

# FREKVENCIJSKI OMETAČ SIGNALA S KUĆIŠTEM

---

Zelić, Marko

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:128:396605>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-09**



**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

Odjel Strojарstva

Stručni studij Mehatronike

Marko Zelić

# **Frekvencijski ometač signala s kućištem**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac University of Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Professional study of Mechatronics

Marko Zelić

# **Frequency signal jammer with housing**

FINAL PAPER

Veleučilište u Karlovcu

Odjel Strojарstva

Stručni studij Mehatronike

Marko Zelić

# **Frekvencijski ometač signala s kućištem**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Filip Žugčić mag.ing.el.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED**  
**SCIENCE**

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:.....  
(označiti)

Usmjerenje ..... Karlovac,  
.....

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student:.....

Matični broj:.....

Naslov:.....  
.....

### Opis zadatka:

Izraditi Frekvencijski ometač signala koji blokira 2G, 3G i druge signale, s prijenosnim napajanjem te koji će biti smješten u drveno kućište, tokom pisanja rada ću se koristiti 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:  
obrane:

Predviđeni datum;

.....

.....

.....

Mentor:

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

## **PREDGOVOR**

Izjavljujem da sam svoj rad izradio samostalno pomoću stečenog znanja tijekom studija, stručne literature i interneta, te naravno uz pomoć mentora Filipa Žugčića i kolege Petra Rakušića koji radi varijabilni izvor napajanja DC signala do 12V što igra ulogu u napajanju mog rada.

Zahvaljujem svome mentoru, Filipu Žugčiću na pristupačnosti, strpljenju i razumijevanju te raznim korisnim savjetima za vrijeme izrade završnog rada. Isto tako bih se zahvalio kolegi Matiji Lučiću na pomoći, savjetima, te razmjeni iskustava koja su mi bila od velike koristi i značaja.

Karlovac, 2020.

Marko Zelić

---

## **SAŽETAK**

Tema završnog rada je izrada ometača signala koji ometa isto frekvencijsko područje kao i ono kod 2G, 3G i ostalih mreža. Ovim radom ću objasniti postupak izrade i funkcioniranje, njegovo napajanje koje će biti prijenosno ili izvedba s napajanjem od kolege Petra Rakušića, objasniti glavne elemente koje sam koristio, te navesti i opisati korištene alate i strojeve. Ukratko, koristit ću se s software-om Eagle za crtanje sheme, CNC strojem za izradu PCB pločice, te lemljenjem za povezivanje elemenata s PCB tiskanom pločicom. Cilj ovog završnog rada je povezati teoretsko i praktično iskustvo pomoću usvojenog znanja tijekom obrazovanja.

Ključne riječi: mreže, signali, elektroničke komponente, PCB pločica, lemljenje, kućište

## **SUMMARY**

The topic of the final exam is the creation of a signal jammer that operates in the same frequency range as that of 2G, 3G and other networks. Within this project I will explain the process of manufacturing and explain the functionality, its power supply will be either portable or with power supply from my colleague, I will be explaining the main elements I used, and list and describe the tools and machines used aswell. In short, I will use Eagle software to draw the scheme, a CNC machine to make a PCB board, and soldering to connect the elements to a PCB printed circuit board. The aim of this final paper is to connect theoretical and practical experience using the knowledge acquired during education

Keywords: networks, signals, electronic components, PCB board, soldering, housing

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	2
2. OPĆENITO O MREŽAMA .....	3
2.1 UVOD U TEHNOLOGIJU MREŽA .....	3
2.2 MREŽNI OPSEZI .....	4
3. KARAKTERISTIKE OMETAČA SIGNALA .....	5
3.1 OPĆENITO O PROJEKTU .....	5
3.2 SHEMA I DIJELOVI .....	6
4. POTREBNE KOMPONENTE .....	7
4.1 NE555 TIMER .....	7
4.2 PODEŠAVANJE FREKVENCIJE I TRIMER KONDENZATOR .....	10
5. PASIVNI I AKTIVNI ELEKTRONIČKI ELEMENTI .....	12
5.1. UVOD U PASIVNE I AKTIVNE ELEMENTE .....	12
5.2 OTPORNICI .....	13
5.3 KONDENZATORI .....	15
5.4 TRANZISTORI .....	18
5.5 LED DIODE .....	20
6. PROGRAM EAGLE .....	21
6.1 IZRADA SHEME U EAGLE-U .....	21
7. PCB PLOČICA .....	23
7.1 UVOD U PCB PLOČICE .....	23
7.2 IZRADA PCB PLOČICE .....	24
8. LEMLJENJE .....	31
9. DRVENO KUĆIŠTE .....	32
10. ZAKLJUČAK .....	33
11. POPIS LITERATURE .....	34



## POPIS SLIKA

Slika 1. Izgled gotovog ometača signala.....	2
Slika 2. Usporedba tehnologije mreža.....	3
Slika 3. GSM i 3G (UMTS) frekvencijski pojas.....	4
Slika 4. Shema izrade ometača signala .....	6
Slika 5. NE555N TIMER .....	7
Slika 6. Pinout NE555 Timera .....	9
Slika 7. 30pF varijabilni trimmer kondenzator .....	10
Slika 8. Izgled varijabilnog trimmer kondenzatora .....	11
Slika 9. Prikaz Ohmovog zakona .....	12
Slika 10. Vrste otpornika.....	13
Slika 11. Očitavanje vrijednosti otpornika.....	14
Slika 12. Vrste kondenzatora .....	15
Slika 13. Elektrolitski, keramički i tantal kondenzatori .....	16
Slika 14. Unutrašnjost kondenzatora.....	17
Slika 15. BF495C tranzistor .....	18
Slika 16. Podjela tranzistora.....	19
Slika 17. Unutrašnjost LED diode.....	20
Slika 18. Shematski prikaz u Eagleu .....	21
Slika 19. Shema u Eagleu Board prikaz .....	22
Slika 20. slojevi PCB tiskane pločice.....	23
Slika 21. Izrada PCB pomoću ProtoMatS63 .....	24
Slika 22. PCB s bakrenim slojem.....	25
Slika 23. Lemne točke.....	26
Slika 24. Nanošenje lemne maske.....	27
Slika 25. „ProtoFlow S“ pećnica.....	28
Slika 26. Pogled kroz prozorčić pećnice .....	28
Slika 27. UV lampa .....	29
Slika 28. Voda pomiješana s natrijevim hidroksidom.....	30
Slika 29. Lemljenje komponenata .....	31
Slika 30. Sklapanje kućišta.....	32
Slika 31. Kućište s kliznim poklopcem.....	32
Slika 32. Korišteni alati.....	32

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Pinout NE555 Timera.....	8
Tablica 2. Specifikacije NE555 Timera .....	9

## 1. UVOD

Ideja ovog završnog rada je izrada frekvencijskog ometača signala kojemu je zadaća ometanje 2G signala i drugih signala, sama ideja je nastala tako što sam ugledao takav uređaj u jednoj TV seriji, nije mi dugo trebalo i odlučio sam prihvatiti izazov izrade kućnog/džepnog primjerka.

Naime cilj ovoga rada je napraviti ometač signala koji će raditi na udaljenosti od barem dva metra i omogućiti ometanje fekvencije ne samo za 2G signale nego i ostale, plan je koristiti bolju antenu i trimmer kondenzator kako bih zadovoljio ta dva kriterija.

Ovakvi uređaji su vrlo neuobičajeni u našoj svakidašnjici, pa čak i ilegalni stoga ću pokušati što bolje predstaviti i objasniti sve vezano uz rad bazirajući se na postupke izrade, elemente i način rada.



Slika 1. Izgled gotovog ometača signala

Izvor: <https://electronicsprojectshub.com/make-cell-phone-signal-jammer/>

## 2. OPĆENITO O MREŽAMA

### 2.1 UVOD U TEHNOLOGIJU MREŽA

Ometač signala elektronički je uređaj koji blokira komunikaciju između mobitela i bazne stanice. Koristeći istu frekvenciju kao mobilne slušalice, ometač signala stvara jake smetnje za komunikaciju između pozivatelja i primatelja što rezultira gubitku mreže. Učinkovit je u blokiranju prijenosa signala mreža uključujući UMTS, 3G, 2G, CDMA, GSM i PHS.

Mobilni telefoni rade u različitim frekvencijskim opsezima u različitim zemljama. Stoga je za Kanadu opseg od 1900 MHz primarni, posebno za urbana područja. 850 MHz koristi se kao rezervna u ruralnim područjima. SAD koristi opsege od 850 i 1900 MHz, ovisno o području. Europa obično koristi opsege GSM 900 i 1800 kao standard. Bliski Istok, Afrika, Azija i Oceanija također koriste ove frekvencijske pojaseve. U Rusiji i nekim drugim zemljama imaju licence za frekvenciju od 450 MHz za pružanje CDMA pokrivenosti.

Technology	1G	2G	2.5G	3G	4G
Design start time	1970	1980	1985	1990	2000
Implementation	1984	1991	1999	2002	~ 2010
Technology	Analog signal processing	Digital signal processing	Packet switching	Intelligent signal processing	All-IP based
Standards	AMPS, TACS, NMT	TDMA, CDMA, GSM, PDC	GPRS, EDGE, 1xRTT	WCDMA, CDMA2000	OFDM
Bandwidth	2.4 – 30 kbps	9.6 - 14.4 kbps	171 – 384 kbps	2 Mbps	~100 Mbps
Core network	PSTN			PSTN, some IP network	Internet
Services	Voice	Voice, SMS	Voice, data	Voice, data, multimedia	Voice, data, content-rich multimedia

Adapted from Ibrahim [2002]

<b>1xRTT</b> – 2.5G CDMA data service up to 384 kbps <b>AMPS</b> – Advanced Mobile Phone Service <b>CDMA</b> – Code Division Multiple Access <b>EDGE</b> – Enhanced Data For Global Evolution <b>FDMA</b> – Frequency Division Multiple Access <b>GPRS</b> – General Packet Radio System <b>WCDMA</b> – Wideband CDMA	<b>GSM</b> – Global System For Mobile <b>NMT</b> – Nordic Mobile Telephone <b>PDC</b> – Personal Digital Cellular <b>PSTN</b> – Public Switched Telephone Network <b>TACS</b> – Total Access Communications System <b>TDMA</b> – Time Division Multiple Access <b>OFDM</b> – Orthogonal Frequency Division Multiplexing
---	---

Slika 2. Usporedba tehnologije mreža

Izvor: <https://www.semanticscholar.org/paper/Fourth-Generation-Wireless-Systems%3A-Requirements-Bose/95d1a3718e216f750be9349d2942b9855b2399bb/figure/0>

## 2.2 MREŽNI OPSEZI

Radio frekvencije koje se koriste za mobilne mreže razlikuju se po ITU regijama (Amerika, Europa, Afrika i Azija). Prvi komercijalni standard za mobilnu vezu u Sjedinjenim Američkim Državama bio je AMPS, koji je bio u frekvenzijskom opsegu od 800 MHz. U nordijskim zemljama Europe prva raširena automatska mobilna mreža temeljila se na standardu NMT-450, koji je bio u opsegu 450 MHz.

Kako su mobilni telefoni postali popularniji i pristupačniji, davatelji mobilnih usluga susreli su se s problemom jer nisu mogli pružiti uslugu sve većem broju kupaca. Morali su razviti svoje postojeće mreže i na kraju uvesti nove standarde, često utemeljene na drugim frekvencijama. Neke su europske zemlje (i Japan) prihvatile TACS koji radi na 900 MHz. GSM standard, koji se u Europi pojavio kao zamjena za NMT-450 i druge standarde, u početku je koristio i opseg od 900 MHz.

Pojasi po tehnologijama:

- GSM frekvenzijski pojas
- UMTS frekvenzijski pojas
- LTE frekvenzijski pojas
- 5G NR frekvenzijski pojas

System	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Region
GSM850	824-849	869-894	Americas
(E)-GSM900	880-914.8	925-959.8	Europe, Asia, Oceania
GSM1800	1710.2-1784.8	1805.2-1879.8	Europe, Asia, Oceania
GSM1900	1850-1910	1930-1990	Americas
UMTS Band I	1920-1980	2110-2170	Europe, Asia, Africa, Brazil, Oceania
UMTS Band II	1850-1910	1930-1990	Americas
UMTS Band V	824-849	869-894	Americas, Oceania

Slika 3. GSM i 3G (UMTS) frekvenzijski pojas

Izvor: <https://www.semanticscholar.org/paper/Mobile-Phone-Antenna-Design-Rowell-Lam/f2e8f06fa52797cabf652797c66f4c44cb5cc0f7/figure/1>

### **3. KARAKTERISTIKE OMETAČA SIGNALA**

#### **3.1 OPĆENITO O PROJEKTU**

Postoje mjesta na kojima mobiteli nisu dopušteni, stoga je ovaj projekt napravljen s ovim planom za rješavanje ovog problema na najmanje zahtjevan način.

Glavna komponenta ovoga rada je NE555 Timer s još manjim brojem komponenti koje čine cjelinu. Ovaj krug je vrlo učinkovit za ometanje signala svih opsega signala mobilne komunikacije.

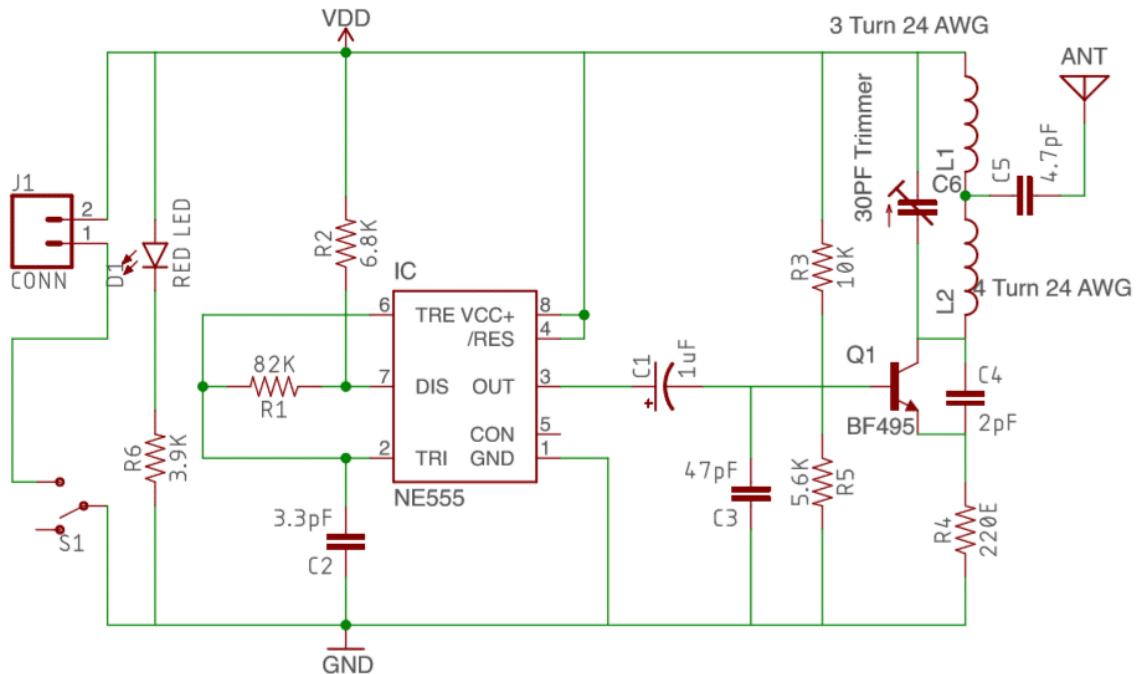
Ometač signala dio je opreme koja može blokirati prijenos ili prijem signala mobilnih telefona. To se uglavnom postiže stvaranjem nekakve vrste smetnji, a u principu se radi o uređaju koji namjerno odašilje signale na istim radio frekvencijama kao i mobilni telefoni što ne uzrokuje nikakve indikacije ili značajno smanjenje kvalitete signala.

Ometači signala se mogu koristiti praktički na bilo kojem mjestu, ali se prvenstveno nalaze na mjestima gdje bi telefonski poziv mogao biti nepoželjan jer se očekuje tišina.

Zanimljivo je spomenuti da postoje države gdje su ovakvi uređaji čak legalni poput Ukrajine gdje planiraju početi koristiti takve uređaje na nastavi, u Francuskoj su se takvi uređaji koristili u kinima, koncertnim dvoranama i slično do 2012. godine kada je i u potpunosti postalo zabranjeno, dok većina država poput Amerike, Kanade, Švedske, Indije dozvoljavaju korištenje takvih uređaja od strane službenih osoba i nerijetko se koriste i u zatvorima.

Što se tiče Hrvatske trenutno zakon kaže da se takvi uređaji mogu uvoziti i upotrebljavati isključivo iz razloga nacionalne sigurnosti i obrane. Prethodno je sve do 2008. godine bilo dozvoljeno ometati signale, a nakon toga je ipak odlučeno da je to ilegalno.

### 3.2 SHEMA I DIJELOVI



Slika 4. Shema izrade ometača signala

Izvor: <https://electronicsprojectshub.com/make-cell-phone-signal-jammer/>

Potrebni dijelovi:

- NE555 Timer
- BF495 Tranzistor
- 2PF Keramički Kondenzator
- 4.7PF Keramički Kondenzator
- 3.3PF Keramički Kondenzator
- 47PF Keramički Kondenzator
- 30PF Varijabilni Trimmer Kondenzator
- 1uF 63V Elektrolitski Kondenzator
- 10K Otpornik
- 6.8K Otpornik
- 82K Otpornik
- 220E Otpornik
- 5.6K Otpornik
- 24 AWG Antena
- 3 Pin Prekidač
- 3mm LED (Zelena)
- 2Pin Muški Konektor
- 9V Konektor za bateriju
- 9V Baterija

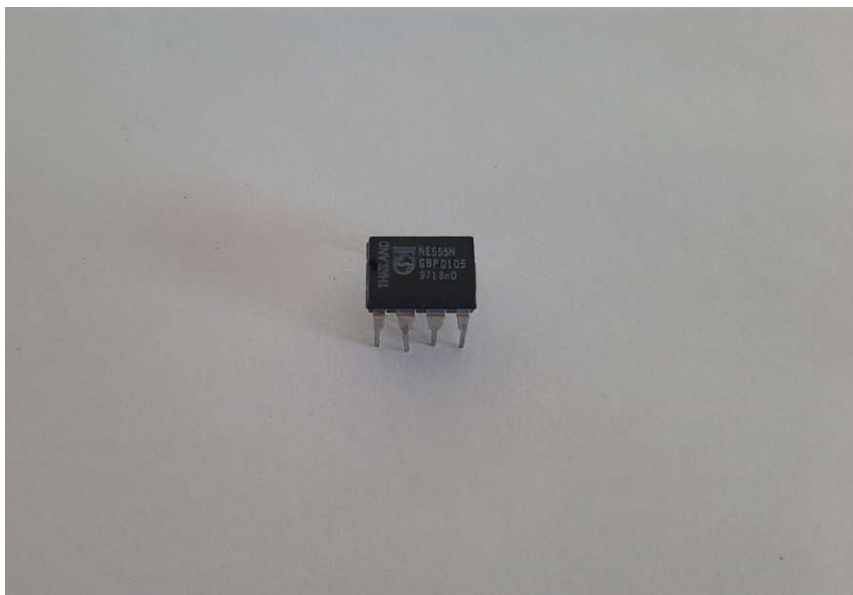
## 4. POTREBNE KOMPONENTE

### 4.1 NE555 TIMER

Shema ometača signala se sastoji od osnovnih elektroničkih elemenata kao što su otpornici, kondenzatori (keramički , elektrolitski) te jedan tranzistor. Zsigurno najzanimljiviji i mozak ovoga projekta je NE555 Timer.

Radi se o integriranom krugu (čipu) koji se koristi u raznim programima za odbrojavanje, odgodu, stvaranje impulsa i oscilacija. Komercijalizirala ga je 1972. godine tvrtka Signetics, a u 2013. godini neki izvori govore da je još uvijek u širokoj upotrebi. Brojne su tvrtke izradile i originalne bipolarne tajmere i slične CMOS tajmere male snage.

U 2017. godini procijenjeno je da se godišnje proizvede preko milijardu 555 timera i kako je "vjerojatno najpopularniji integrirani sklop ikad napravljen".



Slika 5. NE555N TIMER

Izvor: Autor



Timer NE555 ima sljedeće načine rada:

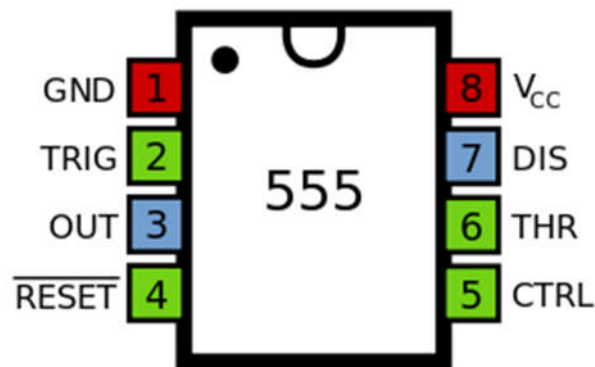
1. Astabilni (Free Running) - način rada može raditi kao elektronički oscilator. U upotrebu spadaju LED bljeskalice i žarulje, stvaranje impulsa, logički satovi, generiranje tona, sigurnosni alarmi, modulacija položaja pulsa i tako dalje. NE555 se može koristiti kao jednostavni ADC, pretvarajući analognu vrijednost u duljinu impulsa.
2. Monostabilni (One-Shot) - u ovom načinu rada NE555 djeluje kao "pojedinačni-okidač" generator impulsa. To uključuje bounce-free sklopke (sklopke bez naleta), dodirne sklopke, razdjelnike frekvencije, mjerenje kapacitivnosti, modulaciju širine impulsa (PWM) i tako dalje.
3. Bistabilni (Flip-Flop) - NE555 radi kao SR flip-flop. Upotreba uključuje bounce-free preklopne sklopke.
4. Schmitt - NE555 djeluje kao Schmittov pretvarač koji na ulazu pretvara šum u čisti digitalni izlaz.

Prikaz izvoda 8-pinskog 555 Timera izgleda ovako

PIN#	Pin Name	Pin Direction
1	GND	Power
2	TRIG	Input
3	OUT	Output
4	RESET	Input
5	CONT	Input
6	THRES	Input
7	DISCH	Output
8	Vcc	Power

Tablica 1. Pinout NE555 Timera

Izvor: Autor



Slika 6. Pinout NE555 Timera

Izvor: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf>

Ove specifikacije primjenjuju se na bipolarni NE555 timer, a mogu imati i različite specifikacije, ovisno o kvaliteti (industrijski, vojni, medicinski itd.)

Kataloški broj	NE555
IC process	bipolar
Napon napajanja (Vcc)	4.5V do 16V
Struja napajanja (Vcc = +5V)	3 mA do 6 mA
Struja napajanja (Vcc = +15V)	10 mA do 15 mA
Izlazna struja (max.)	200 mA
Maksimalna disipacija snage	600 mW
Potrošnja energije	30 mW @ 5V 225 mW @15V
Radna temperatura	0 do 70°C

Tablica 2. Specifikacije NE555 Timera

Izvor: Autor

## 4.2 PODEŠAVANJE FREKVENCije I TRIMER KONDENZATOR

Sada ćemo obratiti pažnju samo na varijabilni trimmer kondenzator koji je ujedno i druga najbitnija komponenta u ovom sklopu jer on nam određuje frekvencijsko područje rada.

Promjenjivi trimmer kondenzatori su vrste kondenzatora gdje se kapacitivnost (njegova sposobnost za pohranu električnog naboja) može lako prilagoditi.

Često se koriste u LC krugovima, to su krugovi koji imaju induktor i kondenzator, a služe za podešavanje frekvencije, na primjer za podešavanje radija.



Slika 7. 30pF varijabilni trimmer kondenzator

Izvor: Autor

Trimer kondenzatori su promjenjivi kondenzatori koji služe u svrhu početne kalibracije opreme tokom proizvodnje ili servisiranja.

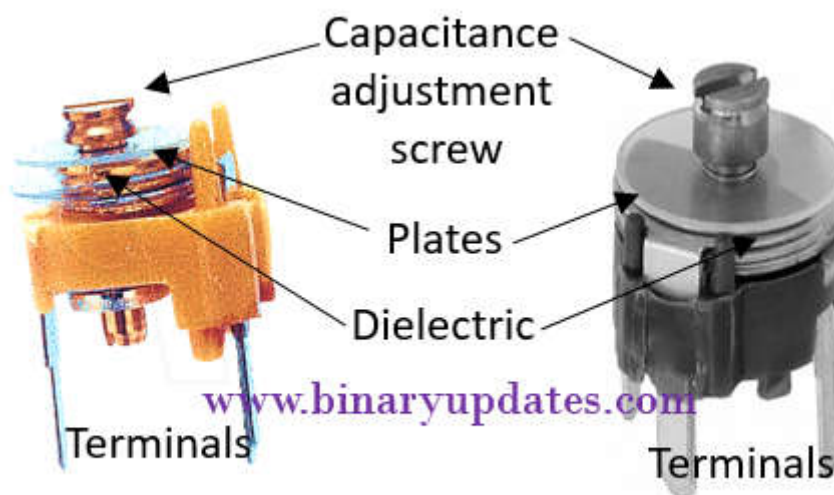
Inače nisu namijenjeni za interakciju s krajnjim korisnicima pa su stoga kondenzatori gotovo uvijek montirani izravno na PCB pločicu. Zbog svoje prirode trimmer kondenzatori su jeftiniji od promjenjivih kondenzatora pune veličine i predviđeni su za mnogo manje podešavanja.

Naponsko područje rada im je većinom do 100V. Minimalni kapacitet obično je između 0,5 pF i 10 pF, dok je najveći kapacitet obično između 1 pF i 120 pF. Kapacitet se može mijenjati između minimalne i maksimalne vrijednosti kapaciteta, ali nikada se ne može postaviti na nulu. Vrijedi isto napomenuti da trimer kondenzatori nisu polarizirani.

Točnost uglavnom ovisi o rukovatelju, potrebna je jako velika preciznost pri namještanju željene vrijednosti stoga se uzima koliko god je potrebno vremena za točno postavljanje.

Trimer kondenzatore često namještaju roboti umjesto ljudi jer mogu postići puno bolju preciznost. Da bi se postigla bolja točnost, savjetuje se upotreba nemetalnog alata jer će metalni odvijači stvoriti izvor kapacitivnosti koja će mijenjati vrijednost kapacitivnosti kada se alat odmakne od kondenzatora.

Dvije ključne vrste su zračni trimer kondenzatori i keramički trimer kondenzatori, koji imaju različite materijale kao dielektrik.



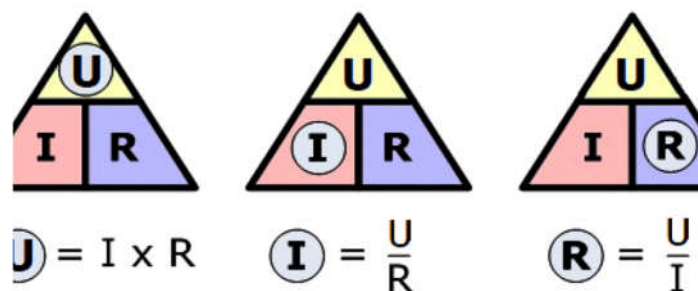
Slika 8. Izgled varijabilnog trimer kondenzatora  
Izvor: [https://www.electronics-tutorials.ws/capacitor/cap\\_2.html](https://www.electronics-tutorials.ws/capacitor/cap_2.html)

## 5. PASIVNI I AKTIVNI ELEKTRONIČKI ELEMENTI

### 5.1. UVOD U PASIVNE I AKTIVNE ELEMENTE

Elektroničke elemente prema materijalu izrade ovisno o električnoj vodljivosti možemo podijeliti na izolatore, vodiče i poluvodiče. Vodiči imaju slobodne elektrone pa dobro provode električnu struju. Događa se to da atom odbacuje valentne elektrone u međuatomski prostor i ulazi u metalnu rešetku, odnosno kao posljedica metalne veze. Izolatori nemaju slobodnih elektrona, zbog svojstva atomske veze. Vodljivost čistih poluvodiča kao što su germanij i silicij otprilike je milijun puta manja od vodljivosti vodiča, te je ona premala za ikakvu uporabu. Legiranjem ili difuzijom možemo povećati vodljivost čistih poluvodiča, te na taj način dobivamo poluvodičke materijale P i N tipa koji se koriste u svim granama elektronike.

Dok vodič nije priključen na električni izvor, njegovi se elektroni gibaju kaotično te je on neutralan. Priključivanjem na izvor, usmjerava se gibanje i kao posljedicu dobivamo električnu struju. Također, na svom putu slobodni elektroni se međusobno sudaraju, te zbog toga dolazi do pojave otpora, a i do pada napona. Radi se o pojavi sličnoj trenju, gdje da se dio električne energije pretvara u toplinsku. Odnose između jakosti struje, otpora i napona u strujnim krugovima nam to definira Ohmov zakon. Jakost struje proporcionalna je naponu, te je obrnuto proporcionalna otporu.



Slika 9. Prikaz Ohmovog zakona

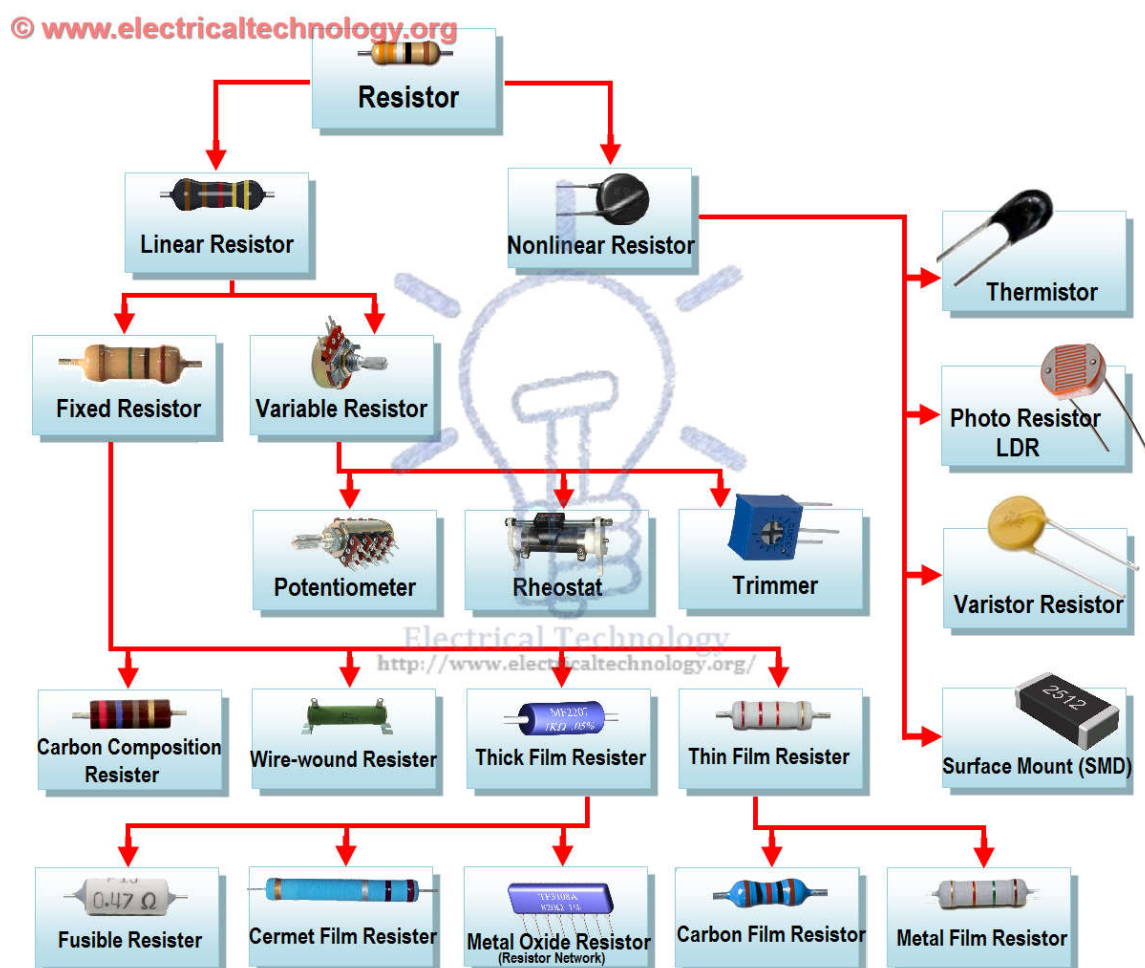
Izvor: <https://www.elektrolab.eu/blog/ohmov-zakon>

## 5.2 OTPORNICI

Otpornik je pasivna elektronička komponenta koja uslijed protjecanja el. struje pruža otpor. Svojstvo otpornika je da apsorbira dio el. energije i pretvara ju u toplinu. Otpornici su prisutni u gotovo svim elektroničkim sklopovima, služe limitiranje struje, reduciranje napona, te stvaranje odgovarajućeg strujno-naponskog odnosa. Mjerna jedinica otpora je „Ohm“, otpor od jednog Ohma nastaje kada struja jednog ampera prolazi kroz otpornik s padom napona od jednog volta preko njegovih izvoda.

Otpornike dijelimo na stalne i promjenjive (potenciometri), no postoji još izvedba kao što su polupromjenjivi otpornici (trimeri), fotootpornici, termistori, itd.

Najčešći fiksni otpornici su žičani, folijski, ugljenoslojni, metal film i film otpornici.

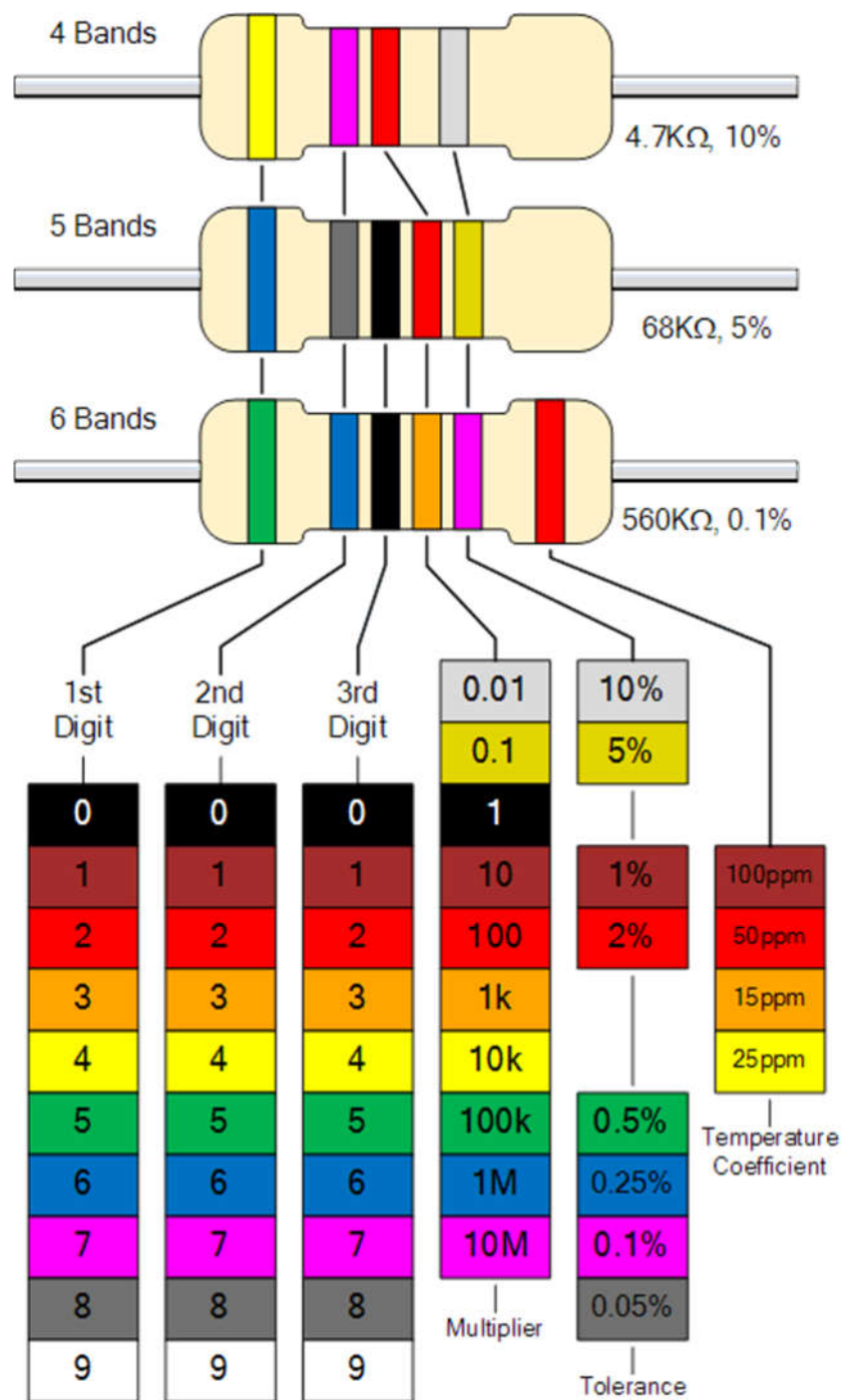


Slika 10. Vrste otpornika

Izvor: <https://www.electricaltechnology.org/2015/01/resistor-types-resistors-fixed-variable-linear-non-linear.html>

Otpornici imaju svoje određene vrijednosti, pa stoga postoje tablice iz kojih iščitavamo njihove vrijednosti.

Tablice se sve više stavljaju u drugi plan, a njihovo mjesto zauzimaju aplikacije na pametnim telefonima poput „Electrodoc“ ili „Electronics Toolkit“ gdje se vrlo lako mogu iščitati vrijednosti otpornika i druge korisne stvari.



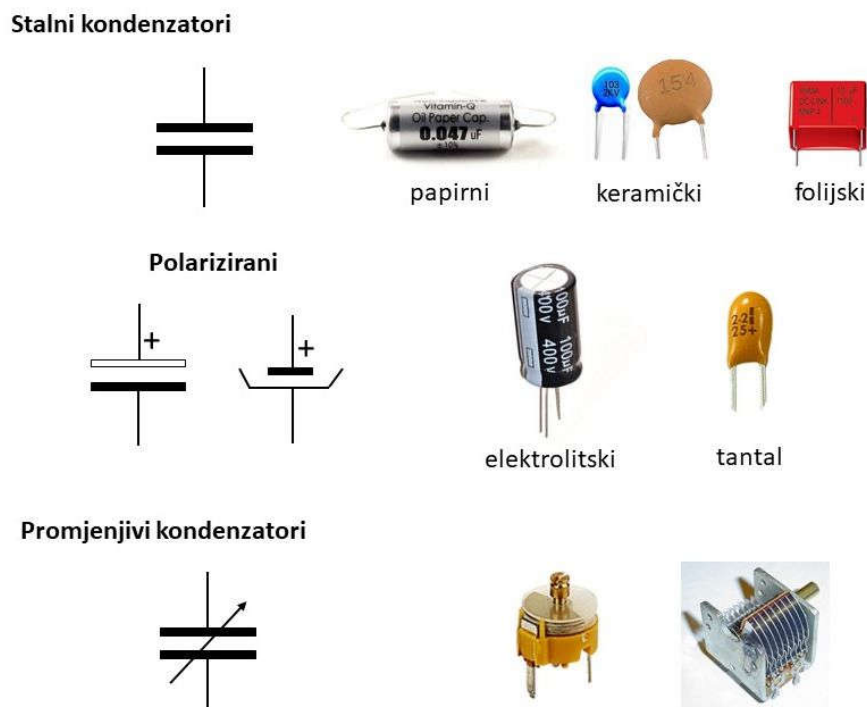
Slika 11. Očitavanje vrijednosti otpornika

Izvor: [https://www.electronics-tutorials.ws/resistor/res\\_2.html](https://www.electronics-tutorials.ws/resistor/res_2.html)

### 5.3 KONDENZATORI

Kondenzator je još jedan pasivni element koji „skladišti“ energiju električnog polja, možemo reći da se on ponaša kao spremnik statičkog elektriciteta. Kondenzator dijeli sličnosti s baterijom iako rade na potpuno različite načine. Namjena im je ista, a to je da pohranjuju električnu energiju. Kondenzator je sastavljen od dvije elektrode između kojih se nalazi izolator. Između tih elektroda javlja se el. polje zbog razdvajanja el. naboja. Kondenzatori su pored otpornika jedna od najčešćih komponenata u el. sklopovima. Koristimo ih na mjestima gdje bismo trebali ublažiti naponske oscilacije, za spremanje naboja za brzu upotrebu, za podešavanje rezonantne frekvencije, filtriranje napona itd.

Glavna sposobnost im je da pod utjecajem napona pohranjuju naboj, a to nazivamo električni kapacitet.



Slika 12. Vrste kondenzatora

Izvor: [https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/b11cdcfa-bab1-4778-b12e-14d7386bf96b/html/2529\\_Kapacitet\\_i\\_kondenzator.html](https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/b11cdcfa-bab1-4778-b12e-14d7386bf96b/html/2529_Kapacitet_i_kondenzator.html)



Kod stalnih se kapacitet ne mijenja, dok se kod promjenjivih on može mijenjati.

Podjela kondenzatora:

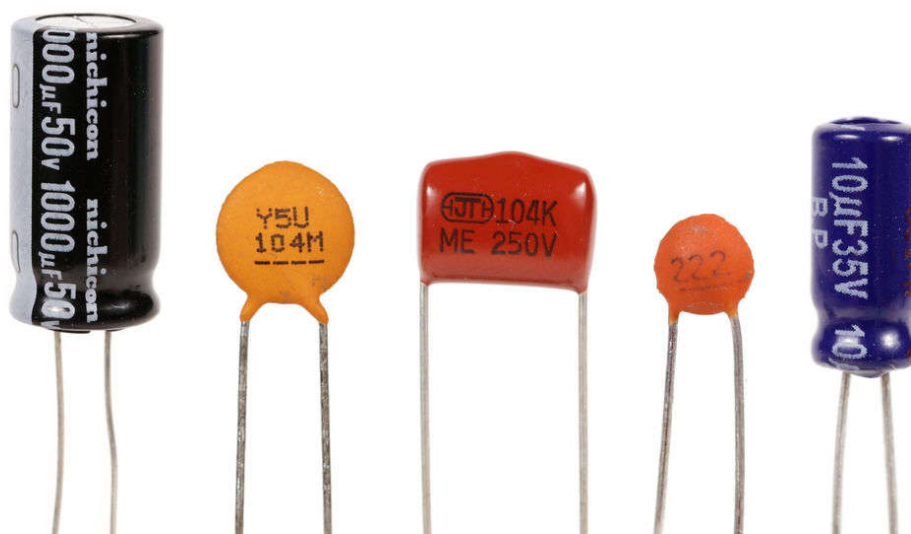
1. Stalni kondenzatori
2. Promjenjivi kondenzatori

Podjela stalnih kondenzatora:

1. Papirni
2. Keramički
3. Elektrolitski (polarizirani, bipolarni) mora se paziti pri ugradnji na polarizaciju
4. Folijski
5. Drugi

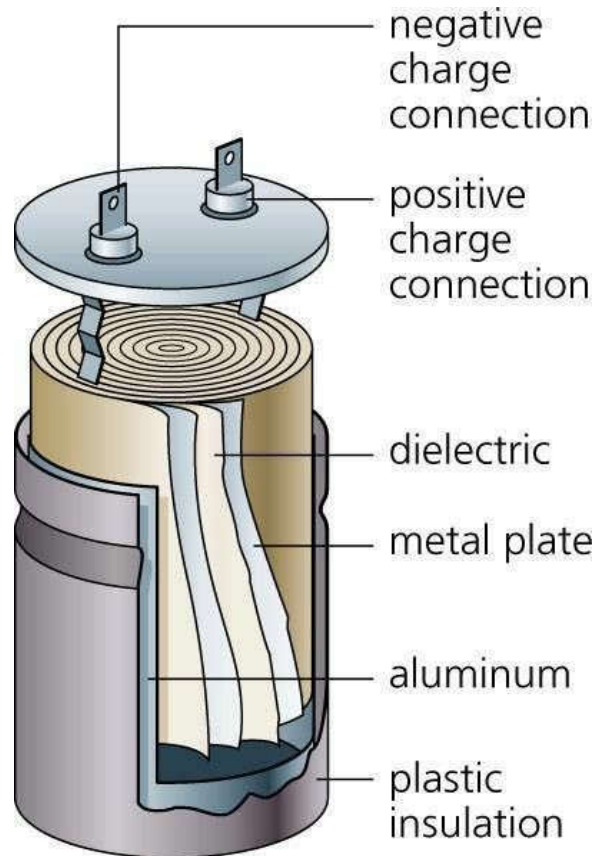
Promjenjivi kondenzator se sastoji od rotora i statora. Stator je izrađen od niza ploča, kao i rotor. Između ploča se nalazi zrak ili neki drugi izolacijski materijal. Kada pokrećemo rotor, ploče rotora ulaze između ploča statora i na taj način mijenjamo kapacitet kondenzatora. Kondenzator može imati neki maksimalni kapacitet, a isto tako i minimalni. Taj odnos između maksimalnog i minimalnog kapaciteta nazivamo koeficijentom prekrivanja ( $k$ ).

Promjenjivi kondenzatori uglavnom se izrađuju kao pločasti, te ih nazivamo zakretni pločasti kondenzatori.



Slika 13. Elektrolitski, keramički i tantal kondenzatori

Izvor: <https://www.gadgetronicx.com/capacitor-working-tutorial-applications-circuits/>



Slika 14. Unutrašnjost kondenzatora

Izvor: <https://harshasmp.wordpress.com/2018/11/19/inside-a-capacitor/>

Elektrolitski kondenzatori koriste aluminijski oksid kao izolator. Elektrolitski kondenzatori posjeduju jednu metalnu elektrodu (anodu), dok je druga papir koji je natopljen elektrolitom. Velike vrijednosti kapaciteta dobivaju se tako što izolator čini vrlo tanak sloj oksida. Prilikom ugradnje ovih kondenzatora trebamo paziti na polaritet jer je većina ovih kondenzatora polarizirana. No, postoje i nepolarizirani elektrolitski kondenzatori, ali su nešto rjeđi. Još jedna izvedba elektrolitskih kondenzatora, a to su tantal kondenzatori izrađeni od tantala.

## 5.4 TRANZISTORI

Tranzistori su aktivni poluvodički elementi s trima elektrodama koji služe za moduliranje signala, stabilizaciju napona, pojačavanje električnih signala, kao elektroničke sklopke i u mnoge druge svrhe. Razlikujemo bipolarne i unipolarne tranzistore.

Bipolarni tranzistor sastoji se od tri elektrode: baza (B), emiter (E) i kolektor (C). Baza je uvijek srednja, a emiter vanjska elektroda.

Postoje PNP i NPN tranzistori ali o kakvom god tipu tranzistora da se radi, bilo o NPN ili PNP tipu, istu funkciju obavljaju oba. Razlika je jedino u vrsti nosioca električne struje i u priključivanju vanjskog napona. Kod PNP tranzistora šupljine su glavni nosioci električne struje, dok u NPN tipu su to elektroni.

U radu bipolarnoga tranzistora sudjeluju oba tipa nosilaca. U normalnom aktivnom području rada tranzistora emiter injektira nosioce u bazu. Manji dio nosilaca gubi se (rekombinira) u uskoj bazi, čineći malu struju baze, a veći dio prolazi kroz bazu u kolektor, uzrokujući struju kolektora.

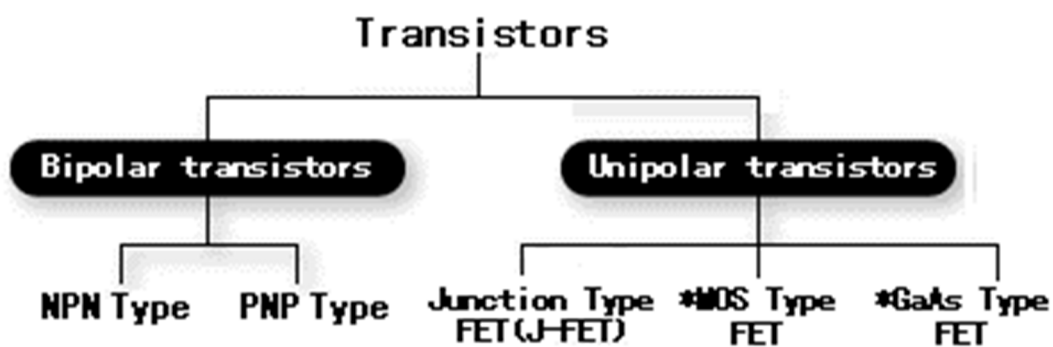
Tranzistor koji je korišten u projektu je BF495C tranzistor



Slika 15. BF495C tranzistor  
Izvor: Autor

Unipolarni tranzistor označava se kraticom FET (engl. Field Effect Transistor). FET ima tri osnovne elektrode, a to su: uvod (S), upravljačka elektroda (G), odvod (D). Unipolarni tranzistor nazivamo još i tranzistorima s efektom polja.

Postoje dva glavna konstrukcijska oblika, a to su JFET (engl. Junction Field Effect Tranzistor) kanal i upravljačka elektroda čine zaporno polarizirani PN-spoj, MOSFET (engl. Metal Oxide Semiconductor Field Effect Tranzistor) metalna ili polisilicijska upravljačka elektroda izolirana je od kanala tankim slojem silicijeva dioksida ( $\text{SiO}_2$ ).



Slika 16. Podjela tranzistora

Izvor: <https://www.rohm.com/electronics-basics/transistors/outline-of-transistors>

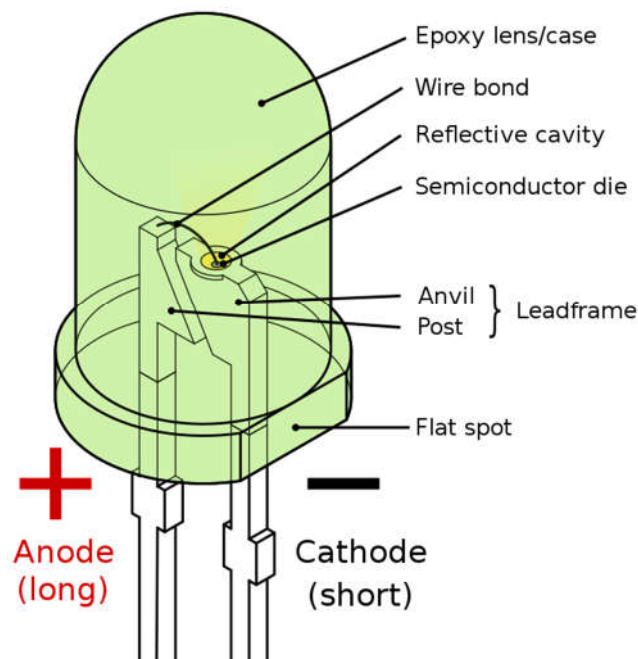
## 5.5 LED DIODE

LED diode su vrsta poluvodiča koji se naziva „dioda koja emitira svjetlost“, na engl. „Light Emitting Diode“. Naime to je dioda koja emitira svjetlost kad kroz nju teče struja. Diode su također aktivni elektronički elementi.

LED diode pojavljuju se 1962. godine, a najranije LED diode su se koristile za emitiranje infracrvenog (IR) svjetla niskog intenziteta.

Opće je poznato da se IR diode široko koriste za daljinsko upravljanje u raznovrsnoj potrošačkoj elektronici. Prve LED diode bile su slabog intenziteta i ograničene na crvenu boju.

Današnje LED diode dostupne su u ultraljubičastim (UV) i infracrvenim valnim duljinama, s velikom svjetlosnom snagom.



Slika 17. Unutrašnjost LED diode

Izvor: <http://www.facstaff.bucknell.edu/mastascu/elessonshtml/Diodes/Diode3.html>

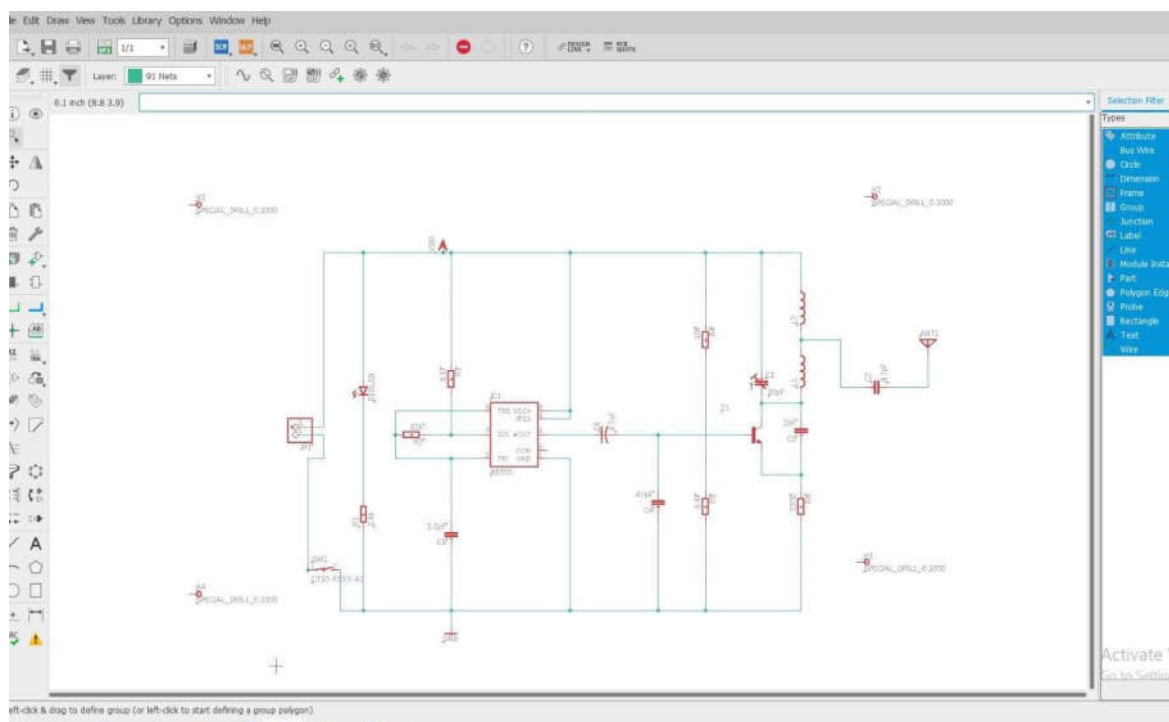
## 6. PROGRAM EAGLE

EAGLE je software za elektronički dizajn koji omogućuje dizajniranje PCB pločica i jednostavno povezivanje shematskih dijagrama. Program je vrlo jednostavan za korištenje, osnovna verzija programa je besplatna što me i navelo na korištenje ovog programa. Program ima bogatu bazu komponenata koji su detaljno i slikovito opisani.

### 6.1 IZRADA SCHEME U EAGLE-U

Crtanje sheme u Eaglu počinje otvaranjem praznog lista pod „New Project“. Najjednostavniji početak je dodati sve potrebne komponente odjednom funkcijom „Add part“ te onda početi slagati komponente proizvoljno. Važno je prethodno naručiti sve komponente, pa tek onda raditi shemu zbog dimenzija i veličine komponenata, a to nam sve nudi program u svojem odjeljku „Library“.

Nakon dodavanja svih komponenata dodjeljujemo ime i vrijednost, poziciju, pa čak i opis svakoj od njih.

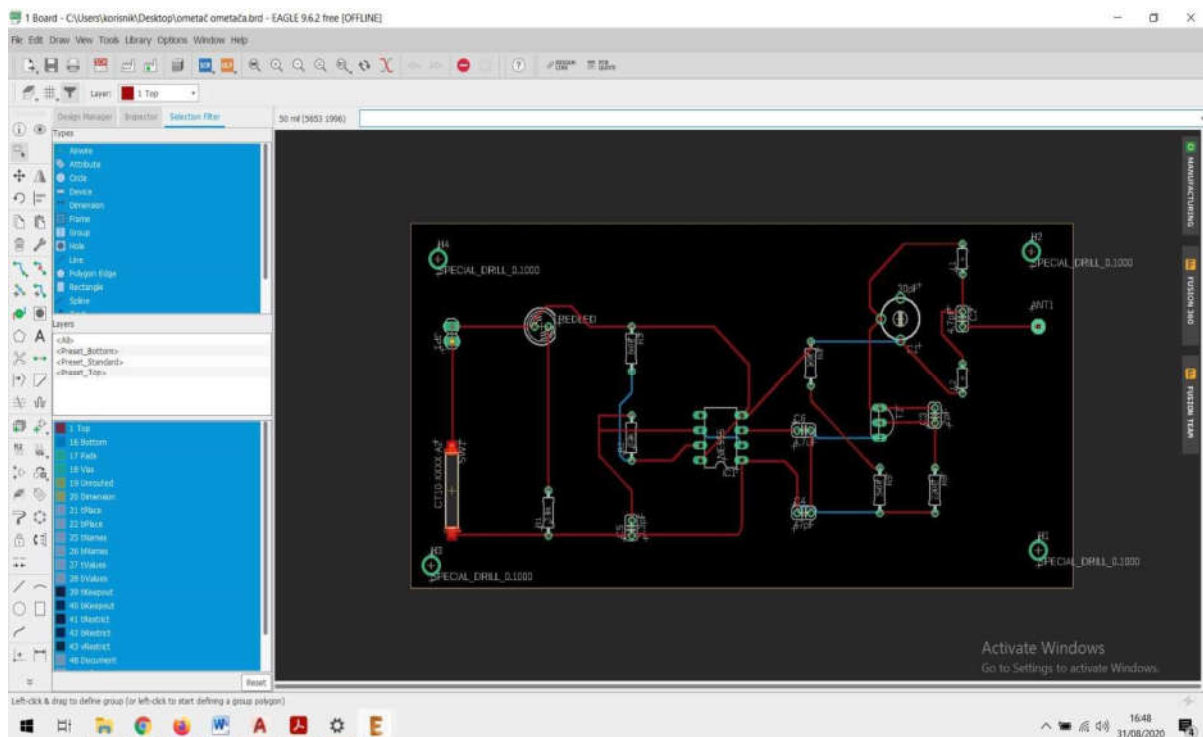


Slika 18. Shematski prikaz u Eaglu  
Izvor: Autor

Komponente sam proizvoljno slagao i ciljao da izgleda što kompaktnije i urednije, na kraju je najbolja solucija ispala izraditi pločicu u dva sloja zbog urednosti, komponente se spajaju opcijom „Draw line“, a nakon toga sam koristio opciju „Autorouter“ koja mi je dosta olakšala cijeli proces jer posloži i poveže automatski sve vodove nego kada to radimo ručno.

Nakon slaganja sheme možemo ju prebacivati iz „Schematic“ prikaza u „Board“ prikaz.

Kada sam dobio željeni oblik i izgled vodova na tiskanoj pločici, odabrao sam slojeve za izradu i izveo ih u „Gerber file“, a to je oblik datoteke koju prepoznaje CNC stroj. U izborniku odaberemo funkciju „CAM Processor“ te u ponuđenom dijaloškom okviru odaberemo „Gerber file“ i dovršimo izvoz datoteke koja ide na izradu pritiskom na opciju „Process Job“.



Slika 19. Shema u Eagleu Board prikaz  
Izvor: Autor

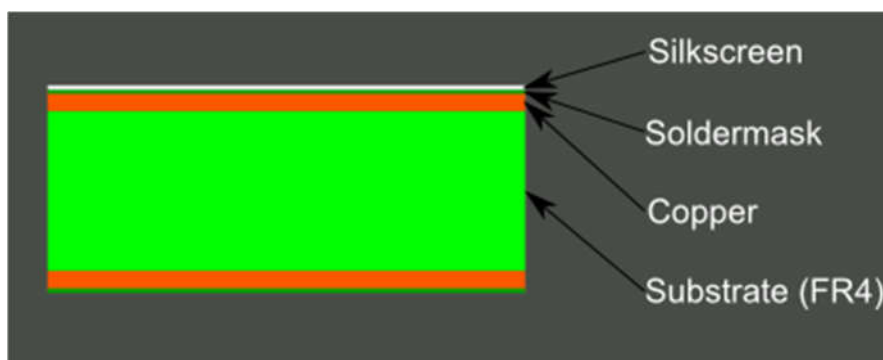
## 7. PCB PLOČICA

### 7.1 UVOD U PCB PLOČICE

Kako se elektronika razvijala od vakuumskih cijevi i releja u silicij i integrirane sklopove, veličina i cijena elektroničkih komponenata počeli su se smanjivati. Elektronika je postala sve zastupljenija u širokoj potrošnji, a pritisak na smanjenje veličine i proizvodnih troškova elektroničkih proizvoda natjerao je proizvođače da traže bolja rješenja. Tako je nastao PCB.

PCB je kratica za „tiskanu pločicu“, na engl. „Printed Circuit Board“. To je pločica koja ima „linije“ i „jastučice“ koji povezuju različite točke međusobno.

Tiskane pločice možemo slikovito zamisliti kao slojevite torte ili lasanje zato što postoje slojevi različitih materijala koji su spojeni toplinskim putem ili ljepilom tako da se dobije jedna cjelina.



Slika 20. slojevi PCB tiskane pločice

Izvor: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pcb-basics/all>

Prvi i osnovni materijal su obično staklasta vlakna (engl. Fiberglass). Najčešći naziv za ovaj sloj staklastih vlakana je „FR4“. Ova čvrsta jezgra daje PCB-u krutost i debljinu. Postoje i fleksibilni PCB-ovi izrađeni od fleksibilne visoko temperaturne plastike.

Postoji još jeftinija opcija umjesto „FR4“ pri izradi PCB pločice. To uključuje izradu od drugih materijala poput epoksida ili fenola kojima nedostaje trajnost koju FR4 ima, ali su puno jeftiniji. Pri lemljenju se da lako razaznati ako se radi s ovom vrstom PCB-a jer oni imaju vrlo prepoznatljiv loš miris. Ove se vrste supstrata obično nalaze u potrošačkoj



elektronici.

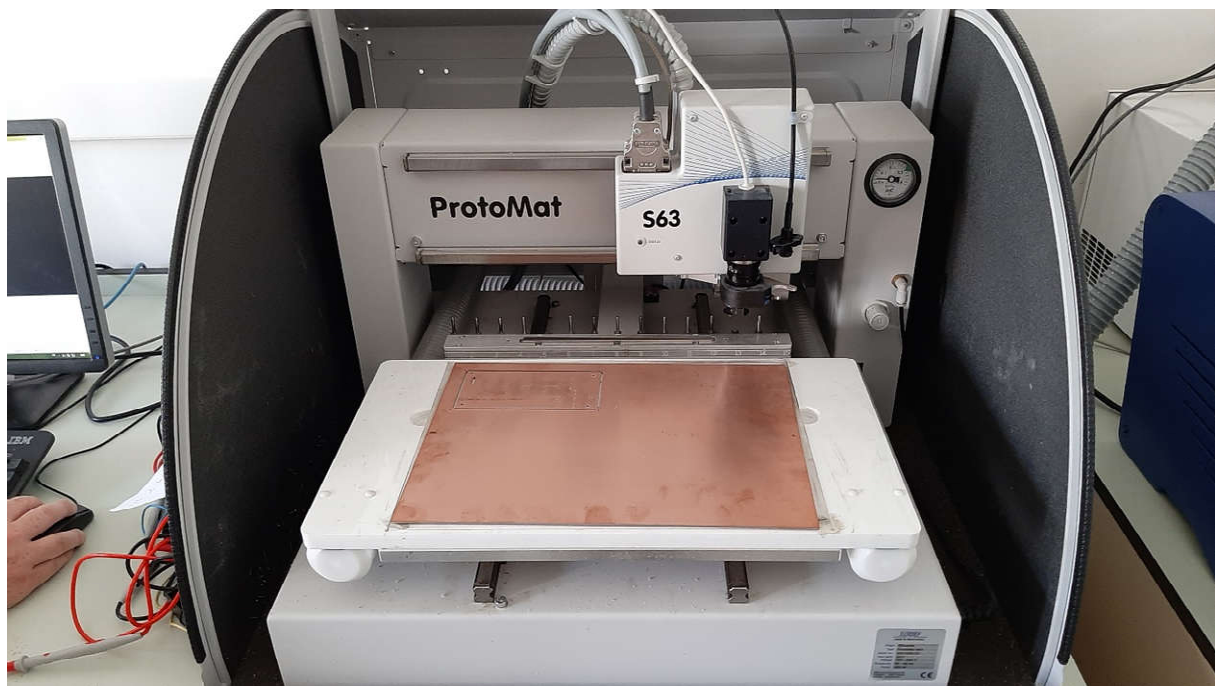
Fenoli imaju nisku granicu temperaturnog toplinskog raspadanja zbog čega se „raslojavaju“, dime i poprimaju crnu čađu kada se vrh lemilice predugo drži na pločici.

## 7.2 IZRADA PCB PLOČICE

Nakon Izrade sheme u programu Eagle i izvoza potrebnih datoteka na računalo koje je povezano na CNC stroj ProtoMat S63. Pokrećemo software CircuitPro i uz pomoć mentora namještamo sve postavke i potrebne alate za obradu.

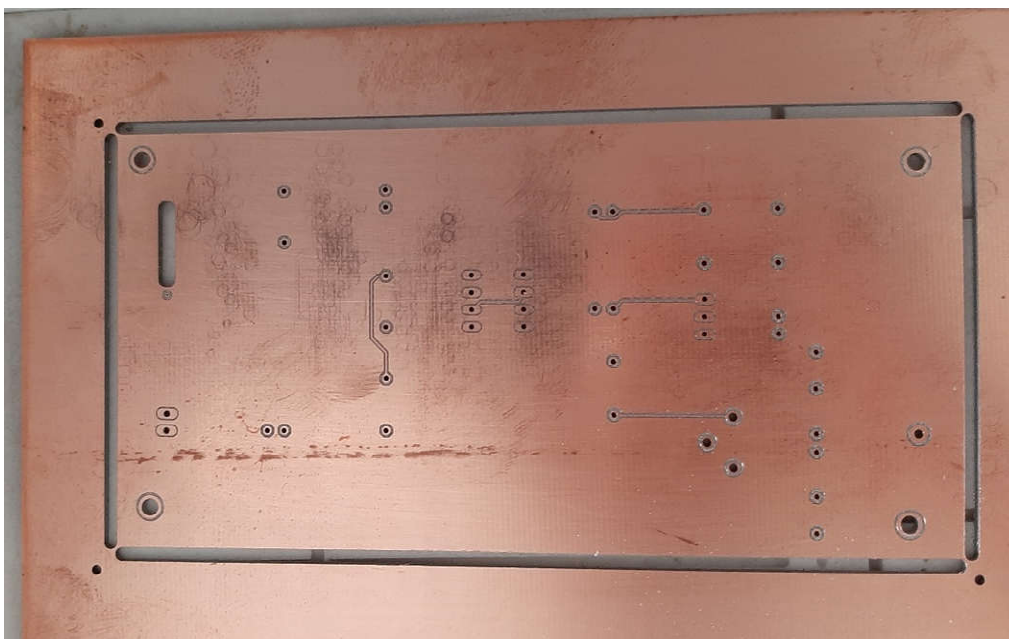
Bitno je učvrstiti pločicu za postolje da ne bi došlo do pomicanja tijekom obrade. Sljedeći korak bio je postavljanje još nekakvih parametara u pozicioniranju u odnosu na pločicu, podešavanje osi i ostalo, mentor je tu odigrao važnu ulogu jer je ovo bilo prvo iskustvo s programom i strojem.

Nakon što smo sve postavili, čekali smo dok stroj odradi posao.



Slika 21. Izrada PCB pomoću ProtoMatS63  
Izvor: Autor

Izrađena pločica ima tanki bakreni film koji se na ploču nanosi toplinom ili ljepilom, dok u ovom slučaju imamo već gotove bakrene ploče koje se sastoje od izolacijskog materijala presvučenim slojem bakra s obje strane. Ako imamo slučaj s dva sloja bakrenog filma na PCB-u, bakar se nanosi na gornju i donju podlogu što je zapravo i korišteno u ovom projektu radi boljeg rasporeda elemenata i općenito urednosti. Jeftiniji elektronički uređaji imaju bakar samo na jednoj strani. Broj slojeva se kreće od 1 sloj pa do čak 16 ili više slojeva, primjer toga su matične ploče na računalima.

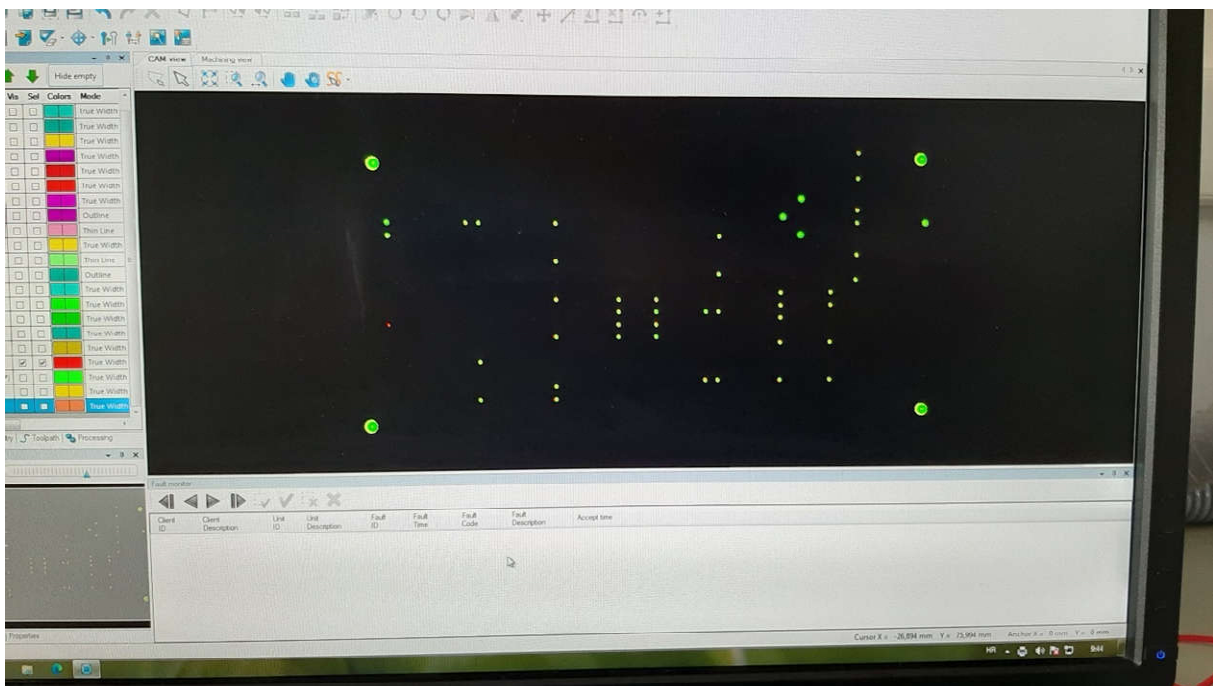


Slika 22. PCB s bakrenim slojem

Izvor: Autor

Sljedeći korak u izradi PCB pločice je nanošenje paste (maske) za zaštitu laka (engl. Solder Mask) ona je tanki sloj polimera koja se nanosi na bakreni sloj, takva maska nam služi kako bi spriječila oksidaciju bakra i da se pri lemljenju nožice komponenata ili lem prespoje s ostatkom pločice ili bilo kakav dodir nekakvog metalnog predmeta sa slojem bakra.

Pasta za zaštitu nanosi se na gotovo cijelu pločicu s jedne i druge strane, jedina mjesta koja se ne prekrivaju su lemne točke, masku možemo smatrati izolatorom između lemnih točaka i ostatka bakra na pločici. Lemne točke ne smiju ostati prekrivene maskom, stoga učitavamo lemne točke preko računalnog software-a Circuit Pro i printamo ih na prozirnom papiru i tako stavljamo pod UV-svjetlo kada smo već nanijeli masku.



Slika 23. Lemne točke

Izvor: Autor

Pasta za zaštitu ne mora biti nužno zelene boje, ali je zelena najčešća, druga najčešća je crvena boja, u ovom slučaju je korištena zelena koja se dobiva miješanjem dvije komponente, kada se pomiješaju te dvije komponente maska se nanosi valjkom na bakreni sloj



Slika 24. Nanošenje lemne maske  
Izvor: Autor

Nakon nanošenja maske, pločicu stavljamo u pećnicu „ProtoFlow S“ na vrijeme od 10 minuta pri temperaturi od 80°C da maska otvrdne.

ProtoFlow S je vrlo jednostavan za korištenje s jednostavnim programiranjem i mnogim unaprijed definiranim temperaturnim profilima.

Koristimo ju tako da pritiskom na tipku na pećnici izvlači se ladica na koju stavljamo pločicu, ladica se može namještati ovisno o veličini tako da pločica većih i manjih dimenzija stane. Pećnica ima i svjetlo tako da se sve može nadgledati kroz prozorčić. Na LCD ekranu na pećnici isto tako možemo pratiti proces.



Slika 25. „ProtoFlow S“ pećnica  
Izvor: Autor



Slika 26. Pogled kroz prozorčić pećnice  
Izvor: Autor

Nakon što se pločica ohladila, sljedeći korak je UV postupak ili foto-postupak. Ovim postupkom otiskujemo određena mjesta na PCB pločici, odnosno lemne točke koje su potrebne za lemljenje komponenata na pločicu. Prethodno smo pomoću programa definirali lemne točke i s printerom ih isprintali na prozirni list. Prozirni list sa točkama služio nam je da prekrije ta mjesta gdje su lemne točke. Prvo smo stavili pločicu te na istu naš prozirni papir koji smo morali točno pozicionirati sa pločicom. Kada smo to napravili, spustili smo poklopac i pritisnuli tipku START za početak procesa. Cijeli proces je trajao svega 30 sekundi, a isto to smo napravili i za drugu stranu pločice jer je dvoslojna.



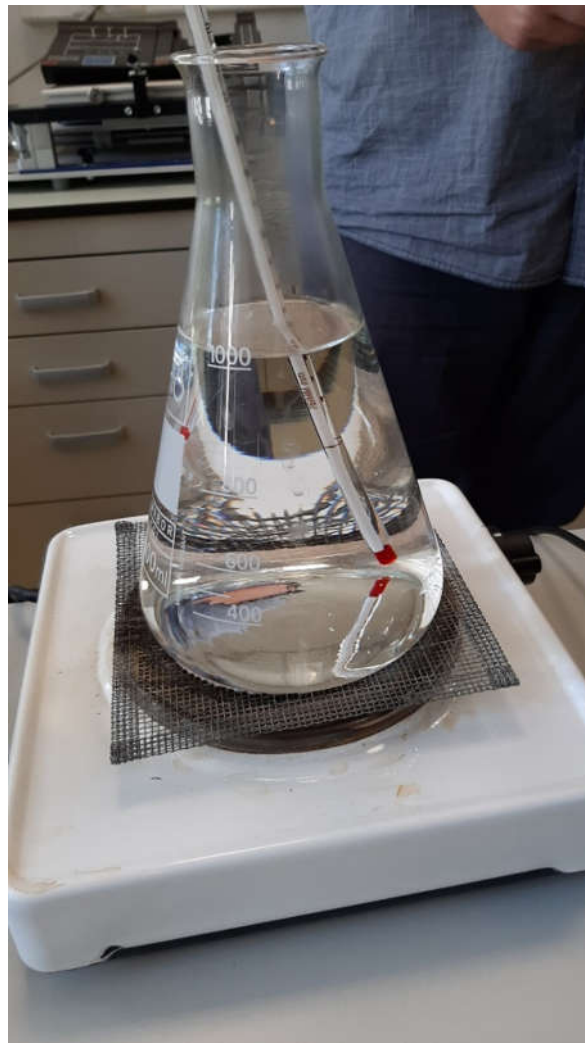
Slika 27. UV lampa

Izvor: Autor



Nakon što smo izvadili pločicu iz UV lampe, uronili smo ju u zagrijanu vodu na  $50^{\circ}\text{C}$  koja je bila pomiješana s natrijevim hidroksidom.

Pomoću četkice lagano smo prešli po pločici i tako uklanjao zaštitnu masku koja je prekrila lemne točke, zato smo prethodno pločicu stavili ispod UV lampe da se ne skine zaštitna maska posve nego samo ona mjesta gdje će se lemiti komponente. Pločicu smo kasnije isprali u hladnoj vodi i time dobili čiste lemne točke potrebne za lemljenje komponenata.



Slika 28. Voda pomiješana s natrijevim hidroksidom

Izvor: Autor

Poslije je pločica ponovno išla u pećnicu na  $30\text{min}/160^{\circ}\text{C}$  radi završne obrade gdje se sve u potpunosti stvrdnulo. To je ujedno bio i zadnji korak u izradi PCB pločice.

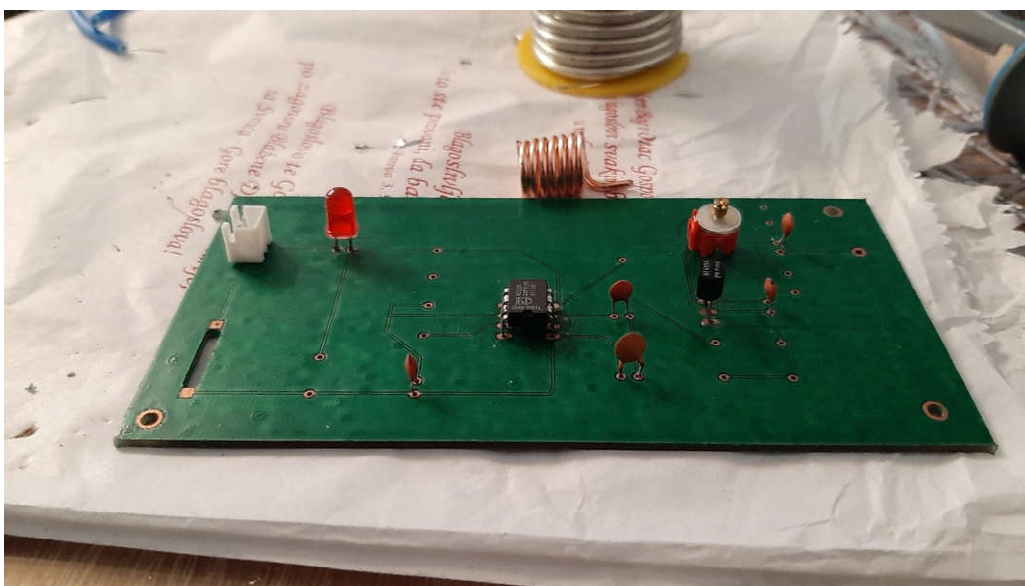
## 8. LEMLJENJE

Lemljenje je postupak kojim pomoću rastaljenog lema povezujemo metalne materijale.

Talište lema naravno mora biti manje od metala koje se povezuje jer svrha lemljenja je povezati elektroničke komponente na tiskanu PCB pločicu, te osigurati njihovu električnu vodljivost. Da bismo ispravno mogli lemiti od alata su nam potrebni lemilica, lemna žica i pasta za lemljenje. Sam postupak lemljenja se izvodi tako da se lemilica zagrije na dovoljno visoku temperaturu na kojoj može rastaliti žicu za lemljenje, te tim rastaljenim lemom povezujemo metale. Lemnu pastu koristim tako da ju s lemlicom nanesimo na lemno mjesto u vrlo maloj količini kako bi se lem što bolje uhvatio iako drugi preferiraju korištenje i nanošenje paste na nekakve druge načine.

Lemilica s podesivom temperaturom je poželjna, ali ne nužno potrebna. Kod lemljenja komponenata korištena je obična lemilica bez podesive temperature. Prije lemljenja potrebno je dobro očistiti lemno mjesto, često se to radi tako da se finim brusnim papirom obrusi to mjesto.

Aktivne elektroničke elemente potrebno je lemiti sa smanjenom temperaturom dok pasivne smijemo s višom. Veliku ulogu naravno ima lem, odnosno materijali koje sadrži u sebi. Najpoželjniji je onaj s visokim postotkom srebra oko 90% uz nešto malo cinka, a izbjegavati lem koji sadrži puno olova jer sam tokom lemljenja upravo taj koristio i pokazao se jako lošim.

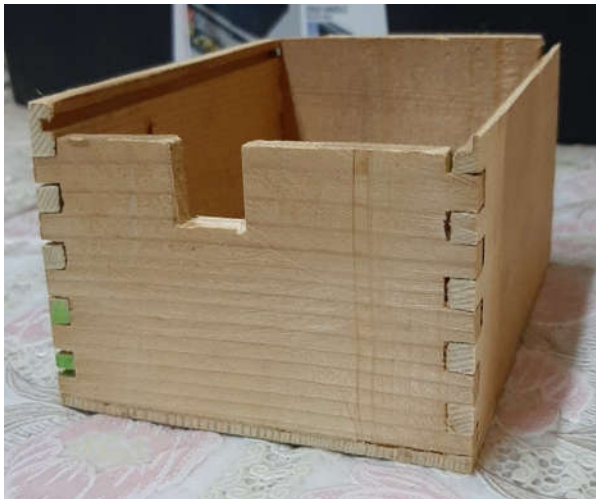


Slika 29. Lemljenje komponenata  
Izvor: Autor



## 9. DRVENO KUĆIŠTE

Kućište za ovaj projekt sam odlučio napraviti od drva, zato što je drvo jednostavno za oblikovati, pri izradi su korišteni alati : pila, brusilica, turpija, stolarski metar, brusni papir i ostali alati za pridržavanje, obradu i lijepljenje. Nakon izrezivanja komada drva, prvo po redu je bilo spajanje i sklapanje, stranice kućišta su tako izrađene da se sklapaju bez da se lijepe, nakon sklapanja korišten je „Akrilin“, a to je vezivo koje popunjava neravnine i rupe, kod mjesta sklapanja pojavili su se mali otvori i rupe zbog odstupanja u preciznosti. Nakon nanošenja Akrilina i poslije kada se osušio te površine su izbrušene finim brusnim papirom oznaka finoće 600. Završni radovi na kućištu su bili lijepljenje rubova iznutra s tekućim ljepljivom za drvo, pravljenje otvora na poklopcu s prozornom plastikom i bojanje kućišta.



Slika 30. Sklapanje kućišta



Slika 31. Kućište s kliznim poklopcem



Slika 32. Korišteni alati

Izvor: Autor

## 10. ZAKLJUČAK

Cilj ovog završnog rada bio je izraditi ometač signala koji u ovom slučaju ometa mobilne signale. Bit ovog rada nije bila izraditi ometač signala primarno zbog svoje funkcije i da bi se koristio negdje nego pokazati kako jedna ideja koju sam usput ugledao na internetu može biti realizirana uz nešto truda i angažiranosti, ujedno je ovo bio izazov u kojem sam pokazao vještine i stečeno znanje tokom ovih godina studiranja. Također sam se tokom izrade susreo s novim elektroničkim komponentama, tehnologijama i programima kao što su LPKF tehnologija izrade PCB pločica i Eagle software za kreiranje sheme za pločicu s tiskanim vodičima te komponente kao NE555 Timer.

Korištenje komponenti po prvi puta kao što su NE555 Timer ili varijabilni kondenzator povlače za sobom istraživanje i učenje o tim komponentama prije nego krenemo u rad s njima što smatram korisnim jer ovakvo iskustvo obogaćuje znanje jednog budućeg inženjera.

Program Eagle sam u kratkom vremenu savladao i naučio kako je taj korak u izradi pločice najbitniji jer se pri izradi sheme maksimalno mora paziti pošto je to podloga u daljnjem radu i ne možemo si dopustiti greške.

CNC stoj koji je bio dostupan za izradu pločice na fakultetu je bitno olakšao cijeli proces što se tiče praktičnosti i brzine izrade jer sam naučio da se pločice mogu i ručno izrađivati.

Lemljenje mi je od prije poznat postupak spajanja, ali ovaj projekt je zahtijevao dosta strpljenja i pažnje zato što se radi o sitnim komponentama, jedina mana je što nisam koristio lemlicu s podesivom temperaturom jer sam naučio da aktivne komponente zahtijevaju manje temperature lemljenja nego pasivne komponente.

Izradom kućišta sam pokazao vještine rukovanja alatom za obradu materijala i koristio praktičnu ideju sklapanja kućišta bez previše lijepljenja.

Frekvencijski ometač signala je rezultat uloženog truda i stečenog znanja, a pokazatelj da ideja ne mora uvijek biti samo na papiru.

## 11. POPIS LITERATURE

- [1] <https://electronicsprojectshub.com/make-cell-phone-signal-jammer/>
- [2] <https://www.semanticscholar.org/paper/Fourth-Generation-Wireless-Systems%3A-Requirements-Bose/95d1a3718e216f750be9349d2942b9855b2399bb>
- [3] <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne555.pdf>
- [4] [https://www.electronics-tutorials.ws/capacitor/cap\\_2.html](https://www.electronics-tutorials.ws/capacitor/cap_2.html)
- [5] <https://www.elektrolab.eu/blog/ohmov-zakon>
- [6] <https://www.electricaltechnology.org/2015/01/resistor-types-resistors-fixed-variable-linear-non-linear.html>
- [7] [https://www.electronics-tutorials.ws/resistor/res\\_2.html](https://www.electronics-tutorials.ws/resistor/res_2.html)
- [8] [https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/b11cdcfa-bab1-4778-b12e-14d7386bf96b/html/2529\\_Kapacitet\\_i\\_kondenzator.html](https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/b11cdcfa-bab1-4778-b12e-14d7386bf96b/html/2529_Kapacitet_i_kondenzator.html)
- [9] <https://www.gadgetronicx.com/capacitor-working-tutorial-applications-circuits/>
- [10] <https://harshasnmp.wordpress.com/2018/11/19/inside-a-capacitor/>
- [11] <https://www.rohm.com/electronics-basics/transistors/outline-of-transistors>
- [12] <http://www.facstaff.bucknell.edu/mastascu/elessonshtml/Diodes/Diode3.html>
- [13] <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pcb-basics/all>
- [14] <https://whatis.techtarget.com/definition/transistor>
- [15] <https://www.petvolta.com/komponente/otpornici-vrste-otpornika/>
- [16] <https://www.logolynx.com/topic/eagle+cad>
- [17] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Meko\\_lemljenje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Meko_lemljenje)
- [18] <https://www.electrical4u.com/diode-working-principle-and-types-of-diode/>
- [19] <https://www.lpkf.com/en/>
- [20] <http://langster1980.blogspot.com/2012/10/how-do-you-use-pnp-transistors.html>