



Šolski center Celje

Srednja šola za kemijo, elektrotehniko in računalništvo

IZDELAVA KONTROLNE PLOŠČE ZA SIMULATOR TRAIN SIM WORLD

RAZISKOVALNA NALOGA

AVTOR

Andraž Špan

MENTOR

g. Gregor Kramer

Celje, marec 2019

KAZALO VSEBINE

POVZETEK.....	5
ZAHVALA	5
1 UVOD.....	6
1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA.....	6
1.2 HIPOTEZE.....	7
1.3 RAZISKOVALNE METODE.....	7
2 SNOVANJE PROJEKTA	8
3 PROGRAM.....	10
4 IZDELAVA KONTROLNE PLOŠČE.....	12
4.1 IZDELAVA PLASTIČNIH DELOV	12
4.2 IZDELAVA LESENEGA OHIŠJA.....	21
4.3 IZDELAVA ELEKTRIČNEGA DELA KONTROLNE PLOŠČE.....	35
5 TESTIRANJE	46
6 UGOTOVITVE.....	47
7 ZAKLJUČEK.....	48
8 VIRI	49
8.1 VIRI SLIK.....	49
9 IZJAVA.....	50

KAZALO SLIK

Slika 1: Zaslonski posnetek simulatorja Train Sim World.....	6
Slika 2: Preverjanje možnosti vhodov v simulatorju Train Sim World.	7
Slika 3: Prototip kontrolne plošče z Arduino Leonardo, OLED zaslonom in I/O expanderjem MCP23017.	8
Slika 4: Kabina lokomotive DB BR 185.2. vir: http://www.lokomotive-online.de/Eingang/Elloks/BR185/br185.html	9
Slika 5: Zaslonski posnetek dela programa.	11
Slika 6: Tipkalo, na katerem je temeljil dizajn gumbov. vir: https://i.ebayimg.com/images/g/PEIAAOSwEeFVAPGK/s-l500.jpg	12
Slika 7: Zaslonski posnetek končanega spodnjega dela gumba v programu SketchUp.....	13
Slika 8: Zaslonski posnetek prve verzije zgornjega dela gumba v programu SketchUp.	13
Slika 9: Zaslonski posnetek druge verzije zgornjega dela gumba v programu SketchUp.	14
Slika 10: Grafike natisnjene na samolepilni papir.	14
Slika 11: Lepljenje grafik.	15
Slika 12: Končni izgled gumba.	15
Slika 13: Ročica za gas in dinamično zavoro	16
Slika 14: Ročica za vlakovno zavoro.....	16
Slika 15: Zaslonski posnetek ročice iz simulatorja.	17
Slika 16: 3D tiskanje valja.	17
Slika 17: Sestavljena ročica z dodanim potenciometrom.	18
Slika 18: Oblikovanje okrasnega plastičnega dela.	18
Slika 19: Priprava okrasnega plastičnega dela na tiskanje v programu Ultimaker Cura.....	19
Slika 20: Natisnjen okrasni del.....	19
Slika 21: Testno sestavljena ročica (pred vgradnjo jo je bilo potrebno ponovno razstaviti).	20
Slika 22: 3D oblikovano ohišje Micro USB konektorja.	20
Slika 23: Nakup OSB plošče.	21
Slika 24: Prva verzija načrta.....	22
Slika 25: Druga in končna verzija načrta.	22
Slika 26: Izris plošče.....	23
Slika 27: Izrezana plošča.	23
Slika 28: Narisane lokacije ročic in gumbov.	24
Slika 29: Primerjava z načrtom pred začetkom vrtanja.	24
Slika 30: Vrtanje manjših lukenj za izrez z vbodno žago.	25
Slika 31: Izvrtane luknje za izrez z vbodno žago in pilotne luknje za forstner sveder premera 30 mm.	25
Slika 32: Izvrtane luknje premera 30 mm.	26
Slika 33: Izrez odprtin ročic z vbodno žago.	26
Slika 34: Končana plošča.....	27
Slika 35: testiranje prileganja plastičnih komponent.....	27
Slika 36: Izvrtane luknje za kasnejšo montažo potenciometra.	28
Slika 37: Barvanje plošče.	28
Slika 38: Vijaki, ki sem jih uporabil.	29
Slika 39: Vsi izrezani deli iz OSB plošče.	29
Slika 40: Izris mest, kjer bodo vijaki.	30
Slika 41: Vrtanje pilotnih lukenj za preprečevanje pokanja lesa.....	30
Slika 42: Priprava delov na vijačenje	31

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World

Slika 43: Vijačenje.....	31
Slika 44: Izvrtana luknja za Micro USB konektor.....	32
Slika 45: Vgrajen Micro USB konektor.	32
Slika 46: Končan spodnji del ohišja, pripravljen na barvanje.	33
Slika 47: Pobarvan spodnji del ohišja.	33
Slika 48: 3D natisnjeni ročaji.....	34
Slika 49: 3D natisnjen ročaj nameščen na spodnji del ohišja.....	34
Slika 50: Električna shema.	35
Slika 51: Izris lokacije OLED zaslona.....	36
Slika 52: Vgrajen OLED zaslon in tipkalo za izbiro lokomotive.	37
Slika 53: Montaža Arduina Leonardo na spodnjo stran.	37
Slika 54: Vgrajena prva spodnja ohišja gumbov.	38
Slika 55: Vgrajena in prilepljena vsa ohišja gumbov.	38
Slika 56: Električna povezava vseh tipkal.....	39
Slika 57: " debug " stikalo.....	39
Slika 58: Testiranje LED sijalk.....	40
Slika 59: Električna vezava LED sijalk.	40
Slika 60: Vgradnja okrasnih 3D natisnjenih delov.....	41
Slika 61: Vgrajeni gumbi in ročice.....	41
Slika 62: I/O expander	42
Slika 63: Micro USB breakout v 3D natisnjenem ohišju.	42
Slika 64: Spajkanje Micro USB breakout konektorja.	43
Slika 65: Končan Micro USB konektor v 3D natisnjenem ohišju pripravljen za vgradnjo.	43
Slika 66: Zadnja stran končanega zgornjega dela ohišja kontrolne plošče.	44
Slika 67: Zadnja stran končanega zgornjega dela ohišja kontrolne plošče.	44
Slika 68: Sprednja stran končanega zgornjega dela ohišja kontrolne plošče.	45
Slika 69: Končana kontrolna plošča.	45
Slika 70: Uporaba kontrolne plošče z simulatorjem Train Sim World.....	46
Slika 71: Izjava.	50

POVZETEK

Raziskovalna naloga predstavlja izdelavo kontrolne plošče za simulator Train Sim World. Ker simulator omogoča le uporabo tipkovnice, je igranje dokaj nerealno, otežena pa je tudi izdelava lastnih kontrolnih plošč. V tej raziskovalni nalogi je opisan proces izdelave lastne kontrolne plošče na osnovi mikrokontrolnika Arduino Leonardo.

ZAHVALA

Pri izdelavi raziskovalne naloge se zahvaljujem svojemu mentorju, g. Gregorju Kramerju, za pomoč pri snovanju naloge in nasvete pri programiranju. Zahvaljujem se tudi lektorici, dr. Tanji Jelenko za lektoriranje te raziskovalne naloge.

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Ker me zanimajo vlaki, v prostem času rad igram različne računalniške simulatorje, ki simulirajo vožnjo vlakov, kot so na primer Train Simulator 2019 in Train Sim World. Pri igranju teh dveh simulatorjev me je zmotilo to, da je za upravljanje mogoče uporabljati le tipkovnico, kar je sila nerealno. Pogrešal sem možnost kotlerjev, kot so na primer volan in pedala za računalniške simulatorje vožnje z vozili, kot primer naj navedem Euro Truck Simulator 2, ali joystick-i, ki se uporabljajo pri simulatorjih letenja. Po raziskovanju na spletu, sem našel le eno komercialno izdelano kontrolno ploščo, ki stane 220€ in ni dobavljiv v Sloveniji, za Train Simulator 2019 in nobenega za Train Sim World. Zaradi tega, sem se odločil da izdelam lastno kontrolno ploščo za Train Sim World, ki je trenutno najnovejši in po mojem mnenju najbolj realen železniški simulator.



Slika 1: Zaslonski posnetek simulatorja Train Sim World.

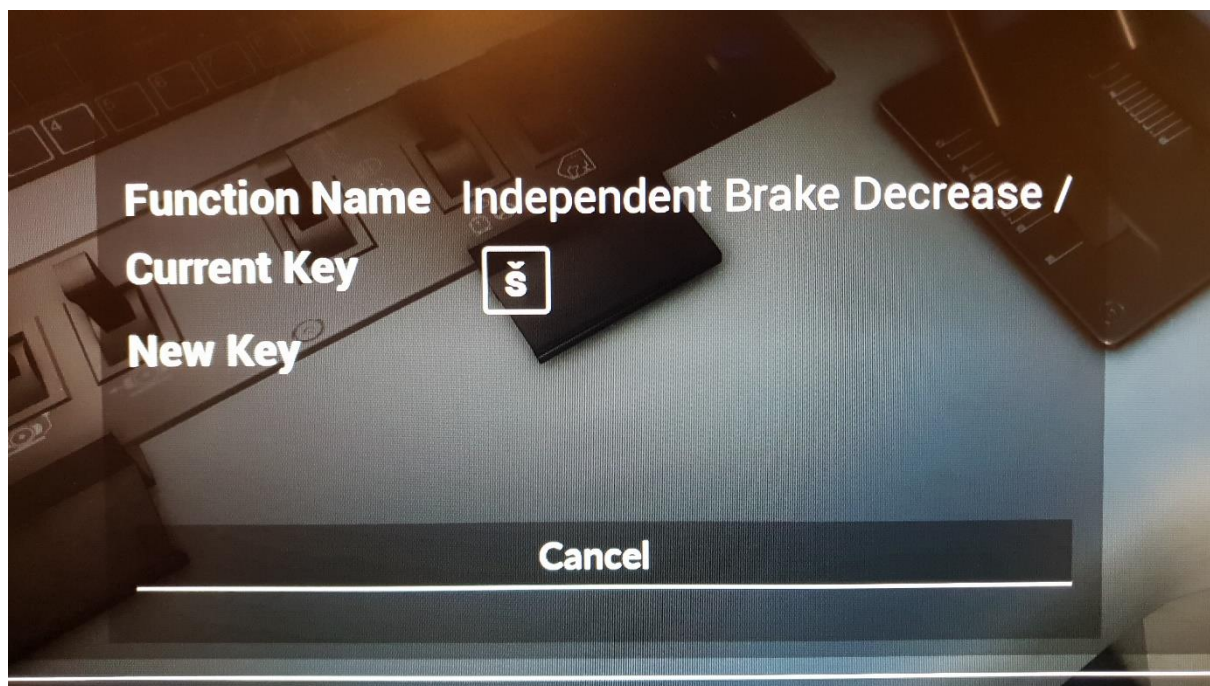
1.2 HIPOTEZE

Pri izdelavi raziskovalne naloge sem si postavil naslednje hipoteze:

- Upravljanje simulatorja bo z uporabo kontrolne plošče lažje in bolj realistično;
- Ker simulator ne podpira analognih vhodov bo otežen nadzor hitrosti in zavor;
- Uporaba tipk za nadzor hitrosti in zavor je dovolj dober približek za nadzor v primerjavi z analognimi vhodi;
- Uporaba analognega vhoda s simulacijo pritiska tipke na tipkovnici je zaradi več različnih lokomotiv nepraktična in prezapletena za izdelavo in uporabo.

1.3 RAZISKOVALNE METODE

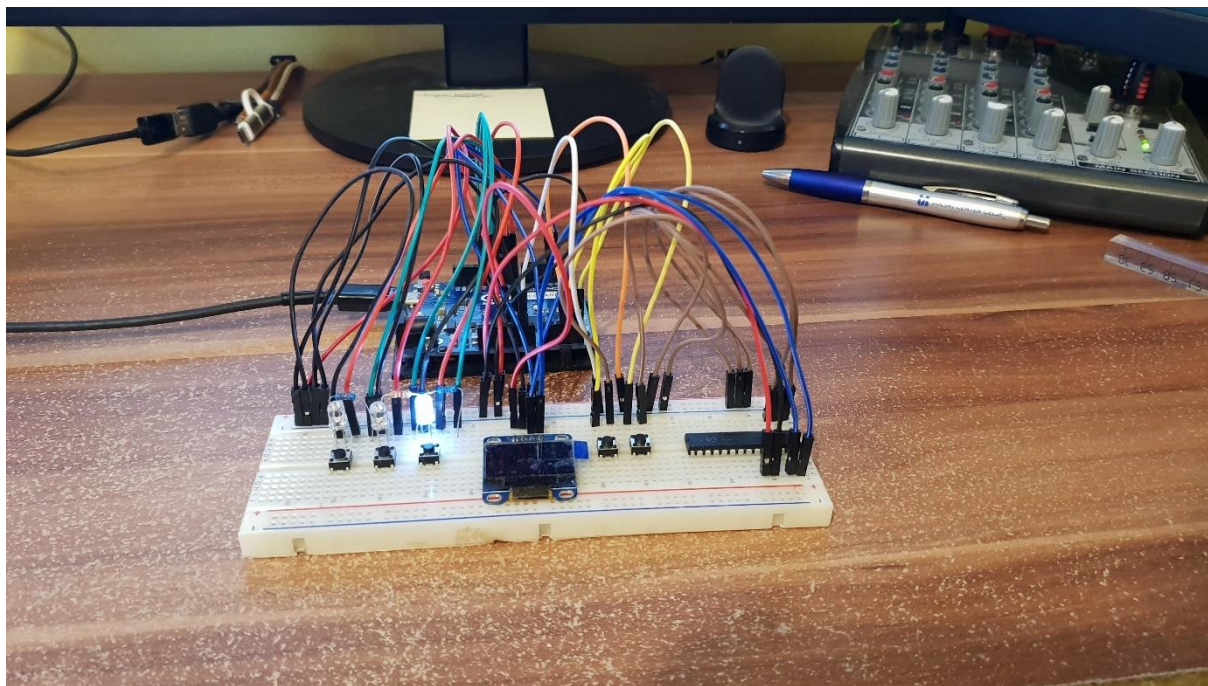
Najprej sem poiskal in preučil morebitne obstoječe kontrolne plošče in preveril, ali je že kdo drug izdelal lastno kontrolno ploščo. Ugotovil sem, da obstaja ena komercialna kontrolna plošča in nekaj "diy – naredi si sam" kontrolnih plošč za Train Simulator 2019, vendar nobene, za Train Sim World. Nato sem raziskal, kakšne vhodne naprave podpira simulator Train Sim World. Ugotovil sem, da podpira le tipkovnico in x-box kontrolno ploščo, kar pomeni, da simulator ne podpira analognih vhodov. Raziskal sem še, katera naprava oziroma mikrokrmilnik bi bil primeren kot vmesnik med računalnikom in kontrolno ploščo.



Slika 2: Preverjanje možnosti vhodov v simulatorju Train Sim World.

2 SNOVANJE PROJEKTA

Ko sem ugotovil, da komercialno izdelana kontrolna plošča za Train Sim World ne obstaja, sem se odločil za izdelavo lastne kontrolne plošče. Najprej sem si zapisal seznam lastnosti, ki naj bi jih imela kontrolna plošča. Želel sem analogen nadzor hitrosti in zavor ter gumbe za upravljanje drugih funkcij simulatorja, kot so odpiranje in zapiranje vrat na potniških vlakih, upravljanje troblje, prižiganje in ugašanje luči v kabini lokomotive, zunanjih luči, izbira smeri vožnje in uporabljanje lokomotivskih varnostnih naprav, Sifa in PZB, ki sta simulirani v simulatorju. Izdelal sem seznam vseh funkcij in začel preučevati, kako bi upravljal te funkcije v simulatorju. Ugotovil sem, da lahko vse funkcije upravljam s pritiski na tipko na tipkovnici ali s kombinacijo več tipk. Ko sem imel napisan seznam vseh tipk, sem ugotovil, da potrebujem napravo, ki lahko deluje kot tipkovnica. Ker znam programirati mikrokrmilnike Arduino, sem preveril ali ti krmilniki to omogočajo. Ugotovil sem, da obstaja Arduino Leonardo, ki lahko deluje kot tipkovnica, miška ali joystick. Ker Arduino Leonardo za moje potreba nima dovolj vhodov in izhodov, sem moral uporabiti I/O expander MCP23017, ki mikrokrmilniku doda 16 vhodov ali izhodov. Ker je v simulatorju mogoče voziti več različnih vlakov, in ker se mora kontrolna plošča obnašati malo drugače pri vsaki lokomotivi, sem dodal še OLED zaslon.



Slika 3: Prototip kontrolne plošče z Arduino Leonardo, OLED zaslonom in I/O expanderjem MCP23017.

Nato je sledilo načrtovanje ohišja kontrolne plošče. Za vzor sem vzel kabino lokomotive nemških železnic DB BR185.2, ki jo je mogoče voziti tudi v simulatorju Train Sim World. Po vzoru te kabine sem izdelal ročice za vlečno moč lokomotive, vlakovno zavoro in dinamično zavoro. Ker sem želel, da kontrolna plošča ni prevelika, sem se omejil na velikost 50 cm dolžine in 21,5 cm globine. Zaradi tega sem se odločil, da gumbne ne izdelam po vzoru kabine, nekoliko pa je bilo potrebno prilagoditi tudi postavitev gumbov. Tako sem izdelal gumbe po lastni ideji s pomočjo programa SketchUp. Ostale dele ročic sem oblikoval s pomočjo programa Fusion360. Vse dele sem natisnil z lastnim 3D tiskalnikom z uporabo programa Ultimaker Cura.



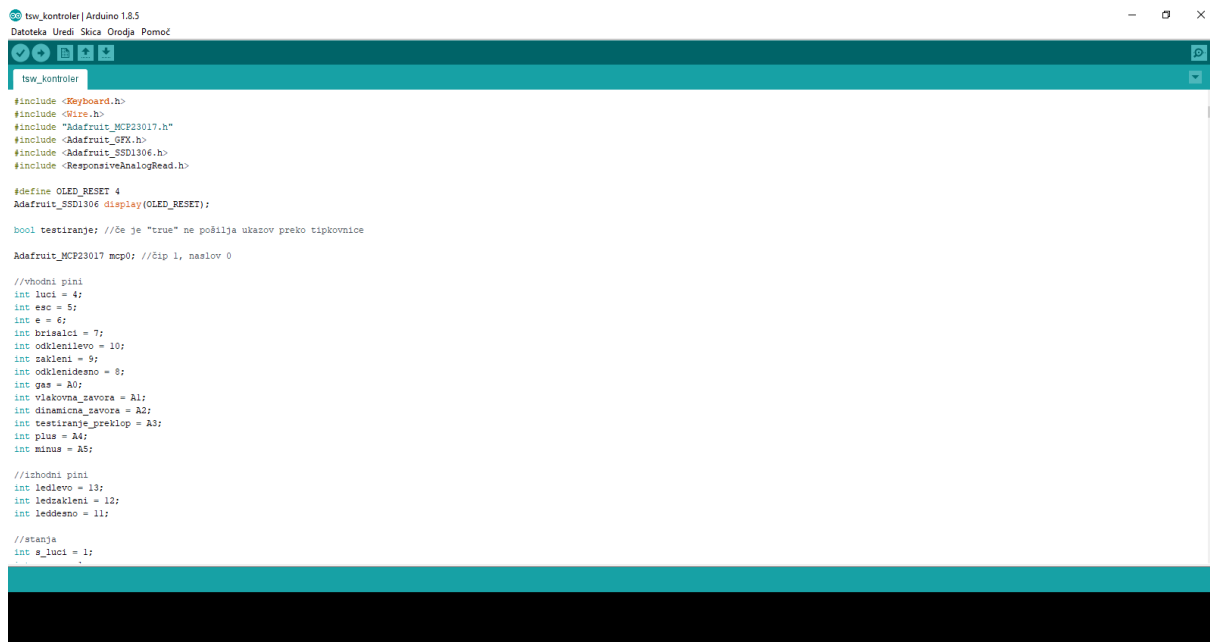
Slika 4: Kabina lokomotive DB BR 185.2. vir: <http://www.lokomotive-online.de/Eingang/Elloks/BR185/br185.html>

3 PROGRAM

Pisanje programa sem začel postopno. Najprej sem testiral posamezne elemente programa, nato pa vse skupaj združil v delujočo celoto. Ker pred tem projektom še nisem uporabljal OLED zaslona, sem najprej začel z njim. Na Arduino ga povežemo preko I2C protokola z uporabo knjižnice "Wire". Poleg tega potrebuje zaslon za delovanje le še 5 V napajanje. Za lažje programiranje OLED zaslona sem uporabil knjižnico proizvajalca Adafruit. Ko sem bil zadovoljen z delovanjem OLED zaslona in ko sem preveril, da je na njemu dovolj prostora za izpis vseh potrebnih podatkov, sem nadaljeval s pisanjem naslednjega programa. Naslednji program je bil test, kako deluje simuliranje tipkovnice na Arduino Leonardo. Za delovanje je potreba knjižnica "Keyboard". Simulacijo tipkovnice vključimo z ukazom "Keyboard.begin()" ter zaključimo z ukazom "Keyboard.end()". Za pošiljanje pritiska tipke sem uporabil ukaz "Keyboard.press()", ki pridrži izbrano tipko pritisnjeno, dokler ni izveden ukaz "Keyboard.release()" ali "Keyboard.releaseAll()", razlika med njima je, da prvi ukaz spusti le izbrano tipko, drugi pa spusti vse trenutno pritisnjene tipke, in ukaz "Keyboard.write()", ki pošlje signal pritiska tipkovnice, oziroma enako, kot da uporabnik na tipkovnici pritisne in takoj spusti tipko, kot na primer pri pisanju na računalniku. Program je napisan tako, da je na vseh vhodih aktiviran interni "pull-up" upor, kar pomeni da je vhod vedno na napetosti 5V, ko pa nanj preko stikala ali tipkala, ki se nahaja v gumbih, povežemo "GND" Arduino zazna padec napetosti, kar zanj pomeni pritisk gumba. Arduino ob pritisku gumba pošlje pritisk tipkovnice. Katero tipko Arduino pošlje računalniku, je odvisno od tega, kater gumb je bil pritisnjen. Ker na Arduinu ni bilo dovolj vhodov za vse gumbе, so ostali gumbi povezani na I/O expander MCP23017, ki sistemu doda dodatnih 16 vhodov (ali izhodov), z Arduinom pa komunicira preko I2C protokola. Po kratkem testiranju sem naletel na težavo, in sicer s pošiljanjem šumnikov. Ko sem na Arduinu napisal ukaz "Keyboard.write('š')", ki naj bi na računalnik poslal "š", so se na računalniku pojavili neprepoznavni simboli. Preveril sem, če je na Arduino mogoče spremeniti razpored tipkovnice, podobno kot na računalnikih, vendar (kakor sem ugotovil) to ni mogoče. Po raziskovanju, kako deluje knjižnica "Keyboard", sem ugotovil, da lahko šumnike izpišem tako, da v Arduino program namesto željenega šumnika vpišem črko oziroma simbol, ki se nahaja na mestu željenega šumnika na angleški razporeditvi tipkovnice. S to rešitvijo so bile odpravljene skoraj vse težave, ostalo je le še vprašanje analognih vhodov. Ker simulator ne podpira nikakršnih analognih vhodov, je edini nadzor s pritiskom tipk. Prva ideja je bila, da namesto ročice za vlečno moč lokomotive in zavore uporabim tipke, vendar mi ta ideja ni bila preveč všeč, ker je to precej nerealno. Preostala je še ena možnost, ki pa je bila sprva videti zelo zahtevna za realizacijo: Arduino analogni vhod z ročice spremeni v pritisk tipk za simulator. Na ročicah se naj bi uporabil potenciometer, Arduino prebere vrednost potenciometra in to vrednost primerja s prejšnjo vrednostjo ter izračuna razliko. Glede na to razliko izračuna koliko časa mora držati tipko, da se ročica v simulatorju premakne za enako vrednost. Zaplete se, saj so kontrole na različnih lokomotivah različne. Za primer si pogledjmo nastavitve vlečne moči lokomotive. Lokomotiva lahko ima vlečno moč nastavljen od nič do sto procentov, ali razdeljen na več stopenj, običajno štiri ali osem. Zaradi tega je bilo potrebno razviti možnost prilagajanja kontrol posamezni lokomotivi. Za prikaz trenutno izbrane lokomotive sem uporabil OLED zaslon, lokomotivo pa lahko menjamo s pritiskom stikala, ki se nahaja ob OLED zaslonu, v levo ali desno. Ko izberemo lokomotivo, se prilagodi izračun potrebnega časa pritiska tipke in onemogočijo se kontrole, ki ne obstajajo na lokomotivi, kot je na primer dinamična zavora, ki je ne najdemo na večini dizelskih lokomotiv. Na tej stopnji so bili vsi testni programi združeni

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World

v en program. Sledilo je še testiranje programa, ki ni razkrilo nobenih večjih napak. Ker sem bil prepričan, da program deluje, tako kot je predvideno, sem se lahko lotil izdelave kontrolne plošče. Omenim naj še, da kontrolna plošča ne potrebuje nikakršnih gonilnikov, lahko se ga priključi celo med igranjem simulatorja, saj računalnik vidi to kontrolno ploščo kot običajno tipkovnico.



```
tsw_kontroler | Arduino 1.8.5
Datoteka Uredi Skica Orodja Pomoč

tsw_kontroler

#include <Keyboard.h>
#include <Wire.h>
#include "Adafruit_MCP23017.h"
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <ResponsiveAnalogRead.h>

#define OLED_RESET 4
Adafruit_SSD1306 display(OLED_RESET);

bool testiranje; //če je "true" ne pošilja ukazov preko tipkovnice

Adafruit_MCP23017 mcp0; //čip 1, naslov 0

//vhodni pini
int luci = 4;
int esc = 5;
int e = 6;
int brisalci = 7;
int odklenilevo = 10;
int zakleni = 9;
int odklenidesno = 8;
int gas = A0;
int vlakovna_savota = A1;
int dinamicka_savota = A2;
int testiranje_preklop = A3;
int plus = A4;
int minus = A5;

//izhodni pini
int ledlevo = 13;
int ledsakleni = 12;
int leddeano = 11;

//stanja
int s_luci = 1;
```

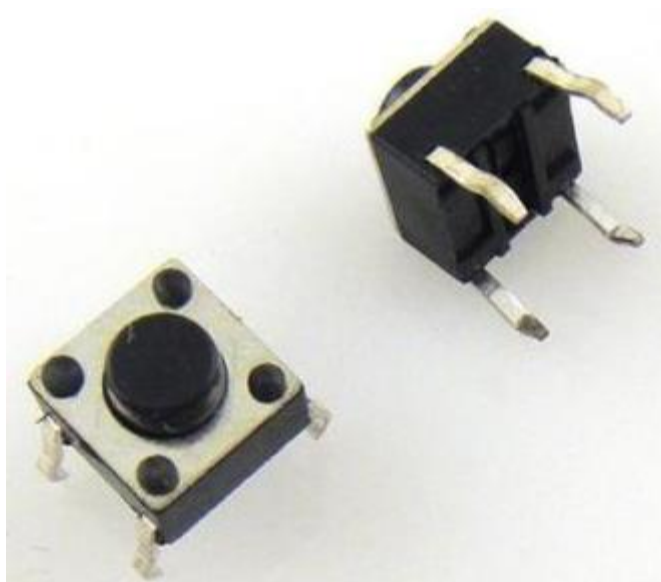
Slika 5: Zaslonski posnetek dela programa.

4 IZDELAVA KONTROLNE PLOŠČE

Ko je bil program končan, sem se lotil izdelave kontrolne plošče. Izdelavo sem razdelil na tri dele, in sicer na izdelavo plastičnih delov, izdelavo lesenega ohišja ter izdelavo električnega dela ohišja, kamor je spadalo spajkanje tipkal, gumbov, LED sijalk ter ostalih komponent. Vsak del je podrobneje opisan v svojem poglavju.

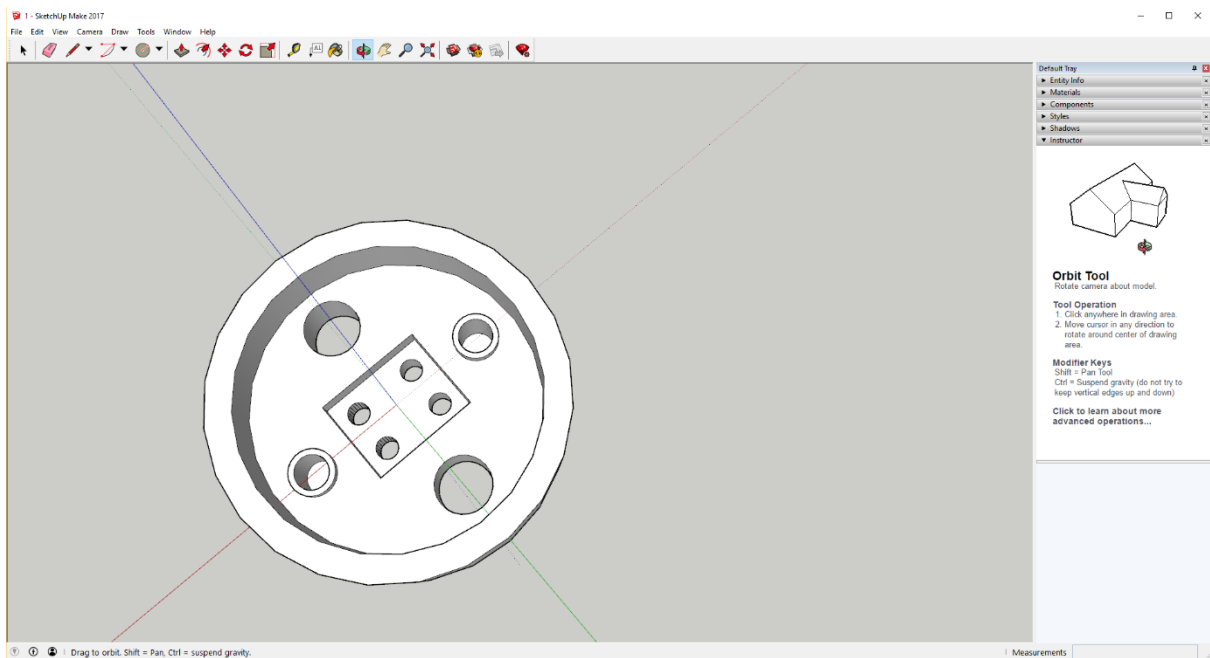
4.1 IZDELAVA PLASTIČNIH DELOV

Najprej sem se lotil izdelave lastnih plastičnih gumbov. Oblikoval sem jih z uporabo programa SketchUp. Dizajn ne temelji na dejanskih gumbih iz lokomotive, ampak je osnovan okoli tipkal, ki sem jih uporabil. Gumb je okrogel in ima premer 30 mm, vgradnja v ohišje je enostavna, saj je potrebno le izvrtati luknjo ter gumb prilepiti. Spodnji del gumba, ki je bil natisnjen s črno PLA plastiko, je oblikovan tako, da sprejme tipkalo, dve 5 mm LED sijalki, predvidena in izdelana pa sta bila tudi dva utora za morebitno stabilizacijo zgornjega dela. Okrog vsega je narejen tanjši obroč, katerega zunanji premer je 30 mm. Ta premer je bil skrbno izbran glede na svedre, ki sem jih imel na voljo za kasnejšo lažjo montažo v leseno ohišje.



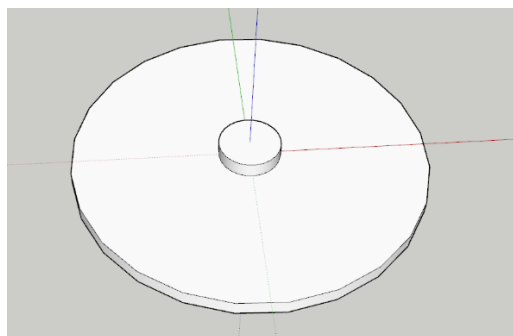
Slika 6: Tipkalo, na katerem je temeljil dizajn gumbov. vir: <https://i.ebayimg.com/images/g/PEIAAOSwEeFVAPGK/s-l500.jpg>

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



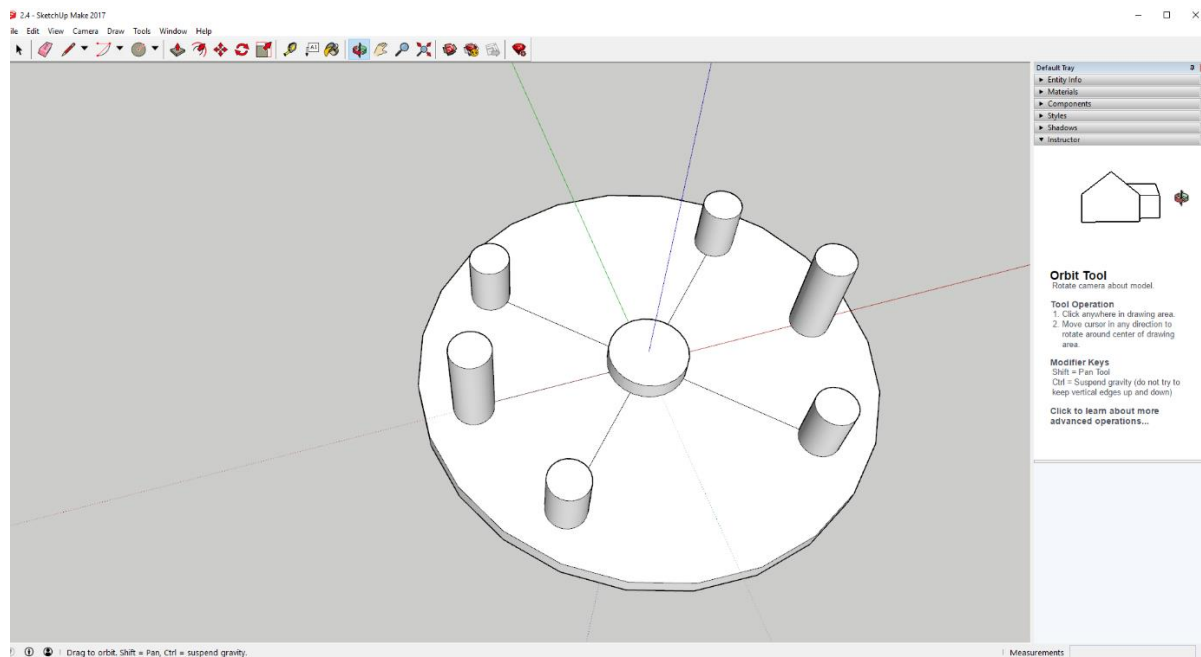
Slika 7: Zaslonski posnetek končanega spodnjega dela gumba v programu SketchUp.

Zgornji del gumba je bil natisnjen s prozorno PETG plastiko. Ker je zgornji del prozoren, skozenj lepo sveti svetloba LED sijalk. Sprva sem izdelal čisto enostaven zgornji del gumba. Izdelal sem le 1 mm visok krog s premerom 24 mm ter na njem manjši gumb premera 4 mm in višine 1 mm, ki je bil namenjen lepljenju na tipkalo. Za zgornji del gumbov sem oblikoval še grafike, ki bodo ponazarjale funkcionalnost gumbov, jih natisnil na samolepilni papir, nalepil na zgornji del gumba ter obrezal z skalpelom. Končane zgornje dele gumbov sem prilepil na tipkala, ki so že bila vgrajena v spodnji del gumba že vgrajenega v ohišje. Pri testiranju so gumbi delovali, izkazalo se je le, da se zgornji del nekoliko maje, zato je sledila izdelava novega modela, ki vključuje štiri stabilizacijske podpornike ter dve paličici, ki se prilegata utorom na spodnjem delu gumba, njun namen pa je preprečitev obračanja gumbov. Pri tisku tako majhnih izdelkov, torej stabilizacijskih podpornikov in palčk, je prišlo do nekaj nevšečnosti, ki pa sem jih odpravil z znižanjem hitrosti tiskanja. Ko so bili natisnjeni vsi novi zgornji deli je sledilo ponovno lepljenje grafik in lepljenje na tipkala. Lepil sem jih s čisto malo količino vročega lepila. Moral sem paziti, da nisem uporabil preveč lepila, saj bi lahko uničil tipkalo. Vroče lepilo sem uporabil zato, ker je potem zgornji del mogoče enostavno odstraniti, če je potrebno.

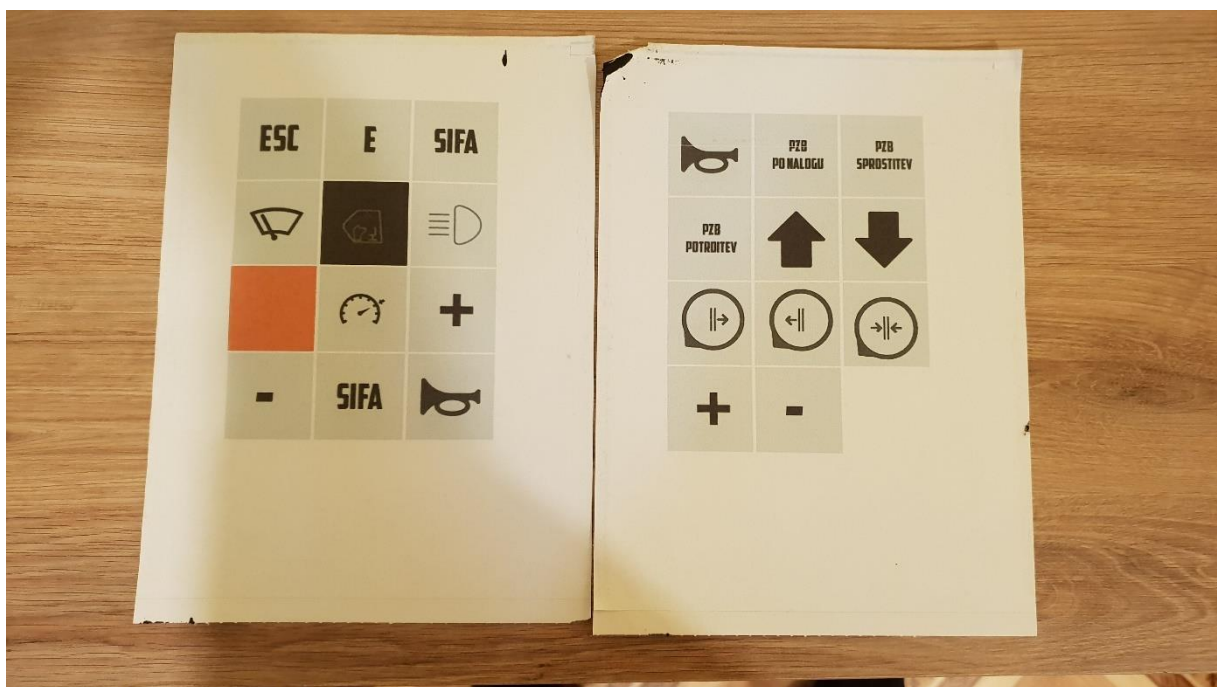


Slika 8: Zaslonski posnetek prve verzije zgornjega dela gumba v programu SketchUp.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World

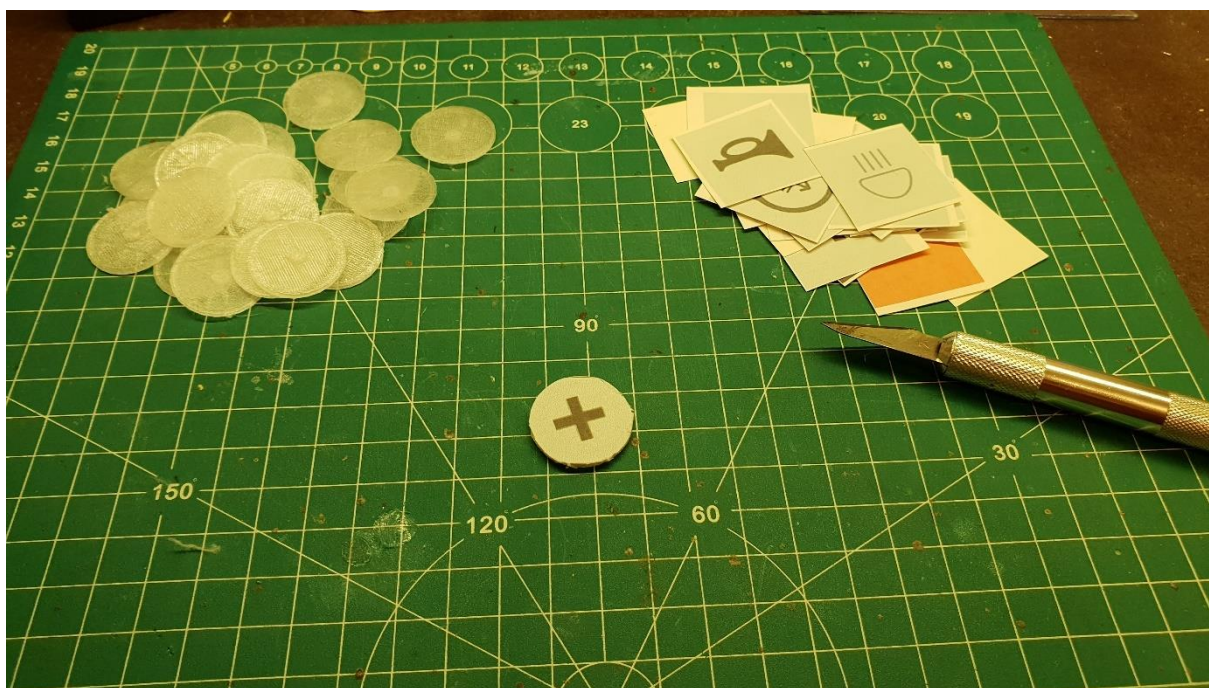


Slika 9: Zaslonski posnetek druge verzije zgornjega dela gumba v programu SketchUp.



Slika 10: Grafike natisnjene na samolepilni papir.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 11: Lepljenje grafik.



Slika 12: Končni izgled gumba.

Ko so bili gumbi izdelani, in sem usposobil del programa, ki uporablja analogne vhode, sem se lahko lotil še izdelave ročic za vlečno moč lokomotive in zavoro. To se je izkazalo kot precej zahtevno, ker nisem imel na voljo fizičnega predmeta, ki ga želim poustvariti, ali mer tega predmeta. Na voljo sem imel le kabino lokomotive iz simulatorja ter par fotografij s spleta. Zaradi nekoliko zahtevnejše geometrije, sem se odločil da ta 3D model izdelam v programu Autodesk Fusion 360. Program sem že nekoliko poznal, zato izdelava ni bila preveč zahtevna. Po nekoliko popravkih je nastala končna verzija ročice s katero sem bil zadovoljen. Ker sta v pravi lokomotivi dve različni ročici sem tudi jaz izdelal dve različni. Izdelal sem še velik valj, ki služi kot nosilec za ročico in mesto, kamor bo pritrjen potenciometer. Za zaključek je sledilo še oblikovanje okrasnega plastičnega dela, ki je bil namenjen montaži na lesen del kontrolne plošče za lepši videz ročic. Za konec sem oblikoval še ohišje za Micro USB konektor, ki je nameščen na ohišje kontrolne plošče. S tem je bilo končano oblikovanje 3D elementov.

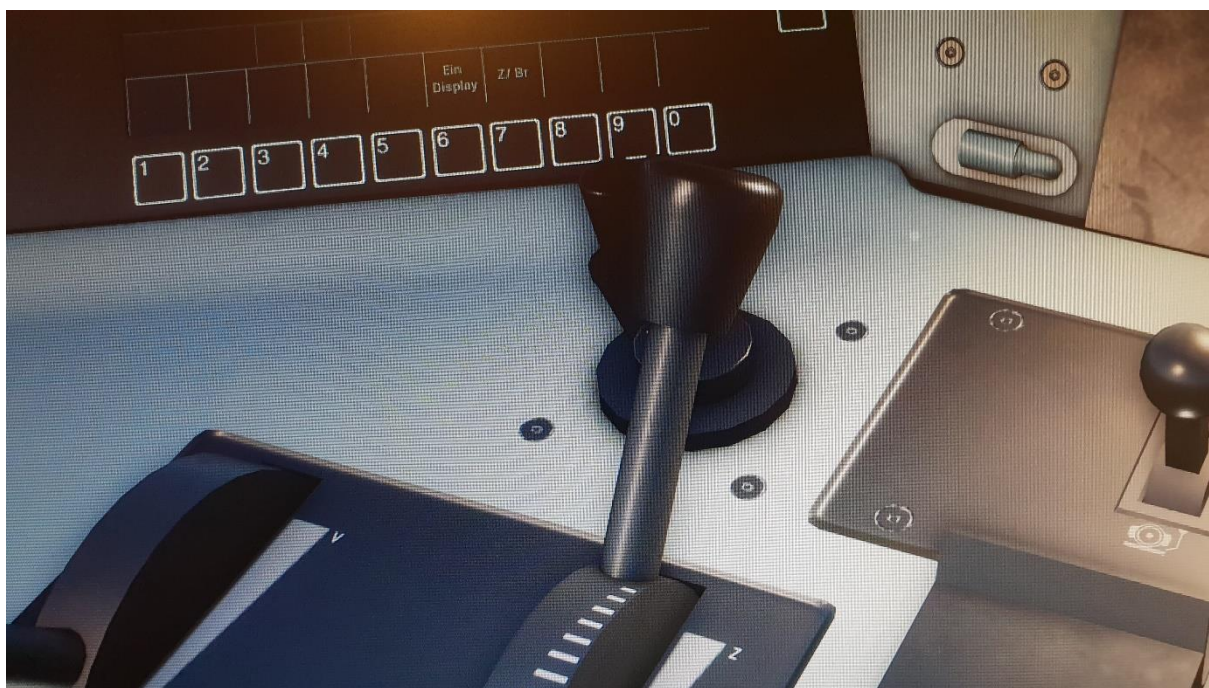


Slika 13: Ročica za gas in dinamično zavoro

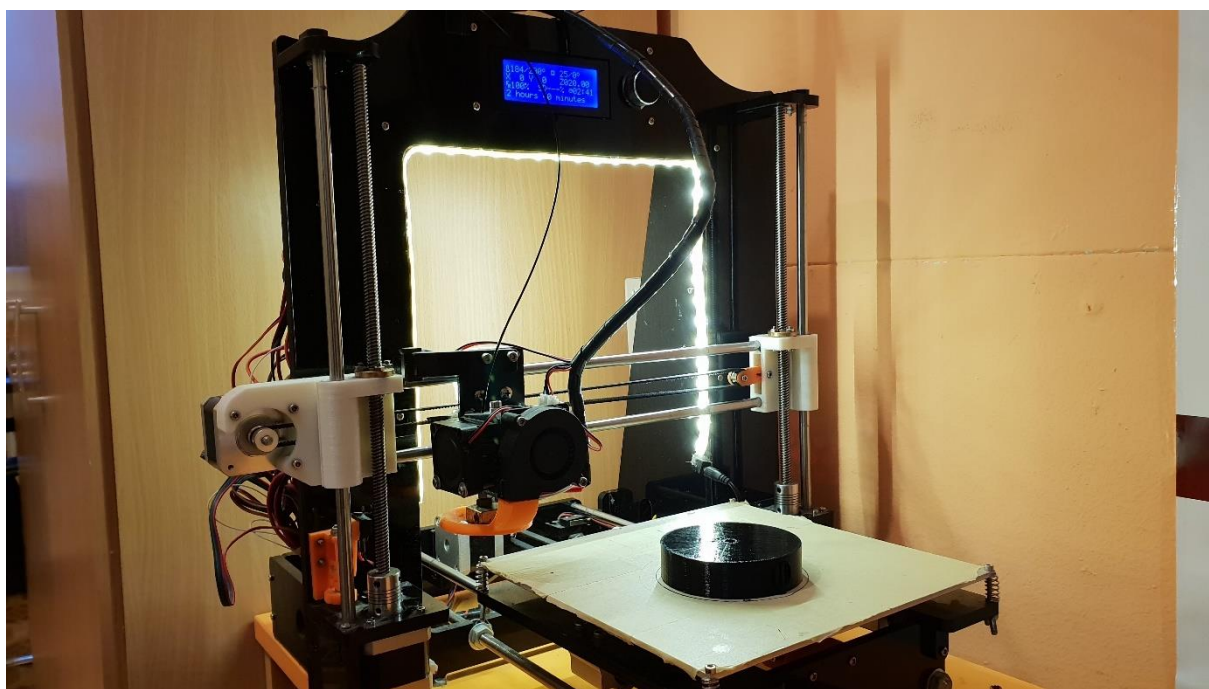


Slika 14: Ročica za vlakovno zavoro.

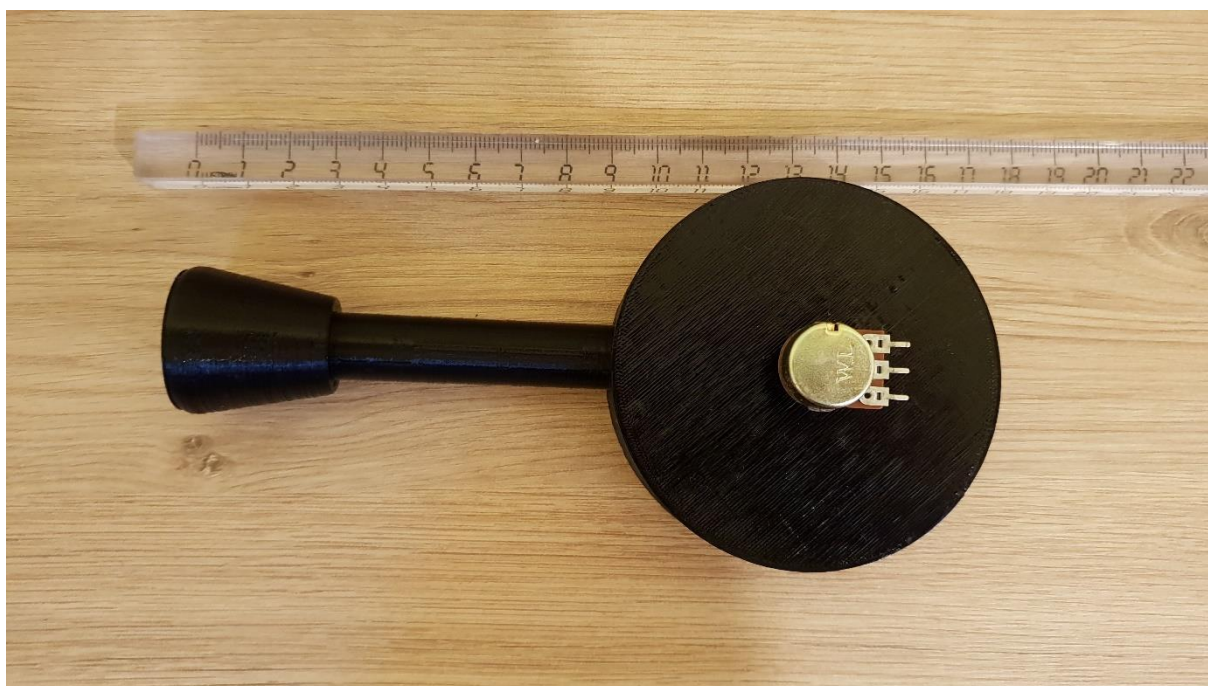
Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



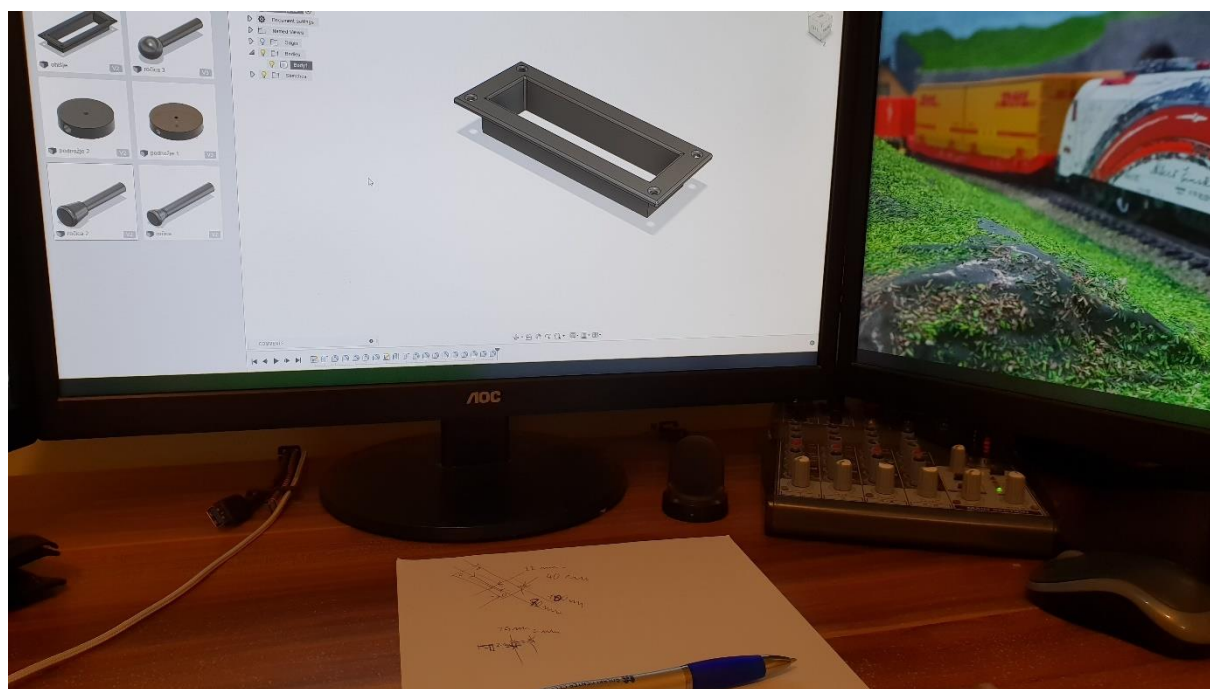
Slika 15: Zaslonski posnetek ročice iz simulatorja.



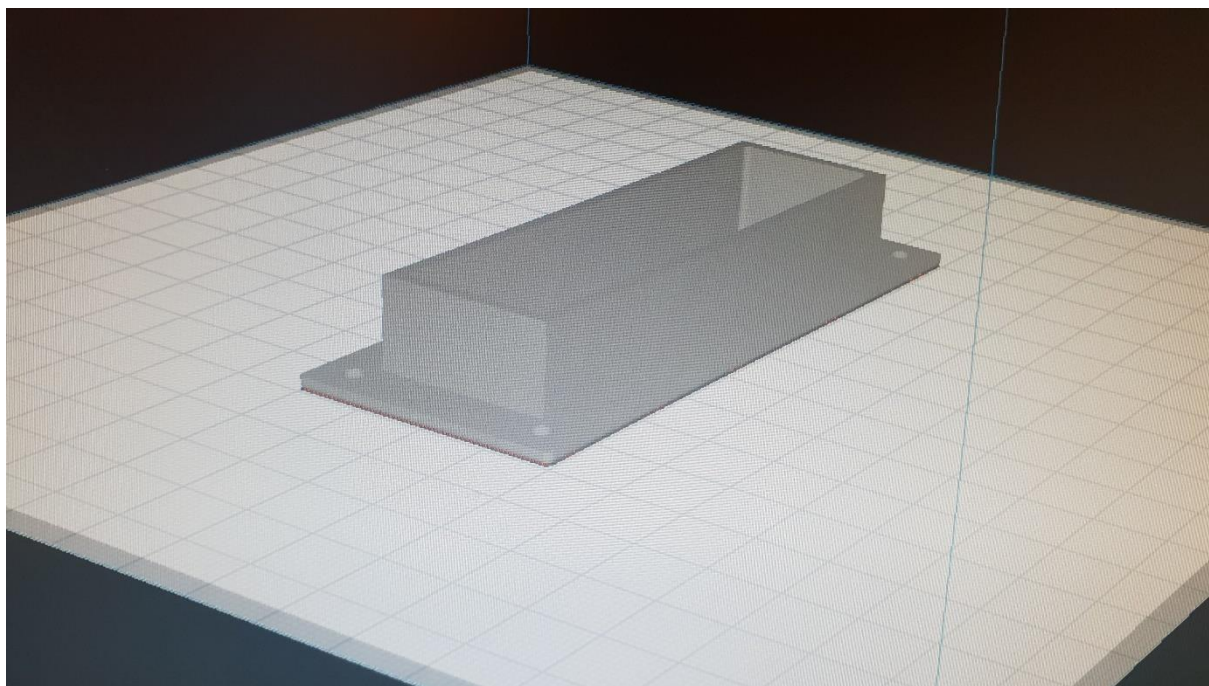
Slika 16: 3D tiskanje valja.



Slika 17: Sestavljena ročica z dodanim potenciometrom.



Slika 18: Oblikovanje okrasnega plastičnega dela.



Slika 19: Priprava okrasnega plastičnega dela na tiskanje v programu Ultimaker Cura

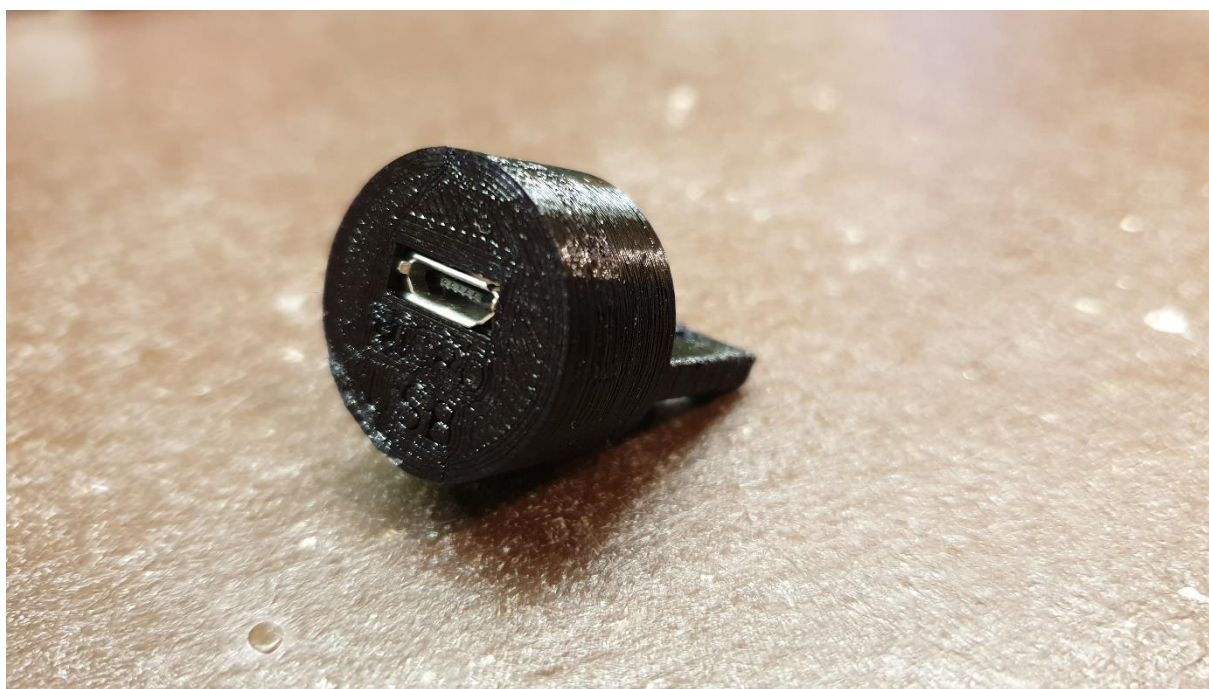


Slika 20: Natisnjen okrasni del.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 21: Testno sestavljena ročica (pred vgradnjo jo je bilo potrebno ponovno razstaviti).



Slika 22: 3D oblikovano ohišje Micro USB konektorja.

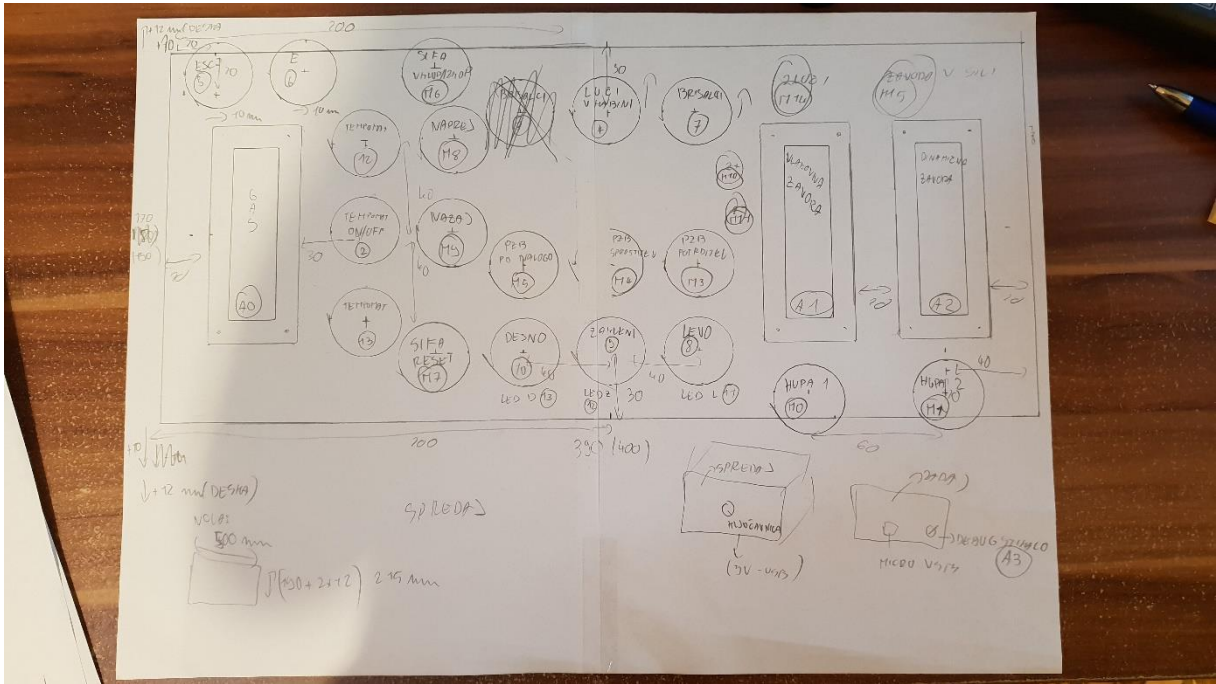
4.2 IZDELAVA LESENEGA OHIŠJA

Ko so bili vsi plastični deli končani, sem lahko začel z načrtovanjem lesenega ohišja. Odločil sem se, da ohišje izdelam iz OSB plošče. Prvotne mere ohišja so bile 390 mm X 170 mm, vendar se je izkazalo, da je takšno ohišje premajhno, zato sem ohišje povečal na 500 mm dolžine in 215 mm širine. Na list papirja sem narisal postavitev vseh treh ročic in vseh štiri in dvajset gumbov. Ko je bil načrt končan sem kos izrezal iz OSB plošče, nanj prenesel pozicije ročic in gumbov, izvrtal luknje premera 30 mm z uporabo forstner svedra za vgradnjo gumbov, z vbodno žago izrezal odprtine za ročice ter pobrusil OSB ploščo. Preveril sem, če se gumbi prilegajo odprtini ter ugotovil, da se. Na zadnji strani je bilo potrebno izvrtati še luknjo, da se je pripravil prostor za vgradnjo potenciometrov. S tem je bila izdelava zgodnjega dela lesenega ohišja končana in sledilo je barvanje. Za barvanje sem uporabil črno barvo v spreju. Nanesel sem dva sloja barve. Ko je bila plošča suha sem lahko začel z montažo plastičnih delov, kar bom podrobneje opisal v naslednjem poglavju.

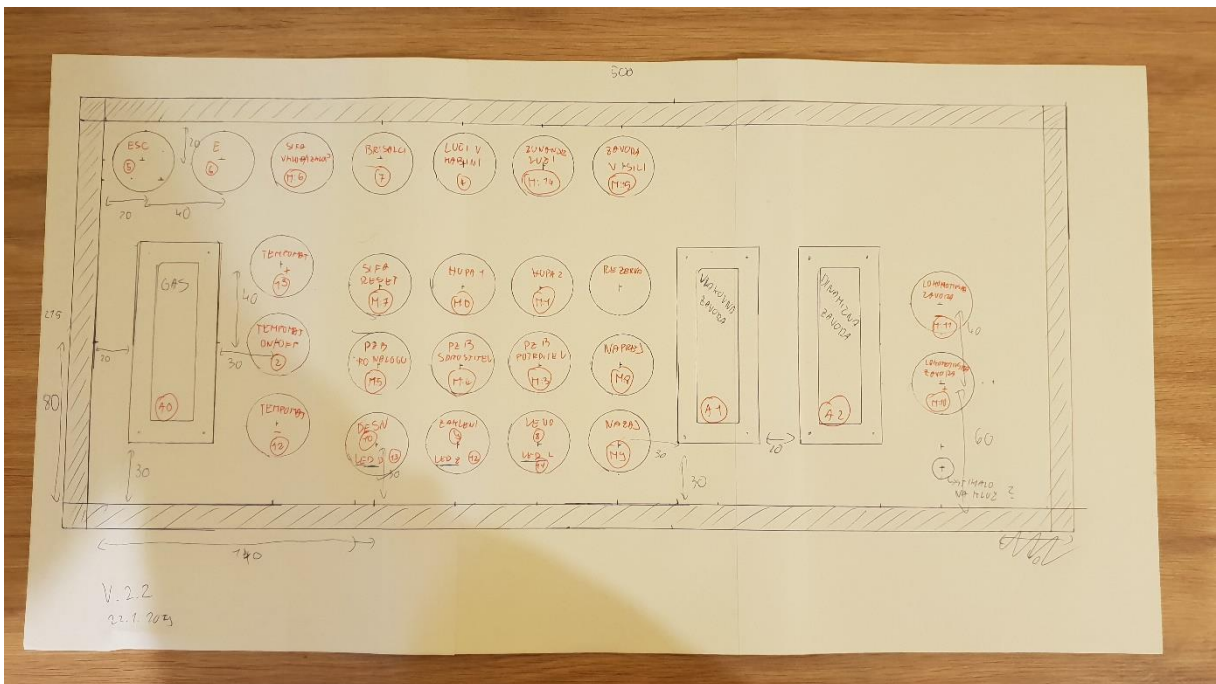


Slika 23: Nakup OSB plošče.

Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 24: Prva verzija načrta.



Slika 25: Druga in končna verzija načrta.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 26: Izris plošče.

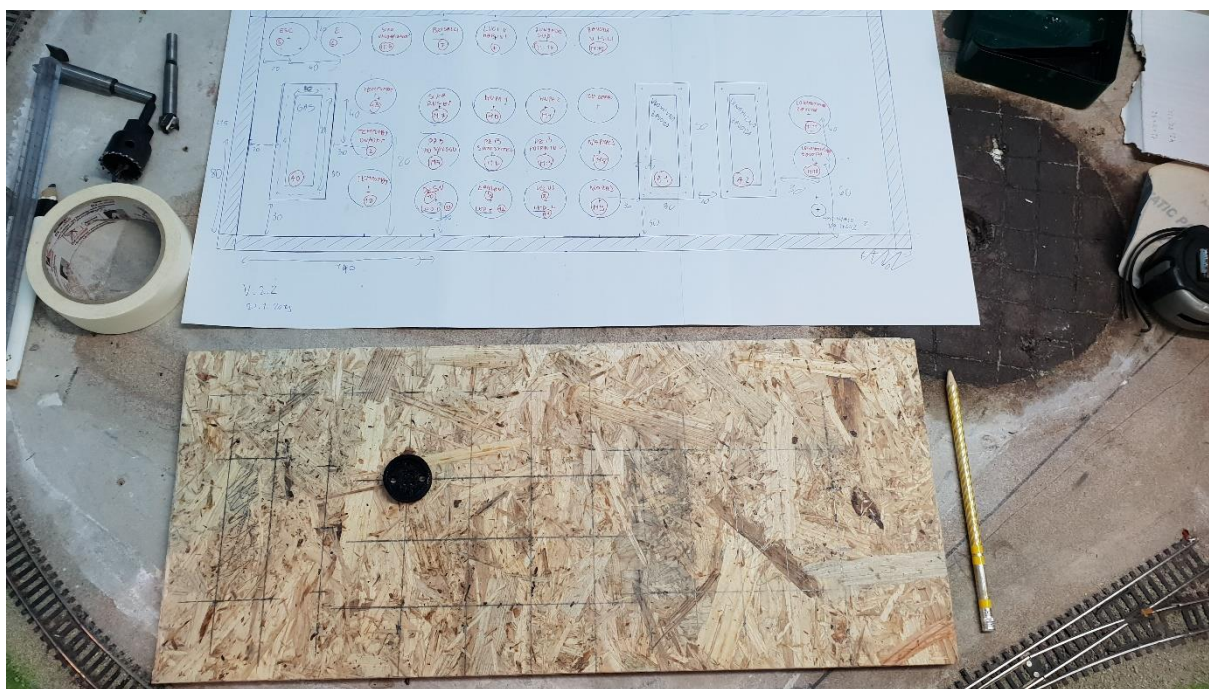


Slika 27: Izrezana plošča.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 28: Narisane lokacije ročic in gumbov.



Slika 29: Primerjava z načrtom pred začetkom vrtanja.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 30: Vrtanje manjših lukenj za izrez z vbodno žago.

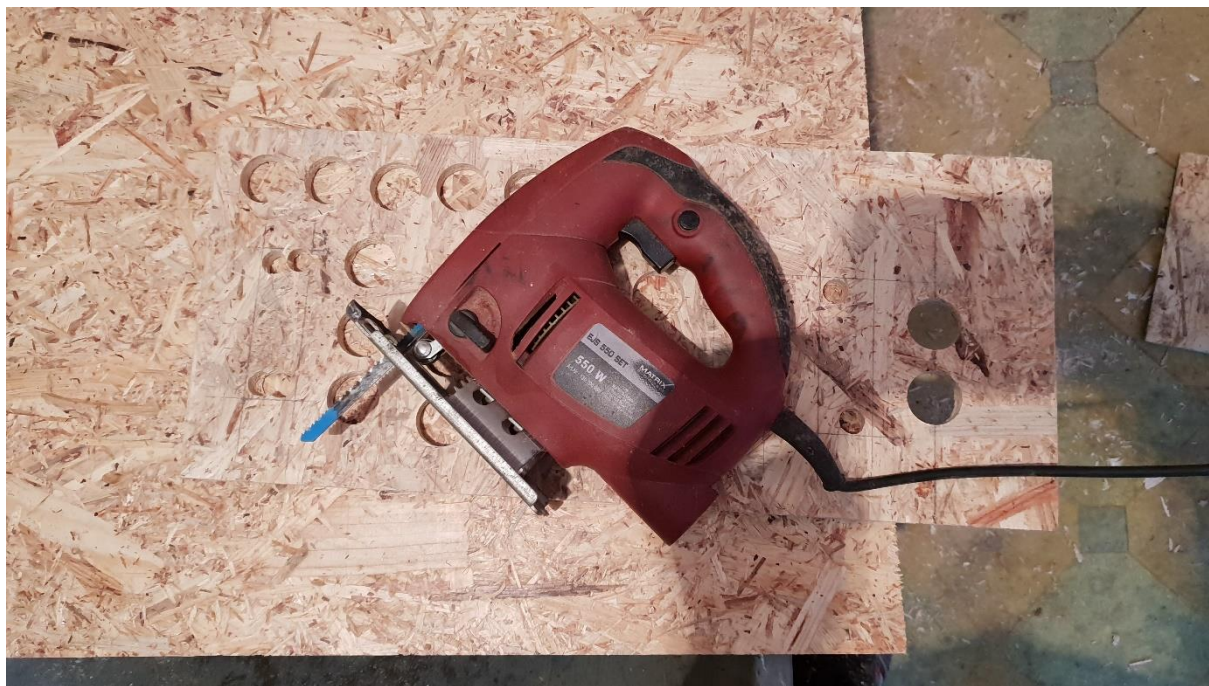


Slika 31: Izvrtane luknje za izrez z vbodno žago in pilotne luknje za forstner sveder premera 30 mm.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 32: Izvrtane luknje premera 30 mm.



Slika 33: Izrez odprtin ročic z vbodno žago.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 34: Končana plošča.



Slika 35: testiranje prileganja plastičnih komponent.



Slika 36: Izvrtane luknje za kasnejšo montažo potenciometra.



Slika 37: Barvanje plošče.

Ko je bila zgodnja plošča v celoti končana, torej vgrajeni vsi gumbi, ročice in elektronika, sem se lotil še izdelave spodnjega dela lesenega ohišja. Najprej je bilo potrebno določiti višino lesenega ohišja. Ker sem želel, da je ohišje kar se da kompaktno, sem določil čim manjšo višino. Skupna višina lesenega dela je 95 mm. Za spodnji del ohišja sem izrezal pet kosov OSB plošče, jo privijačil skupaj z 3 mm debelimi in 30 mm dolgimi vijaki ter na koncu pobarval črno. Na ohišje sem privijačil še plastične ročaje.



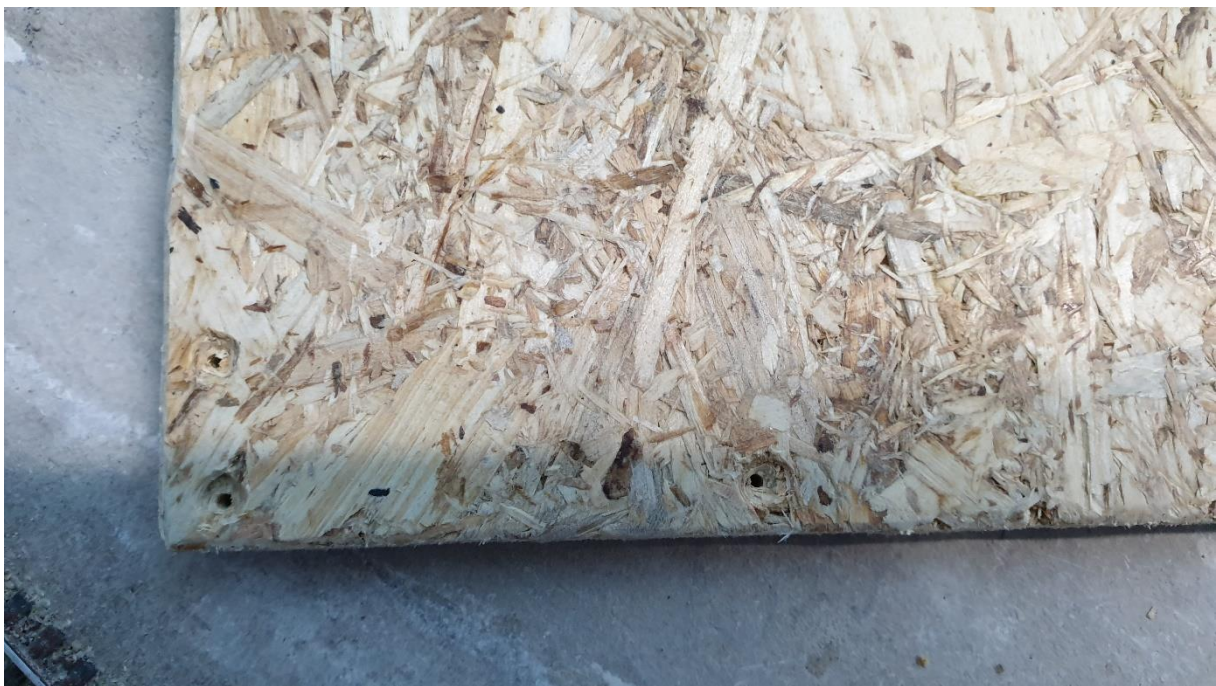
Slika 38: Vijaki, ki sem jih uporabil.



Slika 39: Vsi izrezani deli iz OSB plošče.



Slika 40: Izris mest, kjer bodo vijaki.



Slika 41: Vrtanje pilotnih lukenj za preprečevanje pokanja lesa.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 42: Priprava delov na vijačenje



Slika 43: Vijačenje.



Slika 44: Izvrtana luknja za Micro USB konektor.



Slika 45: Vgrajen Micro USB konektor.



Slika 46: Končan spodnji del ohišja, pripravljen na barvanje.



Slika 47: Pobarvan spodnji del ohišja.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



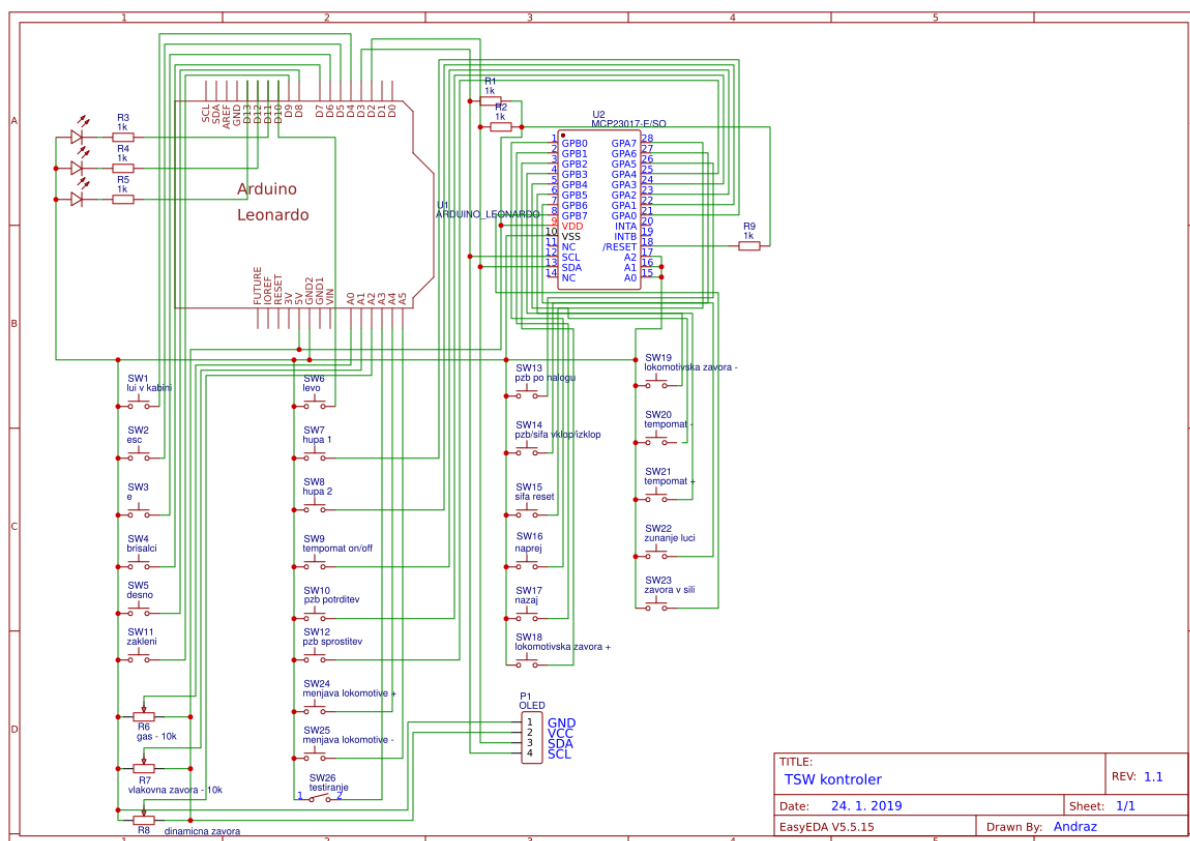
Slika 48: 3D natisnjeni ročaji.



Slika 49: 3D natisnjen ročaj nameščen na spodnji del ohišja.

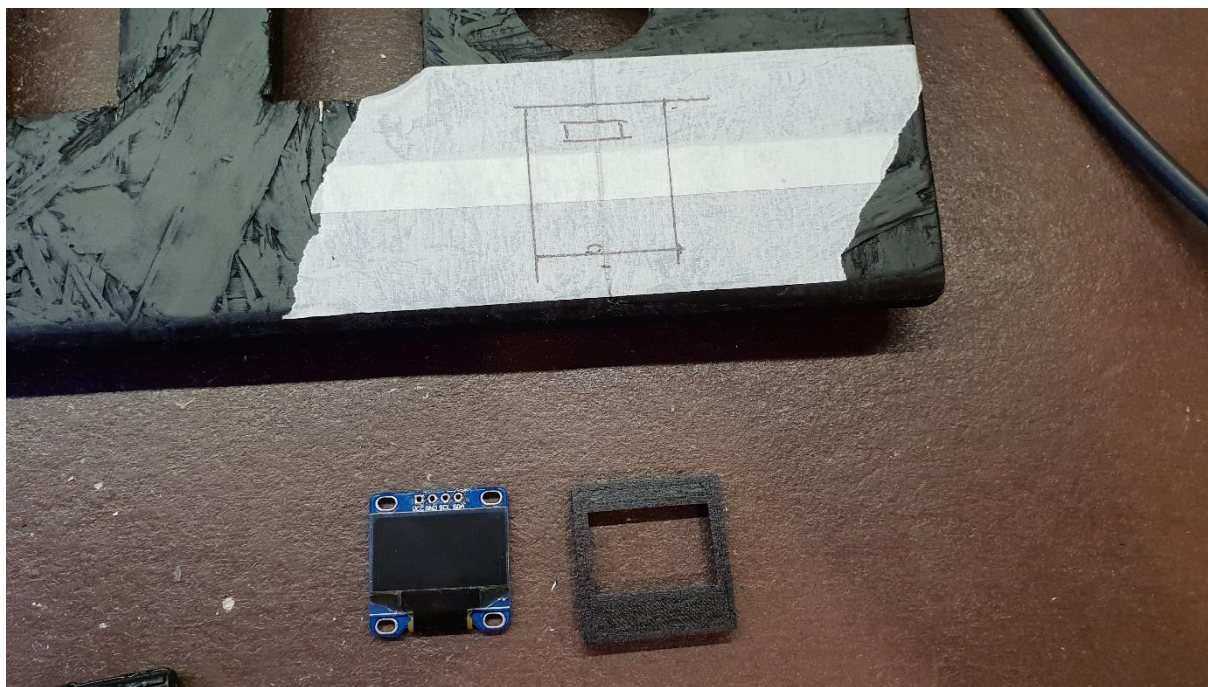
4.3 IZDELAVA ELEKTRIČNEGA DELA KONTROLNE PLOŠČE

V tem delu bom predstavil vgradnjo gumbov ter ostalih električnih komponent na leseno ohišje. Ko je bila barva na zgornjem delu ohišja suha, je lahko sledila vgradnja plastičnih gumbov, ročic OLED zaslona, stikal in mikrokontrolerja Arduino Leonardo. Za lažje sledenje vsem žicam sem pred začetkom ustvaril električno shemo, na kateri so vključeni vsi elementi.



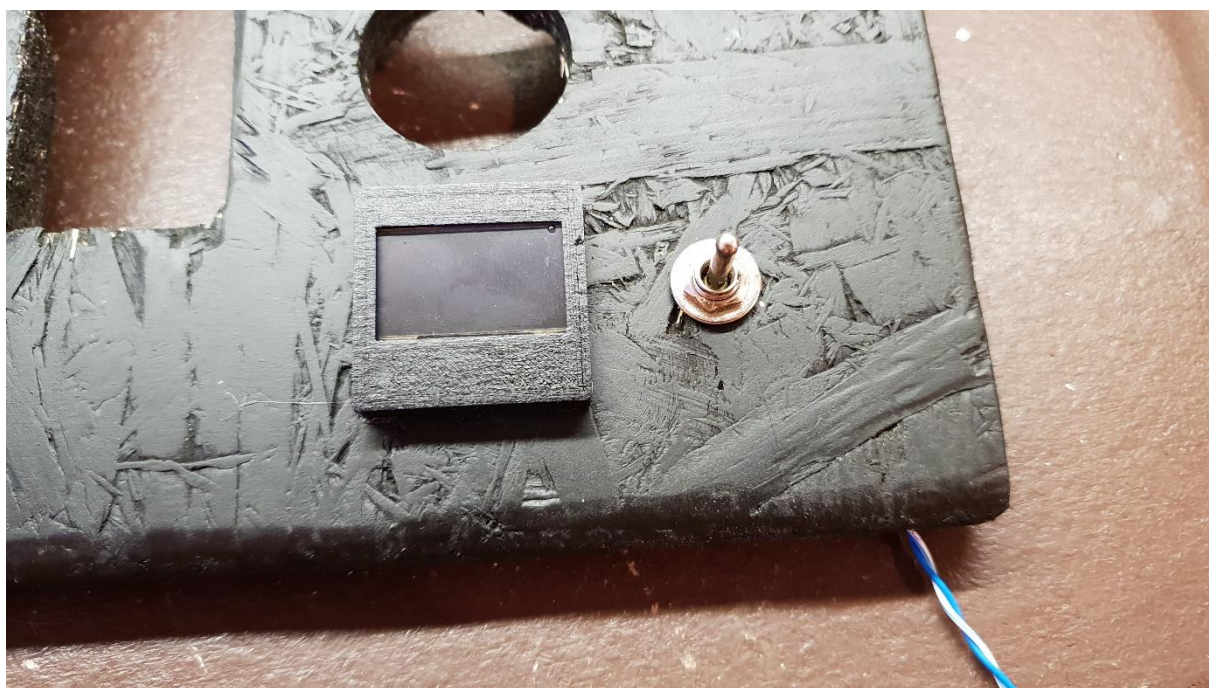
Slika 50: Električna shema.

Najprej sem začel z montažo OLED zaslona. Izmeriti in zarisati je bilo potrebno lokacijo montaže, izvrtati luknjo za kable ter zaslon prilepiti. Poleg zaslona sem namestil še tipkalo, ki služi izbiri lokomotive. Tipkalo je mogoče pritisniti v levo ali desno in tako se izbere lokomotivo, izbira pa je izpisana na zaslonu. Na notranjo stran zgornjega dela kontrolne plošče sem privijačil Arduino Leonardo in kos tiskanega vezja, ki je namenjen kot skupno vodilo za + in -. Na tipkala sem prispajkal žici in ga prilepil na spodnji del ohišja gumba, ki sem ga kasneje prilepil na leseni del. Za vse lepljenje sem uporabil vroče lepilo in lepilno pištolo. En del tipkala je povezan na -, drugi del pa na digitalni vhod na Arduino ali I/O expanderju. Na zadnjo stran sem namestil še "debug" stikalo, ki služi temu, da Arduino preklopimo v testni način, v katerem ne pošilja pritiskov na tipkovnici. Kasneje sem se odločil spremeniti pozicijo tega stikala, ker se je izkazala za nepraktično. V vsako ohišje gumba sem vgradil še dve 5 mm visoko svetleči beli LED sijalki, za osvetlitev gumbov. Osvetlitev treh gumbov za nadzor vrat nadzira Arduino, ostalo osvetlitev pa je mogoče vključiti preko stikala, ki je nameščen na zgornjem delu kontrolne plošče. Sledila je vgradnja okrasnih 3D delov za ročice ter samih ročic. Za priklop kontrolne plošče na računalnik sem na kontrolno ploščo vgradil Micro USB konektor. Za to sem uporabil Micro USB breakout, na katerega sem prispajkal Micro USB kabel, ki sem ga priklopil na Arduino Lenardo.

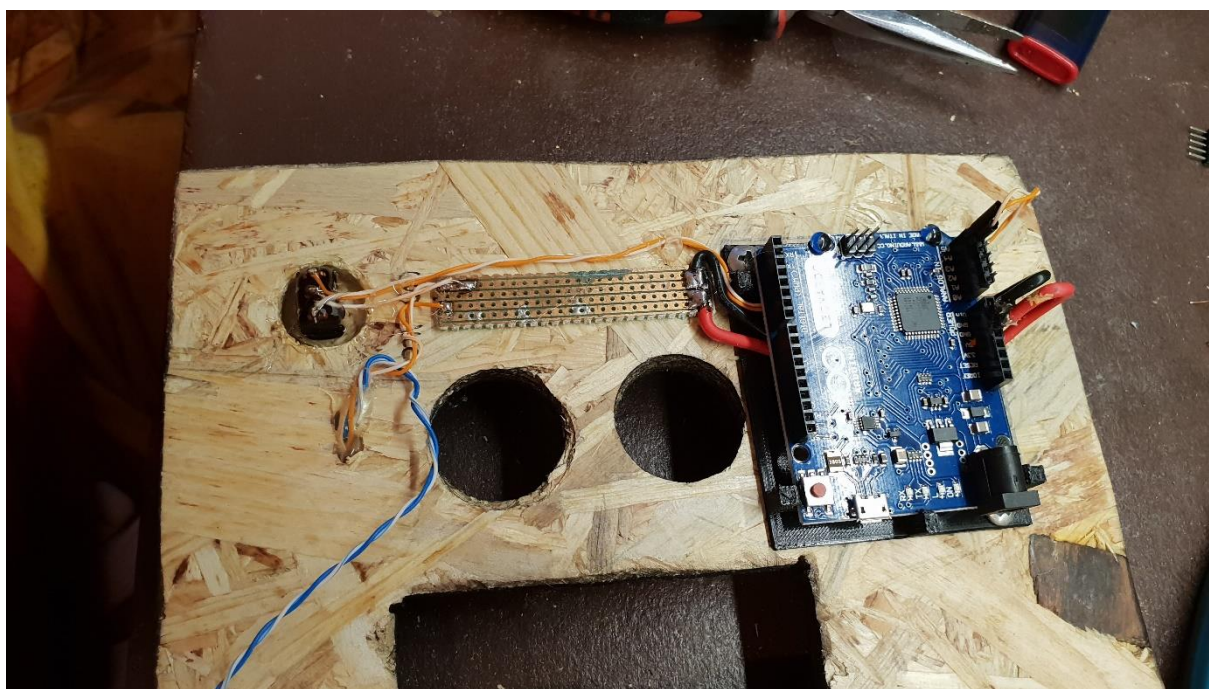


Slika 51: Izris lokacije OLED zaslona.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 52: Vgrajen OLED zaslon in tipkalo za izbiro lokomotive.



Slika 53: Montaža Arduina Leonardo na spodnjo stran.

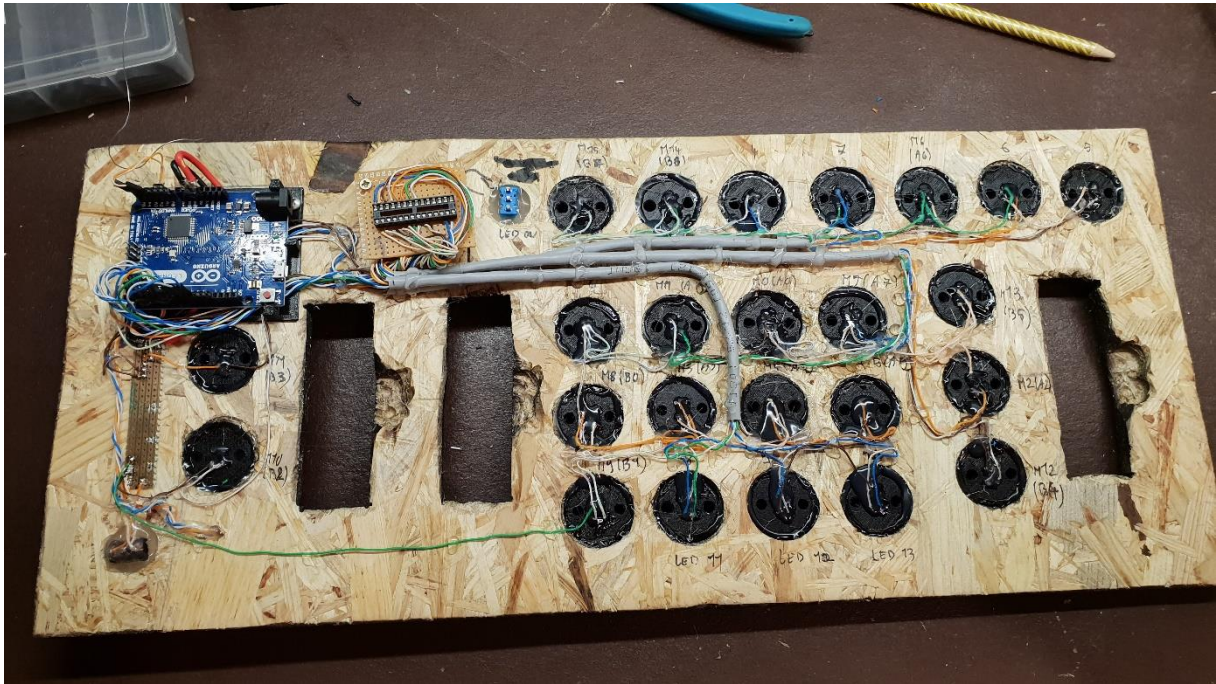


Slika 54: Vgrajena prva spodnja ohišja gumbov.

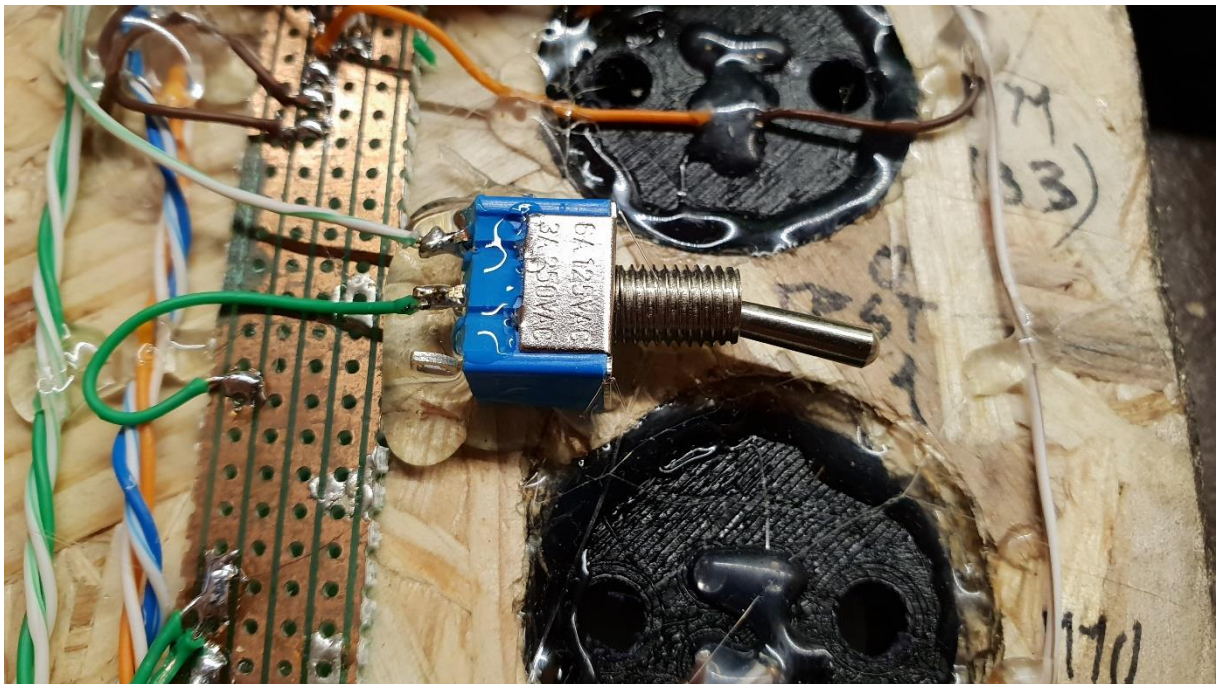


Slika 55: Vgrajena in prilepljena vsa ohišja gumbov.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 56: Električna povezava vseh tipkal.

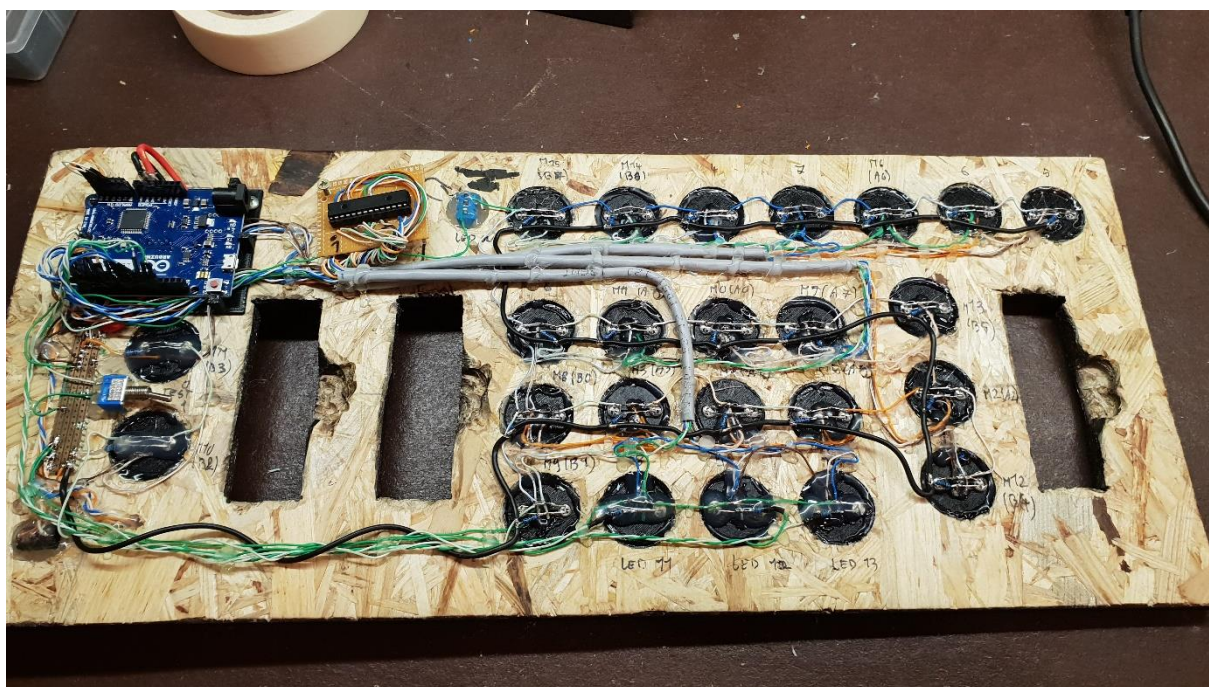


Slika 57: "debug" stikalo.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 58: Testiranje LED sijalk.



Slika 59: Električna vezava LED sijalk.

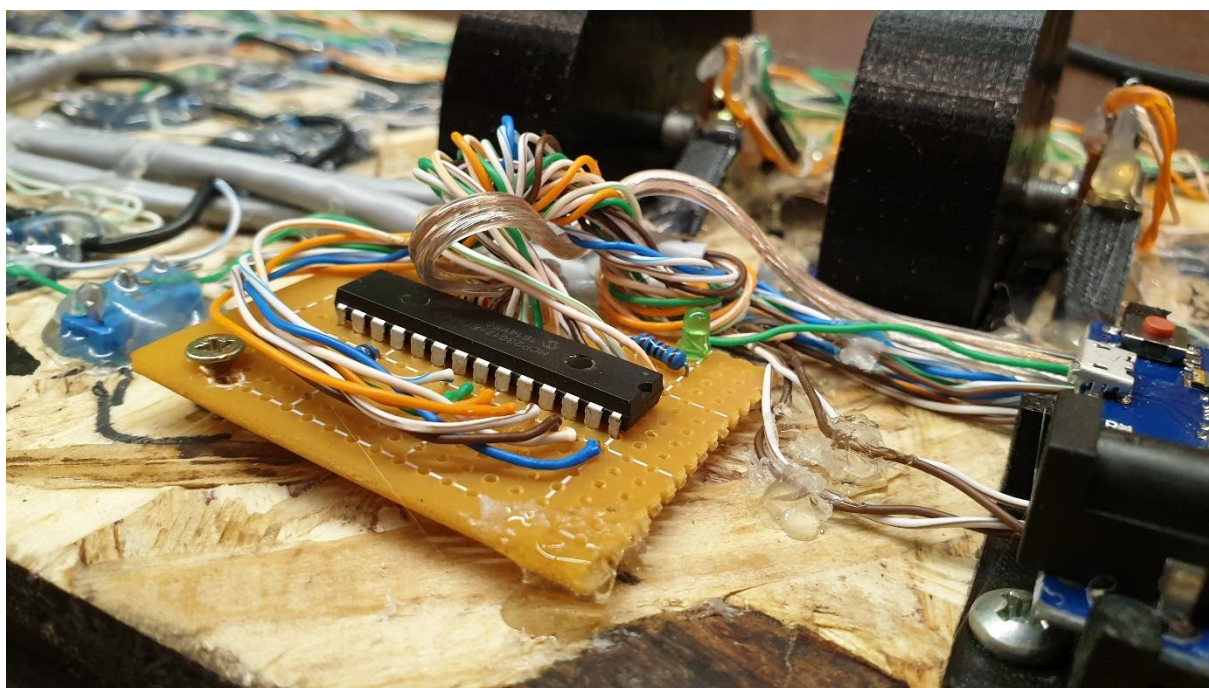
Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



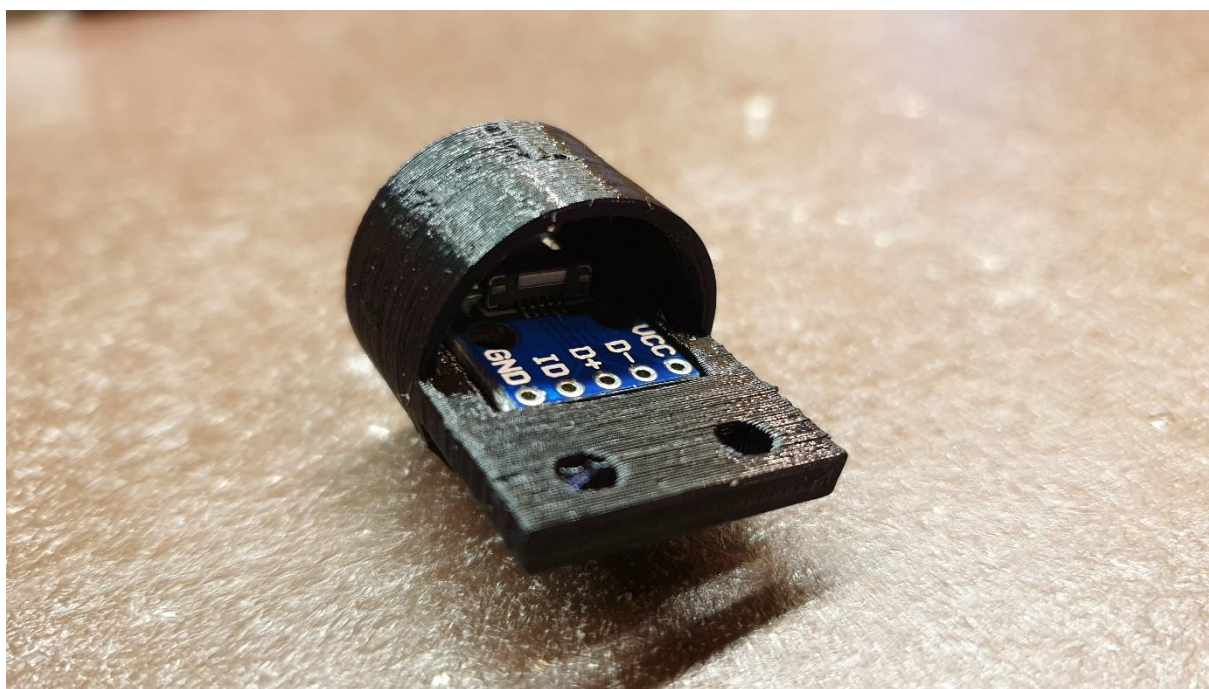
Slika 60: Vgradnja okrasnih 3D natisnjenih delov.



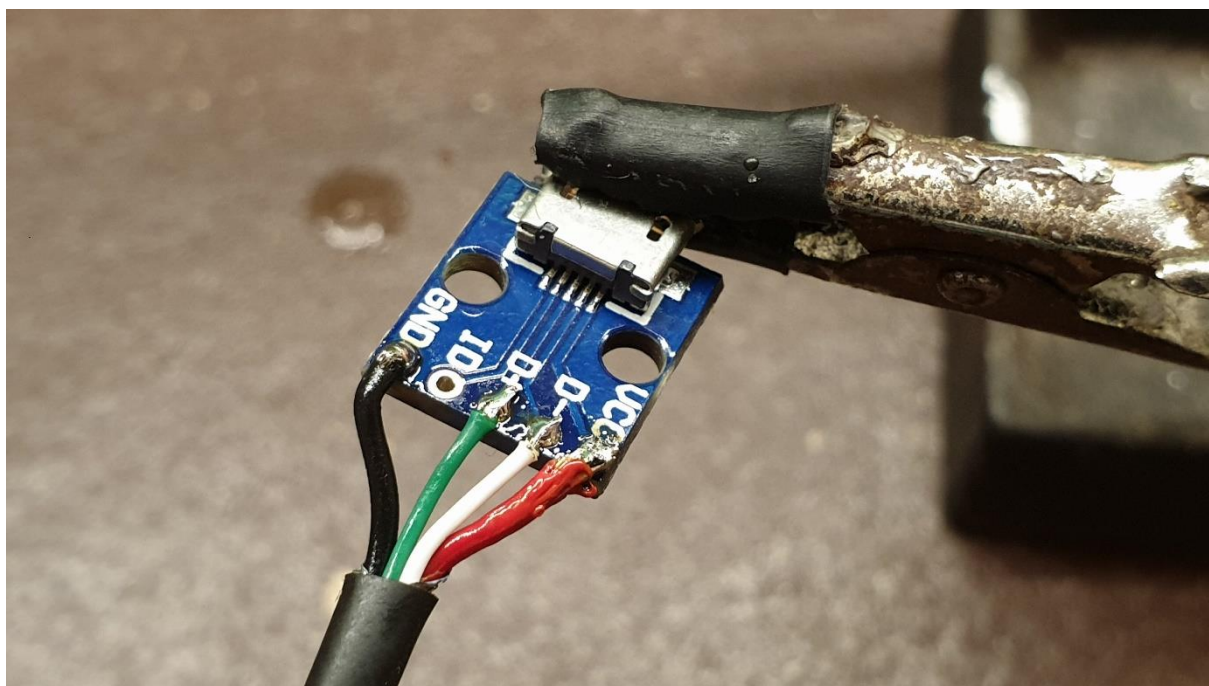
Slika 61: Vgrajeni gumbi in ročice.



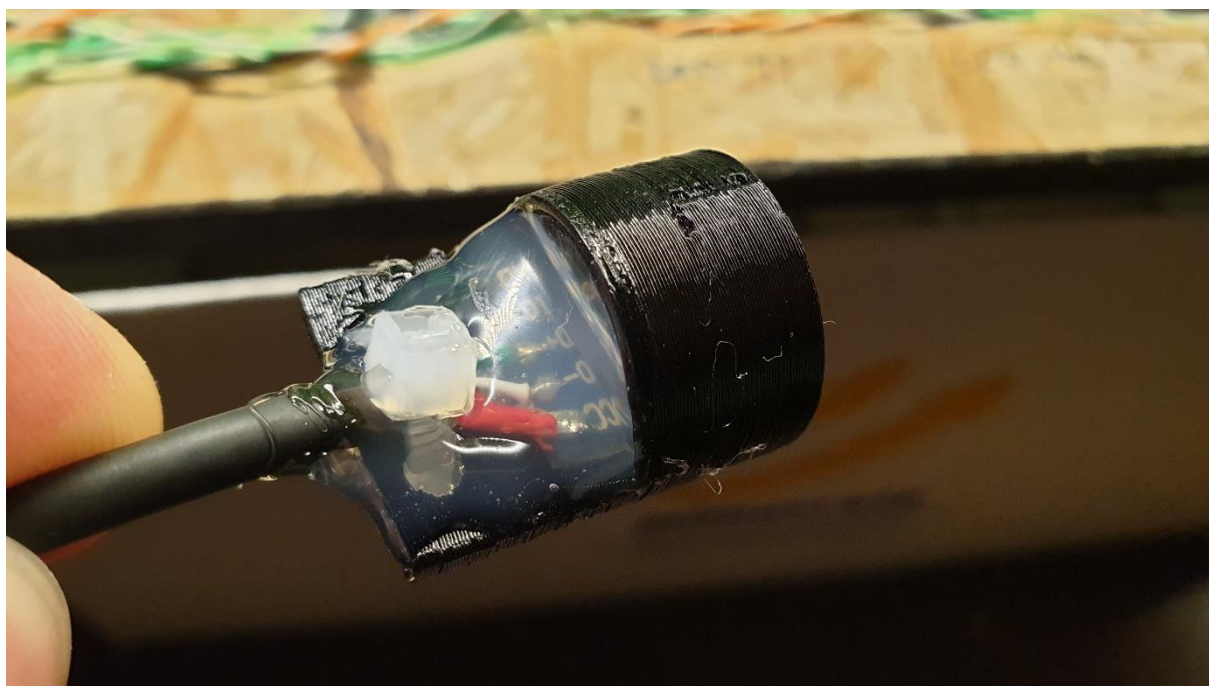
Slika 62: I/O expander



Slika 63: Micro USB breakout v 3D natisnjenem ohišju.

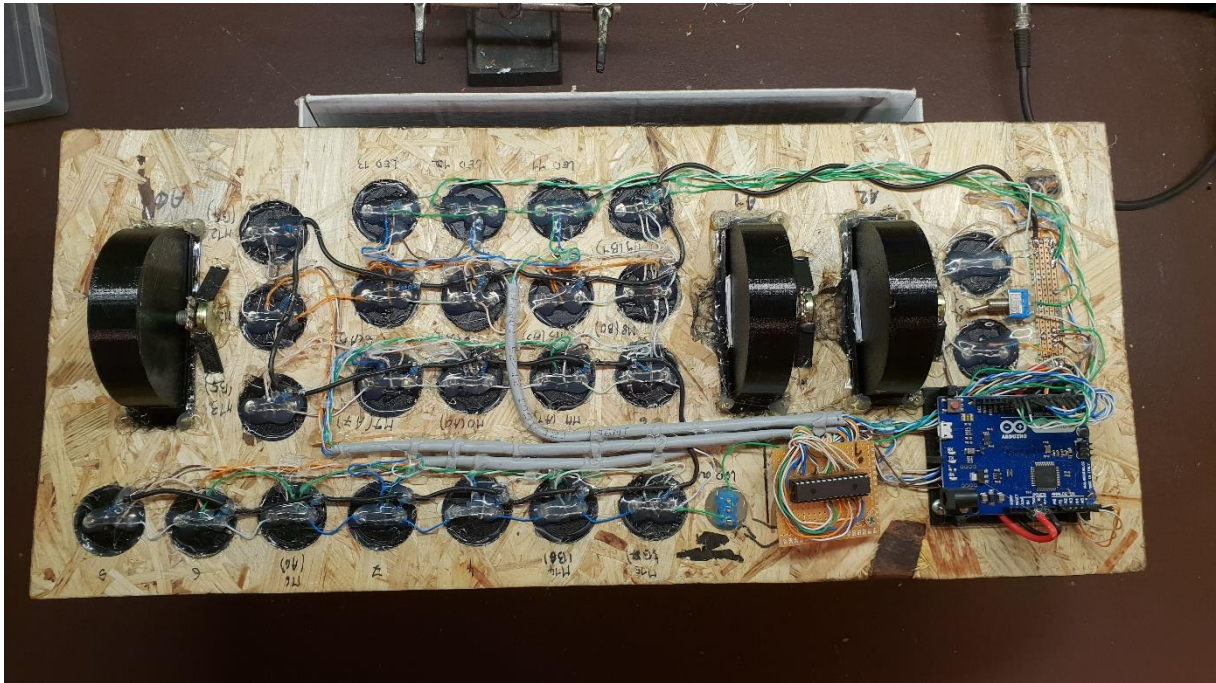


Slika 64: Spajkanje Micro USB breakout konektorja.

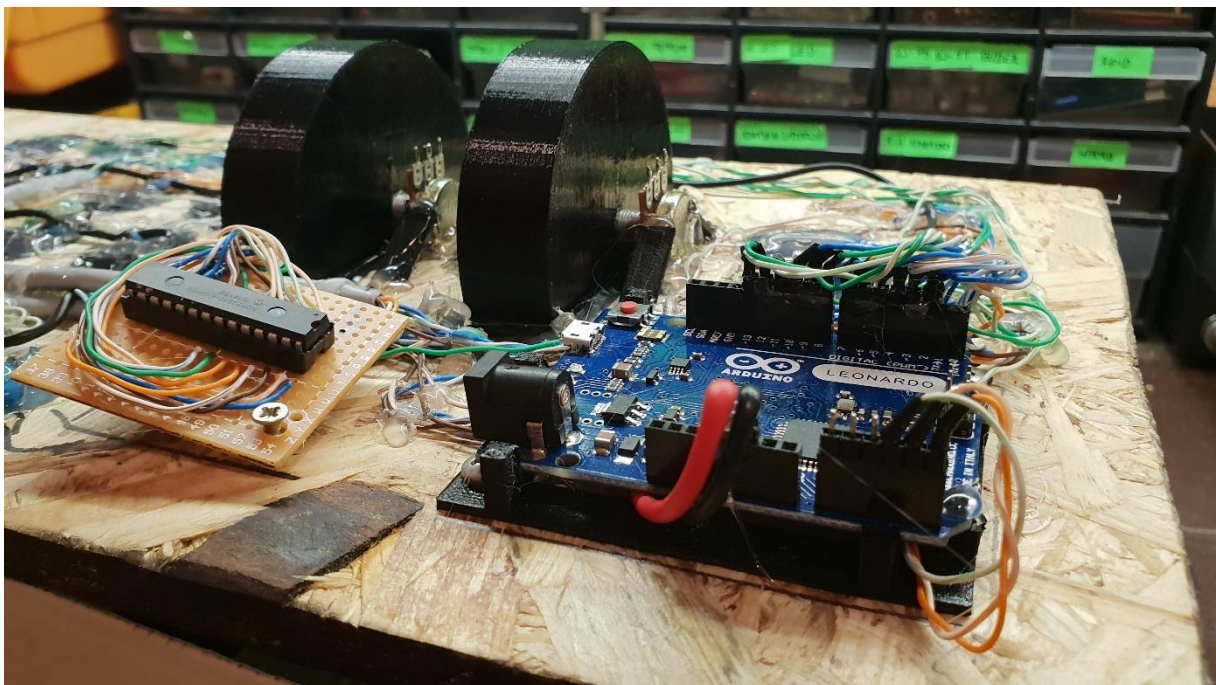


Slika 65: Končan Micro USB konektor v 3D natisnjenem ohišju pripravljen za vgradnjo.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 66: Zadnja stran končanega zgornjega dela ohišja kontrolne plošče.

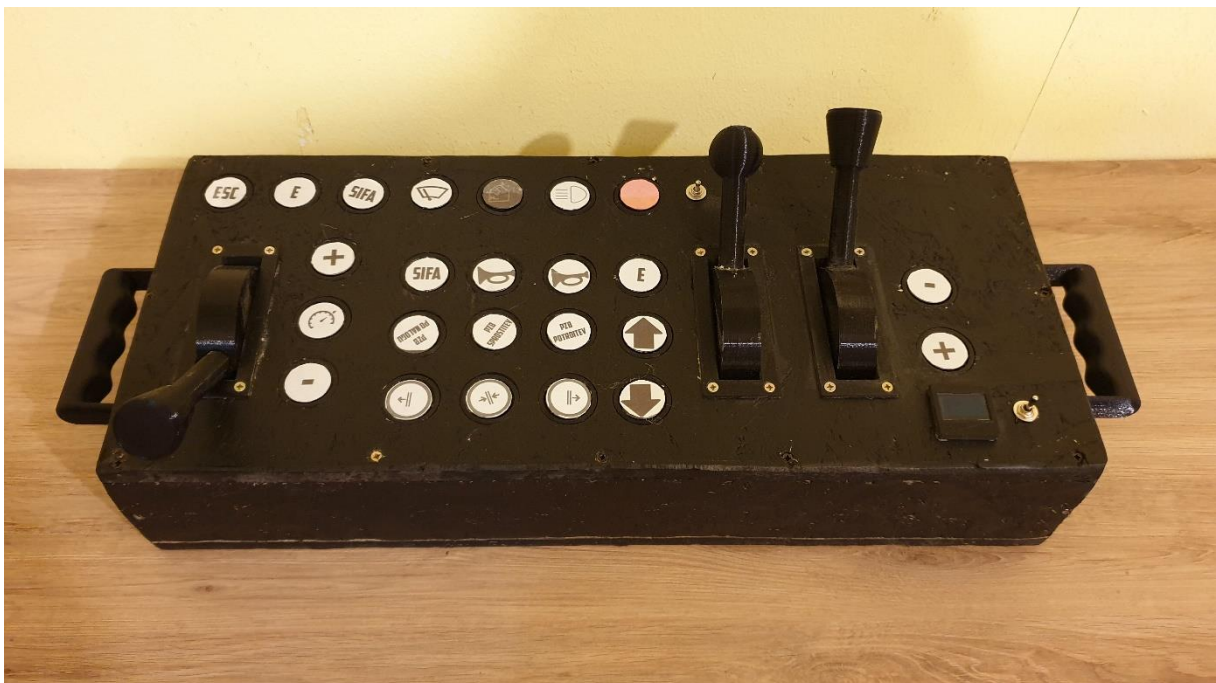


Slika 67: Zadnja stran končanega zgornjega dela ohišja kontrolne plošče.

Andraž Špan
Izdelava kontrolne plošče za simulator Train Sim World



Slika 68: Sprednja stran končanega zgornjega dela ohišja kontrolne plošče.



Slika 69: Končana kontrolna plošča.

5 TESTIRANJE

Ko je bila kontrolna plošča končana, je sledilo testiranje. Testiranje je potekalo tako, da sem kontrolno ploščo namestil na mizo in priklopil na računalnik z USB kablom. Nato je sledilo več urno testiranje, ki je potekalo tako, da sem v simulatorju vozil več različnih lokomotiv in tako testiral vse funkcije kontolerja. Ugotovitve testiranja so predstavljene v naslednjem poglavju.



Slika 70: Uporaba kontrolne plošče z simulatorjem Train Sim World.

6 UGOTOVITVE

Na začetku sem si postavil štiri hipoteze, potrdil sem dve:

- Upravljanje simulatorja bo z uporabo kontrolne plošče lažje in bolj realistično
- Ker simulator ne podpira analognih vhodov bo otežen nadzor hitrosti in zavor

Prva hipoteza se je izkazala za pravilno, saj je bilo upravljanje z vlaki v simulatorju z uporabo kontrolne plošče veliko enostavnejše in realnejše.

Druga hipoteza se je prav tako izkazala za pravilno med pisanjem programa, saj je bila integracija analognih vhodov precej zapletena, vendar menim, da sem našel primerno rešitev.

Tretje hipoteze, Uporaba tipk za nadzor hitrosti in zavor je dovolj dober približek za nadzor v primerjavi z analognimi vhodi, ne morem niti potrditi niti ovreči. Razlog je v tem, da sem tipke za nadzor hitrosti in zavor uporabljal le v testnem načinu. Med testiranj se je izkazalo kot boljša rešitev kot tipkovnica, vendar ne morem potrditi, da bi bila to ustrezna rešitev v primerjavi z analognim vhodom.

Četrta hipoteza, Uporaba analognega vhoda s simulacijo pritiska tipke na tipkovnici je zaradi več različnih lokomotiv nepraktična in prezapletena za izdelavo in uporabo, se je izkazala za napačno. Ko sem razvil prvoten algoritem za uporabo analognega vhoda, se je izkazalo da lahko uporabim enak algoritem za vse lokomotive, potrebno je le zamenjati nekaj spremenljivk. Zaradi tega se je rešitev z analognimi vhodi izkazala za ne preveč zahtevno in mogoča je bila realizacija analognih vhodov za vlečno moč lokomotive, lokomotivsko in dinamično zavoro.

7 ZAKLJUČEK

Za izdelavo te naloge je bilo potrebno podrobno znanje mikrokrmilnika Arduino Leonardo, programiranja v okolju arduino IDE, spajkanja žic in ostalih komponent, 3D oblikovanja na računalniku, 3D tiskanja, grafičnega oblikovanja ter obdelave lesa. Prav tako je bilo za izdelavo te kontrolne plošče potrebno podrobno znanje in poznavanje simulatorja Train Sim World, zgradbe in delovanja pravih vlakov ter delovanja USB igralnih ploščkov. Med raziskovanjem sem se naučil bolje in bolj napredno uporabljati program Fusion 360 za 3D oblikovanje, oblikovati les, rezati, brusiti, vijačiti, vrtati in barvati. Menim, da sem med izdelavo te raziskovalne naloge pridobil veliko uporabnih znanj in uporaben izdelek, ki ga bom lahko uporabljal za vožnjo vlakov v simulatorju Train Sim World.

8 VIRI

Raildriver Desktop. Dostopno na: <https://www.aerosoft.com/en/hardware/train-simulation/control-units/100/raildriver-desktop?c=1010> (pridobljeno 24. 1. 2019)

Arduino Leonardo. Dostopno na: https://www.arduino.cc/en/Main/Arduino_BoardLeonardo (pridobljeno 25. 1. 2019)

Arduino Reference Keyboard. Dostopno na: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/usb/keyboard/> (pridobljeno 25. 1. 2019)

OLED I2c Display With Arduino. Dostopno na: <https://www.instructables.com/id/Monochrome-096-i2c-OLED-display-with-arduino-SSD13/>

Tutorial: Maximising your Arduino's I/O ports with MCP23017. Dostopno na: <https://tronixstuff.com/2011/08/26/tutorial-maximising-your-arduinios-io-ports/> (pridobljeno 25. 1. 2019)

Arduino Wire Library. Dostopno na: <https://www.arduino.cc/en/reference/wire> (pridobljeno 25. 1. 2019)

SketchUp. Dostopno na: <https://www.sketchup.com/> (pridobljeno 25. 1. 2019)

Autodesk Fusion 360. Dostopno na: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview> (pridobljeno 25. 1. 2019)

Ultimaker Cura. Dostopno na: <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software> (pridobljeno 25. 1. 2019)

Tipkala. Dostopno na: <https://www.ebay.com/itm/100pcs-Micro-switch-push-button-6-6-5-mm-6x6x5mm-new/252195809383> (pridobljeno 27. 2. 2019)

3D ohišje OLED zaslona: <https://www.thingiverse.com/thing:1031999> (Pridobljeno 27. 2. 2019)

3D ročaj: <https://www.thingiverse.com/thing:1291805> (Pridobljeno 27. 2. 2019)

EasyEDA: <https://easyeda.com> (Pridobljeno 28. 2. 2019)

8.1 VIRI SLIK

Slika 4: http://www.lokomotive-online.de/Eingang/Elloks/BR185/185_Fuehrerstand.JPG (Pridobljeno 25. 1. 201)

Slika 6: <https://i.ebayimg.com/images/g/PEIAAOSwEeFVAPGK/s-l500.jpg> (Pridobljeno 27. 2. 2019)

9 IZJAVA

IZJAVA*

Mentor (-ica) GREGOR KRAMER, v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi naslovom IZDELAVA KONTROLNE PLOŠČE ZA SIMULATOR TRAIN SIM WORLD katere avtorji (-ice) so ANĐRAŽ ŠPAN, _____, _____:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo (-ičino) dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu;
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na spletnih portalih z navedbo, da je nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 11.3.2019

žig šole

Šola

Podpis mentorja(-ice)

Podpis odgovorne osebe

* Pojasnilo

V skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno **podpisano izjavo mentorja(-ice) in odgovorne osebe šole uvezati v izvod za knjižnico**, dovoljenje za objavo avtorja(-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor(-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.