

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

DIPLOMSKI RAD

Igor Jurišić



ZAGREB, 2011.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
FIZIČKI ODSJEK

SMJER: PROFESOR FIZIKE I TEHNIKE

Igor Jurišić

Diplomski rad

**DIZAJN I KONSTRUKCIJA ELEKTRONIČKIH
STRUJNIH KRUGOVA U NASTAVI**

Voditelj diplomskog rada: doc.dr.sc. Darko Androić

Ocjena diplomskog rada: _____

Povjerenstvo: 1. _____

2. _____

3. _____

Datum polaganja: _____

Zagreb, 2011.

Sadržaj

1. Uvod	5
2. Elektronika i električni krugovi.....	6
2.1. Elektroni, šupljine i ioni.....	6
2.2. Električni otpor	6
2.3. Napon	7
2.4. Smjer električne struje.....	7
2.5. Izvori električne struje	7
2.6. Električne komponente.....	8
2.6.1. Otpornici	8
2.6.2. Kondenzatori	11
2.6.3. Diode	14
2.6.4. Tranzistori.....	15
2.6.5. Integrirani krugovi	17
3.Konstrukcija i realizacija električkog kruga	18
3.1. Konstruiranje električkih krugova pomoću računala	19
3.2. Izrada tiskane pločice.....	23
3.2.1 Fotopostupak.....	23
3.2.2. Jetkanje tiskane pločice.....	24
3.2.3. Bušenje tiskanih pločica	25
3.2.4. Lemljenje	25
4.Primjena u nastavi – tranzistorsko treptalo	27
4.1. Tranzistorsko treptalo – izborna nastava fizike	27
4.2. Konstruiranje električkih shema uz pomoć računala – izborna nastava informatike	30
4.3. Dizajniranje tiskane pločice uz pomoć računala – izborna nastava informatike	33

4.4. Izrada tranzistorskog treptala – izborna nastava tehničke kulture.....	37
5. Zaključak	40
6. Literatura	41

1. Uvod

Elektronika se je izdvojila kao posebna grana znanosti i tehnologije koja se bavi električnim krugovima sastavljenim od aktivnih električnih komponenti poput vakuumskih cijevi, tranzistora, dioda i integriranih krugova. Elektronika je izdvojena iz znanosti i tehnologije o elektrici i elektromehanici koja se bavi proizvodnjom, distribucijom, pohranom i pretvorbom električne energije koristeći pri tome žice, motore, generatore, baterije, prekidače, transformatore, otpornike i ostale pasivne elemente. Osobit razvoj elektronike započeo je 1906. godine, kada je Lee De Forest izumio triodu koja je mogla pojačavati slabe radio signale i slabe zvučne signale bez korištenja mehaničke naprave. Do 1950. ovo se područje nazivalo "radio – tehnika" pošto je glavni cilj bio dizajn i teorija radio odašiljača, prijemnika i vakumskih cijevi. U današnje vrijeme uobičajeno da se u električke uređaje ugrađuju poluvodičke komponente koje upravljaju elektronima. Proučavanjem poluvodičkih elemenata i pripadajuće tehnologije bavi se fizika čvrstog stanja, dok dizajn i konstrukcija električkih krugova ulazi u područje elektro inženjeringu.

Električni strujni krugovi danas se nalaze u gotovo svim uređajima koji koriste električnu energiju za pogon. Ljudi svakodnevno koriste takve uređaje (računala, telefoni, satovi...). Stoga se djeca već od samog početka odrastanja susreću sa električkim uređajima, a nekolicina ih već i prije samog osnovnoškolskog obrazovanja koristi.

Ipak, učenici se prema nastavnom planu i programu prvi puta susreću sa izrazima kao što su vodič, trošilo, osigurač u sedmom razredu osnovne škole iz nastavnog predmeta tehnička kultura, a o električkim shemama, aktivnim i pasivnim elementima, diodama, ispravljačima... uče u osmom razredu, također na predmetu tehnička kultura. Strujni su krugovi predmet proučavanja i na nastavi fizike u osmom razredu. U osnovnoškolskom obrazovanju učenici dobivaju osnovna znanja i dojam o električnim krugovima, a nakon toga se prema vlastitim sposobnostima i zainteresiranosti mogu opredijeliti za upis u srednje škole sa trogodišnjim ili četverogodišnjim programom: Monter električnih strojeva i uređaja, Monter vodova i instalacija, Električar, Tehničar za električne strojeve s primijenjenim računalstvom, Zrakoplovni tehničar IRE, Tehničar za mehatroniku, Tehničar za računalstvo, Tehničar za telekomunikacije.

2. Elektronika i električni krugovi

Kako bismo mogli započeti sa konstrukcijom i realizacijom električnih krugova, najprije se je potrebno upoznati sa pojmovima vezanim uz elektroniku i električne krugove.

2.1. Elektroni, šupljine i ioni

Za cijelu su elektroniku najviše odgovorni sami elektroni. Elektroni su elementarne čestice i sastavni su dio atoma. Atomi su još građeni i od protona i neutrona. Protoni i elektroni imaju naboje jednakog iznosa ali suprotnog predznaka, dok su neutroni bez naboja. Elektroni imaju negativan naboј, a protoni imaju pozitivan naboј pa se međusobno privlače. Protoni su statičke čestice i zajedno sa neutronima tvore jezgru atoma, dok se elektroni gibaju oko te jezgre. Kažemo da se atom sastoji od pozitivne jezgre i negativnog elektronskog omotača. U kristalima (metal) su atomi pravilno raspoređeni u kristalnu rešetku i ne mogu se slobodno gibati nego samo titrati oko ravnotežnog položaja. Kod metala je veza vanjskog elektrona u jednom atomu i jezgre tog atoma vrlo slaba, pa se takvi elektroni unutar metala ponašaju kao slobodni elektroni. Slobodne elektrone nazivamo još i elektronskim plinom, jer se poput čestica plina gibaju kristalnom rešetkom između "nepokretnih" pozitivnih metalnih iona.

U poluvodičima (silicij, germanij) nosioci naboja mogu biti elektroni, pozitivne šupljine ili oboje. Šupljina je naziv za nedostatni (osloboden) elektron, a u poluvodiču se ponaša kao pozitivni naboј po iznosu jednak naboјu elektrona.

U elektrolitima (vodenim otopinama soli, kiselina i lužina) i plinovima nosioci naboja su pozitivni i negativni ioni. Pozitivni ioni su atomi kojima fali jedan ili više elektrona, a negativni ioni su atomi koji imaju višak od jednog ili više elektrona.

2.2. Električni otpor

Otpornost je veličina koja nam govori o pokretljivosti elektrona u materijalu. Električna otpornost ovisi o svojstvima vodiča, a nastaje zbog međudjelovanja slobodnih elektrona s ionima kristalne rešetke. Služeći se analogijom električne struje i toka tekućine, možemo zorno predočiti i električni otpor. Viskozno trenje utječe na protok tekućine, električni otpor utječe na protok električne struje. Što je cijev kraća i šira protok vode je veći. Struja će biti jača ako je žica kraća ili deblja. Viskoznost ovisi o

vrsti tekućine, a otpornost o vrsti vodiča. Izuzetno je važno shvatiti pojам otpornosti zato što gotovo svaki elektronički projekt koji se izrađuje sadrži otpornike. Uz pomoć otpornika kontroliramo struju koja teče kroz krug.

2.3. Napon

Dakle, elektroni se gibaju slobodno u metalu, no da bismo dobili električnu struju moramo njihovo gibanje nekako usmjeriti. Za usmjeravanje gibanja elektrona potrebna nam je sila. Ta privlačna sila između pozitivnih i negativnih naboja je elektromotorna sila i naziva se razlika potencijala - napon. Negativni elektroni se kroz vodič kreću prema pozitivnom potencijalu.

2.4. Smjer električne struje

Istraživači su u početku smatrali da je električna struja tok pozitivnih naboja. Stoga su struju opisali kao protjecanje pozitivnih naboja od pozitivnog prema negativnom potencijalu. Puno kasnije, istraživači su pronašli elektrone i došli su do zaključka da je za električnu struju odgovoran protok elektrona od negativnog ka pozitivnom potencijalu. Početna konvencija još se uvijek koristi i danas, pa se smjer električne struje označava u suprotnom smjeru od stvarnog toka elektrona u vodiču.

2.5. Izvori električne struje

Izvore električne struje možemo podijeliti na tri vrste koje se u elektronici najčešće koriste: baterije, napon gradske mreže i solarne čelije.

Baterije pomoću elektrokemijskih procesa proizvode pozitivan potencijal na jednoj priključnici baterije i negativan potencijal na drugoj priključnici. Baterija proizvodi naboje na način da se dva različita metala urone u određenu kemikaliju. Baterije imaju dvije priključnice, i najčešće se koriste kao izvori električne struje za prijenosne naprave poput baterijske svjetiljke.

Napon gradske mreže dobiva se dovođenjem iz elektrana. Elektrane za proizvodnju električne energije krije različite izvore energija, pa tako imamo hidroelektrane, termoelektrane, nuklearne elektrane. Zbog načina proizvodnje električne struje u elektranama, smjer u kojem teku elektroni mijenja se 100 ili 120 puta u sekundi. Ta promjena u protoku elektrona naziva se izmjenična struja. Koliko će se puta promijeniti smjer protoka elektrona ovisi o standardnoj frekvenciji koja može biti 50 Hz ili 60 Hz. Proizvodnja električne struje u elektranama bazira se uvijek na istom principu. Neki oblik energije pretvara se u mehaničku energiju rotacije. Rotacijom

zavojnice unutar velikog magneta u zavojnici se inducira protok elektrona. Prvo magnet uzrokuje protok elektrona u jednom smjeru, a zatim, kada se zavojnica zakrene za 180 stupnjeva, magnet usmjerava elektrone u suprotnom smjeru. Ta rotacija stvara izmjeničnu struju.

Solarne ćelije su izrađene od poluvodiča. Poput baterija, solarne ćelije imaju dvije priključnice. Svjetlost koja osvjetjava solarnu ćeliju uzrokuje protjecanje električne struje. Električna struja se zatim kroz vodiče provodi do potrošača poput kalkulatora ili vrtnih svjetiljki.

2.6. Električne komponente

Električne komponente i dijelovi mogu kontrolirati električnu struju. Kao primjer možemo uzeti obični prekidač koji povezuje žarulju u strujni krug. Kako bismo ugasili žarulju potrebno je pomoću prekidača jednostavno prekinuti strujni krug. Ostali dijelovi za kontroliranje električne struje su otpornici, kondenzatori, diode i tranzistori. Ukoliko želimo električnu struju još bolje kontrolirati možemo koristiti integrirane krugove. Integrirani krugovi su komponente koje sadrže velik broj nanokomponenti u jednoj napravi koja nije puno veća od pojedine komponente. Pošto svaki integrirani krug sadrži velik broj komponenti, jedan integrirani krug može imati ulogu nekoliko pojedinačnih komponenti.

Određene električne komponente generiraju električnu struju kada su izložene svjetlosti ili recimo zvuku. Tu generiranu struju, u kombinaciji sa komponentama za kontrolu električne struje, možemo iskoristiti za paljenje ili gašenje električnih uređaja. Detektori kretanja, svjetlosni senzori, mikrofoni i temperaturni senzori, svi oni generiraju električne signale u skladu sa stimulacijom (kretanje, svjetlost, zvuk ili temperatura). Ti signali zatim se mogu koristiti za paljenje ili gašenje drugih uređaja. Visoka razina signala može nešto upaliti, a niska razina signala može nešto ugasiti. Ti signali mogu imati različite oblike ovisno o komponenti koja ih opskrbљuje. Na primjer, mikrofon opskrbљuje izmjenični signal, a temperaturni senzor opskrbљuje istosmjerni signal.

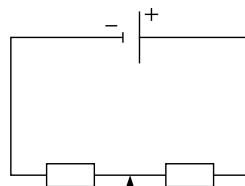
2.6.1. Otpornici

Električna struja je zapravo gibanje elektrona sa jedne strane žice na drugu stranu žice. Što više elektrona teče kroz žicu, veća je struja. Otpornici se, kao što i sam

naziv kaže, odupiru električnoj struji da protječe kroz njih. Ograničavanjem elektrona koji prolaze kroz otpornik, električni krug može raditi različite stvari. Otpornici su osnovni sastavni dio električkih krugova, pa se mogu vidjeti u velikim količinama u gotovo svim električkim krugovima. Neki od najčešćih načina korištenja otpornika su:

- **ograničavanje struje drugim komponentama:** neki dijelovi poput LED dioda veliki su potrošači struje, troše onoliko koliko im se dovede, no ukoliko je ta struja prevelika LED diode pregaraju. Kako bi se spriječilo uništenje diode potrebno je ograničiti struju koju dovodimo diodi.
- **smanjivanje napona za dio električkog kruga:** kod velikog broja električkih krugova potrebni su različiti iznosi napona za različite dijelove kruga. To se može lako postići pomoću otpornika. Spajanjem dvaju otpornika u seriju, kao što je prikazano na slici 2-6-1-1, dobivamo naponsko dijelilo. Prepostavljajući da su iznosi otpornika identični, napon između dva otpornika točno je jednak polovici ukupnog napona električkog kruga.
- **ograničavanje napona i struje za pojedine komponente:** kombinacijom otpornika i kondenzatora može se dobiti nekakva vremenska baza, stavljanjem otpornika na ulaz tranzistora možemo ograničiti pojačanje signala, itd.
- **zaštita ulaza osjetljivih komponenti:** prevelike struje uništavaju električke komponente. Stavljanjem otpornika na ulaze osjetljivih tranzistora i integriranih krugova, ograničavamo struju koja dopire do tranzistora ili integriranog kruga. Lako to nije potpuna zaštita, ova jednostavna zaštita može uštedjeti puno novca i vremena koje bi se utrošilo na popravljanje pregorjelih električkih elemenata.

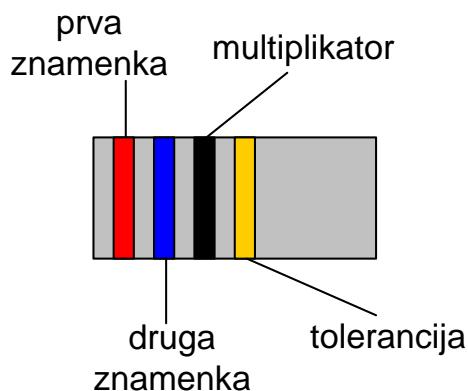
Slika 2-6-1-1: spajanjem dvaju otpornika u seriju dobivamo naponsko dijelilo.



Električni otpor mjeri se u omima Ω . Što je vrijednost otpornika veća u omima to otpornik pruža veći otpor elektronima. Postoje dvije osnovne vrste otpornika, stalni otpornici i promjenjivi otpornici.

Stalni otpornici imaju unaprijed određen otpor za struju. Vrijednost otpornika kod većine stalnih otpornika određena je obojenim prstenima. Označavanje obojenim prstenima započinje od kraja otpornika i sastoji se od 4, 5, a ponekad i 6 prstena različitih boja. Slika 2-6-1-2 prikazuje značenje svakog pojedinog prstena, a tablica 2-6-1 prikazuje vrijednosti svake pojedine boje.

Slika 2-6-1-2: označavanje otpornika.



Tablica 2-6-1

Značenje boja prstena na otpornicima

BOJA	PRVA ZNAMENKA	DRUGA ZNAMENKA	MULTIPLIKATOR	TOLERANCIJA
Crna	0	0	1	+20%
Smeđa	1	1	10	+1%
Crvena	2	2	100	+2%
Narančasta	3	3	1000	+3%
Žuta	4	4	10000	+4%
Zelena	5	5	100000	/
Plava	6	6	1000000	/
Ljubičasta	7	7	10000000	/
Siva	8	8	100000000	/
Bijela	9	9	/	/
Zlatna			0,1	+5%
Srebrna			0,01	+10%

Promjenjivi otpornici – potenciometri, omogućuju kontinuirano podešavanje od virtualnih nula do neke maksimalne vrijednosti. Potenciometri uobičajeno imaju maksimalnu vrijednost istaknuto negdje na sebi.

Kada se elektroni gibaju kroz materijal proizvode toplinu, veći broj elektrona proizvede veću toplinu. Otpornici stoga često imaju i oznaku snage koja se mjeri u vatima. Što je snaga otpornika veća na njemu se proizvodi veća toplina, dakle snaga otpornika nam govori koliko vata otpornik može podnijeti bez štetnih posljedica. Snagu računamo koristeći izraz:

$$P = I \cdot V \quad [W]$$

P je snaga otpornika, I je struja koja protječe kroz otpornik, a V napon na otporniku. Snaga otpornika ili je označena na otporniku brojkom ili bojom. Ukoliko otpornik nema oznaku za snagu potrebno je istu procijeniti prema njegovoj veličini. Otpornici koji se koriste za jake struje moraju imati i veće snage, dok većina otpornika koje koristimo u elektronici imaju snagu od četvrtine ili čak osmine vata.

Promjenjivi otpornici – potenciometri omogućavaju nam da mijenjamo otpor prema potrebi. Potenciometre možemo podijeliti u dvije vrste, klizeći potenciometri i rotacijski potenciometri. Za obje je vrste specifično da u jednom krajinjem položaju imaju minimum a u drugom maksimum. Gornja granica potenciometra određuje stvarni doseg otpornosti. Većina potenciometara označena je sa sljedećim gornjim granicama – 10K, 50K, 100K, 1M, itd. Na primjer, sa potenciometrom od 50K moguće je mijenjati otpor od 0 do 50000 oma. Treba imati na umu da je doseg na potenciometru približan.

2.6.2. Kondenzatori

Nakon otpornika, kondenzatori su druga najčešće upotrebljavana komponenta u uobičajenom električkom uređaju. Mogli bismo reći da kondenzatori pohranjuju elektrone tako da ih privlače pozitivnim potencijalom. Kada se potencijal smanji, ili ukloni elektroni se otpuštaju. Kada kondenzator na taj način oduzima ili dodaje elektrone u električkom krugu, to može raditi tako da ispravlja fluktuacije napona. Kondenzator u kombinaciji sa otpornikom može raditi kao vremenska baza. Kondenzatori nam omogućavaju različite vrste električkih krugova, poput pojačala i tisuće drugih krugova.

Kondenzatori se koriste u razne svrhe kao što su:

- **Brojač vremena:** vrsta električkog mjerjenja, brojač se često mora uskladiti sa otpornikom kako bi se odredio period brojača

- **Ispravljanje napona:** pretvarači koji izmjeničnu struju pretvaraju u istosmjernu često koriste kondenzatore za ispravljanje napona kako bi napon ostao na nekom konstantnom nivou
- **Ne propuštanje istosmjerne struje:** ukoliko se spoje serijski sa signalom izvora, npr. mikrofonom, kondenzatori ne propuštaju istosmjernu struju, dok izmjenična struja može prolaziti. Većina pojačala koristi tu funkciju kondenzatora.
- **Prilagodba frekvencije:** pomoću kondenzatora mogu se izraditi jednostavni filtri koji ne propuštaju izmjenične signale iznad ili ispod neke granične frekvencije. Podešavanjem vrijednosti kondenzatora, možemo mijenjati granične frekvencije filtra.

Iako možemo pomisliti da su kondenzatori složene elektroničke komponente pošto ih koristimo u različite svrhe, kondenzatori su zapravo vrlo jednostavne komponente. Obični kondenzator ima dvije metalne ploče koje se međusobno ne dodiruju. Između ploča nalazi se dielektrik – izolator (plastika, papir), koji odvaja ploče.

Kapacitet kondenzatora se mjeri u faradima. Farad je poprilično velika jedinica za kapacitet, pa su uobičajene veličine za kapacitete mikrofaradi, nanofaradi i pikofaradi.

Osobitu pažnju kod kondenzatora treba posvetiti radnom naponu. Radni napon je najviši napon koji kondenzator može izdržati prije proboga dielektrika. Kod viših napona, struja može jednostavno probijati između ploča kondenzatora, baš poput munje za vrijeme grmljavine. Ukoliko kondenzator nije konstruiran za izdržavanje visokog napona, unutar kondenzatora nastaje iskra koja probija dielektrik, ostavljajući pri tome kondenzator neupotrebljivim. Tipične vrijednosti radnog napona za kondenzatore koji se koriste kod elektroničkih krugova istosmjerne struje iznosi od 16 do 35 volti. Za većinu krugova to su dovoljne veličine, pošto je napajanje elektroničkih krugova najčešće u rasponu od 5 do 24 volta. Kod izrade krugova koji koriste veće napone napajanja potrebni su i kondenzatori sa većim radnim naponom. Zbog sigurnosti je preporučljivo odabratи kondenzatore čiji je radni napon 10 do 15 posto veći od napona u krugu.

Kondenzatori su rađeni od različitih vrsta dielektrika. Svaka vrsta dielektrika pogodna je za drugačiju vrstu primjene kondenzatora. Ukoliko svojstva elektroničkog kruga zahtijevaju određenu vrstu kondenzatora, potrebno je obratiti pažnju na vrstu

dielektrika koji se u kondenzatoru koristi. U tablici 2-6-2a navedene su vrste kondenzatora prema dielektriku, njihov raspon vrijednosti, te najčešća primjena.

Svojstva kondenzatora		
Vrsta dielektrika	Raspon vrijednosti	Primjena
Keramički	1pF – 2.2 μ F	Filtriranje
Tinjac	1pF – 1 μ F	Brojač vremena, oscilator, precizni krugovi
Metalizirana folija	Do 100 μ F	Nepropuštanje istosmjernih signala, ispravljači, filtriranje
Poliester	0.001 – 100 μ F	Filtriranje
Polistiren	10pF – 10 μ F	Brojač vremena, audio krugovi
Papirnata folija	0.001 – 100 μ F	Općenita primjena
Tantal	0.001 - 1000 μ F	Nepropuštanje istosmjernih signala
Aluminijski	10 – 220000 μ F	Filtriranje

Vrijednosti kondenzatora mogu biti direktno upisane na površini kondenzatora. To je obično slučaj kod većih elektrolitskih kondenzatora; veličina kondenzatora omogućava dovoljno prostora za ispis kapaciteta i radnog napona. Većina manjih kondenzatora koriste troznamenkasti sustav označavanja kapaciteta i tolerancija. Sustav troznamenkastog označavanja baziran je na pikofaradima, a ne na mikrofaradima. Broj koji koristi taj način označavanja, npr. 103, znači 10 plus tri nule, poput 10 000 ili 10000 pikofarada. Svaka se vrijednost veća od 1000 pikofarada najčešće izražava u mikrofaradima. Za pretvorbu iz pikofarada u mikrofarade potrebno je samo pomaknuti decimalnu točku za 6 mesta u lijevo.

Kod biranja kondenzatora potrebno je obratiti pažnju na toleranciju u odstupanju vrijednosti kapaciteta kondenzatora, kao i na toleranciju s obzirom na temperature.

Još jedna bitna oznaka kod nekih kondenzatora je oznaka polariteta (tantal i elektrolitski). Prema dogovoru, većina kondenzatora ima oznaku minus (-) za negativnu priključnicu, i nema plusa (+) za pozitivnu priključnicu. Ukoliko je

kondenzator polariziran, izuzetno je važno postaviti kondenzator prema oznakama. Zamjene li se priključnice kondenzatora, te se recimo plus priključnica spoji na masu, moguće je uništenje samog kondenzatora kao i ostalih dijelova električkog kruga, a sami bi kondenzator čak mogao i eksplodirati.

Posebna vrsta kondenzatora su promjenjivi kondenzatori. Najčešći tip promjenjivih kondenzatora su kondenzatori koji kao dielektrik koriste zrak. Vrijednosti kapaciteta takvih kondenzatora su između 5 i 500 pikofarada.

2.6.3. Diode

Diode su najjednostavniji oblik poluvodiča. Poluvodiči se u električkim krugovima koriste za kontroliranje protoka elektrona. Dioda ima dva izvoda koji imaju veliki otpor za struju u jednom smjeru, a maleni otpor za struju u suprotnome smjeru. Dakle, diodu bismo mogli shvatiti kao jednosmjerni, odnosno nepovratni ventil za elektrone. Drugim riječima elektroni mogu kroz diodu u jednome smjeru ali ne mogu u suprotnome. Diode se zbog svojih osobina koriste u različite svrhe, pa su stoga podijeljene u više vrsta:

- **Zener diode:** služe za ograničavanje napona na predodređenu vrijednost. Često se upotrebljavaju pri izradi regulatora napona, zbog malene cijene i jednostavnosti upotrebe.
- **LED (light – emitting diode) diode:** svi poluvodiči emitiraju infracrvenu svjetlost kada vode struju. LED diode emitiraju vidljivu svjetlost, a danas su nam dostupne u svim dugim bojama.
- **SCR (silicon – controlled rectifier) diode:** SCR diode su vrsta prekidača koja se koristi za kontrolu istosmjerne i izmjenične struje.
- **Ispravljačke diode:** ove diode koriste se za pretvorbu izmjenične struje u istosmjernu struju.

Osim zener dioda, diode nisu označene vrijednostima poput otpornika ili kondenzatora. Diode jednostavno odraduju svoj posao ograničavanja toka elektrona, što nikako ne znači da su sve diode jednake. Diode su specificirane prema strujno naponskoj karakteristici. Ta karakteristika određuje koju vrstu diode treba koristiti u električkom krugu. Dakle, ukoliko je na primjer strujno naponskoj karakteristikom određeno da je maksimalni radni napon 100 V i maksimalna struja 3 A, tada se takva

dioda ne smije koristiti u strujnim krugovima gdje su napon i struja veći od tih vrijednosti.

Uobičajene oznake za diode u katalozima su najčešće oblika 1Nxxxx gdje su x cijeli brojevi.

Svaka dioda ima dva izvoda kao i oznaku koji izvod je pozitivan a koji izvod je negativan. Izvodi imaju posebne nazive: pozitivni izvod naziva se anoda, a negativni izvod naziva se katoda. Katoda diode označena je lako uočljivom crnom ili crvenom crtom na strani katode. Ta crta odgovara crti u shematskom prikazu diode. Kod izrade elektroničkih krugova potrebno je obratiti pažnju na pravilnu orientaciju diode. Kao što je prije navedeno, diode propuštaju struju samo u jednom smjeru te je stoga izuzetno važno ispravno okrenuti diodu. U suprotnome elektronički krug ne će raditi ili će doći do oštećenja nekih ostalih komponenti.

Poluvodiči emitiraju svjetlost kada kroz njih protječe struja. Ta je svjetlost uglavnom vrlo slaba i samo u infracrvenom dijelu elektromagnetskog spektra. LED diode su posebna vrsta poluvodiča, posebno izrađena tako da emitira veliku količinu svjetlosti. LED diode imaju iste specifikacije kao i ostale diode, no njihova je strujno naporna karakteristika takva da im maksimalne struje iznose do 50 miliampera.

Za ograničavanje struje kroz diodu koristimo otpornike. Vrijednost otpornika određuje se prema maksimalnoj dozvoljenoj struci kroz diodu. Za većinu 5 – 12 V dioda koriste se otpornici od $330\ \Omega$, $560\ \Omega$ i $1k\Omega$. Uvijek se može odabrati veći otpornik, što uzrokuje manju svjetlost LED diode. Odredi li se premalen otvor, LED diodu izlažemo opasnosti od pregaranja.

2.6.4. Tranzistori

Tranzistori su razvijeni kao zamjena vakuumskim cijevima. Dva načina na koja se tranzistori koriste su pojačavanje signala ili kao prekidač za gašenje i paljenje signala. Osim malenih dimenzija, tranzistor ima i druge prednosti – koristi manje snage od vakumske cijevi za obavljanje istog posla.

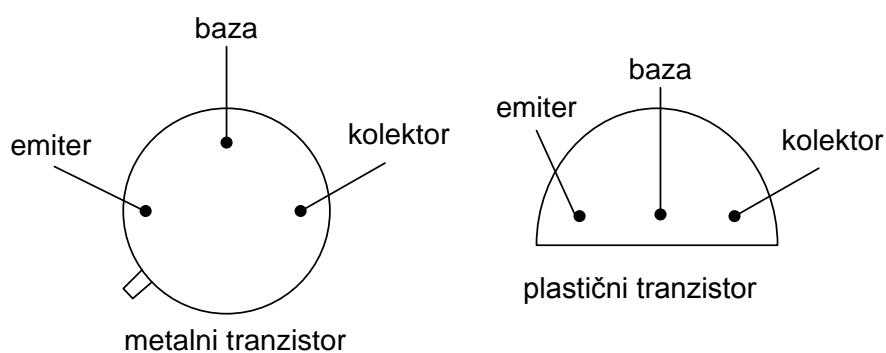
Svojstva tranzistora nisu nimalo jednostavna poput svojstava otpornika, kondenzatora, pa čak i dioda. Tranzistori se razlikuju po vrlo različitim kriterijima, a osnovne informacije koje su bitne su: napon između kolektora i baze, napon između kolektora i emitera, maksimalna struja kroz kolektor, maksimalna disipacija,

maksimalna radna frekvencija. Svi ti podaci katalogizirani su u katalozima proizvođača. Oznake tranzistora su najčešće oblika $2Nxxxx$ ili $MPSxxxx$.

Poluvodički materijal u tranzistoru veličine je zrna pijeska ili čak i manji. Povezivati tako sitne dijelove pomoću žica bilo bi poprilično nemoguće, stoga su poluvodiči stavljeni u plastična ili metalna kućišta. Signalni tranzistori u plastičnim kućištima odgovaraju gotovo svim zahtjevima kod izrade elektroničkih krugova, no neke precizne primjene traže metalna kućišta zato što su tranzistori sa metalnim kućištima manje osjetljivi na radio frekventnu interferenciju. Tranzistori najčešće imaju tri izvoda, a ponekad imaju i četiri ili dva (foto tranzistori). Tranzistori snage također dolaze u plastičnim i metalnim kućištima, te su fizički veći od signalnih tranzistora.

Kao što je prije navedeno, tranzistori najčešće imaju tri izvoda – baza, emiter i kolektor. Baza se spaja na napon ili struju i služi za gašenje ili paljenje tranzistora. Emiter i kolektor spajaju se na pozitivni ili negativni izvor napona ili na masu. Raspored izvoda ovisi o vrsti elektroničkog kruga. Raspored izvoda za neke vrste tranzistora prikazan je na slici 2-6-4-1. Neki tranzistori imaju četiri izvoda, najčešće se radi o tranzistorima sa efektom polja (field-effect transistor, FET). Kod FET tranzistora četvrti je izvod spojen na kućište tranzistora i povezuje se sa kućištem elektroničkog kruga.

Slika 2-6-4-1: raspored izvoda na tranzistorima, pogled odozdo.



Izuzetno je važno da se tranzistor ugradi ispravno u elektronički krug. Krivim spajanjem izvoda tranzistora može doći do uništenja samog tranzistora kao i drugih elemenata. Kod postavljanja tranzistora moramo znati da li se u prikazu izvoda tranzistor gleda sa donje ili sa gornje strane, što povećava mogućnost zabune.

Tranzistore možemo podijeliti u dvije osnovne grupe NPN i PNP tranzistore. Te kratice dolaze od načina na koji su poluvodiči u tranzistoru sastavljeni. Tranzistori se još mogu podijeliti i na bipolarne i FET tranzistore.

Bipolarni tranzistori su najčešća vrsta tranzistora sa kojom se susrećemo kod izrade elektroničkih krugova. Malena ulazna struja dovodi se na bazu tranzistora, te se tom strujom određuje vrijednost struje koja teče između kolektora i emitera.

FET tranzistori također imaju tri izvoda, a zovemo ih vrata (gate), izvor (source) i odvod (drain). Postavljeni napon na vratima određuje struju između izvora i odvoda. FET tranzistori se također dijele na dvije vrste: N – kanalni (slični NPN-u) i P – kanalni (slični PNP-u). FET tranzistori se još mogu podijeliti na MOSFET tranzistore i JFET tranzistore. FET tranzistori vrlo su osjetljivi na statički naboj, te stoga moramo biti oprezni pri rukovanju sa tom vrstom tranzistora i držati ih u anti statičkom pakiranju do same upotrebe.

2.6.5. Integrirani krugovi

Sve komponente koje su do sada obrađene u integriranom krugu spojene su u jedan element. Integrirani krugovi ili IC minijaturne su elektroničke ploče na jednom djeliću poluvodiča. Tipični IC sadrži na stotine tranzistora, otpornika, dioda i kondenzatora. Takva učinkovitost omogućuje izgradnju vrlo složenih elektroničkih krugova pomoću samo nekoliko elemenata. Način na koji su spojeni dijelovi IC-a određuje što će pojedini IC raditi. IC krugovi mogu se lemiti direktno na samu pločicu ili se mogu postaviti na posebne nosače. Integrirani krugovi najčešće su u obliku dvolinijskih pinova (dual in-line pin, DIP). Raspon pinova je od 8 pinova do 40 pinova, a najčešće se koriste integrirani krugovi od 8, 14 i 16 pinova.

Tokom godina razvio se velik broj različitih integriranih krugova sa veoma različitim svojstvima. Neki od njih su standardizirani, dok se drugi izrađuju za specijalne potrebe. U svakom se slučaju mogu podijeliti u dvije grupe – linearne i digitalne, ovisno o tome sa kojom vrstom signala rade.

Linearni integrirani krugovi dizajnirani su za rad u krugovima koji koriste promjenjive napone i struje (analogni krugovi). Primjer takvog analognog kruga bili bi pojačalo gitare.

Digitalni integrirani krugovi dizajnirani su za rad u krugovima koji koriste samo dva napona (digitalni krugovi). Ta dva napona prikazuju binarna stanja (uključeno/isključeno, visoko/nisko, 0/1). Uobičajene vrijednosti koje predstavljaju digitalne podatke su 0 i 5 volti.

Većina standardiziranih IC krugova spada u kategoriju linearnih ili digitalnih krugova. Neki IC krugovi izrađeni su na način da rade i sa analognim i sa digitalnim signalima, dok neki mogu konvertirati digitalne i analogne signale.

IC krugovi označavaju se nizom od najčešće četiri znamenke koje su ispisane na poleđini IC-a, a karakteristike pojedinog IC-a mogu se pronaći u katalozima proizvođača pod određenom oznakom.

Prema svojoj izvedbi, integrirani krugovi zahtijevaju veći broj izvoda za spajanje u elektronički krug. Ti se izvodi nazivaju pinovi. Jedan pin služi za napajanje, jedan za uzemljenje, jedan za ulaz, jedan za izlaz, itd. Značenje svakog pojedinog pina IC-a potrebno je provjeriti u katalogu proizvođača. Pinovi na IC krugovima numerirani su u suprotnom smjeru od kazaljke na satu, počevši od gornjeg lijevog pina najbližeg oznaci za početak. Oznaka za početak obično je maleni urez, rupica, ili nekakva bijela ili obojena crtka. Pinovi su numerirani pogledom sa gornje strane, i počinju sa 1. Pa su, na primjer na 14 pinskom IC-u pinovi sa lijeve strane numerirani od 1 do 7, a na desnoj strani od 8 do 14.

3. Konstrukcija i realizacija elektroničkog kruga

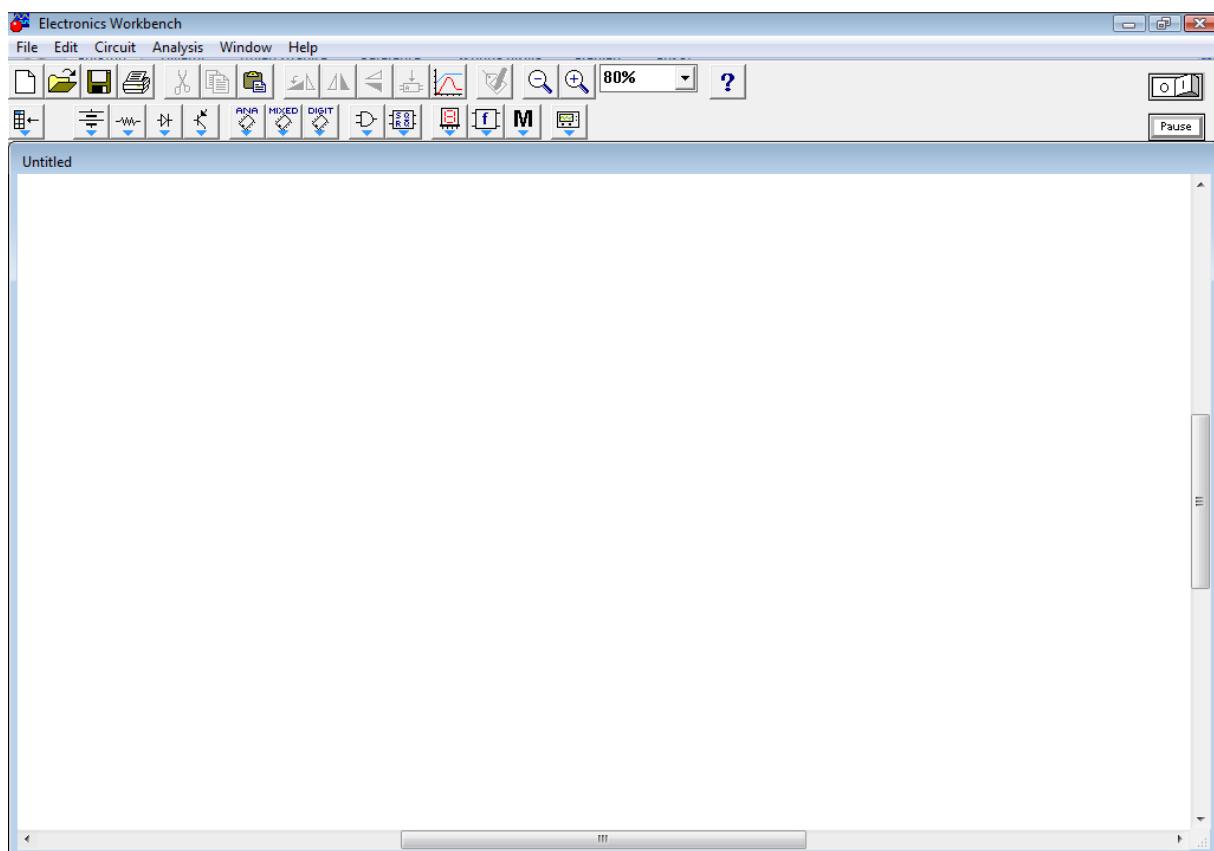
Jednostavni elektronički krug možemo izraditi pomoću baterije, otpornika, LED diode i nekoliko žica, spojimo ih međusobno i dobijemo jednostavni elektronički krug. To je zapravo sve što elektronički krug jest – žice koje povezuju komponente na način da struja može teći kroz komponente i natrag do izvora.

Ovakav elektronički krug možemo izraditi praktički bez ikakvog konstruiranja, ali kod konstrukcije kompleksnijih elektroničkih krugova potrebno je crtati sheme, a zatim najčešće iz sheme konstruirati nacrt za tiskanu pločicu. U današnje vrijeme računala se koriste u različite svrhe, pa tako postoje i programi za crtanje elektroničkih shema kao i programi za nacrte tiskanih pločica. Često je potrebno koristiti više programa zbog različitih mogućnosti koje nam pojedini računalni program pruža.

3.1. Konstruiranje električnih krugova pomoću računala

Jedan od korisnih programa pri izradi električnih krugova je Electronics Workbench. Taj nam programski paket služi kao električni laboratorij te nam omogućava jednostavnu konstrukciju analognih i digitalnih shema električnih krugova. Također postoji mogućnost mjerjenja različitih veličina pomoću instrumenata, te uključivanje napajanja i promatranje realnog ponašanja električkog kruga. Program je vrlo jednostavan i intuitivan za korištenje, pa ga mogu koristiti već i učenici u osnovnoj školi. Program je vrlo dobar i zato što je pomoću njega moguće simulirati gotovo svaki električki krug koji zamislimo, a da pri tome ne trebamo brinuti o tome hoćemo li možda upropastiti neki element. Još je jedna od prednosti da smo posve sigurni od ikakvog električnog udara koji je itekako moguć u realnom laboratoriju. Radna površina programa Electronics Workbench prikazana je na slici 3-1-1.

Slika 3-1-1: Electronics Workbench – radna površina

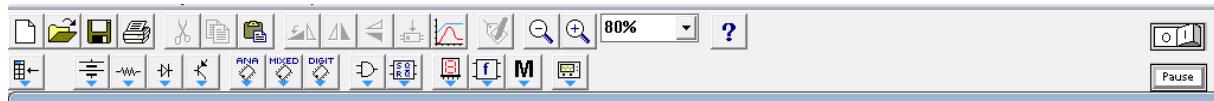


Traka s alatima podijeljena je u više grupe: grupa za rad sa datotekom, grupa za uređivanje dokumenta, grupa za upravljanje elementima, alat za dodjeljivanje

vrijednosti elementima, alati za povećavanje i smanjivanje prikaza, grupa alata za dodavanje aktivnih i pasivnih elemenata, izvora, instrumenata, detektora itd.

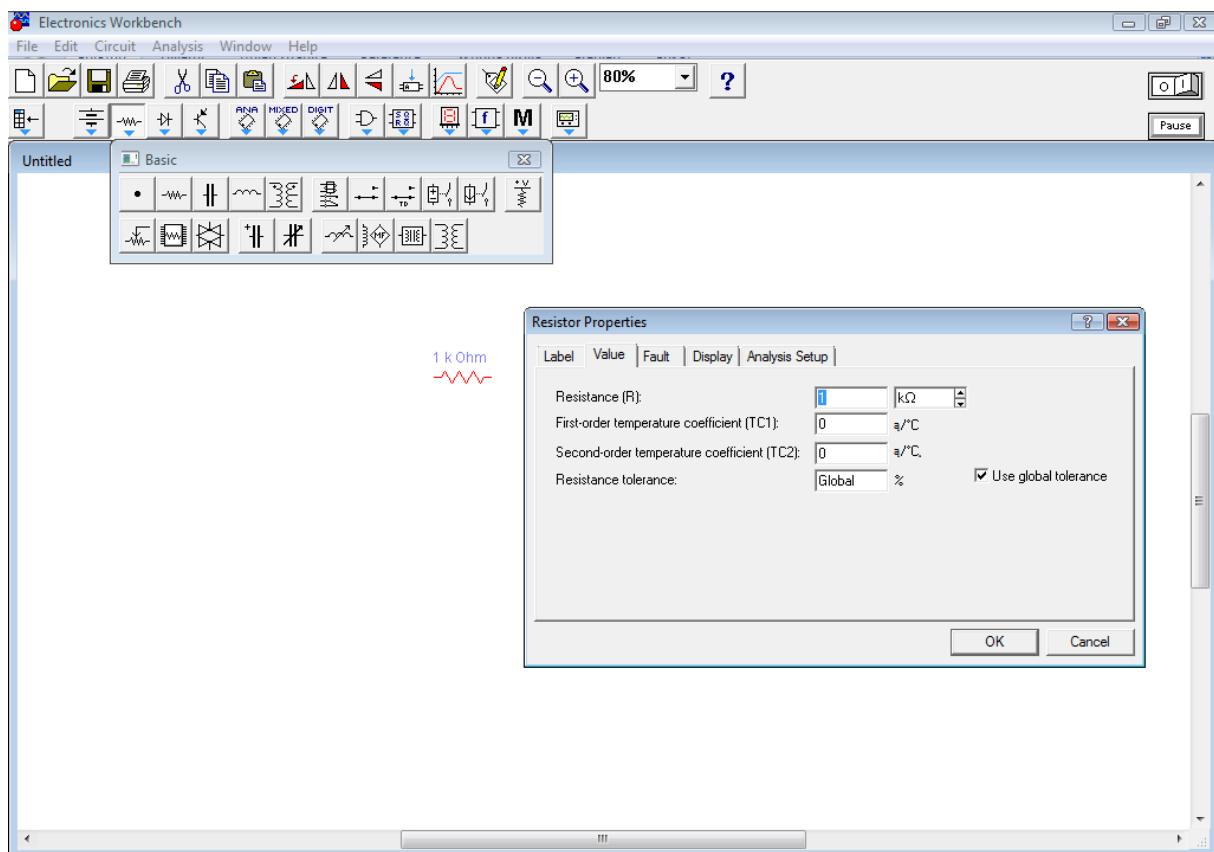
U desnom gornjem uglu nalazi se prekidač koji nam omogućava uključivanje i isključivanje strujnog kruga.

Slika 3-1-2: Electronics Workbench - alatna traka



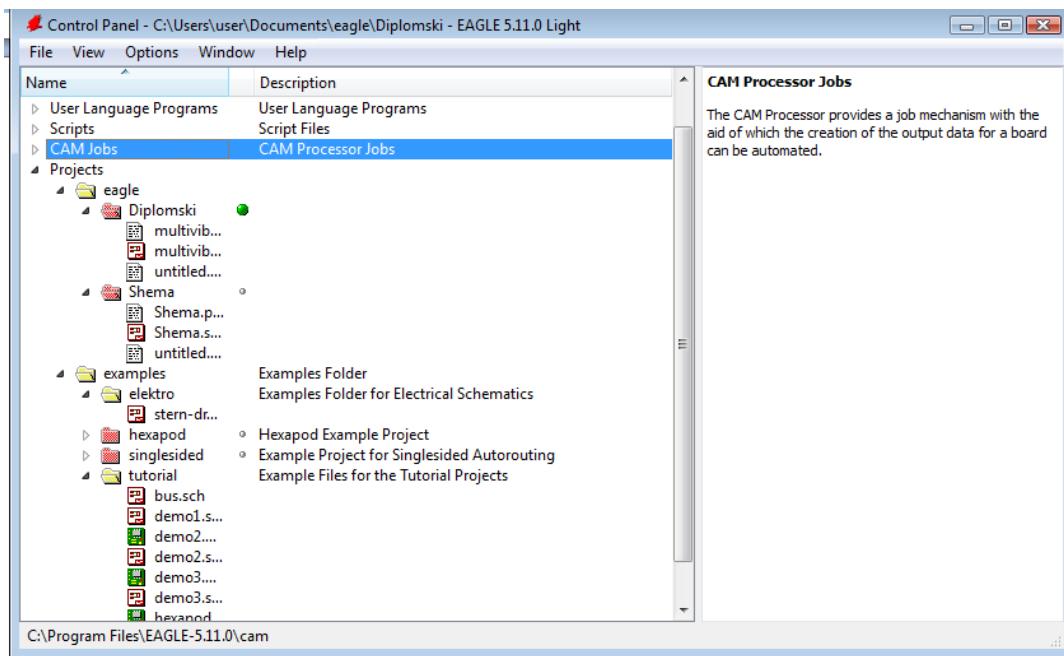
Dodavanje pojedinih elemenata na radnu površinu obavlja se biranjem određenog elementa i povlačenjem na radnu površinu. Vrijednosti pojedinih elemenata mogu se mijenjati na način da dvoklikom otvorimo prozor u kojem možemo mijenjati osobine samih elemenata.

Slika 3-1-3: Electronics Workbench – dodavanje otpornika i podešavanje njegovih svojstava



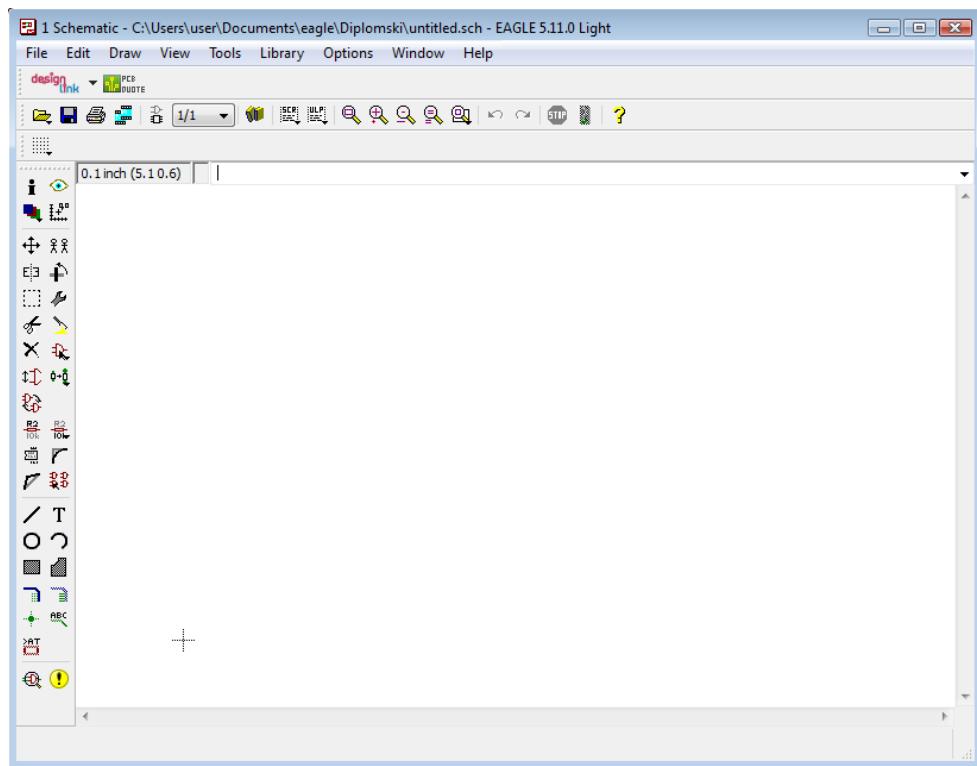
Pomoću ovog programa možemo simulirati rad našeg električnog kruga na siguran i štedljiv način. Kada pomoću ovakvog programa dobijemo željene rezultate spremni smo za izradu realnog električnog sklopa. U tu svrhu je potrebno iz električne sheme dizajnirati spojeve na tiskanoj pločici. Kod jednostavnih električnih krugova, poput onog sa početka ovog poglavlja, dizajniranje vodova tiskane pločice je vrlo jednostavno, pa se tiskana pločica može dizajnirati ručno, odnosno bez korištenja ikakvog računalnog programa. No već kod malo kompleksnijih strujnih krugova računalni su nam programi od velike koristi. Jedan od takvih programa jest i EAGLE, koji je dostupan na internetu i može se besplatno instalirati. Jedino ograničenje za besplatnu verziju je veličina pločice koja iznosi 100 x 80 mm, što je i više nego dovoljno za većinu projekata. Ovaj je program malo kompleksniji za korištenje, ali se na webu mogu pronaći video uradci koji objašnjavaju osnovne mogućnosti programa. Kod pokretanja programa otvara se početni prozor, slika 3-1-4, u kojem možemo vidjeti projekte koji su već rađeni kao i neke predloške. U tom početnom prozoru kreiramo datoteke u kojima će biti spremljene naše sheme i dizajni tiskanih pločica.

Slika 3-1-4: Eagle – početni prozor



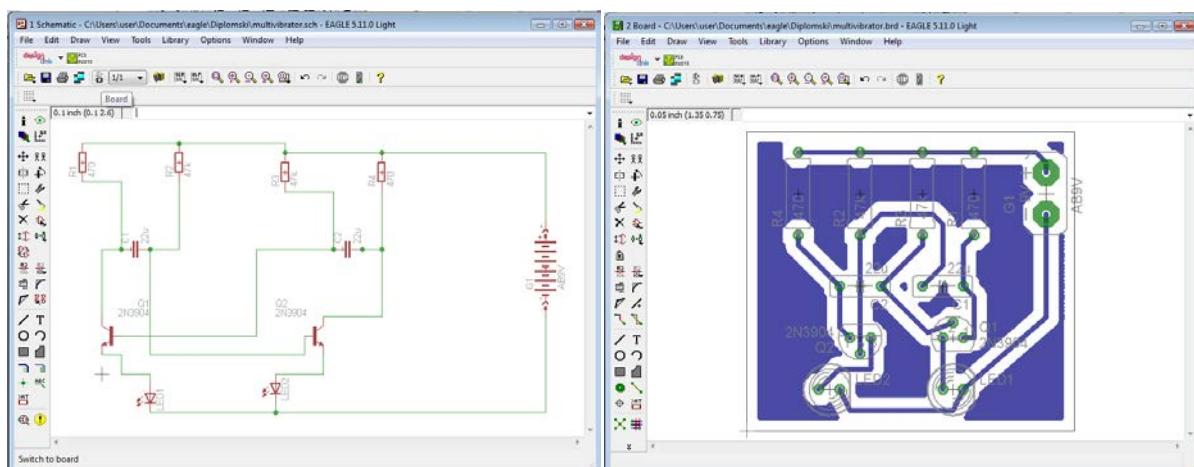
Kod izrade novog projekta potrebno je kreirati novu mapu u kojoj zatim možemo stvoriti novi projekt. Kada smo stvorili novi projekt možemo započeti sa crtanjem željene električne sheme za što je potrebno u projektu kreirati novu shemu, nakon čega se otvara radna površina za konstruiranje električne sheme (slika 3-1-5).

Slika 3-1-5: Eagle – Radna površina za konstruiranje električne sheme



Nakon konstrukcije električne sheme, pomoću gumba "board", prebacujemo se iz prozora za konstruiranje električne sheme u prozor za dizajniranje tiskane pločice. Program nam automatiziranim procesom postavlja elemente koje smo odabrali, uzimajući u obzir njihove realne oblike i dimenzije, kao i njihove međusobne veze. Ipak, elemente je potrebno razmjestiti unutar okvira koji nam predstavlja tiskanu pločicu, te zatim još izraditi spojeve među elementima. Spajanje elemenata linijama može se vršiti ručno ili automatskim povezivanjem.

Slika 3-1-6: Konstrukcija električke sheme i dizajniranje tiskane pločice



Sljedeći korak u izradi elektroničkog kruga je izrada tiskane pločice. Nakon što smo izradili nacrt za tiskanu pločicu, potrebno je taj isti nacrt prenijeti na samu tiskanu pločicu.

3.2. Izrada tiskane pločice

Za izradu sklopa potrebno je odabrat tiskanu pločicu odgovarajućih dimenzija, pri čemu valja uvijek paziti kako na ekonomičnost zbog same cijene ali i zbog prostora. Tiskana pločica izrađuje se fotopostupkom, prenošenjem nacrta tiskane pločice koji je ranije izrađen u programu za dizajniranje tiskane pločice.

3.2.1 Fotopostupak

Za izradu tiskane pločice fotopostupkom potrebno je sljedeće: tiskana pločica, termofolija na kojoj je isprintan nacrt tiskane pločice, natrijev hidroksid 19% (NaOH), žarulja 150 W, staklo kojim ćemo prekriti pločicu, posude u kojima ćemo razvijati pločicu i fotolak (osim ako imamo fotopločicu koja je već prekrivena fotolakom).

Prvo je potrebno ukloniti sve nečistoće sa tiskane pločice. Nakon čišćenja na tiskanu pločicu treba nanijeti sloj fotolaka sa udaljenosti 20 - 30 cm pod kutom 25° - 30° od podloge. Sprej treba nanijeti ravnomjerno i u što tanjem sloju jer, što je lak deblji, treba ga duže sušiti i duže osvjetljavati. Nakon nanošenja laka pločicu je potrebno osušiti. Pločica se može sušiti pri sobnoj temperaturi 24 h ili na temperaturi od 50°C u električnoj pećnici 30 minuta, no prije toga pločicu treba staviti u limenu kutiju kako se pri sušenju ne bi osvijetlila jer električna pećnica ima intenzivno osvjetljenje. Za vrijeme sušenja treba pripremiti materijal za osvjetljavanje (kabel, žarulje, staklo, folija). Osvjetljavati se treba UV- žaruljom, ali isto tako poslužit će i žarulja od 150 W. Vrijeme trajanja osvjetljavanja za UV-žarulju je kojih 2 - 3 minute, dok se vrijeme obične žarulje znatno produži, čak 15 minuta (ovisi o jakosti žarulje).

Nakon što se pločica osušila treba je izvaditi iz limene kutije i postaviti na stol tako da je lakirana strana okrenuta prema gore. Zatim se na pločicu treba staviti termofolija na koju smo isprintali nacrt tiskane pločice. Sve se to prekrije stakлом koje ne smije biti izgredeno jer bi se sjena ogrebotine mogla prenijeti na pločicu. Udaljenost obične žarulje od stakla treba biti 10 - 15 cm. Žarulja se jako zagrijava te bi zagrijavanjem

pločice moglo doći do rastapanja laka, pa čak i preslikavanja tonera na pločicu, što ne bi bilo poželjno.

Za vrijeme osvjetljavanja treba pripremiti razvijač za fotolak. On se priprema tako da se u plastičnu posudu ulije voda, a zatim natrijev hidroksid (NaOH) i to u omjeru 16 : 1 (ako želimo da se fotolak brže razvije, samo trebamo smanjiti omjer). Temperatura same smjese je vrlo važna. Ukoliko je razvijač hladan razvijanje će teći sporije i obrnuto. Nakon što je osvjetljavanje gotovo, pločicu treba staviti u razvijač. Fotorazvijač će skinuti fotolak koji je osvijetljen, dok će neosvijetljeni lak ostati na pločici. Taj proces traje od 10 sekundi do jedne minute, ovisno o temperaturi razvijača i o količini natrijevog hidroksida (NaOH). Nakon skidanja nepotrebnog laka sa osvijetljenog dijela tiskane pločice, pločicu je potrebno oprati u vodi i osušiti. Tiskana pločica spremna je za jetkanje.

3.2.2. Jetkanje tiskane pločice

Nakon zaštite željenih spojeva fotopostupkom potrebno je odstraniti neželjeni dio bakra. To se postiže jetkanjem (nagrizanjem) u određenoj otopini. Takvih otopina ima više vrsta, npr. otopina željeznog (III) klorida FeCl_3 , tamnosmeđe boje. Ova otopina je vrlo agresivna, pa je pri radu potreban osobit oprez. Jetkanje traje od nekoliko minuta do nekoliko desetaka minuta. Taj se postupak rijetko koristi, prvenstveno zbog dugog vremena jetkanja.

Puno brži i bolji način jetkanja je pomoću solne kiseline (HCl) i vodikovog peroksidu (H_2O_2). Poželjno je da tekućine budu što veće koncentracije, ali najčešće one iznose 18 - 22 % za solnu kiselinu (HCl) i 8 - 15 % za vodikov peroksid (H_2O_2). Također je vrlo bitno da tekućine moraju biti čiste, odnosno bez primjesa.

Tekućine se nikako ne smiju unaprijed miješati, jer tekućine s vremenom reagiraju i gube na kvaliteti.

Za postupak jetkanja potrebno je u plastičnoj posudi napraviti smjesu solne kiseline (HCl) i vodikovog peroksidu (H_2O_2) u omjeru 3:1. Nagrizanje pločice započinjemo laganim gibanjem posude. Skidanje bakra počinje od rubova tiskane pločice ka sredini. Jetkanje bi trebalo u potpunosti završiti za desetak minuta, u suprotnom će kiselina vrlo vjerojatno početi nagrizati i zaštićeni dio bakra.

Nakon jetkanja potrebno je odgovarajućim otapalom, npr. aceton, skinuti sloj fotolaka sa vodova na pločici. Ponekad, na nekim mjestima tiskane pločice, ostanu neželjeni spojevi između vodova, koje je potrebno ukloniti oštrim predmetom. Naposljetku tiskanu pločicu treba presprejati lotlakom koji je štiti od oksidacije i kasnije nam omogućuje lakše lemljenje.

3.2.3. Bušenje tiskanih pločica

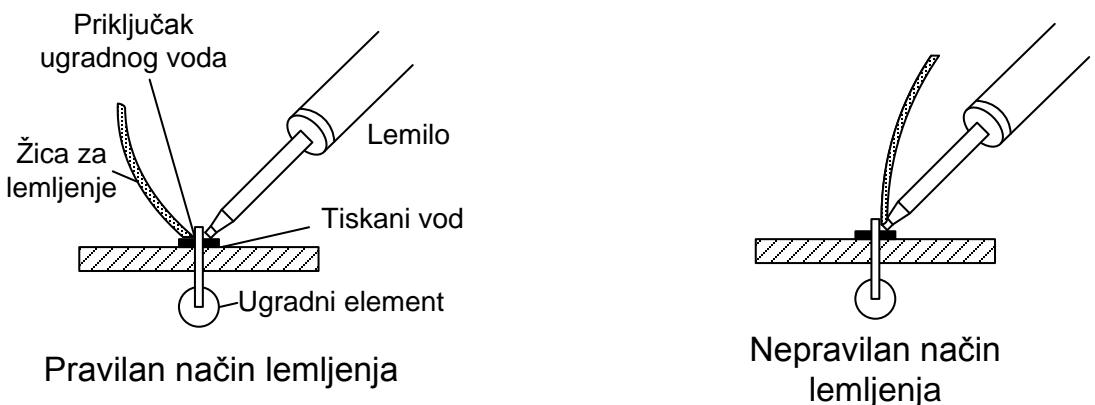
Tiskane pločice se trebaju bušiti pažljivo i s odgovarajućom brzinom vrtnje svrdla. Brzina vrtnje ovisi o materijalu upotrijebljenog svrdla i njegovog reznog kuta, pa i materijala od kojeg je izrađena tiskana pločica. Postoje i posebna vidija svrdla za bušenje vitroplast tiskanih pločica, jer obična svrdla nakon stotinjak rupa više nisu za uporabu. U principu treba koristiti što veće brzine vrtnje, jer će davati čišće provrte, a brzina će rada biti veća. Uobičajeni promjeri svrdla su 0.8, 0.9, 1.0, mm, a prema potrebi i 1.1 i 1.2, mm, što ovisi o promjeru priključaka sastavnih elemenata. Kod izrade predložaka za tiskanu pločicu, treba upotrijebiti kružiće koji imaju rupu u sredini, inače će nam bušenje biti mukotrplno, a neće ni biti izvedivo bez točkanja točkalom. U protivnom će nam svrdlo "bježati" s kružića, pa kliziti po vodovima koji se mogu, radi tankog, sloja vrlo lako oštetiti. Neki fini prekidi uopće nisu uočljivi, pa su kasnije mogući veliki problemi.

3.2.4. Lemljenje

Lemljenje je najvažnija radnja pri sastavljanju elektroničkih sklopova, stoga je najprije potrebno naučiti kako se ono ispravno provodi. Najveća pogreška je kada se na šiljak lemila pritisne žica za lemljenje, tako se dobije kapljica rastopljenog kositra koja se donosi na mjesto gdje treba ostvariti spoj. Pri tome se sredstvo predviđeno za čišćenje metalnih površina, koje treba zalemiti, ispari još na šiljku lemila.

Pravilan način je da se vrhom lemila zagrijava priključna žica elektroničkog elementa. Ona prvo otopi sredstvo za lemljenje koje zalije čitavo mjesto spoja, na koje se onda u nastavku razlije rastopljeni kositar. Šiljak lemila se ne smije odmaknuti odmah, već treba, pričekati da kositar poprimi jednoličnu srebrnu boju. Dobar lemlni spoj je, nakon što se ohladi, gladak, a boja mu je mat-srebrna.

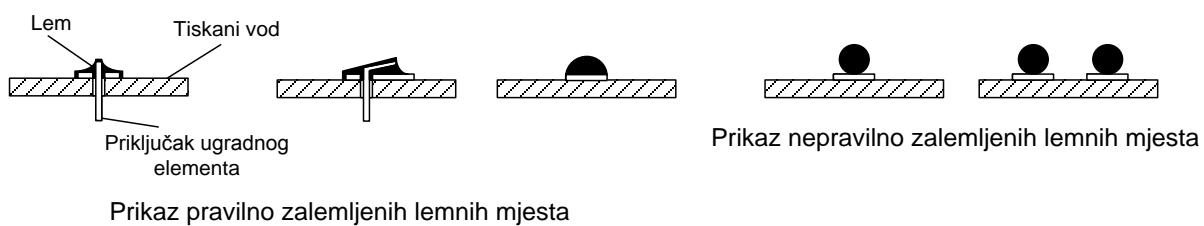
Slika 3-2-4-1: Prikaz pravilnog i nepravilnog načina lemljenja



Isto tako vrlo je važno i ispravno doziranje kositra. Ne smije ga se stavljati ni pre malo ni previše, nego upravo onoliko koliko je potrebno. Uz to je potrebno još i šiljak lemila držati na mjestu spoja da ne bude niti prekratko ni predugo i dobiti ćemo pravi lemljni spoj.

Uz pojam lemljenja često se javlja i pojam tzv. hladnih spojeva. To su spojevi koji su naoko uredni, ali su zapravo trajno ili povremeno bez kontakta. Hladni spojevi mogu nastati odmah, ali i nakon nekog vremena. Najgore je kad povremeno imaju spoj pa ga opet izgube, jer je takvo mjesto teško pronaći. Najlakši način popravka je prelemljivanje svih lemlnih točaka. Hladni se spojevi izbjegavaju dovoljno dugim držanjem lemila na mjestu koje se lemi, no ne valja pretjerati, jer može doći do oštećenja osjetljivih poluvodičkih sastavnih elemenata. Lemljenje na vodovima tiskane pločice treba obaviti pažljivo i što brže, a izbjegavati višestruko ulemljivanje i odlemljivanje sastavnih dijelova, jer se može dogoditi da se zbog topline odlijepi bakrena folija.

Slika 3-2-4-2: Prikaz lemlnih mjestra



4. Primjena u nastavi – tranzistorsko treptalo

Kao što je navedeno u uvodu ovog rada, učenici se sa električkim krugovima susreću tek u osmom razredu osnovne škole. Točnije, iz nastavnog predmeta tehnička kultura obrađuju i nastavnu jedinicu "Izrada jednostavnog električkog sklopa" gdje izrađuju tranzistorsko treptalo (slika 4-1).

Slika 4-1: Tranzistorsko treptalo



Učenici imaju kutije u kojima se nalazi tiskana pločica koja je već pripremljena za lemljenje samih elemenata, pa učenici praktički samo trebaju postaviti elemente na odgovarajuća mjesta i nakon toga ih zalemiti.

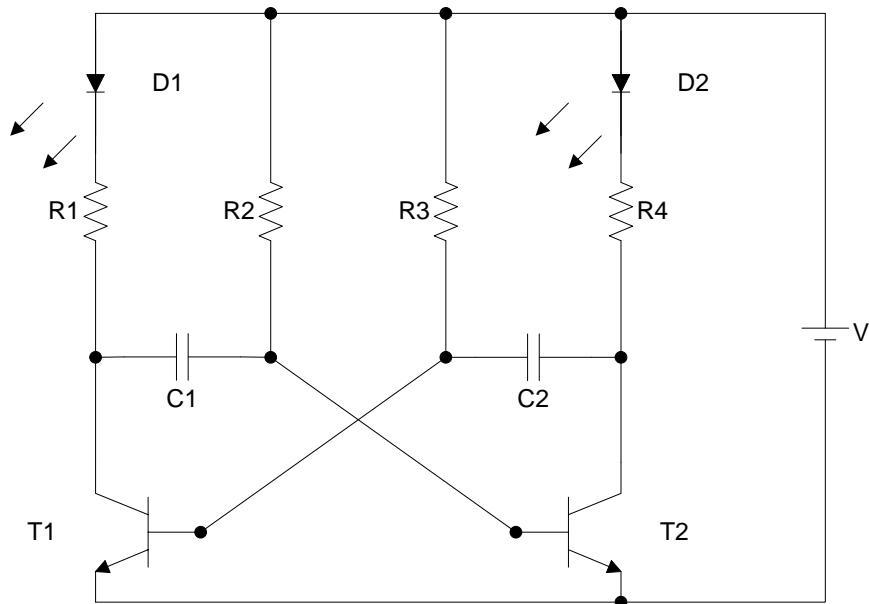
Sami električki sklop ne izgleda vrlo zamršeno, no uzimajući u obzir sve navedene korake koje je potrebno učiniti da bi se ovakav sklop u potpunosti izradio otvaraju nam se nove mogućnosti za rad u izbornoj nastavi. Tako bismo na primjer dio oko konstruiranja električke sheme i dizajniranja nacrti tiskane pločice uz pomoć računalnih programa mogli uvrstiti u izbornu nastavu informatike, izradu same tiskane pločice fotopostupkom i jetkanjem u izbornu nastavu tehničke kulture, a objašnjenje rada samog sklopa u izbornu nastavu fizike.

4.1. Tranzistorsko treptalo – izborna nastava fizike

Ova se tema može obraditi kao izborna tema iz nastave fizike, prije same izrade tranzistorskog treptala na nastavi tehničke kulture. Učenicima se prikazuje električka shema uređaja, a zatim se svaki dio sheme posebno razrađuje kako bi se učenicima objasnio način rada samog tranzistorskog treptala.

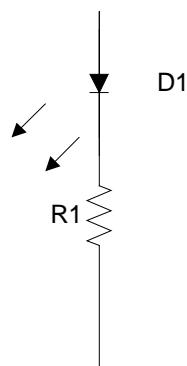
Tranzistorsko treptalo ili multivibrator je elektronički sklop koji proizvodi oscilacije određene frekvencije. Shema multivibratora prikazana je na slici 4-1-1.

Slika 4-1-1: Tranzistorsko treptalo – multivibrator



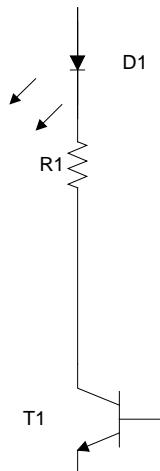
Ova shema učenicima nikako nije jednostavna za razumijevanje, te je stoga potrebno shemu podijeliti u više dijelova. Za početak se može uzeti grana sa otpornikom R1, tranzistorom T1 i diodom D1.

Slika 4-1-2: Ograničavanje struje kroz diodu



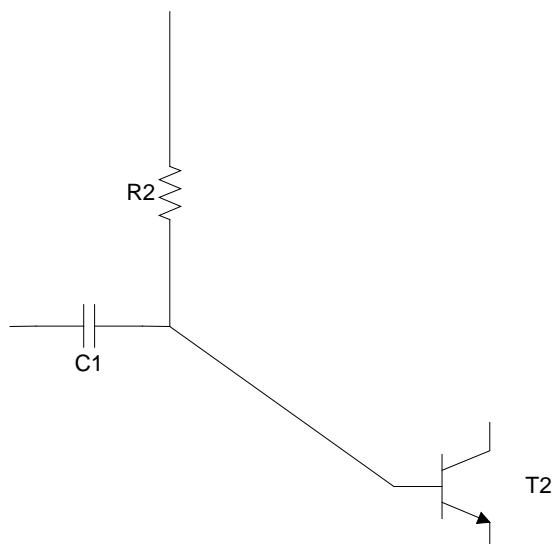
Kada bismo diodu spojili direktno na preveliki izvor napona, dioda bi bila uništena. Prevelika količina struje protjecala bi kroz diodu, pa je stoga potrebno tu struju nekako ograničiti. To se može postići ukoliko diodi serijski spojimo otpornik. U našem slučaju to su otpornici R1 za diodu D1 i R4 za diodu D2.

Tranzistori T1 i T2 potrebni su nam za uključivanje i isključivanje pojedinih dioda. Tranzistor T1 uključuje i isključuje diodu D1, a tranzistor T2 diodu D2.



Slika 4-1-3: Uključivanje i isključivanje dioda

Dakle, tranzistori uključuju i isključuju diode, a kada će tranzistori uključiti odnosno isključiti diodu ovisi o struci koja dolazi na bazu tranzistora, odnosno o elementima koji su spojeni na bazu tranzistora. Tranzistori propuštaju struju kada napon na bazi postigne određenu vrijednost. U grani baze tranzistora nalazi se RC krug što je prikazano na slici 4-1-4.



Slika 4-1-4: RC krug

Dva RC kruga ($R_2 - C_1$ i $R_3 - C_2$) su vremenske komponente kruga. Oni kontroliraju kako brzo trepere LED diode. Kako se pojedini kondenzator puni, napon na bazi suprotnog tranzistora se mijenja i u jednom trenutku se postiže napon dovoljan da tranzistor provede struju.

Vrijeme potrebno da se kondenzator napuni kroz otpornik ovisi o vrijednosti kapaciteta, ali i o vrijednosti otpornika kroz koji se puni. Kondenzator većeg kapaciteta će se puniti dulje, a veći otpornik će također produljiti vrijeme punjenja. Duljina treptaja ovisi o vremenu punjenja koje se može odrediti pomoću izraza $T = 0.7 \times R \times C [s]$.

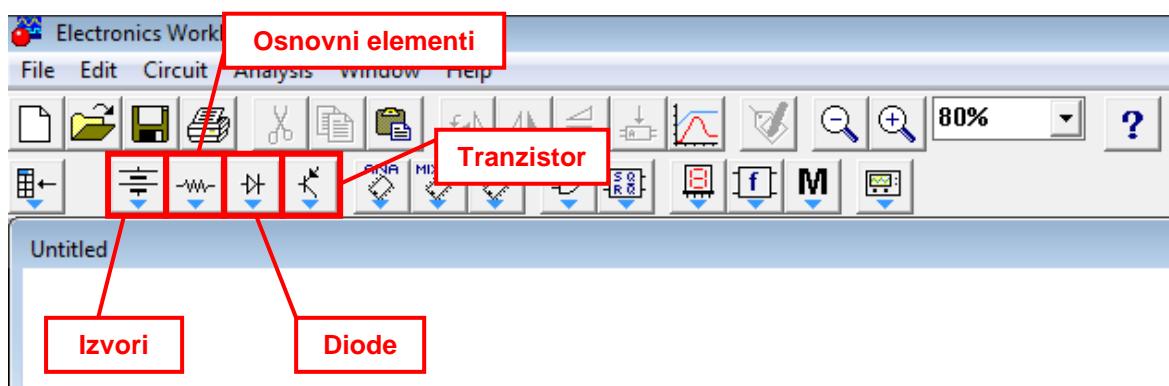
Razmotrimo sada električni krug u cijelosti. Cijeli se krug ponaša kao oscilator, ima dva stanja i oscilira među njima. Prvo su jedan tranzistor i dioda uključeni dok se jedan kondenzator puni. Kada se kondenzator napuni uključuje drugi tranzistor koji palji drugu diodu. Prvi tranzistor i dioda se isključuju, prvi se kondenzator izbjija i drugi se kondenzator počinje puniti. Kada se drugi kondenzator napuni, ponovo uključuje prvi tranzistor i diodu te se počinje prazniti. Sada se krug nalazi u početnom stanju i cijeli slijed se može ponoviti. Krug oscilira sa ove dvije diode tako dugo dok je priključen na izvor.

4.2. Konstruiranje električnih shema uz pomoć računala – izborna nastava informatike

Učenici se upoznaju sa novim programskim paketom Electronics Workbench. Na primjeru konstruiranja sheme za tranzistorsko treptalo učenici se upoznaju sa funkcionalnostima samog programskog paketa, a cilj je izraditi električnu shemu tranzistorskog treptala prema skici iz udžbenika.

Kod izrade sheme koristi se: alat za dodavanje izvora (*Sources*), alat za dodavanje osnovnih elemenata (*Basic*), alat za dodavanje dioda (*Diodes*), te alat za dodavanje tranzistora (*Transistors*).

Slika 4-2-1: Alati za dodavanje elemenata



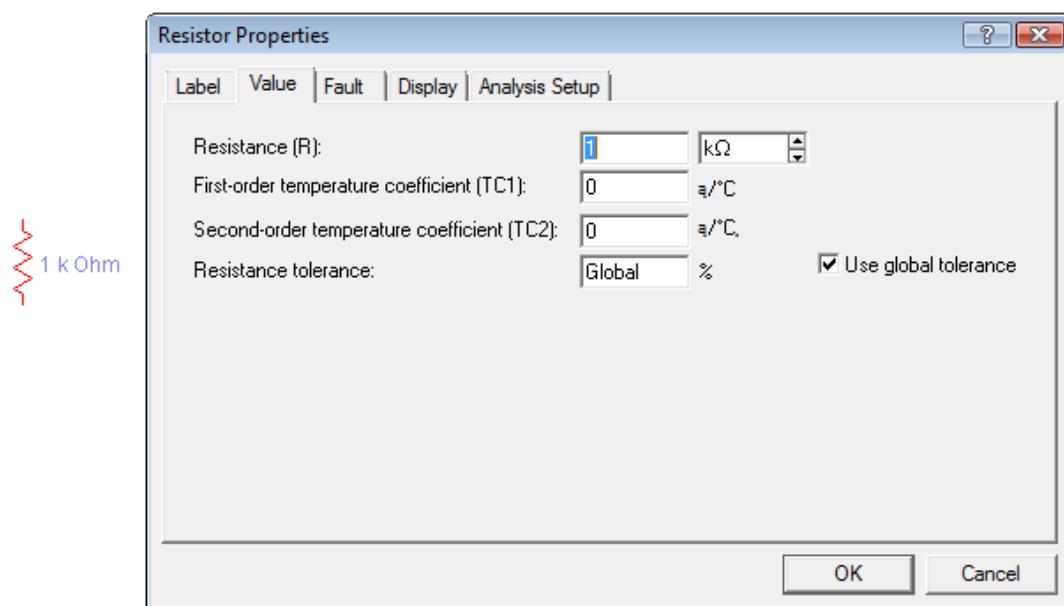
Nakon dodavanja potrebnih električnih elemenata na radnu površinu, potrebno ih je orijentirati kako bi shema bila što čitljivija. Orientacija elemenata vrši se pomoću grupe alata za upravljanje elementima. Kada su elementi ispravno pozicionirani, potrebno im je dodijeliti odgovarajuće vrijednosti. Do prozora sa svojstvima svakog pojedinog elementa može se doći na više načina: dvoklikom na sami element, odabirom određenog elementa i biranjem alata *Svojstva elementa* (*Component Properties*).

Properties) ili lijevim klikom na element i biranjem opcije Svojstva elementa (*Component Properties*) u padajućem izborniku.

Slika 4-2-2: Grupa alata za upravljanje elementima



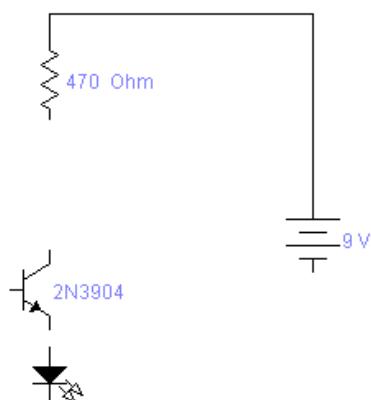
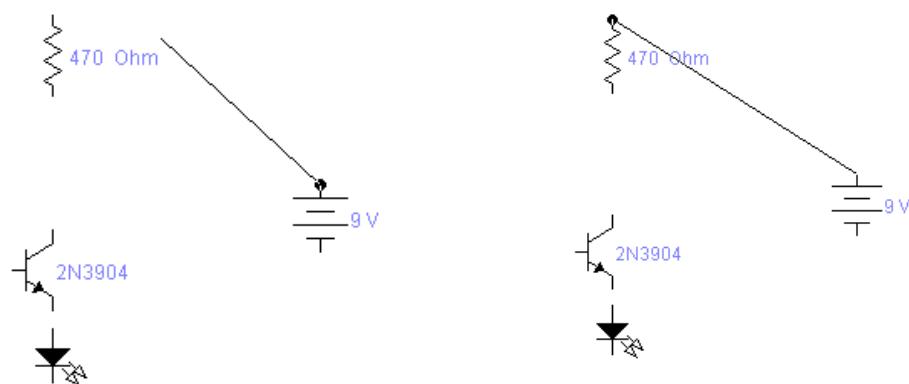
Slika 4-2-3: Prozor sa svojstvima elementa



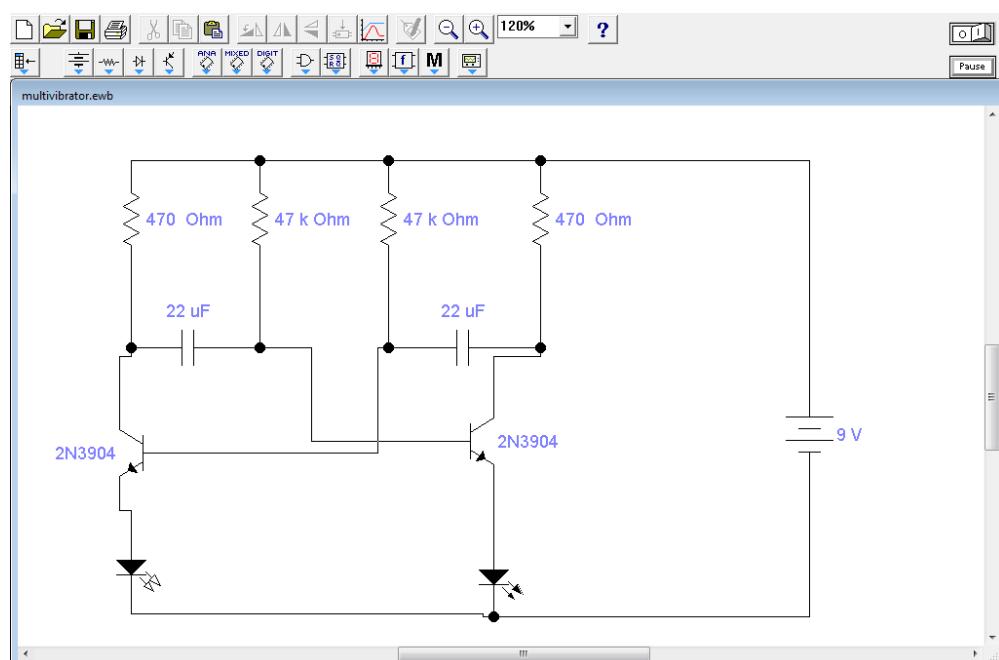
Kada su svi elementi ispravno orijentirani, te su svim elementima dodijeljene pripadajuće veličine, potrebno je izvršiti spajanje među pojedinim elementima. Spajanje se vrši na način da se mišem dođe do kraja elementa koji se treba spojiti sa drugim elementom. Kada se pojavi kružić na kraju elementa, držanjem miša i povlačenjem do kraja sljedećeg elementa, vršimo spajanje dvaju krajeva elemenata.

Spajanjem potrebnih elemenata konstrukcija elektroničke sheme tranzistorskog treptala je završena. Prekidačem u gornjem desnom uglu strujni krug može se uključiti ili isključiti, te se uz pomoć programskog paketa može vidjeti učinak elektroničkog kruga.

Slika 4-2-4: Spajanje elemenata



Slika 4-2-5: Elektronička shema tranzistororskog treptala

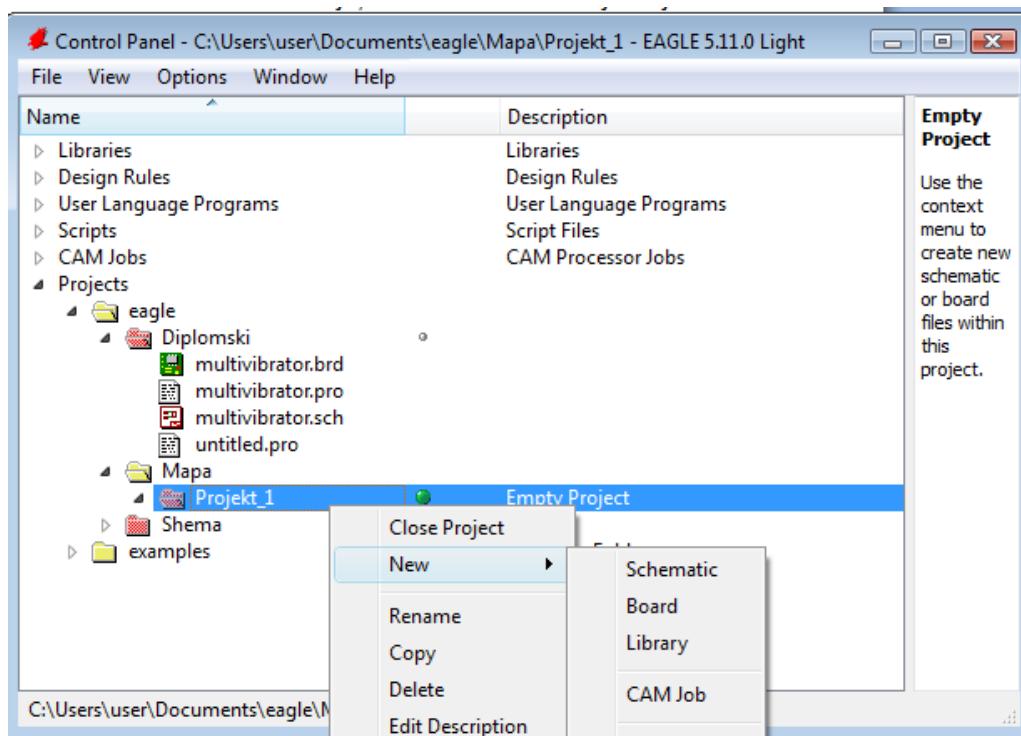


4.3. Dizajniranje tiskane pločice uz pomoć računala – izborna nastava informatike

Na ovom nastavnom satu cilj je upoznati učenike sa programskim paketom Eagle. Besplatna verzija programa ima određene restrikcije, ali osnovne funkcije koje su potrebne za izradu nekih jednostavnijih elektroničkih sklopova su omogućene. Korištenje programskog paketa nije jednostavno kao što je to slučaj sa Electronics Workbench paketom, pa bi možda bilo dobro da se tema podijeli u dvije nastavne jedinice.

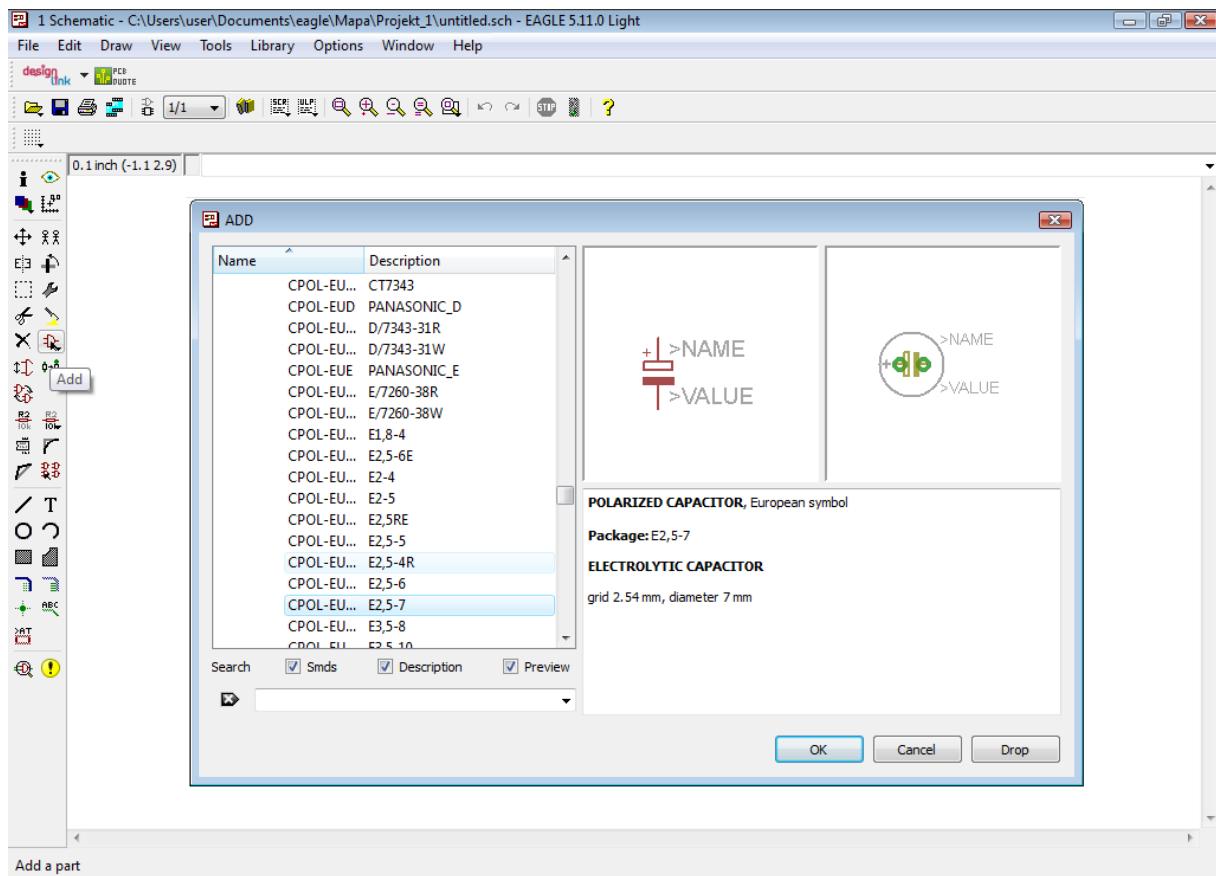
Prvi dio odnosi se na pokretanje samog programa, te crtanje shematskog prikaza elektroničkog sklopa. Pri pokretanju programa otvara se upravljačka ploča koja nam omogućuje manipuliranje sa mapama, projektima i datotekama. Za početak rada potrebno je kreirati novi projekt u nekoj od mapa. To radimo na način da na mapu kliknemo desnim klikom i biramo *Novi projekt* (*New Project*). Nakon kreiranja projekta, npr. *Projekt_1*, potrebno je otvoriti projekt na način da kliknemo desnim klikom na željeni projekt i biramo opciju *Otvori projekt* (*Open Project*) pri čemu će se sa desne strane upaliti zelena točkica. Izrada elektroničke sheme započinje desnim klikom na aktivni projekt i biramo opciju *Nova > Shema* (*New > Schematic*).

Slika 4-3-1: Stvaranje novog projekta



Otvara nam se radna površina na kojoj možemo početi dodavati elektroničke elemente potrebne za ostvarenje elektroničkog sklopa. Odabirom gumba *Add* iz alatne trake otvara nam se prozor u kojem možemo birati elemente koje želimo dodati na radnu površinu.

Slika 4-3-2: Dodavanje elemenata

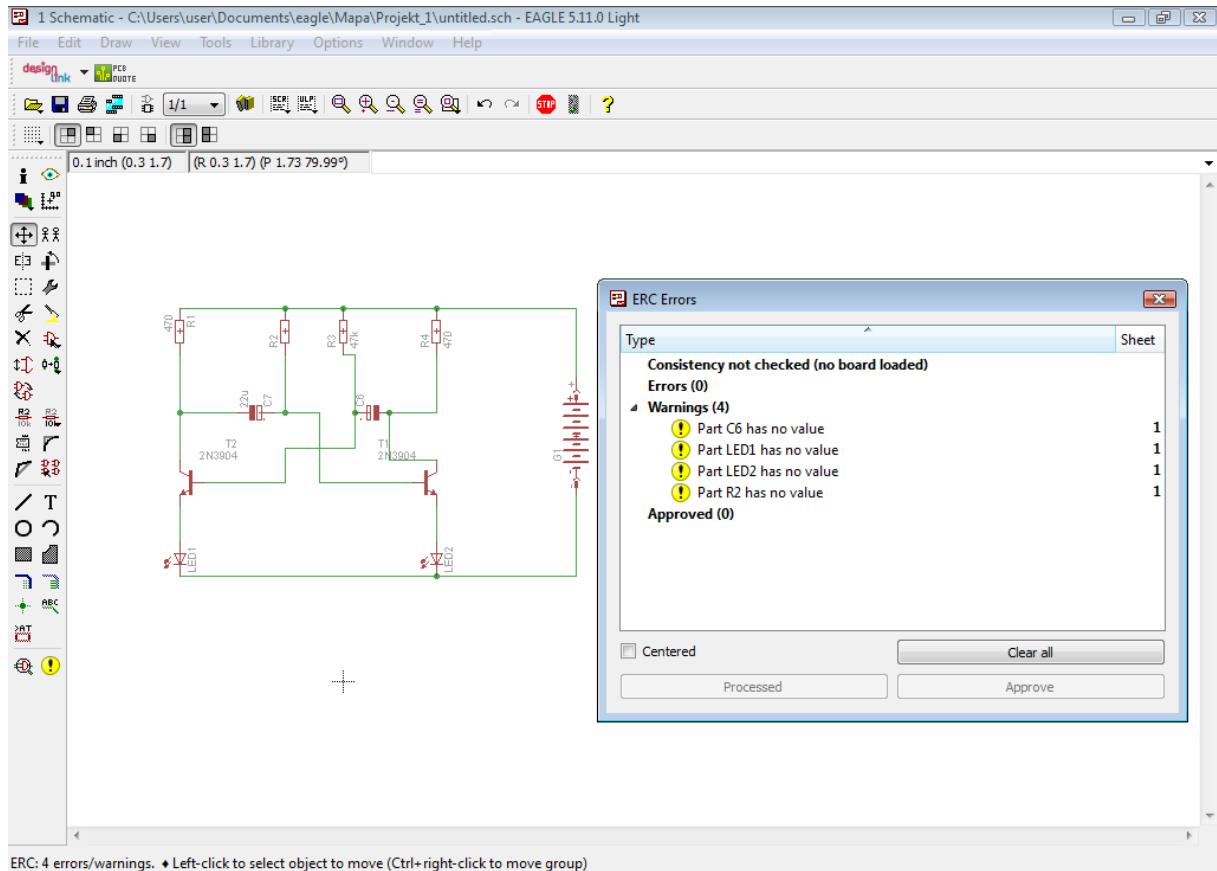


Kao što je vidljivo na slici iznad biranjem pojedinog elementa sa desne strane prozora prikazan je simbol elementa ali i prikaz tlocrta realnog oblika elementa. Kada odaberemo željeni element kliknemo *OK* čime nam je na radnoj površini omogućeno jednostavno dodavanje biranih elemenata klikom miša. Ukoliko želimo promijeniti vrstu elementa ponovno biramo gumb *Add* i biramo željeni element.

Elemente nakon postavljanja ponovo moramo ispravno orientirati. To radimo pomoću gumba *Mirror* i *Rotate*. Kada su svi elementi na svojim mjestima i ispravno orijentirani krećemo sa povezivanjem elemenata. Elemente povezujemo uz pomoć alata *Wire*. Prije samog završetka možemo provjeriti ispravnost elektroničke sheme uz pomoć alata *Erc*. Nakon pokretanja provjere program nas obavještava o mogućim

pogreškama. Vrijednosti električkih elemenata dodjeljuju se desnim klikom na određeni element i biranjem opcije *Properties* u padajućem izborniku.

Slika 4-3-3: Korištenje alata *Erc*

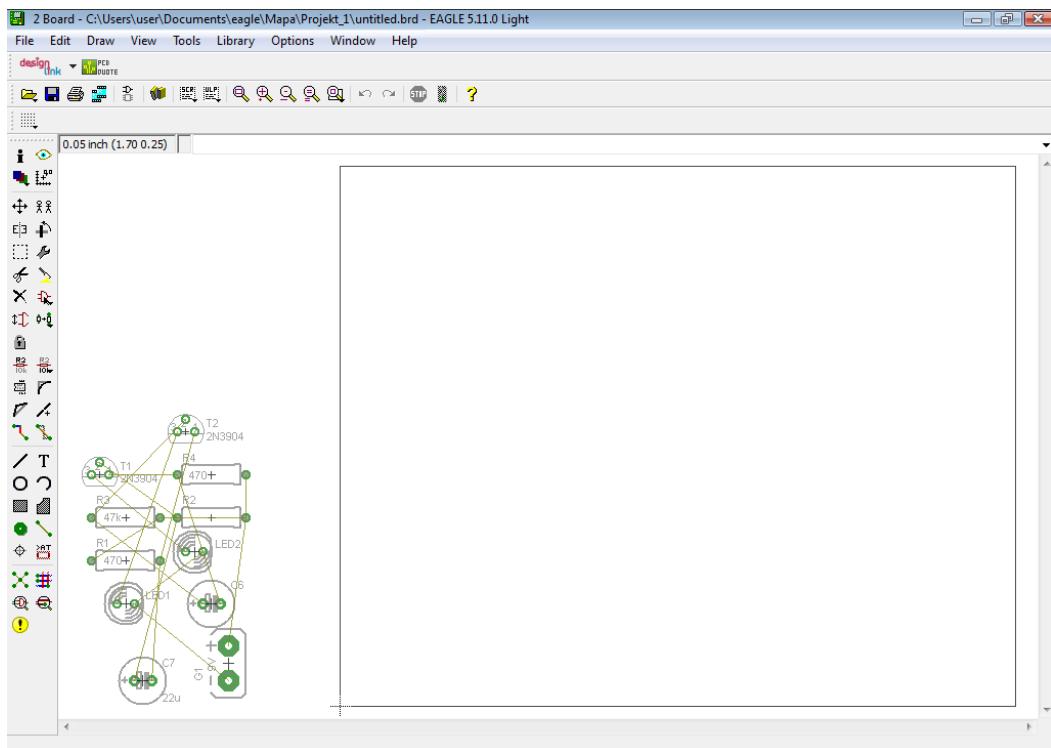


Drugi dio odnosi se na dizajniranje same tiskane pločice. Kada uz pomoć alata *Erc* provjerimo električku shemu, možemo se prebaciti u drugi prozor. Ovdje do izražaja dolazi prednost ovog programa, naime on iz električke sheme stvara realnu sliku električkih elemenata sa realnim razmacima između priključnica elemenata, pa je dizajniranje same tiskane pločice puno jednostavnije. Isto tako program pamti koji su elementi i na koji način međusobno povezani. Jedino što trebamo učiniti je raspoređiti elemente prema vlastitim željama. Prebacivanje u prozor za dizajniranje tiskane pločice vrši se koristeći gumb *Board*.

Slika 4-3-4: Prebacivanje u prozor za dizajniranje tiskane pločice



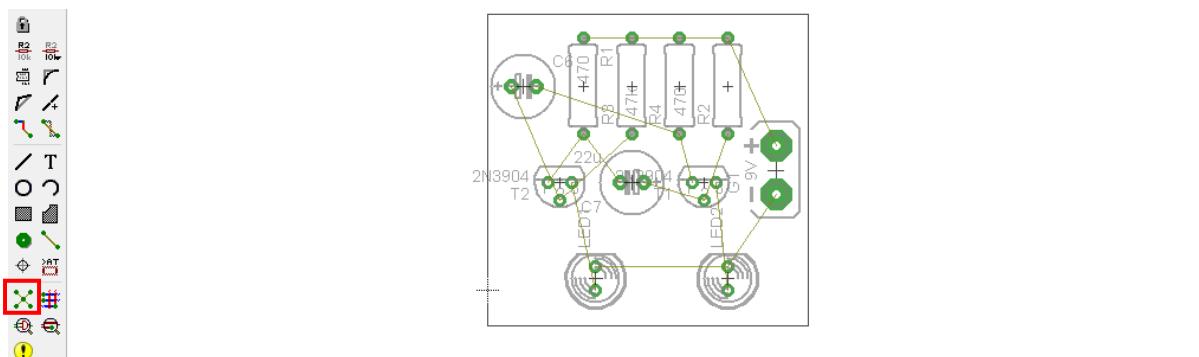
Slika 4-3-4: Radna površina – dizajn tiskane pločice



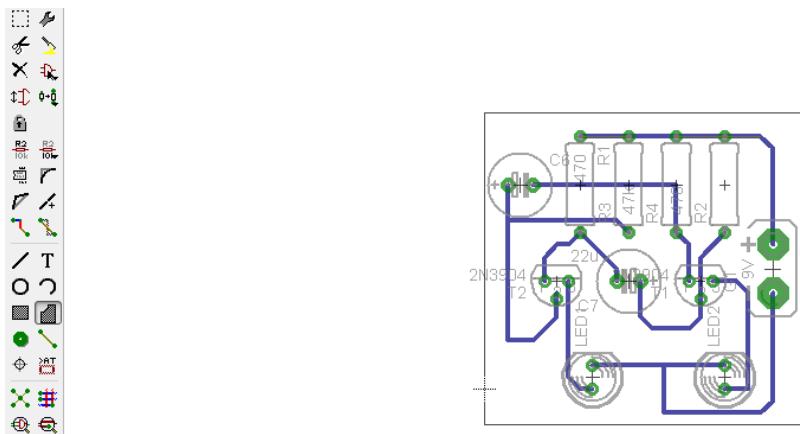
Kao što je vidljivo elementi su postavljeni nasumce izvan okvira. Okvir nam predstavlja tiskanu pločicu i njegova se veličina može prilagoditi. Elemente pomičemo uz pomoć miša na način da odaberemo određeni element i donosimo ga na željeno mjesto.

Nakon raspoređivanja elemenata na tiskanoj pločici potrebno je izraditi vodove koji će spajati elemente. To radimo pomoću alata *Route*, no kako bismo izbjegli nepotrebne veze, uz pomoć alata *Ratsnest*, program nam ostavlja samo neophodne veze među elementima.

Slika 4-3-5: Raspoređivanje elemenata



Slika 4-3-6: Spajanje elemenata



Ovime smo završili dizajn naše tiskane pločice i sada se može prijeći na izradu samog električkog sklopa.

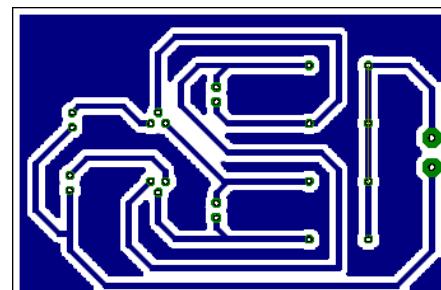
4.4. Izrada tranzistorskog treptala – izborna nastava tehničke kulture

Izradu tranzistorskog treptala također bismo mogli podijeliti u dva dijela. Prvi dio sastoji se od izrade same tiskane pločice, a drugi dio od sastavljanja i lemljenja električkih elemenata. Cilj ove nastavne jedinice je upoznati učenike sa postupcima i tehnološkim procesima koji su potrebni za izradu nekog električkog sklopa.

Za izradu tiskane pločice potreban nam je sljedeći materijal: fotopločica, nacrt tiskane pločice, staklo, lampa za osvjetljivanje, razvijač, sredstvo za jetkanje, aceton, lotlak, bušilica, svrdla.

Fotopločica je zaštićena folijom koju je potrebno skinuti ali tek neposredno prije osvjetljivanja. Nacrt tiskane pločice postavljamo na pločicu pri čemu je potrebno обратити pažnju na ispravnost orijentacije nacrtta. Na kraju sve skupa prekrijemo stakлом. Pločicu osvjetljavamo sa žaruljom od 100W 15 do 20 minuta.

Slika 4-4-1: Fotopločica i nacrt tiskane pločice

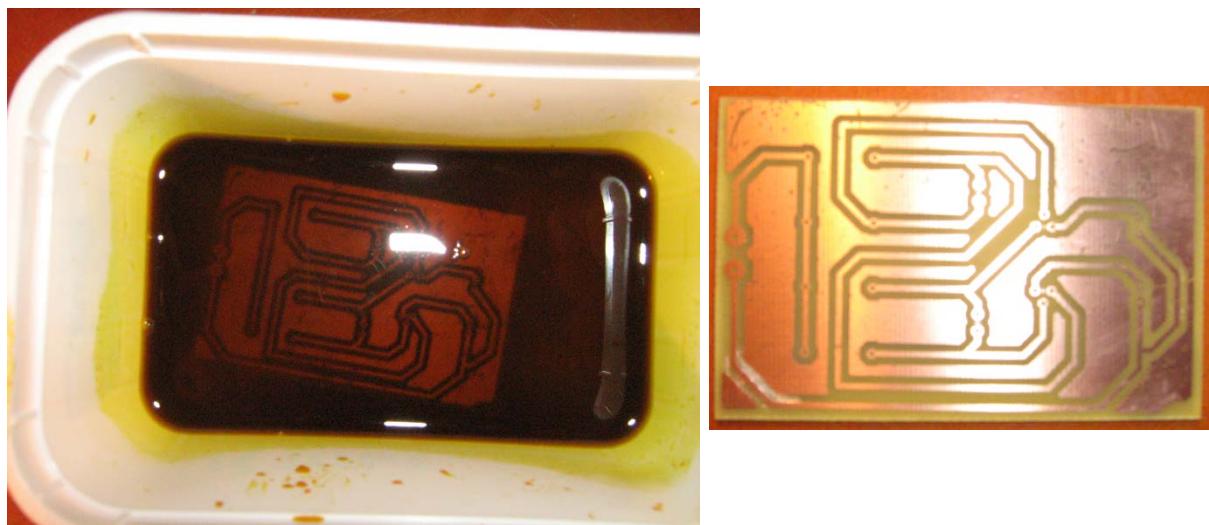


Slika 4-4-2: Osvjetljivanje tiskane pločice



Nakon što je pločica osvijetljena, potrebno je osvijetljeni fotolak sa pločice razviti pomoću fotorazvijača. Ukoliko je koncentracija fotorazvijača dovoljno velika lak bi se trebao razviti unutar jedne minute, nakon čega je potrebno pločicu isprati vodom i dobro osušiti. Kada je pločica osušena možemo započeti sa jetkanjem pločice. Ovaj je postupak relativno dugotrajan, ali i relativno opasan, pa je potrebno dodatno обратити pažnju na sigurnost.

Slika 4-4-3: Jetkanje pločice



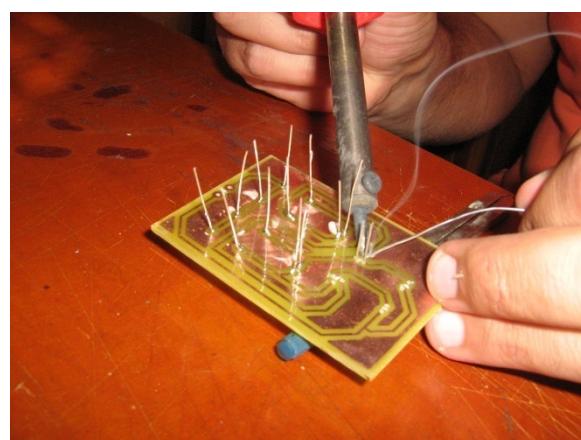
Nakon jetkanja sa pločice je potrebno ukloniti preostali fotolak uz pomoć acetona, a zatim pločicu presprejati tankim slojem lotlaka, što će zaštititi pločicu od oksidacije te nam olakšati lemljenje. Nakon sušenja preostaje nam još samo bušenje rupa za elektroničke elemente i time smo završili izradu tiskane pločice.

Slika 4-4-4: Bušenje tiskane pločice



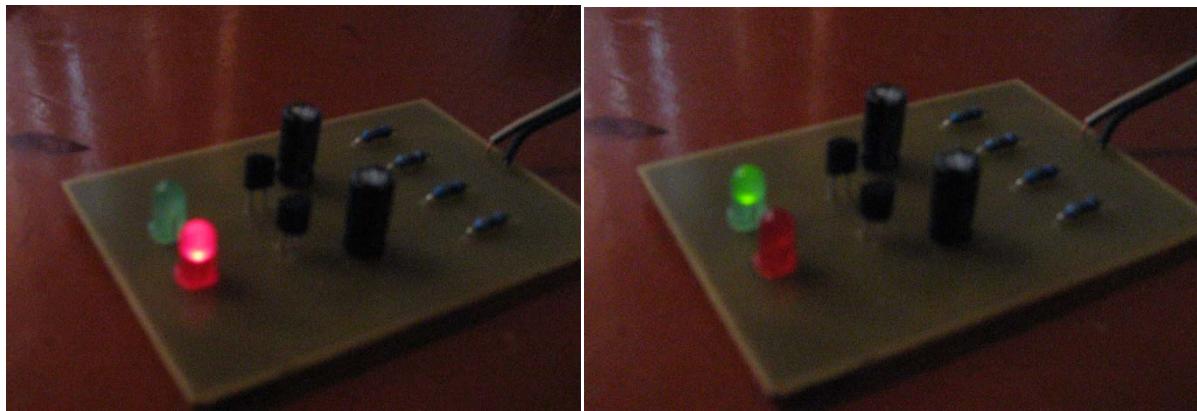
Završni korak u izradi elektroničkog sklopa je lemljenje. Kod lemljenja također treba obratiti dodatnu pažnju na sigurnost. Kako bismo si olakšali postupak lemljenja najbolje je prvo zalemiti manje elemente pa lemiti prema većim, npr. prvo lemimo otpornike, pa tranzistore, pa zatim kondenzatore itd.

Slika 4-4-5: Lemljenje



Nakon što su svi elementi zalemjeni, nožice elemenata potrebno je pokratiti uz pomoć sjekačih kliješta. Time smo završili izradu tranzistorskog treptala i jedino još preostaje da provjerimo da li naš sklop radi.

Slika 4-4-6: Tranzistorsko treptalo



5. Zaključak

Kada učenike na kraju osnovnoškolskog obrazovanja upitate koju će srednju školu upisati često ne znaju odgovor. Učenici koji završavaju osnovnu školu sa odličnim uspjehom tako najčešće završavaju u različitim gimnazijama, što zbog toga da bi se lakše upisali na neki od fakulteta, što zbog toga jer se tokom osnovnoškolskog obrazovanja nisu imali prilike upoznati sa sadržajima koji bi ih mogli opredijeliti za određeno zanimanje.

Projekti poput izrade ovakvog jednostavnog elektroničkog sklopa u đacima mogu probuditi zanimanje i talent za određene stvari. Izradom tranzistorskog treptala učenici se upoznaju sa metodama i procesima u izradi jednostavnog elektroničkog sklopa, što im može pomoći pri izboru budućeg zanimanja.

Ukoliko bi se ovakvi projekti provodili i u drugim nastavnim predmetima učenici bi lakše odlučivali o nastavku svog školovanja i biranju budućeg zanimanja.

6. Literatura

1. Fizika 2, autor: prof. dr. Petar Kulišić, ŠKOLSKA KNJIGA, ZAGREB, 1994.
2. Fizika 4, autori: prof. dr. sc. Vjera Lopac, prof. dr. sc. Petar Kulišić, ŠKOLSKA KNJIGA, ZAGREB, 2004.
3. Electronics for dummies, autori: Gordon McComb, Earl Boysen, Wiley Publishing, Inc.
4. Tehnička kultura 4, autori: Vinković, Labaš, Androlić, Medved, Profil
5. <http://www.aso.hr/default.aspx?id=208>
6. <http://www.free-circuits.com/circuits/alarms-control-timers/427/astable-multivibrator>
7. [http://www\(tpub.com/neets/book9/36a.htm](http://www(tpub.com/neets/book9/36a.htm)
8. <http://en.wikipedia.org/wiki/Electronics>
9. <http://www.madlab.org/electrnx/lesson7.html>
10. <http://www.youtube.com/watch?v=qG0O9LKH-E>