

UVOD

Simboli u elektronici

Elektronika je pomoću simbola razvila jezik koji je razumljiv svuda u svijetu. Taj se jezik izražava simbolima koji najčešće označuju električne elemente. Slaganjem i povezivanjem simbola prikazuju se kompletni električni sklopovi i uređaji.

Kao uvod u daljnje proučavanje prikazani su i kratko objašnjeni najčešći simboli u elektronici (slika 1). U stručnom komuniciranju ovi su simboli praktički abeceda. Bez njih bi bilo nezamislivo raditi tj. prenijeti ideje rada elektronike na papir.

Neki elementi označeni su s više simbola jer promjena institucije za normizaciju u nekim državama upotrebljavaju svoje varijante, međutim, one su vrlo slične pa zabune obično i nema.

Najveće skupine simbola elemenata su one američkog i europskog tipa.

	05-06-01 fotootpornik		05-03-01 poluvodička dioda općenito		02-02-03 istosmjerno		02-02-04 izmjenično
	05-03-04 kapacitativna dioda (varikap)		05-03-05 tunelska dioda		02-02-10 NF izmjenično		02-02-03 VF izmjenično
	05-03-06 Zenerova dioda		05-03-07 Zenerova dioda u protuspoju, graničnik		04-01-01 otpornik		04-01-05 otpornik s kliznim kontaktom
	05-06-02 fotodioda		05-03-02 svjetleća dioda (LED)		04-01-02 induktivitet		04-03-01 induktivitet
	05-03-09 dvosmjerna dioda		ispravljački uređaj		04-02-01 kondenzator		elektrolitski kondenzator
	05-04-04 tiristor, općenito		05-05-03 dvosmjerna tiristorska dioda		trajni magnet		primarni članak
	05-03-09 dvostrana tiristorska trioda		05-05-01 PNP tranzistor		02-15-04 masa		02-15-01
	05-05-04 NPN tranzistor		05-06-04 PNP fototranzistor		02-15-03 zaštitno uzemljenje		uzemljenje bez šuma
	05-05-04 jednoslojni tranzistor P-tipa		05-05-05 jednoslojni tranzistor N-tipa				
	05-05-09 N-kanalni spojni FET sa zapornim slojem		P-kanalni spojni FET sa zapornim slojem				

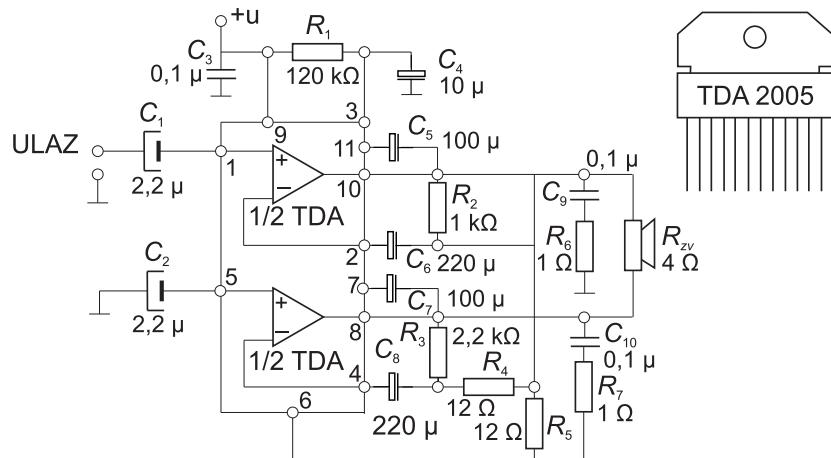
Slika 1. Najčešći simboli u elektronici

Simboli su osnova crtanja shema, a sheme su temeljni dokumenti u elektronici. Uobičajene su tri vrste shema, svaka specifične namjene.

Električne sheme

Takve sheme pomoću simbola i njihovog međusobnog povezivanja (slika 2) pomažu da se bolje razumije rad sklopova i uređaja. Vrlo su važne za postupak kontrole i servisiranja.

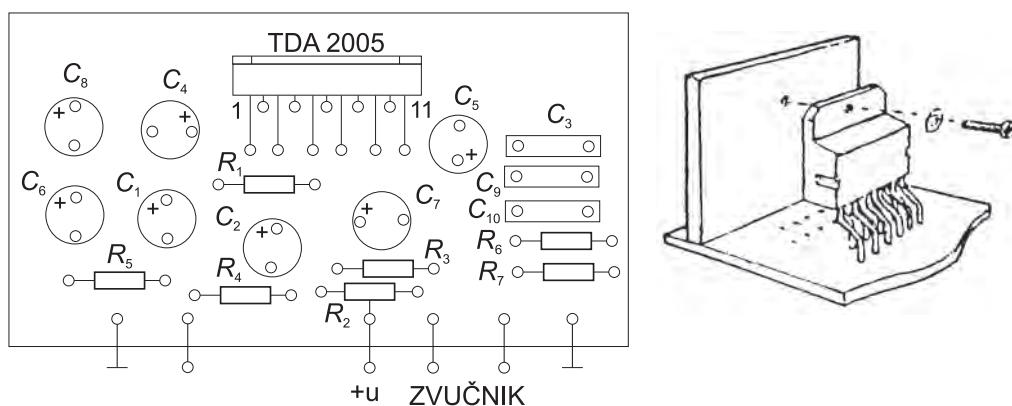
Na njima mogu biti označene vrijednosti elemenata (npr. 100Ω) ili samo njihove oznake (npr. C4) prema kojima se oni mogu naći u sastavnicama materijala ili ostaloj tehnološkoj dokumentaciji.



Slika 2. Električka shema NF pojačala

Montažne sheme

Na takvim shemama (slika 3) elementi se crtaju prema stvarnom obliku. Katkad se prikazuju simbolima. Oznakama se elementi povezuju s električnim shemama i sastavnicama materijala. Takve sheme izuzetno su važne za pravilno sastavljanje električnih sklopova i uređaja. U serijskoj proizvodnji, pogotovo kod složenih proizvoda, svaka se operacija izvodi prema određenoj montažnoj shemi. Takvim je shemama naziv **operacijske liste montaže**. Osim crteža, na njima se nalaze i drugi podaci važni za pravilno razumijevanje i uporabu sheme.



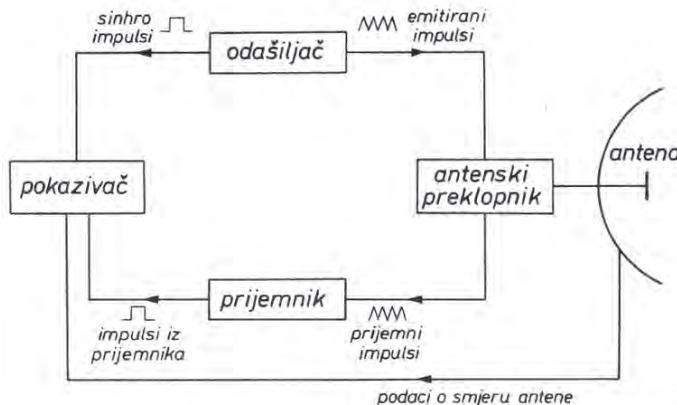
Slika 3. Montažna shema NF pojačala

Blokovske sheme

Objašnjenje međusobne povezanosti pojedinih sklopova i uređaja, a da se pri tome ne prikazuju specifičnosti pojedine cjeline, zovemo blokovskim shemama. Upotrebljavaju se pri objašnjavanju povezivanja uređaja u sustave ili sklopova u uređaju. Na priloženoj blokovskoj shemi (slika 4) prikazan je rad radarskog sustava i uloga svakog njegovog uređaja.

Za tehnološku dokumentaciju u elektronici, osim navedenih shema, vrlo su važni i ovi podaci:

- SASTAVNICA MATERIJALA (pozicija, naziv i količina materijala),
- SASTAVNICA ALATA (popis potrebnih sredstava za rad),
- TEHNOLOŠKE UPUTE (definicije redoslijeda rada, uvjeti rada, način kontrole itd.).



Slika 4. Blokovska shema radarskog sustava

Pravci razvoja elektronike

Objasnit ćemo ovdje dva pojma: **diskretna** tehnika i **integrirana** tehnika.

Diskretnom tehnikom nazivaju se izvedbe uređaja i sklopova od pojedinačnih elektroničkih elemenata koji tek međusobnim spajanjem tvore željeni proizvod. Otpornici, kondenzatori, diode, tranzistori i dr. spajaju se vodovima prema elektroničkim i montažnim shemama i tek tada postaju funkcionalne cjeline.

Integrirana tehnika je izrada cijelih sklopova u jednoj cjelini. Razvila se do nevjerojatnih razmjera: od nekoliko elemenata spojenih u cjelinu na nekoliko kvadratnih milimetara do nekoliko tisuća elemenata na istoj površini u modernoj mikroelektronici.

Međutim, integriranje nije uvijek u potpunosti izvedivo. Integrirani sklopovi (engl. *chips*) moraju se u većini slučajeva spajati s nekim vanjskim diskretnim elementima i tek s takvim komponentama postaju potpuno upotrebljive funkcionalne cjeline.

U prijelaznim povijesnim razdobljima razvoja elektronike bile su vidljive faze miješanja dviju tehnika. Za takvu se tehniku govori da je hibridna a karakteristični primjeri su:

- hibridne konstrukcije s elektronskim cijevima i poluvodičima,
- hibridni uređaji diskretne i integrirane tehnike,
- hibridni i monolitni integrirani sklopovi.

Elektronički elementi

Elektronički elementi čine izuzetno brojan skup dijelova. Spomenut ćemo samo one koji se koriste u praktičnim vježbama ove zbirke i one koji su zbog svojih svojstava posebno karakteristični i važni za razumijevanje elektronike.

Vodovi

Električni su vodovi ograničeni mediji za prijenos snage ili informacije. Vodovi se razvrstavaju:

a) prema namjeni:

- za prijenos snage (energetski vodovi),
- za prijenos informacije,

b) prema konstrukciji:

- vodovi (izolirani, neizolirani),
- kabeli,

c) prema električnim karakteristikama:

- homogeni vodovi (vodovi istih karakteristika kroz cijelu duljinu),
- nehomogeni vodovi.

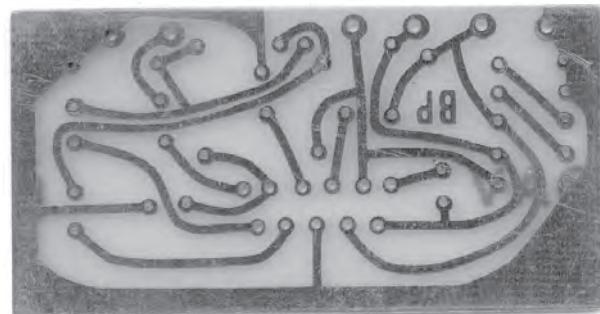
Vodovi se obrađuju strojevima ili ručno, a operacije obrade su:

sječenje – skidanje izolacije – kositrenje.

Poseban oblik vodova su tiskani vodovi.

Zbog mnogih prednosti u elektronici se za pozivanje elektroničkih komponenti danas isključivo primjenjuje tehnika tiskanih vodova.

Ukratko, pločica s tiskanim vodovima izolacijski je nosač od pertinaksa, vitroplasta ili nekog novijeg materijala, na kojem se nalaze spojni vodovi od tanke bakrene folije. Elektronički elementi postave se na takvu pločicu s jedne strane, a njihovi se izvodi provukom kroz provrte na drugu stranu do bakrene folije s kojima se zaleme (primjer na slika 5).



Slika 5. Tiskana pločica NF pojačala

Otpornici

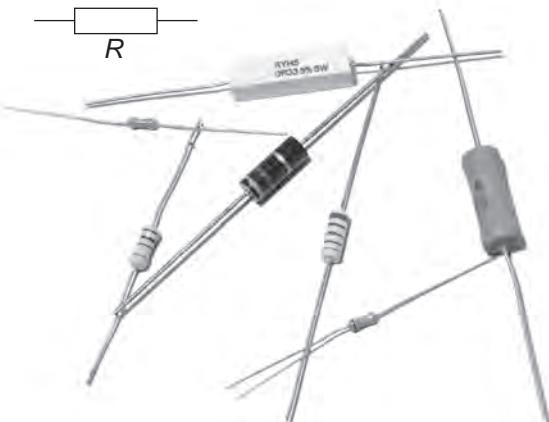
Najvažnije karakteristike otpornika su:

- nazivna vrijednost (otpor u omima (Ω), kilo-omima ($k\Omega$) i megaomima ($M\Omega$)),
- tolerancija (dopušteno odstupanje od nazivne vrijednosti),
- nazivna snaga (najveća snaga koja se na njima smije osloboditi u vatima (W)).

Izvedbe otpornika mogu biti:

- nepromjenjivi,
- promjenjivi (npr. potenciometri),
- podešivi (npr. trimeri).

Posebna vrsta otpornika su *tiskani* otpornici u integriranoj tehnici.



Slika 6. Različite izvedbe otpornika

Kondenzatori

Kondenzatori su elementi sastavljeni od dvaju vodiča (dviju ploča, odnosno obloga), između kojih je dielektrik. Kapacitet kondenzatora ovisi o površini ploča, razmaku između njih i svojstvima dielektrika.

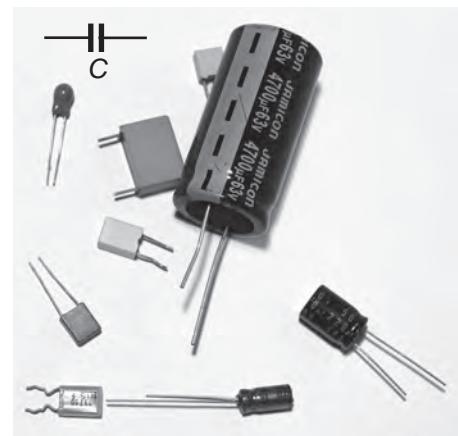
Najvažnije karakteristike kondenzatora su:

- nazivna vrijednost: kapacitet izražen u faradima (F), mikrofaradima (μF), nanofaradima (nF) i pikofaradima (pF);
- temperaturni koeficijent: ovisnost kapaciteta o temperaturi;
- radni napon: maksimalni trajni radni napon koji smije biti priključen na ploče kondenzatora.

Kondenzatori se izrađuju kao: nepromjenjivi (fiksni), promjenjivi i podesivi elementi.

U integriranoj tehnologiji mogu postići samo relativno mali kapaciteti. Za veće kapacitete moraju se zasad obvezno uporabiti diskretni elementi.

Kondenzatori se dijele prema vrsti dielektrika, a glavne su vrste keramički, zračni, stirofleksni, elektrolitski, liskunski i papirni. Na slici 7 vidimo razne izvedbe kondenzatora.



Slika 7. Različite izvedbe kondenzatora

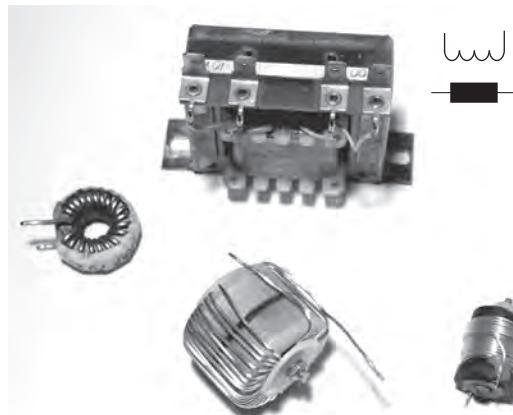
Zavojnica ili svitak je određen broj zavoja vodiča namotan na neko tijelo. Uptrebljavaju se zbog svojih induktivnih svojstava (akumulacija i transformacija energije). Jedinica za induktivnost je henri (H), manje su jedinice milihenri i mikrohenri (mH i μ H).

Induktivitet zavojnice ovisi o kvadratu broja zavoja i otporu njezinog magnetskog kruga. U idealnim uvjetima smatramo da je omski otpor zavojnice zanemariv, a vrlo je važan induktivni otpor koji raste s frekvencijom.

Podjela zavojnica:

- a) zavojnica bez jezgre – mali induktivitet, važne samo pri visokim frekvencijama,
- b) zavojnica sa željeznom jezgrom – za niske frekvencije (prigušnice, transformatori i sl.),
- c) zavojnica s feritnom jezgrom - upotrebljava se u širem frekvencijskom opsegu.

Razne izvedbe zavojnica i transformatora vidljive su na slici 8.



Slika 8. Različite izvedbe zavojnica

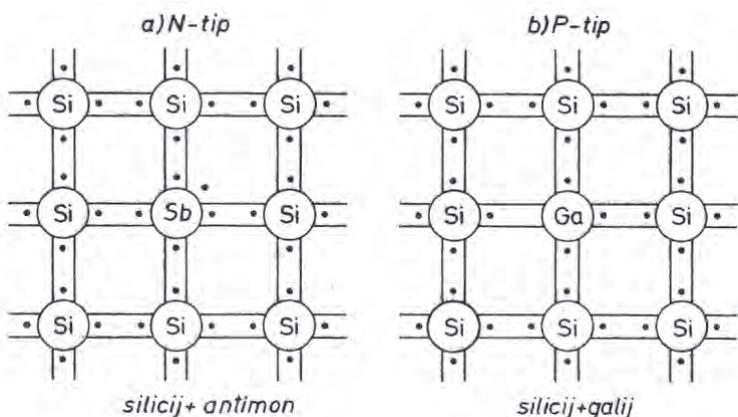
Poluvodiči

Poluvodič je materijal čije se karakteristike nalaze između vodiča i izolatora. Najznačajniji su poluvodički materijali germanij i silicij.

Dodavanjem određenih nečistoća u osnovni materijal dobivamo takozvani N-tip ili P-tip poluvodiča kristala (slika 9) gdje dalje njihovim kombinacijama dobivamo različite elektroničke komponente.

Dioda

Dioda je osnovni spoj N-tipa i P-tipa poluvodiča. Na slici 10. prikazane su neke izvedbe dioda. Elektrode dioda zovu se anoda (A) i katoda (K). Ovakav spoj propušta struju samo u jednom smjeru. To svojstvo koristimo pri ispravljanju izmjenične struje. Karakteristika obične diode (slika 11.) pokazuje



Slika 9. Kristalne veze N-tipa i P-tipa poluvodiča

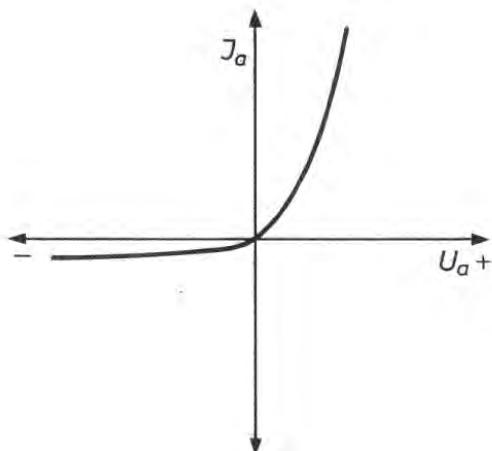


Slika 10. Različite izvedbe dioda

ovisnost struje o priključenom naponu i njegovom polaritetu. Iz te karakteristike vidljivo je da dioda propušta struju kada je anoda pozitivnija od katode.

Osnovni parametri dioda

- 1) Maksimalni reverzni napon je napon kod kojeg dioda još uvijek ne propušta struju kada joj je katoda pozitivnija od anode.
- 2) Nazivna struja je jakost struje koju dioda trajno podnosi u svom propusnom smjeru.



Slika 11. Karakteristika ispravljačke diode

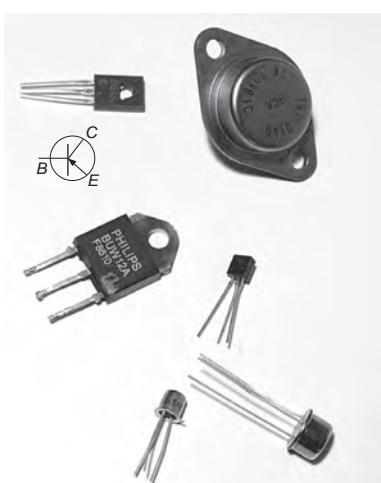
Bipolarni tranzistor

Izrađen je od triju slojeva poluvodiča. Tranzistor ima elektrode: baza (B), emiter (E), kolektor (C). Dvije moguće kombinacije bipolarnih tranzistora su: NPN i PNP. Karakteristike su im uglavnom iste, jedino su im polariteti različiti.

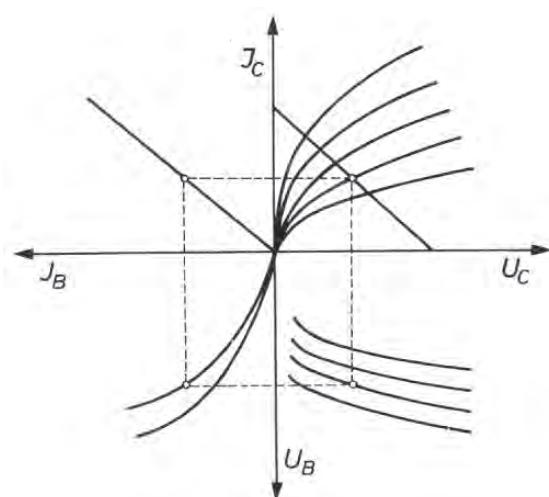
Osnovno i najvažnije svojstvo tranzistora je mogućnost pojačanja signala, a manifestira se tako da male promjene struje baze izazivaju velike promjene struje kolektora.

Na slici 12. prikazane su neke izvedbe tranzistora.

Na slici 13. nalazi se uobičajeni grafički prikaz osnovnih karakteristika bipolarnih tranzistora.

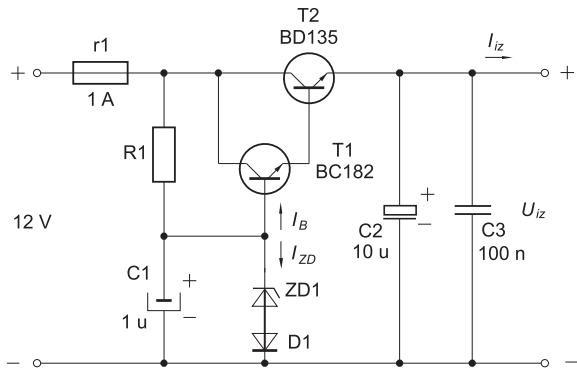


Slika 12. Različite izvedbe tranzistora

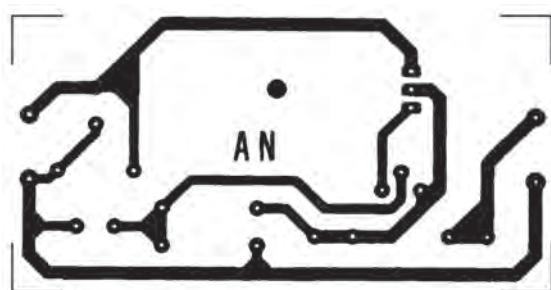


Slika 13. Karakteristika tranzistora

ADAPTER NAPONA 12 V / Ux

ADAPTER NAPONA 12 V / U_x

Slika 1. Električna shema



Slika 2. Nacrt tiskane pločice u mjerilu 1 : 1

Problem...

Napajanje uređaja koji rade s naponima od 1,5 V do 9 V iz standardizirane automobilske instalacije od 12 V. Primjerice u automobilu koristimo: autoradio s CD i MP3 plejerom, džepni radioaparat i sl. Najčešće upotrebljavani $U_{izl} = 1,5$ V i 3 V.

Način rješavanja...

Upotrijebite serijski stabilizator napona sa stupnjevitom promjenjivim naponskim izlazom.

Rješenje...

Opis rada sklopa:

Namjena adaptera je da napon akumulatora od 12 V smanji na potreban iznos za napajanje konkretnog električnog uređaja npr: radioprijamnika, mobitela, CD-a i sl. Izlazni napon, ovisno o vrijednostima komponenata, može biti od 1,5 do 9 V. Shema sklopa prikazana je na slici 1. Radi se o serijskom stabilizatoru napona. Otpornik R₁ je predotpor kroz kojeg teče struja zener diode ZD1 i bazna struja tranzistora T1. Zener dioda ZD1 je element za stvaranje referentnog napona za stabiliziranje željenog izlaznog napona U_{izl} . Tranzistori T1 i T2 su spojeni u Darlingtonov spoj kako bi taj serijski regulator imao što veće strujno pojačanje. Na tranzistoru T2 troši se razlika između akumulatora od 12 V i iznosa izlaznog napona. Za različite izlazne napone sklopa mijenjaju se jedino vrijednosti otpornika R₁ i zener diode ZD1.

Izrazi za izračunavanje tih elemenata su sljedeći:

$$U_{ZD} = U_{izl} + 0,6 \text{ (V)}$$

$$R_1 = (12 - 0,6) - U_{ZD} / I_B + I_{ZD}$$

$$I_B = I_{izl\ max} / \beta_1 \cdot \beta_2$$

Oznake u formulama imaju sljedeća značenja :

U_{izl} – željeni izlazni napon (V)

$I_{izl\ max}$ – maksimalna izlazna struja (A)

U_{ZD} – nazivni napon zener diode (V)

I_B – struja baze T1 (A)

I_{ZD} – struja kroz zener diodu (A).

ADAPTER NAPONA 12 V / U_x

Nazivni napon zener diode definiran je kod određene struje kroz nju. Za diode manje snage, primjerice serija BZX, ta je struja 5 mA.

β_1 i β_2 je minimalna vrijednost faktora istosmjernog strujnog pojačanja tranzistora T1 i T2 pri maksimalnoj struci I_{izl} . Primjerice za $U_{izl} = 7,5$ V i $I_{izl\ max} = 1$ A je $U_{ZD} = 7,5$ V + 1,2 V = 8,7 V. Budući da se zener diode izrađuju sa standiziranim nazivnim naponima, treba odabrati prvu standardnu vrijednost – u ovom slučaju 9,1 V.

$I_B = 1$ A / (100 · 40) = 0,25 mA (za tranzistore T1 i T2 minimalni iznosi faktora strujnog pojačanja su $\beta_1 = 100$ i $\beta_2 = 40$), $I_{ZD} = 5$ mA, $R_1 = (12 - 9,1)$ V / (0,25 + 5) mA = 0,55 kΩ (odabrati najbližu standardnu vrijednost prema Renardovu nizu: 560 Ω).

U Tablici 1. navedene su vrijednosti elemenata za slučajeve U_{izl} od 1,5 V do 9 V.

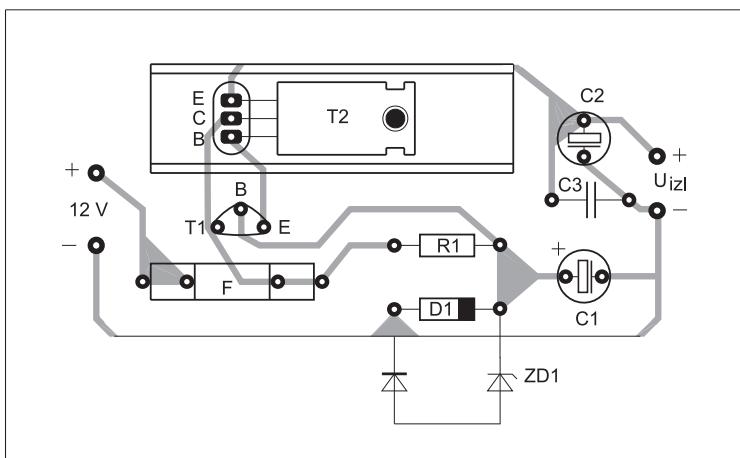
Element \ U_{izl}	1,5 V	3 V	4,5 V	6 V	7,5 V	9 V
ZD1	BZX 2,2	BZX 3,6	BZX 5,2	BZX 6,8	BZX 8,2	BZX 9,6
R1	1,8 kΩ	1,5 kΩ	1,2 kΩ	820 Ω	560 Ω	330 Ω

Tablica 1.

Izrada:

Sklop je vrlo jednostavno izraditi. Može se sastaviti na eksperimentalnoj pločici, a oni koji imaju više vremena mogu napraviti tiskanu pločicu prema shemi na stranici s tiskanim pločicama.

Montažni nacrt prikazan je na Slici 3.



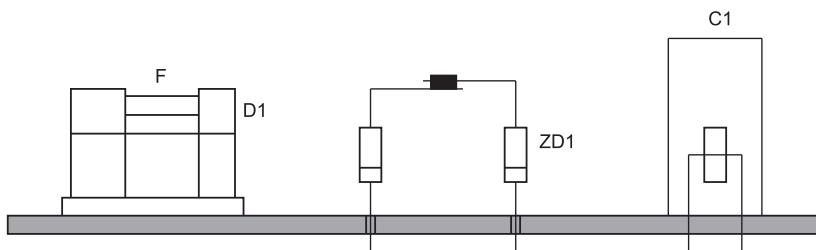
Slika 3. Montažna shema

U slučaju da je zahtijevana izlazna struja oko 1 A, tranzistor T2 treba pričvrstiti na odgovarajuće hladilo. Dovoljan je aluminijski U-profil 15×15×40 mm.

Na originalnu shemu uređaja dodana je dioda D1 koja je antiserijski spojena sa zener diodom ZD1. Dodatak diode D1 je izuzetno važan jer je u praksi primijećeno često pregaranje električnih elemenata ukoliko bi se ulazni napon od 12 V spojio pogrešnim polaritetom. Tada bi redovito pregorjela ZD1 i barem jedan od tranzistora. Ugradnjom diode D1 izbjegnuto je bilo kakvo pregaranje. Indikacija krivog polariteta na ulazu vidljiva je po tome što na izlazu tada nema napona.

Za ugradnju D1 nije mijenjana pločica već su D1 i ZD1 spojene antiserijski s po jednim izvodom u zraku (vidi Sliku 4.).

ADAPTER NAPONA 12 V / Ux



Slika 4. Montažna shema

Popis dijelova

- R1 – vidi tablicu 1
- C1 – 1 μ F/12 V
- C2 – 10 μ F/12 V
- C3 – 100 nF/kerko*
- ZD1 – vidi tablicu 1
- D1 – 1N 4001
- T1 – BC 182B
- T2 – BD 135
- F1 – osigurač 1 A
- hladilo – vidi u tekstu

* kerko – trgovачki naziv za kondenzatore u keramičkom kućištu

POSTUPAK PROVJERE SKLOPA NAKON ZAVRŠETKA IZRADE

PROVJERA PRIJE UKLJUČENJA SKLOPA

1. Provjera kvalitete lemljenja

- ➲ Ukloniti nepotrebne veze koje mogu nastati zbog nekontroliranog razljevanja legure.
- ➲ Vizualno utvrditi da nema nezalemljenih ili slabo zalemjenih mesta.
- ➲ Provjeriti mesta potencijalno hladnih spojeva (deblji i debeli izvodi).

2. Provjera pozicije komponenata

- ➲ Jesu li ugrađene sve komponente?
- ➲ Jesu li sve komponente ugrađene na prava mesta?
- ➲ Jesu li polarizirane komponente (elektrolitski kondenzatori) pravilno orijentirane?
- ➲ Jesu li ugrađeni svi kratkospojnici?
- ➲ Jesu li sve nelinearne komponente pravilno orijentirane (diode, tranzistori)?

PROVJERA NAKON UKLJUČENJA SKLOPA

3. Provjera istosmjernog napona i struje sklopa

- ➲ Provjera istosmjernih napona napajanja izvora.
- ➲ Provjera istosmjerne struje izvora.
- ➲ Provjera istosmjernog napona na mjernim točkama.

Bilješke:

1.

VJEŽBA

ELEKTRONIKA

ADAPTER NAPONA 12 V / U_x

A large grid of squares, approximately 20 columns by 30 rows, designed for drawing or writing. It occupies most of the page area below the title.