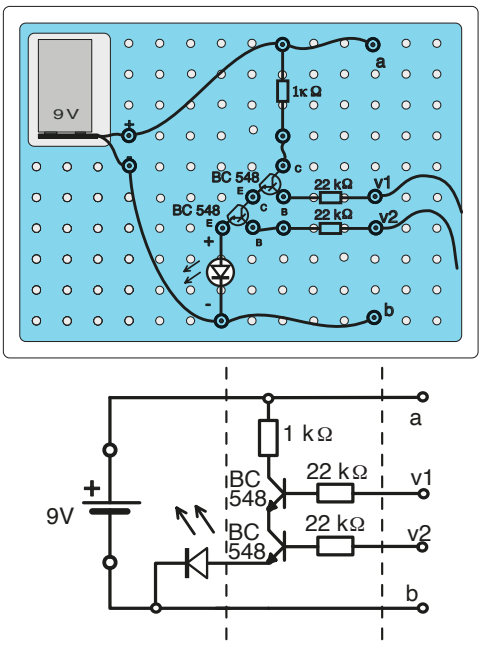
72. LOGICO "E" (AND)

In questo circuito, abbiamo due transistor collegati in serie. La corrente passerà attraverso il LED solo quando entrambe i transistor sono aperti. Questo significa the entrambe le entrate devono essere collegate al polo positivo della batteria, per avere uno stato logico 1. La tavola della verità sarà:

ENTRATA 1	ENTRATA 2	USCITA
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Accessori: batteria 9 V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 3x69

Fig. 72



73. LOGICO "NON-OPPURE" (NOR)

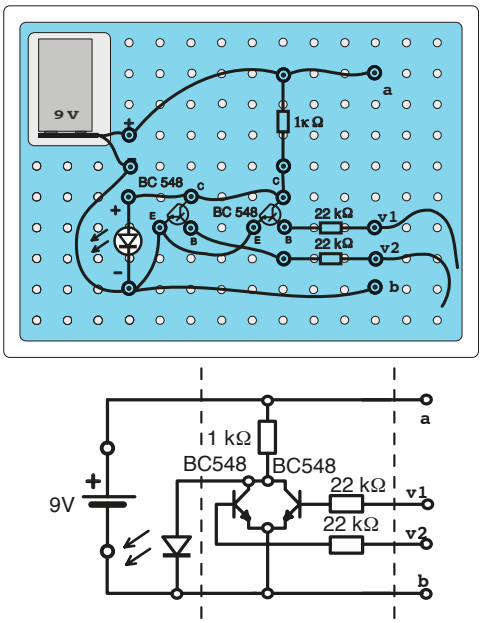
In questo circuito, abbiamo di nuovo due interruttori a transistor collegati in parallelo. Il LED si illuminerà quando entrambe i transistor sono chiusi e gli interruttori a transistor sono aperti. Quando sono chiusi, i transistor avranno una resistenza motto alta e la corrente passerà facilmente attraverso il diodo, the si illuminerà. La tavola delta verità per questo circuito sarà:

ENTRATA 1	ENTRATA 2	USCITA
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Osserva la tabella del circuito OPPURE. Nel circuito NOR, il segnale d'uscita è opposto a quello nel circuito OPPURE.

Accessori: batteria 9 V, 15x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 73



74. LOGICO "NON-E" (NAND)

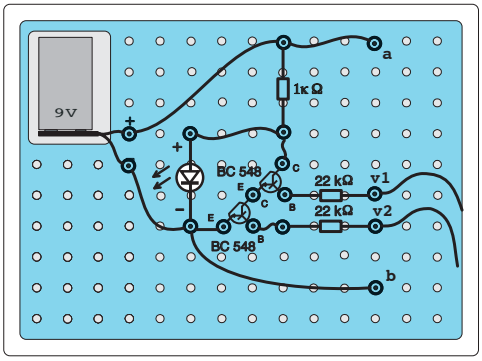
Ricordati della tabella della verità per il circuito E; la tabella di questo circuito avrà stati di uscita opposti

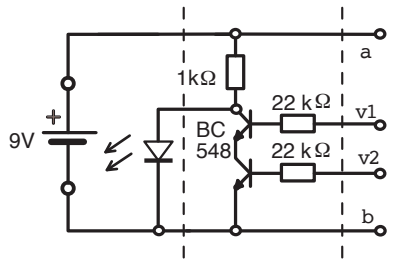
ENTRATA 1	ENTRATA 2	USCITA
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

In questo circuito, possiamo dire quando gli interruttori a transistor sono accesi simultaneamente. Se tocchi il polo positivo della batteria con i fili di entrambe le entrate, la corrente arriverà ad entrambe le basi dei transistor, ed il diodo collegato in parallelo non si illuminerà.
Quando uno dei due transistor è chiuso o lo sono entrambe, la resistenza sarà troppo elevata e la corrente non passerà. Il voltaggio al LED sarà sufficientemente alto da farlo illuminare.

Accessori: batteria 9 V, 16x7, 38, 2x42, 43, 57, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 74





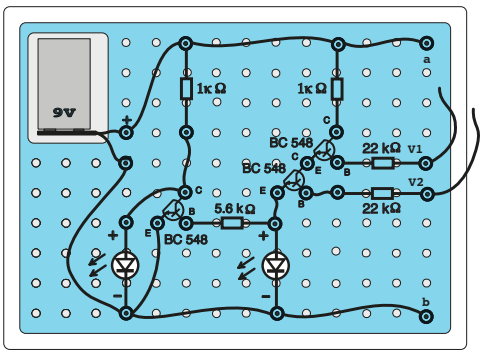
75. LOGICO NAND ASSEMBLATO USANDO "E" E "NON"

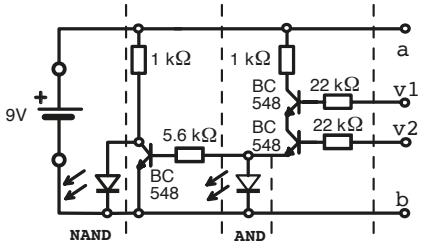
Abbiamo detto che l'invertitore può essere usato sempre per invertire il significato del segnale. Quindi possiamo ottenere gli stessi risultati che otterremo con un circuito E seguito da un invertitore con un circuito NAND.
Se ci servono solo le funzioni di NAND, possiamo usare il circuito descritto sopra, perché occorrono meno componenti che per questo circuito. Ma, se ci servono entrambe le funzioni NAND e AND, non dobbiamo montare entrambe i circuiti. Sarà sufficiente collegare un circuito E ad un invertitore. Questo renderà il circuito più semplice. In circuiti logici molto complessi, i progettisti usano questi sistemi per ridurre i costi e lo spazio necessario per i circuiti.
Diciamo che abbiamo bisogno di entrambe le funzioni NAND ed AND. Avremmo la seguente tabella:

ENTRATA 1	ENTRATA 2	USCITA AND	USCITA NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

Accessori: batteria 9 V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69

Fig. 75





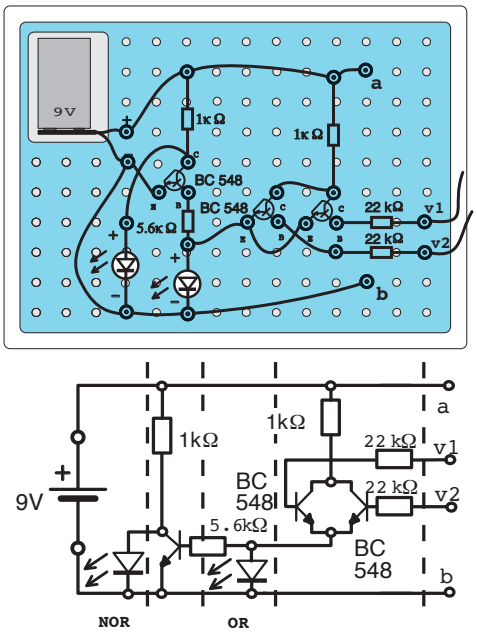
76. LOGICO NOR ASSEMBLATO USANDO "OPPURE" E "NON"

Proprio come abbiamo assemblato il circuito logico NAND usando AND e NON, possiamo assemblare il circuito logico NOR usando OPPURE e NON. In questo caso abbiamo due uscite, OPPURE e NON. La tavola della verità per questo circuito sarà:

ENTRATA 1	ENTRATA 2	USCITA OR	USCITA NOR
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Accessori: batteria 9 V, 22x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 76



77. UN ESEMPIO DI FUNZIONI LOGICHE INTEGRATE

Supponiamo che abbiamo assemblato il circuito mostrato in figura 77. Questo circuito è costruito in modo che nel circuito logico OPPURE, uno dei segnali di entrata sia invertito. Quale sarà la tavola della verità per questo circuito?
La tavola del circuito OPPURE la conosciamo. La estenderemo fino a determinare il segnale di uscita dell'invertitore per l'entrata 1 OPPURE. Per l'uscita dell'invertitore ed il segnale di entrata 2, possiamo fare una tavola della verità in relazione alla tavola della verità del circuito OPPURE. Quindi otterremo la seguente tabella della verità:

ENTRATA 1	ENTRATA 2	USCITA INVERTER	USCITA CIRCUITO
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1

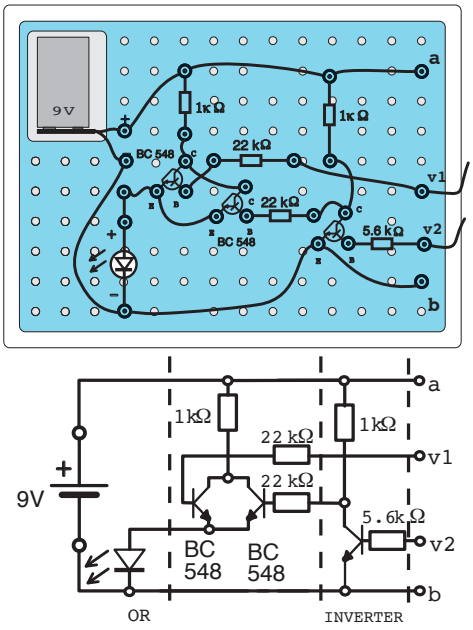
La tavola dell'intero circuito sarà quindi:

ENTREE 1	ENTREE 2	SORTIE
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1

I circuiti mostrati qui sono molto semplici. Possiamo solo immaginare i complicati circuiti logici che servono per complesse funzioni logiche.

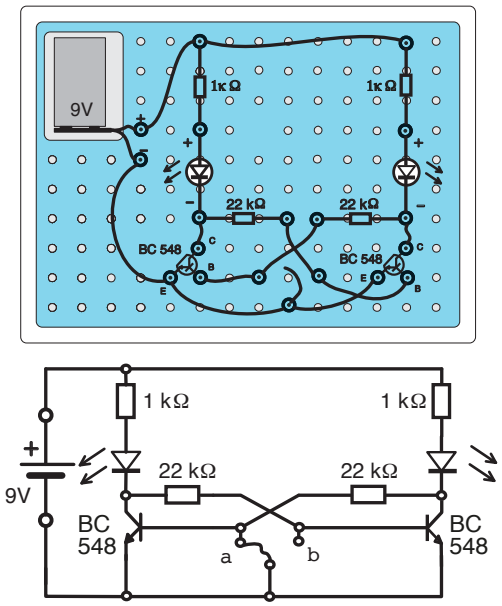
Accessori: batteria 9 V, 25x7, 38, 3x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 77



78. CIRCUITO LOGICO BISTABILE

Fig. 78



Ti ricordi dei due invertitori collegati in serie? Il segnale all'uscita era identico a quello d'entrata. Se questo è il caso, l'entrata e l'uscita potrebbero essere collegate. Questo manterrebbe lo stato dei segnali nel circuito stabile.

Inseriamo due LED collegati in serie a due resistori da 1 kΩ tra il polo positivo della batteria e i collettori dei transistor. Se ridisegniamo la rappresentazione grafica in modo che le basi dei transistor siano una di fronte all'altra, otterremo la rappresentazione grafica mostrata sotto. Dalla rappresentazione grafica, puoi vedere che la base di un transistor è collegata attraverso un resistore al collettore dell'altro. Che succederà se colleghiamo il circuito ad una batteria? Anche se la parte sinistra sembra uguale a quella destra, non lo è. Anche se i transistor sono dello stesso tipo non si comportano allo stesso modo. Questo è vero anche per i resistori che dovrebbero avere la stessa resistenza. La resistenza di due resistori contrassegnati in modo uguale non è mai completamente uguale, e quindi non potremmo mai essere sicuri di quale transistor sarà aperto e quale chiuso. Contrassegniamo il transistor di sinistra con T1 ed il transistor di destra con T2, dove T1 è aperto quando il circuito è collegato alla batteria. Questo transistor allora avrà una resistenza molto debole. Il collettore di questo transistor è l'uscita del partitore di tensione formato da T1 e il resistore che si trova tra il suo collettore ed il polo positivo della batteria. La resistenza del LED può essere trascurata. A causa della debole resistenza del transistor, il voltaggio all'uscita del partitore sarà molto basso. Questo voltaggio sarà insufficiente per trasportare la corrente a T2, che rimarrà chiuso e si comporterà come un forte resistore.

Sulla destra del circuito, T2 ed il resistore (ed il trascurabile LED) formano un partitore di tensione tra il collettore del transistor e il polo positivo della batteria. Poiché T2 è chiuso e offre una grande resistenza, il voltaggio tra l'emettitore ed il collettore sarà alto, e la corrente arriverà alla base di T1, tenendolo aperto. In breve, abbiamo un circuito net quale T1 tiene T2 chiuso e T2 tiene T1 aperto. Lo stato in questo circuito è stabile e può mutare solo a causa di un impulso esterno.

Se colleghiamo per un attimo la base del transistor aperto al suo emettitore, la corrente non passerà più attraverso la base del transistor e si chiuderà immediatamente. Il voltaggio sul collettore aumenterà, e la corrente passerà alla base del secondo transistor, che rimarrà aperto a causa della situazione descritta sopra. Se vogliamo invertire la situazione, dovremmo collegare per un attimo la base del transistor aperto al polo negativo della batteria.

Monta il circuito mostrato nella rappresentazione grafica. Quando colleghi il circuito alla batteria, uno dei LED si illuminerà e l'altro no. Usa il filo collegato al polo negativo della batteria per collegarlo prima al morsetto a e poi al morsetto b. In una posizione si illuminerà il diodo di sinistra e nell'altra quello verde. Quando premi il filo contro il transistor aperto (il LED collegato al suo collettore è illuminato) il suo LED si spegnerà ed il LED sull'altro transistor comincerà ad illuminarsi.

Abbiamo cambiato lo stato del circuito attraverso un intervento esterno. Intervenendo, abbiamo messo in moto un processo che ha causato il cambiamento dello stato del circuito.

Questo intervento esterno si chiama "innescamento". Nel nostro caso abbiamo innescato un cambiamento collegando per un attimo la base del transistor aperto al polo negativo.

I circuiti che hanno una struttura simile a quella descritta qui sono chiamati multivibratori. Il circuito descritto qui a due stati stabili differenti ma equivalenti. Per questa ragione, chiamiamo questo circuito "bistabile". Questo circuito è un multivibratore bistabile.

Il funzionamento dei multivibratori bistabili è quasi ideato per controllare un apparecchio con due interruttori, dove un interruttore accende l'apparecchio e l'altro lo spegne. Probabilmente conosci qualche apparecchio del genere. In questo caso, potremmo semplicemente inserire i pulsanti tra il polo negativo della batteria ed il morsetto a, e tra il polo negativo ed il morsetto b. Il resistore da 1 kΩ ed i LED potrebbero essere sostituiti da un relè che accenderebbe l'apparecchio.

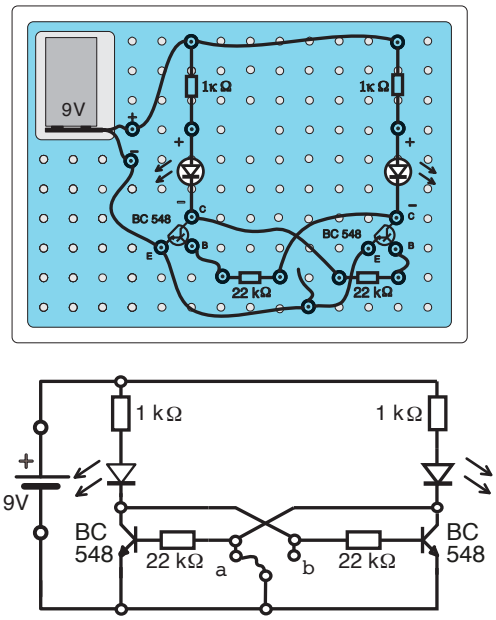
Accessori: batteria 9 V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

79. UN ALTRO METODO PER INNESCARE UN MULTIVIBRATORE BISTABILE

C'è un altro modo per invertire lo stato di un multivibratore bistabile. In questo caso il circuito è molto simile a quello precedente. La differenza sta nell'innescamento del cambiamento. Il cambiamento viene innescato chiudendo il transistor che in quel momento è aperto o aprendo quello che in quel momento è chiuso attraverso un intervento esterno.
Tocca il filo che arriva al collettore del transistor che è chiuso ed il cui LED non è illuminato. Questo creerà un corto circuito in esso. La corrente non arriverà più alla base dell'altro transistor, che quindi si chiuderà, invertendo lo stato del circuito.

Accessori: batteria 9 V, 17x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 79

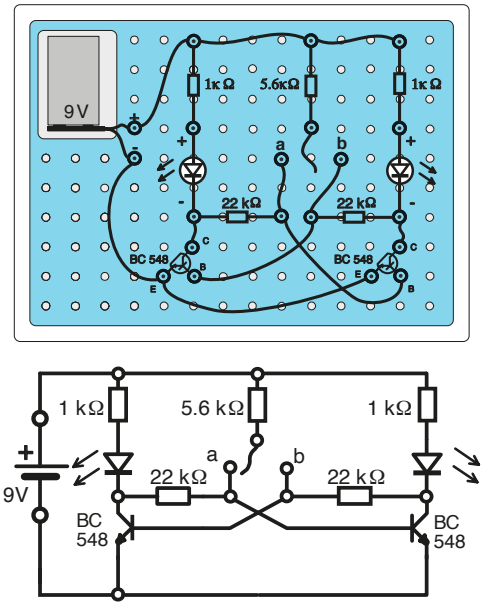


80. INNESCARE UN MULTIVIBRATORE BISTABILE CON LA CORRINTE CHE ARRIVA ALLA BASE

Lo stato del circuito può essere cambiato anche facendo arrivare la corrente alla base del transistor in quel momento chiuso, attraverso il polo positivo della batteria ed un resistore. Questo aprirà il transistor, e lo stato sarà invertito.
Qui abbiamo descritto tre modi per invertire lo stato in tali circuiti. Tutti questi metodi sono ugualmente efficaci. Quello che useremo dipenderà dall'uso che vogliamo fare del circuito.

Accessori: batteria 9 V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 80

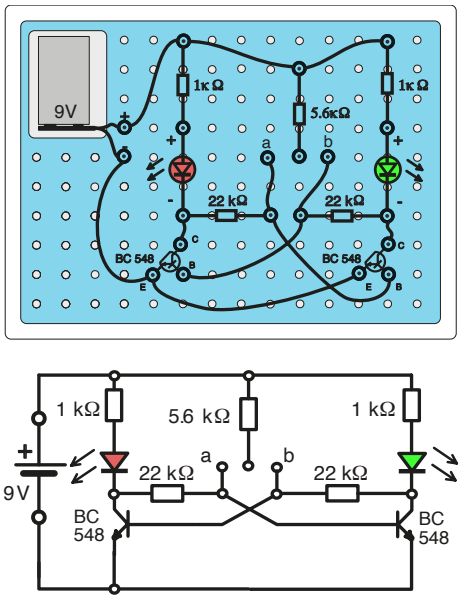


81. MULTIVIBRATORI BISTABILI E PULSANTI SENSIBILI AL CONTATTO

In questo caso, innescheremo il multivibratore bistabile facendo arrivare la corrente direttamente dal polo positivo della batteria alla base del transistor. Questo può essere fatto anche utilizzando pulsanti sensibili al contatto. Ricordati che la superficie della nostra pelle ha una certa resistenza!
Metti un morsetto a molla collegato al polo positivo della batteria tra i morsetti a e b. Quando metti in contatto il morsetto a o b con il morsetto centrale, lo stato del multivibratore sarà invertito. Il diodo rosso e verde potrebbe rappresentare benissimo acceso e spento.
Tra il polo positivo della batteria e il pulsante sensibile centrale c'è un resistore. Il suo scopo è quello di fare in modo che non arrivi una corrente troppo forte alla base transistor, perché potrebbe distruggerlo.
Se il circuito non si inverte dopo che i contatti sensibili sono stati toccati, prova con un dito un po' umido.

Accessori: batteria 9 V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 2x60, 4x68, 6x69

Fig. 81

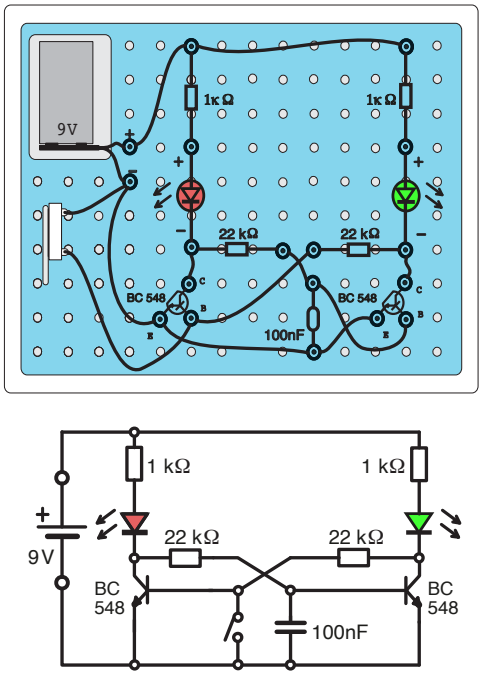


82. CIRCUITO DI MEMORIA

Nei computer, i multivibratori bistabili sono usati come circuiti di memoria. Lo stato nel circuito è molto stabile, e non cambierà almeno che non sia innescato dall'esterno.
Se un circuito di memoria fosse costruito come il multivibratore bistabile mostrato qui, potrebbero insorgere delle difficoltà: in un multivibratore bistabile, noi non sappiamo in che stato era quando era acceso. Questo significa che nella memoria del computer potremmo avere qualcosa che non sappiamo cosa sia.
Se il condensatore è scarico, la corrente elettrica passerà attraverso di esso e lo caricherà. Sui contatti di un condensatore scarico non c'è voltaggio. Il voltaggio sui contatti inizierà ad aumentare solo dopo che esso ha cominciato a caricarsi.
Il condensatore sarà sicuramente scarico se non era collegato ad alcuna fonte di energia.
Colleghiamo un condensatore tra la base e l'emettitore di un transistor in un multivibratore bistabile. Quando colleghiamo il circuito alla batteria, il condensatore scarico indurrà la corrente, che altrimenti andrebbe verso la base del transistor, a confluire nel condensatore stesso. Anche se il circuito volesse lasciare questo transistor aperto, il condensatore lo impedirebbe.
Quindi, si aprirà l'altro transistor. Il risultato finale sarà che qualsiasi volta che collegherai il multivibratore ad una fonte di energia, il LED rosso si illuminerà.
Premi l'interruttore. La base del transistor di sinistra sarà collegata per un attimo al polo negativo, ed il transistor di sinistra si chiuderà. Il LED rosso si spegnerà, e quello verde si accenderà. Questo stato rimarrà stabile fino a che non staccherai la batteria.
Se desideri invertire lo stato mentre il circuito è collegato, il multivibratore dovrà essere innescato in modo che il transistor di destra si chiuda. Questo può essere fatto inducendo per un attimo un corto circuito nel condensatore.

Accessori: batteria 9 V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 65, 4x68, 6x69

Fig. 82

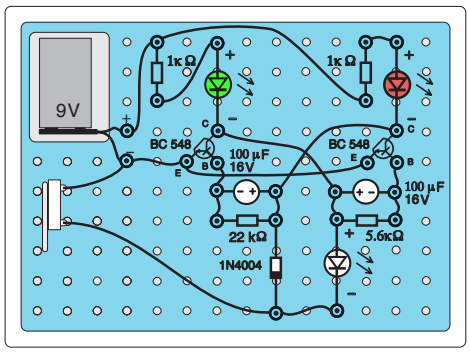


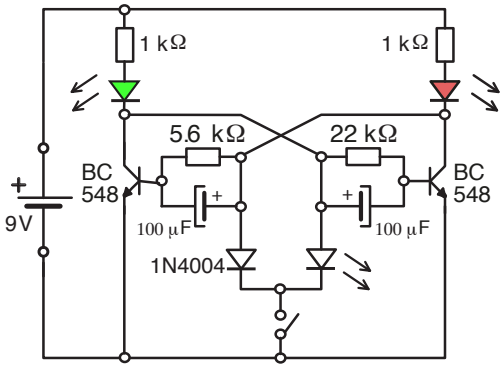
83. MULTIVIBRATORI BISTABILI COME PARTITORI BINARI

Ricordati che lo stato di un multivibratore bistabile può essere alterato anche collegando per un attimo il collettore del transistor aperto al polo negativo.
Il voltaggio sul transistor aperto è molto minore di quello sul transistor chiuso. Questo potrebbe far sì che attraverso un filo parallelo più corrente vada dal collettore del transistor chiuso al polo negativo. Per alterare lo stato di un multivibratore bistabile, non dobbiamo creare un corto circuito in entrambi i transistor alto stesso momento, in quanto ciò porterebbe ad una situazione come quella che avevamo quando il circuito era collegato alla batteria.
Sappiamo che un diodo collegato in modo che la corrente lo possa attraversare ha una resistenza bassissima. Una caratteristica del diodo è che quando la sua resistenza è pari a zero, il suo voltaggio è pari più o meno a 0,6 V. Inoltre sappiamo che anche un transistor aperto ha una resistenza molto bassa. Tra l'emettitore e il collettore del transistor, il voltaggio è anche più piccolo, al massimo un decimo di un volt. Se colleghi un diodo tra il collettore e l'emettitore di un transistor aperto, esso non influirà sullo stato del circuito, dato che la corrente passerà ancora attraverso il transistor aperto, che ha una resistenza minore.
Ora torniamo al nostro circuito. Due diodi, con i loro catodi collegati, sono collegati ai collettori di entrambe i transistor. Uno di questi è un LED. Premi l'interruttore varie volte! Ogni volta, lo stato del multivibratore sarà invertito. Quando il pulsante dell'interruttore è premuto la corrente passerà dal collettore del transistor attraverso il diodo fino al polo negativo della batteria. La corrente passerà solo attraverso il diodo collegato al transistor chiuso. Nel transistor aperto, il voltaggio tra il collettore e l'emettitore sarà troppo basso per spingere la corrente attraverso il diodo o il LED. Premendo l'interruttore influirai sul circuito sempre in modo che il transistor che è aperto si chiuderà e vice versa.
Mentre premi l'interruttore, puoi osservare come si accenderà prima il diodo a destra e poi quello a sinistra. Lo stesso diodo si accenderà dopo due volte che premi. Se contiamo solo le volte in cui si accende uno dei diodi, il numero che otterremo sarebbe la metà del numero di volte che abbiamo premuto l'interruttore. Questo circuito potrebbe essere usato per dividere per due. Il segnale di uscita di questo circuito potrebbe essere usato per controllare l'entrata del prossimo circuito, ed otterremo un circuito che divide per 4. Collegando tali circuiti in fila, potremmo assemblare un circuito per dividere per 2, 4, 8, 16, 32, etc.
Il circuito per dividere per due è l'elemento base di tutti i circuiti per dividere. Usando i circuiti per dividere per due e i circuiti logici, possiamo costruire un circuito che ci permetterà di dividere per qualsiasi numero.
Due condensatori elettrolitici sono collegati alle basi dei transistor in parallelo ai resistori. I condensatori fanno in modo che lo stato si inverta anche dopo l'impulso più corto dato al pulsante.
Premendo l'interruttore, il diodo rosso si illuminerà per un secondo. Questo segnala che è avvenuto un cambiamento nello stato del circuito. Avremmo potuto usare anche un diodo comune, ma nel kit ci sono solo due diodi comuni e tre LED.

Accessori: batteria 9 V, 27x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 46, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 83



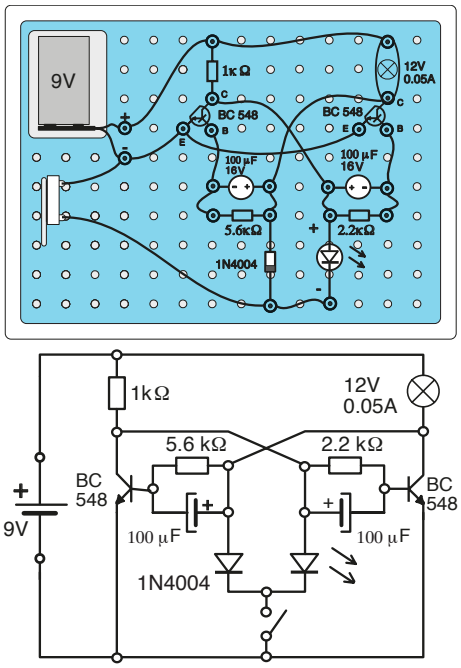


84. ACCENDERE E SPEGNERE UNA LUCE CON UN SOLO PULSANTE

Un circuito che divida per due può essere usato anche per scopi che non hanno niente a che vedere con i computer. Un esempio carino è quello di un circuito con cui puoi accendere e spegnere un apparecchio con un solo pulsante.
In questo esempio, abbiamo mostrato come può essere accesa e spenta una lampadina premendo un solo pulsante. Il LED segnala tutte le volte che il pulsante di controllo è premuto.
Invece di una lampadina, potremmo collegare un relè che accenderebbe e spegnerebbe un apparecchio più potente, per esempio il motore di un ventilatore, o le luci in uno stadio.

Accessori: batteria 9 V, 20x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 43, 46, 57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 84

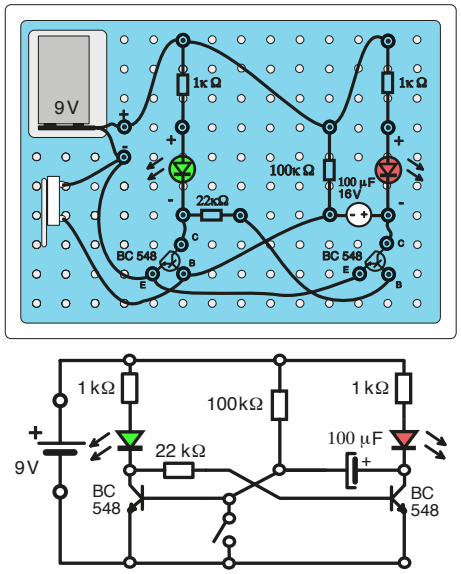


85. MULTIVIBRATORE MONOSTABILE

Un multivibratore monostabile è un circuito con un solo stato. Se lo stato viene alterato attraverso un impulso esterno, esso, dopo un po', ritornerà al suo stato stabile.
Il LED verde si illuminerà quando il circuito è collegato ad una fonte di energia.
Il transistor di destra ha una resistenza alta e il voltaggio tra il collettore e l'emettitore sarà alto. Poiché il voltaggio alla base del transistor di sinistra è basso, il condensatore elettrolitico si caricherà.
Premi l'interruttore per un secondo. La base del transistor di sinistra sarà collegata per un secondo con l'emettitore, non ci sarà più corrente nella base, ed il transistor sarà chiuso. Questo farà aumentare il voltaggio sul collettore di questo transistor, e la corrente andrà verso la base del transistor di destra. Lo stato del multivibratore sarà invertito. Ora il transistor di destra avrà una resistenza molto bassa; attraverso di esso il contatto positivo del condensatore sarà collegato al polo negativo della batteria. Ora la corrente arriverà al condensatore attraverso il resistore da 100 kΩ e lo caricherà. Il voltaggio sul contatto negativo del condensatore aumenterà fino a raggiungere un punto in cui la corrente può essere inviata verso la base del transistor di sinistra. Il transistor di sinistra si aprirà, e il multivibratore tornerà al suo stato precedente.
I multivibratori monostabili possono essere usati per accendere brevemente (se usi il transistor di destra) o per spegnere (se usi il transistor di sinistra). È vero che abbiamo già assemblato circuiti che possono fare la stessa cosa più facilmente.
Il vantaggio dei circuiti con un multivibratore monostabile rispetto a quelli che funzionano caricando e scaricando un condensatore è che il voltaggio di uscita in quest'ultimo cambia in un secondo. Il LED si accende e si spegne motto velocemente. Nei circuiti descritti prima, il cambiamento era graduate. Se ti ricordi in quei circuiti la luce del LED si affievoliva e si rafforzava in continuazione.

Accessori: batteria 9 V, 17x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 85

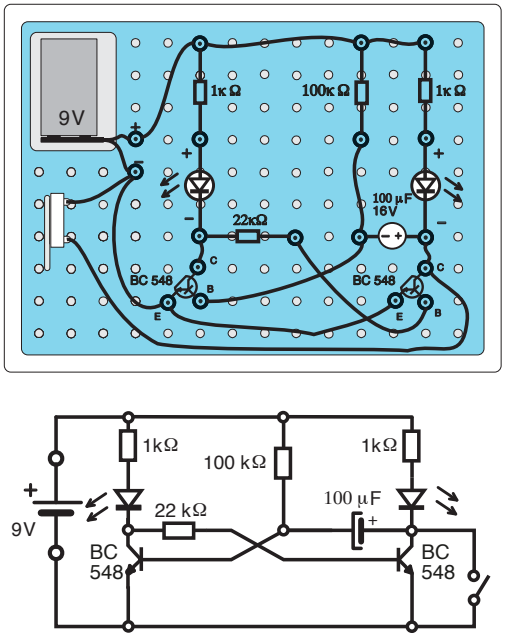


86. INNESCARE IL MULTIVIBRATORE MONOSTABILE ATERAVERSO UN IMPULSO AL COLLETTORE

Proprio come net caso del multivibratore bistabile, è possibile innescare i1 multivibratore monostabile in vari modi. Nell'esempio mostrato qui, l'innesco sarà fatto al collettore del transistor di destra. Nel suo stato normale, il transistor è chiuso. Quindi, il voltaggio sul collettore di questo transistor è alto. Poiché il voltaggio sulla base del transistor non può superare i 0,6 V, il condensatore elettrolitico sarà caricato. Quando premi l'interruttore, il collettore del transistor di destra sarà collegato per un momento al polo negativo. L'elettrodo positivo del condensatore elettrolitico sarà sul polo negativo della batteria. Poiché il condensatore è carico, il suo contatto negativo sarà sotto un voltaggio che sarà negativo, e il transistor si chiuderà immediatamente. Ora la corrente arriverà al condensatore attraverso il resistore da 100 kΩ.
A mano a mano che il voltaggio sul contatto negativo del condensatore aumenta, la corrente inizierà ad andare verso la base del transistor di sinistra e il multivibratore altererà il suo stato, che questa volta resterà stabile.

Accessori: batteria 9 V, 18x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 60, 61, 66, 4x68, 5x69

Fig. 86

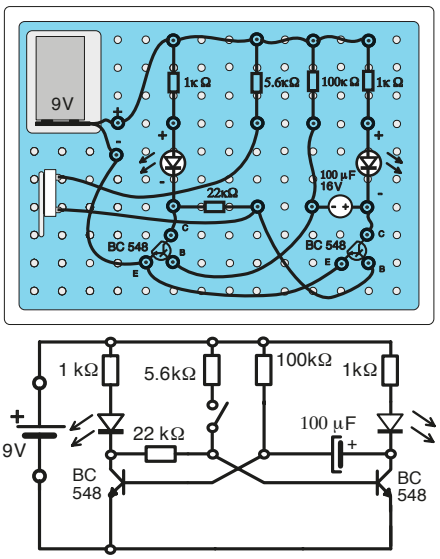


87. INNESCARE IL MULTIVIBRATORE MONOSTABILE ATTRAVERSO UN IMPULSO ALLA BASE

Lo stesso effetto ottenuto attraverso un breve contatto del collettore del transistor di destra con il polo negativo può essere ottenuto aprendo il transistor di destra. Questo può essere fatto mandando la corrente alla base di questo transistor. La corrente diretta verso il transistor di destra chiuso passerà attraverso il resistore da 22 kΩ.
Come nel caso del multivibratore bistabile, abbiamo mostrato, per il multivibratore monostabile, tre metodi per innescare il circuito. Quello che scegliamo dipenderà sull'uso e sull'impulso di innescamento che abbiamo a disposizione.
In un multivibratore monostabile i tre metodi di innesco non sono equivalenti. Nel primo caso, in cui abbiamo collegato per un attimo il polo negativo e la base di un transistor aperto, il condensatore si scaricherà più velocemente che negli altri due casi. Il voltaggio tra la base e l'emettitore del transistor aperto è 0,6 V. Quindi, quando premiamo l'interruttore, il voltaggio nei punti di contatto del condensatore cambierà solo di 0,6 V.
Nel caso in cui abbiamo innescato il cambiamento al collettore o alla base del transistor che è chiuso in uno stato stabile del circuito, il condensatore si scaricherà completamente. Di conseguenza, ci vorrà più tempo perché il circuito torni al suo stato stabile.

Accessori: batteria 9 V, 20x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 4x69

Fig. 87

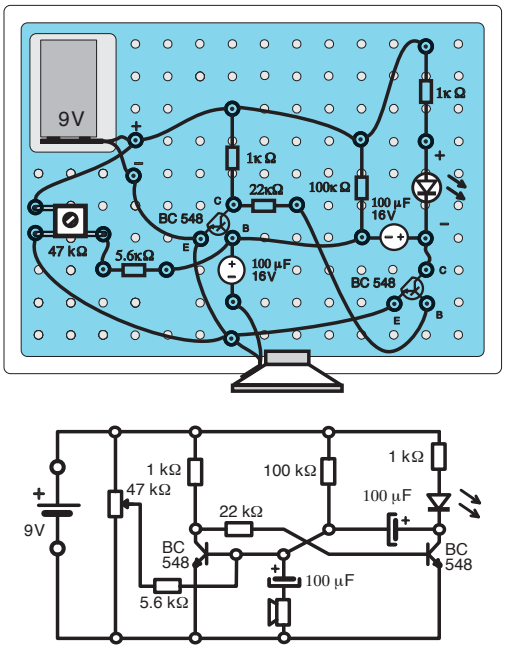


88. INTERRUTTORE SENSIBILE AL RUMORE

L'innesco di un multivibratore monostabile può essere fatto anche usando un elemento esterno e quindi senza dover premere il pulsante dell'interruttore. Nell'esempio mostrato sotto, il multivibratore monostabile viene innescato usando il segnale proveniente da un altoparlante usato come un microfono.
Questo tipo di circuito può essere usato per innescare un allarme l'illuminazione di una discoteca.
C'è un condensatore elettrolitico collegato in serie ad un altoparlante, per evitare che attraverso di esso passi una corrente continua. Esso inoltre non agisce come barriera per la corrente alternata. Il circuito è molto simile a quello precedente. È stato aggiunto un potenziometro. Con esso regolerai la sensibilità. Quando il cursore è più vicino al polo positivo della batteria, il circuito sarà meno sensibile. Dopo aver assemblato il circuito e averlo collegato alla batteria, dovrai regolarlo. Se il LED si illumina, gira il potenziometro finché non si spegne. Poi rigiralo lentamente fino al punto in cui inizia di nuovo ad illuminarsi. Aspetta finché non si spegne di nuovo. Se non si spegne, gira leggermente in dietro il potenziometro. Il LED si spegnerà. Soffia sull'altoparlante o picchietta su di esso leggermente. Il LED si illuminerà per alcuni secondi.

Accessori: batteria 9 V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 59, 60, 61, 66, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 88

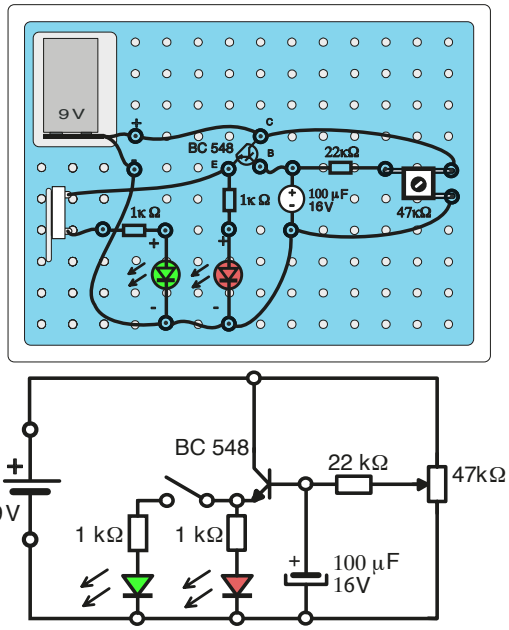


89. REGOLATORE DI LUCE

Abbiamo già detto che un transistor può essere usato come un resistore regolabile, la cui resistenza dipende dalla corrente che arriva alla base. Questa caratteristica può essere utilizzata per cambiare il voltaggio, per esempio di un convertitore.
Con il potenziometro mostrato in figura 89, possiamo regolare il voltaggio tra l'emettitore e il polo negativo della batteria. La direzione base-emettitore di un transistor si comporta come un diodo girato dalla base all'emettitore. Se il transistor è aperto, la corrente passerà attraverso di esso. Il voltaggio nel diodo girato nella direzione in cui va la corrente è 0,6 V. In un transistor aperto, il voltaggio tra la base e l'emettitore sarà anch'esso pari a 0,6 V.
Se c'è voltaggio tra la base del transistor e il polo negativo della batteria, il voltaggio tra l'emettitore e il polo negativo della batteria sarà più basso di 0,6 V. Se giri il potenziometro, il voltaggio in esso varierà tra 0 e 9 volt. Il voltaggio tra l'emettitore ed il polo negativo della batteria sarà più basso di 0,6 V della corrente che può passare attraverso il transistor, ma anche questa corrente sarà determinata dagli elementi collegati tra l'emettitore ed il polo negativo.
Qui sono collegati un resistore da 1 kΩ ed un LED. Prendi un altro pezzo di filo e collega un altro resistore e un altro LED ad una certa distanza da questo diodo. Quando premi l'interruttore e accendi il LED, l'intensità della luce del primo non cambierà. Questo vuol dire che il voltaggio tra l'emettitore ed il polo negativo della batteria è restato immutato. Dato che ora c'è più corrente che passa attraverso il transistor (due diodi sono illuminati), ed il voltaggio tra il collettore e l'emettitore non è cambiato, la resistenza del transistor deve essere diminuita.
Se avessimo usato un normale resistore invece del transistor, il collegamento del secondo LED avrebbe fatto aumentare la corrente che passava attraverso il resistore. A causa dell'aumento di corrente, il voltaggio nel resistore sarebbe aumentato e il voltaggio nel LED sarebbe diminuito. Quindi collegando un secondo LED avremmo fatto illuminare meno il primo.
Questo circuito è utile per regolare il voltaggio. Spesso nei circuiti in cui il collettore è collegato al polo positivo della batteria, tra l'emettitore ed il polo negativo abbiamo altri elementi del circuito collegati (ad esempio una lampadina) chiamati traccianti dell'emettitore. Il nome è piuttosto appropriato, visto che il voltaggio all'emettitore segue i cambiamenti di voltaggio alla base ed è sempre più basso di 0,6 V. Un buon esempio dell'uso che si può fare di questo circuito è il regolatore dell'intensità luminosa.

Accessori: batteria 9 V, 15x7, 38, 40, 42, 43, 44, 52, 2x57, 60, 66, 4x68, 3x69

Fig. 89

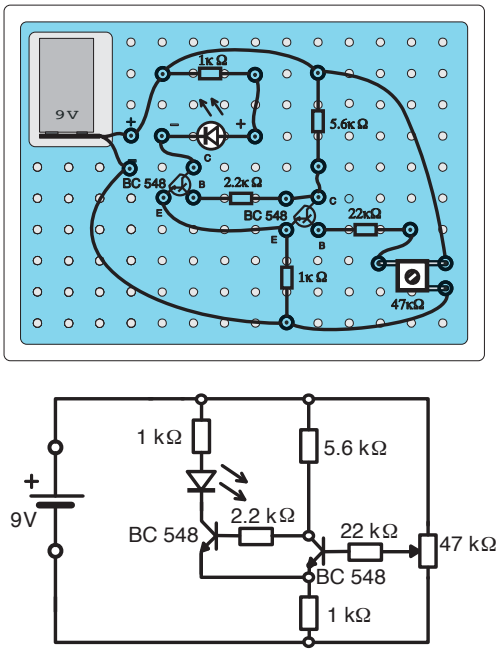


90. INTERRUTIORE ELETTRICO CON ISTERESI

Assembla il circuito mostrato in figura 90. Gira l'asse del potenziometro a sinistra e a destra e fai attenzione in quali posizioni il LED si accende o si spegne. Noterai che queste due posizioni sono diverse. Perché il LED si illumini, il voltaggio sul cursore del potenziometro dovrebbe essere maggiore di quello a cui il LED si spegne.
Poiché il voltaggio sul cursore a cui il LED comincia ad illuminarsi è più alto di quello a cui si spegne. possiamo contrassegnare questi due punti sul potenziometro. Ma mentre giriamo il potenziometro in una direzione, il circuito non si comporta allo stesso modo in cui si comporta quando lo rigiriamo in dietro. Questo fenomeno, dove i cambiamenti che avvengono in una direzione sono diversi da quelli che avvengono quando torniamo in dietro, è chiamato isteresi. Questo è il motivo per cui chiamiamo questo circuito un interruttore elettrico con isteresi.
Supponiamo che il cursore sia in una posizione in cui tocca l'estremità del contatto collegata al polo negativo della batteria. La corrente non arriverà alla base del transistor di destra, ed esso si chiuderà. Il voltaggio sulla base del transistor di sinistra sarà alto. La corrente arriverà ad esso attraverso un resistore da 5,6 kΩ, ed il transistor si aprirà. Il LED si illuminerà.
Se girl il potenziometro in modo che il voltaggio sul cursore aumenti, la corrente verso la base del transistor di destra comincerà ad aumentare. Il risultato sarà che anche la corrente che passa attraverso il transistor di destra comincerà ad aumentare, e la sua resistenza inizierà a diminuire. Diminuirà la corrente verso la base del transistor di sinistra. La corrente che passa attraverso di esso inizierà a diminuire velocemente, molto più velocemente di quanto aumenti la corrente che passa attraverso il transistor di destra. Questa corrente passa attraverso un resistore comune ai due emettitori di entrambe i transistor. Poiché la corrente che passa attraverso il transistor di destra aumenterà più lentamente di quanto non diminuisca quella che passa attraverso il transistor di sinistra, il totale della corrente che passa attraverso il resistore diminuirà, come anche il voltaggio sui suoi punti di contatto. Questo avrà lo stesso effetto di quando colleghiamo per un momento l'emettitore del transistor di destra al polo negativo della batteria. Dato che il voltaggio sul cursore del potenziometro non è cambiato, il transistor di destra si aprirà immediatamente, quello di sinistra si chiuderà immediatamente, ed il LED si spegnerà immediatamente.
Se giri l'asse del potenziometro nella direzione opposta, l'intero processo si ripeterà nella direzione opposta.
Questo circuito è chiamato innesco di Schmitt.

Accessori: batteria 9 V, 19x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 2x60, 4x68, 5x69, 2x70

Fig. 90

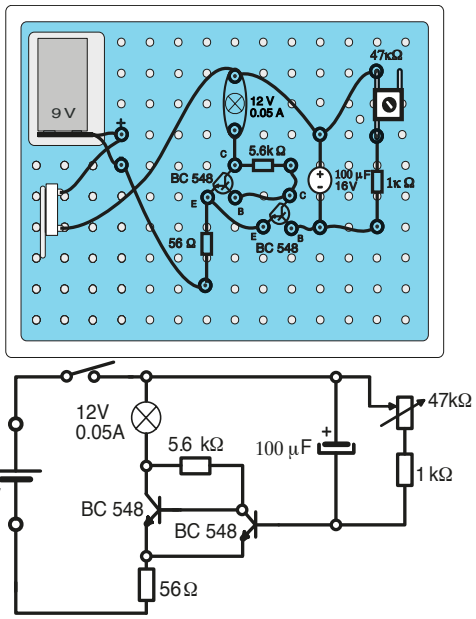


91. LUCE PULSANTE

In questo circuito, usiamo l'innesco di Schmitt. Quando la corrente che passa attraverso il circuito aumenta, il circuito avrà una resistenza minore e vice versa.
Se colleghiamo il circuito, mostrato in figura 91, alla batteria, la luce non si accenderà.
In un primo momento il condensatore è scarico. Attraverso il condensatore scarico, la corrente arriverà alla base. Allo stesso tempo, il condensatore si caricherà ed il voltaggio nei sui punti di contatto aumenterà. Questo vuol dire che il voltaggio tra la base è l'emettitore diminuirà gradualmente. Ad un certo punto, il voltaggio sulla base sarà talmente debole che il transistor si chiuderà. Questo innescherà il processo descritto sopra per il circuito di innesco di Schmitt. L'altro transistor si aprirà e la lampadina si accenderà.
Questa corrente passa anche attraverso il resistore da 56 Ω. Questo produrrà un voltaggio nei punti di contatto. Questo causerà anche la diminuzione del voltaggio tra la base del primo transistor ed il polo positivo della batteria. Ora il condensatore elettrolitico inizierà a scaricarsi attraverso il resistore da 1 kΩ ed il resistore regolabile. Quando il voltaggio sarà sufficientemente basso (o quando il voltaggio tra la base e l'emettitore del primo transistor sarà sufficientemente alto), il primo transistor si aprirà e sarà stato innescato un cambiamento nello stato del circuito. La lampadina si accenderà. Con il reostato da 47 kΩ, possiamo regolare la velocità con cui il condensatore si scaricherà. Questo significa che con il reostato potremmo controllare la frequenza dell'intero circuito.

Accessori: batteria 9 V, 17x7, 14, 35, 38, 40, 2x42, 52, 54, 57, 59, 66, 4x68, 4x69

Fig. 91

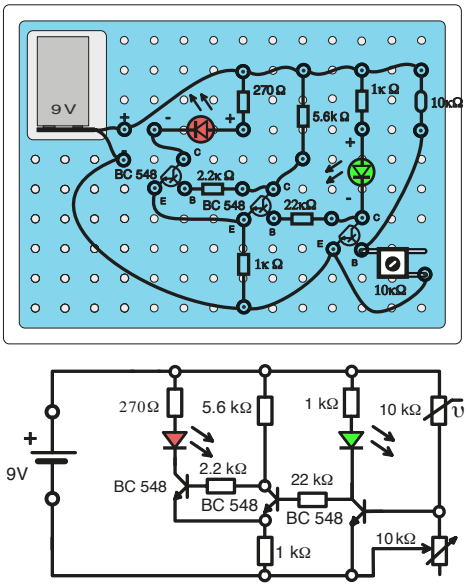


92. REGOLAZIONE DI UN FRIGORIFERO

Ti ricordi dell'interruttore sensibile al calore descritto in questo libro? Possiamo usare un interruttore simile per regolare un frigorifero. Il problema qui è che l'accensione e lo spegnimento del motore del frigorifero accadrebbe quasi alla stessa temperatura. Di conseguenza, il motore sarebbe acceso e spento molto frequentemente, il che non sarebbe un bene per esso.
In questo circuito, vengono uniti due circuiti: l'interruttore sensibile alla temperatura e l'interruttore elettrico con isteresi. Gira l'asse del potenziometro in modo che il LED si illumini appena. Il diodo rosso sarà spento. Tocca il termistore con le dita o soffiaci sopra aria calda. La luce del diodo verde diverrà via via più intensa, e ad un certo punto, inizierà ad illuminarsi anche quello rosso.
Lascia che il termistore si raffreddi o soffiaci sopra affinché si raffreddi più velocemente.
L'intensità della luce del diodo verde diminuirà mentre il diodo rosso si spegnerà completamente. Regolando il potenziometro potrai controllare la temperatura a cui tutto ciò avviene. L'intensità della sua luce il LED verde segnala quando la temperatura inizia ad aumentare. Al posto del LED rosso, potremmo istallare un relè che accenderebbe il motore del frigorifero.
Grazie all' isteresi, il motore comincerà a funzionare ad una temperatura lievemente superiore a quella a cui è stato acceso, ed è ciò che vogliamo. Se ascolti il tuo frigorifero, ti accorgerai che esso si accende per breve tempo e poi si spegne. La temperatura dentro il frigorifero scende di un grado o due. A mano a mano che la temperatura si alza, il motore si accenderà di nuovo.

Accessoires: pile 9V, 24x7, 38, 3x42, 43, 44, 47, 51, 56, 2x57, 58, 59, 60, 4x68, 5x69

Fig. 92

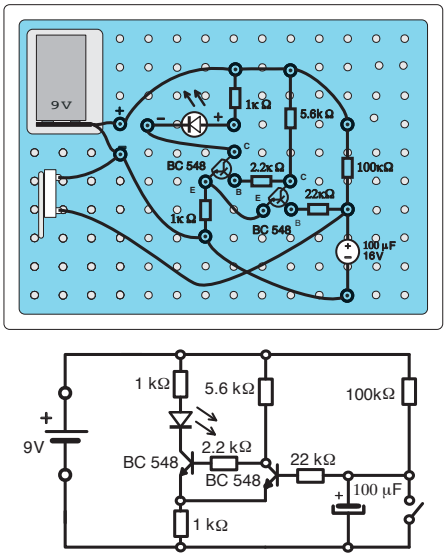


93. LUCI PER SCALE

In questo circuito, useremo l'innesco di Schmitt. Perché è meglio il circuito dell'interruttore per accendere brevemente un apparecchio? In quel caso, il voltaggio all'uscita diminuiva gradualmente, mentre in questo circuito e costante è si ferma subito. Quindi l'intensità della luce del LED sarà la stessa per tutto il tempo che è acceso.
Nell'esperimento precedente abbiamo usato un potenziometro per testare il funzionamento del circuito. In questo esempio, c'è un condensatore all'entrata del circuito, che viene caricato attraverso un resistore da 100 kΩ. Quando il condensatore è carico, il transistor di destra è aperto ed il circuito è spento. Premi l'interruttore. Il transistor di destra si chiuderà immediatamente ed il LED si illuminerà. Il condensatore inizierà a caricarsi. Poiché il voltaggio sui suoi contatti aumenta, aumenterà anche la corrente diretta alla base del primo transistor. Questo innescherà il processo descritto nel caso precedente. Dopo del tempo, lo stato del circuito muterà ed il LED si spegnerà.

Accessori: batteria 9 V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x57, 58, 59, 60, 61, 66, 4x68, 3x69

Fig. 93



94. MULTIVIBRATORE SIMMETRICO INSTABILE

Certe volte ci serve un segnale in cui due luci si accendano e si spengano alternamente. Un esempio potrebbero essere i semafori ferroviari.
Il circuito mostrato sotto è un esempio di come ciò può essere fatto. Questo circuito è chiamato un multivibratore instabile.
Come funziona? Per rendere più semplice la descrizione, chiamiamo i resistori con R1, R2, R3 ed R4 i condensatori con C1 e C2, i transistor T1 e T2 ed i LED D1 e D2. Mentre leggi la descrizione guarda la figura 94.
Immagina di aver collegato il circuito ad una fonte di energia. La parte sinistra e la parte destra nel circuito sono identiche nella rappresentazione grafica, ma in pratica non ci sono due componenti del tutto uguali. Quindi supponiamo che quando abbiamo collegato il circuito ad una fonte di energia, la corrente si è distribuita in modo che una corrente leggermente maggiore di quella che ha raggiunto la base T2, ha raggiunto la base di T1. Questo farà aprire T1. Il voltaggio tra il collettore e l'emettitore di T1 sarà molto basso. Il LED sinistro si illuminerà. La corrente che passa attraverso R2 caricherà il condensatore elettrolitico C1. Allo stesso tempo, T2 si chiuderà e possiamo far finta che non ci sia nel circuito. Il contatto destro di C2 è collegato al polo positivo della batteria attraverso R4 ed il LED. Il contatto sinistro è collegato alla base di T1. C2 viene caricato in modo che sul suo lato destro c'è una corrente positiva.
Dopo del tempo, C1 sarà sufficientemente carico perché la corrente inizi ad arrivare alla base di T2. Il transistor si aprirà e la sua resistenza sarà debole. Il voltaggio tra il collettore e l'emettitore di T2 sarà praticamente zero. Il voltaggio sul contatto sinistro di C2 sarà più basso di quello su quello destro.
Ora questo voltaggio è troppo basso per T1, e la corrente smetterà immediatamente di arrivare alla sua base. Ora T1 è chiuso, e T2 aperto, e il LED destro si illuminerà. Il condensatore C2 viene caricato attraverso R3, in modo che il suo contatto sinistro è positivo. In breve, la situazione dei transistor si è invertita.
Questo processo continua a ripetersi, e i diodi D1 e D2 si illuminano alternativamente. Possiamo calcolare approssimativamente quanto i diodi rimarranno illuminati. Il LED sinistro si illuminerà per:

$t_1 = 0,7 \times C_1 \times R_2$

e quello destro

$t_2 = 0,7 \times C_2 \times R_3$

Se il circuito sinistro e destro sono uguali, i diodi si illumineranno per lo stesso tempo.
La rappresentazione grafica mostra che i condensatori hanno una capacità pari a 100 µF oppure 0,0001 F e i resistori 22 kΩ oppure 22.000 Ω.
Se usiamo l'equazione per calcolare gli intervalli, scopriremo che ciascun diodo si illuminerà più o meno per:

t = 0,7 x 0,0001 x 22000

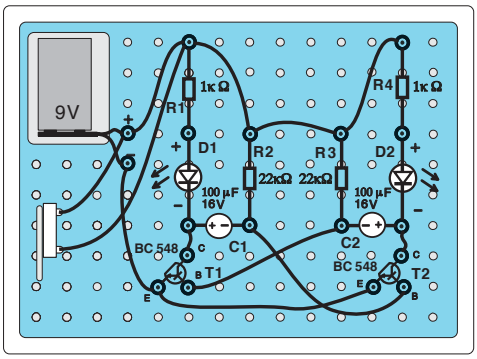
che è pari a:

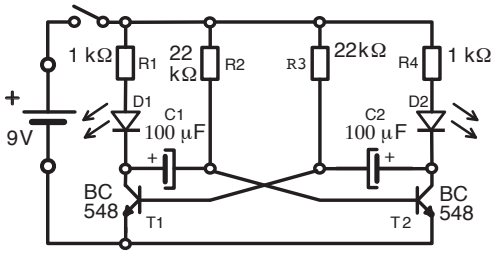
t = 1,54 s

Ciascuno dei due diodi rimarrà illuminato più o meno per un secondo e mezzo.

Accessori: batteria 9 V, 16x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 94





95. CAMBIAMENTI NEL FUNZIONAMENTO DI UN MULTIVIBRATORE INSTABILE

Abbiamo già detto che i LED si illumineranno per un tempo uguale se la parte sinistra e destra del circuito sono uguali. I due condensatori rimarranno uguali. Se cambiamo i due resistori centrali, il tempo di illuminazione dei due diodi cambierà drasticamente.
Abbiamo visto che i diodi si illuminano per un intervallo di tempo definito che è pari a:

$t_1 = 0,7 \times C \times R_2$

e

$t_2 = 0,7 \times C \times R_3$

Se i condensatori sono uguali, i diodi si illumineranno per un totale di:

$t = t_1 + t_2$

oppure

$t = 0,7 \times C \times R_2 + 0,7 \times C \times R_3$

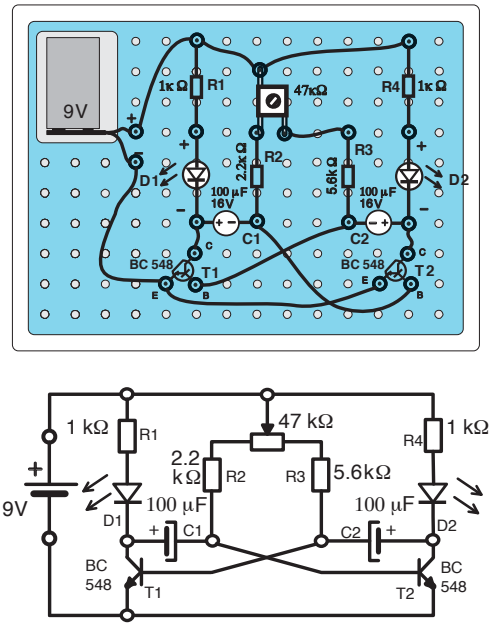
Il tempo totale allora sarà

$t = 0,7 \times C \times (R_2 + R_3)$

In questo circuito, il resistore R2 è 2,2 kΩ e parte della resistenza del potenziometro tra il contatto sinistro e il cursore, mentre R3 è 5,6 kΩ e parte della resistenza del potenziometro tra il contatto destro ed il cursore. Il totale della resistenza del resistore R2 + R3 sarà sempre uguale, a prescindere dalla posizione del potenziometro. Questo significa che tramite il potenziometro possiamo regolare il rapporto tra gli intervalli in cui i due diodi si illuminano, mentre il tempo totale resta uguale.

Accessori: batteria 9 V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 95

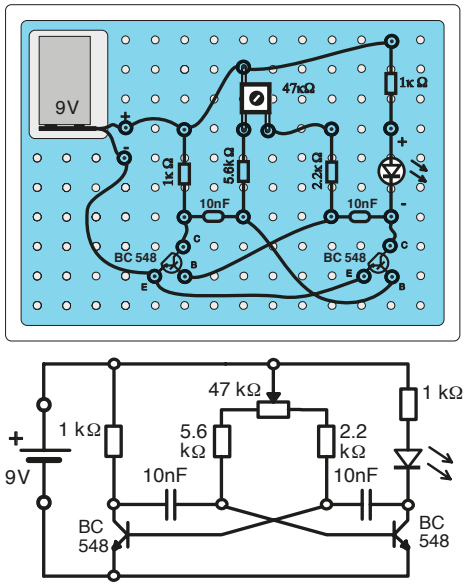


96. REGOLATORE DI LUCE CON UN MULTIVIBRATORE

Abbiamo già descritto il regolatore di luce. In esso, controllavamo l'intensità della luce cambiando il voltaggio nei punti di contatto della lampadina. Questo metodo di regolazione non può essere usato per luci che non funzionano a voltaggi più bassi.
Un esempio di questo tipo di luce sono le luci con i tubi fluorescenti. Per queste luci, sfruttiamo una loro caratteristica, che gli consente di riaccendersi dopo che sono state spente, se il tempo tra l'accensione e lo spegnimento non è troppo lungo.
Supponiamo di accendere e spegnere questo tipo di luce ad intervalli di tempo molto brevi. A causa della natura dell'occhio umano, non noteremo che la luce è stata spenta. Regoliamo l'intervallo. Se, all'interno di questo intervallo cambiamo il tempo in cui la luce è accesa, noi percepiremo questo come se avessimo cambiato l'intensità della luce.
Per questo scopo, useremo il multivibratore descritto nell'esperimento precedente. Gli intervalli tra l'accensione e lo spegnimento del diodo non dovrebbero essere lunghi come quelli descritti nell'esperimento precedente. Invece del condensatore da 100 µF, usa un condensatore da 10 nF. La sua capacità è diecimila volte più piccola, ed il LED pulserà mille volte più velocemente. La pulsazione non sarà neanche notata. Mentre giri il potenziometro, cambierà il tempo in cui il LED si illumina e tu avrai la sensazione che cambi l'intensità della luce.

Accessori: batteria 9 V, 19x7, 38, 2x42, 43, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 5x69

Fig. 96

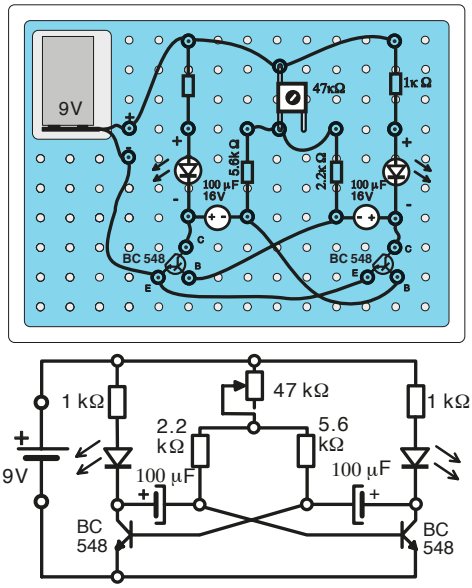


97. CAMBIARE LA FREQUENZA DI FUNZIONAMENTO DI UN MULTIVIBRATORE INSTABILE

La velocità, o frequenza, del multivibratore instabile può essere cambiata cambiando uno o entrambi i suoi resistori centrali. Se desideri cambiare la frequenza di funzionamento, devi cambiare la frequenza di entrambe i resistori.
Questo può essere fatto collegando parzialmente i due resistori. Otterrai il circuito mostrato in figura 97.
Girando il potenziometro a sinistra e a destra, la frequenza di funzionamento del multivibratore cambierà, mentre il rapporto dei periodi di illuminazione dei diodi rimarrà uguale.

Accessori: batteria 9 V, 20x7, 38, 2x42, 43, 44, 52, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 97

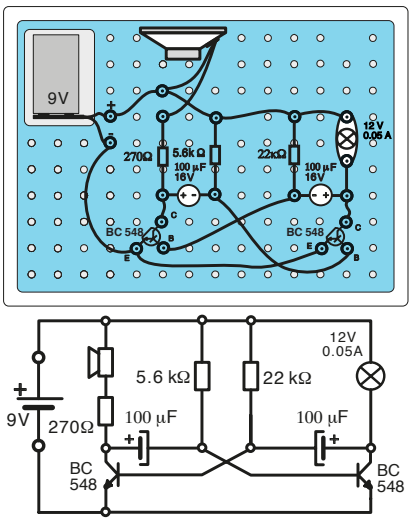


98. FRECCE DELLE MACCHINE

Usando un multivibratore, possiamo fare un circuito per far funzionare le frecce di una macchina. Poiché il guidatore deve sapere se la freccia è accesa, c'è in genere un segnale sonoro collegato alle frecce. Nel circuito mostrato qui, c'è un altoparlante che serve a questo scopo. Dall'altoparlante, sentirai un crepitio che ha lo stesso ritmo della freccia.

Accessori: batteria 9 V, 18x7, 14, 35, 38, 2x42, 45, 56, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69

Fig. 98

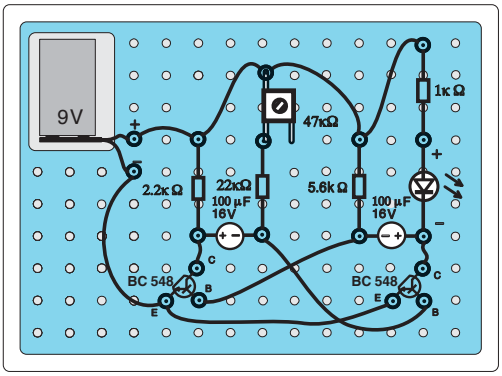


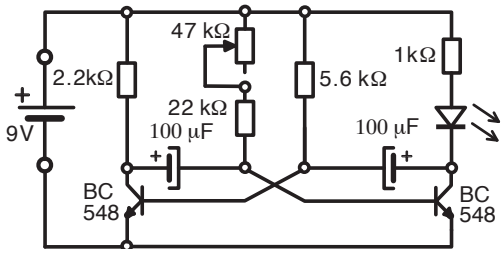
99. PER REGOLARE LA VELOCITÀ DEI TERGICRISTALLI

Alcune macchine hanno la possibilità di regolare la velocità dei tergicristalli. Se non piove molto forte, questo può essere utile. Se sta piovigginando, il vetro sarà praticamente asciutto ed i tergicristalli si muoveranno su una superficie quasi asciutta. Questo li farà saltare producendo un rumore fastidioso.
Se guardi i tergicristalli mentre sono in funzione, noterai che il tempo di un passaggio da un lato a l'altro è fisso. Durante questo tempo, il motore dei tergicristalli deve essere acceso. Il tempo tra i successivi passaggi è facoltativo.
Per regolare il tempo tra due passaggi, possiamo usare un multivibratore instabile in cui cambiamo uno dei resistori centrali. L'altro resistore è scelto in modo da far sì che il motore permetta ai tergicristalli di arrivare da un lato all'altro e tornare indietro. Se giri il potenziometro, cambierà l'intervallo di tempo che intercorre tra un passaggio ed il successivo.
Invece del LED e del resistore da 1 kΩ, possiamo collegare un relè che accenderà e spegnerà il motore dei tergicristalli.

Accessori: batteria 9 V, 18x7, 38, 2x42, 43, 52, 57, 58, 59, 60, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 99



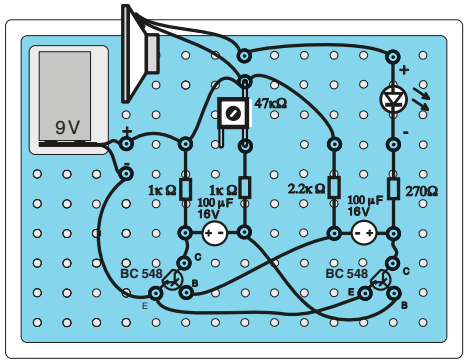


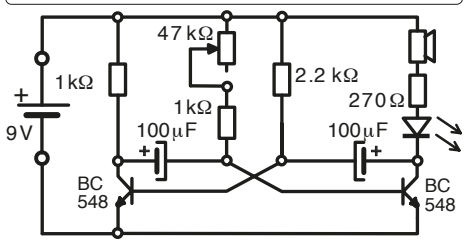
100. METRONOMO ELETTRONICO

Se sai qualcosa di musica, saprai quanto è importante il ritmo. Mentre si esercitano i musicisti usano un metronomo che tiene il tempo ticchettando. La velocità a cui il metronomo funziona deve poter essere regolata, visto che il ritmo della musica non è sempre uguale.
Nel nostro caso, per assemblare un metronomo abbiamo usato un multivibratore instabile. A differenza dei metronomi classici che producono solo un suono, questo emette anche un segnale luminoso. Quindi possiamo usarlo da una certa distanza o quando la musica è talmente forte da coprire il suono del metronomo.

Accessori: batteria 9 V, 19x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 56, 2x57, 58, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 100



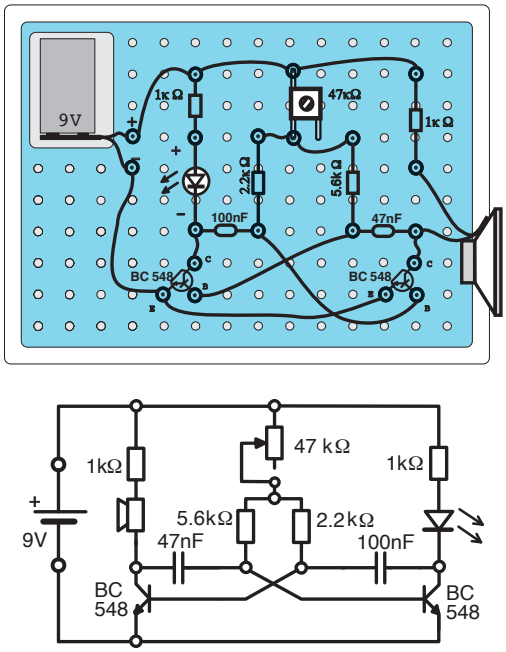


101. MULTIVIBRATORE E ALTOPARLANTE USATI COME SEGNALE ACUSTICO

Scegliendo accuratamente condensatori e resistori, possiamo creare un multivibratore che oscillerà ad una frequenza che noi potremmo udire. Collegheremo un altoparlante collegato in serie ad un resistore tra il collettore di uno dei transistor ed il polo positivo della batteria. Se pensi che il suono sia troppo debole, al posto del resistore da 1 kΩ puoi metterne uno da 270 Ω.
Premi l'interruttore. Gira l'asse del potenziometro fino a che senti il suono che hai scelto.

Accessori: batteria 9 V, 20x7, 38, 2x42, 43, 45, 52, 2x57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 101



102. SEGNALE ACUSTICO PER IMPARARE A TELEGRAFARE

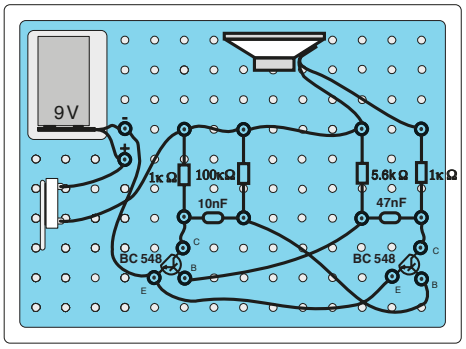
Un tempo la telegrafia Morse era l'unico modo per comunicare a distanza. Poiché era così importante a quel tempo, a questa forma di telegrafia fu dato il nome del suo inventore, Samuel Morse.

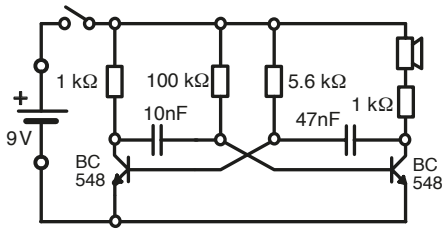
A · -	J · - - -	S · · ·	1 · - - - -
B - · · ·	K - · -	T -	2 · · - - -
C - · - ·	L · - · ·	U · · -	3 · · · - -
D - · ·	M - -	V · · · -	4 · · · · -
E ·	N - ·	W · - -	5 · · · · ·
F · · - ·	O - - -	X - · · -	6 - · · · ·
G - - ·	P · - - ·	Y - · - -	7 - - · · ·
H · · · ·	Q - - · -	Z - - · ·	8 - - - · ·
I · ·	R · - ·		9 - - - - ·
			0 - - - - -

Con il progresso tecnologico, ha perso la sua importanza, ma tra i radio amatori è ancora usato.
Se sei interessato, potrebbe essere utile imparare l'alfabeto Morse. Per impararlo, puoi usare il segnale acustico. Per il segnale acustico usi un multivibratore. In questo caso non importa come posizioni il potenziometro per regolare il tono. Potrai usare il pulsante con cui accendi il multivibratore per emettere il codice Morse. Quando emetti i codici Morse, segui la regola secondo cui una linea dovrebbe durare il tempo di tre punti, tra le parti del codice (linee e punti). L'intervallo dura il tempo di un punto, e tra i singoli codici l'intervallo è di tre punti.

Accessori: batteria 9 V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 4x68, 69

Fig. 102



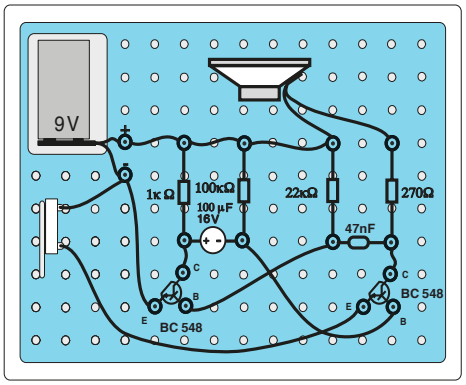


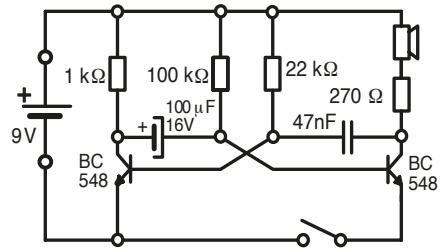
103. MITRAGLIATRICE

Con una mitragliatrice, la detonazione viene sentita ad intervalli regolari. Nel nostro caso, imiteremo il rumore della mitragliatrice usando un multivibratore instabile in cui il funzionamento di un transistor produrrà il suono ed il funzionamento dell'altro transistor determinerà l'intervallo di tempo tra due detonazioni.
In questo circuito, il condensatore destro è di ceramica e quello sinistro è elettrolitico. Questo crea un rapporto di diverse centinaia tra l'intervallo di tempo dell'apertura dei transistor di sinistra e destra. Quando colleghiamo il multivibratore instabile ad una fonte di energia, ci vorrà un po' di tempo prima che i condensatori si carichino ed il circuito inizi a funzionare. Per far funzionare il multivibratore nel modo in cui vogliamo, subito dopo premiamo l'interruttore, e così ci viene mostrato un diverso sistema per accendere il multivibratore. Quando premi l'interruttore, sentirai subito lo scoppio della mitragliatrice dall'altoparlante.

Accessori: batteria 9 V, 16x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 60, 61, 64, 66, 4x68, 4x69

Fig. 103



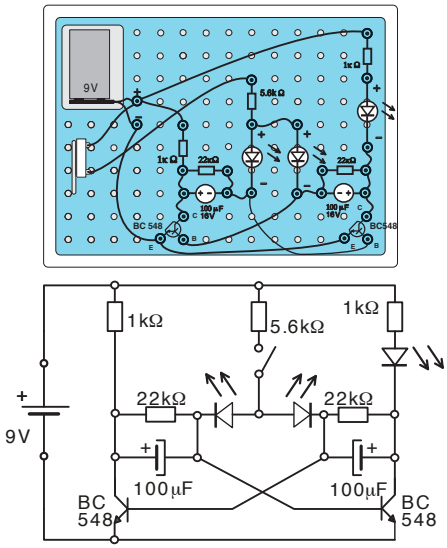


104. L'ACCENSIONE E LO SPEGNIMENTO ALTERNATO DI UN APPARECCHIO

Immagina di usare una pressa durante un processo di produzione. Certe volte la pressa deve essere aperta, mentre altre volte deve essere chiusa. Durante il processo di produzione, la pressa è in funzione e deve continuamente aprirsi e chiudersi. Il circuito di controllo deve garantire uno stato stabile in entrambe le posizioni, ma deve anche permettere la loro alternanza.
Come nell'esperimento precedente, useremo il multivibratore instabile come un circuito che divide per due. In questo caso, inneschiamo, premendo l'interruttore, la corrente ad andare dal polo positivo della batteria alla base del transistor in quel momento chiuso. Lo stato del circuito cambia.
Quando l'interruttore fa contatto, il circuito assomiglia ad un multivibratore instabile. Questo, infatti, è il caso. Se tieni premuto l'interruttore, la lampadina inizierà a pulsare. Quando lo lasci andare, la pulsazione cesserà. Una pressione sull'interruttore che duri un periodo di tempo più breve del periodo in cui il transistor in un multivibratore instabile è aperto semplicemente altererà lo stato del multivibratore.

Accessori: batteria 9 V, 25x7, 38, 40, 2x42, 43, 2x44, 2x57, 59, 2x60, 2x66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 104

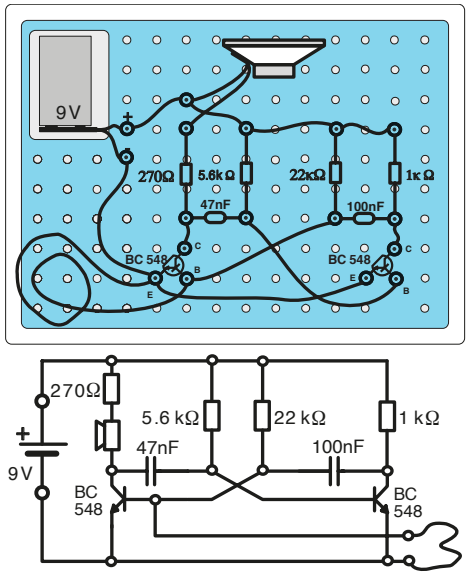


105. ALLARME ELETTRONICO CON SEGNALATORE ACUSTICO

Ti ricordi dell'allarme elettronico descritto prima? In quel caso il LED si accendeva quando l'allarme veniva innescato. In questo caso si sentirà un suono.
Il circuito è essenzialmente un multivibratore instabile, che funziona ad una frequenza che può essere udita. In questo circuito è stato inserito un collegamento attraverso un filo, che produce un corto circuito tra la base e l'emettitore di uno dei transistor. Se questo collegamento viene staccato, il multivibratore inizierà a funzionare e l'altoparlante emetterà un suono.
Nel transistor di sinistra è stato intenzionalmente creato un corto circuito. A causa di questo corto circuito, l'altro transistor si aprirà. Tra il collettore ed il polo positivo della batteria c'è un resistore da 1 kΩ. Sul lato sinistro c'è un resistore da 270 Ω ed un altoparlante con solo pochi ohm di resistenza tra il collettore ed il polo positivo della batteria. A causa di questo, passerà più corrente attraverso il transistor sinistro rispetto che attraverso quello destro, se il primo fosse costantemente aperto. Questo farebbe scaricare la batteria molto velocemente.
Visto che non sappiamo quando l'allarme scatterà, sarebbe meglio economizzare sull' energia della batteria.
Hai già imparato come assemblare un segnale acustico che ti avverte quando una porta viene aperta. Potrai vedere questo tipo di segnale acustico nei negozi. Quando un cliente apre la porta, si sente un segnale acustico, che si interrompe quando la porta viene richiusa.
Fissa un interruttore reed allo stipite della porta molto vicino alla porta ed un magnete sulla porta stessa. Quando i contatti dell'interruttore reed sono collegati a causa della prossimità del magnete, il segnale acustico cesserà. Quando qualcuno apre la porta, i contatti dell'interruttore reed si staccheranno, il circuito comincerà a funzionare, e l'altoparlante emetterà un suono.

Accessori: batteria 9 V, 17x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 59, 60, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 105

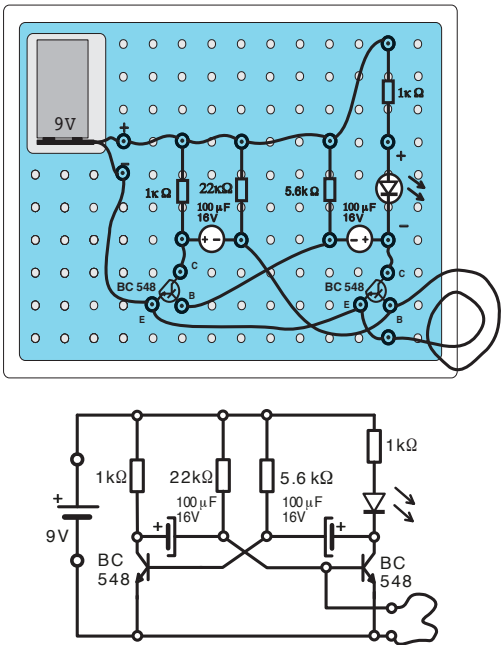


106. ALLARME ELETTRONICO CON SEGNALATORE LUMINOSO

In questo caso, l'allarme segnalerà attraverso una Luce pulsante. Il circuito è sostanzialmente simile al precedente. Poiché la pulsazione deve essere ad una frequenza bassa, questo multivibratore è stato progettato per funzionare ad una bassa frequenza. Per questo motivo, vengono usati nel circuito condensatori elettrolitici. L'innesco avviene come nel circuito precedente.

Accessori: batteria 9 V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 2x66, 4x68, 5x69, 70

Fig. 106

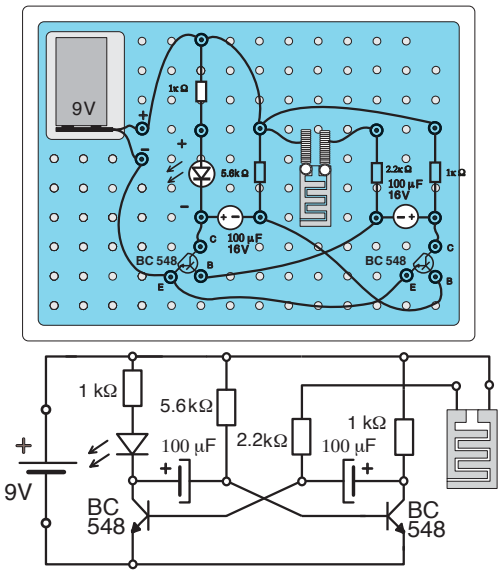


107. ALLARME LUMINOSO PER SEGNALARE I LIVELLI DI UMIDITÀ

In questo allarme, c'è un sensore di umidità collegato in serie al resistore centrale destro. Quando il sensore è asciutto, la sua resistenza è elevata e attraverso esso non passerà la corrente elettrica.
Quando il sensore si inumidisce, la sua resistenza diminuirà e attraverso di esso passerà corrente sufficiente per mettere in funzione il multivibratore. Il LED nel circuito del collettore del transistor sinistro inizierà a pulsare. L'allarme non funzionerà nei liquidi che non conducono corrente elettrica.

Accessori: batteria 9 V, 17x7, 38, 2x42, 43, 49, 2x57, 58, 59, 2x66, 4x68, 6x69, 70

Fig. 107

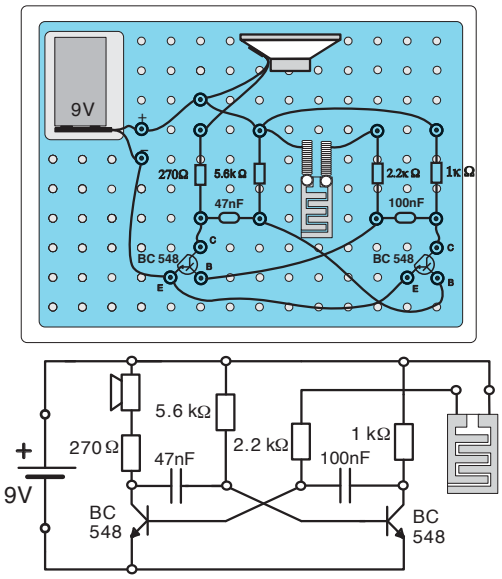


108. ALLARME SONORO PER SEGNALARE UMIDITÀ

Nel circuito precedente, sostituisci al diodo ed al resistore da 1 kΩ con un altoparlante ed i condensatori da 100 µF con due condensatori da 47 nF e 100 nF. In questo modo otterrai un circuito che emetterà un suono quando il sensore di umidità si asciuga.

Accessori: batteria 9 V, 17x7, 38, 2x42, 45, 49, 56, 57, 58, 59, 64, 65, 4x68, 6x69, 70

Fig. 108

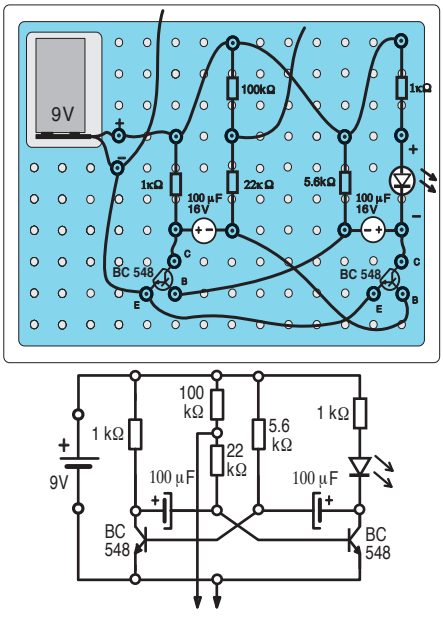


109. DISPOSITIVO PER SALVAGUARDARE I FIORI

Gli amanti dei fiori sanno quanto è importante innaffiare i fiori nel momento giusto. Troppo acqua può fare male ai fiori, perché una umidità eccessiva danneggia le radici. Il circuito mostrato nella rappresentazione grafica segnalerà attraverso la pulsazione di un diodo che la terra nel vaso è secca e che il fiore ha bisogno di essere innaffiato. Il circuito infatti è un multivibratore instabile che non può funzionare a causa di un resistore addizionale. Questo resistore è nella terra tra due fili inseriti in esso. Quando la terra è secca, la resistenza tra i due fili sarà elevata e non interferirà con il funzionamento del multivibratore. Quando il fiore viene innaffiato e la terra si inumidisce, la resistenza tra i due fili sarà talmente bassa che il multivibratore non funzionerà. A mano a mano che la terra si asciuga, la resistenza tra i due fili aumenterà. Il multivibratore inizierà a funzionare. In un primo momento, la velocità delle pulsazioni del LED sarà bassa, ma a mano a mano che la terra diviene più secca, le pulsazioni accelereranno fino a raggiungere la loro velocità massima.

Accessori: batteria 9 V, 18x7, 38, 2x42, 43, 2x57, 59, 60, 61, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 109

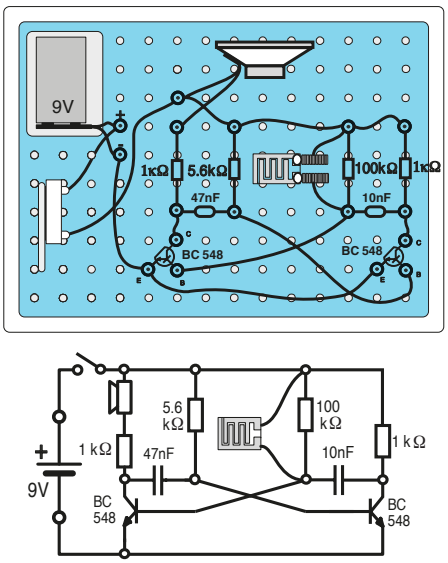


110. GIOCATTOLO ACUSTICO

I bambini piccoli amano i giocattoli che producono suoni, come per esempio i sonagli, i fischietti, i tamburi, etc. Probabilmente anche il giocattolo descritto qui il divertirebbe.
Questo è un vibratore instabile che funziona ad una frequenza che può essere udita. C'è un sensore per l'umidità collegato in parallelo ad uno dei resistori che determine il funzionamento del multivibratore instabile. Quando si tocca il sensore con un dito o una mano, la sua resistenza cambia. Dopo che è stato toccato, la sua resistenza diminuirà. Il collegamento in parallelo del resistore da 100 kΩ ed il sensore per l'umidità avrà allora una resistenza minore. La frequenza del multivibratore aumenterà.
Toccando o tenendo in mano il sensore, indurrai il giocattolo a produrre suoni interessanti.

Accessori: batteria 9 V, 17x7, 38, 40, 2x42, 45, 49, 2x57, 59, 61, 63, 64, 2x66, 4x68, 4x69

Fig. 110

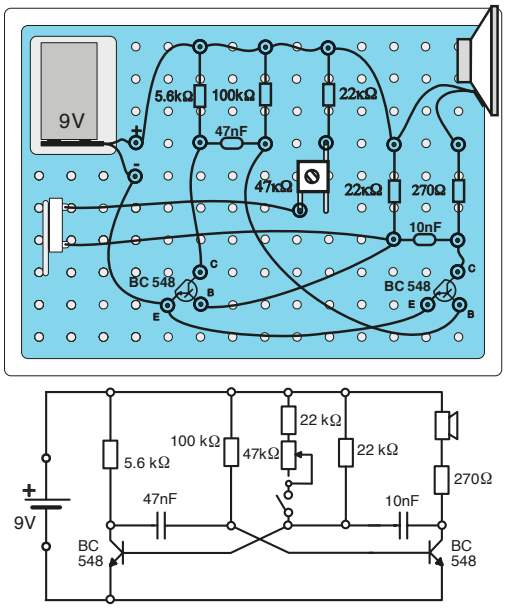


111. SIRENA D'ALLARME A DUE TONALITÀ

Probabilmente avrai sentito delle sirene d'allarme a due tonalità. Nel nostro esempio, questo è un multivibratore instabile con frequenza variabile. A questo scopo, possiamo aggiungere ad uno dei resistori che determinano il funzionamento del multivibratore un altro resistore che viene collegato premendo un pulsante. Questo farà sì che la resistenza e la frequenza del multivibratore aumenti quando si preme il pulsante.
Il resistore che verrà collegato al circuito quando viene premuto il pulsante è formato da un resistore da 22 kΩ ed un potenziometro. Quando si preme il pulsante, il tono più alto può essere regolato girando l'asse del potenziometro, in modo che il rapporto tra il tono più alto e quello più basso ti soddisfino.
Il resistore da 22 kΩ è stato messo in caso che cambi la resistenza del potenziometro e la porti a zero, perché in questo caso attraverso la base del transistor sinistro passerebbe una corrente molto forte, che lo danneggerebbe permanentemente.
In questo circuito, il cambiamento di tonalità è ottenuto premendo il pulsante. Invece di farlo tu, questo "premere il pulsante" potrebbe essere fatto da un multivibratore instabile che funziona ad una frequenza uguale alla frequenza del cambiamento di tonalità.

Accessori: batteria 9 V, 20x7, 38, 40, 2x42, 45, 52, 56, 59, 2x60, 61, 63, 64, 4x68, 6x69

Fig. 111

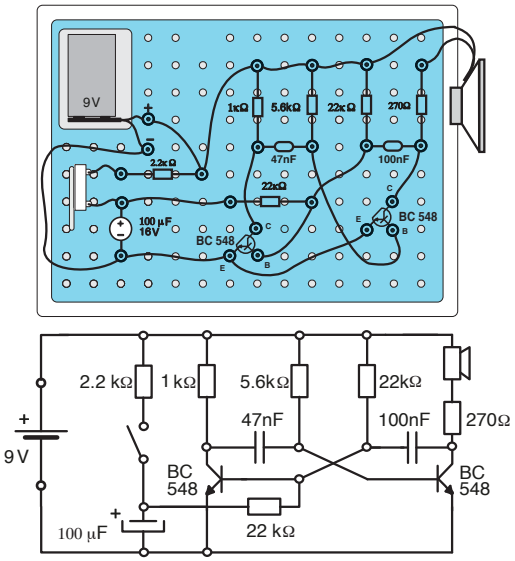


112. SIRENA D'ALLARME

Spesso le autopompe dei pompieri hanno delle sirene che producono un suono lamentoso. Le sirene sono comandate da un motore elettrico. La rappresentazione grafica sottostante mostra una variazione elettronica della sirena che produrrà un simile suono lamentoso. Il circuito infatti è un multivibratore instabile che funziona ad una frequenza che può essere udita. La corrente che proviene da un partitore di tensione, che è formato da un resistore da 2,2 kΩ ed un condensatore elettrolitico, arriva alla base del transistor sinistro attraverso un resistore da 22 kΩ.
Quando colleghi il circuito alla batteria, il multivibratore inizierà a funzionare e l'altoparlante emetterà il suono. Il condensatore elettrolitico sarà scarico e non influirà più sul circuito.
Premi l'interruttore. Il condensatore elettrolitico sarà caricato attraverso il resistore da 2,2 kΩ. Questo indurrà un voltaggio sui suoi contatti. Un po' della corrente arriverà alla base attraverso i resistori da 2,2 kΩ e da 22 kΩ. Questo farà aprire leggermente il transistor. La velocità di funzionamento del multivibratore cambierà, ed ora la tonalità del suono sarà più alta. Lascia andare l'interruttore. Il condensatore carico inizierà a scaricarsi attraverso il resistore da 22 kΩ in modo tale che la corrente arriverà alla base del transistor sinistro. In un primo momento, il condensatore si scaricherà velocemente, poi più lentamente, a mano a mano che il condensatore si scarica, la frequenza del multivibratore diminuirà. Questo sarà udito come un suono lamentoso.

Accessori: batteria 9 V, 22x7, 38, 40, 2x42, 45, 56, 57, 58, 59, 2x60, 64, 65, 66, 4x68, 6x69, 3x70

Fig. 112

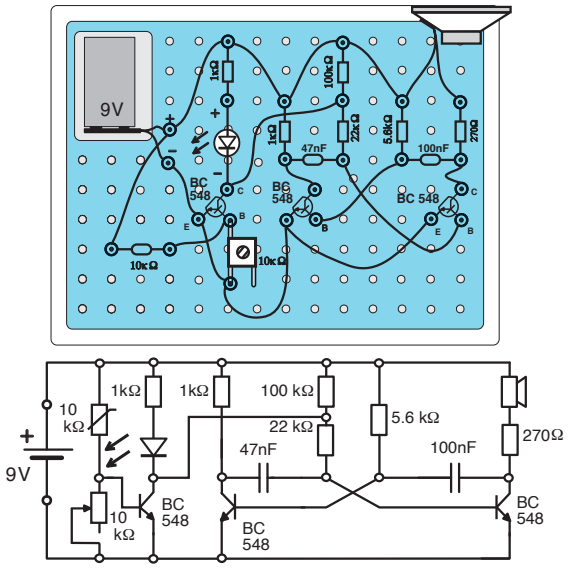


113. SEGNALATORE SONORO CHE INDICA LA DIMIN UZIONE DELLA TEMPERATURA

Immagina cosa potrebbe succedere se la temperatura dovesse diminuire ad esempio in un allevamento di polli. Se dovesse accadere i polli morirebbero e sarebbe un grosso danno. Sarebbe quindi bene avere un indicatore della temperatura nella camera di controllo. Un segnalatore luminoso potrebbe dirci che la temperatura è normale. Ma un segnalatore luminoso potrebbe essere insufficiente per segnalare la diminuzione della temperatura, dato che forse nessuno noterebbe la luce pulsante. Quindi sarebbe più prudente installare un indicatore sonoro.
L'interruttore sensibile alla temperatura che abbiamo già descritto potrebbe accendere un altro circuito o apparecchio. Nel caso descritto qui, l'interruttore sensibile accenderebbe una fonte di rumore, cioè un multivibratore con l'altoparlante.
Quando la temperatura è alta, il termistore ha una resistenza più bassa. Alla giunzione del partitore, che è formato da un termistore ed un potenziometro, il voltaggio sarà sufficientemente alto perché la corrente arrivi alla base del transistor e questo si apra. Ora il transistor ha una resistenza bassa ed è collegato al multivibratore in modo da bloccarne il funzionamento. Questo viene ottenuto causando un corto circuito con il polo negativo della batteria in un punto appropriato del multivibratore. Il LED si illuminerà, indicando che la temperatura è alta.
A mano a mano che la temperatura diminuisce, la resistenza del termistore aumenterà ed il voltaggio alla giunzione del partitore di tensione diminuirà. Quindi alla base del primo transistor arriverà meno corrente. Il transistor si chiuderà lentamente, e la sua resistenza aumenterà. La sua influenza sul multivibratore sarà minore, e quest'ultimo inizierà a funzionare. In un primo momento, la frequenza di funzionamento sarà bassa, ma a mano a mano che la temperatura continua a diminuire, essa aumenterà. Più bassa sarà la temperatura, più alto sarà il passo.
Tra il collettore del primo transistor ed il resistore da 1 kΩ c'è un LED. Non è essenziale per il funzionamento del circuito, ma può servire come indicatore visivo della temperatura. A mano a mano che la temperatura scende, il LED si illuminerà di meno.
Abbiamo detto che il partitore di tensione è formato da un termistore ed un potenziometro collegato come un resistore regolabile. La temperatura a cui scatterà l'allarme dipende dalla posizione del cursore sul potenziometro.
Per controllare come funziona il circuito, gira l'asse del potenziometro in modo che il LED si illumini e poi giralo fino a quando il diodo non si spegne.
Riscalda il termistore con il dito. Il LED si illuminerà. Soffia sul termistore per raffreddarlo. Il LED si spegnerà e l'altoparlante emetterà un suono.

Accessori: batteria 9 V, 25x7, 38, 2x42, 43, 45, 47, 51, 56, 2x57, 59, 60, 61, 64, 65, 4x68, 6x69, 4x70

Fig. 113

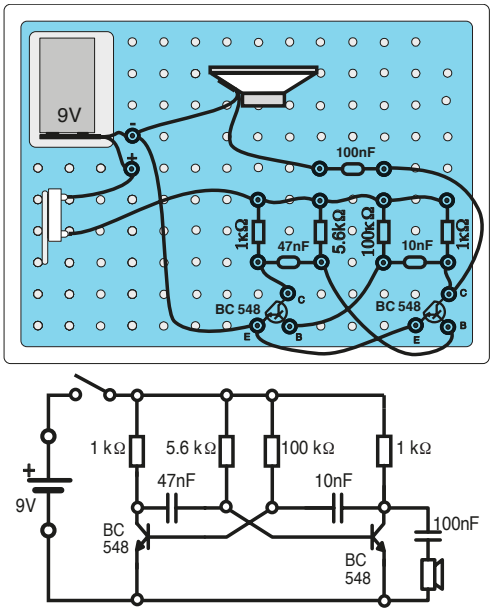


114. COME EVITIAMO CHE UNA CORRENTE CONTINUA PASSI ATTRAVERSO L'ALTOPARLANTE?

Nel circuito descritto copra, attraverso l'altoparlante passa una corrente continua pulsante. Cosa possiamo tare se vogliamo che attraverso di esso passi solo una corrente alternata? Per ottenere ciò usiamo un condensatore.
La rappresentazione grafica sottostante mostra come possiamo collegare l'altoparlante. Il voltaggio del collettore del transistor destro sta chiaramente pulsando. Tra l'emettitore ed il collettore, il voltaggio varia tra 0 V quando il transistor è aperto e 9 V quando è chiuso. Con un condensatore permetteremo solo ad una corrente alternata di passare attraverso l'altoparlante, dato che un condensatore condurrà corrente alternata ma non corrente continua.

Accessori: batteria 9 V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 114

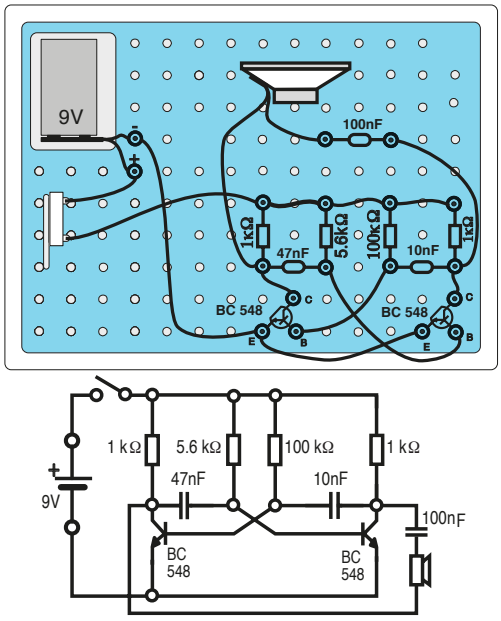


115. UN ALTOPARLANTE TRA DUE COLLETTORI

Abbiamo già detto varie volte che in un multivibratore il voltaggio tra l'emettitore ed il collettore varia tra 0 V e 9 V. Questo succede ad entrambi i transistor. Ma qual è il rapporto tra i voltaggi sui collettori dei due transistor?
Quando un transistor è aperto, l'altro è chiuso. Quindi il voltaggio sul collettore di un transistor verso il polo negativo della batteria sarà 0 V, e sull'altro 9 V. Supponiamo che il transistor sinistro sia aperto e quello destro chiuso. Allora il voltaggio tra i due collettori sarà: U = 9 V. Mentre il transistor inverte i ruoli, il voltaggio sui transistor cambierà. Ora il voltaggio tra il collettore del transistor sinistro ed il polo negativo della batteria sarà 9 V e sul destro 0 V. Il voltaggio tra i collettori sarà di nuovo 9 V, ma nella direzione opposta. Ora il voltaggio dei due collettori è: U = -9 V.
Se osserviamo il voltaggio su un collettore, esso cambia di 9 V. Se osserviamo contemporaneamente il voltaggio su entrambe i collettori, esso cambia da +9 V a -9 V. Il cambiamento di voltaggio è doppio!
In certi casi, collegare un carico tra i due collettori può essere vantaggioso. In questo caso, è importante che il carico non sia troppo per evitare che non faccia funzionare il circuito.
La resistenza dell'altoparlante è molto bassa, e attraverso esso passerà una corrente continua. Tra i collettori di entrambe i transistor, la resistenza sarà bassa, il che fermerebbe il funzionamento del circuito. Per evitare questo inconveniente, abbiamo collegato in serie un condensatore all'altoparlante.

Accessori: batteria 9 V, 18x7, 38, 40, 2x42, 45, 2x57, 59, 61, 63, 64, 65, 4x68, 4x69

Fig. 115

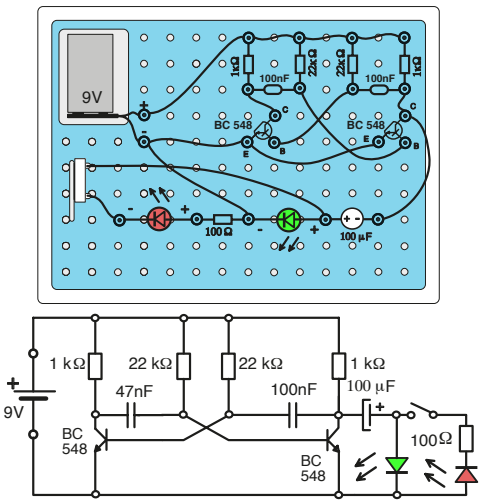


116. CIRCUITO PER PRODURRE CORRENTE NEGATIVA

Certe volte è essenziale, per certi scopi, avere una corrente negativa nel circuito. Il modo più semplice per ottenere ciò è avere un'altra batteria addizionale a quella che alimenta il circuito, che può essere usata come fonte di corrente negativa. Questo rende l'uso di tale circuito più costoso, dato che ora dobbiamo usare due batterie invece di una.
Se il consumo di energia che proviene dalla batteria che da corrente negativa è basso, possiamo assemblare un circuito che produrrà come uscita corrente negativa. Questo renderà il circuito più costoso, ma farà risparmiare in termini di batterie non usate per la corrente negativa.
Per produrre un voltaggio negativo, abbiamo bisogno della corrente alternata.
Nel nostro circuito, useremo un multivibratore instabile per produrre la corrente alternata. La corrente alternata passa attraverso il conduttore prima in una direzione e poi nell'altra. Il voltaggio tra il collettore per esempio del transistor destro in un multivibratore ed il polo negativo della batteria cambia: quando il transistor è aperto, è quasi zero, e quando è chioso, raggiunge quasi il voltaggio della batteria. Questa corrente non è alternata, ma pulsa.
Abbiamo già detto che attraverso un condensatore può passare corrente alternata, mentre la corrente continua non può. Quindi possiamo eliminare la corrente diretta da una corrente pulsante usando un condensatore.
In questo circuito viene usata questa caratteristica. Un condensatore è collegato al collettore del transistor destro, attraverso cui passa corrente alternata verso il multivibratore. Questa corrente passa attraverso due LED girati nella direzione opposta. Quando il circuito è collegato alla batteria, i diodi si illumineranno entrambi. Questo prova che attraverso il condensatore passa una corrente alternata. Quando la corrente va dal condensatore al polo negativo della batteria, passa attraverso il LED verde. Quando va nella direzione opposita, passa attraverso il diodo rosso e il resistore da 100 kΩ. Questo diodo ed il resistore fanno parte di un circuito che ha bisogno di voltaggio negativo.
Invece del LED verde, possiamo usare un comune diodo (1N4004) in questo circuito. Dobbiamo ancora far notare che un circuito che ha bisogno di corrente negativa non dovrebbe consumare troppo energia.
Se non sei sicuro che il multivibratore funzioni, puoi collegare l'altoparlante tra uno qualsiasi dei resistori da 1 kΩ ed il polo positivo della batteria.

Accessori: batteria 9 V, 21x7, 38, 40, 2x42, 43, 44, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 66, 4x68, 6x69

Fig. 116

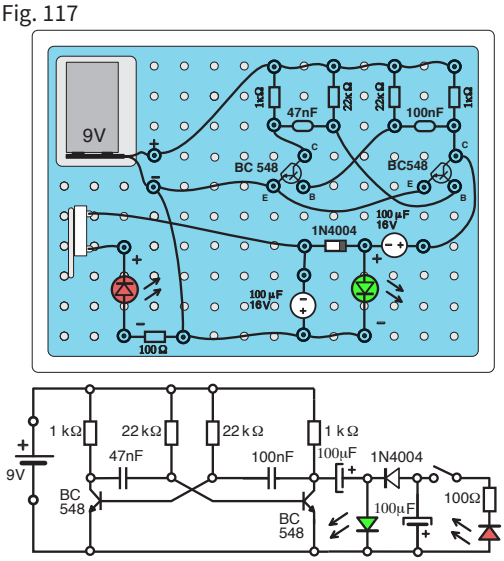


117. CIRCUITO PER PRODURRE CORRENTE NEGATIVA MIGLIORATO

La corrente continua ottenuta da un diodo non può essere maggiore del livello massimo della corrente continua.
Invece del LED rosso, puoi inserire un circuito a cui serve corrente negativa per funzionare.
Se la corrente negativa ottenuta dal circuito descritto sopra è troppo bassa, che moltiplica per due la corrente negativa diretta per ottenere corrente diretta negativa. Questo circuito viene fatto usando due diodi e due condensatori. Nel circuito, invece del diodo comune viene usato il LED verde.

Accessori: batteria 9 V, 24x7, 38, 40, 3x42, 43, 46, 2x57, 2x60, 61, 64, 65, 2x66, 4x68, 6x69, 2x70

Fig. 117

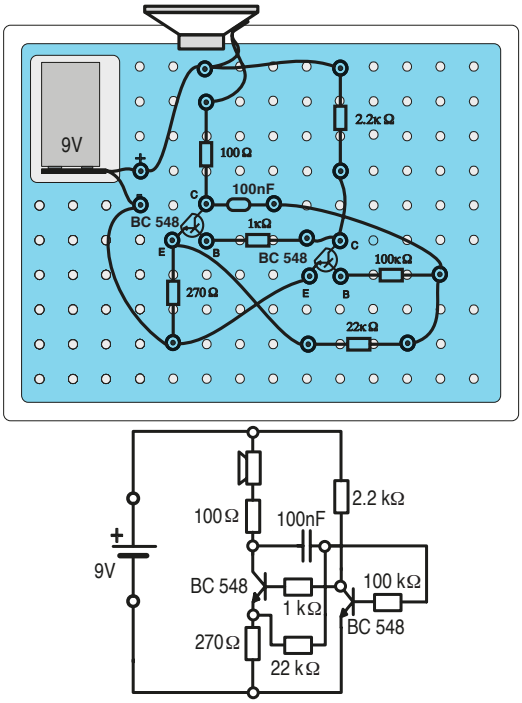


118. UN ALTRO GENERATORE DI SUONI

Con due transistor possiamo assemblare un generatore di suoni che non è un multivibratore, ma che funziona secondo un principio diverso. In modo da funzionare, il circuito ha bisogno di un feedback. Il feedback è un collegamento in un circuito attraverso cui parte del segnale di uscita viene inviato all'entrata. In questo caso, il circuito si comporta in modo differente da come si comporterebbe se non ci fosse un feedback.
Nel nostro esempio, abbiamo due transistor che formano un amplificatore a bassa frequenza.
Attraverso un condensatore da 100 nF ed un resistore da 100 kΩ, parte del segnale viene diretto dall'uscita dell'amplificatore (il collettore del transistor sinistro) all'entrata (la base del transistor destro). Supponi che mentre il voltaggio sta aumentando all'entrata del circuito, il voltaggio dell'uscita sta diminuendo. Se aggiungiamo un circuito alimenta le cariche all'uscita in dietro all'entrata, potremmo dire che "questo circuito è confuso" e non riesce a decidere quale dovrebbe essere il voltaggio all'entrata e di conseguenza all'uscita. Questo fa fluttuare il voltaggio. Diciamo che la linea di raccordo del feedback fa oscillare il circuito.

Accessori: batteria 9 V, 18x7, 38, 2x42, 45, 56, 57, 58, 60, 2x61, 65, 4x68, 3x69

Fig. 118

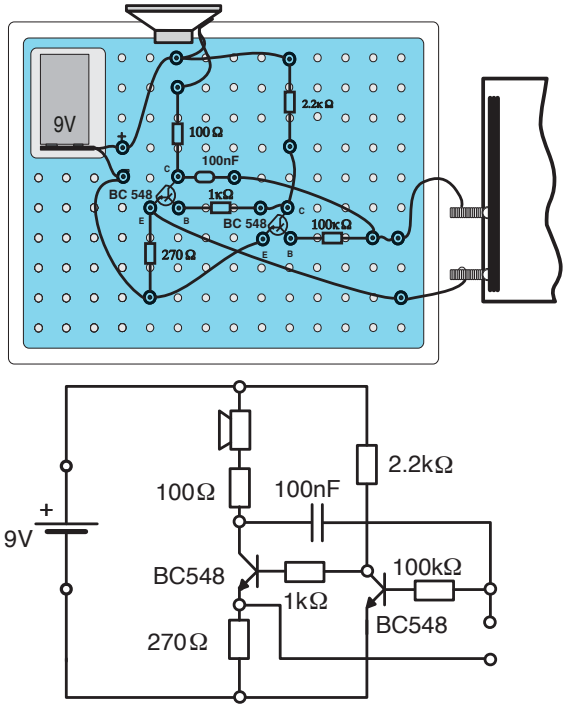


119. STRUMENTI MUSICALI

Se cambi il valore della resistenza del resistore da 22 kΩ, la frequenza dell'oscillatore cambierà e sentirai l'altoparlante emettere una tonalità diversa. Questo può essere dimostrato inserendo un potenziometro da 47 kΩ, collegato come un resistore regolabile, al posto del resistore da 22 kΩ.
Hai già fatto un resistore regolabile disegnando una linea di grafite su un pezzo di carta con una matita morbida. Questo tipo di resistore può essere usato come oscillatore per alterare la frequenza del suo funzionamento.
Collega il morsetto che è ad una estremità dello strato di grafite al circuito. Collega un altro pezzo di filo nel punto adatto del circuito è attaccaci un morsetto a molla. Fai scivolare questo morsetto lungo lo strato resistente.
Quando tocchi lo strato, l'oscillatore inizierà a funzionare. Se lo fai scivolare, la tonalità cambierà. Hai appena assemblato un semplice strumento musicale.

Accessori: batteria 9 V, 18x7, 38, 2x42, 45, 55, 56, 57, 58, 61, 65, 4x68, 5x69

Fig. 119

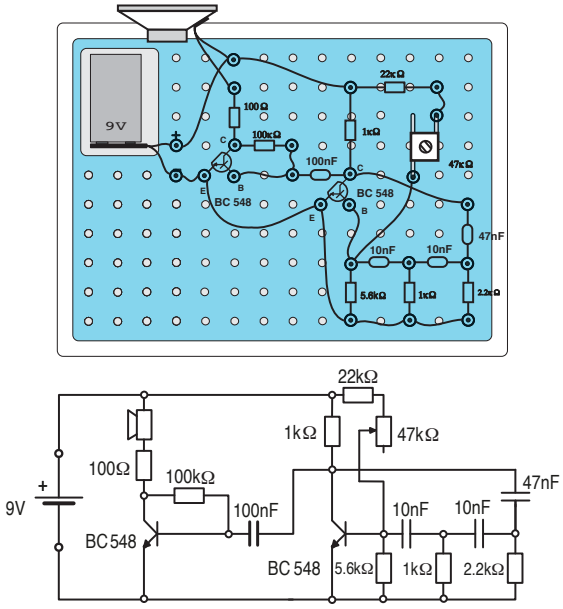


120. UN OSCILLATORE FATTO DA UNA SERIE DI RESISTORI E CONDENSATORI

Per ottenere un oscillatore da un amplificatore, abbiamo bisogno di una linea di raccordo feedback che porterà il segnale dall'uscita dell'amplificatore alla sua entrata. Le caratteristiche della linea di raccordo feedback determineranno se il circuito funzionerà come un oscillatore, e se lo farà, a quale frequenza funzionerà.
La rappresentazione grafica sottostante mostra un altro esempio di oscillatore fatto da una linea di raccordo feedback. Gira l'asse del potenziometro fino a che senti un suono dall'altoparlante. Il circuito per il collegamento di ritorno è assemblato usando una serie di tre condensatori e tre resistori.
Poiché il segnale è troppo debole per essere sentito, al circuito viene aggiunto un amplificatore a bassa frequenza the consiste di un transistor.
Dall'altoparlante sentirai un suono motto più gradevole con l'oscillatore che con un multivibratore instabile. Questo succede perché l'oscillatore descritto qui da una tonalità più pulita.

Accessori: batteria 9 V, 18x7, 38, 2x42, 45, 52, 55, 2x57, 58, 59, 60, 61, 2x63, 64, 65, 4x68, 5x69

Fig. 120



ELETTROSTATICA

121. COME OTTENERE ELETTRICITÀ DALLA CARTA

Prendi un foglio di carta da un quaderno ed asciugalo bene mettendolo sopra un termosifone od un fornello. Dopo averlo fatto, metti il foglio sul quaderno e strofinalo con la mano (figura 1). Poi solleva il foglio con la mano sinistra e avvicina le nocchie della mano destra sotto il foglio. Una scintilla elettrica andrà dal foglio alla tua mano.

Materiali necessari: foglio di appunti

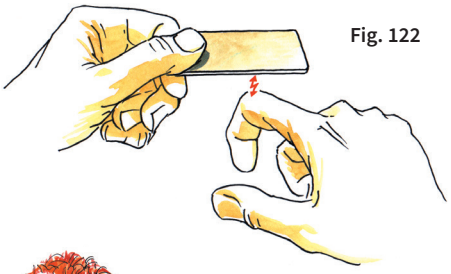
Fig. 121

122. SCINTILLA ELETTRICA - TUONO

Metti la piastra di plastica sul bordo del tavolo e strofinalo con la mano od un giornale, poi sollevala ed avvicina la nocchia del dito alla piastra (figura 2). Ci sarà una scintilla che andrà dalla piastra al tuo dito. Potrai udirla, sentirla, ed anche vederla al buio. La scintilla prodotta dal foglio o dalla piastra non è essenzialmente differente da quella prodotta da fulmini e tuoni. L'unica differenza è che in questi esperimenti la quantità di corrente elettrica è molto ridotta, mentre nel caso dei lampi sono presenti enormi quantità di corrente elettrica.

Materiali necessari: 26

Fig. 122



123. COME OTTENERE ELETTRICITÀ DALLA LANA

Se cammini a lungo con scarpe che hanno una suola di gomma su un tappeto di lana o di seta il tuo corpo diventerà carico di elettricità. Se poi tocchi una tubatura dell'acqua o un qualsiasi oggetto di metallo collegato a terra, ci sarà una scintilla che va dal tuo corpo all'oggetto. Come quando ci pettiniamo i capelli e sia il pettine che i capelli si caricano di elettricità. Lo stesso accade accarezzando un gatto o togliendosi vestiti sintetici. Tutto ciò è fastidioso, e le scintille possono creare inconvenienti anche alle stazioni di benzina e derivano dalla frizione della benzina contro le condutture, o sugli aeroplani dove la carica elettrica scaturisce dalla frizione dell'aereo contro l'aria.

Le scintille elettriche possono creare fastidi in attrezzature di carta o plastica come anche in attrezzature dove l'energia viene trasmessa attraverso cinghie di gomma o di cuoio. L'incidente del dirigibile Hindenburg è stato causato da una piccola scintilla elettrica.

Materiali necessari: pettine

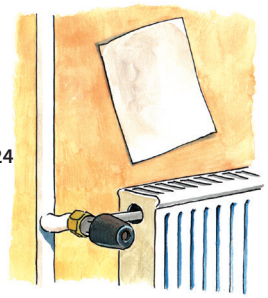
Fig. 123

124. "COLLA" ELETTROSTATICA

Durante l'inverno quando sono accesi i termosifoni, metti un grosso foglio di carta a riscaldarsi sopra il termosifone o sopra il radiatore, poi mettilo sul muro e strofinalo con la mano. Il foglio si attaccherà subito al muro e resterà attaccato lì a lungo. Questo è dovuto al fatto che nello strofinare il foglio lo abbiamo caricato con una carica elettrostatica.

Materiali necessari: foglio di giornale

Fig. 124

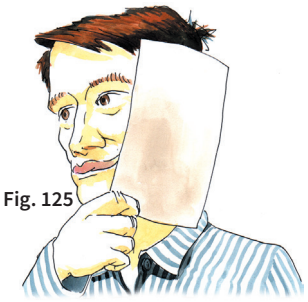


125. LA RAGNATELA ELETTRICA

Dopo aver riscaldato un foglio sopra il termosifone o il radiatore, mettilo sopra un quaderno e strofinalo energicamente, come mostrato nell'esperimento n.1. Adesso solleva il foglio ed avvicinalo alla guancia (figura 5). Ti sembrerà che la tua guancia tocchi una ragnatela. Strofinando il foglio lo hai caricato di elettricità, che ha fatto sollevare i peli del tuo viso dandoti così la sensazione di toccare una ragnatela.

Materiali necessari: foglio di appunti

Fig. 125

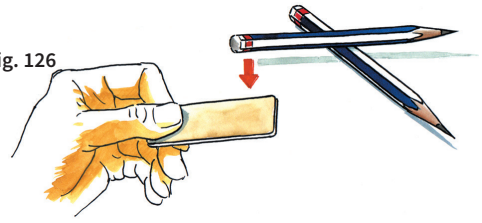


126. I CORPI CARICATI ELETTROSTATICAMENTE SI ATTRAGGONO

Metti due matite di legno esagonali a croce ed avvicina a quella sopra la piastra di plastica precedentemente strofinata con le dita od un giornale. Al posto della matita che sta sopra puoi usare un righello od un altro oggetto simile. Saranno tutti attratti dalla piastra caricata elettrostaticamente. Già nel 600 A.C. i greci avevano scoperto che l'ambra (in greco electron) attraeva oggetti leggeri, se questi erano stati precedentemente strofinati contro una mano o un altro materiale. Ed ecco da dove deriva il termine elettricità. Oggi invece dell'ambra che è costosa si usa la plastica. Anche la carta può essere caricata elettrostaticamente se ben seccata e strofinata. Successivi esperimenti mostreranno come strofinando due oggetti, entrambi, sia quello strofinato che quello con cui si strofina si caricano elettrostaticamente.

Materiali necessari: 26, 2 matite

Fig. 126

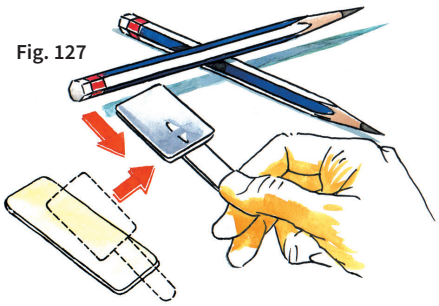


127. ANCHE I METALLI POSSONO ESSERE CARICATI ELETTROSTATICAMENTE

Posiziona due matite di legno esagonali una sopra all'altra, come mostrato nell'esperimento precedente. Prendi la paletta di metallo con il manico di plastica, strofinala contro la piastra di plastica reggendo il manico di plastica e poi avvicinala alla matita che sta sopra. La paletta di metallo caricata elettrostaticamente attrarrà la matita. Come vedi anche i metalli possono essere caricati elettrostaticamente se li strofini. Scoprirai in seguito perché la paletta di metallo è stata fissata ad un manico di plastica.

Materiali necessari: 26, 27, 2 matite

Fig. 127



128. GLI OGGETTI CARICATI ELETTROSTATICAMENTE RESPINGONO QUELLI NON CARICATI

Metti due matite sulla base di plastica come mostrato nella figura 8. Avvicina ora la paletta di metallo caricata elettrostaticamente alla matita che sta sopra. Essa attrarrà la matita. Se tuttavia, la stessa paletta di metallo viene ricaricata elettrostaticamente essa respingerà la matita. In tutti gli esperimenti precedenti gli oggetti caricati elettrostaticamente attraevano gli oggetti non caricati, ma come hai potuto vedere, in certi casi li possono anche respingere.
Materiali necessari: 8, 26, 27, 2 matite

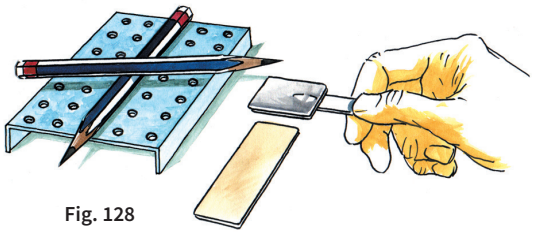


Fig. 128

129. UN OGGETTO CARICATO ELETTROSTATICAMENTE VICINO AD UN PICCOLO GETTO D'ACQUA

Metti la piastra di plastica caricata elettrostaticamente vicino ed un piccolo getto d'acqua (figura 9). La piastra attrarrà il piccolo getto d'acqua ma al tempo stesso lo disperderà.
Materiali necessari: 26, un bicchiere d'acqua

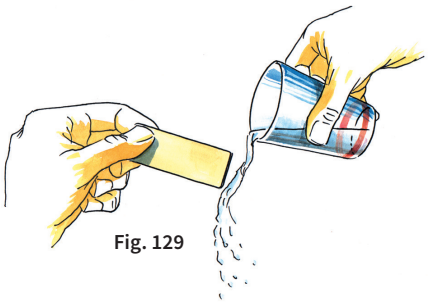


Fig. 129

130. QUANDO GLI OGGETTI CARICATI ELETTROSTATICAMENTE SI ATTRAGGONO E QUANDO SI RESPINGONO?

Per questo interessante esperimento è necessario che tu faccia una dopo l'altra le seguenti cose:
Strofina la piastra di metallo contro la base di plastica. Metti la piastra di plastica sopra la campana di alluminio in modo che sia libera di muoversi. Avvicina alla piastra di plastica la paletta di metallo caricata elettrostaticamente e vedrai che la piastra e la paletta di metallo si attraggono a vicenda. Ora fai scorrere il manico della paletta di metallo tra le dita ben asciutte o strofinalo contro un foglio di carta, se adesso lo avvicini alla piastra di plastica vedrai che si respingono. Questo esperimento ti dimostra che gli oggetti caricati elettrostaticamente hanno polarità differenti, e come queste polarità possano attrarsi o respingersi.
Materiali necessari: 13, 26, 27

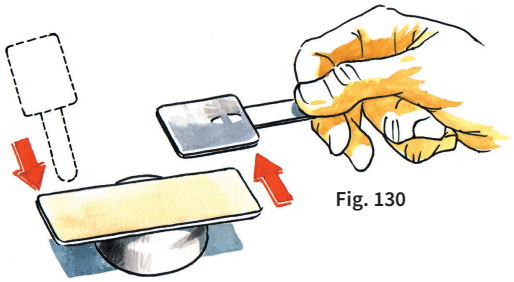


Fig. 130

131. COME COSTRUIRE UN SEMPLICE ELETTROSCOPIO

Usando i componenti che ti abbiamo fornito cerca di costruire un semplice elettroscopio. La figura 11 ti mostrerà come devi assemblare le varie parti. Sulla base di plastica è montato un sostegno di ferro che regge un indicatore fatto con un foglio di carta leggero che misura 140 x 12 mm, e che deve essere piegato come mostrato nella figura. L'indicatore è retto da uno spillo che lo attraversa appena al di sopra del suo centro di gravità e che serve da asse. L'elettroscopio non presenta difetti se l'indicatore è posizionato verticalmente alla base e se oscilla leggermente quando viene inclinato.
Materiali necessari: 3 x 5, 3 x 6, 8, 20, 2 x 28, 29, uno spillo, un indicatore

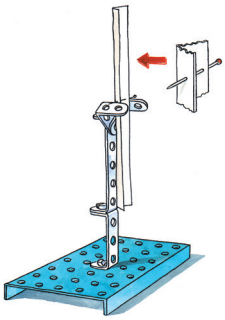


Fig. 131

132. LA PLASTICA CARICATA ELETTROSTATICAMENTE ATTRAE L'INDICATORE

Fai scorrere la piastra di plastica tra le dita ben asciutte o strofinala su un foglio di carta, poi avvicinala all'indicatore dell'elettroscopio (figura 12). La piastra di plastica attrarrà l'indicatore. L'esperimento può essere ripetuto con un pettine, un pezzo di vetro o della cera lacca che siano stati strofinati contro i vestiti. Tutti questi oggetti e molti altri ancora attrarranno l'indicatore se sono stati precedentemente strofinati. Perché strofinando gli oggetti, essi si caricano elettrostaticamente.
Materiali necessari: (11), 26

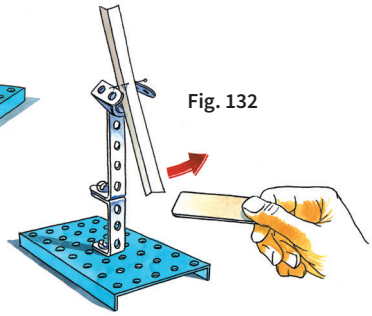


Fig. 132

133. LA PALETTA DI METALLO CARICATA ELETTROSTATICAMENTE ATTRAE L'INDICATORE DELL'ELETTROSCOPIO

Ripeti l'esperimento n.12, ma questa volta strofina la piastra di plastica contro la paletta di metallo con il manico di plastica. Se ora avvicini la paletta di metallo all'indicatore dell'elettroscopio, essa lo attrarrà. Avvolgi ora la paletta di metallo in un pezzo di stoffa od un foglio di carta e strofinala di nuovo contro la piastra di plastica. Strofinando, il foglio di carta, il pezzo di stoffa ed anche altri oggetti si caricheranno elettrostaticamente. Questi esperimenti dimostrano come sia gli oggetti strofinati che quelli usati per strofinare si carichino elettrostaticamente.
Materiali necessari: (11), 26, 27, un pezzo di stoffa o un foglio di carta

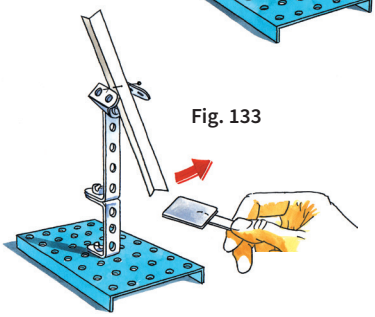


Fig. 133

134. COME SI CARICA L'ELETTROSCOPIO

Metti sul bordo del tavolo la piastra di plastica e strofinaci sopra con una leggera pressione la paletta di metallo, poi tocca con questa il sostegno di ferro che regge l'indicatore (figura 14). L'indicatore si inclinerà e rimarrà così. Più volte ripeterai questa operazione più aumenterà l'inclinazione dell'indicatore. Questo è dovuto al fatto che aumenta la carica elettrostatica.
Materiali necessari: (11), 26, 27

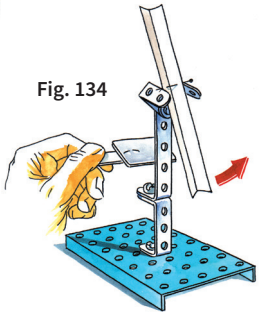


Fig. 134

135. COME SI SCARICA L'ELETTROSCOPIO

Se tocchi con un dito il sostegno di ferro (figura 15) l'indicatore tornerà in posizione verticale. Gli elettroni sono stati scaricati a terra attraverso il tuo corpo o forse è accaduto il contrario. I precedenti esperimenti hanno dimostrato che gli oggetti si caricano elettrostaticamente quando vengono strofinati contro la plastica. Accadrà la stessa cosa alla tua mano?
Materiali necessari: (11)

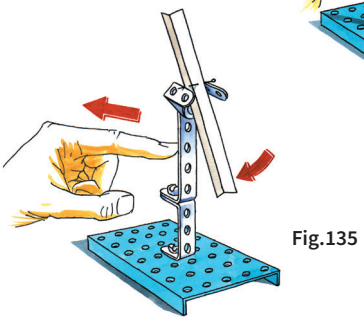


Fig.135

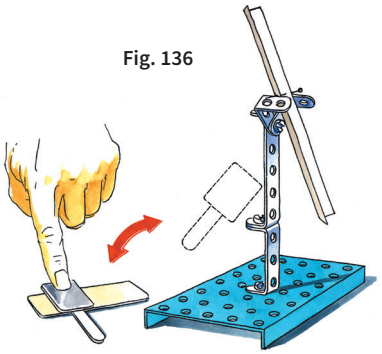
136. COME SI CARICA PROGRESSIVAMENTE L'ELETTROSCOPIO

1. Posiziona la piastra di plastica sul bordo del tavolo e strofinala con la mano o un foglio di carta.
2. Metti la paletta di metallo con il manico di plastica sulla piastra di plastica.
3. Prima di sollevare la paletta di metallo, toccala con il dito.
4. Ora tocca il sostegno di ferro con la paletta di metallo. L'indicatore si inclinerà.

Se ripeterai più volte i punti 2, 3 e 4 l'inclinazione dell'indicatore aumenterà, perché aumenta la carica elettrostatica. La piastra di plastica e la paletta di metallo formano insieme uno strumento chiamato elettroforo.

Materiali necessari: (11), 26, 27

Fig. 136



137. COME SI SCARICA PROGRESSIVAMENTE L'ELETTROSCOPIO

Carica l'elettroscopio attraverso l'elettroforo come mostrato nell'esperimento precedente. Quando l'elettroscopio sarà caricato, toccalo con la paletta di metallo. L'inclinazione dell'indicatore diminuirà un poco. Toccando con la paletta di metallo il tuo corpo e poi l'elettroscopio farai diminuire lentamente l'inclinazione dell'indicatore.

Materiali necessari: (11), 26, 27

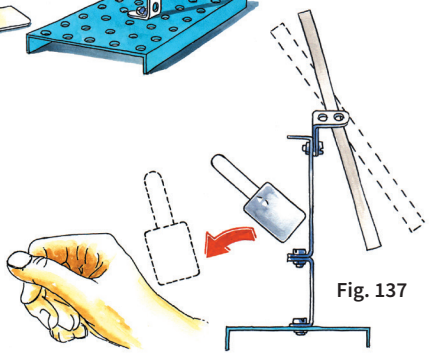


Fig. 137

138. CONDUTTORI ED ISOLANTI

Carica l'elettroscopio usando l'elettroforo (vedi esperimento n.16). Adesso tocca il sostegno dell'elettroscopio con il manico della paletta di metallo, una matita, un pezzo di carta, la piastra di rame e con altri componenti del set.

Che cosa noti? Se tocchi il sostegno con oggetti di plastica, vetro asciutto, porcellana, cera lacca, paraffina solida etc. l'indicatore dell'elettroscopio non si muoverà per niente. E quindi i materiali appena elencati sono isolanti. Invece i metalli sono ottimi conduttori così come il nostro corpo, la matita, la carta umida etc.

Materiali necessari: (11), 24, 26, 27, vari oggetti

139. CARICA ELETTROSTATICA POSITIVA E NEGATIVA

Carica l'elettroscopio usando l'elettroforo e poi avvicina all'indicatore la paletta di metallo usata per caricare l'elettroscopio (figura 19). L'indicatore si inclinerà. Se avvicini all'indicatore la piastra di plastica esso sarà attratto da quest'ultima. Questo prova che i corpi si caricano differentemente. In questo caso la paletta di metallo e l'elettroscopio che è stato caricato sono stati caricati positivamente, mentre la piastra di plastica è stata carica negativamente. Gli oggetti che hanno la stessa carica si respingono, mentre quelli con carica opposta si attraggono.

Materiali necessari: (11), 26, 27

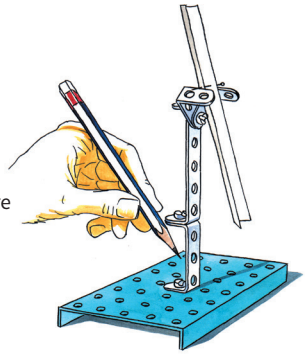


Fig. 138

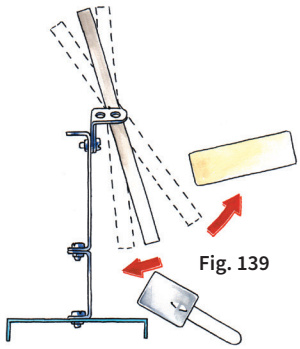


Fig. 139

140. PENDOLO ELETTROSTATICO

Prova a costruire un pendolo elettrostatico che ti permetterà di condurre degli esperimenti molto interessanti. Esso è costituito da una pallina di midollo di sambuco o polistirolo (1), un filo di cotone (2), un supporto verticale di carta (3), un supporto ad L (4) ed un supporto di carta orizzontale (5). Se non riesci a trovare una pallina di midollo di sambuco, andrà benissimo anche una pallina di carta stagnola. Avvolgi la barra di ferro o il magnete forniti con un pezzo di carta stagnola di 5 x 3 cm intorno ad una matita, comprimilo davanti e legalo ad un filo di cotone o di nylon (preso per esempio da un vecchio collant). Per fare i supporti di carta, prendi un foglio di carta da un quaderno e taglialo secondo la lunghezza maggiore in due parti uguali. Ricopri ciascuna parte con colla e avvolgila delicatamente intorno alla barra di ferro fornita nel set o anche intorno ad uno spesso ferro da maglia. Prima che la colla si asciughi completamente prendi il supporto dalla barra proteggendola dal disfacimento con un elastico od un pezzo di fettuccia e fissala alla base di plastica con una vite a doppia filettatura. Otterrai il supporto ad L piegando un filo metallico dello stesso diametro ad angolo retto.

Materiali necessari: 2 x 6, 8, 9, 12, carta, carta stagnola, filo di cotone, filo di metallo

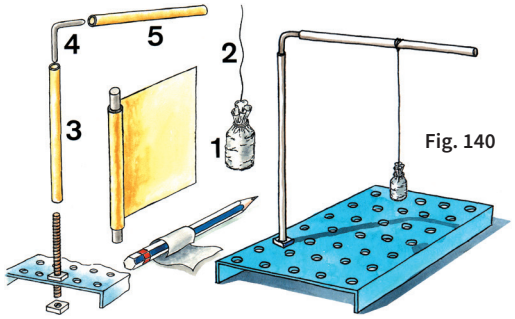


Fig. 140

141. ESPERIMENTI CON IL PENDOLO ELETTROSTATICO

1. Avvicina la piastra di plastica caricata elettrostaticamente al pendolo elettrico. La piastra di plastica attirerà la pallina di midollo solo per respingerla subito dopo, tanto che tu non riuscirai ad acchiapparla con la piastra di plastica.
2. Tocca la pallina di midollo con la mano ed avvicina ad essa la paletta di metallo caricata elettrostaticamente. Questa attirerà il pendolo solo per respingerlo subito dopo. Come si spiegano questi fenomeni?

La plastica è caricata negativamente. Per questo attira il pendolo che però a questo punto si carica negativamente e di conseguenza viene respinto. La paletta di metallo è caricata positivamente. Il pendolo viene prima attratto ma poi quando tocca la paletta si carica positivamente e viene respinto. Questo esperimento dimostra che oggetti con la stessa carica elettrostatica si respingono.

Materiali necessari: (20), 26, 27

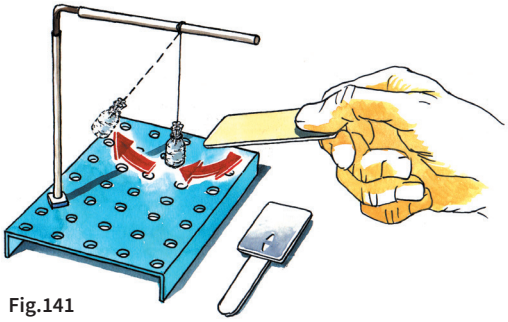


Fig.141

142. GLI OGGETTI CON CARICHE OPPOSTE SI ATTRAGGONO

Per questo esperimento sono necessari due pendoli. Il primo è montato su una base di plastica mentre il secondo è montato su una campana di alluminio. Tieni i due pendoli separati e caricali con cariche elettrostatiche opposte. Riducendo la distanza tra i due pendoli ti accorgerai che essi si attraggono. Se tuttavia i due pendoli si toccano le loro cariche si bilanceranno. Questo esperimento dimostra che:

1. Gli oggetti con cariche opposte si attraggono.
2. Una carica positiva ed una negativa egualmente forti si bilanciano.

Materiali necessari: (20), 6, 13, 25, 26, 27, carta, carta stagnola, filo

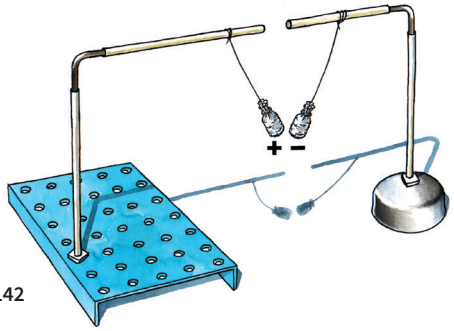


Fig.142

143. ELETTROSCOPIO A FOGLIE

I successivi esperimenti sull'elettricità statica richiedono uno strumento più preciso. Seguendo le istruzioni potrai costruire un elettroscopio a foglie: 1. Usa un dado ed un bullone per fissare la grossa staffa 60 x 12 mm al centro della base di plastica.
2. Usa un altro dado e bullone per fissare la campana di alluminio all'altro capo della staffa, lasciando sporgere 10 mm del bullone al di sopra della campana. A questo dovrai attaccare un supporto di carta lungo 90 mm avvolto in carta stagnola. L'esperimento n.20 spiega come fare il supporto. Alla parte superiore del supporto devono essere fissati due sostegni fatti di filo di rame scoperto il cui spessore deve essere di 0,3 mm oppure di filo di costantana il cui spessore deve essere di 0,2 mm. Il sostegno è un rettangolo lungo 10 mm e largo 5 mm, modellato in modo da poter essere fissato al supporto. Le foglie dell'elettroscopio dovrebbero essere fatte con due pezzi di carta sottile che misurano 8 x 70 mm. Esse vanno fissate al sostegno come è mostrato nella figura 23 (destra). La freccia indica dove la carta deve essere incollata insieme.

Materiali necessari: 5, 2 x 6, 8, 13, 20, 25, 36, carta, carta stagnola

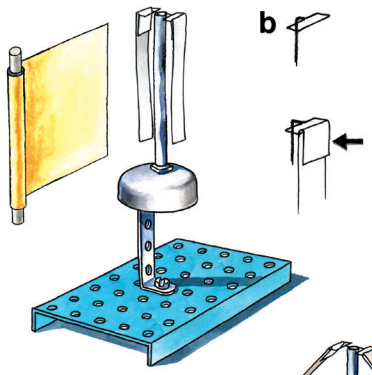


Fig. 143

144. COME SI OTTIENE L'ELETTRICITÀ DA UNA SCATOLA DI FIAMMIFERI

Metti la paletta di metallo dentro una scatola di fiammiferi, e reggendola con il manico di plastica, strofinala contro la piastra di plastica. Quando tocchi l'elettroscopio con un dito le foglie si avvicineranno. Poi avvolgi la piastra di plastica nella carta, in un panno, pelliccia, etc. e cerca di caricarli strofinandoli contro una piastra di plastica. Poi cerca di caricare un pezzo di vetro strofinandolo contro la lana o la seta.

Materiali necessari: (23), 26, 27, scatola di fiammiferi

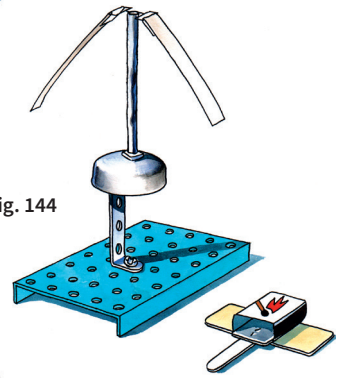


Fig. 144

145. CAPACITÀ

Avvolgi l'estremità del manico della paletta di metallo con della carta stagnola (vedi punto "a") in modo da ottenere due palette di metallo, una grande ed una piccola, fissate allo stesso manico isolante (figura 25).
Ora segui le istruzioni dell'esperimento n.16 per caricare l'elettroscopio fino ad ottenere la totale deflessione. Se tocchi l'elettroscopio caricato con piccolo metallo dallo stagno, l'angolo tra le due foglie diminuirà. Poi con la stessa paletta tocca ripetutamente prima il tuo corpo e poi l'elettroscopio fino a quando le due foglie saranno molto vicine l'una a l'altra. Ora ripeti l'esperimento usando però la paletta di metallo più grande. Quale delle due ha una maggiore capacità?

Materiali necessari: (23), 26, 27, carta stagnola

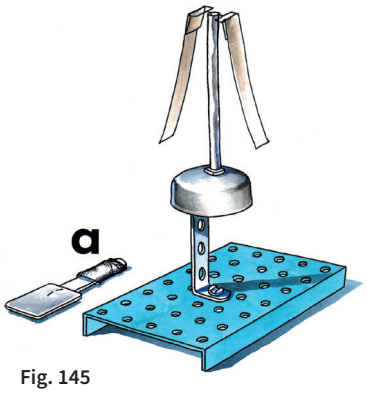


Fig. 145

146. IONIZZAZIONE DELL'ARIA

1. Carica l'elettroscopio fino a che le due foglie non raggiungono una totale deflessione e calcola il tempo che rimangono in questa posizione. Quando l'aria è secca, specialmente in inverno, le foglie rimarranno lontane per alcune ore, il che dimostra che l'aria è un buon isolante. Quando è umido, invece, le foglie torneranno velocemente nella loro posizione iniziale.
2. Ricarica l'elettroscopio e cautamente (perché altrimenti le foglie potrebbero andare a fuoco) avvicina ad esso un fiammifero accesso. Le foglie si riavvicineranno immediatamente.
Questo perché per effetto del calore le molecole dell'aria cominciano a muoversi così velocemente che è probabile si verifichi una reciproca ionizzazione; in altre parole, le molecole si caricano e si scaricano a vicenda di elettroni. L'aria si ionizza, ma è stato provato che l'aria ionizzata è un cattivo isolante. Questo è il motivo per cui spesso i lampi provocano incendi.

Materiali necessari: (23), 26, 27, fiammiferi

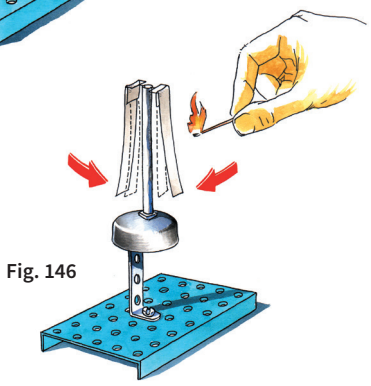


Fig. 146

147. CAMPO ELETTROSTATICO

Ritaglia da un cartone di spessore medio una piastra della stessa grandezza di quella di plastica fornita nel set. Mettila sul bordo del tavolo e poggiaci sopra quella di plastica. Se strofini la piastra di plastica con della carta o con la mano asciutta e poi la sollevi che cosa noti?
Sollevando la piastra di plastica hai sollevato anche quella di cartone, nonostante essa sia piuttosto pesante.
Mentre la strofinavi la piastra di plastica si è caricata negativamente, mentre quella di cartone, sotto l'effetto della carica negativa, si caricava positivamente. In teoria, la carica positiva e quella negativa si attraggono. La forza con cui si attraggono può essere considerevole e può essere avvertita quando si separano le due piastre (figura 27). Il campo tra le due piastre è chiamato campo elettrostatico.

Materiali necessari: 26, piastra di cartone

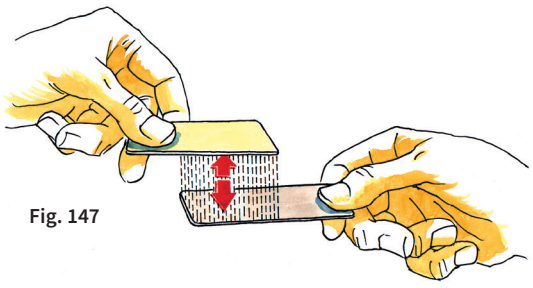


Fig. 147

148. LINEE DI FORZA ELETTRICHE

Metti un pezzo di cartone, sotto cui hai messo un lungo filo i cui estremi escono dai lati della piastra di cartone, sul bordo del tavolo. Ora metti sopra alla piastra di cartone una piastra di plastica e strofina quest'ultima con la mano asciutta o della carta. Ora con una mano tieni la piastra di cartone sul tavolo e con l'altra solleva la piastra di plastica di circa 6-8 mm. Noterai una certa resistenza. Inoltre gli estremi del filo si solleveranno verso la piastra di plastica. Questo perché il campo elettrostatico tra le due piastre è fatto di linee di forza elettriche invisibili, la cui direzione è indicata dagli estremi del filo.

Materiali necessari: 26, un pezzo di cartone, filo

Fig. 148

149. CONDENSATORE

Poggia una piastra di plastica caricata elettrostaticamente sul bordo del tavolo e mettici sopra l'elettroscopio. Le foglie dell'elettroscopio non si muoveranno nonostante la piastra di plastica sia carica elettrostaticamente. Come mai? La plastica è caricata negativamente. Di conseguenza la tavola assume una carica positiva in relazione a quella negativa della piastra di plastica. Sollevando la piastra di plastica con sopra l'elettroscopio di circa 8-9 cm al di sopra del tavolo, la carica positiva del tavolo diminuirà, e quella della piastra diverrà predominante, e quindi le foglie dell'elettroscopio si distanzieranno. La tavola caricata positivamente e la piastra di plastica caricata negativamente formano un condensatore. Il principio del condensatore è stato già menzionato nell'esperimento n. 27 e 28.

Materiali necessari: (23), 26, 27

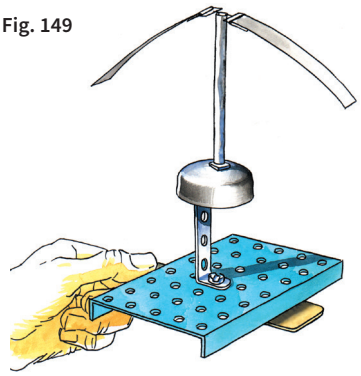


Fig. 149

150. RILEVAZIONE DELLA POLARITÀ ATTRAVERSO UNA LAMPADA AD INCANDESCENZA

Tocca l'elettroscopio caricato negativamente con una lampada ad incandescenza. Le foglie dell'elettroscopio si avvicineranno e uno degli elettrodi della lampada ad incandescenza si illuminerà. Se l'elettroscopio ha una carica positiva si illuminerà l'altro elettrodo.

Le lampade a incandescenza sono usate per testare la tensione di alimentazione degli strumenti. Se una lampada ad incandescenza è collegata alla linea di alimentazione, si accenderanno entrambi gli elettrodi, e ciò è dovuto alla corrente alternata. Nota bene: eseguire l'esperimento in una camera piuttosto buia.

Materiali necessari: (23), 26, 27, una lampada ad incandescenza (non inclusa)

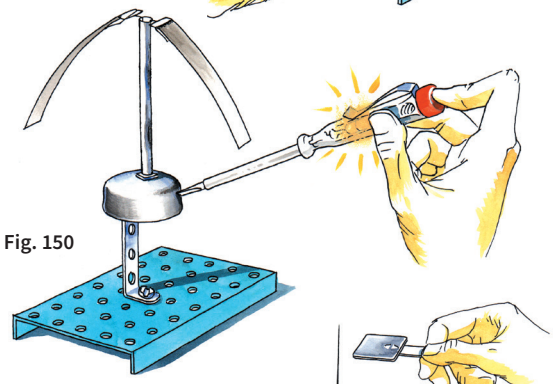


Fig. 150

151. EFFETTO AGO

Fissa un ago o un pezzo di filo metallico all'elettroscopio e posiziona vicino ad esso, senza toccarlo, una paletta di metallo caricata positivamente. Le foglie dell'elettroscopio si defletteranno, nonostante l'elettroscopio non sia stato toccato. Poi rimuovi la paletta di metallo ed avvicina all'ago, senza toccarlo, un altro ago o un pezzo di filo metallico che terrai in mano. L'elettroscopio si scaricherà lentamente, a patto che i due aghi non si tocchino mai. È ovvio che tramite l'ago gli elettroni passano da un corpo all'altro.

In genere queste punte risolvono vari problemi tecnici. Sono usati nelle cartiere per mettere a massa l'elettricità statica che viene creata dalla frizione della carta e che fa aderire i fogli di carta tra loro. Queste punte sono inoltre usate per rimuovere l'elettricità statica dagli aerei che si caricano elettrostaticamente a causa della frizione con l'aria, come anche dalle cinghie di trasmissione; inoltre esse servono a proteggere gli edifici dai fulmini.

Materiali necessari: (23), 26, 27, un ago

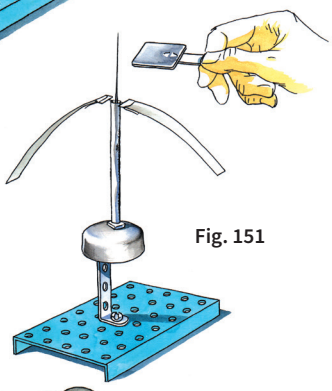


Fig. 151

152. IL PARAFULMINE

Il parafulmine è costituito da un'asta di ferro con una punta in cima. C'è uno spesso filo di rame o una lamina di zinco che vanno dalla punta fino a terra dove si collegano ad una rete di metallo più grande.

Se una nuvola carica elettrostaticamente si avvicina all'edificio, questo, a causa del fenomeno dell'induzione, si caricherà a sua volta. Se la nuvola ha una carica positiva, quella dell'edificio sarà negativa e viceversa. Quello tra l'edificio e la nuvola è un fortissimo campo elettrico (condensatore). Grazie alla punta del parafulmine gli elettroni passano dalla nuvola al parafulmine e viceversa. In questo modo le cariche si bilanciano ed il pericolo di un fulmine viene evitato. Se dovesse esserci un fulmine, esso colpirà il parafulmine e non l'edificio. Ecco perché i grandi edifici ne sono provvisti.

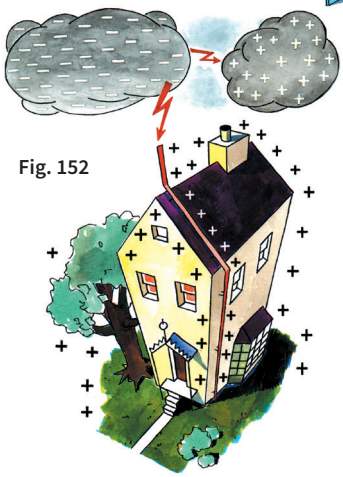


Fig. 152

153. LA GABBIA DI FARADAY

Oltre che con i parafulmini gli edifici possono essere protetti dai fulmini attraverso la cosiddetta gabbia di Faraday, che è anche più sicura ed affidabile. Attraverso alcuni esperimenti potrai capire come funziona.

Metti un piccolo contenitore di latta (un vecchio barattolo o una tazzina di alluminio) sopra una base di plastica ed attacca alcuni pezzetti di carta sottile (nella figura 33 ne vengono mostrati solo due) sulla superficie interna ed esterna del contenitore di latta. Poi tocca il contenitore di latta (la gabbia) con una paletta di metallo caricata elettrostaticamente. La carta attaccata all'esterno si defletterà, mentre la carta all'interno non si muoverà. Anche se continuerai a caricare il contenitore, la carica si distribuirà solo sulla superficie esterna, mentre la superficie interna rimarrà scarica, cioè neutrale. Il contenitore continuerebbe a comportarsi nello stesso modo anche se fosse bucato in diversi punti. Ed anche se invece di usare un contenitore di latta si usasse un cestello fatto di filo metallico, il comportamento di quest'ultimo sarebbe identico a quello del contenitore. Quindi se si avvolgesse una casa con la stessa struttura di filo metallico, essa verrebbe protetta dai fulmini.

La gabbia di Faraday viene usata soprattutto per proteggere i depositi di munizioni.

Materiali necessari: 8, 26, 27, un contenitore di metallo, carta

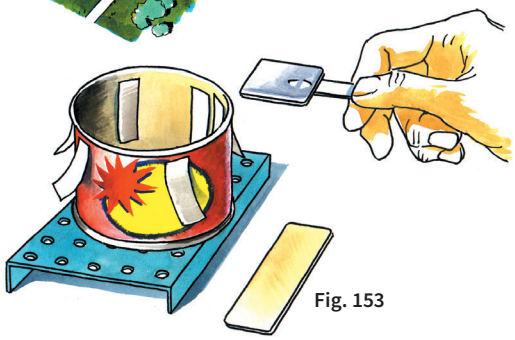


Fig. 153

154. ALCUNI ALTRI ESPERIMENTI

Usando una lama di rasoio taglia alcune palline di midollo o polistirolo, mettile sul tavolo ed avvicina ad esse una paletta caricata elettrostaticamente. Le palline cominceranno a saltellare sul tavolo. Invece delle palline di midollo puoi usare dei piccoli rotoli di carta.

Materiali necessari: 26, 27, carta, palline di midollo o palline di polistirolo (non incluso)

Fig. 154

155. MOLECOLE, ATOMI, ELETTRONI

Tutta la natura intorno a noi è fatta di diverse sostanze. Un elemento è una sostanza pura che non può essere separata in due sostanze con una reazione chimica. Gli elementi sono fatti di atomi che si uniscono in molecole. Oggi conosciamo 118 elementi, di cui 92 sono reperibili in natura mentre gli altri si creano artificialmente con reazioni nucleari. Anche se gli atomi dei singoli elementi variano molto, hanno talune caratteristiche comuni come la loro struttura e la grandezza. Ogni atomo è formato da uno spesso e pesante nucleo, intorno a cui ruotano continuamente un certo numero (piccolo o grande) di elettroni. Il più semplice è l'atomo di idrogeno (figura 35 sinistra). Esso è formato da un piccolo nucleo, intorno a cui ruota un singolo elettrone, come la luna ruota intorno alla terra. Al centro della figura 35 viene mostrato un atomo di elio. L'atomo dell'elio ha un nucleo più grande, intorno a cui ruotano due elettroni. Intorno al nucleo del litio ruotano tre elettroni, a quello del ferro 26, a quello dell'oro 79, a quello del piombo 82, e a quello dell'uranio 92 elettroni, che sono posti a distanze diverse tra loro. Negli atomi gli elettroni sono legati al nucleo esattamente nello stesso modo in cui la Luna è legata alla Terra e la Terra al Sole. In alcuni corpi gli atomi potrebbero perdere alcuni elettroni. A causa di questa mancanza di elettroni i corpi assumono una carica positiva, mentre quelli che hanno elettroni in eccesso hanno una carica negativa.

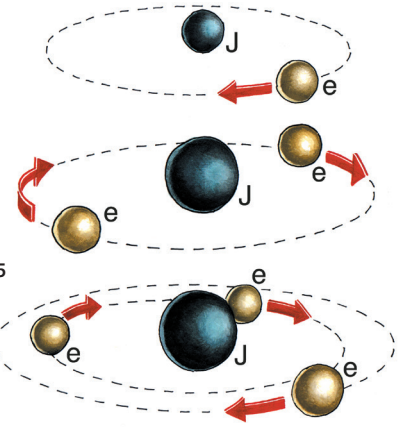


Fig. 155

MAGNETISMO

156. IL MISTERO DEL MAGNETISMO

Il nostro set contiene due pesanti barre cilindriche, una termina con una vite. Senza l'ausilio di altri oggetti questo esperimento dimostrerà:
1. Quale dei due oggetti è una calamita e quale è solo ferro;
2. Se è il ferro ad essere attratto della calamita oppure è l'opposto.
L'esperimento può essere condotto nel seguente modo: metti uno dei due oggetti sul tavolo e prova a sollevarlo con l'altro oggetto che deve toccare il primo in un punto situato più o meno al centro (traccia il punto centrale di entrambi gli oggetti, come è mostrato nella figura 36a in b). Se riesci a sollevare l'oggetto sul tavolo, quello che tieni in mano è la calamita. Se invece l'oggetto sul tavolo resta lì, quello è la calamita. La spiegazione di ciò verrà data in seguito. Gli esperimenti mostrano che non solo la calamita attrae il ferro ma che anche il ferro attrae la calamita. Perciò i due si attirano reciprocamente.
Materiali necessari: 10, 16

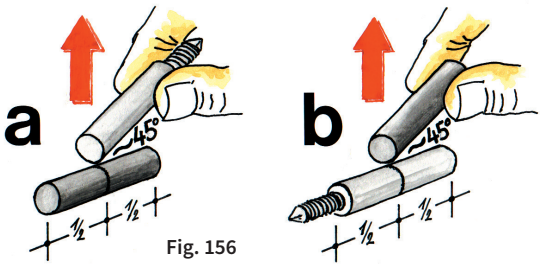


Fig. 156

157. LA CALAMITA

I greci scoprirono che un particolare minerale trovato vicino alla città di Magnesia in Asia Minore aveva il potere di attrarre piccoli pezzi di ferro. La leggenda narra anche che dei pezzetti di questo minerale venivano attratti dai bastoni ricurvi di ferro dei pastori. Questo minerale fu chiamato magnetite ed il potere di attrarre oggetti, magnetismo. Come verrà mostrato in seguito questo magnete naturale può essere usato per farne uno artificiale. Anche il nostro set contiene un magnete artificiale, ma esso non è stato fatto usando la magnetite, bensì usando l'elettricità. Usando questo magnete puoi sollevare tutti i bulloni ed i dadi contenuti nel set, come anche altri oggetti di ferro.
Materiali necessari: 5, 6, 10

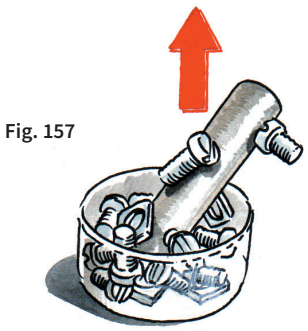


Fig. 157

158. LA CALAMITA ATTIRA SOLO GLI OGGETTI DI FERRO?

Metti sul tavolo oggetti di metallo diverso presi dal set e cerca di sollevarli con la calamita. Quali oggetti saranno sollevati? Sarà possibile sollevare tutti gli oggetti di ferro, bulloni, dadi, chiodi, pezzi di lamina di ferro, mentre la calamita non attrarrà gli oggetti di zinco, di rame o di piombo. Altri esperimenti dimostrerebbero che la calamita attrarrebbe oltre agli oggetti di ferro anche quelli fatti di cobalto e di nichel. Il maggiore potere magnetico di una calamita si ha quando la calamita è fatta con le cosiddette leghe magnetiche, quali ALNI (alluminio e nichel) o ALNICO (alluminio, nichel e cobalto). La calamita del nostro set è fatta con la lega ALNICO.
Materiali necessari: 5, 6, 10, 23, 24, oggetti di metallo

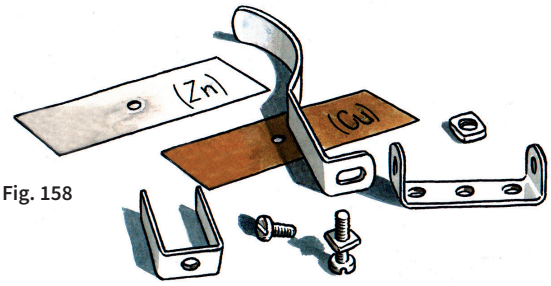


Fig. 158

159. LA CALAMITA HA DUE POLI

Ricopri un foglio di carta con limature di ferro, mettici sopra la calamita e sollevalo subito. La limatura si attaccherà alla calamita, ma non si disporrà ugualmente sulla lunghezza della calamita. Le estremità dove l'attrazione magnetica è più forte si chiamano poli. Ogni calamita ha due poli. Se qui l'attrazione magnetica è più forte, al centro della calamita essa è uguale a zero. Pensi di poter risolvere ora il mistero dell'esperimento n.36?
Materiali necessari: 3, 10, pezzo di carta

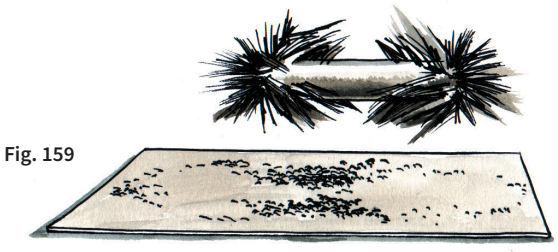


Fig. 159

160. CAMPO MAGNETICO

Metti la calamita sotto una base di plastica sopra la quale hai poggiato un foglio di cartone 9,5 x 7 cm. Poi:
1. Spargi della limatura di ferro sul cartone e picchietta leggermente il cartone con una matita. La limatura si disporrà secondo una struttura ben precisa di linee che vanno in ogni direzione da un polo all'altro formando delle curve più o meno grandi. La limatura si disporrà secondo linee di forza invisibili.
2. Ripeti l'esperimento precedente dopo aver sollevato il cartone di circa 2 o 3 cm. Anche in questo caso la limatura si disporrà secondo le linee di forza del campo magnetico.
3. Ripeti l'esperimento precedente, ma questa volta metti la calamita in posizione verticale. In questo caso la limatura si disporrà secondo una struttura regolare.
Conclusione! L'area intorno alla calamita è percorsa da linee di forza magnetiche. Esse formano il campo magnetico che ha una forza maggiore intorno ai due poli.
Materiali necessari: 3, 8, 10, cartone

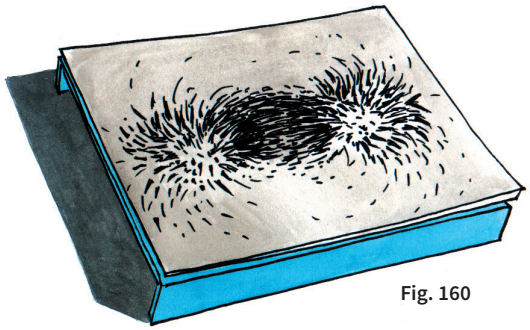


Fig. 160

161. CAMPO MAGNETICO TRA DUE POLI DIFFERENTI

Metti la calamita sul tavolo e posiziona lo statore su entrambe le estremità, come mostrato nella figura 41. Mettici sopra un pezzo di cartone, spargi della limatura di ferro sul cartone e picchietta leggermente il cartone con una matita. La limatura si disporrà lungo le linee di forza del campo magnetico, come nell'esperimento precedente, ma anche all'interno dello statore. Quest'ultimo esperimento è particolarmente importante per capire il generatore ed il motore elettrico.

Materiali necessari: 3, 10, 15, cartone

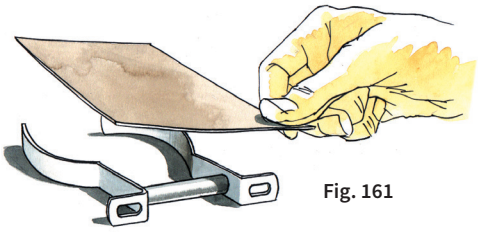


Fig. 161

162. CAMPO MAGNETICO TRA DUE POLI IDENTICI

Metti la calamita sul tavolo e posiziona lo statore sui due lati dello stesso polo, come mostrato nella figura 42. Coprilo con il cartone e spargi su di esso della limatura di ferro. In questo esperimento non ti interessa tanto che la limatura si disponga immediatamente attorno alla calamita, ma ti interessa innanzitutto la limatura all'interno dello statore. Qui la limatura è rimasta totalmente in disordine, quindi non ci sono linee di forza magnetica in questo campo. Ma, al di fuori del campo creato dallo statore, le linee di forza magnetica formano una struttura molto densa di linee curve che vanno dallo statore all'altro polo. Da questo esperimento si può concludere che i due poli non sono simili. Questo sarà dimostrato negli esperimenti che seguono.

Materiali necessari: 3, 10, 15, cartone

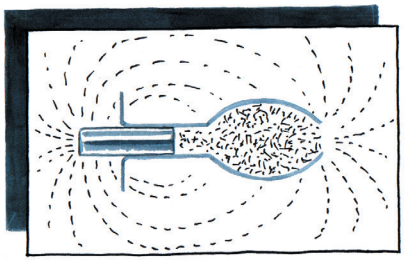


Fig. 162

163. NORD-SUD MAGNETICO

Usando un pezzo di carta ed un pezzo di cotone sospendi la calamita in posizione orizzontale. Se vuoi puoi usare il sostegno che hai costruito nell'esperimento n.20. Quando dopo un po' di tempo la calamita si fermerà, una delle sue estremità indicherà sempre il nord e l'altra il sud. Il magnete ha due poli, il polo nord ed il polo sud. Contrassegna il suo polo Nord colorandolo o con un pezzo di carta. Questo è il polo che indica il Polo Nord della Terra.

Materiali necessari: (20), 10, carta, filo

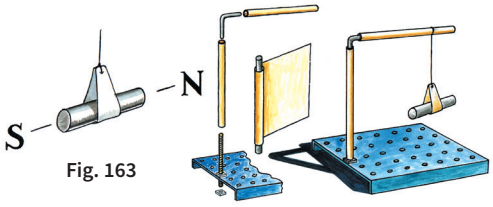


Fig. 163

164. IL MAGNETISMO DELL'ACCIAIO E DEL FERRO

1. Strofina lungo un ago da maglia fatto di ferro o anche un ago da cucire più grande con un polo della calamita sempre nella stessa direzione, come mostrato nella figura 44. Poi immergi la punta dell'ago da maglia nella limatura di ferro: questa sarà attratta dell'ago, quindi l'ago è magnetizzato. Con un esperimento si può dimostrare che anche l'ago ha due poli. Se lo sospendi con un filo, esso si posizionerà in modo che una punta indicherà il Nord e l'altra il Sud.
2. Usa lo stesso metodo per magnetizzare la barra di ferro contenuta nel nostro set. La barra attrarrà solo una piccola quantità di limatura, il che significa che non è fortemente magnetica. Anche questo magnetismo scomparirà velocemente. L'acciaio può divenire un magnete permanente, mentre il ferro diviene un magnete solo temporaneamente.

Materiali necessari: 3, 9, 10, un ago da maglia di ferro

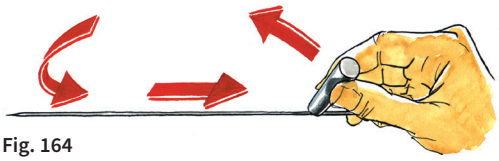


Fig. 164

165. UN FORTE CALORE DISTRUGGE IL MAGNETISMO

Tieni per alcuni secondi un ago da maglia magnetizzato, fatto di ferro, sulla fiamma di una candela e poi controlla la sua forza magnetica. L'ago non è più una calamita.

Materiali necessari: 3, 10, una candela, un ago da maglia di ferro

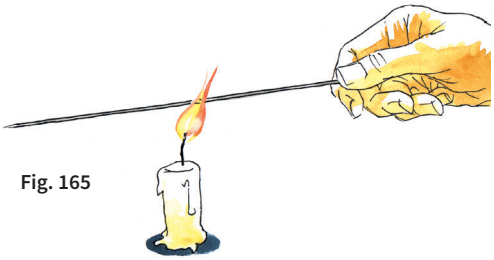


Fig. 165

166. PIEGARE UN MAGNETE (SMAGNETIZZAZIONE)

Piega un ago da maglia magnetizzato, fatto di ferro, in diverse direzioni, ripeti l'esperimento alcune volte e controlla il magnetismo dell'ago. Scoprirai che l'ago piegato ha perso il suo magnetismo. Puoi smagnetizzare l'ago anche tirandolo o colpendolo.

Materiali necessari: 3, 10, un ago da maglia di ferro

Fig. 166

167. COME MAGNETIZZARE UN COLTELLINO A SERRAMANICO

Strofina varie volte un coltellino a serramanico con una calamita, come mostrato nella figura 47. Poi metti la lama del coltello vicino a delle viti o della limatura di ferro e scoprirai che il coltello si è magnetizzato. Quale polo magnetico è stato usato per magnetizzare il coltello e quale polo ha la punta della lama? Un coltellino a serramanico può essere usato come bussola?

Materiali necessari: 3, 5, 10, un coltellino a serramanico

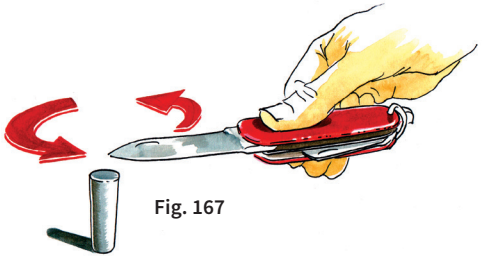


Fig. 167

168. LA FORZA DI UNA CALAMITA

Fino ad ora abbiamo menzionato vari tipi di calamite. Quale è la più forte, e quale è la sua forza? Non c'è dubbio, è la calamita di ALNICO del nostro set la più forte. Ma come possiamo controllare questa forza?

a. Oltre alla calamita ti occorrerà un'armatura e una coppetta di cartone, fatta come è mostrato nella figura 48a, e legata all'armatura con un filo sottile. Solleva l'armatura e la coppetta con una calamita, e poi continua a riempire la coppetta con vari oggetti presi dal set fino a che la calamita è sufficientemente forte da attrarre l'armatura così caricata. Ricordati del carico massimo sollevato dalla calamita. La coppetta può essere anche riempita con dei pesi che ti permetteranno di determinare il peso sollevato dalla calamita con maggiore precisione.

b. Fissa con un filo il peso dalla tazza di cartone al centro della calamita (come illustrato nell' esperimento n.36). Combina la calamita con un supporto ad U preso dal nostro set come viene mostrato dalla figura 48b, come descritto nell'esperimento precedente. Qual è la forza della calamita adesso? Anche se la calamita è la stessa, la sua forza è aumentata. In questo caso infatti sono coinvolti entrambi i poli, mentre nell'esperimento precedente era coinvolto un solo polo.

Materiali necessari: 10, 17, 18, cartone, filo, vari oggetti

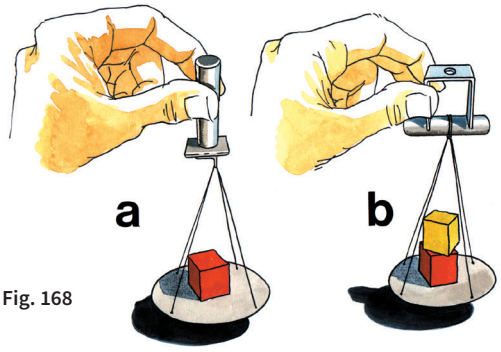


Fig. 168

169. L'AGO DELLA BUSSOLA

La bussola contenuta nel nostro set ha un ago magnetico. Ma siccome non può essere rimosso dalla bussola, farai meglio a farne uno da solo nel seguente modo: unisci due lunghi aghi legando assieme con un filo sottile le loro crune. Poi magnetizza un'estremità dell'ago così ottenuto strofinandola contro il polo nord magnetico e all'altra estremità contro il polo sud magnetico. Fallo cinque o più volte, strofinando sempre nella stessa direzione. In questo modo i due aghi saranno magnetizzati e insieme si comporteranno come l'ago di una bussola. Se li sospendi in posizione orizzontale ad un filo lungo 12-20 cm ed aspetti che si fermino, vedrai che una punta indicherà il Nord e l'altra il Sud.

Materiali necessari: 10, due aghi, filo, carta

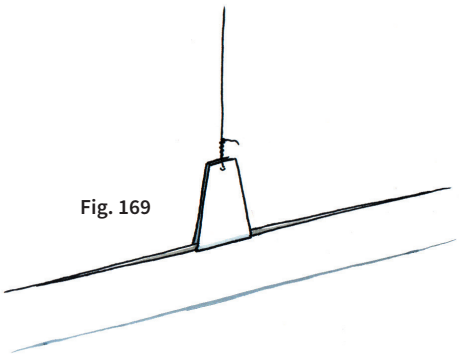


Fig. 169

170. FORZA DEL CAMPO MAGNETICO

Appendi l'ago orizzontalmente dal sostegno e aspetta fino a che si ferma. Poi avvicina il polo nord della calamita ad una distanza di 10 cm. L'ago si è mosso? Aspetta che si fermi; poi gira velocemente la calamita e avvicinati all'ago con il polo sud. Se a causa della distanza l'ago non dovesse muoversi, avvicina la calamita ad una distanza di 8-9 cm. Il campo magnetico è molto esteso nonostante il magnete sia piuttosto piccolo. Gli esperimenti hanno dimostrato che la forza del campo magnetico diminuisce del quadrato della distanza dalla calamita. In altre parole, il campo magnetico nelle immediate vicinanze della calamita è il più forte.

Materiali necessari: (20), (49), 10

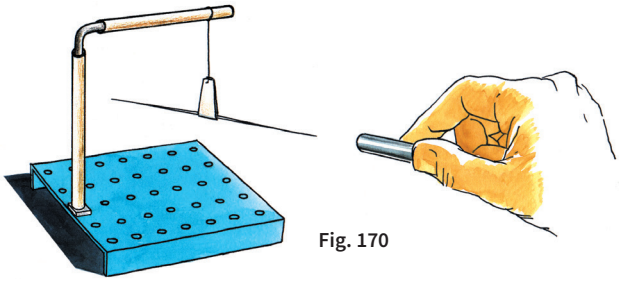


Fig. 170

171. LA BUSSOLA

Il nostro set contiene una bussola che è un po' diversa dalle altre. Ha un elemento in più. La bussola in genere ha un ago in cui l'estremità colorata di blu indica sempre il Nord mentre quella di colore rosso indica il Sud. L'ago della bussola è appoggiato ad una punta di acciaio e può muoversi liberamente quando la bussola è in posizione orizzontale. Sulla base della bussola sono indicati i punti cardinali. I punti cardinali sono indicati da lettere maiuscole, queste lettere sono la prima lettera dei termini in inglese:

S - Sud (South)
N - Nord (North)
E - Est (East)
W - Ovest (West)

In aggiunta a questi elementi la nostra bussola contiene anche un ago giallo, che funziona da indicatore quando la bussola è usata come galvanoscopio. Per rendere tutto più facile, nelle figure mostrate per questi esperimenti sarà raffigurato solo l'ago della bussola blu e rosso.

Materiali necessari: 34

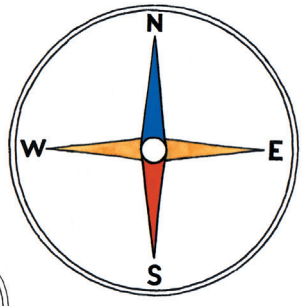


Fig. 171

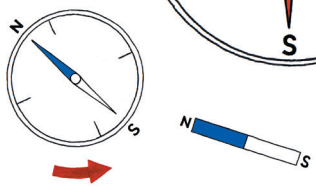
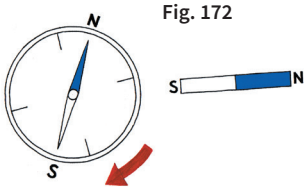


Fig. 172



172. EFFETTO RECIPROCO TRA POLI MAGNETICI

1. Avvicina il polo nord della calamita al polo sud dell'ago della bussola.
2. Avvicina il polo nord della calamita al polo nord dell'ago della bussola.
3. Ripeti l'esperimento con il polo sud della calamita. Questi semplici esperimenti dimostrano una delle leggi fondamentali del magnetismo: i poli magnetici opposti si attraggono, quelli uguali si respingono.

Materiali necessari: 10, 34

173. LA BUSSOLA IN UN CAMPO MAGNETICO

Metti la calamita su un foglio da disegno ed usa la bussola per determinare l'estensione del campo magnetico. Poggia la bussola in almeno trenta punti differenti posti attorno alla calamita e disegna ogni volta una freccia che indica esattamente la stessa direzione dell'ago della bussola. Se osservi attentamente le frecce ti accorgerai che all'interno del campo magnetico l'ago della bussola assume sempre la direzione delle linee di forza.

Materiali necessari: 10, 34, carta

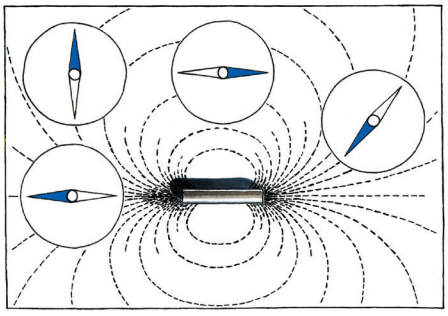


Fig. 173

174. LA TERRA È COME UNA CALAMITA

La figura 54 mostra la Terra con le sue linee di forza magnetiche. La linea retta Nord (N) - Sud (S) rappresenta l'asse geografico della Terra. Il fatto che la Terra eserciti un certo effetto sull'ago della bussola ci porta a concludere che la Terra stessa è una gigantesca calamita, il cui polo sud magnetico è situato vicino al suo polo Nord geografico e viceversa il suo polo nord magnetico è situato vicino al suo polo Sud geografico. Il suo campo si estende su tutta la Terra. All'interno di questo campo magnetico l'ago della bussola si posiziona sempre nella direzione delle linee di forza che vanno da Nord a Sud.

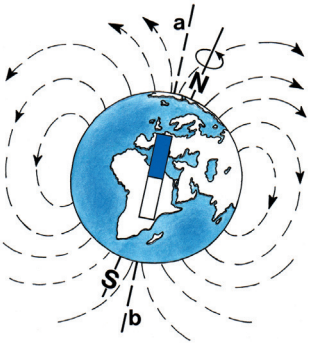


Fig. 174

175. DECLINAZIONE MAGNETICA

I due poli non si incontrano esattamente con quelli geografici. L'ago magnetico non si posiziona mai esattamente verso Nord, ma presenta una certa inclinazione da Nord. La linea retta a-b (vedi figura 54), è chiamata meridiana magnetica. L'angolo tra la magnetica (a-b) e la meridiana geografica (N-S) è chiamata inclinazione magnetica. Vari esperimenti hanno dimostrato che la declinazione varia a seconda di dove ci si trova e che anche nello stesso punto non è sempre la stessa.
Siccome la bussola è molto importante per orientarsi è necessario conoscere i dati sulla declinazione magnetica di alcuni particolari luoghi. Questi sono indicati sulle carte magnetiche.
Materiali necessari: 34

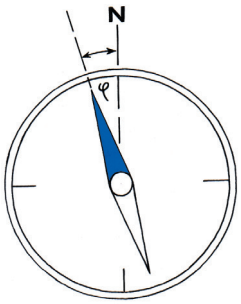


Fig. 175

176. L'USO DI UNA MAPPA PER ORIENTARSI

Metti una mappa dell'Europa sul tavolo. Metti la bussola sul bordo della mappa e gira quest'ultima fino a che il bordo non è allineato con l'ago della bussola. In questa posizione la mappa è posizionata verso il Nord. Poi guarda in che direzione sono alcune delle città europee. Per orientarsi con precisione è necessario tenere conto della declinazione magnetica. Questa è data dall'angolo tra il meridiano geografico e quello magnetico. Nell'Europa centrale è di circa 4 gradi verso Ovest.
Materiali necessari: 34, una mappa dell'Europa

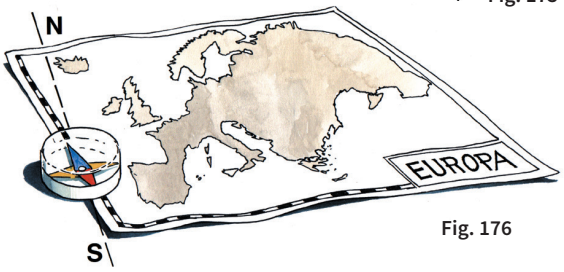


Fig. 176

177. SPEZZARE UNA CALAMITA

Magnetizza un ago da maglia, fatto di ferro. Usando la bussola puoi dimostrare che esso ha sia un polo nord magnetico che un polo sud magnetico. Taglia il ferro da maglia in due, ancora una volta potrai dimostrare che ognuna delle due parti è una calamita perfetta, con il suo polo nord magnetico e il suo polo sud magnetico. Non importa quante volte tagli ancora il ferro da maglia magnetizzato, perché per quanto saranno piccoli, ognuno dei pezzettini si comporterà come una calamita perfetta.
Materiali necessari: 10, 34, un ago da maglia di ferro

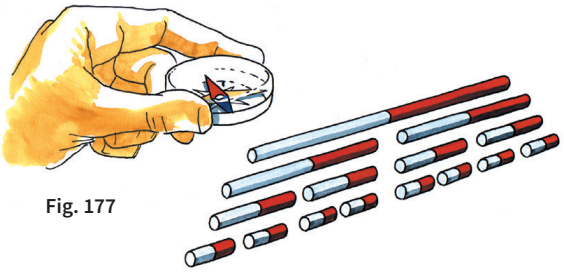


Fig. 177

178. INDUZIONE DI PICCOLI MAGNETI

Scuoti la scatola che contiene la limatura di ferro. Ora poggia una bussola sulla scatola. Appena l'ago della bussola si ferma posizionandosi in direzione Nord-Sud, gira lentamente la scatola assieme alla bussola (figura 58 sinistra). L'ago della bussola non cambierà direzione. Ora ripeti l'esperimento mettendo sopra la scatola la calamita. Dopo aver scosso la scatola per mischiarne il contenuto (figura 58 centro) togli la calamita e metti al suo posto la bussola. L'ago della bussola si fermerà, quando succede gira insieme la scatola e la bussola. L'ago della bussola girerà. Perché?
Materiali necessari: 3, 10, 34

Fig. 178

179. INDUZIONE MAGNETICA

Immergi un qualsiasi oggetto di ferro preso dal set nella limatura, e ti accorgerai che nessuno di essi è magnetico. Tuttavia tutti gli oggetti di ferro diverranno magnetici se vengono messi vicino ad una calamita (figura 59). Appena si leva la calamita, il ferro perde il suo magnetismo. Questo modo di magnetizzare un oggetto, ponendolo entro un campo magnetico, è chiamato "induzione magnetica".
Materiali necessari: 3, 10, 15

Fig.179

180. MAGNETISMO RESIDUO

Immergi una barra di ferro retta da una calamita dentro una scatola di dadi e bulloni. La barra di ferro attirerà molti bulloni e dadi, il che significa che è divenuta magnetica. Ora solleva la calamita insieme alla barra di ferro con tutti i bulloni ed i dadi attaccati. Prendi la barra di ferro in mano e togli la calamita. Molti dei bulloni e dei dadi cadranno, il che indica che il magnetismo della barra di ferro è diminuito. Ma alcuni resteranno attaccati alla barra di ferro, quindi il magnetismo non è completamente scomparso. Questo fenomeno è conosciuto come magnetismo residuo, ed il conoscerlo è molto importante per la costruzione dei generatori D. C.
Materiali necessari: 5, 6, 10, 16

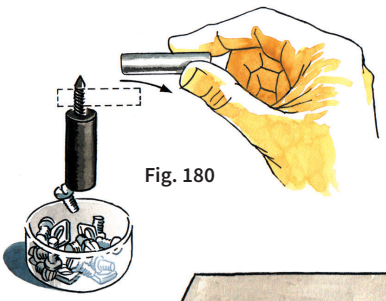


Fig. 180

181. L'EFFETTO MAGNETICO ATTRAVERSO SOSTANZE DIVERSE

La figura 61 mostra un esperimento in cui una calamita posta sotto un cartone, su cui è stato posto un dado, attrae comunque il dado, nonostante in mezzo ci sia il pezzo di cartone. Spostando la calamita, si sposterà anche il dado.
Prova lo stesso esperimento con una riga di plastica o legno su cui metti il dado e vedi se la calamita esercita la sua forza attraverso il banco.
Simili esperimenti dimostreranno che il campo magnetico agisce attraverso il vetro, il rame, l'alluminio, il legno ed anche altri materiali ma non attraverso il ferro.
Materiali necessari: 6, 10, cartone, righello di legno

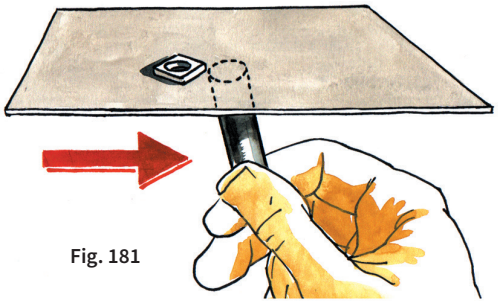


Fig. 181

182. BLOCCARE L'EFFETTO DELLA CALAMITA

Per poter osservare questo fenomeno, metti la calamita dentro un barattolo di ferro usato per i dolci o una scatola simile. Avvicinando la bussola puoi assicurarti che a causa del barattolo il campo magnetico è stato molto indebolito. Se le pareti del barattolo fossero più spesse, l'effetto magnetico sarebbe completamente bloccato. Questo dimostra che uno scudo di ferro blocca qualsiasi effetto magnetico verso l'esterno, come può anche bloccare l'effetto magnetico esterno all'interno dell'area protetta dello scudo.

Materiali necessari: 10, 34, un barattolo di ferro

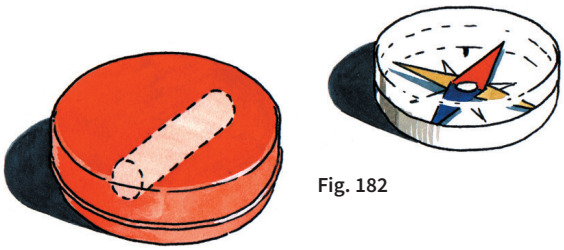


Fig. 182

183. UNA COPPIA DI AGHI DI BUSSOLA DINAMICI

Questi aghi di bussola su cui il magnetismo della Terra non esercita alcun effetto, sono molto usati. Essi sono conosciuti come coppia di aghi dinamici e possono essere fatti come segue.

Magnetizza due lunghi aghi in modo che le loro crune abbiano lo stesso polo. Infilali in un lungo rotolo di carta stando però attento che i poli opposti dei due aghi siano dalla stessa parte (figura 63). Se ora sospendi la coppia di aghi di bussola dinamici tramite un filo sottile, i due aghi della bussola non si disporranno secondo la direzione Nord-Sud. Le coppie di aghi dinamici sono usate per costruire galvanoscopi e galvanometri molto sensibili.

Materiali necessari: 10, due aghi, carta, filo

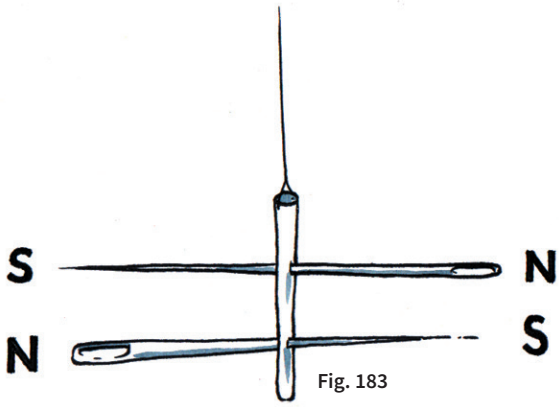


Fig. 183

184. FRENO MAGNETICO

Prendi il sostegno usato nell'esperimento n.20 e appendici il campanello di alluminio con la parte cava girata verso il basso. Questo può essere ottenuto più facilmente attaccando un pezzo di carta robusta intorno ai bordi del campanello e fissando alla carta tre fili che poi saranno legati al sostegno. Il campanello deve essere posto in modo che sotto ad esso ci sia uno spazio sufficiente per la calamita. L'esperimento ha due fasi:

1. Togli la calamita, fai una linea orizzontale sul lato del campanello e falla girare tre volte su sé stessa. Ora lasciala andare e conta i giri che fa per tornare a fermarsi di nuovo nella posizione di partenza.
2. Appena il campanello si sarà fermato del tutto, metti sotto di esso la calamita, e fai rigirare il campanello su sé stesso tre volte come prima. Noterai che il campanello compirà meno giri per tornare alla posizione di partenza e che girerà più lentamente.

Qual è il motivo?

Tu sai che la calamita non attrae mai l'alluminio, nonostante questo l'esperimento ha dimostrato che essa può agire come freno. Quando il campanello di alluminio gira, le linee di forza magnetica producono una certa elettricità magnetica nell'alluminio. Il suo campo elettrico è inibito dal campo magnetico, il che causa un effetto frenante.

Materiali necessari: (20), 10, 13, filo, carta

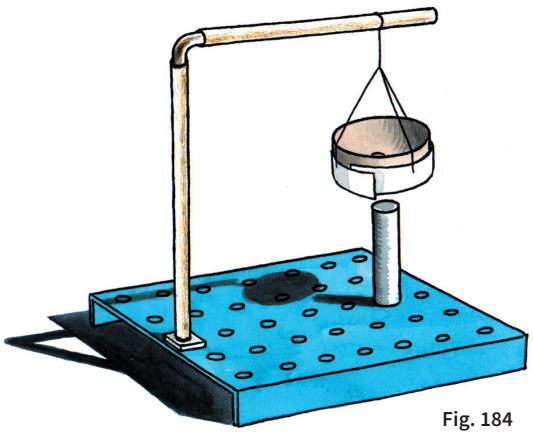


Fig. 184

185. LE BUSSOLE DELLE NAVI

La bussola di una nave è leggermente differente da quella usata da noi. Cerca di fare da solo un modello della bussola di una nave.

Da un cartone leggero ritaglia un disco di circa 10 cm di diametro e disegna il disco di una bussola simile a quello della nostra bussola. Inoltre, disegna una scala di 360 gradi lungo il bordo iniziando dal punto N. A questa carta della bussola devi attaccare l'ago della bussola dell'esperimento n.49 usando due striscioline di carta. Il polo nord magnetico dell'ago deve cadere sul nord indicato sulla carta. Adesso aggancia la bussola al sostegno fatto nell'esperimento n.20 usando del filo sottile. In questo caso non girerà solo l'ago della bussola, ma è probabile che giri anche la carta della bussola. Dopo un po' l'ago della bussola si fermerà ed indicherà la direzione Nord-Sud. Ora metti sotto la bussola un libro con una piccola striscia di carta su cui hai disegnato una linea verticale; il libro sarà la nave.

Se ora il capitano ordina: "la nave 8 gradi in direzione Ovest" il timoniere girerà il timone e di conseguenza l'intera nave in modo che la linea verticale coincida con gli 8 gradi ad Est dell'ago della bussola che continuerà ad indicare il Nord. In modo da evitare qualsiasi errore derivante dal rullio della nave la bussola è sospesa su un giunto snodato, il cosiddetto giunto cardanico.

Materiali necessari: (20), (49), carta, cartone, libro, filo

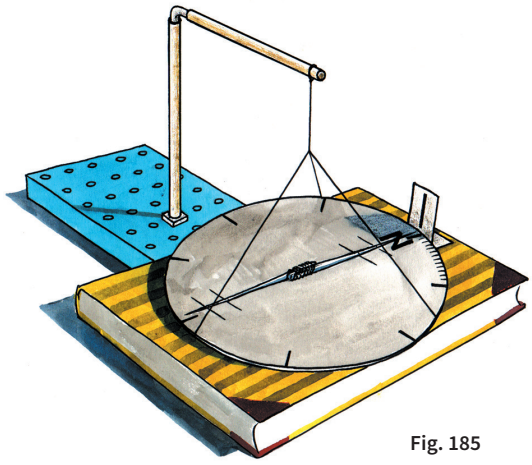


Fig. 185

186. DEVIAZIONE MAGNETICA

Se obbedisci all'ordine del capitano la nave non sarà più diretta a Nord ma ad 8 gradi ad Est. Ora avvicina alla bussola un martello o qualsiasi altro oggetto di ferro. A causa del fatto che il ferro e la calamita si attraggono reciprocamente, il martello attirerà l'ago della bussola e di conseguenza la nave, a causa di queste nuove perturbazioni, devierà dalla sua rotta. Queste perturbazioni, che verosimilmente si verificano su tutte le navi, sono chiamate deviazioni magnetiche. Questi fenomeni sono dovuti in gran parte alla nave stessa, perché è di ferro, ma anche ai motori che la muovono. Inoltre, il carico contenente ferro, nichel e cobalto probabilmente causerà anch'esso perturbazioni. Per far sì che la bussola della nave non subisca l'effetto delle deviazioni magnetiche essa è dotata di barra magnetiche mobili e palline di ferro mobili. Nel tuo caso puoi correggere la deviazione magnetica della bussola avvicinando all'altra estremità dell'ago del compasso un pezzo di ferro o una piccola calamita fino a che la bussola non ritorna alla sua posizione di partenza, cioè 8 gradi ad Est.

Materiali necessari: (65), un martello

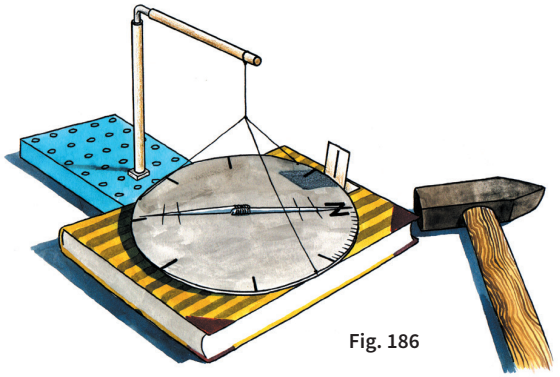


Fig. 186

187. AGHI DELLA BUSSOLA GALLEGGIANTI

Puoi condurre nel seguente modo un interessantissimo esperimento che mostra il risultato della reciproca attrazione e repulsione dei poli magnetici: magnetizza sei aghi nella stessa direzione. Taglia sei quadrati di sughero uguali e infilaci gli aghi magnetizzati in modo che il pezzo si sughero sia a metà dell'ago. Ora metti i sei aghi a galleggiare dentro un contenitore non magnetico pieno d'acqua, ma fai attenzione che le crune degli aghi siano tutte nell'acqua e che le punte siano tutte fuori dall'acqua. Ora ogni ago è un magnete galleggiante. Siccome i loro poli uguali sono tutti dalla stessa parte essi si respingono, ma solo per un po'. La loro repulsione è controbilanciata dalla forza di attrazione tra le loro punte e le loro crune, perché entrano in gioco i poli opposti. Questa repulsione e attrazione farà disporre gli aghi in modi diversi. Ripeti l'esperimento con cinque, quattro e tre aghi. Nota bene: il contenitore per l'acqua deve essere sufficientemente grande e non deve essere di ferro.

Materiali necessari: 10, contenitore per l'acqua, sei aghi, sei piccoli tappi di sughero

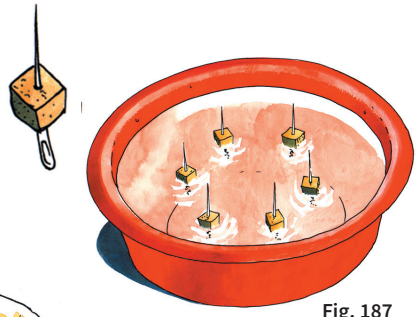


Fig. 187

188. CAMPO MAGNETICO ROTANTE

Gira la calamita sospesa ad un filo 8-10 volte sempre nella stessa direzione e poi lasciala andare. Posiziona la bussola proprio sotto alla calamita ad un paio di cm da essa. L'ago del compasso girerà per tutto il tempo che gira la calamita, perché la rotazione della calamita è sempre accompagnata dalla rotazione del suo campo magnetico.

Materiali necessari: 10, 34, carta, filo

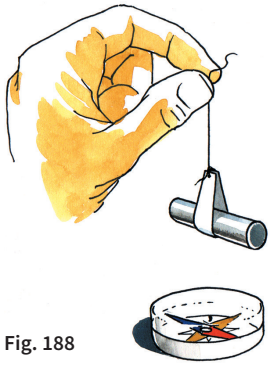


Fig. 188

BATTERIE E ELEMENTI

189. LA BATTERIA

Questa batteria può essere comprata in molti negozi; sembra una scatola in posizione verticale. Da essa sporgono due morsetti metallici. Essi fungono da poli: il più piccolo è quello positivo ed è contrassegnato dal segno „+", mentre il più grande è il polo negativo, contrassegnato da un „-". Devi toccare i poli il meno possibile se vuoi evitare che la batteria si scarichi velocemente.

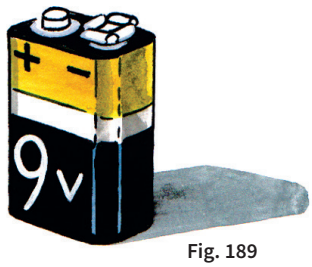


Fig. 189

190. TESTARE LA BATTERIA

Il nostro set contiene alcuni dispositivi con cui è possibile testare la batteria. Essi richiedono tutti una lampadina elettrica ed il galvanoscopio. Ripetere test continuamente farà scaricare la batteria.

Materiali necessari: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, una batteria

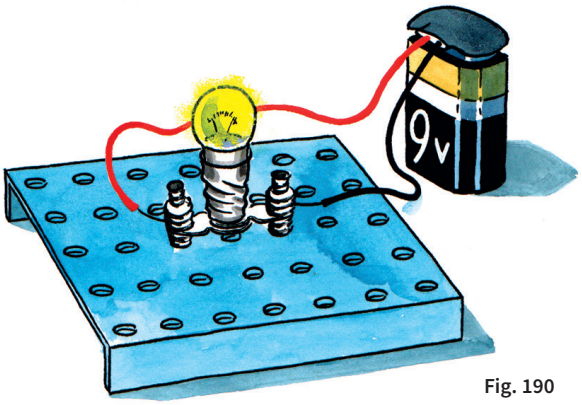


Fig. 190

191. LAMPADINA ELETTRICA

Il funzionamento di una lampadina elettrica può essere spiegato con il seguente esperimento: infila due chiodi, distanziati di 1 cm, dentro una tavoletta di legno e collegali con un filo di ferro del diametro di 0,1 mm. Se colleghi il filo di ferro ai morsetti di una batteria nuova (figura 71 sinistra), il filo diverrà rosso. Nel caso fosse usata l'elettricità prodotta da due batterie il filo si brucerebbe. Le lampadine elettriche sono costruite sulla base dello stesso principio. Il bulbo di vetro, da cui è stata tolta tutta l'aria, contiene un filamento molto sottile di tungsteno, cioè un metallo la cui temperatura di fusione è molto elevata. Quando l'elettricità scorre attraverso il filamento, questo diventa incandescente, ma non si brucia perché tutta l'aria è stata tolta e al suo posto è stato messo l'argon. La lampadina elettrica è molto delicata. Non deve essere fatta cadere e non deve essere scossa, specialmente quando è accesa. Inoltre il voltaggio indicato sulla portalampada deve essere sempre rispettato. La lampadina del nostro set può essere collegata ad una batteria da 9 Volt. Con un voltaggio superiore la lampadina si brucerebbe.

Materiali necessari: una tavoletta di legno, due chiodi, filo di ferro, una batteria

ATTENZIONE:
La batteria è in corto circuito!
Tieni la batteria connessa solo per un tempo breve, solo il tempo necessario per capire l'esperimento!
Stai attento a non scottarti le dita!

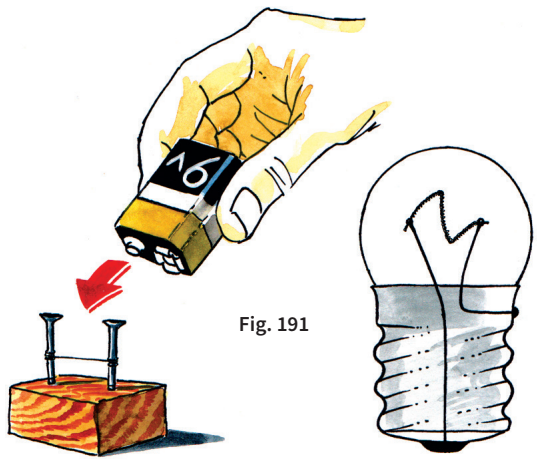


Fig. 191

192. ALL'INTERNO DELLA BATTERIA

Una 9 V batteria è composta da sei celle o elementi (da non confondere con gli elementi chimici). Ogni cella è composta da un contenitore di zinco che contiene un sacco con un bastoncino di carbone e biossido di manganese polverizzato, imbevuto in una soluzione di sale di ammonio. Le singole celle sono collegate come segue:
lo zinco della prima cella è libero; (morsetto di connessione negativa)
il carbone della prima cella è collegato allo zinco della seconda cella;
il carbone della seconda cella è collegato allo zinco della terza cella;
il carbone dell'ultima cella è libero. (morsetto di connessione positiva).
Ci sono due morsetti che sporgono fuori dalla batteria: uno è negativo (lo zinco della prima cella) ed uno è positivo (il carbone della terza cella).

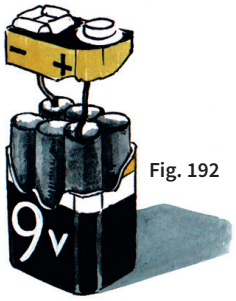


Fig. 192

Fig. 193

193. BATTERIE SCARICHE

Le batterie durano solo un certo tempo. Quando si scaricano, in genere vengono buttate via. Che cosa è stato usato in una batteria scarica? I contenitori di zinco si corrodono e la soluzione di sale di ammonio si prosciuga. Tuttavia i sacchi che contengono il bastoncino di carbone ed il biossido di manganese polverizzato, rimangono esattamente come erano. Butta sempre le batterie scariche negli appositi contenitori.

194. L'ELETTRICITÀ DALLE ZAMPE DELLA RANA

Nel 1791 fu reso pubblico il famoso esperimento condotto da Luigi Galvani, un professore di anatomia presso l'Università di Bologna. Egli attaccò un gancio di rame con le zampe di una rana a delle barre di ferro. Le zampe della rana dondolavano toccando a volte le barre di ferro. Ogni volta che succedeva, le zampe della rana si contraevano violentemente come se fossero vive. Galvani pensò che la contrazione fosse dovuta ad un certo tipo di elettricità contenuta nel corpo degli animali. Molti scienziati a quel tempo pensarono la stessa cosa. Tuttavia, Alessandro Volta non era dello stesso parere. Egli era un professore di fisica presso l'Università di Pavia. Anch'egli riteneva che le contrazioni fossero dovute all'elettricità. Tuttavia, egli rigettò l'idea che si trattasse dell'elettricità del corpo dell'animale e stabilì che il movimento era causato da un lato dall'elettricità generata dal contatto diretto di due metalli diversi, il ferro ed il rame, mentre dall'altro lato i metalli entravano indirettamente in contatto attraverso un corpo umido, che non doveva essere necessariamente di origine animale. La disputa tra Volta ed i sostenitori di Galvani durò per anni. Volta riuscì a dimostrare l'esattezza della sua teoria solo nel 1799 quando costruì un dispositivo atto a provare la teoria stessa.
Potrai probabilmente costruire questo dispositivo da solo ma prima è necessario che tu conosca lo strumento che serve a rilevare l'elettricità. Esso si chiama galvanoscopio.

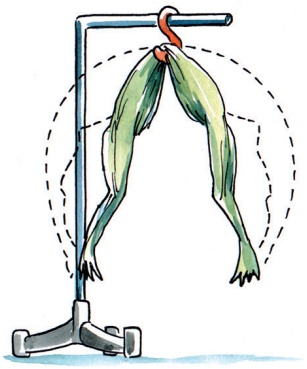


Fig. 194

195. GALVANOSCOPIO

Il galvanoscopio del nostro set è costituito da tre parti: una bussola (K), una base (P) ed una bobina (T). La bussola oltre ad un ago rosso e blu contiene anche un ago giallo. Quando lo usi, inserisci la bussola e la base all'interno della bobina e gira la base fino a che l'ago giallo si posiziona su 0. Fai attenzione che nelle vicinanze del galvanoscopio non ci sia una calamita od un oggetto di ferro.
Materiali necessari: 1, 34

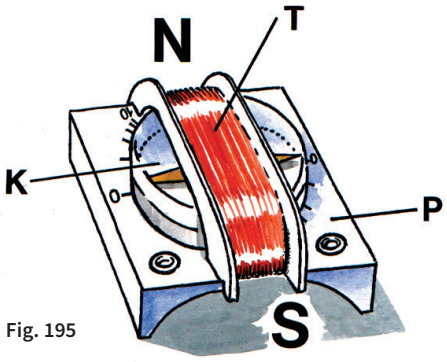


Fig. 195

196. LA SCOPERTA DI VOLTA

Strofina la placca di zinco (Zn) e quella di rame (Cu) fornite nel set con della sabbia fina, puliscile bene e collegale al galvanoscopio attraverso due fili connettori, come mostrato nella figura 76. L'ago giallo del galvanoscopio dovrebbe essere posizionato su 0. Trova ad effettuare i seguenti esperimenti:
1. Metti un foglio di carta tra le due placche. L'indicatore del galvanoscopio non si muoverà.
2. Immergi il foglio di carta tra le due placche nell'acqua. L'indicatore del galvanoscopio si muoverà indicando così che c'è un flusso di corrente elettrica che attraversa il galvanoscopio.
3. Ora inverti i poli (cioè il filo collegato con lo zinco deve essere attaccato al rame e viceversa). L'indicatore del galvanoscopio devierà di nuovo, ma nella direzione opposta.
4. Premi con forza le due placche una contro l'altra. Questa volta la deviazione dell'indicatore sarà maggiore.
5. Riduci le dimensioni delle due placche. La deviazione dell'indicatore diminuirà.
L'esperimento condotto da Volta era leggermente diverso da quello descritto sopra. Ai suoi tempi non esisteva un galvanoscopio in grado di rilevare infinite correnti elettriche. Volta dimostrò la presenza della corrente elettrica usando quella che viene chiamata la pila di Volta. Egli costruì una pila di dischi di zinco e di rame separati da pezzi di stoffa umidi. Alternando i dischi di zinco e di rame egli fece una pila di circa 60 dischi. In questa pila i due metalli entravano in contatto grazie al liquido contenuto nei pezzi di stoffa umidi. Volta comprese che questo contatto generava corrente elettrica. Questa semplice invenzione fu il primo dispositivo (batteria), fatto dall'uomo per produrre una corrente elettrica e diede a Volta la fama immortale nel mondo scientifico. In suo onore l'unità di voltaggio è stata chiamata "volt", e lo strumento per misurarlo è noto come "voltometro". La coppia di placche menzionate all'inizio di questo esperimento è chiamata la pila di Volta. Dai tempi di Volta ad oggi sono state prodotti molti tipi differenti di pile. In onore di Galvani esse sono tutte chiamate pile galvaniche.
Materiali necessari: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, carta, acqua

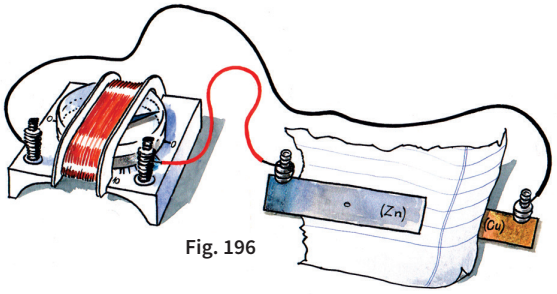


Fig. 196

197. PILA FATTA CON RAME, ZINCO E SOLUZIONE SALINA

Immergi una placca di rame ed una di zinco in un bicchiere di acqua salata e collegale al galvanoscopio attraverso due fili connettori.
L'indicatore del galvanoscopio mostrerà una deviazione piuttosto considerevole, che indica il flusso di corrente elettrica.
Materiali necessari: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, un bicchiere d'acqua, sale

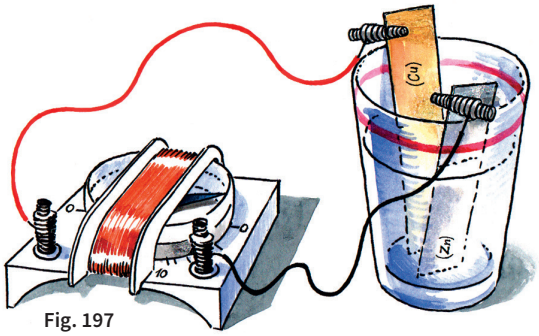


Fig. 197

198. POLARIZZAZIONE E DEPOLARIZZAZIONE

1. Collega una pila di zinco, rame e soluzione salina ad un galvanoscopio seguendo la spiegazione dell'esperimento n.77. Ora osserva attentamente l'indicatore del galvanoscopio. Prima esso devierà, indicando che nella cella viene generata corrente elettrica, ma poi gradualmente tornerà ad indicare O. Questo ovviamente è dovuto alla diminuzione della corrente elettrica. Se si aggiunge del sale, ci sarà un aumento della corrente elettrica, ma esso non durerà a lungo. Perché la corrente elettrica è diminuita?
2. Le bollicine di idrogeno generate dalla scissione del sale che si scioglie, si accumulano sulla placca di rame ed impediscono il processo che si era verificato nella cella. Questo fenomeno si chiama polarizzazione.
3. Se rimuovi le bollicine che si sono accumulate sulla placca di rame con un bastoncino o un pezzo di stoffa la cella continuerà a produrre corrente elettrica.
4. Ora togli un po' della soluzione e riempi la cella con sabbia fina. Questa cella produrrà corrente elettrica per un tempo più lungo. Questo succede perché le bollicine di idrogeno si combinano con l'ossigeno dell'aria, che è tra i granelli di sabbia, e dell'acqua. In questo modo la polarizzazione viene ostacolata, e di conseguenza la sabbia agisce come depolarizzatore.
Materiali necessari: 1, 4 x 7, 23, 24, 33, 34, un bicchiere, acqua, sale, sabbia

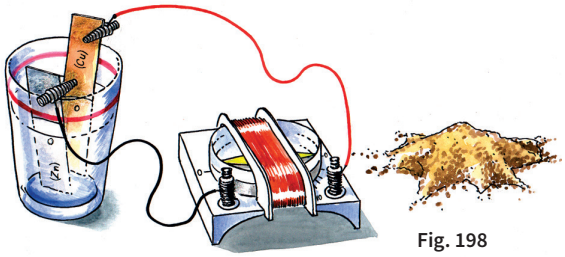


Fig. 198

199. LA PILA DI LECLANCHÉ

La batteria che usiamo per gli esperimenti è costituita da tre pile di Leclanché dove lo zinco agisce come polo negativo, il carbone come polo positivo ed il biossido di manganese come depolarizzatore. L'elettrolita (un liquido tra due poli) è una soluzione di sale di ammonio nel rapporto di 1:3. Questo liquido è mischiato con alcune sostanze amidacee che gli impediscono di essere fluido. Questa è la cosiddetta pila a secco.

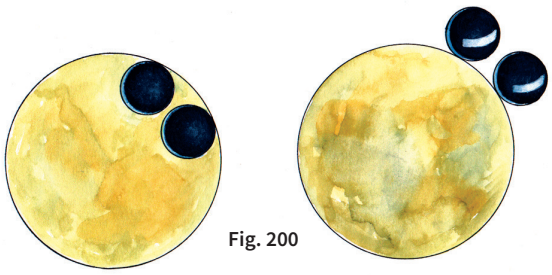


Fig. 200

200. LA PRODUZIONE DI ELETTRICITÀ IN UNA CELLA

Sotto l'effetto delle forze elettriche tra i liquidi (l'elettrolita) ed i metalli (poli), questi ultimi tendono a cedere ioni positivi. Questo determina un eccesso di elettroni che si raccolgono sui metalli, in questo caso sulla placca di zinco. Se ora unisci lo zinco ed il carbone (o il rame, come mostrato nell'esperimento precedente) tramite un conduttore elettrico esterno, gli elettroni si precipiteranno dalla placca di zinco, che ha una sovrabbondanza di elettroni, verso quella di rame, che ne ha pochi. Questo movimento degli elettroni produce la corrente elettrica. Ma che cosa sono gli ioni? Come saprai, tutte le sostanze sono costituite da molecole ed atomi e questi ultimi sono costituiti a loro volta da nuclei intorno a cui ruotano gli elettroni. Ogni atomo ha un determinato numero di elettroni. Tuttavia un atomo o un gruppo di essi, talvolta può perdere alcuni elettroni, divenendo così uno ione. Lo stesso avviene quando un atomo o un gruppo di essi acquista più elettroni di quanti ne abbia in origine. Nel primo caso si tratta di uno ione positivo, mentre nel secondo caso lo ione è negativo.

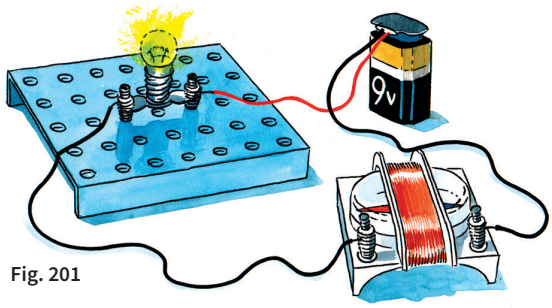


Fig. 201

201. CIRCUITO ELETTRICO

La figura 81 rappresenta un circuito elettrico costituito da una batteria, una lampadina elettrica, un galvanoscopio ed i corrispondenti fili connettori. In questo caso il flusso della corrente va dalla batteria alla lampadina, poi dalla lampadina al galvanoscopio e da quest'ultimo alla batteria. Fin tanto che c'è corrente la lampadina resterà accesa e l'indicatore del galvanoscopio rimarrà deviato. Se tuttavia il circuito viene interrotto il flusso di corrente si interromperà, perché è possibile solo con un circuito chiuso.

Materiali necessari: 1, 4 x 7, 8, 14, 33, 34, 35, una batteria

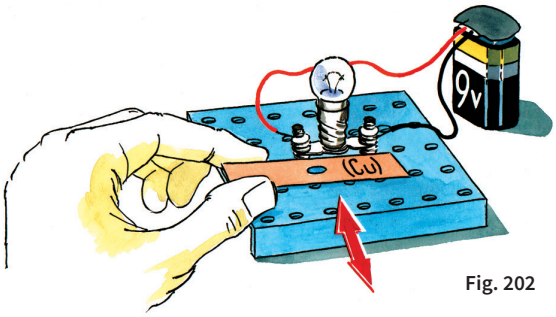


Fig. 202

202. CORTO CIRCUITO

Usando una lampadina ed una batteria, chiudi il circuito elettrico come viene mostrato nella figura 82. La lampadina si accenderà, ma si spegnerà appena tocchi i due poli della batteria con una piastra di rame o qualsiasi altro oggetto di metallo. Questo fenomeno si chiama corto circuito. Subito dopo la batteria inizia a scaricarsi velocemente perché c'è una forte corrente che fluisce senza incontrare alcuna resistenza (attraverso il ponte del corto circuito) dal polo negativo a quello positivo della batteria. Se si vuole che la batteria duri a lungo bisogna evitare qualsiasi corto circuito.

Materiali necessari: 2 x 7, 8, 14, 24, 33, 35, una batteria

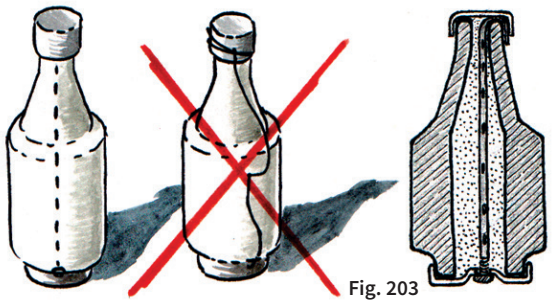


Fig. 203

203. FUSIBILE

La corrente elettrica domestica ha un voltaggio pari a 220 Volt. Per prevenire eventuali danni causati dai corto circuiti, nella linea elettrica sono incorporati i fusibili. Essi sono posizionati sopra i contatori e sono basati o su un principio elettromagnetico o su uno termico. In questo caso parleremo dei fusibili termici. Il fusibile è costituito da un cilindro di ceramica (figura 83 sinistra) che contiene un sottile filo di sabbia di silice che è fissato con due tappi di metallo ed una piccola molla. In caso di corto circuito si surriscalda e si squaglia. In questo caso il guasto deve essere innanzitutto ricercato nella linea elettrica. Il motivo per cui il fusibile è saltato può essere o il sovraccarico della rete (un sovraccarico di corrente - totale dei carichi) o un corto circuito su uno dei dispositivi in uso connessi. Appena la causa che ha fatto saltare il fusibile viene rimossa, bisogna sostituire il fusibile. È vietato ed estremamente pericoloso riparare il fusibile saltato usando un filo, come viene mostrato nella figura 83 a destra. Questo potrebbe provocare un incendio o gravi danni agli apparati elettrici.

204. UNA CHIAVE ELETTRICA

La figura 84 mostra un interruttore elettrico e come è collegato ad una batteria e ad una lampadina. Premendo l'interruttore si chiude il circuito. La lampadina resterà accesa fin tanto che l'interruttore è premuto. Questo dispositivo può essere usato per una lampada da tenere vicino al letto o più comunemente per il campanello elettrico.

Materiali necessari: 2 x 5, 2 x 6, 6 x 7, 8, 14, 24, 28, 33, 35, una batteria

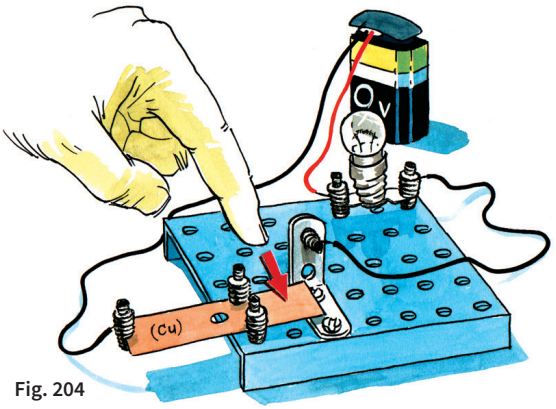


Fig. 204

205. COME FARE UN SISTEMA TELEGRAFICO LAMPEGGIANTE

La piccola lampadina costruita nell'esperimento n.84 può essere usata per un sistema telegrafico. I messaggi sono trasmessi usando l'alfabeto Morse con segnali di luce lunghi e brevi (figura 85). Il vantaggio di questo sistema telegrafico è che non occorrono fili connettori per trasmettere i segnali. D'altro canto presenta anche due svantaggi, il primo è che colui che riceve il messaggio deve poter vedere la luce, ed il secondo è che questo sistema non può essere usato di giorno. Se il messaggio deve rimanere segreto si deve usare un sistema di segnalazione in codice.

A • −	J • − − −	S • • •	1 • − − − −
B − • • •	K − • −	T −	2 • • − − −
C − • − •	L • − • •	U • • −	3 • • • − −
D − • •	M − −	V • • • −	4 • • • • −
E •	N − •	W • − −	5 • • • • •
F • • − •	O − − −	X − • • −	6 − • • • •
G − − •	P • − − •	Y − • − −	7 − − • • •
H • • • •	Q − − • −	Z − − • •	8 − − − • •
I • •	R • − •		9 − − − − •
			0 − − − − −

Fig. 205

206. L'INTERRUTTORE

Il pulsante dell'esperimento n.84 è adatto solo per quegli impianti in cui il circuito elettrico resta chiuso per breve tempo, come per esempio nel caso del sistema telegrafico lampeggiante o nel caso del campanello elettrico. Se il circuito dovesse essere tenuto chiuso più a lungo, è necessario usare un interruttore. Il suo funzionamento è spiegato nella figura 86. Spostando la leva dell'interruttore a sinistra chiuderai il circuito elettrico e la lampadina resterà accesa fino a che la leva non viene spostata verso destra. Nel caso degli interruttori domestici la leva, posta in una scatola isolata, è sempre girata nella stessa direzione. Stai attento a non toccare con le mani le parti di metallo dell'interruttore, perché esse sono sottoposte ad un alto voltaggio.

Materiali necessari: 3 x 5, 3 x 6, 4 x 7, 8, 14, 24, 2 x 28, 33, 35, una batteria

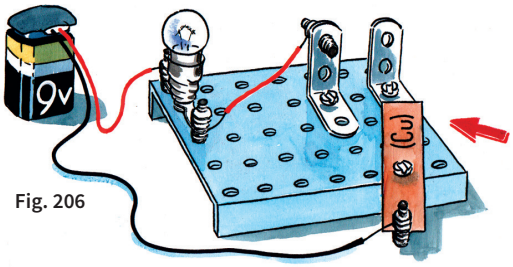


Fig. 206

207. UN INTERRUTTORE PER DUE LAMPADINE ELETTRICHE

Si può usare lo stesso interruttore per accendere e spegnere varie lampadine. La figura 87 rappresenta due lampadine alimentate a turno dalla stessa batteria. Un interruttore simile verrebbe usato per esempio per i semafori dove la luce rossa, gialla e verde si accendono a turno.

Materiali necessari: 3 x 5, 3 x 6, 7 x 7, 8, 2 x 14, 24, 2 x 28, 33, 2 x 35, una batteria

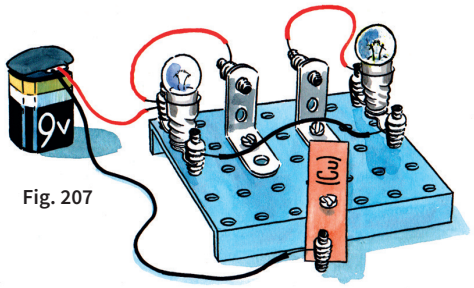


Fig. 207

208. DUE INTERRUTTORI PER UNA LAMPADINA ELETTRICA

Che tipo di impianto dobbiamo usare se una lampadina si trova a metà di una scala e vogliamo poterla accendere e spegnere sia dal piano di sotto che da quello di sopra? Sono necessari due interruttori, una lampadina, una fonte di energia (nel nostro caso si tratta della batteria) e fili connettori corrispondenti. I materiali forniti nel set sono adatti per l'assemblaggio di due interruttori, posti su uno dei lati della base. La figura 88 mostra la loro connessione come anche il loro collegamento alla lampadina ed alla batteria. Entrambi gli interruttori possono essere usati sia per accendere che per spegnere la lampadina.
La lampadina inoltre può essere accesa con un interruttore e spenta con l'altro. Questo impianto è conosciuto come equivalente.

Materiali necessari: 6 x 5, 6 x 6, 8 x 7, 8, 14, 23, 24, 4 x 28, 33, 35, una batteria

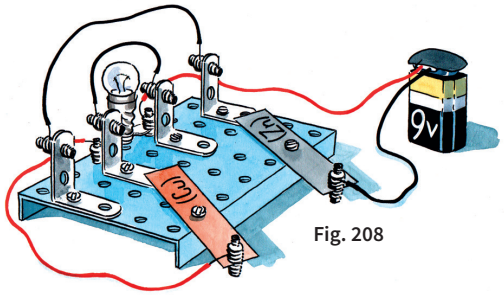


Fig. 208

209. LAMPADINE COLLEGATE IN PARALLELO

1. Collega tre lampadine uguali ad una batteria. Tutte e tre le lampadine si accenderanno contemporaneamente illuminandosi in tutta la loro intensità appena chiudi il circuito. Quanta energia viene consumata? Il voltaggio della batteria è 9 V. Ogni lampadina consuma 0,05 A. L'energia elettrica è
P = 9 V (3 x 0,05) = 1,35 W
2. Svita una delle lampadine; le altre due continueranno a rimanere accese. La connessione in parallelo viene generalmente usata per l'impianto elettrico domestico.

Materiali necessari: 6 x 7, 8, 3 x 14, 33, 3 x 35, una batteria

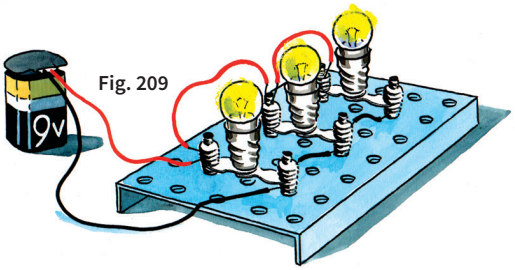


Fig. 209

210. LAMPADINE COLLEGATE IN SERIE

1. Collega una serie di tre lampadine ad una batteria. Una lampadina si illuminerà in tutta la sua intensità, due lampadine collegate in serie (cioè una dopo l'altra) si illumineranno molto meno, mentre la luce di tre lampadine collegate in serie sarà appena percettibile. Nel primo caso il voltaggio della batteria è 9 V e la corrente che attraversa la lampadina è di 0,05 A. Per due lampadine collegate in serie il voltaggio dovrebbe essere doppio e per tre lampadine, tre volte quello usato per una sola lampadina.
2. Svita una delle lampadine collegate in serie e vedrai che anche tutte le altre lampadine si spegneranno, perché il circuito elettrico è stato aperto.

Materiali necessari: (89)

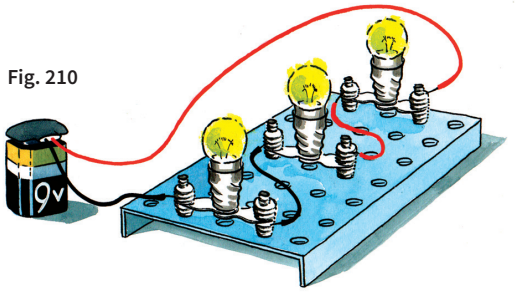


Fig. 210

211. COME INCREMENTARE IL VOLTAGGIO DI UNA BATTERIA

1. Nell'esperimento n.72 è stato descritto l'interno di una batteria. Ti ricordi? Essa è costituita da sei celle in cui i bastoncini di carbone hanno la funzione di elettrodi positivi, mentre i contenitori di zinco e l'elettrolita (soluzione di sale di ammonio) hanno quella di elettrodi negativi. Il biossido di manganese è il depolarizzatore. Queste celle sono collegate in serie. Il voltaggio di ogni singolo elemento è pari a 1,5 V, e quindi l'intera batteria ha un voltaggio pari a 6 x 1,5 = 9 V (figura 91 sinistra).
2. Se due batterie vengono collegate in serie, come mostrato nella figura 91 a destra, il voltaggio della nuova batteria sarà 2 x 9 = 18 V. Se venissero collegate in serie 25 batterie, ad esse potrebbe essere collegata una lampadina da 220 V. Essa risplenderebbe in tutta la sua intensità, ma non per più a lungo di quanto farebbe una piccola lampadina collegata ad una batteria di 9 V. Di conseguenza le batterie sarebbero una fonte di energia molto costosa.

Materiali necessari: 2 batterie

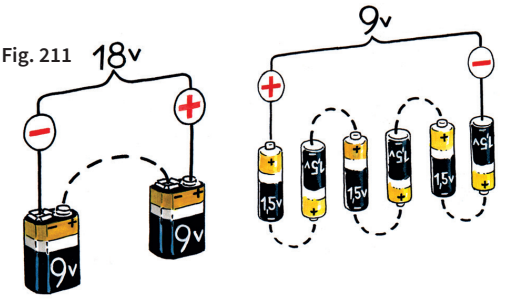


Fig. 211

212. COME INCREMENTARE LA POTENZA DI UNA BATTERIA

Compra una nuova batteria che genera una corrente necessaria. Questa sarà sufficiente ad alimentare 3 lampadine, ognuna delle quali consuma 0,05 A. Se è necessario usare una fonte più potente, alcune batterie possono essere collegate in parallelo, come mostrato nella figura 92. Nonostante il voltaggio di ciascuna batteria sia di 9 V, il voltaggio totale non aumenterà, rimarrà uguale; ma invece aumenterà l'amperaggio, cioè la capacità delle batterie connesse in parallelo.

Materiali necessari: 33, 3 batterie

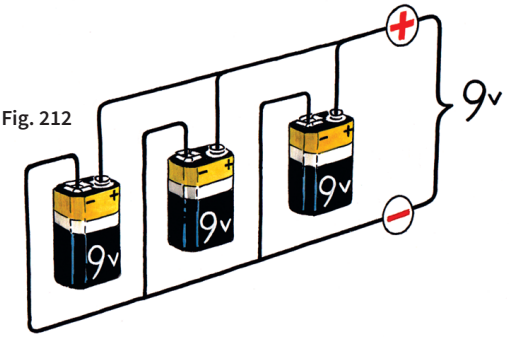


Fig. 212

213. LA VELOCITÀ DELL'ELETTRICITÀ

Un segnale elettrico in un secondo può girare attorno alla Terra sette volte. Quindi la velocità dell'elettricità è di 300.000 km al secondo. (L'esperimento mostrato nella figura 93 ovviamente non può essere realizzato. Il disegno ha il solo scopo di aiutarti ad immaginare la velocità dell'elettricità).

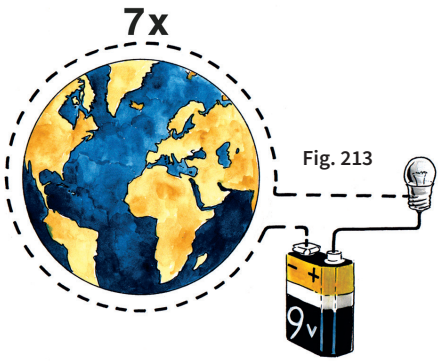


Fig. 213

214. COME TESTARE LA CONDUTTIVITÀ

Usa le parti fornite nel set per costruire un tester per la conduttività, che viene adoperato per testare differenti materiali (figura 94).

1. Test approssimativo. Metti l'oggetto che deve essere testato sopra il tester per la conduttività. L'oggetto dovrebbe toccare entrambe le placche, perché solo in questo caso il circuito è chiuso. Se la lampadina si accende l'oggetto è un conduttore. Prova per esempio a testare una matita, un pezzo di cartone ed il reostato fornito nel set. Se vengono usati questi oggetti la lampadina non si accenderà, il che potrebbe far pensare che questi oggetti sono isolanti. Ma questo non è vero. L'esperimento n.18 per esempio ha dimostrato che un elettroscopio carico può essere scaricato usando una matita. Come si spiega questo paradosso? Come sai in questo esperimento il voltaggio è pari a 9 V, mentre nell'esperimento n.18 esso era di parecchie centinaia di Volt. Se un oggetto sia un conduttore o un isolante non dipende solo dal materiale di cui l'oggetto è fatto ma anche dal voltaggio elettrico. Quindi si può affermare che non esistono conduttori od isolanti ideali. Ma si possono trovare solo buoni conduttori e buoni isolanti. Alcuni buoni conduttori sono per esempio l'argento, il rame e l'alluminio, mentre sono buoni isolanti il vetro, la gomma, la porcellana, il polietilene ed altri.

2. Sostituisci la lampadina del test precedente con un galvanoscopio. Testa di nuovo la conduttività del filo del reostato e vedrai che l'indicatore del galvanoscopio devierà, il che significa che il filo di costantana è un conduttore, anche se non è un buon conduttore come il filo di rame.

3. Ora testa la conduttività di una patata. Taglia una grossa patata in due e metti una metà sulla placca metallica del tuo tester. Probabilmente la lampadina non si accenderà, mentre l'indicatore del galvanoscopio devierà, dimostrando quindi che la patata permette alla corrente di fluire; più grande è la superficie di contatto e maggiore è la pressione, più elevata sarà la sua conduttività. Anche il corpo umano è un conduttore. Anche in questo caso, la conduttività dipende dalle dimensioni della superficie di contatto, dalla pressione, come anche dal voltaggio. Dei conduttori a 9 V possono essere toccati senza alcun pericolo. Allo stesso modo non si corre alcun pericolo toccando conduttori a 40-50 V; al contrario, toccare dei conduttori ad alto voltaggio (oltre i 240 V) può essere estremamente pericoloso, specialmente se la persona è su terreno umido e tocca il conduttore con la mano sinistra. In nessun caso si devono toccare i fili elettrici, telefonici o di una rete telegrafica che siano spezzati. È particolarmente pericoloso toccare dei conduttori ad alto voltaggio con le mani bagnate o se si tiene in mano un oggetto bagnato (per esempio quando si fa volare un aquilone mentre piove).

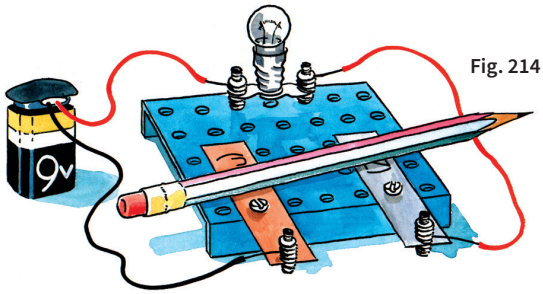


Fig. 214

Materiali necessari: 2 x 5, 2 x 6, 4 x 7, 8, 14, 23, 24, 33, 35, una batteria e vari oggetti

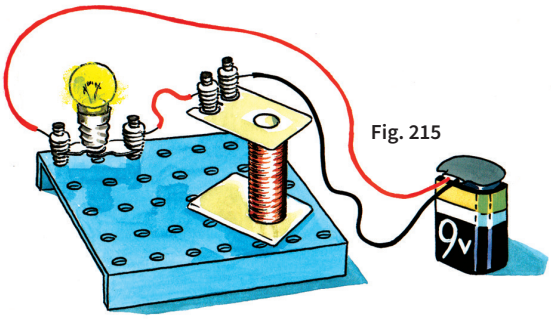


Fig. 215

215. RESISTENZA DI UN CONDUTTORE

1. Prendi una lampadina, una bobina ed una batteria per chiudere il circuito elettrico come mostrato nella figura 95. La lampadina si accenderà appena. È ovvio che attraverso il lungo e sottile filo della bobina fluisce una quantità di corrente minore rispetto a quella che fluisce nel filo connettore che è più spesso e più corto. Se togli la bobina dal circuito, la lampadina si illuminerà in tutta la sua potenza. Il conduttore esercita una resistenza alla corrente. Ripeti l'esperimento con il galvanoscopio ed il bobina - rotore.

2. Prendi una lampadina, una bobina ed una batteria per chiudere il circuito elettrico. La lampadina si accenderà appena, ma tu ora devi concentrare la tua attenzione su un fenomeno speciale. Apri il circuito e la lampadina si spegnerà. La lampadina si accenderà appena tu richiudi il circuito? L'esperimento ti dimostrerà che la lampadina non si accenderà immediatamente perché intercorre un certo lasso di tempo tra il momento in cui chiudi il circuito ed il momento in cui la lampadina si riaccende. Questo ritardo è dovuto ad una speciale caratteristica della bobina, che rappresenta una resistenza per la corrente non solo per la lunghezza del suo filo ma piuttosto perché il filo è avvolto. Quindi quando si chiude il circuito la bobina genera quella che viene chiamata corrente induttiva, che resiste alla corrente che proviene dalla batteria. La bobina rappresenta una resistenza induttiva, mentre il conduttore stesso è una resistenza galvanica.

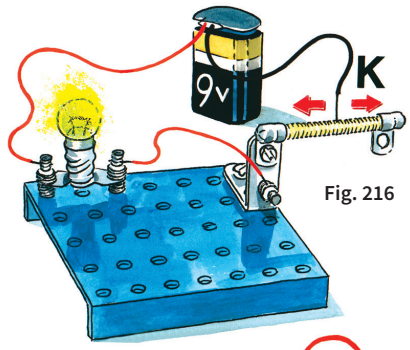


Fig. 216

Materiali necessari: 4 x 7, 8, 11, 14, 33, 35, una batteria

216. RESISTORE O REOSTATO

Nel set c'è anche un oggetto che si chiama resistore o reostato. Esso è costituito da un nucleo di materiale isolante intorno alla quale è avvolto un filo di costantana dello spessore che ha una grande resistenza elettrica. Collega al reostato una lampadina ed una batteria per chiudere il circuito come mostrato nella figura 96. Prova a muovere il contatto scorrevole lungo il reostato e la lampadina si illuminerà di più o di meno a seconda di dove il resistore diviene più corto o più lungo.

Materiali necessari: 2 x 5, 2 x 6, 3 x 7, 8, 14, 30, 33, 35, una batteria

217. STUFA ELETTRICA

Per chiudere il circuito collega il reostato ai morsetti della batteria come mostrato nella figura 97. Il filo del resistore attraverso cui la corrente elettrica si abbassa si scalderà. Hai creato calore. Molti degli apparecchi domestici usano questo stesso principio, ad esempio i fornelli elettrici, il ferro da stiro, gli scaldabagni elettrici, i radiatori. In tutti questi apparecchi l'energia elettrica viene convertita in calore.

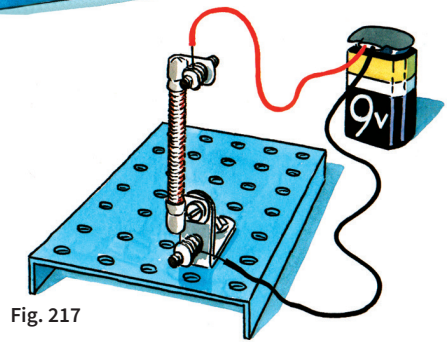


Fig. 217

Materiali necessari: 2 x 5, 2 x 6, 2 x 7, 8, 28, 30, 33, una batteria

218. ACCENSIONE ELETTRICA

Infila due chiodi distanziati di 1 cm in una piccola tavoletta di legno e collegali tra loro con un filo di ferro dello spessore di 0,1 mm. Cospargi il filo con le capocchie spezzate dei fiammiferi e poi collegalo alla batteria come mostrato nella figura 98. I pezzetti di capocchia dei fiammiferi prenderanno fuoco. A causa dell'effetto della corrente elettrica il filo si è talmente riscaldato che ha causato l'accensione del fosforo. Questo è il principio delle cariche esplosive usate nelle miniere e nelle cave. Nota bene: eseguire l'esperimento su una base non infiammabile!

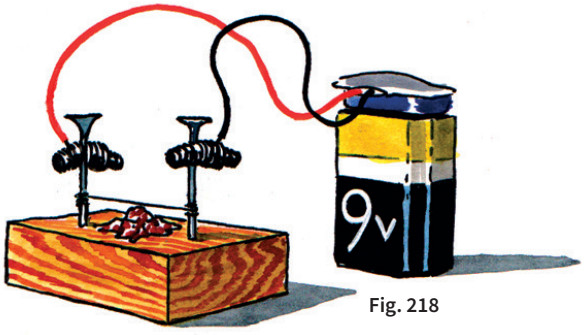


Fig. 218

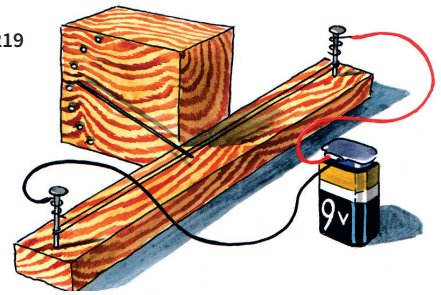
Materiali necessari: 2 x 7, 33, filo di ferro, una piccola tavoletta di legno, due chiodi, una batteria

219. AMPEROMETRO A FILO CALDO

Infila due chiodi robusti dentro una tavola di legno lunga 20-25 cm e larga 3 cm. Collegali con un doppio filo di costantana spesso 0,2 mm e attacca ad essi, come è mostrato nella figura 99, un indicatore che in effetti non è altro che un bastoncino di legno o di carta. Questo è il modello di un amperometro. Se entrambe le estremità del filo vengono collegate ad una batteria, l'indicatore devierà perché a causa della corrente elettrica il filo si è riscaldato e conformemente teso.

Materiali necessari: 33, 37, una tavola di legno, 2 chiodi, un bastoncino, una batteria

Fig. 219

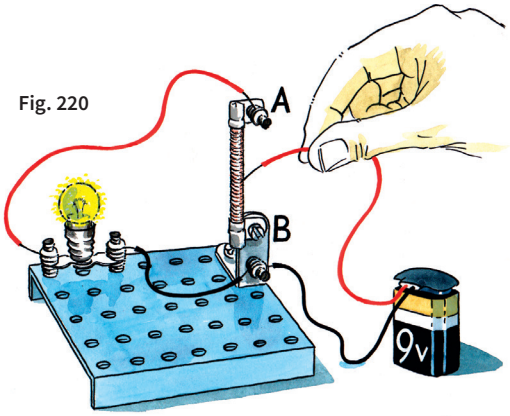


220. POTENZIOMETRO

Collega una lampadina, un resistore ed una batteria per chiudere il circuito come mostrato nella figura 100. In questo caso il resistore rappresenta un potenziometro. Esperimento: Lascia che l'estremità libero del filo connesso alla batteria tocchi il potenziometro nel punto A. La lampadina si accenderà in tutta la sua potenza. Poi sposta lentamente il contatto dal punto A al punto B. La luminosità della lampadina diminuirà lentamente fino a che raggiunto il punto B si spegnerà. A causa del resistore attraverso cui passa la corrente elettrica il voltaggio si abbassa. Siccome nel punto A la lampadina è collegata direttamente alla batteria, essa è alimentata da un voltaggio non ridotto di 9 V. Se il contatto viene spostato verso il punto B, il voltaggio diminuisce perché la resistenza è aumentata. A metà strada tra il punto A ed il punto B il voltaggio sarà pari a 4,5 V, mentre nel punto B scomparirà, e la lampadina si spegnerà.

Materiali necessari: 5, 6, 4 x 7, 8, 14, 28, 30, 33, 35, una batteria

Fig. 220



221. LA LEGGE DI OHM

Collega tre 1,5 V batterie in serie come mostrato nell'esperimento n.91. Poi collega questa fonte di voltaggio ad una lampadina come mostrato nella figura 101. Se viene usata una sola pila la luce della lampadina sarà bassa. Nel caso di due pile (1,5 V) il voltaggio aumenterà e sarà pari a 3 V (1,5 x 2), e quindi la luce della lampadina sarà più forte. Se userai tre pile la luce della lampadina sarà ancora più intensa, dato che il voltaggio è il più alto (1,5 V x 3 = 4,5). Possiamo arrivare a 8 batterie (8 x 1,5 V=12 V). La lampadina si intende per un voltaggio di 12 V. Da questo esperimento puoi dedurre che la potenza della corrente (amperaggio) aumenta all'aumentare del voltaggio. Inoltre, l'esperimento n.96 ci ha insegnato che più debole è la resistenza del conduttore, più forte è la corrente elettrica e viceversa. Quindi, la corrente elettrica, il voltaggio e la resistenza sono correlate le une alle altre, e questa correlazione è stata formulata in quella che viene chiamata la legge di Ohm il cui enunciato è: maggiore è il voltaggio e minore è la resistenza, più forte sarà la corrente. Se la corrente, il voltaggio e la resistenza vengono contrassegnati con i loro simboli internazionali, dove

I sta per corrente (misurata in Ampere - A)
U sta per voltaggio (misurato in volts - V)
R sta per resistenza (misurata in ohms - Ω)

Allora la formula che ne deriva è **I= U / R**

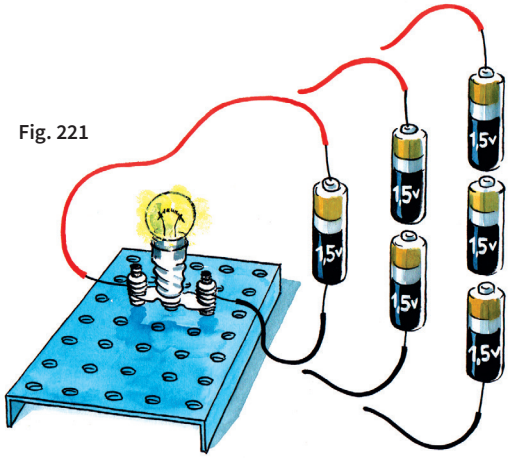
Un modo molto facile per ricordarsi la legge di Ohm è usare il diagramma della legge di Ohm.

Per determinare il valore sconosciuto di una delle tre qualità basta coprire con un dito il simbolo corrispondente, ed i rimanenti simboli indicheranno se i valori vanno moltiplicati o divisi, quindi:

I= U / R
U= I x R
R= U / I

Materiali necessari: 2 x 7, 8, 14, 33, 35, tre batterie

Fig. 221

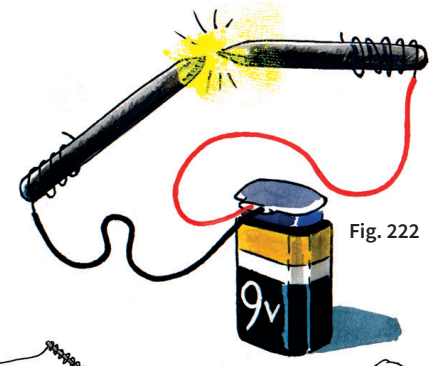


222. ARCO ELETTRICO

Tempera due bastoncini di carbone di una vecchia pila e collegali ad una batteria, come mostrato nella figura 102. Fai toccare le punte dei due bastoncini di carbone e poi allontanale lentamente. Noterai un arco elettrico piccolo, ma estremamente luminoso levarsi dalle due punte. Usando due o più batterie ripeti questo esperimento nell'acqua. Ai nostri tempi l'arco elettrico era usato come fonte di luce per i proiettori, ma in passato il suo uso era molto esteso, veniva usato addirittura per l'illuminazione delle strade.

Materiali necessari: 33, due bastoncini di carbone, una batteria

Fig. 222

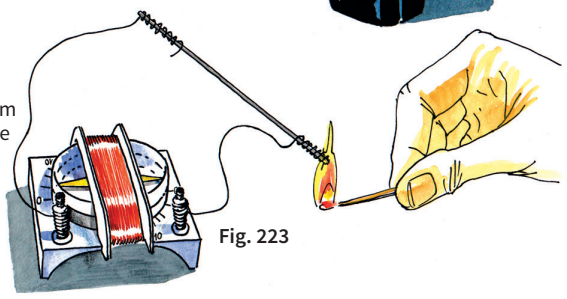


223. LA TERMOCOPPIA

Fissa alle estremità di un filo di ferro lungo 12-13 cm un pezzo di filo di costantana spesso 0,2 mm e collega quest'ultimo ad un galvanoscopio, come mostrato nella figura 103. Appena l'indicatore del galvanoscopio si ferma (l'indicatore giallo indica zero), accendi un fiammifero e con esso riscalda una delle due giunture. L'indicatore del galvanoscopio devierà. Questa combinazione di due metalli diversi, detta termocoppia, è stata usata molto in ingegneria, specialmente per misurare le alte temperature durante la lavorazione del ferro, o la produzione di oggetti di ceramica.

Materiali necessari: 1, 2 x 7, 9, 34, 37, fiammiferi

Fig. 223

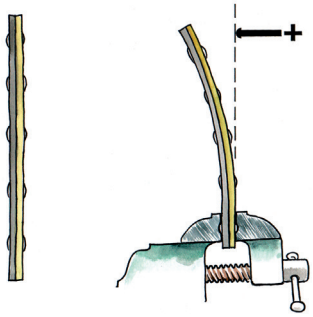


224. NASTRO BIMETALLICO

Metti un pezzo di lamiera di ferro 10 x 1 cm sopra ad un pezzo di lamiera di zinco o di alluminio delle stesse dimensioni e fissali estremamente bene uno all'altro. Se ora tieni una delle due estremità del nastro bimetallico con delle pinze, e riscaldi il nastro, vedrai che esso reagisce alla variazione di temperatura piegandosi da una parte. Questo è dovuto al fatto che il coefficiente di espansione termica dello zinco è maggiore di quello del ferro. I nastri bimetallici vengono usati nei termostati. Il termostato è un apparecchio elettrico che serve ad aprire un circuito ad una data temperatura, ma appena la temperatura si abbassa (o si alza) la funzione del termostato è quella di richiudere il circuito (figura 104 destra). In questo modo la temperatura di un frigorifero, di un fornello elettrico, di uno scaldabagno, etc. può essere mantenuta costante o entro due limiti prefissati.

Materiali necessari: lamiera di ferro, lamiera di zinco, chiodi per lamiere

Fig. 224



225. COME SI MISURA LA RESISTENZA

La resistenza si misura usando il "ponte di Wheatstone" mostrato nella figura 105. Può essere costruito nel seguente modo:
1. Infila due chiodi distanziati di 50 cm dentro una tavola di legno lunga 60 cm e larga 8 cm. Collega i due chiodi con del filo di costantana spesso 0,2 mm e collega entrambe le estremità di quest'ultimo al galvanoscopio, il cui indicatore giallo è posizionato sullo zero.
2. Gli altri elementi del "ponte di Wheatstone" sono: il resistore (n.30 del set), la cui resistenza è 70 Ohm, una bobina la cui resistenza deve essere misurata, ed una batteria. Questi elementi devono essere collegati come mostrato nella figura 105.
3. Tocca il filo del resistore con un contatto collegato alla batteria, e l'indicatore del galvanoscopio devierà. Tuttavia esso devierà anche se si tocca il filo del resistore in qualsiasi altro punto, tranne che in uno. Ricordati di questo punto e contrassegnalo con C. Supponi che in questo stesso punto il filo del resistore sia diviso in due sezioni la cui lunghezza è diversa, contrassegnate con "d1" e "d2". Queste due lunghezze possono essere misurate, e sono per esempio: d1 = 30 cm e d2 = 20 cm. La resistenza della bobina può essere determinata con la seguente formula:

X=R x d1 / d2
X=70 x 30 / 20
X=105 Ω

Quindi nel nostro caso la resistenza della bobina è pari a 105 Ohm.
Si può trovare una spiegazione completa di questa formula in qualsiasi manuale di fisica.
Materiali necessari: 1, 6 x 7, 11, 30, 33, 34, 37, una batteria, una tavola di legno, 2 chiodi

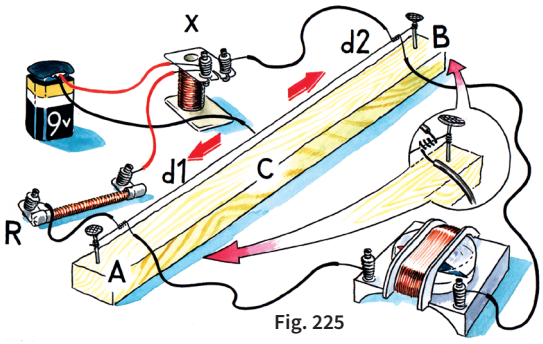


Fig. 225

226. LA RELAZIONE TRA LA RESISTENZA E LA TEMPERATURA DELL CONDUTTORE ELECTRICO

1. Infila due piccoli chiodi dentro una piccola tavoletta di legno e collegali con un filo di ferro dello spessore di 0,1 mm, che avvolgerai a spirale. Collega la spirale, la lampadina e la batteria per chiudere il circuito come mostrato nella figura 106. Appena il circuito sarà chiuso, la lampadina si accenderà. Ma, se la spirale viene riscaldata, la lampadina si spegnerà, il che prova che a causa dell'alta temperatura la resistenza del filo di ferro è aumentata.
2. Ripeti l'esperimento usando un filo di costantana delle stesse dimensioni. Nonostante la temperatura sia aumentata, la resistenza del filo di costantana non è mutata.

Materiali necessari: 4 x 7, 14, 33, 35, una tavola di legno, due chiodi, filo di ferro, una candela, una batteria

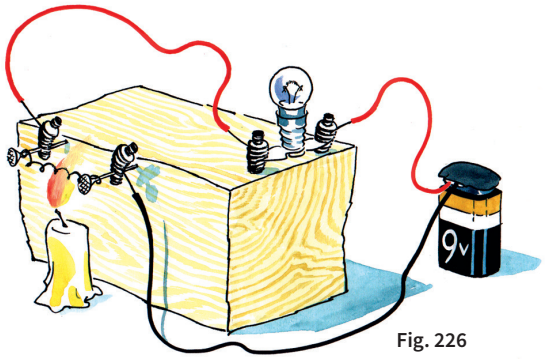


Fig. 226

ELETTROMAGNETISMO

227. COME SI COSTRUISCE UNA ELETTROCALAMITA

Avvolgi 20 o 30 volte un filo di rame isolato intorno alla barra di ferro del set. Collega le estremità del filo alla batteria ed immergi la barra di ferro in un mucchio di limatura di ferro. Appena il circuito elettrico viene chiuso, la barra di ferro diverrà una calamita. Se apri il circuito, la barra perderà il suo magnetismo. Fu così che fu inventata l'elettrocalamita.
Materiali necessari: 3, 2 x 7, 9, 33, 36, una batteria
ATTENZIONE:
La batteria è in corto circuito!
Tieni la batteria connessa solo per un tempo breve, solo il tempo necessario per capire l'esperimento!
Stai attento a non scottarti le dita!

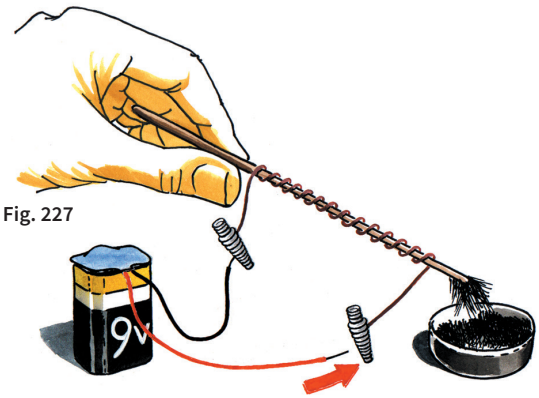


Fig. 227

228. LA SCOPERTA DI OERSTED

Come molte altre scoperte anche quella dell'elettrocalamita fu quasi accidentale. Lo scienziato danese Hans Christian Oersted noto che se un filo che trasporta corrente viene posizionato parallelamente all'ago di una bussola, questo viene deviato. Ripeti questo esperimento nel seguente modo: tieni in mano sopra all'ago di una bussola un pezzo di filo le cui estremità sono collegate ai morsetti di una batteria. L'ago della bussola devierà, e resterà deviato fin tanto che il circuito elettrico resterà chiuso. Appena il circuito viene aperto l'ago tornerà nella posizione di partenza. Se il collegamento con i morsetti della batteria viene invertito, l'ago della bussola devierà nella direzione opposta.
Materiali necessari: 33, 34, una batteria
ATTENZIONE:
La batteria è in corto circuito!
Tieni la batteria connessa solo per un tempo breve, solo il tempo necessario per capire l'esperimento!
Stai attento a non scottarti le dita!

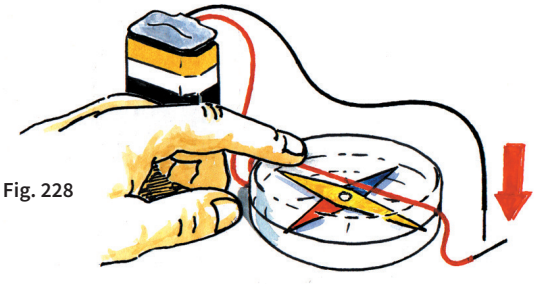


Fig. 228

229. SOMMARE I CAMPI MAGNETICI

Avvolgi alcune volte un filo di rame isolato intorno ad una bussola e collegalo alla batteria dopo ogni giro. Più avvolgi il filo attorno alla bussola, più la deviazione dell'ago aumenta. Evidentemente attorno ad ogni avvolgimento si crea un campo magnetico ed il campo magnetico attorno al solenoide e il totale di tutti i campi magnetici di ogni avvolgimento. Questo è il principio che viene applicato nel tuo galvanoscopio come anche in tutti gli altri elettromagneti.
Materiali necessari: 2 x 7, 33, 34, 36, una batteria
ATTENZIONE:
La batteria è in corto circuito!
Tieni la batteria connessa solo per un tempo breve, solo il tempo necessario per capire l'esperimento!
Stai attento a non scottarti le dita!

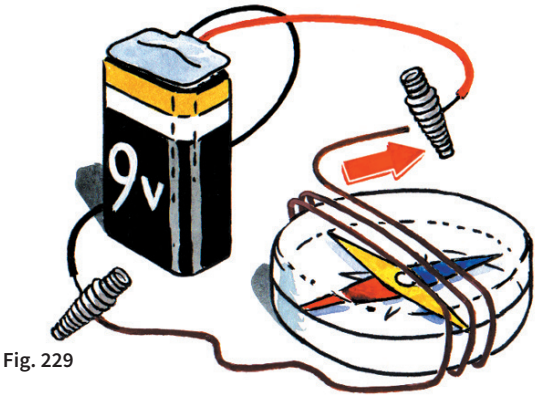


Fig. 229

230. IL CAMPO MAGNETICO INTORNO AD UN CONDUTTORE CHE TRASPORTA CORRENTE

1. Infila un filo di rame al centro di un pezzo di cartone, come mostrato nella figura 110. Collega entrambe le estremità del filo alla batteria, ed usando una bussola controlla il campo magnetico del conduttore. Il tuo scopo è scoprire l'estensione del campo magnetico e la sua forza. L'esperimento deve essere condotto chiudendo ed aprendo continuamente il circuito e quindi annotando attentamente la deviazione dell'ago quando viene posizionato in punti diversi.
2. Un altro modo per individuare il campo magnetico consiste nello spargere della limatura di ferro tutto intorno al filo che passa per il centro del pezzo di cartone. Se picchietti leggermente sul cartone la limatura si disporrà in cerchi concentrici di ampiezza sempre maggiore. Per questo esperimento una sola batteria non è sufficiente.

Materiali necessari: 3, 34, 36, cartone, una batteria

ATTENZIONE:
La batteria è in corto circuito!
Tieni la batteria connessa solo per un tempo breve, solo il tempo necessario per capire l'esperimento!
Stai attento a non scottarti le dita!

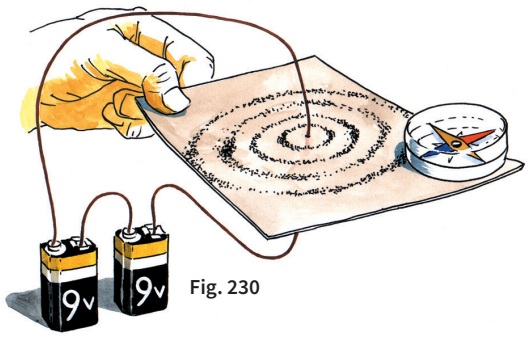


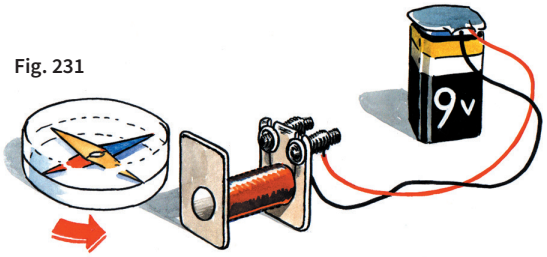
Fig. 230

231. UN SOLENOIDE CHE SI COMPORTA COME UN MAGNETE

Il set contiene un solenoide attorno a cui è stato avvolto 100 volte un filo di rame isolato. Posiziona il solenoide a circa 2 cm dalla bussola, e seguendo la figura 111, lascia che la corrente della batteria attraversi il filo del solenoide. Appena chiudi il circuito l'ago della bussola devierà e rimarrà deviato fin tanto che il solenoide e attraversato dalla corrente. Se apri il circuito, l'ago della bussola tornerà alla posizione iniziale.

Materiali necessari: 2 x 7, 11, 33, 34, una batteria

Fig. 231

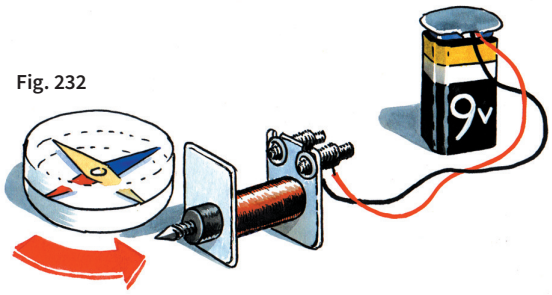


232. SOLENOIDE CON UN NUCLEO DI FERRO

Ripeti l'esperimento precedente ed annota la deviazione dell'ago della bussola. Apri il circuito in modo da poter inserire il nucleo di ferro (non un magnete) del set nel solenoide. Una volta chiuso il circuito noterai che la deviazione dell'ago questa volta è maggiore, cioè è dovuto al fatto che inserendo il nucleo di ferro nel solenoide la forza magnetica di quest'ultimo è stata aumentata.

Materiali necessari: 2 x 7, 11, 16, 33, 34, una batteria

Fig. 232

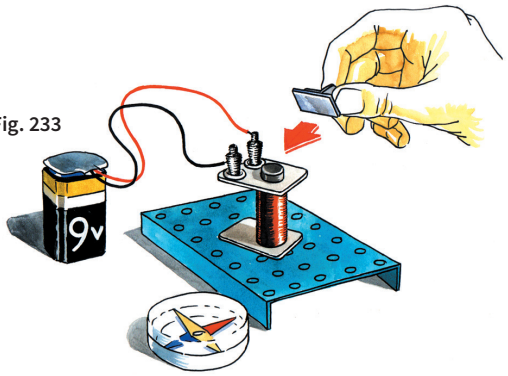


233. ELETTROCALAMITA A BARRA

Infila sopra al nucleo di ferro fissato ad una base di plastica il solenoide e collegalo ai morsetti di una batteria. Il risultato sarà una elettrocalamita a forma di barra (figura 113). Tali esperimenti dimostrano che un'elettrocalamita viene prodotta nel momento in cui il circuito è chiuso; appena il circuito viene aperto, la calamita perde la sua forza ed in essa rimangono solo tracce minime di magnetismo.

Materiali necessari: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 33, 34, una batteria

Fig. 233

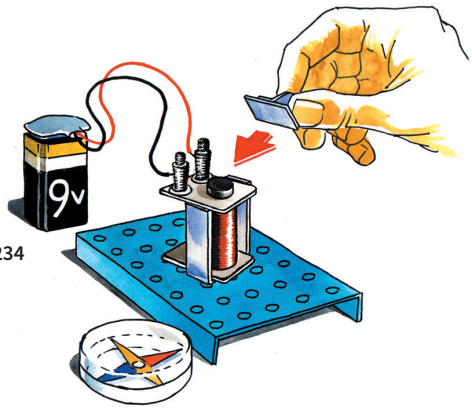


234. ELETTROCALAMITA AD U

Fissa lo stesso nucleo di ferro già usato in altri esperimenti ad una base di plastica (figura 114). Questo nucleo serve a sostenere un solenoide che è collegato alla batteria. Chiudendo il circuito si otterrà una elettrocalamita molto potente, molto più potente di quella ottenuta con l'esperimento precedente, anche se sono stati usati la stessa batteria e lo stesso solenoide. Mentre nell'esperimento precedente non era possibile sollevare la calamita e la sua base usando un'armatura, ora può essere sollevato un carico molto più pesante. Per quale motivo la potenza dell'elettrocalamita è aumentata?

Materiali necessari: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, 34, una batteria

Fig. 234



235. ASCENSORE ELETTROMAGNETICO

Usando i componenti del set cerca di costruire un piccolo ascensore elettromagnetico. Collega l'elettrocalamita ad U del precedente esperimento ai morsetti della batteria, come mostrato nella figura 115. Ora immergila in una scatola di viti e cerca di trasportare le viti in un altro punto. Appena apri il circuito il carico cadrà.

Materiali necessari: 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 33, oggetti di ferro, una batteria

236. ELETTROCALAMITA A FORMA DI PIATTO

Questo esperimento può essere condotto solo se è disponibile un laboratorio di ingegneria. Con il trapano fai un foro del diametro di 9 mm e profondo 20 mm, dentro un disco di ferro di lunghezza di 3 cm e del diametro di 6 cm. Inserisci nel foro 100 avvolgimenti di filo di rame isolato del diametro di 0,3 mm. Tirando entrambi le estremità del filo attraverso dei buchi isolati collega il solenoide alla batteria. L'armatura corrispondente è fatta anch'essa di un disco di ferro dello spessore di 10 mm. Anche se è connessa solo ad una batteria questa elettrocalamita può essere utilizzata per sollevare un peso di circa 150 grammi. Delle calamite simili vengono usate negli ascensori elettrici, e sollevano fino a 10 o 20 tonnellate, ed anche di più.

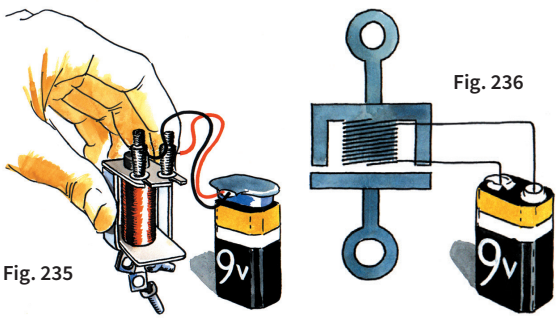


Fig. 235

Fig. 236

237. QUALE MAGNETE È PIÙ POTENTE?

Il set contiene due magneti: uno permanente, fatto con la lega ALNICO, ed un elettromagnete, simile a quello dell'esperimento precedente. Quale magnete è più potente? Per rispondere a questa domanda ripeti l'esperimento n.48b, in cui è stata testata la potenza di un magnete permanente. Lo strumento per testare corrispondente è mostrato nella figura 117 a sinistra. Riempi la sua coppetta di cartone con tanti oggetti quanti il magnete riesce a reggerne. Se ripeti lo stesso esperimento usando l'elettromagnete (figura 117 a destra), questo si dimostrerà molto più potente del magnete permanente.

Materiali necessari: 6, 2 x 7, 10, 11, 16, 17, 18, 33, cartone, un filo, una batteria

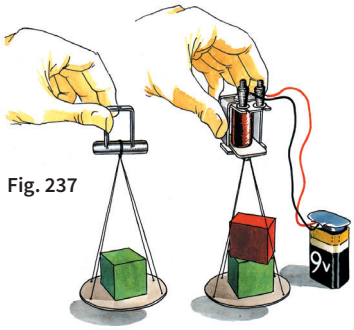


Fig. 237

238. SPETTRO ELETTROMAGNETICO

1. Al centro di un pezzo di cartone, delle dimensioni di una cartolina, taglia un'apertura rettangolare lunga 30 mm e larga 21 mm. Questo è dove dovrai inserire metà del solenoide preso dal set. Collegalo ad una batteria e spargi un po' di limatura di ferro sopra il cartone. Paragona lo spettro magnetico che ne risulta con quello causato dal magnete permanente nell'esperimento n.40.
2. Ripeti l'esperimento precedente inserendo un nucleo di ferro nel solenoide.

Materiali necessari: 3, 2 x 7, 11, 16, 33, cartone, batteria

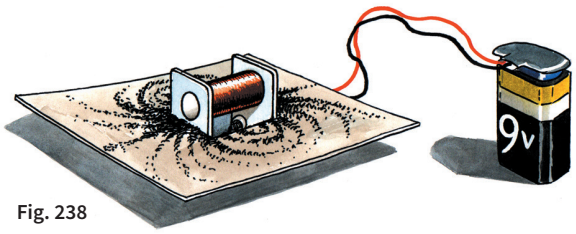


Fig. 238

239. UN SOLENOIDE CON UN CHIODO

Collega il solenoide del set alla batteria, come mostrato nella figura 119, ed inserisci un chiodo di medie dimensioni nel buco al centro del sostegno. Se il solenoide viene sollevato, il chiodo non cadrà fuori. Infatti il chiodo è esposto a delle forze, essendo una di esse la forza di gravità e l'altra il magnetismo, ma quest'ultima è evidentemente più forte.

Materiali necessari: 2 x 7, 11, 33, un chiodo, una batteria

240. IL SOLENOIDE CON DUE CHIODI

Posiziona il solenoide sopra una base di plastica, inserisci due chiodi privi di capocchia nel suo foro centrale e collega il solenoide alla batteria. Chiudendo ed aprendo il circuito noterai che i due chiodi si muovono. Se il circuito è aperto, i chiodi si posizioneranno come mostrato nella figura 120a ma appena il circuito viene chiuso, i chiodi si allontaneranno, come mostra figura 120b. Quest'ultimo evento è dovuto al fatto che i chiodi si sono magnetizzati e siccome hanno i poli uguali alla stessa estremità, si respingono a vicenda.

Materiali necessari: 5, 6, 4 x 7, 8, 11, 24, 28, 33, 2 chiodi, una batteria

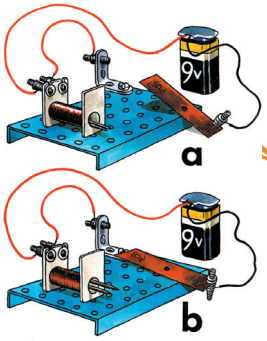


Fig. 240

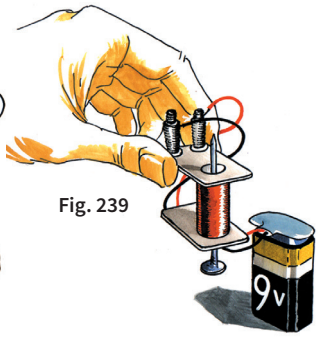


Fig. 239

241. AMPEROMETRO A FERRO DOLCE

Inserisci un chiodo nel foro del sostegno del solenoide e legalo con un pezzo di filo o un elastico, come mostrato nella figura 121. Ora inserisci un indicatore, composto da due lamine di ferro (prese da un vecchio barattolo), che dovranno avere le seguenti dimensioni: 40 x 5 mm e 60 x 2 mm, 0,2-0,4 mm di spessore, e dovranno essere legate insieme come mostrato nella figura 121. Quello più sottile deve essere girato leggermente verso sinistra. Se il solenoide viene collegato alla batteria, il chiodo e l'indicatore si magnetizzeranno in modo analogo, e di conseguenza si respingeranno. Usando un amperometro professionale questo dispositivo fatto in casa può essere calibrato e dotato di una scala di misurazione.

Materiali necessari: 2 x 7, 11, 33, due lamine di ferro, un pezzo di legno, un elastico, una batteria

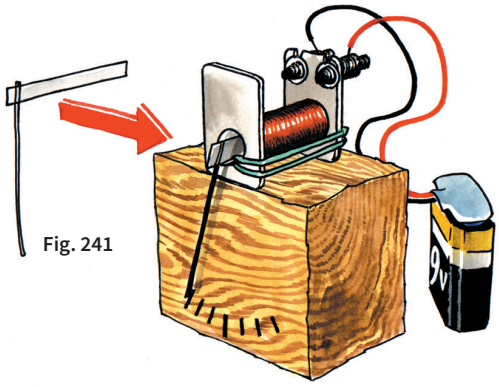


Fig. 241

242. UN'ALTRA VERSIONE DI AMPEROMETRO

Avvolgi circa 20 occhielli di filo di costantana intorno ad una barra di ferro ed usa il rimanente filo per tenere sospeso un nucleo di ferro. Inserisci una parte del nucleo di ferro dentro il solenoide (fig122) e collegalo alla batteria. Il solenoide attrarrà il nucleo di metallo, e più forte sarà la corrente, più quest'ultimo si precipiterà verso il basso dentro il centro del solenoide. Se questo dispositivo fosse dotato di un indicatore e di una scala, potrebbe essere utilizzato anche per misurare l'attrazione del solenoide o rispettivamente l'intensità della corrente.

Materiali necessari: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 2 x 20, 28, 33, 37, una batteria

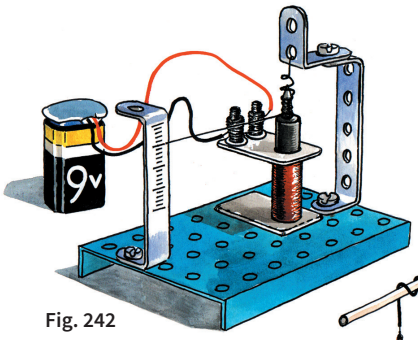


Fig. 242

243. STRUMENTI A BOBINA MOBILE

Fissa verticalmente un supporto di ferro ad una base di plastica e sopra di esso fissane uno orizzontalmente. Ad una estremità del supporto orizzontale fissa un nucleo di ferro e all'altra estremità una calamita. Questo insieme di componenti è in effetti una calamita a ferro di cavallo tra le cui braccia si trova un fortissimo campo magnetico. Posiziona un solenoide di rame isolato del diametro di 0,16 mm all'interno del campo magnetico. Esso deve avere 10 o 12 avvolgimenti di filo del diametro di 10 mm e deve essere sospeso come mostrato nella figura 123 a sinistra. Un'estremità del solenoide principale sarà legata con un sostegno di carta al terminale positivo della batteria e l'altra al negativo (per una miglior connessione elettrica togli l'isolamento dai due terminali del filo di rame). Appena il circuito viene chiuso, il solenoide girerà verso sinistra o verso destra, a seconda del verso della corrente elettrica Tutti gli strumenti elettrici di precisione per la misurazione si basano su questo principio. La rotazione del solenoide verrà spiegata nell'esperimento successivo.

Materiali necessari: (20), 2 x 5, 3 x 6, 10, 16, 2 x 29, 33, 36, una batteria

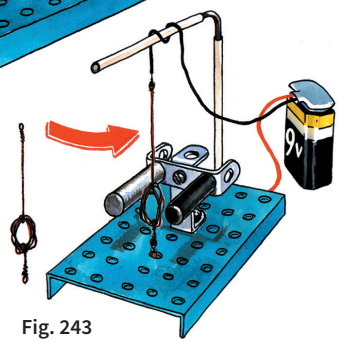


Fig. 243

244. UN CONDUTTORE NEL CAMPO MAGNETICO

Fissa verticalmente un supporto di ferro ad una base di plastica, e fissa ad esso un nucleo di ferro ed un magnete. Inoltre prendi un filo metallico di rame di 10 cm supporto dell'esperimento n.20 per sospendere la doppia vite filettata (circa 30 avvolgimenti) nel campo magnetico. Per una migliore connessione elettrica togliere la protezione dell'isolamento dai due terminali del filo metallico di rame.
Appena il circuito verrà chiuso, la barra girerà o a sinistra o a destra, a seconda del verso della corrente elettrica. Questa rotazione è dovuta all'interazione dei campi magnetici: quello potente creatosi tra le due estremità della calamita e l'altro creatosi attorno al conduttore nel momento in cui il circuito è stato chiuso. Si sa che i campi magnetici sono reciprocamente attratti o respinti, a seconda che siano uguali o diversi. Questo esperimento è molto importante per capire il funzionamento di un motore elettrico.
Materiali necessari: (20), 5, 2 x 6, 10, 12, 16, 29, 33, 36, una batteria

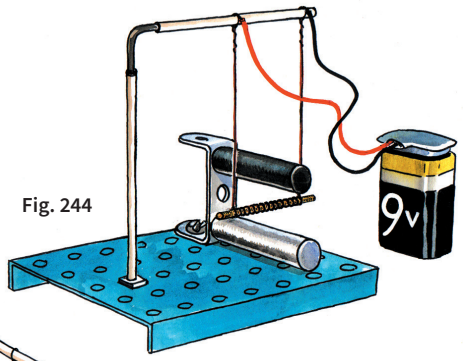


Fig. 244

245. COME SI OSTACOLA UN CAMPO MAGNETICO

Fissa un'elettrocalamita su una base di plastica e, usando il supporto dell'esperimento n.20, sospendi con un filo di cotone un supporto di ferro a 38x12 mm di distanza 1 cm dall'elettrocalamita. Se il circuito viene chiuso, l'elettrocalamita attirerà il supporto di ferro. Se tuttavia inserisci alcuni materiali, come per esempio una lamina di rame, una lamina di zinco, un pezzo di cartone, un pezzo di vetro, una lamina di ferro ed altri ancora, tra l'elettrocalamita ed il supporto di ferro, potrai verificare quali materiali non hanno alcun effetto sul campo magnetico e quali invece tendono ad ostacolarlo.
Materiali necessari: (20), 5, 2 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 28, 29, 33, un filo di cotone, una batteria

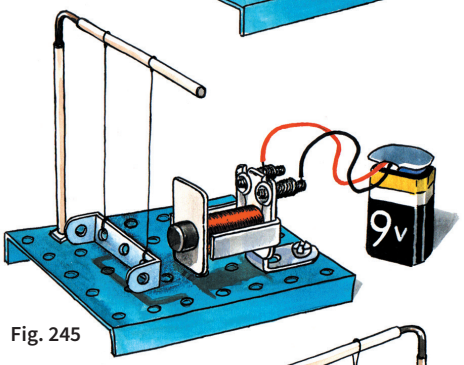


Fig. 245

246. FRENO ELETTROMAGNETICO

Sospendi ad un supporto fissato (vedi esperimento n.20) ad una base di plastica, un campanello di alluminio rovesciato con un filo di cotone. Fissa sotto ad esso un'elettrocalamita. Contrassegna il campanello con una linea sul bordo. Lasciando il circuito aperto gira il campanello tre volte. Lascialo andare e conta i giri che fa per tornare alla posizione di partenza. Quando il campanello si ferma, chiudi il circuito e ripeti l'esperimento appena descritto. Noterai che l'elettromagnete frena il campanello. Questo fenomeno ha un importante ruolo in ingegneria.
Materiali necessari: (20), 6, 2 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 33, un filo di cotone, una batteria

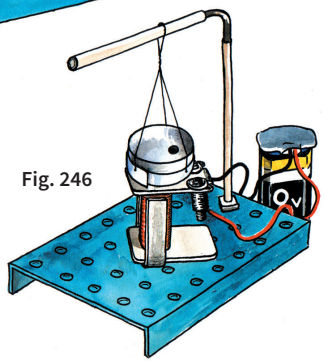


Fig. 246

APPLICAZIONI TECNICHE DELL'ELETTROMAGNETE

247. TELEGRAMMA MORSE

Fissa un elettromagnete, costituito da un nucleo sotto un dado, un supporto ed un solenoide, ad una base di plastica e procedi nel montaggio di un'armatura (K) che deve essere posizionata a pochissima distanza dall'elettromagnete. Essa è costituita in effetti da un supporto 60 x12 mm fissato orizzontalmente ad uno posto verticalmente. Sul lato sinistro è fissato un supporto 25 x 25 mm che contiene una piccola matita. Fissa un interruttore in una piastra ad angoli 25x25 mm e la molletta sulla base di plastica (vedi la figura 127). Se questo telegrafo viene collegato ad una batteria e di conseguenza il circuito viene chiuso, l'elettromagnete attirerà l'armatura. Appena il circuito viene aperto l'armatura tornerà alla sua posizione di partenza. Nel caso di un telegrafo professionale la matita riprodurrà puntini e lineette su di un nastro di carta che gli passa sotto. Questi puntini e lineette, che formano l'alfabeto Morse (vedi esperimento n.85) dipendono dal tempo in cui il circuito rimane chiuso.
Materiali necessari: 5 x 5, 6 x 6, 6 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 24, 2 x 28, 29, 33, una batteria, una matita, carta

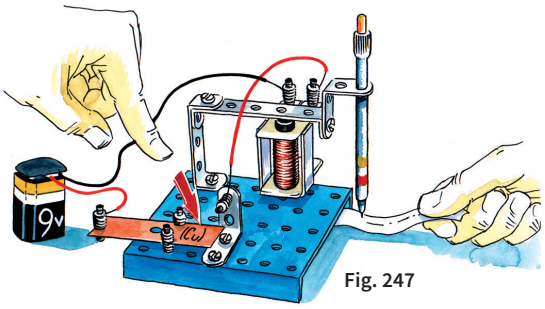


Fig. 247

248. IL PULSANTE DI MORSE

Morse inventò uno speciale interruttore, che permetteva di accendere e spegnere alternativamente due telegrafi. Puoi cercare di costruire questo pulsante da solo. Utilizza la piastra, i due angoli 25x25 mm e la molletta. Fissa tutto su base di plastica. I due angoli insieme alle viti rappresentano la destra e la sinistra del contatto. Il pulsante di Morse ha tre fonti di alimentazione, e quella centrale funziona come la solita fonte. Se tuttavia muovi la leva da un lato o dall'altro, la corrente elettrica passerà attraverso il contatto destro o sinistro. Il funzionamento del pulsante di Morse sarà spiegato meglio attraverso la spiegazione del collegamento tra due telegrafi.
Materiali necessari: 7 x 5, 8 x 6, 7 x 7, 8, 11, 16, 17, 20, 23, 3 x 28, 29, 33, una batteria

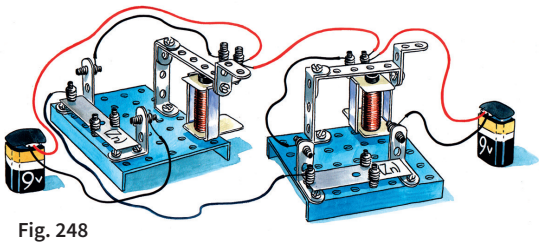


Fig. 248

249. SCHEMA DI UN CIRCUITO

La figura 129 mostra lo schema di un circuito in cui ci sono due telegrafi e due pulsanti.
Le lettere indicano:

T - Telegrafo di Morse **B - Batteria**
K - Pulsante di Morse **Z - Suolo**

Il sistema descritto sopra può essere utilizzato per collegare tra loro due stazioni ferroviarie. Le ferrovie per comunicare hanno usatto i telegrafi (Morse). Se hai due "Piccoli elettrotecnici" puoi costruire il circuito. Metti i due telegrafi in due camere diverse, collegali con due fili e potrai telegrafare. Nel caso del telegrafo Morse usato nelle ferrovie è necessario un solo filo, mentre l'altro è sostituito da una presa a terra; le prese a terra sono costituite da due placche di metallo poste sotto il terreno.
Materiali necessari: due telegrafi Morse, due pulsanti Morse, due batterie

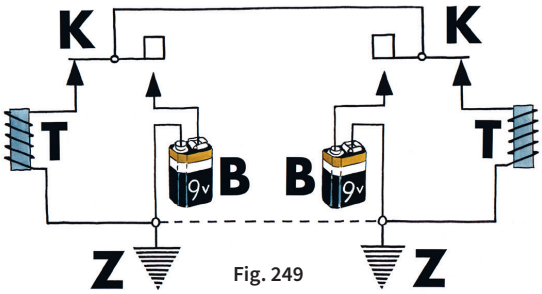


Fig. 249

250. MARTELLO DI WAGNER

Wagner, uno scienziato, ha inventato un dispositivo elettrico che apre e chiude il circuito elettrico automaticamente. Esso è noto come il martello di Wagner e viene usato molto frequentemente nella costruzione meccanica. Cerca di costruirlo nel seguente modo. Usando un supporto 25 x 25 mm fissa l'elettromagnete alla base di plastica. Attacca un piccolo martelletto per il campanello con l'altro angolo a circa 2-3 mm dall'elettromagnete. Attraverso il filo che tieni in mano la corrente dovrebbe fluire dalla batteria al martelletto, da qui al sostegno, e poi attraverso il cavo di collegamento al solenoide e da lì di nuovo alla batteria. Appena chiudi il circuito il martelletto comincerà a vibrare, e di conseguenza aprirà e chiuderà il circuito elettrico. Nel momento in cui il martelletto viene attratto dell'elettromagnete, si separa dai contatti, e il circuito si apre. Di conseguenza, l'elettromagnete smetterà di funzionare, e quindi il martelletto, grazie alla sua molla flessibile, tornerà nella sua posizione iniziale e quindi il circuito elettrico sarà nuovamente chiuso. Questo ciclo si ripeterà ogni volta.

Materiali necessari: 4 x 5, 5 x 6, 3 x 7, 8, 11, 16, 17, 2 x 28, 31, 33, una batteria

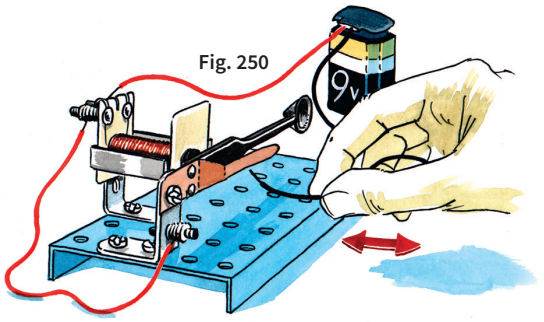


Fig. 250

251. CAMPANELLO ELETTRICO

Dopo aver costruito il martello di Wagner non avrai difficoltà a costruire un campanello elettrico. Dovrai solo aggiungere una vite di fissaggio e un campanello. Come puoi vedere nella figura 131 la vite di fissaggio è un supporto con una vite due bulloni. Fissa il campanello alla base usando una vite a doppia filettatura ed i relativi bulloni. I collegamenti possono essere visti nella figura 131.

Materiali necessari: 5 x 5, 12 x 6, 4 x 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 25, 3 x 28, 31, 33, una batteria

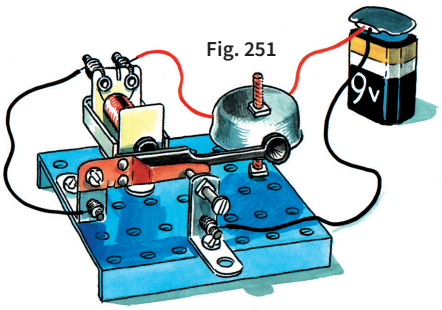


Fig. 251

252. UN CAMPANELLO ELETTRICO AL POSTO DEL PORTIERE

La figura 132 mostra lo schema di un circuito in cui sono collegati tra loro un campanello elettrico, una batteria ed un pulsante. Il campanello e la batteria sono istallati nell'appartamento, mentre il pulsante è all'entrata. La persona che viene a trovarti preme sul campanello. In questo modo il circuito si chiude ed il campanello comincia a suonare. Usando un altro elettromagnete si può aprire la porta all'ospite.

Materiali necessari: un campanello elettrico, una batteria, un pulsante, fili connettori

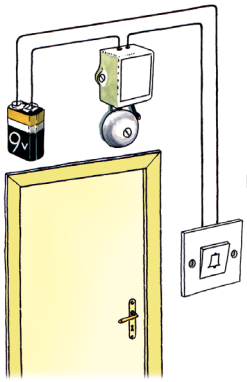


Fig. 252

253. UN CAMPANELLO CON PIÙ PULSANTI

In alcuni posti come gli ospedali, gli hotel, le carrozze dei treni c'è bisogno di impianti che consentano a determinate persone quali il portiere, un infermiere, il controllore di poter essere chiamati da diversi posti. La figura 133 mostra un circuito in cui sono collegati tra loro un campanello, una batteria e diversi pulsanti. Per spiegare come funziona prendiamo come esempio quello di un sistema di segnalazione in un vagone letto. Nel corridoio di un vagone letto sopra ogni porta c'è una piastrina di segnalazione rossa. Quando il campanello suona, una delle piastrine rosse cade e così indica al controllore quale passeggero lo ha chiamato. Negli ospedali e negli hotel ci sono delle piastrine di segnalazione simili ma queste hanno i numeri delle stanze. Anche il loro funzionamento dipende dall'elettromagnete.

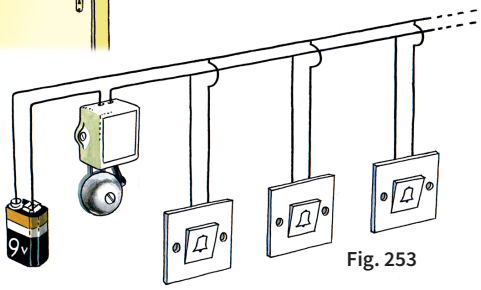


Fig. 253

254. IMPIANTO DI SEGNALAZIONE

Usa una lamiera di ferro molto sottile per fare l'interruttore mostrato nella figura 134. Ogni pezzo di lamiera deve essere largo 10 mm e lungo 60 mm. Fissa l'interruttore sopra la porta in modo che i due pezzi di lamina facciano contatto quando la porta è aperta e non quando è chiusa. Se l'interruttore fosse collegato ad una batteria e ad un campanello elettrico, otterresti un impianto di segnalazione che ti permetterebbe di sapere quando una porta o una finestra vengono aperte. L'impianto appena descritto viene usato come allarme in vari luoghi, per esempio una casa.

Materiali necessari: lamiera di ferro, un campanello elettrico, filo per saldature, filo connettore

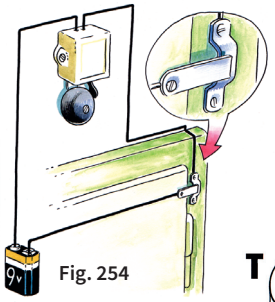


Fig. 254

255. INDICATORE ELETTRICO DEL LIVELLO DI UN LIQUIDO

Il livello dell'acqua o di qualsiasi altro liquido nel serbatoio di una fabbrica o di un laboratorio non dovrebbero mai essere al di sopra o al di sotto di un certo livello. Questi livelli possono essere salvaguardati come mostrato nella figura 135. Nel liquido c'è un galleggiante che si alza o si abbassa in relazione al livello dell'acqua. Nel caso in cui esso raggiunga il livello critico superiore, il contatto A chiude il circuito e il campanello elettrico suona, avvertendo che qualcosa non va. Se, al contrario, il livello del liquido scende oltre il livello minimo, il contatto B chiude il circuito, attivando così l'impianto di segnalazione. Il livello del liquido può essere regolato anche automaticamente. In questo caso uno dei contatti descritti sopra apre il flusso del liquido, mentre l'altro lo chiude. Le lettere indicano:

P - galleggiante
T - ruota
U - peso

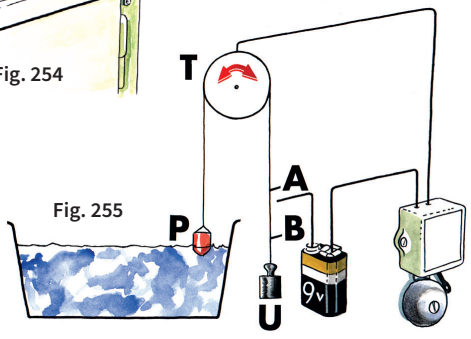


Fig. 255

256. EFFETTI FISIOLOGICI DELLA CORRENTE ELETTRICA

La corrente elettrica ha effetto sul tuo corpo. Questo può essere dimostrato attraverso alcuni esperimenti:

1. Prendi una lamiera di rame con la mano sinistra e una di zinco con la destra e tocca entrambe i morsetti della batteria come mostrato nella figura 136 a sinistra. Nonostante un flusso di corrente elettrica attraversi il tuo corpo tu non te ne accorgerai quando tocchi i morsetti della batteria.
2. Collega le lamiere di metallo ad una bobina che ha il nucleo di ferro (figura 136 a destra). Poi tenendo le due lamiere in mano apri e chiudi ripetutamente il circuito. Come è successo prima, non sentirai niente mentre chiudi il circuito, mentre al contrario, sentirai delle forti scosse quando apri il circuito. Queste scosse provengono dalla bobina quando il circuito viene aperto. Per comprendere questo fenomeno ripeti l'esperimento n.95. In quell'esperimento abbiamo parlato della cosiddetta resistenza induttiva in una bobina in un circuito elettrico chiuso. Quando il circuito è chiuso intorno alla bobina si forma un campo magnetico, ma appena il circuito viene aperto, il campo magnetico viene distrutto, e la conseguenza è una corrente indotta che viene sentita come una scossa.

Materiali necessari: 4 x 7, 11, 16, 23, 24, 33, una batteria

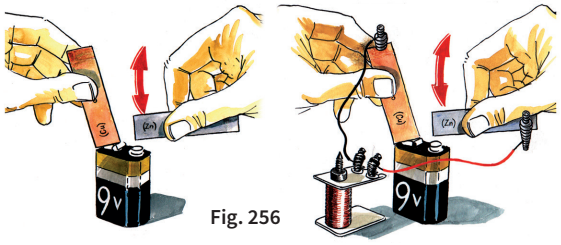


Fig. 256

257. BOBINA D'INDUZIONE

C'è solo un passo che divide il campanello elettrico dalla bobina d'induzione. Mentre il campanello suona, collegalo a due lamiere: la prima è fissata con una vite e la seconda con un sostegno che sostiene un martelletto (vedi figura 137). Se le tue mani sono asciutte, sentirai solo una lieve corrente; se tuttavia, saranno bagnate, sentirai una corrente piuttosto forte.
Evidentemente il voltaggio della corrente che sentirai è maggiore di quello della batteria.
Materiali necessari: (131), 23, 24, 33

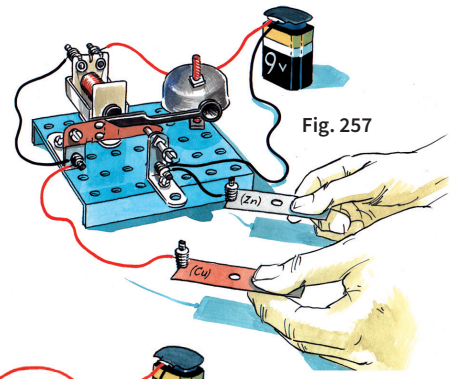


Fig. 257

258. ELETTRIZZAZIONE ATTRAVERSO L'ACQUA

Dentro un piatto pieno d'acqua immergi una lamiera di metallo del precedente esperimento e una moneta. Mentre il campanello suona usa la mano destra per afferrare fermamente l'altra lamiera e la mano sinistra per tirare fuori la moneta dall'acqua. Quando toccherai la superficie dell'acqua sentirai una scossa molto forte e non potrai sollevare la moneta per i forti crampi alla mano. È sempre molto pericoloso toccare impianti elettrici con le mani bagnate!
Materiali necessari: (137), un piatto pieno d'acqua, una moneta

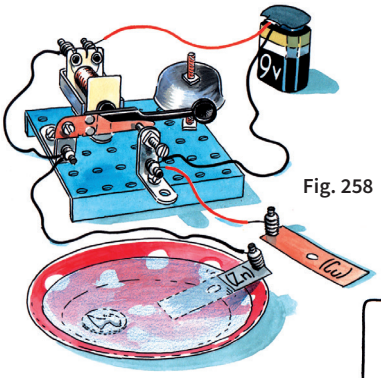


Fig. 258

259. LA TERRA COME UN CONDUTTORE

Spingi l'elettrodo del precedente esperimento dentro il terreno umido su cui stai in piedi a piedi nudi. Afferra l'altro elettrodo con la mano e scoprirai che la terra è un ottimo conduttore. La figura 139 è solo uno schema parziale dell'esperimento.
Materiali necessari: (137)

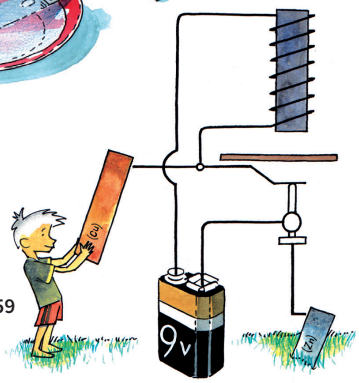


Fig. 259

260. RELÈ

Il relè è un impianto attraverso cui un circuito più potente può essere chiuso od aperto indirettamente attraverso un corrente più debole. I relè sono di due tipi, quelli di chiusura e quelli di apertura. Prova a fare entrambi. La figura 140 mostra lo schema del circuito di un relè di apertura. Il primo circuito include un elettromagnete e la batteria n.1. Appena chiudi il circuito, l'elettromagnete attirerà il piccolo martelletto, che a sua volta chiuderà un altro circuito che comprende una lampadina, la batteria n.2 e un martelletto. Come risultato di tutto ciò la lampadina si accenderà. Non è difficile apportare le modifiche necessarie a trasformare un relè di chiusura in uno di apertura.
Materiali necessari: 3 x 5, 3 x 6, 6 x 7, 8, 11, 14, 16, 2 x 29, 31, 33, 35, due batterie

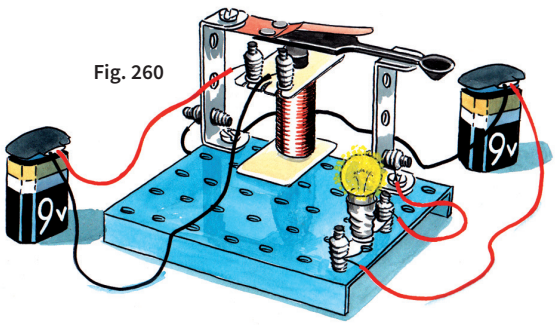


Fig. 260

261. IL TELEFONO DEI PASTORI

Esso è formato da due cilindri di cartone che hanno una delle due estremità coperte da carta uso pergamena. Puoi usare un vasetto di plastica da yogurt. Collega i due cilindri con un filo sottile che deve essere teso durante la conversazione. Mentre uno parla, l'altro ascolta e vice versa, perché non è possibile parlare ed ascoltare contemporaneamente. Mentre si parla la membrana di pergamena vibra. Attraverso il filo che è teso le vibrazioni vengono trasmesse all'altra membrana, che quindi inizia anch'essa a vibrare, facendo così giungere a chi ascolta la voce di chi sta parlando. Questo telefono tuttavia non può essere utilizzato per parlare a lunghe distanze e non può essere utilizzato nel caso in cui il filo giri un angolo (ad esempio su due lati di un palazzo). Il telefono di Bell funziona nello stesso modo. Anche esso è costituito da due elementi, che contengono ciascuno un magnete permanente, un nucleo di ferro ed un solenoide; l'elettromagnete è preceduto da una membrana di metallo. Quando si parla nella membrana, il campo magnetico cambia. Questo produce corrente elettrica nel solenoide. Attraverso due fili la corrente elettrica viene trasmessa all'altro apparecchio telefonico, dove causa la vibrazione della membrana di metallo. Oggi il telefono di Bell è stato sostituito da una versione più moderna costituita da una cornetta ed un microfono.

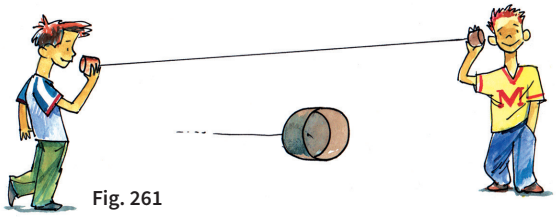


Fig. 261

262. ENERGIA ELETTRICA TRASFORMATA IN SUONO

La figura 142 mostra lo schema di un dispositivo attraverso cui è possibile trasformare l'energia elettrica in suono. Fissa un elettromagnete, costituito da un nucleo, un sopporto ed un solenoide ad un base di plastica. Metti sopra all'elettromagnete il coperchio di latta (fatto di lamiera di metallo) che deve essere leggermente sollevato durante l'esperimento. Esso serve da membrana. Se il circuito viene aperto e chiuso alternativamente, udirai un fruscio. Quando il circuito è chiuso, la membrana viene attratta dall'elettromagnete, e quando viene aperto la membrana grazie alla sua flessibilità, ritorna alla sua posizione iniziale. L'auricolare che costruirai nel prossimo esperimento funziona nello stesso modo.
Materiali necessari: 6, 2 x 7, 8, 11, 16, 17, 33, un coperchio di latta, una batteria

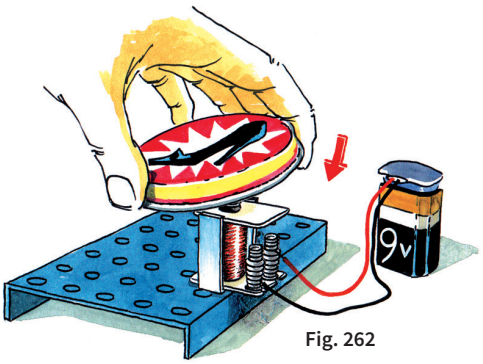


Fig. 262

263. L'AURICOLARE

Usando due supporti, uno di 38 x 12 mm ed uno di 60 x 12 mm, collega la membrana e l'elettromagnete in modo che tra loro ci siano solo 1-2 mm di distanza.
Poi collega l'auricolare alla batteria, come mostrato nella figura 143. Quando chiudi il circuito la membrana non dovrebbe né toccare né essere ad una distanza eccessiva dall'elettromagnete. Chiudendo il circuito l'elettrocalamita attira il diaframma. Chiudendo il circuito il diaframma viene rilasciato. Puoi renderti conto dell'effetto sentendo il rumore.
Materiali necessari: 4 x 5, 6 x 6, 2 x 7, 11, 16, 17, 20, 22, 2 x 29, 33, una batteria

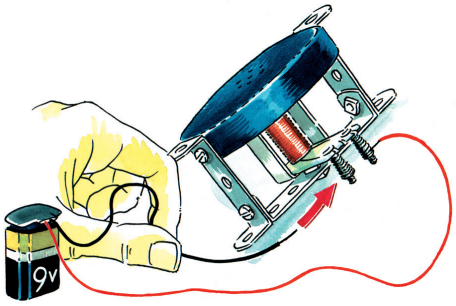


Fig. 263

264. UNA LIMA CON LA FUNZIONE DI INTERRUTTORE AUTOMATICO

Collega l'auricolare del precedente esperimento alla batteria attraverso la lima, come mostrato nella figura 144. Fai scorrere un contatto lungo la lima in modo che, aprendo ripetutamente il circuito, tu possa sentire un fruscio fuoriuscire dalla membrana.
Materiali necessari: (143), una lima

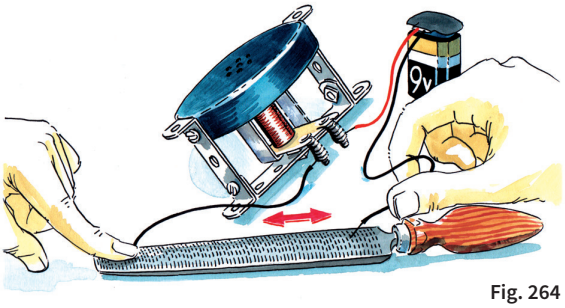


Fig. 264

265. CLACSON DELLA MACCHINA

Per questo esperimento hai bisogno di un auricolare (figura 143), una batteria ed alcuni fili connettori. Collega un polo del solenoide all'auricolare e l'altro ad un morsetto della batteria. L'altro morsetto della batteria deve essere collegato alla membrana delicatamente (lascia il diaframma vibrare) come mostrato in figura 145.
Materiali necessari: (143), 7

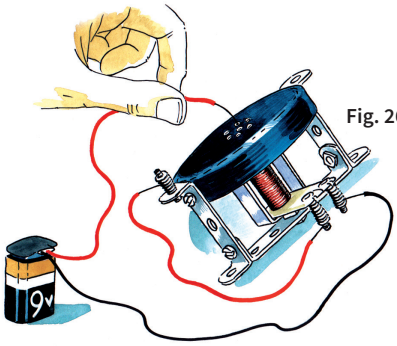


Fig. 265

266. MICROFONO

Questo set contiene un microfono molto semplice ma nonostante questo molto sensibile. Esso è costituito da due elementi fondamentali: la membrana come quella dell'auricolare (salvo il fatto che è di plastica) e tre barre, due delle quali sono di ferro e sono fissate alla membrana, mentre la terza è di carbone ed è in contatto con gli altri due. Collega la batteria, il microfono e la lampadina per chiudere il circuito, come mostrato nella figura 146. Se premi il dito contro la barra di carbone libera, la lampadina si accenderà. Più forte premio contro la barra, più la lampadina si illuminerà. A causa del contatto più o meno forte con la barra di carbone, il microfono farà passare una corrente più o meno forte. La stessa cosa accade quando si parla in un microfono.
Materiali necessari: 2, 4 x 5, 4 x 6, 4 x 7, 8, 14, 2 x 28, 33, 35, una batteria

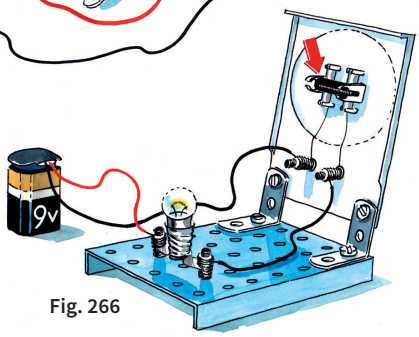


Fig. 266

267. IL TELEFONO

Collegando l'auricolare dell'esperimento n.143 ed il microfono dell'esperimento precedente ad una batteria, otterrai un apparecchio telefonico, cioè un dispositivo per la trasmissione della voce o altri suoni a lunga distanza. L'orologio poggiato sulla base di plastica può essere sentito attraverso l'auricolare. Questo è dovuto al fatto che il ticchettio dell'orologio fa vibrare la membrana del microfono. Mentre la barra di carbone del microfono fa passare una corrente più o meno forte e la membrana viene attratta con più o meno forza dall'elettromagnete dell'auricolare, l'aria vibra e queste vibrazioni possono essere percepite. Questo telefono fatto in casa può essere utilizzato anche per la trasmissione della voce. In questo caso lascia il microfono in una stanza e sposta l'auricolare in un'altra stanza. (Necessiti di fili più lunghi).
Materiali necessari: (143), (146), un orologio da polso

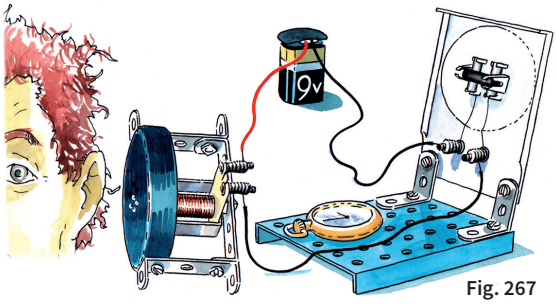


Fig. 267

GENERATORI E MOTORI ELETTRICI

268. ENERGIA MECCANICA TRASFORMATA IN ENERGIA ELETTRICA

1. Collega un solenoide ad un galvanoscopio (figura 148) e con un gesto molto veloce inserisci un magnete nel foro del sostegno. L'indicatore del galvanoscopio devierà, per poi tornare velocemente alla sua posizione iniziale. Se adesso il magnete viene tirato fuori velocemente, l'indicatore del galvanoscopio devierà di nuovo, ma nell'altra direzione.
2. Gira il magnete e ripeti l'esperimento. Ora noterai le scosse elettriche. Come è stata prodotta la corrente elettrica in questo esperimento? Nei precedenti esperimenti hai imparato che il magnete è la fonte del campo magnetico. Se il magnete viene inserito nel solenoide le linee di forza magnetiche intersecano le spire del solenoide. Come conseguenza dell'induzione viene prodotta corrente elettrica, ma essa c'è solo fin tanto che il magnete viene girato, quindi fin tanto che il campo magnetico cambia.
Questo è uno degli esperimenti elettrotecnici fondamentali. Tutti i generatori sono costruiti su questo principio. Un generatore è un macchinario che trasforma l'energia meccanica in energia elettrica.
Materiali necessari: 1, 4 x 7, 10, 11, 33, 34

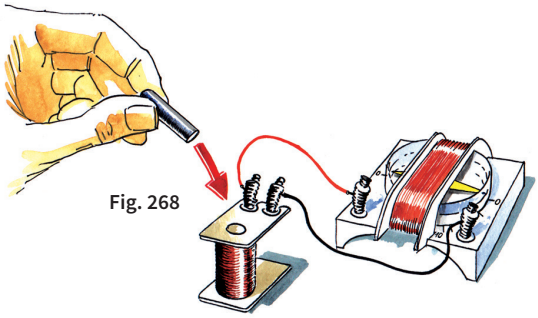


Fig. 268

269. GENERATORE A CORRENTE ALTERNATA

Inserisci un nucleo di ferro dentro un solenoide, e poi collega il solenoide ad un galvanoscopio ed aspetta fini a che l'indicatore si ferma sullo zero. Gira il magnete agganciato ad un filo sopra il solenoide ed otterrai la versione più semplice di un generatore a corrente alternata.

Materiali necessari: 1, 4 x 7, 10, 11, 16, 33, 34, carta, filo

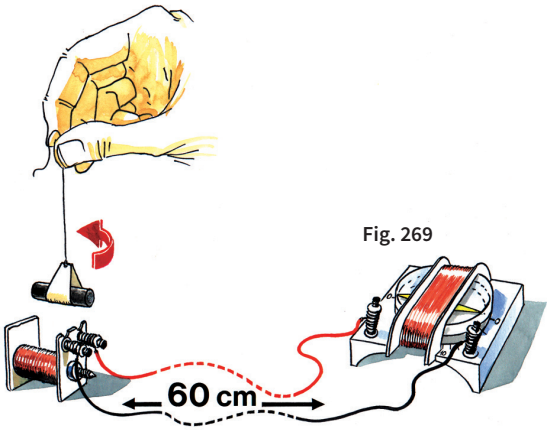


Fig. 269

270. MOTORE ELETTRICO E STATORE GENERATORE

La parte che non si muove in un macchinario elettrico si chiama statore. Prova a costruirne uno. Fissa entrambe le braccia dello statore su una base ed inseriscici il magnete, fissato al primo attraverso una vite a doppia filettatura e due bulloni. Lo statore è pronto. Con una bussola puoi verificare che tra le braccia dello statore c'è un campo magnetico. Spargendo della limatura puoi anche dimostrare che le linee di forza magnetica vanno da un braccio dello statore all'altro. (Vedi esperimento n.41).

Materiali necessari: 2 x 5, 4 x 6, 8, 10, 12, 2 x 15, 34

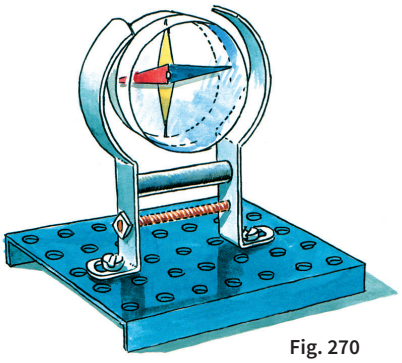


Fig. 270

271. MOTORE ELETTRICO E ROTORE GENERATORE

Un rotore in genere è un solenoide che ruota. Entrambe le estremità delle sue spire terminano in due semi-cilindri, chiamati collettore, che nel caso di un motore elettrico serve ad alimentare, e nel caso di un generatore a trasportare via la corrente elettrica. Su entrambe i lati del collettore è poggiato una molla di metallo, chiamata spazzola. Usa una bussola per testare il funzionamento del rotore:

1. Collega il rotore alla batteria attraverso le spazzole, come mostrato nella figura 151.
2. Usando la bussola determina quale è il polo nord e quello sud del rotore.
3. Controlla se girando di 360° gradi il rotore i poli cambiano o rimangono gli stessi.

Se osservi attentamente ti accorgerai che dopo ogni giro di 180° entrambe le estremità del rotore solenoide cambiano polarità, e ciò è dovuto al fatto che ad un certo punto il collettore inverte il senso della corrente elettrica. Ovviamente la direzione della corrente elettrica cambia quando il rotore solenoide raggiunge la posizione orizzontale. Ed in quel momento cambiano anche i poli del rotore. Il polo nord diventa il polo sud e viceversa.

Materiali necessari: 3 x 5, 3 x 6, 2 x 7, 8, 19, 2 x 20, 21, 33, una batteria

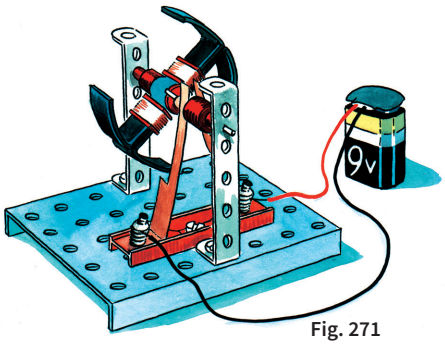


Fig. 271

272. MOTORE ELETTRICO A CORRENTE CONTINUA

Dopo aver costruito lo statore generatore (esperimento n.150) ed il rotore generatore associato alle spazzole (esperimento n.151), prova a costruire un motore elettrico a corrente continua. Prima fai il rotore con le spazzole e poi lo statore. Dopo aver controllato che la rotazione del rotore non presenti difetti e che le spazzole sono appoggiate al collettore, collega il motore elettrico alla batteria. Il rotore inizierà a ruotare, prima lentamente e poi sempre più velocemente, fino a raggiungere il massimo numero di giri, cioè circa 2.800 a 3.000 al minuto. Inverti i morsetti della batteria!

Materiali necessari: (151), 2 x 5, 4 x 6, 10, 12, 15

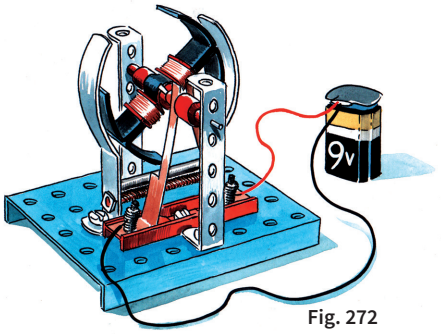


Fig. 272

273. GENERATORE A CORRENTE CONTINUA

Collega il motore elettrico del precedente esperimento ad un galvanoscopio e fai girare il rotore con la mano. L'indicatore del galvanoscopio devierà. Inverti il rotore e l'indicatore del galvanoscopio si muoverà nella direzione opposta. Come hai visto, il motore elettrico a corrente continua può essere utilizzato anche come generatore, come nel caso di un dispositivo che produce corrente continua.

Materiali necessari: (152), 1, 2 x 7, 34

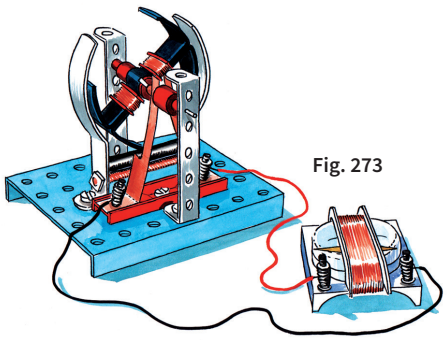


Fig. 273

CONCLUSIONI

Tutti i libri finiscono. Se hai raggiunto la fine di questo libro, fa the questa non sia la fine dei tuoi tentativi per allargare le tue conoscenze di elettronica ed elettrotecnica. Fa che questo libro sia una introduzione e una guida nel mondo dell'elettronica, un mondo di novità, sorprese e indescrivibili possibilità.

Buona fortuna!

CHI È...?

In questo capitolo, faremo una lista dei nomi di alcuni degli scienziati che hanno contribuito alto sviluppo dell'elettronica e dell'elettrotecnica. Molti di essi sono già stati menzionati nel libro.

Ampere, André Marie fisico francese (1775-1836) ha studiato la scoperta di Oersted e ha buttato le basi per l'elettrodinamica (una scienza che si occupa delle cariche in movimento). Il suo lavoro era imperniato sulla sua determinazione di scoprire il collegamento preciso tra la corrente elettrica ed il magnetismo. L'unità per misurare la corrente elettrica (A) prende il nome da lui.

Bardeen, John era un fisico americano (1909-1991) che, insieme a Walter H. Brattain e William Shockley, ricevette il premio Nobel per la fisica net 1956 per aver inventato il transistor nel 1948. Questa invenzione fu il risultato del duro lavoro che questi tre scienziati fecero presso i laboratori della Bell. Egli studiò inoltre le caratteristiche delle sustanze a bassissime temperature (superconduttori), per cui ricevette un altro premio Nobel nel 1972, insieme a Len N. Copper e John Schreiffer.

Brattain, Walter Houser fisico americano (1902-1987), vedi Bardeen.

Coulomb, Charles Augustin de fisico francese (1736-1806), studiò le forze tra due corpi carichi. L'unità per la carica elettrica (C) prende il nome da lui.

Edison, Thomas Alva fisico americano (1847-1931), uno dei più dotati scienziati del 19° secolo. Tra le sue tante invenzioni ci sono la lampadina con un filamento di carbone di legna, il fonografo (predecessore del grammofono) ed il proiettore.

Faraday, Michael chimico e fisico inglese (1792-1867), note per i suoi pionieristici esperimenti sull'elettricità ed il magnetismo. Molti affermano che sia uno dei più grandi scienziati mai esistiti. Egli ha sviluppato il concetto delle linee di forza, linee immaginarie lungo col scorrono le linee di forza magnetiche. Questa descrizione del comportamento delle linee di forza in un'area è ancora usata spesso oggi. L'unità di misura della capacità di un condensatore (F) prende il nome da lui.

Henry, Joseph uno scienziato e fisico americano (1797-1878) è famoso per la sua scoperta sull'induzione e l'autoinduzione elettromagnetica. I suoi esperimenti nel campo della chimica, dell'elettricità e del magnetismo mostrano la diversità degli studi da lui condotti. L'unità di misura dell'induttanza (H), prende il nome da lui.

Hertz, Heinrich Rudolph fisico, matematico ed ingegnere tedesco (1857-1894), fu il primo a scoprire l'esistenza delle onde radio. Egli dimostrò che le onde radio vengono trasmesse alla velocità della luce. In onore del suo lavoro e dei risultati da lui ottenuti, l'unità di misura della frequenza (Hz), prende il nome da lui.

Kelvin, William Thomson fisico scozzese (1824-1907), propose di misurare la temperatura dallo zero assoluto (-273.15° C). Fu uno degli scienziati che gettò le basi della termodinamica. Egli partecipò al progetto della trasmissione telegrafica dei messaggi dall'Europa all'America attraverso cavi sottomarini. Apportò molti miglioramenti a tanti strumenti di misurazione. Gli fu data l'onorificenza di cavaliere per il lavoro svolto. L'unità di misura per la temperatura assoluta (K) prende il nome da lui.

Kirchoff, Gustav Robert fisico tedesco (1824-1887), scoprì la legge fondamentale dell'emissione elettromagnetica, in base alla quale la radiazione di un corpo nero dipende della temperatura del corpo e dalla frequenza. Egli è uno dei fondatori della spettroscopia.

Leclanché, Georges inventore francese (1839-1882), da cui prendono il name la batterie a secco. Oggi, usiamo ancora le batterie a secco per apparecchi portatili.

Morse, Samuel Finley Breese artista ed inventore americana (1791-1872). Tra i conoscitori dell'arte, è conosciuto per i suoi dipinti miniaturizzati. Come tecnico, è famoso soprattutto per aver sviluppato il telegrafo. Egli creò un apparecchio per ricevere messaggi trasmessi via cavo, che si serviva di elettromagnete per premere una penna contra un nastro e che quindi era in grado di ricevere messaggi scritti attraverso linee e punti. Sviluppò inoltre un codice basato sull'uso delle linee e dei punti.

Oersted, Hans Christian filosofo danese (1777-1851). Durante gli esperimenti che conduceva mentre teneva le sue lezioni nel 1820, scoprì l'induzione elettromagnetica. Studiò inoltre il comportamento dei liquidi e dei gas sottoposti a pressione. Egli era molto rispettato per le sue lezioni ed i suoi esperimenti.

Ohm, Georg Simon fisico tedesco (1789-1854). Nel 1826, egli determinò la relazione tra il voltaggio, la corrente e la resistenza in un circuito elettrico chiuso. La legge di Ohm, e l'unità di misura per la resistenza (Ω), prendono il loro name da lui.

Shockley, William fisico americano (1910-1989). Vedi Bardeen, John.

Swan, Sir Joseph Wilson chimico ed inventore britannico (1828-1914), contribuì molto allo sviluppo della fotografia. Tra le sue invenzioni ci sono la lampadina con il filamento di grafite (1860) e la lampadina con il filamento di metallo (1878).

Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio fisico italiano (1745-1827), l'inventore della prima batteria elettrica. Fu inoltre il primo a isolare il gas metano. L'unità di misura per il voltaggio (V) prende il nome da lui.

GLOSSARIO

Questo glossario contiene alcuni termini che potresti non conoscere. Alcuni sono stati usati in questo libro, mentre altri anche se non sono stati usati fanno parte del lessico legato ai campi dell'elettronica e dell'elettrotecnica.

accumulatore una batteria, o una fonte di energia elettrica, che può essere ricaricata dopo che si è scaricata. Un accumulatore in genere viene ricaricato attraverso l'energia elettrica ottenuta da un convertitore.

altoparlante un apparecchio che cambia l'elettricità in suono.

amperometro uno strumento per misurare la corrente elettrica.

amplificatore un circuito che amplifica il segnale elettrico.

anodo il collegamento del diodo collegato al potenziale positivo. La corrente elettrica passerà attraverso il diodo solo se l'anodo è collegato al polo positivo.

base il collegamento attraverso cui passa la corrente attraverso cui viene controllato il transistor.

batteria una fonte di energia elettrica in cui l'energia chimica (l'energia immagazzinata nei composti chimici) viene trasformata in energia elettrica. Una volta scarica, la batteria non è più utilizzabile, almeno che non sia ricaricabile.

bistabile è qualcosa che può essere in uno o due stati stabili.

bit la più piccola unità di informazione per computer. Ha due stati logici, chiamati 1 e 0.

bobina un conduttore elettrico inserito in una spirale che fornisce induttanza o un campo magnetico.

campo elettrico un campo intorno ad una carica elettrica all'interno del quale sono attive forze elettriche.

campo magnetico l'area intorno ad un magnete.

capacità la caratteristica dei condensatori. È misurata in farads (F).

carica elettrica quantità di elettricità. Se qualcosa è carico, vuol dire che contiene elettricità non bilanciata.

catodo il contatto del diodo collegato al polo negativo. La corrente passerà attraverso il diodo solo quando il catodo è collegato al polo negativo.

CD è un disco su cui vengono immagazzinate le informazioni (anche musica) in forma digitate.

CD-ROM è essenzialmente un CD per registrare informazioni dei computer. Uno solo di questi dischi può contenere le informazioni di 300.000 pagine stampate. Può anche contenere immagini, sequenze animate, video clip e suoni.

chip piastra di silicio miniaturizzata su cui è stato posto un circuito elettronico integrato.

circuito bilanciato un circuito in cui la corrente è diretta e divisa in un modo che assomiglia ad una altalena (un lato su, e l'altro giù, o bilanciato).

circuito di Darlington un circuito in cui la corrente scorre direttamente dall'emettitore di un transistor alla base dell'altro.

circuito di feedback la parte di un circuito che dirige parte delle informazioni dall'uscita in dietro all'entrata dello stesso circuito.

circuito elettrico la via congiunta seguita dalla corrente. La corrente elettrica può scorrere solo se il circuito è chiuso, per esempio il polo positivo della batteria, il filo conduttore, la lampadina, l'altro filo conduttore ed il polo negativo della batteria.

circuito integrato un circuito in cui un gran numero di componenti (per esempio transistor, resistori, diodi) sono concentrati su un chip di silicio. I circuiti integrati complessi possono contenere vari milioni di transistor.

coloumb unità di misura per misurare la carica elettrica.

compact disc vedi CD.

componente di un circuito un componente del circuito.

computer un apparecchio in grado di processare dati o portare a termine varie operazioni utilizzando questi dati (per esempio calcoli).

computer elettronico un apparecchio con circuiti elettronici che può fare molte operazioni molto velocemente.

condensatore un componente del circuito che immagazzina energia elettrica in modo che il voltaggio sui suoi contatti resti immutato. Il condensatore resiste al cambiamento del voltaggio sui suoi contatti.

condensatore elettrolitico un elemento elettronico che contiene un liquido (elettrolita). In genere questo tipo di condensatore ha una notevole capacità (diversi microfarads). Per i condensatori elettrolitici la direzione è importante. Se collegati nella direzione sbagliata, saranno distrutti immediatamente.

conduttori sostanze che conducono corrente elettrica.

convertitore un apparecchio che converte la corrente alternata in corrente continua.

corpo carico è un corpo che viene caricato o da cui si prende la carica.

corrente alternata una corrente che va prima in una direzione e poi nell'altra.

corrente diretta corrente che va in una sola direzione.

corrente elettrica movimento diretto e controllato di cariche elettriche.

corrente pulsante una corrente che va solo in una direzione e di cui fluttua il voltaggio.

dinamo un generatore di corrente continua.

diodo un componente semiconduttore di un circuito attraverso cui la corrente passa in una sola direzione.

diodo luminoso un diodo che emette luce quando la corrente passa attraverso di esso.

elemento una sostanza formata da un solo tipo di atomo.

elettrolita un liquido che conduce corrente elettrica.

elettromagnete fondamentalmente una bobina attraverso cui passa corrente elettrica. Poiché ha le caratteristiche di un magnete quando è collegato all'energia elettrica, è chiamato elettromagnete.

elettrone una particella subatomica carica negativamente.

emettitore il contatto del transistor dove si unisce la corrente che arriva dal polo positivo della batteria attraverso la base ed il collettore.

energia la capacità di qualcosa di lavorare. L'energia può cambiare la sua natura: meccanica in elettrica (in un generatore), elettrica in termica (in un termosifone), elettrica in luce (in una lampadina), etc. frequenza numero di cambiamenti per secondo.

generatore un apparecchio che trasforma l'energia meccanica in energia elettrica. I generatori vengono usati nelle centrali elettriche, dove per esempio, l'energia meccanica dell'acqua viene trasformata in energia elettrica.

grafite una forma morbida di carbone. Nell'elettrotecnica, viene usata per i resistori e per i contatti che si muovono. È anche la parte centrale delle matite e nei lubrificatori per lubrificare i macchinari.

induttanza una caratteristica delle bobine misurata in henries (H).

induzione l'influsso di un magnete su un conduttore o una bobina in movimento. La corrente viene indotta a passare attraverso questi conduttori o bobine quando si muovono vicino ad un magnete.

informazione digitale informazioni registrate attraverso la sequenza di bit.

instabile qualcosa è instabile se i suoi stati sono attivi ma si alternano continuamente.

interruttore il componente di un circuito con cui possiamo interrompere il circuito.

interruttore reed un tubo con due reed di metallo. Quando vengono magnetizzati (da un magnete o un elettromagnete), si toccano e lasciano passare la corrente.

isolanti sostanze che non conducono elettricità.

laser (abbreviazione per Amplificazione della Luce per mezzo di Emissione Stimolata di Radiazione) è un apparecchio che emette un sottile e potente fascio di luce di un colore solo.

LED diodo ad emissione luminosa.

Magnete sostanza che attrae oggetti di ferro, cobalto e nickel.

metro AVO uno strumento che serve a misurare hi corrente elettrica, il voltaggio o la resistenza. Il nome deriva dai simboli di queste quantità A, V ed Ohm.

microfono un apparecchio in cui l'energia prodotta dal suono viene trasformata in elettricità.

microprocessore un circuito integrato molto complesso con un gran numero di circuiti logici. Scegliendo gli stati (comandi) in certi collegamenti, è possibile "comandare" il circuito a fare qualcosa con gli stati (dati) localizzati in altri collegamenti. I microprocessori infatti sono il "cervello" di tutti i computer.

molecole la più piccola quantità di una sostanza che ancora contiene le caratteristiche della sostanza stessa.

monostabile qualcosa (per esempio un circuito) che ha solo uno stato stabile. Se cambiamo questo stato attraverso un intervento esterno, esso ritornerà al suo stato stabile originario dopo aver cessato l'intervento esterno.

motore elettrico un apparecchio attraverso cui la corrente elettrica viene convertita in forza meccanica.

NTC (coefficiente di temperatura negativo) è un termistore in cui la resistenza diminuisce all'aumentare della temperatura.

ohmmetro uno strumento per misurare la resistenza.

oscillatore un circuito che produce corrente alternata.

partitore di tensione un circuito formato da due resistori. L'uscita del circuito è il punto in cui sono collegati.

polo l'estremità del magnete in cui l'influenza delle forze magnetiche è più forte.

potenziometro un resistore con resistenza regolabile. Esso è collegato al circuito in modo che entrambe i contatti del resistore ed il cursore sono collegati.

protoni particelle subatomiche con carica positiva.

pulsante sensibile al contatto un sensore che reagisce al contatto.

RAM (memoria ad accesso casuale) la memoria operativa di un computer. In questa memoria, le informazioni possono essere scritte e lette.

rappresentazione grafica di un circuito una rappresentazione grafica che mostra come sono collegati i singoli componenti di un circuito.

relè un apparecchio con un elettromagnete che attira una piastra di ferro e che quindi unisce insieme contatti mobili e fissi. Con i relè, usiamo la corrente elettrica per accendere altri contatti.

resistenza la caratteristica dei resistori. È misurata in Ohm (Ω).

resistore un elemento elettronico che resiste al passaggio della corrente elettrica. In esso, la corrente elettrica si trasforma in calore.

robot macchine controllate da un computer.

ROM (memoria a sola lettura) un chip di memoria da cui i dati possono essere solo letti.

segnale a bassa frequenza un segnale che può essere udito, che è tra i 16 Hz ed i 20.000 Hz.

segnali ad alta frequenza segnali ad una frequenza più alta di quella che possiamo udire. Sopra i 20 kHz.

semiconduttore una sostanza che ha le caratteristiche sia dei conduttori che degli isolanti. Se processati ed usati nel modo corretto, sono conduttori.

sensore un componente in un circuito che cambia un impulso esterno in un impulso elettrico (per esempio un sensore per l'umidità).

stabile uno stato che non cambierai da solo.

strumento universale vedi metro AVO.

termistore un resistore in cui la resistenza si trasforma in calore.

transistor un componente semiconduttore che trasforma la resistenza in risposta ad un impulso elettrico (corrente diretta al suo contatto di controllo).

transistor NPN un transistor che funziona normalmente quando il suo collettore è collegato al polo positivo ed il suo emettitore al polo negativo.

transistor PNP un transistor che funziona normalmente quando il suo emettitore è collegato al polo positivo ed il collettore al polo negativo.

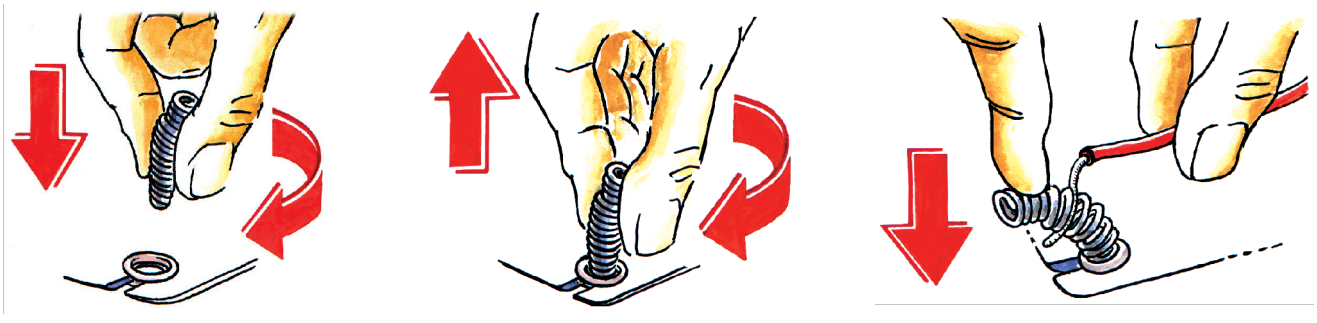
voltmetro uno strumento per misurare il voltaggio (potenziale elettrico).

zero assoluto la più bassa temperatura possibile (-273,15° C).

LISTA DELLE PARTI DI ASSEMBLAGGIO

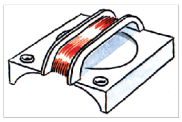
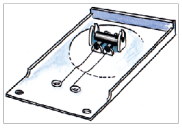
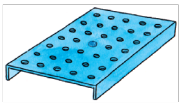
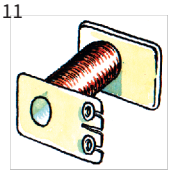
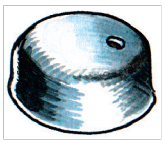
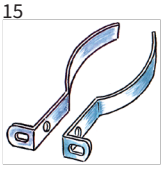
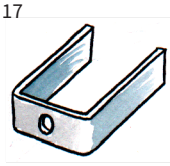
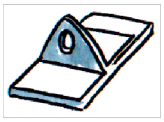
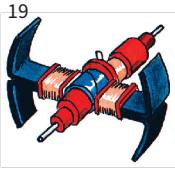
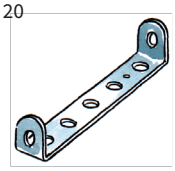
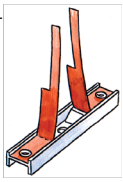
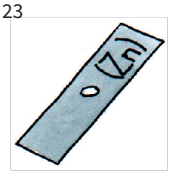
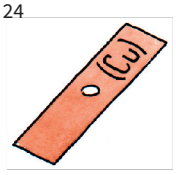
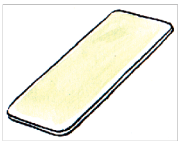
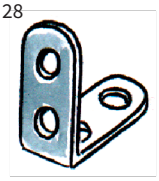
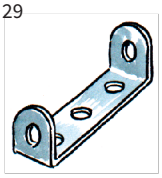
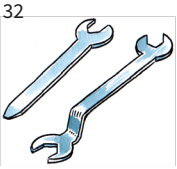
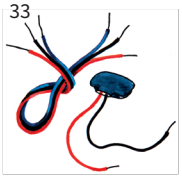
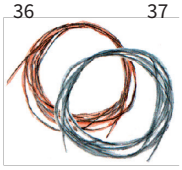
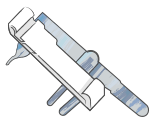
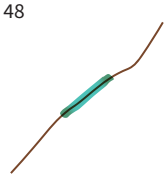
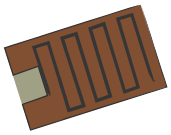
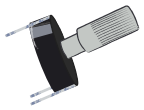
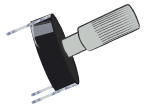
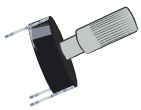
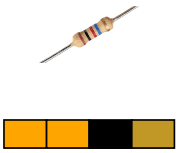
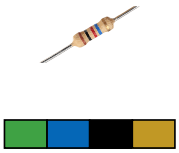
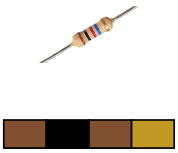
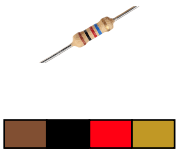
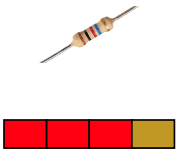
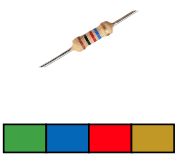
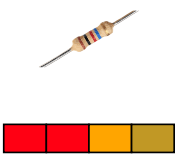
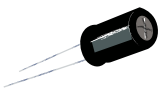
N°	PARTI DI ASSEMBLAGGIO	Quantità
1	Galvanoscopio	1
2	Microfono	1
3	Scatola contenente la limatura	1
4	Scatola contenente i bulloni ed i dadi	1
5	Viti M4 x 5	12
6	Dadi M4	16
7	Molletta	30
8	Base di plastica	1
9	Barra di ferro	1
10	Magnete	1
11	Bobina (solenoide)	1
12	Vite a doppia filettatura	1
13	Campanello	1
14	Portalampada per lampadina incandescente	1
15	Statore (composto da due braccia)	1
16	Nucleo di ferro	1
17	Sostegno per il nucleo	1
18	Armatura	1
19	Rotore	1
20	Grosso sostegno di ferro 60 x 12 mm	2
21	Coppia di spazzole	1
22	Auricolare	1
23	Lamiera di zinco (Zn)	1
24	Lamiera di rame (Cu)	1
25	Vite di fissaggio M4 x 20	1
26	Piastra di plastica	1
27	Paletta di metallo con manico di plastica	1
28	Sostegno 25 x 25 mm	4
29	Sostegno 38 x 12 mm	2
30	Resistore (reostato)	1
31	Piccolo martelletto per il campanello	1
32	Chiave con cacciavite	2
33	Connettori isolati	5
34	Bussola	1
35	Lampadina 12 V/0,05 A	1

N°	PARTI DI ASSEMBLAGGIO	Quantità
36	Filo di rame	1
37	Filo di costantana	1
38	Sostegno per una batteria da 9 V	1
39	Modulo base	1
40	Interruttore	1
41	Bobina del relè	1
42	Transistor BC548	3
43	LED rosso	1
44	LED verde	2
45	Altoparlante 8 Ω, 0,5 W	1
46	Diodo 1N4004	2
47	Termistore NTC 10 kΩ	1
48	Relè reed	1
49	Indicatore di umidità	1
50	Potenziometro 100 Ω	1
51	Potenziometro 10 kΩ	1
52	Potenziometro 47 kΩ	1
53	Resistore 33 Ω, 0,5 W	1
54	Resistore 56 Ω, 0,5 W	1
55	Resistore 100 Ω, 0,5 W	1
56	Resistore 270 Ω, 0,5 W	1
57	Resistore 1 kΩ, 0,5 W	2
58	Resistore 2,2 kΩ, 0,5 W	1
59	Resistore 5,6 kΩ, 0,5 W	1
60	Resistore 22 kΩ, 0,5 W	3
61	Resistore 100 kΩ, 0,5 W	1
62	Condensatore di ceramica 1,5 nF	1
63	Condensatore di ceramica 10 nF	2
64	Condensatore di ceramica 47 nF	1
65	Condensatore di ceramica 100 nF	1
66	Condensatore elettrolitico 100 µF/16 V	2
67	Condensatore elettrolitico 1000 µF/16 V	1
68	Filo conduttore 55 mm	4
69	Filo conduttore 100 mm	6
70	Filo conduttore 150 mm	4



Inserire la molla di contatto nella piastra di base.

Inserire il filo nella molla di contatto.

1 	2 	3	4	5 6	7	8 
9	10	11 	12	13 	14	15 
16	17 	18 	19 	20 	21 	22
23 	24 	25	26 	27	28 	29 
30	31	32 	33 	34	35	36 37 
38	39	40 	41	42	43	44
45	46	47	48 	49 	50 	51 
52 	53 	54 	55 	56	57 	58 
59 	60 	61	62 1,5µF (152)	63 10µF (103)	64 47µF (473)	65 100µF (104)
66	67 	68 L = 55 mm	69 L = 100 mm	70 L = 150 mm		

MEHANO ELECTRO PIONEER Advanced

GB - WARNING! NOT SUITABLE FOR CHILDREN UNDER 3 YEARS. CONTAINS SMALL PARTS WHICH CAN BE SWALLOWED. TOY INCLUDES ALSO FUNCTIONAL SHARP POINTS OR CUTTING EDGES. PRESENCE OF GLASS ELEMENTS WHICH CAN BE BROKEN. THE TOY SHOULD BE KEPT OUT OF THE REACH OF VERY YOUNG CHILDREN. ASSEMBLY BY AN ADULT. TO BE USED UNDER THE SUPERVISION OF AN ADULT. PLEASE RETAIN THIS PACKAGING FOR FUTURE REFERENCE AS IT CONTAINS IMPORTANT INFORMATION. THIS TOY CONTAINS MAGNETS OR MAGNETIC COMPONENTS. MAGNETS STICKING TOGETHER OR BECOMING ATTACHED TO A METALLIC OBJECT INSIDE THE HUMAN BODY CAN CAUSE SERIOUS OR FATAL INJURY. SEEK IMMEDIATE MEDICAL HELP IF MAGNETS ARE SWALLOWED OR INHALED.

SI - OPOZORILO! NI PRIMERNO ZA OTROKE DO 3. LETA STAROSTI. VSEBUJE MAJHNE DELE, KI JIH OTROK LAHKO POGOLTNE. VSEBUJE TUDI FUNKCIONALNE OSTRE KONICE ALI REZANE ROBOVE. PRISOTNOST STEKLENIH DELOV, KI SE LAHKO RAZBIJEJO. IGRAČA NE SME BITI DOSEGLJIVA ZELO MAJHNIM OTROKOM. SESTAVITI OB PRISOTNOSTI ODRASLE OSEBE. UPORABLJATI POD NADZOROM ODRASLE OSEBE. EMBALAŽO SHRANITE, KER VSEBUJE POMEMBNE INFORMACIJE. TA IGRAČA VSEBUJE MAGNETE ALI MAGNETNE SESTAVNE DELE. MAGNETI, KI SE STIKAJO ALI SE OPRIMEJO KOVINSKEGA PREDMETA V ČLOVEŠKEM TELESU, LAHKO POVZROČIJO RESNE ALI CELO USODNE POŠKODBE - V PRIMERU ZAUŽITJA ALI INHALIRANJA MAGNETOV NEMUDOMA POIŠČITE ZDRAVNIŠKO POMOČ.

HR - UPOZORENJE! NIJE PRIKLADNO ZA DJECU MLAĐU OD 3 GODINE. SADRŽI SITNE DIJELOVE KOJE BI DJECA MOGLA PROGUTATI. TAKOĐER SADRŽI FUNKCIONALNE OŠTRE DIJELOVE. SADRŽI STAKLENE DIJELOVE KOJI SE MOGU RAZBITI. IGRAČKU DRŽATI PODALJE OD VRLO MALE DJECE. SASTAVITI U PRISUSTVU ODRASLE OSOBE. KORISTITI POD NADZOROM ODRASLE OSOBE. AMBALAŽU SAČUVAJTE JER SADRŽI VAŽNE INFORMACIJE. OVA IGRAČKA SADRŽAVA MAGNETE ILI MAGNETNE KOMPONENTE. MAGNETI KOJI SE SPOJE MEĐUSOBNO ILI SE SPOJE SA METALNIM OBJEKTOM UNUTAR LJUDSKOG TIJELA, MOGU IZAZVATI OZBILJNE ILI SMRTNE OZLJEDE. ZATRAŽITE HITNU MEDICINSKU POMOĆ AKO MAGNETI BUDU PROGUTANI ILI UDISANI.

SRB - UPOZORENJE! NIJE PRIKLADNO ZA DECU MLAĐU OD 3 GODINE. SADRŽI SITNE DELOVE KOJE BI DECA MOGLA DA PROGUTAJU. TAKOĐE, SADRŽI FUNKCIONALNE OŠTRE DELOVE ILI IVICE. PRISUTNI SU I STAKLENI ELEMENTI KOJI SE MOGU RAZBITI. IGRAČKU TREBA DRŽATI VAN DOMAŠAJA VEOMA MALE DECE. IGRAČKU SKLAPA ISKLJUČIVO ODRASLA OSOBA I KORISTI SE ISKLJUČIVO POD NADZOROM ODRASLE OSOBE. MOLIMO DA SAČUVATE OVO PAKOVANJE JER SE NA NJEMU NALAZE VAŽNE INFORMACIJE. OVA IGRAČKA SADRŽI MAGNETE ILI MAGNETNE KOMPONENTE. AKO NA BILO KOJI NAČIN DOSPEJU U LJUDSKI ORGANIZAM, SPOJENI MAGNETI ILI MAGNETI SPOJENI SA NEKIM METALNIM PREDMETOM, MOGU PROUZROKOVATI OZBILJNE POVREDE, ČAK I SA FATALNIM ISHODOM. U SLUČAJU DA SE MAGNET PROGUTA ILI UDAHNE, POTRAŽITE HITNU MEDICINSKU POMOĆ ODMAH.

DE - WARNUNG! NICHT GEEIGNET FÜR KINDER UNTER 36 MONATEN, DA KLEINTEILE VERSCHLUCKT WERDEN KÖNNEN. BITTE UNTERWEISEN SIE IHRE KINDER IM UMGANG MIT SPITZEN UND SCHARFEN TEILEN. BEINHALTET GLAS - ZERBRECHLICH. DAS SPIELZEUG SOLLTE FÜR KLEINKINDER NICHT ERREICHBAR SEIN. BEIM VERSUCHSAUFBAU WIRD DIE ANWESENHEIT DER ELTERN EMPFOHLEN. VERWENDUNG NUR UNTER AUFSICHT VON ERWACHSENEN. VERPACKUNG AUFBEWAHREN. DIESES SPIELZEUG ENTHÄLT MAGNETE ODER MAGNETISCHE KOMPONENTEN. MAGNETE DIE IN BERÜHRUNG MIT METALL IM MENSCHLICHEN KÖRPER KOMMEN, KÖNNEN SCHWERWIEGENDE VERLETZUNGEN ODER ERNSTE GESUNDHEITSSTÖRUNGEN VERURSACHEN. SOFORT EINEN ARZT AUFSUCHEN, WENN MAGNETE VERSCHLUCKT ODER EINGEATMET WERDEN.

FR - ATTENTION! NE CONVIENT PAS AUX ENFANTS DE MOINS DE 3 ANS. CONTIENT DES PETITS ÉLÉMENTS DÉTACHABLES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE AVALÉS. CE JOUET CONTIENT DES PETITES PIÈCES POINTUES QUI POURRAIENT SE RÉVÉLER COUPANTES. PRÉSENCE D'ÉLÉMENTS EN VERRE SUSCEPTIBLES DE SE CASSER. CE JOUET DOIT ÊTRE TENU HORS DE LA PORTÉE DES TRÈS JEUNES ENFANTS. DOIT ÊTRE ASSEMBLÉ ET UTILISÉ EN PRÉSENCE D'UN ADULTE. CONSERVER L'EMBALLAGE POUR TOUTE RÉFÉRENCE ULTÉRIEURE. CE JOUET CONTIENT DES AIMANTS ET DES COMPOSANTS MAGNÉTIQUES. SI DES AIMANTS SONT INGÉRÉS, ILS PEUVENT SE FIXER SUR UNE PARTIE MÉTALLIQUE DU CORPS HUMAIN ET ENGENDRER DE GRAVES LÉSIONS. CONTACTER IMM

IT- ATTENZIONE! NON ADATTO AI BAMBINI SOTTO I 3 ANNI. CONTIENE PICCOLI ELEMENTI STACCABILI CHE POSSONO ESSERE INGERITI DAL BAMBINO. QUESTO GIOCATTOLO CONTIENE PICCOLI PEZZI PUNGENTI E TAGLIENTI. SONO PRESENTI PARTI IN VETRO CHE POSSONO ROMPERSI. QUESTO GIOCATTOLO DEVE ESSERE CUSTODITO FUORI DALLA PORTATA DEI BAMBINI PIU' PICCOLI. QUESTO GIOCATTOLO DEVE ESSERE USATO IN PRESENZA DI UN ADULTO. CONSERVARE LA CONFEZIONE PERCHE' CONTIENE INFORMAZIONI IMPORTANTI. QUESTO GIOCATTOLO CONTIENE MAGNETI O PARTI MAGNETICHE. MAGNETI INGERITI CHE ENTRANO IN CONTATTO CON METALLI NEL CORPO UMANO POSSONO PRODURRE GRAVI LESIONI O GRAVI PROBLEMI DI SALUTE. CONTATTARE IMMEDIATAMENTE IL SERVIZIO DI EMERGENZA MEDICA SE UNA PARTE MAGNETICA VIENE INGERITA.

0-3 CE 9V

MEHANO

Production and sale of toys,
stationery, metal and plastic goods
LIVE MEHANO d.o.o.,
Polje 9, 6310 Izola, Slovenia
Tel.: +386 5 6608 100
sales@mehano.si
www.mehano.si