
*Izdelava aparata za
pijačo – od zasnove do
izdelka z uporabo
naprednih tehnologij*

Področje: TEHNIKA

RAZISKOVALNA NALOGA

Razred: 8.

Mentor: Rok Godec

2020/21

OSNOVNA ŠOLA KAŠELJ

KAZALO

KAZALO.....	2
Kazalo slik.....	3
Povzetek.....	4
UVOD.....	5
ZASNOVA OHIŠJA	6
O 3D-TISKALNIKIH	6
ORODJA ZA NAČRTOVANJE 3D-MODELOV	7
NAČRT APARATA.....	9
IZDELAVA OHIŠJA	13
IZBIRA MATERIALA	13
PRIRAVA ZA TISK	13
3D-TISK.....	16
ELEKTRONSKI DEL APARATA	19
SHEMATSKI NAČRT VEZJA.....	19
NAČRT TISKANEGA VEZJA	21
IZDELAVA VEZJA	22
PROGRAMSKA KODA.....	24
SESTAVA APARATA IN PREIZKUS.....	27
PREDLOG IZBOLJŠANEGA APARATA.....	33
UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK	39
Viri.....	41

Kazalo slik

Slika 1: 3D-tiskalnik QIDI X-Plus [1]	6
Slika 2: Začetna stran FreeCAD-a	8
Slika 3: Del aparata, odprt v programu FreeCAD.	8
Slika 4: Posoda za vodo	10
Slika 5: Posoda za vodo, pogled od zgoraj	11
Slika 6: Del za elektroniko	11
Slika 7: Podstavek.....	12
Slika 8: Podstavek za kozarec.....	12
Slika 9: Pokrov za elektroniko z mojim podpisom	13
Slika 10: Pokrov za vodo	13
Slika 11: Slicer z objektom	15
Slika 12: Slicer s še več nastavitvami.....	15
Slika 13: Tisk se začne.	16
Slika 14: Spodleteli del aparata.....	16
Slika 15: Tiskanje posode.	17
Slika 16: Natisnjena posoda	17
Slika 17: Odstranjevanje objekta od tiskalne površine.	18
Slika 18: Odstranitev podpore.	18
Slika 19: Shematski načrt vezja	19
Slika 20: Preizkusna plošča.....	21
Slika 21: Načrt tiskanega vezja.....	22
Slika 22: Spajkanje.....	23
Slika 23: Vezje	23
Slika 24: Arduino okolje	24
Slika 25: Končni izdelek	27
Slika 26: Končni izdelek od spredaj	28
Slika 27: Aparat, slikan od zgoraj brez pokrovov	28
Slika 28: Delovanje aparata.....	29
Slika 29: Kozarec s 100-odstotno zapolnjenostjo	31
Slika 30: Kozarec z dnem kot pri aparatu.....	31
Slika 31: Kozarec, natisnjen s filamentom PETG-pomankljivost 1	32
Slika 32: Kozarec, natisnjen s filamentom PETG-pomankljivost 2	32
Slika 33: Izboljšana posoda	33
Slika 34: Izboljšan del za elektroniko	34
Slika 35: Shematski načrt izboljšanega vezja	34

Povzetek

V raziskovalni nalogi je predstavljeno, kako se lahko s sodobnimi tehnologijami izdela nov izdelek - aparat za pijačo. Izdelani aparat za točenje pijače je narejen z uporabo dveh različnih sodobnih tehnologij. Ohišje je narejeno s 3D-tiskalnikom, dodan pa je elektronski del, ki omogoča delovanje aparata. V nalogi je opisan postopek izdelave ohišja s 3D-tiskalniko od načrtovanja do končne izvedbe. Predstavljene so težave, ki so ob tem nastale, in predlogi izboljšav. V nalogi so predstavljene tudi ugotovitve o uporabnosti izbrane tehnologije pri izdelavi prototipov, pri katerih je možna hitra in enostavna izboljšava. Ti prototipi pa se pozneje lahko uporabijo za serijsko izdelavo.

Ključne besede: 3D-tiskalniki, 3D-tiskanje, 3D-modeliranje, mikrokontrolerji, elektronsko vezje, Arduino, izdelava vezja.

UVOD

Pred leti sem izdeloval stvari iz kartona, saj me je to veselilo. Ena izmed teh stvari je bil aparat za pijačo iz kartona, platenke in injekcije. Ko pa smo kupili 3D-tiskalnik, sem dobil idejo, da bi tak aparat natisnil. V ta namen sem moral raziskati, kaj vse se lahko naredi v programih na področju 3D-oblikovanja, in seveda, kako se upravlja z njimi. Poleg tega sem se želel naučiti, kako 3D-tiskalniki delujejo, in najpomembneje, kako jih uporabljati. Pri 3D-tiskanju se lahko uporablja veliko različnih materialov. Preizkusil sem dva najbolj poznana in tudi najbolj uporabljena za 3D-tiskanje, imenovana PLA in PETG ter se odločil predvsem za uporabo prvega. Ker pa je aparat sestavljen tudi iz elektronskega vezja, sem se moral naučiti, kako se vezje načrtuje in izdelava. Glavna komponenta¹ vezja je mikrokontroler. Moj cilj je bil, da se naučim, kako upravljati z njim in kako ga sprogramirati.

Z raziskovalno nalogo sem želel raziskati dve sodobni tehnologiji, 3D-tiskanje in upravljanje z mikrokontrolerji, vse to pa združiti in narediti uporaben in delujoč izdelek, ga preizkusiti in ugotoviti, ali se lahko takšen način uporabi za izdelavo prototipov, poznejšo serijsko izdelavo in enostavne ter hitre izboljšave.

Hipoteze in raziskovalna vprašanja:

- Z izbiro sodobnih tehnologij je mogoče enostavno narediti poljuben izdelek oziroma prototip.
 - Prototip se da enostavno in hitro spremeniti ter izboljšati.
 - Ali se izdelek lahko pozneje enostavno, hitro in poceni serijsko izdeluje?
 - Ali se izdelek lahko izdeluje iz različnega materiala?
-

¹ Gre za sestavne dele, vendar sem se v nalogi odločil, da uporabljam izraz komponente, saj je izraz običajen za tehnično področje.

ZASNOVA OHIŠJA

O 3D-TISKALNIKIH

3D-tiskalnik je naprava za izdelovanje različnih predmetov, ki so jo odkril v 2. polovici prejšnjega stoletja. Najbolj so se razširili v zadnjih petih letih. Uporabljajo jih v industriji, gradbeništvu, doma, v zadnjih letih pa tudi v medicini (z njimi tiskajo organe) in v vesolju. Delujejo tako, da po nivojih oblikujejo želeno obliko. Uporabil sem tiskalnik QIDI X-Plus, ki je večinoma namenjen domači uporabi. Dimenzije njegove tiskalne površine so $270 \times 200 \times 200$ mm. To pomeni, da je največji predmet, ki ga lahko natisnemo, po dolžini dolg 270 mm, po širini 200 mm, najvišja možna višina pa je 200 mm. Ta tiskalnik je zelo natančen, saj je njegova maksimalna natančnost 0,08 mm. To pomeni, da lahko po vsaki dimenziji zgreši za največ 0,04 mm. Če želimo, da se predmet hitreje natisne, se lahko natančnost tudi zniža. Natančnost se lahko spreminja med 0,5 mm in 0,08 mm. Seveda pa se pri spreminjanju natančnosti spremeni debelina niti, s katero tiska tiskalnik.



Slika 1: 3D-tiskalnik QIDI X-Plus [1]

Poleg samega tiskalnika je zelo pomembna tudi izbira materiala, iz katerega je predmet natisnjen. Poznamo veliko materialov za 3D-tisk: PLA, ABS, PETG, PC, karbon, kamen, les itd. Med seboj se razlikujejo po trdoti, vzdržljivosti, upogljivosti, topilni temperaturi in seveda tudi po ceni. Nekateri

materiali so primerni za stik z živili, na kar sem moral še posebej paziti pri tej raziskovalni nalogi. Zaradi teh lastnosti je izbira materiala zelo pomembna. Za izdelavo svojega aparata sem izbral material PLA, ki je posebna bioplastika. PLA je zelo priljubljen in poznan material, saj je kakovosten in cenejši od ostalih materialov, predvsem pa je precej enostaven za tisk. Sicer ni tako trd in upogljiv kot kakšen drug material (npr. PETG), je pa dovolj močan, omogoča pa tudi natančno tiskanje. Njegova topilna temperatura je med 200 in 240 °C. Jaz sem z njim tiskal pri temperaturi 220 °C. S PLA je mogoče tiskati v vseh natančnostih do 0,08 mm (največje možne na mojem tiskalniku). Pri nekaterih materialih to ni mogoče, saj so stopljeni preveč lepljivi ali gumijasti, zato niso primerni za večjo natančnost. Tak material je npr. PETG. Ko sem z njim poskusil tiskati v največji natančnosti, se ni niti prijel na podlago in moral sem prekiniti tiskanje. Slaba stran uporabe PLA pa je, da postane mehak pri 50 °C. Vanj recimo ne bi smeli natočiti vročega čaja. Če bi želeli aparat, v katerega lahko natočimo čaj ali katero drugo vročo tekočino, pa bi morali uporabiti ABS, ki je odporen na višje temperature. Je pa ta material nekoliko dražji.

ORODJA ZA NAČRTOVANJE 3D-MODELOV

Za modeliranje 3D-objektov se na splošno uporabljajo CAD (computer-aided design) programi.

Najbolj poznani licenčni programi so [2]:

- SolidWorks
- Fusion 360
- Inventor
- Revit
- AutoCAD

Najbolj poznani brezlicenčni (prostodostopni) pa so:

- FreeCAD
- MeshLab
- Creo
- ThinkerCAD

Za načrtovanje 3D-modelov sem uporabil program FreeCAD. Izbral sem ga, ker mi ga je priporočil stric in ker zanj ni treba kupiti licence. Namenjen je izdelavi vseh vrst 3D-predmetov, saj ima ogromno različnih funkcij, ki to omogočajo. Dokaj enostavno je narediti kvadratne ali okrogle oblike, izrisati različne krivulje, narediti luknje ali druge vbokline v objektu. Na izdelek je možno dodati besedilo, kar sem tudi naredil. Predmetu se lahko pozneje spreminja tudi barva, poleg tega pa se lahko v programu izvaja razne simulacije z izrisanimi predmeti. Ravno zaradi tega se mi je zdel zelo primeren za ta projekt. V programu se lahko izdeluje oz. ureja predmet le v obliki FreeCAD dokumenta. Da pa se ga lahko tudi natisne, je treba FreeCAD dokument pretvoriti

NAČRT APARATA

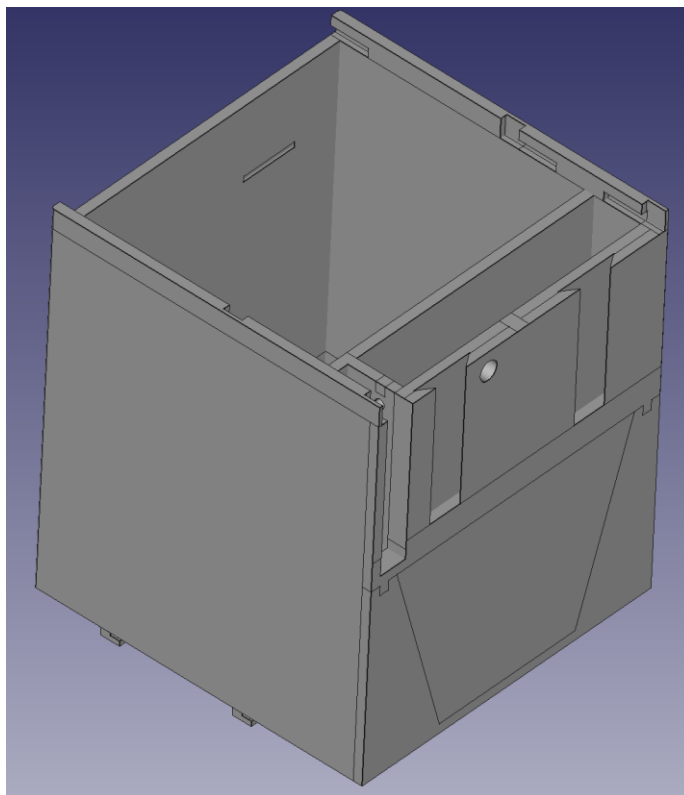
Aparat, ki sem ga želel narediti, je za domač 3D-tiskalnik kar velik, zato je narejen iz več delov. Velikost posameznega dela je omejena z zmožnostmi tiskalnika. Razlogi, zakaj je sestavljen iz več delov, so tudi naslednji.

- Tiskalnik ne more natisniti delov, ki visijo v zraku oziroma segajo iz predmeta brez dodatne podpore. Podpora se po končanem tiskanju odstrani in predstavlja odpad, saj je ni mogoče znova uporabiti. Ker to porabi veliko filamenta², ki se ga zavrže, to ni ravno dobro. Pri mojem aparatu je bil tak primer zgornji del aparata. Če bi ga natisnil skupaj s posodo, bi porabil približno 20 % več materiala.
- Če je aparat narejen iz več manjših delov, je manjše tveganje za večjo porabo materiala, če se kaj ponesreči. Med tiskanjem se namreč lahko zgodi napaka, na primer da se predmet premakne s tiskalne površine in ga tiskalnik zaradi tega ne more pravilno dokončati. Če se to zgodi, je treba s tiskom začeti od začetka, kar pa pomeni, da je ves do takrat uporabljen material neuporaben. Če pa je predmet sestavljen iz več manjših delov, se v primeru napake izgubi manj materiala in tveganje se razporedi.

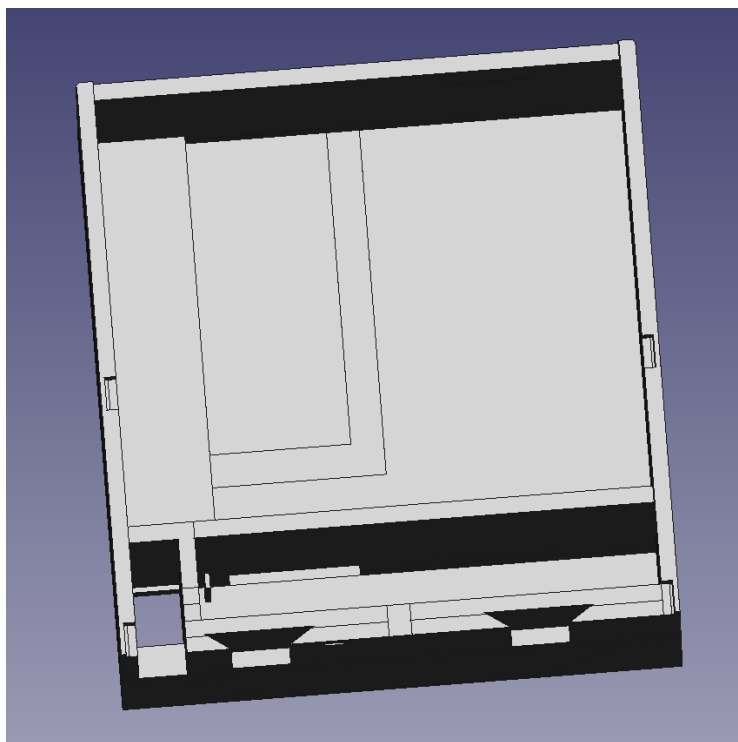
Aparat, ki sem za izdelal, je sestavljen iz naslednjih delov:

- posoda za vodo, ki je največji del aparata;
- sprednji del namenjen elektroniki, ki je narejen tako, da se s sanmi pritrdi na posodo za vodo; na njem so tudi luknje za cev, zaslon in gumb ter zareza za vezje;
- podstavek, ki celoten aparat dvigne, da je pod aparat mogoče postaviti večji kozarec, saj bi bil sicer aparat prenizek; narejen je tako, da se posodo za vodo zatakne nanj, zato da se v primeru dvigovanja aparata podstavek ne loči od posode za vodo;
- posoda za polito vodo, ki se jo z vodili vstavi v podstavek; nanjo se postavi kozarec, njen glavni namen pa je, da polito vodo zadrži, da se ne polije po mizi; posodo za polito vodo se pozneje samo vzame iz aparata in izprazni;
- dva pokrova, pri čemer eden pokriva posodo za tekočino, drugi pa elektroniko, da se med nalivanjem vode ne opazi kablov; to je le zaradi boljšega občutka, saj ni ravno prijetno gledati vezja in kablov med nalivanjem vode; sicer pa je elektronski del zaščiten pred vodo.

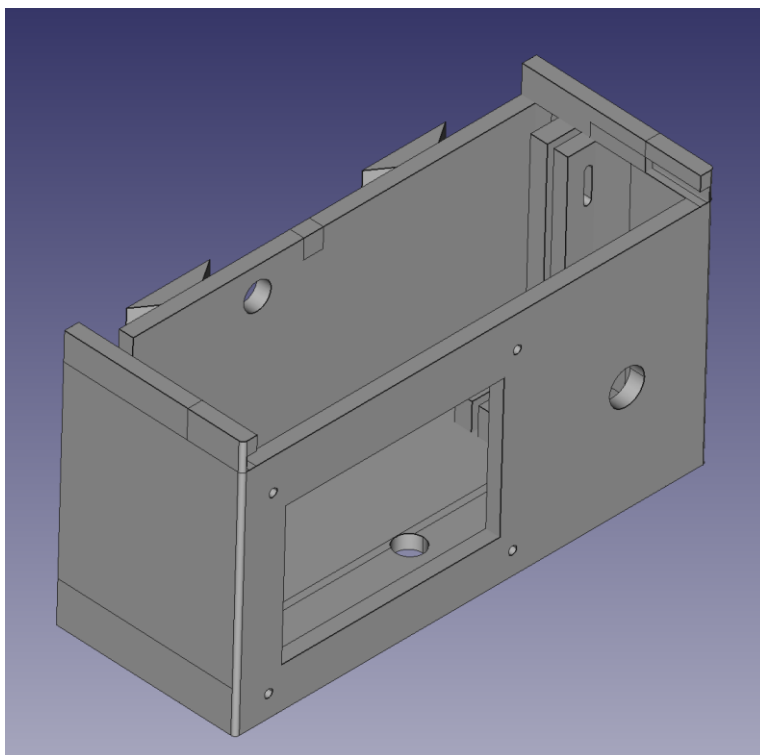
² Filament je material, ki se uporablja pri 3D-tiskanju. Običajno je navit na kolut kot nit, ki jo tiskalnik uporablja za tiskanje. Tudi tu sem se zaradi običajne rabe izraza filament pri 3D-tiskanju odločil, da ga uporabim v nalogi, čeprav bi bila ustrezna slovenska beseda vlakno.



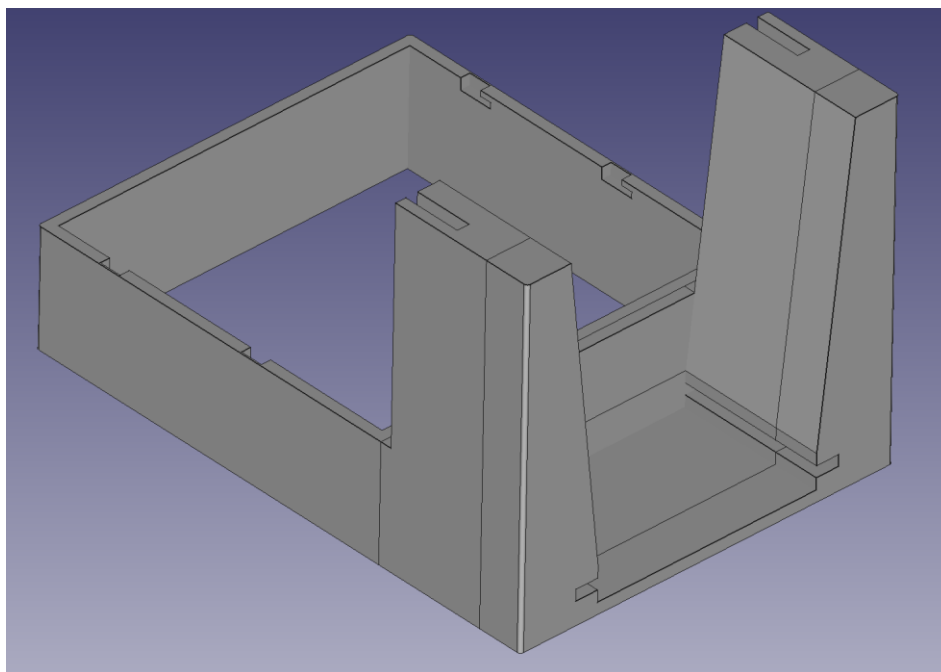
Slika 4: Posoda za vodo



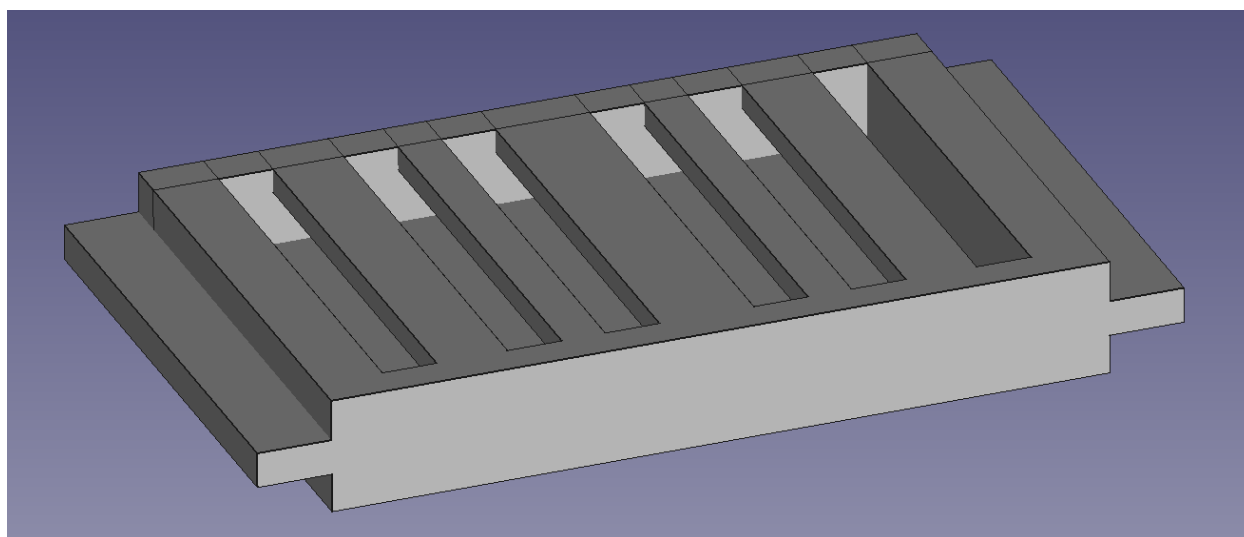
Slika 5: Posoda za vodo, pogled od zgoraj



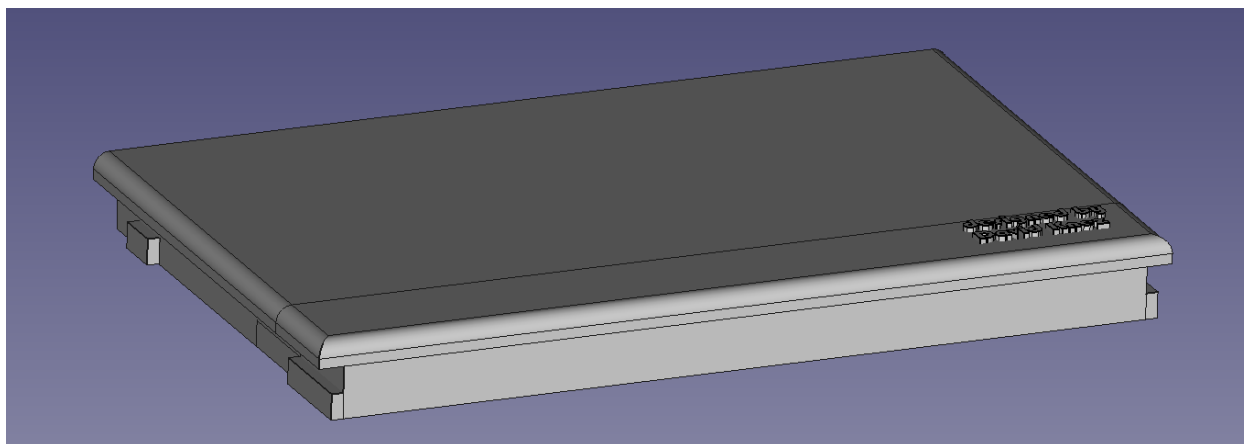
Slika 6: Del za elektroniko



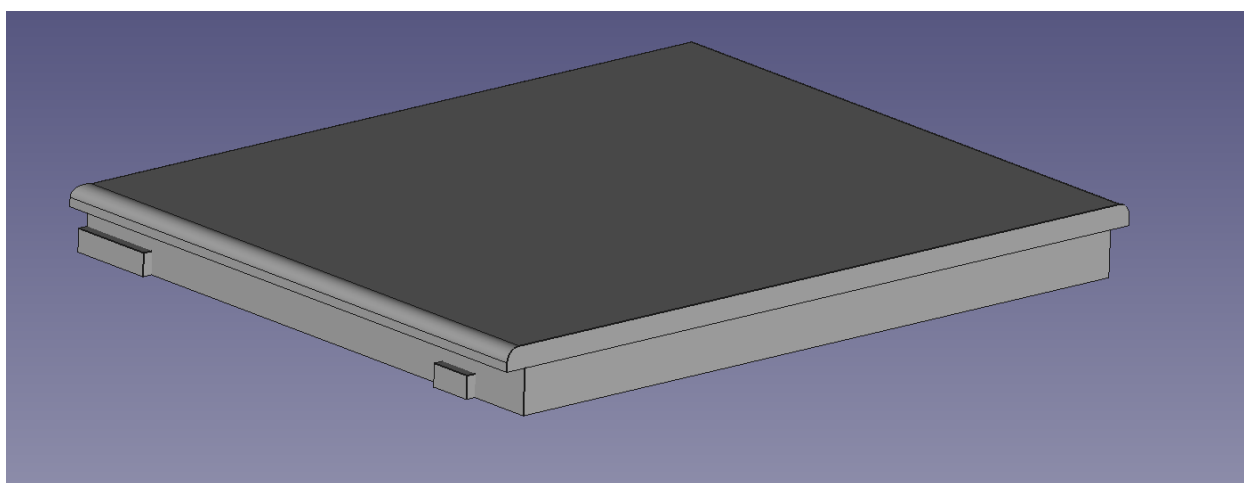
Slika 7: Podstavek



Slika 8: Podstavek za kozarec



Slika 9: Pokrov za elektroniko z mojim podpisom



Slika 10: Pokrov za vodo

IZDELAVA OHIŠJA

IZBIRA MATERIALA

Kot sem že omenil, je za 3D-tiskanje potreben material, ki mu pravimo tudi filament. Z njim 3D-tiskalnik natisne izdelek. Poznamo več različnih vrst filamentov, npr. PLA, ABS, PC, PETG, Carbon, Nylon, Wood, Metal in še kakšne. Med seboj se razlikujejo po trdoti, prožnosti, topilni temperaturi itd.

Za ta projekt sem izbral filament PLA. PLA je posebna bioplastika in je najbolj priljubljen tiskarski material. Pri tisku ne pušča neprijetnih vonjav. Tiska se ga pri nižji temperaturi kot večino ostalih, ena glavnih prednosti pa je, da izdelka ne popači, tako kot to naredijo nekateri drugi filamenti. Ker pa se v aparat nalije tekočino, ki se jo pozneje zaužije, sem med različnimi PLA filamentmi izbral take, da so živilom primerni [3].

PRIRAVA ZA TISK

Ko je material izbran in predmet narisan, je treba vse pripraviti za tisk. Tiskalnik za tiskanje objekta potrebuje (poleg materiala in elektrike) poseben format, imenovan G-code. Z njim tiskalnik ve,

kako in kje mora tiskati, pri kakšni temperaturi ter kako hitro. Načrta v obliki FreeCAD dokumenta pa ni mogoče neposredno spremeniti v G-code. Najprej ga je treba spremeniti v posebno datoteko OBJ (object). To se naredi tako, da se v FreeCAD-u predmet označi in izvozi (ang. export). Potem pa se OBJ dokument vstavi v t. i. *slicer*. *Slicer* je program, ki spremeni format OBJ v format G-code. V njem so tudi nastavitve, s katerimi se lahko spreminja temperaturo, hitrost tiskanja, zapolnjenost objekta, lahko se doda podpora in podobno. Najpomembnejše nastavitve pri tisku so temperatura *ekstruder* (dela tiskalnika, v katerem se filament raztopi), tiskalne plošče, hitrost tiska, zapolnjenost objekta in zapolnjenost podpore.

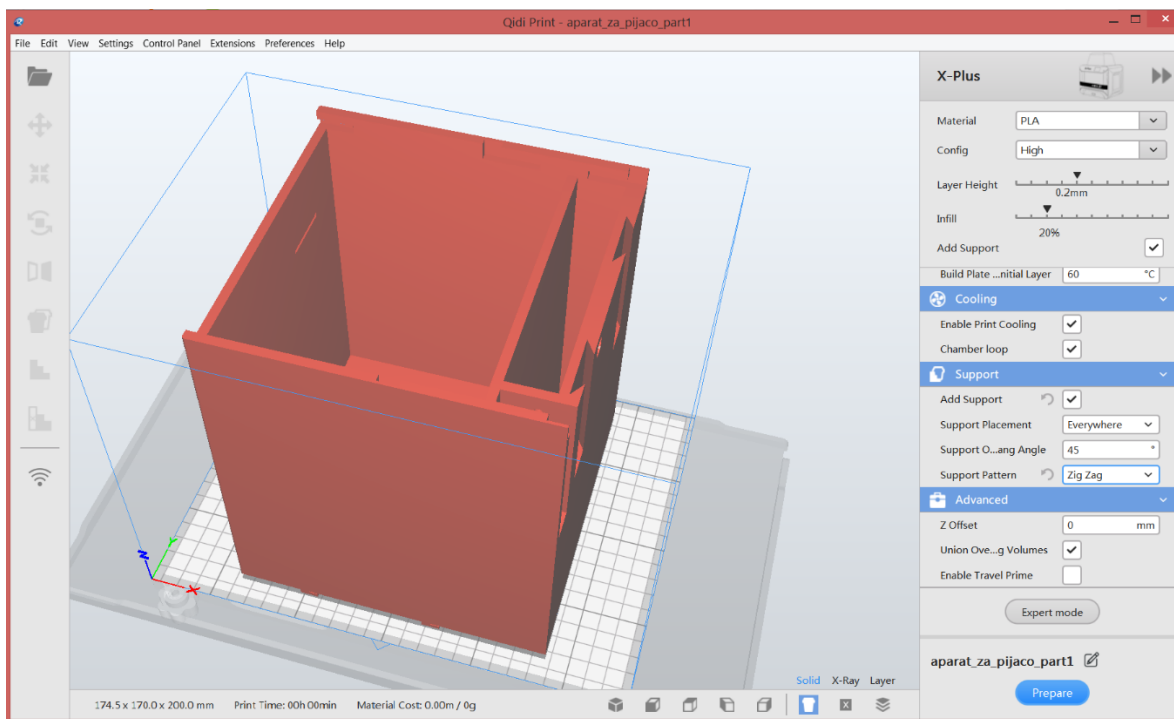
Nastavitve, ki sem jih uporabil jaz, so naslednje:

- Temperaturo *ekstruder* sem nastavil na 220 °C, tiskalne plošče pa na 60 °C. Te nastavitve sem izbral zgolj zaradi filameta PLA, pri katerem mora biti temperatura *ekstruder* nekje med 200 in 240 °C, temperatura tiskalne površine pa med 50 in 60 °C.
- Hitrost tiskanja objekta sem nastavil na 50 mm/s, podpore pa na 25 mm/s.
- Zapolnjenost objekta sem nastavil na 20 %, zapolnjenost podpore pa na 25 %.

Te nastavitve sem uporabil, ker so se mi pri prejšnjih projektih najbolj obnesle (da se je vse tiskalo lepo in da se ni podiralo ali premikalo predmeta na tiskalni plošči).

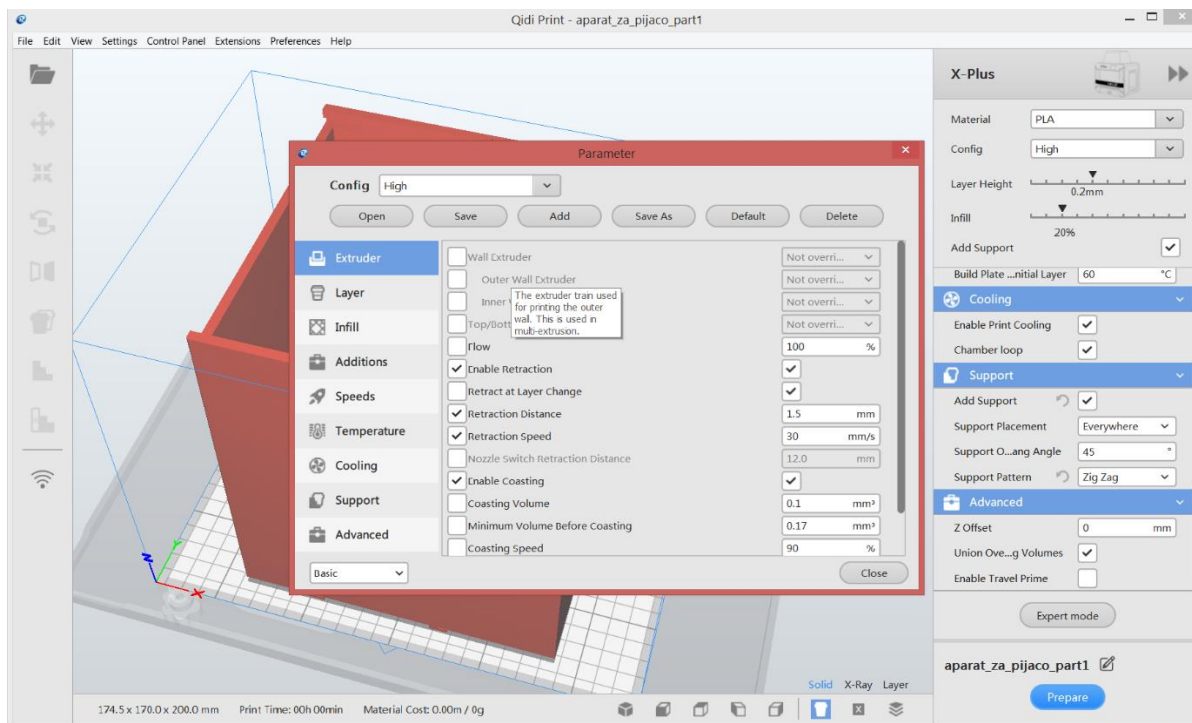
Zelo priročna stvar pri *slicerju* je tudi že prej omenjena podpora. *Slicer* avtomatsko doda podporo visečim delom objekta. Podpora je zelo pomembna, saj drugače visečih delov ne bi bilo možno natisniti. Uporabljeni tiskalnik QIDI X-Plus ima svoj *slicer*, ki ima meje (tiskalna površina, največja natančnost ...) določene glede na njegove zmožnosti.

Ko je G-code narejen, se datoteko samo še pošlje tiskalniku in tisk se lahko začne.



Slika 11: Slicer z objektom

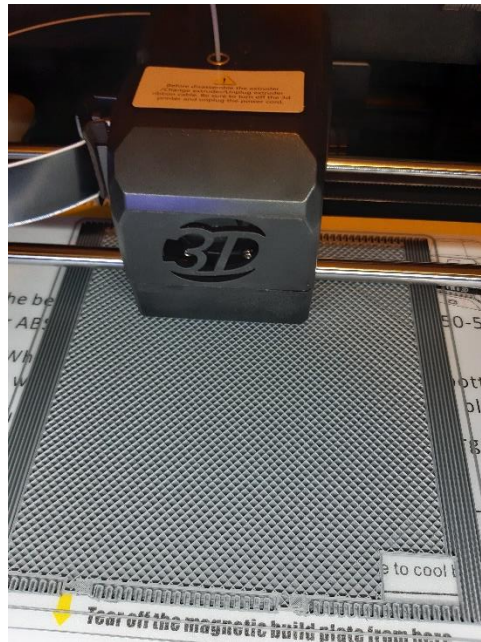
V sredini je predmet na tiskalni površini, na desni strani pa so nastavitve za tisk.



Slika 12: Slicer s še več nastavitvami

3D-TISK

Odločil sem se, da najprej natisnem največji del aparata, to je posodo za vodo. Ko je tiskalnik prejel G-code, je začel tiskati (slika 13). Ta del naj bi tiskal približno 3 dni in 4 ure.



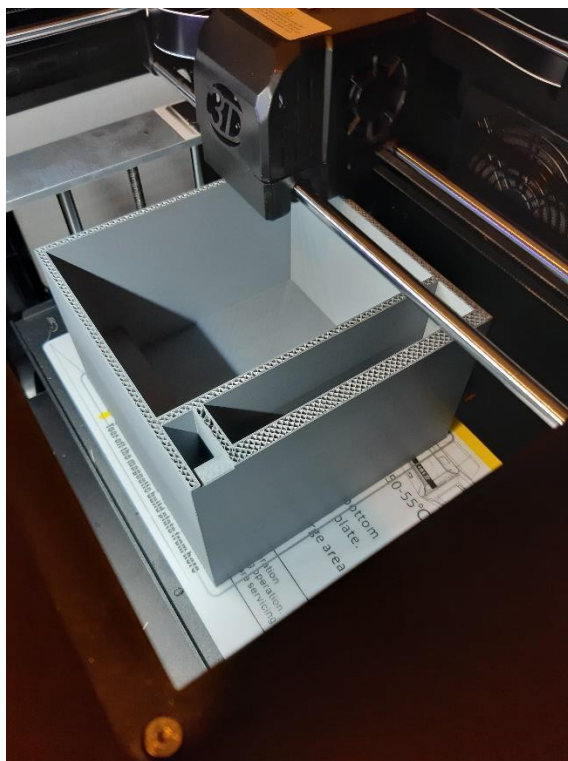
Slika 13: Tisk se začne.

Po približno 8 urah tiska sem opazil napako, ki sem jo po nesreči naredil med risanjem FreeCAD modela in zaradi katere bi aparat puščal tekočino. Zato sem tisk prekinil, popravil napako in s tiskom začel znova.



Slika 14: Spodleteli del aparata

Na sliki Slika 14 sem obkrožil mesto, kjer bi voda iztekala iz aparata.



Slika 15: Tiskanje posode.

Na sliki 15 je prikazan tiskalnik med tiskanjem, ko je natisnil že polovico tega dela.



Slika 16: Natisnjena posoda

Po končanem tisku se iz tiskalnika odlepi magnetno ploščo, na kateri je potekal tisk, zato da se izdelek lažje odstrani (Slika 17).



Slika 17: Odstranjevanje objekta od tiskalne površine.



Slika 18: Odstranitev podpore.

Prvi in največji del je natisnjen. Zdaj se izdelek samo še odlepi od magnetne plošče in se mu odstrani podpora. Za tem sem dal takoj tiskati podstavek, za podstavkom del za elektroniko in nazadnje oba pokrova. Vse skupaj je tiskalnik tiskal približno 6 dni. Porabil je približno 1,5 kg materiala, kar stane približno 30 evrov.

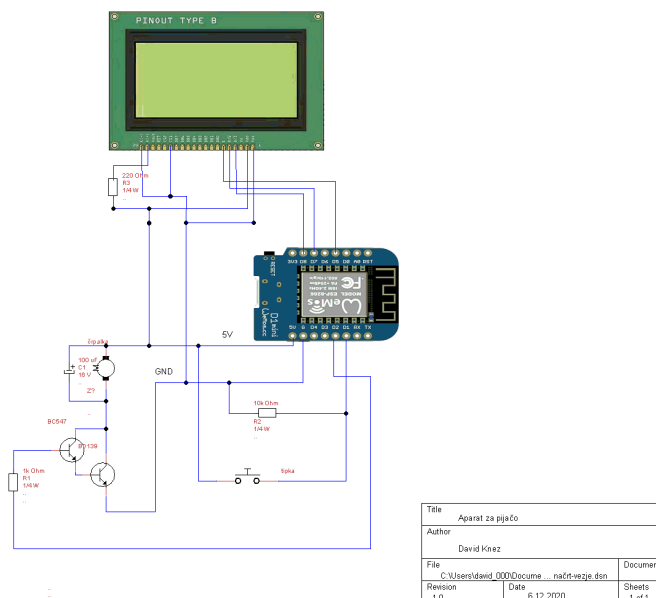
ELEKTRONSKI DEL APARATA

Za avtomatsko delovanje in točenje pijače skrbi elektronski del aparata. Elektronika poskrbi, da se ob pritisku na gumb sproži črpalka, s pomočjo katere se natoči pijača v kozarec. Aparat je narejen tako, da se vedno natoči enaka količina pijače in da se na zaslonu prikazujejo ustrezna sporočila, ki vodijo uporabnika.

Pred začetkom izdelave vezja je vedno treba narediti načrt. Namenjen je bolj pregledni in natančni izdelavi. Vezje, ki sem ga naredil, je sestavljeno iz mikrokontrolerja, zaslona, črpalke, gumba, 3 uporov, 2 tranzistorjev in enega kondenzatorja. Uporabil sem mikrokontroler ESP8266, ki temelji na Arduino okolju, v katerem lahko poljubno sprogramiramo njegovo delovanje in krmiljenje ostalih delov vezja (gumb, črpalka za vodo, zaslon). Za krmiljenje bi lahko uporabil tudi kateri drug mikrokontroler, kot je na primer Arduino Uno, ESP32 (boljša verzija ESP8266), RaspberryPI (na katerega lahko naložimo Linux). Končna cena uporabljene elektronike za moj aparat je nanesla okoli 25 evrov.

SHEMATSKI NAČRT VEZJA

Shematski načrt prikazuje, kako so elektronske komponente med seboj povezane. Pri izdelavi načrta sem moral upoštevati lastnosti posameznih komponent in njihov namen.



Slika 19: Shematski načrt vezja

Shematski načrt sem narisal v programu TinyCAD, ki je namenjen risanju načrtov [4]. Prikazan je na sliki Slika 19. V TinyCAD-u so na voljo vse komponente, ki se jih mora vključiti v shematski načrt vezja. Vanj se lahko vstavi tudi slike poljubnih elementov. S pomočjo tega sem lahko uporabil slike mikrokontrolerja Wemos in zaslona, ki imata vsak različno razporeditev priključkov. V shematskem načrtu so uporabljeni naslednji elementi:

- Mikrokontroler oz. mikrokrmilnik: je del aparata, ki preko svojih priključkov upravlja z vsemi ostalimi komponentami v vezju [5]. Mikrokontroler ima tudi vhodne priključke, preko katerih lahko zazna določen signal, npr. pritisk gumba. V vezju je uporabljen mikrokontroler Wemos D1 mini, ki ima čip ESP8266, ki ima poleg 11 vhodov/izhodov tudi Wi-Fi in Bluetooth vmesnik. Vhodi in izhodi so označeni s črko D in številko priključka (D1, D2, D3 ...). V aparatu so uporabljeni naslednji priključki:
 - D1 za zaznavanje pritiska gumba,
 - D2 za sprožitev črpalke,
 - D5, D7 in D8 za komunikacijo z zaslonom.

Uporabljena sta tudi priključka za napajanje 5V in GND, ki predstavlja ozemljitev oziroma potencial 0V. Pri krmiljenju moramo paziti, da se ne prekorači maksimalni dovoljeni izhodni tok. Izhodni tok ojačamo s posebnim vezjem imenovanim Darlington.

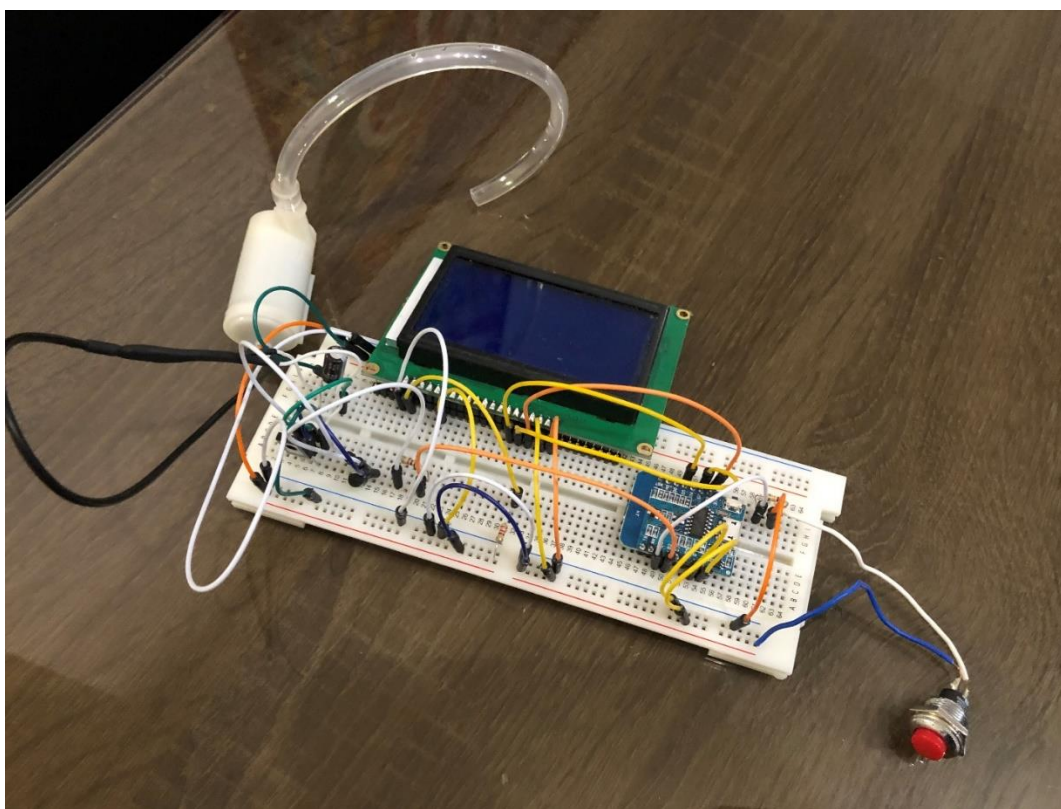
- Zaslon oziroma ekran je komponenta, na kateri se izpiše besedilo ali pa se prikaže slika. Lahko je alfanumeričen ali grafičen. Z alfanumeričnim lahko prikazujemo le črke in številke, z grafičnim pa poljubne grafične elemente. Poleg tega je lahko zaslon monokromatski ali barven. Z monokromatskim lahko prikažemo sliko ali besedilo le v eni barvi, z barvnim pa lahko to naredimo v več barvah. V vezju je uporabljen grafičen monokromatski zaslon.

Kakovost slike ali besedila je odvisna od resolucije ekrana. Resolucija nam pove, koliko točk lahko zaslon prikaže v posameznem stolpcu ali vrstici. Resolucija uporabljenega ekrana je 128×64 . To pomeni, da je v vrstici 128 točk, v stolpcu pa jih je 64. Ekranu se lahko nastavi tudi svetilnost. To se naredi s posebnim uporom.

- Tranzistor: je komponenta, ki ojača signal [6]. Ima 3 nogice: bazo, kolektor in emitor. Majhen signal na bazi odpre pot večjemu toku s kolektorja na emitor. Dva tranzistorja se lahko vežeta v vezavo, imenovano Darlington. Na takšen način se vhodni tok še veliko bolj ojača, saj je emitor vezan na bazo drugega tranzistorja, ki ojača že ojačan tok. Darlington je v vezju uporabljen, da ojača signal iz mikrokontrolerja, ki vklaplja ali izklaplja črpalko. Pred bazo prvega tranzistorja je $1k$ ohmski upor R1, ki omeji tok iz mikrokontrolerja, ki ne sme presegati 12 miliamperov.
- Kondenzator je element, ki lahko shranjuje energijo v obliki električnega polja [7]. Količino shranjene energije imenujemo kapacitivnost, ki se meri v faradih. Kondenzator zelo dobro prevaja izmenični tok. V vezju je vezan vzporedno z motorčkom, da zaduši šum, ki ga ob zagonu povzroči motorček črpalke, ki sicer zmede zaslon.
- Upor je komponenta v vezju, ki omeji tok [8]. Tok skozi upor se izračuna po Ohmovem zakonu tako, da se napetost, ki je na upor, deli z upornostjo upora. To pomeni, da večji kot je upor, manjši je tok, ki teče skozenj pri isti napetosti. V vezju so uporabljeni trije upori R1, R2 in R3. Upor R1 omejuje tok iz mikrokontrolerja v vezavo Darlington. Upor R2 povezuje vhod mikrokontrolerja, ki je vezan na gumb, z ozemljitvijo, zato da ima vhod

mikrokontrolerja določen potencial, tudi ko gumb ni pritisnjen (da se mikrokontroler ne zmede). V nasprotnem primeru bi se aparat lahko sprožil tudi brez pritiska na gumb. Upor R2 ima veliko upornost, zato da v primeru stisnjenega gumba čezenj ne teče prevelik tok. Z uporom R3 se nastavlja svetilnost zaslona.

Več o zgoraj omenjenih komponentah se najde v [9]. Pred izdelavo vezja je treba vse skupaj preizkusiti. To se naredi na preizkusni plošči (ang. protoboard). To je posebna plošča, na kateri se preizkuša, ali shema vezja deluje. Vanjo se vstavijo komponente in naredijo se povezave po shematskem načrtu (Slika 20). Če vse deluje pravilno, se naredi vezalni načrt, po katerem se izdelava vezja.

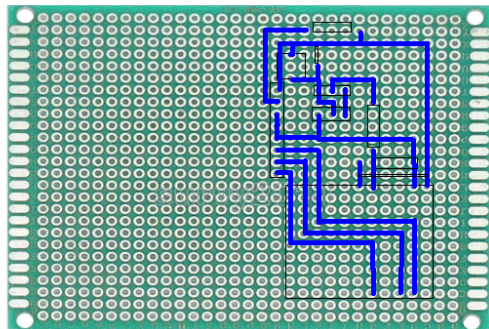


Slika 20 Preizkusna plošča

NAČRT TISKANEGA VEZJA

Za izdelavo vezja sem uporabil PCB ploščo. PCB plošča je plošča za testiranje vezij, na katero se pritrdi in poveže vse komponente [10]. Z njo se lahko hitro preveri delovanje vezja ali se jo uporabi za prototip vezja, kot je to narejeno v tem primeru. Za lažjo izdelavo vezja se naredi že prej omenjeni vezalni načrt (Slika 21). Naredil sem ga v istem programu kot shematski načrt, torej v TinyCAD-u. Izdelava vezalnega načrta mi je vzela približno 3 ure. Naredi se ga takole. V program se vstavi slika PCB plošče. Nanjo se nariše vse komponente in vezave. Ko je načrt končan, se vse skupaj zacini [11]. Pri tem sem uporabljal spajkalnik, cin in žičke. Meni je spajkanje vzelo vsaj 6

ur. Malo zaradi tega, ker sem to počel prvič, in malo zaradi tega, ker je kar veliko komponent in vezav.

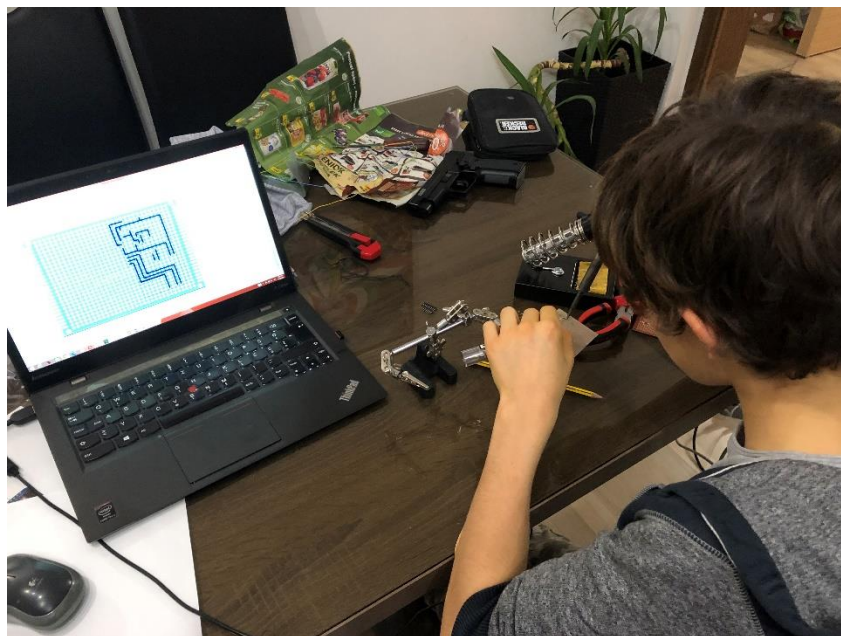


Title aparat za vodo-vezalni načrt		
Author David Knez		
File C:\Users\david_000\Doc ... načrt-vezalni2.dsn	Document	
Revision 1.0	Date 6.12.2020	Sheets 1 of 1

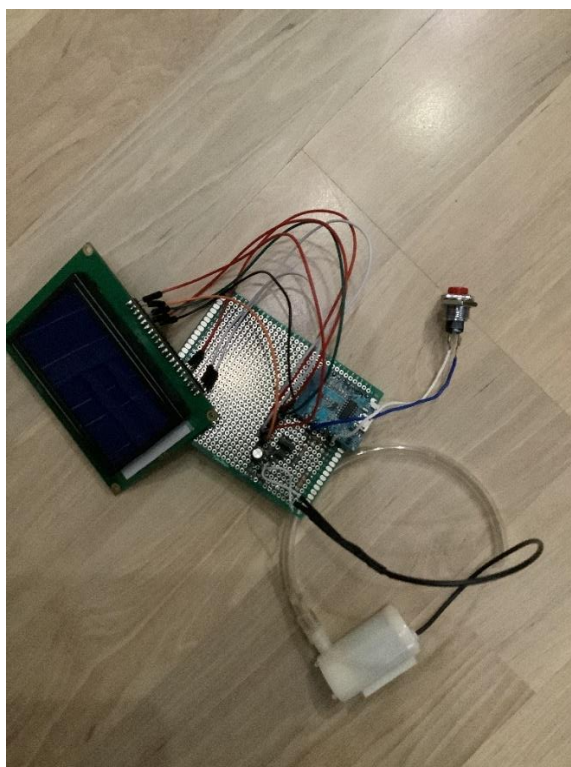
Slika 21: Načrt tiskanega vezja

IZDELAVA VEZJA

Za izdelavo vezja je uporabljena prej omenjena PCB plošča. To ploščo se uporablja predvsem za izdelavo prototipov. Ko je bil moj vezalni načrt končan, sem začel s spajkanjem [11]. Za to sem uporabljal spajkalnik in cin. Spajkalnik sem uporabil za topljenje cina, ki sem ga nanese na vezje (da se je vse skupaj prijelo). Spajkal sem tako, da sem na eni strani vstavljaj komponente, na drugi pa sem jih zacnil na ploščo. Vse komponente sem pozneje povezal z žičkami ali cinom tako, kot je bilo predvideno v vezalnem načrtu. Na mesta v vezju, kjer bi morali biti mikrokontroler, zaslon, črpalka in gumb, pa sem zacnil podnožja, da se lahko komponente samo vstavi v vezje (ali v primeru, da se uničijo, samo zamenja). Pri vstavljanju mikrokontrolerja, črpalke in gumba nisem imel veliko dela, saj sem mikrokontroler samo vstavil v vezje, pri črpalci in gumbu pa sem le vstavil žičke. Pri zaslonu pa sem imel več žic, poleg tega pa je v načrtu zaslon nekaj centimetrov oddaljen od vezja, zato sem moral izdelati poseben kabel. To sem naredil tako, da sem na obeh straneh kabla zacnil kontakte na podnožje in ju nato vstavil v vezje in zaslon. Pri spajkanju sem imel razne probleme. Moral sem paziti, da se komponente ne pregrejejo ter da zaradi pregrevanja iz PBC plošče ne odstopi baker, ki je na njej. Poleg tega pa so se mi povezave zaradi majhne oddaljenosti včasih zlepile s cinom, kar mi je vzelo dodaten čas, saj sem moral s posebno črpalčko odstraniti odvečen cin. Črpalka je pripomoček, ki poseba odvečen cin (če je ta stopljen).



Slika 22: Spajkanje



Slika 23: Vezje

PROGRAMSKA KODA

S programsko kodo se mikrokontrolerju podajajo ukazi, s katerimi se določi delovanje naprave. Napisal sem jo v programu Arduino, ki je programsko okolje, namenjeno programiranju mikrokontrolerjev [12].



```
File Edit Sketch Tools Help

display
#include <UcgLib.h>
#include <SPI.h>

const int buttonPin = D1;
const int motorcekPin = D2;
int buttonState = 0;

Ucg2_ST7920_128X64_F_HW_SPI ucg2 (Ucg2_BO, 14, 13, 15, Ucg2_PIN_HOME);

void setup() {
  ucg2.begin();

  ucg2.setFont(ucg2_font_p08a1_1tr);
  ucg2.clearBuffer();
  ucg2.drawStr(10,20,"Hello boss");
  ucg2.sendBuffer();
  delay(5000);
  ucg2.clearBuffer();
  ucg2.drawStr(5,20,"Pritisni gumb");
  ucg2.sendBuffer();

  pinMode(motorcekPin, OUTPUT);
  pinMode(buttonPin, INPUT);
}

void loop() {
  buttonState = digitalRead(buttonPin);

  if (buttonState == HIGH) {
    digitalWrite(motorcekPin, HIGH);
    ucg2.clearBuffer();
    ucg2.drawStr(10,20,"Prosaj");
    ucg2.sendBuffer();
    delay(10000);

    digitalWrite(motorcekPin, LOW);
    ucg2.clearBuffer();
    ucg2.drawStr(10,20,"Hvala!");
    ucg2.sendBuffer();
    delay(5000);

    ucg2.clearBuffer();
    ucg2.drawStr(5,20,"Pritisni gumb");
    ucg2.sendBuffer();
  } else {
    digitalWrite(motorcekPin, LOW);
  }
}

Exception in thread "MultiThreaded KDBG Timer" java.lang.Error: IP Reiger Library GetIFFable function failed
at java.net.NetworkInterface.getByName(NetworkInterface.java:155)
at java.net.NetworkInterface.getByName(NetworkInterface.java:155)
at java.lang.ProcessImpl$NativeProcessImpl$1.run(ProcessImpl$NativeProcessImpl$1.java:42)
at java.lang.Thread.run(Thread.java:746)
at java.lang.Thread.run(Thread.java:746)
```

Slika 24 Arduino okolje

S programsko kodo mikrokontrolerju določamo, kdaj mora na ekran izpisati določena sporočila, kdaj vključiti črpalko in kaj izvesti, ko dobi signal iz gumba. Poleg tega mikrokontrolerju določimo, koliko časa naj izvaja posamezen ukaz. Za začetek sem naredil nov projekt v programu Arduino in ga poimenoval *aparat za pijačo*. Vanj sem vključil knjižnico za izbrani zaslon (v mojem primeru LCD display s kontrolerjem ST7920), v kateri je vgrajena podpora za komunikacijo zaslona z njegovim kontrolerjem. Knjižnica omogoča enostavnejše sporazumevanje oziroma delo z zaslonom. V kodi je treba pravilno določiti priključke, preko katerih je mikrokontroler povezan na motorček, zaslon in gumb. Najprej se z ukazom izpiše pozdrav »Hello boss«, po petih sekundah pa se izpiše še »Pritisni gumb«. V zanki (ang. loop – del kode, ki se ponavlja) je napisana koda, ki samo v primeru pritisnjenega gumba za 10 sekund sproži motorček črpalke, medtem pa na zaslonu izpiše še sporočilo »Prosim počakaj«. Po 10 sekundah se motorček črpalke ugasne, zaslon pa izpiše »Hvala« za 5 sekund. Nato se na zaslonu ponovno izpiše »Pritisni gumb«. Posamezni

ukazi so tudi razloženi v kodi. Dodana je tudi oznaka, zaradi katere program ve, da niso del kode. Komentarji se vedno začnejo z znakoma //. Kodo se naloži na mikrokontroler s pomočjo računalnika z Arduino okoljem, ki je z mikrokontrolerjem povezan preko USB-mikro kabla, ki se sicer uporablja tudi za polnjenje telefona. Mikrokontroler si kodo zapomni in jo začne izvajati, ko se ga ponovno prižge.

Spodaj je predstavljena uporabljena koda.

```
//knjižnici za delo z displayem
#include <U8g2lib.h>
#include <SPI.h>

//poimenovanje pinov
const int buttonPin = D1;
const int motorcekPin = D2;
int buttonState = 0;

// nastavitve pinov za display
U8G2_ST7920_128X64_F_SW_SPI u8g2(U8G2_R0, 14, 13, 15, U8X8_PIN_NONE);

//začetne nastavitve vhodov in izhodov, ter začetni izpis
void setup() {
  u8g2.begin();
  u8g2.setFont(u8g2_font_ncenB12_tr);
  u8g2.clearBuffer();
  u8g2.drawStr(10,20,"Hello boss");
  u8g2.sendBuffer ();
  delay(5000);
  u8g2.clearBuffer();
  u8g2.drawStr(5,20,"Pritisni gumb");
  u8g2.sendBuffer ();
  pinMode(motorcekPin, OUTPUT);
  pinMode(buttonPin, INPUT );
}
```

```
//Koda, ki se ponavlja

void loop() {

  buttonState = digitalRead(buttonPin);

  //če je gumb pritisnjen
  if (buttonState == HIGH){

    //zažene motorček
    digitalWrite(motorcekPin, HIGH);

    //izpiše »prosim počakaj«
    u8g2.clearBuffer();
    u8g2.drawStr(10,20,"Prosim");
    u8g2.drawStr(10,40,"pocakaj");
    u8g2.sendBuffer ();

    // to izvaža 10000 milisekund (10 sekund)
    delay(10000);

    //ugasne motorček
    digitalWrite (motorcekPin, LOW);

    //Izpiše »hvala«
    u8g2.clearBuffer();
    u8g2.drawStr(10,20,"Hvala!");
    u8g2.sendBuffer ();

    // To piše 5 sekund
    delay(5000);

    //Ponovno izpiše »Pritisni gumb«
    u8g2.clearBuffer();
    u8g2.drawStr(5,20,"Pritisni gumb");
    u8g2.sendBuffer ();

  }

  //Drugače ne naredi nič
  else {

    digitalWrite (motorcekPin, LOW);

  }

}
```

SESTAVA APARATA IN PREIZKUS

Ko so vsi deli natisnjeni, vezje pa je spojeno, je treba aparat le še sestaviti skupaj. Začel sem s sestavljanjem natisnjenih delov. Na posodo sem brez težav pritrdil del za elektroniko, pri podstavku in pokrovih pa se je pojavila manjša težava. Očitno sem v FreeCADu naredil premajhno razliko v velikosti med vodilom in drsnikom. Zaradi tega sem moral vodila in drsnike malo spiliti, da so se lahko brez težav zataknili drug za drugega.

Nato sem v del za elektroniko vstavil vezje, gumb in zaslon. Z vijaki M2 sem v aparat pritrdil zaslon in vezje, gumb pa je imel na sebi že navoj, zato sem ga v aparat lahko pritrdil s priloženo matico. Pri tem nisem imel problema, saj so se luknje za vijake v aparatu ujemale z luknjami v vezju in zaslonu, zaradi česar sem z lahkoto vstavil in pritrdil vijake.

Ko so bile vse elektronske komponente privite, sem skozi aparat napeljal cevko, po kateri bo tekla voda, nato pa v podnožja na vezju vstavil žice od gumba in črpalke ter poseben kabel, ki sem ga izdelal za zaslon in ga tudi povezal v njim.



Slika 25: Končni izdelek



Slika 26: Končni izdelek od spredaj



Slika 27: Aparat, slikan od zgoraj brez pokrovov

Delovanje aparata



Slika 28: Delovanje aparataj

Nazadnje sem do vezja napeljal napajanje in vse skupaj preizkusil. Ker sem prej vse dobro testiral, je elektronika pričakovano delovala, kot mora. Nato sem v posodo nalil vodo, ki pa je na moje presenečenje začela puščati.

Glede na to, da v posodi ni bilo nobenih vidnih lukenj, sem sklepal, da voda pušča zaradi premalo narejenih slojev na dnu (notranjem delu) posode. 3D-tiskalnik namreč nanaša material v obliki tankih niti in tako med tiskanjem med njimi nastanejo majhne luknje, skozi katere bi si voda lahko ustvarila pot. Glede na to, da sem tiskalniku določil, da naredi sedem slojev na spodnjem oziroma zunanjem delu posode (kar je več kot na notranjem in kar bi moralo biti dovolj, da zadrži vodo), sem sklepal, da voda pronica skozi rob aparata, pod katerim je bila natisnjena podpora. Zaradi podpore so pod robom nastale manjše luknjice. Te luknjice nastanejo, ker so v podpori večja prazna mesta, kjer se nato filament malo pogrezne. To bi lahko preprečil tako, da bi zvišal gostoto podpore, zaradi česar bi bila prazna mesta v podpori manjša.

Da bi potrdil svoje sklepanje, sem preizkusil, v katerih primerih bo voda pronicala skozi dno. Da bi privarčeval z materialom, sem naredil poskus s kozarci. Natisnil sem več kozarcev z različno zapolnjenostjo. Najprej sem natisnil kozarec s 100-odstotno zapolnjenostjo. Sklepal sem, da ne bo prepuščal vode, saj se pri 100-odstotni zapolnjenosti mikro luknjice tolikokrat prekrivajo, da voda ne more skozi. Imel sem prav – kozarec ni prepuščal vode. Želel sem preveriti tudi, pri kateri zapolnjenosti bo voda pronicala skozi dno. Zato sem natisnil še dva kozarca, enega v 50-odstotni zapolnjenosti in drugega v 20-odstotni zapolnjenosti, kot je bila zapolnjenost aparata za pijačo. Na moje presenečenje ni noben od kozarcev prepuščal vode. To je lahko pomenilo, da je težava v delu, kjer je dvignjen rob, ki ga je tiskalnik natisnil na podpori. Zato sem natisnil še en takšen kozarec, ki je imel podobno dvignjen rob, pod katerim je bila natisnjena podpora (da bi bilo tako kot pri aparatu). Ko ga je tiskalnik natisnil, sem vanj nalil vodo. Pričakoval sem, da bo počasi začel spuščati, vendar je na moje presenečenje držal vodo.

Zaradi opravljenih testov in ker aparat spušča samo na enem samem mestu, lahko sklepamo, da posoda spušča zaradi naključne napake, ki jo je naredil tiskalnik pri tisku. Na podlagi teh ugotovitev je predlagana rešitev, da se posodo oziroma del, ki mora zadrževati vodo, natisne v 100-odstotni zapolnjenosti. Tako tudi v primeru miniaturne napake pri tiskanju posoda ne bo prepuščala vode.



Slika 29: Kozarec s 100% zapolnjenostjo



Slika 30: Kozarec z dnom, kot pri aparatu

Dodatno sem natisnil kozarec s filamentom PETG. Tiskanje s filamentom PETG je veliko zahtevnejše in manj natančno, kot pri PLA, zato pri tisku večkrat prihaja do napak. Na spodnjih slikah so vidne napake – mehurčkasto dno in ostanki materiala po stenah (Slika 31) ter luknjica v steni kozarca (Slika 32).



Slika 31: Kozarec natisnjen s filamentom PETG-pomanjkljivost 1



Slika 32: Kozarec natisnjen s filamentom PETG-pomanjkljivost 2

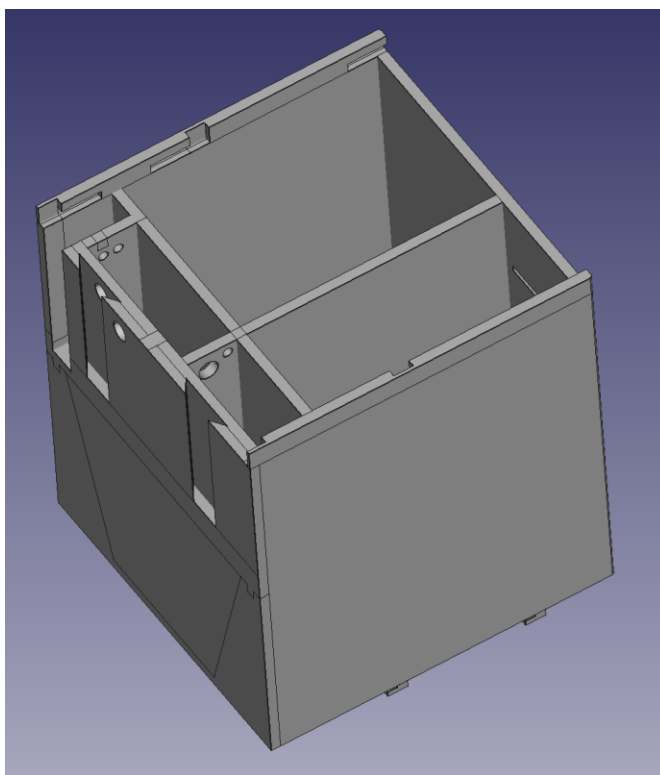
PREDLOG IZBOLJŠANEGA APARATA

S pomočjo uporabljenih naprednih tehnologij želimo preveriti, kako se lahko naprava na enostaven način izboljša. Pri tem želimo ohraniti čim več že izdelanih komponent in materiala.

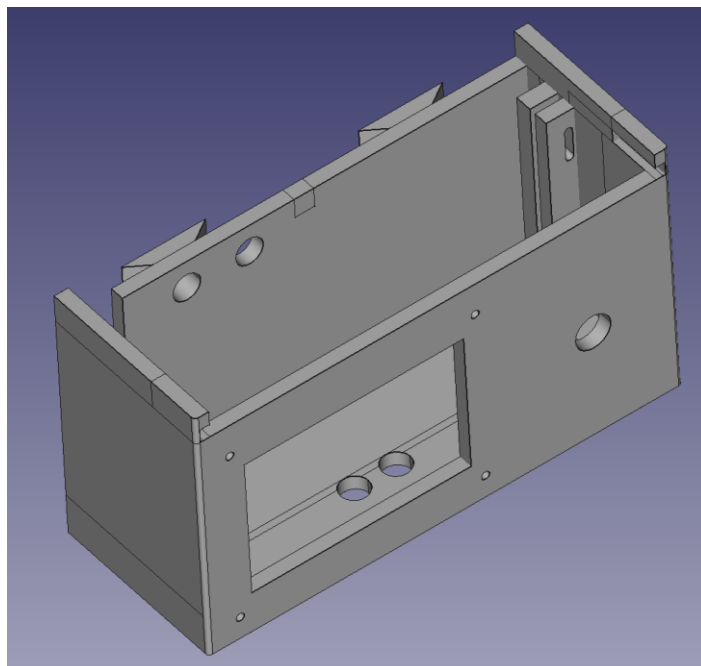
Ohišje

Poleg že predlaganega tiskanja v 100-odstotni zapolnjenosti se aparat lahko izboljša še tako, da natoči dve različni pijači ali pa naredi mešanico iz dveh različnih tekočin. Kodo programa izboljšamo tako, da lahko možnosti izbiramo s pritiskom samo ene tipke.

Spodnji sliki prikazujeta CAD model izboljšanega aparata, pri katerem je posoda za tekočino razdeljena na dva dela, tako da nastane prostor za dodatno tekočino in dodatno črpalko. Dodane so tudi luknje, skozi katere sta napeljana cev in kabel za črpalko. Vsi preostali deli ohišja ostanejo nespremenjeni. Mikrokontroler ima dovolj prostih priključkov za novo črpalko, vezju pa je z novo črpalko potrebno dodati še dodatno Darlington vezavo tranzistorjev. Potreben je tudi manjši popravek programske kode, da pri točenju pijače lahko vključimo še drugo črpalko.



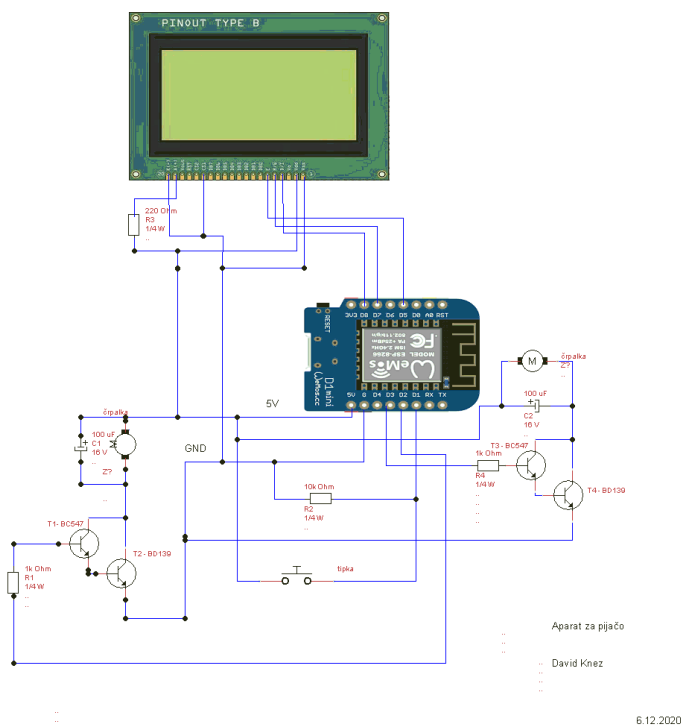
Slika 33: Izboljšana posoda



Slika 34: Izboljšan del za elektroniko

Vezje

Da bo aparat lahko črpal drugo pijačo, je treba dodati še eno črpalko. V Tiny CAD-u sem obstoječemu vezju samo dodal še eno vezavo Darlington in dodatno črpalko. Novo vezavo prikazuje spodnja slika.



Slika 35: Shematski načrt izboljšane vezja

Koda

Koda se dopolni tako, da je možno točenje pijač skozi obe črpalki in da se lahko izbira različne možnosti z eno tipko. V kodo se doda tri možnosti izbire:

- 1) samo prva pijača,
- 2) samo druga pijača,
- 3) mešanica prve in druge pijače.

Koda je spremenjena tako, da lahko s pritiskom gumba izbiraš med pijačami. V kolikor pa je gumb pritisnjen za več kot tri sekunde, bo aparat začel nalivati izbrano pijačo.

Izboljšana koda:

```
#include <U8g2lib.h>

#include <SPI.h>

const int buttonPin = D1;
const int motorcekPin = D2;
const int motorcekPin2 = D3;
int buttonState = 0;
int opcija = 0;
unsigned long timer = 0;
bool timerRunning = false;
bool zakljucniPozdrav = false;
bool izbira = false;

U8G2_ST7920_128X64_F_SW_SPI u8g2(U8G2_R0, 14, 13, 15, U8X8_PIN_NONE);

void setup() {

  u8g2.begin();
  u8g2.setFont(u8g2_font_ncenB12_tr);
  u8g2.clearBuffer();
  u8g2.drawStr(10,20,"Hello boss");
  u8g2.sendBuffer ();
  delay(5000);
  u8g2.clearBuffer();
  u8g2.drawStr(5,20,"Izberi pijaco");
  u8g2.sendBuffer ();

  pinMode(motorcekPin, OUTPUT);
  pinMode(motorcekPin2, OUTPUT);
  pinMode(buttonPin, INPUT );

}
```

```
void loop() {  
  buttonState = digitalRead(buttonPin);  
  
  // ko se gumb pritisne  
  if(buttonState == HIGH && timerRunning == false){  
    timerRunning = true;  
    timer = millis();  
  }  
  
  // ko je bil gumb pritisnjen za več kot 3 sekunde  
  if(timerRunning == true && buttonState == LOW && ((millis() - timer) >= 3000)){  
    timerRunning = false;  
    izbira = true;  
  }  
  
  if(buttonState == LOW && ((millis() - timer) < 3000) && timerRunning == true){  
    opcija = opcija + 1;  
    timerRunning = false;  
    //izbira = false;  
    if(opcija == 4){  
      opcija = 1;  
    }  
  
    u8g2.clearBuffer();  
    u8g2.drawStr(10,20,"Napitek ");  
    u8g2.drawStr(10,40,String(opcija).c_str());  
    u8g2.sendBuffer ();  
  }  
  
  if(opcija == 1 && izbira == true){  
    digitalWrite (motorcekPin, HIGH);  
    u8g2.clearBuffer();  
    u8g2.drawStr(10,20,"Prosim");  
    u8g2.drawStr(10,40,"pocakaj");  
    u8g2.sendBuffer ();  
    delay(10000);  
    digitalWrite (motorcekPin, LOW);  
    zakljucniPozdrav = true;  
  }  
}
```

```
else if(opcija == 2 && izbira == true){  
    digitalWrite (motorcekPin2, HIGH);  
    u8g2.clearBuffer();  
    u8g2.drawStr(10,20,"Prosim");  
    u8g2.drawStr(10,40,"pocakaj");  
    u8g2.sendBuffer ();  
    delay(10000);  
    digitalWrite (motorcekPin2, LOW);  
    zakljucniPozdrav = true;  
}  
else if(opcija == 3 && izbira == true){  
    digitalWrite (motorcekPin2, HIGH);  
    u8g2.clearBuffer();  
    u8g2.drawStr(10,20,"Prosim");  
    u8g2.drawStr(10,40,"pocakaj");  
    u8g2.sendBuffer ();  
    delay(4000);  
    digitalWrite (motorcekPin2, LOW);  
    digitalWrite (motorcekPin, HIGH);  
    delay(6000);  
    zakljucniPozdrav = true;  
    digitalWrite (motorcekPin, LOW);  
}  
if(zakljucniPozdrav == true) {  
    u8g2.clearBuffer();  
    u8g2.drawStr(10,20,"Hvala!");  
    u8g2.sendBuffer ();  
    delay(5000);  
    u8g2.clearBuffer();  
    u8g2.drawStr(5,20,"Izberi pijaco");  
    u8g2.sendBuffer ();  
    zakljucniPozdrav = false;  
    opcija = 0;  
    izbira = false;  
}  
}
```

UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK

S sodobnimi tehnologijami se lahko naredi ogromno stvari, kakor si jih zamislimo. V tej raziskovalni nalogi sem raziskal dve sodobni tehnologiji, tehnologijo 3D-tiskanja in tehnologijo mikrokontrolerjev.

Pri 3D-tiskanju sem se naučil, kako izrisati 3D-načrt in kako natisniti predmet. Izdelal sem aparat, ki je sestavljen iz šestih sestavljivih delov. Aparat je enostavno sestavljiv in primeren za domačo uporabo. Preizkusil sem dva različna materiala PLA in PETG in spoznal njune razlike. Če povzamem, PLA je natančnejši, lažji za tisk, popularnejši in cenejši, PETG pa je trši in bolj odporen na višje temperature. Ker je aparat natisnjen s plastiko PLA, ni primeren za vroče napitke, saj pri temperaturah nad 50 °C postane mehek, hkrati pa se skrči. Tudi PETG ni primeren za vroče napitke, saj prav tako postane mehek in se skrči, razlika je le ta, da PETG to naredi pri malo višji temperaturi. Če bi želel izdelati aparat za točenje vročih napitkov, bi moral najti material, ki je odporen na visoke temperature in ki ima to lastnost, da se med tiskom ne popači, hkrati pa je živilom primeren.

Pri izdelavi elektronskega dela aparata sem spoznal, kako načrtovati in izdelati elektronsko vezje ter kako napisati kodo, s katero mikrokontroler ve, kako delovati. Spoznal sem tudi različne elektronske komponente in vezave, ki se jih uporablja v vezjih. Najprej sem naredil shematski načrt vezja in ga testiral na preizkusni plošči. Ko je vezje delovalo, sem načrтал vezalni načrt, po katerem sem nato izdelal prototip vezja. Na koncu sem vse preveril in delovalo, je kot mora. Z uporabo izbranega mikrokontrolerja in ostalih komponent sem zadovoljen, saj je vse delovalo, kot je bilo načrtovano. Poleg tega pa so izbrane komponente enostavne za uporabo in dokaj poceni. Zaradi tega jih bom zagotovo uporabil tudi v prihodnjih projektih.

Pri izdelavi sem seveda naletel tudi na težave, vendar sem se jih naučil rešiti. Ena od težav je bila manjše prepuščanje vode iz posode za vodo. Ker je bila posoda natisnjena v 20-odstotni zapolnjenosti, sem sklepal, da je to razlog za napako. Da bi našel rešitev, sem natisnil kozarce v različnih zapolnjenostih (20-, 50- in 100-odstotni) in materialih (PLA in PETG). Izkazalo se je, da noben od kozarcev ni puščal. Na podlagi tega sem ugotovil, da do prepuščanja pride zaradi zelo majhnih luknjic, ki jih je na notranjem dnu posode naredil 3D-tiskalnik, kar lahko štejemo kot napako pri tiskanju. Ko sem to ugotovil, sem vedel, da se težavo reši tako, da se posodo natisne v 100-odstotni zapolnjenosti sten. Tako tudi manjša napaka pri tisku ne bi povzročila puščanja tekočine. Paziti sem moral tudi, da nisem uporabil preveč podpore, ki predstavlja odpad. Sicer so že na voljo tudi naprave, s katerimi se odpadni material lahko stopi in pripravi za ponovno uporabo, vendar pa so takšne naprave kar precej drage. Pri tiskanju s podporo obstaja tudi veliko večja možnost, da tiskalnik naredi napako pri tisku. Del, ki je nad podporo, se namreč lahko pri tisku povesi ali slabo natisne. Da se temu izognemo, raje naredimo model iz več delov, ki pri tiskanju ne potrebujejo podpore.

Izdelava aparata stane nekje med 60 in 70 evri. To je predvsem zaradi dokaj visoke cene tiskalnega materiala v primerjavi z navadno plastiko. Poleg tega 3D-tiskalnik aparat tiska približno šest dni, ročna izdelava vezja pa bi izkušeni osebi vzela nekje 2–3 ure. Zaradi precej dolgega časa

izdelave in visoke cene, je takšen način izdelave aparata primernejši za izdelavo prototipov, ne pa za serijsko izdelavo. Za serijsko izdelavo bi bilo bolj primerno, da bi ohišje naredili z modelom za vlivanje, vezje pa s posebnimi napravami za izdelavo vezja. Tako bi vse skupaj izdelali veliko hitreje in ceneje. Prototipi pa omogočajo vpogled v končni izdelek in morebitne pomanjkljivosti, ki se jih lahko izboljša. Ugotovil sem, da je tu velika prednost tehnologije, ki sem jo raziskoval.

S tehnologijo 3D-tiskanja in mikrokontrolerjev se aparat lahko pozneje z lahkoto izboljša. Vse načrte sem izboljšal tako, da sem v 3D-modelu glavno posodo razdelil na dva dela, zaradi česar je v njej nastal prostor za dve pijači. V shematskem načrtu sem dodal še eno črpalko ter nato še popravil kodo. Tako sem aparat hitro in na lahek način izboljšal, seveda pa te izboljšane različice aparata nisem natisnil.

Viri

- [1] "Slika 3D-tiskalnika QIDI X-Plus," [Online]. Available: <https://cdn-3d.niceshops.com/upload/image/product/medium/default/qidi-tech-x-plus-1-k-297104-sl.jpg>.
- [2] "Programi za 3D-tiskanje," [Online]. Available: <https://www.adamenfroy.com/3d-printing-software>.
- [3] "Materiali," [Online]. Available: <https://www.3djake.si/filament-za-vas-3d-tiskalnik/pla-filament-v-razlicnih-izvedbah>.
- [4] "TinyCAD," [Online]. Available: <https://www.tinycad.net>.
- [5] "Mikrokrmilniki," [Online]. Available: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Mikrokrmilnik>.
- [6] "Tranzistor," [Online]. Available: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Tranzistor>.
- [7] "Kondenzator," [Online]. Available: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Kondenzator>.
- [8] "Upor," [Online]. Available: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Upor_\(elektrotehnika\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Upor_(elektrotehnika)).
- [9] "Zdravko Žalar: Osnove elektrotehnike 1,," Ljubljana, Tehniška založba Slovenije, 2005.
- [10] "PCB," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Printed_circuit_board.
- [11] "Spajkanje," [Online]. Available: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Spajkanje>.
- [12] "Arduino-programiranje," [Online]. Available: www2.arnes.si/~sspjplav/Sola/Predmeti/Leto/PRAKTICNO%20PROGRAMIRANJE/2_Programiranje%20Arduina.pdf.