

PROJEKTIRANJE I IZRADA SENZORA RASVJETE

Bajlović, Marcelino

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:735580>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-06**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE



MARCELINO BAJLOVIĆ

**PROJEKTIRANJE I IZRADA SENZORA
RASVJETE**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2020.

Karlovac University of Applied Sciences
Mechanical Engineering Department
Professional study of Mechanical Engineering



MARCELINO BAJLOVIĆ

DESIGN AND MANUFACTURE OF LIGHT SENSORS

FINAL PAPER

KARLOVAC, 2020.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKE



MARCELINO BAJLOVIĆ

PROJEKTIRANJE I IZRADA SENZORA RASVJETE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Filip Žugčić, mag.ing.el

KARLOVAC, 2020.



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J. J. Strossmayera 9
HR 47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 - 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: MEHATRONIKA

Usmjerenje-Odjel: Strojarski Odjel

Karlovac, .2020.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Marcelino Bajlović

Matični broj:

Naslov: Projektiranje I izrada senzora rasvjete

Opis zadatka: Projektiranje i izrada PCB pločice senzora rasvjete na liniji za prototipnu proizvodnju PCB pločica na Veleučilištu u Karlovcu. Teoretski dio rada je opis komponenata i samo projektiranje u programu Eagle-u. Praktični dio rada je temeljen na izradi same štampane pločice na LPKF liniji za proizvodnju.

Koristiti se stručnom literaturom, radnim materijalima, Zakonima i Pravilnicima, ostalom stručnom literaturom i konzultirati se s mentorom. Završni rad izraditi sukladno Pravilniku VUKA.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđen datum obrane:

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Filip Žugčić, mag.ing.el.

KARLOVAC, 2020.

PREDGOVOR I ZAHVALA

Pod punom zakonskom i moralnom odgovornošću izjavljujem da sam rad radio samostalno koristeći se znanjem stečenim tijekom studija te navedenom literaturom.

Zahvaljujem se svom mentoru Filipu Žugčiću i kolegi Dejanu Pošti na prenesenom znanju, stručnoj pomoći i podršci tijekom cijelog procesa izrade završnog rada.

Zahvaljujem se i svojoj obitelji i djevojci za svu podršku, vjeru i strpljenje.

Karlovac, 2020.

Marcelino Bajlović

SAŽETAK

Pri izradi projektnog zadatka tiskane elektroničke pločice za regulaciju rasvjete potrebno je upoznati se s elektroničkim elementima od kojih se pločica sastoji te elektroničkim sustavom na temelju kojeg tiskana elektronička pločica funkcionira. Funkcija sklopa je uključivanje i isključivanje rasvjete prilikom pada mraka, odnosno svitanjem zore. Sklop sadržava fotootpornik koji mijenja svoje parametre dinamikom osvjetljenja povećavajući ili smanjujući otpor usredotočujući se na razinu prirodne svjetlosti. Svjetlosni senzor djeluje poput prekidača ali to se događa u automatskom načinu rada. Senzori rasvjete instalirani su za osvjetljavanje pločnika, cesta, ulaza stambenih zgrada, izloga u dućanima, reklama, zbog relativno velike uštede električne energije.

Ključne riječi: Elektronički elementi, rasvjeta, fotootpornik, senzori

ABSTRACT

Before the start of the detailed explanation of designing a printed electronic control board, it is necessary to become acquainted with the electronic elements of which the circuit board (plate) consists and the electronic system based on which the printed electronic board (plate) operates. The circuit board is designed to turn on light when it's dark and switches off when the dawn comes. During assembly of the circuit board, the assembly contains a photoresistor that changes its parameters by the dynamics of illumination increasing or decreasing the resistance, focusing on the level of natural (daily) light. The light sensors look like a switch but this happens in automatic mode. The light sensors are installed for pavement illumination, roads, the entrance of residual buildings, shop windows, and billboards, because of the relatively large savings of electrical energy.

Keywords: Electronic elements, lighting, photoresistor, sensors

POPIS SLIKA

SLIKA 1. OZNAČAVANJE OTPORNIKA [2]	3
SLIKA 2. SIMBOL FOTOOTPORNIKA [2].....	4
SLIKA 3. PRINCIP FUNKCIONIRANJA RELEJA : A) ISKLJUČEN SUSTAV B) UKLJUČEN SUSTAV [8]	5
SLIKA 4. SIMBOL RELEJA SA NAIZMJENIČNIM KONTAKTIMA [8].....	6
SLIKA 5. PRIKAZ OTVORENOG I ZATVORENOG STRUJNOG KRUGA SA RELEJOM.....	6
SLIKA 6. TRANZISTOR	8
SLIKA 7. SIMBOL NPN I PNP TRANZISTORA.....	9
SLIKA 8. SIMBOL DIODE	10
SLIKA 9. VRSTE DIODA.....	12
SLIKA 10. LED DIODA.....	12
SLIKA 11. SIMBOL LED DIODE.....	13
SLIKA 12. KONSTRUIRANJE ELEKTRONIČKE SHEME U RAČUNALNOM PROGRAMU EAGLE...	14
SLIKA 13. KONSTRUIRANJE SHEMATSKOG PRIKAZA TISKANE ELEKTRONIČKE PLOČICE U PROGRAMU EAGLE.....	15
SLIKA 14. STVARANJE GERBER DATOTEKA U RAČUNALNOM PROGRAMU EAGLE.....	16
SLIKA 15. IZVOZ GERBER DATOTEKE	17
SLIKA 16. PROTOMAT S STROJ	18
SLIKA 17. PROTOFLOW S PEĆNICA	19
SLIKA 18. TISKANA ELEKTRONIČKA PLOČICA	21
SLIKA 19. PRIKAZ STROJA NA VELEUČILIŠTU U KARLOVCU, PROTOMAT S63.....	22
SLIKA 20. PRIBOR ZA PREMAZIVANJE TISKANE PLOČICE FOTO LAKOM.....	23
SLIKA 21. POSTUPAK PREMAZIVANJA TISKANE PLOČICE FOTO LAKOM.....	23
SLIKA 22. POSTUPAK SUŠENJA PREMAZA TISKANE PLOČICE.....	24
SLIKA 23. PREDLOŽAK SA VODOVIMA I RUPAMA ZA ELEMENTE.....	25
SLIKA 24. POSTUPAK OSVJETLJAVANJA UV LAMPOM.....	25
SLIKA 25. KEMIJSKI POSTUPAK SKIDANJA FOTO OSJETLJIVOG LAKA SA PLOČICE.....	26
SLIKA 26. SKIDANJE SLOJA FOTOLAKA	26
SLIKA 27. POSTUPAK „PEČENJA“ POMOĆU PROTOFLOW S PEĆNICE.....	27
SLIKA 28. PRIBOR ZA LEMLJENJE TISKANE PLOČICE.....	28
SLIKA 29. PRAVILNO LEMLJENJE ELEMENTA NA TISKANU PLOČICU.....	29
SLIKA 30. POSTUPAK LEMLJENJA TISKANE PLOČICE.....	29

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ELEKTRONIČKI ELEMENTI POTREBNI ZA IZRADU TISKANE PLOČICE	2
2.1. Otpornici.....	2
2.1.1. Primjena otpornika	2
2.1.2. Fotootpornik	4
2.2. Releji	5
2.2.1. Princip rada releja	5
2.2.2. Prednosti i mane releja.....	7
2.3. Tranzistori.....	8
2.3.1. Općenito o tranzistorima	8
2.3.2. Vrste tranzistora	8
2.4. Diode.....	10
2.4.1. Građa i svojstva dioda.....	10
2.4.2. Vrste dioda	11
2.4.3. Svjetleća dioda - LED Dioda	12
3. PROJEKTIRANJE TISKANE ELEKTRONIČKE PLOČICE.....	14
3.1. Projektiranje elektroničke sheme pomoću softverskog programa EAGLE	14
3.2. Projektiranje sheme komponenata tiskane elektroničke pločice pomoću softverskog programa Eagle	15
3.3. Stvaranje i export GERBER podataka	16
4. LPKF STROJEVI.....	18
4.1. LPKF ProtoMat S	18
4.2. LPKF ProtoFlow S.....	19
5. IZRADA TISKANE ELEKTRONIČKE PLOČICE.....	21
5.1. Općenito o tiskanim elektroničkim pločicama.....	21
5.2. Faze izrade tiskane pločice	22
5.2.1. Postupak strojnog obrađivanja pločice	22
5.2.2. Postupak premazivanja pločice foto lakom	23
5.2.3. Postupak sušenja premazane pločice	24
5.2.4. Fotopostupak	25

5.2.5. Kemijski postupak izrade vodova na tiskanoj pločici	26
5.2.6. Postupak „pečenja“ pomoću ProtoFlow S pećnice	27
5.2.7. Lemljenje komponenata na tiskanu pločicu	28
6. ZAKLJUČAK.....	30
LITERATURA	Error! Bookmark not defined.

1. UVOD

Cilj ovog projekta je izraditi tiskanu pločicu pomoću programske podrške, LPKF strojeva za izradu tiskanih elektroničkih pločica i stečenih stručnih znanja iz područja mehatronike i elektronike. U današnjem modernom dobu uz ubrzani razvoj tehnologije, senzor rasvjete sve više postaje sastavni dio svakog kućanstva. Primjer korištenja senzorskog paljenja svjetla je i ulična rasvjeta, gdje se korištenjem ovog sklopa automatskim paljenjem uštedi prilično velika količina električne energije zbog paljenja i gašenja svjetla kada je to potrebno.

2. ELEKTRONIČKI ELEMENTI POTREBNI ZA IZRADU TISKANE PLOČICE

2.1. Otpornici

Za razumijevanje otpornika potrebno je znati Ohmov zakon.

Ohmov zakon nam govori da je jakost električne struje (I) određena kao omjer električnog napona (U) i električnog otpora (R) :

$$I = U/R$$

Idealni otpornik

Specifičnost idealnog otpornika je da mu je otpor konstantan neovisno o dovedenom naponu, struji koja prolazi kroz element ili brzini promjene struje.

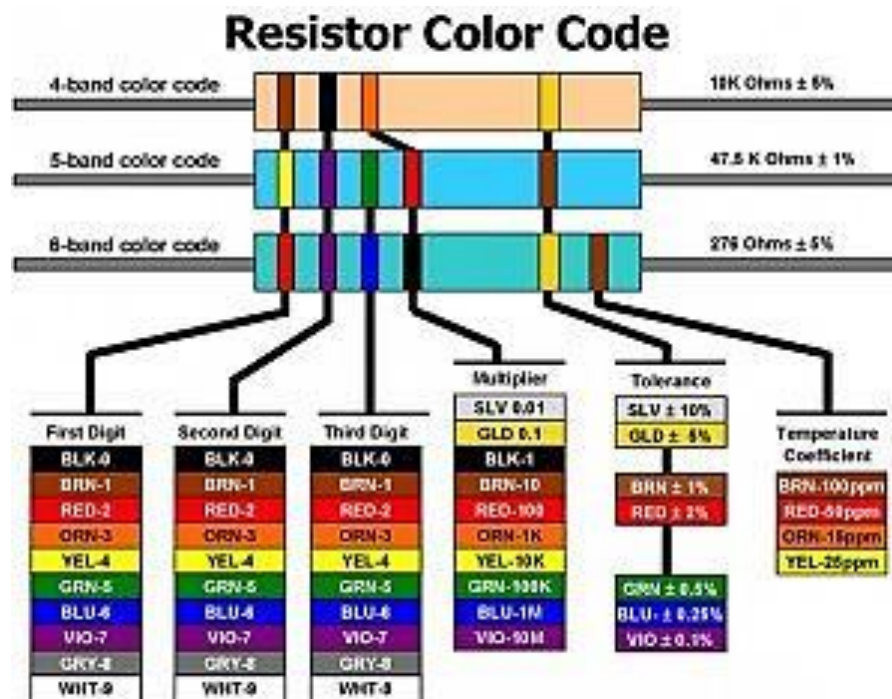
U stvarnosti su otpornici konstruirani tako da im je promjena otpora minimalna u onom temperaturnom području za koje su namijenjeni. [1]

2.1.1. Primjena otpornika

Pomoću otpornika ograničavamo struju. Spajanjem otpornika u seriju prije neke komponente kao na primjer zavojnice ili diode, struja se smanjuje na dozvoljenu vrijednost te komponente. Ako se spoji mreža sa dva ili više otpornika kako bi smanjili napon signala onda govorimo o otporniku u ulozi prigušivača. Više otpornika u strujnom krugu mogu se spajati na različite načine. Razlikuju se paralelni, mješoviti i mosni spoj otpornika. Otpornike možemo pronaći u svim elektroničkim sklopovima, koriste se za ograničenje struje, smanjenje napona i stvaranje naponsko-strujnog odnosa. [2]

Označavanje otpornika

Kod korištenja otpornika mora se znati vrijednost njegovom otporu. Vrijednost otpora je naznačena na otporniku, a označava se pomoću raznobojnih prstena. Otpornik se najčešće označava sa četiri do pet obojanih prstena. Svaka boja prstena na otporniku ima svoju vrijednost koja se čita sa lijeva na desno. Princip prepoznavanja vrijednosti otpornika možemo vidjeti na slici 1. [2]



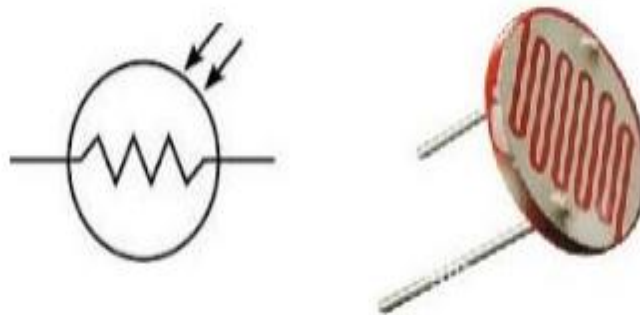
Slika 1. Označavanje otpornika

Izvor: <https://www.petvolta.com/komponente/otpornici-vrste-otpornika/>

2.1.2. Fotootpornik

Otpornici otporni na svjetlost, LDR ili fotoresistori često se koriste u krugovima u kojima je potrebno otkriti prisutnost ili razinu svjetlosti (svjetlosni senzori).

S obzirom na njihovu nisku cijenu, jednostavnost izrade i uporabe, LDR-ovi se koriste u raznim aplikacijama. Fotootpornike možemo pronaći u različitim uređajima kao što su alarmi, kamere, ulične svjetiljke itd. Fotootpornici ovise o količini svjetla kojom su osvijetljeni. Kada je tama nad fotootpornikom njegov otpor je velike vrijednosti a kad svjetlost obasja otpornik tada je otpor male vrijednosti. Fotootpornici su u praksi manje osjetljivi od fotodioda. [3]



Slika 2. Simbol Fotootpornika

Izvor: <https://www.petvolta.com/komponente/otpornici-vrste-otpornika/>

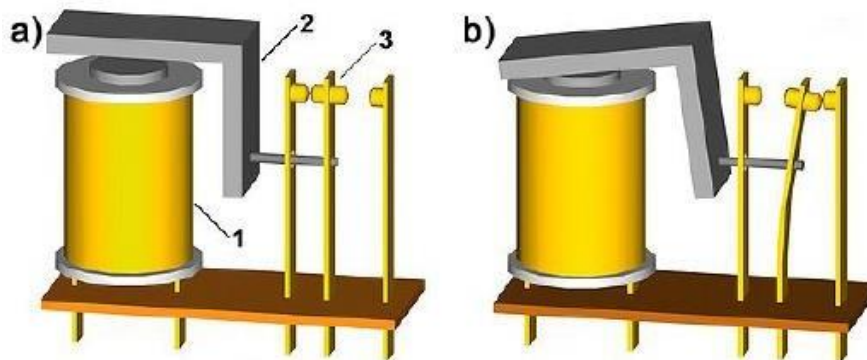
2.2. Releji

Relaj je elektromagnetski sklop pomoću kojega se s malim naponom kontrolira protok struje većeg napona. Relaj pomoću elektromagneta prekida ili uspostavlja rad strujnih kontakata. Sastavni dio releja su željezna kotva, zavojnica i kontakti. Releje dijelimo na vremenske, zaštitne, pomoćne, signalne, mjerne i druge. [4]

2.2.1. Princip rada releja

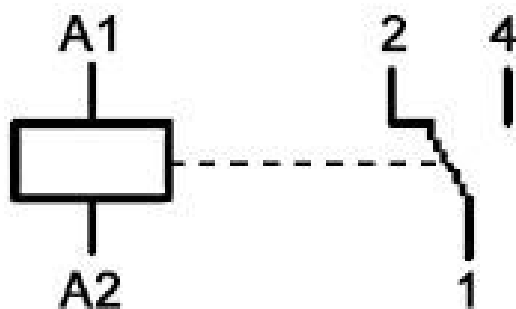
Struja prolaskom kroz zavojnicu oko elektromagneta stvara magnetsko polje koje privlači željeznu kotvu. Električni kontakti koji se nalaze na kotvi otvaraju ili zatvaraju drugi strujni krug a kontakti su ovisni o protoku struje. Prekidom struje elektromagnet gubi magnetsko polje te ne može privlačiti željeznu kotvu, zatim se željezna kotva vraća u početni položaj pomoću opruge. Na slici 3. Vidimo princip rada releja sa prikazanim dijelovima:

1. Elektromagnet
2. Željezna kotva
3. Kontakti



Slika 3. Princip funkcioniranja releja : a) isključen sustav b) uključen sustav

Izvor: <https://www.automatika.rs/baza-znanja/teorija-upravljanja/releji.html>

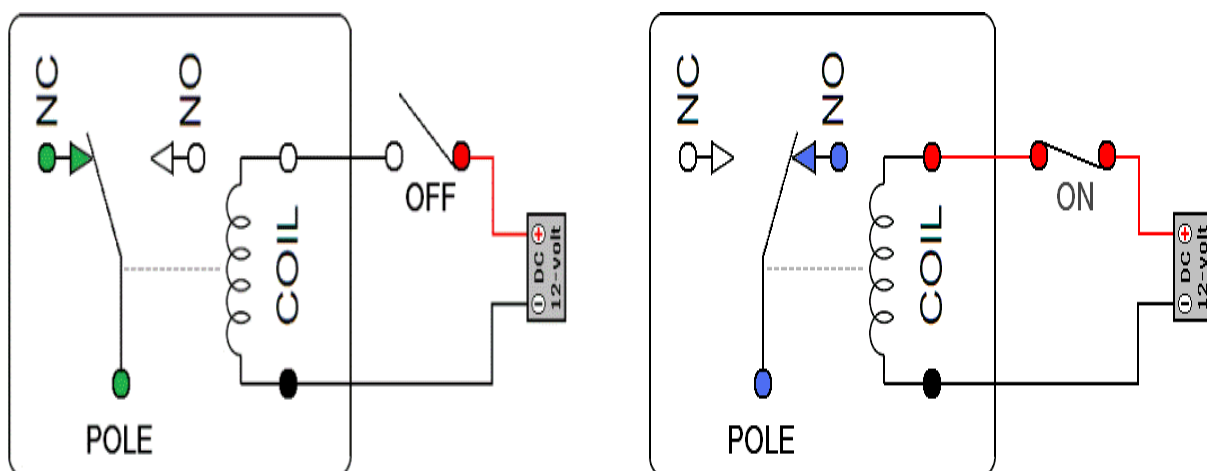


Slika 4. Simbol releja sa naizmjeničnim kontaktima

Izvor: <https://www.automatika.rs/baza-znanja/teorija-upravljanja/releji.html>

Kontakte prema načinu rada dijelimo na:

- Prolazne
- Izmjenične
- Preklopne
- Radne
- Mirne



Slika 5. Prikaz otvorenog i zatvorenog strujnog kruga sa relejom

Izvor: <https://www.automatika.rs/baza-znanja/teorija-upravljanja/releji.html>

2.2.2. Prednosti i mane releja

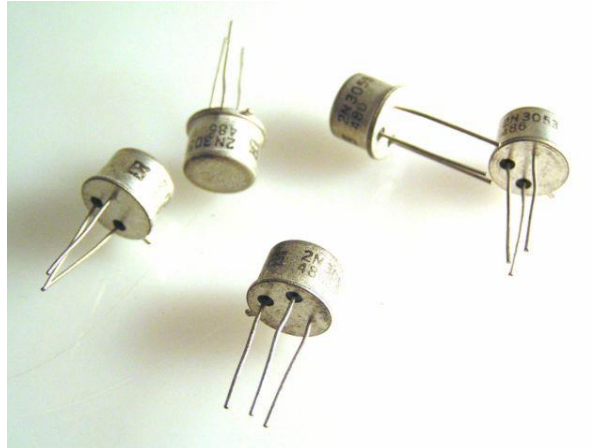
Prednosti releja:

- Brzo se prilagođavaju različitim naponima
- Prisutan je visok otpor među isključenim kontaktima
- Imaju temperaturnu nezavisnost
- Lako se održavaju

Nedostatci releja:

- Brzina reagiranja im je ograničena na 3-17 ms
- Osjetljivi su na prašinu
- Potrebno im je dosta prostora
- Prilikom električnog zagađenja mreže javljaju se šumovi

2.3. Tranzistori



Slika 6. Tranzistor

Izvor: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=62073>

2.3.1. Općenito o tranzistorima

Tranzistor je poluvodički aktivni element koji se sastoji od tri elektrode. Tranzistor se koristi za pojačavanje električnih signala, prekidanje struje, stabilizaciju napona, modulaciju signala i drugo. Jedan je od osnovnih elemenata gotovo svih elektronskih sklopova i uređaja. Prema načinu rada dijele se na dvije osnovne grupe: bipolarne i unipolarne. [5]

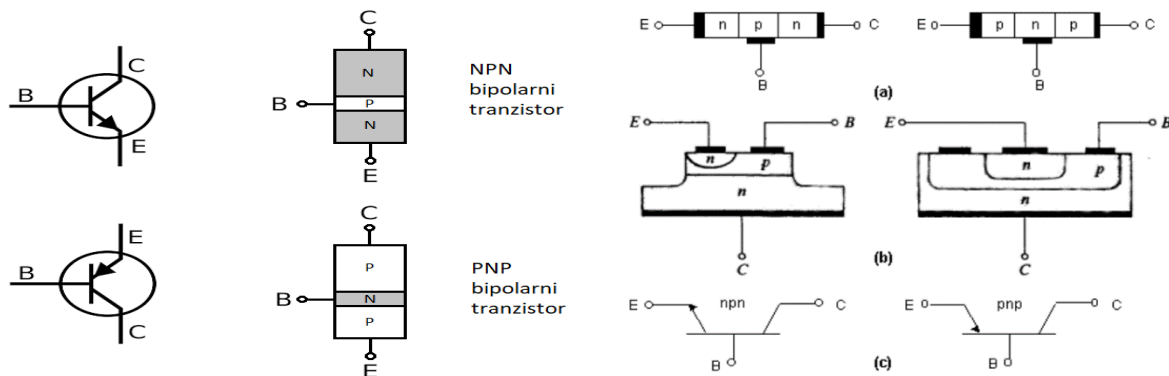
2.3.2. Vrste tranzistora

Bipolarni tranzistor

Bipolarni tranzistori su aktivni poluvodički elementi koje se sastoje od tri elektrode: emitera (E), baze (B) i kolektora (C). Bipolarni tranzistori imaju ulogu nosioca elektriciteta. Postoje dva tipa bipolarnih tranzistora: PNP (pozitivno-negativno-pozitivno) i NPN (negativno-pozitivno-negativno). Kod PNP tipa šupljine su glavni nosioci struje, dok su kod NPN tipa elektroni. Emiter i baza u aktivnom načinu rada predstavljaju propusno polariziran spoj dok kolektor i baza čine nepropusno polariziran spoj. Za razliku od unipolarnih tranzistora, bipolarni tranzistori su brži u radu i daju jaču struju. [5]

Unipolarni tranzistor

Unipolarni tranzistori označavaju se kraticom FET, tranzistori s efektom polja. Fet se sastoji od tri elektrode: uvoda (S), odvoda (D) i upravljačke elektrode (G). Kod unipolarnih tranzistora u provođenju struje sudjeluje jedna vrsta nosioca struje. Karakteristika unipolarnih tranzistora je veliki ulazni otpor, čime se regulira struja odvoda. Ovisno o tipu razlikujemo n-kanalni i p-kanalni FET. Unipolarni tranzistori su naponsko upravljani tranzistori i mogu se koristiti kao naponom upravljane sklopke ili pojačavajući elementi.



Slika 7. Simbol NPN i PNP tranzistora

Izvor:

https://loomen.carnet.hr/pluginfile.php/505232/mod_resource/content/1/TRANZISTORI.pdf

Tranzistori se mogu koristiti kao prekidači gdje uključuju ili isključuju razne uređaje. Zahvaljujući dobrim svojstvima poput velike brzine rada, niske cijene na tržištu, velike pouzdanosti u radu tranzistori su jedni od osnovnih elemenata elektroničkih sklopova kao što su modulatori, stabilizatori, generatori signala, pojačala i drugi. [5]

Budući tranzistori

Uređaji se svake godine poboljšavaju te postoje i druge primjene kao što su implantacija iona i drugi. Što se tiče integriranih sklopova, uređaji koji se koriste u njima postaju ergonomičniji, njihova brzina se povećava a potrošnja energije se smanjuje. Razvoj tehnologije na tranzistorima ide u dva smjera:

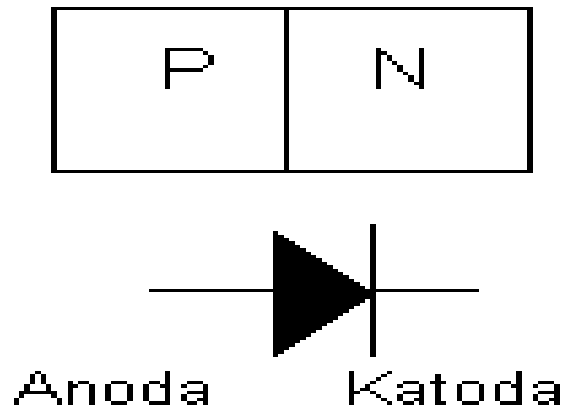
- povećanje radne sposobnosti
- povećanje radnog napona u diskretnim sustavima

2.4. Diode

Diode su poluvodički elektronički elementi sa dva priključka koje posjeduju ispravljачka svojstva. Izvod poluvodičkih dioda temelji se na PN-spoju. Podjela dioda može biti prema materijalu i tipu od kojih su izrađene. Prema materijalu ih dijelimo na: silicij, germanij, silicijev karbid, galijev arsenid i drugi. Prema tipu mogu biti svjetleće (LED) diode, diode za ispravljanje, Zenerove diode, tunelske diode, foto-diode i druge.

2.4.1. Građa i svojstva dioda

U današnje vrijeme proizvodi se velik broj vrsta dioda s različitim karakteristikama. Znatno se razlikuju po obliku i dimenzijama, izboru materijala i postupku kojim se proizvode. Diode zbog polariteta električnog napona imaju svojstvo propuštanja struje u jednom smjeru dok u drugom ne propuštaju. Sastoje se od p-tipa i n-tipa poluvodiča. P-tip poluvodiča je anoda (A) a N-tip je katoda (K). [6]



Slika 8. *Simbol Diode*

Izvor: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Dioda>

2.4.2. Vrste dioda

Klasifikacija dioda se radi na temelju funkcija koje one obavljaju.

Ispravljačka dioda - Germanijska i silicijska dioda koja je predviđena za jako veliku struju. Svojstvo ispravljačkih dioda je da ispravljaju izmjenične veličine u istosmjerne. Više ispravljačkih dioda u zajedničkom kućištu nazivamo Greatzov spoj.

Zener dioda (probojna) - Silicijska dioda koja se upotrebljava kao stabilizator napona i dobivanja referentnog konstantnog napona. Kod odabira Zenerovih dioda potrebno je obratiti pažnju na najveću dopuštenu struju diode u Zenerovom području Iz, tj. dopuštenoj potrošnji snage.

Schottky dioda – Schottky diode izdrže jake struje sa malim gubitcima a pad napona im je manji od silicijskih dioda. Daleko su brže od silicijskih dioda samo zbog jednog n-dopiranoga kristala i N-tipa nosioca.

Tunelska dioda - Naziva se još i Esakijeva dioda prema japanskom fizičaru Leu Esakiju koji je prvi teoretski proučio njena svojstva. Tunelska dioda je po građi napravljena od germanija ili galij- arsenida. Zbog koncentracija primjesa imaju tanki PN spoj pri kojem se javlja efekt tuneliranja elektrona kroz barijeru.

Kapacitivna (Varikap) dioda - Kapacitivne diode najčešće se proizvode od silicija ili galij arsenida te se ponašaju se kao promjenjivi kondenzator. Sastoje se od dva sloja kristala odvojenih zapornim slojem kao izolatorom. Kapacitet PN spoja im se mijenja prilikom promjene napona te su malih dimenzija. [7]



Zener dioda



Schottky dioda



Tunel (Esaki) dioda



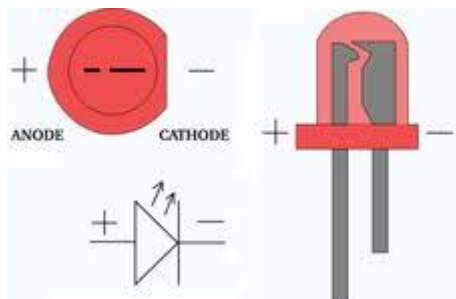
Varikap (Kapacitivna) dioda

Slika 9. Vrste dioda

Izvor: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Dioda>

2.4.3. Svjetleća dioda - LED Dioda

Svjetleća ili LED dioda je vrsta poluvodičke diode koja emitira svjetlost kada kroz nju prolazi struja pri propusnom polariziranju. Zadaća led diode je pretvaranje električnog signala u optički signal, pri čemu nastaje svjetlost. Led dioda emitira svjetlost različitih valnih duljina. Isto tako različite boje emitiranja svjetla, zbog primjesa, variraju od infracrvenog do ultraljubičastog spektra. Led diode općenito imaju duži vijek trajanja od žarulja pa se koriste u raznim uređajima zbog svoje djelotvornosti.

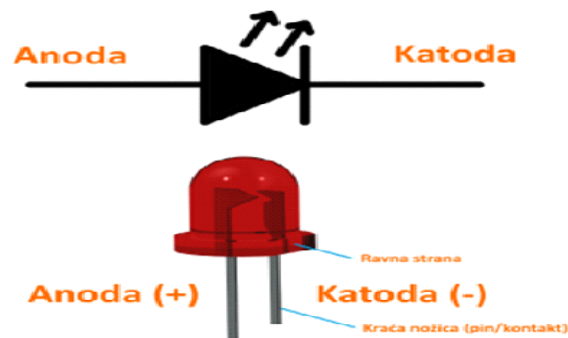


Slika 10. Led dioda

Izvor: <http://mikrokontroleri.weebly.com/led-diode.html>

Građa LED diode

Sastavni dio LED dioda je reflektirajući sloj u kojem se nalazi PN- spoj koji zasvijetli prilikom protjecanja struje kroz njega. Led dioda se sastoji od staklenog kućišta iz kojeg izlaze dvije nožice. Uvijek je jedna nožica duža od druge te se duža nožica naziva anoda a kraća nožica katoda. Anoda je elektroda pozitivnog polariteta dok je katoda elektroda negativnog polariteta. Nužan uvjet za protok struje kroz led diodu znači da anoda mora biti na višem potencijalu od katode, odnosno duža nožica se spaja prema naponu na napajanju a kraća nožica prema uzemljenju. Uvjet rada LED diode je da napon izvora gdje spajamo diodu mora biti veći od napona diode. Uz diodu moramo spojiti i odgovarajući otpornik, u suprotnom će kroz diodu proći prevelika struja te će se uništiti. [8]



Slika 11 Simbol LED diode

Izvor: <https://www.stem.ba/arduino-elektronika/tutorijali/item/265-led-svjetleca-dioda>

Prednosti LED diode

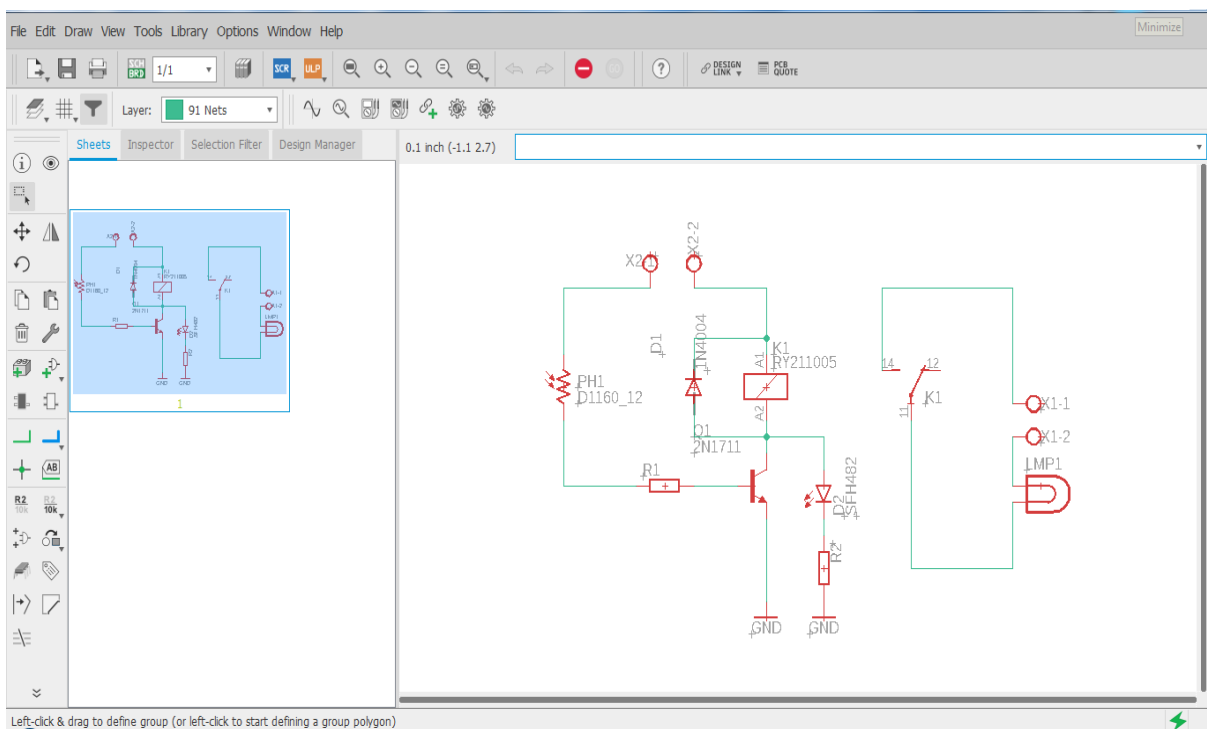
LED dioda se sve više koristi u rasvjeti zbog svojih značajnih prednosti u odnosu na klasične izvore. Neke od prednosti su:

- dugi vijek trajanja
- niska potrošnja energije
- rijetki prijevremeni kvarovi
- male dimenzije
- otpor na vibracije i udarce
- sigurnost i pouzdanost i u nepovoljnim uvjetima [9]

3. PROJEKTIRANJE TISKANE ELEKTRONIČKE PLOČICE

3.1. Projektiranje elektroničke sheme pomoću računalnog programa EAGLE

Pomoću računalnih programa stvara se shematski prikaz za tiskanu elektroničku pločicu i provjerava ispravnost iste. Računalni program EAGLE jedan je od najpouzdanijih programa za kreiranje elektroničkih shema i izvoza datoteka za izradu tiskanih pločica u obliku gerber file-a. U računalnom programu Eagle započinje se konstruiranje stvarajući shematski prikaz elektroničkog kruga. Prvo se uzimaju modeli komponenata, raspoređuju se po radnoj površini, zatim se povezuju linijama pomoću alata draw line. Prilikom dizajniranja mora se paziti na dimenzije elektroničke sheme kako bi komponente stale unutar tiskane pločice. Nakon završetka elektroničke sheme potrebno je istu prebaciti iz shematskog oblika Schematic (slika 12.) u dio programa Board. EAGLE board se koristi za izgled i dimenzije komponenata tiskane pločice, ujedno i izgled vodova po tiskanoj elektroničkoj pločici.

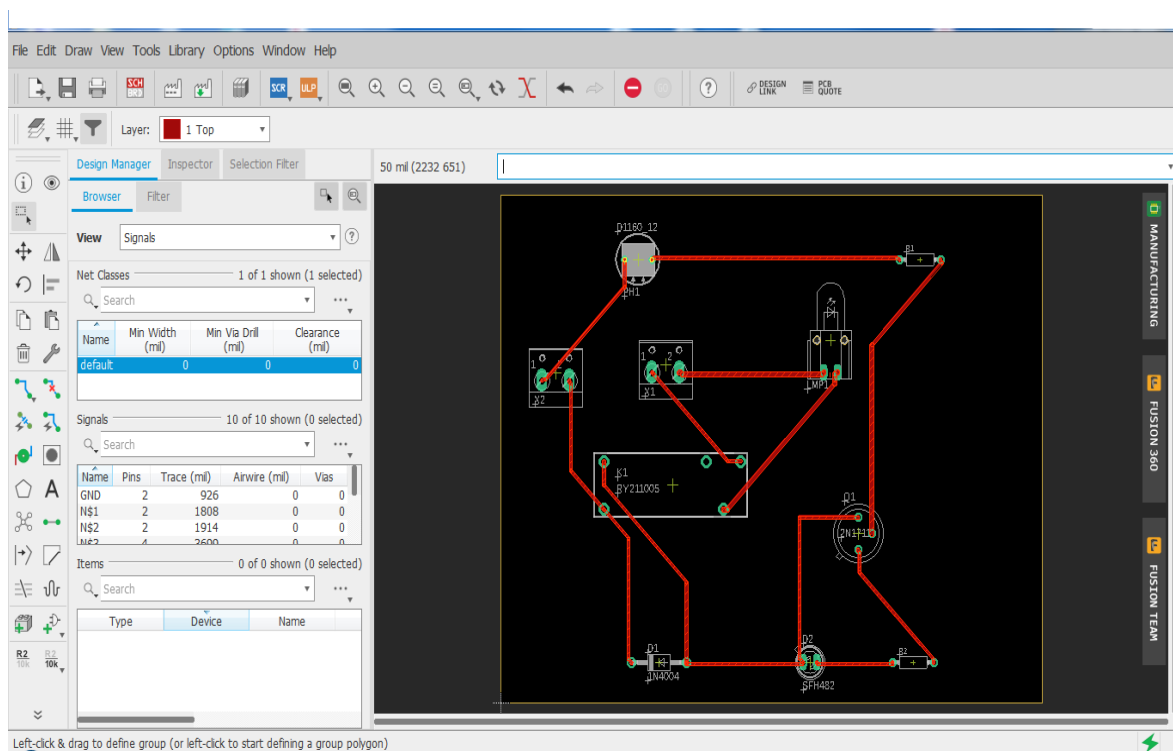


Slika 12. konstruiranje elektroničke sheme u računalnom programu EAGLE

Izvor: Autor

3.2. Projektiranje sheme komponenata tiskane elektroničke pločice pomoću računalnog programa Eagle

U dijelu programa Eagle board prikazuje se elektronička shema komponenti u realnom obliku na tiskanoj elektroničkoj pločici. Jedna od bitnijih stvari je da komponente koje se dovode iz dijela programa Eagle schematic moraju imati svoj „package“ (paket koji prikazuje da ta komponenta postoji u stvarnom svijetu, veličinu i dimenzije komponente). Ako komponenta nema svoj „Package“ u dijelu programa Eagle „Board“ se neće prikazati na radnoj površini. Pri slaganju sheme elektroničkih komponenti mora se obratiti pažnja na veličinu komponente zatim smjer montiranja te razmak između nožica komponente. Kada se komponente rasporede po pločici preporučljivo je koristiti pomoćni alat koji automatski povezuje putanje i smjer vodova tiskane pločice. Postoji mogućnost da će se vodovi preklapati jedan preko drugoga pa se za komplicirane tiskane pločice koristi više slojeva (layera).

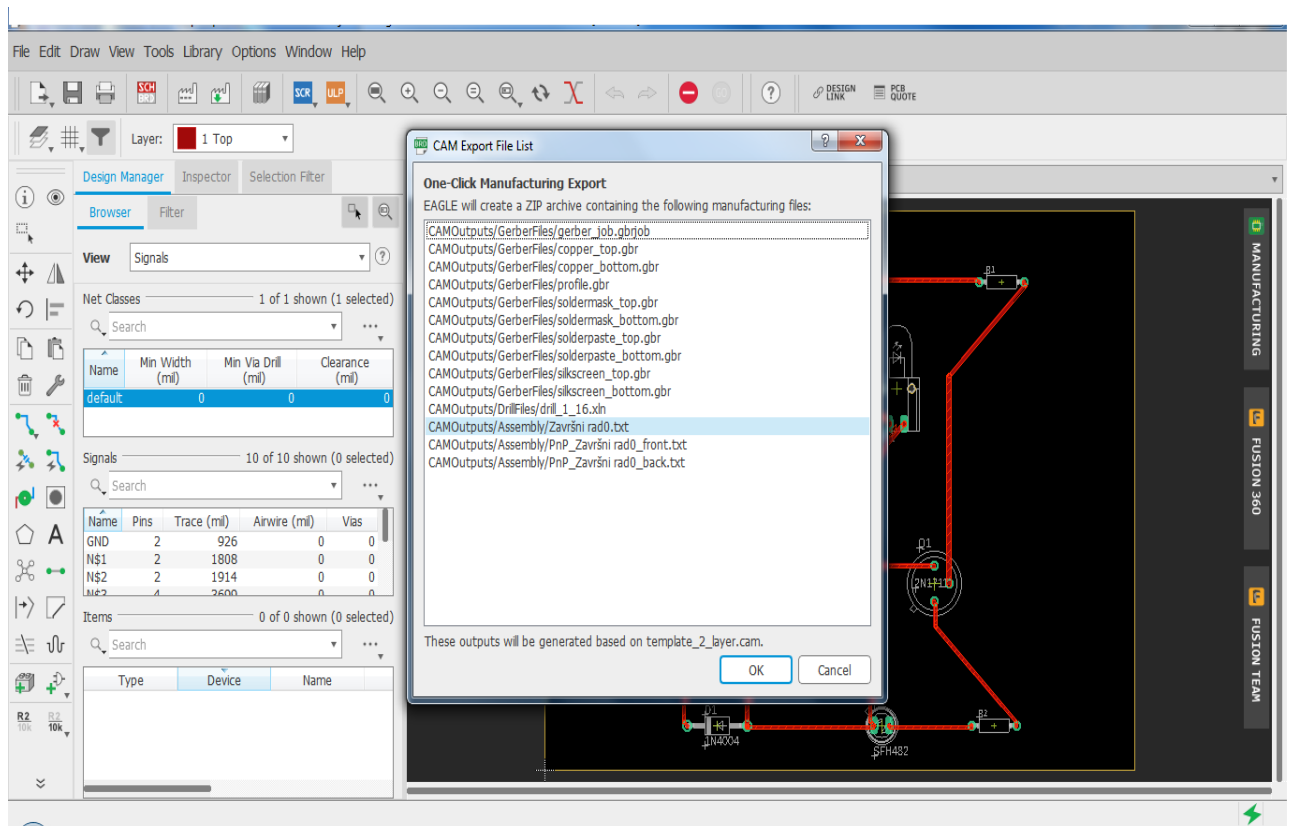


Slika 13. Konstruiranje shematskog prikaza tiskane elektroničke pločice u programu EAGLE

Izvor: Autor

3.3. Stvaranje i export GERBER podataka

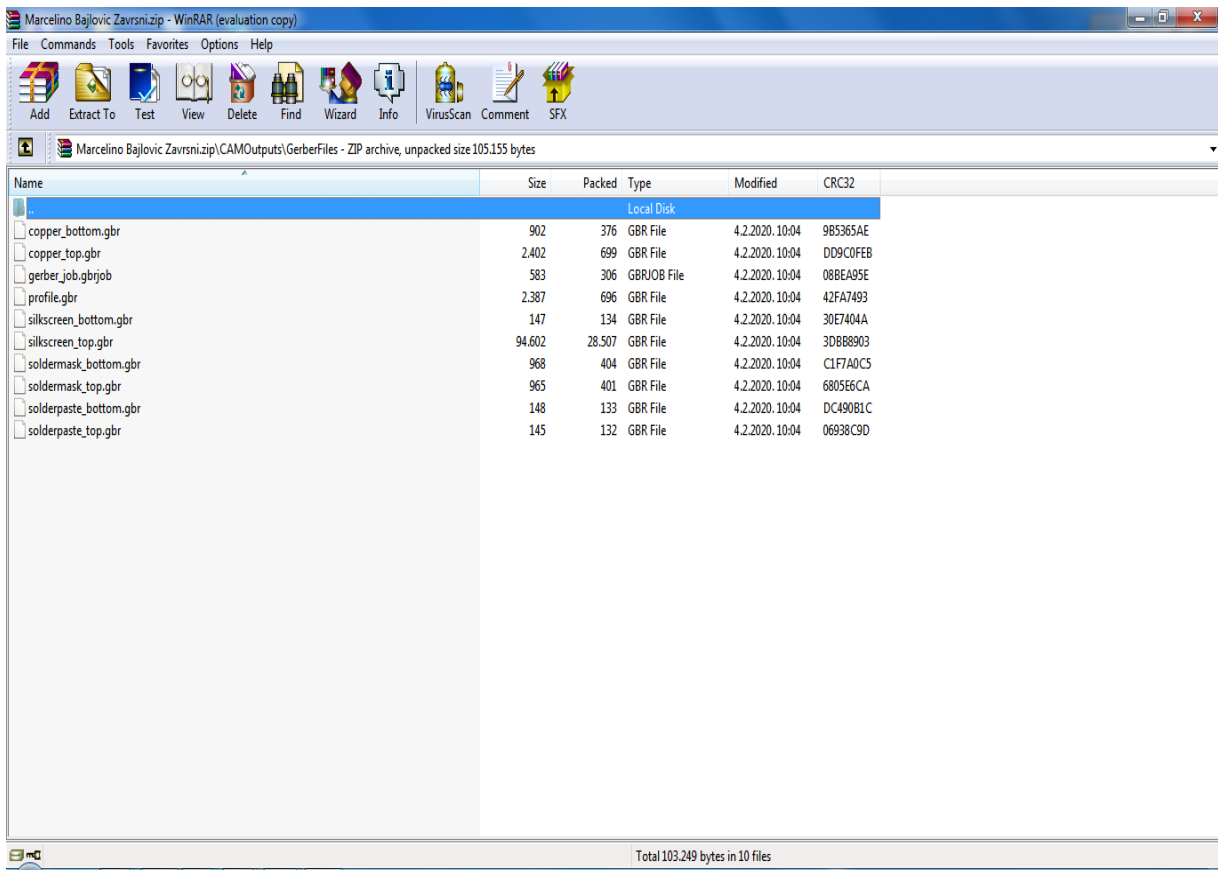
Nakon završetka konstruiranja sheme, postavljanja komponenti na tiskanu pločicu i spajanja u Eagle schematic i board slojevima, podaci se moraju izvesti kao GERBER datoteke. U ovom slučaju biti će jednoslojna pločica jer nema širokog raspona komponenti potrebnih za višeslojnu izradu tiskane elektroničke pločice. Izvoz cjelokupnog prikaza sheme se izvodi pomoću Cam export filea.



Slika 14. Stvaranje GERBER datoteka u računalnom programu EAGLE

Izvor: Autor

Nakon izvoza Gerber datoteke sheme tiskane elektroničke pločice, datoteka se sprema kao Win RAR datoteka i prenosi na usb te se otvara pomoću programa Circuit pro koji pokreće izradu pločice pomoću stroja.



Slika 15. Izvoz GERBER datoteke

Izvor: Autor

4. LPKF STROJEVI

4.1. LPKF Proto Mat S

LPKF ProtoMat S strojevi postavili su svjetske standarde u preciznosti i fleksibilnosti. Rezači LPKF pločica jednostavno su neophodni za brzu izradu tiskanih pločica, bilo da se radi o jednostrukim pločama za razvojne projekte ili malim serijama proizvodnje. Prilagođeni su za visoke performanse, analogne, digitalne aplikacije. LPKF više od četiri desetljeća smatraju se mjerilom za glodanje, bušenje i konturno glodanje PCB-a.



Slika 16. ProtoMat S stroj

Izvor: <https://www.lpkf.com/de/>

Software Circuit Pro

Svi sustavi za strukturiranje LPKF-a isporučuju se sa softverskim paketom, optimiziranim za jednostavan rad te brze rezultate. LPKF CircuitPro uvozi sve uobičajene CAD podatke i prenosi podatke strukturnim sustavima. LPKF ProtoMat stroj pruža idealan stroj za prototipnu izradu PCB-a za gotovo bilo koje inženjersko okruženje. Svaki sustav PCB glodalica ima svoje posebne značajke sustava. Neki prototipi glodalice imaju glodanje, bušenje, usmjeravanje. Ostale glodalice prototipa imaju automatsku promjenu alata i idealne su za različite podloge. [10]

4.2. LPKF ProtoFlow S

ProtoFlow S je konvekcijska pećnica LPKF-a. ProtoFlow S ima ravnomjernu raspodjelu topline, lako programiranje i brojne definirane temperaturne postavke.

SMD (Surface mounted devices) – Elektronička komponenta koja se nalazi na tiskanoj pločici. Dizajnirana je za izravno postavljanje na tiskanu pločicu.

THD (through hole devices) – Tehnologija se temelji na izbušenim rupama na tiskanim pločicama u koje su ugrađene elektroničke komponente.

Ključna je komponenta u prototipnoj proizvodnji SMD-a i proizvodnji male serije. ProtoFlow S nudi radno područje s motoriziranim ladicama za automatsko hlađenje i lak pristup, mikroprocesorskim kontroliranim vremenskim profilima. LPKF ProtoFlow S pogodan je za SMD lemljenje, očvršćivanje ljepilom, očvršćivanje taloženjem provodne paste za probušene rupe i druge termičke postupke.



Slika 17. ProtoFlow S pećnica

Izvor: Autor

Karakteristike:

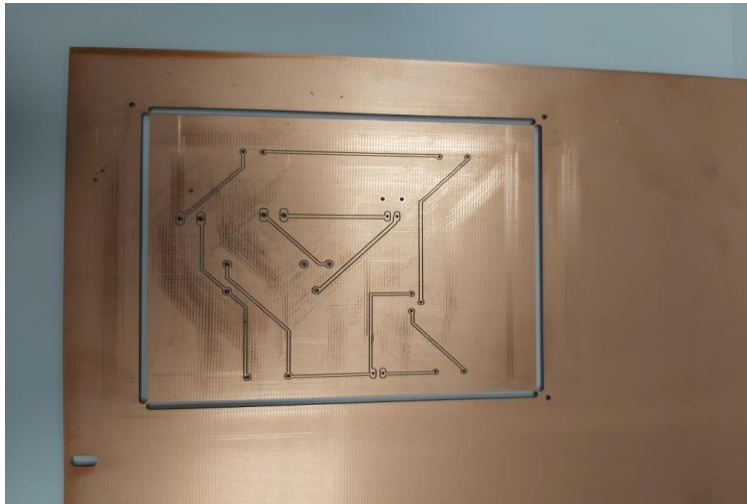
- Jednostavan LCD zaslon omogućava jednostavan rad
- Integrirani USB komunikacijski priključak za jednostavno programiranje profila i snimanje i analiza procesa
- Motorna ladica za lak pristup i automatsko hlađenje nakon ponovnog punjenja
- Opcija inertnog plina sprječava oksidaciju tijekom procesa

LCD zaslon omogućuje jednostavno podešavanje podataka. Svi parametri kao što su temperatura, trajanje procesa i protok zraka za hlađenje mogu se programirati i pohraniti u prilagođene profile, kako u protoFlow memoriji tako i preko USB kabela na računalo, omogućujući fleksibilnost i pohranu profila. [11]

5. IZRADA TISKANE ELEKTRONIČKE PLOČICE

5.1. Općenito o tiskanim elektroničkim pločicama

Tiskana elektronička pločica (PCB) se sastoji od izoliranih vodiča koji su raspoređeni na pločici na točnoj udaljenosti i povezuju se lemljenjem elektroničkih komponenti. Tiskane pločice su otporne na visoku toplinu i mogu biti jednoslojne ili višeslojne. Bakar, jedan od najčešćih dijelova tiskane elektroničke pločice je provodljivi materijal koji se koristi za vodljivost urezanih putova kako bi povezao elektroničke komponente pomoću vodova. Prve tiskane pločice pojavljuju se još početkom dvadesetog stoljeća i bile su jednoslojne. [12]



Slika 18. Tiskana elektronička pločica

Izvor: Autor

5.2. Faze izrade tiskane pločice

5.2.1. Postupak strojnog obrađivanja pločice

Nakon izvoza GERBER filea iz programa EAGLE na usb, otvaramo program Circuit pro koji pokreće izradu tiskane pločice pomoću stroja, zatim namještamo dimenzije za određene rupe na pločici te stavljamo odgovarajuće borere za bušenje tih rupa. Stavljamo u stroj bakrenu ploču veličine A4 papira, zatim je centriramo i pričvršćujemo na površinu stroja te je postupak spreman za pokretanje. Stroju je potrebno oko 10 minuta da napravi određene dimenzije pločice i rupe na njoj.

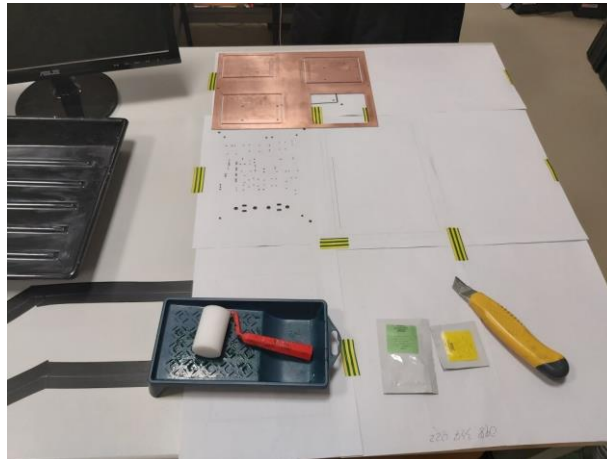


Slika 19. Prikaz stroja na Veleučilištu u Karlovcu, ProtoMat S63

Izvor: Autor

5.2.2. Postupak premazivanja pločice foto lakom

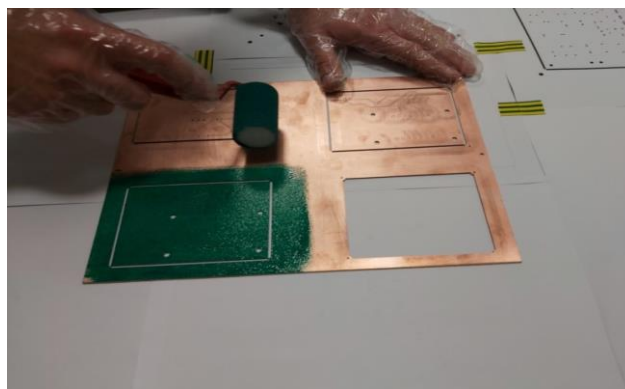
Postoji više postupaka premazivanja pločice gdje želimo sačuvati bakrene vodove, a neki od njih su: sitotisak, foto postupak, pomoću ljepljive trake, transfer postupak, pomoću voodotpornog flomastera i drugi.



Slika 20. Pribor za premazivanje tiskane pločice foto lakom

Izvor: Autor

Prije samog premazivanja, tiskana pločica mora se temeljno prebrisati krpom koja ne ostavlja tragove prašine. Postoji mogućnost da na pločici ostane tragova masnoće ili prašine te se lak ne primi dobro za površinu pločice, tada bakrene površine ostanu nepokrivene lakom što dovodi do kratkog spoja. Postupak premazivanja zahtjeva ravnomjerno nanošenje premaza po pločici. Proces premazivanja vrši se pomoću zaštitnih rukavica i naočala iz sigurnosnih razloga.

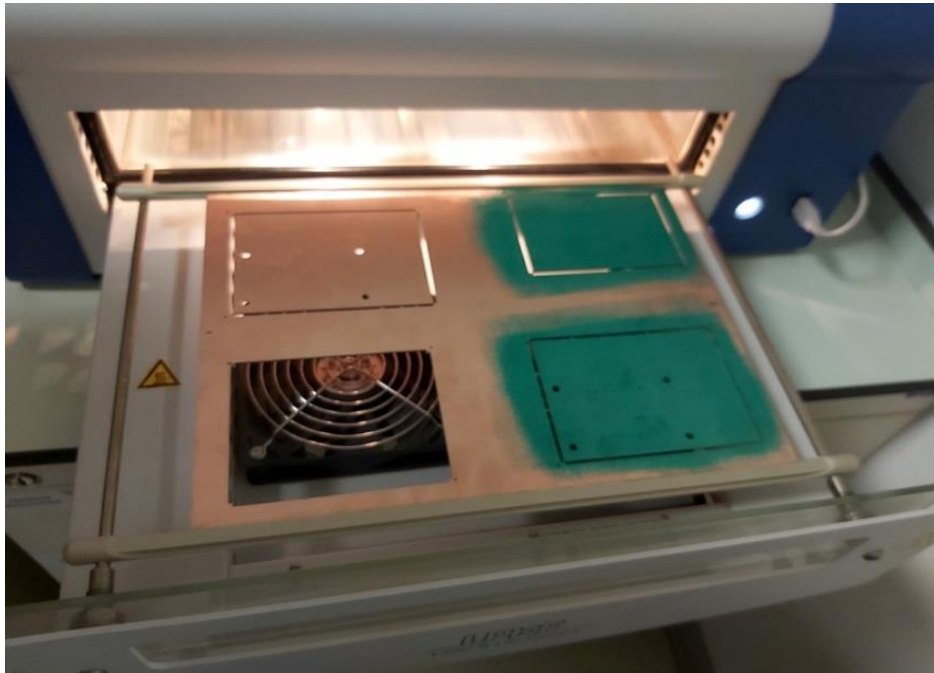


Slika 21 . Postupak premazivanja tiskane pločice foto lakom

Izvor: Autor

5.2.3. Postupak sušenja premazane pločice

Nakon premazivanja foto laka po tiskanoj pločici, pločica se stavlja u Protoflow S konvekcijsku pećnicu 10 minuta na 80 stupnjeva kako bi se premazani sloj u potpunosti osušio i bio spreman za daljnju upotrebu.

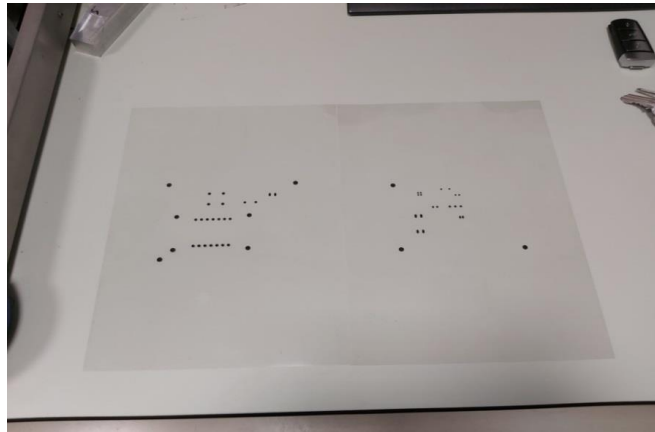


Slika 22 . Postupak sušenja premaza tiskane pločice

Izvor: Autor

5.2.4. Fotopostupak

Fotopostupak se odvija tako da se na prozirni A4 papir pomoću laserskog printera isprinta predložak na kojem su naslikane strojno izbušene rupe koje nakon postupka jetkanja ostaju vodljive (neprekrivene lakom). Kada se namjesti pozicija predloška, pažljivo se zatvara stroj za osvjetljavanje da predložak ne pobjegne sa označenih rupa na tiskanoj pločici kako kasnije ne bi došlo do kratkog spoja. Osvjetljavanje pločice se vrši pomoću UV žarulja jačine 1000W. Proces osvjetljavanja traje između 30 – 60 sekundi.



Slika 23. Predložak sa vodovima i rupama za elemente

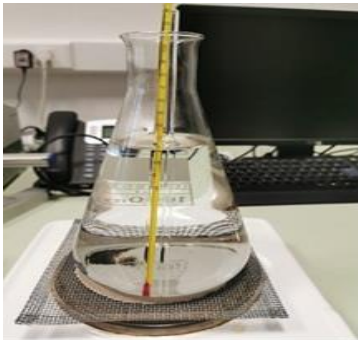


Slika 24 . Postupak osvjetljavanja UV lampom

Izvor: Autor

5.2.5. Kemijski postupak izrade vodova na tiskanoj pločici

Nakon osvjjetljenja UV lampom, vraćamo se na kemijski postupak skidanja zaštitnog sloja na vodovima i rupama (Jetkanje). U vodu ugrijanu između 40°C i 60°C stavimo prašak koji se sastoji od natrijevog hidroksida (NaOH) koji nam služi za skidanje zaštitnog sloja laka i stvaranja bakrenih vodova. Vodovi se počinju pojavljivati već nakon dvije minute. Ne smije se ostaviti pločicu predugo u kiselini jer će kiselina izgristi lak sa pločice i zatim je potrebno opet ponoviti postupak. Cjelokupni proces se vrši pomoću zaštitnih rukavica i plastičnih držača kako ruke ne bi došle u doticaj sa kemijskom tekućinom. Moramo biti oprezni pri radu sa kiselinama te paziti da kiselinu dodamo u vodu, a ne vodu u kiselinu.



Slika 25 . Kemijski postupak skidanja foto osjetljivog laka sa pločice

Izvor: Autor

Skidanje foto osjetljivog laka se vrši pomoću mekane četkice koja skida zaštitni sloj gdje ostaju bakreni vodovi. Tiskana pločica se zatim ispire u hladnoj vodi kako bi se isprala kiselina sa pločice.

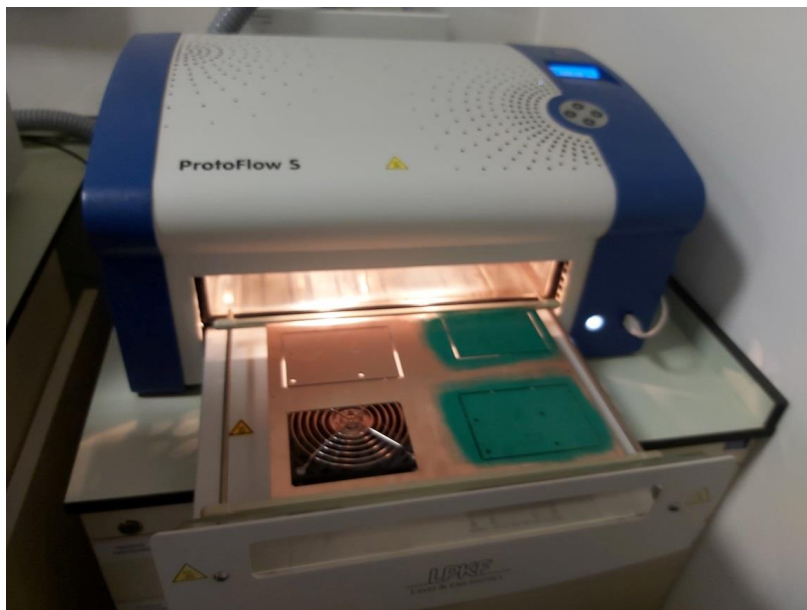


Slika 26. Skidanje sloja fotolaka

Izvor: Autor

5.2.6. Postupak „pečenja“ pomoću ProtoFlow S pećnice

Nakon što smo dobili završni sloj bakra na vodovima i rupama za komponente na tiskanoj pločici, stavljamo pločicu u pećnicu na 30 minuta i 160 stupnjeva. Nakon „pečenja“, tiskana pločica se mora staviti na hlađenje kraće razdoblje i zatim je spremna za postupak lemljenja.



Slika 27. Postupak „pečenja“ pomoću ProtoFlow S pećnice

Izvor: Autor

5.2.7. Lemljenje komponenata na tiskanu pločicu

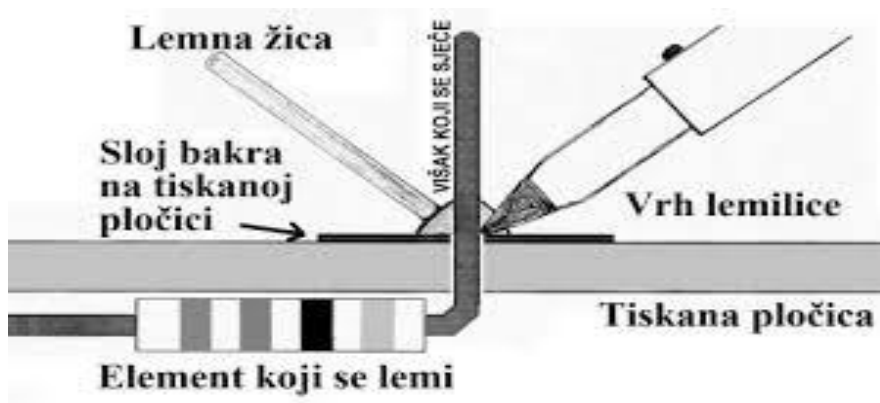
Lemljenje je postupak spajanja metalnih i nemetalnih materijala pomoću dodatnog veznog sredstva (lema) čije je talište znatno niže od materijala koji se lemi. Lemljenje dijelimo na meko i tvrdo. U ovom slučaju prakticiramo meko lemljenje. Temperature za meko lemljenje su niže od 400 °C, dok za tvrdo lemljenje temperature prelaze 400 °C.



Slika 28. Pribor za lemljenje tiskane pločice

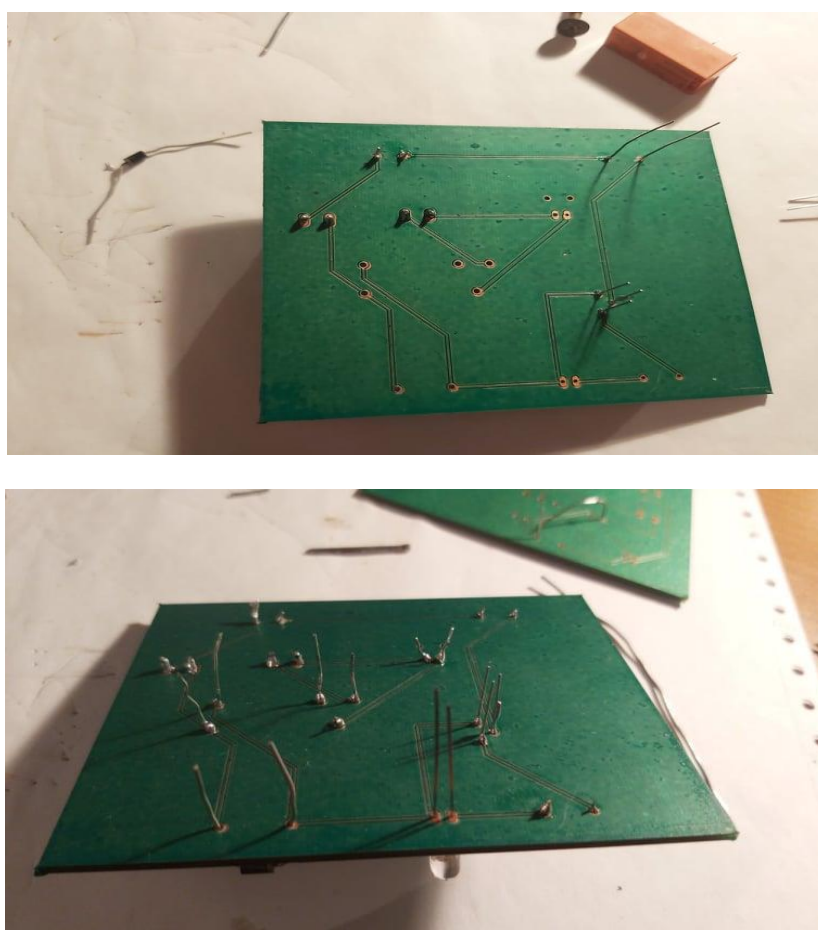
Izvor: Autor

Postupak lemjenja tiskane pločice odvija se pomoću lemjenja ručnim lemilom. Pribor potreban za lemljenje (Slika 28.) su: lemilica, žica za lemljenje (lem) i pasta koja služi za skidanje nečistoća sa površina metala kako bi se lem lakše primio na drugi metal. Prvo se pastom namaže materijal koji se lemi. Žica za lemljenje (lem) služi kao „ljepilo“ povezujući dva materijala. Kada je lemilica dovoljno zagrijana, potrebno je kratko vrijeme da bi se lem otopio i napravio spoj dva materijala. Nakon nekoliko sekundi lem se stvrdne i nastaje čvrsti spoj materijala koje smo zalemili. [12]



Slika 29. Pravilno lemljenje elementa na tiskanu pločicu

Izvor: <http://os-jakovlje.skole.hr/upload/os-jakovlje/images/static3/2337/File/lemljenje.pdf>



Slika 30. Postupak lemljenja tiskane pločice

Izvor: Autor

6. ZAKLJUČAK

U moderno doba senzori rasvjete postaju popularniji i sve češće korišteni. Opsežna upotreba led rasvjete u kombinaciji sa fotosenzorom daje vidljive rezultate na polju uštede električne energije pa samim time i novca. Cilj ovog Završnog rada bio je prikazati proces izrade tiskane elektroničke pločice senzora rasvjete. Sam postupak je detaljno opisan po fazama izrade od početnog shematskog prikaza u EAGLE programu, korištenih elemenata, sve do krajnjeg rezultata nastanka pločice. Cjelokupan proces projekta ne bi bio moguć bez LPKF strojeva koje nam je Veleučilište u Karlovcu pod mentorstvom profesora Filipa Žugčiča omogućilo. Zbog nemogućnosti nalaženja komponenti koje bi odgovarale ponuđenoj shemi morali smo se prilagoditi komponentama koje smo našli na tržištu kako bi mogli izraditi sklop.

- [1] <https://www.petvolta.com/komponente/otpornici-vrste-otpornika/>
- [2] Pinter, Viktor (1994). Osnove elektrotehnike knjiga prva, ITP "Tehnička knjiga" d.d., Zagreb
- [3] https://www.electronics-notes.com/articles/electronics_components/resistors/light-dependent-resistor-ldr.php
- [4] <https://www.automatika.rs/baza-znanja/teorija-upravljanja/releji.html>
- [5] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=62073>
- [6] <https://pdfslide.tips/documents/dioda-podjela.html>
- [7] <https://element.hr/artikli/file/1228/analogni-elektronicki-sklopovi/12364>
- [8] <https://e-radionica.com/hr/blog/2015/08/19/led-dioda-light-emiting-diode/>
- [9] <https://korak.com.hr/korak-053-ozujak-2016-led-rasvjeta/>
- [10] [2406-protomat-s3-serie-manual-PDF](#)
- [11] [2406-protomat-s3-serie-manual-PDF](#)
- [12] https://hr.wikipedia.org/wiki/Tiskana_plo%C4%8Dica