



UNIVERZITET U SARAJEVU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET  
ODSJEK ZA AUTOMATIKU I ELEKTRONIKU

---

# **Razvoj daljinski upravljanog semafora za upotrebu u predškolskom odgoju i obrazovanju**

---

ZAVRŠNI RAD  
- PRVI CIKLUS STUDIJA -

**Student:**  
**Amila Šoše**

**Mentor:**  
**Doc. dr Emir Sokić, dipl.el.ing**

Sarajevo,  
septembar 2019.

## Sažetak

U okviru ovog rada opisani su osnovni koraci za razvoj daljinski upravljanog semafora za edukaciju djece predškolskog uzrasta. Date su dvije opcije za upravljanje semaforom: putem mobilne aplikacije i putem daljinskog upravljača. Komunikacija između korisnika i mobilne aplikacije se ostvaruje putem Bluetooth modula, te su omogućena dva radna režima upravljanja semaforom: manuelni i automatski. Manuelni režim omogućava korisniku promjenu boje svjetla prema želji, dok se kod automatskog režima promjene odvijaju prema unaprijed određenom redoslijedu i trajanju. Upravljanje preko daljinskog upravljača se vrši putem RF modula i korisniku je omogućeno upravljanje kao i u manuelnom režimu mobilne aplikacije. Akcenat modela semafora je na sigurnosti i upravljivosti. Napajanje cijelokupne strukture je realizovano baterijski uz mogućnost punjenja baterije. Proveden je eksperiment koji je kao rezultat dao najpovoljniju vrstu LED dioda. Pri izradi modela, uzete su u obzir sve potencijalne i nepredviđene okolnosti do kojih bi moglo doći pri kontaktu djece sa semaforom.

## Abstract

This study describes basic steps for developing a remote-controlled traffic light for the education of preschool children. There are two main options for control, via mobile application or via remote-control. The communication between user and mobile application was realized via Bluetooth module. There are two main operating modes, manual and automatic. Manual mode allows users to change the color of the light in the way they want, while in automatic mode the light is changing according to a fixed repetition and duration. Control via remote-control was realized via RF-module, and main principles are the same as the ones previously explained at manual mode of mobile application. The main focus during the process of developing was on safety and handling. The traffic light was made of harmless materials for children and users. It doesn't pose any hazard to the environment. The power supply to the entire structure is battery operated with the ability to charge the batteries. One experiment gave as a result most convenient type of LED diodes. While designing a model, all potential dangerous situations that could happen when children come into a contact with model were considered.

**Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Sarajevu**  
**Odsjek za automatiku i elektroniku.**  
**Doc. dr Emir Sokic, dipl.el.ing**  
**Sarajevo, 04.03.2019.**

**Postavka zadatka završnog rada I ciklusa:**  
**Razvoj daljinski upravljanog semafora za upotrebu u predškolskom odgoju i obrazovanju**

U okviru predškolskog odgoja učitelji i odgajatelji u vrtićima su zaduženi za edukaciju djece o osnovama saobraćajne signalizacije u svakodnevnom životu. Učenje djece da prelaze na zeleno svjetlo na semaforu je izuzetno važno radi njihove vlastite sigurnosti. Zadatak ovog rada je dizajn i implementacija daljinski upravljanog semafora koji bi se mogao koristiti kao nastavno pomagalo u predškolskim ustanovama. Akcenat sistema je na upravljivosti, konfigurabilnosti, jednostavnosti upotrebe, kao i na razmatranju dizajna koji onemogućava povredu djece u slučaju nepredviđenih okolnosti (mehanička ili električna oštećenja modela).

Rad treba da se sastoji iz sljedećih cjelina:

- pregled literature,
- analiza postojećih komercijalnih rješenja,
- analiza mogućih pristupa kod daljinskog upravljanja i razvoj idejnog rješenja,
- dizajniranje elektroničke strukture korištenjem odgovarajućih softverskih alata (PCB Eagle, Proteus i sl.),
- izrada odgovarajuće elektroničke strukture,
- eksperimentalna analiza.

**Polazna literatura:**

- [1] Fraden, Jacob. *Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications*. Springer Science Business Media, 2004.
- [2] Morris, Alan S. "Measurement and instrumentation principles." (2001): 1743.
- [3] McRoberts, Michael, Brad Levy, and Cliff Wootton. *Beginning Arduino*. New York.: Apress, 2010.
- [4] Oxer, Jonathan, and Hugh Blemings. *Practical Arduino: cool projects for open source hardware*. Apress, 2011.
- [5] Espressif IoT Team, *ESP8266 Technical Reference*, 2017.

- [6] Ed Burnette "Hello, Android: Introducing Google's Mobile Development Platform", Pragmatic Bookshelf, 2013.
- [7] Frenzel, Louis E., Electronics Explained: Fundamentals for Engineers, Technicians, and Makers. Newnes, 2017.
- [8] D. Pavlov, G. Papazov, M. Gerganska, „Battery energy storage systems“, UNESCO Regional Office for Science and Technology for Europe (ROSTE), 1991.
- [9] Terrence L. Blevins, Deji Chen, Mark Nixon, Willy Wojsznis, „Wireless Control Foundation“, International Society of Automation (ISA), 2015.

---

Doc. dr Emir Sokić, dipl.el.ing

## **Izjava o autentičnosti radova**

### **Završni rad I ciklusa studija**

Ime i prezime: Amila Šoše

Naslov rada: Razvoj daljinski upravljanog semafora za upotrebu u predškolskom odgoju i obrazovanju

Vrsta rada: Završni rad Prvog ciklusa studija

Broj stranica: 36

#### **Potvrđujem:**

- da sam pročitao dokumente koji se odnose na plagijarizam, kako je to definirano Statutom Univerziteta u Sarajevu, Etičkim kodeksom Univerziteta u Sarajevu i pravilima studiranja koja se odnose na I i II ciklus studija, integrirani studijski program I i II ciklusa i III ciklus studija na Univerzitetu u Sarajevu, kao i uputama o plagijarizmu navedenim na web stranici Univerziteta u Sarajevu;
- da sam svjestan univerzitetskih disciplinskih pravila koja se tiču plagijarizma;
- da je rad koji predajem potpuno moj, samostalni rad, osim u dijelovima gdje je to naznaceno;
- da rad nije predat, u cjelini ili djelimično, za stjecanje zvanja na Univerzitetu u Sarajevu ili nekoj drugoj visokoškolskoj ustanovi;
- da sam jasno naznačio prisustvo citiranog ili parafraziranog materijala i da sam se referirao na sve izvore;
- da sam dosljedno naveo korištene i citirane izvore ili bibliografiju po nekom od preporučenih stilova citiranja, sa navođenjem potpune reference koja obuhvata potpuni bibliografski opis korištenog i citiranog izvora;
- da sam odgovarajuće naznačio svaku pomoć koju sam dobio pored pomoći mentora i akademskih tutora/ica.

Sarajevo, datum 26.09.2019.godine

Potpis:

---

Amila Šoše

# Sadržaj

<b>Popis slika</b>	vii
<b>Popis tabela</b>	viii
<b>1 Uvod</b>	<b>1</b>
1.1 Obrazloženje teme . . . . .	1
1.2 Struktura rada . . . . .	1
<b>2 Analiza rada standardnog semafora</b>	<b>3</b>
2.1 Model semafora za edukaciju djece . . . . .	4
<b>3 Odabir rasvjetnog tijela</b>	<b>5</b>
3.1 Odabir optimalnih LED dioda . . . . .	6
<b>4 Napajanje cjelokupne strukture</b>	<b>10</b>
4.1 Estimacija ukupne struje . . . . .	10
4.1.1 Baterijsko napajanje . . . . .	10
<b>5 Komunikacija</b>	<b>12</b>
5.1 Komunikacija preko Bluetooth modula . . . . .	12
5.2 Komunikacija putem RF modula . . . . .	14
<b>6 Arduino Nano</b>	<b>15</b>
<b>7 Shema spajanja</b>	<b>17</b>
<b>8 Mobilna aplikacija</b>	<b>19</b>
<b>9 Algoritam upravljanja</b>	<b>22</b>
9.1 Upravljanje mobilnom aplikacijom . . . . .	22
9.1.1 Manuelni režim rada . . . . .	22
9.1.2 Automatski režim rada . . . . .	22
9.2 Upravljanje putem daljinskog upravljača i RF modula . . . . .	23
<b>10 Krajnji izgled modela</b>	<b>25</b>
<b>Prilozi</b>	<b>28</b>
<b>A Programske kod</b>	<b>29</b>

<b>Literatura</b>	<b>36</b>
<b>Indeks pojmova</b>	<b>36</b>

# Popis slika

2.1	Semafor postavljen na ulici Vrbanja u Sarajevu . . . . .	4
3.1	Prikaz modela semafora sa dvije strane . . . . .	5
3.2	Instrument za mjerenje osvjetljenosti - luxmetar . . . . .	6
3.3	Prikaz korištene opreme za vršenje eksperimenta osvjetljenosti LED dioda . . . . .	7
3.4	Rezultati eksperimenta . . . . .	8
3.5	Prikaz karakteristike svakog razmatranog tipa LED diode . . . . .	8
4.1	Aplikacije komponente . . . . .	11
4.2	Prikaz pinova . . . . .	11
5.1	Izgled Bluetooth modula . . . . .	13
5.2	Spajanje Bluetooth modula za komunikaciju sa Arduinom . . . . .	13
5.3	Spajanje RF modula za komunikaciju sa Arduinom . . . . .	14
5.4	Prikaz RF prijemnika sa specifikacijom njegovih pinova . . . . .	14
6.1	Shema spajanja za Arduino Nano . . . . .	15
6.2	Simbol za Arduino Nano . . . . .	16
6.3	Izgled razvojnog okruženja Arduino Nano . . . . .	16
7.1	Shema spajanja . . . . .	17
7.2	PCB dizajn . . . . .	18
7.3	Izgled štampane pločice na osnovu PCB dizajna . . . . .	18
8.1	Početni zaslon aplikacije . . . . .	19
8.2	Opis aplikacije . . . . .	19
8.3	Uspostavljanje Bluetooth komunikacije . . . . .	20
8.4	Zaslon za izbor radnog režima . . . . .	20
8.5	Upute za korištenje dva radna režima . . . . .	21
10.1	Izgled unutrašnjosti modela semafora . . . . .	25
10.2	Izgled gotovog modela semafora za edukaciju djece predškolskog uzrasta . . . . .	26

# **Popis tabela**

3.1	Prikaz dioda korištenih u eksperimentu . . . . .	7
3.2	Tabelarni prikaz mjerenja za svaku diodu posebno . . . . .	9
4.1	Prikaz komponenti i njihove potrebne struje . . . . .	10
9.1	Manuelni režim rada semafora putem mobilne aplikacije . . . . .	22
9.2	Automatski režim rada semafora putem mobilne aplikacije . . . . .	23
9.3	Manuelni režim rada semafora putem daljinskog upravljača . . . . .	24

# Poglavlje 1

## Uvod

### 1.1 Obrazloženje teme

Zadatak ovog rada je dizajn i implementacija daljinski upravljanog semafora koji bi se mogao koristiti kao nastavno pomagalo u predškolskim ustanovama. Veoma je važno da djeca od najranije dobi steknu osnovna znanja o poštivanju saobraćajne signalizacije radi vlastite sigurnosti. Odabran je ovakav način edukacije jer djeca tog uzrasta najbolje pamte vizuelnom percepcijom, pa im se na zanimljiv način pokušavaju objasniti osnove funkcionalnosti određenih stvari iz svakodnevnog života. Akcenat sistema je na upravljivosti, konfigurabilnosti, jednostavnosti upotrebe, kao i na razmatranju dizajna koji onemogućava povredu djece u slučaju nepredviđenih okolnosti izazvanih mehaničkim ili električnim oštećenjem modela. Sa ciljem izbjegavanja potencijalnih opasnih situacija pri rukovanju, odabran je bežični način napajanja, tj. baterijski, a komunikacija operatora i semafora se obavlja bežično.

### 1.2 Struktura rada

Rad je podijeljen na dvije glavne cjeline: hardverski i softverski dio. Hardverski dio podrazumijeva cijelokupan fizički aspekt modela, odabir odgovarajućih komponenti, te njihovo uklapanje i spajanje u jednu cjelinu. Softverski dio rada se sastoji iz programskog koda koji omogućava interakciju korisnika sa modelom semafora te preko njega cijelokupan model dobiva svoj smisao. Obje glavne cjeline se sastoje iz više manjih cjelina koje sve zajedno povezuju. Hardverski dio

obuhvata :

- osvjetljenost semafora, odabir odgovarajućih LED dioda, te objašnjenje načina adekvatnog izbora najpovoljnijih LED dioda,
- estimaciju ukupne potrošnje struje,
- odabir odgovarajuće baterije za napajanje cijelokupne strukture,
- shemu spajanja i PCB dizajn,
- razvoj štampane (PCB) pločice za upravljanje struktrom,
- komponente za omogućavanje komunikacije.

Softverski dio obuhvata:

- mobilnu aplikaciju za upravljanje semaforom,
- programski kod.

Obje cjeline su međusobno povezane preko glavnog cilja - jednostavnosti i sigurnosti upotrebe semafora.

## Poglavlje 2

# Analiza rada standardnog semafora

Osnovni zadatak semafora je da vremenski raspodijeli pravo prolaza automobila i pješaka na ulici. Ako je na jednom svjetlu istaknut znak dozvole prolaza, tada na svim ostalim suprotnim signalima mora biti istovremeno istaknut znak za zabranu prolaza i zaustavljanje. Za automobile, crveno svjetlo označava zabranu prolaza, žuto svjetlo daje znak o skoroj pojavi crvenog ili zelenog svjetla, te zeleno svjetlo označava mogućnost slobodnog prolaza. Analoge oznake crvene i zelene boje vrijede i za svjetla namijenjena za pješake.

Ciklusom semafora se označava vrijeme koje protekne od pojave jednog signalnog svjetla pa do ponovne pojave istog signalnog svjetla.

Na rad semafora i propusne opcije za automobile i pješake utiču sljedeći faktori:

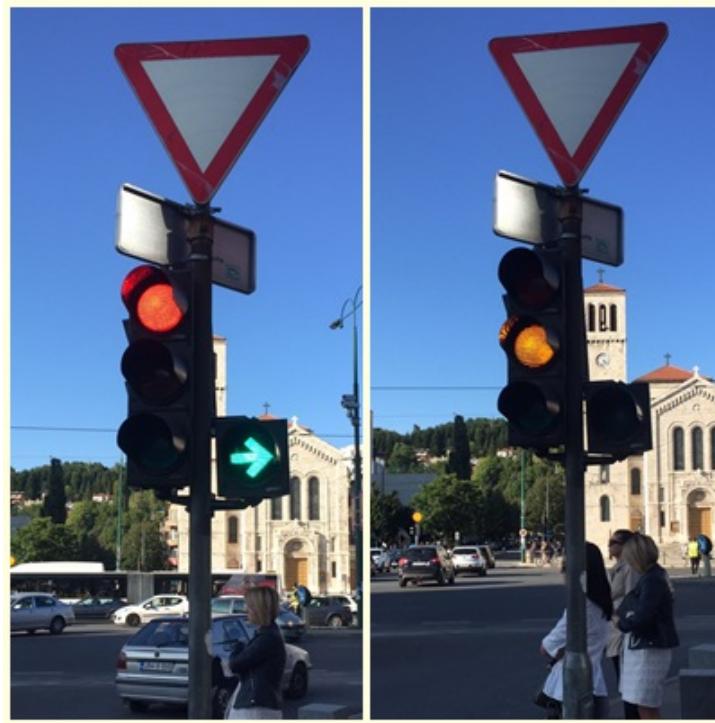
- širina ulice,
- faktori opterećenja ulice,
- broj stanovnika u okolini semafora,
- broj mogućnosti za smjerom i pravcem kretanja vozila.

Kao referentni semafor za određivanje karakteristika modela semafora za edukaciju djece predškolskog uzrasta odabran je semafor na lokaciji ulica Vrbanja, Marijin Dvor u Sarajevu.

Za ovaj semafor, trajanje svjetlosnih signala koji se odnose na automobile iznosi:

- 60 sekundi za crveno svjetlo,
- 3 sekunde za istovremeno crveno i žuto svjetlo
- 1 dodatna sekunda za žuto svjetlo,
- 12 sekundi za zeleno svjetlo,
- 5 sekundi za blink zeleno svjetlo.

Trajanje svjetlosnih signala koji se odnose na pješake iznosi po 60 sekundi.



**Slika 2.1:** Semafor postavljen na ulici Vrbanja u Sarajevu

## 2.1 Model semafora za edukaciju djece

Pošto je model semafora namijenjen za edukaciju djece, znatno se razlikuje od standardnog semafora korištenog za svakodnevnu upotrebu u saobraćaju i prilagođen je upotrebi u radu sa djecom. Prije svega, vremena trajanja signala se razlikuju u odnosu na gradski semafor. Cjelokupan ciklus će trajati 86 sekundi što čine: crveno svjetlo za automobile traje 46 sekundi, žuto svjetlo traje 4 sekunde, zeleno i blink zeleno traju 12 i 5 sekundi respektivno. Za pješake zeleno svjetlo traje 12 sekundi, a crveno 31 sekundu. Izbjegnuto je preklapanje žutog svjetla sa crvenim ili zelenim. Semafor je realizovan kao dvostrani i za automobile i za pješake, iako kao takav, ne bi bio prilagođen upotrebi u saobraćaju.

## Poglavlje 3

### Odabir rasvjetnog tijela

Glavni dio svakog semafora kao i njegovu osnovnu funkciju čini svjetlosna signalizacija koju trebaju poštovati automobili i pješaci. Model semafora za edukaciju djece predškolskog uzrasta je dvostrani i za automobile i pješake, što daje ukupno 6 svjetala koje prate automobili i 4 svjetla koja prate pješaci.



**Slika 3.1:** Prikaz modela semafora sa dvije strane

Za ovakav model semafora se preferiraju LED diode u odnosu na ostale izvore svjetlosti iz nekoliko razloga. Prosječna LED dioda traje više od 40 puta duže od prosječne sijalice sa žarnom niti, što podrazumijeva niže troškove održavanja u smislu rada te niže troškove zamjene u slučaju kvara. LED diode ne emitiraju gotovo nikakvu toplotu, troše manje električne energije i učinkovite su na niskonaponskim električnim sistemima. Manjih su dimenzija i iz tog razloga je moguća njihova primjena u raznovrsnim aplikacijama.

Pri odabiru odgovarajućih LED, teži se da se ispune određeni zahtjevi koje nameće okruženje u kojem se semafor koristi:

- zdravstveni faktor,
- sigurnosni faktor i ekonomski faktor,
- faktor iskoristivosti.

Zdravstveni faktor podrazumijeva količinu isijanja LED dioda. Pošto je semafor namijenjen za edukaciju djece predškolskog obrazovanja, svjetla semafora trebaju biti umjerenog intenziteta, tako da ne uzrokuju oštećenja vida pri svakodnevnoj upotrebi. Sigurnosni i ekonomski faktor podrazumijevaju zahtjeve da LED diode troše što manje električne energije, što za sobom povlači i manju potrošnju baterije te i manji trošak njenog punjenja. Pošto će semafor biti aktivran u svakodnevnoj upotrebi, ovo je veoma važan aspekt. Faktor iskoristivosti se odnosi na težnju da se sa što manjom potrošnjom električne energije dobije što veća osvjetljenost diode.

Da bi se ispunili svi navedeni zahtjevi, proveden je eksperiment koji je kao rezultat dao vrstu LED diode sa optimalnom potrošnjom i osvjetljenosti.

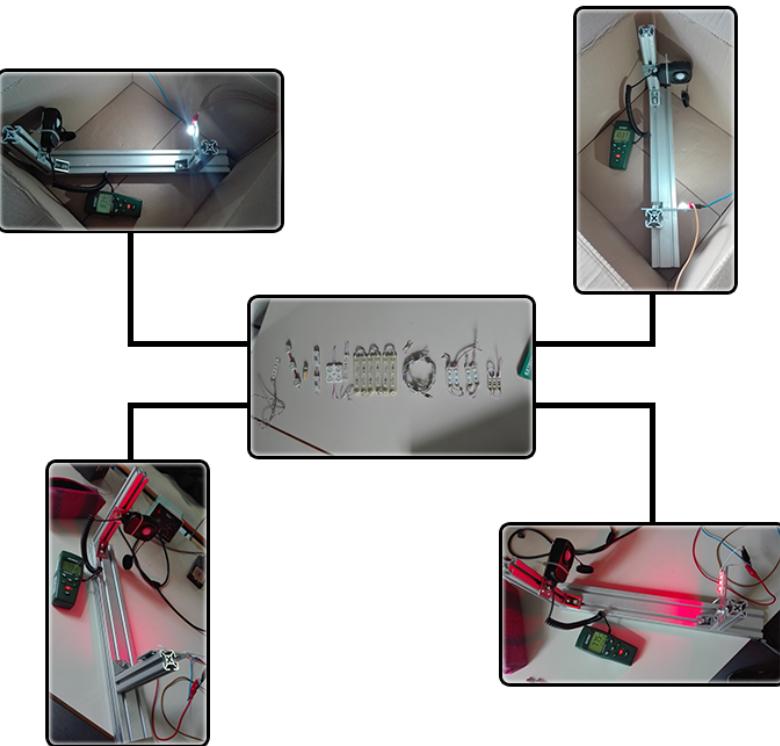
### 3.1 Odabir optimalnih LED dioda

Optimalne LED diode po pitanju potrošnje električne energije i osvjetljenosti su odabrane kao rezultat eksperimenta koji je vršen u improvizovanoj mračnoj komori sa uređajem za mjerjenje osvjetljenosti - luxmetrom.



Slika 3.2: Instrument za mjerjenje osvjetljenosti - luxmetar

Svaka od 10 različitih vrsta LED dioda prikazanih u 3.1 je postavljana na udaljenost 30 cm od luxmetra te je pri promjeni struje koja je kroz nju proticala mijenjala i svoju osvjetljenost koja se očitavala sa luxmetra. Veoma je važno bilo da je prostor oko luxmetra i dioda potpuno mračan kako dnevna svjetlost ne bi davala svoj doprinos pri mjerenu svjetlosti koju je vršio luxmetar. Promjenom napona koji se dovodio na diode se mijenjala i struja a prema tome i količina svjetlosti koju je dioda davala. Postavlja se zahtjev da kroz svaku diodu tokom njenog "radnog vijeka" treba proticati njena nominalna struja. Iznos nominalne struje je određen tako što se na svaku LED diodu posebno doveo njen operativni napon koji je i njen kataloški podatak, te je putem ampermetra postavljenim u serijsku vezu sa LED diodom očitana struja. Upravo ta struja je nominalna struja određenog tipa LED diode. Nakon toga, očitana je vrijednost osvjetljenosti na već opisan način.



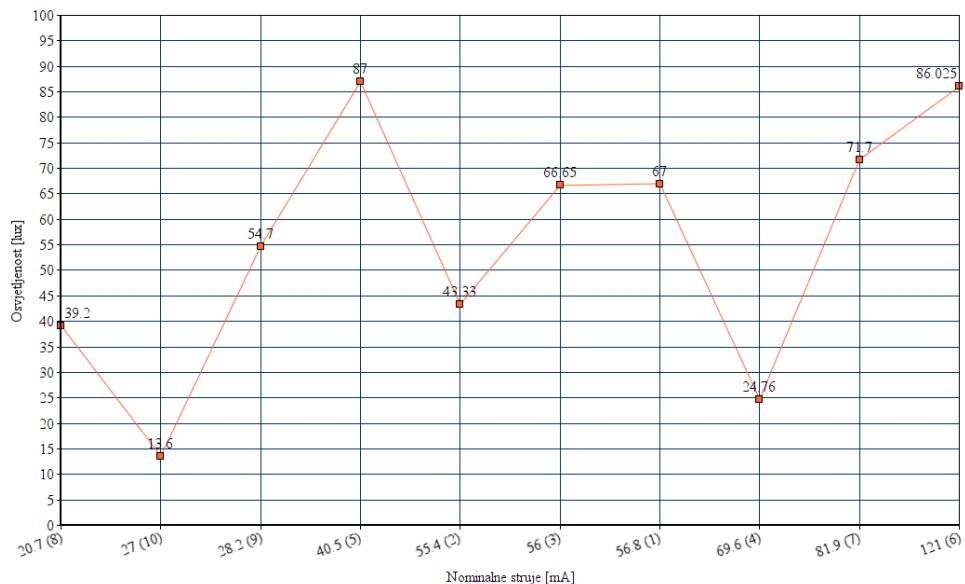
**Slika 3.3:** Prikaz korištene opreme za vršenje eksperimenta osvjetljenosti LED dioda

U nastavku je dat tabelarni prikaz rezultata dobivenih mjeranjem na već opisan način.

**Tabela 3.1:** Prikaz dioda korištenih u eksperimentu

Tip	Slika	Nominalna struja [mA]	Osvjetljenost [lux]
1		56.8	67
2		55.4	43.33
3		56	66.65
4		69.6	24.76
5		40.5	87
6		121	86.025
7		81.9	71.7
8		20.7	39.2
9		28.2	54.7
10		27	13.6

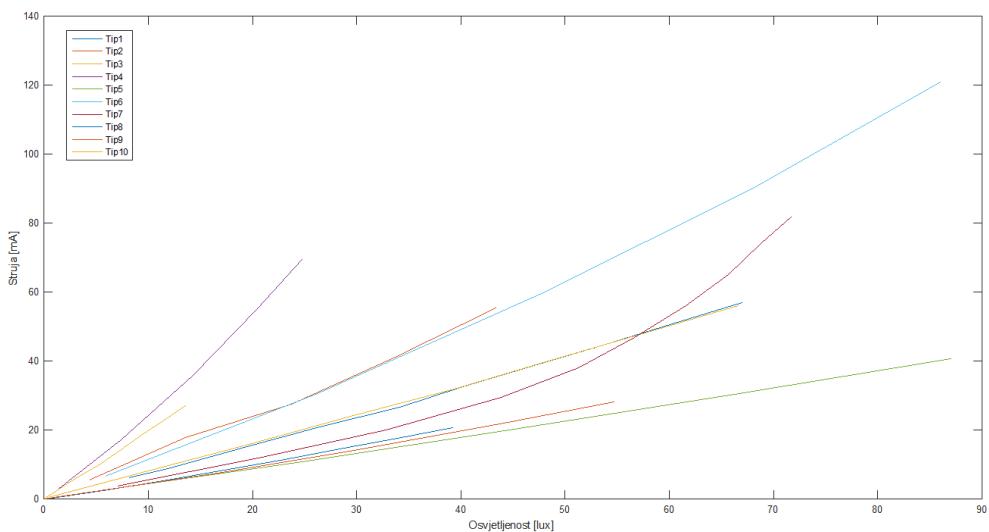
Na slici 3.4 su prikazani konačni rezultati provedenog eksperimenta. Diode su sortirane prema nominalnoj struji od najmanje ka najvećoj. Oznake u zagradama na slici 3.4 uz vrijednost nominalne struje govore o tome koji je tip LED diode razmatran u datom slučaju.



Slika 3.4: Rezultati eksperimenta

Prema rezultatima se donosi zaključak da se peti tip LED diode najbolje uklapa u navedene zahtjeve. Za najmanju nominalnu struju, LED diode tipa 5 daju najveću količinu svjetlosti.

Na slici 3.5 je dat grafički prikaz rezultata dobivenih mjeranjem na već opisan način za svaki tip LED diode posebno.



Slika 3.5: Prikaz karakteristike svakog razmatranog tipa LED diode

U tabeli 3.2 dat je prikaz mjerenih rezultata za svaki tip LED diode posebno.

**Tabela 3.2:** Tabelarni prikaz mjerena za svaku diodu posebno

<b>Rezultati za LED diodu tipa 1</b>			<b>Rezultati za LED diodu tipa 6</b>		
Napon [V]	Struja [mA]	Osvjetljenost [lux]	Napon [V]	Struja [mA]	Osvjetljenost [lux]
12	56.80	67.00	12	121.00	86.02
11	50.60	60.30	11	90.00	67.90
10	44.50	53.70	10	59.20	47.57
9	39.00	47.50	9	30.30	26.07
8	32.50	40.10			
7	26.50	34.10			
6	20.90	26.93			
5	14.70	18.96			
4	8.80	11.88			
<b>Rezultati za LED diodu tipa 2</b>			<b>Rezultati za LED diodu tipa 7</b>		
Napon [V]	Struja [mA]	Osvjetljenost [lux]	Napon [V]	Struja [mA]	Osvjetljenje [lux]
12	55.40	43.33	12	81.90	71.70
11	41.00	33.70	11	74.10	68.80
10	27.40	23.76	10	65.20	65.70
9	17.70	13.60	9	56.00	61.60
8	5.40	4.37	8	46.80	56.70
			7	38.00	51.30
			6	29.5	43.80
			5	20.00	32.80
			4	12.00	20.92
			3	3.70	7.02
<b>Rezultati za LED diodu tipa 3</b>			<b>Rezultati za LED diodu tipa 8</b>		
Napon [V]	Struja [mA]	Osvjetljenost [lux]	Napon [V]	Struja [mA]	Osvjetljenost [lux]
12	56.00	66.65	12	20.70	39.20
11	47.60	57.20	11	17.60	33.90
10	39.70	48.20	10	14.40	28.35
9	31.80	39.35	9	11.50	23.10
8	24.00	29.40	8	8.50	16.69
7	15.50	19.38	7	5.30	11.45
6	7.60	9.45	6	2.50	5.63
5	0.40	0.41	5	0.10	0.31
<b>Rezultati za LED diodu tipa 4</b>			<b>Rezultati za LED diodu tipa 9</b>		
Napon [V]	Struja [mA]	Osvjetljenje [lux]	Napon [V]	Struja [mA]	Osvjetljenost [lux]
12	69.60	24.76	12	28.20	54.70
11	55.10	20.46	11	21.70	43.67
10	35.80	14.27	10	14.30	30.12
9	17.10	7.43	9	7.70	17.10
8	2.90	1.37	8	1.90	4.45
<b>Rezultati za LED diodu tipa 5</b>			<b>Rezultati za LED diodu tipa 10</b>		
Napon [V]	Struja [mA]	Osvjetljenost [lux]	Napon [V]	Struja [mA]	Osvjetljenost [lux]
24	40.50	87.00	12	27.00	13.60
22	30.20	66.27	11	22.90	11.53
20	20.20	45.10	10	18.60	9.43
18	10.80	24.75	9	14.20	7.36
16	2.60	5.85	8	10.40	5.49
			7	6.00	3.07

# Poglavlje 4

## Napajanje cjelokupne strukture

### 4.1 Estimacija ukupne struje

Pri proračunu ukupne struje uzima se u obzir ukupan broj LED dioda i njihova nominalna struja, razvojno okruženje Arduino Nano, Bluetooth modul HC-06 te 433MHz RF modul. U tabeli 4.1 prikazane su potrošnje pojedinačnih komponenti te ukupna potrošnja.

**Tabela 4.1:** Prikaz komponenti i njihove potrebne struje

Komponenta	Količina	Struja [mA]	Ukupno [mA]
LED diode	20	40.5	810
Arduino Nano	1	200	200
Bluetooth HC-06	1	40	40
433MHz RF modul	1	5.5	5.5
Ukupno	/	/	1055.5

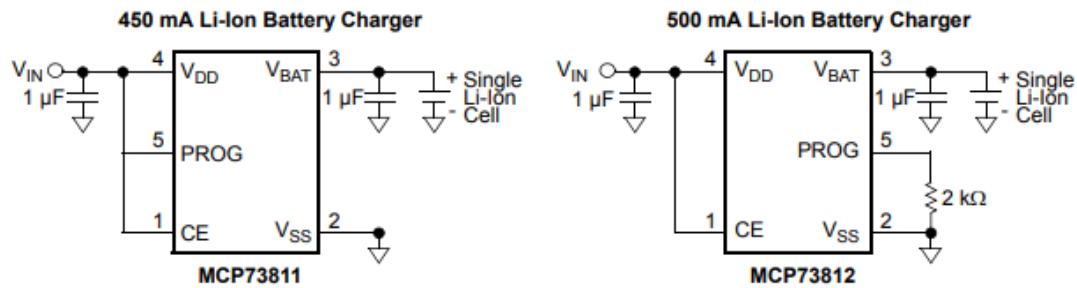
#### 4.1.1 Baterijsko napajanje

S obzirom da je osnovni zahtjev pri izradi semafora sigurnost i bezopasno rukovanje, napajanje cijele strukture je baterijsko, uz mogućnost punjenja baterije. Kapacitet baterije se izražava oznakom mAh. Ta vrijednost predstavlja proizvod struje potrošača baterije i vremena snadbijevanja potrošača, npr. kapacitet baterije 1000mAh nam govori da se potrošač koji troši 1000mA odnosno 1A može napajati 1h.

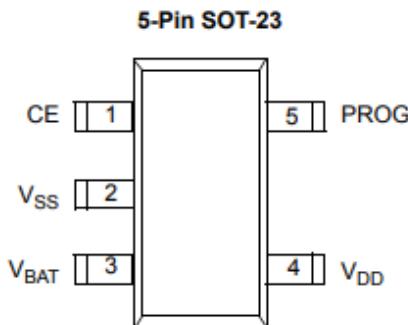
Za jedno svjetlo semafora su potrebne dvije LED diode vezane u paralelnu vezu. S obzirom da u isto vrijeme svijetle samo 4 svjetla semafora, maksimalan iznos struje jeste  $8 \cdot 40.5 = 324mA$ .

Uz 4 svjetla semafora koja svijetle istovremeno, dodaje se potrošnja Arduina Nano, Bluetooth modula i RF modula čije su potrošnje prikazane u tabeli 4.1, što u ukupnom zbiru iznosi 569.5mA. Kako je već navedeno, kapacitet baterije se treba računati uz pretpostavku intenzivnog rada u vremenskom intervalu od 10h. Pošto je model semafora namijenjen za edukaciju djece u predškolskom uzrastu, kapacitet potrebne baterije će se računati uz pretpostavku kontinuiranog rada u vremenskom intervalu od 1h. Konačno, minimalan potrebni kapacitet baterije koja će se koristiti u svrhu napajanja modela iznosi  $569.5mA \cdot 1h = 569.5mAh$  (cca.570mAh).

Punjenje baterije se vrši pomoću dodatne komponente MCP73812T-42OI/OT koja predstavlja kontroler punjenja za jednoćelijske litijumske i litijum-polimerske baterije i služi za postizanje optimalnog kapaciteta baterije za što manje vrijeme njenog punjenja. Osim što ima male dimenzije, prednosti ove komponente su što se odlično uklapa u prenosne aplikacije i projekte. Regulacija konstantnog napona je na 4.2V sa tolerancijom od 1%. Ima 5 pinova i na slikama 4.1 i 4.2 je dat prikaz komponente i specifikacija njenih pinova:



Slika 4.1: Aplikacije komponente



Slika 4.2: Prikaz pinova

# Poglavlje 5

## Komunikacija

Postoji više načina bežične komunikacije kojom se može upravljati semaforom:

- IR receiver
- Wi-Fi komunikacija
- Bluetooth komunikacija
- RF komunikacija

Prve dvije vrste komunikacije korisnika i semafora nisu opcija. IR receiver nailazi na potreškoće pri radu kada je u pitanju prostor sa preprekama, tj. kada se pojavi prepreka između korisnika i semafora u ovom slučaju. Wi-Fi komunikacija nije opcija pri ovoj realizaciji iz razloga što ne postoji garancija da je prostor u kojem će semafor raditi pokriven Wireless mrežom.

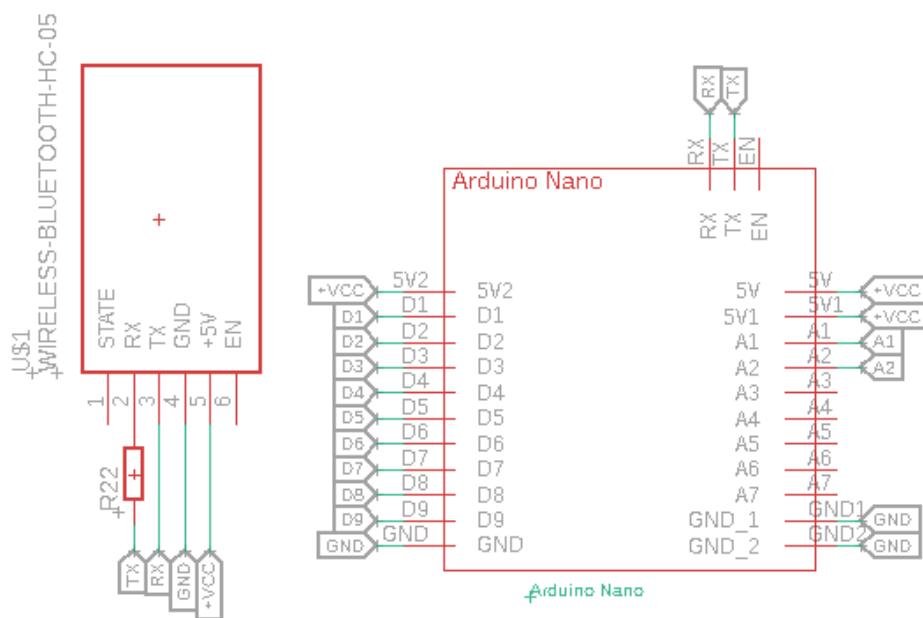
### 5.1 Komunikacija preko Bluetooth modula

Bluetooth omogućava uspostavljanje veze između bežičnih uređaja na manjim udaljenostima. Primopredajnik se nalazi umjesto konektorskog kabla u uređajima kao što su mobilni telefoni, laptopi, projektori i slično. Bluetooth se najčešće koristi za komunikacije na manjim udaljenostima reda 10 m (za snage predajnika reda 1 mW). Domet se može povećati do reda 100 m ukoliko se predajna snaga poveća na 100 mW. Bluetooth radi na frekvenciji od 2.4 GHz zbog toga što je to nelicencirani opseg. Kako radi na nelicenciranom opsegu postoji opasnost od pojave interferencije. Kako bi se izbjegla interferencija ograničava se snaga predajnika.

Komunikacija Bluetooth modula i korištenog Arduina Nano se odvija tako što se RX pin modula spaja sa TX pinom Arduina Nano, a RX pin Arduina Nano se spaja sa TX pinom modula. Također, modul treba imati svoje napajanje (3.6V-6V) koje se dovodi sa baterije. Na slici 5.2 je prikazan način spajanja Bluetooth modula i Arduina.



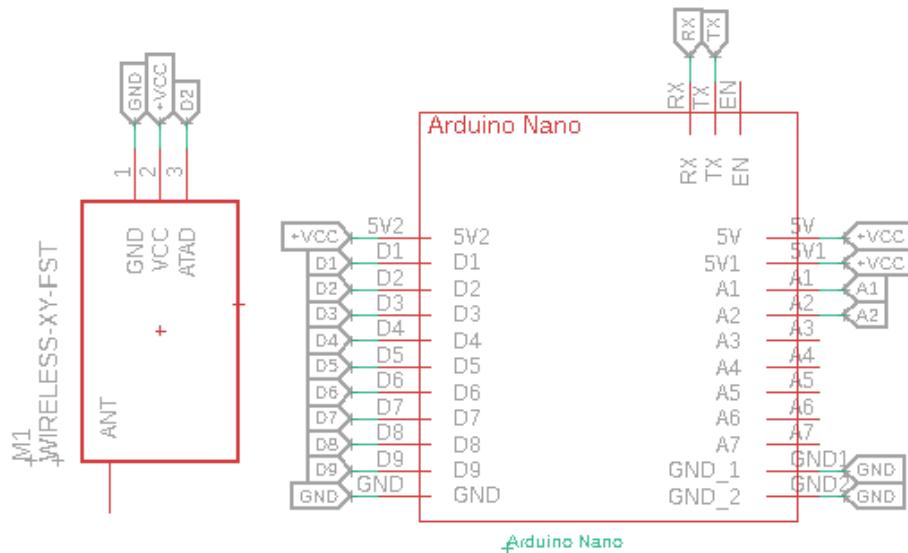
Slika 5.1: Izgled Bluetooth modula



Slika 5.2: Spajanje Bluetooth modula za komunikaciju sa Arduinom

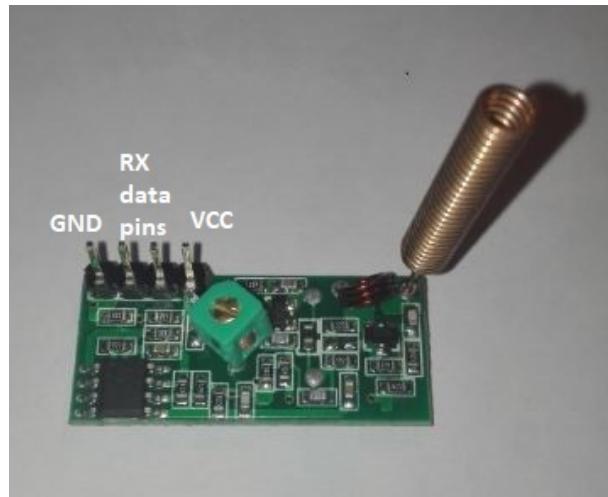
## 5.2 Komunikacija putem RF modula

RF moduli se često koriste u sistemima na daljinsko upravljanje. Primjeri njihove upotrebe se mogu naći kod dronova, robota, industrijskog upravljanja i slično. RF moduli se sastoje od prijemnika i predajnika. Radio frequency (RF) opseg obuhvata područje frekvencija od 3kHz do 300GHz. Iako radio frekvencija označava učestalost oscilacija, pojma radio frekvencije i njegova skraćenica RF se koriste kao sinonim za radio komunikaciju. Pomoću navedenih pojmova se opisuju bežične komunikacije. RF modul radi na radio frekvencijama. U RF sistemima digitalni podaci su predstavljeni pomoću različitih amplituda nosioca.



Slika 5.3: Spajanje RF modula za komunikaciju sa Arduinom

Na slici 5.4 prikazan je izgled komponente prijemnika RF modula sa specifikacijom njegovih pinova. Za potrebe realizacije komunikacije između korisnika i semafora, koriste se pinovi VCC, GND i jedan RX data pin.

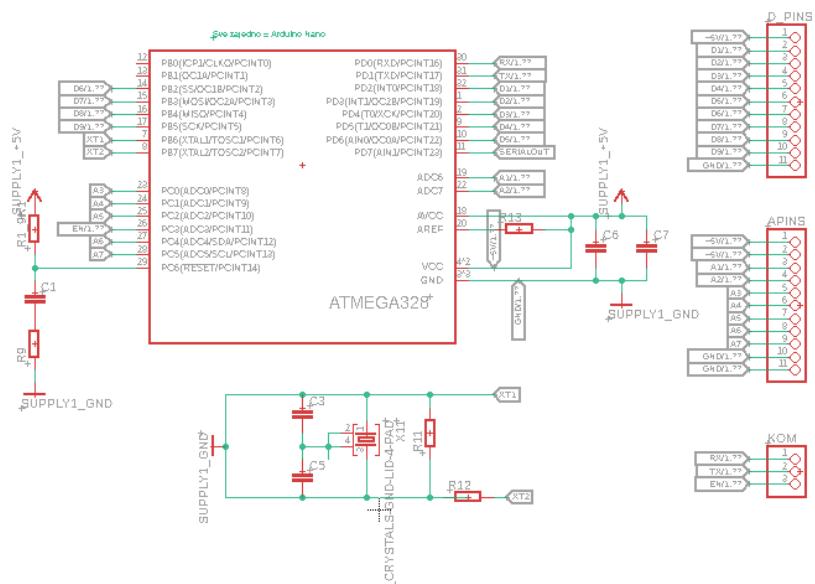


Slika 5.4: Prikaz RF prijemnika sa specifikacijom njegovih pinova

# Poglavlje 6

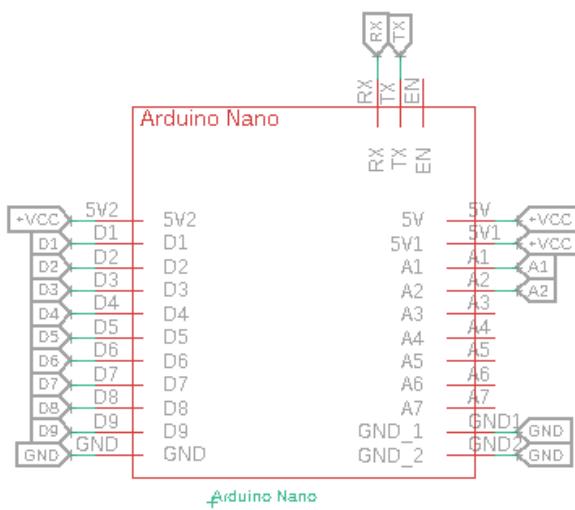
# Arduino Nano

Razvojno okruženje korišteno za upravljanje semaforom obavlja istu funkcionalnost kao i standardni Arduino Nano. Korišten je ATMEGA328 mikrokontroler, te je uz dodavanje nekoliko osnovnih komponenti dobijena ukupna shema spajanja prikazana na slici 6.1. Cjelokupna struktura ne posjeduje regulator napona, tako da je na sve pinove označene na shemi spajanja kao 5V potrebno dovesti napon u rasponu od 3V do 6V, dok se na pinove označene kao GND dovodi masa. Ostali pinovi se ponašaju kao standardni pinovi Arduina.

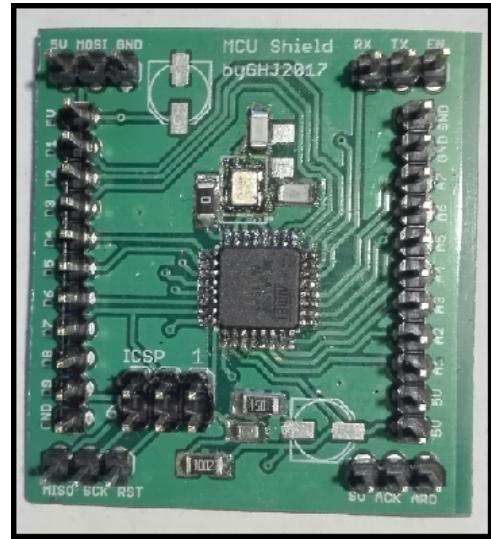


**Slika 6.1:** Shema spajanja za Arduino Nano

Na slikama 6.2 i 6.3 je prikazan simbol Arduinoa koji se koristi u cjelokupnoj shemi spajanja, kao i izgled razvojnog okruženja nakon lemljenja osnovnih komponenti.



**Slika 6.2:** Simbol za Arduino Nano

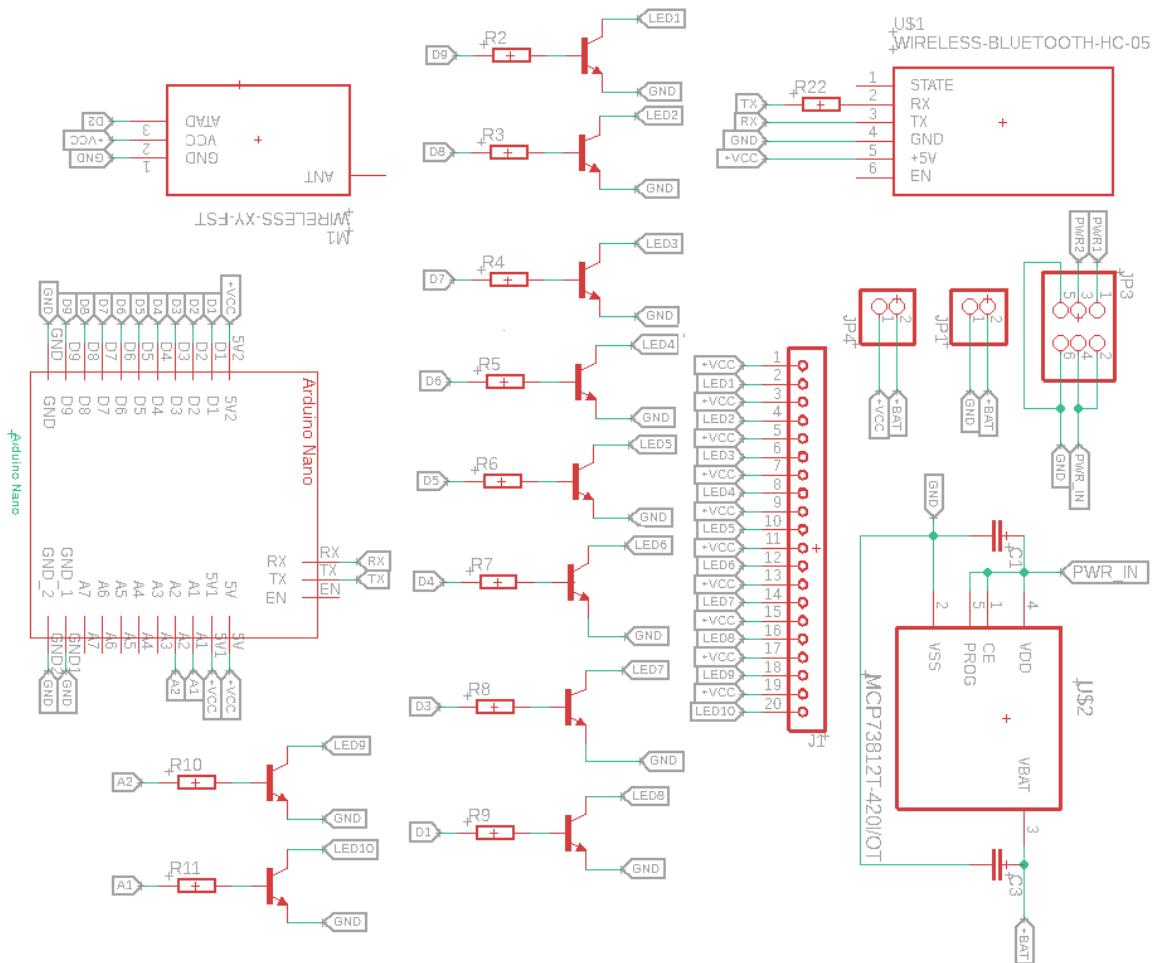


**Slika 6.3:** Izgled razvojnog okruženja Arduino Nano

# Poglavlje 7

## Shema spajanja

Shema spajanja cjelokupne strukture rađena je u programskom paketu Eagle 9.4.2. Za lakše razumijevanje, komponente su spojene preko labela. LED diode su na shemu dovedene preko priključaka.

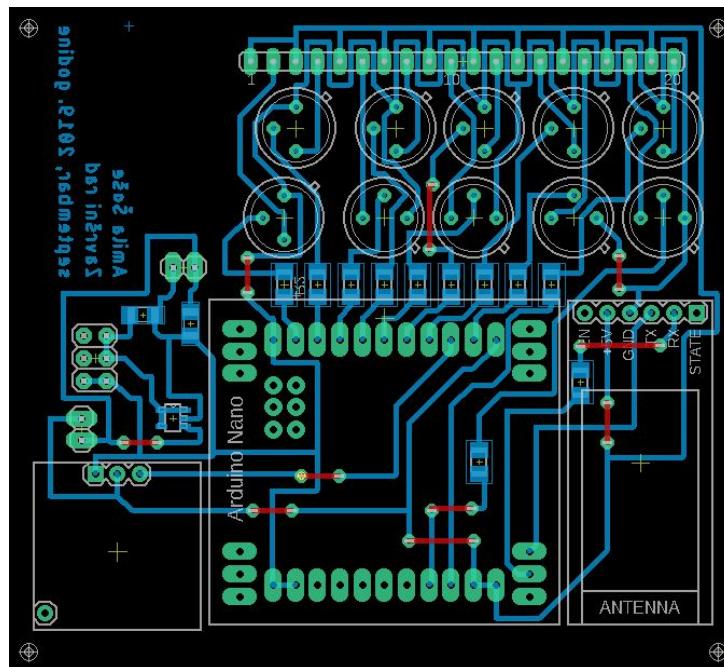


Slika 7.1: Shema spajanja

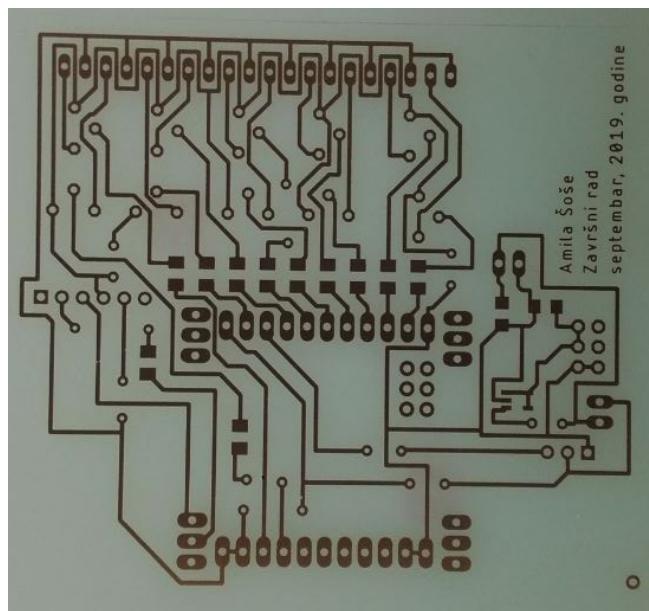
## Shema spajanja

---

Na osnovu sheme spajanja prikazane na slici 7.3 urađen je PCB (eng. printed circuit board) dizajn štampane pločice. Cijela pločica rađena je na bottom sloju, tako da se komponente stavljuju sa gornje strane.



Slika 7.2: PCB dizajn



Slika 7.3: Izgled štampane pločice na osnovu PCB dizajna

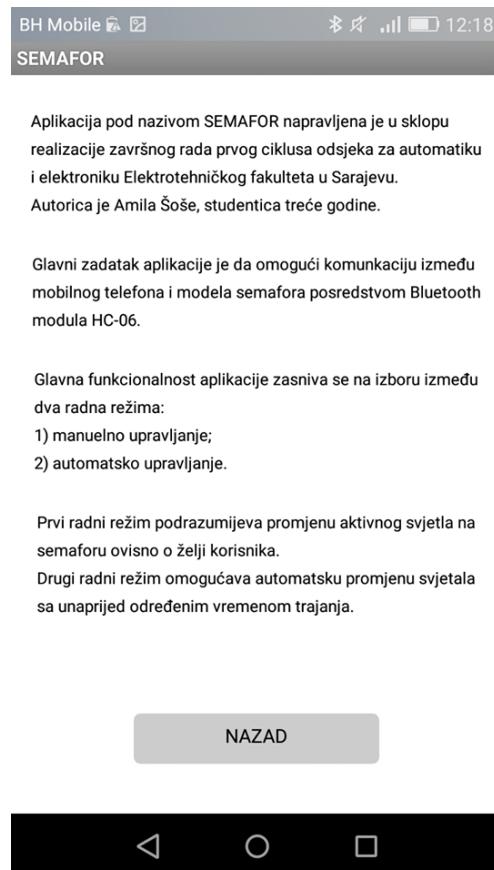
# Poglavlje 8

## Mobilna aplikacija

Za olakšano rukovanje semaforom, napravljena je jednostavna mobilna aplikacija. Za njen korištenje i uspostavljanje veze mobilni telefon korisnika - korišteni Bluetooth modul, potrebno je da korisnik uključi svoj Bluetooth na mobilnom telefonu. Pri pokretanju aplikacije, na početnom zaslonu su ponuđene tri opcije kao što je prikazano na slici 8.1. Sve o aplikaciji korisnik može pročitati pritiskom na dugme O aplikaciji. Izgled zaslona mobilnog telefona nakon pritiska dugmeta O aplikaciji prikazan je na slici 8.2.

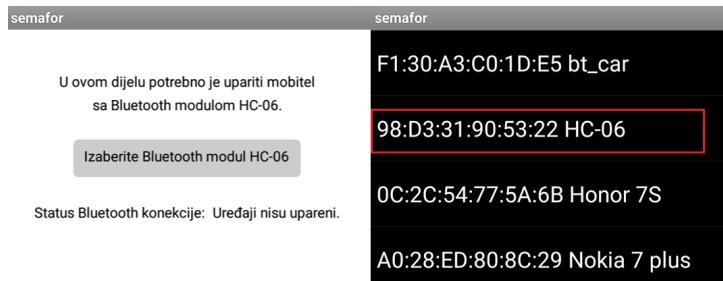


Slika 8.1: Početni zaslon aplikacije



Slika 8.2: Opis aplikacije

Pritiskom na taster Start od korisnika se traži da uspostavi vezu sa Bluetooth modulom HC-06 (8.3).



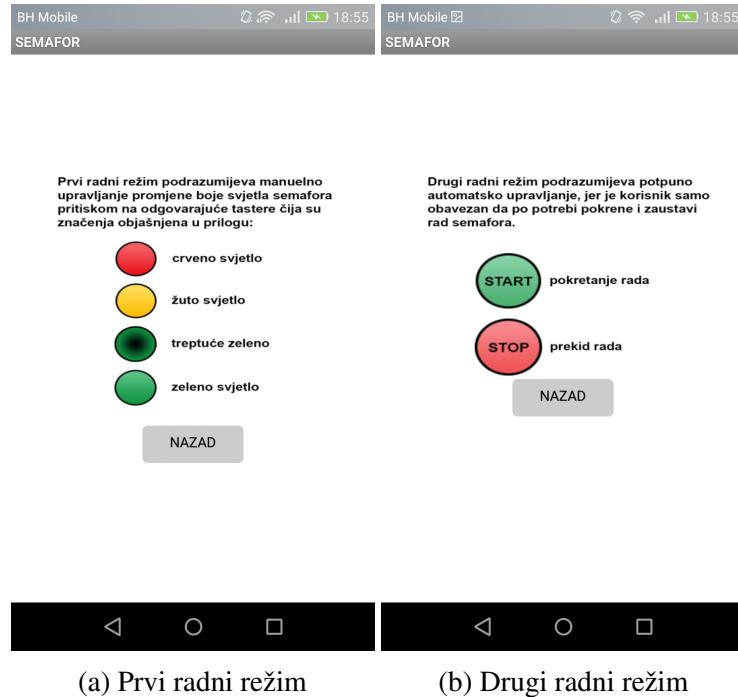
**Slika 8.3:** Uspostavljanje Bluetooth komunikacije

Nakon uspješno ostvarene komunikacije, od korisnika se zahtijeva da izabre radni režim semafora. Mogućnost izbora data je između manuelnog i automatskog režima,



**Slika 8.4:** Zaslon za izbor radnog režima

Oba radna režima su pojašnjena kroz upute za korištenje.



(a) Prvi radni režim

(b) Drugi radni režim

**Slika 8.5:** Upute za korištenje dva radna režima

# Poglavlje 9

## Algoritam upravljanja

### 9.1 Upravljanje mobilnom aplikacijom

#### 9.1.1 Manuelni režim rada

Manuelni režim rada mobilne aplikacije omogućava korisniku promjenu boje svjetla semafora pristiskom na odgovarajuće tastere date u vidu boje koja odgovara naredbi. Pritisakom na bilo koji taster, moguće je postići promjenu boje svjetla, bez obzira da li takva promjena ima smisla ili ne. Na primjer, moguće je preći iz zelenog svjetla na crveno, bez žutog i blink zelenog svjetla. To bi značilo da je moguć prelazak iz svakog stanja u svako, bez ograničenja. Također, pretpostavlja se da će se i pored ove mogućnosti, semaforom upravljati na pravi način jer će samo tako služiti svrsi za koju je i namijenjen. U ovom slučaju upravljanja, postoje 4 naredbe koje predstavljaju svaku od 4 moguće opcije rada, prikazane u tabeli 9.1.

**Tabela 9.1:** Manuelni režim rada semafora putem mobilne aplikacije

Broj	Stanje / komanda
53	Crveno svjetlo
52	Žuto svjetlo
50	Zeleno svjetlo
51	Blink zeleno svjetlo
54	Nazad

#### 9.1.2 Automatski režim rada

Algoritam upravljanja koji je naveden u nastavku se odnosi na automatski režim rada, kada se semaforom upravlja putem mobilne aplikacije. Ukupno trajanje jednog ciklusa traje 86 sekundi, a opisan je u tabeli. Pošto je semafor dvostrani i za automobile i za pješake, boje će se mijenjati prvo na jednoj strani za automobile dok će druga biti crvena, zatim će pješaci imati priliku preći ulicu dok su obje strane za automobile crvene, te će se zatim mijenjati boje one strane koja je prvobitno bila crvena. Nakon te promjene pješaci ponovo imaju priliku preći ulicu, te se ciklus dalje ponavlja. Svako stanje je određeno fiksnim trajanjem kao što je navedeno u tabeli.

**Tabela 9.2:** Automatski režim rada semafora putem mobilne aplikacije

Trajanje [s]	Pješaci	Automobili 1	Automobili 2
0-3	Crveno	Crveno	Crveno
3-7	Crveno	Žuto	Crveno
7-19	Crveno	Zeleno	Crveno
19-24	Crveno	Blink zeleno	Crveno
24-28	Crveno	Žuto	Crveno
28-31	Crveno	Crveno	Crveno
31-43	Zeleno	Crveno	Crveno
43-46	Crveno	Crveno	Crveno
46-50	Crveno	Crveno	Žuto
50-62	Crveno	Crveno	Zeleno
62-67	Crveno	Crveno	Blink zeleno
67-71	Crveno	Crveno	Žuto
71-74	Crveno	Crveno	Crveno
74-86	Zeleno	Crveno	Crveno

## 9.2 Upravljanje putem daljinskog upravljača i RF modula

U svrhu olakšavanja upravljanja semafora i uzimajući u obzir poteškoće koje bi se mogle javiti prilikom upravljanja mobilnom aplikacijom kao što je npr. kvar na mobilnom telefonu i slično, korisniku je dato alternativno rješenje za upravljanje promjenom boje svjetla putem daljinskog upravljača. Daljinskim upravljačem moguće je upravljati na isti način kao što je omogućeno i putem manulenog režima rada mobilne aplikacije. Daljinski upravljač kojim se upravlja ima četiri tastera. Pritiskom na svaki od njih, dobija se određeni broj koji se interpretira u kodu kao naredba za izvršavanje određene radnje, u ovom slučaju, kao naredba za promjenu svjetla semafora.

Interpretacija svakog od tastera dobivena je korištenjem jednostavnog koda za Arduino, te iščitavanjem vrijednosti preko SerialMonitora.

**Program 9.1:** Testiranje interpretacije tastera daljinskog upravljača

```

1 #include <RCSwitch.h>
2
3 RCSwitch mySwitch = RCSwitch();
4
5 void setup() {
6     Serial.begin(9600);
7     mySwitch.enableReceive(0);
8 }
9
10 void loop() {
11     Serial.print(mySwitch.getReceivedValue());
12 }
13

```

U tabeli 9.3 dat je prikaz tastera, tumačenje svakog od njih u vidu broja i komanda koju svaki taster predstavlja.

**Tabela 9.3:** Manuelni režim rada semafora putem daljinskog upravljača

Taster na daljinskom upravljaču	Broj	Komanda
A	16705681	Crveno svjetlo
B	16705682	Žuto svjetlo
C	16705688	Zeleno svjetlo
D	16705684	Blink zeleno svjetlo

# Poglavlje 10

## Krajnji izgled modela

Model semafora za edukaciju djece predškolskog uzrasta je visine cca. 160cm. Glavni dio semafora, tj. dio gdje se mijenjaju svjetlosni signali je izrađen od aluminijuma i plastike, dok su krugovi u bojama napravljen od pleksiglasa. Stalak za semafor i držač su plastični. Optimalne LED diode dobivene kao rezultat eksperimenta su vezane po dvije u paralelnu vezu i postavljene su u kućište od lima. Pošto je boja kućišta sjajna, svjetlost još jače dolazi do izražaja, pa se stvara dojam da LED dioda ima mnogo više od dvije. Pošto je akcenat cijelog modela na sigurost, rubovi semafora su zaobljeni, a i samo podnožje je obojeno jarkom žutom bojom kako bi bilo uočljivije. Cjelokupna struktura je lako pokretljiva, tako da je moguća njena primjena na raznim mjestima, bez ograničavanja na samo jedan prostor.

Na slici 10.1 je prikazan unutrašnji izgled modela semafora, gdje se vidi i način postavljanja LED dioda u kućište.



**Slika 10.1:** Izgled unutrašnjosti modela semafora

## Krajnji izgled modela

---

Na slici 10.2 je prikazan finalni izgled modela semafora.



**Slika 10.2:** Izgled gotovog modela semafora za edukaciju djece predškolskog uzrasta

# Zaključak

Veoma je važno da se djeca od najranije dobi počinju učiti poštivanju saobraćajne signalizacije i znakova, radi vlastite sigurnosti i sigurnosti drugih ljudi. Semafor na daljinsko upravljanje je realizovan kao kompaktna cjelina koja ima mogućnost upravljanja na dva načina - putem daljinskog upravljača i mobilne aplikacije. Svjetlosna signalizacija se upravlja preko razvojnog okruženja Arduino Nano, RF modula i Bluetooth modula. Semafor je realizovan kao dvostrani, sadrži ukupno 6 svjetala za automobile i 4 za pješake. Kao takav, nije upotrebljiv u standardnom gradskom saobraćaju, ali je prilagođen upotrebi u ustanovama za obrazovanje djece predškolskog uzrasta. Svako svjetlo je realizovano sa 2 optimalne LED diode dobivene provedenim eksperimentom. Napajanje cjelokupne strukture je baterijski. Akcenat rada je na sigurnosti i jednostavnosti, pa kao takav, ovaj semafor je napravljen sa pažnjom na sve potencijalne opasnosti u kojima se djeca mogu naći pri boravku u blizini njega.

## Smjernice za daljnji rad

U nastavku razvijanja ovog semafora, mogao bi se dodati elektronički dio koji bi predstavljao zvučnu signalizaciju koja bi odgovarala određenoj svjetlosnoj signalizaciji, pa bi se takva verzija semafora mogla prilagoditi i djeci sa posebnim potrebama. Također, bilo bi poželjno dodati i dijelove za skretanje lijevo ili desno, koji bi bili zelene boje pri dozvoljenom prolazu, a ugašeni kada je prolaz zabranjen. Pored materijala od kojeg je izrađen ovaj model semafora, postoji znatno više drugih materijala koji bi mogli poslužiti pri realizaciji semafora koji će biti lakša.

## **Prilozi**

# Prilog A

## Programski kod

Navedeni kod pisan je za razvojno okruženje Arduino Nano i za ATmega328 mikrokontroler. Korišteni programator je USBtinyISP.

**Program A.1:** Programski kod za Arduino Nano

```
1 #include <RCSwitch.h>
2 RCSwitch mySwitch = RCSwitch();
3 int komanda = 0;
4 int brojac = 0;
5 int brojac_za_blink = 0;
6 int preload ;
7 int enable;
8 int pocetak = 1;
9 int rf_komanda = 0;
10 void setup() {
11     Serial.begin(9600);
12     mySwitch.enableReceive(0);
13     //strana 1 - automobili
14     pinMode(13, OUTPUT); //crveno
15     pinMode(12, OUTPUT); //zuto
16     pinMode(11, OUTPUT); //zeleno
17     //strana 2 - automobili
18     pinMode(10, OUTPUT); //crveno
19     pinMode(6, OUTPUT); //zuto
20     pinMode(4, OUTPUT); //zeleno
21     //strana 3 - pjesaci
22     pinMode(4, OUTPUT); //crveno
23     pinMode(2, OUTPUT); //zeleno
24     //strana 4 - pjecaci
25     pinMode(A4, OUTPUT); //crveno
26     pinMode(A5, OUTPUT); //zeleno
27
28
29
30 //PREKIDI
31 // Inicijalizacija tajmera:
32 noInterrupts();
33 TCCR2A = 0;
34 TCCR2B = 0;
35 preload = 0;
36 TCNT2 = preload; // postavljanje preload vrijednosti
37 TCCR2B = (1<<CS22) | (1<<CS20) | (1<<CS21); // postavljanje preskalera
38 TIMSK2 |= (1 << TOIE2);
```

## Programski kod

---

```
39     interrupts();
40 }
41
42 //Prekidna rutina
43 ISR(TIMER2_OVF_vect)
44 {
45     TCNT2 = preload; // postavi ponovo preload vrijednost
46     if(komanda == 49){
47         brojac++;
48         //pjesaci crveno, autal crveno, auta2 crveno
49         if ((brojac > 0 && brojac <= 183) || (brojac > 1708 && brojac <=
50             1891) || (brojac > 2623 && brojac <= 2806) || (brojac > 4331
51             && brojac <= 4514)){
52             digitalWrite(13, HIGH);
53             digitalWrite(12, LOW);
54             digitalWrite(11, LOW);
55             digitalWrite(10, HIGH);
56             digitalWrite(6, LOW);
57             digitalWrite(5, LOW);
58             digitalWrite(4, HIGH);
59             digitalWrite(2, LOW);
60             digitalWrite(A4, HIGH);
61             digitalWrite(A5, LOW);
62         }
63         // pjesaci crveno, autal zuto, auta2 crveno
64         if ((brojac > 183 && brojac <= 427) || (brojac > 1464 && brojac <=
65             1708)){
66             digitalWrite(13, LOW);
67             digitalWrite(12, HIGH);
68             digitalWrite(11, LOW);
69             digitalWrite(10, HIGH);
70             digitalWrite(6, LOW);
71             digitalWrite(5, LOW);
72             digitalWrite(4, HIGH);
73             digitalWrite(2, LOW);
74             digitalWrite(A4, HIGH);
75             digitalWrite(A5, LOW);
76         }
77         //pjesaci crveno, autal zeleno, auta2 crveno
78         if (brojac > 427 && brojac <= 1159){
79             digitalWrite(13, LOW);
80             digitalWrite(12, LOW);
81             digitalWrite(11, HIGH);
82             digitalWrite(10, HIGH);
83             digitalWrite(6, LOW);
84             digitalWrite(5, LOW);
85             digitalWrite(4, HIGH);
86             digitalWrite(2, LOW);
87             digitalWrite(A4, HIGH);
88             digitalWrite(A5, LOW);
89         }
90         //pjesaci crveno, autal blink zeleno, auta2 crveno
91         if (brojac > 1159 && brojac <= 1464){
92             digitalWrite(13, LOW);
93             digitalWrite(12, LOW);
94             if (brojac_za_blink > 0 && brojac_za_blink <= 61){
```

```
94         digitalWrite(11, HIGH);
95     }
96     if (brojac_za_blink > 61 && brojac_za_blink <= 122) {
97         digitalWrite(11, LOW);
98     }
99     if (brojac_za_blink > 122 && brojac_za_blink <= 183) {
100        digitalWrite(11, HIGH);
101    }
102    if (brojac_za_blink > 183 && brojac_za_blink <= 244) {
103        digitalWrite(11, LOW);
104    }
105    if (brojac_za_blink > 244 && brojac_za_blink <= 305) {
106        digitalWrite(11, HIGH);
107        brojac_za_blink = 0;
108    }
109    else brojac_za_blink++;
110
111    digitalWrite(10, HIGH);
112    digitalWrite(6, LOW);
113    digitalWrite(5, LOW);
114    digitalWrite(4, HIGH);
115    digitalWrite(2, LOW);
116    digitalWrite(A4, HIGH);
117    digitalWrite(A5, LOW);
118}
119
120
121 //pjesaci zeleno, auta1 crveno, auta2 crveno
122 if ((brojac > 1891 && brojac <= 2623) || (brojac > 4514 && brojac
123 <= 5246)) {
124     digitalWrite(13, HIGH);
125     digitalWrite(12, LOW);
126     digitalWrite(11, LOW);
127     digitalWrite(10, HIGH);
128     digitalWrite(6, LOW);
129     digitalWrite(5, LOW);
130     digitalWrite(4, LOW);
131     digitalWrite(2, HIGH);
132     digitalWrite(A4, LOW);
133     digitalWrite(A5, HIGH);
134     if (brojac == 5246) {
135         brojac = 0;
136     }
137
138 //pjesaci crveno, auta1 crveno, auta2 zuto
139 if ((brojac > 2806 && brojac <= 3050) || (brojac > 4087 && brojac
140 <= 4331)) {
141     digitalWrite(13, HIGH);
142     digitalWrite(12, LOW);
143     digitalWrite(11, LOW);
144     digitalWrite(10, LOW);
145     digitalWrite(6, HIGH);
146     digitalWrite(5, LOW);
147     digitalWrite(4, HIGH);
148     digitalWrite(2, LOW);
149     digitalWrite(A4, HIGH);
         digitalWrite(A5, LOW);
```

## Programski kod

---

```
150    }
151 //pjesaci crveno, auta1 crveno, auta2 zeleno
152 if (brojac > 3050 && brojac <= 3782) {
153     digitalWrite(13, HIGH);
154     digitalWrite(12, LOW);
155     digitalWrite(11, LOW);
156     digitalWrite(10, LOW);
157     digitalWrite(6, LOW);
158     digitalWrite(5, HIGH);
159     digitalWrite(4, HIGH);
160     digitalWrite(2, LOW);
161     digitalWrite(A4, HIGH);
162     digitalWrite(A5, LOW);
163 }
164 //pjesaci crveno, auta1 crveno, auta2 blink zeleno
165 if (brojac > 3782 && brojac <= 4087) {
166     digitalWrite(13, HIGH);
167     digitalWrite(12, LOW);
168     digitalWrite(11, LOW);
169     digitalWrite(10, LOW);
170     digitalWrite(6, LOW);
171
172     if (brojac_za_blink > 0 && brojac_za_blink <= 61) {
173         digitalWrite(5, HIGH);
174     }
175     if (brojac_za_blink > 61 && brojac_za_blink <= 122) {
176         digitalWrite(5, LOW);
177     }
178     if (brojac_za_blink > 122 && brojac_za_blink <= 183) {
179         digitalWrite(5, HIGH);
180     }
181     if (brojac_za_blink > 183 && brojac_za_blink <= 244) {
182         digitalWrite(5, LOW);
183     }
184     if (brojac_za_blink > 244 && brojac_za_blink <= 305) {
185         digitalWrite(5, HIGH);
186         brojac_za_blink = 0;
187     }
188     else brojac_za_blink++;
189
190     digitalWrite(4, HIGH);
191     digitalWrite(2, LOW);
192     digitalWrite(A4, HIGH);
193     digitalWrite(A5, LOW);
194 }
195 }
196 }
197
198 void crveno_manuelni_rezim() {
199     digitalWrite(13, HIGH);
200     digitalWrite(12, LOW);
201     digitalWrite(11, LOW);
202     digitalWrite(10, HIGH);
203     digitalWrite(6, LOW);
204     digitalWrite(5, LOW);
205     digitalWrite(4, LOW);
206     digitalWrite(2, HIGH);
207     digitalWrite(A4, LOW);
```

```
208     digitalWrite(A5, HIGH);  
209 }  
210  
211 void zuto_manuelni_rezim(){  
212     digitalWrite(13, LOW);  
213     digitalWrite(12, HIGH);  
214     digitalWrite(11, LOW);  
215     digitalWrite(10, LOW);  
216     digitalWrite(6, HIGH);  
217     digitalWrite(5, LOW);  
218     digitalWrite(4, HIGH);  
219     digitalWrite(2, LOW);  
220     digitalWrite(A4, HIGH);  
221     digitalWrite(A5, LOW);  
222 }  
223  
224 void blink_zeleno_manuelni_rezim(){  
225     digitalWrite(13, LOW);  
226     digitalWrite(12, LOW);  
227     digitalWrite(11, HIGH);  
228     delay (500);  
229     digitalWrite (11, LOW);  
230     delay (500);  
231     digitalWrite(10, LOW);  
232     digitalWrite(6, LOW);  
233     digitalWrite(5, HIGH);  
234     delay (500);  
235     digitalWrite (5, LOW);  
236     delay (500);  
237     digitalWrite(4, HIGH);  
238     digitalWrite(2, LOW);  
239     digitalWrite(A4, HIGH);  
240     digitalWrite(A5, LOW);  
241 }  
242  
243 void zeleno_manuelni_rezim() {  
244     digitalWrite(13, LOW);  
245     digitalWrite(12, LOW);  
246     digitalWrite(11, HIGH);  
247     digitalWrite(10, LOW);  
248     digitalWrite(6, LOW);  
249     digitalWrite(5, HIGH);  
250     digitalWrite(4, HIGH);  
251     digitalWrite(2, LOW);  
252     digitalWrite(A4, HIGH);  
253     digitalWrite(A5, LOW);  
254 }  
255  
256 void stop_automatski_rezim(){  
257     digitalWrite(13, LOW);  
258     digitalWrite(12, LOW);  
259     digitalWrite(11, LOW);  
260     digitalWrite(10, LOW);  
261     digitalWrite(6, LOW);  
262     digitalWrite(5, LOW);  
263     digitalWrite(4, LOW);  
264     digitalWrite(2, LOW);  
265     digitalWrite(A4, LOW);
```

## Programski kod

---

```
266     digitalWrite(A5, LOW);
267 }
268
269 void nazad_manuelni_rezim() {
270     digitalWrite(13, LOW);
271     digitalWrite(12, LOW);
272     digitalWrite(111, LOW);
273     digitalWrite(10, LOW);
274     digitalWrite(6, LOW);
275     digitalWrite(5, LOW);
276     digitalWrite(4, LOW);
277     digitalWrite(2, LOW);
278     digitalWrite(A4, LOW);
279     digitalWrite(A5, LOW);
280 }
281
282 void pocetni_slucaj() {
283     digitalWrite(13, HIGH);
284     digitalWrite(12, HIGH);
285     digitalWrite(111, HIGH);
286     digitalWrite(10, HIGH);
287     digitalWrite(6, HIGH);
288     digitalWrite(5, HIGH);
289     digitalWrite(4, HIGH);
290     digitalWrite(2, HIGH);
291     digitalWrite(A4, HIGH);
292     digitalWrite(A5, HIGH);
293     delay(3000);
294     digitalWrite(13, LOW);
295     digitalWrite(12, LOW);
296     digitalWrite(111, LOW);
297     digitalWrite(10, LOW);
298     digitalWrite(6, LOW);
299     digitalWrite(5, LOW);
300     digitalWrite(4, LOW);
301     digitalWrite(2, LOW);
302     digitalWrite(A4, LOW);
303     digitalWrite(A5, LOW);
304     pocetak = 0;
305 }
306
307
308 void loop() {
309
310     if (pocetak == 1) {
311         pocetni_slucaj();
312     }
313
314     //Bluetooth komanda
315     if (Serial.available() > 0)
316         komanda = Serial.read();
317
318     //rf_komanda
319     rf_komanda = mySwitch.getReceivedValue();
320
321     //tumacenje Bluetooth komande
322     switch (komanda) {
323         case 48: //Stop automatskog radnog rezima
```

```
324     enable = 0;
325     stop_automatski_rezim();
326     break;
327
328 case 50: //Zeleno svjetlo - manuelni rezim
329     zeleno_manuelni_rezim();
330     break;
331
332 case 51: //Blink zeleno svjetlo - manuleni rezim
333     blink_zeleno_manuelni_rezim();
334     break;
335
336 case 52: // uto svjetlo - manuelni rezim
337     zuto_manuelni_rezim();
338     break;
339
340 case 4: //Crveno svjetlo - manuleni rezim
341     crveno_manuelni_rezim();
342     break;
343
344 case 54: //Komanda nazad (gasi se semafor) - manuleni rezim
345     nazad_manuelni_rezim();
346     break;
347 }
348
349
350 //tumacenje RF komande
351 switch (rf_komanda) {
352
353     case 4090004: //Zeleno svjetlo
354         zeleno_manuelni_rezim();
355         break;
356
357     case 4090008: //Blink zeleno svjetlo
358         blink_zeleno_manuelni_rezim();
359         break;
360
361     case 4090002: //Zuto svjetlo
362         zuto_manuelni_rezim();
363         break;
364
365     case 4090001: //Crveno svjetlo
366         crveno_manuelni_rezim();
367         break;
368     }
369 }
```

# Literatura

- [1] E. Fred Schubert. Introduction to Light Emitting Diode Technology and Applications. Rensselaer Polytechnic Institute Troy. 2018.
- [2] Gilbert Held. Introduction to Light Emitting Diode Technology and Applications. Taylor and Francis group. 6000 Broken Sound Parkway NW, Boca Raton, Florida, 2009.
- [3] A. Neely Hall. Home-made toys for girls and boys. Lothrop, Lee Shepard Company. 2012.
- [4] Brian Salter. Building toys. Shire publications, 2015.
- [5] S.A.Ginzburg, I.Ya.Lekhtman and V.S.Malov. Fundamentals of automation and remote control. Pergamon press, First English edition. 1966.
- [6] Dean A. Gratton, Developing Practical Wireless Applications, Elsevier digital press, 2007.
- [7] Adith Jagadish Boloor, Arduino by Example, Elsevier digital press, Packt Publishing, 2015.
- [8] David Kammer, Gordon McNutt, Brian Senese, Jennifer Bray, Bluetooth application developer's guide: The short rang Interconnect Solution, Elsevier digital press, 2007.
- [9] Harun Muhic, Razvoj elektroničke strukture za daljinsko upravljanje kapijom, septembar 2018.
- [10] Jasmin Hadžiajlić, Dizajn ekspanzivnog I/O modula za PC, septembar 2017.