

PRIRUČNIK ZA PRAKTIČNU NASTAVU

SADRŽAJ

1. ZAŠTITNE MERE U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA	4
1.1 Uticaj električne struje na čoveka.....	4
1.2 Zaštita od električnog udara.....	5
2. OSNOVNE ELEKTRONSKE KOMPONENTE	7
2.1 Otpornici.....	7
2.2 Kondenzatori.....	10
2.3 Kalemovi	12
2.4 Diode.....	13
2.5 Tiristori, triaci, diaci	15
2.6 Tranzistori	15
2.7 Označavanje dioda i tranzistora	18
2.8 Integrisana kola.....	19
2.9 Opto-elektronske komponente	20
2.10 Mikrokontroleri.....	21
2.11 SMD komponente	21
2.12 Mrežni transformatori	22
2.13 Releji	23
2.14 Zvučnici i mikrofoni.....	23
2.15 Ostale komponente	25
3. PROVERA ISPRAVNOSTI KOMPONENATA	27
3.1 Multimetri.....	27
3.1.1 Merenje analognim multimetrom	29
3.1.2 Merenje digitalnim multimetrom	31
3.2 Provera ispravnosti otpornika.....	32
3.3 Provera ispravnosti osigurača	32
3.4 Provera ispravnosti transformatora i kalemova	32
3.5 Provera ispravnosti zvučnika i mikrofona	34
3.6 Provera ispravnosti kondenzatora.....	34
3.7 Provera ispravnosti dioda.....	35
3.8 Provera ispravnosti bipolarnih tranzistora	37
4. LEMLJENJE	39
4.1 Alat.....	39
4.2 Spajanje žica lemljenjem.....	41
4.3 Lemljenje žice na metalnoj površini.....	42
4.4 Lemljenje otpornika na bakarnoj foliji	42
4.5 Lemljenje na štampanoj ploči.....	43

4.6	Lemljenje SMD komponenata	44
5.	IZRADA ŠTAMPANIH PLOČA.....	46
5.1	Precrtavanje crteža na ploču.....	46
5.2	Prenošenje crteža pomoću Letraseta.....	47
5.3	Prenošenje crteža prenošenjem tonera	47
5.4	Prenošenje crteža foto postupkom.....	48
5.5	Nagrizanje	50
5.6	Bušenje rupica na štampanoj ploči.....	51
5.7	Univerzalne štampane ploče	51
5.8	Laboratorijska ploča	52

1. ZAŠTITNE MERE U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA

1.1 Uticaj električne struje na čoveka

Čovek je izložen opasnosti od električnog udara ako je u direktnom kontaktu sa provodnikom pod naponom ili ako se nalazi u neposrednoj blizini provodnika pod naponom. Prvo dejstvo električne struje koje čovek oseti kada dodirne provodnik pod naponom naziva se **električni (strujni) udar**. Izraz „električni udar“ koristi se zato što u trenutku dodira provodnika pod naponom čovek nekontrolisano brzo odmiče deo tela ili celo telo.

Dejstvo električne struje na čoveka može biti:

1. **toplotno**; ispoljava se pojavom opekotina na koži i unutrašnjim organima (zbog otpornosti tela i Džulovog zakona).
2. **mehaničko**; ispoljava se naglim i nekontrolisanim grčenjem mišića, što može dovesti do mehaničkih povreda.
3. **hemijsko**; ispoljava se razlaganjem tkiva usled dejstva jednosmerne struje.

Dejstvo električne struje zavisi od:

1. **jačine struje**; pri struji od 1mA, malim stezanjem mišića, javlja se prvi osećaj da kroz telo protiče električna struja. Struja od 20mA izaziva grčenje mišića grudnog koša, čime se znatno otežava disanje. Struja od 100mA smatra se smrtonosnom ako protiče 3 sekunde.
2. **frekvencije struje**; najopasnije su struje frekvencije 50-60Hz.
3. **putanje struje kroz telo**; najopasnije je ako struja prolazi kroz glavu i grudni koš.
4. **vremena delovanja**; duže delovanje izaziva veće posledice.
5. **otpornosti izolacije i tela**; manje otpornosti izolacije (obuća, rukavice) i tela omogućavaju proticanje jače struje (Omov zakon) što dovodi do većih posledica. Otpornost tela najviše zavisi od otpornosti kože, koja, kada se čovek kupa, može iznositi samo 500Ω.
6. **polu i uzrasta**; najosetljivija su deca, zatim žene i odrasli muškarci.

Čovek može da doživi električni udari u sledeća tri slučaja:

1. slučaj – ako dodirne dva provodnika (na primer, fazni i nulti provodnik) koji su na različitom potencijalu.
2. slučaj – ako dodirne provodnik pod naponom (na primer, fazni provodnik) i metalni predmet (na primer, slavina) koji je u neposrednoj vezi sa zemljom.
3. slučaj – ako dodirne provodnik pod naponom (na primer, fazni provodnik) i pri tome stoji na zemlji.



Sl.1.1 Primeri mogućnosti pojave električnog udara

1.2 Zaštita od električnog udara

Napon dodira je razlika potencijala između provodnika pod naponom i zemlje, koju čovek premošćuje svojim telom ako dodirne provodnik pod naponom. **Dozvoljeni napon dodira** (50V za naizmenničnu i 120V za jednosmernu struju) je napon dodira koji nije opasan za ljude. Osim pomenutih, za dozvoljeni napon dodira definisane su i druge vrednosti (na primer, u medicinskim prostorijama dozvoljeni napon dodira je 25V za naizmenničnu i 60V za jednosmernu struju).

Zaštita od električnog udara podeljena je na:

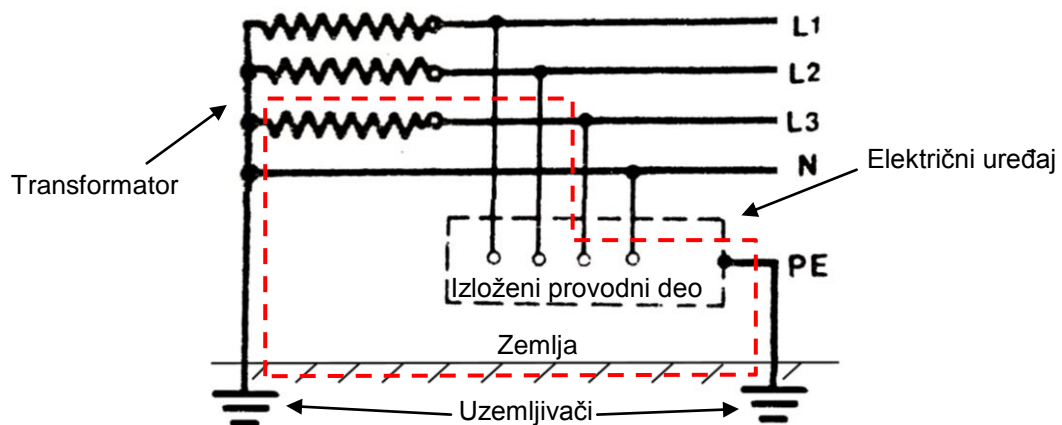
- **Zaštita od direktnog dodira**, koja štiti od dodira delova električnog kola, koji su pri normalnom radu pod naponom.
- **Zaštita od indirektnog dodira**, koja štiti od previsokog napona dodira koji se, usled kvara, može pojaviti dodiranjem delova koji ne pripadaju električnom kolu i pri normalnom radu nisu pod naponom.
- **Istovremenu zaštitu od direktnog i indirektnog dodira**.

Mere zaštite od direktnog dodira:

1. **Zaštita izolovanjem** delova pod naponom izolacijom koja se može ukloniti samo njenim razaranjem.
2. **Zaštita pregradama ili kućištima** koja onemogućavaju slučajni dodir delova pod naponom, a ne mogu se ukloniti bez upotrebe alata.
3. **Zaštita preprekama** koje onemogućavaju slučajni dodir delova pod naponom, a mogu se ukloniti bez upotrebe alata.
4. **Zaštita postavljanjem van dohvata ruke** delova pod naponom, tako da se onemogući slučajni dodir. Smatra se da je visina od 2,5m iznad tla dovoljna za postavljanje delova pod naponom. U horizontalnom pravcu, minimalno rastojanje za postavljanje delova pod naponom do mesta gde može da stane čovek iznosi 1,25m.

Mere zaštite od indirektnog dodira:

1. **Zaštita automatskim isključenjem napajanja** sastoji se u tome da se u slučaju kvara automatski, uz pomoć zaštitnog uređaja, isključi napajanje i na taj način spreči nastajanje napona dodira sa takvom vrednošću i trajanjem koji bi izazvali štetna dejstva kod čoveka. Ovo se postiže spajanjem izloženih provodnih delova (metalna kućišta uređaja) sa zaštitnim provodnikom (uzemljenje) koji se kod TT sistema zaštite spaja sa uzemljivačem.



Sl.1.2 TT sistem zaštite

U slučaju kvara obrazuje se strujno kolo koje je na slici 1.2 označeno crvenom isprekidanom linijom. Kroz označeno strujno kolo teče znatno jača struja nego pri normalnom radu, zbog čega osigurač prekida napajanje električnog uređaja.

Za TT sistem zaštite treba da bude ispunjen uslov:

$$R_A \cdot I_a \leq U_{dd}$$

gde je:

R_A – otpornost izloženog provodnog dela prema zemlji,

I_a – struja pri kojoj zaštitni uređaj automatski, za određeno vreme, isključuje napajanje,

U_{dd} – dozvoljeni napon dodira.

Zaštitni uređaj prekomerne struje (osigurač) treba da isključi napajanje u vremenu do 5s, a zaštitni uređaj diferencijalne struje (sklopka) u vremenu do 1s.

- 2. Zaštita dopunskim izjednačavanjem potencija** sastoji se u povezivanju svih izloženih provodnih delova i stranih provodnih delova (radijator, vodovodna cev i sl.) koji se mogu istovremeno dodirnuti. Ova zaštitna mera primenjuje se onda kada se zahtevi za dozvoljeni napon dodira i vreme isključenja zaštitnog uređaja ne mogu ispoštovati. Kod ove zaštitne mere treba da bude ispunjen uslov:


$$R \cdot I_a \leq U_{dd}$$

gde je:

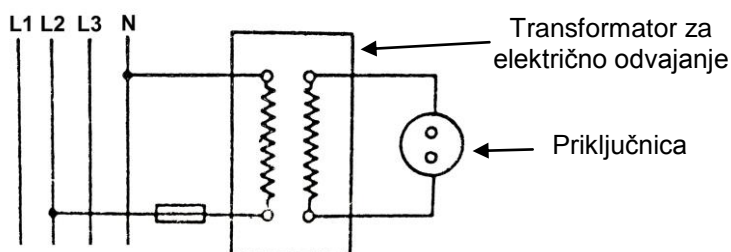
R – otpornost između izloženih i stranih provodnih delova koji se mogu istovremeno dodirnuti,

I_a – struja pri kojoj zaštitni uređaj automatski, za određeno vreme, isključuje napajanje,

U_{dd} – dozvoljeni napon dodira.

- 3. Zaštita upotrebom uređaja klase II** kod kojih se kućišta izrađuju od izolatora. Na ovakvim uređajima (na primer, usisivač, mikser) nalazi se simbol .

- 4. Zaštita električnim odvajanjem** postiže se upotrebom transformatora za električno odvajanje. Ako dođe do kvara na sekundarnoj strani, ne može se obrazovati električno kolo sa transformatorom, čovekom i zemljom jer sekundarni namotaj transformatora nije uzemljen.



Sl.1.3 Zaštita električnim odvajanjem

Upotrebom bezbednosnog malog napona (25V za naizmennu i 60V za jednosmernu struju), dobijenog odgovarajućim uređajima (transformatori, elektrohemijski izvori itd.), postiže se istovremena zaštita od direktnog i indirektnog dodira.

U slučaju električnog udara najpre treba prekinuti proticanje struje kroz telo nastradalog. Onaj ko ukazuje pomoć to mora učiniti ne dodirujući uređaj pod naponom ili telo nastradalog. Zavisno od situacije, proticanje struje može se prekinuti pomoću prekidača, osigurača, vađenjem utikača iz utičnice, uklanjanjem žice suvim drvenim štapom, odsecanjem žice sekirom sa drvenom drškom. Nakon prekida dejstva struje treba zatražiti lekarsku pomoć. Ako unesrećeni krvari, treba zaustaviti krvarenje. Ako je došlo do prekida rada srca i pluća, treba primeniti veštačko disanje i masažu srca.

2. OSNOVNE ELEKTRONSKE KOMPONENTE

Elektronika je deo nauke i tehnike koji se bavi: 1. proučavanjem provođenja elektriciteta kroz vakuum, gasove i poluprovodnike, 2. proučavanjem i primenom komponenata čiji rad je zasnovan na provođenju elektriciteta kroz vakuum, gasove i poluprovodnike.

Elektronske komponente podeljene su na **aktivne** i **pasivne**.

Aktivne komponente su one komponente koje vrše pojačanje struje na račun energije pomoćnog jednosmernog izvora bez kojeg ne mogu da rade, i od kojih zavise smerovi struja u granama električnih kola. Uobičajeno je da se u aktivne komponente ubrajaju sve poluprovodničke komponente (diode, tranzistori, integrisana kola i druge). Dakle, u aktivne komponente ubrajaju se i one poluprovodničke komponente, kao što su diode, koje ne vrše pojačanje struje i koje mogu da rade bez pomoćnog jednosmernog izvora.

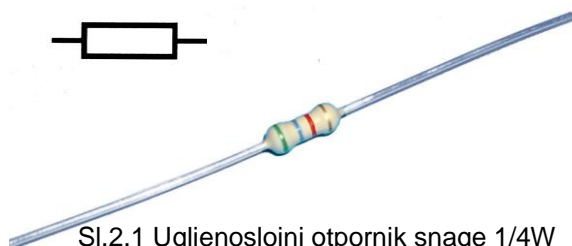
Pasivne komponente su one komponente koje ne vrše pojačanje struje, mogu da rade bez pomoćnog jednosmernog izvora i od kojih ne zavise smerovi struja u granama električnih kola. U pasivne komponente ubrajaju se otpornici, kondenzatori, kalemovi i druge komponente. Električni uređaji sadrže samo pasivne, a elektronski i aktivne komponente.

2.1 Otpornici

Otpornici su najčešće korišćene komponente u elektronskim uređajima, pomoću kojih se u granama električnih kola uspostavljaju potrebne jačine struja i naponi. Otpornik se sastoji od otpornog materijala koji se nalazi na podlozi od izolacionog materijala. Iz tela otpornika izlaze dva metalna provodnika (nožice-priključci), koji omogućavaju ugradnju otpornika na štampanim pločama. S obzirom da nije polarizovan (nema pozitivan i negativan pol), nevažno je kako će biti okrenut prilikom ugradnje.

Fizička veličina karakteristična za otpornike naziva se otpornost, a jedinica za njeno merenje je Om (Ω). S obzirom da se električna energija na otporniku pretvara u toplotu, važna veličina za otpornike je i nominalna (nazivna) snaga, a jedinica za njeno merenje je Vat (W). Nominalna snaga je najveća snaga električne struje, koja teče kroz otpornik, koju on može da izdrži u relativno dugom periodu, a da pri tome njegove karakteristike ostanu u zadatim granicama. To znači da proizvod napona na otporniku i struje kroz otpornik, ne sme biti veći od nominalne snage otpornika. U elektronskim kolima najčešće se koriste otpornici snage 1/4W (njihovo telo dugačko je oko 6mm) ili 1/2W (njihovo telo dugačko je oko 9mm). Proizvode se i otpornici manjih (1/8W i 1/16W) i većih snaga (1W, 2W, 5W itd.).

Prema tome od čega je izrađen otporni deo, otpornici su podeljeni na ugljenoslojne (tolerancija je $\pm 5\%$), metaloslojne (tolerancija je $\pm 1\%$), žičane i dr.



Sl.2.1 Ugljenoslojni otpornik snage 1/4W



Sl.2.2 Metaloslojni otpornik snage 1/4W

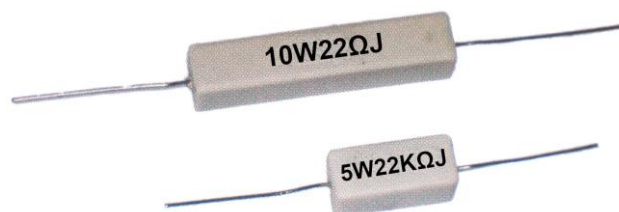
Telo ugljenoslojnih otpornika (sl.2.1) najčešće je oker boje, a telo metaloslojnih (sl.2.2) svetlo-plave ili zelene boje.

Otpornici preko 2W snage su najčešće žičani otpornici (sl.2.3) u keramičkom kućištu i imaju na sebi odštampane vrednosti snage, otpornosti, tolerancije i slovo koje određuje maksimalnu radnu temperaturu. Na telima snažnih otpornika, ali i u električnim šemama, otpornost može biti ispisana na različite načine:

$$6,8k\Omega = 6,8k = 6k8$$

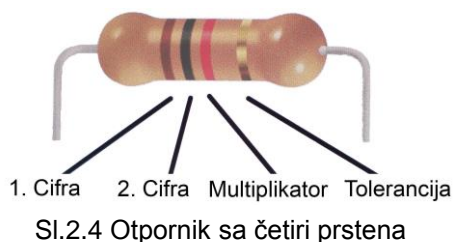
$$470\Omega = 470R = 470E$$

$$1,2M\Omega = 1M2$$

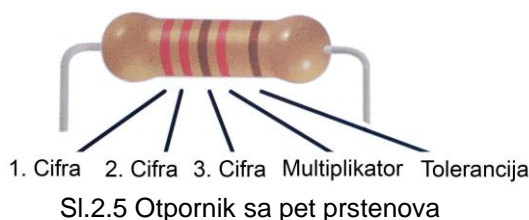


Sl.2.3 Žičani (keramički) otpornici snage 10W i 5W

Kod otpornika manjih snaga (ugljenoslojni i metaloslojni) otpornost i tolerancija se označavaju pomoću prstenova u boji nacrtanih na telu otpornika. Broj prstenova je četiri ili pet. Prva dva (tri) prstena određuju prve dve (tri) cifre. Treći (četvrti) prsten određuje multiplikator. Četvrti (peti) prsten određuje toleranciju. Ako se na telu otpornika nalazi i šesti prsten, on određuje temperaturni koeficijent otpornosti.



Sl.2.4 Otpornik sa četiri prstena



Sl.2.5 Otpornik sa pet prstenova

BOJA	CIFRA	MULTIPLIKATOR (broj nula)	TOLERANCIJA
SREBRNA	-	10^{-2}	$\pm 10\%$
ZLATNA	-	10^{-1}	$\pm 5\%$
CRNA	0	1	-
BRAON	1	10^1	$\pm 1\%$
CRVENA	2	10^2	$\pm 2\%$
NARANDŽASTA	3	10^3	-
ŽUTA	4	10^4	-
ZELENA	5	10^5	$\pm 0.5\%$
PLAVA	6	10^6	$\pm 0.25\%$
LJUBIČASTA	7	10^7	$\pm 0.1\%$
SIVA	8	10^8	$\pm 0.05\%$
BELA	9	10^9	

Za otpornik prikazan na slici 2.4 otpornost se određuje na sledeći način:

1. prsten – braon => prva cifra je 1
2. prsten – crni => druga cifra je 0
3. prsten – crveni => multiplikator je 10^2
4. prsten – zlatni => tolerancija je $\pm 5\%$

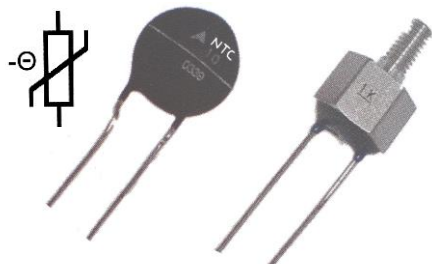
Na osnovu prethodno očitanih vrednosti dobija se da je otpornost otpornika:

$$10 \cdot 10^2 \Omega \pm 5\% = 1000 \Omega \pm 5\% = 1k\Omega \pm 5\%$$

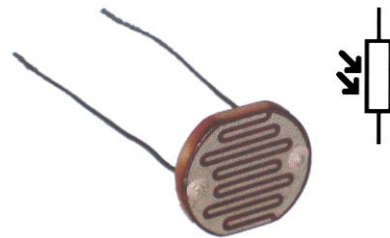
Zlatni i srebrni prsten nikada ne mogu biti na prvom mestu u nizu prstenova koji se nalaze na telu otpornika. Kod ugljenoslojnih otpornika na poslednjem mestu uvek je zlatni prsten. Kod metaloslojnih otpornika na poslednjem mestu uvek je prsten braon boje. Prilikom određivanja otpornosti metaloslojnih otpornika može se desiti da se na oba kraja otpornika nalaze prstenovi braon boje. U takvoj situaciji prsten koji određuje toleranciju

može se uočiti po tome što je rastojanje između njega i prethodnog prstena nešto veće nego što su rastojanja između ostalih prstenova.

Kod otpornika koji su prethodno opisani otpornost je konstantna i ne zavisi od temperature, napona, svetlosti, tako da je zavisnost između napona i struje linearna, zbog čega se takvi otpornici zovu **linearni otpornici**. Postoje i **nelinearni otpornici** kod kojih zavisnost između napona i struje nije linearna, jer otpornost nije konstantna i zavisi od temperature, napona, svetlosti. **NTC (Negative Temperature Coefficient)** otpornici (sl.2.6) su otpornici čija se otpornost smanjuje pri porastu temperature okoline. **PTC (Positive Temperature Coefficient)** otpornici su otpornici čija se otpornost povećava pri porastu temperature okoline. Foto (**LDR-Light Dependent Resistors**) otpornici (sl.2.7) su otpornici čija se otpornost smanjuje pri porastu jačine svetlosti koja pada na njih. Varistori (**VDR-Voltage Dependent Resistors**) su otpornici čija se otpornost naglo smanjuje kada napon na njima poraste iznad određene vrednosti.



Sl.2.6 NTC otpornici



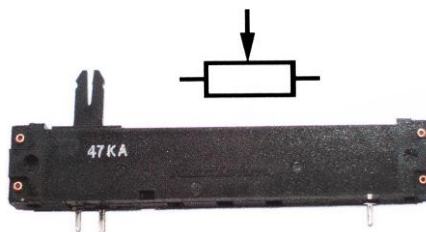
Sl.2.7 FOTO otpornik

Potenciometri su otpornici čija otpornost može da se menja, a koriste se za promenu nekog stanja u uređajima (promena frekvencije zvuka, promena brzine motora itd.). Promena otpornosti postiže se pomeranjem klizača po otpornom materijalu. Kod potenciometara sa osovinom (sl.2.8) pomeranje klizača je kružno, a kod šiber potenciometara (sl.2.9) pomeranje klizača je pravolinijsko. Prema konstrukciji, podeljeni su u dve grupe: nenamotane (slojne) i motane (žičane). Kod nenamotanih, otporni materijal je u tankom sloju nanesen na izolatorsku podlogu, dok je kod motanih otporni materijal žica namotana na izolatorsku podlogu. Žičani potenciometri se izrađuju sa većim nominalnim snagama i omogućavaju podešavanje sa većom tačnošću. Potenciometri su podeljeni još i na mono, stereo, linearne i logaritamske. Stereo potenciometar čine dva potenciometra smeštena u zajedničkom kućištu, sa klizačima na zajedničkoj osovini, tako da se oba klizača pomeraju istovremeno. Za logaritamske potenciometre važi da je zavisnost otpornosti od položaja klizača logaritamska, dok je kod linearnih potenciometara zavisnost otpornosti od položaja klizača linearna. Linearni u oznaci imaju slovo A, a logaritamski slovo B. Prečnik osovine može biti 6mm (0,4W) ili 4mm (0,25W).

Da bi se lakše vršilo podešavanje potenciometrom, koriste se specijalna dugmad-kapice (sl.2.10), koja se montiraju na vrh osovine potenciometra.



Sl.2.8 Potenciometar sa osovinom



Sl.2.9 Šiber potenciometar



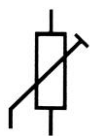
Sl.2.10 Dugmad za potenciometre

Trimer potenciometri (sl.2.11) su potenciometri malih dimenzija kod kojih se podešavanje otpornosti vrši pomoću odvijača (šrafcičigera). Trimer potenciometri mogu biti stojeći i ležeći. Njihova nominalna snaga može biti 0,1W i 0,25W. Višeobrtni trimer potenciometri (sl.2.12) su vrsta trimer potenciometara koji se koriste onda kada je

potrebna velika preciznost u podešavanju otpornosti. Kod običnih trimer potencimetara klizač ima hod oko 300° , a kod višeobrtnih trimer potencimetara petnaest krugova.



Sl.2.11 Trimer potencimetri



Sl.2.12 Višeobrtni trimer potencimetri

2.2 Kondenzatori

Kondenzatori su komponente koje se koriste skoro isto tako često kao i otpornici. Kondenzator se sastoji od dve metalne ploče-trake (najčešće izrađene od aluminijuma) odvojene izolatorom (dielektrik), a odlikuju ga sledeće osobine: zadržava elektricitet, propušta naizmeničnu struju, ne propušta jednosmernu struju. Zbog navedenih osobina, kondenzatori se koriste u električnim filtrima, oscilatorima, kao sprežni elementi itd.

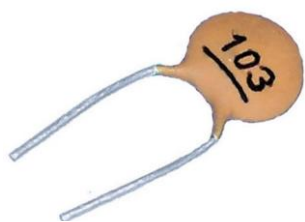
Fizička veličina karakteristična za kondenzatore naziva se kapacitivnost, a jedinica za njeno merenje je Farad (F).

Druga važna veličina za kondenzatore je radni napon, koji ne sme biti veći od maksimalnog radnog napona, kako ne bi došlo do oštećenja kondenzatora.

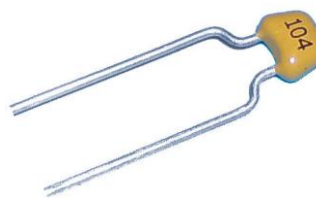
Zavisno od dielektrika, kondenzatori su podeljeni na: keramičke, poliester, polipropilen, stirofleksne itd.

Keramički kondenzatori (sl.2.13), kapacitivnosti od 1pF do 100nF, nemaju neku posebnu stabilnost kapacitivnosti i imaju dosta veliku toleranciju, ali su veoma jeftini. Izrađuju se u obliku diskova ili cevčica i malih su dimenzija. Za obeležavanje kapacitivnosti koristi se eksponencijalni zapis. Na primer, ako je na telu kondenzatora ispisan broj 103, kapacitivnost kondenzatora, u pF, određuje se tako što se broj koji obrazuju prve dve cifre (10), pomnoži brojem 10^3 (eksponent 3 je treća cifra u zapisu 103), ili jednostavnije, kapacitivnost se određuje tako što se broju koji obrazuju prve dve cifre (10) doda onoliki broj nula kolika je vrednost treće cifre u zapisu.

Višeslojni keramički kondenzatori, sl.2.14, (100pF do $1\mu\text{F}$) imaju dielektrik iz više slojeva. Malih su dimenzija i za obeležavanje kapacitivnosti koristi se eksponencijalni zapis.

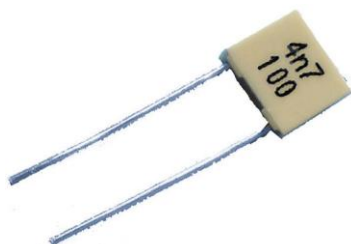


Sl.2.13 Keramički kondenzator



Sl.2.14 Višeslojni keramički kondenzator

U poređenju sa keramičkim, poliester (sl.2.15 i sl.2.16) i polipropilen (sl.2.17) kondenzatori mogu da imaju veću kapacitivnost (do $33\mu\text{F}$), temperaturno su stabilniji, imaju malu toleranciju i većih su dimenzija.



Sl.2.15 Poliester kondenzator



Sl.2.16 Poliester kondenzator



Sl.2.17 Polipropilen kondenzator

Oznaka na telu poliester kondenzatora prikazanog na slici 2.15 ukazuje da je kapacitivnost 4,7nF, a maksimalni radni napon 100V. Oznake na telima poliester i polipropilen kondenzatora prikazanim na slikama 2.16 i 2.17, ukazuju da je kapacitivnost 0,047 μ F, a maksimalni radni napon 400V. Ako oznaka sadrži slovo S ili T, kondenzator je poliester, a ako sadrži slovo P, kondenzator je polipropilen. Slova J, K i M na telima poliester kondenzatora označavaju toleranciju $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ i $\pm 20\%$, respektivno. Poliester i polipropilen kondenzatori se uobičajeno nazivaju blok kondenzatori. Keramički, poliester i polipropilen kondenzatori su nepolarizovani.

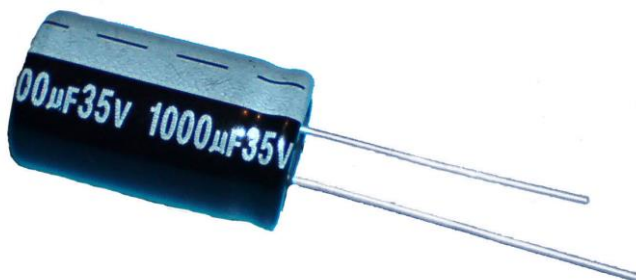
Polarizovani kondenzatori imaju pozitivan i negativan pol, zbog čega treba voditi računa kako će biti okrenuti prilikom njihove ugradnje. Pozitivan pol mora da se priključi u tačku u kojoj je jednosmerni napon veći od napona u tački u kojoj je priključen negativan pol. U suprotnom, u polarizovanom kondenzatoru posle izvesnog vremena, usled elektrolize, dolazi do razaranja dielektrika, čime kondenzator postaje trajno uništen. Razaranje dielektrika može dovesti do velikog zagrevanja elektrolita, što za posledicu može imati eksploziju kondenzatora.

U polarizovane kondenzatore spadaju aluminijumski i tantalovi elektrolitski kondenzatori. Kod aluminijumskih, dielektrik je oksid aluminijuma, a kod tantalovih oksid tantala. Za oba tipa kondenzatora karakteristično je da elektrolit predstavlja jednu elektrodu, kao i to da mogu da imaju veliku kapacitivnost. Aluminijumski elektrolitski kondenzatori mogu da imaju kapacitivnost do nekoliko mF, a tantalovi do 330 μ F. Tantalovi imaju malu toleranciju, temperaturno su stabilniji, manjih su dimenzija. Zbog boljih osobina, tantalovi elektrolitski kondenzatori mogu efikasno da zamenjuju aluminijumske elektrolitske kondenzatore čija je kapacitivnost i deset puta veća.



Sl.2.18 Aksijalni aluminijumski elektrolitski kondenzator

Kod aksijalnih (ležećih) aluminijumski elektrolitski kondenzatora (sl.2.18) nožice su postavljene aksijalno. Pozitivna nožica označena je suženjem, u obliku prstena, na telu kondenzatora, dok je negativna označena minusom na telu kondenzatora.



Sl.2.19 Radijalni aluminijumski elektrolitski kondenzator



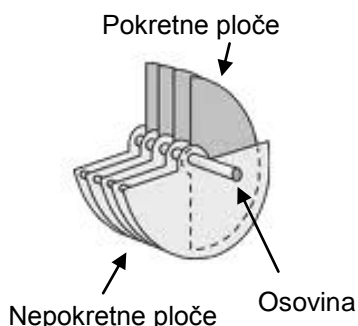
Sl.2.20 Tantalov elektrolitski kondenzator

Kod radijalnih (stojećih) aluminijumskih elektrolitskih kondenzatora (sl.2.19) nožice su postavljene radijalno. Pozitivna nožica je veće dužine od negativne. Na telu kondenzatora na strani negativne nožice nalazi se i red minusa. Brojevi koji su ispisani na telima aluminijumskih elektrolitskih kondenzatora predstavljaju kapacitivnost i maksimalni radni napon.

Pozitivna nožica tantalovog elektrolitskog kondenzatora (sl.2.20) označava se, na telu kondenzatora, znakom plus i crticom. Brojevi koji su ispisani na telu tantalovog

elektrolitskog kondenzatora, prikazanog na slici 2.20, predstavljaju kapacitivnost ($4,7\mu\text{F}$) i maksimalni radni napon (35V).

Pored pomenutih kondenzatora sa fiksnom kapacitivnošću, postoje i promenljivi kondenzatori (sl.2.21) čija se kapacitivnost može menjati. Ovi kondenzatori uglavnom se koriste u radio tehnici za promenu stanica promenom kapacitivnosti, odnosno frekvencije. Postoje i mali promenljivi-trimer kondenzatori (sl.2.22), koji se obično koriste za fino podešavanje frekvencije.



Sl.2.21 Presek, simbol i izgled promenljivog kondenzatora



Sl.2.22 Trimer kondenzator

2.3 Kalemovi

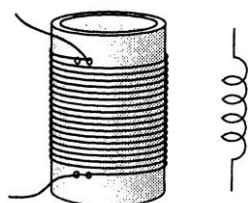
Kalemovi su komponente koje se najčešće sreću u radio-predajnicima, radio-prijemnicima i drugim uređajima koji imaju oscilatorna kola.

Fizička veličina karakteristična za kalemove naziva se induktivnost, a jedinica za njeno merenje je Henri (H).

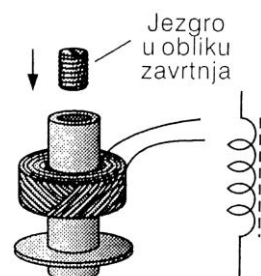
Jednoslojni kalem bez jezgra (sl.2.23), sastoji se od određenog broja navojaka, lakom izolovane bakarne žice, namotanih na kalemskom telu od kartona, plastike ili nekog drugog izolacionog materijala.

Višeslojni kalem sa jezgrom (sl.2.24) ima plastično kalemsko telo u kome je urezan navoj, tako da u njemu može da se ušrafi kalemsko jezgro od feromagnetnog materijala u obliku zavrtnja. Na kalemskom telu su u više slojeva unakrsno namotani navojci, lakom izolovane, bakarne žice. Okretanjem jezgra, pomoću odvijača, dolazi do njegovog pomeranja čime se menja induktivnost kalema.

Samonoseći kalem (sl.2.25) ima nekoliko navojaka izrađenih od deblje bakarne žice (prečnika oko 1mm). Zbog debljine žice, nije potrebno kalemsko telo. Induktivnost se menja razvlačenjem ili sabijanjem navojaka.



Sl.2.23 Jednoslojni kalem bez jezgra



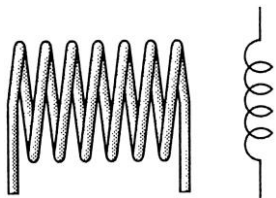
Sl.2.24 Višeslojni kalem sa jezgrom

Kalem može biti smešten i u lončastom kućištu (sl.2.26) izlivenom od feromagnetnog materijala. Zavrtnjem, koji je takođe od feromagnetnog materijala, menja se induktivnost kalema.

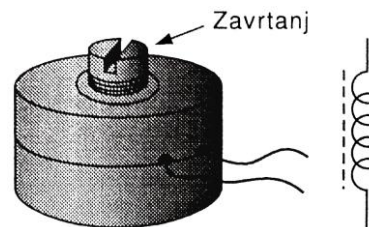
Aksijalna induktivnost je kalem sličan metaloslojnom otporniku (sl. 2.2) jer ima telo zelene boje na kome su prstenovi u boji koji označavaju induktivnost i toleranciju.

Prigušnice su kalemovi koji imaju veliku induktivnost.

Kalemovi su nepolarizovane komponente.



Sl.2.25 Samonoseći kalem



Sl.2.26 Kalem u lončastom kućištu

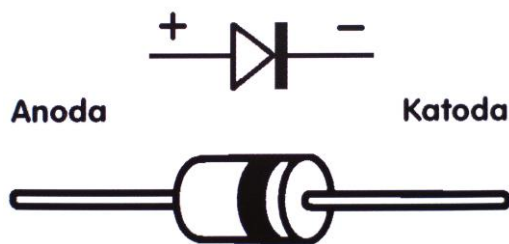
2.4 Diode

PN spoj dobija se tako što se poluprovodnik obradi tako da jedan njegov deo bude P, a drugi deo N tipa. Poluprovodnik kod kojeg su glavni (većinski) nosioci elektriciteta slobodni negativni nosioci elektriciteta (slobodni elektroni), naziva se poluprovodnik N tipa. U poluprovodniku N tipa slobodne šupljine su sporedni (manjinski) nosioci elektriciteta. Poluprovodnik kod kojeg su glavni nosioci elektriciteta slobodni pozitivni nosioci elektriciteta (slobodne šupljine), naziva se poluprovodnik P tipa. U poluprovodniku P tipa slobodni elektroni su sporedni (manjinski) nosioci elektriciteta.

Dioda je poluprovodnička komponenta sa plastičnim, metalnim ili staklenim kućištem u kome se nalazi PN spoj i iz kojeg izlaze dva metalna priključka (nožice). Priključak P oblasti naziva se anoda (A), a priključak N oblasti naziva se katoda (K). Naziv potiče od grčko-latinske kombinacije reči *di*-dva, *ode*-puta.



Sl.2.27 Presek diode



Sl.2.28 Simbol, izgled i polaritet najčešće upotrebljivanih dioda

Dioda je direktno polarisana ako je spoljni napon između anode i katode pozitivan. Dioda je inverzno polarisana ako je spoljni napon između anode i katode negativan. Pri direktnoj polarizaciji dioda ima malu (6Ω), a pri inverznoj veliku ($600k\Omega$) otpornost, pa je struja kroz diodu mnogo veća pri direktnoj nego pri inverznoj polarizaciji. Zato se za direktno polarisanu diodu kaže da je provodna, odnosno da provodi, a za inverzno polarisanu da je neprovodna, odnosno da ne provodi. Prag provođenja U_p je minimalni napon ($0,6V$ za silicijum, $0,2V$ za germanijum) između anode i katode pri kome kroz diodu počinje da teče struja od anode ka katodi.

Prema nameni, diode su podeljene na ispravljačke, univerzalne, zenerove, LED i druge.

Ispravljačke diode (sl.2.29) koriste se u ispravljačima za pretvaranje naizmennog u jednosmerni napon. Najvažnije karakteristike ispravljačkih dioda su maksimalna struja pri direktnoj polarizaciji (I_{Fmax}) i maksimalni napon koji mogu da podnesu pri inverznoj polarizaciji (U_{Rmax}). Četiri ispravljačke diode koje su u zajedničkom kućištu povezane na odgovarajući način, čine Grec-ov spoj (sl.2.30).

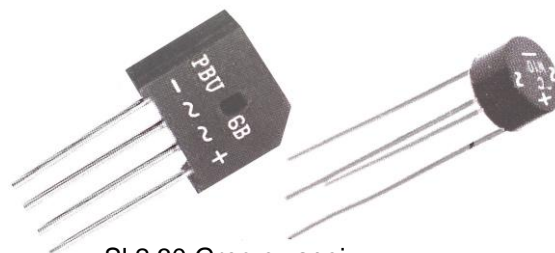
Sivi prsten na kućištu ispravljačke diode ukazuje gde se nalazi katoda. Simboli \sim (tilda) na kućištu Grec-ovog spoja ukazuju na kojim nožicama se dovodi naizmennični napon, a simboli + i - ukazuju na nožice na kojima se dobija jednosmerni napon.

DO - **D**iode **O**utline

Univerzalne diode (sl.2.31) imaju takve karakteristike da mogu da se koriste za različite namene. Na primer, za zaštitu električnih kola od pogrešnog polariteta baterija, za zaštitu tranzistora od elektromotornih sila koje se indukuju u kalemovima releja itd.



Sl.2.29 Ispravljačka dioda (kućište DO-41)



Sl.2.30 Grec-ov spoj

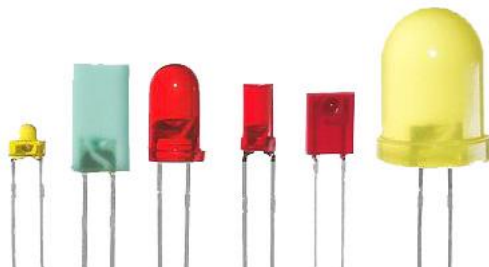


Sl.2.31 Univerzalna dioda (kućište DO-35)

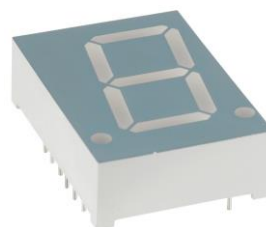
Crni prsten na staklenom kućištu univerzalne diode ukazuje gde se nalazi katoda.

Zenerove diode su stabilizatorske diode, koje se koriste za stabilizaciju jednosmernog napona. Za razliku od većine drugih dioda, normalni režim rada Zenerovih dioda je pri inverznoj polarizaciji. Najvažnije karakteristike Zenerovih dioda su Zenerov napon (U_z), odnosno vrednost napona koji stabilišu, maksimalna struja kroz diodu (I_z) i maksimalna snaga disipacije (P_D). Broj koji sadrži oznaka na kućištu Zener diode je Zenerov napon u voltima. Zenerove diode snage 2W i 5W imaju kućište kakvo imaju ispravljačke diode (sl.2.29). Zenerove diode snage 0,5W i 1,3W imaju kućište kakvo imaju univerzalne diode (sl.2.31). Zener diode snage 10W imaju metalno kućište sa zavrtnjem. Da bi se utvrdilo o kojoj diodi se radi, treba pročitati oznaku na kućištu diode.

LED (*Light Emitting Diode*) diode (sl.2.32) pri direktnoj polarizaciji emituju svetlost, zbog čega se koriste kao svetlosni indikatori. Izrađuju se u različitim oblicima, veličinama i bojama. Najvažnije karakteristike LED dioda su radni napon (1,5V do nekoliko volti) i nominalna jačina struje (5mA do 20mA).



Sl.2.32 LED diode



Sl.2.33 Sedmosegmentni LED idikator

Sedam LED dioda, smeštenih u zajedničko kućište, čine sedmosegmentni LED indikator (sl.2.33), koji se koristi za prikazivanje decimalnih cifara.

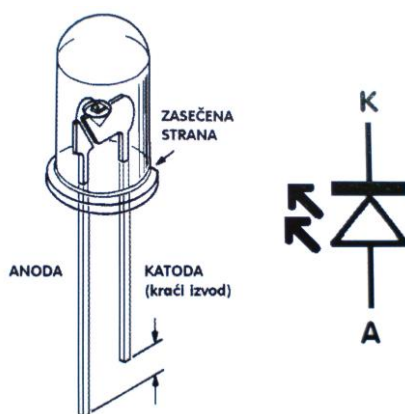
Duža nožica LED diode je anoda, a kraća katoda. Zasečena strana na kućištu takođe ukazuje na kojoj strani se nalazi katoda.

Prema potrošnji struje, LED diode su podeljene na diode tipa Standard (do 20mA) i Low Current (do 2mA).

Bi-kolor LED diode mogu da svetle u dve različite boje, naravno ne u isto vreme. Ove diode imaju tri nožice, jednu katodu i dve anode ili jednu anodu i dve katode.

RGB LED diode su diode koje mogu da svetle bilo kojom bojom. One imaju četiri nožice, katodu i tri anode za svaku od RGB boja – crvenu (*Red*), zelenu (*Green*) i plavu (*Blue*). Kombinovanjem ove tri boje može se dobiti bilo koja boja. RGB LED diode koriste se za izradu LED displeja.

Pored LED dioda koje emituju vidljivu svetlost, postoje i LED diode koje emituju ultraljubičastu ili infracrvenu svetlost (*IR-Infra Red*) koju čovek ne može da vidi. IR diode koriste se kod daljinskih upravljača.



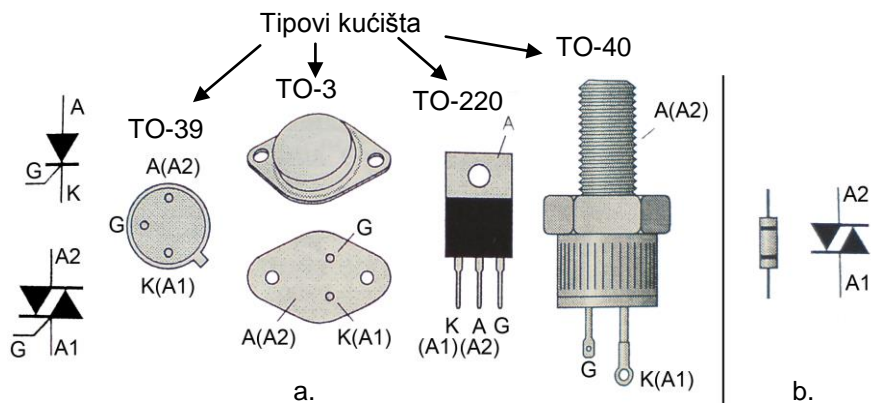
Sl.2.34 Simbol, izgled i polaritet LED dioda

2.5 Tiristori, triaci, diaci

Tiristor je poluprovodnički prekidački element čiji radni napon i struja mogu biti relativno veliki (do 4kV i 4kA). Pored anode (A) i katode (K) ima i priključak koji se zove gejt (G).

Tiristor postaje provodan ako je spoljni napon između anode i katode pozitivan i ako se na gejt dovede, makar i kratkotrajno, pozitivan napon. Kada tiristor počne da provodi struju od anode ka katodi, napon na gejtu više nema uticaja na rad tiristora, a napon između anode i katode naglo se smanjuje. Tiristori se u električnim šemama, ponekad, označavaju sa SCR – **Silicon Controlled Rectifier** (Srp. Silicijumski kontrolisani usmerač). Pored standardnih, postoje i GTO – **Gate Turn Off** tiristori, kod kojih se struja od anode ka katodi prekida dovođenjem negativnog napona na gejt.

Triak se razlikuje od tiristora po tome što može da provodi struju u oba smera. I on ima tri elektrode: anodu 1 (A1), anodu 2 (A2) i gejt (G).



Sl.2.35 Simbol, izgled i polaritet: a - tiristora i triaka, b - diaka

Diaci se najčešće koriste zajedno sa tiristorima i triacima. Ako je spoljni napon između priključaka A1 i A2 veći od -30V a manji od 30V, diak ne provodi struju. Ako spoljni napon između priključaka A1 i A2 postane manji od -30V ili veći od 30V, diak počinje da provodi struju i apsolutna vrednost napon na njemu smanjuje se za 9V.

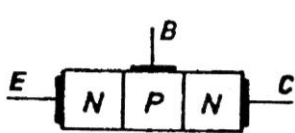
2.6 Tranzistori

Tranzistor je aktivni poluprovodnički element koji se koristi za izradu pojačavača, digitalnih kola itd. Naziv potiče od engleskih reči TRANSfer reSISTOR, koje znače prenosni otpornik.

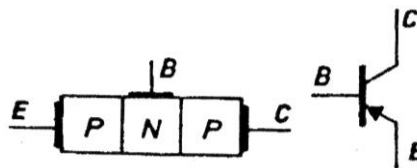
Amerikanci Bretejn i Berdin su pronašli bipolarni tranzistor 1948. godine i za to otkriće dobili Nobelovu nagradu. Tranzistor se smatra jednim od najvećih otkrića XX veka. O tome koliko je to značajna komponenta govori i činjenica da danas gotovo i da nema

elektronskog uređaja koji u sebi ne sadrži tranzistore. Samo u procesoru (Pentium IV) personalnog računara nalazi se preko 40.000.000 tranzistora.

Kroz bipolarne tranzistore struju čine elektroni i šupljine. U metalnom ili plastičnom kućištu bipolarnog tranzistora nalaze se dva PN-spoja. Iz kućišta izlaze metalni priključci koji imaju iste nazive kao P i N-oblasti u tranzistoru: baza (B), emitor (E) i kolektor (C). Bipolarni tranzistori mogu biti NPN i PNP tranzistori.

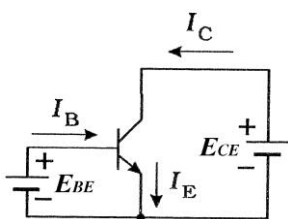


Sl.2.36 Presek i simbol NPN tranzistora



Sl.2.37 Presek i simbol PNP tranzistora

Ako je PN-spoj baza-emitor direktno polarisan izvorom E_{BE} (sl.2.38), a PN-spoj baza-kolektor inverzno polarisan izvorom E_{CE} , tranzistor provodi i kroz njega teku struja baze I_B , emitora I_E i kolektora I_C .



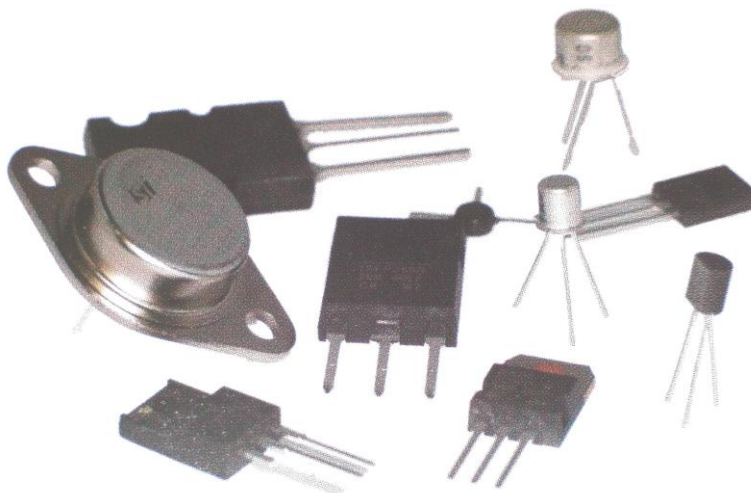
Sl.2.38 Tranzistor sa izvorima napajanja

$$I_E = I_C + I_B$$

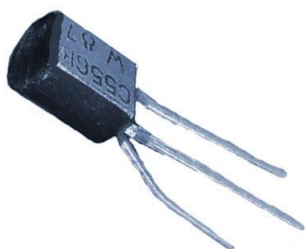
Prag provođenja je minimalni napon između baze i emitora $U_{BE} = 0,6V$ pri kome počinje da teče struja I_B . Normalni radni napon U_{BE} je $0,7V$. Ako je $U_{BE} < 0,6V$, tranzistor je zakočen (ne provodi) jer je $I_B = I_C = I_E = 0$. Tranzistorski efekat je osobina tranzistora da se malim promenama male ulazne struje I_B ili malog ulaznog napona U_{BE} izazivaju velike promene znatno veće izlazne strje I_C . Zato se

tranzistori i koriste za izradu pojačavača. Koeficijent jednosmernog strujnog pojačanja je $h_{21E} = \beta_S = I_C / I_B$. Tipična vrednost je oko 100.

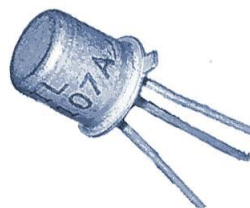
Kod PNP tranzistora naponi, struje i strelica na simbolu imaju suprotne smerove od smerova kod NPN tranzistora.



Sl.2.39 Izgled nekih od standardnih kućišta tranzistora



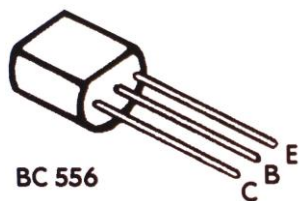
Sl.2.40 Tranzistor BC556 (kućište TO-92)



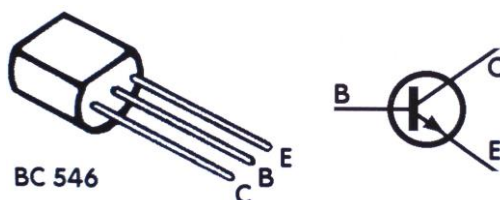
Sl.2.41 Tranzistor BC107 (kućište TO-18)

TO - Transistor Outline

Tranzistor je polarizovana komponenta, zbog čega treba voditi računa kako će biti okrenut prilikom njegove ugradnje.



Sl.2.42 Izgled i simbol tranzistora BC556



Sl.2.43 Izgled i simbol tranzistora BC546

Najvažnije karakteristike bipolarnih tranzistora su maksimalni napon između kolektora i emitora (U_{CEmax}), maksimalna kolektorska struja (I_{Cmax}), maksimalna snaga (P_{Cmax}) i koeficijent strujnog pojačanja h_{FE} , koji predstavlja količnik kolektorske i bazne struje $h_{FE} = I_C / I_B$. Da ne bi došlo do oštećenja tranzistora treba da budu ispunjeni uslovi:

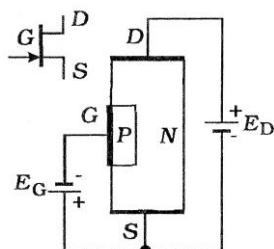
$$U_{CE} \leq U_{CEmax}, \quad I_C \leq I_{Cmax}, \quad U_{CE} \cdot I_C \leq P_{Cmax}.$$

Da bi se tranzistori i druge poluprovodničke komponente sačuvala od preteranog zagrevanja koje može da ih uništi, koriste se aluminijumski hladnjaci (sl.2.44) koji omogućavaju efikasno odvođenje toplote sa poluprovodnika.



Sl.2.44 Hladnjak

FET je unipolarni tranzistor sa efektom polja (*Field Effect Transistor*) kod kojeg se proticanje struje kontroliše pomoću električnog polja. Kroz unipolarne tranzistore struju čine samo elektroni ili samo šupljine. Krajevi kanala N-tipa, kao i metalni priključci na njima, nazivaju se sors i drejn. P-oblast, kao i metalni priključak na njoj, naziva se gejt. Nazivi potiču od engleskih reči source (izvor), drain (odvod) i gate (kapija).

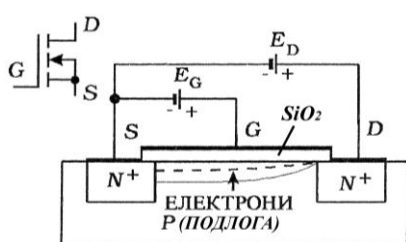


Sl.2.45 Simbol i presek N-kanalnog FET-a

U FET-u postoje dva PN-spoja: gejt-drejn i gejt-sors. Ako je napon između drejna i sorsa pozitivan, elektroni se kreću kroz kanal od sorsa ka drejnu obrazujući na taj način struju drejna I_D . Smanjenjem napona između gejta i sorsa U_{GS} , smanjuje se struja drejna jer se povećava otpornost kanala zbog širenja oblasti prostornog tovara.

Na taj način se promenama malog napona U_{GS} izazivaju velike promene struje drejna I_D . Prekidni napon U_{GSoff} je dovoljno negativni napon pri kome prestaje da teče struja drejna I_D . Kod P-kanalnog FET-a kanal je P-tipa, gejt je N-tipa, a naponi, struje i strelica na simbolu imaju suprotne smerove od smerova kod N-kanalnog FET-a. Zbog inverzno polarisanog PN-spoja gejt-sors, FET ima veliku ulaznu otpornost ($1G\Omega$), zbog čega može da se koristi za pojačanje malih napona. U odnosu na bipolarne tranzistore, ima manju zavisnost struje od temperature.

MOSFET je FET kod kojeg je gejt izolovan od površine poluprovodnika silicijum-dioksidom, zbog čega je ulazna otpornost MOSFET-a $10^{15}\Omega$.



Sl.2.46 Simbol i presek N-kanalnog MOSFET-a sa indukovanim kanalom

MOS je kraćenica od Metal-Oxide-Semiconductor (Metal-Oksid-Poluprovodnik). MOSFET sa indukovanim kanalom nema kanal kada je napon na gejtu jednak nuli. Oblasti N^+ drejna i sorsa imaju veliku koncentraciju primesa. Ako je napon između gejta i sorsa pozitivan, na površini poluprovodnika elektroni formiraju (indukuju) kanal. Ako je napon između drejna i sorsa pozitivan, elektroni se kreću kroz kanal od sorsa ka drejnu obrazujući na taj način struju drejna I_D .

Napon praga U_{GST} je minimalni pozitivni napon između gejta i sorsa pri kome počinje da teče struja drejna. Kod P-kanalnog MOSFET-a podloga je N-tipa, sors i drejn P^+ -tipa, a naponi, struje i strelica na simbolu imaju suprotne smerove od

smerova kod N-kanalnog MOSFET-a. MOSFET sa ugrađenim kanalom ima kanal i kada je napon na gejtu jednak nuli. Menjanjem napona na gejtu u pozitivnom ili negativnom smeru, kanal postaje više ili manje provodan. MOS tehnologija omogućava izradu integrisanih kola sa velikom gustinom pakovanja. MOSFET-ovi su osetljivi na statički elektricitet.

2.7 Označavanje dioda i tranzistora

Evropski način

$\underbrace{XX[X]}_{\text{slova}} \underbrace{XXX}_{\text{broj}} \underbrace{[X]}_{\text{slovo}}$

1. slovo označava tip poluprovodnika:

A – germanijum,
B – silicijum itd.

2. i 3. slovo (ne pojavljuje se uvek) označavaju namenu:

Y – usmeračka dioda,
Z – zener dioda,
C – NF tranzistor male i srednje snage,
F – FV tranzistor male snage,
S – prekidački tranzistor,
AY – prekidačka dioda itd.

Broj nema određeno značenje za korisnika. Na osnovu njega se komponenta pronalazi u katalogu (www.alldatasheet.com) u kome se mogu videti karakteristike komponente.

Poslednje slovo [X] ne pojavljuje se uvek, a određuje podgrupu.

Američki način

1N $\underbrace{XXXX}_{\text{broj}}$ - oznaka dioda

2N $\underbrace{XXXX}_{\text{broj}}$ - oznaka tranzistora, sem MOSFET-ova

3N $\underbrace{XXXX}_{\text{broj}}$ - oznaka MOSFET-ova

Broj nema određeno značenje za korisnika.

Japanski način

1S $\underbrace{XXXX}_{\text{broj}}$ - oznaka dioda

2SA XXXX - PNP VF tranzistor

2SB XXXX - PNP NF tranzistor

2SC XXXX - NPN VF tranzistor

2SD $\underbrace{XXXX}_{\text{broj}}$ - NPN NF tranzistor

2SK XXXX - FET i MOSFET tranzistori

broj

Broj nema određeno značenje za korisnika.

2.8 Integrisana kola

Integrisana kola (*IC-Integrated Circuit*) su poluprovodničke komponente koje u sebi sadrže provodnike, otpornike, kalemove, kondenzatore, diode i tranzistore, međusobno povezane tako da obrazuju razna elektronska kola. Amerikanac Kilbi je 1959.godine objavio pronalazak integrisanog kola. Prva integrisana kola počela su da se proizvode, kao hibridna. Prilikom izrade debeloslojnih hibridnih (sastavljena od mešovitih komponenata) integrisanih kola najpre se na podlogu (pločica od izolatorskog materijala) kroz metalnu sito-štampu, nanose u obliku paste provodnici, otpornici i kondenzatori. Prilikom izrade tankoslojnih hibridnih integrisanih kola najpre se na podlogu, kroz metalne maske, isparavanjem i taloženjem materijala formiraju provodnici, otpornici, kalemovi i kondenzatori, a zatime se poluprovodničke komponente (diode i tranzistori), koje su prethodno formirane na posebnim sićušnim pločicama (čipovi), zavaruju za podlogu. Pločica, sa svim povezanim komponentama, smešta se u plastično, keramičko ili metalno kućište iz kojeg izlaze nožice (pinovi), koje se, zavarivanjem zlatnih ili aluminijumskih žica, povezuju sa elementima na pločici.

Danas se integrisana kola uglavnom izrađuju kao monolitna (Gr. *monos*-jedan, *lithos*-kamen). Tehnologija izrade monolitnih integrisanih kola sastoji se u tome da se sve komponente (otpornici, kondenzatori, diode i tranzistori) izrađuju na jednoj sićušnoj silicijumskoj pločici delimičnim prodiranjem primesa u pločicu kroz otvore u tankom sloju oksida (SiO_2), i međusobno povezuju isparavanjem i taloženjem aluminijuma. Silicijumska pločica (čip), sa svim formiranim i povezanim komponentama, smešta se u plastično, keramičko ili metalno kućište iz kojeg izlaze nožice (pinovi), koje se, zavarivanjem zlatnih ili aluminijumskih žica, povezuju sa elementima na pločici.



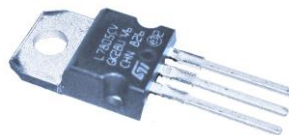
Sl.2.47 Izgled integrisanih kola sa različitim kućištima

Integrisana kola najčešće imaju kućišta za koja se koriste oznake DIP (*Dula In-line Package*) ili DIL (*Dula In-Line*), koje ukazuju da se pinovi nalaze sa dve strane kućišta. Pored oznaka DIP i DIL uvek se nalazi i broj koji ukazuje koliko pinova ima integrisano kolo. Na primer, integrisano kolo koje ima kućište DIL-14, ukupno ima 14 pinova, po 7 sa obe strane.

Za sva integrisana kola koja imaju DIL kućišta, postoje adekvatna podnožja (sl.2.50) za integrisana kola. Podnožja se leme na štampanim pločama umesto samih integrisanih kola, koja se naknadno umeću u njih. Na taj način podnožja omogućavaju lakšu i bezbedniju montažu i demontažu integrisanih kola sa štampanih ploča.



Sl.2.48 Integrirano kolo sa kućištem DIL-14



Sl.2.49 Integrirano kolo sa kućištem TO-220

Sva integrirana kola sa DIL kućištima imaju marker (oznaku) koji omogućava određivanje pina broj jedan, odnosno pravilnu orijentaciju integriranog kola (sl.2.51) prilikom ugradnje. Marker može biti izrađen u obliku žleba, a može biti i kružni žleb lociran pored pina broj jedan. Pinovi se označavaju brojevima od jedan do ukupnog broja pinova, u smeru koji pokazuje strelica na slici 2.51.



Sl.2.50 Podnožje DIL-8



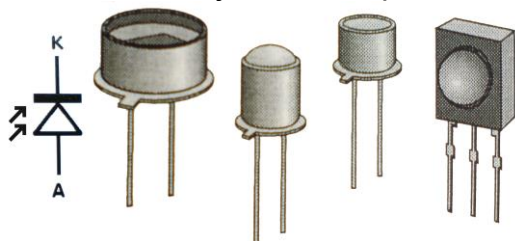
Sl.2.51 Orijentacija integriranog kola

Prema obliku ulaznih i izlaznih napona, integrirana kola podjeljena su na analogna (pojačavači, stabilizatori napona, generatori melodija itd.), digitalna (brojači, registri, procesori, memorije itd.) i analogno-digitalna (A/D konvertori, D/A konvertori itd). Kod analognih kola ulazni i izlazni naponi su kontinualni. Kod digitalnih kola ulazni i izlazni naponi su binarni digitalni naponi (mogu da imaju samo vrednosti napona logičke jedinice, na primer, 2-5V za ulazni napon, ili napona logičke nule, na primer, 0-0,8V za ulazni napon). Slične vrednosti imaju i izlazni naponi. Analogna kola mogu biti linearna i nelinearna, ali je uobičajeno da se analogna kola nazivaju linearna, bez obzira da li je zavisnost izlaznog od ulaznog napona linearna ili nelinearna. Analogna kola imaju manji broj komponenata na silicijumskoj pločici od digitalnih kola. Memorije mogu da imaju više od sto miliona komponenata.

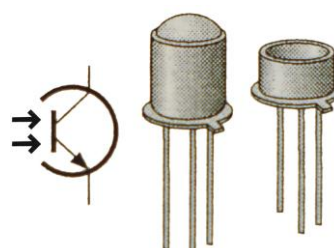
2.9 Opto-elektronske komponente

Opto-elektronske komponente su komponente koje proizvode svetlost ili reaguju na nju. Pored LED dioda i foto-otpornika, o kojima je već bilo reči, u opto-elektronske komponente spadaju i foto-dioda, foto-tranzistor, opto-kapleri i druge komponente.

Foto-diode (sl.2.52) najčešće imaju metalna kućišta sa čije gornje strane je stakleni prozor ili sočivo kojim se vrši fokusiranje svetlosti ka kristalnoj pločici. Ako dioda nije osvetljena, ima veliku otpornost. Kada svetlost pada na kristalnu pločicu, otpornost diode je mala, bez obzira što je inverzno polarisana.

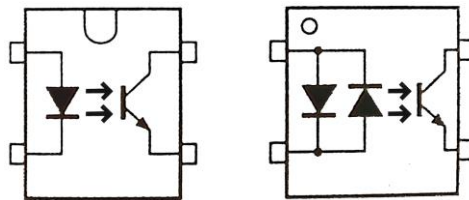


Sl.2.52 Foto-diode



Sl.2.53 Foto-tranzistori

I foto-tranzistori (sl.2.53) imaju kućišta koja omogućavaju osvetljavanje kristalne pločice. Povećanjem svetlosti koja pada na foto-tranzistor, povećava se i jačina struje koja teče od kolektora ka emitoru.



Sl.2.54 Opto-kapleri

Opto-kapleri su integrisana kola koja u sebi sadrže IR LED diodu i neku foto-osetljivu komponentu (foto-tranzistor, foto-tiristor itd.). Deo električnog kola povezan sa IR LED diodom predstavlja ulazno kolo, a deo električnog kola povezan sa foto-osetljivom komponentom predstavlja izlazno kolo. Opto-kapleri se zovu još i opto-izolatori zbog toga što su ulazno i izlazno kolo električno izolovani, jer se veza između njih ostvaruje pomoću svetlosti.

2.10 Mikrokontroleri

Mikrokontroler (sl.2.55) je „kompjuter u čipu“, koji je optimizovan tako da može da kontroliše razne druge uređaje. O tome koliko se mikrokontroleri često koriste, govori podatak da automobili koji se danas proizvode sadrže u sebi oko trideset mikrokontrolera. Prvi mikrokontroleri pojavili su se sredinom osamdesetih godina, a pravi bum su doživeli 1993.godine sa pojavom EEPROM memorija. Poznati proizvođači mikrokontrolera su američke firme **Microchip**, koja proizvodi **PIC** (Eng. **Programmable Interface Controller**) mikrokontrolere, i **Atmel**, koja proizvodi **AVR** mikrokontrolere.

Tipičan mikrokontroler u sebi sadrži: CPU (**Centrl Processing Unit** – centralni procesor), RAM memoriju za privremeno čuvanje podataka, programsku FLASH memoriju, EEPROM memoriju za trajno čuvanje podataka, ulazne i izlazne portove, generator takta, jedan ili više tajmera.



Sl.2.55 Mikrokontroler



Sl.2.56 All PIC Programmer

Uslov da mikrokontroler radi svoj posao je da u sebi ima adekvatan program. Programiranje se vrši u programskim jezicima kao što su assembler, C, BASIC, PASCAL. Za pisanje programa u assembleru, za Microchip-ove mikrokontrolere koristi se programski paket **MPLAB IDE**. Program napisan u assembleru ima ekstenziju **.asm**, a njegovim kompajliranjem (prevođenjem u binarni kod) dobija se fajl sa ekstenzijom **.hex**, koji se uz pomoć računara, programa **WinPic800** i programatora (sl.2.56), učitava u programsku memoriju mikrokontrolera.

2.11 SMD komponente

SMD (**Surface Mounted Devices**-komponente za površinsku montažu) komponente su veoma malih dimenzija, pri čemu nemaju žičane nožice. Za njihovu ugradnju na

štampanim pločama se ne buše rupice, jer se direktno, svojim krajevima, leme na bakarnim linijama na štampanim pločama. Koliko su malih dimenzija, kao ilustracija može poslužiti sledeći primer: standardni otpornik od 1/4W ima telo dimenzija 6,3 X 2,3mm, dok SMD otpornik, iste snage i otpornosti, ima telo dimenzija 1,6 X 0,8mm. Male dimenzije su glavna prednost SMD nad standardnim komponentama, zbog čega se i koriste za izradu minijaturnih uređaja.

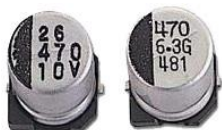
U principu, SMD komponente, baš zbog svojih minijaturnih dimenzija, nisu predviđene za korišćenje u amaterske svrhe.



SI.2.57 SMD Otpornici



SI.2.58 SMD Diode



SI.2.59 SMD Aluminijumski elektrolitski kondenzatori



SI.2.60 SMD Tantalov elektrolitski kondenzator



SI.2.61 SMD LED diode



SI.2.62 SMD Tranzistor



SI.2.63 SMD Integrisano kolo

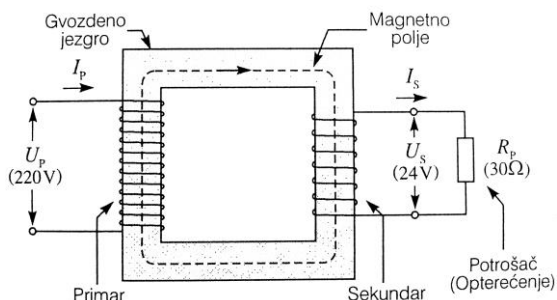
2.12 Mrežni transformatori

Jedna od osnovnih komponenta ispravljača je mrežni transformator (sl.2.64), pomoću kojeg se mrežni napon od 220V transformiše u neki niži napon, recimo 6V, 9V, 12V, 15V, 24V.

Mrežni transformator ima jezgro od većeg broja međusobno izolovanih gvozdениh limova, jedan primarni namotaj, koji se priključuje na mrežni napon od 220V, i jedan ili više sekundarnih namotaja, na kojima se dobija jedan ili više nižih napona.

Kada se na primar dovede naizmenični napon, kroz njega teče primarna struja I_p . Ova struja stvara u gvozdenom jezgru naizmenično magnetno polje i fluks koji prožima sekundarni namotaj, zbog čega se u njemu indukuje sekundarni napon U_s . Zavisnosti napona i struja transformatora od brojeva navojaka primarnog i sekundarnog namotaja su:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s} \qquad \frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p}$$



SI.2.64 Princip rada, simbol i izgled mrežnog transformatora

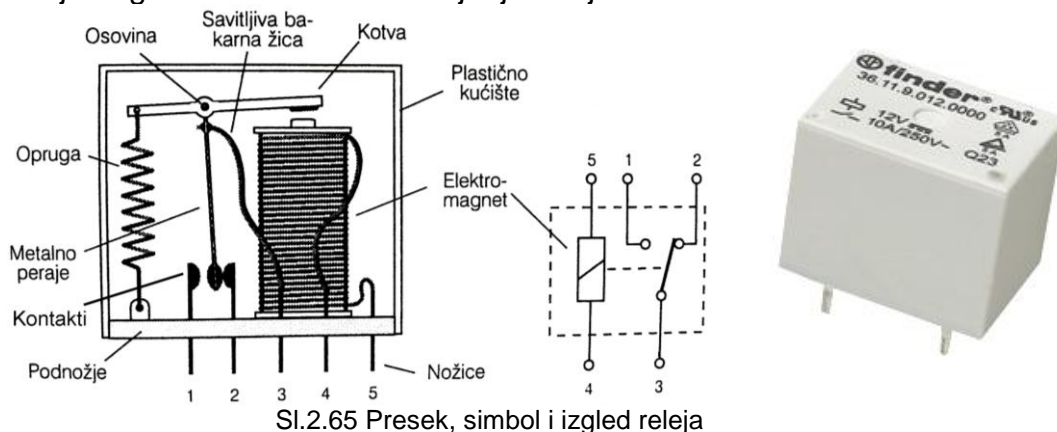
Važne karakteristike pri izboru transformatora su sekundarni napon, snaga i maksimalno dozvoljena sekundarna struja I_s , koja se dobija deljenjem snage sekundarnim naponom. Karakteristike transformatora, prikazanog na slici 2.64, ispisane na kućištu transformatora, su sledeće:

- primarni napon je 230V frekvencije 50/60Hz,
- transformator ima dva sekundarna namotaja za napone od 6V,
- snaga svakog sekundarnog namotaja je 1,6VA,
- za zaštitu sekundarnih namotaja treba koristiti trome osigurače od 0,315A.

2.13 Releji

Relaj je mehanički prekidač čiji se kontakti zatvaraju i otvaraju pomoću elektromagneta. Relaj omogućava da se jednom strujom prekida i uspostavlja druga struja. Često se koristi kada neki elektronski uređaj, sa tranzistorima i integrisanim kolima, uključuje i isključuje mrežno napajanje nekog drugog uređaja ili potrošača. Dobra strana releja u ovom slučaju je što on obezbeđuje sigurno razdvajanje mrežnog napona od elektronskih komponenata za koje je mrežni napon od 220V veoma visok.

Kada se između nožica 4 i 5 (sl.2.65) dovede odgovarajući napon, kroz namotaj elektromagneta teče struja, zbog čega se jezgro elektromagneta namagnetiše i privlači kotvu; peraje se pomera ulevo, usled čega se kontakti (nožice) 3 i 2 razdvajaju, a spajaju se kontakti (nožice) 3 i 1. Kada se napon između nožica 4 i 5 isključi, elektromagnet više ne deluje i opruga vraća kotvu i peraje kao na slici 2.65. Kontakt 1 naziva se normalno otvoreni (eng. **Normal Open** – NO) ili radni kontakt, kontakt 2 je normalno zatvoreni (eng. **Normal Close** – NC) ili mirni kontakt, kontakt 3 je dovodni kontakt (eng. **Common** – COM). Par kontakta 1-3 čine normalno otvorene ili radne kontakte, koji su otvoreni (razdvojeni) kada kalem releja nije pod naponom. Par kontakta 2-3 čine normalno zatvorene ili mirne kontakte, koji su zatvoreni (spojeni) kada kalem releja nije pod naponom. Kontakti 1, 2 i 3 zajedno čine preklopne kontakte. Svako otvaranje i zatvaranje kontakta praćeno je varničenjem koje negativno utiče na vek trajanja releja.



Sl.2.65 Presek, simbol i izgled releja

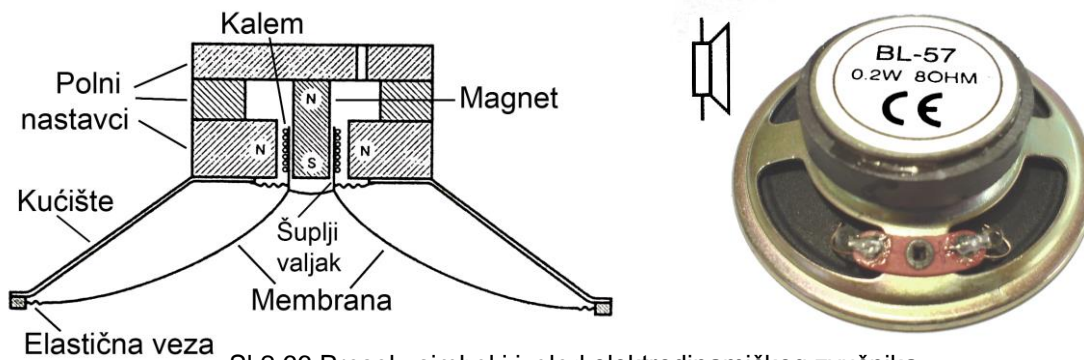
Važne karakteristike pri izboru releja su napon koji se dovodi na kalem, otpornost kalema, maksimalna struja i napon koji mogu da izdrže kontakti releja. Karakteristike releja, prikazanog na slici 2.65, ispisane na kućištu releja, su sledeće:

- napon koji se dovodi na kalem je 12V DC,
- maksimalna struja koju mogu da izdrže kontakti releja je 10A,
- maksimalni napon koji mogu da izdrže kontakti releja je 250V.

Ako otpornost kalema nije označena na kućištu, može se izmeriti.

2.14 Zvučnici i mikrofoni

Zvučnik je elektro-akustički pretvarač pomoću kojeg se promenljivi naponi pretvaraju u zvuk. Postoje više vrsta zvučnika kao što su: elektrodinamički, kristalni i drugi.



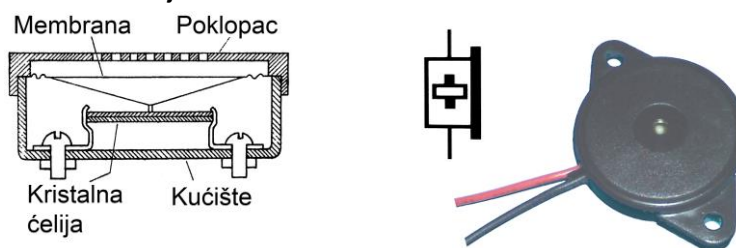
Sl.2.66 Presek, simbol i izgled elektrodinamičkog zvučnika

Elektrodinamički zvučnik (sl.2.66) ima membranu od hartije koja je spojena sa šupljim valjkom od hartije na kome se nalazi kalem. Veza između membrane i kućišta zvučnika je elastična. Valjak i kalem nalaze se u vazdušnom procepu u kome postoji jako magnetno polje stalnog magneta. Kada kroz kalem teče promenljiva struja, na kalem deluje promenljiva elektromagnetna sila koja pomera kalem. Pomeranjem, odnosno oscilovanjem kalema, osciluje i membrana pri čemu nastaje zvuk.

Dve najvažnije karakteristike zvučnika su njegova otpornost (najčešće 4Ω, 8Ω, 16Ω) i snaga (od nekoliko desetih delova vata, pa sve do nekoliko stotina vati). Ako na šemi piše da zvučnik treba da ima otpornost 8Ω, onda se ne sme koristiti zvučnik manje otpornosti, jer postoji opasnost da, ili pojačavač ili zvučnik, bude trajno oštećen. Takođe se ne sme koristiti i zvučnik manje snage od one koja je označena na šemi. Upotrebom zvučnika veće otpornosti, od one koja je označena na šemi, ne ugožavaju se zvučnik i uređaj, ali se smanjuje izlazna snaga uređaja. Upotrebom zvučnika veće snage, od one koja je označena na šemi, postiže se kvalitetnija reprodukcija zvuka. Veće dimenzije zvučnika takođe doprinose kvalitetnijoj reprodukciji zvuka.

Kristalni zvučnik (sl.2.67) je minijaturni zvučnik u kome, pod dejstvom niskofrekventnog napona, kristalna ćelija osciluje (**elektrostrikcija**). Zbog veze kristalne ćelije i membrane, oscilovanjem ćelije osciluje i membrana pri čemu nastaje zvuk. Za kristalne zvučnike koristi se i termin piezo element zbog **piezoelektričnog efekta** (kada se kristalna ćelija izloži dejstvu mehaničkih sila, njene granične površine se naelektrišu naelektrisanjima suprotnog znaka).

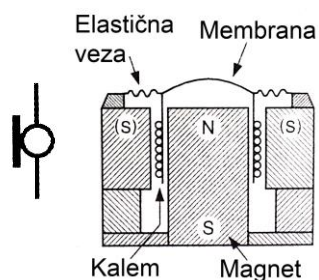
Kristalni zvučnici imaju kapacitivnu impedansu (10kΩ do 20kΩ na učestanosti 1kHz) i ne provode jednosmernu struju.



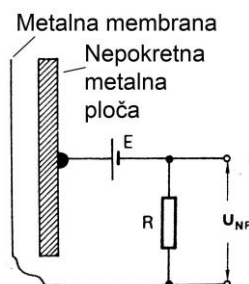
Sl.2.67 Presek, simbol i izgled kristalnog zvučnika

Mikrofon je elektro-akustički pretvarač pomoću kojeg se zvuk pretvara u promenljivi napon. Postoje više vrsta mikrofona kao što su: dinamički, kondenzatorski, elektret i drugi.

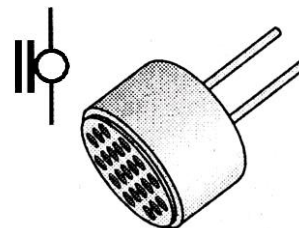
U suštini, dinamički mikrofon (sl.2.68) isti je kao elektrodinamički zvučnik, razlika je u tome što mikrofon ima manje dimenzije. U praksi, u uređajima kao što su prenosni primopredajnici (voki-toki), često se kao mikrofoni koriste minijaturni zvučnici. Pod dejstvom zvučnog pritiska, koji stvara izvor zvuka, membrana i kalem osciluju. Oscilovanjem, kalem preseca linije magnetnog polja, pa se u njemu, po Faradejevom zakonu elektromagnetne indukcije, indukuje promenljivi napon.



SI.2.68 Presek dinamičkog mikrofona



SI.2.69 Presek kondenzatorskog mikrofona



SI.2.70 Elektret mikrofona

Elektret mikrofona (sl.2.70) je malih dimenzija, a sastoji se od kondenzatorskog mikrofona i pojačavača, smeštenih u zajedničko kućište.

Kondenzatorski mikrofona (sl.2.69) je kondenzator sa jednom masivnom nepokretnom i drugom tankom elastičnom pločom koja predstavlja metalnu membranu. Delovanjem zvučnog pritiska membrana se približava nepokretnoj ploči (kapacitivnost raste) i udaljava se od nepokretne ploče (kapacitivnost se smanjuje). Pri povećanju kapacitivnosti, kondenzator se dopunjava naelektrisanjem, a pri smanjenju kapacitivnosti, kondenzator se prazni. Struja punjenja, odnosno pražnjenja, prolazi kroz otpornik i stvara na njemu niskofrekventni napon, koji se menja u ritmu zvuka.

2.15 Ostale komponente

Osigurači su komponente čija je uloga da, prekidanjem strujnog kola, štite: 1. vodove i uređaje od preopterećenja i kratkih spojeva, 2. ljude od električnog udara. Nazivna (nominalna) struja osigurača je maksimalna jačina struje koja može da teče kroz osigurač neograničeno dugo. Osigurač prekida strujno kolo ako kroz njega počne da teče struja veća od nominalne. Prema principu rada, osigurači su podeljeni na:

1. topljive, koji strujno kolo prekidaju topljenjem žice u porculanskom ili staklenom umetku (patronu) osigurača. Topljiva žica izrađuje se od srebra, bakra, cinka, olova.
2. automatske, koji strujno kolo prekidaju razdvajanjem kontakata prekidača pod dejstvom: 1. bimetala, u slučaju pojave preopterećenja, 2. elektromagneta, u slučaju pojave kratkog spoja.

Osigurači su podeljeni i na trome i brze koji breže reaguju na pojavu struja većih od nazivnih.

U elektronske uređaje, najčešće se ugrađuju osigurači u obliku cevčice (sl.2.71), od stakla ili keramike, u kojoj se nalazi tanka žica koja, kada struja poraste iznad nominalne struje osigurača, pregoreva i prekida struju. Vrednosti nominalnog napona i nominalne struje ispisani su na jednoj od dve metalne kapice na krajevima osigurača.



SI.2.71 Osigurač



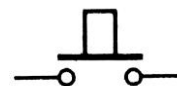
SI.2.72 Kućište osigurača

Za ugradnju osigurača na štampanim pločama, koriste se kućišta osigurača (sl.2.72). Osigurači se najčešće koriste u ispravljačkom delu uređaja.

Kvarcna jedinka, ili, popularnije, kvarc (sl.2.73), je tanka pločica od kvarca stisnuta između dve metalne pločice. Sve to smešteno je u metalno kućište iz kojeg izlaze nožice koje su spojene sa metalnim pločicama. Kvarc se koristi za stabilizaciju učestanosti oscilatora.



Sl.2.73 Kvarc



Sl.2.74 Taster sa normalno otvorenim kontaktima

Taster sa normalno otvorenim kontaktima (sl.2.74) je prekidač čiji su kontakti zatvoreni dok god je pritisnuto dugme tastera. Otpuštanjem dugmeta tastera, kontakti se otvaraju. Postoji i taster sa normalno zatvorenim kontaktima.



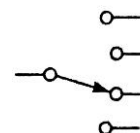
Sl.2.75 Klema



Sl.2.76 Kućište baterije od 9V

Klema (sl.2.75) je komponenta koja omogućava da se, bez lemljenja, žice povežu sa štampanom pločom.

Kućište baterije (sl.2.76) koristi se za povezivanje baterije sa uređajem.



Sl.2.77 Preklopnik

Preklopnik (sl.2.77) je komponenta koja u sebi sadrži jedan ili nekoliko višepozicionih prekidača.

3. PROVERA ISPRAVNOSTI KOMPONENATA

Ako, nakon ugradnje svih komponenata na štampanoj ploči, uređaj ne radi kako treba ili uopšte ne radi, prvo treba proveriti da li je u pitanju mehanička greška, kao što su prekinuta žica, prekinuta štampana veza, spoj između susednih linija na štampanoj ploči, loš kontakt baterije u kućištu, hladan spoj. Ako je sve u redu, treba uporediti vrednosti komponenata i njihove međusobne veze sa vrednostima komponenata i njihovim vezama na električnoj šemi. Ako je i tada sve u redu, treba proveriti ispravnost ugrađenih komponenata kao bi bila pronađena i zamenjena neispravna komponenta. Pronalaženje neispravne komponente počinje merenjem jednosmernih napona u pojedinim tačkama i upoređivanjem izmerenih sa vrednostima na električnoj šemi. Na osnovu razlika, uz razumevanje principa rada uređaja, pronalazi se „sumnjiva“ komponenta. Ako je sumnjivih komponenata više, prvo treba proveriti tranzistore i diode, zatim elektrolitske kondenzatore, pa otpornike i blok-kondenzatore itd. Ako se provera vrši na ugrađenoj komponenti, može da se pogreši, jer i ostale komponente, povezane sa komponentom koja se ispituje, utiču na pokazivanje instrumenta, pa merenje može da bude netačno. Zbog toga je sigurnije ako se komponenta, koja se proverava, skinе sa štampane ploče. Za proveru ispravnosti komponenata mogu se koristiti multimetri, digitalni RLC-metri (ili LCR-metri) i drugi instrumenti.

3.1 Multimetri

Multimetri, odnosno univerzalni instrumenti, su instrumenti koji omogućavaju: merenje otpornosti, napona, jačine struje, proveru ispravnosti dioda i tranzistora. Postoje i takvi multimetri koji imaju i mogućnost merenja kapacitivnosti, frekvencije i temperature.

Multimetri mogu biti analogni i digitalni. Osnovne razlike između analognih i digitalnih multimetara su:

- kod analognih multimetara indikator (deo na kome se prikazuje rezultat) se sastoji od kazaljke i jedne ili više skala, dok je kod digitalnih multimetara indikator napravljen od tačnog kristala (*LCD-Liquid Crystal Display*) ili sedmosegmentnih LED indikatora.
- kod analognih multimetara, na svakom mernom opsegu, može se dobiti beskonačan broj različitih rezultata, dok se kod digitalnih multimetara na svakom mernom opsegu dobija konačan broj različitih rezultata.

Prenosni digitalni multimetri imaju indikator sa tri i po cifre ($3\frac{1}{2}$ cifre). To praktično znači da cifra koja se pojavljuje na prvoj poziciji, posmatrano sa leve strane indikatora, može da ima vrednost 1 ili 0 (ne prikazuje se). Cifre koje se pojavljuju na preostale tri pozicije mogu biti bilo koji broj od 0 do 9. Prema tome, ako se zanemari pojavljivanje decimalne tačke, koja može da se pojavljuje na različitim mestima, na displeju se mogu pojaviti brojevi u granicama od 0 do 1999, što je ukupno 2000 brojeva. Dakle, na svakom mernom opsegu može se dobiti najviše 2000 različitih rezultata.

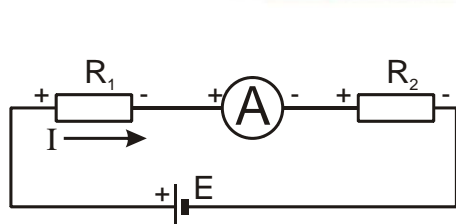
Sastavni deo svakog multimetra su i dve sonde, crvena i crna. Sonda se sastoji od izolovane žice na čijim se krajevima nalaze pipalica i utikač. Crna sonda se priključuje u utičnicu označenu sa COM, a crvena u utičnicu označenu sa V Ω mA (kod analognih multimetara može biti označena i drugačije). Izuzetak je merenje jednosmerne struje na opsegu 10ADC. Tada se crvena sonda premešta u utičnicu označenu sa 10ADC.

Kada se mere otpornost, napon i struja, pipalice se spajaju sa dve tačke na objektu merenja (na primer, nožice otpornika). Ako se merenje vrši digitalnim multimetrom, sve jedno je sa kojom tačkom će biti spojena crvena, odnosno crna pipalica. Kada se merenjem jednosmernog napona dobije pozitivan rezultat, to znači da je napon između crvene i crne pipalice pozitivan, a ako je rezultat merenja negativan, to znači da je napon između crvene i crne pipalice negativan. Kada se merenjem jednosmerne struje dobije pozitivan rezultat, to znači da struja ulazi u instrument kroz crvenu a izlazi iz instrumenta

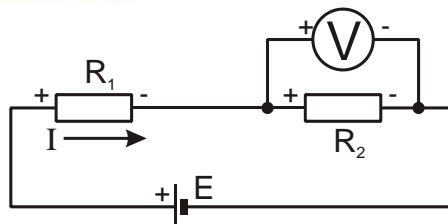
kroz crnu pipalicu, a ako je rezultat merenja negativan, to znači da struja ulazi u instrument kroz crnu a izlazi iz instrumenta kroz crvenu pipalicu. Kada se vrši merenje jednosmernog napona i struje analognim multimetrom, mora se voditi računa o tome da se pipalice spajaju sa objektom merenja tako da napon između crvene i crne pipalice bude pozitivan, odnosno da struja ulazi u instrument kroz crvenu a izlazi kroz crnu pipalicu, jer u suprotnom nije moguće izvršiti merenje.



Sl.3.1 Digitalni multimetar



Sl.3.2 Merenje jačine struje



Sl.3.3 Merenje napona

Sa komponentom čija struja se meri, multimetar se vezuje redno, a sa komponentom na kojoj se meri napon, multimetar se vezuje paralelno.

Kod merenja analognim multimetrom merenje je tačnije ukoliko se opseg izabere tako da se kazaljka ne nalazi u prvoj trećini skale. Najveća tačnost merenja postiže se kada se koristi najniži opseg u koji staje vrednost merene veličine. Na primer, za merenje, digitalnim multimetrom, napona vrednosti 1,627V treba izabrati opseg od 2V, što omogućava da se na displeju dobije rezultat 1.627V. Ako se izabere opseg od 200mV, na displeju se pojavljuje $1.$, što ukazuje da je vrednost merene veličine takva da prekoračuje izabrani opseg. Ako se izabere opseg od 200V, na displeju se dobija rezultat 1,6V, koji nije tako tačan kao rezultat na opsegu 2V. Dakle, merenje digitalnim multimetrom je tačnije ako se dobije rezultat sa što više cifara.

Kada se mere napon ili jačina struje i ne zna se koliki je očekivani rezultat, merenje treba započeti od najvećeg opsega i prema potrebi smanjivati opseg. Ovakvim pristupom pri izboru opsega obezbeđuje se, pored ugrađene zaštite, dodatna zaštita instrumenta od oštećenja.

3.1.1 Merenje analognim multimetrom

Ako se mere jednosmerni napon ili struja, treba birati opsege označene simbolom DC ili DC (Eng. *Direct Current*), a ako se mere naizmenični napon ili struja treba birati opsege označene simbolom \sim ili AC (Eng. *Alternate Current*).

Već je bilo rečeno da se sa komponentom čija struja se meri, multimeter vezuje redno, a sa komponentom na kojoj se meri napon, multimeter se vezuje paralelno. Kada se vrši merenje jednosmernog napona ili struje, crvenu pipalicu treba spojiti sa tačkom većeg potencijala (na primer, + pol baterije), tako da struja ulazi u instrument kroz crvenu pipalicu. Ako se ovde pogreši, kazaljka će skretati na pogrešnu stranu (levo). Kada se meri naizmenični napon (struja) između dve tačke, sve jedno je sa kojom tačkom će biti spojena crvena pipalica, jer ispravljač u instrumentu obezbeđuje da kazaljka uvek skreće udesno.

Da bi merenje bilo tačnije, merni opseg treba izabrati tako da kazaljka pređe prvu trećinu skale.

Kada imamo više skala postavlja se pitanje – u koju gledati? U ovom primeru videćemo da pravilan izbor skale olakšava merenje, a gledanje u pogrešnu skalu ga nepotrebno komplikuje.

Naponska (strujna) konstanta određuje se tako što se izabrani domašaj (merni opseg) podeli maksimalnim, odnosno ukupnim brojem podeoka na skali. Mereni napon (struja) dobija se tako što se naponska (strujna) konstanta pomnoži brojem podeoka sa kojim se poklapa kazaljka.

$$k_V = \frac{U_D}{\alpha_{\max}} \left[\frac{V}{\text{podeok}} \right],$$

$$U_m = k_V \cdot \alpha \quad [V]$$

$$k_A = \frac{I_D}{\alpha_{\max}} \left[\frac{A}{\text{podeok}} \right],$$

$$I_m = k_A \cdot \alpha \quad [V]$$

k_V – naponska konstanta,

U_D – domašaj voltmetra,

α_{\max} – max broj podeoka na skali,

U_m – mereni napon,

α – broj očitanih podeoka,

k_A – strujna konstanta,

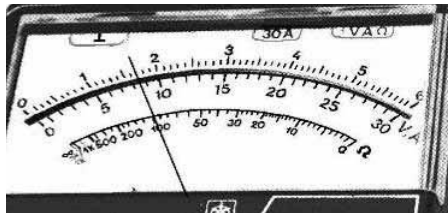
I_D – domašaj ampermetra

I_m – merena struja

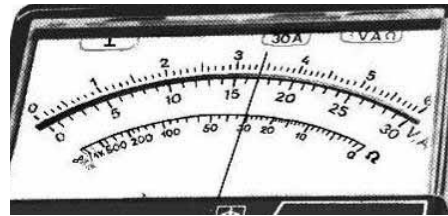
Domašaj ili merni opseg voltmetra (ampermetra), je maksimalna vrednost merene veličine koju voltmetar (ampremetar) može da izmeri.

Brojevi, označeni iznad i ispod crtica na skali, označavaju određeni broj podeoka, a crtice između označenih brojeva olakšavaju brojanje podeoka.

Pošto broj očitanih podeoka na izabranoj skali treba pomnožiti sa konstantom da bi dobili rezultat merenja, skalu treba birati tako da konstanta (k_V ili k_A) bude broj lak za množenje - dakle da bude 0,1; 1; 10 ili 100. Lošim izborom skale konstanta će biti dva, pet ili na primer 3,3.



a.



b.

Sl.3.4 Merenje napona od 170V : a – na opsegu 600V, b – na opsegu 300V

Na slici 3.4 Merenje napona od 170V a. i b. prikazano je pokazivanje instrumenta prilikom merenja jednosmernog napona od 170 V. Na slici 3.4-a. preklopnik je postavljen u položaj 600V \equiv . To znači da je domašaj $U_D=600$ V, tj. pri punom skretanju kazaljke instrumenta napon je 600 V, na polovini skale je 300 V itd... Naponi veći od 600 V se ne mogu meriti. Na skalama označenim slovima V,A, očitavaju se napon i struja. Gornja skala ima 6 podeoka ($\alpha_{max}=6$), a donja 30 podeoka ($\alpha_{max}=30$). Ako je naš izbor gornja skala, naponska konstanta će biti $k_V = 600V/6podeoka = 100V/podeoku$. Očitavamo 1,7 podeoka ($\alpha = 1,7$). Rezultat merenja je $k_V \cdot \alpha = 10 \cdot 1,7 = 170$ V. Ako izaberemo donju skalu konstanta će biti $600V/30$ podeoka = $20V/podeoku$. Očitavamo 8,5 podeoka pa je rezultat $20 \cdot 8,5 = 170V$. Rezultat je isti, možemo dakle gledati i donju skalu. Ipak, posle merenja će ostati dilema da li smo dobro procenili 8,5 podeoka? Možda je ipak procena pogrešna, možda je tačna procena 8,4 ili 8,6 podeoka?

Pošto je mereni napon 170 V to znači da možemo smanjiti opseg i prebaciti preklopnik u položaj 300 V. Dobićemo veće skretanje kazaljke i verovatno tačnije merenje. Dakle, na slici 3.4-b. domašaj je 300V. Naravno da ćemo gledati u donju skalu sa 30 podeoka pa će konstanta biti $300V/30pod=10V/pod$. Očitavamo 17 podeoka, što pomnoženo sa konstantom 10V/pod, daje 170V.

Ako smo skloni komplikovanju stvari možemo izabrati i gornju skalu sa 6 podeoka. Tada konstanta neće biti 10, nego $300 / 6 = 50$. Broj podeoka koji instrument pokazuje na ovoj skali je 3,4 pa, da bi došli do rezultata, treba pomnožiti $50 \cdot 3,4 = 170$ V.

Očitavanje rezultata može se izvršiti i na sledeći način: s obzirom da je odabran domašaj 300 V, posmatračemo skalu sa 30 podeoka, što znači da krajni podeok na skali, odnosno 30-ti podeok označava 300 V, 25-ti podeok označava 250 V, 20-ti podeok označava 200 V, 15-ti podeok označava 150 V itd. Između 15-tog podeoka (150 V) i 20-tog podeoka (200 V) ima 4 crte (5 delova), što znači da se pomeranjem kazaljke od jedne do druge crte napon povećava za $(200-150)/5 = 10$ V. Pošto se kazaljka poklapa sa drugom crtom koja se nalazi desno od podeoka označenog brojem 15 (150 V), to znači da je mereni napon $150+2 \cdot 10 = 170$ V.

Za merenje otpornosti, preklopnikom treba izabrati neki od opsega označenih sa Ω . Komponenta, čija se otpornost meri, ne sme da bude pod naponom.

Analognim instrumentima za merenje struje i napona nije potreban sopstveni izvor napajanja. Međutim, za merenje otpornosti, baterija je neophodna. Većina instrumenata koristi jednu ili dve baterije od 1,5V.

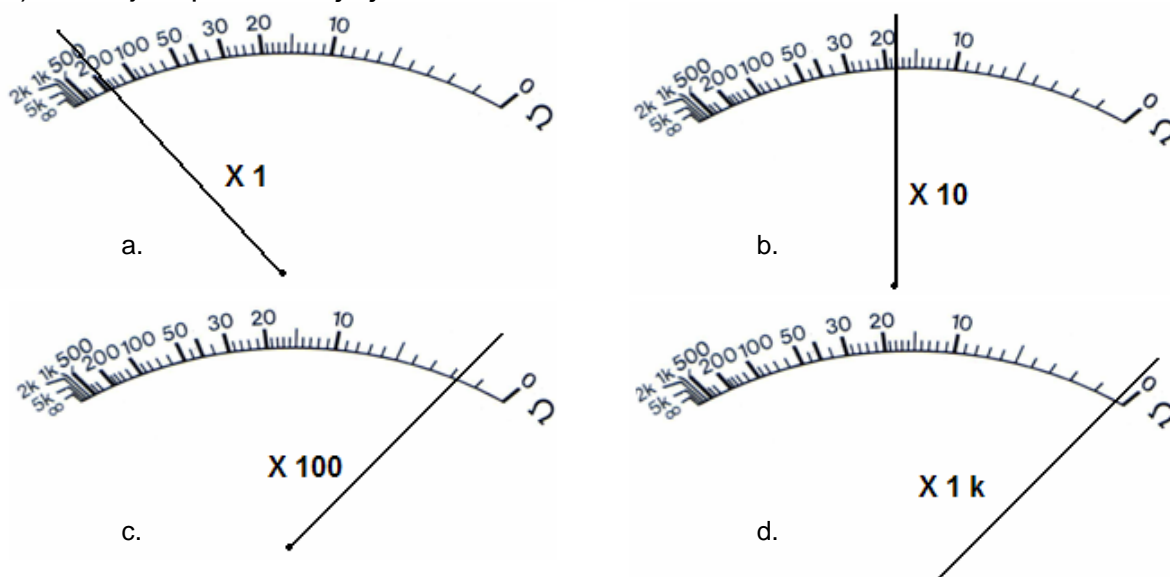
Očitavanje vrednosti otpornosti vrši se na posebnoj skali označenoj sa Ω . Skala za merenje otpornosti razlikuje se od skala za merenje napona i jačine struje u sledećem:

- nelinearna je, jer podeoci (rastojanja između crtica na skali) nisu jednakih dužina.
- početak skale (nula oma) nalazi se na desnoj strani, dok je u krajnje levom delu skale otpornost beskonačna.

Pre upotrebe ommetra, pipalice treba kratko spojiti (merena otpornost je 0Ω). Kazaljka mora skrenuti do kraja, odnosno mora pokazati nulu. Ako nije došla do nule, ili je možda prešla još udesno od nule, njen položaj se koriguje, tj. postavi se na nulu okretanjem okruglog dugmeta. Ovo podešavanje mora da se vrši povremeno zbog starenja i trošenja baterije u instrumentu.

Vrednost merene otpornosti dobija se tako što se očitani broj podeoka pomnoži sa brojem (X1, X10, X100 itd) sa kojim se poklapa marker (crtica) na preklopniku.

Merenje otpornosti može se započeti i od najmanjeg opsega. Najtačnije merenje postiže se ako se kazaljka nalazi između 1/2 i 2/3 skale, što se može videti na primeru (sl.3.5) merenja otpornosti čija je vrednost 180Ω .



Sl.3.5 Merenje otpornosti od 180Ω : a – na opsegu X1, b – na opsegu X10, c – na opsegu X100, d – na opsegu X1K

Na slici 3.5-a, kada je preklopnik u položaju X1, zbog blizine podeoka teško je odrediti tačan broj podeoka. Ako se proceni da je broj podeoka 180, onda je merena otpornost $180 \cdot 1 = 180\Omega$.

Ako se preklopnik postavi u položaj X10 (sl.3.5-b.), mnogo je lakše, nego u prethodnom slučaju, utvrditi da se kazaljka poklapa sa osamnaestim podeokom. Dakle, merena otpornost je $18 \cdot 10 = 180\Omega$.

Ako se nastavi sa povećavanjem mernog opsega, kazaljka skreće još više u desnu stranu, zbog čega se javlja problem određivanja tačnog broja podeoka sa kojim se kazaljka poklapa.

Prilikom merenja otpornosti, greška nastaje kada se rukama pridržavaju nožice otpornik. Tako se, paralelno, merenoj otpornosti dodaje otpornost sopstvenog tela i rezultat takvog merenja je manja otpornost od prave vrednosti. Ova greška dolazi do izražaja ako se mere otpornosti reda veličine $k\Omega$.

Greška se javlja i ako se meri otpornost komponente koja je zalemljena na štampanoj ploči, jer i ostale komponente, povezane sa komponentom čija se otpornost meri, utiču na pokazivanje instrumenta.

3.1.2 Merenje digitalnim multimetrom

Sve što je rečeno o merenju analognim multimetrom u vezi načina priljučenja u kolo i načina merenja (početak merenja sa najvećeg opsega), važi i za digitalne multimetre.

Kod digitalnog instrumenta očitavanje merene veličine je mnogo lakše i tačnije. Vrednost se direktno očitava na displeju, dakle nema dilema oko izbora skale, određivanja konstante instrumenta i množenja sa njom, i nema subjektivnih grešaka pri očitavanju broja podeoka.

Prilikom očitavanja rezultata treba uočiti da li izabrani opseg ima prefiks (m-mili, k-kilo, M-mega) mernih jedinica. Ako izabrani opseg ima prefiks, onda se pri očitavanju rezultata prefiks uzima u obzir tako što se dodaje ispred merne jedinice veličine koja se meri. Na primer, ako je izabran opseg 20k za merenje otpornosti, a na displeju se pojavi broj 15,55, to znači da je izmerena otpornost $15,55k\Omega$. Ako izabrani opseg nema prefiks,

to znači da se dobija rezultat koji je direktno izražen (bez prefiksa) mernom jedinicom fizičke veličine koja se meri. Na primer, ako je izabran opseg 20 za merenje jednosmernog napona, a na displeju se pojavi broj 15,55, to znači da je izmerena vrednost napona 15,55V.

Ako je merena veličina veća od mernog opsega, instrument će to verovatno „preživeti“ a grešku će signalizirati ispisivanjem cifre „1“ na prvom mestu. Radi tačnijeg merenja treba izabrati opseg koji će omogućiti dobijanje rezultata sa što više cifara.

Digitalni multimetar nije osetljiv ni na zamenu crvene i crne pipalice. U slučaju zamene pipalica pokazaće tačnu vrednost uz ispisivanje minusa ispred rezultata merenja. Ipak, zbog načina indikacije ovaj instrument nije pogodan za praćenje promena merene veličine.

Prilikom merenja struje treba voditi računa o tome da opseg 10A, za koji postoji posebna utičnica, nije zaštićen osiguračem, pa ako je struja veća od 10A, pregoreva instrument. Za ostale opsege za merenje struje važi da ako je merena struja veća od mernog opsega, pregoreva osigurač u instrumentu. Merenje struje na opsegu 10 A ne sme da traje duže od 10 sekundi, a posle toga ne sme se ponoviti dok ne protekne 15 minuta (dok se ne ohladi ugrađeni otpornik).

3.2 Provera ispravnosti otpornika

Ispravnost otpornika direktno se utvrđuje merenjem otpornosti. Ako je izmerena vrednost, zbog tolerancije, približna vrednosti koja je napisana ili označena prstenovima u boji na telu otpornika - otpornik je ispravan.

Za proveru ispravnosti potenciometara, preporučuje se upotreba analognog multimetra, pri čemu se jedna sonda spoji sa nožicom klizača, a druga sonda sa nožicom jednog od krajeva potenciometra. Pri pomeranju klizača ka jednom kraju, otpornost raste, a pri pomeranju klizača ka drugom kraju, otpornost opada. Ako pri tome igla instrumenta povremeno „skakuće“, to je znak da potenciometar nije ispravan. Kada bi se takav potenciometar koristio u nekom audio-uređaju, pri okretanju njegovog klizača, u zvučniku bi se čulo krčanje, ili bi dolazilo do prekida u radu. Ovakav potenciometar može da se popravi tako što se otporni sloj ispraska specijalnim sprejom, namaže uljem, istrlja grafitnom olovkom i sl., ali su ovakve popravke kratkog veka i preporučljive samo ako nije moguće nabaviti novi potenciometar.

3.3 Provera ispravnosti osigurača

Ispravnost osigurača proverava se merenjem otpornosti između metalnih kapica osigurača. Otpornost ispravnog osigurača može biti: manja od jednog oma, nekoliko oma, nekoliko desetina oma. Beskonačna otpornost je siguran znak da je osigurač pregoreo.

3.4 Provera ispravnosti transformatora i kalemova

Provera ispravnosti mrežnih transformatora svodi se na merenje otpornosti bakarne žice kojom su namotani primarni i sekundarni namotaj. Pošto primarni namotaj ima više navojaka od sekundarnog namotaja, a namotan je tanjom žicom, njegova otpornost je veća od otpornosti sekundarnog namotaja i kreće se u granicama od nekoliko desetina oma (kod snažnijih transformatora) do nekoliko stotina oma, pa i kilooma (kod transformatora manjih snaga). Otpornost sekundarnog namotaja je manja i nalazi se u granicama od nekoliko oma (kod snažnijih transformatora) do nekoliko desetina oma (kod transformatora manjih snaga). Ako je otpornost primarnog ili sekundarnog namotaja beskonačna, to je siguran znak prekida namotaja.

Kalemovi se takođe ispituju merenjem otpornosti bakarne žice, koja se nalazi u granicama od nekoliko oma do nekoliko desetina oma. Beskonačna otpornost je siguran znak da je žica prekinuta.

Direktna provera ispravnosti kalema može se izvršiti uz pomoć RLC (LCR) metra (SI.3.6). To je instrument koji ima mogućnost merenja otpornosti, induktivnosti i kapacitivnosti.

Merenje induktivnosti vrši se tako što se preklopnik postavi na neki od opsega za merenje induktivnosti, a zatim nožice kalema utaknu u utičnice na instrumentu. Nakon toga potrebno je još da se odabere opseg na kome će se dobiti rezultat sa što više cifara. Ako je kalem ispravan, rezultat je približan vrednosti induktivnosti kalema. Za merenje se mogu koristiti i sonde koje na krajevima imaju štikaljke koje se spajaju sa nožicama komponente koja se ispituje. Merenje je tačnije ukoliko sonde imaju kraće žice.

Dugme ADJ služi za podešavanje nule na opsezima za merenje kapacitivnosti manjim od 20nF. Naime, na ovim opsezima instrument pokazuje kapacitivnost različitu od nule i onda kada sa njim nije povezan kondenzator. Dugme ADJ omogućava da se, pre početka merenja kapacitivnosti, instrument podeši tako da njegovo pokazivanje bude nula.



SI.3.6 Digitalni LCR-metar

3.5 Provera ispravnosti zvučnika i mikrofona

Ispravnost elektrodinamičkog zvučnika utvrđuje se merenjem otpornosti kalema zvučnika (najčešće 4Ω , 8Ω , 16Ω). Ako je izmerena vrednost približna vrednosti koja je napisana na zvučniku - zvučnik je ispravan, pod uslovo da membrana nije oštećena.

Ako se otpornost meri analognim multimetrom i ako je zvučnik ispravan, pri kratkotrajnom priključenju instrumenta (crna pipalica na plus, a crvena na minus priljučak zvučnika) iz zvučnika se čuje krčanje. Ako nema krčanja, zvučnik je neispravan. Krčanje se čuje i iz dinamičkog mikrofona.

Kristalni zvučnik ispituje se analognim multimetrom, na opsegu za merenje otpornosti, tako što se crna pipalica spoji sa žicom koja ima crvenu izolaciju, a crvena pipalica spoji sa žicom koja ima crnu izolaciju. Ako je zvučnik ispravan, prilikom dodirivanja pipalica, iz kristalnog zvučnika čuje se tiho pucketanje.

Elektret mikrofona ne može da se ispituje kako je prethodno objašnjeno, zato što u sebi ima pojačavač.

3.6 Provera ispravnosti kondenzatora

Kada se kondenzator priključi u kolo jednosmerne struje, kroz njega teče jednosmerna struja ali samo dok traje punjenje kondenzatora, odnosno nagomilavanje naelektrisanja na pločama kondenzatora. Kada se završi punjenje kondenzatora, jednosmerna struja prestaje da teče kroz kondenzator. Zato se kaže da za jednosmernu struju kondenzator predstavlja prekid, odnosno njegova otpornost je beskonačna. Vreme punjenja kondenzatora zavisi od njegove kapacitivnosti. Punjenje kondenzatora manjih kapacitivnosti, kao što su keramički, mnogo je brže od punjenja kondenzatora većih kapacitivnosti, kao što su elektrolitski i neki blok kondenzatori. Zato, kada se meri otpornost ispravnog kondenzatora male kapacitivnosti, instrument, odmah nakon povezivanja sonde sa nožicama kondenzatora, pokazuje beskonačnu otpornost. Međutim, kada se meri otpornost ispravnog kondenzatora velike kapacitivnosti, na instrumentu se može pratiti postepeno povećanje od vrlo male ka beskonačnoj otpornosti. Povećanje otpornosti je sporije, ako se otpornost meri na većem opsegu. Prilikom merenja, nožice ne treba dodirivati prstima.

Pre početka merenja otpornosti, elektrolitski kondenzator treba isprazniti otpornikom od nekoliko stotina oma. Ako se otpornost meri digitalnim multimetrom, crvenu sondu treba spojiti sa pozitivnom nožicom kondenzatora, a crnu sondu sa negativnom nožicom kondenzatora. Ako se otpornost meri analognim multimetrom, crnu sondu treba spojiti sa pozitivnom nožicom, a crvenu sondu sa negativnom nožicom. Ako je kondenzator ispravan, kazaljka naglo skrene u desnu stranu, a zatim se postepeno vraća u levu stranu.

Direktna provera ispravnosti kondenzatora, merenjem kapacitivnosti, može se izvršiti uz pomoć RLC metra ili digitalnog multimetra (ako ima mogućnost merenja kapacitivnosti). Pre početka merenja, kondenzator treba isprazniti otpornikom od nekoliko stotina oma. Prilikom povezivanja elektrolitskog kondenzatora sa RLC metrom, pozitivnu nožicu treba utaknuti u utičnicu označenu plusom. Ako je izmerena vrednost približna vrednosti koja je napisana na telu kondenzatora - kondenzator je ispravan. Pri merenju kapacitivnosti treba imati u vidu da kondenzatori imaju znatno veću toleranciju od otpornika, čak i 20%.

Princip rada digitalnih multimetara, koji imaju mogućnost merenja kapacitivnosti, je takav da može izazvati oštećenje elektrolitskog kondenzatora čija se kapacitivnost meri. Zato se digitalnim multimetrom ne meri kapacitivnost elektrolitskih kondenzatora. Digitalnim multimetrom meri se kapacitivnost keramičkih i blok kondenzatora.

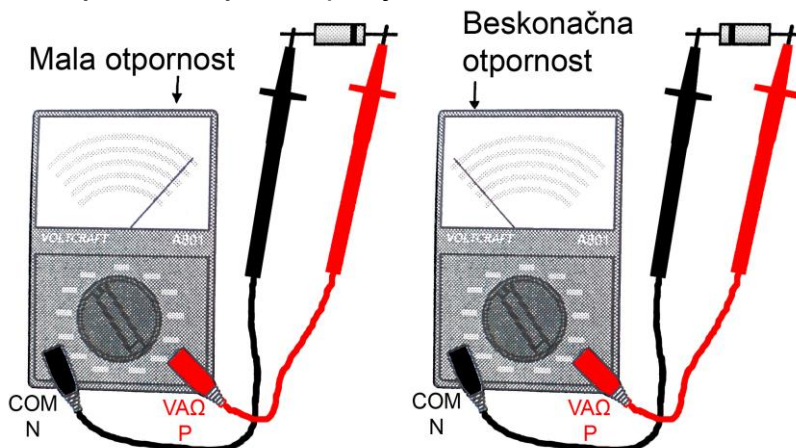
Elektrolitski kondenzatori su komponente koje najbrže stare. Zato, kod uređaja koji duže vreme nije upotrebljavan treba prvo proveriti elektrolitske kondenzatore. Često se neispravnost elektrolitskog kondenzatora može uočiti po tome što se boja štampane ploče,

na strani komponenta, oko neispravnog kondenzatora, razlikuje od boje štampane ploče oko ostalih komponenta.

3.7 Provera ispravnosti dioda

Analognim multimetrom ispravnost diode proverava se merenjem njene otpornosti pri direktnoj i inverznoj polarizaciji. Pre početka merenja treba:

- preklopnikom izabrati opseg za merenje otpornosti (na primer, opseg označen X1k),
- utikač na crvenoj sondi uključiti u priključnicu označenu sa VAΩ,
- utikač na crnoj sondi uključiti u priključnicu označenu sa COM.



Sl.3.7 Merenje otpornosti pri direktnoj polarizaciji

Sl.3.8 Merenje otpornosti pri inverznoj polarizaciji

Povezivanjem sondi sa instrumentom, kako je prethodno objašnjeno, obezbeđuje se da, prilikom merenja otpornosti, napon između crne i crvene pipalice bude pozitivan, odnosno da crna pipalica bude pozitivan a crvena negativan pol instrumenta.

Ako se crna pipalica spoji sa anodom, a crvena sa katodom, dioda je direktno polarisana (sl.3.7). Ako se crna pipalica spoji sa katodom, a crvena sa anodom, dioda je inverzno polarisana (sl.3.8). Dioda je ispravna ako je:

- pri direktnoj polarizaciji otpornost diode mala - kazaljka se nalazi u desnom delu skale,
- pri inverznoj polarizaciji otpornost diode beskonačna - kazaljka se nalazi u levom delu skale.

Ako se i pri direktnoj i inverznoj polarizaciji izmere približno iste otpornosti, ili obe vrlo male ili obe vrlo velike, dioda je neispravna.



Sl. 3.9 Položaj kazaljke pri direktnoj polarizaciji

Na slici 3.9 može se uočiti da se kazaljka poklapa sa četvrtim podeokom. Pošto je merenje izvršeno na opsegu X1k, rezultat merenja je $4 \times 1k = 4k\Omega$. Pri direktnoj polarizaciji ispravne diode, otpornost može da ima i drugu vrednost zavisno od opsega i same diode. Ako je dioda ispravna, pri inverznoj polarizaciji otpornost bi trebala da bude beskonačna, odnosno kazaljka bi trebala da bude u krajnje levom delu skale.

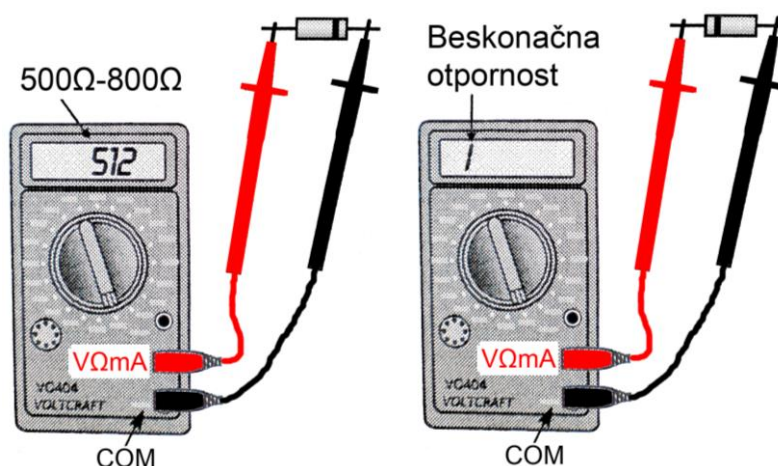
Za proveru ispravnosti diode merenjem otpornosti, može se upotrebiti i digitalni multimetar, ali ne bilo koji. Naime, digitalni multimetri se izrađuju tako da, na opsezima za

merenje otpornosti, napon između sondi bude oko 3V ili oko 0,3V. Kolika je vrednost napona između sondi, na opsezima za merenje otpornosti, jednostavno se utvrđuje merenjem napona pomoću drugog instrumenta. Za proveru ispravnosti diode, merenjem otpornosti, može se upotrebiti onaj multimetar kod kojeg je pomenuti napon oko 3V. Kod takvih multimetara opseg od $2k\Omega$ je najčešće i dodatno označen i simbolom diode, čime se ukazuje da se na tom opsegu može meriti otpornost diode.

Pre početka merenja treba:

- preklopnikom izabrati opseg označen sa $2k$,
- utikač na crvenoj sondi uključiti u priključnicu označenu sa $V\Omega mA$,
- utikač na crnoj sondi uključiti u priključnicu označenu sa COM.

Povezivanjem sondi sa instrumentom, kako je prethodno objašnjeno, obezbeđuje se da, prilikom merenja otpornosti, napon između crvene i crne pipalice bude pozitivan, odnosno da crvena pipalica bude pozitivan a crna negativan pol instrumenta (može se uočiti da je polaritet pipalica suprotan u odnosu na polaritet pipalica kod analognog multimetra).



Sl. 3.10 Merenje, na opsegu $2k$, pri direktnoj polarizaciji

Sl.3.11 Merenje, na opsegu $2k$, pri inverznoj polarizaciji

Ako se crvena pipalica spoji sa anodom, a crna sa katodom, dioda je direktno polarisana (sl.3.10). Ako se crvena pipalica spoji sa katodom, a crna sa anodom, dioda je inverzno polarisana (sl.3.11). Dioda je ispravna ako je:

- pri direktnoj polarizaciji otpornost $500\Omega - 800\Omega$, ako je dioda silicijumska,
- pri direktnoj polarizaciji otpornost manja od 500Ω , ako je dioda germanijumska,
- pri inverznoj polarizaciji otpornost beskonačna, bez obzira da li je dioda silicijumska ili germanijumska.

Ako se i pri direktnoj i inverznoj polarizaciji izmere približno iste otpornosti, ili obe vrlo male ili obe vrlo velike, dioda je neispravna.

Za proveru ispravnosti dioda, na nekim digitalnim multimetrima postoji poseban opseg označen simbolom diode. Na tom opsegu se, pri direktnoj polarizaciji, meri napon praga provođenja diode.

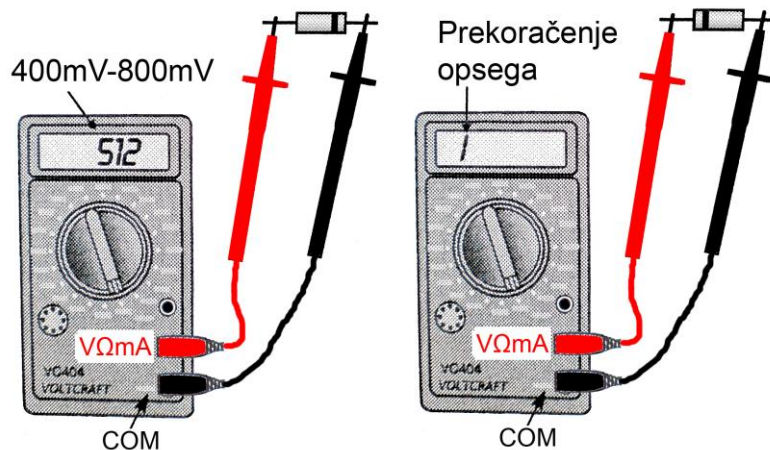
Pre početka merenja treba:

- preklopnikom izabrati opseg označen simbolom diode,
- utikač na crvenoj sondi uključiti u priključnicu označenu sa $V\Omega mA$,
- utikač na crnoj sondi uključiti u priključnicu označenu sa COM.

Dioda je ispravna ako se:

- pri direktnoj polarizaciji (sl.3.12) izmeri napon od $400mV - 800mV$ (za germanijumsku diodu napon je nešto manji),
- pri inverznoj polarizaciji (sl.3.13) na displeju pojavi, na prvoj poziciji, jedinica – simbol prekoračenja opsega.

Ako je ispravna, LED dioda emituje svetlost pri direktnoj polarizaciji.

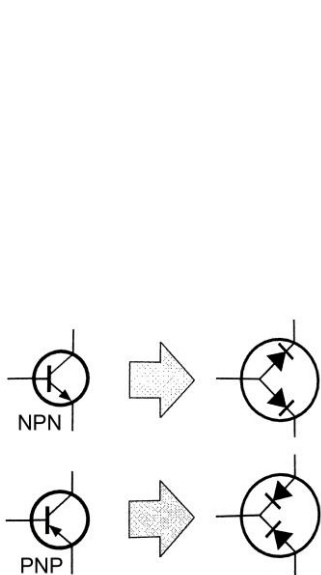


Sl.3.12 Merenje, na opsegu \rightarrow , pri direktnoj polarizaciji

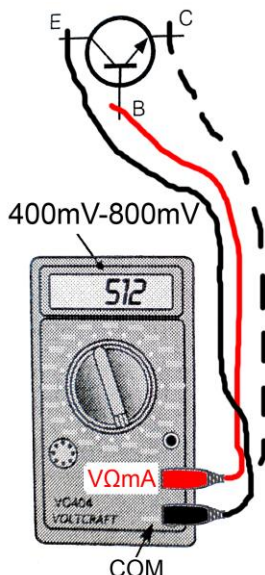
Sl.3.13 Merenje, na opsegu \rightarrow , pri inverznoj polarizaciji

3.8 Provera ispravnosti bipolarnih tranzistora

Bipolarni tranzistor se u osnovi sastoji od dve diode. Zbog toga se ispravnost tranzistora utvrđuje proverom ispravnosti dioda od kojih se tranzistor sastoji. Tranzistor je ispravan samo ako su obe diode ispravne.



Sl.3.14 Ekvivalentne šeme tranzistora



Sl.3.15 Merenja pri direktnoj polarizaciji

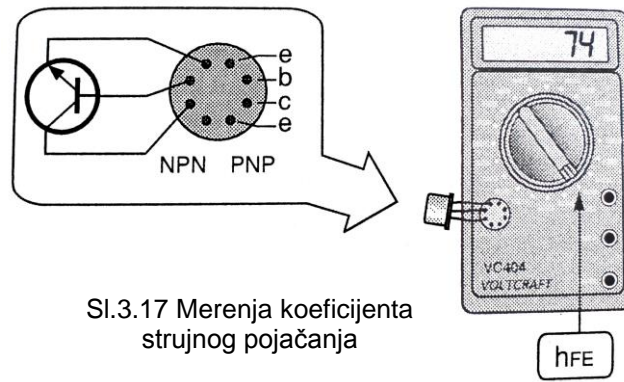


Sl.3.16 Merenja pri inverznoj polarizaciji

Ako se ispituje NPN tranzistor, crvena sonda se spoji sa bazom, a crna sa emitorom a zatim i kolektorom (sl.3.15). Ako je tranzistor ispravan, u oba slučaja treba da se dobije 400mV – 800mV, ako se meri napon praga provođenja dioda, ili $500\Omega - 800\Omega$, ako se meri otpornost. Zatim se crna sonda spoji sa bazom, a crvena sa kolektorom a zatim i emitorom (sl.3.16). Ako je tranzistor ispravan, u oba slučaja se na displeju pojavljuje simbol prekoračenja opsega, odnosno beskonačne otpornosti.

Ako se ovakav postupak primeni nad ispravnim PNP tranzistorom, rezultati merenja su suprotni.

Većina digitalnih multimetara ima mogućnost direktne provere tranzistora merenjem koeficijenta strujnog pojačanja h_{FE} . Kada se preklopnik postavi u položaj označen sa h_{FE} , a zatim nožice tranzistora, vodeći računa da li je NPN ili PNP, utaknu u rupice priključnice na instrumentu (sl.3.17), ako je tranzistor ispravan, na displeju se dobija broj koji predstavlja koeficijenta strujnog pojačanja tranzistora h_{FE} . Obično se koeficijent strujnog pojačanja meri u opsegu 1-1000.



SI.3.17 Merenja koeficijenta strujnog pojačanja

4. LEMLJENJE

Povezivanje elektronskih komponenta može da se obavi pomoću štipaljki, zavrtnja, opruga i sl., ali ta rešenja nisu pouzdana i mogu da se primene samo u jednostavnim uređajima, ili pri eksperimentisanju i proveru nekog jednostavnog elektronskog kola. Najbolji način povezivanja komponenta je povezivanje lemljenjem.

4.1 Alat

Glavni alat potreban za lemljenje je električna lemilica. Postoje i lemilice na gas, koje su pogodne za rad na mestima na kojima nema izvora električne energije.



Sl.4.1 Lemilica sa regulacijom temperature

Postoje dva osnovna tipa električnih lemilica, sa regulacijom i bez regulacije temperature, pri čemu mogu biti različitih snaga. Za lemljenje elektronskih komponenta na štampanoj ploči, snaga lemilice treba da bude u granicama od 12W do 25W. Snažnije lemilice nisu pogodne jer mogu da dovedu do oštećenja komponenta i štampane ploče. Lemilice većih snaga koriste se za lemljenje većih lemov (na primer, lemljenje oluka). Prema obliku, lemilice su podeljene na štap i pištolj lemilice.



Sl. 4.2 Štap lemilica snage 25W

Lemno mesto na štampanoj ploči naziva se stopica ili ped (Eng. *pad*).

Vrh lemilice može biti u obliku šiljka ili dleta. Za lemljenje komponenta na štampanoj ploči pogodniji je vrh u obliku šiljka. Pravilo je da vrh lemilice treba da bude širok koliko i dve trećine lemnog mesta na štampanoj ploči. Nekoliko minuta nakon uključivanja, vrh lemilice dostiže radnu temperaturu (oko 300°C), zbog čega se ne sme dodirivati kako ne bi došlo do pojave opekotina. Čišćenje vrha, prethodno zagrejjane lemilice, vrši se trljanjem vrha o vlažni celulozni sunđer, nakon čega je potrebno kalajisati vrh lemilice. Za odlaganje lemilice koristi se stalak na kome može biti odložen i celulozni sunđer za čišćenje vrha lemilice. Nakon završetka lemljenja, vrh lemilice treba kalajisati kako bi se sprečila pojava korozije na njemu.

Za lemljenje elektronskih komponenata koristi se tinol (Eng. *tin* – kalaj) žica (sl.4.4). To je legura koja se sastoji od 60% kalaja (Sn) i 40% olova (Pb). Unutrašnjost tinol žice je ispunjena fluksom (kalofonijum) koji olakšava proces lemljenja. Od 2006.godine u EU i Aziji koristi se isključivo bezolovni tinol, koji predstavlja leguru od 97% kalaja, 2,5% srebra (Ag) i 0,5% bakra (Cu). Unutrašnjost ovog tinola takođe je ispunjena fluksom. Fluks se može nabaviti i nezavisno od tinola i to u obliku tečnosti ili spreja (Lotlak SK10). Tinol žica izrađuje se u različitim debljinama, od 0,5mm do 2mm. Za lemljenje standardnih elektronskih komponenti koristi se tinol debljine 0,7mm ili 1mm. Za lemljenje SMD komponenti koristi se tinol debljine 0,5mm, zbog odgovarajućeg doziranja.



Sl.4.3 Stalak za lemilicu



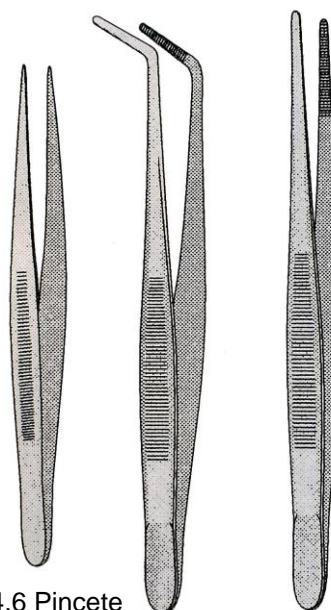
Sl.4.4 Tinol žica

„Treća ruka“ (sl.4.5), odnosno pomoćna ruka je stalak sa pokretnim štipaljka i lupom, koji omogućava pridržavanje elemenata u toku lemljenja, kao i detaljan pogled na mesto na kome se vrši lemljenje.

Za pridržavanje elemenata koji se leme, takođe se koriste i pincete (sl.4.6). Koriste se i za pridržavanje sitnih zavrtnja, za skidanje komponenata sa štampane ploče i sl. Njihova dužina trebalo bi da bude 10-15cm.



Sl.4.5 „Treća ruka“



Sl.4.6 Pincete

Sečice su alat u obliku malih klešta kojima se seku žice, skraćuju nožice zalemljenih komponenata, skida izolacija žice i slično. Na slici 4.7 prikazane su male sečice, dužine oko 13cm, koje su prvenstveno namenjene za sečenje nožica komponenti i bakarne žice prečnika do 1mm. Za sečenje debljih žica koriste se sečice većih dimenzija.



Sl.4.7 Sečice



Sl.4.8 Pletenica (fitilj) za razlemljivanje



Sl.4.9 Vakuumpumpe za razlemljivanje

Razlemljivanje je postupak obrnut od lemljenja. Zapravo to je skidanje komponente sa štampane ploče. Za razlemljivanje se koriste pletenica (sl.4.8) i vakuum pumpa (sl.4.9) za razlemljivanje.

Pletenica za razlemljivanje je splet finih bakarnih žičica obloženih fluksom. Kada se vrh pletenice prisloni na lemnu tačku i zagreva lemilicom, kapilarnim efektom bakarne žičice privlače rastopljeni tinol i uklanjaju ga sa lemnog mesta. Pletenica za razlemljivanje izrađuje se u debljinama od 0,5mm do 2,5mm.

Vakuumpumpa sastoji se od: cilindra u kome se nalaze klip i opruga, vrha (sisaljka) za usisavanje rastopljenog tinola, dugmeta za natezanje opruge i dugmeta za okidanje. Vrh lemilice drži se na leмноj tački, a vrh nategnute pumpe stavi se što bliže istoj leмноj tački. Kada se tinol rastopi, pritiskom dugmeta za okidanje, pumpa se aktivira i usisava tinol. U praksi, usisavanje treba ponoviti više puta, a nožice koje se i dalje „drže“ za bakarnu foliju treba, vrhom odvijača ili šila, pažljivo odvojiti od bakarne folije.

Korisni su i drugi alati kao što su: odvijači (šrafcižeri), skalpel, šilo, tanke turpije, testera za metal itd.

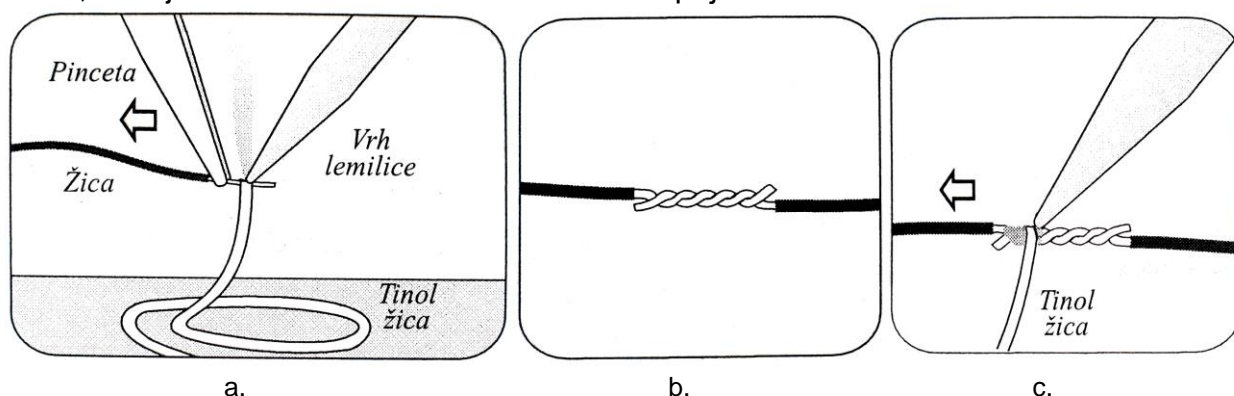
Zaštitna mera, koja se preporučuje prilikom lemljenja, je nošenje zaštitnih naočara.

4.2 Spajanje žica lemljenjem

Za dobro lemljenje veoma je bitno da vrh lemilice, stopice na štampanoj ploči i nožice komponentata budu maksimalno čisti. Tokom vremena metalne površine (stopice, nožice, žica) oksidišu i „ne primaju“ tinol. Jedino rešenje u takvim slučajevima je da se skalpelom, ostrim nožem, žiletom ili šmirglom očisti oksid tako da metalne površine dobiju sjaj. Dobro očišćene površine su osnovni uslov za uspešno lemljenje.

Žice koje se spajaju najpre se dobro očiste skalpelom, a zatim se kalajišu. Očišćeni deo žice, koja se pridržava pincetom, i vrh lemilice se naslone na vrh tinol žice (sl.4.10-a) koja je tako savijena da stoji na stolu, a njen kraj koji se koristi okrenut na gore. Kada počne topljenje tinola, počne se i sa laganim pomeranjem žice u levu stranu, tako da deo žice koji se kalajiše stalno bude u rastopljenom tinolu. Kada se dođe do kraja žice, proveriti se da li je žica ravnomerno kalajisana sa svih strana. Ako žica nije ravnomerno kalajisana sa svih strana, kalajisanje treba ponoviti. Kalajisanje je završeno kada se na žici sa svih

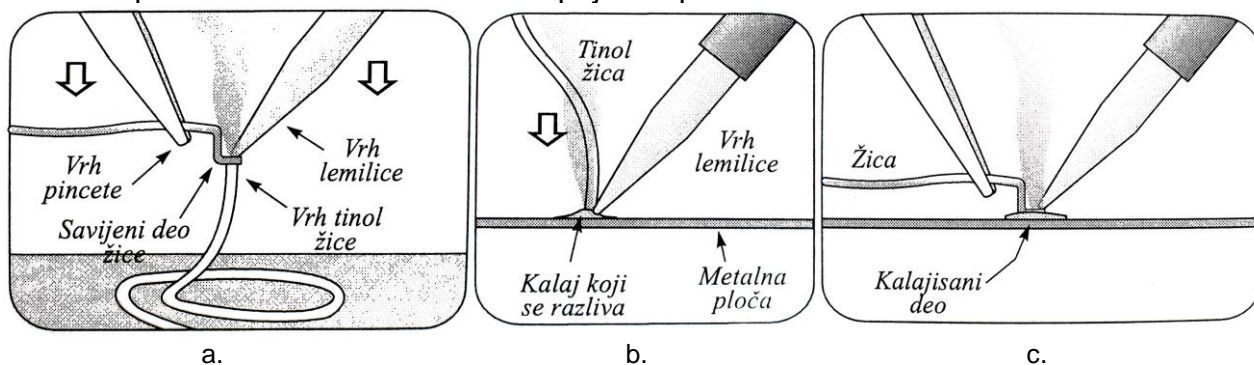
strana uhvati ravnomeran tanak sloj tinola. Kalajisani vrhovi se upredu (sl.4.10-b), pri čemu se mogu koristiti i klešta. Natapanje tinolom (sl.4.10-c) vrši se tako što se vrh tinol žice i lemilice naslone na upredeni deo koji se lagano pomera u levu stranu tako da rastopljeni tinol ravnomerno obuhvati obe žice. Na kraju se, prvo tinol žica, a zatim i lemilica, odvoje i sačeka nekoliko sekundi da se spoj ohladi.



Sl.4.10 Spajanje dve žice lemljenjem: a - kalajisanje vrhova, b – upredanje kalajisanih vrhova, c – natapanje tinolom

4.3 Lemljenje žice na metalnoj površini

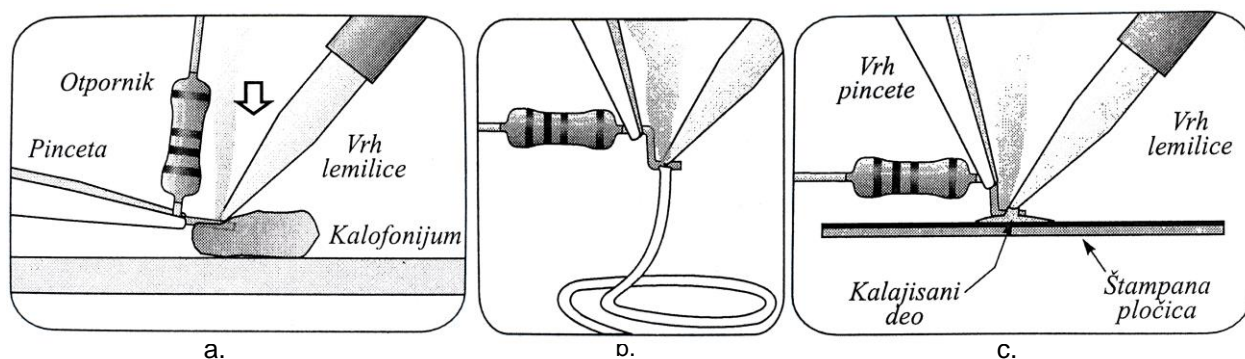
Vrh žice se najpre dobro očisti skalpelom, zatim se kleštima savije i kalajiše (sl.4.11-a) kao što je objašnjeno u prethodnom primeru. Deo metalne površine na kojoj će biti izvršeno lemljenje, takođe treba dobro očistiti, na primer šmirglom. Zatim se vrh lemilice i vrh tinol žice naslone na očišćeni deo bakarne površine (sl.4.11-b). Kada tinol počne da se topi i razliva, malo se podignu vrh lemilice i tinol žica, tako da se obrazuje malo ostrvo od tinola. Na kraju, kalajisani kraj žice se nasloni na kalajisani deo metalne površine i pritisne vrhom lemilice, na koji se prethodno doda malo tinola, sačeka se nekoliko sekundi da se tinol rastopi a zatim lemilica odvoji. Nakon uklanjanja lemilice, žicu treba pridržati još nekoliko sekundi da se spoj ohladi. U toku kalajisanja i lemljenja, žica se pridržava pincetom kako ne bi došlo do pojave opekotina.



Sl.4.11 Lemljenje žice na metalnoj površini: a - kalajisanje vrha žice, b – kalajisanje metalne površine, c – lemljenje vrha žice na metalnoj površini

4.4 Lemljenje otpornika na bakarnoj foliji

Lemljenje je veoma olakšano ako se koristi kalofonijum u obliku grumenova tamne žuto-smeđe boje. U kalofonijum se, pred početak lemljenja, kratkotrajno „zagnjuri“ vrh lemilice, i lemljenje je i bolje i pouzdanije. Još je bolje ako se u kalofonijum vrhom lemilice utisne deo koji se kalajiše. Lemljenje se olakšava i ako se koristi rastvoreni kalofonijum ili pasta za lemljenje kojima se, u tankom sloju, premažu provodnici koji se leme. Paste za lemljenje ipak treba izbegavati jer, bez obzira šta piše na tubi, najverovatnije sadrže kiseline, tako da pasta, koja ostane po završetku lemljenja, nagriza metalne provodnike i vremenom ih uništi.

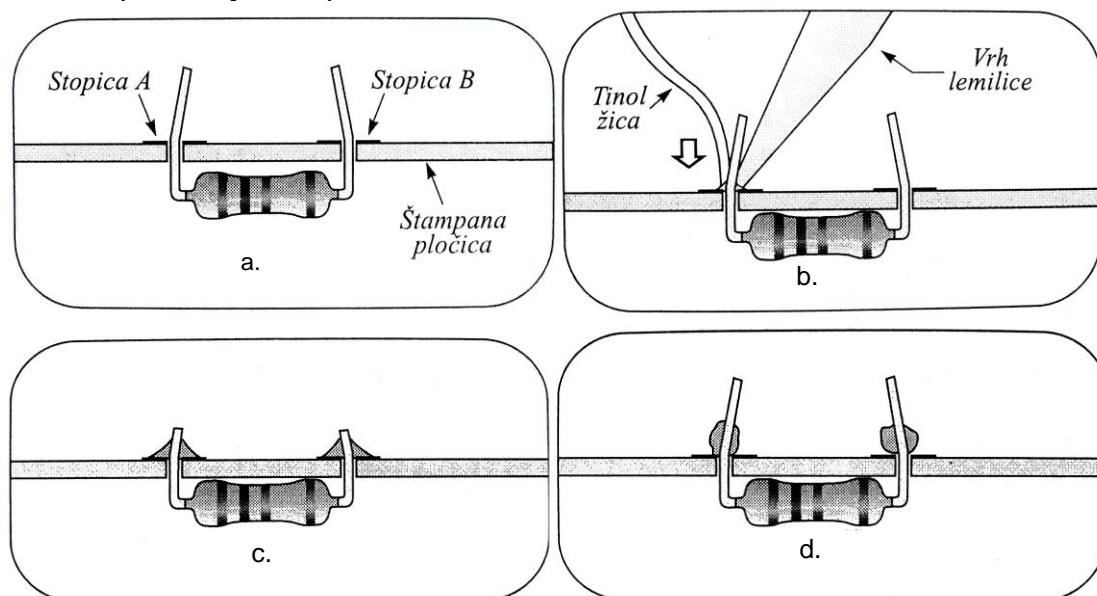


Sl.4.12 Lemljenje otpornika na bakarnoj foliji: a - kalofonisanje, b – kalajisanje, c – lemljenje

S obzirom da su nožice otpornika ustvari žice, njegovo lemljenje na bakarnoj foliji izvodi se na isti način kao i lemljenje žice na metalnoj površini.

4.5 Lemljenje na štampanoj ploči

Ugradnja komponenata na ploči može da se vrši bilo kojim redosledom, ali je praktičnije da se prvo ugrađuju komponente najmanje visine, pa malo veće itd. U tom smislu, prvo treba ugraditi kratkospajalice (džampere), pa otpornike itd. Komponente koje su nežnije konstrukcije, tako da lako mogu da se oštete, treba ugraditi poslednje. Žice kojima se štampana ploča povezuje sa zvučnikom ili sa kućištem baterije, takođe treba ugraditi među poslednje komponente.

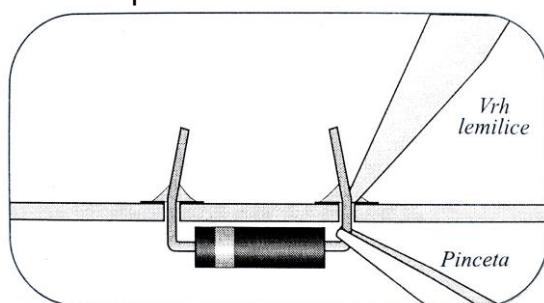


Sl.4.13 Postupak lemljenja otpornika na štampanoj ploči

Lemljenje na štampanoj ploči biće objašnjeno na primeru lemljenja otpornika. Nožice otpornika najpre treba očistiti, a zatim kleštima izvršiti njihovo savijanje na potrebnu dužinu. Savijeni krajevi se provlače kroz rupice. Ako je otpornik veće snage tako da se u toku rada dosta zagreva, telo otpornika treba da bude odmaknuto od ploče oko 1mm, što se najlakše postiže tako što se između otpornika i ploče stavi komadić kartona koji se izvadi kada se završi lemljenje. Otpornici manje snage ugrađuju se tako da budu naslonjeni na ploču. Ako se na ploči ugrađuje više otpornika, štedi se na vremenu ako se prvo svi otpornici postave na svoja mesta, a zatim vrši lemljenje. Da bi se sprečilo da, pri okretanju ploče, neki od otpornika ispadne ili se delimično izvuče, provučene nožice treba malo saviti (sl.4.13-a). Vrh lemilice i vrh tinol žice se zajedno naslone na stopicu (sl.4.13-b), tako da vrh lemilice istovremeno dodiruje stopicu, vrh tinol žice i nožicu. Kada započne topljenje tinol žice, treba je lagano gurati na dole. Lemljenje traje od dve do pet sekundi. Kada se formira mala kupa (sl.4.13-c) prvo se odvoji tinol žica, zatim lemilica i

sačeka se nekoliko sekundi da se spoj ohladi. Na isti način treba izvršiti i lemljenje druge nožice otpornika. Nakon završetka lemljenja, nožice se skrate sečicama.

Ako stopica ili nožica, pre lemljenja nisu očišćeni, nakon lemljenja spoj može da izgleda kao što je prikazano na slici 4.13-d. Kod takvog spoja, električna veza između stopice i nožice je veoma loša ili uopšte ne postoji. Takav spoj naziva se **hladan spoj**. Dešava se i da u početku električna veza postoji, pa se posle izvesnog vremena izgubi. U takvoj situaciji mora se pronaći hladan spoj, što je vrlo mukotrpan posao, kako bi se ponovo izvršilo lemljenje, ali uz prethodno čišćenje nožica i stopica. Traženje hladnog spoja, razlemljivanje i ponovno lemljenje je veliki gubitak vremena, pa je zato ipak najbolje da se pre montaže dobro očiste stopice i nožice.

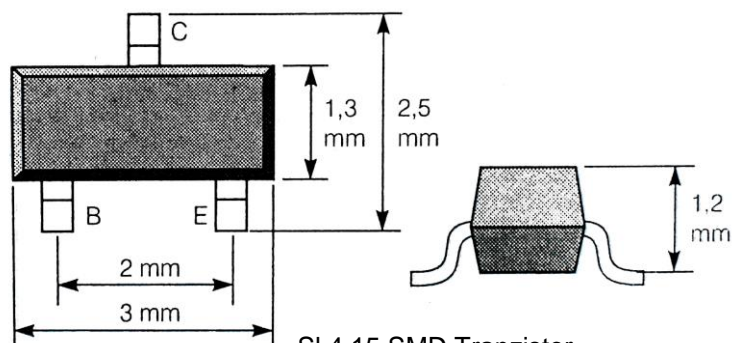


Sl.4.14 Odvođenje toplote pomoću pincete

Ako su komponente, koje se leme, osetljive na temperaturu (germanijumske diode i tranzistori itd), odnosno ako preterano zagrevanje nožica može da ih ošteti, tada njihovu nožicu treba, sa strane komponenta, držati pincetom (sl.4.14) ili špicastim kleštima, preko kojih se odvodi toplota i sprečava pregrevanje.

4.6 Lemljenje SMD komponenata

U poglavlju 2.11 rečeno je da su SMD komponente veoma malih dimenzija, da nemaju žičane nožice, da se za njihovu ugradnju na štampanim pločama ne buše rupice, jer se direktno, svojim krajevima, leme na bakarnim linijama na štampanim pločama. Koliko su malih dimenzija može se videti i na slici 4.15.



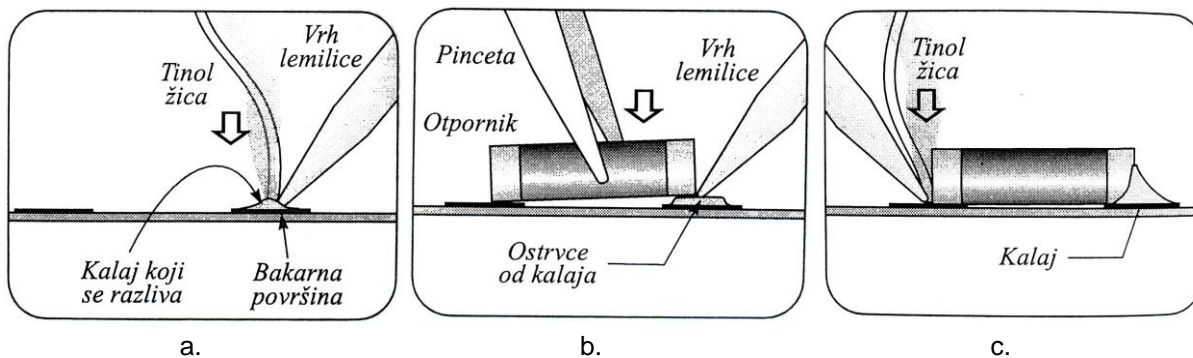
Sl.4.15 SMD Tranzistor

Lemljenje SMD komponenata obavlja se lemlicom male snage (12-18W) sa vrlo uzanim vrhom.

Kao primer, na slici 4.16 prikazano je lemljenje SMD otpornika koji je u obliku malog valjka sa metalnim kopicama na krajevima.

Prvo se na jedan kraj bakarne folije, lemlicom nanese malo tinola (sl.4.16-a) – formira se jastuče (ostrvce) od tinola. Otpornik se uhvati pincetom i postavi na svoje mesto. Zatim se vrh lemilice nasloni na jastuče od tinola, tako da se ovaj rastopi, a otpornik lagano pritiska na dole dok ne „legne“ na svoje mesto i dok se tinol ne uhvati za metalnu kopicu (sl.4.16-b). Druga nožica lemi se tako što se najpre vrh lemilice postavi tako da istovremeno dodiruje kopicu i bakarnu liniju ispod nje (sl.4.16-c), da bi se obe zagrejale. Posle oko pola sekunde lemilica se malo odmakne od kاپice, ali drži i dalje naslonjena na bakarnu liniju, i vrh tinol žice prinese tako da dodiruje kاپicu i bakarnu liniju.

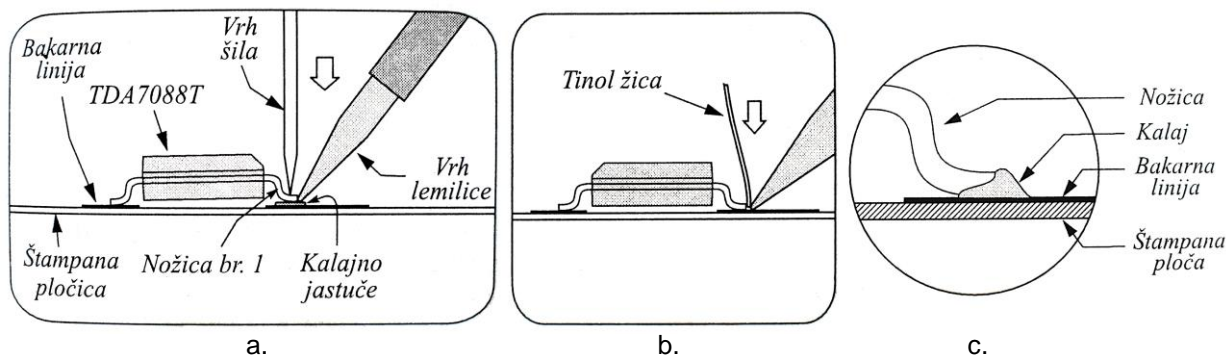
Žica se topi pa je treba pomerati na dole, i tinol se hvata za bakar i kapicu. Kada se formira lem, prvo se odmakne tinol žica a zatim lemilica.



Sl.4.16 Lemljenje SMD otpornika : a – formiranje jastučića od tinola, b – lemljenje jednog kraja, c – lemljenje drugog kraja

Postupak lemljenja nožica SMD integrisanog kola je sledeći:

Prvo se leme dve dijagonalno suprotne nožice. Na primer, ako integrisano kolo ima 16 nožica, to su nožice 1 i 9, ili 8 i 16. Na bakarnoj liniji gde treba da bude zalemljena nožica 1 nanese se malo tinola u obliku jastučeta. Kolo se postavi na svoje mesto, tako da sve nožice budu u svom položaju. Vrhom šila pritisne se nožica broj 1, a vrh lemilice postavi se tako da istovremeno dodiruje i jastuče i kraj nožice 1. Kalaj se rastopi i nožica, pod pritiskom šila, legne na svoje mesto i biva zalemljena (sl.4.17-a). Zatim se proverí da li su sve nožice na svojim mestima. Ako nisu, vrhom lemilice se rastopi tinol oko nožice 1 i kolo pažljivo i brzo, da se nožica 1 ne bi previše zagrejala, pomeri u potreban položaj. Nožica 9 lemi se tako što se najpre vrh lemilice postavi tako da istovremeno dodiruje vrh nožice i bakarnu liniju ispod nje, da bi se obe zagrejale. Posle oko pola sekunde lemilica se malo odmakne od nožice, ali drži i dalje naslonjena na bakarnu liniju, i vrh tinol žice prinese tako da dodiruje vrh nožice i bakarnu liniju. Žica se topi pa je treba pomerati na dole, i tinol se hvata za bakar i vrh nožice (sl.4.17-b). Kada se formira lem, prvo se odmakne tinol žica a zatim lemilica. Proveri se da li su sve nožice na svojim mestima, pa se i one zaleme, na isti način kao i nožica 9.



Sl.4.17 Lemljenje SMD integrisanog kola : a – lemljenje nožice 1, b – lemljenje nožice 9, c – izgled svih lemova

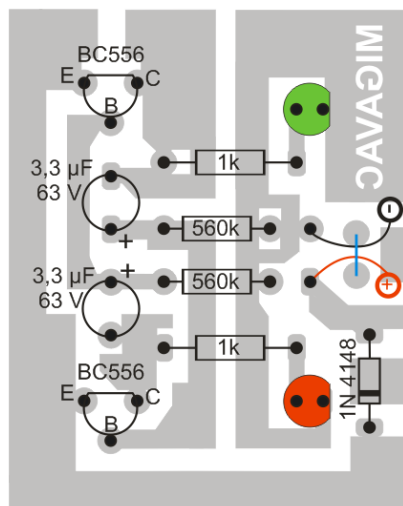
5. IZRADA ŠTAMPANIH PLOČA

Većina savremenih elektronskih uređaja realizuje se u tehnici štampanih ploča (PCB-*Printed Circuit Board*). Štampana ploča se pravi na ploči, debljine oko 1,5mm, od izolacionih materijala, kao što su pertinaks i vitroplast. Jedna strana ploče je presvučena tankim slojem bakra (bakarna folija) i naziva se strana štampe ili starna bakra. Postupkom nagrizanja, koji će biti kasnije objašnjen, suvišan bakar se uklanja i na ploči ostaju samo stopice (Eng. *pad*) i bakarne linije-veze-provodnici (Eng. *track*), pomoću kojih se ostvaruju veze između komponenata koje se ugrađuju na ploču. Bakarne linije i stopice zovu se štampane veze, odnosno štampa. U centrima stopica buše se rupe prečnika oko 1mm i kroz njih provlače nožice komponenata. Komponente se ugrađuju na strani na kojoj nije bio bakarni sloj (to je tzv. starna komponenata), a lemljenje se vrši na strani na kojoj su bakarne linije. Pored ploča koje imaju štampu samo sa jedne strane i zovu se jednoslojne ploče, postoje i dvoslojne ploče koje imaju štampu sa obe strane.

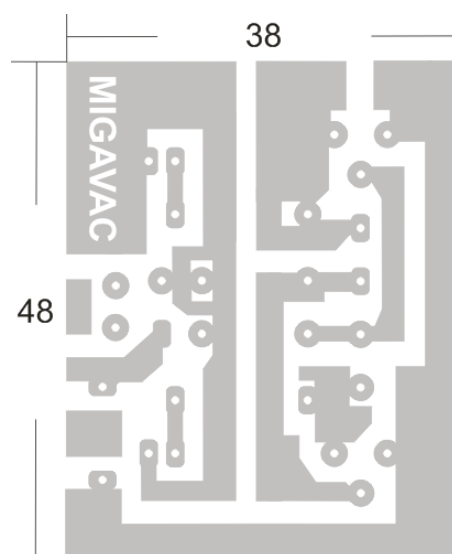
Prvi deo posla pri izradi štampane ploče je njeno projektovanje. Pod projektovanjem štampane ploče podrazumeva se izrada plana-crteža rasporeda komponenata, stopica i bakarnih provodnika-linija na ploči. Pre početka projektovanja treba nabaviti sve komponente kako bi znali kolike su im dimenzije i kolika su rastojanja između nožica. Za projektovanje štampanih ploča koriste se programi kao što su **Protel**, **Eagle**, a može se koristiti i neki program za crtanje kao što su **CorelDRAW** i **AutoCAD**.

5.1 Precrtavanje crteža na ploču

Jedan od načina izrade štampane ploče zasnovan je na precrtavanju crteža, sa rasporedom stopica i bakarnih linija, na bakarnu stranu ploče uz pomoć olovke i indigo papira. Crtež štampane ploče treba da bude odštampan, u razmeri 1:1, na običnom papiru.



Sl.5.1 Crtež štampane ploče – pogled sa strane komponenata



Sl.5.2 Crtež štampane ploče – pogled sa bakarne strane

U programima za crtanje štampanih ploča za dobijanje crteža kojim se prikazuje štampana ploča sa bakarne strane, koristi se opcija **Mirror**.

Bakarna strana ploče treba da bude dobro očišćena, jer se samo u tom slučaju nagrizanje i, kasnije, lemljenje obavljaju brzo i lako. Čišćenje se najefikasnije obavlja pomoću nekog praškastog sredstva za čišćenje (VIM). Krpa ili sunđer se nakvasi vodom, zamoči u prašak i njime trlja bakarna površina dok ne dobije sjaj, a zatim se dobro opere i osuši.

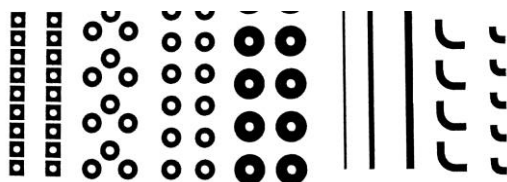
Na bakarnu stranu ploče postavi se indigo papir, a preko njega i papir sa crtežom štampane ploče kojim se prikazuje štampana ploča sa bakarne strane. Da se ne bi

pomerili u toku precrtavanja, indigo papir i papir sa crtežom se pričvrste lepljivom trakom. Prelaženjem olovke preko stopica i bakarnih linija na crtežu, iste se precrtavaju na bakarnu stranu ploče. Precrtavanje se može vršiti i na drugi način, bez indigo papira. Vrhom šila se probode papir kroz centre svih stopica. Pri tome, šilo se dobro pritisne, tako da na bakarnoj površini ostaju dobro uočljivi ubodi.

Nakon precrtavanja treba izvršiti crtanje stopica i bakarnih linija flomasterom otpornim na kiselinu. On se prepoznaje po tome što miriše na alkohol i prodaje se u knjižarama kao flomaster (marker) za pisanje po staklu. Dobar je ako se, nekoliko sekundi nakon pisanja na staklu, ne može obrisati prstima. Ipak, mnogo je sigurnije ako se kupi u prodavnici elektronskih komponenata. Flomasterom treba lagano (da bi sloj boje bio deblji) iscrtati sve stopice i linije. Prečnik stopica treba da bude 2-3mm, pri čemu u sredini stopica treba da ostane malo ostrvo od bakra. Debljina linija treba da bude oko 1mm, mogu da budu i malo tanje (tamo gde mora) i mnogo deblje (tamo gde je moguće). Ako je precrtavanje izvršeno tako što su šilom označeni samo centri stopica, prilikom crtanja flomasterom linije ne moraju da imaju potpuno isti oblik kao na crtežu. Nakon završetka crtanja treba sačekati određeno vreme (za klasičan marker bar 1 sat) da se boja osuši, a zatim se može izvršiti nagrizanje ploče. U toku nagrizanja, bakar koji se nalazi ispod boje ostaće zaštićen i neće biti nagrižen, dok će preostali bakar nagrizanjem biti uklonjen sa ploče. Nakon završetka nagrizanja i pranja ploče vodom, boja se uklanja alkoholom ili nitro razređivačem.

5.2 Prenošnje crteža pomoću Letraseta

Letraset (postoji i Lithoprint) je naziv za proizvod u obliku tankog providnog lista hartije ili plastike, na kome su u jednom ili više redova nanosena slova, znakovi interpunkcije i sl. List sa slovima se postavi na hartiju na kojoj treba nešto napisati i olovkom se trlja preko željenog slova. Pri tome, slovo sa letraseta, pređe i zalepi se na hartiju. Postoji i letraset za elektroničare. To su folije sa stopicama, linijama i krivinama napravljenim od boje otporne na tečnost za nagrizanje. Prenošnje sa folije na ploču takođe se obavlja trljanjem olovkom.



Sl.5.3 Letraset stopice, linije,krivine

5.3 Prenošnje crteža prenošenjem tonera

Bakarna strana ploče treba da bude dobro očišćena i odmašćena. Čišćenje se može izvršiti tako što se ploča izriba vimom. Nakon čišćenja, ploču treba dobro osušiti.

Crtež štampane ploče treba odštampati na termostabilnoj foliji na laserskom štampaču. Potrebno je da otisak bude sa maksimalnim zatamnjenjem, da bi se na ploču prenela veća količina tonera, čime se postiže bolja zaštita bakra od smeše kojom se vrši nagrizanje. Dimenzije folije ne treba da budu veće od dimenzija ploče, da prilikom zagrevanja ne bi došlo do deformisanja folije.

Preko bakarne strane ploče postavi se folija tako da na ploču naleže ona strana folije na kojoj je toner. Na nekoliko mesta ploča i folija se fiksiraju selotejpom.

Da se radni sto ne bi ošteti od toplote, na sto se postavi drvena ploča a preko nje ploča sa folijom. Nakon prekrivanja folije krpom, može se započeti peglanje, sa vrlo umerenim pritiskanjem, peglom koja je zagrejana na **160°C**. Ako je temperatura preniska, toner se neće preneti na ploču, a ako je temperatura previsoka, toner će se razliti i upropastiti veze. U toku peglanja, radi kontrole, krpa se može povremeno podići. Peglanje traje **4 minuta**.



Sl.5.4 Prenošnje tonera peglanjem

Nakon završetka peglanja ploču odmah treba naglo ohladiti, tako što se **30 sekundi** drži pod mlazom tekuće vode. Nakon hlađenja pažljivo se odlepi selotejp, a zatim se polako folija skine sa ploče, pri čemu najveći deo tonera ostaje na ploči. Površine koje su prekrivene tonerom dobro su zaštićene od smeše za nagrizanje, ako se njihovim posmatranjem prema svetlosti vide glatke i sjajne crne površine na kojima nema svetlucanja bakra. Ako su površine, prekrivene tonerom, hrapave i na njima se vidi svetlucanja bakra, to znači da nisu dobro zaštićene od smeše za nagrizanje, pa bi se prilikom nagrizanja na takvim površinama javile rupice. Ovakve površine, kao i površine na kojima se toner uopšte nije preneo, a trebalo je da se prenese, mogu se zaštititi lakom za nokte, selotejpom, flomasterom, a može se i, preko postojećeg tonera na ploči, ponoviti još jednom (čak i dva puta) prenošenje tonera sa nove folije. Ako se, nakon prenošenja tonera, na ploči vrše korekcije lakom za nokte ili flomasterom, onda je potrebno da se, pre nagrizanja, sačeka da se lak ili flomaster osuše, nakon čega se može izvršiti nagrizanje.

5.4 Prenošnje crteža foto postupkom

Crtež štampane ploče treba odštampati na termostabilnoj foliji na laserskom štampaču. Potrebno je da otisak bude sa maksimalnim zatamnjenjem, da bi kroz zatamnjeni deo (štampa) prošlo što manje UV zraka. Ako se otisak posmatra prema svetlosnom izvoru i pri tome kroz zatamnjeni deo prolazi dosta svetlosti, onda je potrebno da se crtež odštampa na dve (tri) folije (jedna folija se stavi preko druge i spoje se, na nekoliko mesta, selotejpom).

Ako se štampane ploče ne izrađuju često, onda je ekonomičnije koristiti foto pertinaks (gotove, foto lakom, oslojene pločice). Ako se koriste obične ploče, onda je potrebno da se izvrši oslojavanje foto lakom POSITIV 20. Foto pertinaks je sa bakarne strane, na kojoj se nalazi i foto lak, zaštićen od svetlosti plavom folijom, koju je potrebno odlepiti pre početka osvetljavanja ploče.

Da bi se izvršilo osvetljavanje - ekspozicija (izlaganje) UV zracima, potrebni su još i odgovarajući svetlosni izvor i dve ploče od običnog stakla debljine 3 mm i dimenzija nešto većih od štampane ploče. Na jednoj staklenoj ploči sa jedne strane treba zalepiti crni papir, da bi se sprečila refleksija. Kao izvor UV zraka može se koristiti živina sijalica snage **125W**, pri čemu se napajanje sijalice vrši preko prigušnice iste snage. Sijalica može da se postavi u stonu lampu i od trenutka uključenja potrebno je da prođe **5 minuta** da bi bila spremna za osvetljavanje.

Pre početka osvetljavanja ploče, potrebno je pripremiti svež razvijlač, tako što se u jedan litar hladne vode rastvori 7-10 g žive (kaustične) sode (NaOH). Ako je razvijlač slabiji, razvijanje može da potraje, a ako je razvijlač jači, proces može da bude toliko brz da skine i neosvetljeni lak. S obzirom da je teško izmeriti 7-10 g sode, razvijlač se može

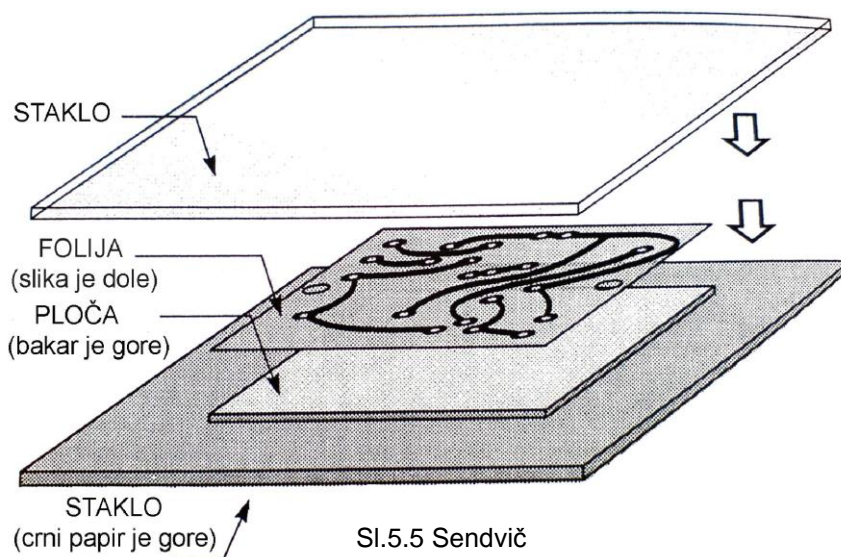
pripremiti i tako što se u **200ml** vode rastvori količina sode koja staje u **jedan** zapašać plastičnih flaša, pri čemu soda treba da bude u komadićima veličine oko 5 mm. Ako je soda u komadima većim od 5 mm, potrebno je da se prethodno usitni da bi se dobio razvijlač sa tačnijim odnosom vode i sode. Ako je soda u obliku granula, razvijlač se priprema na isti način - u 200 ml vode rastvori se količina sode koja staje u jedan zapašać plastičnih flaša. Razvijlač je providan (bezbojan) i spreman za upotrebu tek nakon **5 minuta** od početka rastvaranja sode. Temperatura razvijlača treba da bude sobna (**20-25°C**).

Da bi se izvršilo osvetljavanje ploče, potrebno je da se od nje, staklenih ploča i crteža (folija), napravi sendvič kao što je prikazano na slici 5.5. Lakirana površina se ne sme dodirivati sve dok se ne izvrši nagrizanje.

Sa sve četiri strane, sendvič se fiksira izolir trakom i spreman je za osvetljavanje. Pripremu sendviča, osvetljavanje i razvijanje treba obavljati u polumračnoj prostoriji.

Da bi se ploča lakše izvadila iz razvijlača, a kasnije i iz rastvora u kome se vrši nagrizanje, sa nebakrane strane se može, nakon osvetljavanja, zalepiti preklopljena izolir traka od dvadesetak centimetara.

Osvetljavanje se vrši tako što se sendvič postavi ispod sijalice, koja je uključena najmanje **5 minuta** pre početka osvetljavanja i nalazi se **30 cm** iznad sendviča. Ako je rastojanje kraće, može se desiti da ploča ne bude ravnomerno osvetljena (jer je u pitanju tačkasti izvor svetlosti), a sa većim rastojanjem povećava se vreme potrebno za osvetljavanje. Osvetljavanje traje **5 minuta** (6 minuta, ako se radi sa trostrukom folijom), nakon čega odmah treba izvršiti razvijanje ploče.

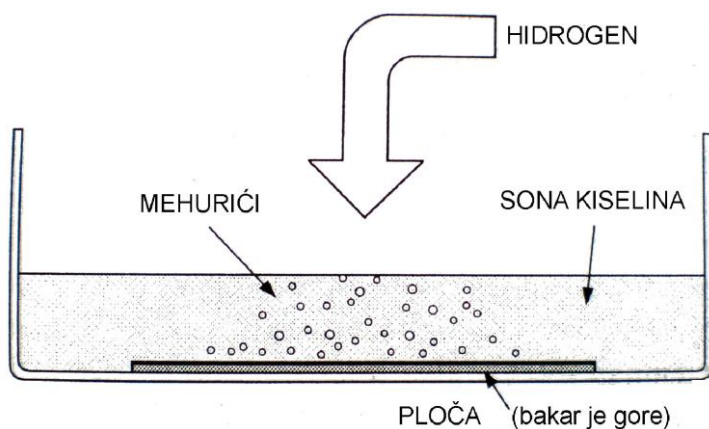


Kada se završi osvetljavanje i ploča izdvoji iz sendviča, na njoj se ne mogu uočiti promene u odnosu na to kako je izgledala pre osvetljavanja (ovo važi za foto pertinaks). Do vidljivih promena dolazi razvijanjem ploče. Razvijanje se obavlja tako što se ploča postavi u plastični sud (bakar je gore) sa razvijlačem koji treba da prekrije ploču za nekoliko milimetara. Nakon desetak sekundi od početka razvijanja, osvetljeni deo foto laka postaje vidljiv jer počinje da dobija ljubičastu boju koja postaje sve tamnija. Uz blago ljuljanje suda, osvetljeni deo foto laka počinje da otpada sa ploče. Vreme, potrebno da se osvetljeni foto lak skine sa ploče, kreće se od **1/2 do 2min**, mada može biti i nešto duže (zavisi od: koncentracije i temperature razvijlača, vremena osvetljavanja i debljine foto laka). Kada se sa ploče skine osvetljeni foto lak, potrebno je da se ploča opere tekućom vodom. S obzirom da se može desiti da na ploči zaostane veoma tanak sloj osvetljenog foto laka, koji se ne može uočiti i koji bi onemogućio nagrizanje bakra, potrebno je da se ploča ponovo vrati u razvijlač na 5-6s (ne duže da se ne bi ošteti lak koji treba da štiti bakar). Ako na ploči još uvek ima osvetljenog foto laka, nakon nekoliko sekundi od vraćanja ploče

u razvijač, blagim ljuljanjem suda, uočice se njegovo skidanje. Nakon vađenja ploče iz razvijača treba je ponovo oprati tekućom vodom, a zatim ponovnim vraćanjem u razvijač proveriti da li ima zaostalog laka. Površina je dobro očišćena od foto laka, ako ima bakarni sjaj. U toku razvijanja ploča se ne sme dodirivati prstima ili nekim predmetima, kako se ne bi ošteti neosvetljeni foto lak. Nakon završetka razvijanja ploča se opere tekućom vodom i odmah je spremna za nagrivanje. Ako se, pre nagrivanja, flomasterom ili lakom za nokte žele izvršiti korekcije, potrebno je da se ploča osuši, što se može učiniti i fenom, ali sa većeg rastojanja (**40-50cm**). Razvijanjem prestaje svaka osetljivost na svetlost foto laka koji je ostao na ploči i kao takav može biti stabilan u dužem periodu.

5.5 Nagrivanje

Za nagrivanje ploče koristi se smeša 16-18% rastvora sone kiseline (HCl) i 30% rastvora hidrogena (H₂O₂). Smeša se pravi u odnosu **5:1** u korist kiseline. **I kiselina i hidrogen su dosta agresivna jedinjenja, naročito opasna za oči i kožu, pa pri radu sa njima treba biti oprezan. Ako neka od ovih tečnosti kapne na ruku ili neki predmet, treba ih odmah oprati vodom. Prilikom nagrivanja treba koristiti zaštitne naočare.**

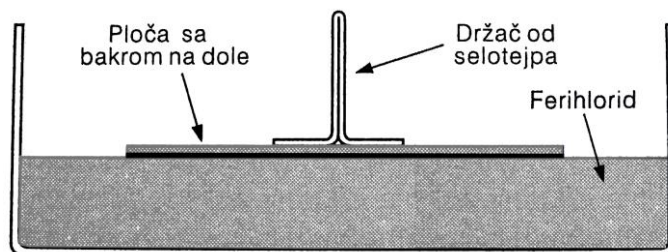


Sl.5.6 Nagrivanje sonom kiselinom i hidrogenom

U plastičan sud prvo se sipa kiselina, zatim se doda hidrogen i blagim ljuljanjem se tečnosti izmešaju. Nakon toga u sud se stavi i ploča. Količina smeše u sudu treba da bude tolika da prekrije ploču za nekoliko milimetara. Smeša može biti potpuno providna ili bele boje (zavisi od hidrogena), tako da se posle nekoliko sekundi može videti kako bakar dobija ljubičastu boju, a smeša zelenu, što znači da je nagrivanje počelo. Ako se vrši nagrivanje ploče koja je prethodno pripremljena foto postupkom i posle desetak sekundi bakar ne počne da menja boju, znači da, u toku razvijanja, osvetljeni foto lak nije u potpunosti uklonjen sa ploče. U tom slučaju ploču treba izvaditi iz smeše za nagrivanje i ponovo je, nakon ispiranja tekućom vodom, vratiti u razvijač. Već je bilo rečeno da su površine dobro očišćena od foto laka, ako imaju bakarni sjaj. Nagrivanje nezaštićenih bakarnih površina počinje od rubova i ide ka sredini ploče. Prilikom nagrivanja iz smeše izlaze mehurići, kao u čaši sveže kisele vode, što znači da smeša intenzivno isparava, zbog čega nagrivanje treba vršiti u provetrenoj prostoriji. Ako u smeši ima previše hidrogena, onda se javlja i previše mehurića, odnosno javlja se pena, a u takvim uslovima, usled zagrevanja smeše, dolazi do oštećenja zaštitnog sloja (foto lak, toner, boja) i bakra. Povremenim ljuljanjem suda omogućava se da tečnost, koja je bila na površini ploče, sklizne, a da na njeno mesto dođe nova tečnost. Ako se uoči da na nekoj manjoj površini nagrivanje znatno zaostaje u odnosu na ostatak ploče, pri čemu treba uzeti u obzir da nagrivanje ide od rubova ka sredini ploče, tu površinu treba izgrebati šilom. Da bi se to uradilo, ploču treba izvaditi iz smeše za nagrivanje, zatim je treba oprati i staviti u sud sa vodom u kome se može izvršiti grebanje. Nakon izvršene korekcije može se nastaviti sa nagrivanjem. Nagrivanje traje nekoliko minuta i završeno je kada na ploči nema nezaštićenog bakra. Nagrivanje ne bi smelo da traje duže od 10 min, jer ako je zaštitni sloj

slabijeg kvaliteta, kiselina će početi i ispod njega da nagrizava bakar. Posle upotrebe, smeša kiselina i hidrogena se baca, tako što se najpre sipa u neki plastični sud (na primer, kofa) napunjen vodom, da bi se na taj način sprečilo oštećenje metalnih slivnika. Nakon završetka nagrizanja ploču treba izvaditi iz smeše, oprati pod mlazom tekuće vode i osušiti ako se želi da foto lak, ispod kojeg se nalazi štampa, služi kao zaštita od oksidacije. U tom slučaju, nitro razređivačem ili acetonom, treba skinuti foto lak sa stopica. Ako se za zaštitu od oksidacije koristi LOTLAK SK10, koji ujedno i olakšava lemljenje, onda je jednostavnije da se foto lak skinu sa cele ploče. Ako su bakarne linije i stopice bile nacrtane flomasterom, boja se može skinuti alkoholom.

Osim smeše sone kiselina i hidrogena, za nagrizanje se može koristiti i ferihlorid (FeCl_3), koji se može nabaviti u obliku tečnosti crveno-smeđe boje ili grumenastog (0,5kg grumenja rastvara se u 1l vode). Ferihlorid je, kao i većina drugih kiselina, otrovna materija, opasna za oči, otvorene rane i sluzokožu, zbog čega treba biti oprezan pri radu sa njom. Rastvor ferihlorida se koristi za nagrizanje više ploča.



Sl.5.7 Nagrizanje ferihloridom

Rastvor ferihlorida se sipa u plastičan sud tako da dubina tečnosti bude nekoliko centimetara. Ploča, sa bakrom na dole, stavi se u tečnost tako da pliva na površini tečnosti. Ploča se povremeno vadi iz tečnosti da bi se proverilo kako se odvija nagrizanje. Kada se završi nagrizanje (traje oko 15min), ploču treba dobro oprati vodom. Dalji postupak sa pločom isti je kao i nakon završenog nagrizanja smešom sone kiselina i hidrogena.

5.6 Bušenje rupica na štampanoj ploči

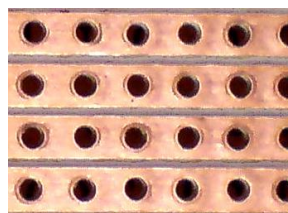
Većina komponenta ima nožice koje mogu da prođu kroz rupice prečnika 0,8mm, ali ima i komponenta za čije nožice se moraju izbušiti rupice većeg prečnika. Burgije prečnika 0,8mm se teže nabavljaju, a lako lome, pa se u amaterskoj praksi najčešće koriste burgije prečnika 1mm. Bušenje se najlakše obavlja malom električnom bušilicom montiranom na stalku, ali može da se uspešno obavi i „iz ruke“. Ispod ploče treba postaviti komad tvrdog drveta. Bušilicu ne treba pritiskati suviše jako, jer će burgija pri izlasku iz pertinaksa da odvali mali komad. Prilikom bušenja treba nositi zaštitne naočare.

5.7 Univerzalne štampane ploče

Univerzalne štampane ploče su ploče od pertinaksa ili vitroplasta na kojima se nalaze bakarne stopice (lemne tačke) ili lemne linije ili kombinacija linija i stopica i na kojima su izbušene rupice.



Sl.5.8 Vitroplast sa lemnim tačkama



Sl.5.8 Pertinaks sa lemnim linijama

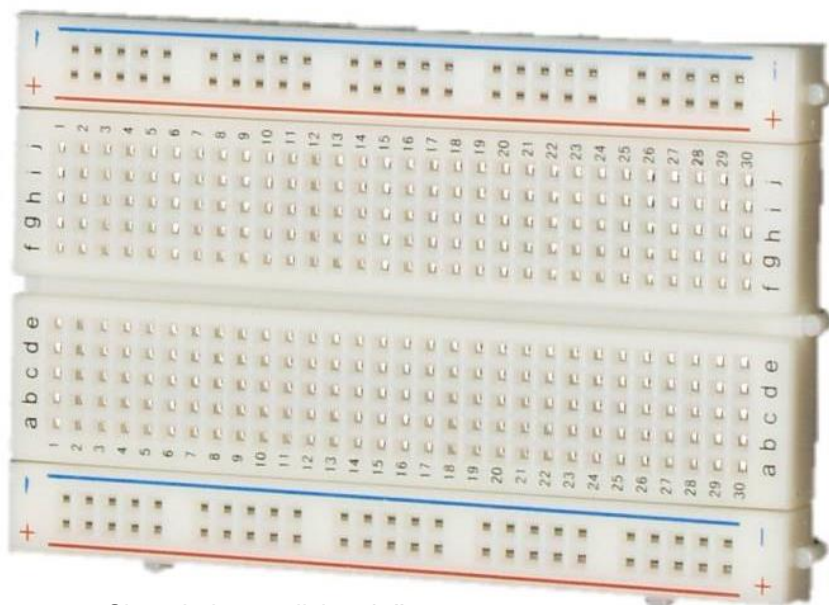
Raster (rastojanje između centara rupica) je 2,54mm, zato što je kod većine komponenta rastojanje između nožica jednako (tačno ili približno) proizvodu 2,54mm i nekog celog broja.

Na ploči sa lemnim tačkama, komponente se montiraju na strani na kojoj nisu stopice, a rasporede se tako da stopice, koje treba povezati, budu što bliže jedna drugoj. Nožice komponentata se zaleme i skrate. Povezivanje stopica se ostvaruje komadina žice, sa čijih je krajeva skinuta izolacija, a oni kalajisani. Žice se leme na strani na kojoj su stopice.

Na ploči sa lemnim linijama komponente se takođe montiraju jedna blizu druge, vodeći računa da se, kao veze među njima, maksimalno iskoriste bakarne trake-lemne linije. Kada je to potrebno, trake se prekidaju, tako što se na njima skalpelom proseče kanal. Veze koje nije moguće ostvariti trakama, ostvaruju se komadima žice (džamperi) koji se montiraju na strani komponentata.

5.8 Laboratorijska ploča

Laboratorijska ploča - Matador ploča (Eng. protoboard, breadboard) je plastična ploča za ekperimentisanje, u kojoj je ugrađen veliki broj malih, elastičnih, metalnih buksni u koje je moguće utaknuti nožice elektronskih komponentata. Korišćenjem ugrađenih veza između nizova buksni označenih sa +, -, 1 do 30, i uz korišćenje komada žice, moguće je povezati komponente nekog elektronskog uređaja i proveriti kako on radi.



Sl.5.9 Laboratorijska ploča

Ekperimentisanje sa uređajem realizovanim na laboratorijskoj ploči, mnogo je jednostavnije nego kada je uređaj realizovan na štampanoj ploči.