

# Razvoj 16x16x16 RGB LED kocke s integriranim LCD zaslonom

---

**Bušić, Danijel**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:460890>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-26**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U  
OSIJEKU FAKULTET ELEKTROTEHNIKE,  
RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA  
OSIJEK**

**Stručni studij automatika**

**Razvoj 16x16x16 RGB LED kocke s integriranim  
LCD zaslonom**

**Završni rad**

**Danijel Bušić**

**Osijek, 2024.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1S: Obrazac za ocjenu završnog rada na stručnom prijediplomskom studiju****Ocjena završnog rada na stručnom prijediplomskom studiju**

<b>Ime i prezime pristupnika:</b>	Danijel Bušić
<b>Studij, smjer:</b>	Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer Automatika
<b>Mat. br. pristupnika, god.</b>	A4698, 27.07.2021.
<b>JMBAG:</b>	0165089324
<b>Mentor:</b>	prof. dr. sc. Drago Žagar
<b>Sumentor:</b>	Josip Spišić, univ. mag. ing. comp.
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	prof. dr. sc. Krešimir Grgić
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	prof. dr. sc. Drago Žagar
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	izv. prof. dr. sc. Višnja Križanović
<b>Naslov završnog rada:</b>	%naziv_rada%
<b>Znanstvena grana završnog rada:</b>	<b>Automatizacija i robotika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak završnog rada:</b>	Sumentor: Josip Spišić, mag.ing.comp. Ova tema predstavlja tehničke aspekte izrade inovativne 16x16x16 RGB LED kocke, koja uključuje LCD zaslon za kontrolu i prikaz. Tema obuhvaća dizajn, izradu i montažu, s naglaskom na kreativne i tehničke izazove ovog projekta koristeći ESP32 kao upravljačku jedinicu i 3D modeliranje i printanje kućišta.
<b>Datum ocjene pismenog dijela završnog rada od strane mentora:</b>	11.09.2024.
<b>Ocjena pismenog dijela završnog rada od strane mentora:</b>	Izvrstan (5)
<b>Datum obrane završnog rada:</b>	13.9.2024.
<b>Ocjena usmenog dijela završnog rada (obrane):</b>	Izvrstan (5)
<b>Ukupna ocjena završnog rada:</b>	Izvrstan (5)
<b>Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije završnog rada čime je pristupnik završio stručni prijediplomski studij:</b>	13.09.2024.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****IZJAVA O IZVORNOSTI RADA**

Osijek, 13.09.2024.

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Danijel Bušić
<b>Studij:</b>	Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer Automatika
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	A4698, 27.07.2021.
<b>Turnitin podudaranje [%]:</b>	6

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Razvoj 16x16x16 RGB LED kocke s integriranim LCD zaslonom**

izrađen pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Drago Žagar

i sumentora Josip Spišić, univ. mag. ing. comp.

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis pristupnika:

# Sadržaj

1. Uvod .....	2
1.1 Zadatak završnog rada .....	3
2. TEORIJSKI OKVIR .....	4
2.1 LED tehnologija .....	4
2.2 Princip rada RGB LED kocke .....	5
2.3 LCD tehnologija .....	6
2.4 3D printanje .....	7
2.5 Primjene RGB LED kocke s integriranim LCD zaslonom .....	8
2.6 WS2812 LED DIODE .....	9
2.7 ESP32 microcontroler .....	10
3. DIZAJN I PLANIRANJE .....	11
3.1 Okvir .....	11
3.2 Napajanje .....	13
3.3 Kutija za PCB .....	14
3.4 PBC ploča .....	15
3.5 Tračnice .....	16
3.6 Kopča .....	17
4. IZRADA HARDWERA .....	18
4.1 Okvir .....	18
4.2 Napajanje .....	21
4.3 Kutija za PCB .....	23
4.4 PCB .....	24
4.4 Priprema LED dioda .....	26
4.5 Tračnice .....	28
4.6 Kopče .....	30
4.7 Konektor XT60 .....	31
4.7 Tiskana pločica .....	32
4.8 Sastavljanje komponenti .....	34
5. ZAKLJUČAK .....	39
6. LITERATURA .....	40
SAŽETAK .....	41
ABSTRACT .....	41

## 1. Uvod

Napredak tehnologije u današnje vrijeme omogućava sve sofisticiranije načine prikaza informacija i kreiranja vizualnih efekata. Među inovacijama koje privlače pažnju, ističu se RGB LED kocke, koje predstavljaju trodimenzionalne matrice dioda sposobnih za emitiranje svjetla u različitim bojama. Izrada RGB LED kocke dimenzija 16x16x16 s integriranim LCD zaslonom smatra se tehnički inovativnim projektom koji kombinira najnovija dostignuća u elektronici, programiranju i 3D modeliranju. U ovom radu, fokus stavlja na razvoj i kontrolu kocke sastavljene od 4096 individualno adresabilnih LED dioda modela WS2812.

Konstrukcija kocke realizira se pomoću 3D printanog kućišta, čime se omogućava precizno pozicioniranje i stabilnost svake diode. Kontrola kocke izvršena je pomoću ESP32 mikrokontrolera, dok je za obradu podataka zadužen Teensy 4.1 procesor. Integracija LCD zaslona dodatno poboljšava funkcionalnost i omogućuje interaktivniji i vizualno privlačniji prikaz informacija. Kocke su sastavljene od matrica svjetlećih dioda (eng. LED) raspoređenih u tri dimenzije, što omogućava stvaranje trodimenzionalnih svjetlosnih efekata.

Svaka LED dioda u kocki može emitirati crvenu, zelenu ili plavu boju (eng. RGB), a kombiniranjem ovih osnovnih boja moguće je prikazati širok spektar boja. Integracija LCD zaslona dodatno povećava složenost i funkcionalnost projekta, omogućujući prikaz dodatnih informacija i olakšano upravljanje sustavom. LCD zaslon može se koristiti za prikaz tekstualnih podataka, grafike ili interaktivnih elemenata koji omogućuju kontrolu nad prikazanim sadržajem na LED kocki.

RGB LED kocka nudi visoko atraktivne svjetlosne efekte koji mogu biti korišteni u umjetničkim instalacijama, dekoracijama ili kao demonstracija tehnoloških mogućnosti. Cilj rada je izrada potpuno funkcionalne RGB LED kocke dimenzija 16x16x16, s mogućnošću individualne kontrole svake LED diode te implementacija raznovrsnih svjetlosnih efekata. Integracija LCD zaslona dodatno omogućava prikaz informacija i interakciju s korisnikom na vizualno privlačan način.

Za postizanje cilja, definirani su konkretni zadaci koji uključuju dizajn i 3D printanje kućišta, sklapanje LED kocke, programiranje mikrokontrolera i procesora, te testiranje i optimizaciju

sustava. U prvoj fazi, precizno kućište će se dizajnirati i isprintati, omogućavajući pravilno postavljanje svih 4096 LED dioda. Nakon toga slijedi sklapanje kocke, gdje će se pažljivo povezati sve diode u pravilnu strukturu i osigurati ispravan električni spoj. Sljedeći korak bit će programiranje ESP32 mikrokontrolera i Teensy 4.1 procesora za kontrolu LED dioda i kreiranje raznovrsnih svjetlosnih efekata. Završna faza uključuje opsežno testiranje i optimizaciju kako bi se osigurala pouzdanost i ispravnost kocke.

Teorijski okvir pruža dublje razumijevanje konteksta istraživanja. U ovom dijelu proučena je postojeća literatura i istraživanja vezana uz temu rada. Teorijski okvir služi kao osnova na kojoj se gradi daljnja analiza i eksperimentiranje, povezujući rad s već postojećim znanjem i teorijama.

Dizajn i planiranje detaljno opisuju pristup i strategije korištene u istraživanju. Ovo poglavlje uključuje planiranje eksperimenta, izbor metoda, alata i tehnologija koje će se koristiti. Pažljivo osmišljen dizajn i planiranje ključni su za osiguranje valjanih i pouzdanih rezultata.

Izrada hardvera predstavlja praktičnu realizaciju istraživanja. Ovdje se opisuje proces izrade i testiranja hardverskih komponenti koje su korištene u eksperimentu. Svaki korak izrade dokumentiran je i objašnjen, uključujući korištene materijale, alate i tehniku.

Zaključak sažima ključne nalaze rada i njihovu važnost. U zaključku su istaknuti glavni doprinosi istraživanja, prednosti i ograničenja te preporuke za buduća istraživanja.

## 1.1 Zadatak završnog rada

U današnje vrijeme postoji veliki broj kombinacija tehnoloških inovacija i kreativne upotrebe svjetlosnih efekata. RGB LED kocke imaju širok spektar primjena, od dekorativnih elemenata i umjetničkih instalacija do edukativnih alata i informacijskih displaya. Integracija LCD zaslona dodatno proširuje funkcionalnost uređaja, omogućujući prikaz dodatnih informacija i interakciju s korisnicima. Ovaj završni rad nudi priliku za praktično istraživanje i primjenu suvremenih tehnologija, potičući inovativnost i interdisciplinarni pristup u razvoju

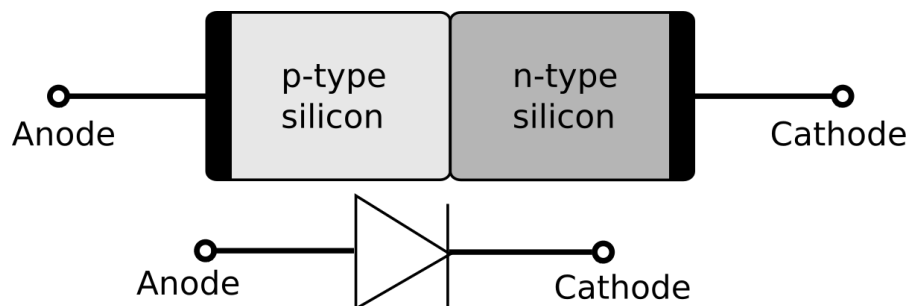
novih uređaja. Zadatak ovog završnog rada je dizajnirati kućište i strukturu kocke pomoću 3D printera, montaža i povezivanje WS2812 LED dioda na način koji omogućava pojedinačno adresiranje svake diode, integracija LCD zaslona koji će omogućiti prikaz informacija o trenutnim efektima. Cilj je stvoriti funkcionalan i estetski privlačan uređaj koji može prikazivati dinamične svjetlosne efekte.

## 2. TEORIJSKI OKVIR

### 2.1 LED tehnologija

LED tehnologija (engl. Light Emitting Diode) predstavlja ključni inovativni napredak u području osvjetljenja i elektronike. LED dioda je poluvodički elektronički element koji pretvara elektronički signal u svjetlosni. Ovaj proces naziva se elektroluminiscencija i ključan je za funkcioniranje LED diode.

Poluvodički materijal unutar LED diode sastoji se od p-n spoja, što znači da se sastoji od dva sloja - p-tipa (pozitivnog) i n-tipa (negativnog). Kada se na spoj primijeni električna struja, elektroni prelaze iz n-tipa u p-tip, pri čemu oslobađaju energiju. Ova energija koristi se za aktivaciju atoma materijala, što rezultira emisijom fotona ili svjetlosti.



Slika 2.1. PN spoj

Jedna od ključnih prednosti LED tehnologije je njezina visoka energetska učinkovitost. LED diode troše znatno manje električne energije u usporedbi s tradicionalnim izvorima osvjetljenja poput žarulja sa žarnom niti ili fluorescentnih lampi, dok istovremeno pružaju istu ili čak bolju razinu osvjetljenja. To ih čini izuzetno ekonomičnim izborom za razne primjene, uključujući osvjetljenje domova, ureda, cesta i javnih prostora. Dugotrajnost je još jedna značajka LED tehnologije koja ju čini popularnom. LED diode imaju znatno dulji



životni vijek u usporedbi s konvencionalnim izvorima svjetlosti. Dok tradicionalne žarulje sa žarnom niti često treba zamijeniti nakon nekoliko tisuća radnih sati, LED diode mogu trajati desetljećima pri normalnoj uporabi. To smanjuje potrebu za čestim zamjenama i održavanjem, što dalje doprinosi ekonomičnosti i praktičnosti LED tehnologije.

Kontrola boje svjetlosti jedna je od najznačajnijih karakteristika LED tehnologije. Budući da LED diode mogu proizvesti svjetlost u širokom spektru boja, od crvene, preko zelene, do plave, omogućuju izuzetnu fleksibilnost u prilagodbi osvjetljenja različitim potrebama i situacijama. Ova sposobnost kontroliranja boje svjetlosti čini LED tehnologiju nezamjenjivom u mnogim aplikacijama, uključujući pozornice, osvjetljenje interijera, reklamne ploče i ambijentalno osvjetljenje.

LED tehnologija predstavlja revolucionarni napredak u svijetu osvjetljenja i elektronike. Njezina visoka energetska učinkovitost, dugotrajnost i mogućnost kontrole boje svjetlosti čine je idealnim izborom za razne primjene, dok konstantni razvoj tehnologije nastavlja donositi nove inovacije i poboljšanja.

## 2.2 Princip rada RGB LED kocke

RGB LED kocka je inovativno rješenje koje omogućuje trodimenzionalni prikaz svjetlosti kroz kombinaciju crvenih, zelenih i plavih LED dioda. Ova trodimenzionalna matrica LED dioda raspoređena je u obliku kocke, što pruža mogućnost stvaranja složenih vizualnih efekata i prikaza. Svaka pojedina LED dioda unutar ove matrice predstavlja piksel, osnovnu jedinicu koja može emitirati svjetlost.

Jedna od ključnih karakteristika RGB LED kocke je mogućnost kontrole boja svake pojedine LED diode. Kroz kombinaciju intenziteta i uključivanja ili isključivanja svake od tri osnovne boje - crvene, zelene i plave, moguće je generirati širok spektar boja i efekata. Na primjer, miješanjem crvene i zelene svjetlosti stvara se žuta boja, dok se kombinacijom svih triju osnovnih boja može postići bijela svjetlost.

Osim kontrole boja, RGB LED kocka omogućuje i dinamične efekte poput pulsiranja, tranzicija boja, ili animacija. Ovi efekti postižu se promjenom intenziteta svjetlosti i brzinom

kojom se boje mijenjaju, što dodatno obogaćuje vizualno iskustvo. Takva fleksibilnost omogućuje kreativnu upotrebu RGB LED kocke u različitim aplikacijama, od dekorativnog osvjetljenja interijera do scenskih efekata na pozornicama ili događajima. Kontrola RGB LED kocke može se postići putem mikrokontrolera ili računalnog sučelja, što omogućuje jednostavnu prilagodbu i programiranje različitih svjetlosnih efekata i uzoraka. Ova karakteristika čini RGB LED kocku popularnim alatom u područjima poput umjetnosti, dizajna, arhitekture, kao i u zabavnim i edukativnim aplikacijama. U konačnici, princip rada RGB LED kocke leži u kombinaciji trodimenzionalne matrice LED dioda i kontroliranju boje svjetlosti kako bi se postigla željena vizualna prezentacija.

### 2.3 LCD tehnologija

LCD (eng. Liquid Crystal Display) tehnologija predstavlja jedan od najraširenijih načina prikaza slike u modernoj elektronici. Ova tehnologija funkcionira uz pomoć tekućih kristala. Tekući kristali su ugrađeni u sami zaslon, iza kojeg stoji integrirano pozadinsko osvjetljenje. Ova svjetlost je potrebna, da bi kao rezultat dobili neku sliku na zaslonu. [1]

Sami zaslon je napravljen od više polarizirajućih filtera, i vodiča kojim su segmenti tekućih kristala spojeni sa elektronikom uređaja. Postoje dvije skupine tekućih kristala; termotropne i liotropne. Termotropni tekući kristali su osjetljivi na promjenu temperature dok liotropni kristali reagiraju na vodu ili otapalo.[2] Princip rada LCD-a temelji se na svojstvu tekućih kristala da mijenjaju svoju optičku orijentaciju pod utjecajem električnog polja. Kada se primijeni električna struja na određene dijelove LCD-a, tekući kristali se poravnavaju prema smjeru električnog polja, što mijenja polarizaciju svjetlosti koja prolazi kroz njih. U slučaju da je neki segment tekućeg kristala po strujnim naponom, promjenom stanja taj će segment blokirati prolazak svjetlosti. Na taj način smo dobili jednostavan prikaz na novom zaslonu.

Ovim procesom kontrolira se količina svjetlosti koja prolazi kroz svaki piksel na zaslonu, što rezultira prikazom određenih boja i slika. Kod LCD zaslona u boji, svaki se piksel sastoji od tri manja podpiksela koji su dodatnim filtrima obojeni crveno, zeleno i plavo. Način na koji se piksel kontrolira razlikuje se u svakoj vrsti zaslona; CRT, LED, LCD i noviji tipovi zaslona svi kontrolni pikseli drugačije. LCD-i su osvijetljeni pozadinskim osvjetljenjem, a pikseli se uključuju i isključuju elektronički dok se koriste tekući kristali za rotiranje polarizirane svjetlosti. Ispred i iza svih piksela postavljen je polarizacijski stakleni filter, prednji filter je postavljen pod 90 stupnjeva. Između oba filtera nalaze se tekući kristali, koji se mogu elektronički uključiti i isključiti. LCD zasloni se izrađuju ili s pasivnom matricom ili s aktivnom matricom. LCD s aktivnom matricom također je poznat kao zaslon s tankim filmskim tranzistorom (TFT). [3]

Pasivni matrični LCD ima mrežu vodiča s pikselima koji se nalaze na svakom sjecištu u mreži. Struja se šalje kroz dva vodiča na rešetki za kontrolu svjetla za bilo koji piksel. Aktivna matrica ima tranzistor koji se nalazi na svakom sjecištu piksela, što zahtijeva manje struje za kontrolu osvjetljenja piksela. Iz tog razloga, struja u aktivnom matričnom zaslonu može se češće uključivati i isključivati, poboljšavajući vrijeme osvježavanja zaslona. Ova precizna kontrola omogućuje prikazivanje slika visoke razlučivosti i jasnih detalja. Osim što omogućuje prikaz teksta, slika i grafika, LCD zaslon može poslužiti i za interakciju s korisnicima putem dodirnog sučelja ili upravljanjem putem tipki.

## 2.4 3D printanje

3D printanje, poznato i kao aditivna proizvodnja, metoda je stvaranja trodimenzionalnog objekta sloj po sloj korištenjem računalno kreiranog dizajna. U ovom aditivnom procesu slojevi materijala se izgrađuju kako bi se stvorio 3D dio. Ovaj pristup je suprotan subtraktivnim proizvodnim procesima, u kojima se konačni dizajn izrezuje iz većeg bloka materijala, čime se stvara manje rasipanja materijala.

Niz materijala za 3D printanje postoji, uključujući termoplastiku kao što je akrilonitril butadien stiren (ABS), smole i keramiku. Ključna prednost 3D printanja je sposobnost stvaranja kompleksnih geometrijskih oblika i struktura koje su teško ili nemoguće proizvesti konvencionalnim metodama. Ova tehnologija omogućuje izradu objekata s unutarnjim strukturama, šupljinama i detaljima koji bi bili izazovni za proizvodnju na drugi način.

Proces započinje izradom virtualnog dizajna pomoću softvera za računalno potpomognuti dizajn (CAD), vrste softvera koji može stvoriti precizne crteže i tehničke ilustracije. Nakon što je virtualni model izrađen, priprema za ispis postaje potrebna. Ovo se postiže rastavljanjem modela na mnoge slojeve pomoću procesa koji se naziva rezanje. Rezanje modela na stotine ili čak tisuće tankih, horizontalnih slojeva vrši se pomoću posebnog softvera.

Nakon pripreme, 3D printer počinje ispisivati slojeve materijala u procesu poznatom kao ekstruzija materijala. Pisač djeluje na način sličan tradicionalnim inkjet pisačima u procesu izravnog 3D ispisa, gdje se mlaznica pomiče naprijed-natrag dok nanosi vosak ili polimer nalik na plastiku sloj po sloj. Svaki sloj čeka da se osuši prije nego što se doda sljedeća razina, čime se stvara trodimenzionalni objekt dodavanjem stotina ili tisuća 2D ispisa jedan na drugi.

## 2.5 Primjene RGB LED kocke s integriranim LCD zaslonom

RGB LED kocka s integriranim LCD zaslonom predstavlja izuzetno svestranu i funkcionalnu napravu s mnogim mogućnostima primjene. Fleksibilnost i mogućnost prilagodbe kocke čine je idealnim alatom za različite svrhe i okoline. Kao dekorativni element u interijeru ili eksterijeru, RGB LED kocka može se koristiti za stvaranje raznolikih svjetlosnih efekata, boja i uzoraka, čime se postiže ugodna atmosfera u prostoru.

Programiranje različitih svjetlosnih scenarija omogućuje prilagodbu ambijenta prema događajima ili raspoloženjima, bilo da se radi o kućnim zabavama, restoranima, hotelima ili vrtovima. Također, RGB LED kocka može služiti kao umjetnička instalacija koja privlači pažnju i stvara vizualni spektakl. Trodimenzionalna struktura i mogućnost prikazivanja dinamičnih svjetlosnih efekata čine je idealnim središtem pozornosti na događajima, izložbama ili umjetničkim performansima. Kombinacija boja, uzoraka i animacija može potaknuti razmišljanje i emocije kod promatrača, pružajući jedinstveno iskustvo.

RGB LED kocka može također imati edukativnu svrhu, posebno u obrazovanju o svjetlosti, bojama i elektronici. Kroz interaktivne demonstracije boja, svjetlosnih efekata i elektroničkih principa, učenici mogu dublje razumjeti koncepte i procese iza RGB tehnologije, kao i osnovne principe fizike svjetlosti i elektriciteta. Ova interaktivna i vizualno privlačna metoda učenja može potaknuti znatiželju i motivaciju učenika za daljnje istraživanje.

Dodatne funkcionalnosti koje nudi integrirani LCD zaslon proširuju mogućnosti primjene RGB LED kocke. Ona može poslužiti kao informacijski display za prikazivanje važnih poruka, obavijesti ili podataka u javnim prostorima poput trgovačkih centara, muzeja ili informacijskih centara. Integrirani LCD zaslon omogućuje interakciju s korisnicima putem tekstualnih ili grafičkih informacija, što je korisno u situacijama gdje je potrebna komunikacija ili upravljanje.

Uz sve navedene primjene, RGB LED kocka može se koristiti i kao dio scenskih efekata u raznim događajima i predstavama. Sposobnost stvaranja dinamičnih svjetlosnih efekata i animacija čini je idealnim dodatkom za koncerte, kazališne predstave, modne revije ili tematske zabave, pružajući dodatnu dimenziju vizualnom iskustvu.

## 2.6 WS2812 LED DIODE

WS2812 LED diode predstavljaju revoluciju u svijetu osvetljenja, nudeći mogućnost stvaranja složenih i dinamičnih svjetlosnih efekata u kompaktnom i lako upravljivom formatu. Ove RGB LED diode su iznimno popularne zbog sposobnosti pojedinačnog adresiranja, što omogućava precizno upravljanje bojom i intenzitetom svake diode.

WS2812 je inteligentni kontrolni LED izvor svjetla u kojem su kontrolni krug i RGB čip integrirani u paket od 5050 komponenti. Interno je uključena inteligentni digitalni port za prihvatanje podataka i krug za pojačavanje signala. Također su uključeni precizni unutarnji oscilator i programabilni kontrolni dio za konstantnu struju od 12V, čime se učinkovito osigurava dosljednost boje svjetlosnih točaka. Protokol za prijenos podataka koristi jednokanalni NRZ komunikacijski način.

Nakon resetiranja napajanja piksela, podatke od kontrolera prima DIN port. Prvi piksel prikuplja početnih 24 bita podataka, a zatim ih šalje u unutarnji prihvatnik podataka. Svaki signal se sastoji od osam bitova za crvenu, osam bitova za zelenu i osam bitova za plavu boju. Ovi signali prenose se putem Pulse Width Modulation (PWM) tehnike, koja koristi različite duljine impulsa za predstavljanje binarnih vrijednosti. Ostali podaci, pojačani unutarnjim krugom za pojačavanje signala, šalju se na sljedeći piksel u nizu preko DO porta. Nakon prijena za svaki piksel, signal se smanjuje za 24 bita. Tehnologija automatskog pojačavanja prijena koristi se za piksele, čime broj piksela u nizu nije ograničen prijenosom signala, već samo brzinom prijena signala.

LED ima nisku radnu napetost. Rade na relativno malom električnom naponu u usporedbi s drugim električnim uređajima. Radna napetost LED dioda obično iznosi između 1,8 i 3,3 volta, ovisno o tipu i boji diode. Ekološki je prihvatljiva i štedi energiju, s visokom svjetlinom, velikim kutom raspršenja, dobrom konzistencijom, niskom potrošnjom energije, dugim životnim vijekom i drugim prednostima.

WS2812 LED diode su postale ključna komponenta u modernom osvetljenju zahvaljujući svojoj svestranosti, jednostavnosti upotrebe i mogućnosti preciznog upravljanja bojom i svjetlošću. Integracija mikrokontrolera i LED dioda u jednom pakiranju, zajedno s mogućnošću kaskadnog povezivanja, omogućava stvaranje kreativnih i dinamičnih svjetlosnih instalacija koje se koriste u raznim primjenama, od dekoracije i arhitektonskog osvetljenja do umjetničkih instalacija i interaktivnih projekata.

## 2.7 ESP32 microcontroler

ESP32 je razvijen od strane Espressif Systems. Kao ključni igrač u razvoju aplikacija za Internet of Things (IoT), pametne uređaje i ugradbene sustave, uređaj je stekao značajnu reputaciju zahvaljujući svojim naprednim mogućnostima bežične komunikacije, niskoj potrošnji energije i bogatoj funkcionalnosti.

ESP32 je jedinstveni čip koji kombinira Wi-Fi i Bluetooth tehnologije na 2,4 GHz, a dizajniran je pomoću TSMC ultra-niske potrošnje energije u 40 nm tehnologiji. Čip se temelji na Tensilica Xtensa LX6 arhitekturi i dostupan je u varijantama s jednom ili dvije jezgre. Pored snažnog procesora, ESP32 je opremljen velikom količinom memorije, uključujući do 520 KB SRAM-a i do 16 MB flash memorije.

Dizajniran je za postizanje optimalne energetske i RF učinkovitosti, demonstrirajući robusnost, svestranost i pouzdanost u širokom spektru primjena i energetske scenarija. ESP32 je namijenjen za mobilne, nosive elektronike i IoT aplikacije. Čip uključuje sve najmodernije karakteristike niske potrošnje energije, kao što su fino upravljanje taktom, više načina napajanja i dinamičko skaliranje snage. Na primjer, u IoT senzorskom čvorištu s niskom potrošnjom energije, ESP32 se budi periodično i samo kada je otkriven određeni uvjet.

Izlaz pojačala snage također je podesiv, što doprinosi optimalnom kompromisu između komunikacijskog dometa, brzine prijenosa podataka i potrošnje energije. Opremljen je s brojnim GPIO (General Purpose Input/Output) pinovima, ADC (Analog-to-Digital Converter)

i DAC (Digital-to-Analog Converter) kanalima, PWM (Pulse Width Modulation) izlazima, I2C, SPI, UART i mnogim drugim komunikacijskim protokolima. Ove periferije omogućuju povezivanje i interakciju s različitim sensorima, aktuatorima i drugim elektroničkim komponentama.

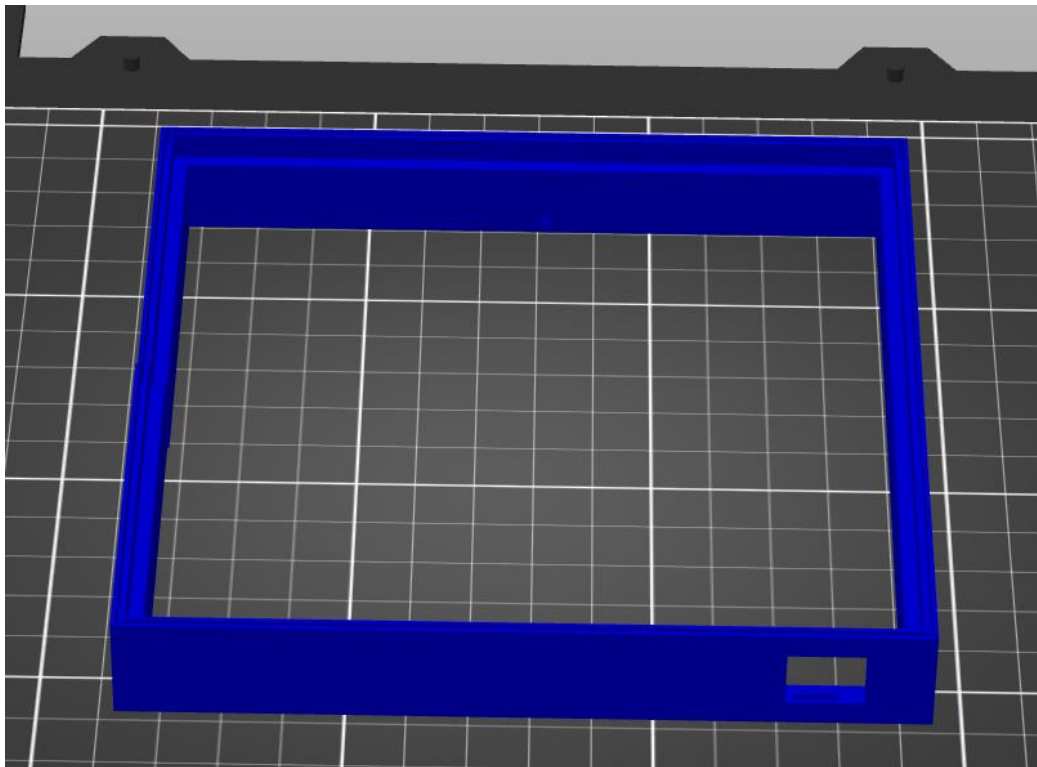
ESP32 je visoko integrirano rješenje za Wi-Fi i Bluetooth IoT aplikacije, s otprilike 20 vanjskih komponenti. Uređaj integrira antenski prekidač, RF balans, pojačalo snage, niskošumni prijemni pojačivač, filtere i module za upravljanje energijom. Cijelo rješenje zauzima minimalnu površinu na tiskanoj pločici (PCB). Korištenjem CMOS tehnologije za potpuno integrirani radio i bazni pojas na jednom čipu, ESP32 također integrira napredne kalibracijske krugove koji omogućuju uklanjanje vanjskih nesavršenosti kruga ili prilagodbu promjenama vanjskih uvjeta. Kao rezultat, masovna proizvodnja ESP32 rješenja ne zahtijeva skupu i specijaliziranu opremu za Wi-Fi testiranje.

### 3. DIZAJN I PLANIRANJE

#### 3.1 Okvir

Za projekt dizajniranja i projektiranja odabran je program PrusaSlicer. Ovaj softver omogućava precizno podešavanje parametara 3D ispisa, što je ključno za postizanje kvalitetnih rezultata. Planirano je da se izradi osam zasebnih dijelova koji će biti spojeni kako bi formirali pravokutnik. Svaki od tih dijelova mora biti precizno dimenzioniran kako bi se osiguralo pravilno uklapanje i stabilnost konačne strukture.

Proces započinje dizajniranjem svakog dijela u PrusaSliceru, uz pažljivu provjeru dimenzija i kompatibilnosti između dijelova. Nakon dovršetka dizajna, prelazi se na 3D ispis s naglaskom na optimalne postavke ispisa kako bi konačni proizvodi bili precizni i bez nedostataka.



*Slika 3.1. Dizajn okvira*

Jedan od osam dijelova konstrukcije bit će dizajniran s posebnom rupom koja će omogućiti prolazak kabela za napajanje. Rupa će biti precizno projektirana kako bi odgovarala dimenzijama kabela, čime će se osigurati nesmetan prolaz bez prekomjernog pomicanja. Odabran će biti odgovarajući dio za ovu funkciju, vodeći računa o tome da pozicija rupe ne utječe negativno na stabilnost ili izgled konstrukcije.

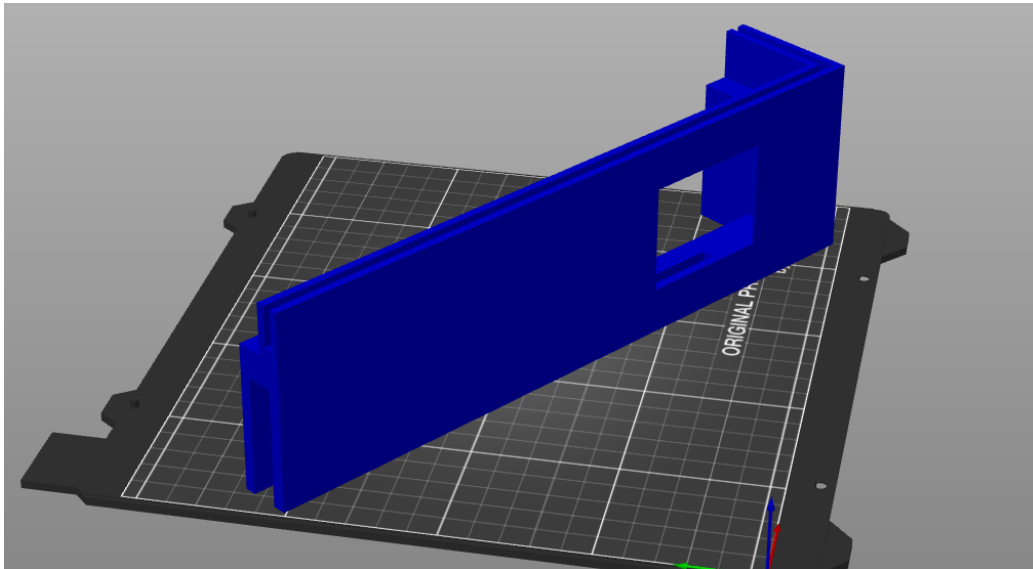
Rupa će biti smještena na optimalnom mjestu unutar odabranog dijela, uzimajući u obzir funkcionalnost i estetiku. Program PrusaSlicer će se koristiti za dizajn, omogućavajući precizno definiranje dimenzija i pozicije rupe. Nakon dovršetka dizajna, provjerit će se kompatibilnost rupe s ostalim dijelovima kako bi se osiguralo da sve komponente funkcioniraju zajedno bez problema.

Na suprotnom dijelu konstrukcije u odnosu na napajanje, planirano je predvidjeti prostor za LCD zaslon. Ovaj prostor će biti pažljivo dizajniran kako bi se zaslon mogao jednostavno integrirati u strukturu, a da pri tome ne naruši estetski izgled niti funkcionalnost cijele konstrukcije. Položaj zaslona bit će optimiziran za jednostavno gledanje i pristup, uzimajući u obzir sve tehničke zahtjeve povezivanja.

Dimenzije prostora bit će prilagođene dimenzijama LCD zaslona, a bit će osigurano dovoljno prostora za sigurno postavljanje i zaštitu zaslona od vanjskih utjecaja. Također, razmotrit će se način povezivanja zaslona s napajanjem i ostalim dijelovima sustava, što će biti uzeto u obzir



prilikom dizajniranja cjelokupne konstrukcije. Cilj je postići funkcionalan i estetski privlačan dizajn koji će omogućiti jednostavno korištenje LCD zaslona u svakodnevnoj upotrebi.



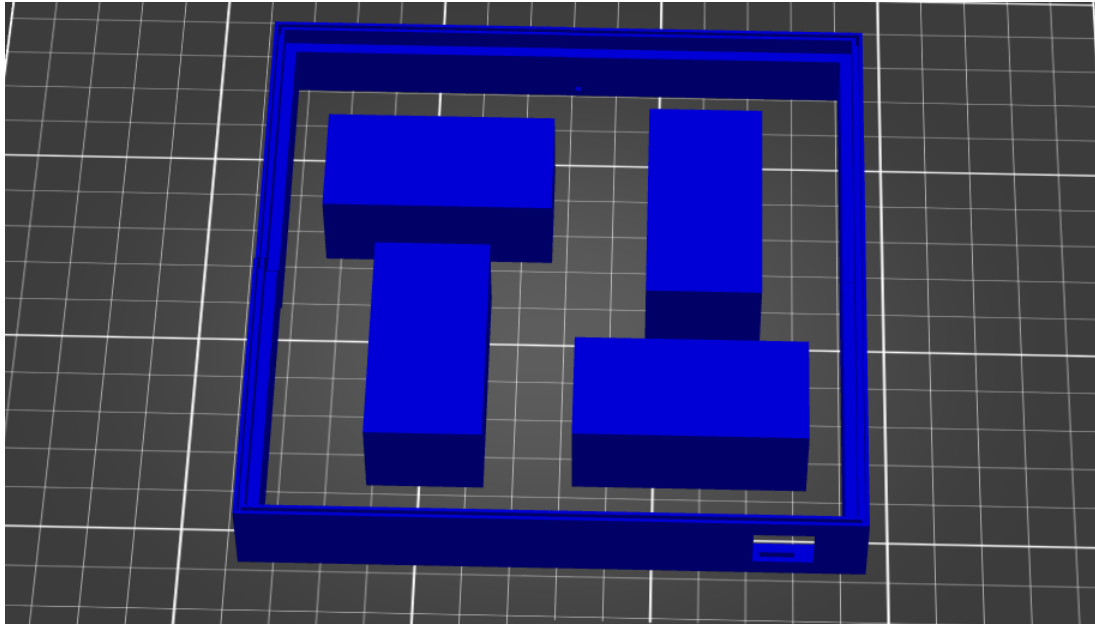
*Slika 3.2. Dizajn mjesta za LCD zaslon*

### 3.2 Napajanje

U središnjem dijelu okvira planirano je da se četiri napajanja od 5V i 60A ravnomjerno rasporede, pri čemu će svako napajanje biti zasebno postavljeno. Ova raspodjela će omogućiti stabilnu distribuciju energije unutar konstrukcije, izbjegavajući preopterećenje bilo kojeg dijela okvira.

Pozicija svakog napajanja će biti pažljivo odabrana kako bi se osigurala optimalna raspodjela težine i održala ravnoteža cijele konstrukcije. Prilikom planiranja, bit će uzet u obzir potreban prostor za ventilaciju i hlađenje napajanja, kako bi se spriječilo pregrijavanje i osigurala dugotrajna funkcionalnost.

Osim toga, svako napajanje će biti smješteno na način koji omogućuje jednostavan pristup za eventualne popravke ili zamjenu, dok će kablovi biti organizirani tako da ne ometaju rad i estetski izgled konstrukcije. Cilj ovog rasporeda je stvoriti uravnoteženo i funkcionalno rješenje koje će osigurati pouzdanost cijelog sustava.



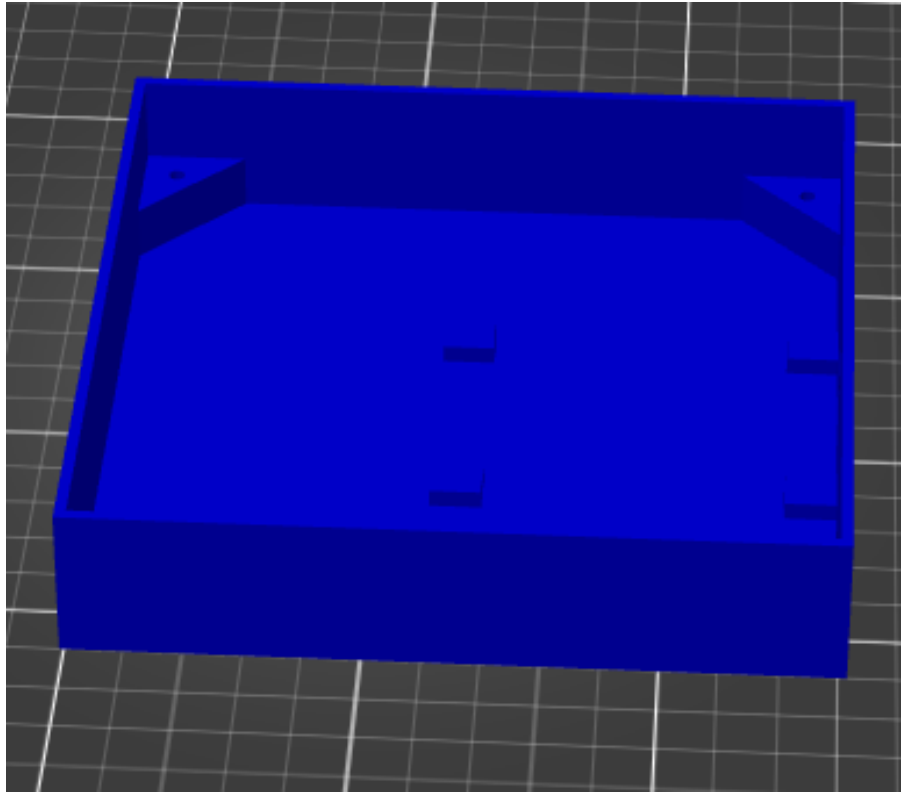
*Slika 3.3. Dizajn položaja napajanja*

### 3.3 Kutija za PCB

Planirano je da cijeli okvir bude podijeljen na 16 zasebnih dijelova, pri čemu će svaka kutija imati svoju vlastitu funkciju. Kutije će biti dizajnirane kako bi se osigurala optimalna zaštita i organizacija unutar okvira, a na donjoj strani svake kutije bit će izrađen otvor za napajanje.

Otvor na dnu svake kutije će omogućiti jednostavno provođenje kabela i spajanje na napajanje, čime će se osigurati neometan rad i lak pristup za održavanje. Ovaj dizajn će omogućiti fleksibilnost u postavljanju napajanja, jer će svaki dio okvira moći samostalno funkcionirati unutar veće cjeline.

Pored funkcionalnosti, posebna pažnja će biti posvećena estetskom izgledu cijelog sustava kako bi svi dijelovi bili usklađeni s ukupnim dizajnom okvira. Ovaj pristup će osigurati organiziran i uredan raspored elemenata, dok će istovremeno omogućiti efikasnu distribuciju napajanja kroz cijelu konstrukciju.



*Slika 3.4. Dizajn kutije za PCB*

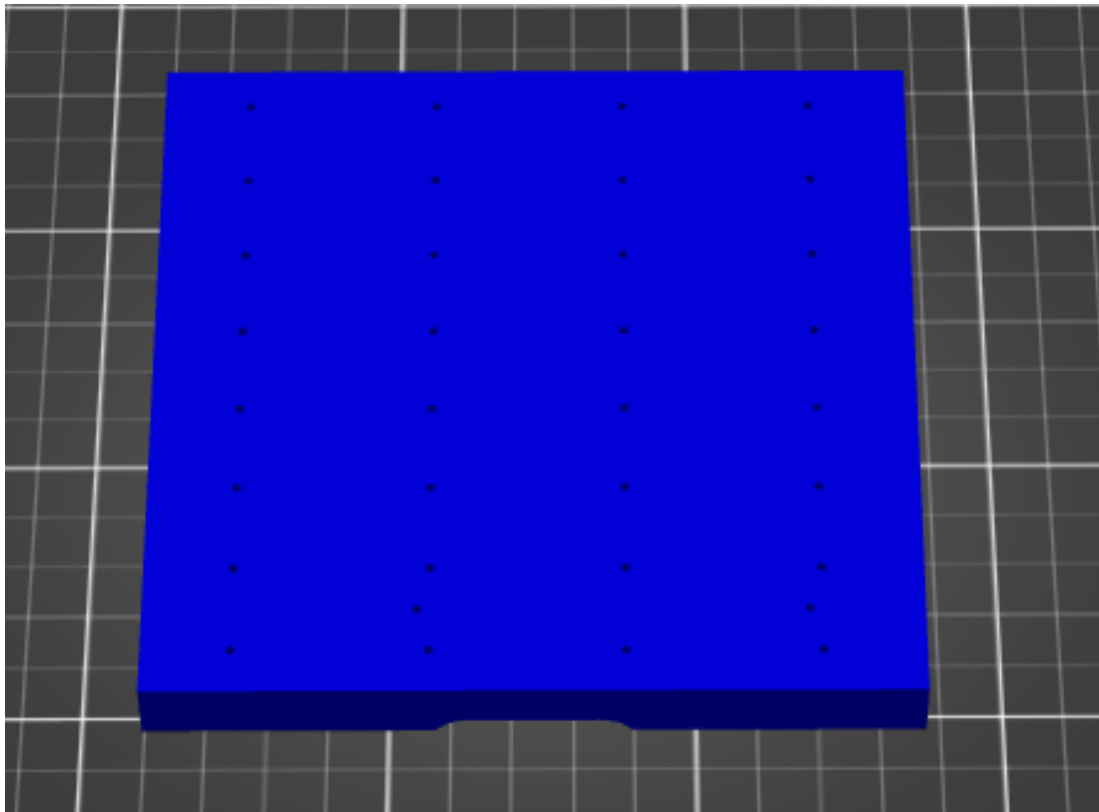
### 3.4 PCB ploča

Planirano je da svaki PCB unutar sustava bude dizajniran s preciznim rasporedom otvora, gdje će se sastojati od 8 rupa raspoređenih u jednom redu, a ukupno će biti četiri takva reda na ploči. Ovaj raspored će omogućiti učinkovitu organizaciju komponenata i jednostavno povezivanje unutar kutije.

Posebna pažnja će biti posvećena prvom i trećem redu, gdje će biti dodane dodatne rupe namijenjene za signalne spojeve. Ove dodatne rupe će biti strateški postavljene kako bi se omogućilo lako i sigurno povezivanje signala, osiguravajući stabilnost i pouzdanost sustava.

Dizajn PCB-a će biti optimiziran kako bi se osigurala maksimalna funkcionalnost unutar ograničenog prostora svake kutije, uz očuvanje čistoće signala i minimiziranje potencijalnih smetnji. Ovaj pristup će omogućiti modularnost sustava, olakšavajući održavanje i prilagodbe

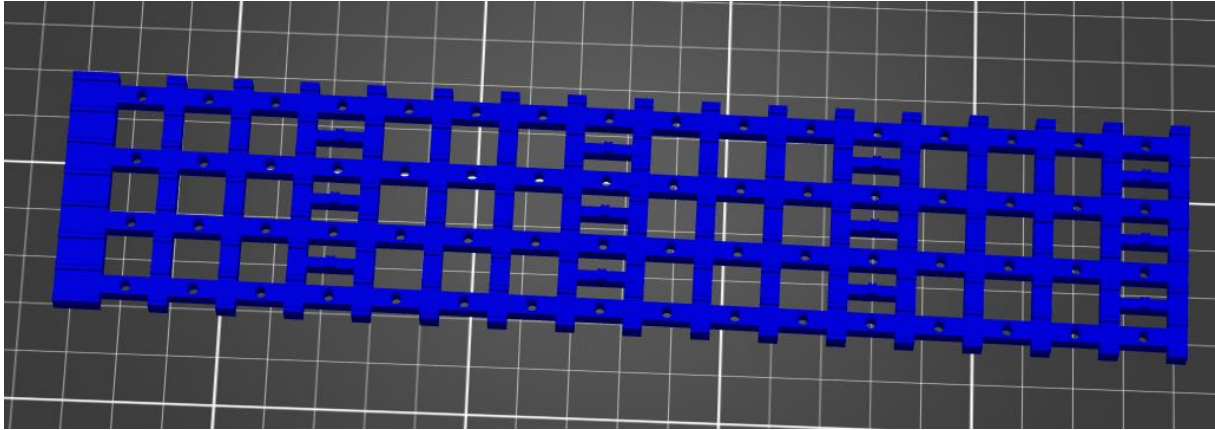
po potrebi, dok će svaki PCB biti pažljivo integriran kako bi se osigurala dosljedna i učinkovita izvedba cijelog okvira.



*Slika 3.5. Dizajn PCB-a*

### 3.5 Tračnice

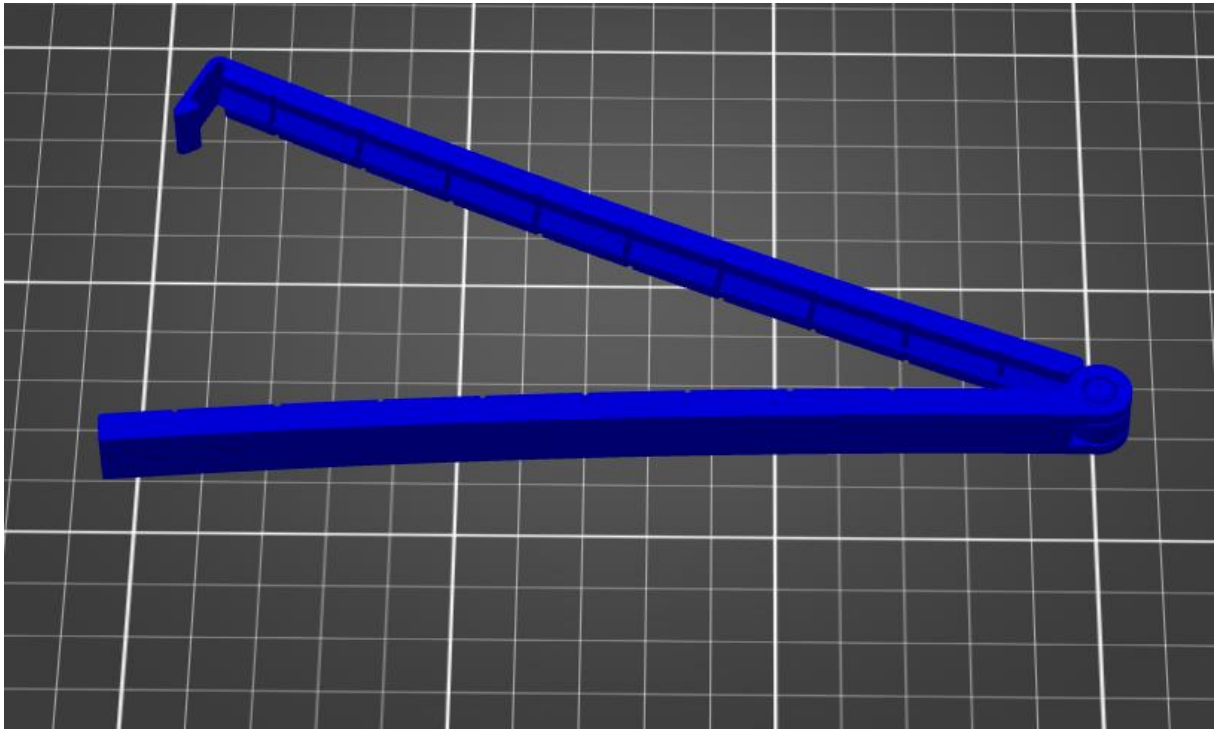
Za optimizaciju procesa lemljenja dioda, razvijen je dodatni alat u obliku „tračnica“. Ovaj alat je dizajniran kako bi omogućio precizno i ujednačeno lemljenje svih komponenti na kocki. Tračnice će osigurati pravilno i ravnomjerno postavljanje dijelova kocke, čime će se olakšati lemljenje i minimizirati mogućnost grešaka. Dizajn „tračnica“ omogućava savršeno usklađivanje dioda, što doprinosi uniformnom rasporedu i kvaliteti lemljenja. Ovaj alat značajno smanjuje vrijeme potrebno za lemljenje, jer omogućava istovremeno pozicioniranje više dioda, čime se povećava efikasnost i preciznost procesa.



*Slika 3.6. Dizajn tračnica*

### 3.6 Kopča

Za dodatnu stabilnost dijelova kocke tijekom izgradnje, planirano je razviti poseban alat u obliku "kopče". Ovaj alat će biti korišten za osiguravanje stabilnosti dijelova neposredno prije procesa očvršćivanja. Dizajn kopče bit će usmjeren na pružanje čvrste i pouzdane podrške svakom dijelu kocke, čime će se spriječiti bilo kakvi pomaci ili nesigurnosti tijekom kritične faze izgradnje. Alat će biti konstruiran tako da čvrsto drži dijelove zajedno, omogućujući im da se pravilno učvrste i osiguraju dugotrajnu stabilnost cijelog sklopa. Materijali za izradu kopče bit će odabrani s ciljem postizanja optimalne čvrstoće i izdržljivosti, dok će dizajn biti prilagođen specifičnim dimenzijama i obliku dijelova kocke. Kopča će biti jednostavna za upotrebu, omogućujući lako i brzo postavljanje, a također će biti dizajnirana tako da ne ometa proces očvršćivanja. Ovaj dodatni alat značajno će unaprijediti kvalitetu i preciznost izgradnje kocke, pružajući potrebnu podršku u ključnim trenucima i osiguravajući da svi dijelovi budu pravilno postavljeni i stabilni.

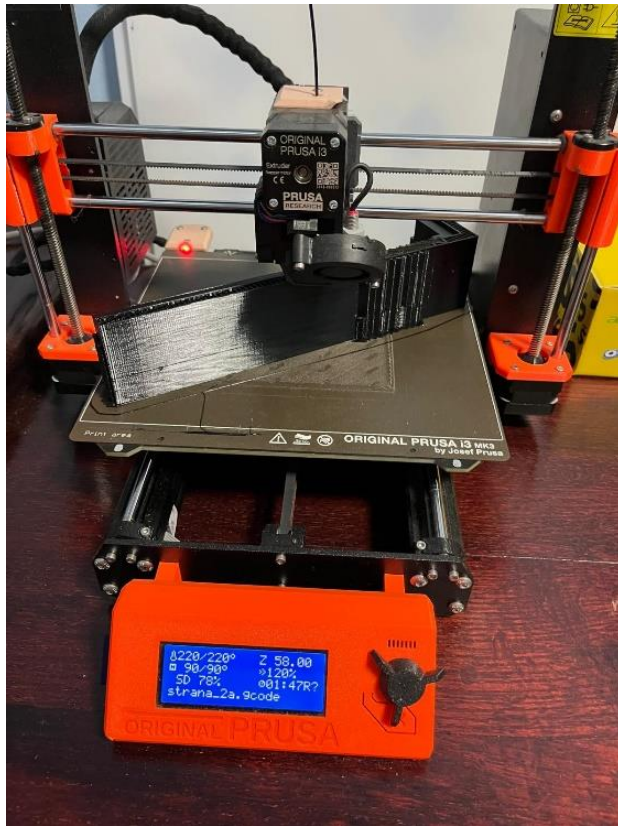


*Slika 3.7. Dizajn kopče*

## 4. IZRADA HARDWERA

### 4.1 Okvir

Za dizajniranje i projektiranje postolja korišten je program PrusaSlicer, koji se smatra vrlo efikasnim alatom za pripremu 3D modela za ispis na 3D printeru. Omogućava se detaljna konfiguracija svih aspekata printanja, uključujući izbor materijala i prilagodbu parametara poput slojeva, brzine i podrške. Postolje, koje se sastoji od osam dijelova, pažljivo je osmišljeno kako bi se osigurala savršena međusobna uklopljenost i stabilnost pravokutnog okvira. Svaki dio je dizajniran s preciznošću kako bi se omogućilo lako sklapanje i optimalna stabilnost strukture. Ovaj modularni pristup omogućava jednostavnije printanje i sastavljanje, kao i fleksibilnost u slučaju potrebnih prilagodbi ili zamjene pojedinih dijelova.



*Slika 4.1. Printanje okvira*

Na jednom od osam dijelova postolja posebno je dizajniran otvor kroz koji će prolaziti kabel za napajanje. Ovaj dio je pažljivo oblikovan kako bi se omogućio siguran prolazak kabela, bez oštećenja ili savijanja, te kako bi kabel bio uredno smješten unutar postolja. Otvor je pozicioniran tako da omogućava jednostavno povezivanje s napajanjem, dok istovremeno održava estetski izgled cijelog postolja. Dizajn ovog otvora osigurava zaštitu kabela od vanjskih utjecaja, što doprinosi dugotrajnosti i pouzdanosti uređaja. Također, ostavljen je dovoljno prostora za prolazak različitih tipova kabela, što omogućava fleksibilnost pri odabiru izvora napajanja.



*Slika 4.2. Okvir sa rupom za napajanje*

Na dijelu postolja suprotnom od napajanja, prostor je pažljivo ostavljen za ugradnju LCD zaslona. Ovaj prostor je precizno dimenzioniran kako bi zaslon bio savršeno integriran u postolje, pružajući jasan i jednostavan prikaz informacija korisniku. Ispod LCD zaslona, otvor za SD karticu je strateški postavljen, omogućavajući brz i praktičan pristup mediju za pohranu podataka. Otvor za SD karticu je dizajniran tako da omogućava lako umetanje i vađenje kartice, dok je istovremeno zaštićen kako bi se spriječilo nakupljanje prašine ili drugih nečistoća. Ova pažljivo osmišljena konfiguracija doprinosi funkcionalnosti i estetici postolja, čineći ga praktičnim za upotrebu i vizualno privlačnim.

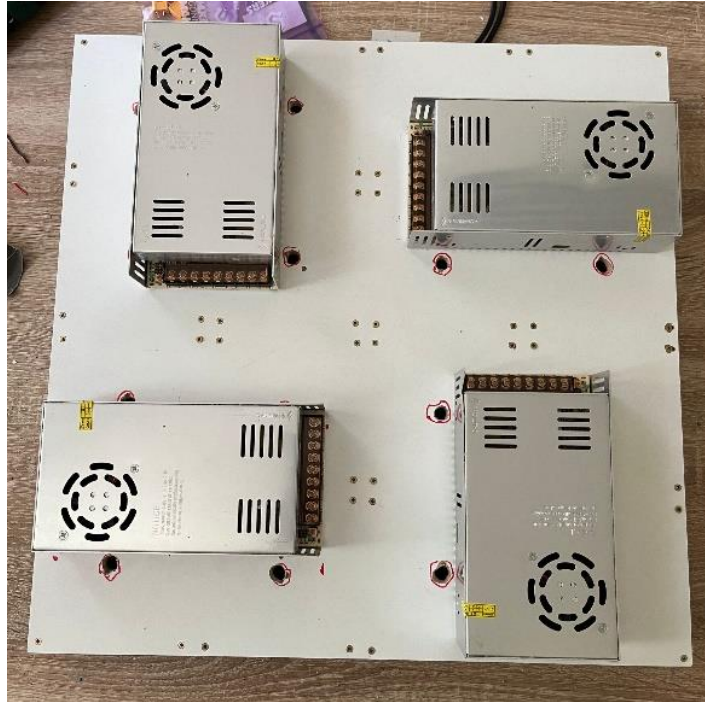




*Slika 4.3. Okvir sa prostorom za LCD*

## 4.2 Napajanje

U sredini okvira postolja smještena su četiri zasebna napajanja, svako s izlaznom snagom od 5V i 60A. Ova napajanja su strateški raspoređena kako bi se optimalno iskoristio prostor unutar postolja te omogućilo ravnomjerno distribuiranje energije prema svim komponentama. Svako napajanje je izolirano i sigurno montirano, čime se osigurava stabilan rad i minimalna mogućnost pregrijavanja. Osim toga, ovakav raspored omogućava lakši pristup napajanjima u slučaju potrebe za održavanjem ili zamjenom. Ova konfiguracija napajanja pruža pouzdano i snažno napajanje za sve uređaje unutar sustava, osiguravajući dugotrajan i neprekidan rad. Pažnja je također posvećena ventilaciji i hlađenju kako bi se spriječilo pregrijavanje, čak i pri maksimalnom opterećenju.



*Slika 4.4. Napajanja pričvršćena za ploču*

Napajanja su spojena u zvijezdu (Y-spoj), s ciljem ravnomjerne raspodjele struje ili napona prema opterećenjima tako da se svaki izlaz napajanja povezuje s centralnom točkom ili zajedničkim čvorom. U ovoj konfiguraciji, svako od četiri napajanja isporučuje struju prema zajedničkoj točki, koja je dalje povezana s uređajima unutar sustava. Konfiguracija zvijezde omogućava balansiranje opterećenja između napajanja i poboljšava stabilnost sustava. Ova vrsta spoja često se koristi u situacijama gdje se traži redundancija, sigurnost i jednostavnije održavanje. U slučaju kvarova ili preopterećenja na jednom napajanju, druga napajanja mogu preuzeti dio opterećenja, čime se osigurava stabilnost sustava.



Slika 4.5. Napajanja spojena u zvijezda spoj

### 4.3 Kutija za PCB

Dimenzije cijelog okvira podijeljene su na 16 odvojenih dijelova, od kojih svaki predstavlja zasebnu cjelinu s vlastitim funkcionalnostima. Svaki od tih dijelova smješten je unutar svoje kutije, koja je dizajnirana kako bi se osigurala maksimalna zaštita i organizacija unutar okvira. Kutije su konstruirane s otvorima na donjoj strani, kroz koje prolaze kablovi za napajanje i signalne veze, omogućavajući uredno vođenje kabela i smanjujući mogućnost zapetljavanja ili oštećenja.

Ovaj dizajn omogućava jednostavno povezivanje i održavanje svakog dijela sustava, jer se napajanje i signalni kablovi mogu lako priključiti ili odspojiti bez potrebe za rastavljanjem cijelog postolja. Otvori su dimenzionirani tako da omogućuju nesmetan prolaz različitih tipova kabela, dok istovremeno osiguravaju stabilan i siguran rad unutar kutije. Također, svaki dio konstruiran je tako da omogućava dobru ventilaciju, čime se sprječava pregrijavanje i osigurava dugotrajan rad uređaja. Ovaj modularni pristup pruža fleksibilnost, jer se svaki dio može prilagoditi ili zamijeniti prema potrebi, čineći cijeli sustav jednostavnijim za održavanje i nadogradnju.



*Slika 4.6. Kutija za PCB*

#### 4.4 PCB

Svaka kutija unutar okvira sadrži zaseban PCB (tiskanu pločicu) koja je specifično dizajnirana za povezivanje LED dioda s napajanjem. Ovaj PCB sastoji se od osam rupa, pažljivo raspoređenih u četiri reda, kako bi se omogućilo pravilno povezivanje plus i minus polova napajanja. Prvi red rupa namijenjen je za povezivanje plus polova LED dioda, dok drugi red služi za minus polove, čime se osigurava sigurno i stabilno napajanje. Treći red sadrži rupe za plus polove, a četvrti red za minus polove, stvarajući simetričan raspored koji omogućava jednostavno vođenje kabela i pravilno usmjeravanje struje.

Dodatno, u prvom i trećem redu PCB-a nalazi se po jedna dodatna rupa koja je rezervirana za signalne spojeve. Ove signalne rupe omogućavaju povezivanje signala koji upravljaju LED diodama, pružajući mogućnost preciznog kontroliranja osvjetljenja i drugih funkcija. Dizajn PCB-a osmišljen je tako da olakša spajanje komponenti i smanji mogućnost grešaka prilikom montaže, uz jasne oznake za svaki priključak.

Ovaj modularni pristup u dizajnu PCB-a omogućava fleksibilnost prilikom konfiguriranja i prilagođavanja sustava, jer svaki dio može biti zasebno testiran, popravljan ili zamijenjen, bez potrebe za izmjenama cijele konstrukcije. Pločica je izrađena od kvalitetnih materijala, što

osigurava dugotrajnost i pouzdanost, čak i pri intenzivnoj upotrebi. Pažljivo osmišljen raspored rupa omogućava sigurno i stabilno povezivanje LED dioda, osiguravajući ravnomjerno osvjetljenje i optimalan rad cijelog sustava.



*Slika 4.7. PCB*

Svaka PCB ploča unutar kutije sadrži 32 rupe u koje su pažljivo utisnuti Nixie Tube socket pinovi. Ovi pinovi omogućavaju sigurno i stabilno povezivanje napajanja sa signalnim vodovima. Raspored pinova izveden je tako da svaki od njih savršeno odgovara priključcima, osiguravajući čvrsto i precizno povezivanje bez potrebe za dodatnim učvršćivanjem.

Kako bi se olakšao protok struje i osigurala ravnomjerna distribucija napajanja, svi redovi s donje strane PCB-a kratko su spojeni. Ovaj postupak omogućava lakše vođenje plus i minus polova, smanjujući otpor u strujnom krugu i omogućujući stabilnije napajanje svih komponenti. Kratko spajanje redova također pojednostavljuje dizajn ploče, smanjujući broj potrebnih vanjskih veza i time olakšavajući montažu i održavanje.

Osim toga, ovakav dizajn PCB-a pomaže u održavanju čistoće signala, smanjujući mogućnost šuma ili interferencija. Pažljivo osmišljeni raspored pinova i spajanja doprinosi pouzdanosti cijelog sustava, osiguravajući dugotrajan i stabilan rad.



*Slika 4.9. Prikaz spajanja vodova na PCB ploči*

#### 4.4 Priprema LED dioda

Svaka LED dioda u sustavu pažljivo je rezana na specifičnu mjeru kako bi se osiguralo da svaka "rešetka" unutar sustava bude istih dimenzija. Preciznim rezanjem LED dioda postignuta je uniformnost rešetki, što je ključno za dosljednost u izgledu i funkcionalnosti. Ovaj postupak rezanja izveden je uz pomoć specijaliziranog alata nazvanog "toranj", koji je omogućio precizno rezanje i oblikovanje LED dioda do željenih dimenzija.

Pri rezanju, posebna pažnja posvećena je položaju terminala DIN i DOUT, koji su ostali uspravno postavljeni, čime je osiguran nesmetan prijenos signala između dioda. Terminali su skraćeni na preciznu dužinu koja odgovara specifičnim dimenzijama rešetke. Plus i minus polovi LED dioda prilagođeni su dizajnu i rasporedu unutar rešetke, pri čemu su plus polovi kod polovice LED dioda uvijeni u lijevu stranu, a kod druge polovice u desnu stranu. Ovaj raspored osmišljen je kako bi se osiguralo pravilno usmjerenje struje i stabilan prijenos signala.

Zbog specifičnosti slanja signala između rešetki, ovakav dizajn ključan je za ispravno funkcioniranje cijelog sustava. Svaka rešetka povezana je na način koji omogućava nesmetan prijenos signala s jedne rešetke na drugu, bez gubitka ili ometanja signala. Uvijanje plus i minus polova u suprotne smjerove ne samo da osigurava pravilno povezivanje, već također olakšava montažu, smanjujući mogućnost grešaka prilikom spajanja. Ovakav pristup osigurava stabilan i učinkovit rad sustava, bez obzira na složenost signala koji se prenosi između različitih dijelova rešetke.



*Slika 4.10. Toranj*



*Slika 4.11. Izrezana LED dioda na mjeru*

#### 4.5 Tračnice

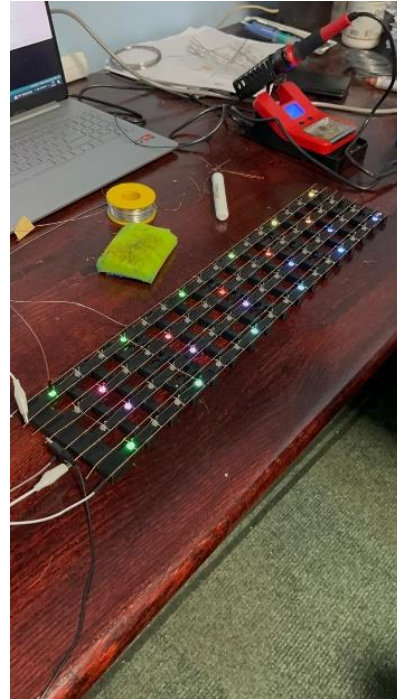
Rešetke LED dioda lemljene su pomoću specijaliziranih "tračnica", koje su korištene za precizno postavljanje i stabilno povezivanje LED dioda. Ove tračnice sadrže ukupno 64 rupe, raspoređene u četiri reda, pri čemu je promjer svake rupe prilagođen dimenzijama LED dioda koje se koriste. Na ovaj način osigurava se da svaka dioda bude sigurno postavljena i lemljena na svoju poziciju, čime se postiže dosljednost i točnost u svakom rešetkastom sklopu.

Pored rupa, tračnice uključuju uloške dizajnirane da odgovaraju promjeru bakrene žice koja se koristi za lemljenje plus i minus polova LED dioda. Ovi ulošci omogućavaju precizno usklađivanje žica s terminalima LED dioda, čime se osigurava čvrsta i pouzdana električna veza. Ulošci su oblikovani kako bi omogućili jednostavno umetanje i lemljenje žica bez potrebe za dodatnim prilagođavanjima, čime se ubrzava proces montaže i poboljšava kvaliteta veze.

DIN i DOUT pinovi, odgovorni za prijenos podataka između LED dioda, kratko su povezani posebnom žicom. Ova žica osigurava stabilan prijenos signala između rešetki i omogućava sinkronizirano funkcioniranje svih LED dioda unutar sustava. Kratko povezivanje DIN i DOUT pinova pomaže u smanjenju gubitka signala i poboljšava ukupnu učinkovitost sustava. Kombinacija precizno raspoređenih rupa, odgovarajućih uloška za bakrene žice i pouzdane



povezanosti DIN i DOUT pinova osigurava da rešetke LED dioda rade s maksimalnom efikasnošću i dugotrajnošću.



*Slika 4.12. Tračnice i izgled rešetke*

LED diode pažljivo su zalemljene na PCB ploču u obliku „rešetki“, čime se omogućava pravilno i ravnomjerno raspoređivanje svjetlosnih izvora. Ovaj rešetkasti raspored dioda ne služi samo estetskoj svrsi, već ima i funkcionalnu ulogu jer osigurava optimalnu pokrivenost osvetljenja i olakšava upravljanje strujom. Raspored plus i minus polova na PCB ploči pomaknut je u lijevu i desnu stranu kako bi se precizno uskladio s rasporedom pinova. Ovaj pomak omogućava jednostavno i uredno povezivanje, smanjujući potrebu za dodatnim premošćivanjima ili složenim povezivanjem žica.

Svaka PCB ploča sastoji se od četiri „rešetke“ LED dioda, zbog čega je organizacija napajanja izvedena kroz dva reda plus pola dva reda minus pola. Ovakav raspored omogućava stabilno napajanje svake rešetke, bez preopterećenja ili gubitka snage. Dva reda plus pola omogućuju ravnomjernu raspodjelu struje između rešetki, dok dva reda minus polova osiguravaju stabilan povratak struje, čime se smanjuje rizik od pregrijavanja ili kratkog spoja.

Dizajn s četiri rešetke omogućuje fleksibilnost pri povezivanju i prilagođavanju LED dioda, jer se svaki segment može zasebno kontrolirati i napajati. Ovaj pristup olakšava eventualne popravke i zamjene, jer se problematična rešetka može brzo identificirati i popraviti bez utjecaja na ostatak sustava. Modularni pristup također poboljšava efikasnost cijelog sustava, omogućavajući bolje iskorištavanje energije i smanjujući gubitke. Korištenje dva reda za plus

i minus polove dodatno doprinosi stabilnosti i sigurnosti sustava, osiguravajući dugotrajan i pouzdan rad LED dioda.



*Slika 4.13. Toranj*

#### 4.6 Kopče

Kocka se sastoji od ukupno 64 rešetke, koje su raspoređene u sklopu sustava za optimalno osvetljavanje i prikaz. Svaka PCB ploča sadrži po četiri rešetke, koje su pažljivo postavljene i lemljene kako bi se osigurala stabilnost i funkcionalnost cijelog skupa.

Pri postavljanju rešetki na PCB ploče, korištene su specijalizirane „kopče“ koje su služile za dodatnu stabilnost i preciznost prilikom montaže. Ove kopče omogućile su čvrsto držanje rešetki na mjestu dok su se lemljeni spojevi stvarali. Korištenjem kopči, osigurana je stabilnost rešetki i spriječeno njihovo pomicanje ili deformacija tijekom lemljenja, čime je poboljšana kvaliteta i trajnost spojeva.

Nakon što su rešetke čvrsto postavljene i svi spojevi lemljeni, kopče su uklonjene. Kako bi se olakšao ovaj postupak i osigurala stabilnost rešetki, izvršeno je kratko spajanje svih četiri rešetki na PCB-u. Ovo kratko spajanje omogućilo je međusobno povezivanje rešetki, čime je njihova pozicija čvrsto držana dok su kopče uklanjane. Time je osigurano da rešetke ostanu u točnom položaju, bez pomaka ili pomicanja koje bi moglo utjecati na njihovu funkcionalnost.

Korištenjem ove tehnike, postignuta je visoka razina preciznosti i stabilnosti u konstrukciji kocke. Ovo je ključno za osiguranje ispravnog rada cijelog sustava i sinkronizirano funkcioniranje svih LED dioda unutar rešetki, pružajući jednolično i pouzdano osvetljenje.



*Slika 4.14. Toranj učvršćen kopčama*

#### 4.7 Konektor XT60

Nakon pažljivog namještanja rešetki na svih 16 PCB-a i osiguravanja njihove stabilnosti, sljedeći korak bio je postavljanje tih PCB-a u odgovarajuće kutije. Ovaj korak se smatra ključnim za zaštitu PCB-a i osiguranje da svi spojevi i komponente budu sigurno smješteni unutar svojih kućišta. Svaka kutija je dizajnirana tako da savršeno odgovara dimenzijama PCB-a i pruža dodatnu zaštitu od vanjskih utjecaja.

Nakon što su PCB-i smješteni u kutije, započeo je postupak spajanja na napajanje. Korišteni su konektori XT60, odabrani zbog svojih specifičnih karakteristika i prednosti u provođenju napona i struja. Konektori XT60 poznati su po pouzdanosti i sposobnosti podnošenja visokih struja bez značajnog zagrijavanja, što je ključno za stabilan rad sustava s velikim energetskeim zahtjevima.

Ovi konektori su dizajnirani za čvrsto i sigurno povezivanje, čime se minimizira rizik od nesigurnih spojeva i mogućih električnih kvarova. Svaki XT60 konektor osigurava čvrstu električnu vezu koja omogućuje efikasan prijenos energije s napajanja na svih 16 PCB-a, osiguravajući da sve rešetke unutar kutija budu pravilno napajane i rade optimalno. Korištenje XT60 konektora također omogućuje jednostavno spajanje i odspajanje sustava, pružajući korisniku praktičnost i fleksibilnost u održavanju i nadogradnji.



Slika 4.15. XT60 konektori i kutije sa konektorima

#### 4.7 Tiskana pločica

Zbog potrebe za osiguravanjem čistoće i stabilnosti signala u sustavu, specijalizirana PCB pločica je izrađena kako bi se osiguralo optimalno funkcioniranje svih povezanih komponenti. Pločica je pažljivo projektirana da zadovolji sve tehničke zahtjeve i omogući učinkovito upravljanje signalima i napajanjem.

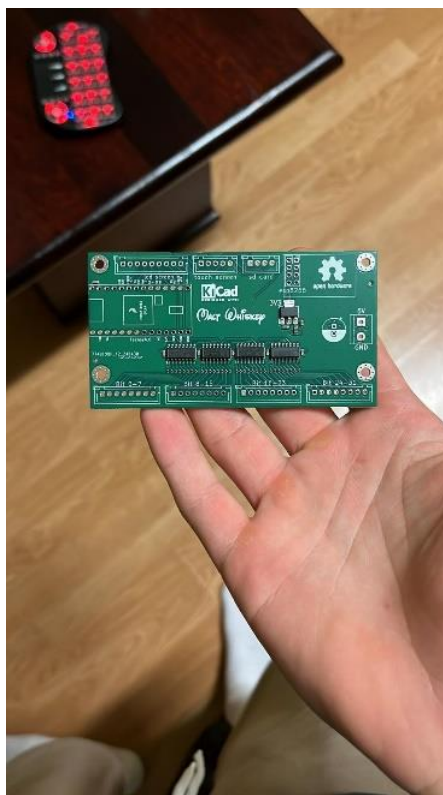
Na pločici su uključeni sljedeći ključni elementi:

- **Mikrokontroler Teensy 4.0**, koji upravlja svim funkcijama i obradom podataka unutar sustava. Teensy 4.0, poznat po visokoj brzini obrade i sposobnosti upravljanja kompleksnim zadacima, odabran je kao središnji procesor.
- **Slot za LCD zaslon**, koji omogućava prikaz informacija i korisničkog sučelja u stvarnom vremenu, pružajući vizualne povratne informacije korisnicima.
- **Slot za dodirni zaslon**, koji omogućava interakciju korisnika sa sustavom putem dodira, pružajući intuitivan način kontrole i konfiguracije.
- **Slot za SD karticu**, koji omogućava pohranu i pristup podacima, važnim za upravljanje velikim količinama informacija te pohranu konfiguracija i ažuriranja softvera.

Na pločici se nalaze i slotovi za signale koji se raspršuju od 0 do 31 bita, osmišljeni za preciznu distribuciju i upravljanje signalima, pri čemu svake dvije rešetke na PCB-u predstavljaju jedan bit. Ovaj raspored omogućuje učinkovit prijenos i obradu podataka, ključne za stabilan rad cijelog sustava.

Pločica je dizajnirana tako da su svi elementi direktno povezani s mikrokontrolerom Teensy 4.0, čime je omogućeno jednostavno i efikasno upravljanje funkcijama. Ova izravna povezanost osigurava brzu i preciznu obradu podataka bez nepotrebnih slojeva koji bi mogli uzrokovati kašnjenje ili gubitak signala.

Za napajanje, pločica koristi napon od 5V, standardan za mnoge elektroničke komponente, što osigurava stabilan rad svih povezanih elemenata i doprinosi pouzdanosti i dugotrajnosti pločice, čime se osigurava maksimalna učinkovitost i minimalni problemi sustava.



*Slika 4.16. Tiskana pločica*



Slika 4.17. Tiskana pločica za zalemljenim konektorima

#### 4.8 Sastavljanje komponenti

Tiskana pločica je dizajnirana s rupama u svakom uglu kako bi se omogućilo jednostavno i sigurno pričvršćivanje za okvir. Kroz te rupe provode se vijci kojima se osigurava čvrsta i stabilna veza između pločice i okvira, čime se sprječava bilo kakvo pomicanje ili vibracije tijekom rada sustava. Precizno pozicioniranje pločice unutar okvira također je omogućeno ovim dizajnom, čime se osigurava optimalna funkcionalnost uređaja.

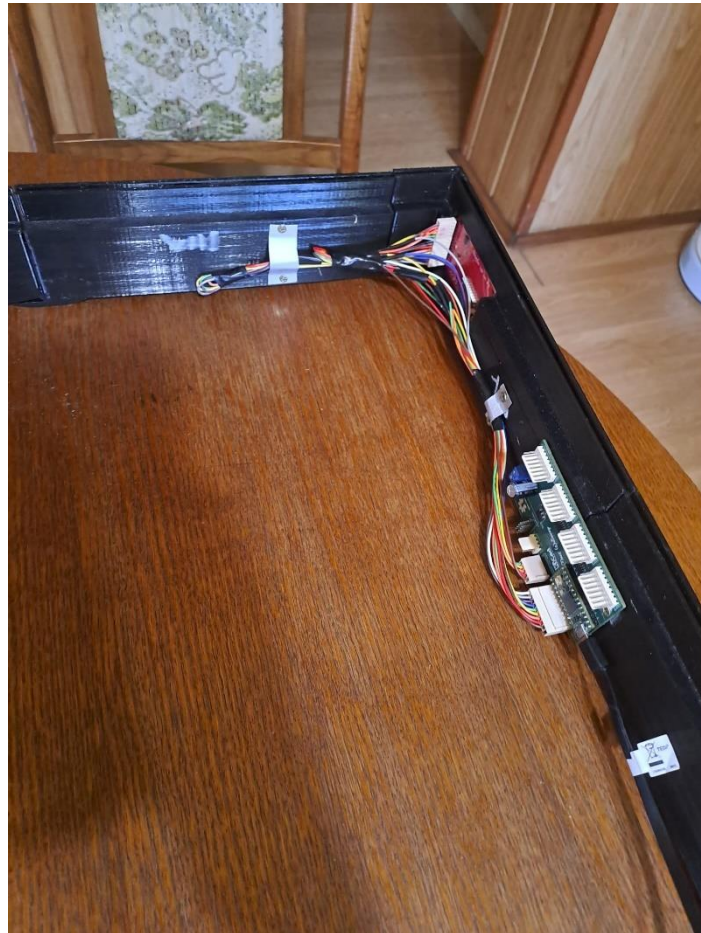
LCD zaslon je pričvršćen na sličan način, također s rupama na strateškim mjestima. Vijci se pažljivo postavljaju kroz te rupe kako bi se zaslon stabilno povežao s okvirom. Ovim sustavom montaže osigurava se ne samo čvrstoća već i lak pristup komponentama za eventualne popravke ili zamjenu dijelova bez potrebe za potpunim rastavljanjem uređaja. Posebna pažnja posvećena je zaštiti osjetljivih dijelova, poput LCD zaslona, od vanjskih utjecaja i potencijalnih oštećenja prilikom rukovanja, čime se osigurava dugotrajan rad i pouzdanost cijelog sustava.

Tiskana pločica povezana je s LCD zaslonom preko namjenski dizajniranih slotova koji omogućuju sigurno i stabilno povezivanje dvaju ključnih komponenti. Slot za LCD osigurava pravilnu električnu i mehaničku vezu, omogućujući LCD zaslonu da prima sve potrebne signale iz tiskane pločice, poput slike i upravljačkih informacija. Ovaj slot je pažljivo postavljen kako bi se osiguralo optimalno poravnanje i kontakt između pinova, čime se smanjuje rizik od smetnji ili gubitka signala.

Osim toga, tu je i slot za dodirni zaslon, koji omogućava povezivanje dodatnog sloja funkcionalnosti. Ovaj slot omogućuje prijenos podataka o dodirima s površine zaslona na tiskanu pločicu, čime se omogućuje interaktivnost uređaja. Povezivanje preko ovog slotu je

također dizajnirano s posebnom pažnjom kako bi se osigurao precizan i pouzdan prijenos podataka, bez kašnjenja ili gubitka signala.

Oba slotova su izrađena prema visokim standardima, čime se osigurava dugotrajna pouzdanost veze između tiskane pločice i LCD zaslona. Dizajn ovih konektora također omogućava lakoću ugradnje i održavanja, pa je u slučaju potrebe za zamjenom ili popravkom LCD zaslona, postupak jednostavan i brz, bez potrebe za složenim rastavljanjem cijelog sustava.



*Slika 4.18 Spoj tiskane pločice i LCD-a*

Tiskana pločica je povezana pomoću četiri slotova, koji su raspoređeni unutar numeričkog raspona od 0 do 31. Povezivanje s različitim komponentama ili funkcionalnostima sustava omogućuje se kroz ove slotove, čime se omogućava fleksibilno i učinkovito upravljanje. Slotovi su pažljivo projektirani kako bi se omogućilo optimalno iskorištavanje raspoloživog prostora na pločici i precizno usklađivanje svih povezanih elemenata.

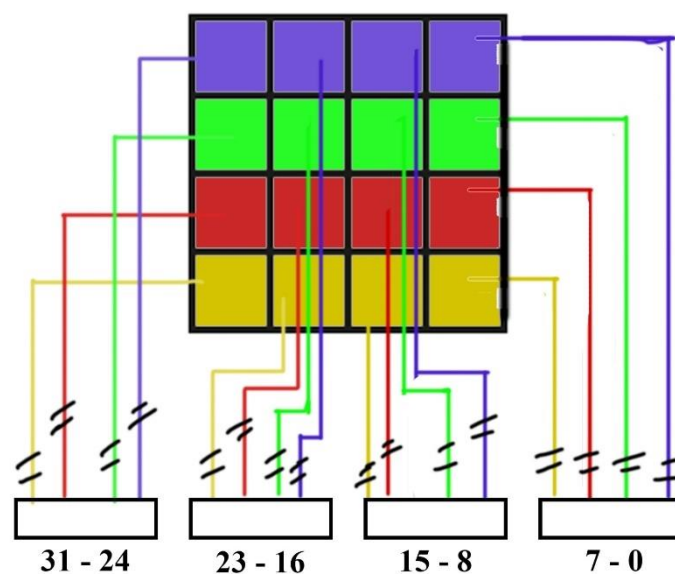
Unutar svakog slotova, informacije su organizirane tako da svaki toranj zauzima dva bita. Ovim rasporedom se omogućava strukturiranje podataka u manji, ali efikasni segmenti, čime se poboljšava brzina obrade i preciznost signala. Kontrola ili prijenos specifičnih informacija

može se obavljati putem svakog tornja, dok zauzimanje dva bita po tornju omogućuje jasnu i dosljednu distribuciju podataka.

Dizajn slota i raspored tornjeva od 0 do 31 također omogućavaju jednostavno proširenje i nadogradnju sustava. U slučaju potrebe za dodavanjem novih funkcionalnosti ili komponenti, dodatni slotovi mogu se lako integrirati u postojeći raspon, uz minimalan utjecaj na trenutnu konfiguraciju.

Sustav slota raspoređenih od 0 do 31 osigurava bolju organizaciju i dijagnostiku. Svaki slot ima specifičan identifikator, što omogućuje brzo lociranje i rješavanje eventualnih problema. Ovaj numerički raspon čini održavanje i upravljanje uređajem učinkovitijim, jer omogućuje lako praćenje statusa svakog slota i povezanih komponenti.

Konačno, organizacija slota i raspodjela bitova osiguravaju stabilan rad cijelog sustava, čime se doprinosi njegovoj dugovječnosti i pouzdanosti. Ovaj pristup omogućuje upotrebu tiskane pločice u različitim aplikacijama, pružajući visoku razinu fleksibilnosti i prilagodljivosti u skladu s potrebama korisnika.



Slika 4.19 Shematski prikaz spajanja tornjeva sa tiskanom pločicom

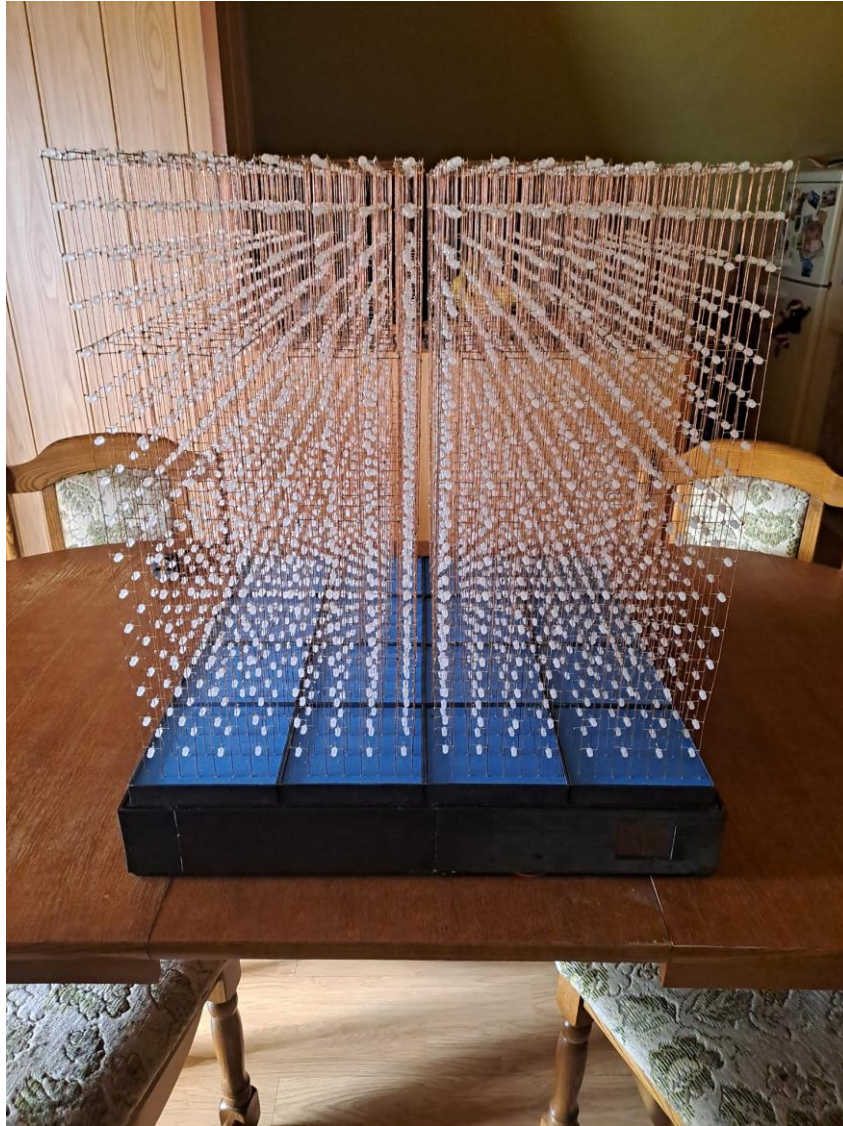


Ploča je projektirana s pažnjom na optimalnu raspodjelu komponenti i stabilnost. S donje strane ploče, napajanja su pričvršćena i osigurana na mjestima gdje je potrebno stabilno napajanje svih povezanih elemenata.

S gornje strane ploče, kutije za PCB su postavljene, a dizajnirane su tako da zaštite i organiziraju PCB-a. Konstrukcija kutija osigurava da se komponente unutar njih drže na mjestu, čime se smanjuje rizik od nesigurnosti ili pomicanja tijekom rada.

Cijela ploča, zajedno s pričvršćenim napajanjima i kutijama za PCB, pričvršćena je vijcima za postolje. Vijci osiguravaju čvrsto i stabilno pričvršćivanje, čime se omogućuje da ploča ostane na svom mjestu i da se svi povezani elementi pravilno drže tijekom rada. Postolje je projektirano tako da pruža adekvatnu podršku ploči i omogućava jednostavan pristup za održavanje i eventualne popravke.

Svaka komponenta na ploči pažljivo je pozicionirana kako bi se postigla optimalna funkcionalnost i dugovječnost sustava. Sustav pričvršćivanja osigurava stabilnost i sigurnost, dok također omogućuje lak pristup svim ključnim dijelovima u slučaju potrebe za servisiranjem ili nadogradnjom. Sve komponente su postavljene s obzirom na efikasnost i ergonomiju, čime se doprinosi boljoj izvedbi i pouzdanosti cijelog sustava.



*Slika 4.20 Kompletirana kocka*

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu za projektiranje i izrada postolja za 3D printer provedeni su s velikom pažnjom na detalje i funkcionalnost, koristeći PrusaSlicer za precizno definiranje svih parametara printanja. Postolje je modularno i sastoji se od osam pažljivo dizajniranih dijelova koji omogućuju lako sklapanje, stabilnost i fleksibilnost za buduće prilagodbe. Posebna pažnja posvećena je otvore za kabel za napajanje i LCD zaslon, kao i razmještaju napajanja i PCB ploča unutar okvira.

Svi dijelovi su dizajnirani da osiguraju optimalnu zaštitu, lakoću održavanja i dugotrajnost. Razmještaj napajanja s izlaznom snagom od 5V i 60A, zajedno s preciznim rasporedom LED dioda i signalnih pinova, omogućuje stabilan rad i ravnomjerno osvjetljenje. Korištenje konektora XT60 za napajanje osigurava pouzdane električne veze, dok specijalizirana PCB pločica s mikrokontrolerom Teensy 4.0 omogućava učinkovito upravljanje svim funkcijama sustava.

Rješenje u završnom radu ne samo da pruža funkcionalno i estetski privlačno postolje, već i osigurava dugoročnu pouzdanost i jednostavnost u održavanju, čime doprinosi cjelokupnoj učinkovitosti i performansama sustava.

## 6. LITERATURA

- [1] Što je LCD tehnologija i na koja 4 načina je bolja od CRT-a?, pristup 29.08.2024  
<https://dir.hr/sto-je-lcd/>
- [2] LCD – kako funkcionira LCD tehnologija, pristup 29.08.2024.,  
<https://www.ictbusiness.info/vijesti/kako-funkciionira-lcd-tehnologija>
- [3] LCD (Liquid Crystal Display), pristup 29.08.2024.,  
<https://www.techtarget.com/whatis/definition/LCD-liquid-crystal-display>
- [4] Što je tehnika 3D printanja, pristup 30.08.2024.,  
<https://www.jsadditive.com/hr/news/what-is-3d-printing-technique/>
- [5] What is 3D printing?, pristup 30.08.2024.,  
<https://edu.gcfglobal.org/en/thenow/what-is-3d-printing/1/#>
- [6] WS2812 data sheet, pristup 30.08.2024.,  
<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/WS2812.pdf>
- [7] ESP32 data sheet, pristup 30.08.2024.,  
[https://akizukidenshi.com/goodsuffix/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://akizukidenshi.com/goodsuffix/esp32_datasheet_en.pdf)

## SAŽETAK

U ovom završnom radu za dizajniranje postolja korišten je PrusaSlicer, alat za pripremu 3D modela za ispis. Postolje se sastoji od osam modularnih dijelova koji čine stabilan pravokutni okvir s preciznim otvorima za kabel napajanja i LCD zaslon. Središnji dio postolja sadrži četiri napajanja od 5V i 60A, raspoređena radi ravnoteže i ventilacije. Svaki od 16 dijelova okvira uključuje PCB s posebnim dizajnom za LED diode, gdje su pinovi i signali pažljivo raspoređeni za optimalno napajanje i upravljanje. LED diode su montirane u rešetke, koje omogućuju ravnomjerno osvjetljenje. Nakon postavljanja rešetki i lemljenja, PCB-ovi su smješteni u kutije i povezani s napajanjem putem pouzdanih XT60 konektora. Na kraju, specijalizirana PCB pločica s mikrokontrolerom Teensy 4.0 upravlja cijelim sustavom, uključujući LCD zaslon i dodirni ekran. Ova konfiguracija omogućava stabilan i dugotrajan rad sustava s visokim energetske zahtjevima.

## ABSTRACT

For designing the base, PrusaSlicer was used, a tool for preparing 3D models for printing. The base consists of eight modular parts that form a stable rectangular frame with precise openings for the power cable and LCD screen. The central part of the base houses four power supplies of 5V and 60A, arranged for balance and ventilation. Each of the 16 frame sections includes a PCB with a specific design for LED diodes, where pins and signals are carefully arranged for optimal power supply and control. The LED diodes are mounted in grids, allowing for even illumination. After positioning the grids and soldering, the PCBs are placed in enclosures and connected to the power supply via reliable XT60 connectors. Finally, a specialized PCB with a Teensy 4.0 microcontroller manages the entire system, including the LCD screen and touch interface. This setup ensures stable and long-lasting operation of the system with high energy demands.

## ŽIVOTOPIS

Danijel Bušić rođen 28.08.2002. godine u Koprivnici. Od rođenja živi u Virju, gdje stječe osnovnoškolsko obrazovanje u OŠ Franje Viktora Šignjara. Godine 2017. upisuje srednju Tehničku školu u Đurđevcu, smjer Tehničar za računalstvo, te nakon završetka srednje škole i polaganja državne mature upisuje preddiplomski stručni studij Automatike na fakultetu Elektrotehnike, Računarstva i Informacijskih tehnologija u Osijeku.

