

# WiFi pokaznik s WS2812D svijetlećim diodama

---

Peša, Patricija

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:200:587199>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**

*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**

**Sveučilišni prijediplomski studij Računarstvo**

**WIFI POKAZNIK S WS2812D SVJETLEĆIM DIODAMA**

**Završni rad**

**Patricija Peša**

**Osijek, 2024.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1P: Obrazac za ocjenu završnog rada na sveučilišnom prijediplomskom studiju****Ocjena završnog rada na sveučilišnom prijediplomskom studiju**

<b>Ime i prezime pristupnika:</b>	Patricija Peša
<b>Studij, smjer:</b>	Sveučilišni prijediplomski studij Računarstvo
<b>Mat. br. pristupnika, god.</b>	R4703, 28.07.2021.
<b>JMBAG:</b>	0165091777
<b>Mentor:</b>	izv. prof. dr. sc. Tomislav Matić
<b>Sumentor:</b>	Ivana Kovačević, univ. mag. ing. comp.
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Naslov završnog rada:</b>	WiFi pokaznik s WS2812D svijetlećim diodama
<b>Znanstvena grana završnog rada:</b>	Arhitektura računalnih sustava (zn. polje računarstvo)
<b>Zadatak završnog rada:</b>	U radu je potrebno dizajnirati pokaznik s WS2812D svijetlećim diodama. Pokaznik je potrebno realizirati s najmanje 5x5 svijetlećih dioda na elektroničkoj tiskanoj pločici te omogućiti upravljanje pomoću internet stranice s odabranim mikroupravljačkim sustavom. Rad rezerviran za: Patricija Peša Sumentor: Ivana Kovačević
<b>Datum prijedloga ocjene završnog rada od strane mentora:</b>	16.09.2024.
<b>Prijedlog ocjene završnog rada od strane mentora:</b>	Izvrstan (5)
<b>Datum potvrde ocjene završnog rada od strane Odbora:</b>	25.09.2024.
<b>Ocjena završnog rada nakon obrane:</b>	Izvrstan (5)
<b>Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije završnog rada čime je pristupnik završio sveučilišni prijediplomski studij:</b>	27.09.2024.



**FERIT**

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

## IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Osijek, 27.09.2024.

**Ime i prezime Pristupnika:**

Patricija Peša

**Studij:**

Sveučilišni prijediplomski studij Računarstvo

**Mat. br. Pristupnika, godina upisa:**

R4703, 28.07.2021.

**Turnitin podudaranje [%]:**

4

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **WiFi pokaznik s WS2812D svjetlećim diodama**

izrađen pod vodstvom mentora izv. prof. dr. sc. Tomislav Matić

i sumentora Ivana Kovačević, 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

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Zadatak završnog rada</b> .....	<b>1</b>
<b>2. TRENUTNO STANJE TEHNIKE</b> .....	<b>2</b>
<b>3. POKAZNIK S WS2812D SVJETLEĆIM DIODAMA</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1. Sklopovlje</b> .....	<b>5</b>
3.1.1. ESP8266 mikroupravljač .....	5
3.1.2. WS2812D F-5 svjetleće diode .....	6
3.1.3. Napajanje.....	7
3.1.4. Shema i dizajn PCB-a.....	8
<b>3.2. Programska podrška</b> .....	<b>10</b>
3.2.1. Algoritam upravljanja.....	11
3.2.2. Dizajn fonta .....	12
<b>3.3. Testiranje</b> .....	<b>12</b>
<b>4. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>16</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
<b>SAŽETAK</b> .....	<b>19</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>20</b>
<b>PRILOZI</b> .....	<b>21</b>

# 1. UVOD

Programabilne svjetleće diode (engl. *Light-emitting diode* - svjetleća dioda - LED) predstavljaju svjetleću diodu s ugrađenim integriranim sklopom za kontrolu intenziteta i boje svjetla diode [1]. Ovaj završni rad opisuje razvoj WiFi (engl. *Wireless Fidelity* – bežična mreža) pokaznika koji omogućuje upravljanje sklopovljem koje predstavlja matrica sastavljena od WS2812D svjetlećih dioda putem mrežnog sučelja.

Cilj rada je dizajnirati i implementirati sustav koji korisnicima omogućuje jednostavno upravljanje bojama i intenzitetom svjetla na sklopovlju putem mrežnog sučelja. Uređaj se povezuje na 2.4 GHz WiFi mrežu, omogućujući korisnicima pristup konfiguracijskoj internet stranici putem bilo kojeg uređaja s pristupom lokalnoj mreži. Korištenjem mikroupravljača i programabilnih WS2812D dioda, korisnici mogu dinamički mijenjati prikaz na sklopovlju, birajući različite uzorke, boje i tekstualne sadržaje. Pokaznik je moguće nadograditi i kombinirati s drugim jedinicama istog dizajna, što omogućuje korisnicima da kreiraju složeniji dizajn prema vlastitim željama.

Struktura završnog rada podijeljena je na nekoliko poglavlja. U drugom poglavlju istražuju se i analiziraju komercijalno dostupni uređaji i sustavi slični predloženom rješenju, pružajući pregled tehnologija, funkcionalnosti i ograničenja. Treće poglavlje detaljno opisuje proces razvoja i implementacije uređaja, uključujući sklopovlje, programsku podršku i testiranje uređaja. Posljednje, četvrto poglavlje, zaključuje rad i predlaže buduće nadogradnje pokaznika.

## 1.1. Zadatak završnog rada

U radu je potrebno dizajnirati pokaznik s WS2812D svjetlećim diodama. Pokaznik je potrebno realizirati s najmanje 5x5 svjetlećih dioda na elektroničkoj tiskanoj pločici te omogućiti upravljanje pomoću internet stranice s odabranim mikroupravljačkim sustavom.

## 2. TRENUTNO STANJE TEHNIKE

U posljednjih nekoliko godina tržište je zabilježilo porast različitih uređaja i sustava koji omogućuju daljinsko upravljanje putem bežičnih mreža [2]. U nastavku se analiziraju neka od komercijalno dostupnih rješenja koja su slična uređaju razvijenom u ovom završnom radu.

Jedan od proizvoda na tržištu je *Adafruit NeoPixel Matrix*, dvodimenzionalna matrica koje koristi WS2812 diode za izradu različitih oblika i veličina LED matrice. Ovaj proizvod nudi jednostavnu integraciju s mikroupravljačima, omogućujući korisnicima da kreiraju vlastite uzorke i animacije. Upravljanje *NeoPixel* matricom zahtijeva osnovno poznavanje programiranja, a daljinsko upravljanje putem WiFi mreže obično se implementira pomoću dodatnih modula kao što je ESP8266. Primjer matrice koja se sastoji od 5x8 LED-ica prikazan je na slici 2.1. [3].

Drugi primjer je *Blynk IoT* platforma. Iako nije specifično razvijena za upravljanje LED matricama, *Blynk* omogućuje korisnicima da putem mobilne aplikacije upravljaju različitim IoT (engl. *Internet of Things* – internet stvari) uređajima, uključujući LED. Ova platforma nudi fleksibilnost i širok spektar mogućnosti za razvoj prilagođenih rješenja. *Blynk IoT* platforma nudi nekoliko aplikacija, od kojih je važno spomenuti *Blynk App* (glavna mobilna aplikacija koja omogućuje korisnicima stvaranje i upravljanje korisničkim sučeljima), *Blynk Console* (web aplikacija koja omogućava konfiguraciju uređaja, upravljanje podacima, korisnicima, organizacijama i lokacijama, te daljinsko praćenje i kontrolu uređaja), te *Blynk IoT* (platforma upravljanje IoT projektima koja nudi napredne značajke za povezivanje, praćenje i upravljanje uređajima putem web i mobilnih aplikacija) [4].



Sl. 2.1. Prikaz NeoPixel matrice [5].

*Nanoleaf Light Panels* su još jedno rješenje koje omogućuje daljinsko upravljanje LED panelima. Iako se razlikuju u formatu od LED matrica, *Nanoleaf* paneli nude sličnu funkcionalnost s naglaskom na estetiku i jednostavnost korištenja. Povezani putem WiFi mreže, ovi paneli omogućuju korisnicima prilagodbu boja i uzoraka putem mobilne aplikacije. Nedostatak ovih sustava, u usporedbi s LED matricama, je njihova visoka cijena i ograničena prilagodljivost. Primjer postavljenih panela vidljiv je na slici 2.2. [6].



Sl. 2.2. Prikaz Nanoleaf panela [7].

*WLED firmware* je još jedno popularno rješenje koje omogućuje upravljanje WS2812 i sličnim LED trakama putem WiFi mreže. Koristi se s modulima kao što su ESP8266 ili ESP32, te omogućuje korisnicima daljinsku kontrolu svjetlećih dioda putem web sučelja ili mobilne aplikacije. *WLED* nudi širok raspon efekata i animacija, te podršku za integraciju s drugim IoT platformama, poput aplikacija za pomoć u kućanstvu [8].

*Philips Hue Lightstrip Plus* je komercijalno rješenje iz *Philips Hue* ekosustava pametnih svjetala koje omogućuje daljinsko upravljanje LED trakama putem WiFi mreže ili Bluetooth-a. Namijenjen je kućnoj upotrebi i nudi prilagodbu boja, svjetline i uzoraka putem mobilne aplikacije. Iako je primarno usmjeren na ambijentalno osvjetljenje, također nudi slične funkcionalnosti u pogledu promjene boje i efekata, ali s ograničenjem na prilagodljivost i veću cijenu zbog potrebe za dodatnim *Philips Hue* središnjim uređajem. Primjer *Philips Hue* sustava vidljiv je na slici 2.3. [9].



Svi navedeni sustavi nude korisnicima mogućnost daljinskog upravljanja LED-ovima, no svaki ima svoje specifičnosti, prednosti i ograničenja. Usporedba s razvijenim uređajem pokazuje da je prednost ovog završnog rada u pružanju korisnički orijentiranog rješenja koje kombinira jednostavnost upravljanja putem mrežnog sučelja i visoku razinu prilagodljivosti LED matrice. Za razliku od komercijalno dostupnih rješenja, ovaj uređaj omogućuje detaljnu kontrolu nad uzorcima, bojama i prikazom teksta, što ga čini prilagodljivim za različite potrebe i primjene.



Sl. 2.3. Prikaz Philips Hue sustava [10].

Zahtjevi zadatka su dizajnirati i kreirati WiFi pokaznik koji se sastoji od LED matrice s minimalnim dimenzijama 5x5, sastavljene od WS2812 F-5 LED-ica. Pokaznik treba omogućiti proširenje na veće dimenzije, poput 10x5, 10x10, i slično. Upravljačka funkcionalnost pokaznika mora biti dostupna putem mrežnog sučelja, kojemu se može pristupiti pomoću pametnog uređaja povezanog na lokalnu mrežu na koju je pokaznik povezan.

### 3. POKAZNIK S WS2812D SVJETLEĆIM DIODAMA

U sljedećim potpoglavljima detaljno je objašnjeno sklopovlje i programska podrška za razvoj WiFi pokaznika s WS2812D svjetlećim diodama.

#### 3.1. Sklopovlje

Razvoj sklopovlja za WiFi pokaznik s WS2812D svjetlećim diodama uključuje odabir i integraciju svih potrebnih elektroničkih komponenti koje omogućuju upravljanje LED matricom putem WiFi mreže. U ovom potpoglavlju opisuju se korištene komponente, njihova funkcionalnost i način povezivanja unutar sustava.

S obzirom na navedene zahtjeve za izradu sklopovlja odabrane su komponente prikazane u tablici 3.1. .

Tab. 3.1. Popis korištenih komponenti za razvoj sklopovlja.

#	Naziv	Opis
1	Wemos D1 mini	Razvojna pločica temeljena na ESP8266 mikroupravljaču
2	WS2812D svjetleće diode	Programabilne RGB diode
3	Napajanje	Osigurava napajanje sustava
4	Kondenzatori	Filtriranje šuma
5	7-pinski header	Spajanje više pokaznika
6	2-pinski rubni konektor	Spajanje napajanja na sklopovlje
7	Konektor za napajanje	Spaja se na rubni konektor
8	Tiskana pločica	Fizičko povezivanje i montaža komponenti

##### 3.1.1. ESP8266 mikroupravljač

Za upravljanje WS2812D diodama korišten je mikroupravljač ESP8266, koji je integriran na razvojnoj pločici Wemos D1 mini, navedenoj u popisu korištenih komponenti (tablica 3.1. i vidljivoj na slici 3.1.. ESP8266 je 32-bitni mikroupravljač poznat po svojoj visokoj razini integracije s WiFi funkcionalnostima, što ga čini idealnim za projekte koji zahtijevaju bežičnu povezanost, poput ovog završnog rada.

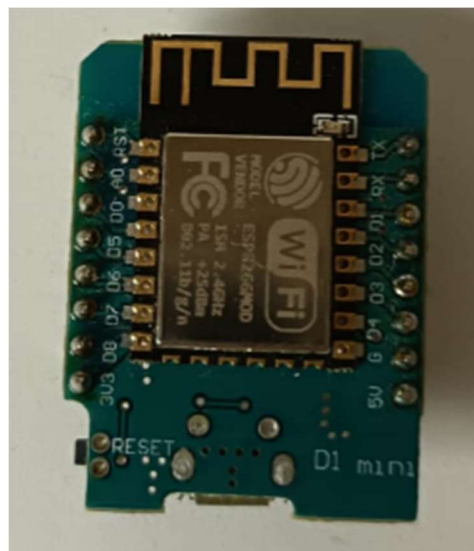
Mikroupravljač ESP8266 u sebi ima ugrađen WiFi modul, omogućujući uređaju povezivanje na 2.4 GHz mreže. Ova mogućnost omogućuje korisnicima daljinsko upravljanje sklopovljem putem mrežnog sučelja, čime se osigurava fleksibilnost i jednostavnost korištenja uređaja. WiFi modul podržava standarde 802.11 b/g/n, što ga čini kompatibilnim s velikim brojem bežičnih mreža.

Jedna od prednosti ESP8266 mikroupravljača je njegova mogućnost programiranja u razvojnom okruženju Arduino IDE. Arduino IDE nudi intuitivno razvojno okruženje s velikim brojem

biblioteka koje olakšavaju rad s različitim komponentama, uključujući WS2812D diode. To omogućuje jednostavno pisanje koda i brzu implementaciju različitih funkcionalnosti.

Signal takta mikroupravljača ESP8266 je 80 MHz (koji se može povećati na 160 MHz), što mu omogućuje brzo i učinkovito upravljanje velikim brojem LED. Takva brzina obrade ključna je za postizanje glatkih animacija i preciznog prikaza svjetlosnih efekata, bez primjetnih zastoja ili kašnjenja.

Pored toga, ESP8266 omogućuje komunikaciju putem *UART-a* (engl. *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* - univerzalni asinkroni prijamnik i odašiljač), čime se osigurava stabilna i brza razmjena podataka između mikroupravljača i perifernih uređaja [11].



Sl. 3.1. Prikaz korištenog mikroupravljača.

### 3.1.2. WS2812D F-5 svjetleće diode

WS2812D F-5 su programabilne RGB (engl. *Red, Green and Blue* – crvena, zelena i plava) LED koje se ističu svojom sposobnošću prikaza širokog spektra boja i fleksibilnošću u dizajnu svjetlosnih instalacija. Dioda imaju oblik standardnog 5050 paketa, što znači da su dimenzije dioda 5 mm x 5 mm. Prikaz korištenih dioda nalazi se na slici 3.2..

Jedna od karakteristika WS2812D dioda je njihova sposobnost da se povezuju u niz, što omogućuje jednostavno stvaranje velikih LED matrica ili traka. S obzirom da diode, za razliku od klasičnih, imaju 4 nožice (DIN, VCC, GND, DO) te se serijski spaja DO nožica prethodne diode s DIN nožicom sljedeće diode, sve diode u nizu mogu se kontrolirati pomoću jedne linije podataka, što pojednostavljuje ožičenje i smanjuje broj potrebnih kontrolnih signala. Ova karakteristika omogućuje izgradnju složenih svjetlosnih sustava uz minimalan broj poveznica, što je idealno za

projekte s ograničenim prostorom ili jednostavnijim dizajnom, kao što je ovaj projekt za završni rad.

Svaka WS2812D dioda sadrži integrirani upravljački čip, to omogućuje precizno upravljanje svakom diodom u nizu bez potrebe za vanjskim upravljačkim sklopovima. Ovaj čip prima serijski podatkovni signal i automatski prosljeđuje preostale podatke sljedećoj diodi u nizu.

WS2812D diode mogu prikazati 24-bitnu boju (8 bita za svaku komponentu boje), što omogućuje stvaranje više od 16 milijuna različitih nijansi boja. Osim toga, svaka dioda može se neovisno podesiti po svjetlini, omogućujući postizanje različitih intenziteta svjetla.

Prednost WS2812D dioda je njihova kompatibilnost s raznim mikroupravljačima i razvojnim platformama, uključujući prethodno spomenute Arduino IDE i ESP8266. S obzirom da su dostupne mnoge biblioteke i primjeri koda, omogućeno je jednostavno programiranje i implementacija WS2812D dioda, time se smanjuje složenost u razvoju softverskog dijela sustava te se omogućuje brza integracija i testiranje [1].



Sl. 3.2. Prikaz korištenih WS2812D F-5 dioda [12].

### 3.1.3. Napajanje

Za napajanje cijelog sustava koristi se 5 V 2,5 A DC (engl. *Direct Current* – istosmjerna struja) izvor. WS2812D diode, kada su u maksimalnom intenzitetu svjetlosti, troše približno 20 mA po boji, što ukupno čini 60 mA kada su sve tri boje (crvena, zelena i plava) na punom intenzitetu, odnosno kada su diode u bijeloj boji [1]. Za pokaznik sastavljen od 5x5 WS2812D dioda, ukupna potrošnja struje može biti oko 1,5 A kada su sve diode svijetle u bijeloj boji. Izvor od 2,5 A

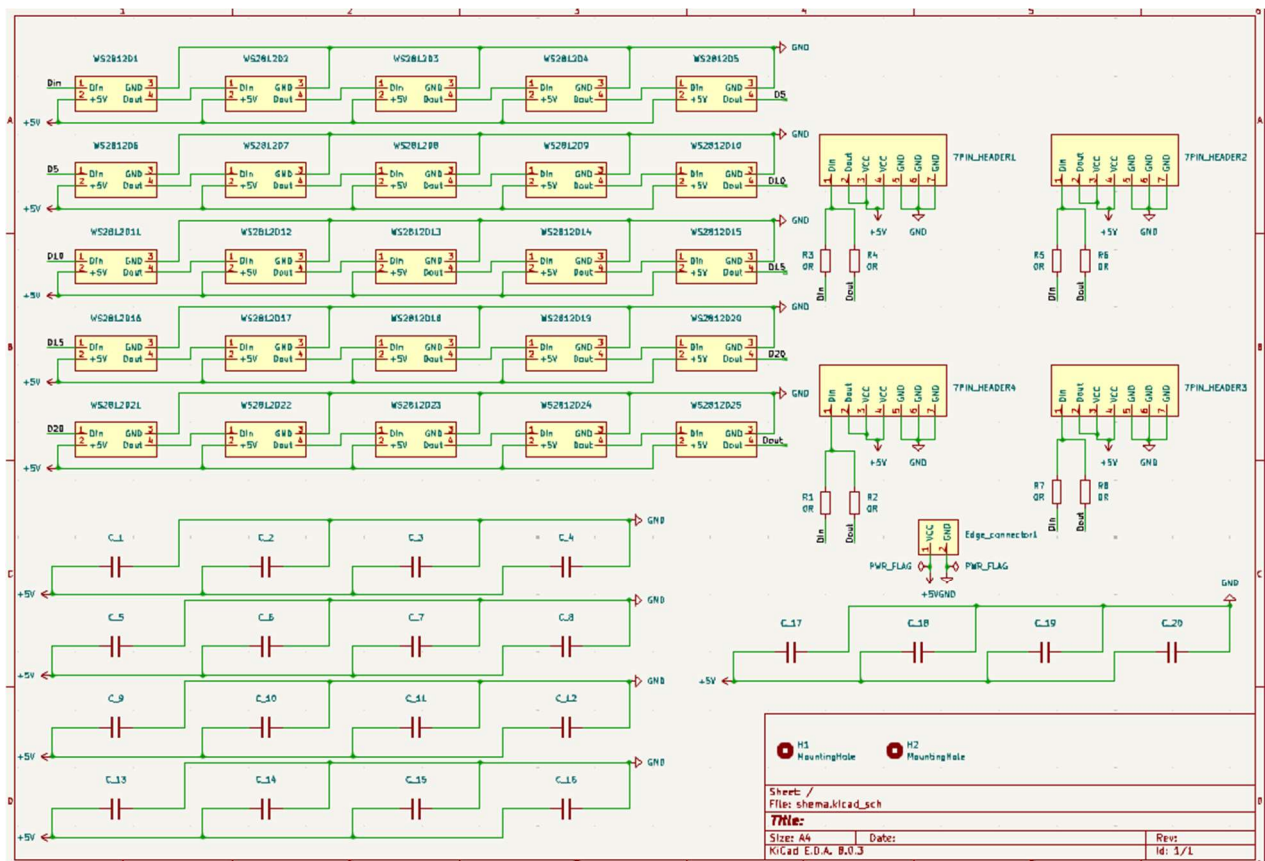
osigurava dovoljno struje za rad svih dioda na maksimalnoj svjetlini, uz odgovarajući sigurnosni faktor za stabilnost sustava.

Prema preporuci proizvođača WS2812D dioda [1] za svaku diodu postavljen je kondenzator između VCC nožice i GND nožice diode u neposrednoj blizini nožica. Navedeno služi za uklanjanje mogućeg smetnji napajanja.

### 3.1.4. Shema i dizajn PCB-a

Za izradu sheme sklopa i tiskane pločice korišten je KiCAD, alat za dizajn elektroničkih sklopova. KiCAD je odabran budući da je besplatan i podržan od široke zajednice [13].

Shema sklopa prikazuje povezivanje svih elektroničkih komponenata prisutnih na PCB-u koje su nužne za funkcionalnost cijelog sklopovlja te je vidljiva na slici 3.3..

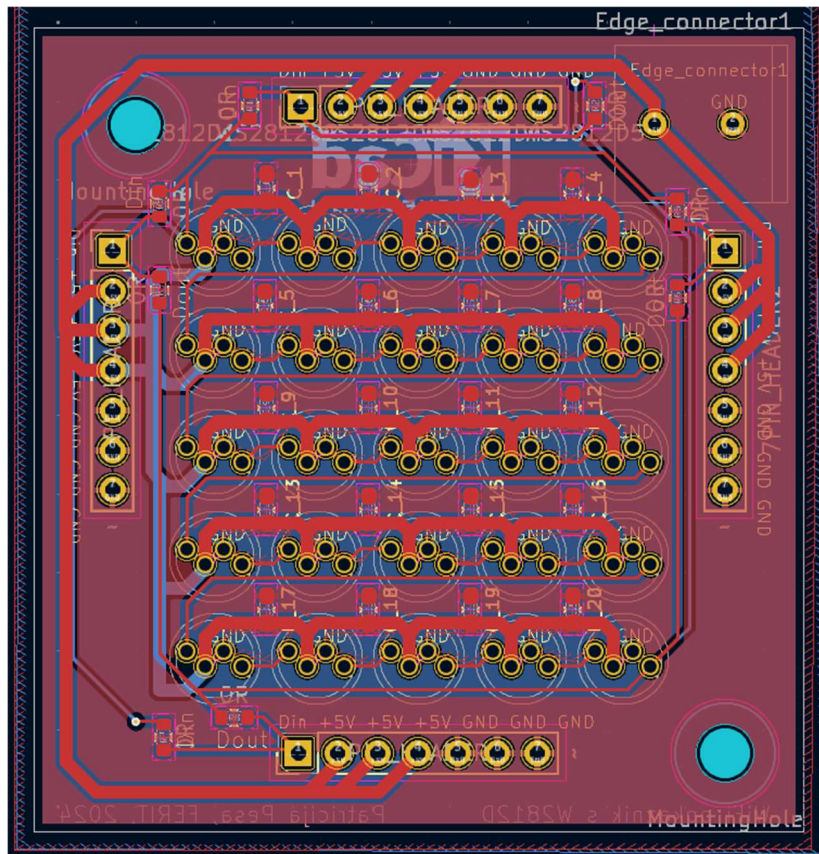


Sl. 3.3. Shema sklopovlja.

Za povezivanje više pokaznika korišteni su tzv. jumper otpornici. Ovi otpornici se postavljaju i leme u skladu s potrebom prima li pokaznik podatke ili ih šalje te su postavljeni na nožicu header-a koja služi za prijenos podataka, vidljivo na slici 3.3.. Jumper otpornici imaju vrijednost  $0 \Omega$  te

omogućuju prilagodbu konfiguracije veze između različitih pokaznika, omogućujući preusmjeravanje signala i postizanje pravilne funkcionalnosti sustava [14].

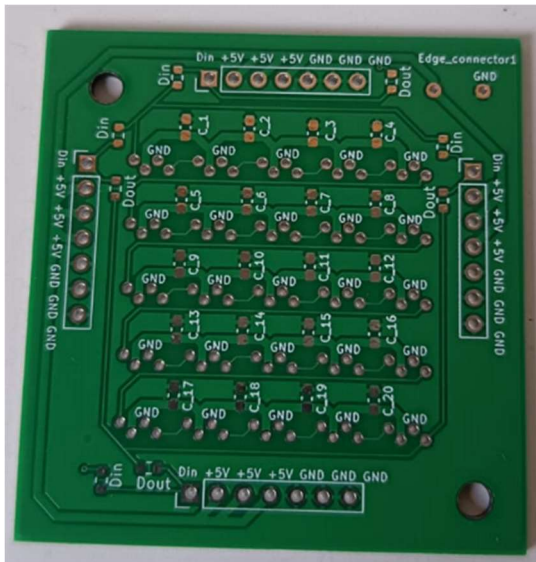
Tiskana pločica dizajnirana je u PCB Editoru sadržanog u KiCAD-u. Prikaz dizajna te razmještaj komponenata na tiskanoj pločici vidljiv je na slici 3.4.. S obzirom na to da WS2812D LED-ice troše značajnu količinu struje, žice koje provode struju do LED-ica i među njima morale su imati minimalnu debljinu od 0,8 milimetara kako bi se smanjio otpor i spriječilo pregrijavanje [15]. Dodani su M3 provrti za montažu kako bi u budućnosti bilo moguće montirati pokaznik na držač.



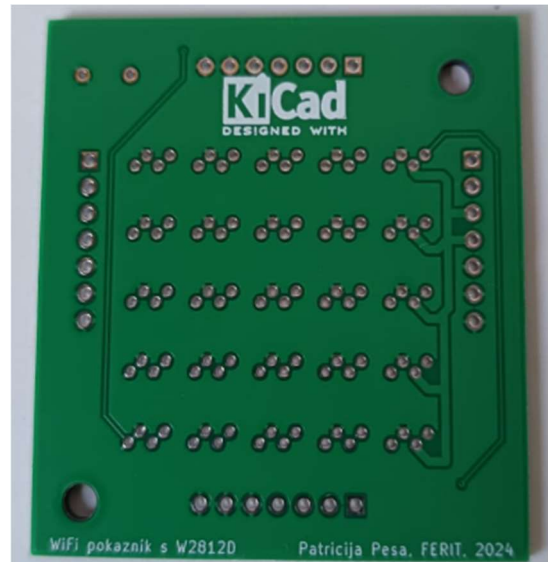
Sl. 3.4. Prikaz spojenih komponenata na tiskanoj pločici.

Koristeći JLCPCB servis, izrađen je prototip pločice (vidljiv na slikama 3.5. i 3.6.) koji je spreman za lemljenje komponenata.

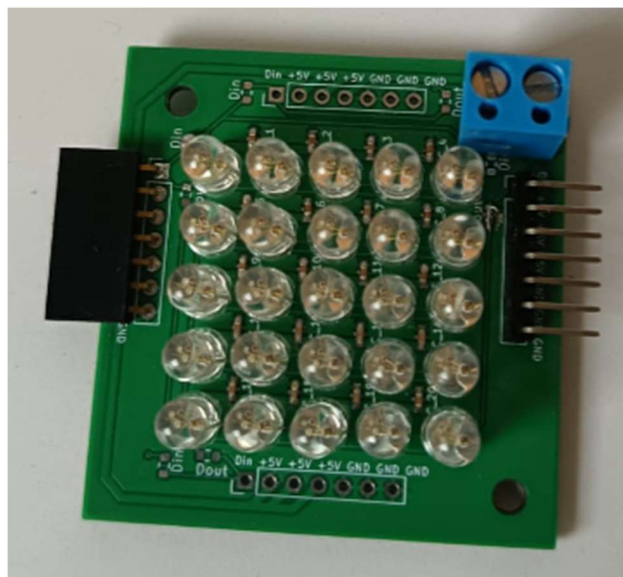
Prikaz gotovog pokaznika vidljiv je na slici 3.7..



Sl. 3.5. Prikaz prototipa tiskane pločice (prednja strana).



Sl. 3.6. Prikaz prototipa tiskane pločice (stražnja strana).



Sl. 3.7. Prikaz gotove tiskane pločice.

### 3.2. Programska podrška

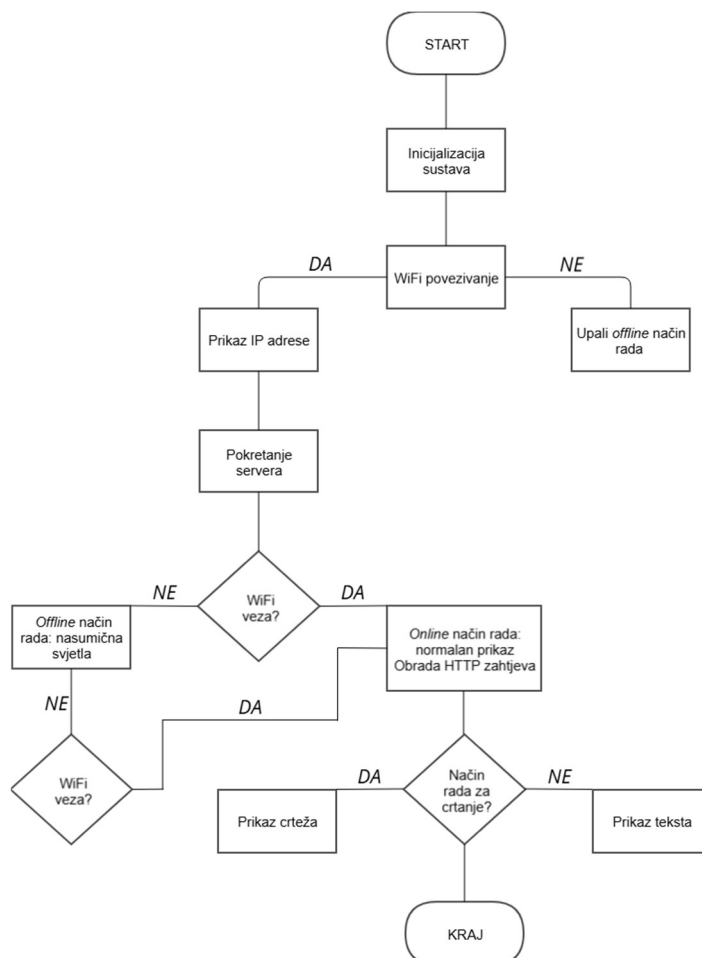
Programska podrška za WiFi pokaznik s WS2812D svjetlećim diodama razvijena je pomoću Arduino IDE [16] razvojnog okruženja. Za razvoj programa korištene su sljedeće biblioteke: *ESP8266WiFi* [17] za upravljanje WiFi funkcionalnostima, *ESP8266WiFiMulti* [17] za omogućavanje višestrukih WiFi veza, *EEPROM* [18] za pohranu i čitanje podataka iz memorije, *ESP8266WebServer* [19] za postavljanje web poslužitelja, *Adafruit\_GFX* [20] za grafičke operacije, te *Adafruit\_NeoMatrix* [21] i *Adafruit\_NeoPixel* [22] za upravljanje WS2812D LED diodama i kreiranje svjetlosnih efekata na LED matrici. Glavni zadaci programske podrške uključuju:

- uspostavljanje WiFi veze s unaprijed definiranom mrežom
- pokretanje web poslužitelja koji omogućuje korisnicima pristup uređaju putem web sučelja
- obrada korisničkih unosa s web sučelja za promjenu teksta, boje, svjetline ili načina rada uređaja
- upravljanje WS2812D LED diodama za prikaz odabranih tekstualnih poruka, boja i svjetlosnih efekata.

Kôd uključuje funkcije za inicijalizaciju sklopovlja, obradu korisničkih zahtjeva, te generiranje i prikazivanje vizualnih efekata na pokazniku. Programska podrška također osigurava mogućnost dinamičkog prebacivanja između različitih načina rada, poput prikaza teksta ili crtaćeg načina rada.

### 3.2.1. Algoritam upravljanja

Algoritam upravljanja razvijen je kako bi omogućio učinkovito funkcioniranje WiFi pokaznika s WS2812D svjetlećim diodama putem web sučelja. Prikaz algoritma nalazi se na slici 3.8.

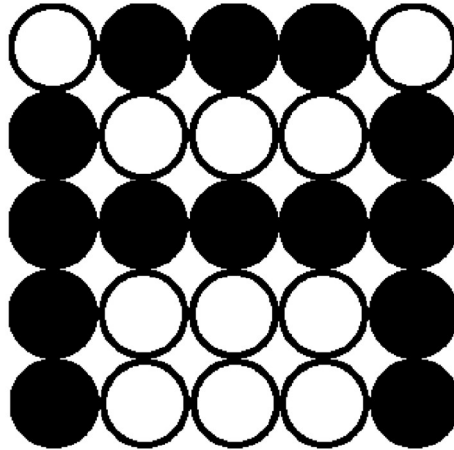


Sl. 3.8. Algoritam upravljanja pokaznikom.



### 3.2.2. Dizajn fonta

Biblioteka *Adafruit\_NeoMatrix* sadrži ugrađen font čiji su znakovi veličine 5x7 piksela, no taj font nije kompatibilan s matricom dimenzija 5x5, što znači da znakovi neće biti prikazani cjelovito na matrici manjih dimenzija. Zbog toga je izrađen vlastiti font prilagođen specifikacijama pokaznika, kako bi svi znakovi bili pravilno prikazani unutar dostupnih dimenzija LED matrice, primjer za slovo A prikazan je na slici 3.9.. Font je realiziran binarnim zapisom svakog znaka kao što je vidljivo na slici 3.10. te je ispis na matrici vidljiv na slikama 3.12. i 3.13..



Sl. 3.9. Prikaz ideje prema specifikacijama pokaznika za slovo A.

```
{  
  0b01110,  
  0b10001,  
  0b11111,  
  0b10001,  
  0b10001  
}
```

Sl. 3.10. Prikaz kôda za slovo A.

### 3.3. Testiranje

Testiranje uređaja provedeno je koristeći end-to-end pristup [23], koji obuhvaća cjelokupan proces rada sustava, od početne konfiguracije do krajnjeg korisničkog iskustva. Ovakav način testiranja omogućio je provjeru svih funkcionalnosti uređaja, uključujući stabilnost WiFi povezivosti, ispravnost prikaza na LED matrici te interakciju putem mrežnog sučelja. Tijekom testiranja, sustav je evaluiran u realnim uvjetima rada kako bi se osiguralo da sve komponente, uključujući sklopovlje i programsku podršku, funkcioniraju u cjelini.

Funkcionalno testiranje provedeno je kako bi se provjerilo pravilno funkcioniranje svih elektroničkih komponenti i odgovarajuća reakcija na korisničke zahtjeve. Testovi su uključivali:

- pokretanje uređaja i inicijalizaciju svih sustava (WiFi, LED matrica, mrežni poslužitelj)
- provjera prikaza tekstualnih poruka na LED matrici pomoću funkcije `scrollMessage()`
- provjera promjene boje i svjetline LED dioda kao odgovor na korisničke zahtjeve putem funkcija `handleColorChange()` i `handleBrightnessChange()`
- testiranje funkcionalnosti crtanja i ručnog uključivanja/isključivanja piksela pomoću funkcije `handleTogglePixel()`.

Testiranje WiFi povezivosti provedeno je kako bi se osigurala stabilna i pouzdana veza između uređaja i mreže. Glavne aktivnosti uključuju:

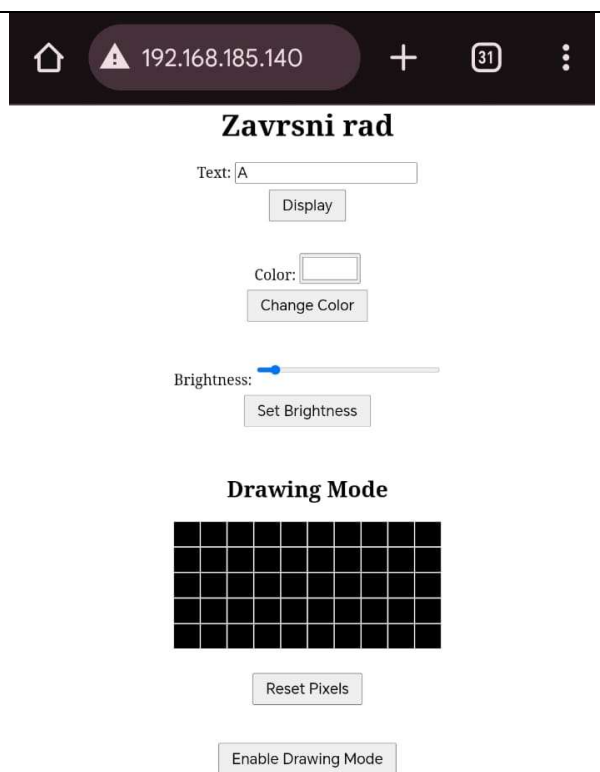
- povezivanje uređaja s unaprijed definiranom WiFi mrežom i prikaz IP adrese na LED matrici
- provjera automatskog ulaska u *offline* način rada u slučaju gubitka veze
- ponovno povezivanje uređaja na mrežu i vraćanje u *online* način rada, uključujući ažuriranje korisničkih postavki putem web sučelja.

Evaluacija korisničkog sučelja provedena je kako bi se osiguralo da je mrežno sučelje intuitivno i lako za korištenje. Aktivnosti uključuju:

- testiranje odaziva sučelja prilikom unosa teksta, promjene boje i svjetline
- provjera ispravnog ažuriranja prikaza na LED matrici na temelju korisničkih unosa
- testiranje funkcionalnosti za crtanje i resetiranje piksela, te prebacivanje između različitih načina rada.

Nakon završetka razvoja i testiranja, uređaj je uspješno implementiran s funkcionalnostima koje su zadane u početnim zahtjevima projekta. Gotovi kôd sadržan u prilogu sadrži sve potrebne funkcije za upravljanje WiFi pokaznikom s WS2812D svjetlećim diodama, uključujući inicijalizaciju sustava, upravljanje LED matricom, obradu korisničkih unosa putem web sučelja i održavanje stabilne WiFi veze.

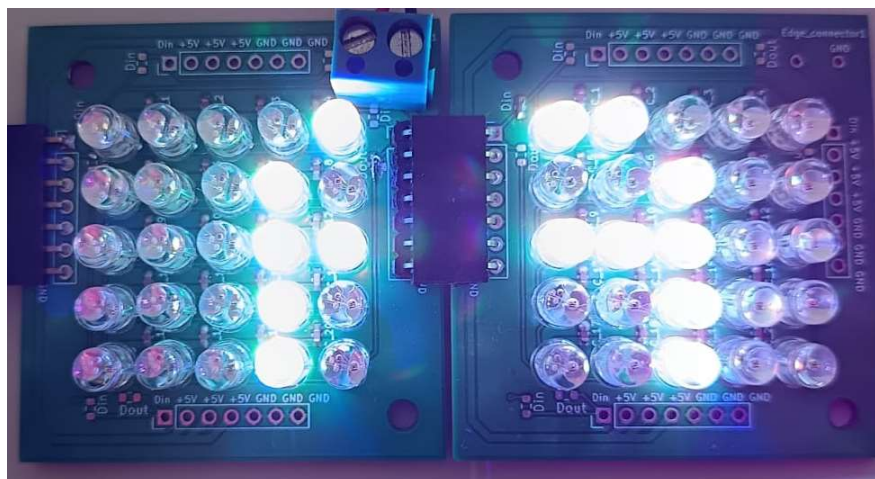
Na slikama 3.11. i 3.14. je vidljivo mrežno sučelje te prikaz na pokazniku prema zahtjevima mrežnog sučelja je prikazan na slikama 3.12., 3.13., 3.15. i 3.16..



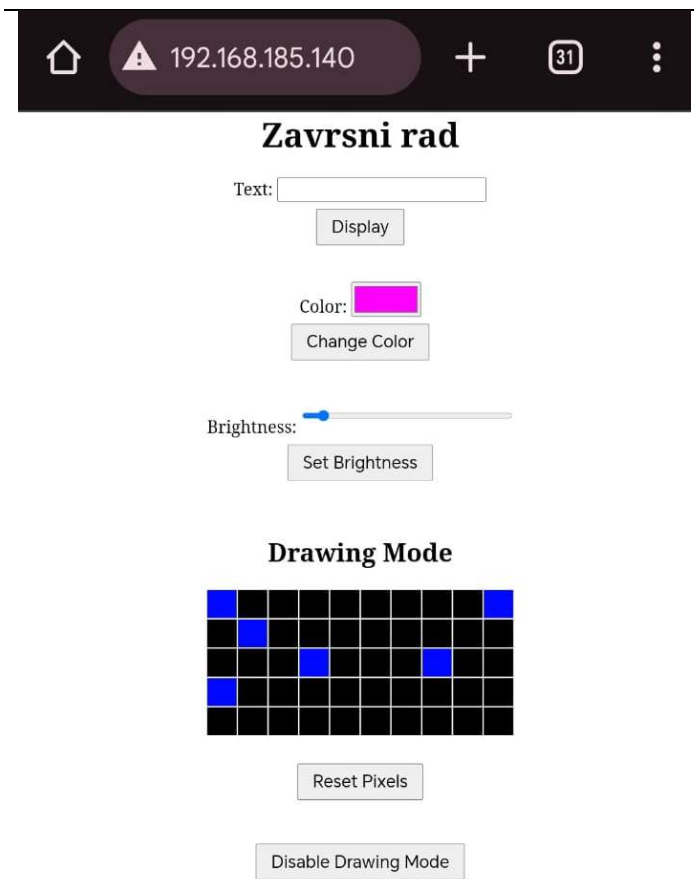
Sl. 3.11. Mrežno sučelje u tekstualnom načinu rada.



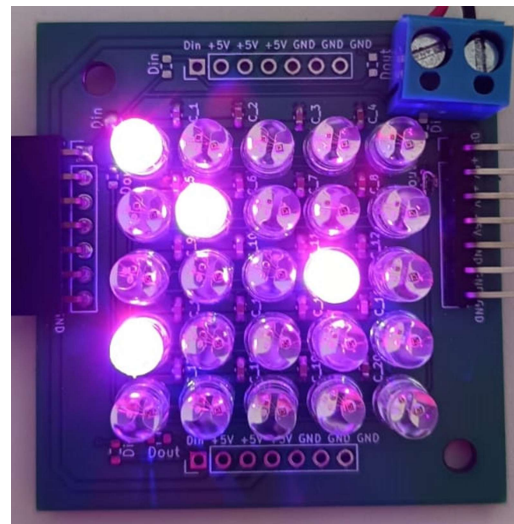
Sl. 3.12. Prikaz rezultata korisničkog zahtjeva na jednom pokazniku.



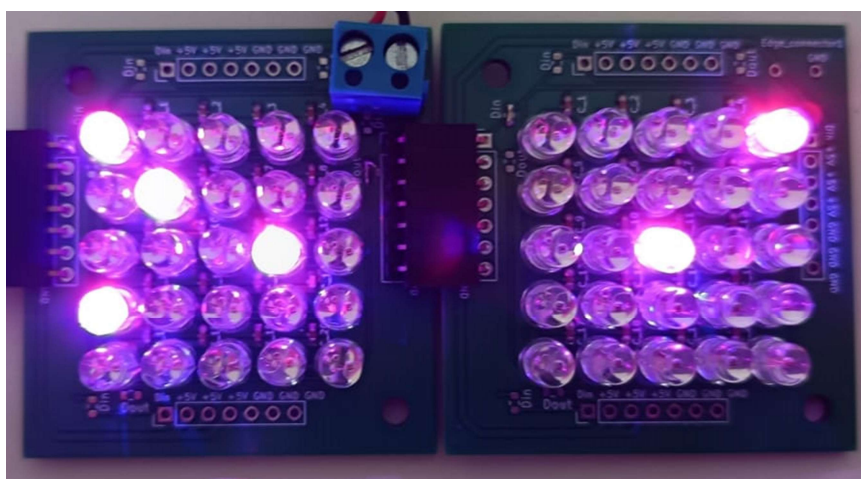
Sl. 3.13. Prikaz rezultata korisničkog zahtjeva na dva spojena pokaznika.



Sl. 3.14. Mrežno sučelje u crtačem načinu rada.



Sl. 3.15. Prikaz rezultata korisničkog zahtjeva na jednu pokazniku.



Sl. 3.16. Prikaz rezultata korisničkog zahtjeva na dva spojena pokaznika.

## 4. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu prikazan je proces razvoja i implementacije WiFi pokaznika s WS2812D svjetlećim diodama, uređaja koji omogućuje daljinsko upravljanje LED matricom putem WiFi mreže. Cilj projekta bio je stvoriti fleksibilan i prilagodljiv uređaj koji korisnicima pruža intuitivno korisničko iskustvo za prikaz teksta, boja i svjetlosnih efekata na LED matrici.

Za razvoj uređaja korišten je ESP8266 mikroupravljač za WiFi povezivanje, WS2812D LED diode za prikaz svjetlosnih efekata te programska podrška implementirana u Arduino IDE-u koja upravlja svim funkcijama uređaja. Korištene biblioteke omogućile su jednostavnu integraciju sklopovlja i programske podrške. Provedena su testiranja kako bi se potvrdila funkcionalan rad sustava. Uređaj je uspješno prošao sve testove za jedna i dva pokaznika.

Iako je uređaj u potpunosti funkcionalan, postoji nekoliko mogućnosti za daljnji razvoj. To uključuje optimizaciju algoritama za upravljanje svijetlećim diodama radi poboljšanja performansi, dodavanje dodatnih mogućnosti za korisničko sučelje, poput prilagodljivih animacija ili integracije s drugim IoT uređajima i sustavima. Također, uređaj bi se mogao ugraditi u odgovarajuće kućište, čime bi se povećala njegova prilagodljivost i mogućnost primjene u različitim scenarijima. Dodatno, može se promijeniti raspored LED-ica na tiskanoj pločici na način da se omogući veći razmak između LED-ica i vizualno ukloni razmak prilikom spajanja više pokaznika.

## LITERATURA

- [1] alldatasheet.com, „WS2812D-F5 Datasheet(PDF)“ [online]. Dostupno na: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1570129/WORLDSEMI/WS2812D-F5.html>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [2] „Remote Controls Technology: Revolutionizing Device Control, The Evolution, Applications, and Pros and Cons - The Tech Vortex“ [online], 16-srp-2024. Dostupno na: <https://the-tech-vortex.com/2024/07/16/remote-controls-technology/>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [3] P., Burgess, „NeoPixel Matrices | Adafruit NeoPixel Überguide | Adafruit Learning System“ [online]. Dostupno na: <https://learn.adafruit.com/adafruit-neopixel-uberguide/neopixel-matrices>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [4] „Introduction | Blynk Documentation“ [online], 15-tra-2024. Dostupno na: <https://docs.blynk.io/en/>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [5] „1430-00.jpg (1200×900)“ [online]. Dostupno na: <https://cdn-shop.adafruit.com/1200x900/1430-00.jpg>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [6] „Here’s EVERYTHING You Need to Know About Matter + Why It Matters to YOU!“ [online]. Dostupno na: <https://nanoleaf.me/en-US/newsroom/blogs/5697/>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [7] „Review: Nanoleaf’s ‚Aurora Smarter Kit‘ Offers Awesome HomeKit-Enabled Mood Lighting for \$200“ [online], 16-stu-2018. Dostupno na: <https://www.macrumors.com/review/nanoleaf-aurora-smarter-kit/>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [8] „Welcome to WLED - WLED Project“ [online]. Dostupno na: <https://kno.wled.ge/>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [9] „Hue Lightstrip Plus Extension 80 inch“ [online]. Dostupno na: <https://www.philips-hue.com/en-us/p/hue-white-and-color-ambiance-lightstrip-plus-base-v4-80-inch/046677555337>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [10] Jonas, „Im Video: Den neuen Philips Hue Lightstrip Plus V4 mit Bluetooth ausgepackt“ [online], 15-lip-2020. .
- [11] Admin, „Getting Started with WeMos D1 Mini Tutorials - Pinout And Specs“ [online], 23-lip-2022. Dostupno na: <https://diyprojectslab.com/wemos-d1-mini-tutorials/>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [12] „DC5V WS2812D F5 F8 8mm Round RGB LED WS2812 chipset inside RGB Full color Frosted LED Chips 20pcs-1000pcs - AliExpress 39“ [online]. Dostupno na:

- [https://vi.aliexpress.com/item/1005006035079964.html?src=ibdm\\_d03p0558e02r02&sk=&aff\\_platform=&aff\\_trace\\_key=&af=&cv=&cn=&dp=](https://vi.aliexpress.com/item/1005006035079964.html?src=ibdm_d03p0558e02r02&sk=&aff_platform=&aff_trace_key=&af=&cv=&cn=&dp=). [Pristupljeno: 16.9.2024.].
- [13] D. Z., T. Matić, *Priručnik za dizajn elektroničkih tiskanih pločica s KiCAD alatom*. Osijek, 2023.
- [14] „What Are Zero-Ohm Resistors and How Are They Used In Circuit Design? - Technical Articles“ [online]. Dostupno na: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/what-are-zero-ohm-resistors-how-are-they-used-in-circuit-design/>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [15] Artist 3D, „How to Determine PCB Trace Width and Current“ [online], 07-tra-2024. .
- [16] „Software“ [online]. Dostupno na: <https://www.arduino.cc/en/software>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [17] „Arduino/libraries/ESP8266WiFi at master · esp8266/Arduino“ [online]. Dostupno na: <https://github.com/esp8266/Arduino/tree/master/libraries/ESP8266WiFi>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [18] „EEPROM Library | Arduino Documentation“ [online]. Dostupno na: <https://docs.arduino.cc/learn/built-in-libraries/EEPROM/>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [19] „Arduino/libraries/ESP8266WebServer at master · esp8266/Arduino“ [online]. Dostupno na: <https://github.com/esp8266/Arduino/tree/master/libraries/ESP8266WebServer>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [20] „adafruit/Adafruit-GFX-Library“ [online], 13-ruj-2024. Dostupno na: <https://github.com/adafruit/Adafruit-GFX-Library>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [21] „adafruit/Adafruit\_NeoMatrix“ [online], 06-ruj-2024. Dostupno na: [https://github.com/adafruit/Adafruit\\_NeoMatrix](https://github.com/adafruit/Adafruit_NeoMatrix). [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [22] „adafruit/Adafruit\_NeoPixel“ [online], 14-ruj-2024. Dostupno na: [https://github.com/adafruit/Adafruit\\_NeoPixel](https://github.com/adafruit/Adafruit_NeoPixel). [Pristupljeno: 15.9.2024.].
- [23] „What is End-to-End Testing and When Should You Use It?“ [online], 08-ožu-2021. Dostupno na: <https://www.freecodecamp.org/news/end-to-end-testing-tutorial/>. [Pristupljeno: 15.9.2024.].

## SAŽETAK

Ovaj završni rad bavi se razvojem WiFi pokaznika temeljenog na WS2812D svjetlećim diodama. Glavni problem bio je dizajnirati sustav koji omogućuje korisnicima upravljanje dinamičkim prikazom na LED matrici putem mrežnog sučelja. Rad je uključivao odabir mikroupravljača ESP8266 zbog njegove bežične funkcionalnosti i izrada tiskane pločice (PCB) koja podržava WS2812D LED diode. Smjernice za rješavanje problema obuhvaćale su razvoj sheme sklopa, dizajn PCB-a i izradu prototipa koristeći KiCAD i JLCPCB. Postignuti rezultati uključuju uspješno upravljanje LED prikazima putem web sučelja, što omogućuje dinamično mijenjanje boja, uzoraka i prikazivanje tekstualnih informacija. Ovaj rad pokazuje kako integrirati moderne tehnologije u interaktivne sustave za poboljšanje korisničkog iskustva.

Ključne riječi: bežično upravljanje, WS2812D diode, mikroupravljač, PCB dizajn, WiFi.



## **ABSTRACT**

Title: WS2812D Based WiFi Display

This thesis focuses on the development of a WiFi display based on WS2812D light-emitting diodes. The main problem was to design a system that allows users to control a dynamic display on an LED matrix via a web interface. The work involved selecting the ESP8266 microcontroller for its wireless functionality and creating a printed circuit board (PCB) that supports WS2812D LEDs. The problem-solving approach included developing the circuit schematic, designing the PCB, and prototyping using KiCAD and JLCPCB. Achieved results include successful management of LED displays through a web interface, enabling dynamic color changes, patterns, and text display. This work demonstrates how to integrate modern technologies into interactive systems to enhance user experience.

Keywords: microcontroller, PCB design, WiFi, wireless control, WS2812D diodes.

## **PRILOZI**

Uz rad su priloženi sljedeći dokumenti u elektroničkom obliku:

- PDF verzija tekstualnog dijela završnog rada
- Word verzija završnog rada
- Arduino IDE projekt
- KiCAD projekt.