

LED pahulja kontrolisana Android aplikacijom

Milan Stojanović, Stevan Živković

Sadržaj - U radu je prikazan postupak projektovanja i realizacije uređaja koji predstavlja deo ukrasne rasvete. Na uređaju se nalaze LE diode raspoređene u obliku pahulje, a uključuju se na osnovu komandi koje zadaje korisnik preko Android aplikacije. Uređaj je baziran na mikrokontroleru PIC18F45K22, Bluetooth modulu HC-05 i LED drajverima TLC5925. Prikazan je postupak projektovanja *hardware*-a i *software*-a uređaja, kao i realizacija kućišta uređaja 3D štampačem.

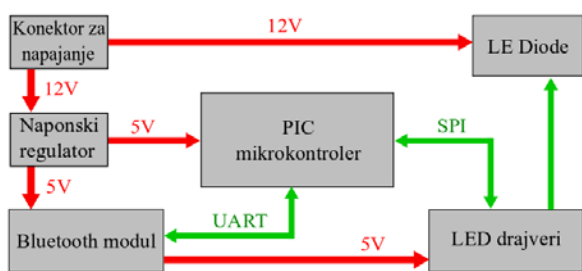
I. UVOD

Razvoj elektronike u mnogome je doprineo promeni načina života ljudi svuda u svetu. Ta promena se odnosi kako na uređaje koji olakšavaju svakodnevne poslove, tako i na uređaje koji se koriste u slobodno vreme. U drugu grupu spadaju i uređaji ukrasne rasvete. Tako su vremenom stari praznični ukrasi zamenjeni električnim koji su daleko funkcionalniji i efektivniji.

U radu je prikazan uređaj koji se može koristiti kao deo praznične rasvete. Napravljen je od LE dioda koje su raspoređene u obliku pahulje sačinjene od nekoliko segmenata. Kontrola same pahulje vrši se od strane korisnika Android aplikacijom. Pod kontrolom se podrazumeva redosled uključivanja segmenata, brzina promene efekata kao i jačina osvetljenosti.

II. ELEKTRIČNA ŠEMA UREĐAJA

Projektovani uređaj se može predstaviti kao sklop električnih blokova povezanih odgovarajućim električnim vezama (slika 1).



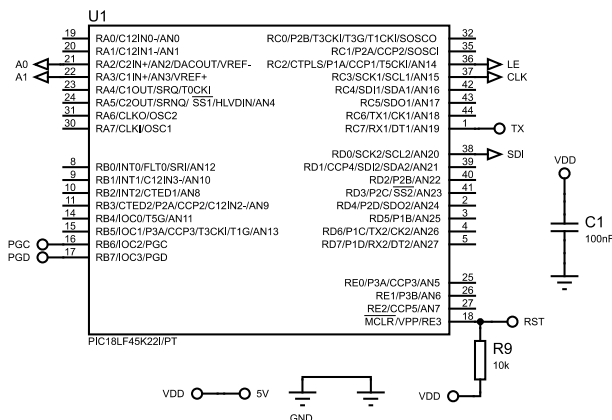
Slika 1. Blok šema projektovanog uređaja.

M. Stojanović, student prve god. Doktorskih akademskih studija na smeru Nanotehnologije i mikrosistemi na Elektronskom fakultetu u Nišu, Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: milan.stojanovic@elfak.ni.ac.rs

S. Živković, student Master akademskih studija na smeru Računarstvo i informatika na Elektronskom fakultetu u Nišu, Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija, E-mail: Zivkovic_Stevan@yahoo.com

A. Mikrokontroler

Centralna komponenta uređaja je mikrokontroler PIC18F45K22 [1]. Na osnovu upisanog koda, koji je napisan u programskom okruženju Proton IDE, mikrokontroler upravlja ostalim blokovima, tj. komponentama. Na slici 2 prikazana je električna šema bloka sa mikrokontrolerom.



Slika 2. Električna šema bloka sa mikrokontrolerom.

Kao što se može videti, u ovom bloku se pored mikrokontrolera koriste još dve komponente. Keramički *bypass* kondenzator na pinovima napajanja samog mikrokontrolera i otpornik koji sprečava neželjeno restartovanje mikrokontrolera. Ono što treba primetiti na električnoj šemi su labela preko kojih se ostvaruju električne veze mikrokontrolera sa ostatkom uređaja.

Do mikrokontrolera treba dovesti napon napajanja od 5 V i masu koja je zajednička za ceo uređaj. Prilikom projektovanja električne šeme u programu *Proteus* treba obratiti pažnju na skrivene pinove komponenata. Kod mikrokontrolera to su pinovi za napajanje označeni sa VDD i GND. Iz tog razloga su povezane labela 5V i VDD kao i GND sa masom uređaja.

Preko pinova PGD, PGC, RST, uz masu i napajanje vrši se programiranje mikrokontrolera preko PICKit3 uređaja [2].

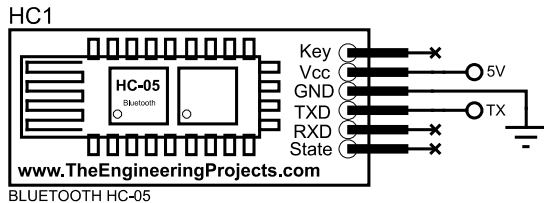
Preko labela LE, CLK, SDI se ostvaruje SPI komunikacija između mikrokontrolera i drajvera. Signali A0 i A1 služe za kontrolu osvetljenja što će biti objašnjeno u nastavku.

Razmena podataka između mikrokontrolera i *Bluetooth* modula vrši se preko UART komunikacije. U ovom slučaju je dovoljno koristiti samo RX pin mikrokontrolera jer se prenos podataka vrši samo u smeru od *Bluetooth* modula ka mikrokontroleru. Na šemi je ovaj

pin povezan sa labelom TX jer je povezan na TX pin *Bluetooth* modula.

B. Bluetooth modul

Da bi komunikacija između uređaja i mobilnog telefona bila moguća neophodno je da uređaj ima *Bluetooth* modul. Pri realizaciji uređaja iskorišćen je modul HC-05 [3]. Ovaj modul se može konfigurisati da radi u širokom opsegu brzine prenosa podataka (6900 bps do 460800 bps), a u samom uređaju se ta komunikacija vrši brzinom od 19200 bps. Na slici 3 prikazan je električni simbol modula HC-05.



Slika 3. Električni simbol *Bluetooth* modula HC-05.

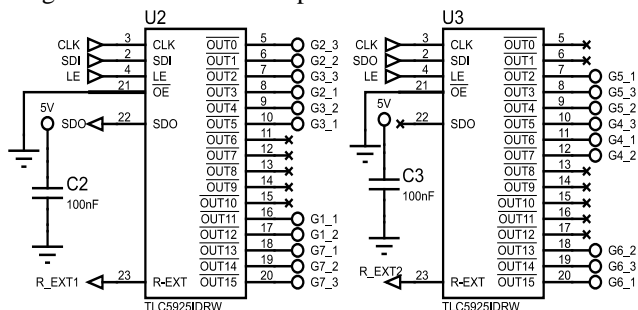
C. LED drajveri

LED drajveri su integrisana kola namenjena za kontrolu LED displeja i uređaja kod kojih se prikaz informacija vrši preko LE dioda. Za realizaciju uređaja koji se opisuje u radu korišćeni su LED drajveri TLC5925 [4]. TLC5925 su u stvari 16-bitni pomerački registri sa serijskim ulazom i paralelnim izlazom. Svaki od izlaza obezbeđuje da kroz diodu (grupu dioda) koja je na njega povezana teče konstantna struja. Posebnu pogodnost predstavlja to što se jačina struje kroz izlaze drajvera može odrediti eksternim otpornikom (R_{ext}) na osnovu jednačine 1:

$$I_{OUT} = \frac{1.21V}{R_{ext}} \cdot 18 \quad (1)$$

Na taj način se preko jednog otpornika može regulisati jačina svetlosti koju emituju diode.

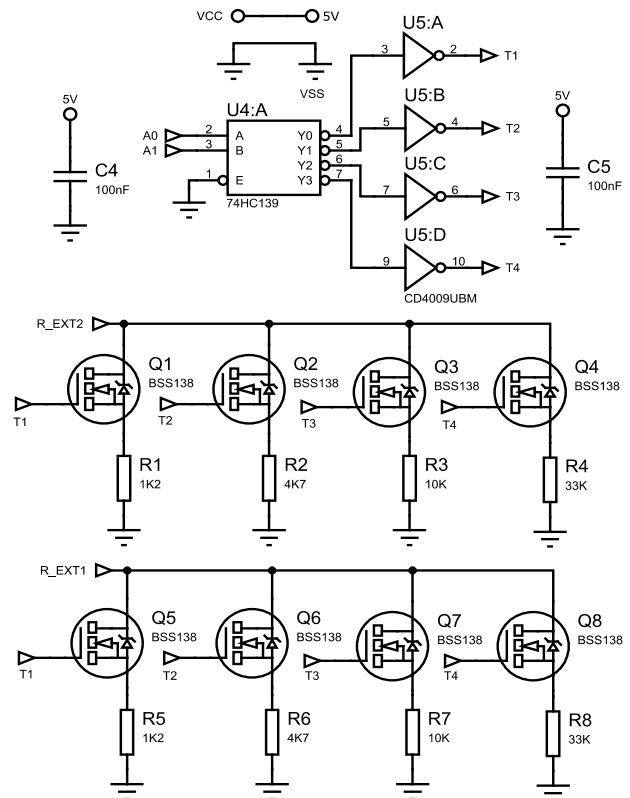
Na slici 4 prikazan je deo električne šeme sa LED drajverima. Kondenzatori C1 i C2 u ovom kolu imaju istu ulogu kao kondenzator C1 prikazan na slici 2.



Slika 4. Deo električne šeme sa LED drajverima.

Kao što je ranije navedeno podaci se sa mikrokontrolera na drajvere prenose preko SPI komunikacije. Oba drajvera imaju zajedničke signalne linije sa mikrokontrolerom. Pri rastućoj ivici CLK signala se podatak na SDI liniji sa mikrokontrolera upisuje u drajver. Prvih 16 bitova se upisuju u drajver U2. Pri upisu sledećih 16 bitova, podatak koji je upisan u drajver U2 preko SDO pina prelazi u drajver U3, a u drajver U2 se upisuje novih 16 bitova. Po završetku upisa se preko signala LE dovodi pozitivan impuls kojim se podaci upisani u oba drajvera prosleđuju na njihov izlaz.

Preko signala R_EXT1 i R_EXT2 se reguliše jačina struje na izlazima drajvera električnim kolom sa slike 5.



Slika 5. Električna šema kola za regulaciju jačine osvetljenosti.

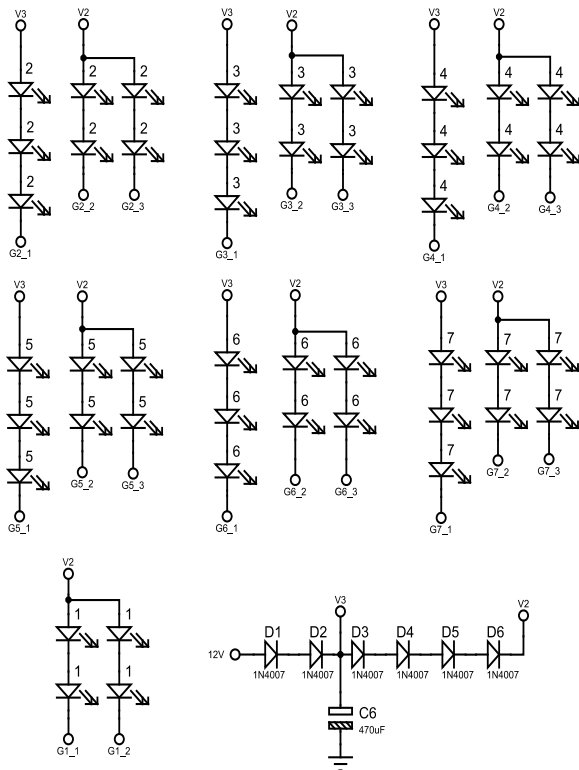
C4 i C5 su *bypass* kondenzatori. Signalima A0 i A1, koji dolaze sa mikrokontrolera, se aktivira jedan od izlaza dekodera. Signal sa aktivnog izlaza dekodera se zatim invertuje i dovodi na *gate* odgovarajućeg para N-kanalnog MOS tranzistora. Na taj način se na pinove za regulaciju jačine izlazne struje povezuje jedan od četiri para otpornika i podešava željeni nivo osvetljenosti.

Iz istog razloga kao kod mikrokontrolera treba povezati labelu VCC na 5V kao i VSS sa masom uređaja.

D. LE diode

Na prvi pogled, može se reći da diode predstavljaju glavni deo uređaja s obzirom da je to deo koji

korisniku pruža povratnu informaciju. Uređaj je realizovan sa LE diodama koje emituju belu svetlost [5]. Dioda su raspoređene u grupe koje su povezane na izlaze drajvera formirajući segmente (slika 6). Pahulju čini ukupno sedam segmenata koji istovremeno ili posebno uključivati.



Slika 6. Električna šema i formiranje grupa i segmenata LE dioda.

Labela G1_1 ukazuje na prvu grupu iz prvog segmenta i povezana je na jedan od izlaza drajvera. Kada se u drajver upiše logička jedinica/nula na poziciji koja odgovara pinu na koji je povezana ova labela biće uključena/isključena ova grupa dioda. Sve ostale grupe i segmenti se uključuju/isključuju po istom principu.

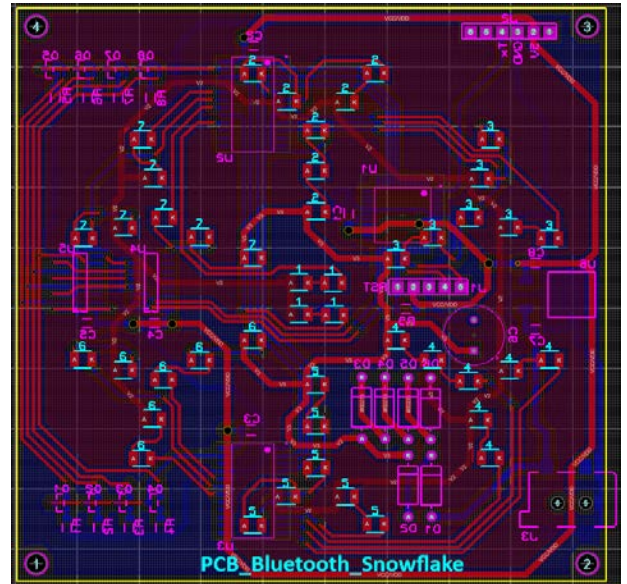
Silicijumskim diodama D1-D6 se ulazni napon dovodi do potrebne vrednosti za napajanje određene grupe. V3 predstavlja napon kojim se napajaju grupe sa tri redno vezane LE diode, a V2 napon napajanja grupa sa dve redno vezane LE diode. Elektrolitski kondenzator C6 služi da održi diode uključenim ukoliko dođe do kratkotrajnih nestabilnosti napona napajanja.

E. Napajanje

Uređaj se napaja preko eksternog napajanja od 12 V. Ovaj napon se koristi za napajanje LE dioda, a potrebnih 5 V za napajanje ostalih komponenata realizovano je preko naponskog regulatora LM7805.

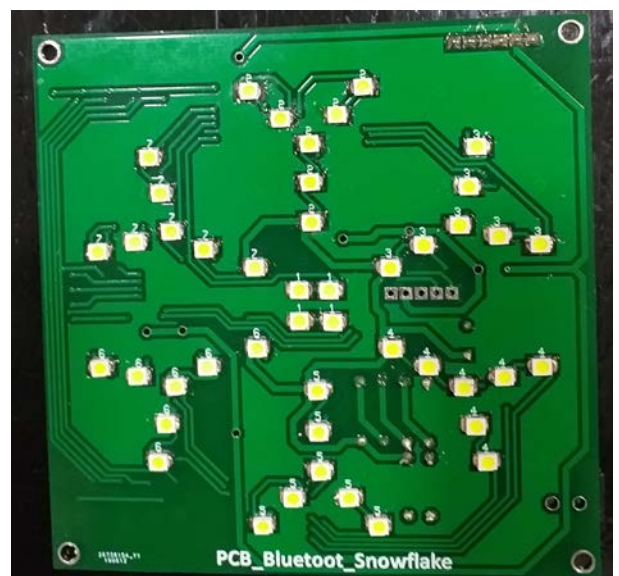
III. PROJEKTOVANJE ŠTAMPANE PLOČE

Nakon realizacije električne šeme izvršeno je raspoređivanje komponenata na štampanoj ploči i rutiranje električnih veza. Na slici 7 prikazan je izgled *layout*-a štampane ploče nakon rutiranja.

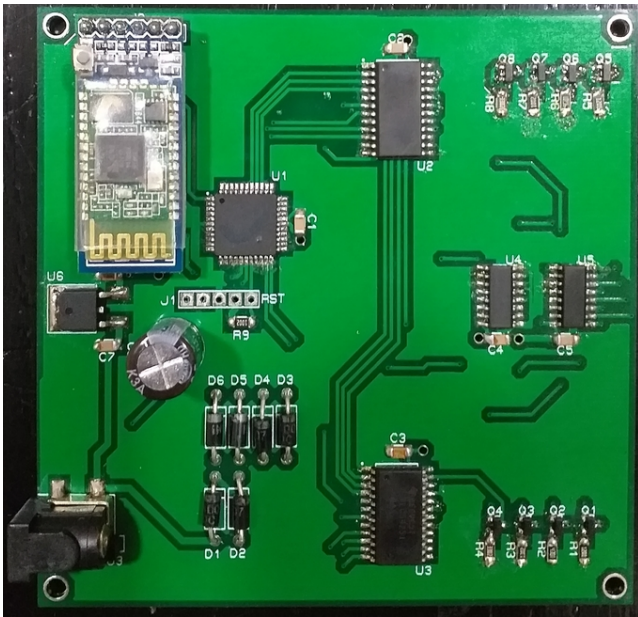


Slika 7. Štampana ploča nakon rutiranja (*layout*).

Na prednjoj (*top*) strani ploče nalaze se LE diode, dok je sva ostala elektronika smeštena na zadnjoj (*bottom*) strani. Po završetku rutiranja GERBER fajlovi su poslani na fabriku, a finalni izgled ploče nakon proizvodnje i lemljenja komponenata prikazan je na slikama 8 (prednja strana) i 9 (zadnja strana).



Slika 8. Završena štampana ploča – prednja strana.



Slika 9. Završena štampana ploča – zadnja strana.

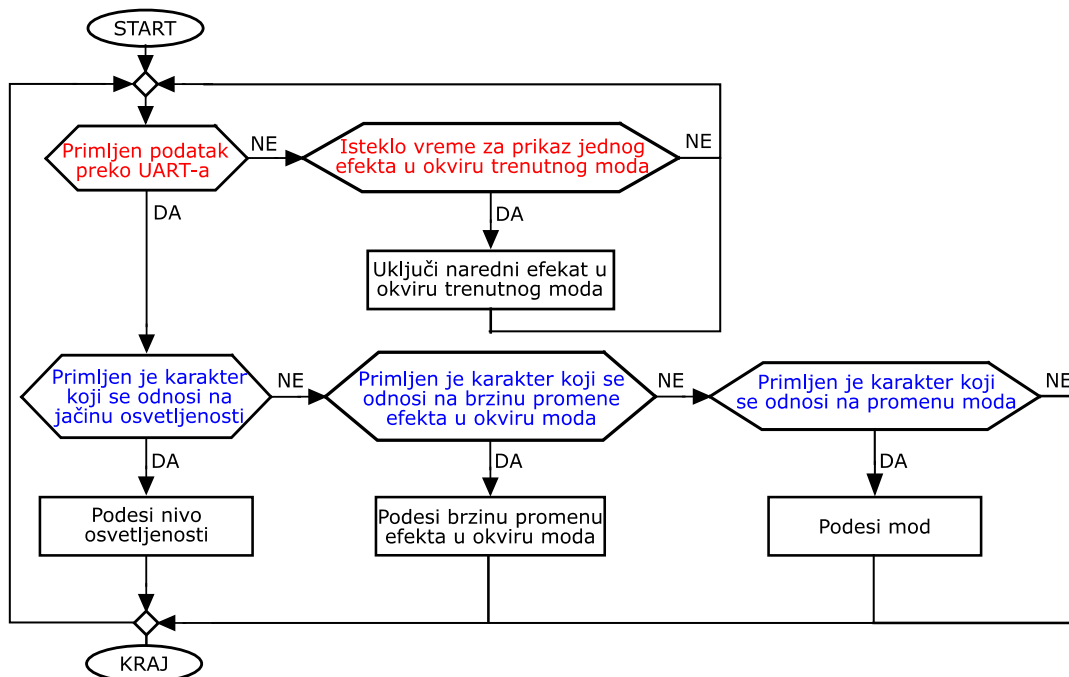
Pored komponenta na ploči su dodate i rupe potrebne da se štampana ploča pričvrsti za kučiste.

IV. ALGORITAM RADA UREĐAJA (MIKROKONTROLERA)

Sva funkcionalnost uređaja određena je mikrokontrolerom, odnosno kodom koji je upisan u njega. Program za mikrokontroler napisan je u *Proton IDE software*-u. Na slici 10 prikazane su glavne celine algoritma koji odgovara programskom kodu mikrokontrolera.

Nakon uključivanja uređaja sve diode su isključene i čeka se prijem podatka sa *Bluetooth* modula preko UART komunikacije. Mikrokontroler podatke sa modula prihvata preko *interrupt* rutine. Na taj način je omogućeno da uređaj u bilo kom trenutku prihvati novi podatak od korisnika. Kada dodje do prijema podatka, preko vrednosti određene promenljive se glavnoj petlji signalizira da je podatak primljen i da treba da pristupi obradi istog.

Druga *interrupt* rutina koja se koristi zasniva se na merenju vremena. Ako je isteklo vreme, postavljeno upisom podataka u odgovarajuće registre mikrokontrolera, preko promenljive se glavnoj petlji signalizira da treba da se izvrši promena efekta u okviru moda.



Slika 10. Algoritam programskog koda mikrokontrolera.

Kada je novi podatak primljen ispituje se njegova vrednost i na osnovu nje izvršava jedan od tri dela programa. Prvi se odnosi na promenu jačine osvetljenosti. Drugi je povezan sa vremenskim *interrupt*-om jer se u njemu postavljaju vrednosti koje ukazuju na brzinu ulaska

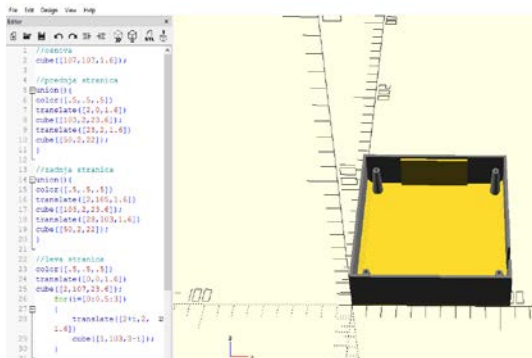
u *interrupt* rutinu, a samim tim i brzina promene efekta u modu. Treći deo koda se izvršava ukoliko je primljen karakter za promenu moda. Mod se odnosi na prikaz, a efekat se odnosi na trenutno stanje prikaza tj. moda. Npr. jedan od modova je uključivanje segmenata s leva na desno

pri čemu se prethodno uključeni segment isključuje, a trenutno uključeni segment u tom modu predstavlja efekat.

IV. IZRADA KUĆIŠTA UREĐAJA

Nakon testiranja štampane ploče i *software*-a sledeći korak u realizaciji uređaja je projektovanje kućišta. Poslednjih godina, u razvoju kućišta i mehaničkih delova električnih uređaja, sve veći uticaj imaju 3D štampači.

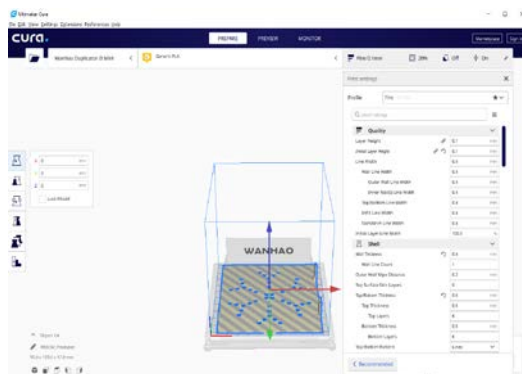
Za projektovanje kućišta uređaja korišćen je *Open SCAD software* [6]. Kućište uređaja se sastoji iz dva dela, osnove sa stranicama i odstojećima za štampanu ploču i poklopca. Na slici 11 prikazan je izgled pomenutog *software*-a pri projektovanju osnove kućišta.



Slika 11. Projektovanje osnove kućišta u *Open SCAD software*-u.

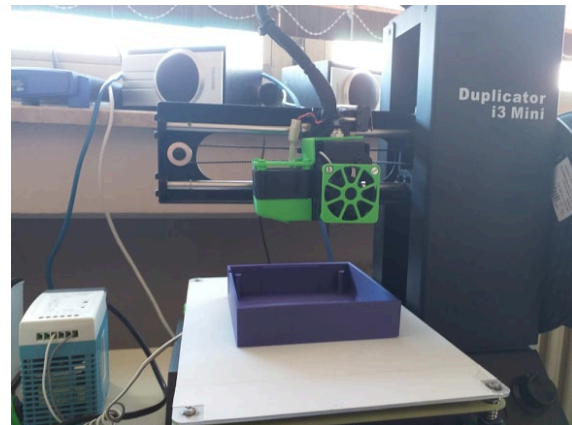
Poklopac kućišta sadrži rupe koje se poklapaju sa rasporedom LE dioda i projektuje se na osnovu *layout*-a štampane ploče. U nekom od *software*-a za crtanje (*Inscap*e) se sa svakom LE diodom centriraju krug željenog poluprečnika. Na crtež se potom ostavljaju samo krugovi i linije ivica ploče. Crtež treba sačuvati kao fajl sa ekstenzijom *.dxf* koji se uvozi u *Open SCAD* i tako se dobija poklopac kućišta.

Sledeći korak je da se fajlovi iz *Open SCAD*-a prilagode za 3D štampač. Jedan od *software*-a za to je *Ultimaker Cura* [7]. U ovom *software*-u (slika 12) se odabira 3D štampač koji se koristi, brzina štampanja, debljina slojeva i ostali parametri za štampanje.

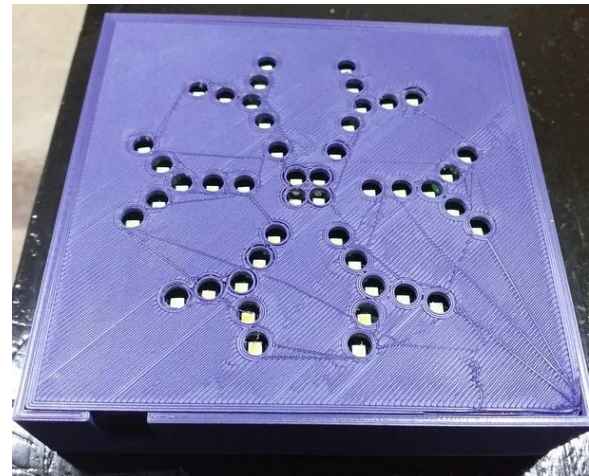


Slika 12. Priprema fajla za 3D štampač (poklopac).

Za izradu kućišta uređaja korišćen je štampač *Wanhao i3 Mini*. Na slici 13 prikazan je proces štampanja kućišta, a na slici 14 uređaj u kućištu.



Slika 13. Štampanje kućišta 3D štampačem *Wanhao i3 Mini*.



Slika 14. Izgled uređaja.

V. REALIZACIJA ANDROID APLIKACIJE

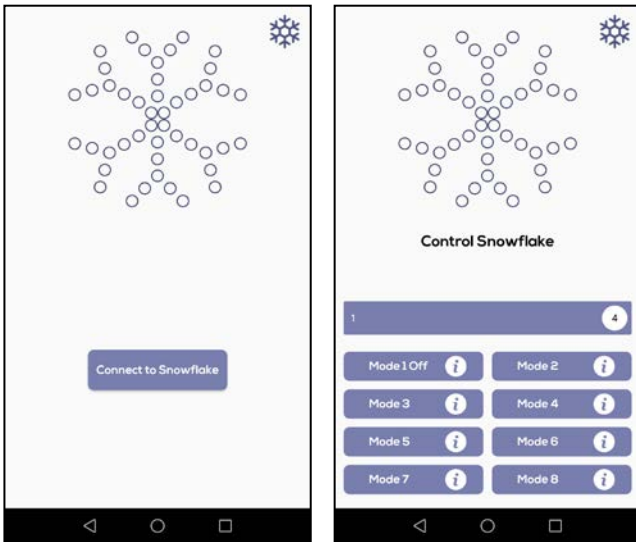
Kao što je navedeno ranije, završni deoprojektovanja uređaja predstavlja korisnička *Android* aplikacija. Aplikacija je razvijena u *Android Studio* okruženju korišćenjem *native* i *third-party* biblioteka. Na slici 15 prikazan je logo realizovane aplikacije.



Slika 15. Logo realizovane *Android* aplikacije.

Cilj same aplikacije jeste kontrola hardvera urađaja preko *Bluetooth* komunikacije slanjem

pojedinačnih naredbi, kao i prikaz trenutno izabranog moda na ekranu telefona. Pri pokretanju aplikacije korisnik mora da se konektuje na svoj uređaj (levi prozor na slici 16). Nakon uspešne konekcije, pojavljuje se kontrolni panel u kome se nalaze svi modovi koji se mogu izabrati. Korisnik može u bilo kom trenutku kontrolisati nivo osvetljenosti sistema, a pri odabiru pojedinačnog moda dobija i mogućnost podešavanja brzine prikaza odabranog moda.



Slika 16. Izgled početnog ekrana pre i nakon konekcije korisnika.

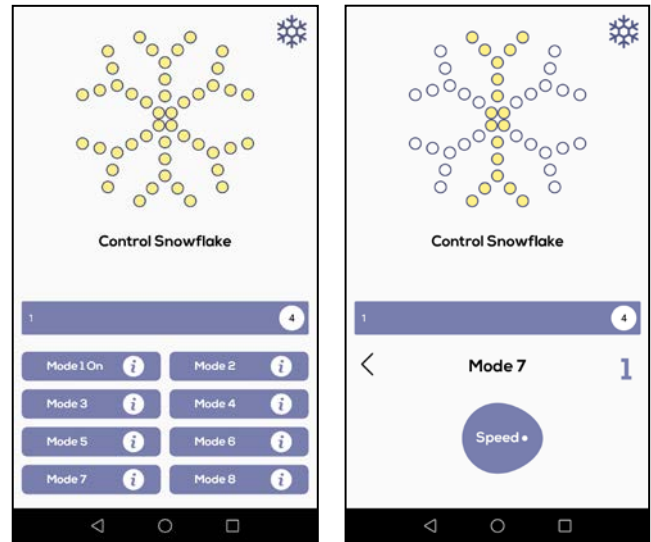
Na desnom prozoru slike 16 prikazan je kontrolni panel sa svim dostupnim modovima i u vrhu panela nalazi se *fluid slider* za podešavanje nivoa osvetljenosti. Dostupni modovi su:

- **Mod 1** - Mod u kome se sve diode mogu uključiti ili isključiti (levi prozor slike 17).
- **Mod 2** - U ovom modu se diode naizmenično uključuju i isključuju, tzv. efekat blinkanja.
- **Mod 3** - U trećem modu se segmenti uključuju jedan za drugim od vrha pahljulje s leva na desno. Na kraju se svi segmenti isključuju.
- **Mod 4** - Ovaj mod je istovetan modu 3 sa suprotnim smerom uključivanja segmenata.
- **Mod 5** - Mod u kome se segmenti uključuju sleva na desno pri čemu se prethodni segment isključuje. Na kraju se svi segmenti uključuju pa isključuju.
- **Mod 6** - Mod 6 je istovetan modu 5 u suprotnom smeru uključivanja segmenata.
- **Mod 7** - Pretposlednji mod prikazuje po dva suprotna segmenta dok je centralni segment uvek uključen. Segmenti se uključuju s leva na desno, a posle svakog para uključenih segmenata sledi

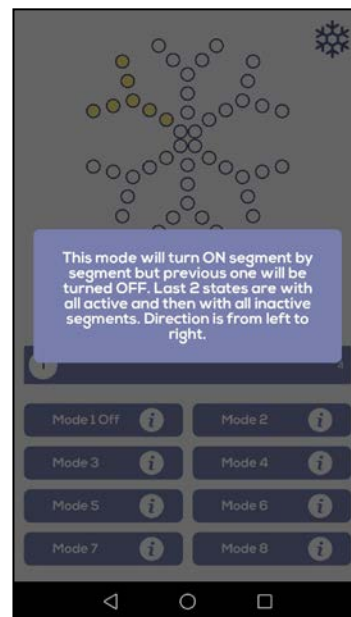
period u kome su svi segmenti isključeni (desni prozor slike 17).

- **Mod 8** - Poslednji mod je istovetan mod-u 7 sa suprotnim smerom uključivanja segmenata.

Svaki mod ima svoje *info* polje pri čijem kliku korisnik dobija tačan opis tog moda. Na slici 18 dat je primer opisa za **Mod 5**.



Slika 17. Izgled ekrana aplikacije pri aktiviranom prvom i sedmom modu.



Slika 18. Prikaz ekrana aplikacije sa informacijama o radu moda

ZAKLJUČAK

Nakon testiranja uređaja, utvrđeno je da uređaj u električnom pogledu funkcioniše bez ikakvih nedostataka. Nema neželjenog grejanja, a prenos podataka sa mobilnog telefona korisnika se na uređaj vrši bez ikakvih problema (nema kašnjenja niti uticaja šumova što može dovesti do pogrešnog očitavanja primljene komande).

Što se daljeg razvoja tiče, jedna od mogućnosti za unapređenje uređaja je realizacija napajanja pomoću baterija. Na taj način bi se omogućila mobilnost uređaja ali bi se povećale njegove dimenzije.

Realizovano kućište napravljeno je od plastike koja je osetljiva na temperaturne promene. Da bi bilo moguće koristiti uređaj pri širem opsegu temperatura kućište uređaja treba napraviti od materijala koji je otporniji na promenu spoljnjih uslova.

ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju docentu dr. Ljubomiru Vračaru na savetima i pomoći oko realizacije kućišta uređaja.

LITERATURA

- [1] „PIC18(L)F2X/4XK22, 28/40/44-Pin, Low-Power, High-Performance Microcontrollers with XLP Technology”, Microchip. Dostupno na: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40001412G.pdf>
- [2] „PICkit™ 3 In-Circuit Debugger”, Dostupno na: <https://www.microchip.com/Developmenttools/ProductDetails/PG164130>
- [3] „HC-05, Bluetooth to Serial Port Module”, ITEad Studio.
- [4] „TLC5925 Low-Power 16-Channel Constant-Current LED Sink Driver”, Datasheet, Texas Instruments.
- [5] „PLCC 3528 0.06W White”, EDISON Lighting Design Manufacturing Service, Datasheet
- [6] Dostupno na: <https://www.openscad.org/>
- [7] Dostupno na: <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>