Deo I

Uvod u svet elektronike



U ovom delu...

Oduvek ste želeli da se bavite elektronikom, ali niste znali odakle i kako da počnete? Sada ste na pravom mestu!

U poglavljima koja slede predstavićemo osnove elektriciteta i elektronike: šta sve ti pojmovi podrazumevaju i zašto bi trebalo da znate više o njima. Ali, ne brinite. Nećemo vas zamarati dosadnim, dugačkim esejima o nauci i fizici. Pojmovi i jezik kojima ćemo se služiti biće lako razumljivi. Pored toga, u ovom delu daćemo korisne savete o bezbednosti i zaštiti. Elektronika je zabavna, ali samo ako se zaštitite od opekotina, strujnog udara ili povrede oka koju može da izazove „podivljali“ otpornik.

Poglavlje 1

Od elektrona do elektronike

U ovom poglavlju

Uloga elektrona, provodnika i napona

Kako nastaje elektricitet?

Neke elektronske komponente

Povezivanje komponenata u električna kola

Osnovne alatke elektroničara

Osnovne jedinice

Omov zakon

Kada ujutru uključite aparat za kafu, koristite elektricitet. Kada uključite televizor da biste pogledali reprizu serije *Seks i grad*, ponovo koristite elektricitet.

Elektricitet i elektronske uređaje koristite svakodnevno i stalno, tako da ste verovatno već odavno razmišljali o tome kako zapravo oni rade. Odlično. Ipak, pre nego što počnete da se igrate žicama i baterijama, trebalo bi da proučite osnove elektriciteta i elektronike.

U ovom poglavlju naučićete kako od elektrona nastaje elektricitet i kako „obuzdavanje“ elektriciteta čini osnovu elektronike. Upoznaćete se i s nekim alatkama i komponentama koje ćete iskoristiti za praktične projekte iz poglavlja 14 i 15.

Šta je zapravo elektricitet?

Kao i mnogo toga što vas okružuje u svakodnevnom životu, elektricitet i električna struja mnogo su složeniji nego što mislite. Treba da istovremeno bude ispunjeno mnogo uslova da bi se pojavila varnica kada dotaknete kvaku na vratima ili da bi se obezbedilo napajanje za rad superračunara. Da biste razumeli kako nastaju elektricitet i električna struja, neophodno je da ih razložimo na sastavne delove.

Prvo nam je potreban elektron

Elektroni spadaju u osnovne gradivne elemente prirode. Oni su najbolji prijatelji protona, još jednih gradivnih elemenata prirode. Elektroni i protoni su izuzetno mali i nalaze se u... pa, u svemu oko nas. Zrnce prašine sadrži milione i milione elektrona i protona, pa možete zamisliti koliko ih onda ima u vašem omiljenom sumo rvaču.

Elektroni i *protoni* imaju jednaku količinu naelektrisanja, ali su suprotnog polariteta – elektroni su negativno naelektrisani a protoni pozitivno. Suprotna naelektrisanja se privlače. Sličan oblik privlačenja, odnosno odbijanja, možete videti kad dva magneta približite jedan drugom. Ako ste približili različite polove, oni će se privući i „zalepiti" jedan za drugi. Ukoliko ste približili iste polove magneta, magneti će se odbijati kao dva suprotstavljena političara u TV duelu. Slično tome, pošto su elektroni i protoni suprotnog naelektrisanja, privlače se baš kao i različiti polovi magneta. Privlačenje elektrona i protona u svetu mikroskopskih razmera deluje kao lepak i sprečava nestajanje materije.

Dok su protoni relativno nepokretni, elektroni su „mališani" puni avanturističkog duha koje ne drži mesto. Oni mogu, i to često rade, prelaziti s jednog objekta na drugi. Prošetajte po vunenom tepihu u sobi i dotaknite kvaku na vratima; elektroni koji putuju između vašeg prsta i kvake izazivaju varnicu koju ćete osetiti, a ponekad i videti. Munja je još jedan primer elektrona koji putuju između dva objekta – u ovom slučaju, između oblaka i površine zemlje. Ovo su primeri elektriciteta u „neobuzdanom" stanju.

Kretanje elektrona kroz provodnike

Kako elektroni putuju s jednog mesta na drugo? Odgovor na to pitanje je sledeći delić slagalice o elektricitetu. Vi možda putujete svojim dobrim, starim jugićem – elektroni putuju nečim što zovemo provodnik. *Elektricitet (električna struja)* predstavlja usmereno kretanje elektrona kroz provodnik.

Mnogo je provodnih materijala, ali neki ipak bolje provode elektricitet od drugih. Elektroni se lakše kreću kroz metal nego kroz plastiku. Iako se u plastičnim materijalima svi elektroni kreću oko svojih saputnika (protona), uglavnom ostaju u sopstvenom „dvorištu". Slobodni elektroni se u metalu ponašaju kao klikeri bačeni na klizalište. Elektroni „klize" kroz metal poput klikera po ledu. Plastika, koja je izolator, više nalikuje na pesak. Klikeri se neće mnogo kretati ako ih bacite u kutiju s peskom, a isti je slučaj i s elektronima u izolatoru.

Koji su materijali dobri provodnici a koji pak dobri izolatori? Uglavnom se kao provodnici koriste bakar i aluminijum. Zapravo, u elektronskim sklopovima, najčešće se kao provodnici koriste bakarne žice. Plastika i staklo su najčešće korišćeni izolatori.

Otpor je mera sposobnosti elektrona da se kreću kroz neki materijal. Bakarna žica većeg prečnika pruža manji otpor protoku elektrona od iste takve žice manjeg prečnika. Neophodno je da shvatite šta je otpor, jer se u skoro svim elektronskim sklopovima i uređajima koriste otpornici. Otpornici imaju unapred određenu vrednost električnog otpora, što omogućava upravljanje protokom elektrona kroz električno kolo.

Šta se dogodilo s protonima?

Možda ste primetili da više ne govorimo o protonima. Iako je neophodno da shvatite razliku između pozitivnog i negativnog naelektrisanja protona odnosno elektrona, veću pažnju posvećujemo elektronima jer su pokretljiviji. U većini slučajeva, kroz provodnike se kreću negativno naelektrisani elektroni, i tako nastaje električna struja. Međutim, u baterijama, kroz provodnike se kreću i pozitivno naelektrisane čestice. Da bi se objasnio taj proces, u obzir se moraju uzeti i joni, atomi, elektrohemijske reakcije, pa možda čak i koncept šupljina iz fizike poluprovodnika. Pošto za projekte iz ove knjige (i većinu elektronskih projekata koji se rade iz hobija) nije neophodno da razumete te pojmove i koncepte, složeniju fiziku ostavićemo Ajnštajnu i usredsredićemo se na elektrone.

Napon, pokretačka sila

U prethodnom delu ovog poglavlja objasnili smo kako se elektroni kreću, pa i to da se slobodnije kreću kroz provodnike. Međutim, neka sila mora da „pogura" elektrone s jednog mesta na drugo. Ta privlačna sila između pozitivnog i negativnog naelektrisanja jeste elektromotorna sila koja se zove *napon*. Negativno naelektrisani elektroni kreću se kroz provodnik ka pozitivnom naponu.

Sećate li se avanture Bena Frenklina koji je usred oluje puštao zmaja? Varnica koju je proizveo te noći pomogla mu je da shvati kako se kreće električna struja. U Benovom slučaju, elektroni su se kretali naniže kroz vlažnu nit, koja je služila kao provodnik. (Uočena pojava je delom nastala zbog toga što je nit bila vlažna. Pokušajte da isto izvedete koristeći suvu nit i videćete da to neće ići tako lako.) Razlika između napona negativno naelektrisanih oblaka i površine zemlje „povukla" je elektrone duž vlažne niti.



Ne pokušavajte da sami izvedete Frenklinov eksperiment sa zmajem! Puštanjem zmaja po oluji, u osnovi se igrate sa životom – jer vas munja u trenutku može pretvoriti u tost.

Važna kombinacija: elektroni, provodnici i napon

Recimo da uzmete žicu (provodnik), pa jedan kraj povežete s pozitivnim polom baterije a drugi s negativnim. Elektroni počinju da se kreću od negativnog ka pozitivnom polu baterije. Taj protok elektrona zove se *električna struja*. Kada iskombinujete elektrone, provodnik i napon, nastaje električna struja u obliku koji se može koristiti.

Da biste lakše razumeli kako provodnici i napon utiču na tok električne struje kroz žicu, zamislite kako pritisak vode i prečnik cevi utiču na protok vode kroz cev. Evo objašnjenja te analogije:

- ✔ Povećani pritisak vode dovodi do toga da više vode protiče kroz cev. To je analogno povećanom naponu, koji je uzrok što se veći broj elektrona kreće kroz provodnik pa raste jačina struje.
- ✔ Kada je prečnik cevi veći, pod određenim pritiskom kroz nju protiče više vode. Isti je slučaj kada se koristi žica većeg prečnika; kroz nju se pod određenim naponom kreće više elektrona i dobija se jača električna struja.

Konvencionalna ili stvarna električna struja

Prvi istraživači su verovali da električna struja nastaje zbog protoka pozitivno naelektrisanih čestica. Zato su električnu struju opisali kao protok pozitivnog naelektrisanja od pozitivnog ka negativnom naponu. Mnogo kasnije, otkriveni su elektroni i naučnici su zaključili da se elektroni kroz provodnik kreću od negativnog ka pozitivnom naponu. Izvorno shvatanje je još uvek na snazi utoliko što se na električnim šemama smer električne struje označava strelicom usmerenom suprotno od stvarnog smera kretanja elektrona. *Konvencionalna struja* je protok pozitivnog naelektrisanja od pozitivnog ka negativnom naponu i suprotna je stvarnoj električnoj struji.

Gde se stvara elektricitet?

Elektricitet nastaje kada napon usmerava tok električne struje kroz provodnik. Kada provodnikom povežete prekidač i sijalicu, gde se stvara elektricitet koji napaja sijalicu?

Postoji mnogo izvora elektriciteta – od starog trika „šetnja po vunenom tepihu i dodirivanje kvake“ do solarnih elektrana. Da bismo vam olakšali život, u ovoj knjizi ćemo opisati samo tri izvora koja ćete verovatno koristiti u svojim projektima: baterije, gradsku električnu mrežu i solarne ćelije.

Rade bez predaha: baterije

U baterijama se za stvaranje pozitivnog napona na jednom polu odnosno negativnog na drugom, koristi proces koji se zove elektrohemijska reakcija. Suprotna naelektrisanja nastaju kada se dva različita metala postave u određenu hemikaliju. Pošto ovo nije knjiga „Hemija za neupućene“, nećemo do tančina razmatrati šta se nalazi i dešava u baterijama ali, verujte nam na reč, to su elektrohemijske reakcije.

Baterije imaju dva kraja, to jest pola (što je samo drugi naziv za parče metala za koji možete pričvrstiti kraj žice). Baterije se često koriste za napajanje prenosivih, manjih uređaja, kao što je baterijska lampa. U baterijskoj lampi sijalica je s baterijom povezana preko dve žice, za svaki pol baterije po jedna. Šta se zatim dešava? Nešto nalik na ovo:

- ✔ Napon „potiskuje“ elektrone kroz žicu od negativnog pola baterije ka pozitivnom.
- ✔ Elektroni koji se kreću kroz žicu prolaze i kroz vlakno u sijalici, pa sijalica svetli.

Pošto se elektroni kreću kroz žicu samo u jednom smeru, od negativnog do pozitivnog pola, električna struja koju proizvodi baterija zove se *jednosmerna struja* (engl. *direct current*, DC). Ona se razlikuje od naizmenične struje (engl. *alternating current*, AC), o kojoj govorimo u sledećem odeljku.



Žicu morate povezati sa oba pola baterije. Na taj način omogućavate elektronima da se kreću od jednog pola baterije, kroz sijalicu, do drugog pola. Ako to kolo između negativnog i pozitivnog pola nije zatvoreno, onda nema usmerenog protoka elektrona.

Raznovrsni izvori struje

Kada kroz utičnicu u zidu priključite lampu na električnu mrežu, koristite električnu struju koja nastaje u elektrani. To može da bude hidrocentrala, nukelarna elektrana, termoelektrana na ugalj ili prirodni gas itd. Zbog načina na koji se u elektrani proizvodi električna struja, smer u kome se kreću elektroni menja se sto puta u sekundi, ponavljajući ciklus pedeset puta u sekundi. Ovakvim kretanjem elektrona nastaje *naizmenična struja* (engl. *alternating current,* AC).

Kretanje elektrona u zatvorenom kolu naziva se *ciklus*. Broj ciklusa u sekundi naizmenične struje izražava se jedinicom koja se zove *herc*, a označava skraćenicom Hz. Primer u prethodnom pasusu zasnovan je na činjenici da se kod nas koristi standardna frekvencija od 50 Hz; u nekim drugim zemljama – na primer, u Americi – standardno se koristi 60 Hz, što znači da elektroni menjaju smer kretanja sto dvadeset puta u sekundi.

U hidroelektranama, snaga vode se koristi za okretanje namotaja žice unutar ogromnog magneta. Kada pored magneta pomerate žicu, u njoj se indukuje (generiše) protok elektrona. Prvo magnet usmerava kretanje elektrona u jednom pravcu, zatim, kada se namotaj okrene za 180 stepeni, magnet „primorava“ elektrone da promene smer kretanja. Tako nastaje naizmenična struja.

Ništa lakše od korišćenja utičnice u zidu, ali u većini projekata trebaće vam jednosmerna struja, a ne naizmenična. Ako kao izvor napajanja koristite gradsku električnu mrežu, moraćete da pretvorite naizmeničnu struju u jednosmernu. To možete uraditi pomoću uređaja koji se zove ispravljač. Primer ispravljača koji stalno koristite jeste punjač za mobilni telefon; taj maleni uređaj u osnovi pretvara naizmeničnu struju u jednosmernu kojom se puni baterija. Više o ispravljačima saznaćete u poglavljima 2 i 16.



Bezbednost, bezbednost, bezbednost. To je važna tema koju morate imati na umu kada koristite naizmeničnu struju iz gradske električne mreže. Korišćenje struje iz baterije nalikuje držanju mačke kao kućnog ljubimca, dok se struja iz električne mreže može uporediti s gladnim lavom. Igrajući se s mačkom možete zaraditi samo ogrebotine na rukama; kralj životinja poješće vas za doručak. Ako

smatrate da je neophodno da za svoje elektronske projekte koristite naizmeničnu struju iz električne mreže, budite sigurni da znate šta radite. U poglavlju 2 daćemo vam savete o bezbednosti i zaštiti.

Šta je nastalo prvo: napon ili struja?

Baterije stvaraju napon koji je pokretačka snaga električne struje. Generatori u hidroelektranama izvor su električne struje koja stvara napon u mreži. Šta je starije?

Pitanje podseća na dobro poznatu mozgalicu o kokoški i jajetu. Napon, struja i provodnici moraju se posmatrati kao celina. Ako se na provodnik primeni napon, nastaje električna struja. Ukoliko kroz provodnik protiče struja, na njegovim krajevima će se javiti napon. Zaključak: ne razmišljajte mnogo o tome šta prvo nastaje.

Solarne ćelije

Solarne ćelije su jedan oblik poluprovodnika. Kao i baterije, solarne ćelije imaju žice priključene na dva pola. Svetlost koja pada na solarne ćelije dovodi do stvaranja električne struje. (Reakcija na svetlost je osobina poluprovodnika i o njoj govorimo u izdvojenom odeljku „Upoznavanje s poluprovodnicima“, kasnije u ovom poglavlju.) Struja zatim teče kroz žice do uređaja, kao što su kalkulator ili baštenska lampa ispred vaše kuće.

Kada koristite kalkulator sa solarnom ćelijom, možete dokazati da njegov rad zavisi od svetlosti koja pada na solarnu ćeliju. Uključite kalkulator i unesite neke cifre (izaberite veliki broj, na primer vaš godišnji porez na dohodak). Nakon toga palcem prekrijte solarnu ćeliju. (Ona se najverovatnije nalazi pri vrhu kalkulatora, u pravougaonom području koje je pokriveno providnom plastikom.) Vrlo brzo, brojevi će nestati s displeja. Podignite prst sa ćelije i brojevi će se ponovo pojaviti. Znači, uređajima koje napajaju solarne ćelije neophodna je svetlost da bi radili.

Jednostavan izbor: AC ili DC

Kakva je razlika ako koristite naizmeničnu ili jednosmernu struju? Velika!

Generisanje naizmenične struje i njeno distribuiranje prenosnim vodovima jeftinije je nego u slučaju jednosmerne struje. Zato se naizmenična struja koristi za skoro sve uređaje u domaćinstvima, kao što su sijalice ili grejalice.

Za projekte opisane u ovoj knjizi (i mnoge druge primene u elektronici) jednostavnije je koristiti jednosmernu struju. Naizmeničnom strujom se mnogo teže upravlja, jer ne znate u kom smeru se kreću elektroni u datom trenutku. To se može uporediti sa upravljanjem saobraćajem na dvosmernom autoputu sa šest traka u svakom smeru i saobraćajem u jednosmernoj ulici s jednom trakom. Zato se u većini električnih kola o kojima ćete čitati u ovoj knjizi koristi jednosmerna struja.

Električne komponente

Električne *komponente* su delovi koje koristite u elektronskim projektima. Vrlo jednostavno, zar ne? Neke komponente koristite za upravljanje protokom struje; takva komponenta je, na primer, obrtni prekidač pomoću kojeg se podešava jačina svetlosti sijalice. Druge elektronske komponente, kao što su zvučnici, napajaju se elektricitetom. Elektronske komponente koje zovemo *senzori*, detektuju nešto (recimo, svetlost ili toplotu) i zatim generišu struju da bi se dobio odziv – na primer uključivanje ili isključivanje alarma.

U ovom odeljku upoznaćete se s nekim osnovnim električnim komponentama. U poglavljima 4 i 5 opisaćemo ih detaljnije.

Upravljanje elektricitetom

Pomoću električnih komponenata, ili delova, može da se upravlja elektricitetom. Na primer, prekidač povezuje sijalicu sa izvorom električne struje. Da bi se sijalica isključila, prekidač jednostavno prekida električno kolo.

Za upravljanje elektricitetom koriste se i otpornici, kondenzatori, diode i tranzistori. O njima ćete više saznati u poglavlju 4.

Još bolje upravljanje elektricitetom

Integrisana kola (engl. *integrated circuits*, IC) jesu komponente koje sadrže mnoštvo minijaturnih delova (otpornike, tranzistore ili diode, o kojima ćete više naučiti u poglavlju 4); ceo uređaj nije mnogo veći od neke pojedinačne komponente. Pošto svako integrisano kolo sadrži mnogo komponenata, jedno malo integrisano kolo može da obavi isti posao kao nekoliko pojedinačnih delova.

Audio pojačavač je primer integrisanog kola. Audio pojačavači se koriste za povećanje snage zvučnih signala. Na primer, ako imate mikrofon, njegov slab izlazni signal propušta se kroz audio pojačavač da bi mu snaga bila dovoljna za generisanje zvuka u zvučnicima.

Drugi tip integrisanih kola koji se koristi u elektronskim projektima jeste *mikrokontroler*; on se može programirati tako da upravlja radom različitih uređaja i aparata, kao što su roboti. O mikrokontrolerima detaljnije ćemo govoriti u poglavlju 13.

Osećajni senzori

Određene elektronske komponente generišu struju kada su izložene svetlosti ili zvuku. Tako generisanu električnu struju, zajedno s nekim komponentama za upravljanje elektricitetom, navedenim u prethodnim odeljcima, možete upotrebiti za uključivanje ili isključivanje električnih uređaja kao što su sijalice ili zvučnici.

Upoznavanje s poluprovodnicima

U tranzistorima, diodama, svetlećim diodama (LED), integrisanim kolima i mnogim drugim elektronskim uređajima umesto provodnika koriste se poluprovodnici. *Poluprovodnik* je materijal, kao što je silicijum, koji ima osobine i provodnika i izolatora.

Silicijum je zaista izuzetan hemijski element. Po njemu je nazvana jedna dolina u Kaliforniji. U čistom stanju, silicijum slabo provodi električnu struju. Međutim, ako mu se dodaju primese – na primer bor ili fosfor – silicijum postaje dobar provodnik. Kada se silicijumu doda fosfor, on postaje poluprovodnik tipa *n*. Kada se kao primesa koristi bor, silicijum postaje poluprovodnik tipa *p*. *Poluprovodnik tipa n* ima više elektrona od čistog poluprovodnika, a *poluprovodnik tipa p* ima manje elektrona od poluprovodnika u čistom stanju.

Kada se u kristalnoj rešetki silicijuma atomi bora i fosfora nađu jedni do drugih, nastaje *pn spoj*. Struja kroz *pn* spoj teče samo u jednom smeru. Diode, koje pretvaraju naizmeničnu struju u jednosmernu, primer su komponente u kojoj postoji *pn* spoj.

Kada se izloži dejstvu svetlosti, *pn* spoj generiše električnu struju i ta njegova osobina koristi se pri pravljenju solarnih ćelija. S druge strane, kada kroz *pn* spoj propustite električnu struju, on emituje svetlost, kao što rade svetleće diode (engl. *light-emitting diodes,* LED).

U tranzistorima se koriste spojevi u kojima tri susedna područja imaju dodate primese. Primera radi, jedan region s fosforom, jedan s borom i još jedan s fosforom, daju *npn* spoj. U tranzistoru se struja dovodi na srednji od tri regiona (bazu), čime se omogućava protok struje.

U većini elektronskih projekata koriste se komponente kao što su tranzistori, diode i integrisana kola, a sve su napravljene od poluprovodnika. Poluprovodnici su omogućili projektovanje i proizvodnju malih i tankih elektronskih uređaja (primera radi, ručnih računara i radio-prijemnika).

Detektori kretanja, svetlosni senzori, mikrofoni i temperaturni senzori generišu električni signal kao odgovor na neki stimulans (pokret, svetlost, zvuk ili temperaturu). Ti signali se zatim mogu upotrebiti za uključivanje ili isključivanje uređaja. Visok nivo signala može da uključi, a nizak nivo signala da isključi neki električni uređaj. Na primer, kada dosadni trgovački putnik krene prema vratima vaše kuće, detektor kretanja može da uključi reflektor (ili, još bolje, alarm protiv provalnika).

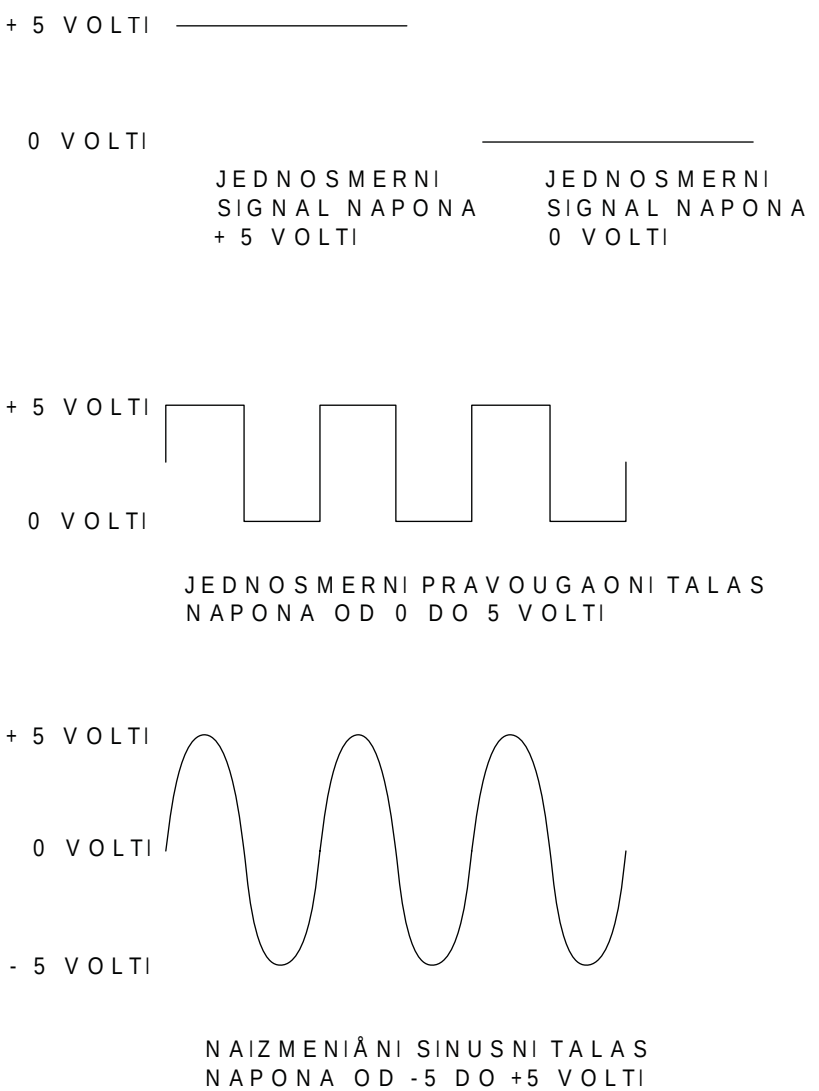
Ti signali poprimaju različite oblike, u zavisnosti od komponente koja ih proizvodi. Na primer, mikrofon generiše signal naizmenične struje, a temperaturni senzor – jednosmerne.

Na slici 1-1 prikazani su signali koji se često koriste u elektronici. Među njima su:

- ✔ **Jednosmerni signal napona +5 volti:** Najviši ulazni napon.
- ✔ **Jednosmerni signal napona 0 volti:** Najniži ulazni napon.
- ✔ **Jednosmerni pravougaoni talas, napona od 0 do 5 volti:** Izlaz iz *oscilatora* (uređaja koji u ciklusima daje visoki i niski napon); ako ovaj signal upotrebite za napajanje sijalice, ona će se u ciklusima uključivati i isključivati (treptati).

✔ **Naizmenični sinusni talas, napona od -5 do +5 volti:** Signal, kao onaj koji dolazi iz mikrofona, generiše naizmeničnu struju koju uređaj, npr. pojačavač, koristi kao ulaz. Mikrofon generiše talasni oblik sa slike 1-1 kada prima zvuk koji stvara pobuđena zvučna viljuška. Obratite pažnju na to da su prelazi od +5 do -5 volti (slika 1-1) u sinusnom talasu postepeni a u pravougaonom talasu oštri.

O različitim tipovima senzora više ćete saznati u poglavlju 5.



Slika 1-1: *Nekoliko primera ulaznih signala.*

Napajanje

Elektricitet napaja električne komponente za generisanje svetla, toplote, zvuka, pokreta... Na primer, kada se jednosmerni motor priključi na izvor električne struje, osovina motora počinje da se obrće, kao i sve što je s njom povezano.

Elektricitetom se napajaju i zvučnici, sijalice, LED diode i motori. U poglavljima 4 i 5 saznaćete više o tim komponentama.

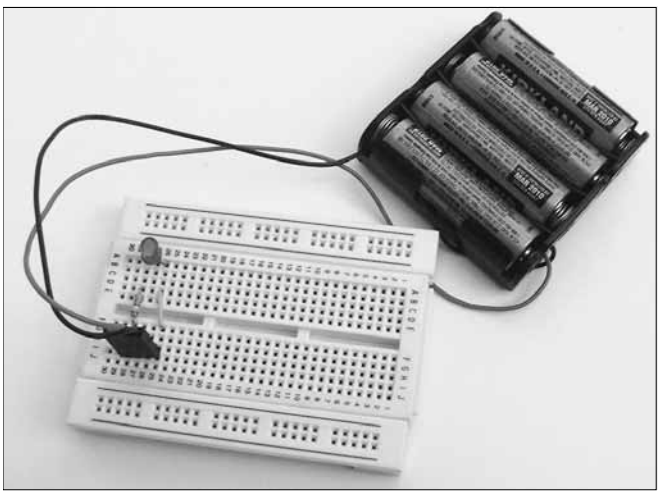
Kako elektricitet postaje elektronika

Kada vam je električna struja potrebna da bi nešto radilo, recimo kućni stereo sistem, ulazite u svet elektronskih uređaja. Bez sumnje, gorite od želje da i sami započnete pravljenje nekih od njih. U narednim odeljcima objasnićemo osnovnu interakciju elektronike (električne struje) i elektronskih uređaja.

Pravljenje jednostavnog kola

Uzmite bateriju, otpornik i LED diodu, povežite ih žicama i dobili ste jednostavno elektronsko kolo. Elektronsko *kolo* se upravo na to i svodi – žice povezuju komponente tako da struja može da protiče kroz njih i da se vrati do izvora.

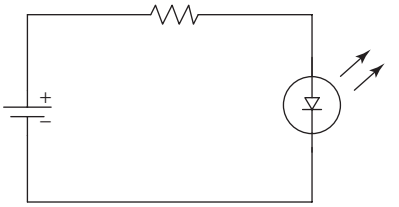
Jednostavno kolo je prikazano na slici 1-2. Komponente koje čine to kolo postavljaju se na takozvanu prototipsku ploču (engl. *breadboard*) i međusobno povezuju žicama. Ako ste ikada pravili čika-Krompirka, shvatićete i princip korišćenja prototipske ploče. U krompir ubadate određene delove (uši, šešir, oči, itd.) i tako dobijate krompirnog čoveka. Slično tome, *prototipska ploča* ima ležišta za umetanje elektronskih komponenata i pravljenje jednostavnog elektronskog kola. Kada na prototipskoj ploči napravite kolo kojim ste zadovoljni, možete na osnovu njega napraviti i elektronsko kolo na štampanoj ploči. (U poglavlju 11 govorićemo više o pravljenju elektronskih kola na prototipskoj ploči.)



Slika 1-2: *Različite komponente povezane u jedno kolo.*

Na slici 1-2 prikazane su žice povezane sa oba pola baterije u kolu. Ta veza omogućava da struja teče iz baterije, kroz LED diodu i druge komponente, do suprotnog pola baterije – tako se kolo zatvara. Kolo se može zatvoriti i tako što se njegovi delovi povežu s metalnim kućištem uređaja, recimo kućnog stereo sistema. Takvu vezu zovemo *uzemljenje* i ona se koristi kao referenca za sve napone u kolu. Uzemljenje može, ali i ne mora da bude povezano sa zemljom, ali je uvek referenca u odnosu na koju se mere svi ostali naponi. O uzemljenju ćemo više govoriti u poglavlju 6.

Kolo se može predstaviti i šematski. *Šema* je crtež na kome se vidi kako su komponente povezane žicama. Pogledajte kako na slici 1-3 izgleda šema kola sa slike 1-2. U poglavlju 6 detaljnije ćete se upoznati sa električnim šemama.



Slika 1-3: *Možete li dešifrovati ovu šemu kola sa slike 1-2?*

Koje električno kolo napraviti?

Ako vas već svrbe dlanovi jer želite da napravite jednostavno kolo da biste proverili svoje znanje i veštinu, pogledajte šta vam nudimo u poglavlju 14. Primera radi, na prototipskoj ploči možete napraviti kolo koje se oglašava kao alarm kada neko uključi sijalicu u vašoj sobi. Tako ćete se na zabavan način upoznati sa osnovama pravljenja kola. (Ukoliko ste početnik, nemojte se zaletati dok ne pročitate nekoliko poglavlja ove knjige, posebno poglavlje 2 u kome govorimo o zaštiti i bezbednosti.)

Kada se oprobate s projektima iz poglavlja 11 i ovladate osnovnim znanjem i veštinama, možete preći na projekte iz poglavlja 15, kao što je konstruisanje malog robota. Za njih će vam trebati više vremena, ali na kraju ćete dobiti istinski korisne i vredne uređaje.



Kada unapredite svoje veštine radeći na projektima iz ove knjige, krenite korak dalje. Dodatne ideje svakako ćete pronaći i na Internetu. Mi vam predlažemo lokacije čije su adrese `discovercircuits.com/` i `www.electronics-lab.com`.

Poigrajte se sa alatkama

Kada je reč o elektronskim projektima, najbolje je to što morate da petljate s alatkama i komponentama da biste videli šta od svega toga možete napraviti. Neke alatke se koriste za sastavljanje kola, a druge za proveru njegovog rada.

Osnovne alatke

Sigurno ćete se obradovati kad čujete kako vam nije neophodno mnogo alatki da biste ušli u svet elektronike. Dovoljne su makaze za sečenje žice, klešta s dugačkim i tankim vrhom, klešta za skidanje izolacije sa žice i nekoliko odvijača, i možete započeti rad na projektima iz poglavlja 14.

Ako želite da napravite kolo koje ćete duže koristiti, nabavite i lemilicu kako biste na pravi način povezali komponente. O izboru odgovarajuće lemilice govorimo u poglavlju 8.



Nema sumnje da ćete, kako budete napredovali, morati da koristite i mnoge druge alatke. Na primer, magnetom ćete izvlačiti vijke i druge sitne predmete koji će neizostavno upadati na teško dostupna mesta. Detalje o opremanju radnog prostora naći ćete u poglavlju 3.

Merni alati

Tokom sastavljanja kola ili pronalaženja uzroka problema, moraćete da obavite i određena merenja da biste proverili rade li sve komponente onako kako bi trebalo i da li ste pravilno projektovali i napravili kolo. Za merenja ćete koristiti multimetar, osciloskop i probnu lampu. O njima govorimo u poglavljima 9 i 10.

Ukratko ćemo vam reći za šta ćete koristiti multimetar, jer je to prvi merni uređaj koju ćete kupiti i, verovatno, jedini koji će vam ikada zatrebati.

Recimo da ste sastavili električno kolo i upravo ga uključili. Šta ako ne radi? Pomoću multimetra ustanovićete koja je komponenta uzrok problema. Možete izmeriti napon, otpor i struju u različitim tačkama kola. Na primer, ako je napon u jednoj tački kola 5 volti, a u nekoj drugoj neočekivano i neobjašnjivo padne na 0 volti, ne treba biti genije da bi se shvatilo kako je uzrok problema negde između te dve kontrolne tačke. Nakon toga (ali, molimo vas, prvo isključite napajanje) proverite da li su se između te dve tačke negde otkačile žice ili je neka komponenta oštećena.



Pre nego što potražite uzrok problema, pročitajte poglavlje 2 u kome govorimo o zaštiti i bezbednosti. Vrlo lako se možete povrediti ili oštetiti uređaj ako ne vodite računa.

Divni svet jedinica

Da biste razumeli rezultate merenja multimetrom, morate znati koje se veličine i jedinice koriste u elektronici. U narednim odeljcima upoznaćemo vas sa osnovama.

Izražavanje veličina jedinicama

Jedinice vam kazuju koliko nečega imate. Na primer, kada kupujete jabuke, njihovu masu izražavate kilogramima (kg). Slično tome, multimetar meri otpor koji se izražava u omima, napon – za koji je jedinica volt, i jačinu struje – koja se izražava u amperima.

U tabeli 1-1 navedene su uobičajene jedinice i skraćenice koje se koriste u elektronici.

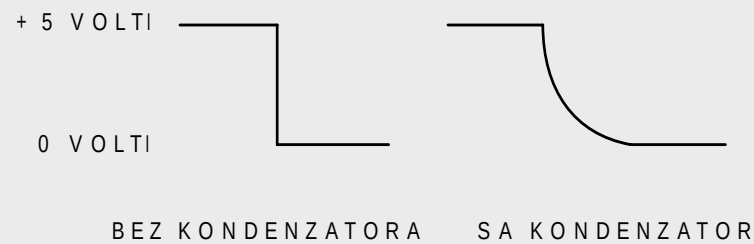
Tabela 1-1 Merne jedinice u elektronici

Veličina	*Skraćenica*	*Jedinica*	*Oznaka*	*Komponenta*
Otpor	R	om	Ω	Otpornik
Kapacitivnost	C	farad	F	Kondenzator
Induktivnost	L	henri	H	Induktivni kalem
Napon	E ili V	volt	V	
Struja	I	amper	A	
Snaga	P	vat	W	
Frekvencija	f	herc	Hz	

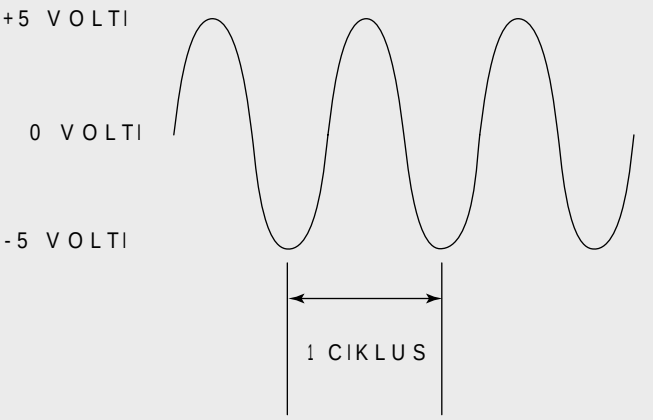
Objašnjenje nekih novih izraza

Iako smo o otporu, naponu i struji već govorili u ovom poglavlju, neki izrazi u ovom odeljku sigurno su vam nepoznati i novi.

Kapacitivnost je sposobnost skladištenja naelektrisanja u električnom polju. Uskladišteno naelektrisanje utiče na postupnije smanjenje ili povećanje napona, tako da njime možete bolje upravljati. U mnogim kolima se za ovu svrhu koriste komponente koje zovemo *kondenzatori*. Na slici je prikazan signal koji se javlja prilikom smanjivanja napona sa +5 na 0 volti, bez upotrebe kondenzatora i u slučaju kada se u kolu nalazi kondenzator.



Frekvencija je mera učestalosti ponavljanja naizmeničnog signala. Na primer, napon gradske električne mreže jedan kompletan ciklus obavi 50 puta u sekundi. Na sledećoj slici prikazan je sinusni talas. Signal na toj slici prolazi kroz jedan ciklus kada napon sa -5 dođe do +5 volti a zatim se vrati na vrednost od -5 volti. Ako signal ponovi taj ciklus 50 puta u sekundi, njegova frekvencija je 50 Hz (50 herca).



NAIZMENIČNI SINUSNI TALAS, NAPONA OD -5 DO +5 VOLTI

Induktivnost je sposobnost skladištenja energije u magnetnom polju. Ta uskladištena energija utiče na promenu vrednosti električne struje, kao što naelektrisanje uskladišteno u kondenzatoru utiče na promene napona. Komponente pod nazivom *induktivni kalemi* ugrađuju se u električna kola da bi se iskoristila induktivnost.

Snaga odgovara uloženom radu električne struje koja protiče kroz neku električnu komponentu. Recimo, kada se na sijalicu primeni napon a struja teče kroz vlakno sijalice, uloženi rad se pretvara u zagrevanje tog vlakna. U tom primeru, snaga se može izračunati množenjem vrednosti napona s jačinom električne struje koja protiče kroz vlakno.

Veće i manje jedinice

Kada merite jabuke, možete izmeriti i samo krišku jedne jabuke i nekoliko kilograma jabuka, zar ne? U elektronici se koristi mnogo širi opseg jedinica. U jednom kolu ukupan otpor može da bude nekoliko miliona oma, a u drugom, struja koja protiče kroz njega može da bude vrlo slaba (možda samo hiljaditi deo ampera). Pri korišćenju i označavanju vrlo, vrlo velikih i vrlo, vrlo malih brojeva primenjuje se specijalna terminologija.

U elektronici se za označavanje malih i velikih brojeva koriste prefiksi i naučna notacija (tabela 1-2).

Tabela 1-2 Prefiksi u elektronici

Broj	*Ime*	*Naučna notacija*	*Prefiks*	*Skraćenica*
1.000.000.000	1 milijarda	10^9	giga	G
1.000.000	1 milion	10^6	mega	M
1.000	1 hiljada	10^3	kilo	k

Tabela 1-2 Prefiksi u elektronici *(nastavak)*

Broj	*Ime*	*Naučna notacija*	*Prefiks*	*Skraćenica*
100	1 stotina	10^{2}		
10	deset	10^{1}		
1	jedan	10^{0}		
0,1	1 deseti	10^{-1}		
0,01	1 stoti	10^{-2}		
0,001	1 hiljaditi	10^{-3}	mili	m
0,000001	1 milioniti	10^{-6}	mikro	μ
0,000000001	1 milijarditi	10^{-9}	nano	n
0,000000000001	1 bilioniti	10^{-12}	piko	p

Šta zapravo znače oznake 10^{-6} ili 10^{6}? *Naučna notacija* je metod koji omogućava da se odredi koliko nula treba dodati broju u decimalnom sistemu, zasnovanom na stepenima broja 10. Na primer, eksponent '6' u oznaci 10^{6} znači da decimalni zarez treba postaviti šest mesta udesno. 10^{-6} znači da decimalni zarez treba pomeriti šest mesta ulevo. Dakle, ako je broj u naučnoj notaciji napisan kao 1×10^{6}, decimalni zarez treba postaviti šest mesta udesno od jedinice, pa u uobičajenoj notaciji dobijamo 1.000.000 to jest jedan milion. Kada je broj napisan kao 1×10^{-6}, decimalni zarez se pomera šest mesta ulevo, pa dobijamo broj 0,000001 to jest 1 milioniti. U slučaju broja $3{,}21 \times 10^{4}$, decimalni zarez se pomera četiri mesta udesno i kao rezultat dobijamo broj 32.100.

Prefiksi + jedinice = ?

U prethodnom odeljku naveli smo skraćenice za prefikse i jedinice, a u ovom ćete naučiti kako da ih kombinujete u vrlo kompaktnu notaciju. Na primer, možete napisati 5 miliampera ili 5 mA, odnosno 3 megaherca ili 3 MHz.

Baš kao što pitu najčešće pravite od kilograma ili nešto više jabuka, a pri građenju poslovnog prostora u predgrađu utrošite nekoliko tona čelika, tako i u elektronici neke veličine po svojoj fizičkoj prirodi imaju male a neke prilično velike vrednosti. To znači da ćete stalno nailaziti na određene kombinacije prefiksa i jedinica. Navodimo najčešće takve kombinacije:

- ✔ **Struja:** pA, nA, mA, μA, A
- ✔ **Induktivnost:** nH, mH, μH, H
- ✔ **Kapacitivnost:** pF, nF, mF, F
- ✔ **Napon:** mV, V, kV
- ✔ **Otpor:** Ω, kΩ, MΩ
- ✔ **Frekvencija:** Hz, kHz, MHz, GHz

Pomoću podataka iz tabela 1-1- i 1-2, možete prevesti prethodne notacije. Navodimo određene primere:

- ✔ **mA:** miliamper tj. hiljaditi deo ampera
- ✔ **μV**: mikrovolt tj. milioniti deo volta
- ✔ **nF:** nanofarad tj. milijarditi deo farada
- ✔ **kV:** kilovolt tj. hiljadu volti
- ✔ **MΩ:** megaom tj. milion oma
- ✔ **GHz:** gigaherc tj. milijardu herca

U skraćenicama za prefikse koji predstavljaju brojeve veće od 1, kao što je *M* za *mega*, koriste se velika slova. Za prefikse koji predstavljaju brojeve manje od 1, kao što je *m* za *mili*, koriste se mala slova. Izuzetak koji potvrđuje pravilo (a takav izuzetak uvek i svuda postoji) jeste *k* za *kilo*, gde se koristi malo slovo iako predstavlja skraćenicu prefiksa za hiljadu.



Korišćenje velikog slova K specijalan je slučaj rezervisan za kiloome; kada vidite veliko slovo K pored broja, primera radi 3,3 K, znači da je reč o otporu od 3,3 kilooma.

Pre bilo kakvog izračunavanja, sve vrednosti izražene pomoću prefiksa morate prevesti u broj izražen osnovnim jedinicama, što ćemo objasniti u odeljcima koji slede.

Omov zakon

Recimo da se pripremate da napravite jedno električno kolo. Znate koliku struju može da podnese komponenta a da ne pregori i koliki napon daje izvor napajanja. Vaš zadatak je da izaberete otpornik koji će sprečiti da struja bude iznad dozvoljenog nivoa.

Početkom osamdesetih godina devetnaestog veka, Džordž Om je izveo jednačinu – poznatu pod nazivom Omov zakon – koja omogućava da na osnovu navedenog primera izaberete odgovarajući otpornik. *Omov zakon* kaže da je napon jednak proizvodu struje i otpora, ili – predstavljeno standardnom matematičkom notacijom:

$$V = I \times R$$

Još malo o Omovom zakonu

Sećate li se još uvek srednjoškolske algebre? Kako se u jednačini s tri promenljive izračunava nepoznata promenljiva, ako su preostale dve (na primer, *x* i *y*) poznate? Omov zakon funkcioniše na istom principu; možete preurediti veličine koje se u njemu pojavljuju tako da uvek izračunate nepoznatu veličinu na osnovu dve poznate. Recimo, jačina struje je jednaka količniku napona i otpora, to jest

$$I = \frac{V}{R}$$

Ako su vam poznate vrednosti struje i napona, možete izračunati otpor. Dakle, otpor je jednak količniku napona i jačine struje, to jest

$$R = \frac{V}{I}$$

Za sada vam je sve, nadamo se, jasno. Uzmimo konkretan primer s baterijom napona 12 volti i sijalicom (što je u osnovi velika baterijska lampa). Pre nego što postavite bateriju, multimetrom merite otpor kola i saznajete da iznosi 9 oma. Jačinu struje izračunaćete po formuli:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12 \text{ volti}}{9 \text{ oma}} = 1{,}3 \text{ ampera}$$

Možda vam se čini da je svetlost jaka? Slabija struja smanjuje jačinu svetlosti, tako da je dovoljno dodati otpornik. U početku je ukupan otpor kola bio 9 oma; kada se u kolo doda otpornik od 5 oma, ukupan otpor postaje 14 oma. U tom slučaju jačinu struje dobijamo po formuli:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12 \text{ volti}}{14 \text{ oma}} = 0{,}9 \text{ ampera}$$

Šta kada su u igri i mali i veliki brojevi?

Uzmimo kao primer kolo sa zujalicom otpora 2 kilooma i baterijom napona 12 volti. Za izračunavanje struje nećete koristiti 2 kilooma, već otpor morate izraziti u osnovnoj jedinici i ne koristeći prefiks „kilo“. U našem primeru to znači da za proračun morate koristiti vrednost od 2000 oma:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12 \text{ volti}}{2000 \text{ oma}} = 0{,}006 \text{ ampera}$$

Izračunali ste jačinu struje, izraženu u hiljaditim delovima ampera. Tek sada možete ponovo koristiti prefiks da biste jačinu struje izrazili kao 6 miliampera ili 6 mA.



Zaključak: sve vrednosti izražene s prefiksom morate prevesti u osnovne jedinice da biste izračunali bilo koju nepoznatu veličinu.

Snaga Omovog zakona

Om (koji nikada nije sedeo skrštenih ruku) ustanovio je i vezu između napona i jačine struje:

$P = V \times I$ ili snaga = napon × struja

Jednačinu možete upotrebiti da biste izračunali kolika je snaga zujalice, pomenute u prethodnom odeljku:

$P = 12 \text{ volti} \times 0{,}006 \text{ ampera} = 0{,}072$ vata, što iznosi 72 milivata (ili 72 mW)

Šta ako ne znate koliki je napon? Iskoristite još jedan trik iz algebre. (A pre mnogo godina mislili ste da na časovima matematike samo gubite vreme!) Pošto je $V = I \times R$, u prethodnu jednačinu možete uvrstiti proizvod $I \times R$, pa dobijate

$P = I^2 \times R$ ili snaga = struja na drugi stepen × otpor

Igrajući se početnom jednačinom možete izračunati otpor, napon i jačinu struje ako znate kolika je snaga ili bilo koji od ovih parametara.



Ne možete ni da smislite algebru? Da li ste zbog nje pre mnogo godina bili na popravnom ispitu iz matematike? Sigurno će vas obradovati podatak da kalkulatori na Internetu umnogome olakšavaju neophodna izračunavanja. Pokrenite Google (`www.google.com`) i u polje za pretraživanje unesite izraz „Ohm's Law Calculator" da biste ih pronašli. Pročitajte i poglavlje 18 u kome navodimo deset najčešćih izračunavanja u elektronici.