

Pojačalo snage sa samopodešavanjem radnih točaka

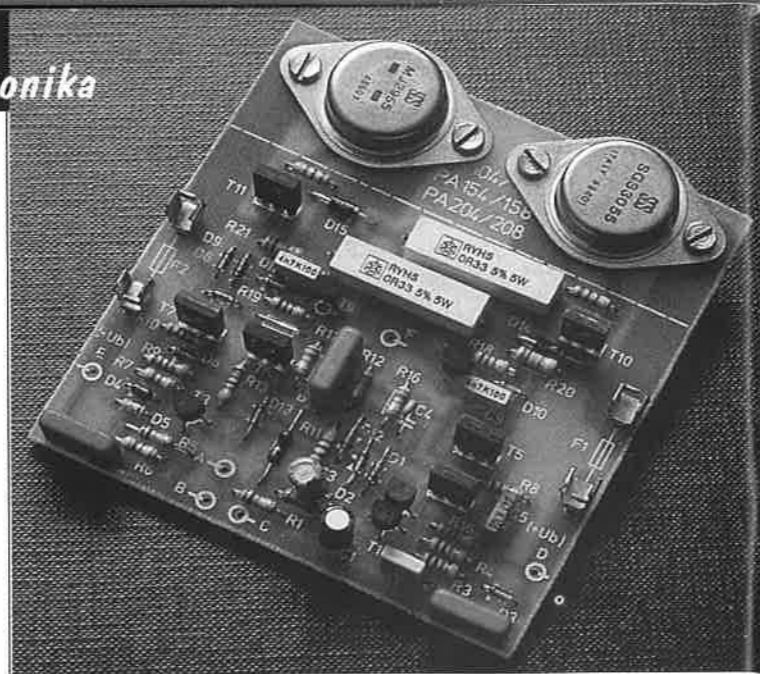
ZA MANJE PROSTORE

Pojačala snage su složeni elektonički sklopovi gdje je složenost, broj i cijena elektoničkih komponenti na neki način i mjerilo konačne kvalitete reprodukcije pojačala. U Hi-fi tehnici redovito pokušavamo izvesti što kvalitetniju izvedbu pojačala i vrlo rijetko se pribjegava nekim posebnim podešavanjima između cijene elektoničkih komponenti s jedne strane i rezultirajuće kvalitete reprodukcije s druge.

Meditim, ponekad se ukazuje potreba za jednostavnim, pouzdanim sklopovima pojačala snage gdje kvaliteta reprodukcije nije toliko značajna. Takva pojačala mogu imati uži prijenosni frekvencijski opseg i malo veća nelinearna izobličenja, ali to zahtijeva što manje elektoničkih komponenti i izvedbu koja ne zahtijeva neka posebna podešavanja radnih točaka struja i napona u sklopu.

Tijekom razvoja tonfrekvencijskih pojačala zapaženo je nekoliko

izvedbi koje otprilike odgovaraju onomu o čemu smo upravo pisali. Edwinovo pojačalo malo starije konstrukcije relativno je jednostavno, izvedeno tako da za tonske signale male amplitude zvučnike pobuđuju pobudni tranzistori niže opteretivosti koji inače u klasičnim pojačalima pobuđuju isključivo izlazne tranzistore. Vrlo veliko zagrijavanje spomenutih pobudnih tranzistora te relativno nestabilan rad takvih pojačala spriječio je njihovu širu primjenu. Mnogo složenije i suvremenije *Quadovo*



pojačalo temelji se na sasvim drukčijem principu rada no niti ono ne zahtijeva podešavanje mirne kolektorske struje izlaznih tranzistora jer rade u čistoj B-klasi. Premda su prijenosne karakteristike ovakva pojačala vrlo kvalitetne, ono za samograditelje nije bilo od značajnijeg interesa jer se ugađanje posebnog LC-mosta moglo izvesti samo pomoću, većini graditelja nedostupnih, elektoničkih mjernih instrumenata. Konačno, najnovija pojačala s VMOS izlaznim tranzistorima mogla su se relativno vrlo

jednostavno izvesti kao vrlo kvalitetna pojačala u AB-klasi gdje nije bilo potrebno naknadno podešavati radne točke. O takvim smo pojačalima već pisali no žao nam je što se u posljednje vrijeme takvi tranzistori vrlo teško mogu naći čak i na inozemnom tržištu, a usto su i vrlo skupi.

Zato smo izabrali sklop pojačala snage sa samopodešavanjem svih radnih točaka, gdje izlazni tranzistori rade u B-klasi s određenim prednaponom prijelaza baza-emiter izlaznih tranzistora. Sklop je tako izveden da se uspijevaju umanjiti tzv. B-izobličenja na najmanju moguću mjeru, a da ipak ne može doći do nekontroliranog toplinskog porasta mirne kolektorske struje. Premda relativno jednostavan, sklop ima ugrađene zaštite ulaznog i izlaznog dijela pojačala i vrlo je postojan na sve vrste induktivnih i kapacitivnih opterećenja što može biti vrlo značajno u nekim posebnim pogonskim uvjetima. Električna shema takva pojačala snage prikazana je na slici 1.

Pojačalo je izvedeno kao diferencijalno protutaktno pojačalo gdje na diferencijalni ulaz (tranzistori T_1 i T_2) s jedne strane preko otpornika R_1 dolazi ulazni signal, a s druge strane preko otpornika R_2 signal negativne reakcije. Pojačani tonski signal pojavljuje se na ulazu drugog diferencijalnog pojačala (tranzistori T_4 i T_5) gdje se pojačava i vodi na baze pobudnih tranzistora (tranzistori T_1 i T_2) te dalje na baze izlaznih tranzistora (tranzistori T_{12} i T_{13}). Sklop je izveden tako da izvor konstantne struje (tranzistor T_3 s pratećim komponentama) automatski postavlja radne točke u svim dijelovima sklopa. Prednapon U_{be} izlaznih tranzistora određen je u tom smislu brojem dioda (D_7, D_8, D_9) i veličinom otpora R_{14} . Praksa je

pokazala da je optimalno ugraditi sve tri diode, a otpor odnosno mjesto ugradnje otpornika R_{14} premostiti, odnosno kratko spojiti. Ako želite još više umanjiti B-izobličenja, možete ugraditi otpor R_{14} takve nazivne vrijednosti koja će omogućiti postavljanje radne točke izlaznih tranzistora neposredno pred prag vođenja. Nazivnu vrijednost otpora R_{14} treba odrediti eksperimentalno za svako izrađeno pojačalo posebno.

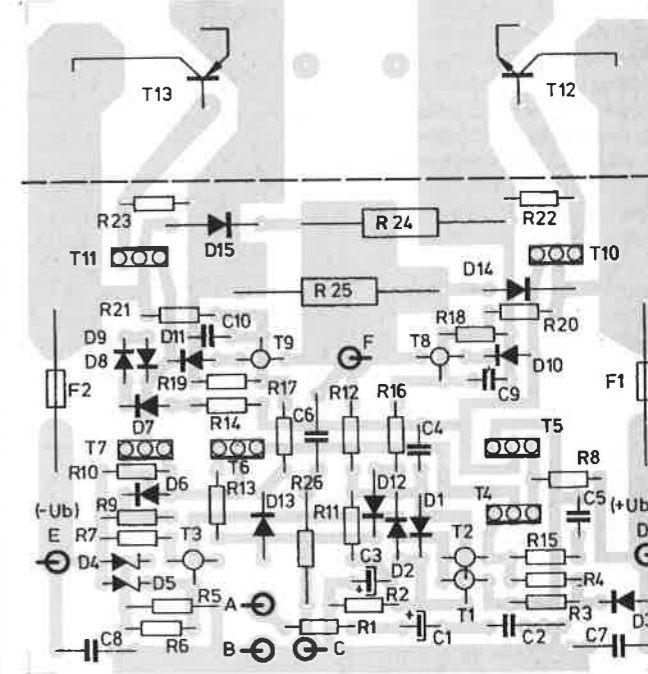
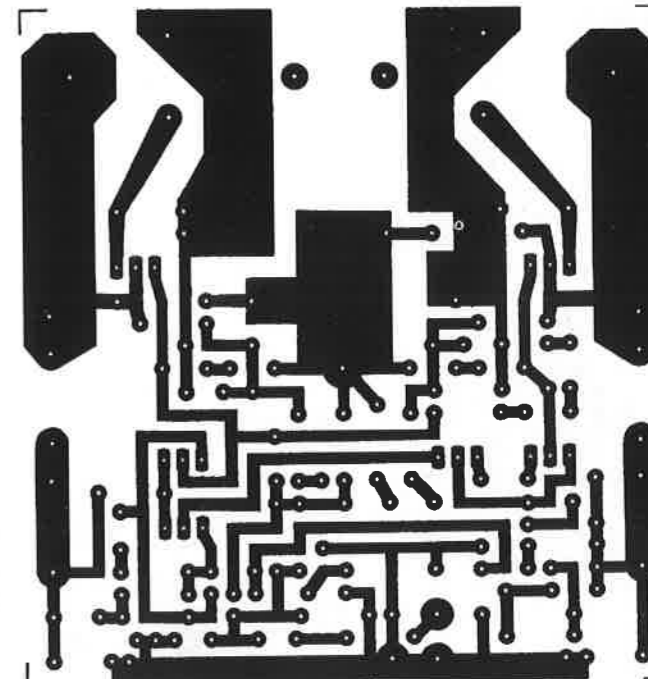
Sklop pojačala raspolaže nizom ugrađenih zaštita. Spomenimo zaštitu ulaznog diferencijalnog pojačala (D_1 i D_2), zaštitu od preopterećenja i kratkog spoja (tranzistori T_8 i T_9 s pratećim elektoničkim komponentama) te induktivnu zaštitu (dioda D_{14} i D_{15}). U slučaju dugotrajnijeg kratkog spoja, preopterećenja ili ako se javi kvar u pojačalu predviđeni su rastalni osigurači (F_1 i F_2). Izbacivanjem

jednoga ili po potrebi oba osigurača odijelit će se izlazni dio pojačala od napajanja i tako će se sačuvati i pojačalo i zvučnik od dodatnog oštećenja. Posebnom izvedbom sklopa postignuta je velika stabilnost rada pojačala i u slučaju priključka većih induktivnih ili kapacitivnih opterećenja.

Nominalna snaga pojačala iznosi 60W uz pobudu kontinuiranim sinusoidnim pobudnim tonskim signalom. Muzička snaga je malo veća i iznosi otprilike 100 W. Harmoničko izobličenje pri punoj snazi manje je od 0,1 posto kod frekvencije tonskog signala $f=1\text{kHz}$, odnos signal/šum bolji je od 100 dB, a frekvencijska linearnost pojačala bolja je od $\pm 1\text{dB}$ (20 Hz do 20 kHz). Pojačalo se može prilagoditi za opterećenje (impedanciju zvučnika) od $R_L = 4\text{ oma}$ ili $R_L = 8\text{ oma}$. Ovisno o izabranom opterećenju odredit će se potrebne nazivne vrijednosti

Tablica:

R_1	4 oma	8 oma
$\pm U_b$	$\pm 30\text{V}$	$\pm 40\text{V}$
I_{pr}	1,7 A	1,2 A
U_{be}	100 VA	100 VA
R_{th}	2x22 V	2x29 V
R_{th}	1,5 °C/W	1,5 °C/W
$R_1 = R_2 =$	15 kom	15 kom
$R_3 = R_4 =$	15 kom	18 kom
$R_5 = R_7 =$	1,5 kom	1,5 kom
$R_6 = R_{10} =$	10 koma	15 koma
$R_8 =$	4,7 koma	4,7 koma
$R_9 = R_{11} =$	68 oma	68 oma
$R_{12} =$	150 oma	150 oma
$R_{13} = R_{15} =$	470 oma	470 oma
$R_{16} = R_{17} =$	15 koma	18 koma
$R_{18} = R_{19} =$	150 oma	150 oma
$R_{20} = R_{21} =$	15 koma	18 koma
$R_{22} = R_{23} =$	680 oma	680 oma
$R_{24} = R_{25} =$	180 koma	270 koma
$C_1 = C_2 =$	470 oma	470 oma
$C_3 =$	0,22 oma/2W	0,33 oma/2W
$C_4 =$	10 oma/0,6 W	10 oma/0,6 W
$C_5 =$	2,2 $\mu\text{F}/25\text{V}$	2,2 $\mu\text{F}/25\text{V}$
$C_6 =$	220 pF	220 pF
$C_7 =$	100 $\mu\text{F}/25\text{V}$	100 $\mu\text{F}/25\text{V}$
$C_8 =$	100 pF	100 pF
$C_9 =$	22 nF	22 nF
$C_{10} =$	33 nF/100V	33 nF/100V
$C_{11} = C_{12} =$	33 nF/100V	33 nF/100V
$C_{13} = C_{14} =$	4,7 nF	4,7 nF
$D_1 = D_2 = D_3 = D_6 =$	1N 4148	1N 4148
$D_4 = D_5 = D_8 = D_9 =$	1N 4148	1N 4148
$D_{10} =$	ZPD 10	ZPD 10
$D_{11} =$	ZPD 4,7	ZPD 4,7
$D_{12} = D_{13} =$	1N 4148	1N 4148
$D_{14} = D_{15} =$	1N 4004	1N 4004
$T_1 = T_2 = T_3 = T_{11} =$	BC 546 B	BC 546 B
$T_4 = T_5 = T_6 = T_{12} =$	BD 140	BD 140
$T_7 = T_{10} =$	BD 139	BD 139
$T_8 =$	BD 549 C	BD 549 C
$T_9 =$	BC 559 C	BC 559 C
$T_{13} =$	2N 3055	2N 3055
$F_1 = F_2 =$	MJ 2955 (BDX 18)	MJ 2955 (BDX 18)
	2 A	1,6 A



SLIKA 2: Nacrt tiskane pločice i nacrt rasporeda elemenata

svih elektoničkih komponenti te električne veličine mjerodavne za gradnju odgovarajućeg ispravljača. Sve potrebne podatke za gradnju takvih pojačala možete naći u posebnoj tablici. Ukoliko nije drukčije naznačeno, nazivna opterećenja svih otpornika su 0,25W uz napomenu da preporučujemo ugradnju kvalitetnijih metalfilm otpornika i kvalitetnijih bipolarnih elektoničkih komponentama. Nazivi električnih veličina odnose se na nazivno opterećenje (R_L), istosmjerni napon napajanja pojačala ($\pm U_b$), nazivnu snagu mrežnog tran-

sformatora za jedna modul (P_r), napon sekundarnog namotaja sa srednjim izvedom u praznom hodu (U_s), potrošnju istosmjerne struje (I_s) i toplinski otpor rashladnog tijela (R_{th}). Nacrt tiskane pločice i nacrt rasporeda elemenata takva pojačala prikazani su na slici 2. Izvedbom tiskane pločice predviđeno je da se izlazni tranzistori preko odgovarajućih izolatora ugrade na nosač od kutnog aluminijskog profila i da se kroz njega na odgovarajući način spoje sa samim modulom pojačala. Aluminijski profil nosi dakle i izlazne tranzistore i tiskanu pločicu s jedne strane dok je s druge učvršćen na

ZA MANJE PROSTORE

➤ rashladno tijelo odgovarajućeg toplinskog otpora. Preporučljivo je pri gradnji pojačala pustiti u rad najprije sam modul bez izlaznih tranzistora, a tek nakon toga uz provjeru ispravnosti modula ugraditi i izlazne tranzistore te ponoviti postupak.

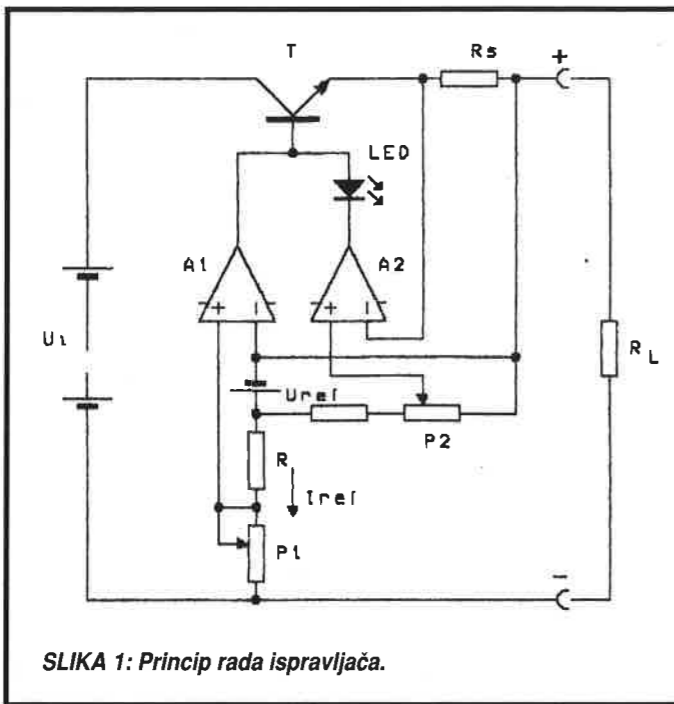
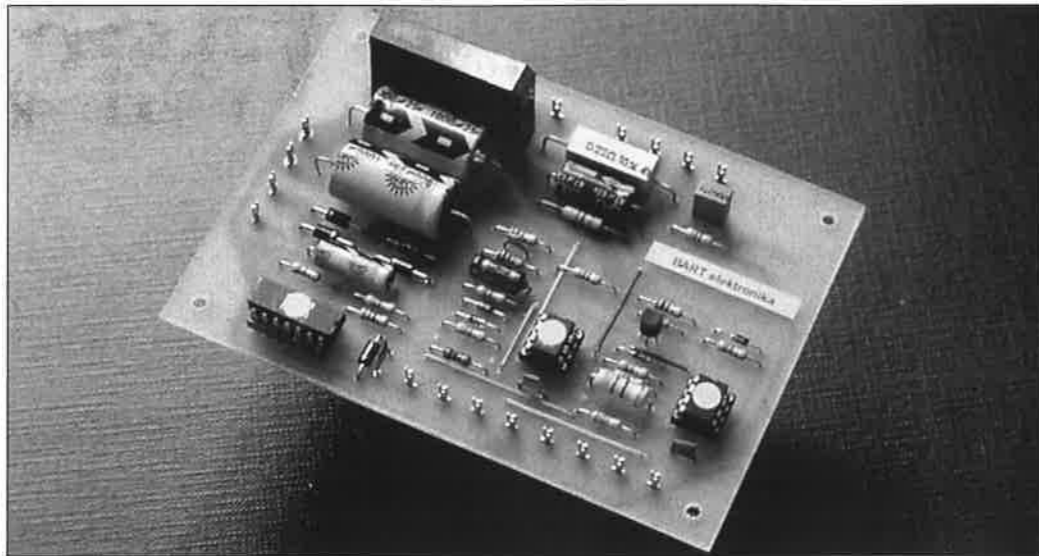
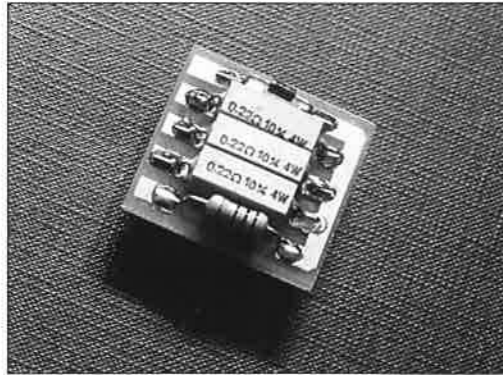
Karakteristike takva pojačala udovoljit će zahtjevima ozvučavanja manjih prostora gdje se ne traži veća kvaliteta reprodukcije. Jednostavnost i pouzdanost učinit će ovo pojačalo posebno zanimljivim svugdje gdje je pojačalo izvrgnuto dugotrajnom radu i pojavi mogućih preopterećenja. Karakteristike osjetljivosti i ulazne impedancije čine ga lako prilagodljivim za potrebe priključka na svako pret-pojačalo. Ulaznu se osjetljivost smije u izvjesnim granicama povećati smanjenjem nazivne vrijednosti otpornika R_{11} , ili je umanjiti povećanjem nazivne vrijednosti otpornika R_1 . Nominalna ulazna osjetljivost pojačala je otprilike 1 V^{eff}.

Pojačalo je predviđeno za priključak opterećenja (zvučnika) otpora, odnosno impedancije 4 ili 8 oma. Dakako, umjesto jednog zvučnika priključit će se odgovarajuća zvučnička kutija uz preduvjet da su u nju ugrađeni zvučnici odgovarajućih impedancija i prikladna zvučnička skretница o čemu smo već pisali. Govoreći o priključku zvučnika treba naglasiti da, bez obzira na visoku postojanost pojačala na priključak kapacitivnih opterećenja, nije preporučljivo izravno priključiti tzv. piezzo zvučnike. Priključite ih preko otpornika malo veće opteretivosti (kojih 5 do 10 W) i odgovarajućeg nazivnog otpora (kojih 10 do 100 oma) što ovisi o karakteristikama samog piezzo-zvučnika.

Na kraju, valja reći da za potrebe stereoozvučenja treba izraditi dva potpuno jednaka pojačala. Dakako, u tom slučaju treba predvidjeti i dvostruko jači ispravljač.

Nadamo se da smo opisom ovakvog pojačala pobudili vaše zanimanje pa svima koji žele izraditi ovakvo pojačalo želimo puno uspjeha u samograditeljskom radu. Sve to, dakako, uz obećanje da ćemo u slučaju većeg zanimanja za ovakve izvedbe pojačala prikazati i pojačalo jednake izvedbe ali znatno veće izlazne snage.

Pripremio
mr. Dubravko Miklin, dipl. inž.
Laboratorij za elektroakustičke uređaje, Zagreb



SLIKA 1: Princip rada ispravljača.

Za amatere i profesionalce

STABILIZIRANI IZVOR NAPAJANJA

Elektronički izvor napajanja je uređaj kojem je mjesto na svakom elektroničarskom radnom stolu, a omogućuje ekonomično napajanje elektroničkih sklopova i uređaja. Doduše mogu se koristiti i drugi, već odavno poznati izvori, no obično su skupi, a mogućnosti su im ograničene.

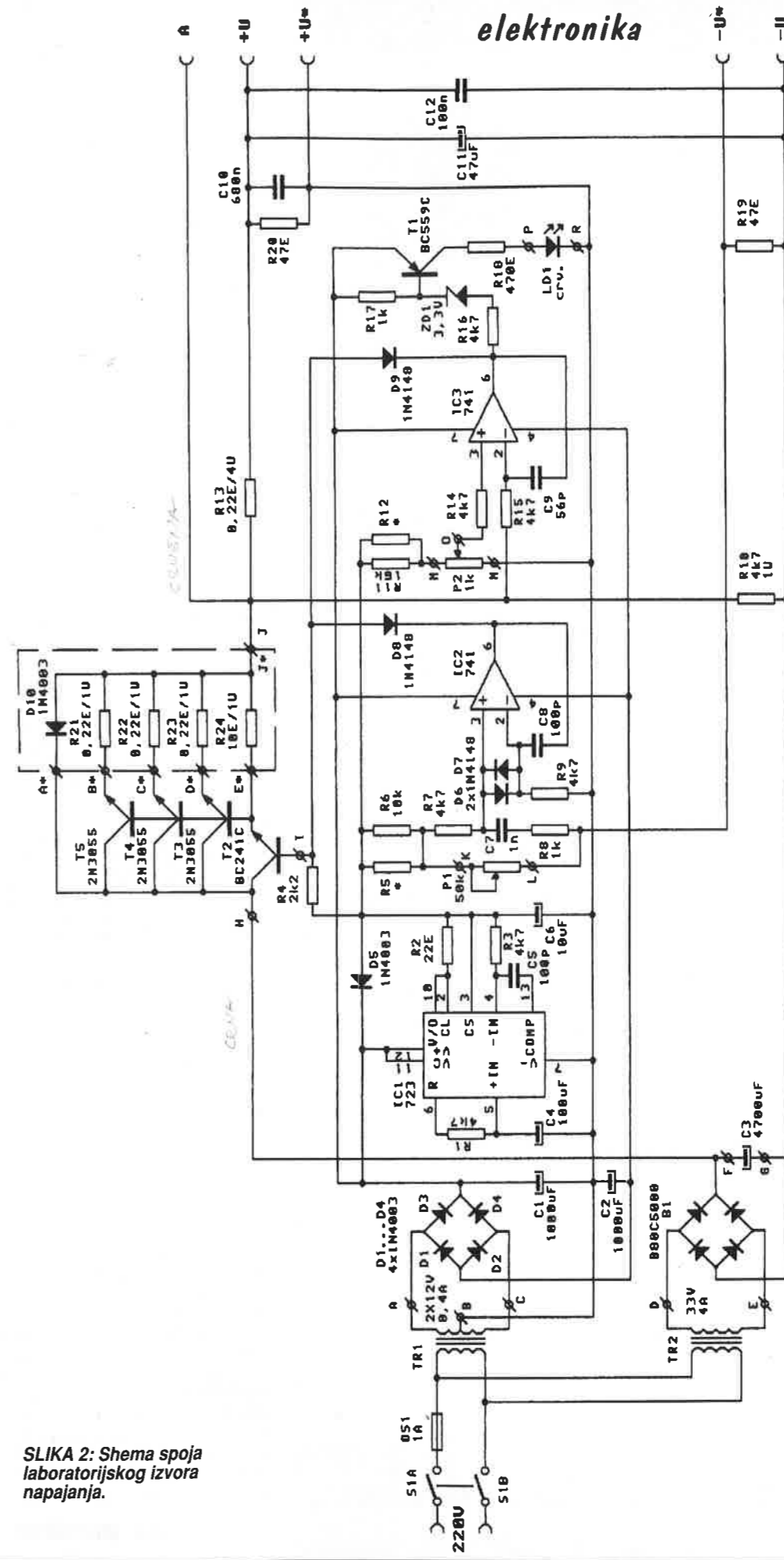
Izvor napajanja koji vam prikazujemo pripada grupi laboratorijskih izvora koji će zadovoljiti prohtjeve gotovo svih amatera i profesionalaca. Izlazni napon ispravljača može se podešavati od 0 do 35 V, a struja od 0 do 3A. Napravite li dva istovjetna sklopa, pogodnim spajanjem izlaznih priključnica možete dobiti napon od:

- 70 V pri struji od 3 A
- 35 V pri struji od 6 A ili
- ± 35 V pri struji od 3 A.

Indikacija napona i struje načinjena je pomoću jednog ili po želji dvaju digitalnih LCD pokazivača. Ovaj način pokazivanja odabran je zbog jednostavnosti izrade, male potrošnje i lakog očitavanja.

PRINCIP REGULACIJE

Napon se može regulirati na dva načina, serijskim ili paralelnim regulatorom. Kod serijskog je regulatora regulacijski tranzistor (tran-



SLIKA 2: Shema spoja laboratorijskog izvora napajanja.

zistor snage) spojen u seriju, a kod paralelnog stabilizatora paralelno s trošilom. U praksi se najčešće primjenjuje serijska regulacija jer ima bolju iskoristivost i pouzdanija je u radu. I u opisanom ispravljaču primjenjuje se također serijska regulacija, ali je upravljanje regulacijskim tranzistorom izvedeno na način koji se u praksi rijetko susreće.

Princip rada ispravljača prikazan je na slici 1. Struja i napon reguliraju se pomoću dvaju operacijskih pojačala A1 i A2. Invertirajući ulaz operacijskog pojačala A1 spojen je jednim krajem s izlazom iz ispravljača a drugim s izvorom referentnog napona U_{ref} . U seriju s ovim izvorom priključen je visokoomski otpornik R. Stavljanjem ovog visokoomskog otpornika postiže se vrlo velik ulazni otpor, a struja se smanjuje na zanemarivu vrijednost. Naponski izvor (U_{ref}) uzrokuje proticanje struje (I_{ref}) samo u smjeru kako je to naznačeno na shemi spoja. Ovisno o položaju klizača na potencijometru P1 nastaje veći ili manji pad napona koji se prenosi na izlaz sklopa. Istodobno, operacijsko pojačalo kompenzira nastali pad napona na opterećenom otporu, što je i najveća prednost ove vrste regulacije.

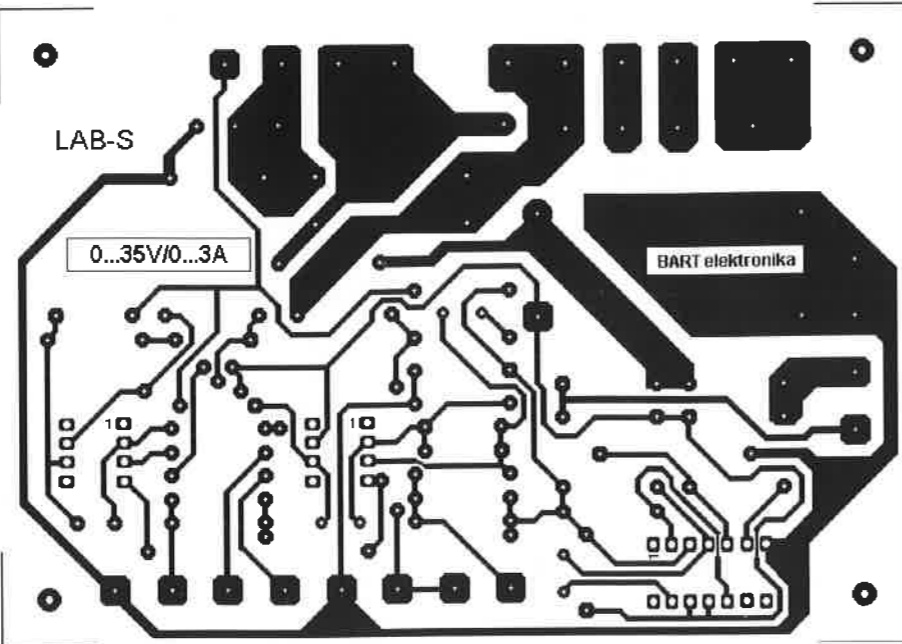
Struja se regulira drugim operacijskim pojačalom A2. Otpornik R_2 u emitterskom krugu tranzistora T čini u ovom slučaju strujno osjetilo. Pad napona na ovom otporu je proporcionalan struji koja protiče kroz njega. Operacijsko pojačalo A2 uspoređuje napon na otporniku R_2 s istosmjernim naponom koji je podešen potencijetrom P2. Ako je napon na otporniku R_2 veći od podešenog napona na potencijometru, preko operacijskog se pojačala smanjuje struja baze regulacijskog tranzistora. U trenutku preopterećenja proći će struja u izlaznom krugu operacijskog pojačala A2, a LED-dioda zasvijetli i time pokazuje da je aktivirano stanje ograničenja struje.

HEMA SPOJA

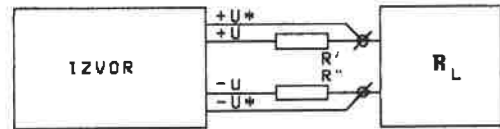
Kao što je vidljivo na shemi spoja (prikazana na slici 2) stabilizator se sastoji od dvaju izvora napajanja. Jedan od izvora daje potrebnu struju za napajanje potrošača, dok drugi slabiji izvor služi za napajanje izvora referentnog napona IC1 i operacijskih pojačala IC2 i IC3. Ovaj slabiji izvor sastoji se od transformatora s dva sekundarna namota od 12V, ispravljača u mosnom spoju koji sačinjavaju četiri diode 1N4003 (D1...D4) te kondenzatora C1 i C2. Izvor referentnog napona od 7,15 V dobiva se iz integriranog kruga 723 (IC1). Napon šuma referentnog napona blokira se kondenzatorom C4, a ovaj

STABILIZIRANI IZVOR NAPAJANJA

SLIKA 4: Izgled tiskane pločice ispravljača.



➤ kondenzator ujedno omogućuje polagani rast izlaznog napona (soft start) pri uključenju uređaja. Kako je izlaz operacijskog pojačala IC1 spojen s otpornicima R5/R6 te otpornicima R11/R12 na ovim otpornicima također će biti napon od 7,15 V. Otpornici R5/R6 odgovaraju otporniku R u već prije objašnjenjima blok-shemi. Spojna točka R5/R6/P1 povezana je otpornikom R7 s neinvertirajućim ulazom operacijskog pojačala IC2 (A1 u blok shemi). Drugi kraj

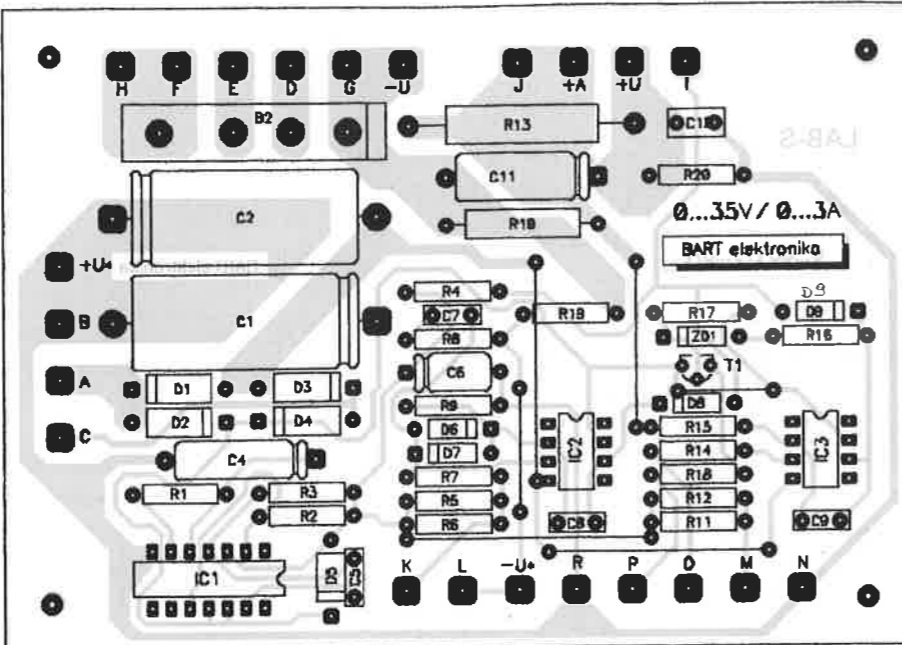


SLIKA 3: Način priključivanja potrošača na ispravljač pri automatskoj kompenzaciji pada napona.

potencijometra P1 spojen je s minus izlaznom priključnicom preko otpornika R19. Elementi R7, D6 i D7 osiguravaju ulaz operacijskog pojačala od previsokog napona koje se može pojaviti na izlazu ispravljača kad se on isključi npr., ako je na izlaz priključen akumulator ili kondenzator većeg kapaciteta.

Izvor referentnog napona daje i struju za pobudu regulacijskog stupnja (tranzistor T2). Baza ovog tranzistora spojena je otpornikom R4 na izlaz operacijskog pojačala (IC1) na kojem vlada napon od 7,15 V. Promjenom otpora potencijometra P1 mijenja se i napon na izlazu operacijskog pojačala IC2, a time se u većoj ili manjoj mjeri umanjuje struja baze regulacijskog tranzistora T2. Tranzistor T2 pobuđuje tri paralelno spojena tranzistora snage tipa 2N3055 (T3, T4 i T5) koji mogu dati izlaznu struju od 3A. Zbog ujednačavanja struja kroz tranzistore, stavljeni su u njihove emitere otpornici otpora 0,22 oma snage 1W. Ukupna struja iz regulacijskih tranzistora vodi se na izlaznu priključnicu ispravljača preko otpornika R13 (na blok-shemi otpornik Rs). Proticanjem struje stvara se na ovom otporniku pad napona koji je proporcionalan jakosti struje kroz njega. Nastali napon uspoređuje se s naponom koji je podešen potencijometrom P2. Ovaj istosmjerni napon je vrlo stabilan budući da struja koja teče kroz otpornike R11/R12 i potencijometar P2 ovisi o naponu koji vlada između krajnjih točaka. Kako

SLIKA 5: Raspored elemenata središnje jedinice ispravljača.



je ova kombinacija otpornika i potencijometra priključena na referentni napon, struja je konstantna, a konstantan je i pad napona. Izlaz integriranog kruga (IC3) spojen je na isti način kao i izlaz integriranog kruga IC2 preko diode D9 na bazu pobudnog tranzistora T2. Prijede li pad napona na otporniku R13 napon na potencijometru P2, kroz diodu D9 proteći će struja i smanjit će se pobuda regulacijskih tranzistora, a time i struja emitera. U trenutku ograničenja struje provede tranzistor T1, a LED-dioda LD1 zasvijetli.

Diode D8 i D9 koje protječe po dio struje baze regulacijskog tranzistora T2 imaju ulogu ILS sklopa i omogućavaju regulaciju izlaznog

napona (IC2) i izlazne struje (IC3) promjenom bazne struje regulacijskog tranzistora (T2).

Stabilnost sklopa za regulaciju napona i struje osiguravaju kondenzatori C8 i C9 koji su spojeni između izlaza operacijskih pojačala i invertirajućeg ulaza. Spajanjem ovih kondenzatora otklanja se mogućnost osciliranja pojačala. Kako bi se povećala stabilnost regulacije ispravljača i pri vrlo malim teretima spojen je paralelno naponu napajanja opteretni otpor R10 kroz koji stalno protječe određena struja bez obzira o priključenom trošilu na izlazu ispravljača.

Posebna odlika ovog ispravljača su dva dodatna ulaza (+U* i -U*) pomoću kojih se automatski kom-

penziraju padovi napona koji nastaju u spojnima vodovima i na prijelaznim kontaktima. Kod standardnih ispravljača izlazne priključnice spajaju se neposredno s potrošačem pomoću dva voda. Padovi napona u vodovima i na prijelaznim kontaktima ovisi o vrsti i presjeku vodiča te od prijelaznih otpora kontakata. Pretpostavimo li da iz ispravljača teče struja od 1A, a da je prijelazni otpor kontakata i vodova 1 om, stvorit će se na njima pad napona od 1 V. To ujedno znači da nikad ne možemo sigurno znati koliki je stvarni napon na potrošaču ako ga ne izmjerimo mjernim instrumentom. Upravo zato kod laboratorijskih se ispravljača osim dviju standardnih priključnica ko-

riste još i dvije dodatne priključnice osjetila. Ove priključnice spajaju se pomoću vodova malog presjeka neposredno na potrošač kao što je to prikazano na slici 3. Pri radu ispravljača neminovno će doći do određenog pada napona na spojnima vodovima i kontaktima R' i R". Međutim, kako su priključnice osjetila spojene neposredno na potrošač, napon na potrošaču bit će jednak naponu između minusa pomoćnog ispravljača i spojne točke potencijometra P1 i otpornika R8, dakle, neposredno na sklop za regulaciju napona, te zato nastali padovi napona uopće neće utjecati na točnost podešavanja napona potrošača.

TOK IZRADE

Svi elementi ispravljača osim transformatora, regulatora, elektrolitskog kondenzatora C3 i sklopa regulacijskih tranzistora postavljaju

površinu pločice otprilike 50 posto. Osim toga kondenzatori velikog kapaciteta izrađuju se u nekoliko različitih oblika i veličina pa zato predviđeno mjesto na tiskanoj pločici ujedno i ne znači da će se kondenzator moći tu i smjestiti. Mnogo je jednostavnije smjestiti ovaj kondenzator na najpovoljnije mjesto u kutiji, a zatim ga jednostavno pomoću dva voda presjeka barem od 1 mm² povezati s priključnicama F i G.

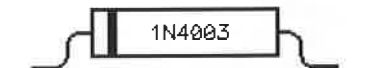
Montaža elemenata na veću tiskanu pločicu je vrlo jednostavna. Najprije treba na pločicu postaviti i zalemiti šest kratkospojnika, a nakon toga elemente kao što je prikazano na slici 5. Vrlo je važno da su svi elementi na svojim mjestima, diode i integrirani krugovi ispravno okrenuti, a izvodi dobro zalemljeni. Potencijometri za regulaciju napona i struje mogu se zalemiti neposredno na tiskanu

pločicu, ali se mogu s njom i naknadno povezati vodovima, što ovisi o tomu kako ćete tiskanu pločicu smjestiti unutar kutije uređaja.

Na manju tiskanu pločicu elemente treba postaviti i zalemiti sa strane vodova. Kako na pločici nema provrta za izvode elemenata, izvode treba formirati kako je to prikazano na slici 8. Ovakav način postavljanja elemenata odabran je kako bi se tiskana pločica, pomoću dva vijka M3 s upuštenom glavom, mogla pričvrstiti neposredno na hladnjak na kojem su pričvršćeni i izlazni tranzistori. Spojni vodovi između tiskane pločice i ostalih elemenata zalemljuju se jednim krajem neposredno na bakrenu površinu pločice, a drugim krajem s izvodima tranzistora i spojnim točkom J na većoj pločici.

Nakon montaže elemenata na obje pločice možete početi završnu izradu ispravljača. U pogodnu kutiju

razmjestite i pričvrstite sve elemente, mrežne transformatore, tiskanu pločicu i kondenzator C3. Sa stražnje vanjske strane kutije pričvrstite hladnjak s namjerno tiskanom pločicom, a na njega tranzistore snage. Zbog što boljeg hlađenja tranzistora temperaturni otpor hladnjaka ne bi trebao biti veći od otprilike 1 K/W. Tranzistori moraju biti izolirani od hladnjaka pa zato pri montaži upotrijebite izolacijske podloške i izolatore vijka, a zbog boljeg odvođenja topline i pastu koja smanjuje toplinski otpor. Sa stražnje strane kutije napravite otvore za kućište osigurača i priključnicu mreže, a na prednjoj strani otvore za osovine potencijometara, LED-diodu, izlazne priključnice te eventualno otvore za mjerne instrumente i sklopku.



SLIKA 8: Način formiranja izvoda elemenata koji se postavljaju na dodatnu pločicu.

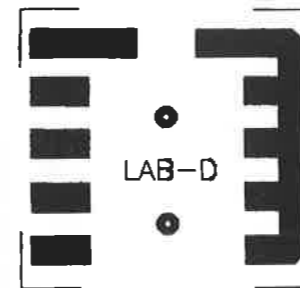
Budući da je riječ o zaista kvalitetnom uređaju treba ga svakako opremiti i potrebnim mjernim instrumentom ili instrumentima. Prijedlog je da se umjesto skupih analognih instrumenta ugrade digitalni s LCD-pokazivačem. Instrumente ne treba ugradivati odmah, ali je dobro za njih predvidjeti odgovarajuće mjesto kako bi naknadna ugradnja bila što jednostavnija. Najbolje je odmah na prednjoj ploči napraviti jedan ili više otvora veličine 47x19 mm, ovisno o broju mjernih instrumenata.

Nakon završene mehaničke obrade kutije te nakon što na nju pričvrstite sve elemente, preostaje još međusobno povezivanje elemenata. Povezivanje treba izvršiti vrlo pažljivo. Posebno je važno da se elementi kroz koje teče struja potrošača povežu žicom promjera od najmanje 1 mm.

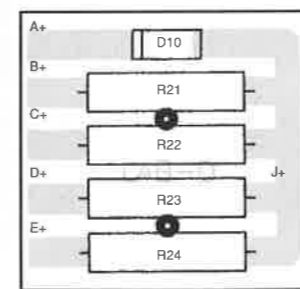
PROVJERA RADA

Ako sve izradite prema našim uputama, pri uključenju i provjeri rada ne bi smjelo biti nikakvih poteškoća. Na izlaz uređaja najprije priključite voltmetar, a potencijometrom P1 provjerite mogućnost regulacije napona. Nakon toga na izlaz treba priključiti ampermetar te provjeriti regulaciju struje potencijometrom P2. Visina izlaznog napona i jačina struje može se korigirati otpornicima R5 i R12. Njihov otpor treba odrediti eksperimentalno, najbolje uz pomoć otporne dekade.

Pripremio inž. Branko Bartolić BART elektronika



SLIKA 6: Izgled dodatne tiskane pločice koja se pričvršćuje na hladnjak.



SLIKA 7: Raspored elemenata na dodatnoj pločici.

se na tiskanu pločicu čiji je izgled prikazan na slici 4, a raspored elemenata na slici 5, dok se otpornici R21...R24 i dioda D10 postavljaju na tiskanu pločicu koja je prikazana na slici 6, a razmještaj elemenata na slici 7. Pri razradi tiskanih pločica namjerno su izrađene dvije pločice, jer se time smanjuje broj vodova između tranzistora snage i sklopa za regulaciju na samo dva deblja i jedan tanji vod. Isto tako filterski kondenzator C3 namjerno nije stavljen na tiskanu pločicu jer bi zbog svojih dimenzija povećao

POPIS MATERIJALA

B1	B80C5000		
C1, C2	1000 µF	25V	radijalni
C3	4700 µF	63V	*
C4	100 µF	16V	radijalni
C5, C8	100 pF	63V	RM 5
C6	10 µF	25V	radijalni
C7	1 nF	63V	RM 5
C9	56 pF	63V	RM5
C10	680 nF	63V	RM 5
C11	47 µF	63V	radijalni
C12	100 nF	63V	RM 5
D1, D2, D3			
D4, D5, D10	1N4003		
D6, D7, D8, D9	1N4148		
IC1	'723	DIL 14	
IC2, IC3	'741	DIL 8	
LD1	LED-dioda	crvena	
OS1	1A	5x20 mm	spori
P1	50 koma	linearni	
P2	1 kom	linearni	
R1, R3, R7, R9, R14, R15, R16	4,7 koma	0,33 W	
R2	22 oma	0,33 W	
R4	2,2 koma	0,33 W	
R5, R12	*	0,33 W	
R6	10 koma	0,33 W	
R8, R17	1 kom	0,33 W	
R10	4,7 koma	1 W	
R11	15 koma	0,33 W	
R13	0,22 oma	3 W	
R18	470 oma	1 W	
R19, R20	47 oma	0,33 W	
R21, R22, R23	0,22 oma	1 W	
R24	10 oma	1 W	
S1A/B	prekidač		dvostruki
T1	BC 559 C		
T2	BD 241 C		
T3, T4, T5	2N3055		
TR1	220 V/2x12V	400 mA	
TR2	220 V/33 V	4 A	
ZD1	BZX55C3V3	3,3V	0,5 W
Tiskana pločica	LAB-S		
Tiskana pločica	LAB-D		

*) vidi tekst