



2023

5. Izmjenična struja (AC) naspram istosmjerne struje (DC)

R2: SCRAPY Vodič

Broj projekta: **2021-1-FR01-KA220-SCH-000031617**



 Co-funded by
the European Union

Podrška Europske komisije za izradu ove publikacije ne znači odobravanje sadržaja, koji odražava samo stavove autora, a Komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.

ECAM EPMI
30/04/2023

Sadržaj

1 Uvod	2
2 Izmjenična struja (AC)	2
2.1 Valni oblici	3
2.2 Opisivanje sinusnog vala	4
2.3 Primjene	5
3. Istosmjerna struja (DC)	6
3.1 Opisivanje DC	6
3.2 Primjene	7
4. Bitka struja	7
4.1 Edisonova kampanja blaćenja	9
4.2 Uspon AC	9
4.3 Istosmjerna struja visokog napona (HVDC)	10
5 Zaključak	10

1 Uvod

Izmjenična i istosmjerna struja opisuju vrste toka struje u krugu. U istosmjernoj struji (DC) električni naboj (struja) teče samo u jednom smjeru. Električni naboj u izmjeničnoj struji (AC), s druge strane, povremeno mijenja smjer. Napon u izmjeničnim krugovima također se povremeno mijenja jer struja mijenja smjer.

Većina digitalne elektronike koju izgradite koristit će DC. Međutim, važno je razumjeti neke koncepte AC. Većina domova je ožičena za AC.

Što ćete naučiti:

- Povijest AC i DC
- Različiti načini generiranja izmjenične i istosmjerne struje

Neki primjeri izmjenične i istosmjerne primjene

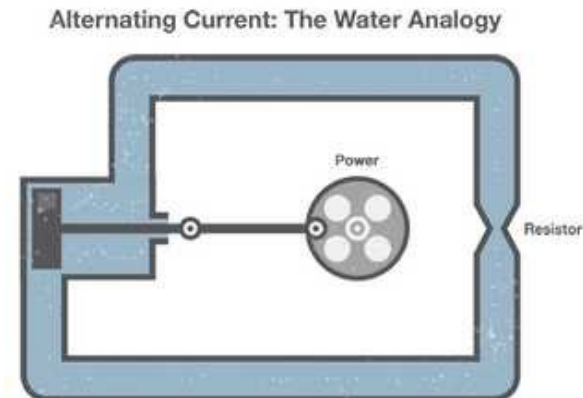
2 izmjenična struja (AC)

Izmjenična struja opisuje protok naboja koji povremeno mijenja smjer. Kao rezultat toga, razina napona također se mijenja zajedno sa strujom. AC se koristi za opskrbu strujom kuća, uredskih zgrada itd.

Generiranje AC

AC se može proizvesti pomoću uređaja koji se zove alternator. Ovaj uređaj je posebna vrsta električnog generatora namijenjenog za proizvodnju izmjenične struje.

Petlja žice vrti se unutar magnetskog polja koje inducira struju duž žice. Rotacija žice može doći na bilo koji način: vjetroturbina, parna turbina, tekuća voda itd. Budući da se žica vrti i povremeno ulazi u različit magnetski polaritet, napon i struja se izmjenjuju na žici.

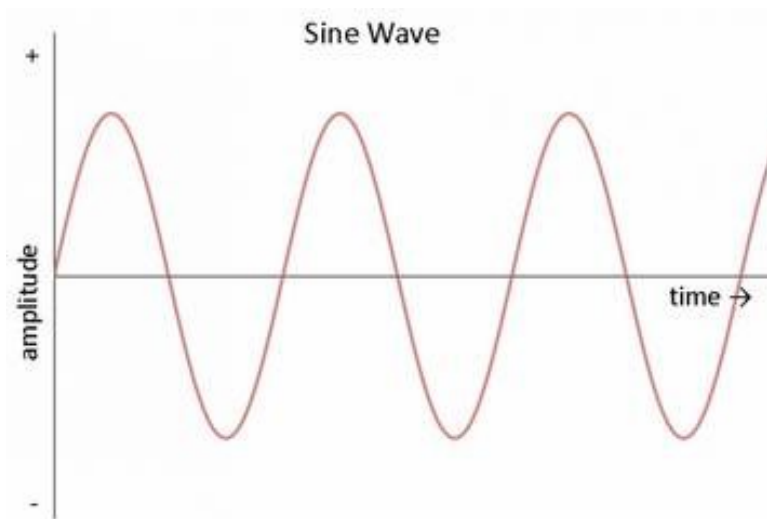


Izmjenična struja

Za generiranje izmjenične struje u nizu vodovodnih cijevi, povezujemo mehaničku ručicu s klipom koji pomiče vodu u cijevima naprijed-natrag (naša "izmjenična" struja). Primijetite da stegnuti dio cijevi i dalje pruža otpor protoku vode bez obzira na smjer protoka.

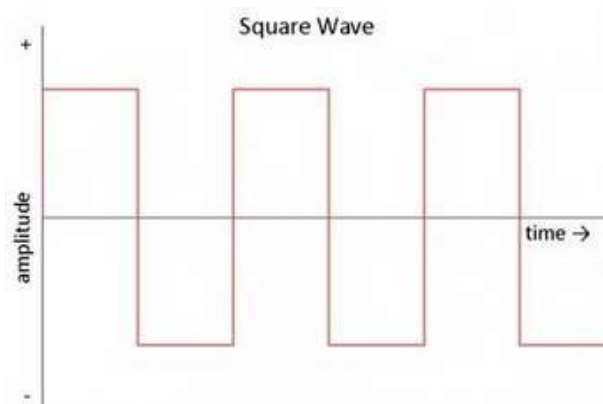
2.1 Valni oblici

AC može biti u nekoliko oblika, sve dok su napon i struja izmjenični. Spojimo li osciloskop na krug s izmjeničnom strujom i nacrtamo njegov napon tijekom vremena, mogli bismo vidjeti nekoliko različitih valnih oblika. Najčešći tip AC je sinusni val. AC u većini domova i ureda ima oscilirajući napon koji proizvodi sinusni val.



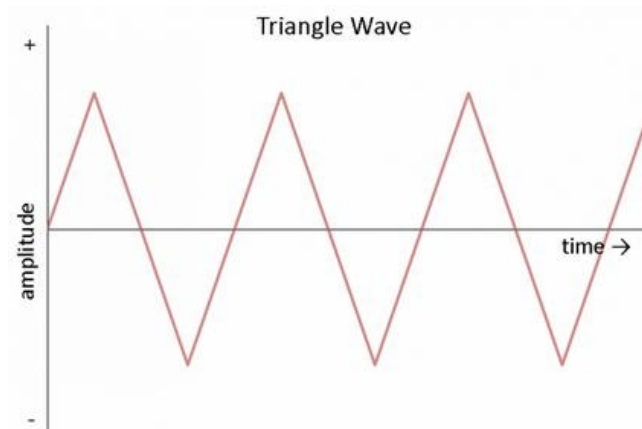
Sinusni val

Drugi uobičajeni oblici AC uključuju kvadratni val i trokutasti val:



Kvadratni val

Kvadratni valovi se često koriste u digitalnoj i sklopnoj elektronici za testiranje njihovog rada.



Trokutasti val

Trokutasti valovi nalaze se u sintezi zvuka i korisni su za testiranje linearne elektronike poput pojačala.

2.2 Opisivanje sinusnog vala

Često želimo opisati valni oblik izmjenične struje matematičkim terminima. Za ovaj primjer koristit ćemo uobičajeni sinusni val. Tri su dijela sinusnog vala: *amplituda*, *frekvencija* i *faza*.

Gledajući samo napon, sinusni val možemo opisati kao matematičku funkciju:

$$V(t) = V_P \sin(2\pi ft + \phi)$$

$V(t)$ je naš napon kao funkcija vremena, što znači da se naš napon mijenja kako se vrijeme mijenja. Jednadžba s desne strane znaka jednakosti opisuje kako se napon mijenja tijekom vremena.

V_P je *amplituda*. Ovo opisuje maksimalni napon koji naš sinusni val može doseći u bilo kojem smjeru, što znači da naš napon može biti $+V_P$ volti, $-V_P$ volti ili negdje između.

Funkcija **sin()** označava da će naš napon biti u obliku periodičkog sinusnog vala, što je laganaa oscilacija oko 0 V.

2π je konstanta koja pretvara frekvenciju iz ciklusa (u hercima) u kutnu frekvenciju (radijani po sekundi).

f opisuje *frekvenciju* sinusnog vala. To je dano u obliku *herca* ili *jedinica u sekundi*. Frekvencija govori koliko se puta određeni valni oblik (u ovom slučaju, jedan ciklus našeg sinusnog vala - porast i pad) pojavljuje unutar jedne sekunde.

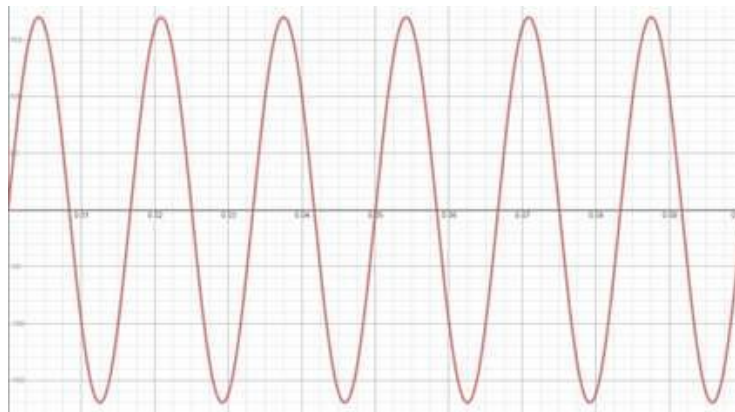
t je naša nezavisna varijabla: vrijeme (mjereno u sekundama). Kako vrijeme varira, naš valni oblik varira.

ϕ opisuje *fazu* sinusnog vala. Faza je mjera koliko je valni oblik pomaknut u odnosu na vrijeme. Često se daje kao broj između 0 i 360 i mjeri se u stupnjevima. Zbog periodične prirode sinusnog vala, ako se valni oblik pomakne za 360° , ponovno postaje isti valni oblik kao da je pomaknut za 0° . Radi jednostavnosti, pretpostavit ćemo da je faza 0° do kraja ovog vodiča.

Možemo se osvrnuti našem pouzdanom prikazu kao dobar primjer kako radi AC valni oblik. U Sjedinjenim Američkim Državama, struja koja se dovodi u naše domove je izmjenična struja s oko 170 V od nule do vrha (amplituda) i 60 Hz (frekvencija). Možemo uključiti ove brojeve u našu formulu da dobijemo jednadžbu (zapamtite da pretpostavljamo da je naša faza 0):

$$V(t) = 170 \sin(2\pi 60t)$$

Možemo upotrijebiti naš praktični grafički kalkulator za crtanje ove jednadžbe. Ako nije dostupan grafički kalkulator, možemo upotrijebiti besplatni online program za crtanje grafikona kao što je [Desmos](#) (imajte na umu da ćete možda morati koristiti 'y' umjesto 'v' u jednadžbi da biste vidjeli grafikon).



Grafikon jednadžbe

Obratite pažnju da, kao što smo predvidjeli, napon povremeno raste na 170 V i pada na -170 V. Dodatno, 60 ciklusa sinusnog vala događa se svake sekunde. Kad bismo osciloskopom mjerili napon u našim utičnicama, vidjeli bismo ovo (**UPOZORENJE:** ne pokušavajte osciloskopom izmjeriti napon u utičnici! To će oštetiti opremu).

NAPOMENA: Možda ste čuli da je AC napon u SAD-u 120 V. Ovo je također točno. Kako? Kada govorimo o AC (budući da se napon stalno mijenja), često je lakše koristiti prosjek ili srednju vrijednost. Da bismo to postigli, koristimo metodu koja se zove "[Korijen srednje vrijednosti na kvadrat](#)". (RMS). Često je korisno koristiti RMS vrijednost za AC kada želite izračunati električnu snagu. Iako smo u našem primjeru imali napon koji je varirao od -170 V do 170 V, srednja vrijednost kvadrata je 120 V RMS.

2.3 Primjene

Kućne i uredske utičnice uvijek su AC. To je zato što je stvaranje i transport AC na velike udaljenosti jednostavan. Pri visokim naponima (preko 110 kV) gubi se manje energije u prijenosu električne energije. Viši naponi znače manje struje, a niže struje znače manje topline generirane u dalekovodu zbog otpora. Izmjenični napon se može jednostavno pretvoriti u visoki napon i iz njega pomoću transformatora.

AC je također sposoban za napajanje električnih motora. Motori i generatori su isti uređaji, ali motori pretvaraju električnu energiju u mehaničku (ako se osovina motora vrti, na stezaljkama se stvara napon!). Ovo je korisno za mnoge velike uređaje kao što su perilice posuđa, hladnjaci i tako dalje, koji rade na izmjeničnu struju.

3. Istosmjerna struja (DC)

Istosmjernu struju malo je lakše razumjeti nego izmjeničnu. Umjesto da oscilira naprijed-natrag, DC daje konstantan napon ili struju.

Generiranje istosmjerne struje

DC se može generirati na nekoliko načina:

- Generator izmjenične struje opremljen uređajem koji se naziva "komutator" može proizvesti istosmjernu struju
- Korištenje uređaja koji se zove "ispravljač" koji pretvara AC u DC
- Baterije daju istosmjernu struju koja nastaje kemijskom reakcijom unutar baterije

Ponovno koristeći našu analogiju s vodom, DC je sličan spremniku vode s crijevom na kraju.



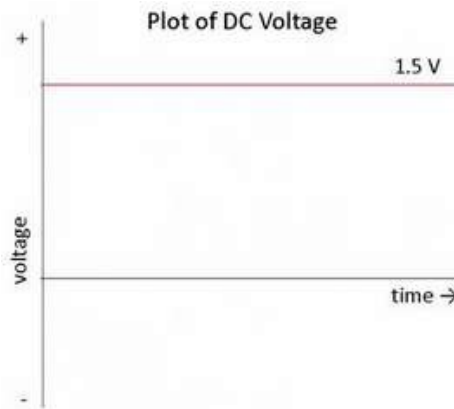
Analogija vode

Spremnik može potisnuti vodu samo na jedan način: iz crijeva. Slično našoj bateriji koja proizvodi istosmjernu struju, kada se spremnik isprazni, voda više ne teče kroz cijevi.

3.1 Opisivanje istosmjerne struje

DC se definira kao "jednosmjerni" protok struje; struja teče samo u jednom smjeru. Napon i struja mogu varirati tijekom vremena sve dok se smjer protoka ne promijeni. Da pojednostavimo stvari, pretpostaviti ćemo da je napon konstantan. Na primjer, pretpostavljamo da AA baterija daje 1,5 V, što se matematičkim terminima može opisati kao:

Ako ovo iscrtamo kroz vrijeme, vidimo konstantan napon: $V(t) = 1.5V$



Grafikon istosmjernog napona

Što to znači? To znači da možemo računati da će većina istosmjernih izvora osigurati konstantan napon tijekom vremena. U stvarnosti, baterija će polako gubiti napunjenost, što znači da će napon padati kako se baterija koristi. Za većinu namjena možemo pretpostaviti da je napon konstantan.

3.2 Primjene

Svi elektronički projekti i dijelovi za prodaju na SparkFunu izvode se na DC. Sve što se napaja iz baterije uključuje se u zid pomoću [AC adaptera](#) ili koristi USB kabel za napajanje oslanja se na DC. Primjeri istosmjerne elektronike uključuju:

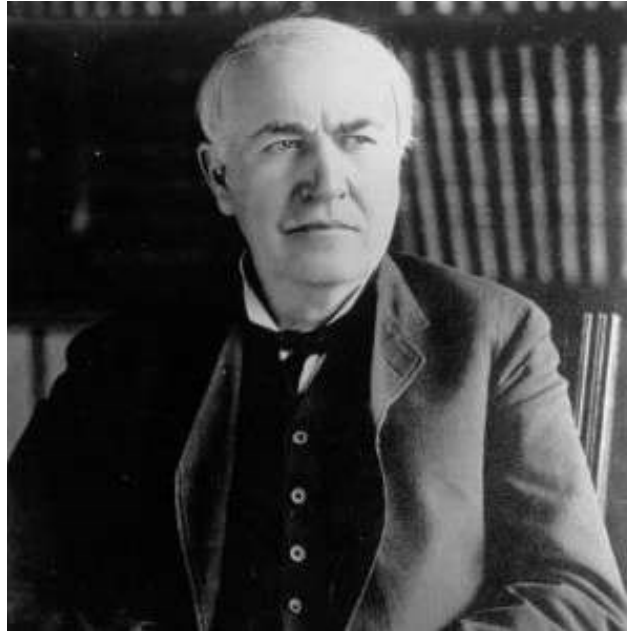
- Mobitele
- D&D Dice Gauntlet temeljen na LilyPadu
- Televizori ravnog ekrana (izmjenična struja ulazi u TV, koji se pretvara u istosmjernu)
- svjetiljke
- Hibridna i električna vozila

4. Bitka za struju

Svaki dom i poslovni prostor ožičeni su za AC. Međutim, to nije bila odluka donesena preko noći. U kasnim 1880-ima, različiti izumi diljem Sjedinjenih Država i Europe doveli su do velike bitke između distribucije izmjenične i istosmjerne struje.

Godine 1886. Ganz Works, električna tvrtka sa sjedištem u Budimpešti, elektrificirala je cijeli Rim izmjeničnom strujom. S druge strane, Thomas Edison je u Sjedinjenim Državama do 1887. konstruirao 121 istosmjernu elektranu. Prekretnica u borbi dogodila se kada je George Westinghouse, poznati industrijalac iz Pittsburgha, sljedeće godine kupio patente Nikole Tesle za AC motore i prijenos .

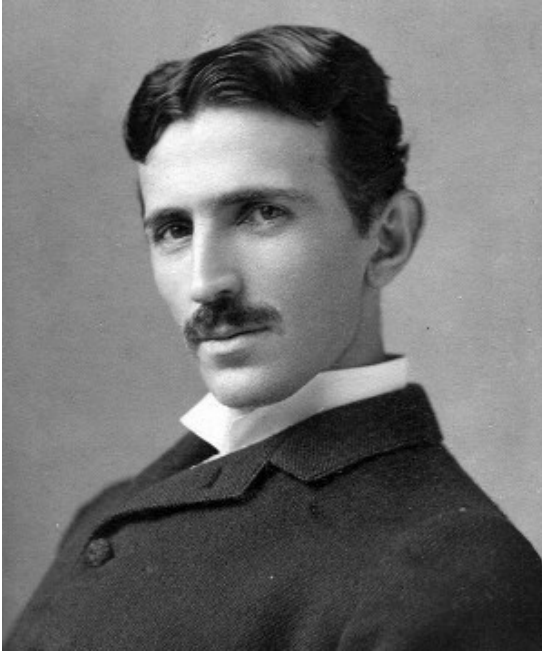
AC protiv DC



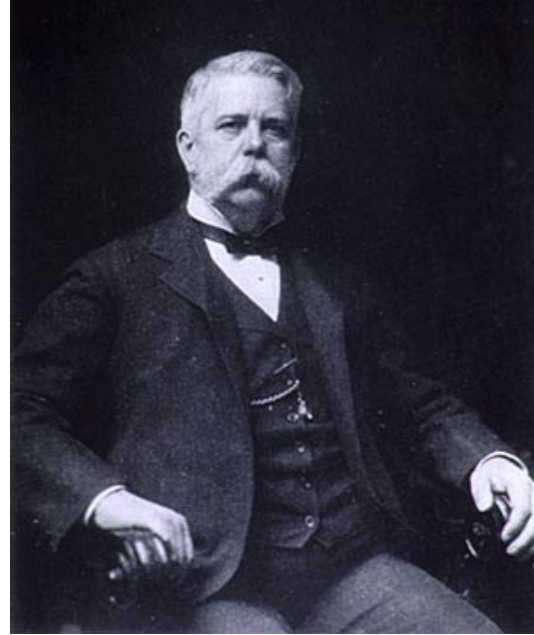
Thomas Edison (Slika ustupljena biography.com)

U kasnim 1800-ima, DC se nije mogao lako pretvoriti u visoke napone. Kao rezultat toga, Edison je predložio sustav malih, lokalnih elektrana koje bi napajale pojedine četvrti ili gradske dijelove. Struja se distribuirala pomoću tri žice iz elektrane: +110 volti, 0 volti i -110 volti. Svjetla i motori mogu se spojiti između +110V ili 110V utičnice i 0V (neutralni). 110 V omogućio je određeni pad napona između postrojenja i opterećenja (kuća, ured, itd.).

Iako je uračunat pad napona na dalekovodima, elektrane se moraju nalaziti unutar 1 milje od krajnjeg korisnika. Ovo ograničenje učinilo je distribuciju električne energije u ruralnim područjima iznimno teškom, ako ne i nemogućem.



Nikola Tesla
(Slika je ustupljena wikipedia.org)



George Westinghouse
(Sliku ustupio pbs.org)

S Teslinim patentima Westinghouse je radio na usavršavanju distribucijskog sustava izmjenične struje. Transformatori su predstavljali jeftinu metodu za povećanje napona izmjenične struje na nekoliko tisuća volti i vraćanje na korisnu razinu. Pri višim naponima, ista se snaga mogla prenijeti pri puno nižoj struji, što je značilo manji gubitak snage zbog otpora u žicama. Kao rezultat toga, velike elektrane mogle bi biti smještene mnogo milja daleko i opsluživati veći broj ljudi i zgrada.

4.1 Edisonova kampanja blaćenja

Tijekom sljedećih nekoliko godina, Edison je vodio kampanju za snažno obeshrabrivanje korištenja AC-a u Sjedinjenim Državama, što je uključivalo lobiranje kod državnih zakonodavstava i širenje dezinformacija o AC-u. Edison je također uputio nekoliko tehničara da javno ubiju životinje izmjeničnom strujom u pokušaju da pokažu da je izmjenična struja opasnija od istosmjerne. U pokušaju da prikažu te opasnosti, Harold P. Brown i Arthur Kennelly, zaposlenici Edisona, dizajnirali su prvu električnu stolicu za državu New York koja koristi izmjeničnu struju.

4.2 Uspon AC

Godine 1891. Međunarodna elektrotehnička izložba održana je u Frankfurtu u Njemačkoj i na izložbi je prikazan prvi prijenos trofazne izmjenične struje na velike udaljenosti koji je napajao svjetla i motore. Bilo je prisutno nekoliko predstavnika tvrtke koja će kasnije postati General Electric i bili su impresionirani prikazom. Sljedeće godine osnovan je General Electric i počeo ulagati u AC tehnologiju.

Westinghouse je 1893. dobio ugovor za izgradnju brane hidroelektrane za iskorištavanje snage Niagarinih slapova i prijenos izmjenične struje u Buffalo, NY. Projekt je dovršen 16. studenog 1896. , a izmjenična struja počela je napajati industriju u Buffalu. Ova prekretnica označila je pad DC-a u Sjedinjenim Državama. Dok bi Europa usvojila AC standard od 220-240 volti na 50 Hz, standard u Sjevernoj Americi bi postao 120 volti na 60 Hz.

4.3 Istosmjerna struja visokog napona (HVDC)

Švicarski inženjer René Thury koristio je niz motornih generatora za stvaranje visokonaponskog istosmjernog sustava 1880-ih, koji se mogao koristiti za prijenos istosmjerne struje na velike udaljenosti. Međutim, zbog visoke cijene i održavanja Thury sustava, HVDC nikada nije usvojen cijelo stoljeće.

S izumom poluvodičke elektronike 1970-ih, postala je moguća ekonomična transformacija između AC i DC. Specijalizirana oprema može se koristiti za generiranje istosmjerne struje visokog napona (neke dosežu 800 kV). Dijelovi Europe počeli su koristiti HVDC vodove za električno povezivanje različitih zemalja.

HVDC vodovi imaju manje gubitaka od ekvivalentnih AC vodova na iznimno velikim udaljenostima. Dodatno, HVDC omogućuje povezivanje različitih AC sustava (npr. 50 Hz i 60 Hz). Unatoč svojim prednostima, HVDC sustavi su skuplji i manje pouzdani od uobičajenih AC sustava.

Na kraju, Edisonu, Tesli i Westinghouseu možda se ostvare želje. AC i DC mogu koegzistirati i svaki služi svojoj svrsi.

5. Zaključak

Sada biste trebali dobro razumjeti razlike između AC i DC. AC se lakše transformira između naponskih razina, što prijenos visokog napona čini izvedivijim. DC, s druge strane, nalazi se u svakoj elektronici. Trebali biste znati da se to dvoje ne kombinira dobro i morat ćete transformirati AC u DC ako želite priključiti većinu elektronike u zidnu utičnicu. S tim razumijevanjem trebali biste biti spremni uhvatiti se u izazov s nekim složenijim strujnim krugovima i konceptima, čak i ako sadrže AC.