



Šolski center Celje

Srednja šola za kemijo, elektrotehniko in računalništvo

# **POSODOBITEV UČNE PRIPRAVE S PODROČJA KRMILNO-REGULACIJSKIH SISTEMOV Z MIKROKRMILNIKOM ARDUINO**

RAZISKOVALNA NALOGA

AVTORJA

Andraž Špan

Rok Lešnik

MENTOR

Dejan Herodež

Celje, marec 2019

## KAZALO VSEBINE

POVZETEK.....	3
ZAHVALA .....	3
1 UVOD.....	4
1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA.....	4
1.2 HIPOTEZE.....	5
1.3 RAZISKOVALNE METODE.....	5
2 SNOVANJE PROJEKTA .....	6
3 REALIZACIJA PROJEKTA.....	9
4 PROGRAM.....	13
5 UGOTOVITVE.....	15
6 ZAKLJUČEK.....	16
7 VIRI: .....	17
8 IZJAVA.....	18

## KAZALO SLIK

Slika 1: Izdelava ohišja za mikrokrmilnik Alpha.....	4
Slika 2: Trenutno stanje učnega pripomočka.....	5
Slika 3: Prototipna maketa odklepanja učnega pripomočka .....	7
Slika 4: Prototipna maketa celotnega učnega pripomočka (brez wifi vmesnika).....	7
Slika 5: Zaslonski posnetek vezalne sheme .....	8
Slika 6: Zaslonski posnetek vezalne sheme .....	8
Slika 7: Priključna sponka.....	9
Slika 8: Montaža Arduino mega 2560 na DIN letvi .....	9
Slika 9: Spajkanje relejev na testno ploščico.....	10
Slika 10: Spajkanje diod na testno ploščico.....	10
Slika 11: Dokončano vezja na testni ploščici .....	11
Slika 12: Spajkanje povezovalnih kablov na testno ploščico .....	11
Slika 13: Dokončano krmilje.....	12
Slika 14: Dokončano krmilje priklopljeno na učni pripomoček .....	12
Slika 15: Motnje na LCD zaslonu .....	14
Priloga 1: NAVODILA ZA UPORABO UČNEGA PRIPOMOČKA .....	19
Priloga 2: VEZALNA SHEMA UČNEGA PRIPOMOČKA.....	20

## POVZETEK

Raziskovalna naloga predstavlja posodobitev večnamenske učne priprave – pripomočka s področja krmilno-regulacijskih sistemov. V dogovoru z mentorjem sva posodobila krmilje simulacije industrijskega procesa, ki ga predstavlja transportni trak s senzorsko tehniko, avtomatiko in regulacijo. Predhodno je bilo krmilje izvedeno z uporabo industrijskega krmilnika Esa, midva pa sva ga posodobila z mikrokrmilnikom Arduino.

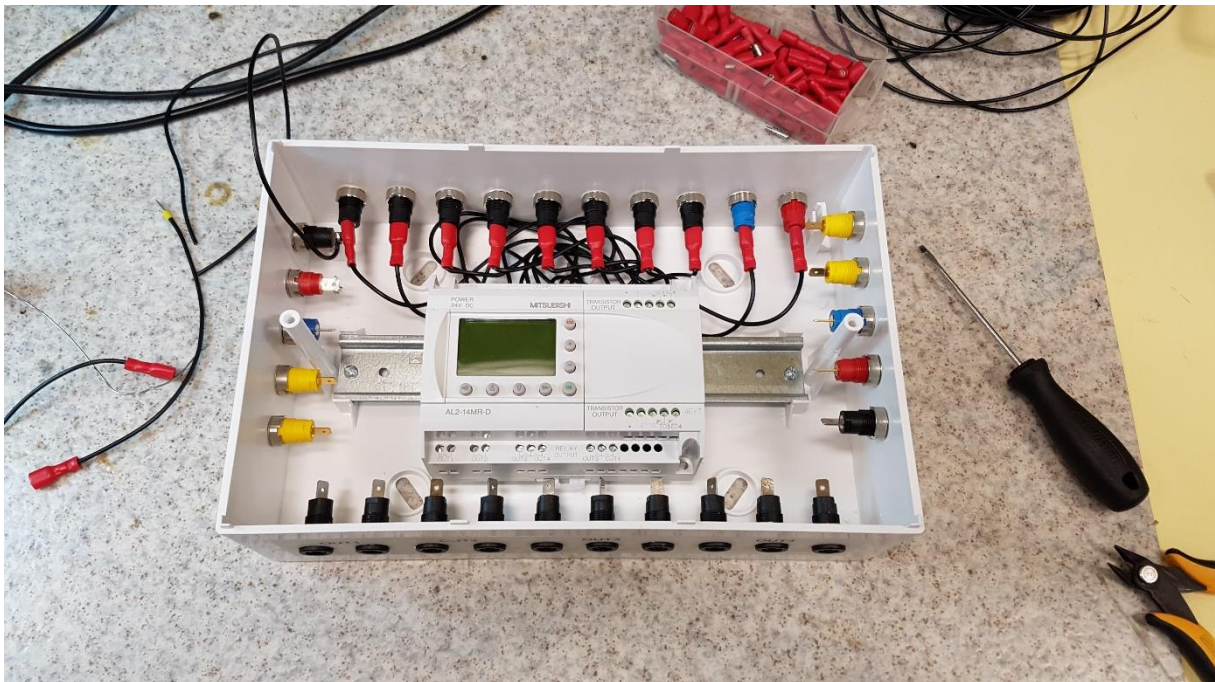
## ZAHVALA

Za izdatno pomoč pri izdelavi raziskovalne naloge se zahvaljujema najinemu mentorju, Dejanu Herodežu. Zahvaljujema tudi upokojenemu profesorju Dušanu Bombaču in profesorju mag. Boštjanu Liliji za strokovne nasvete. Zahvaljujema se lektorici, dr. Tanji Jelanko, za lektoriranje te raziskovalne naloge.

## 1 UVOD

### 1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Glavni problem najinega raziskovanja je bil, kako čim boljše posodobiti krmilje in s tem tudi funkcije na transportnem traku, izboljšati njegovo zanesljivost in varnost. Za posodobitev sva najprej, po nasvetu mentorja, nameravala uporabiti mikrokrmilnik Alpha, vendar sva kmalu ugotovila da za željeno uporabo nima dovolj vhodov in izhodov. Res je, da zanj obstajajo razširitveni moduli, vendar tudi z uporabo teh ne bi bilo dovolj vhodov in izhodov. Zato sva se po tehtnem razmisleku odločila za uporabo mikrokrmilnika Arduino mega 2560, ki ima zadostno število vhodov in izhodov.



Slika 1: Izdelava ohišja za mikrokrmilnik Alpha

## 1.2 HIPOTEZE

Postavila sva tri hipoteze:

- Uporaba mikrokrmilnika Arduino bo omogočila nove funkcije na učnem pripomočku.
- Z uporabo mikrokrmilnika Arduino se bo povečala obratovalna varnost učnega pripomočka.
- Integracija mikrokrmilnika Arduino v že obstoječ sistem ne bo predstavljala težav.

## 1.3 RAZISKOVALNE METODE

Na začetku sva se trudila čim bolj preučiti trenutno stanje učnega pripomočka, njegove trenutne funkcije, možnosti uporabe pri pouku in varno delo z njim.



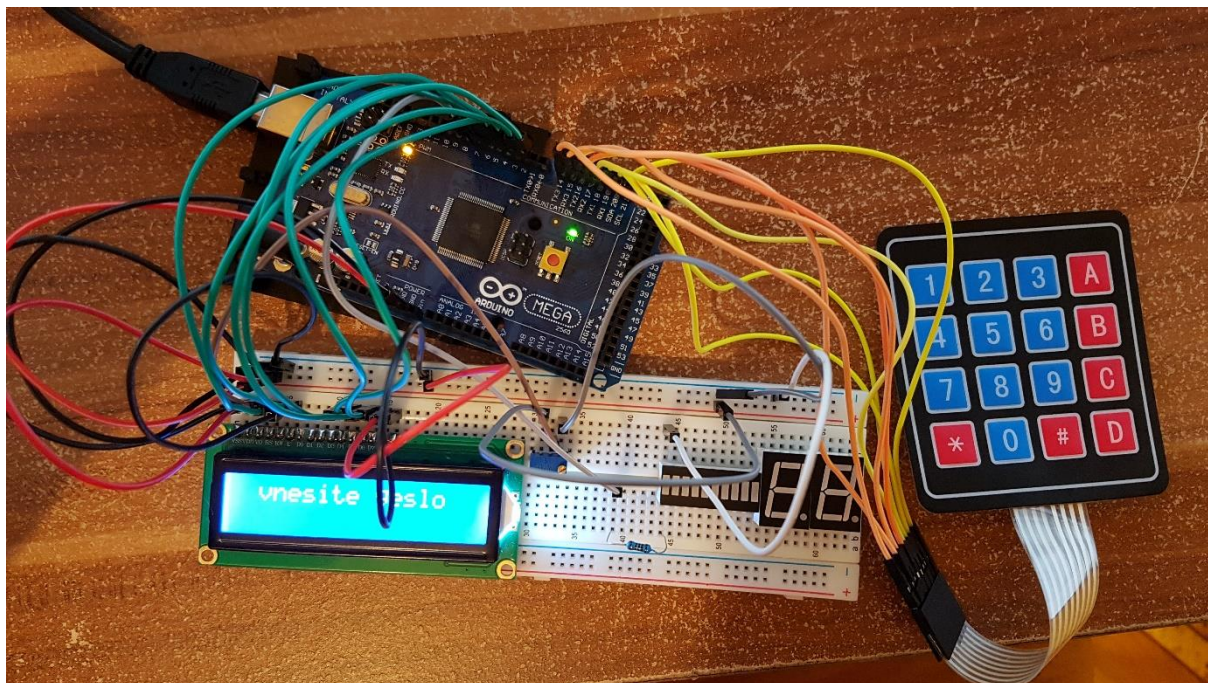
*Slika 2: Trenutno stanje učnega pripomočka*

## 2 SNOVANJE PROJEKTA

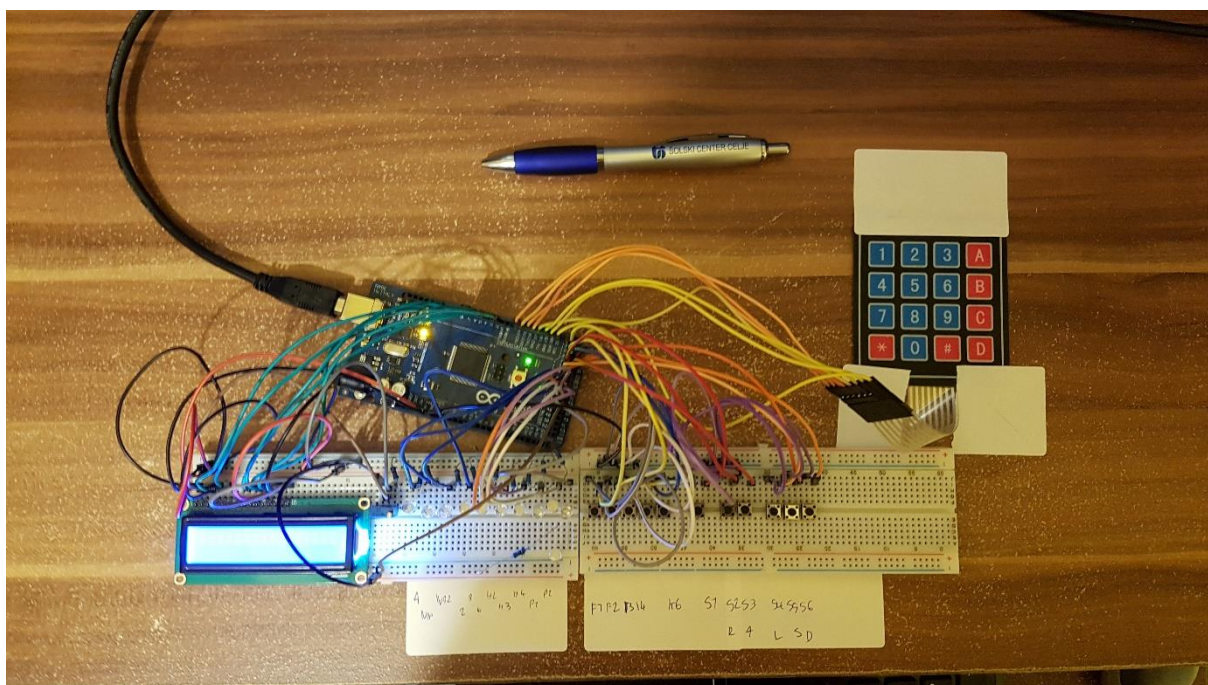
Projekt sva zasnovala na osnovi mikrokrmilnik Arduino mega 2560, ki nadzoruje vhodne senzorce in upravlja z izhodnimi signali. Ker sva delala z projektom, ki je predhodno že bil v uporabi, je bilo potrebno sprejeti nekaj kompromisov. Če bi učni pripomoček izdelala od začetka, bi za senzorce uporabile senzorce, ki so kompatibilni z Arduinom, torej takšne, ki delujejo na enosmerno napetost 5V in kot izhod uporabljajo analogni signal od 0V do 5V, SPI ali I2C komunikacijski protokol. Ker pa je bil učni pripomoček že narejen in ker so bili na njem senzori, ki delujejo na 24V DC, sva jih morala za uporabo z mikrokrmilnikom Arduino ustrezno prilagoditi. Za prilagoditev senzorjev sva uporabila 24V releje. Senzor proži tuljavo releja, ki sklene kontakte releja, ti pa digitalni vhodni pin na mikrokrmilniku Arduino, na katerem je vključena funkcija »internal pullup«, povežejo z GND, tako lahko Arduino zazna aktivacijo senzorjev ali pritisk tipkal, ki se nahajajo na učnem pripomočku. Za nadzor motorja je uporabljen Frekvenčni pretvornik, ki ga nadzoruje Arduino. Za upravljanje signalih sijalk, opozorilne sirene in elektromagnetnih ventilov je na izhode Arduina preko tranzistorjev priklopljen 5V rele. Kontakta releja sta povezana s priključnimi sponkami na ohišju, v katerem je nameščen Arduino.

Za ohišje krmilja sva izbrala nadometno omarico, ki se običajno uporablja za stanovanjske razdelilnike. Arduino mega 2560 sva s pomočjo 3D natisnjenih nosilcev pritrdila na DIN lestvico. Na zgornji del omarice sva prilepila LCD zaslon velikosti 20x4, numerično tipkovnico za vnos gesla in tipkalo za resetiranje Arduina. Ker je bila izražena želja po možnosti nadzora učnega pripomočka preko pametnega telefona, tablice ali računalnika, je bil dograjen wifi vmesnik ESP8266. V omarici je nameščen še DC-DC pretvornik, ki 24V DC spremeni v za Arduino prijaznejšo napetost 12V DC. Na straneh omarice so nameščene priključne sponke za napajanje, vhodne signale in kontakte relejev. Krmilje omogoča 11 vhodov in 12 izhodov. Krmilje se s pomočjo kablov poveže na že obstoječ učni pripomoček.

Pred končno izdelavo krmilja je bilo narejenih več prototipov na protoboardu, na katerem se je preizkušala funkcionalnost in pravilnost delovanja programa.

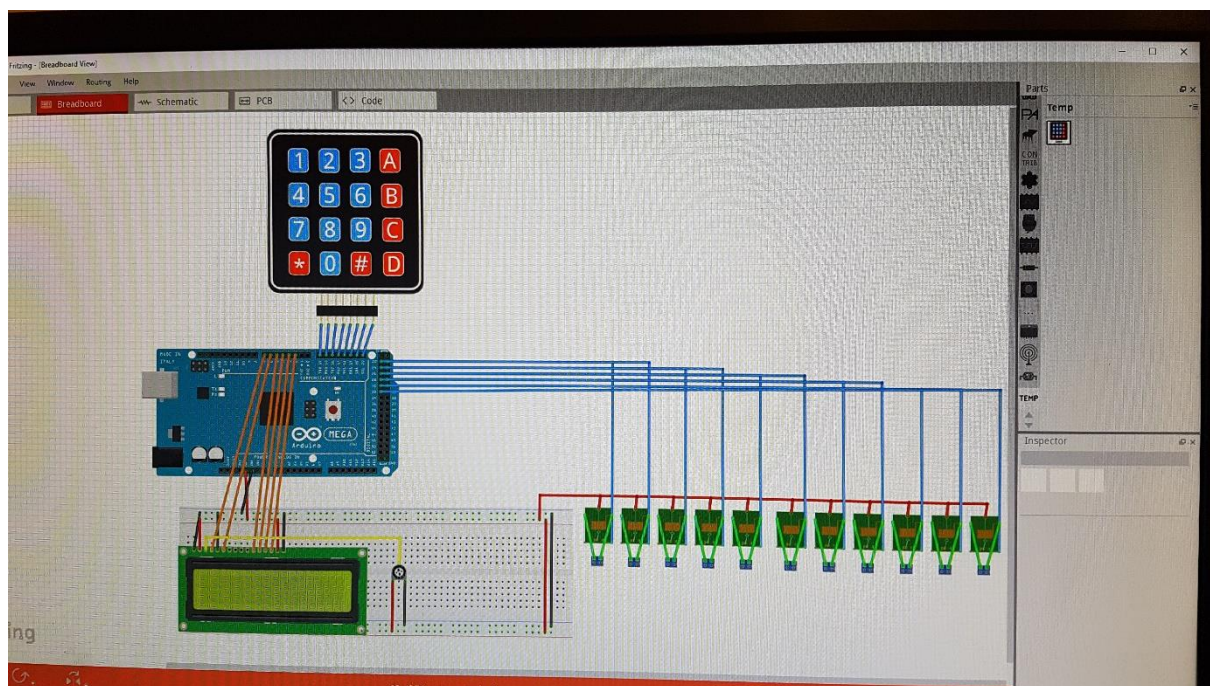


Slika 3: Prototipna maketa odklepanja učnega pripomočka

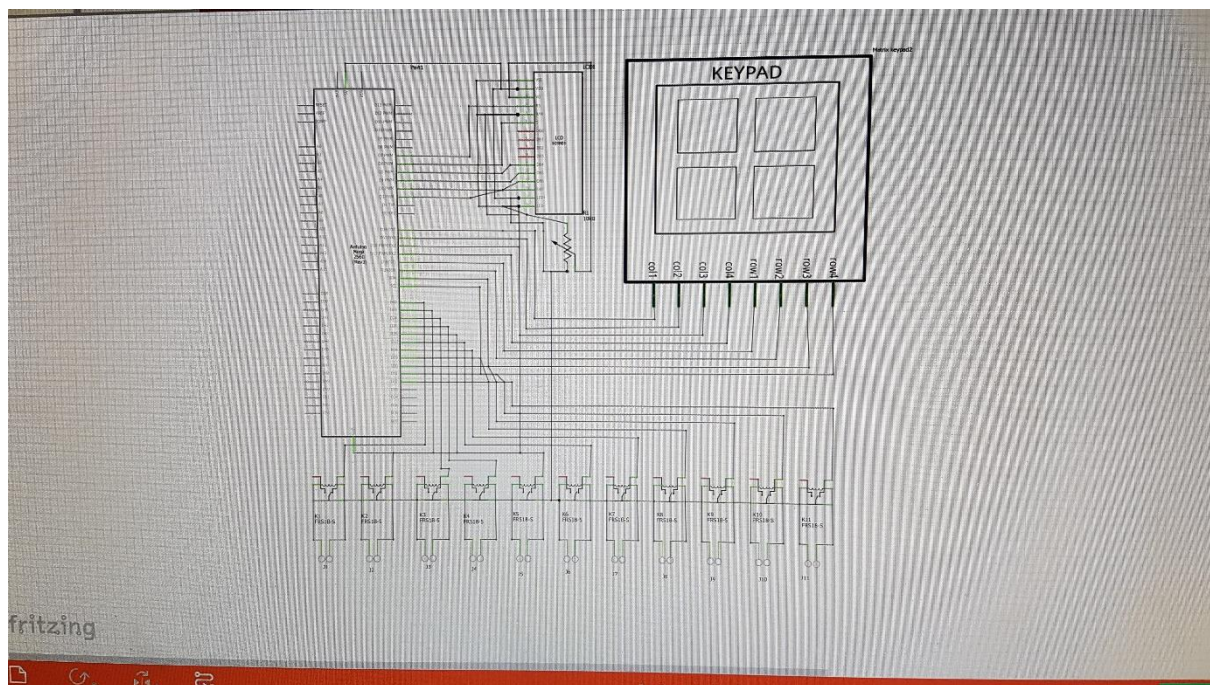


Slika 4: Prototipna maketa celotnega učnega pripomočka (brez wifi vmesnika)

Za lažje nadaljnje delo sva izdelala vezalno shemo s pomočjo programa Fritzing.



Slika 5: Zaslonski posnetek vezalne sheme



Slika 6: Zaslonski posnetek vezalne sheme



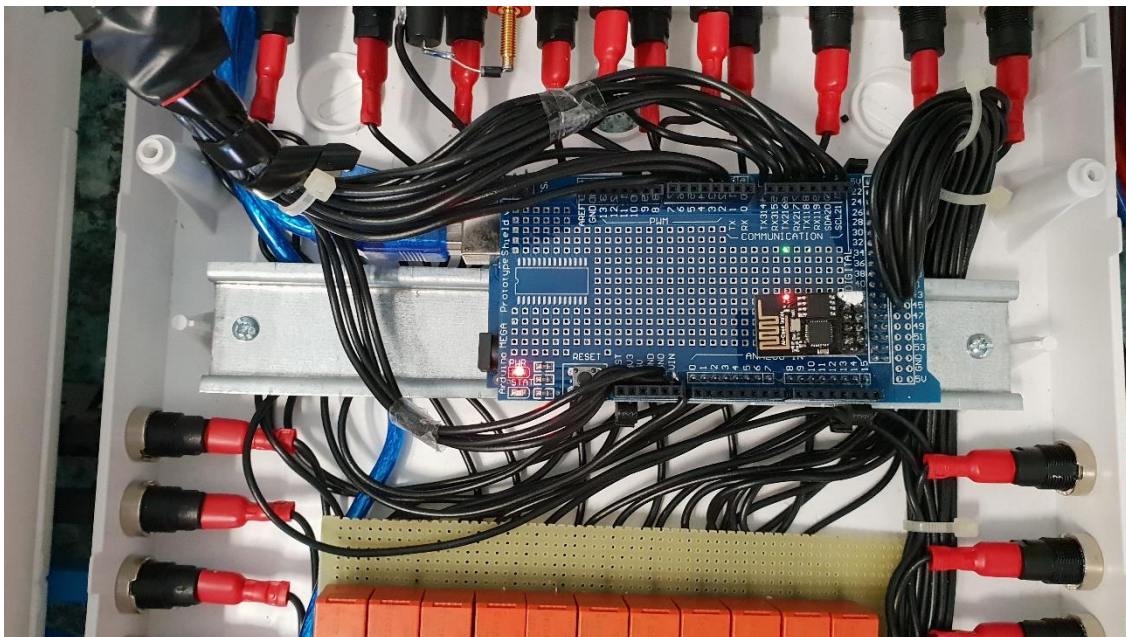
### 3 REALIZACIJA PROJEKTA

Ko je bilo načrtovanje krmilja dokončano je bil čas za izdelavo. Za ohišje sva izbrala nadometno razdelilno omarico velikosti 2 x 12M. Na zgornjo in spodnjo stran sva izvrtala luknje in fiksirala priključne sponke, ki omogočajo priklop krmilja na učni pripomoček.



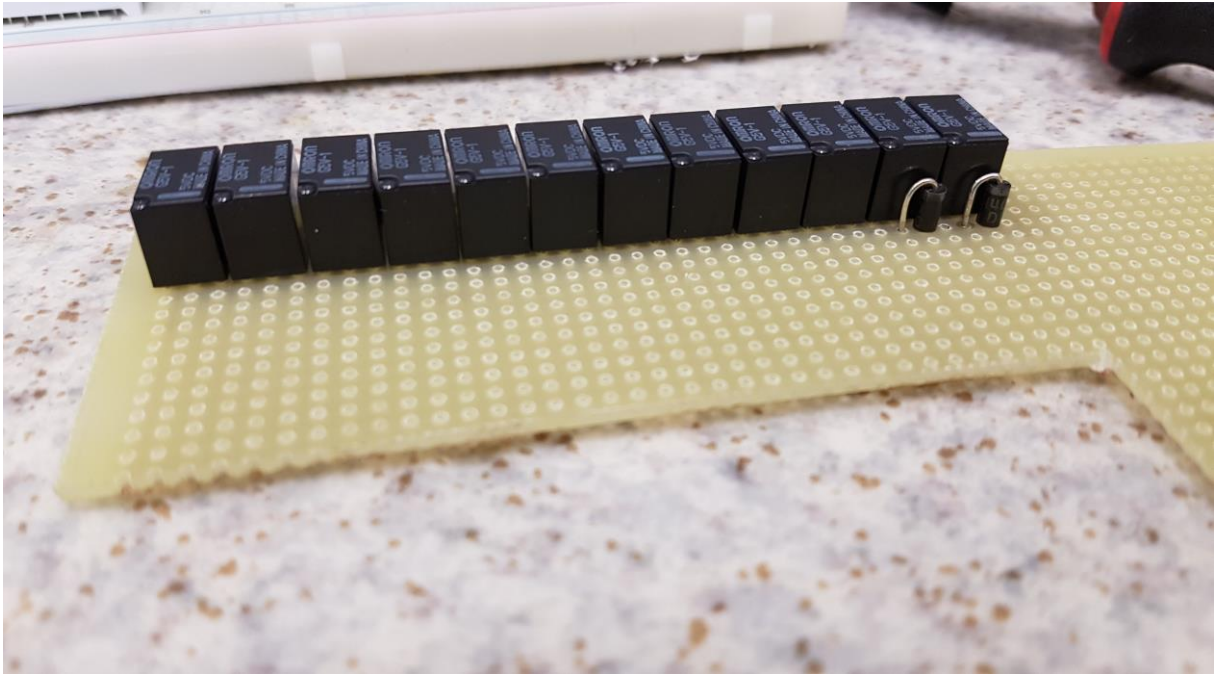
Slika 7: Priključna sponka

Na DIN letev sva z pomočjo 3D natisnjenih nosilcev fiksirala Arduino mega 2560, nanj sva prispajkala žice za povezavo z LCD-jem in releji.

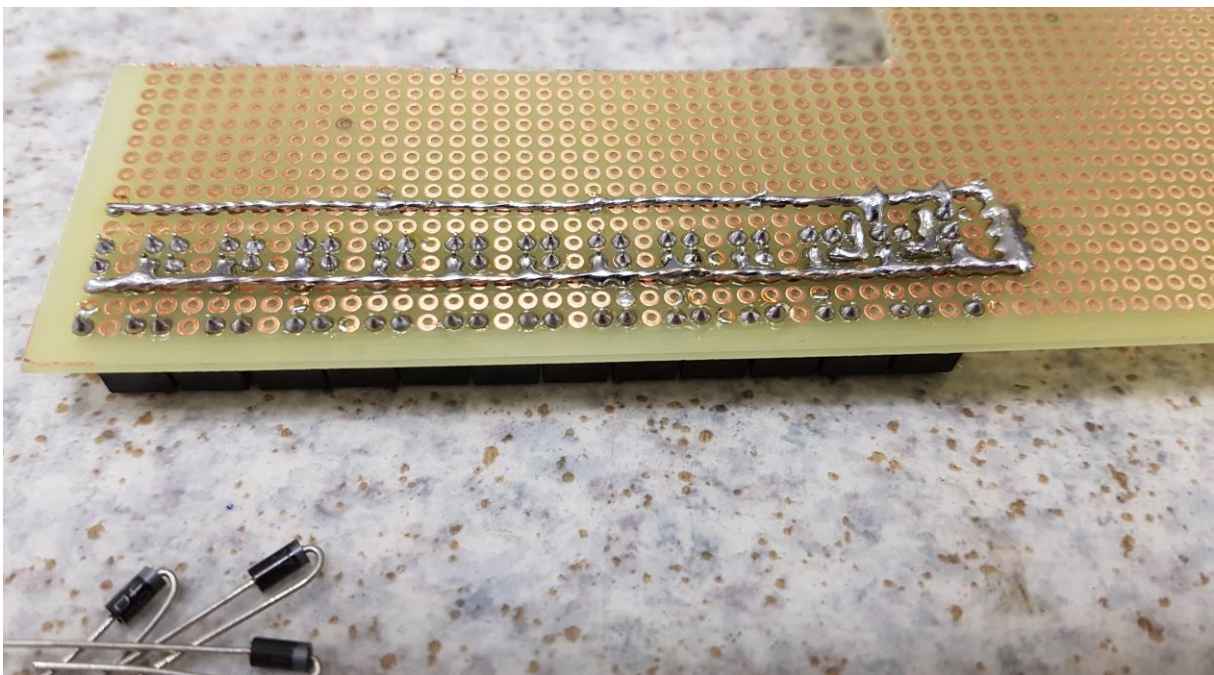


Slika 8: Montaža Arduino mega 2560 na DIN letvi

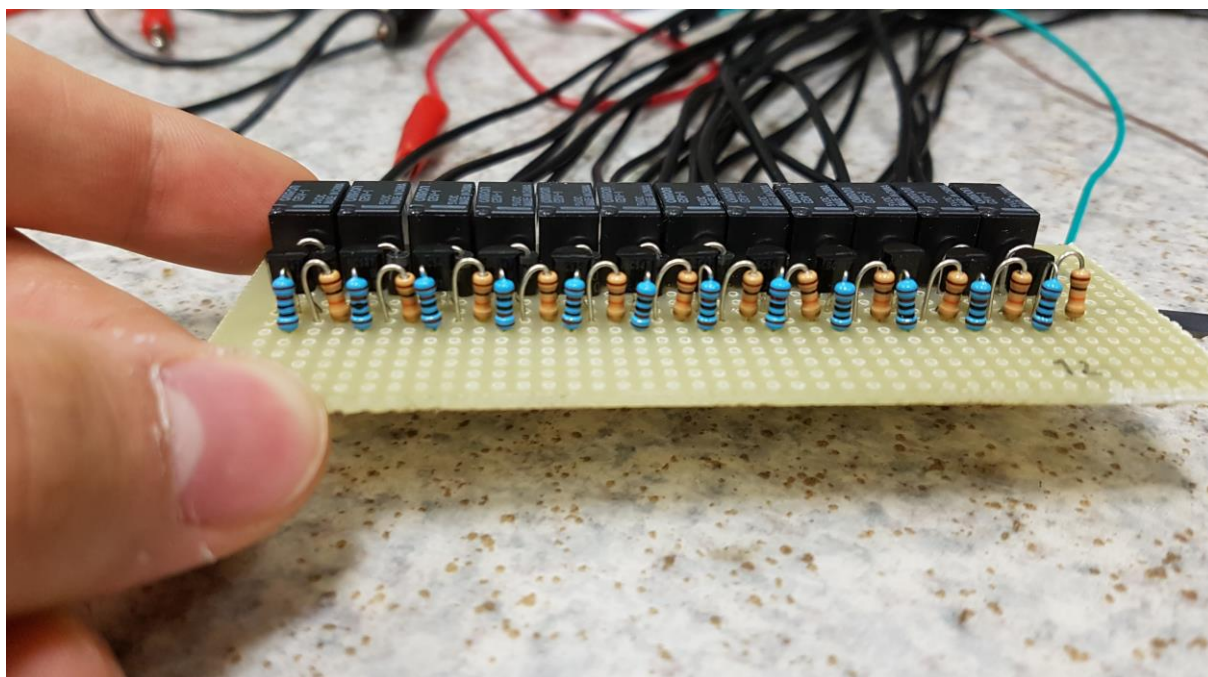
Na testno ploščico sva prispajkala releje, diode za zaščito pred visokimi napetostmi, ki bi se lahko inducirale ob izklopu releja, tranzistorje, ki mikrokrmilniku Arduino mega 2560 omogočajo krmiljenje relejev, upore za omejevanje toka skozi bazo tranzistorja in upore, ki skrbijo, da je tranzistor izključen, razen če Arduino pošlje signal. Za testno ploščico sva se odločila zato, ker vezje ni preveč zahtevno in ker bi za izdelavo tiskanega vezja potrebovala preveč časa.



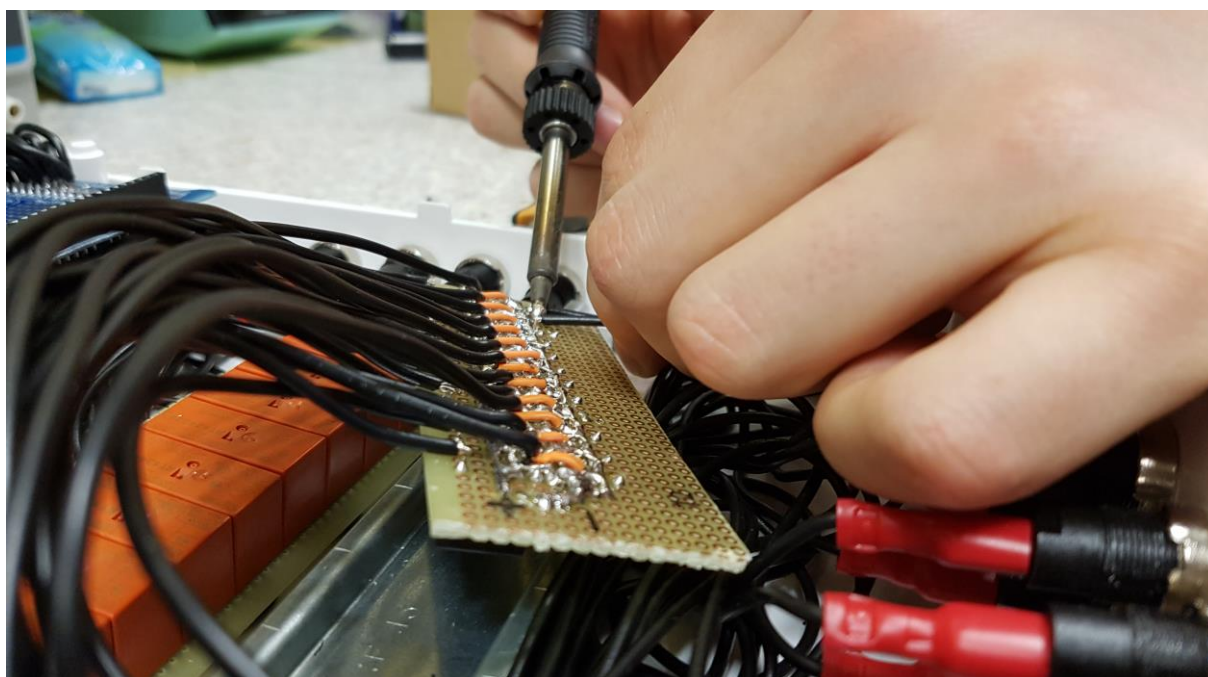
Slika 9: Spajkanje relejev na testno ploščico



Slika 10: Spajkanje diod na testno ploščico

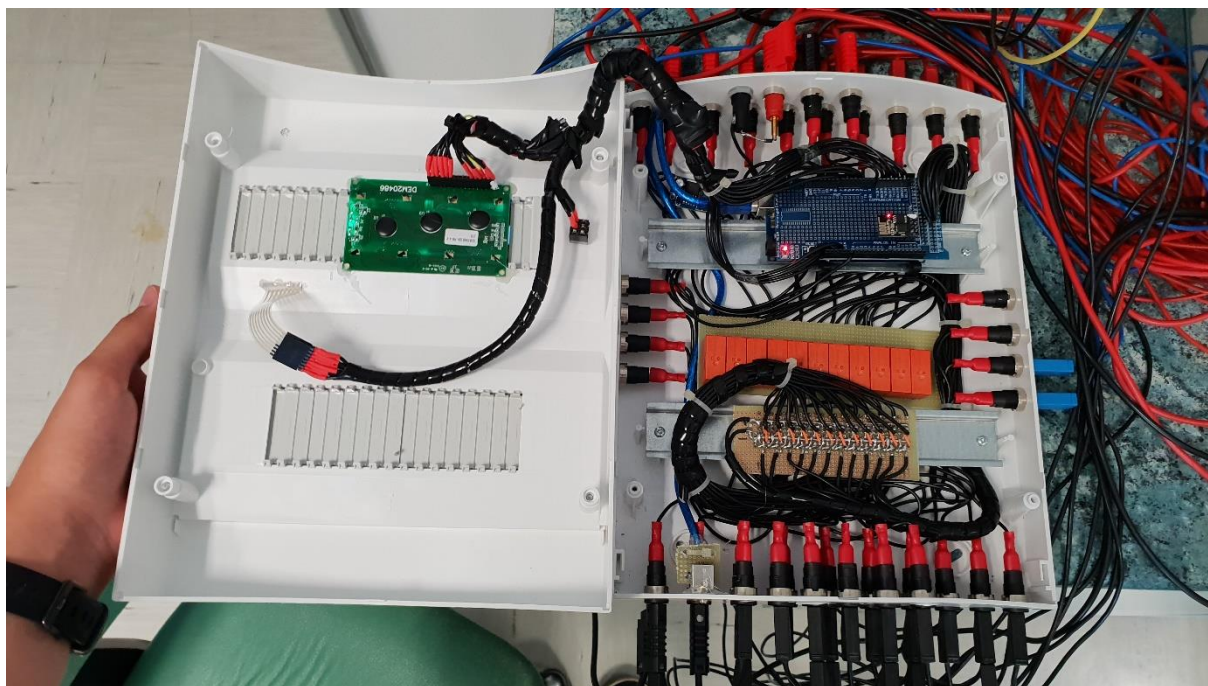


*Slika 11: Dokončano vezja na testni ploščici*



*Slika 12: Spajkanje povezovalnih kablov na testno ploščico*

Andraž Špan, Rok Lešnik  
Posodobitev učne priprave s področja krmilno-regulacijskih sistemov z mikrokrmilnikom Arduino



*Slika 13: Dokončano krmilje*



*Slika 14: Dokončano krmilje priklopljeno na učni pripomoček*

## 4 PROGRAM

Ko je bilo krmilje končano, sva pričela s pisanjem programa. Za pisanje programa za Arduino mega 2560 in ESP8266 sva uporabila programsko opremo Arduino IDE; za izdelavo aplikacije za pametne naprave, ki omogoča nadzor tekočega traku z uporabo android naprav, pa sva uporabila program MIT App Inventer. Oba programa sta brezplačno dostopna na spletu.

Pri snovanju Arduino programa sva si pomagala tako, da sva najprej preučila delovanje senzorjev, tipke, kontrolne sijalke in delovanje frekvenčnega pretvornika. Nato sva preučila in si zapisala delovanje tekočega traku. Ta funkcionalni zapis delovanja pa je služil kot opora pri pisanju programa.

Program med delovanjem vse dogodke izpisuje preko serijskega vmesnika na računalnik za lažje sledenje delovanju programa in za lažjo odpravo morebitnih napak. Določeni podatki (režim delovanja, hitrost traku) se izpisujejo na LCD zaslonu, ki je nameščen na krmilju. Ob prvem zagonu najprej preveri delovanje opozorilne sirene in signalnih svetilk, nato pa program čaka na vnos gesla. Geslo je mogoče vnesti preko keypad na krmilju ali preko serijskega vmesnika. Ko se vnese pravilno geslo, se sistem odklene, je v mirovanju. Program ima nato dva režima, ročno in samodejno delovanje.

Ročno delovanje aktiviramo s pritiskom na tipko S2 – ročno delovanje. Ko je aktivirano ročno delovanje, sveti signalna svetilka H3 (bela barva, ročno delovanje). V ročnem načinu lahko s pritiskom na S2 aktiviramo prvo pnevmatsko podajanje kocke, ki kocke iz zalogovnika prestavi na tekoči trak, dolg pritisk S2 pa aktivira drugo pnevmatsko podajanje, ki je namenjeno izločanju kovinski kock s tekočega traku v zalogovnik. V ročnem režimu je prav tako mogoče upravljanje s tekočim trakom z uporabo tipk S4 – levo, S5 – stop in S6 – desno. Ko tekoči trak miruje, lahko pritisnemo tipko S4 ali S6 za začetek premikanja tekočega traku. Motor tekočega traku se začne premikati s hitrostjo 20 Hz. To hitrost je mogoče povečati s ponovnim pritiskom tipke v smeri delovanja tekočega traku. Hitrost lahko tudi zmanjšamo s pritiskom tipke v nasprotni smeri delovanja tekočega traku. Če želimo zamenjati smer vrtenja, je iz varnostnih razlogov potrebno najprej ustaviti tekoči trak s pritiskom na tipko S5. Možne hitrosti delovanja so 20 Hz, 30 Hz, 50 Hz in 60 Hz. Arduino za nadzor hitrosti vklaplja in izklaplja releje, ki so povezani na krmilne vhode frekvenčnega pretvornika. V ročnem sistemu se ne uporablja nobenega izmed senzorjev.

Avtomatsko delovanje aktiviramo s pritiskom na tipko S3 – avtomatsko delovanje. Ko je aktivirano avtomatsko delovanje, sveti signalna svetilka H2 (zelena barva, avtomatsko delovanje) in Arduino prevzame nadzor nad učnim pripomočkom; zažene tekoči trak s hitrostjo 50 Hz in v določenih časovnih intervalih z uporabo prvega pnevmatskega podajanja pošilja kocke na tekoči trak. Ko kocke potujejo po tekočem traku induktivni senzor zaznava, če je kocka lesena ali kovinska. Če senzor zazna kovinsko kocko, se tekoči trak upočasni na hitrost 20 Hz in v pravem trenutku aktivira drugo pnevmatsko podajanje, ki kocko odstrani s tekočega traku v zabojnik. Kocke, ki niso kovinske, nadaljujejo pot do konca traku, kjer padejo v drug zabojnik. Ko svetlobni senzor, ki je nameščen pri zalogovniku kock ugotovi, da je zalogovnik prazen, se tekoči trak ugasne, sistem pa preide nazaj v ročni režim.

Tekom kateregakoli režima delovanja je kadarkoli mogoče pritisniti tipko S1 za izklop v sili. Ko je aktiviran izklop v sili, sveti signalna svetilka H4 (rdeča barva, izklop v sili). Pritisk te

tipke povzroči izklop celotnega sistema in vklop opozorilne sirene. Ko se tipka za izklop v silo sprosti, sistem izvede čiščenje tekočega traku za primer, da je na tekočem traku ostala kakšna kocka, nato pa čaka na ponovno odklepanje sistema.

Po testiranju in nekaj manjših popravkih sva ugotovila, da program deluje pravilno, pojavila se je le ena težava. Ugotovila sva, da se na LCD zaslonu pojavljajo motnje. Ker sva sumila, da so za motnje krive električne motnje, ki jih povzročajo elektromotorji in ostala induktivna bremena, sva poskusila Arduino napajati z ločenim napajalnikom, kar pa motenj ni odpravilo. Zaradi tega sva sklepala da so krive motnje na podatkovni povezavi med Arduino in LCD zaslonom. Zaradi tega sva se odločila vgraditi I2C LCD kontroler, ki je te težave odpravil. Motnje na zaslonu se pri testiranju po vgradnji I2C LCD kontrolorja niso več pojavile.



Slika 15: Motnje na LCD zaslonu

## 5 UGOTOVITVE

Na začetku sva postavila tri hipoteze. Med izdelovanjem raziskovalne naloge sva potrdila naslednji hipotezi:

- Uporaba mikrokrmilnika Arduino bo omogočila nove funkcije na učnem pripomočku.
- Z uporabo mikrokrmilnika Arduino se bo povečala obratovalna varnost učnega pripomočka.

Prva hipoteza se je izkazala za pravilno, saj je sedaj omogočen nadzor učnega pripomočka z uporabo računalnika ali pametnega mobilnega telefona.

Obratovalna varnost se je povečala z uporabo gesla, ki je potreben za zagon učnega pripomočka in z uporabo opozorilne sirene, ki se sproži v primeru zasilnega izklopa.

Naslednja hipoteza, integracija mikrokrmilnika Arduino v že obstoječ sistem ne bo predstavljala težav, se je izkazala za delno pravilno in delno napačno.

Integracija mikrokrmilnika Arduino je predstavljala manjše težave, ker je učni pripomoček deloval na 24 V, ki pa sva jih enostavno rešila z uporabo relejev. Nekoliko večje težave je povzročal induktivni senzor, ki ni vedno zaznal kovinske kocke. Po kalibraciji senzorja pa so bile te težave odpravljene.

## 6 ZAKLJUČEK

Za to raziskovalno nalogo je bilo potrebnega veliko znanja in poznavanja mikrokrmilnika Arduino in delovanja učnega pripomočka. Potrebno je bilo tudi dobro znanje programiranja mikrokrmilnika Arduino.



## 7 VIRI:

- Arduino Mega 2560 Rev3. Dostopno na: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3> (pridobljeno: 18.10.2018)
- Arduino Playground – Keypad Library. Dostopno na: <https://playground.arduino.cc/code/keypad> (pridobljeno: 18.10.2018)
- Arduino Playground – I2C\_LCD. Dostopno na: <https://playground.arduino.cc/Main/LCDI2C> (pridobljeno: 18.10.2018)
- Arduino – HelloWorld. Dostopno na: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/HelloWorld> (pridobljeno: 18.10.2018)
- Arduino – Wire. Dostopno na: <https://www.arduino.cc/en/Reference/Wire> (pridobljeno: 18.10.2018)
- GitHub – esp8266/Arduino. Dostopno na: <https://github.com/esp8266/Arduino> (pridobljeno: 18.10.2018)
- Wikipedia – ESP8266. Dostopno na: <https://en.wikipedia.org/wiki/ESP8266> (pridobljeno: 18.10.2018)
- Fritzing. Dostopno na: <http://fritzing.org/home/> (pridobljeno: 18.10.2018)
- Youtube – How to Connect an I2C Lcd Display to an Arduino Uno Tutorial. Dostopno na: [https://www.youtube.com/watch?v=xVC0X\\_PE\\_XE](https://www.youtube.com/watch?v=xVC0X_PE_XE) (pridobljeno: 18.10.2018)
- Fmalpartida New LiquidCrystal / wiki. Dostopno na: <https://bitbucket.org/fmalpartida/new-liquidcrystal/wiki/Home> (pridobljeno: 18.10.2018)
- MIT App Inventor. Dostopno na: <http://appinventor.mit.edu/explore/> (pridobljeno: 18.10.2018)
- PEŠEC, Jurij. 2002. Izdelava učne priprave s področja krmilno-regulacijski sistemov, Diplomaska naloga v višješolskem strokovnem izobraževalnem programu elektrotehnika.

## 8 IZJAVA

### IZJAVA\*

Mentor (-ica) Dejan Herodež, v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi naslovom Posodobitev učne priprave s področja krmilno-regulacijskih sistemov z mikrokrmilnikom katere avtorji (-ice) so Rok Lešnik, Andraž Špan: Arduino

- 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 knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga 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, 18.10.2018



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 vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja(-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor(-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.

## Priloga 1: NAVODILA ZA UPORABO UČNEGA PRIPOMOČKA

### Seznam tipk:

S1: Izklop v sili  
S2: Ročni način  
S3: Avtomatski način  
S4: Tekoči trak – smer levo  
S5: Tekoči trak - stop  
S6: Tekoči trak – smer desno

### Kontrolne lučke:

H2: avtomatsko delovanje  
H3: ročno delovanje  
H4: izklop v sili

### Priprava sistema:

Najprej je potrebno učni pripomoček priključiti na 3 fazno napajanje ter priključiti kompresor. Po uspešni vključitvi glavnega stikala ter varovalk, se zažene sistem in izvede preverjanje. Na zaslonu se nato prikaže ukaz: Vnesite geslo. Na tipkovnici se vnese geslo, potrdi pa se s pritiskom na " # ". Ob morebitnem napačnem vnosu, se geslo pobriše s pritiskom na " \* ". Ob pravilnem vnosu se izpiše: " Ime, dostop odobren. ". Sistem za zažene v načinu mirovanja.

### OBRATOVANJE 1: Izklop v sili.

Ob pritisku na tipko S1 (Izklop v sili) se sistem zaustavi, vklopi se sirena in prižge se luč H3 (Izklop v sili). Sistem se zaklene in za ponovno uporabo je potrebno ponovno vnesti geslo na kar se izvede izpraznitev traku. Pred tem pa je potrebno sprostiti tipko S1.

### OBRATOVANJE 2: Avtomatsko delovanje.

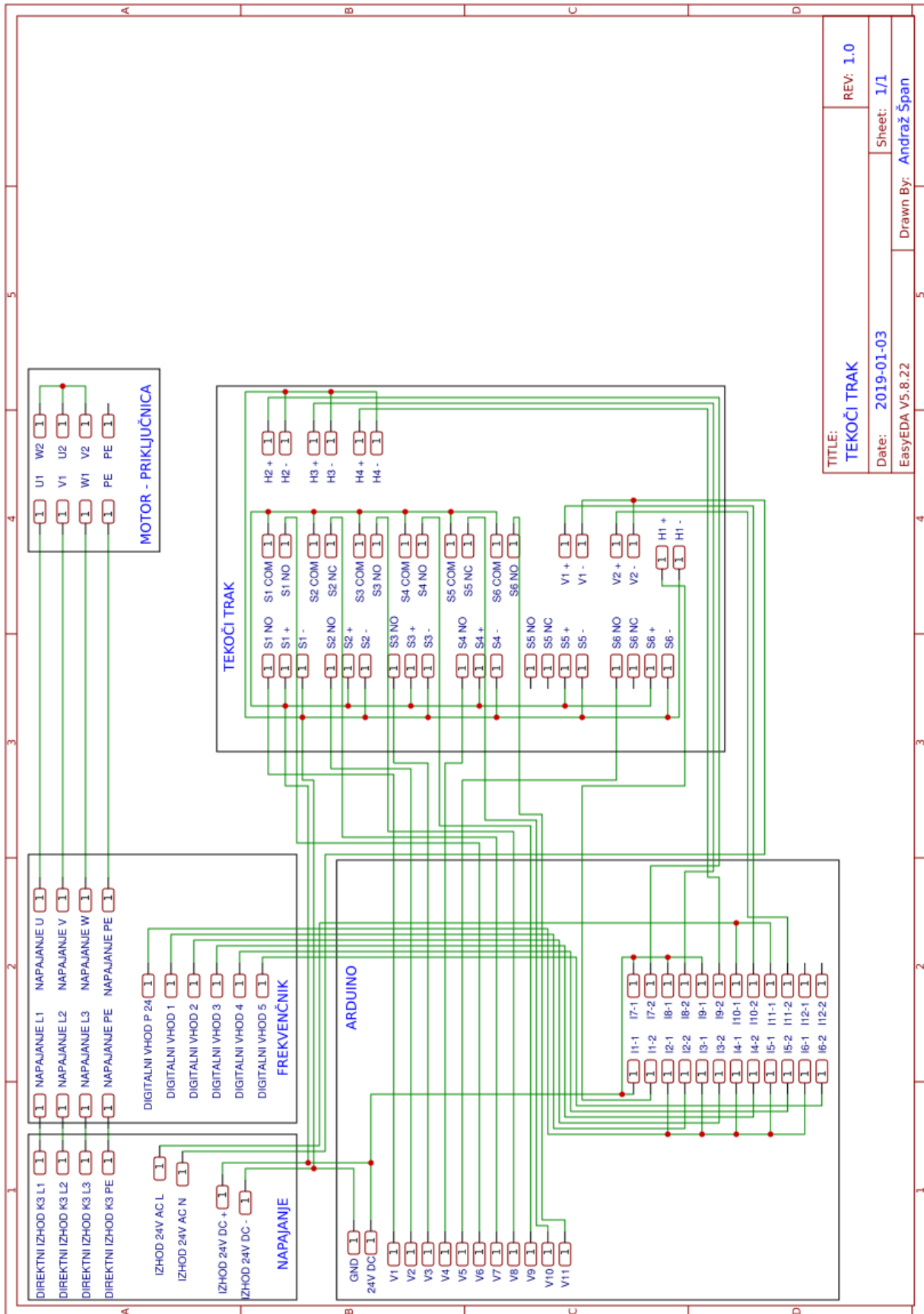
Ob pritisku na tipko S2 (Avtomatsko delovanje) prične sistem delovati avtomatsko in vklopi le luč S2. V kolikor so v nalagalniku lesene ter kovinske kocke jih bo sistem samodejno razvrstil v ustrezne zaboje. Ko kock ne bo več, bo sistem sam prešel v mirovanje in vklopila se bo luč S3. Za ponovni začetek je potrebno pritisniti tipko S2.

### OBRATOVANJE 3: Ročno delovanje.

Ko je sistem v mirovanju pritisnemo tipko S6, da poženemo tekoči trak v desno. Za večjo hitrost večkrat pritisnemo isto tipko, za zmanjšanje hitrosti pa pritisnemo tipko S4. Ko želimo tekočemu traku spremeniti smer v levo moramo najprej pritisniti tipko S5 (Stop) in nato pritisniti tipko S4, da trak poženemo v levo. Spremembo hitrosti ter smeri nato izvedemo enako kot prej.

Ob kratkem pritisku na tipko S2, bomo spustili kocko na tekoči trak, z dolgim pritiskom na tipko S2 pa bomo kocko razvrstili v zaboj.

## Priloga 2: VEZALNA SHEMA UČNEGA PRIPOMOČKA



TITLE:	TEKOČI TRAK	REV:	1.0
Date:	2019-01-03	Sheet:	1/1
EasyEDA V5.8.22	Drawn By:	Andraž Špan	

