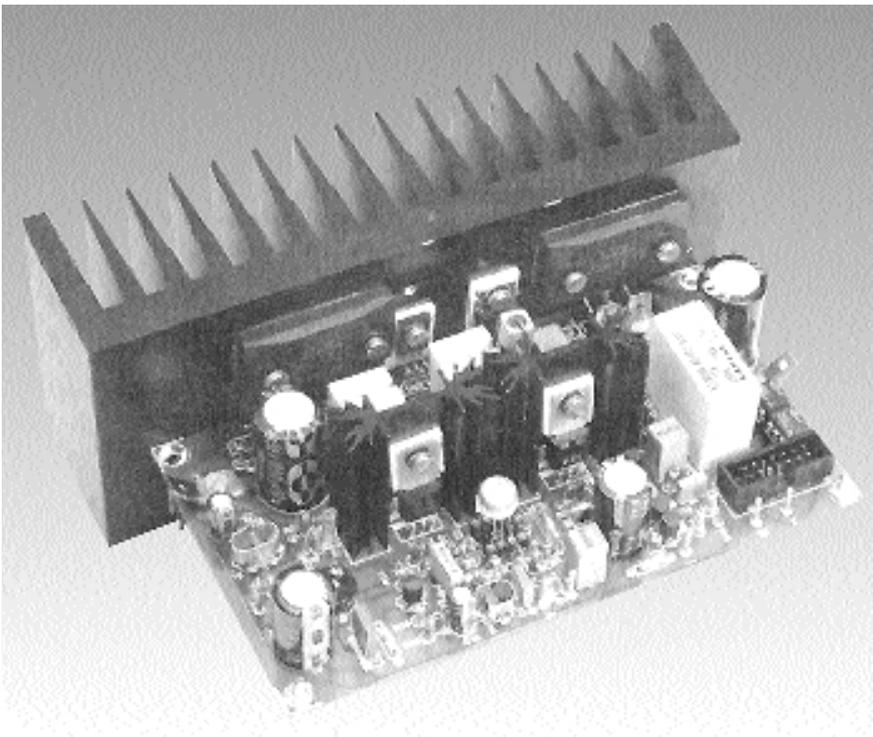


*Ugradnjom ovog pojačavača snage u automobil, dobija se koncertna sala na točkovima. Ovaj izlazni pojačavački stepen na svom izlazu daje 200 W i po kvalitetu zvuka ne zaostaje od vrhunskih proizvoda ove vrste.*

# CAR BOOSTER

*2 X 200 W u automobilu*



Pojačavača snage za auto-HiFi ima mnogo, ali od kvaliteta zavisi i cena. Ovde je predstavljan izlazni stepen koji je dovoljno jak i ima kvalitetan zvuk da zadovoljava i najviše zahteve.

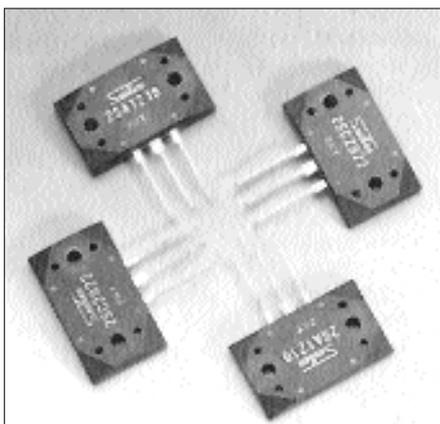
## **Snaga**

Šema stacionarnih i mobilnih pojačavača je slična, ali način obezbeđivanja napona napajanja nije. Dok se kod stacionarnih uređaja, pomoću transformatora, usmerača i filtarskog kondenzatora može dobiti skoro svaki jednosmerni napon, napon od 12 V u autu postavlja granice: maksimalna snaga pojačavača se izračunava po formuli

$P = \frac{U_{tt}^2}{8 \times R_l}$ . Pri maksimalnoj pobudi izlaznih tranzistora, od 12 V (vrh-vrh) i uobičajenoj impedansi zvučnika od 4 oma, maksimalna izlazna snaga iznosi 4,5 W. Ukoliko je akumulator dobro napunjen (13,8 V), može se ostvariti i 6 W. Ako se dva po-

## TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

Maksimalna izlazna snaga: .....200 W na 4 oma  
 Ulazna osetljivost: .....1,5 V  
 Ulazna impedansa: .....10 K  
 Propusni opseg pri maksimalnoj pobudi: .....7 Hz...165 KHz  
 Slew-rate: .....28 V/ $\mu$ s  
 THD+šum (100 W, 4 oma, čujne frekvencije): .....<0,015 %



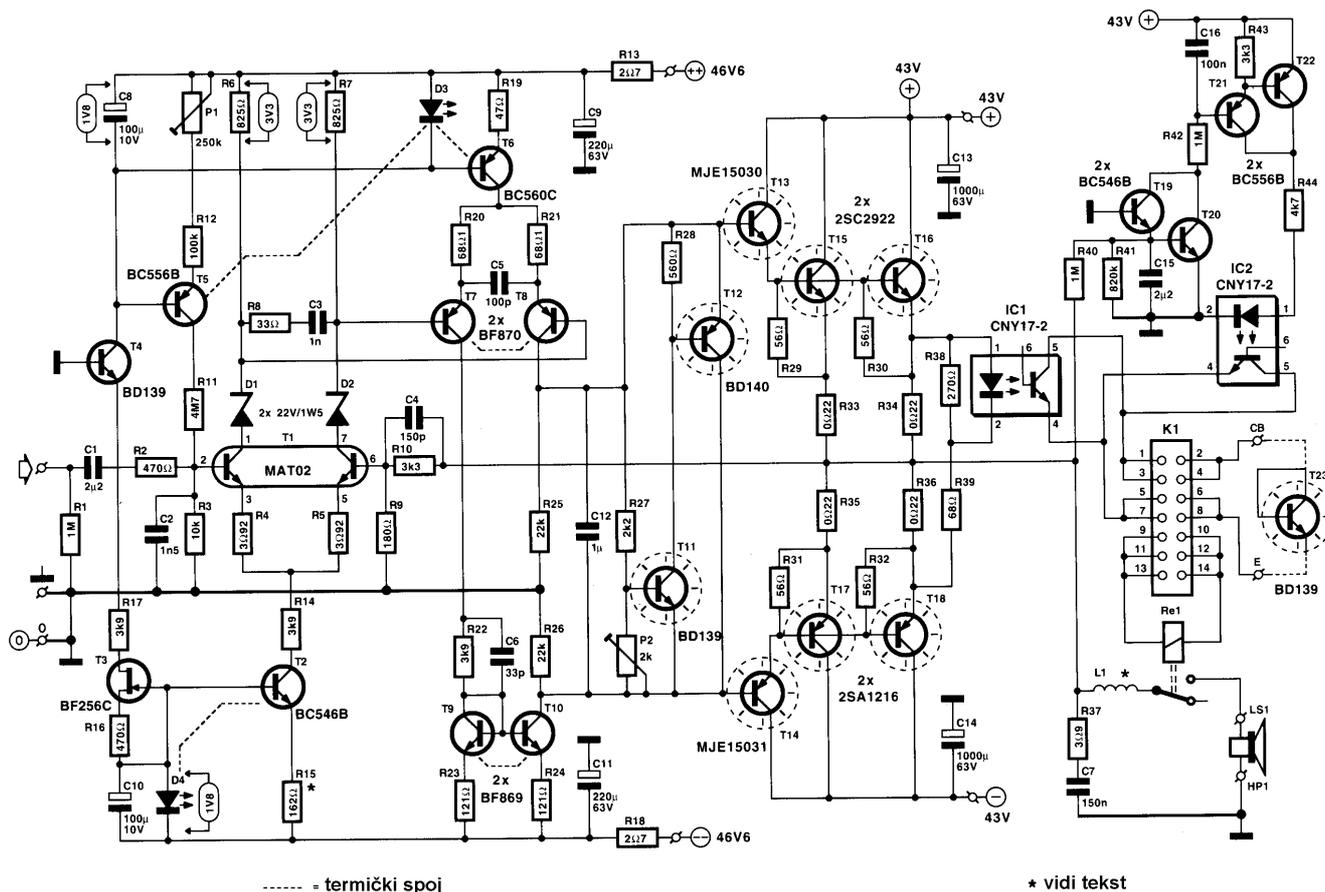
Slika 1. Četiri snažna izlazna tranzistora garantuju sigurnost i pri vrlo velikim opterećenjima.

jačavača mostno povežu, izlazna snaga se četverostruko povećava, tako da se dobija oko 32 W. Ali, to je samo teoretski maksimum, jer postoje razni gubici, a ni tranzistori se ne mogu pobuđivati naponom koji je jednak naponu napajanja. Realna snaga je oko 25 W i to ako se prihvate velika izobličenja.

Međutim, tu su našli primenu konvertori jednosmernog na-

pona, koji jednosmerni napon akumulatora od 12 V povise toliko da se može dobiti zaista visoka izlazna snaga. Zbog toga se Car Booster sastoji iz dva osnovna dela: konvertora jednosmernog napona i pojačavača. Ova kombinacija omogućuje izlaznu snagu od 200 W na 4 oma, što bez problema može da nadjača buku kamionskog motora.

Kod kućnih pojačavača snage, najveća pažnja pri proizvodnji, posvećuje se kvalitetu zvuka. Ali, kod auto-pojačavača važne su i druge stvari. Pored izvanredno visoke izlazne snage to su i sigurnost pri korišćenju, električna i termička stabilnost, kompaktnost i niskoomsko op-



Slika 2. Klasična šema auto-pojačavača: naponski pojačavač, koji se sastoji od dva diferencijalna stepena, kao i jedan super-emiterski pojačavač.

terećenje. To ne znači da se pri razvoju šeme nije obraćala pažnja na kvalitet zvuka.

Za kućni pojačavač neuobičajen je veliki broj senzora koji izlazni stepen čuvaju od prejakih izlaznih struja, od jednosmernog napona na izlazu i od prevelikih temperatura. Potrebno je prinudno hlađenje izlaznih tranzistora, zbog moguće visoke temperature okoline u automobilu.

Pri testiranju nije moguće pobuditi četiri izlazna tranzistora ako je impedansa opterećenja izuzetno mala, npr. 1 om. U radu pojačavača strujna zaštita je tako podešena, da se pri maksimalnoj pobudi i opterećenju impedansom manjom od 3 oma, izlazni stepen isključuje.

### Šema

Na slici 2, prikazana je šema pojačavača, na čijoj se desnoj

### Spisak delova:

#### Otpornici:

R1,R40,R42=1 M  
 R2,R16=470 oma  
 R3=10 K  
 R4,R5=3,92 oma/ 1 %  
 R6,R7=825 oma/ 1 %  
 R8=33 oma  
 R9=180 oma  
 R10,R43=3K3  
 R11=4M7  
 R12=100 K  
 R13,R18=2,7 oma  
 R14,R17=3K9  
 R15=162 oma (\*)  
 R19=47 oma  
 R20,R21=68,1 om/ 1 %  
 R22=3K9/ 1 W  
 R23,R24=121 om/ 1 %  
 R25,R26=22 K  
 R27=2K2  
 R28=560 oma  
 R29...R32=56 oma  
 R33...R36=0,22 oma/ 5 W (imuni na indukciju, npr. MPC-71)  
 R37=3,9 oma/ 5 W  
 R38=270 oma  
 R39=68 oma  
 R41=820 K

R44=4K7

P1=trimer-potenciometar 250 K  
 P2=višeobrtni trimer-potenciometar 2 K, vertikalno podešavanje

#### Kondenzatori:

C1,C15=2μ2 tantal  
 C2=1n5  
 C3=1 nF  
 C4=150 pF/ 160 V  
 C5=100 p/ 160 V  
 C6=33 pF/ 160 V  
 C7=150 nF/ 630 V  
 C8,C10=100 μF/10V  
 C9,C11=220 μF/ 63 V  
 C12=1μF tantal, RM5  
 C13,C14=1000μF/63 V  
 C16=100 nF

#### Poluprovodnici:

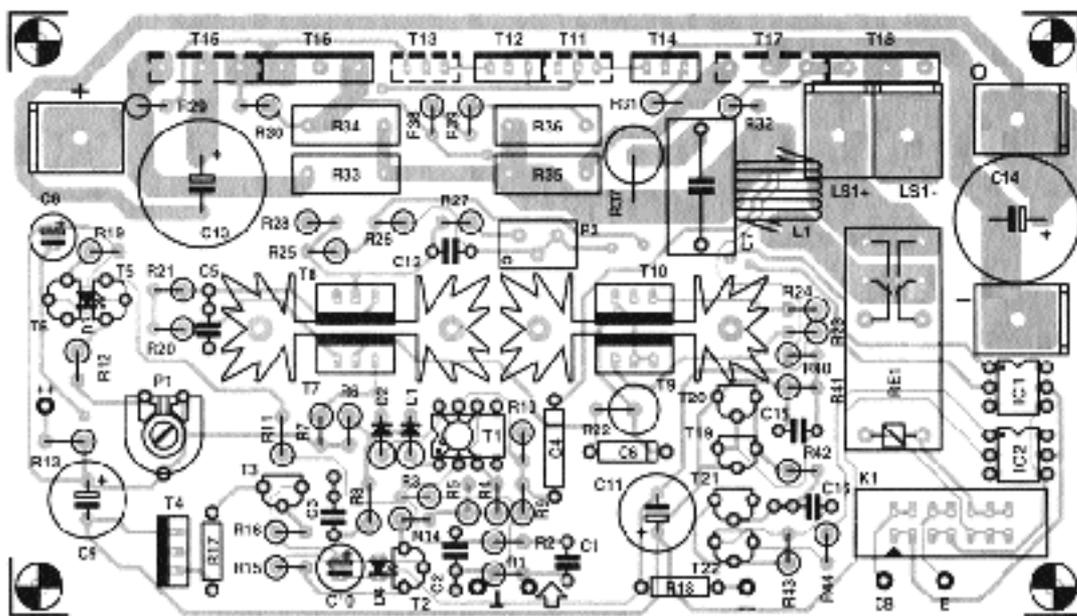
D1,D2=Z-diode 22 V/ 1W5  
 D3,D4=pravougaone LED 2,5x5 mm (Vf=1,8 V)  
 T1=MAT02  
 T2,T19,T20=BC546B  
 T3=BF256C  
 T4,T11,T23=BD139  
 T5,T21,T22=BC556B

T6=BC560C

T7,T8=BF870 (BF872)  
 T9,T10=BF869 (BF871)  
 T12=BD14  
 T13=MJE15030  
 T14=MJE15031  
 T15,T16=2SC2922  
 T17,T18=2SA1216  
 IC1,IC2=CNY17-2

#### Ostalo:

-L1=vazdušni kalem, 0,25 μH, 6 navojaka 1,5 mm CuL na 8 mm telu  
 -K1=14-polni konektor za montažu na ploču sa zaštitnom plastikom  
 -Re1=12V rele za montažu na ploču sa dva 16 Amperska prekidačka kontakta, -2 hladnjaka SK104 (38,1 mm, 11 K/W) za T7...T10 1 hladnjak SK47 (oko 0,5 K/W)  
 -1 ventilator (12 V/230 mA)



Slika 3. Dvostrana pločica, zajedno sa hladnjakom SK47, čini kompaktn pojačavač snage.

strani jasno prepoznaje pojačavač napona, a u sredini strujni pojačavač. Levo na šemi je jedan deo zaštitnog kola. Audio signal preko C1 ulazi u pojačavač. Ovaj kondenzator sprečava prolaz jednosmernog napona na ulazu. Pošto se C1 nalazi na putu signala, on treba da bude kvalitetan, tj. folijski (MKT) i nikako ne sme biti elektrolitski kondenzator. Posle njega, signal prolazi kroz niskofrekventni filter (R2 i C2), koji ograničavaju propusni opseg. Ovim filterom potiskuju se visokofrekventne smetnje koje potiču od eventualne digitalne elektronike motora. Na ulazu je diferencijalni pojačavač, koji se sastoji i od T1a/b. To je dupli tranzistor MAT02 i samim tim je postignuta maksimalna simetrija, a eventualni drift je ograničen na minimum. R8 i C3 služe za ograničenje propusnog opsega pojačavača. Povratna sprega je preko R10/C4 povezana sa bazom T1b. Zener-diode u kolektorskim vodovima štite skupi dupli tranzistor od previsokog napona između kolektora i emitera i od snage gubitaka. Za podešavanje jednosmerne struje prvog diferencijalnog stepena služi strujni izvor sa tranzistorom T2. Da

bi se postigla najveća moguća stabilnost, LED je termički spregnuta sa tranzistorom u strujnom izvoru. Ovo je već postalo standardno u savremenijim pojačavačima snage. Struja LE-diode se stabilise FET-strujnim izvorom T3. Prag napona od  $U_f = 1,8$  V je prilično kritičan pošto on ima direktan uticaj na struju kroz T1 a time i na pad napona na R6 i R7 (zadana vrednost 3,3 V). Ukoliko napon na LE-diodi odstupa, to se može kompenzovati odgovarajućom promenom R15.

FET drži konstantnom struju kroz D4 i D3. Ove LED rade kao 1,8 Voltni izvori referentnog napona, tačno za dva strujna izvora T5 i T6. T5 ima zadatak da tranzistoru T1a dozira tačno određenu Bias-struju. Pošto se struja može podesiti potencijetrom P1, eventualni izlazni ofset-napon se lako može postaviti na nulu. LED D3 je spregnuta sa T5 (isto kao i sa T6), koji je zadužen za podešavanje jednosmerne struje drugog diferencijalnog stepena T7/T8. Ovaj stepen je znatno snažniji od stepena sa T1 i ima strujni izvor u formi strujnog ogledala, tako da se narednim

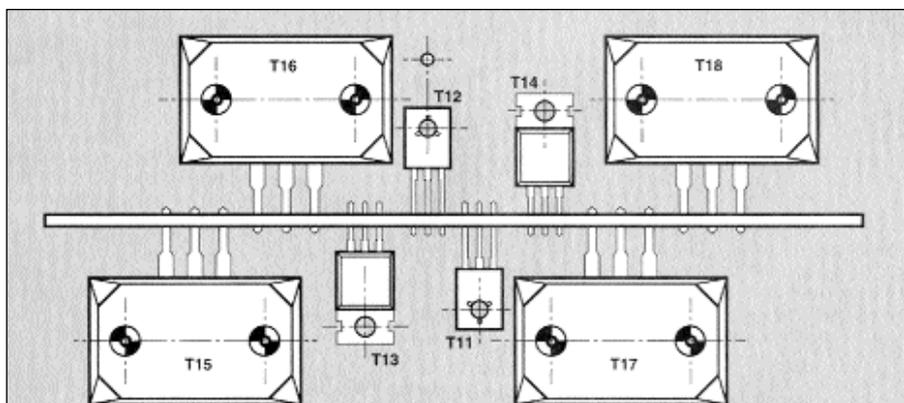
strujnim pojačavačem može upravljati simetrično. Dok je T1 podešen na struju od oko 3,5 mA, T7 i T8 rade sa 12 mA. Tranzistorski parovi T7/T8 i T9/T10 su zato montirani na male hladnjake. C5 kao R8/C3 ograničava propusni opseg diferencijalnog stepena.

Strujni pojačavač je vrlo jednostavne konstrukcije i sastoji se od dva paralelno vezana komplementarna para T15/T17 i T16/T18. Ovi tranzistori sa prstenastim emiterom su nenadmašni standard u svim High-End pojačavačima. Mogu bez ikakvih problema da daju željenu izlaznu struju. T13 i T14 pobuđuju izlazne tranzistore, dok Z-dioda (T11/T12), koja se podešava sa P2, proizvodi prednapon za pobudne tranzistore T13 i T14. Time uslovljena mirna struja kroz izlazne tranzistore iznosi 100 mA po tranzistoru, tako da izlazni stepen do 0,3 W na 4 oma radi u klasi A. Svi tranzistori koji pripadaju strujnom pojačavaču montirani su na zajednički hladnjak. Ovakvom međusobnom termičkom spregom postignuta je veoma stabilna mirna struja: što je viša temperatura, to bolje provode izlazni tranzistori, ali i manji je napon na bazama T12 i T13.

Na izlazu se nalazi Boucherotov član R37/C7, koji sigurno opterećuje pojačavač. Kalem L1 ograničava strujne špiceve, koji mogu nastati kod kapacitivnih opterećenja.

### Sigurnost sa velikim "S"

Pojačavač se napaja sa dva simetrična napona: predstepen sa



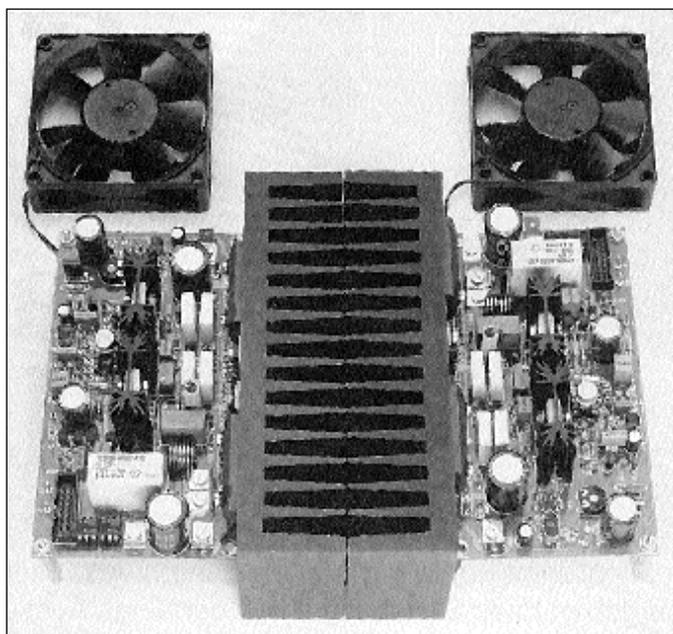
Slika 4. Tranzistori strujnog pojačavača se jednim delom montiraju sa gornje, a jednim delom sa donje strane pločice. Kopija ove slike može poslužiti i kao pomoć pri bušenju rupa na hladnjaku.

$\pm 46,6$  V, a izlazni stepen sa  $\pm 43$  V. Ovim odnosom kompenzirani su neizbežni gubici napona u strujnom pojačavaču, tako da se izlazni stepen može pobuđivati skoro naponom napajanja ( $\pm 43$  V).

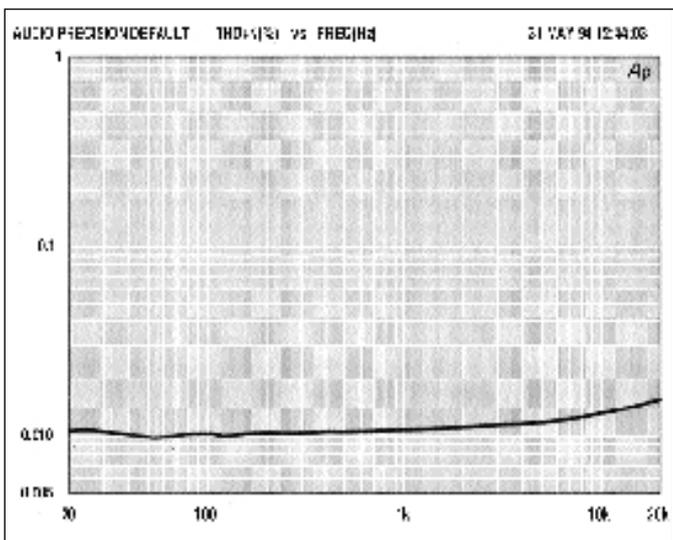
Oba simetrična napona dobijaju se sa konvertora jednosmernog napona. Zaštitno kolo se nalazi na pločici konvertora, a senzori su u sklopu pojačavača.

Paralelno emitorskim otporni-

cima tranzistora T16 i T18 vezan je naponski razdelnik. Naponski razdelnik je dimenzionisan tako da pri izlaznoj struji preko 13,5 A pad napona na R38 bude toliki da provede opto-



Slika 5. Modul izlaznog stepena.



Slika 6. Sa izlaznom snagom od 100 W, na 4 oma, harmonijska izobličenja na celom frekventnom opsegu ostaju  $<0,01\%$ .

## POMOĆ PRI PLANIRANJU I GRADNJI AUDIO-SISTEMA U AUTU

### • Izvor signala

Nezavisno od toga koji uređaj predstavlja izvor audio-signala, on treba da ima četiri chinch-izlaza (levi, desni, napred, nazad), čiji nivoi signala mogu nezavisno da se podešavaju. Na taj način može se u celom automobilu optimalno podesiti zvuk.

### • Zvučnik

Isključivo treba koristiti auto-zvučnike. Ne samo zbog otpornosti na temperaturne promene i mehaničke potrese, već i zbog velikog stepena iskorišćenja (preko 90 dB/W).

### • Montaža

Ceo audio-sistem treba dobro isplanirati. Gde će koja komponenta tog sistema biti postavljena zavisi od samog automobila. Najpogodnije mesto za postavljanje pojačavača je između prtljažnika i zadnjih sedišta. Tu se mogu montirati i zvučnici. Ako neko poseduje CD-box, najbolje mesto za njega je sam prtljažnik, gde treba da bude zaštićen i pričvršćen.

Uglavnom kod svih tipova automobila, prednji zvučnici su srednjetonci i visokotonci. Srednjetonce treba montirati u vratima, a visokotonce u tablu ispod prednjeg stakla. Za ove zvučnike potreban je manji pojačavač, jer oni zahtevaju manju snagu. Tu može da posluži i aktivna skretnica, mada može da bude dovoljan i pojačavač u auto-radiju.

### • Napajanje

Pojačavač se napaja direktno iz auto akumulatora. Pri tom se oba pola akumulatora vode do pojačavača. Zato se preporučuju provodnici sa poprečnim presekom od najmanje 10 kvadratnih mm, a još bolje od 25 mm kvadratnih. Te provodnike je najbolje postaviti na podu automobila. Najbolja zaštita za te kablove je elektroinstalaciona plastična rebrasta cev. Električno osiguranje predstavlja pozlaćeni osigurač za velike snage, ili ako se napaja više uređaja, blok sa četiri osigurača.

Da bi se smanjile smetnje nastale preko mase, treba sve komponente direktno povezati na akumulator (preko osigurača).

### • Kablovi i priključci

Uz ovaj pojačavač se preporučuje korišćenje samo prvoklasnih kablova i priključaka za povezivanje zvučnika i izvora signala sa pojačavačem. Subwooferi i basovi, zbog velike struje, zahtevaju i deblje provodnike nego srednje i visokotonci. Za visokotonce dovoljni su provodnici poprečnog preseka od 1 do 1,5 kvadratnih mm, za srednjetonce od 2,5 do 4 kvadratnih mm. Niskotonci zahtevaju provodnike sa poprečnim presekom od 6 do 25 kvadratnih mm. Za njih važi pravilo: što je kabl duži, to treba da ima veći poprečni presek. Između pojačavača i pasivne skretnice treba da bude isto tako debeo kabl. Radio i pojačavač treba povezati samo kvalitetnim koaksijalnim kablom.

Činčevi treba da budu pozlaćeni, jer to sprečava koroziju i na taj način se održava kvalitet kontakta. Kontakti ne smeju biti izloženi mehaničkom opterećenju.

### • Smetnje

Najčešće smetnje u automobilu potiču od svetlosnog automata, motora za brisače, relea za migavce ili tranzistorskog paljenja. Sve te smetnje se u zvučniku manifestuju kao zviždanje, šuštanje i tresak. Moguća rešenja su ugradnja uređaja za otklanjanje smetnji. Koaksijalni kablovi treba da budu postavljeni na odgovarajućem rastojanju od kablova električne mreže automobila. Najbolje je da se audio-kablovi provuku ispod tepiha, u središnjem delu automobila. Svi priključci treba da budu dobrog kvaliteta, a kablovi treba da budu koaksijalni. Kablovi za zvučnike treba da budu što je moguće kraći i ne smeju biti postavljeni blizu kablova kojima se dovodi ulazni signal.

tranzistor u IC1. Drugim optokaplerom se upravlja pomoću dela šeme sa T19...T22. Ako se na izlazu izlaznog stepena pojavi napon viši od +1 V ili niži od -1 V, provodi ili T19 ili T20. Kao posledica toga provodi i T21, koji aktivira strujni izvor T22, a njime se napaja LED u optokapleru, tako da provodi optotranzistor. Treći senzor je tranzistor T23, povezan kao dioda, koji je montiran na velikom hladnjaku i tako funkcioniše kao temperaturni senzor.

Zaštitno kolo, koje se direktno napaja naponom 12 V, galvaniski je odvojeno od pojačavača. Tri senzora su preko 14-polnog konektora K1 spojeni sa zaštitnim kolom. Ukoliko se pojavi greška, rele na izlazu Re1 odvaja zvučnike od pojačavača.

### Izrada

Na slici 3 je izgled dvostrane štampane pločice za mono pojačavač. Popunjavanje pločice nije teško, ali ima par stvari na koje treba posebno obratiti pažnju. Otpornici se, uglavnom, montiraju uspravno. U nekim slučajevima su, u spisku delova, navedeni precizni 1 %-ni otpornici, ali u nedostatku takvih, mogu se koristiti i normalni, 5 %-ni otpornici.

R33...R36 treba da budu 5 W-ni otpornici, imuni na indukciju. Trimer P2, koji služi za izjednačavanje mirne struje, je višebrotni potencijometar. Svi elektrolitski kondenzatori su stojeći (radijalni), a kompenzacioni kondenzatori C4, C5 i C6 su stirofleks-kondenzatori.

Vazdušni kalem L1 se jednostavno mota. Npr. na kraj burgije od 8 mm mota se šest na-

vojaka Cu-lak žice prečnika 1,5 mm bez razmaka između navojaka. Krajevi se ostave da budu dugi 10mm. Takođe su važne i termičke sprege D4/T2 i T5/D3/T6. Pravougaona LED leži na ravnoj površini tranzistora. Za svaki slučaj treba izmeriti parametre LE-dioda: struja kroz njih treba da bude 5 mA, a pad napona na njima 1,8 V. Tranzistorski parovi T7/T8, T9/T10 i MJE15030/1 treba da budu upareni.

Velika izlazna snaga postavlja zahteve i što se tiče izrade provodnih veza na pločici i popunjavanja same pločice. Prekidački kontakti 16 A-skog relea se paralelno vezuju. Struja kroz kontakte +, - i masa, za napon  $\pm 46,6$  V; iznosi samo nekoliko miliampera, tako da ti kontakti mogu biti dosta manji u odnosu na kontakte za  $\pm 43$  V i za zvučnike. Tranzistorski parovi T7/T8 i T9/T10, izolovano i sa pastom za hlađenje se montiraju na male hladnjake. Montaža pobudnih i izlaznih tranzistora je nešto složenija. Pomoć za to je nacrt bušenja rupa na slici 4. Rupa iznad T12 je ostavljena za temperaturni senzor T23. Svi otvori se najpre probuše burgijom prečnika 2,7 mm, a zatim se ureže navoj M3. Svi tranzistori na velikom hladnjaku se montiraju izolovano i sa pastom za hlađenje. Za izolaciju se ne smeju koristiti silikonska guma, već su, za ovu priliku, najbolji keramički izolatori.

Na slici 5 su prikazana dva (mono) izlazna stepena. Još nedostaju ventilatori bez kojih je nemoguće ostvariti kontinualnu izlaznu snagu kolika je data u specifikacijama. Bez hlađenja

ventilatorom, pri temperaturi okoline od 30° C, može se očekivati trajna maksimalna snaga od oko 120 W. Pri ekstremnim temperaturama okoline koje lete mogu da nastanu u autu, trajna maksimalna snaga bez hlađenja ventilatorom je znatno manja. Samo ako se vrši dodatno hlađenje ventilatorom garantovano je moguće dobiti 200 W na 4 oma, bez obzira na temperaturu okoline.

Podešavanje i test funkcija se može izvršiti tek nakon što se napravi konvertor napona koji je objavljen u časopisu "info Elektronika" broj 12