

Bjelovar, svibanj 2022.

TEHNIČKA ŠKOLA BJELOVAR
Dr. Ante Starčevića 26

JAN PUZAK I IVAN VLAHOVIĆ

ZAVRŠNI RAD
(ARDUINO PINBALL)

Područje rada: ELEKTROTEHNIKA

Program: TEHNIČAR ZA RAČUNALSTVO

Mentor: Ljudevit Sakal, prof

Sažetak

Ovaj rad bavi se problemom izrade flipera s elektronikom koristeći pločicu Wemos D1 R1 nakon neuspjelog pokušaja korištenja pločice Arduino MKR1000. Fizički dio napravljen je pomoću drva i metala, koristeći raznorazne alate potrebne za izradu.

Nakon fizičkog dijela iskorišteni su fotootpornici kao senzori te pločica koja je spojena online preko Blynk aplikacije.

Sadržaj

1. Uvod	4
2. Osnovni dio izradbe flipera	5
2.1. Naručeni dijelovi	5
2.2. Skica cijelog flipera	5
2.3. Osnovna struktura	6
2.4. Izrada flipera i tipki	7
2.4.1. Izrada flipera	7
2.4.2. Izrada tipki	8
2.4.3. Povezivanje flipera i tipki	9
2.5. Izradba ispaljivača kuglice	10
3. Prepreke flipera	13
3.1. Izradba odbijača	13
3.2. Izradba okretne prepreke	15
3.3. Izradba bakrene staze	17
3.3.1. Izradba staze	17
3.3.2. Spajanje staze	17
4. Dodaci za fliper	19
4.1. Plastika pri izlasku kuglice sa starta	19
4.2. Komad drveta u gornjem desnom kutu	19
4.3. Komad drveta kod flipera	20
4.4. Komad drveta ispod flipera	20
4.5. Nagib cijelog flipera, prednja ploča te držač za mobitel	21
5. Ukrasi flipera	23
5.1. Crveni oblici po ploči	23
5.2. LED traka	23
6. Elektronika na fliperu	24
6.1. Pločica Wemos D1 R1	24
6.2. Upravljanje LED trakom	24
6.3. Fotootpornici	25
6.3.1. Spajanje	25
6.3.2. Određivanje prolaska igrače kuglice	26
6.4. Povezivanje pločice Wemos D1 R1 sa aplikacijom za prikaz bodova	26
6.4.1. Korištenje Blynk aplikacije	27
7. Zaključak	27

1. Uvod

Tema rada, Arduino Pinball, u sebi ima dvije riječi. Arduino se odnosi na elektronsku platformu otvorenog koda ili ploču i softver koji se koristi za njegovo programiranje. Pinball potječe od engleske riječi što znači flipper. To je igra u kojoj metalna kuglica putuje po kosoj ploči osvajajući bodove prelaženjem preko različitih prepreka.

Cilj ovog rada je napraviti standardni flipper s preprekama i ukrasima te s elektronikom koristeći elektroničku pločicu.

Rad je podijeljen na osam poglavlja. U početku se govori o osnovnim dijelovima flipera te kako ih izraditi. Zatim slijede prepreke flipera. Na kraju dolaze dodaci te ukrasi.

Nakon fizičkog dijela, dolazi elektronički dio. U početku, korištena je pločica Arduino MKR1000, no bilo je tvorničkih problema pa je prebačeno na pločicu Wemos D1 R1. Senzori na ploči fotootpornici su koji reagiraju na svjetlost. Pločica Wemos D1 R1 povezana je s aplikacijom Blynk na čemu se prikazuju bodovi online.

2. Osnovni dio izradbe flipera

U osnovnoj izradbi flipera uključuje se prostor u kojemu kuglica može putovati, fliperi, odnosno dijelovi kojima upravljamo te ispaljivač kojim ispaljujemo kuglicu na početku što ujedno označava početak igre.

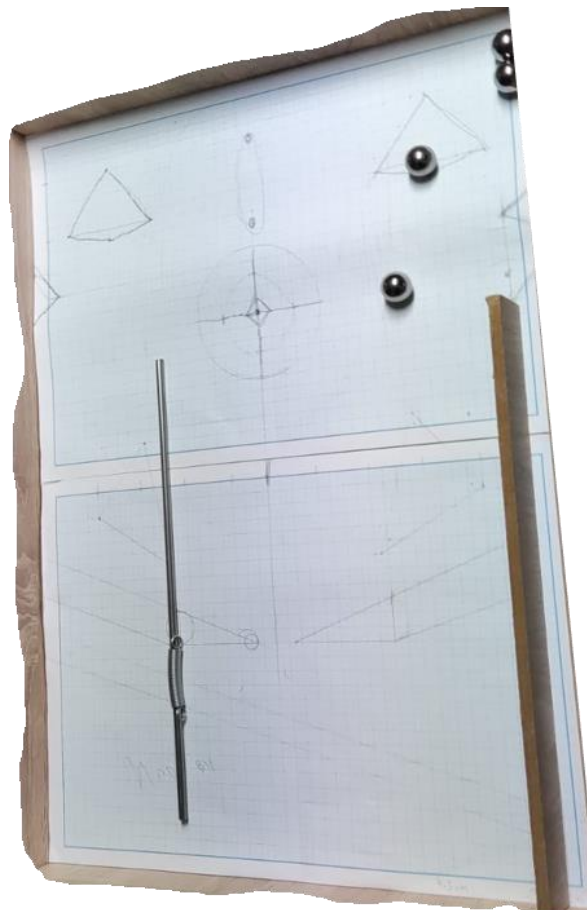
2.1. Naručeni dijelovi

Naručeno je šest dijelova iverice: dvije ploče na kojem kuglica putuje dužine 59 cm te širine 42 cm, dva dijela ograde dužine 59 cm, širine 10 cm te dva dijela ograde dužine 62 cm, širine 10 cm. Jedna glavna ploča nije iskorištena, a naručena je u slučaju neke greške sa prvom pločom.

2.2. Skica cijelog flipera

Prije svega, napravljena je skica na dva A3 milimetarska papira koja su pažljivo zalijepljena da se ne odvajaju iako se je mogao koristiti A2, ali nije ga bilo u tom trenutku. Papire smo stavili na ploču u kojoj su papiri točno popunjavali prostor, pošto je ploča naručena namjerno tih dimenzija.

Nakon dužeg dogovaranja i planiranja na papiru je precizno skiciran cijeli plan. Na samom kraju cijelog rada, bile su minimalne izmijene sa skice.



Slika 1: Izgled skice

2.3. Osnovna struktura

Fizičkim dijelom krenuto je tako što je ograda uzeta, izmjerena te je na pola širine povučena crta olovkom. Određeno je da će jedna ograda imati dvije rupe u koju će ići dva šarafa. Rupe su izbušene bušilicom na dva mjesta koja su smatrana pogodnim (jedna na lijevoj, a jedna na desnoj strani).

Lijeva rupa bila je jednako udaljena od lijevog ruba kao i desna rupa od desnog ruba. Nakon bušenja rupa, dodatno su izbušene posebnim nastavkom kako šaraf nakon što je umetnut ne bude virio van. Nakon umetanja šarafa na dva mjesta, pređeno je na ostala tri dijela ograde. Proces je bio identičan za iste.



Slika 2: Proces izgradnje osnovne strukture

Nakon pričvršćivanja zadnjeg dijela ograde, dobivena je „kutija“, odnosno prostor u kojemu kuglica ne može izaći van. Time smo završili s osnovnom strukturom flipera.



Slika 3: Završena osnovna struktura

2.4. Izrada flipera i tipki

„Fliper“ ima dva značenja. Može imati značenje kao cijela igra i sve što je prisutno na njoj ili može imati značenje kao nešto čime upravljamo. Iz slike se može vidjeti na što se to točno odnosi.



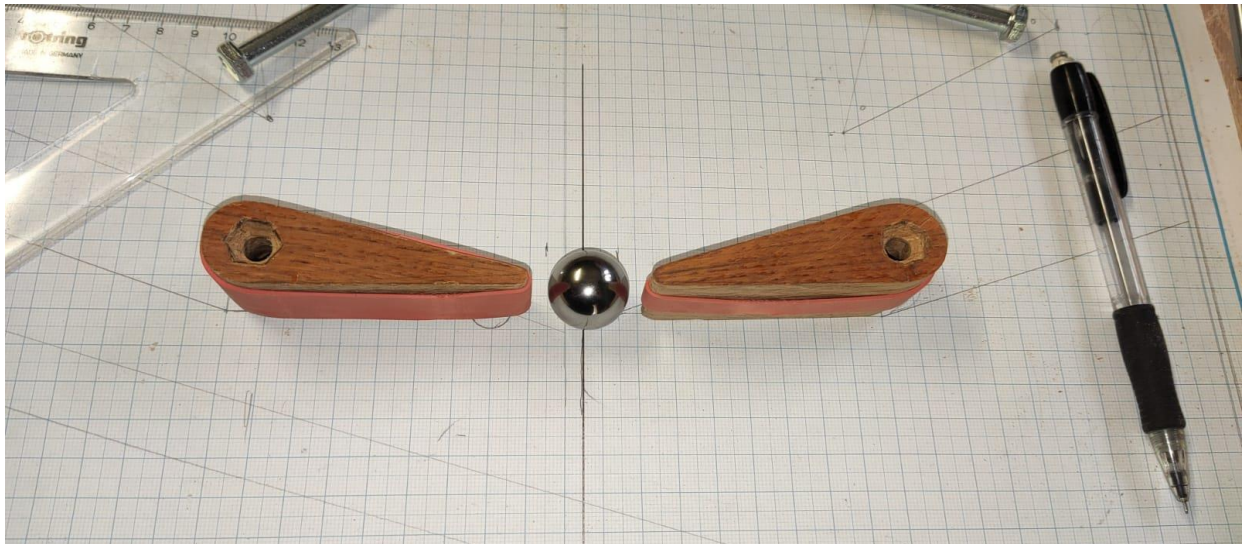
Slika 4: Fliperi kao nešto čime se upravlja

Izrada flipera s tipkama definitivno je najteža stvar koja se morala napraviti. Razlog je složenost, odnosno kompleksnost cijele funkcionalnosti flipera gdje je potrebna visoka preciznost.

2.4.1. Izrada flipera

Izrada flipera krenuta je od rezanja drveta tračnom pilom po obliku kao što je na slici 3. Zatim je korištena tračna brusilica kako bi fliperi dobili savršen oblik s glatkom površinom.

Na svaki fliper izbušena je rupa gdje je umetnut šaraf. Prateći skicu izbušene su dvije rupe u ploči na potrebnom mjestu gdje su šarafi prolazili. Fliperi su, prateći pravila igre flipera, morali biti udaljeni minimalno promjera kuglice kako bi kuglica mogla proći, odnosno pasti kroz mali prostor bez da ju fliperi diraju. Na flipere su dodatno stavljene gumice kako bi udarac bio tiši i glađi.



Slika 5: Pozicija i izgled flipera s gumicom

2.4.2. Izrada tipki

Tipke su ono što kada se pritisne uzrokuje flipere da se podignu. U igri flipera uvijek stoje jedan s lijeve, a jedan s desne strane. Kada tipku pritisnemo, tipka se mora vratiti, odnosno fliper se mora spustiti.

Za izradu tipki bilo je potrebno šest dijelova (tri za svaku). Za jednu tipku potreban je bio jedan pravokutni komad drveta manje širine te veće duljine koji ima vrh oblika gljive. To je bilo izrađeno tračnom pilom te tračnom brusilicom.

Uz to bila su potrebna dva kruga od drveta. Krugovi su bili izrađeni koristeći krunu za bušenje drva. Jedan krug imao je na sredini rupu u obliku pravokutnika. Izrađen je tračnom pilom te tračnom brusilicom pa na kraju uređen turpijom. Drugi nije imao ništa te je on više izrađen zbog preglednosti, ali i zato da je tipku lakše pritisnuti tijekom igre. Isti proces je napravljen za drugu tipku.

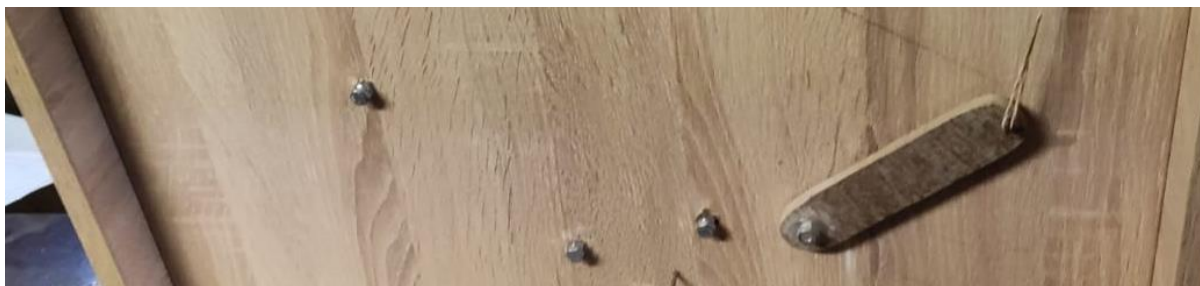


Slika 6: Izgled tipki u dijelovima

2.4.3. Povezivanje flipera i tipki

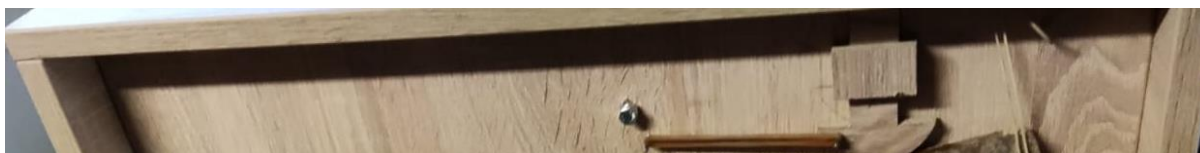
Nakon izradbe dijelova flipera i tipki sada dolazi i njegovo povezivanje, što je ujedno i najteži dio cijelog projekta. Za povezivanje istih, potrebna su još četiri dijela (dva za svaki).

Jedan dio komad je drveta u obliku pravokutnika sa zaobljenim rubovima. To je dio koji stoji ispod ploče te je spojen s fliperom iznad. Spojen je tako što je šaraf prolazio kroz rupu u fliperu te kroz glavnu ploču pa kroz taj dio drveta koji je zatim spojen sa šarafom, podloškom, maticom, te dodatno pričvršćen s dvokomponentnim ljepilom.



Slika 7: Izgled komada drveta spojen s fliperom ispod ploče

Drugi dio komad je drveta u obliku pravokutnika u kojemu je izbušena rupa u obliku pravokutnika. Njega se može nazvati stabilizatorom jer mu je sama namjena da stabilizira dio drveta s vrhom u obliku gljive tako da se isti dio ne može kretati u svim smjerovima, nego samo naprijed i nazad.



Slika 8: Izgled stabilizatora i gljive koja prolazi kroz isti

Kroz ogradu izbušene su rupe pravokutnog oblika. Gljive kroz njih prolaze, te nastavljaju svoj put kroz stabilizator gdje napokon dodiruju odnosno guraju komad drveta spojen s fliperom. Krugovi su zatim stavljeni na vrhovima suportno od vrha u obliku gljive. Zaliječeni su dvokomponentnim ljepilom.

Fliperi i tipke uspješno su postavljeni i povezani, no preostaje nešto što tipke treba vraćati nazad jer bi inače tipke ostale pritisnute unutra, odnosno fliperi podignuti bez da se vraćaju. Gumice su odlučene za rješenje problema.

Bilo je potrebno staviti osam malih metalnih šipki (četiri za svaku) na specifičnim mjestima kako bi se oko njih stavile četiri gumice (dvije za svaku) da bi omogućili tipkama da se vraćaju nazad. Jedna od tih šipki je na gljivi, a na vrhu šipke je vruća plastika koja ima svrhu sprječavanja gumice da se otkvači od šipke tijekom korištenja. U ovom trenutku fliperi su potpuno funkcionalni.



Slika 9: Izgled potpuno funkcionalnog flipera i tipke

2.5. Izradba ispaljivača kuglice

Ispaljivač je dio flipera koji se povlači unazad te nakon puštanja istog ispaljuje kuglicu u igru te ujedno označava i početak igre.

Za izradbu ispaljivača korišteno je četiri dijela. Jedan dio je metalna šipka, drugi dio je komad drveta u obliku kvadra. U njemu je izbušena mala rupa tek toliko da kuglica može sjesti i ostati na mjestu.

Treći dio je komad drveta koji se primi i povuče. U tom dijelu rupa je izbušena kroz sredinu gdje metalna šipka zatim prolazi. Prije toga na šipku je stavljen i četvrti dio što je feder.



Slika 10: Proces izrade dijela ispaljivača kojeg povlačimo

Na drugi kraj šipke stavljen je drveni kvadar i taj cjelokupan spoj prolazi kroz rupu u ogradi koja je bušilicom izbušena. U rupu ograde također je stavljena metalna cjevčica radi manjeg trenja kako bi ispucaj bio što glađi i efektivniji.

Za pričvršćenje oba dijela drveta za krajeve metalne šipke, korišteno je dvokomponentno ljepilo.

Na kraju, bitan dio bio je pričvrstiti komad drveta rezan tračnom pilom uzduž ispaljivača, tako da kuglica može putovati samo prema gore, gdje će se pravilno ubaciti u igru.



Slika 11: Izgled potpuno funkcionalnog ispaljivača kuglice

3. Prepreke flipera

Igra fliper bez prepreka jednostavno ne bi imala smisla jer se ne bi ništa događalo, osim što bi kuglica kontinuirano bila udarana. Stoga, postoje raznorazne prepreke koje pobude interes i zanimaciju za igru.

U ovoj verziji flipera postoje tri vrste prepreka. Prva, ujedno i najglavnija, su odbijači, odnosno dijelovi koji odbijaju kuglicu nakon dodira. Ima ih dvije, jedna na lijevoj, a jedna na desnoj strani ploče. Druga vrsta je okretna prepreka. To je prepreka koja se okreće ovisno o načinu na koji kuglica dodirne prepreku. Zadnja vrsta prepreke je bakrena staza. Kod te prepreke točno se mora pogoditi putanju staze napravljene od bakrene žice.

3.1. Izradba odbijača

Odbijači su glavna prepreka u igri fliper, a služe da bi se kuglica odbila nakon što je dotaknula odbijač.

Izrezana su dva komada drveta u obliku trokuta. Na ploču su izbušene tri rupe sa svake strane te umetnuti šarafi. Oko tri šarafa, postavljene su tri deblje gumice. Tako i na drugoj strani. Zatim, na te šarafe postavljeni su drveni trokuti koji su na šarafe zalijepljeni dvokomponentnim ljepilom.



Slika 12: Izgled izvršenog odbijača



Slika 13: Izgled izvršenih odbijača s gornje perspektive

3.2 Izradba okretne prepreke

Za okretnu prepreku korišten je kockasti dio drveta u kojem je izbušena rupa gdje je umetnut šaraf. Rubovi su samo malo urezani na sva četiri ruba. U svaki od tih rupa stavljen je lim te pričvršćen dvokomponentnim ljepilom.

Rupa je napravljena kroz ploču na željeno mjesto. Gotovi cjelokupni dio okretne prepreke stavljen je kod izbušene rupe u ploči te je kroz rupu u drvetu te rupu u ploči umetnut šaraf.

Bitno je spomenuti podlošku kroz koju je šaraf prolazio jer njome postizemo nisko trenje kako bi se okretna prepreka s lakoćom mogla okretati.

Matica je stavljena ispod ploče na šaraf da se okretna prepreka ne bi mogla izvući van, no matica nije pričvršćena do kraja jer se prepreka onda ne bi mogla okretati.



Slika 14: Izgled funkcionalne okretne prepreke

3.3 Izradba bakrene staze

Izradba staze nije bila jednostavna jer je bila potrebna visoka preciznost kako bi kuglica mogla jednako putovati kroz cijelu stazu.

3.3.1. Izradba staze

Za početak bilo je potrebno s kliještima odrezati žicu po željenoj duljini. Zatim ju je bilo potrebno izravnati. To je bilo izvršeno tako što je bakrena žica bila prislonjena na metalnu šipku koja je stajala u bušilici, a drugi kraj žice je držan kliještima. Držeći žicu kliještima, nakon uključivanja bušilice za nekoliko sekundi žica je bila potpuno poravanata.

Nakon izravnavanja žice, dolazi oblikovanje. Žica je bila oblikovana oko jednog okruglog predmeta tako da žica na fliperu radi polukrug na željenom mjestu. Isti proces ponovljen je još jedanput. Žice se stavljaju jedna pored druge točno udaljene da kuglica savršeno može sjesti. Još nam preostaje spajanje te napravljene staze.

3.3.2. Spajanje staze

Naravno, za završetak staze potrebno je i spajanje jer se žice još uopće ne dodiruju pa kuglica ne bi imala kak putovati.

Za spajanje, korištena je isto bakrena žica te je isto bila odrezana po željenoj duljini. Uzeta je metalna šipka koja ide u bušilicu. Žica je prislonjena na šipku te držeći žicu i šipku, bušilicom je žica namotana oko šipke.



Slika 15: Primjer izgleda namotane žice oko šipke

Nakon namotaja žice oko šipke žica je izvučena od šipke te je na žici označena jedna ravna linija. Ista linija označena je na suprotnoj strani. Kliještima je žica odrezana po označenim linijama. Time su dobili bakreni polukrugovi. Polukrugovi su zalemljeni na željena mjesta te je time staza bila spojena pa i gotova.

Sljedeći korak je smjestiti gotovu stazu na željeno mjesto na ploči od flipera. Napravljen je nagib za stazu pomoću dva komada drveta postavljene na suprotna mjesta na koju se staza stavila.

Zadnji korak je zalijepiti krajeve bakrene staze za ploču kako bi staza ostala na mjestu. Staza je na ukupno četiri kraja bila zalijepljena dvokomponentnim ljepilom. Time smo uspješno dobili finalnu prepreku.



Slika 16: Izgled finalne bakrene staze

4. Dodaci za fliper

Dodaci u fliperu su tu da bi igru napravili boljom, funkcionalnijom te zabavnijom za igrati.

4.1. Plastika pri izlasku kuglice sa starta

Kada kuglicu ispalimo sa starta u igru, tijekom igre moguće je da se kuglica vrati na startnu poziciju, no to se u pravilu ne bi smjelo desiti. Stoga, za rješenje tog problema nađen je komad plastike koji je zalijepljen točno na određenom mjestu gdje se kuglica ne može vratiti na početnu poziciju nakon što je izašla iz startnog prostora.



Slika 17: Izgled dotične plastike

4.2. Komad drveta u gornjem desnom kutu

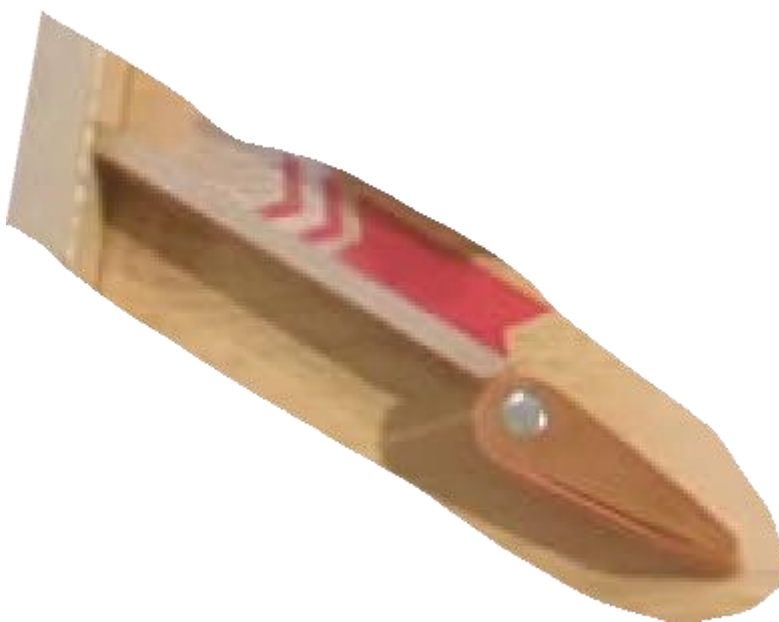
Nakon ispucaja kuglice, kuglica prolazi desnim rubom ograde. Kuglica zatim bude udarila u ogradu ispred sebe te će svaki puta pasti na isto mjesto (desni rub). Da bi se napravila početna pozicija kuglice nakon ispucaja više nasumičnom, napravljen je komad drveta u gornjem desnom kutu koji će usmjeriti lopticu u lijevu stranu gdje se zatim može odbiti od bilo koje prepreke ili ograde ovisno o jačini ispucaja kuglice te time kuglica bolje ulazi u igru.



Slika 18: Izgled dotičnog komada drveta

4.3. Komad drveta kod flipera

Komad drveta kod flipera je dodatak koji je pričvršćen na ogradu pa silazi do flipera s istim nagibom. Svrha mu je da kuglica ne može pasti tamo gdje ne bi smjela te da se može lijepo, laganom brzinom spustiti na fliper.



Slika 19: Izgled komada drveta koji se spušta do flipera

4.4. Komad drveta ispod flipera

Kada kuglica padne u prostor između flipera, kraj je igre, ali želi se postići bolja organiziranost kuglica. To je napravljeno komadom drveta koji ima određeni nagib da bi kuglica išla u desnu stranu te da ju je lakše pokupiti te ponovno staviti na početnu poziciju.



Slika 20: Izgled komada drveta ispod flipera

4.5. Nagib cijelog flipera, prednja ploča te držač za mobitel

Fliper bez nagiba ne bi bio moguć za igrat jer se loptica nikada ne bi spuštala. Nagib je napravljen otprilike te pomoću dvije nožice.

Nožice su napravljene kao kvadar te su šarafima nabijene uz prednju ogradu iznutra, radeći nagib koji se tražio.

Kako se u ovoj verziji flipera bude koristila elektronika, osmišljen je plan da se u fliperu prikupljaju bodovi, a ti bodove vide na ekranu od mobitela koji je spojen online nakon skeniranja QR koda. Da bismo pregledno gledali u mobitel i igrali, potrebno je da mobitel bude ispred nas. Tu dolazi ploča koja je zabijena šarafima izvana te je malo veća u visini da se također višlje može staviti držač za mobitel iz razloga što kuglica zna skočiti u zrak te da ne ošteti ekran mobitela.

Također, da bi ploča mogla pravilno stajati, napravljene su i njene nožice koje sad zamijenjuju stare te služe kao nagib fliperu.

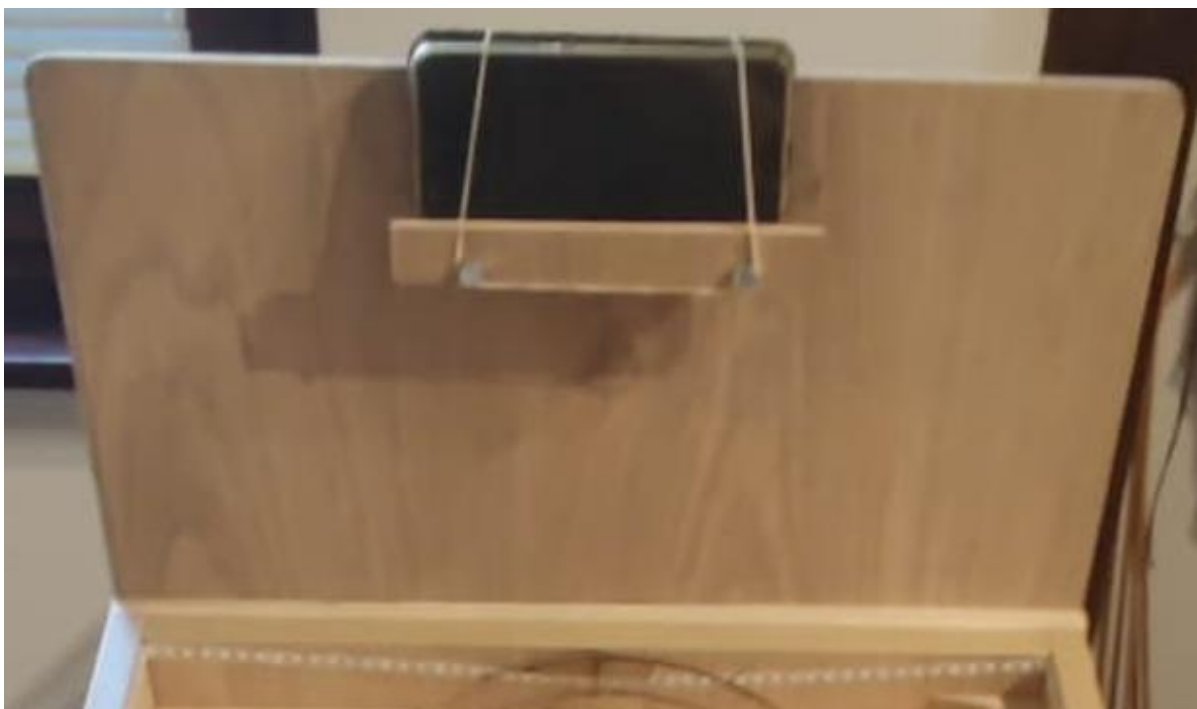


Slika 21: Izgled originalnih i konačnih nožica

Držać za mobitel napravljen je od drvenog pravokutnika koji je pričvršćen s dva šarafa na gornji dio prednje ploče. Nije zabijen skroz do ploče nego malo odmaknut da bi omogućio mobitelu da stane. Oko šarafa, postavljena je gumica kako bi dodatno držala mobitel na držaču.



Slika 22: Izgled držača za mobitel



Slika 23: Izgled prednje ploče s držačem, gumicom i mobitelom

5. Ukrasi flipera

Ukrasi čine fliper zabavnijim i atraktivnijim stoga su dosta važni, ali i zabavni za izraditi.

5.1. Crveni oblici po ploči

Crvene strelice te ostali oblici po ploči napravljeni su s crvenom poluprozirnom ljepljivom trakom.



Slika 24: Izgled crvenih oblika

5.2. LED traka

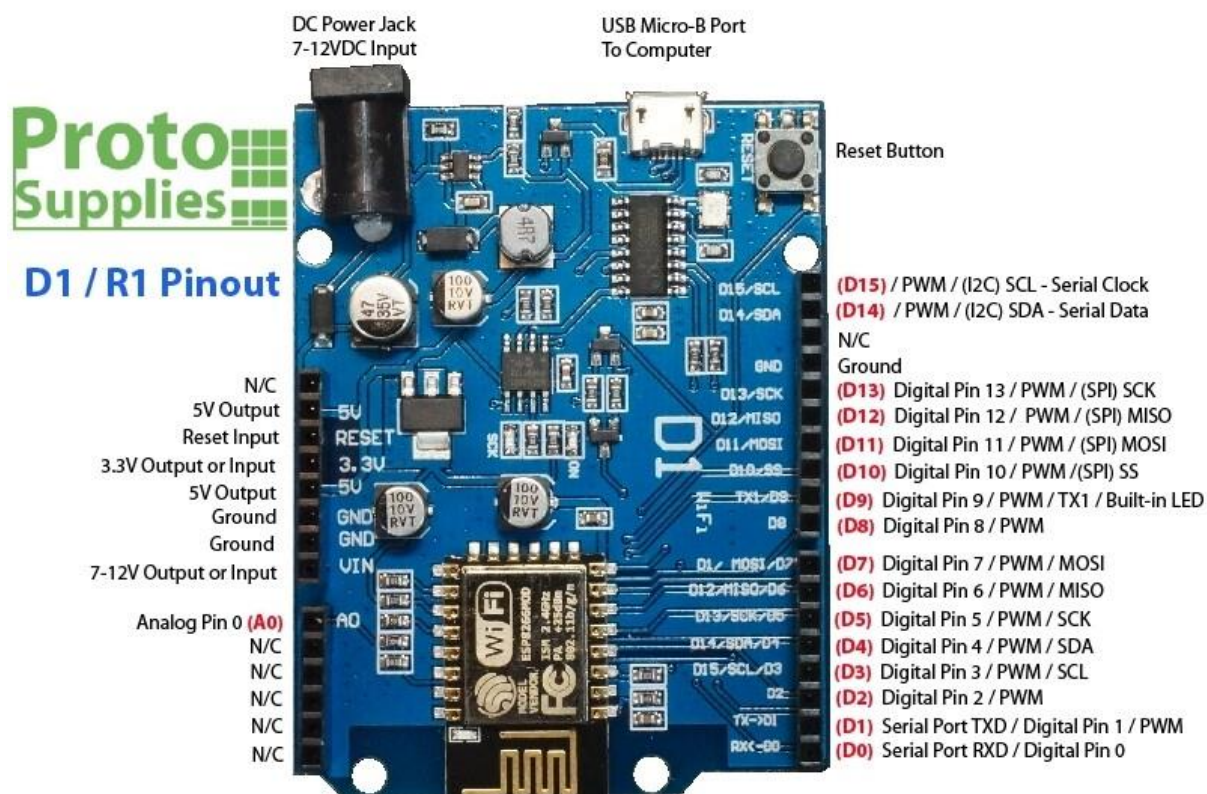
LED traka izrezana je u duljini od oko dva metra. Traka koristi jedan amper na dvanaest volti te dva BD125-16 tranzistora.

6. Elektronika na fliperu

Dodavanje elektronike kao svjetla čini fliper vizualno primamljivijim i dodaje bitne funkcije kao brojanje bodova.

6.1. Pločica Wemos D1 R1

Pločica Wemos D1 R1 je mozak flipera. Upravlja svjetlima, brojanjem bodova te slanjem informacija na mobilnu aplikaciju za prikaz bodova.



Slika 25: Pinout pločice Wemos D1 R1

Pločica Wemos D1 R1 ima 16 digitalnih pinova, 1 analogni pin, 4 pina za napajanje i 3 pina za uzemljenje.

6.2. Upravljanje LED trakom

LED traka radi na 12V i zbog toga pločica Wemos D1 R1 nije dosta da napaja LED traku. Zato LED traku napaja transformator koji pretvara struju iz utičnice u 12V DC.

6.3. Fotootpornici

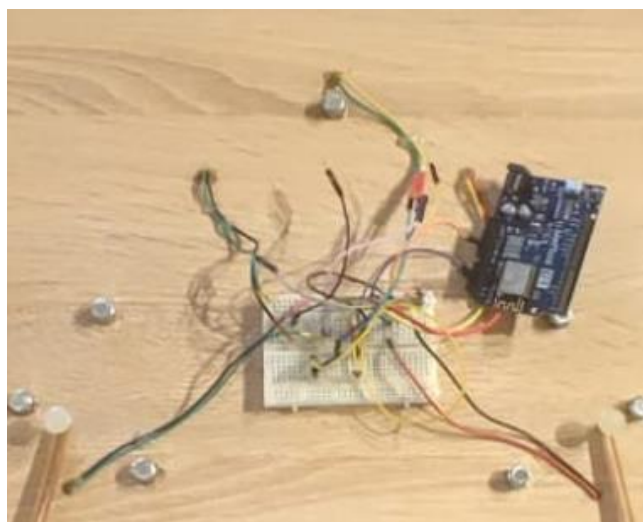
Za očitavanje položaja igrače kuglice koriste se fotootpornici koji su spojeni na pločicu Wemos D1 R1.



Slika 26: Izgled fotootpornika kakav je korišten

6.3.1. Spajanje

Fotootpornici spojeni su na pločicu Wemos D1 R1 kroz pinove, VCC za napajanje, GND za uzemljenje i A0 za očitavanje vrijednosti senzora i određivanje položaja igrače kuglice.



Slika 27: Izgled spajanja Wemos D1 R1 pločice s breadboardom i fotootpornicima

6.3.2. Određivanje prolaska igračke kuglice

Fotootpornici nalaze se ispod crvene poluprozirne trake. Na taj način će samo dio svjetlosti dolaziti do njih i održavati vrijednost između 0 i 1024. Bez toga bi, pod bilo kakvim svjetlom, vrijednost na fotootporniku bila 1024 i ne bi se mogla očitavati pravilna vrijednost potrebna za detektiranje igračke kuglice.

Samo detektiranje prolaska kuglice riješeno je u kodu. Kod je napisan tako da detektira naglo smanjenje svjetlosti, što znači da fotootpornik zna da je igračka kuglica prošla preko njega.

```
current1 = analogRead(A0);
Serial.print("  current1: ");
Serial.print(current1);

if (current1 < last1 - 15) mrak = 1;
else mrak = 0;

if (mrak == 1 && mrak_previous == 0) {
  points1++;
}

mrak_previous = mrak;
last1 = current1;
Serial.print("  points1: ");
Serial.println(points1);
```

Slika 28: Dio koda koji detektira naglu promjenu u svjetlosti

6.4. Povezivanje pločice Wemos D1 R1 s aplikacijom za prikaz bodova

Pločica Wemos D1 R1 ima ugrađen modul za spajanje na Internet, ali samo to nije dosta za slanje informacija.

Za slanje, primanje i prikazivanje informacija koristi se aplikacija Blynk s Google play trgovine.



Slika 29: Logo Blynk aplikacije

6.4.1. Korištenje Blynk aplikacije

U aplikaciji konfiguriran je prikaz vrijednosti spojen na virtualni pin 1. To je pin na koji kod šalje vrijednosti.

Label Settings ⓘ

TITLE (OPTIONAL)

LightV

Datastream

LightV (V1) ▼



Slika 30: Konfiguracija prikaza vrijednosti u Blynk aplikaciji

7. Zaključak

Nakon pažljive i precizne izgradnje flipera i elektronike dobili smo funkcionalan fliper koji skuplja bodove te ih prikazuje na mobitelu.

Proces izgradnje nije bio nimalo lak te je definitivno potrebno predznanje za takav projekt. Prvo, potrebno je znanje korištenjem alata, rezanjem drva, bušenjem, brušenjem, itd. Zatim je potrebno znanje elektronike, spajanja žica s breadboardom i fotootpornicima te programiranje same pločice.

Tijekom rada projekta, jako je bitna bila preciznost i pažljivost, pogotovo kod fizičkog dijela izrade flipera. Razlog je taj što i mala greškica može prouzrokovati da se sve mora krenuti ispočetka. Zbog te mogućnosti, uvijek je bilo dobro imati dodatnu ploču pored sebe.

8. Literatura

<https://youtu.be/kPguktA674w>