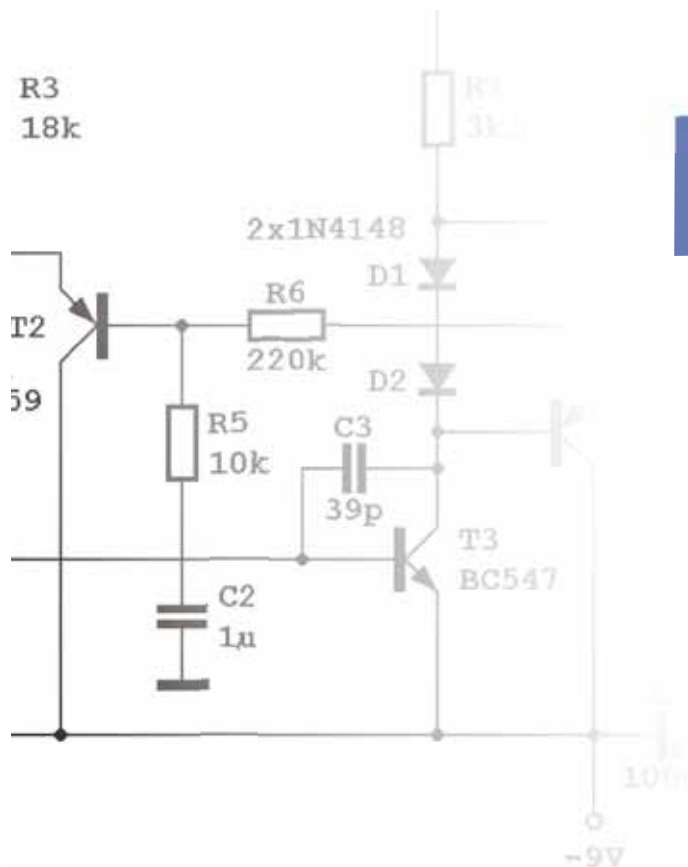


# Elektronika za začetnike

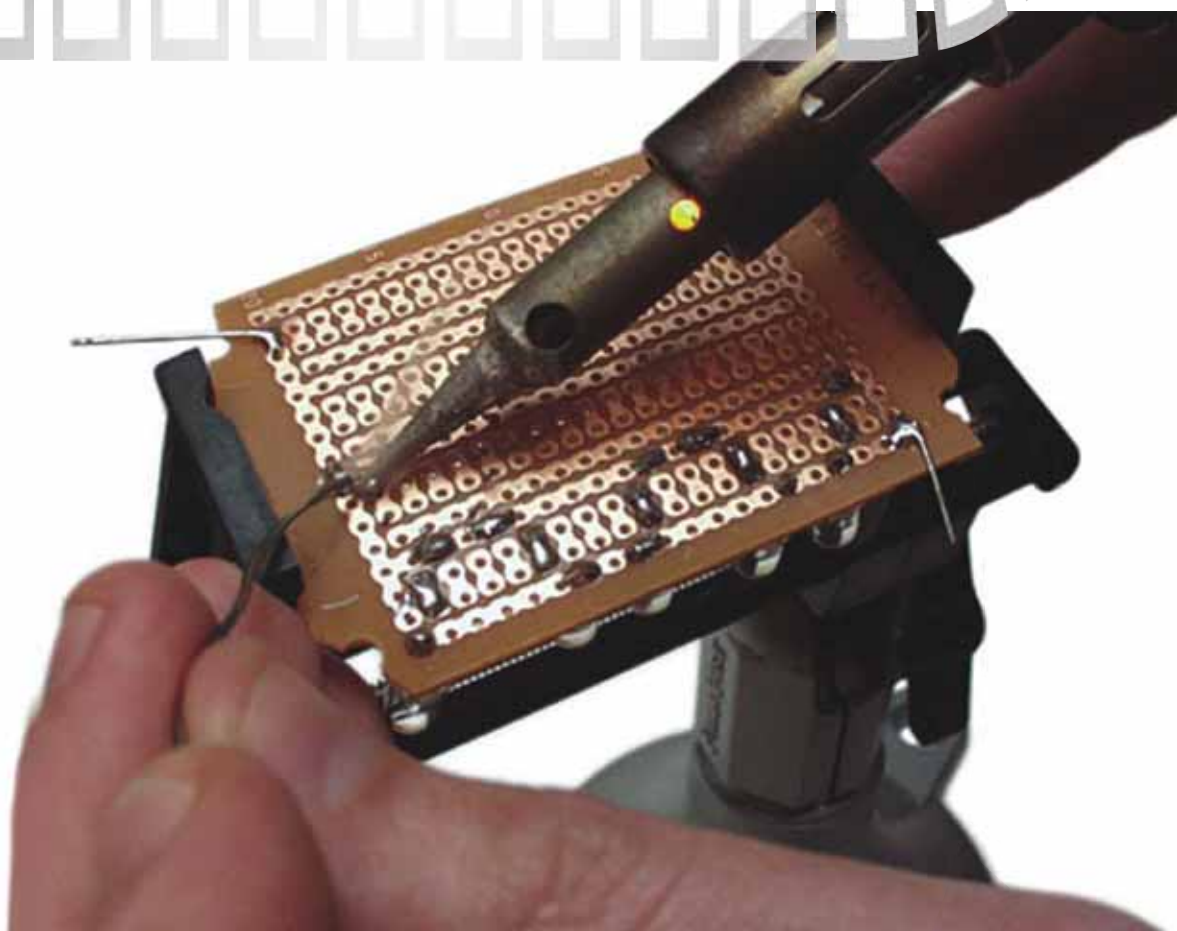


Če ne veste kaj je to:

- ⚡ upor,
- ⚡ kondenzator,
- ⚡ spajkanje,
- ⚡ tranzistor...

Če ne znate:

- ⚡ izmeriti upornost,
- ⚡ spajkati,
- ⚡ načrtovati vezij,...

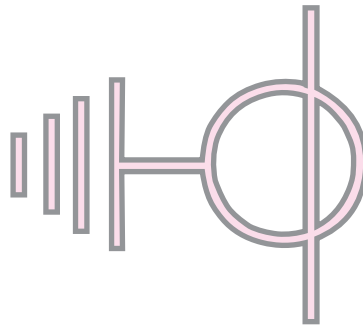


## Če ne veste kaj je to:

- 💡 upor,
- 💡 kondenzator,
- 💡 spajkanje,
- 💡 tranzistor,...

## Zbirka člankov:

- 💡 osnovni elementi,
- 💡 nekaj o načrtovanju vezij,
- 💡 nekaj o risanju vezij,
- 💡 osnovni primeri,...



# ELEKTRONIKA za začetnike

## Če ne znate:

- 💡 izmeriti upornost,
- 💡 spajkati,
- 💡 načrtovati vezja,...

# UVODNIK

## Dragi elektroniki,

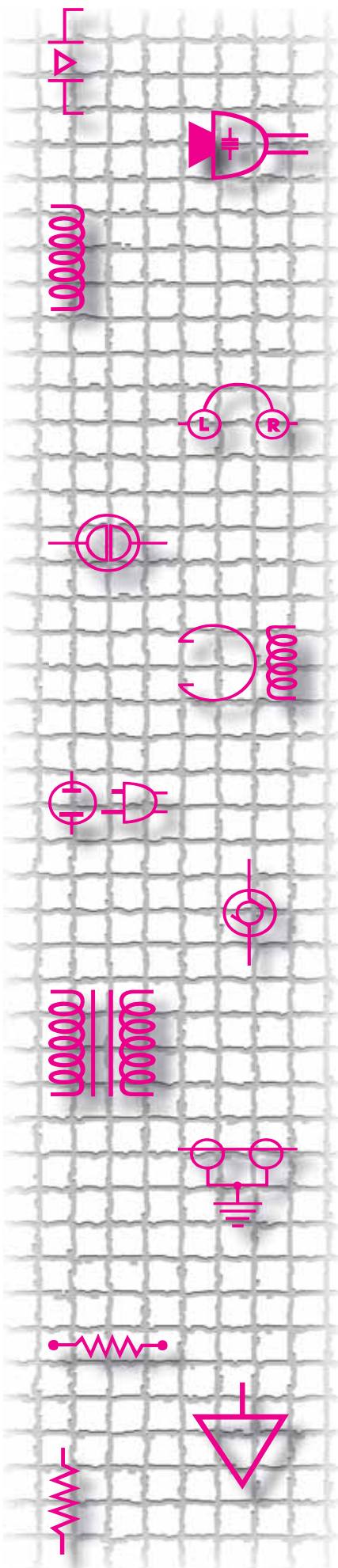
ko sem se pred več kot 30 leti pričel ukvarjati z elektroniko in začel odkrivati njene lepote (pa tudi trnje), sem vedno pogrešal literaturo, iz katere bi črpal znanje. Takrat so mi bili v veliko pomoč prijatelji, ki so obiskovali srednjo elektrotehnično šolo in pa tuja literatura, angleška, nemška in ne boste verjeli, tudi ruska. Do literature je bilo težko priti, saj so bili knjižnični izvodi revij večinoma izposojeni. Če pa smo že uspeli dobiti določeno revijo, v kateri so se nahajali zanimivi članki, je pa praviloma bilo težko nabaviti elektronske komponente za te naprave. In če smo jih že našli nekje v Trstu ali Münchnu, so bile pregrešno drage in na poti domov smo jih morali skrivati pred cariniki.

Kmalu so me pritegnile radioamaterske vrste, kjer smo konstruirali sprejemnike, oddajnike in druge naprave, ki jih potrebuje radioamater – elektroniki. Vzpostavljanje radijskih zvez z napravo, ki sem jo sam naredil, ima poseben čar. Še posebej, če je sogovornik nekje na drugem koncu sveta.

Danes je seveda drugače. Novodobne tehnologije nam omogočajo komuniciranje s praktično komerkoli in kjerkoli na naši zemeljski obli v skoraj Hi-Fi kvaliteti za razliko od radioamaterskih zvez, kjer smo iz piskov, pokov in podobnih motenj skušali izluščiti sporočilo sogovornika. Kljub temu ostaja elektronika eno od področij, ki je zelo zanimiva tako kot hobi kot tudi profesionalno. Danes nam moderne elektronske komponente omogočajo bistveno več, kot kadar koli prej. Tudi razpoložljivost teh komponent ni več problem, saj jih za relativno majhen denar lahko naročite iz naslanjača, poštar pa vam jih dostavi v nekaj dneh.

V tej tako idilični situaciji smo pogrešali priročnik ali knjižico, kjer bi elektronikom – začetnikom odprla vrata v svet elektronike. S pričujočo knjižico **Elektronika za začetnike** tako skušamo na prijazen način predstaviti nekaj osnov elektronike in elektronskih elementov, ki jih uporabljamo v naših napravah. **Elektronika za začetnike** ni zbirka formul ali teoretičnih razlag, pač pa skozi simpatične članke predstavlja elektroniko. V **Elektroniki za začetnike** boste našli opise elementov in njihovo označevanje (ki včasih zna biti malce nenavadno), naučili se boste načrtovati in tudi izdelati tiskano vezje na več načinov ter se spoznali z osnovnimi elektronskimi vezji, ki jih elektroniki – začetnik najprej naredi. Prepričani smo, da vam bo pri tem **Elektronika za začetnike** dobro služila!

Jurij Mikelc, dipl. inž.  
Ljubljana, julij 2009

# KAZALO

Osnove spajkanja .....	9 stran
Kako označujemo upore .....	11 stran
Določanje vrednosti SMD uporov .....	14 stran
Merjenje upornosti .....	15 stran
Kondenzatorji .....	18 stran
Polprevodniški elementi .....	20 stran
Tiristorji, diaki in triaki .....	25 stran
Načrtovanje tiskanih vezij .....	28 stran
Orodje za načrtovanje tiskanih vezij .....	30 stran
Izdelava tiskanih vezij Izdelava tiskanih vezij s pomočjo laminatorjev .....	35 stran
CAM vrtno-rezkalni stoj za izdelavo prototipnih enostranskih in dvostranskih tiskanih vezij .....	37 stran
NPN ali PNP tranzistor? .....	43 stran
Hitri preizkus MOSFET tranzistorjev .....	46 stran
Stabilizirani napajalnik .....	47 stran
Tranzistorski avdio ojačevalnik .....	51 stran
Mikrofonski predojačevalnik z integriranim vezjem .....	54 stran
Tranzistorski generator svetlobnih in zvočnih signalov .....	55 stran
Enostavna utripajoča signalna luč .....	58 stran
Regulator hitrosti enosmernih motorjev .....	61 stran
Informacije .....	63 stran

# Osnove spajkanja

AVTOR: STEVČE ARSOSKI, INŽ.

Predstavili in razložili bomo osnovne pojme in postopke v elektroniki, kot so:

- Spajkanje;
- Osnovni elektronski elementi (upori, kondenzatorji, tuljave, diode, tranzistorji, integrirana vezja):
  - ⇒ Osnovni princip delovanja,
  - ⇒ Označevanje in odčitavanje elektronskih elementov,
  - ⇒ Merjenje in preizkušanje elektronskih elementov;
- Tiskana vezja:
  - ⇒ Načrtovanje tiskanih vezij,
  - ⇒ Izdelava tiskanih vezij;
- Izdelava elektronskih vezij:
  - ⇒ Analiza električne sheme izbrane naprave,
  - ⇒ Nabava elektronskih elementov,
  - ⇒ Načrtovanje tiskanih vezij,
  - ⇒ Izdelava modula,
  - ⇒ Vgradnja v ohišje in zagon.
- Merjenje in preizkušanje elektronskih naprav.

## Spajkanje v elektroniki

Spajkanje je eden izmed osnovnih postopkov povezovanja elementov v elektroniki. Elementi se lahko povezujejo neposredno ali na ustrezni plošči, ki jo v elektroniki imenujemo "tiskano vezje" (izdelavi tiskanih vezij bomo posvetili celotno poglavje). Bodisi da uporabljamo neposredno spajanje ali tiskano vezje, morajo biti vsi spoji med elementi kvalitetno prispajkani - od tega je odvisno tudi, kako bo dokončana naprava delovala.

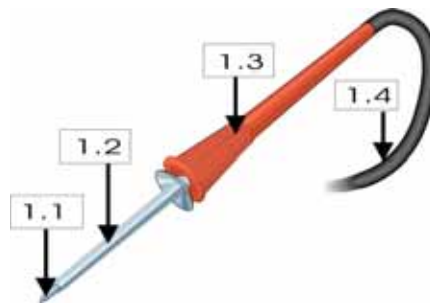
## Potrebno orodje in pribor za spajkanje v elektroniki

1. Spajkalnik (in stojalo),
2. Pinceta,
3. Tinol žica.

Spajkalnik (slika 1) je sestavljen iz 4 osnovnih delov:

- Konica spajkalnika mora biti pravilne oblike ter vedno čista in ogreta na temperaturo nad 200°C. Opozorilo! Pri delu čistimo konico spajkalnika s posebno gobico, ki je natopljena z vodo.

*Toukaj bomo pisali o spajkanju, osnovni veščini, ki jo mora obvladati vsak elektronik. Brez teh sposobnosti, boste pri tej zabavi ali poslu zelo težko shajali. Osnove so lahke, potrebujete samo veliko vaje in sčasoma vam bo spajkanje kot vožnja s kolesom.*



Slika 1: Spajkalnik

- Grelec – greje konico spajkalnika na zadano temperaturo. Spajkalniki se izdelujejo z grelci različnih moči, od 6 do 100 in več vatov, ter za različne napeitosti (12 – 220 V). Začetnikom bo zadostoval kvaliteten spajkalnik moči 30 W, s sploščeno konico širine 1,2 mm.
- Ročaj in ohišje spajkalnika – ročaj je narejen iz kvalitetnih izolacijskih materialov (plastike ali lesa), služi pa kot držalo spajkalnika in zaščita za roke pred visokimi temperaturami.
- Priključni kabel – služi za napajanje grelca. Kakovostni spajkalniki imajo 3-žilni kabel, kar pomeni, da imajo poleg faze in nule tudi zaščitni vodnik (ozemljitev). Ta vodnik ščiti uporabnika in elektronsko vezje pred možnimi tokovnimi udari.

Kakovostne spajkalnike proizvajajo Weller, Iskra, Ersa in drugi proizvajalci. Profesionalci uporabljajo za spajkanje spajkalne postaje. Spajkalna postaja je posebno skonstruiran

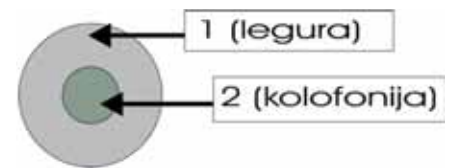
spajkalnik, ki mu lahko reguliramo (nastavljamo) temperaturo konice spajkalnika. Regulacija temperature se izvaja z elektronskim vezjem, ki je vgrajeno v posebno ohišje ali ročaj spajkalnika.

Pinceta (slika 2) služi za pridrževanje elektronskih elementov med spajkanjem ali pri demontaži s tiskanega vezja. Obstajajo različne oblike, za začetek pa bo zadostovala ravna pinceta dolžine 120 mm.



Slika 2: Pinceta

Tinol žica (slika 3) je material, ki služi za galvansko spajanje elektronskih elementov. Narejena je iz dveh delov: plašča iz legure kositra in svinca (1) ter iz jedra iz kolofonije (2). Pri povišenih temperaturah se kolofonija tali in na kemijski način čisti spajkalno mesto. Točka taljenja tinol žice je odvisna od sestave legure in običajno znaša okoli 190 °C. Oznaka za tinol žico, kot je npr. Sn60Pb pomeni, da je žica narejena iz legure, v kateri je 60% kositra (Sn) in 40% svinca (Pb). Najbolj primerna debelina žice za spajkanje v elektroniki je 1mm (ali 0,5mm). **Glej RoHS direktivo na strani 64.**



Slika 3: Presek tinol žice.

## Postopek spajkanja

Zagreto konico spajkalnika prislonimo na spojno mesto (slika 4) tako, da istočasno grejemo vse površine, ki jih želimo prispajkati (priključki elektronskih elementov, tiskane vezice ipd.). Po krajšem času (sekundi, dveh, treh - odvisno od tega kaj spajkamo in kolikšna je moč spajkalnika), prislonimo tinol žico na spojno mesto. Najprej se topi kolofonija, ki kemijsko očisti spojno me-

Oznaka ohišja	Dimenzije v inčih	Dimenzije v mm	Nazivna disipacija
0201	0.024" × 0.012"	0.6 mm × 0.3 mm	1/20W
0402	0.04" × 0.02"	1.0 mm × 0.5 mm	1/32W 1/16W
0603	0.063" × 0.031"	1.6 mm × 0.8 mm	1/16W
0805	0.08" × 0.05"	2.0 mm × 1.25 mm	1/10W
1206	0.126" × 0.063"	3.2 mm × 1.6 mm	1/8W
1210	0.12" × 0.10"	3.2 mm × 2.6 mm	1/4W
2020	0.20" × 0.20"	5.08 mm × 5.08 mm	1/2W
2512	0.25" × 0.12"	6.35 mm × 3.0 mm	1W

Tabela 1: Oznake ohišij SMD uporov, dimenzije in nazivna disipacija.

+/- 1% ali boljša. Pri 4 številčnem označevanju prve 3 številke predstavljajo vrednost, četrta pa število ničel. Tako bi 10 Ohmski upor bil označen kot 10R0, 100 Ohmski kot 1000, upor vrednosti 1kOhm pa bi bil označen kot 1001.

Pojavlja pa se tudi že novo označevanje z oznako EIA-96, ki je malce bolj komplicirano in ni tako intuitivno kot 3 oziroma 4 številčno označevanje. EIA-96 tabelo kod in vrednosti uporov vidite v Tabeli 2. Prva številka pomeni kodo, številka poleg nje pa vrednost upornosti.

EIA-96 označevanje vrednosti uporov je sestavljeno iz kode in črke, ki označuje množilnik. Tako bo upor z oznako 10C imel vrednost 12,4 kOhm. Kot rečeno, malce bolj za-

Koda R	Koda R	Koda R	Koda R	Koda R	Koda R	Koda R	Koda R
Vrednost	Vrednost	Vrednost	Vrednost	Vrednost	Vrednost	Vrednost	Vrednost
01 100	13 133	25 178	37 237	49 316	61 422	73 562	85 750
02 102	14 137	26 182	38 243	50 324	62 432	74 576	86 768
03 105	15 140	27 187	39 249	51 332	63 442	75 590	87 787
04 107	16 143	28 191	40 255	52 340	64 453	76 604	88 806
05 110	17 147	29 196	41 261	53 348	55 464	77 619	89 825
06 113	18 150	30 200	42 267	54 357	66 475	78 634	90 845
07 115	19 154	31 205	43 274	55 365	67 487	79 649	91 866
08 118	20 158	32 210	44 280	56 374	68 499	80 665	92 887
09 121	21 162	33 215	45 287	57 383	69 511	81 681	93 909
10 124	22 165	34 221	46 294	58 392	70 523	82 698	94 931
11 127	23 169	35 226	47 301	59 402	71 536	83 715	95 953
12 130	24 174	36 232	48 309	60 412	72 549	84 732	96 976

Tabela 2: EIA-96 kode, vrednosti uporov in črke množilnika.

htevno, saj je potrebno imeti EIA-96 tabelo in črke množilnikov pri roki, da bomo znali izračunati vrednost upora. ♀



## Merjenje upornosti

AVTOR: STEVČE ARSOSKI, INŽ.

Instrumente za merjenje upornosti imenujemo **ohmmetri** (beri omometri). Ohmmeter je najpogostejše sestavni del univerzalnega merilnega instrumenta, enega izmed osnovnih naprav, ki bi ga moral imeti vsak elektronik. Na srečo so danes kvalitetni univerzalni merilni instrumenti sorazmerno poceni in lahko dobavljivi.

Obstajata dva osnovna tipa univerzalnih merilnih instrumentov in s tem tudi ohmmetrov: **analogni** in **digitalni**.

### Analogni

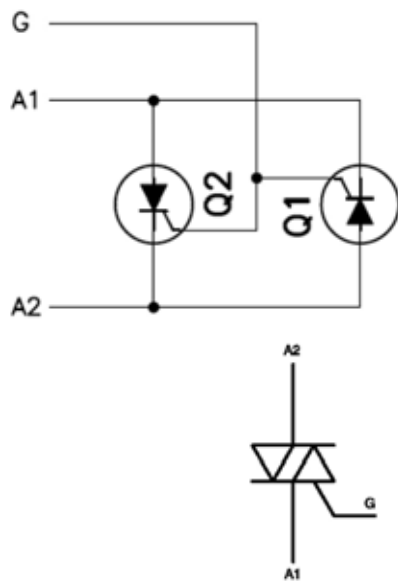
Analogni merilni instrumenti (slika

*Dragi elektroniki, verjetno ste se že dobro naučili brati oznake na uporih. Kot sem v prejšnjem poglavju napovedal, bom tokrat na kratko – manj z besedami in več s slikami – razložil, kako z merilnim instrumentom zelo natančno izmeriti upornost neznanega upora.*

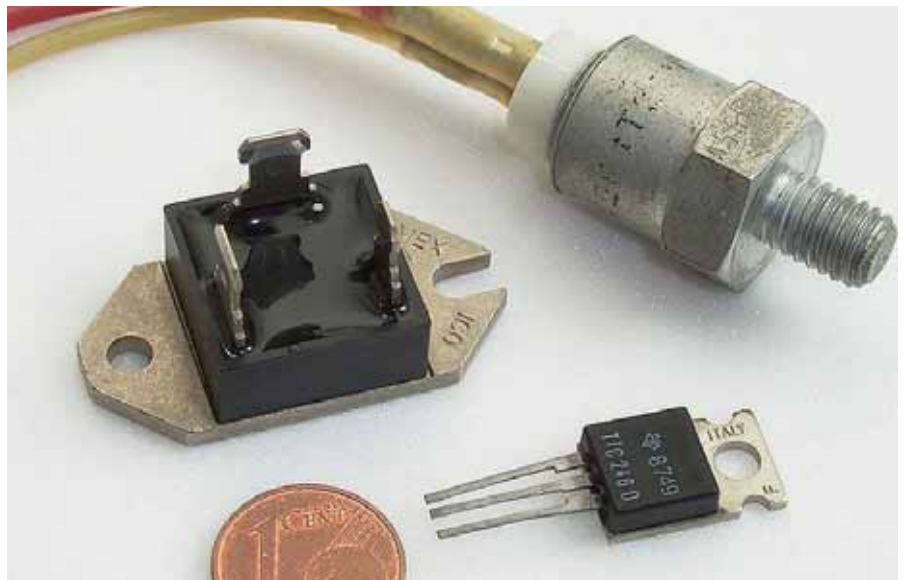


1a) uporabljajo za prikaz izmerjene vrednosti kazalec in ustrezno skalo. Da bi bilo merjenje upora z analog-

nim ohmmetrom čim bolj natančno, moramo pred samim merjenjem instrument **umeriti**. Med umerjanjem (slika 1b) kratko spojimo sponke in-



Slika 7



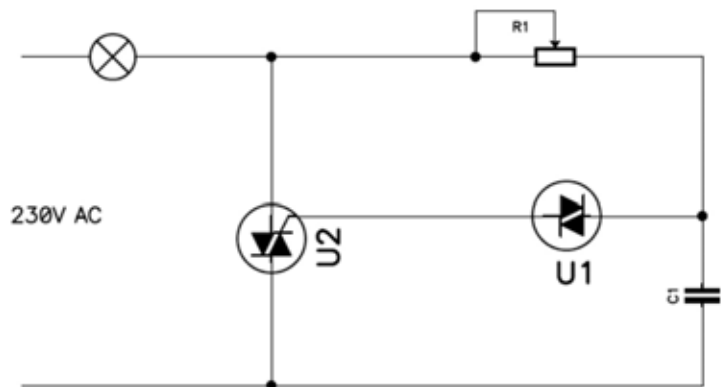
Slika 8: Različne vrste triakov.

Triak ima dva priključka za anodo in enega za vrata. Tako so tudi označeni: A1, A2 in G (G kot Gate – vrata).

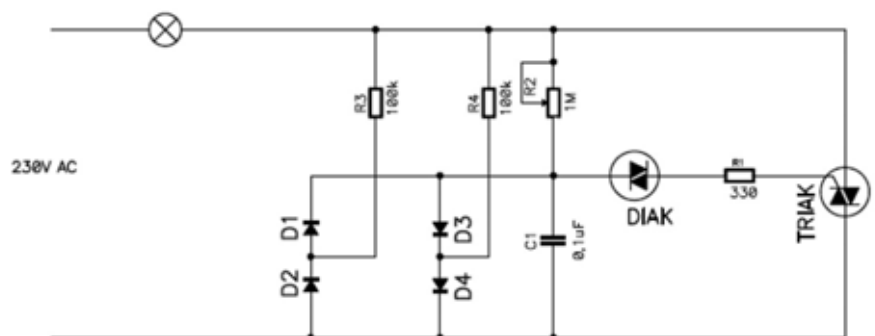
Kot omenjeno je triak primeren za vklopjanje bremen, ki delujejo na izmenični napetosti. Triak prične prevajati tok, ko ga vzbudimo z napetostjo na vratih – podobno kot tiristor. Obstaja več vrst triakov, od tistih, ki zmorejo preklapljati bremena do 1000 W pa do velikih industrijskih triakov, ki preklapljajo več kW bremena.

Triaki so znani po tem, da ne vklopijo simetrično glede na pozitivno ali negativno pol periodo. Zato v povezavi s triaki ponavadi uporabljamo diake, ki to nesimetričnost vklopa odpravijo. Primer načelnega vezja za nastavitve osvetlitve vidite na sliki 9.

Primer praktičnega vezja vidimo na sliki 10. Pri tem vezju velja opozoriti, da ga ne poizkušajte priklapljati na omrežno napetost, če niste večš elektronik. Prikllop vezja na omrežno napetost je lahko smrtno nevaren zato to delajte v prisotnosti strokovnjakov!



Slika 9:



Slika 10: Shema nastavitve osvetlitve s triakom.

Tiristor, diak in triak so torej zelo zanimivi elektronski elementi, ki se večinoma uporabljajo v primerih, ko je potrebno preklapljati večje tokove.

**Viri:**

- Wikipedia: <http://sl.wikipedia.org>
- Hobby projects: <http://www.hobbyprojects.com>
- <http://www.allaboutcircuits.com>
- <http://www.discovercircuits.com>
- Svet elektronike: [www.svet-el.si](http://www.svet-el.si), št. 51
- General Electric application note ♀

# Izdelava tiskanih vezij

AVTOR: ARSOSKI STEVČE, INŽ.

Načeloma so si vse tehnike podobne ter združujejo načrtovanje tiskane vezja na papirju v merilu 1:1, nanašanje zaščitne plasti na bakreno površino ter jedkanje ali odstranjevanje bakra s površine, ki ni bila zaščitena. Po jedkanju je bakrena površina, ki ostane, identična načrtovanemu tiskanemu vezju. Na tako dobljeno tiskano vezje zatem še nanesemo tanko plast posebnega zaščitnega laka.

Najbolj so v uporabi naslednji postopki izdelave tiskanih vezij:

1. foto postopek,
2. sito-tisk,
3. amaterska izdelava (uporaba specialnega flomastra in letaset folij),
4. transfer folija,
5. strojna izdelava tiskanih vezij.

## Foto-postopek

Pri tem postopku uporabljamo foto-občutljivi lak (npr. Positiv 20), ki ga lahko v obliki spreja kupimo v specializiranih trgovinah. Bakrena površina plošče mora biti popolnoma čista, ker se bodo sicer na njej zbirale kapljice laka, namesto da bi se lak enakomerno razlil - najbolje je, če jo pred nanašanjem laka operemo s kakim čistilnim sredstvom ali morda celo pobrusimo z zelo finim bru-

*V tem poglavju bomo opisali večino postopkov, ki jih uporabljamo pri izdelavi tiskanih vezij, nekoliko podrobneje pa bomo opisali in ilustrirali izdelavo tiskanih vezij s transfer folijo.*

silnim papirjem in nato obrišemo s krpico natopljeno v acetonu. Na tako očiščeno bakreno površino nanesemo tanko plast laka v takšni meri, da enakomerno prekrije ploščo. Ploščo zatem sušimo 15 minut pri temperaturi do 70°C. Sušimo jo lahko tudi pri sobni temperaturi, vendar lahko v tem primeru sušenje traja tudi več kot 10 ur. Med nanašanjem in sušenjem lak ne sme biti osvetljen, zato je to potrebno delati v temi ali pri zelo slabi luči. Potrebno je prav tako paziti na čistočo: prah in druga nesnaga, ki je prisotna v zraku, se lepi za lak in ne le, da ne izgleda lepo, temveč tudi zmanjšuje kakovost izdelanega tiskanega vezja, še posebej tam, kjer so povezave zelo tanke.

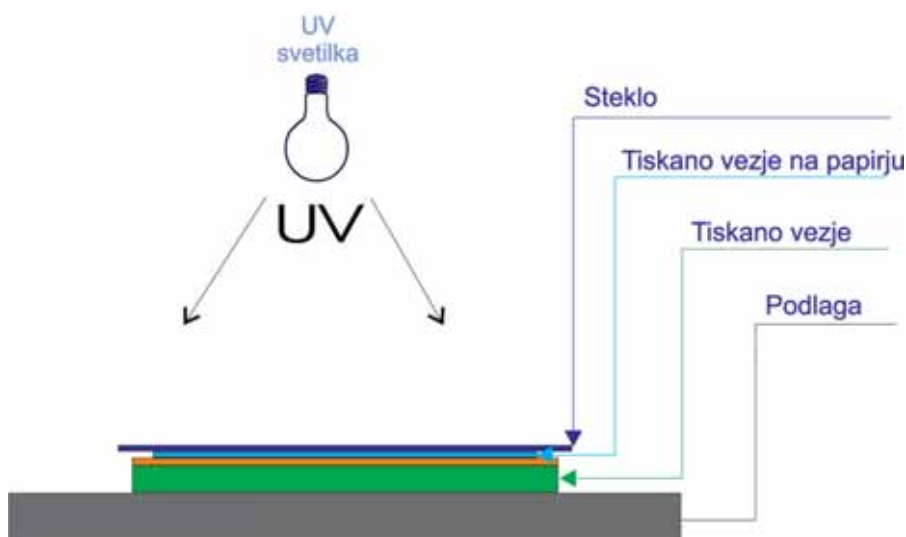
Veliko truda si bomo prihranili, če kupimo ploščo za izdelavo tiskanega

vezja z že nanesenim foto-občutljivim lakom. V prodaji so enoplastne in dvoplastne pertinaks plošče za izdelavo tiskanih vezij, razrezane v različnih standardnih velikostih. Dovolj je samo odlepiti zaščitno folijo in plošča je že pripravljena za uporabo.

Tiskani vodi morajo biti narisani na prozornem papirju ali foliji v merilu 1:1. Folijo z načrtom tiskanega vezja namestimo na posušeni lak (pazite, kako ste obrnili folijo!) in osvetlujemo z ultravijolično svetlobo 3-8 minut (slika 1). Trajanje osvetljevanja je odvisno od debeline laka in folije, starosti laka in tipa uporabljene žarnice in ga je najbolje določiti eksperimentalno. Pozor! Ultravijolična svetloba je škodljiva za oči – nikoli ne glejte naravnost v žarnico! (Tiskana vezja lahko osvetlujemo tudi na močnem soncu, dober učinek pa se da doseči tudi z nekaterimi grafoskopi: tiskanino postavimo na stekleno površino in jo osvetlujemo 15-20 minut.)

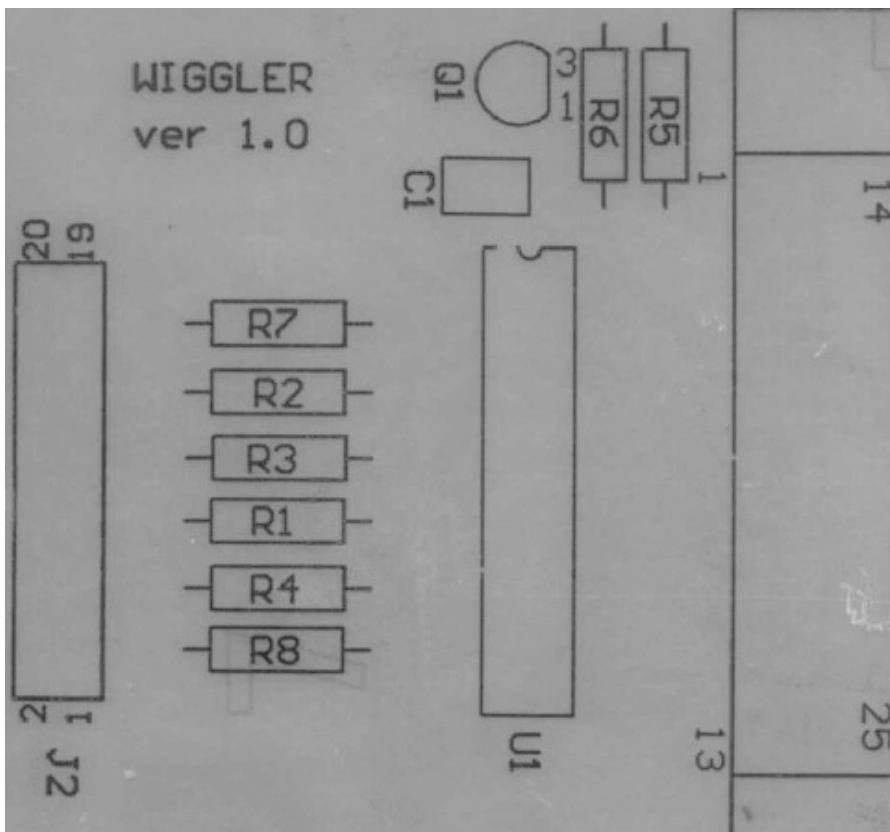
Osvetljeno tiskanino nato potopimo v raztopino NaOH (natrijev hidrokسيد), kjer se opravi odstranjevanje laka na tistih mestih, ki so bila osvetljena z ultravijolično svetlobo. Foto-občutljiv lak ostane le na neosvetljenih mestih oziroma tam, kjer je bil prekrit z narisanimi tiskanimi vodi. Če je tiskanina pravilno osvetljena (niti premalo, niti preveč), bo postopek razvijanja končan v nekaj minutah, prerisani vodi pa bodo enakomerne debeline in ostrih robov. Premalo osvetljeno tiskanino je potrebno razvijati dlje, kar bo rezultiralo s tanjšimi vodi, z neostrimi robovi, ne tako redko pa se lak odstrani tudi tam, kjer tega nečemo.

Zadnji postopek je jedkanje - kemijsko odstranjevanje odvečnega bakra s pertinaks ploščic. Foto-občutljiv lak služi na tistih delih, kjer se je obdržal, kot zaščita bakra, zato nam bo na koncu procesa ostala bakrena površina, identična načrtovanemu tiskanemu vezju. Po jedkanju operemo tiskanino v čisti vodi ter odstranimo plast laka z ustrežno raztopino (z acetonom ali alkoholom). Nato sledi vrtnanje lukenj s svedri 0,8–1,2 mm, odvisno



Slika 1: Postopek osvetljevanja tiskanega vezja z ultravijolično svetlobo.





Slika 3

9. sledi postopek jedkanja,
10. ko ploščico izjedkamo jo lahko po želji še enkrat laminiramo, tokrat s predlogo na kateri natisnemo razpored elementov. To seveda laminiramo na strani elementov. Pri tem pazimo, da zopet tiskamo zrcalno, slika 3.

Na Maxi forumu je veliko dokumentacije, iz katere je razvidno, da so člani foruma preizkušali veliko modifikacij tega postopka, od tega, da so menjali termostate v tiskalnikih in laminatorjih. Naj povem, da zgoraj opisani postopek deluje na napravah, pri katerih ni bila potrebna zamenjava termostatov. Pri opisanem postopku vseeno velja biti previden. Tiskano vezje, ki pride iz laminatorja, je namreč vroče. ♀

Viri:

Spletna stran Thomasa Pfeiferja (<http://thomaspfeifer.net/>)

Spletna stran [www.elektronik.si](http://www.elektronik.si) (več avtorjev)

# CAM vrtalno-rezkalni stroj za izdelavo prototipnih enostranskih in dvostranskih tiskanih vezij

AVTOR: BOJAN KOVAČ

Ta način izdelave tiskanine je primeren zlasti v naslednjih primerih:

- hitra izdelava tiskanine, če ste v časovni stiski,
- izdelava prototipne ploščice, ki jo bomo med razvijanjem še večkrat spreminjali,
- izdelava samo enega ali dveh primerkov enake tiskanine,
- nenavadna oblika tiskanega vezja in izrezi na ploščici pravih ali nepravilnih oblik.

Izdelamo lahko enoslojne in dvoslojne tiskanine z metaliziranimi luknjami. Vrtamo lahko luknje s premerom od 0,3 mm naprej. Osnovni princip tega postopka izdelave

*V podjetju AX elektronika imamo napravo, ki je za razvijalce in načrtovalce elektronike prav gotovo zanimiva. Gre za CAM vrtalno-rezkalni stroj za izdelavo prototipnih tiskanih vezij ProtoMat 91S/VS, firme LPKF. Napravo smo že temeljito preizkusili, spoznali njene prednosti in jo kot nepogrešljivi del opreme že nekaj mesecev redno uporabljamo pri razvijanju lastnih tiskanih in kot uslugo vsem, ki bi želeli na ta način izdelati svojo tiskanino.*

tiskanine je izolacija narisane povezave in spajkalnih obočkov komponent z rezkanjem 0,1 do 0,25 mm širokega kanala. Ob tem ostane debelina narisane vezi enaka, torej rezkamo po zunanjem robu povezave. Med posameznimi tako izdelanimi in med seboj izoliranimi vezmi zato ostajajo obočki bakra, ki niso nikamor priključeni. Običajno nas ne motijo, če pa je gostota vezi velika, nam pri nepredvidnem spajkanju lahko povzročajo stike med vezmi. Kako težko se je znebiti spajke med vezmi s samo 0,2 mm širokim kanalom, pa gotovo veste ...! Program za pripravo delovnih datotek nam

# NPN ali PNP tranzistor?

AVTOR: JURE MIKELN

Ko se začnemo ukvarjati z elektroniko, ponavadi nimamo polnih predalov novih elementov. Elementi, ki so nam na voljo so stari, oznake na njih pa slabo vidne. Zato bo naprava, ki jo bomo tokrat predstavili, dober pripomoček za vse, ki se začnemo ukvarjati z elektroniko. Verjamem pa, da bo prav prišla tudi vsem tistim, ki imajo elektroniko že v »malem prstu«, pa vendarle želijo pretestirati, ali je tranzistor, ki ga bodo vgradili v vezje, slučajno uničen.

## Opis vezja

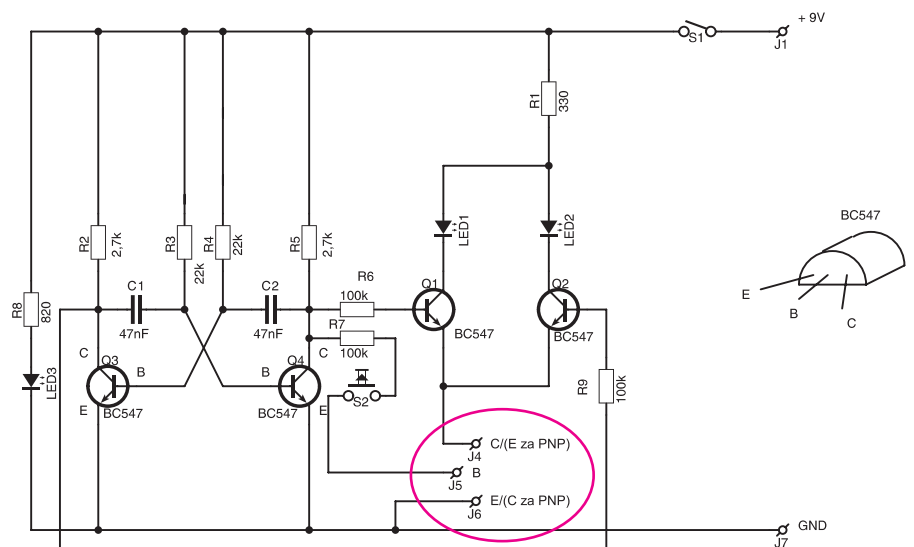
Ko boste videli shemo na sliki 1, boste prepoznali znano vezje astabilnega multivibratorja. Delovanje multivibratorja smo opisali že v prejšnjih številkah naše revije v rubrikah elektronike za začetnike, zato ga tokrat ne bom ponavljal.

Nam je za delovanje vezja pomembno to, da na tranzistorjih Q1 in Q2 dobimo tako imenovana »protifazna« signala. Namreč, če bi izmerili signala na kolektorjih (C) tranzistorjev Q3 in Q4 bi opazili, da sta si »nasprotna«.

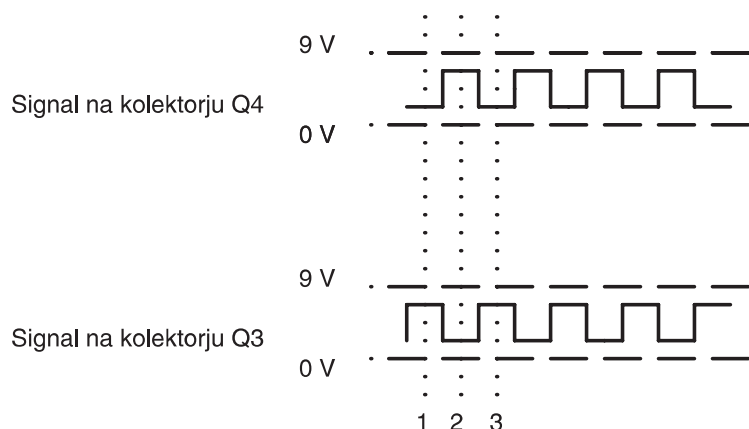
Poglejmo si napetosti na sliki 2. To pomeni, da je v določenem trenutku na kolektorju tranzistorja Q3 visok nivo (točka 1), medtem ko je v istem trenutku na kolektorju tranzistorja Q4 nizek nivo. V točki 2 se situacija obrne in v točki 3 se ponovi situacija iz točke 1. Ker smo že v prejšnjih poglavjih omenili, da se tranzistor lahko obnaša kot stikalo, bomo to praktično videli tudi v tem primeru. Z omenjenima signaloma vklapljammo in izklapljammo tranzistorja Q1 in Q2. In zakaj to počnemo? Bomo takoj videli na sliki 3, kjer smo poizkusno priključili tranzistor. Mi sicer iz sheme vidimo, da smo priključili NPN tranzistor, vendar se pretvarjamo, da tega ne vemo. Kaj se bo dogajalo z našim vezjem? Ob vklopu stikala S1 bo multivibrator začel delovati oziroma oscilirati. Na kolektorjih Q3 in Q4 bodo napetosti, kot prikazano na sliki 2. Podobne nape-

*Vsi, ki berete našo knjižico za elektronike – začetnike, ste verjetno že prišli do vprašanja, kako določiti, ali je tranzistor NPN ali PNP tip? Eden od najzanesljivejših načinov je, da pogledamo v ustrezne tabele. Drugi možni način je, da neznani tranzistor izmerimo z multimetrom. Verjetno obstaja še kakšen način, mi pa vam bomo v tokratnem članku predstavili enostavno vezje, s katerim določite, ali je tranzistor NPN ali PNP tip.*

tosti – le da manjše, bodo na bazi Q1 (na bazi Q2 se pojavi napetost šele ko sklenemo tipko). Ko priključimo neznani tranzistor v naše vezje ter pritisnemo tipko S2, se bo na bazi neznanega tranzistorja pojavila podobna napetost, kot na bazi tranzistorja Q1. Zato bo Q1 v točki 1 zaprt in LED1 ne bo gorela, Q2 pa bo prevajal. In na emitorju Q2 se bo pojavila pozitivna napetost. To pomeni, da se bo tudi na kolektorju našega testnega tranzistorja QT pojavila pozitivna napetost. Ker pa bo na bazi QT nizka napetost, le ta ne bo prevajal in zato tudi LED2 ne bo gorela. Poglejmo, kaj se dogaja v točki 2. Takrat je na bazi Q1 in QT višja napetost, na bazi Q2 pa nizka. Zato Q2 ne bo prevajal in LED2 ne bo gorela. Q1 pa bo prevajal in zato se bo na kolektorju QT



Slika 1: Vezje preizkuševalnika tranzistorjev.



Slika 2: Napetosti na kolektorjih tranzistorjev Q3 in Q4.

transformator vgradili, boste morda morali narediti določene prilagoditve na tiskanem vezju. Naj vam slika 7 služi samo kot idejna rešitev.

**POZOR!!!** Transformator priklopljamo na omrežno napetost, ki je življenjsko nevarna! Zato vse povezave naredite zelo pazljivo in nikakor ne medtem, ko je transformator priklopljen na napetost!

Najbolje je transformatorsko vezje s transformatorjem in varovalkami namestiti v škatlo z vgrajenim mrežnim šuko vtičnikom. Izberite škatlo

V nobenem primeru ne vgrajajte transformatorja v kovinsko škatlo! Prav tako ne priklopljajte transformatorja na omrežno napetost, če ni vgrajen v škatlo in če škatla ni zaprta!

primernih dimenzij z odprtinami za hlajenje, podobno tisti s slike 8. Transformator lahko vgradite tudi v "navadno" škatlo pravokotne oblike, vendar mora biti škatla obvezno narejena iz čvrste plastike.

Transformator s stabilizatorjem povežemo s trožilnim kablom. Bodite pozorni na srednji odcep transformatorja (označen s simbolom za maso), ki ga je potrebno spojiti na enako označen priključek na stabilizatorskem tiskanem vezju. Preostala dva voda lahko spojite po želji. ♀

## Tranzistorski avdio ojačevalnik

AVTOR: VLADIMIR MITROVIĆ

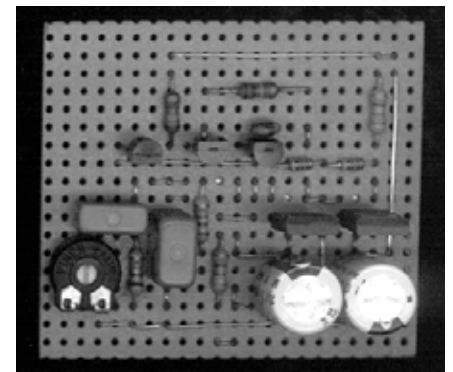
Predstavljamo projekt enega takšnih ojačevalnikov z izhodno močjo okoli 1,5 W. To bo povsem zadostovalo za pogon manjšega zvočnika - večina tranzistorskih sprejemnikov, katerih moč je deklarirana kot 2x10 W ali celo več, dejansko dajo še manj od našega 1,5 W. Deklaracija moči je zelo pogosto samo zviti komercialen trik.

Poceni in kakovosten avdio ojačevalnik z močjo nekaj W lahko danes enostavno naredimo tudi sami s pomočjo kakšnega izmed namenskih integriranih vezij. Vendar sem se sam kljub temu raje odločil za tranzistorsko vezje, ker se bomo preko njega hkrati tudi naučili, kako takšni ojačevalniki delujejo. Koncept, ki sem ga uporabil, je podoben konceptu, ki se ga uporablja v kakovostnih ojačevalnikih znanih proizvajalcev in tudi v mnogih integriranih vezjih. Da pa celoten projekt ne bi postal preveč zapleten, sem uporabil tudi nekaj poenostavitvev.

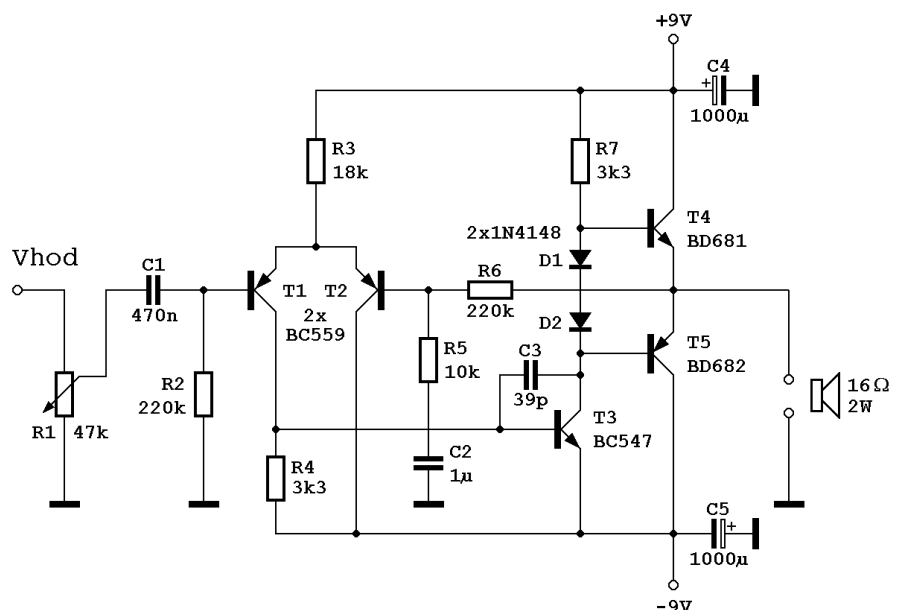
Shema ojačevalnika prikazuje slika 1. Opis začnimo z izhodno stopnjo, ki je narejena v t.i. *push-pull* vezavi (T4, T5). Posebnost takšne vezave je v tem, da tranzistorji izmenično prevajajo tok, ki teče skozi zvočnik. To je ilustrirano na slikah 2a in 2b. Ko je na vhodu pozitivni signal, teče tok

*Med prva vezja, s katerimi se spoprime začetnik elektronike, vsekakor spada tudi tranzistorski avdio-ojačevalnik. Vsi smo tako začeli, zakaj ne bi tudi ti.*

iz izvora pozitivne napetosti (+9V) preko "zgorjega" NPN tranzistorja v zvočnik. Ko je na vhodu negativni signal, pa teče tok skozi zvočnik v drugi smeri: "prihaja" iz mase, nato



Fotografija prototipa ojačevalnika.



Slika 1: Shema avdio ojačevalnika z močjo 2 W.



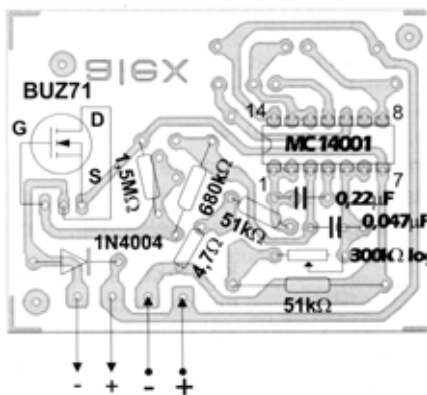
Slika 4: Ohišje in simbol diode 1N40040.

javi v trenutku vklopa napajanja, ko je na izhod vezja priključeno induktivno breme, kakršno motor tudi je.

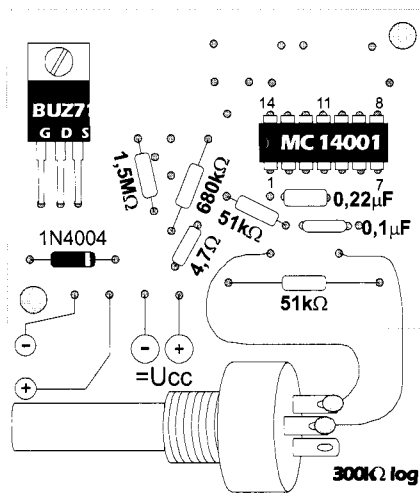
### Izdelava regulatorja

Preden pristopimo k namestitvi elementov, je potrebno s tiskanega vezja odstraniti tanek film bakrene oksida, ki predstavlja naravno zaščito bakrene folije pred globljo oksidacijo. Čiščenje izvedemo z najfinejšim brusnim papirjem.

Namestitvev in spajkanje elementov na ploščico poteka po običajnem vrstnem redu: upori in blok kondenzatorji, dioda ter na koncu aktivne komponente tranzistor in integrirano vezje. Pri spajkanju naj bodo priključki elementov čim manj v neposrednem dotiku z vročim spajkalnikom.



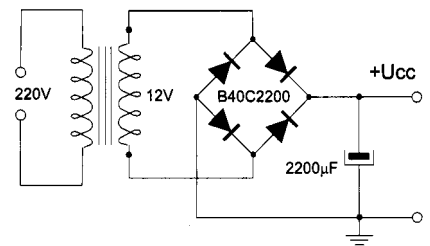
Slika 5: Razpored elementov na tiskanem vezju.



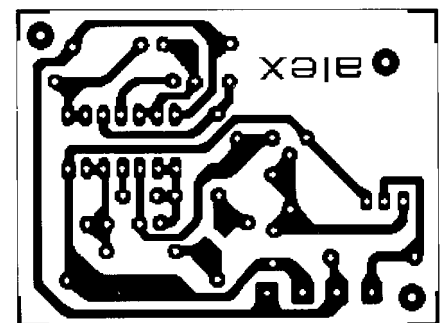
Slika 6: Priključna montažna shema.

Pri tem je posebno pozornost potrebno nameniti namestitvi in spajkanju tranzistorja in integriranega vezja. Ti dve komponenti po odstranitvi zaščitnega staniola nameščamo na tiskano vezje tako, da se njihovih priključkov ne dotikamo s prsti. Za montažo integriranega vezja je možno uporabiti tudi ustrezno 14-pinsko podnožje, medtem ko tranzistor na tiskanino pritrdimo z vijakom.

Na koncu še z ustreznimi pari vodnikov povežemo tiskano vezje s potenciometrom in virom napajanja ter z vrtnalnim strojem (ali s kakim drugim porabnikom z DC motorjem), pri čemer je potrebno zagotoviti pravilno polariteto. Regulator hitrosti s tranzistorjem BUZ71 je dimenzioniran za priklop porabnikov, tj. DC motorjev, maksimalne moči 25 W oziroma za porabo toka do 2 A. V kolikor se pokaže potreba po priklopu na regulator močnejšega porabnika, je potre-



Slika 7: Enostaven napajalnik za napajanje regulatorja.



Slika 11V: Tiskano vezje

bno izhodni tranzistor montirati na ustrezen hladilnik, ki mu bo odvajal odvečno toploto.

Enosmerno napajalno napetost regulatorja izbiramo med 9 in 14 V. V avtu lahko regulator priključimo neposredno na 12 V in z njim spremenjamo hitrost pomožnega ventilatorja, vrtnalnega stroja ali kake druge naprave, ki za svoj pogon uporablja enosmerni motor. Kot samostojni modul pa se lahko regulator napaja iz mrežne napetosti preko preprostega usmernika, ki vsebuje transformator, usmerniški mostiček in elektrolitski kondenzator. ♀

## B|A|S|C|O|M

TEORIJA IN  
PRAKTIČNI PROJEKTI +CD

- OSNOVE PROGRAMIRANJA
- PRIMERI PROGRAMOV
- RAZVOJNA ORODJA

# PROGRAMIRANJE Z AVR ali 8051 MIKROKONTROLERJI



Standardne desetiške vrednosti

100pF	= 0,1nF	= 0,0001uF	= 101
1000pF	= 1nF	= 0,001uF	= 102
10000pF	= 10nF	= 0,01uF	= 103
100000pf	= 100nF	= 0,1uF	= 104
1000000pF	= 1000nF	= 1uF	= 105

vrednost

oznaka

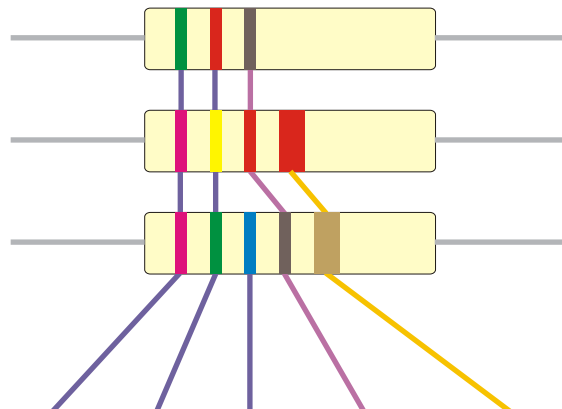
Kodiranje kondenzatorjev

lestvica standardne vrednosti (pF, nF, uF)

E24	10	11	12	13	15	16	18	20
E12	10		12		15		18	
E6	10				15			

E24	22	24	27	30	33	36	39	43
E12	22		27		33		39	
E6	22				33			

E24	47	51	56	62	68	75	82	91
E12	47		56		68		82	
E6	47				68			



AB x D

Toleranca 20%

AB x D

Toleranca 2%

ABC x D

Toleranca 5%

0	0	0	x1		Črna
1	1	1	x10	1%	Rjava
2	2	2	x100	2%	Rdeča
3	3	3	x1k		Oranžna
4	4	4	x10k		Zlata
5	5	5	x100k	0,5%	Zelena
6	6	6	x1M	0,25%	Modra
7	7	7		0,1%	Roza
8	8	8			Siva
9	9	9			Bela
			x0,1	5%	Zlata
			x0,01	10%	Srebrna
A	B	C	D	E	

T05, T018

NPN PNP

BC107	BC177
BC108	BC178
BC109	BC179
BFX84	BC186
BFY50	BC187
2N706	BFX88
2N2369	BCY71
BC286	BC287
	2N2904

T092

NPN PNP

BC183L	BC213L
BC237B	BC557
BC547	BC307B
BC548	2N4402
BC546	
2N3705	
2N3903	

T0220

NPN PNP

BD539	BD540
BD743	BD744
TIP29C	TIP30C
BU407	BD244C
BUP30	BD240C
2N6099	BD242C
BD243C	
D44C10	
BD241C	

\*pogled s strani priključkov  
\*\*pogled s strani oznake

T018

NPN PNP

2N2646	2N4870
2N2647	2N4871

T0126

NPN PNP

BD135	BD136
BD131	BD132
BD437	BD438
BUP41	

SMD SOT23

NPN PNP

BC846B	BC856B
BC847B	BC857B
BC848B	BC858B
BC849B	BC859B