



Srednja šola za kemijo,
elektrotehniko in računalništvo

NAPRAVA ZA VZORČENJE VODA

(raziskovalna naloga)

Mentor:

Gregor Kramer, univ. dipl. inž. el.

Avtor:

Martin Resnik, E.3a

Vetrnik, april 2022

KAZALO

1	POVZETEK	4
1.1	Ključne besede.....	4
2	UVOD	5
2.1	PREDSTAVITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA.....	5
2.2	HIPOTEZE	6
2.3	OPIS RAZISKOVALNIH METOD.....	6
3	OSREDNJI DEL	7
3.1	PREDSTAVITEV REZULTATOV RAZISKOVANJA.....	7
3.1.1	NAČRTOVANJE MEHANSKEGA SISTEMA.....	7
3.1.2	NAČRTOVANJE KRMILNEGA SISTEMA.....	9
3.1.3	OPIS KOMPONENT	11
3.1.4	OHIŠJE.....	18
3.1.5	VEZALNI NAČRT	20
3.1.6	ČASOVNI DIAGRAM IZVAJANJA PROGRAMA	22
3.1.7	PROGRAMIRANJE	23
3.2	RAZPRAVA.....	25
3.2.1	OPIS DELOVANJA	25
4	ZAKLJUČEK.....	28
5	VIRI IN LITERATURA	29

KAZALO SLIK

Slika 1 sistem nemškega inštituta.....	
Slika 2 elektromagnetni ventil.....	
Slika 3 elektromagnetni ventil-splošno delovanje.....	
Slika 4 elektromagnetni ventil.....	
Slika 5 Arduino mega plošča	
Slika 6 pulzna napetost zajeta z osciloskopom	
Slika 7 nextion.....	
Slika 8 shema NEMA 23.....	
Slika 9 NEMA 23.....	
Slika 10 gonilnik DM542.....	
Slika 11 LM 7805.....	
Slika 12 relejska plošča	
Slika 13 rele.....	
Slika 14 črpalka	
Slika 15 testno ohišje.....	
Slika 16 testno ohišje.....	
Slika 17 testno ohišje.....	
Slika 18 kovček za elektroniko	
Slika 19 vezalni načrt	
Slika 20 nextion konektor	
Slika 21 časovni diagram izvajanja programa.....	
Slika 22 nextion editor	
Slika 23 programiranje zaslona	
Slika 24 izgled zaslona	

1 POVZETEK

V raziskovalni nalogi je opisan razvoj in izdelava sistema za vzorčenje podzemnih in padavinskih voda. Ideja je nastala na strani Zavoda za geologijo, oddelka Podzemne vode – Hidrogeologija, kjer so zaznali problem velike količine terenskega dela pri vzorčenju voda na različnih lokacijah v Sloveniji. V prvem delu so opisane zahteve za delovanje in možne poti razvoja sistema, ki jih je ob dostopnosti sodobnih tehnologij veliko, le nekaj od teh pa je časovno in stroškovno optimalnih. V drugem delu sledi konkretizacija ideje v smislu testne mehanske konstrukcije in izbire krmilnega sistema ter elektronskih komponent. V zadnjem delu naloge so navedeni posamezni programski pristopi in delovanje testnega sistema prve faze razvoja.

1.1 Ključne besede

Naprava za vzorčenje voda, nextion, arduino mega.

2 UVOD

2.1 PREDSTAVITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA

Raziskovalna naloga je nastala na podlagi pobude Geološkega zavoda Slovenije in oddelka Podzemne vode – Hidrogeologija. Na oddelku se ukvarjajo z vzorčenjem podzemnih vod, padavin, vrtin in podobno. Podzemne vode predstavljajo v Sloveniji kar 95 % virov pitne vode. Letošnje leto je svetovni dan voda še posebej namenjen podzemnim vodam in nas z geslom «Podzemna voda: skrito naj postane vidno», še posebej nagovarja k skrbi za njo. Marsikje le ta, ne glede na ukrepe v zadnjih 20 letih, vsebuje še vedno preveč nitratov. Kljub Nitratni direktivi in z njo povezanimi ukrepi je trend zniževanja koncentracij nitratov zelo počasen, na mnogih območjih pa se dogaja celo trend povečevanja njihovih koncentracij. To stanje je posebej kritično na treh vodnih telesih, v Murski, Dravski in Savinjski kotlini. Vzorčenje se tako večinoma izvaja v naravi, kar lahko pomeni na vrhu hriba ali pa v dolini, kjer ni neposrednega vira električne energije niti enostavnega dostopa. Samo delo sedaj pretežno poteka tako, da se vzorčenje izvaja neposredno in ročno, kar pomeni veliko obiskov iste lokacije, natrpan urnik in časovno obremenitev osebe, ki vzorčenje izvaja. Vzorčenje prav tako včasih poteka redkeje kot bi bilo za potrebe in uspešnost analiz potrebno. Naprave za vzorčenje, ki so na voljo na trgu, so večinoma relativno velike in težke ter posledično neprimerne za tovrstne zahteve. Na oddelku so že nekaj časa razmišljali o sistemu, ki bi bil primeren za takšne zahteve ter nudil možnost avtomatskega vzorčenja vod na oddaljenem terenu. Vzorčevalni sistem mora biti enostaven za prenašanje, imeti nastavljive intervale vzorčenja in delovati avtomatsko in neprekinjeno brez električnega napajanja približno mesec dni. Omogočati mora priklop 8 do 10 posodic za vzorce, prostornine okrog 0,6 dl. Skratka sistem mora biti sestavljen iz mehanskih delov za pretoke tekočin in elektronskih delov za avtomatsko krmiljenje, pri čemer mora biti zagotovljena ustrezna avtonomija.

2.2 HIPOTEZE

V raziskovalni nalogi sem postavil naslednje hipoteze:

1. Naprava izvaja avtomatsko odvzemanje vzorcev vode.
2. Akumulatorsko napajanje je 24 V in omogoča 1 mesec avtonomije delovanja.
3. Naprava je v celoti prenosljiva in ne presega mase 10 kg.
4. Stroški naprave ne presegajo vrednosti 1000 evrov.

2.3 OPIS RAZISKOVALNIH METOD

Opredelitev problema in možnih rešitev

Raziskovalna naloga v prvem delu obsega pogovore in opredelitev zahtev, namena in ciljev, pregled trga, zbiranje idej in mehansko načrtovanje na papirju. Načinov in poti kako lahko določen problem rešimo je vedno več, potrebno pa je najti najoptimalnejšo v danih razmerah, ki zadosti zahtevanim ciljem.

Raziskava trga

V drugem delu raziskovalne naloge sem se lotil podrobnega preučevanja komponent ter načrtovanja naprave. Z nabavo kakovostnih elementov zagotovimo višjo kakovost, zanesljivost in življenjsko dobo, hkrati pa seveda povečujemo njeno denarno vrednost, ki je pomembna pri ekonomski upravičenosti in nenazadnje v primeru, da pride do odtujitve med njeno uporabo na terenu. Začel sem z naročanjem vseh sestavnih komponent. Ko sem vse potrebne komponente dobil, sem se osredotočil na konstruiranje naprave.

Sestava in testiranje

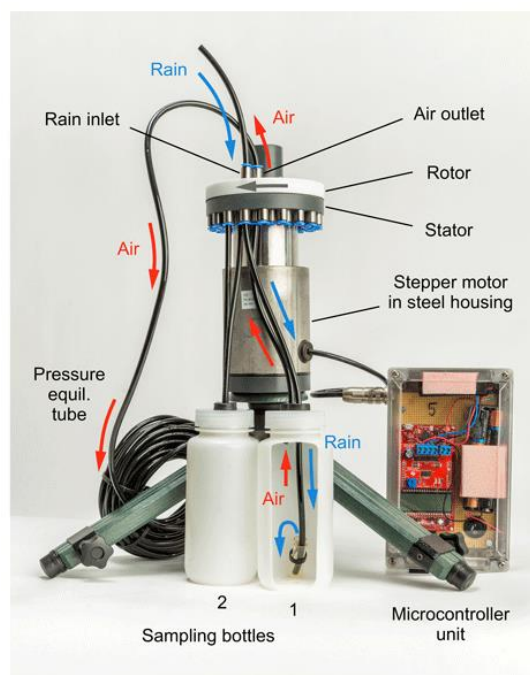
V tretjem delu sem se lotil izdelave naprave. Najprej smo izdelali leseno konstrukcijo, na katero smo nato zmontirali vse sestavne komponente in jih med sabo ožičili. Sledilo je programiranje mikrokrmilnika in zaslona, preizkus delovanja in testiranje na terenu.

3 OSREDNJI DEL

3.1 PREDSTAVITEV REZULTATOV RAZISKOVANJA

3.1.1 NAČRTOVANJE MEHANSKEGA SISTEMA

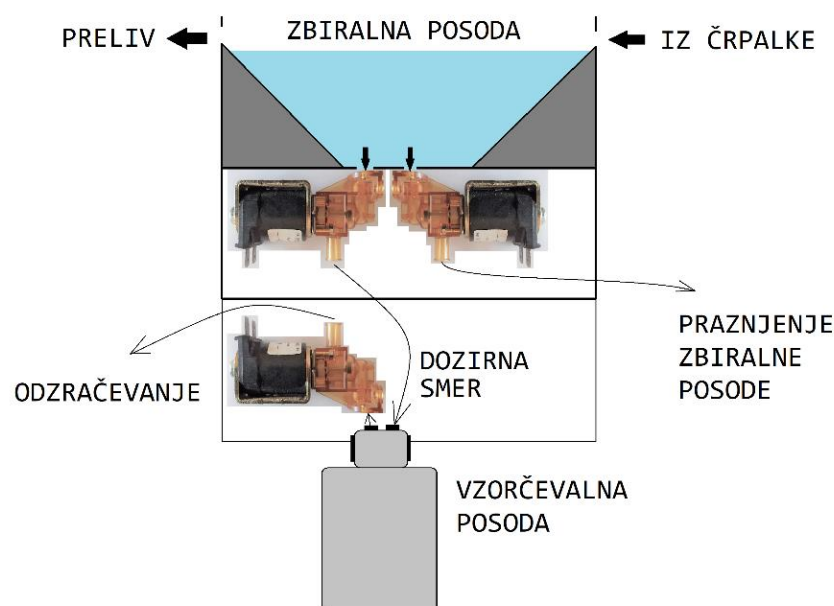
Po pogovorih z zaposlenimi, ki na oddelku Podzemne vode – hidrogeologija na Zavodu za geologijo izvajajo vzorčenja in analizirajo rezultate, sta se odprli dve varianti izvedbe sistema. V prvi varianti bi sistem izdelali v obliki mehanske rotacijske dozirne enote, druga varianta pa ventilsko doziranje. Prva varianta je temeljila na obstoječi rešitvi nemškega inštituta iz leta 2019, kjer so izdelali doziranje vzorčene vode v posode na način mehanske distribucijske enote, gnane s koračnim motorjem.



Slika 1 sistem nemškega inštituta

Ta sistem zagotavlja izpolnitev vseh zahtev glede mase in števila posodic za vzorčenje, prav tako glede vseh ostalih ciljev. Izdelava distribucijske enote, ki v rotorskem delu zagotavlja tudi zrakotesnost, pa je nekako presegala naše trenutne časovne in finančne okvire, ter sposobnost ocene vplivov na dolgoročno delovanje sistema. Prav tako se je pojavila dilema o porabi energije za koračno vodenje enote in posledični avtonomiji. Distribucijsko enoto smo sicer dali v mehansko izdelavo, vendar jo postavili v drugi plan oziroma drugo fazo samega projekta. Naročili smo tudi primeren koračni motor s prenosnim mehanizmom in potrebno elektroniko. Testiranje pa za potrebe te naloge nismo izvajali.

V prvo fazo razvoja vzorčevalnega sistema smo tako postavili varianto elektromehanskega ventilskega doziranja. Voda, ki jo želimo vzorčiti, se naravno ali s pomočjo črpalke dozira v zbiralno posodo iz katere se bo vzel vzorec. Višek vode bo odtekel čez prelivni izpust. Pri doziranju vode za posamezen vzorec je potrebno paziti, da se vode zajema novega vzorca čim manj mešajo z vodami starega vzorca, ki bi ostale v ceveh ali kjerkoli v dozirnem sistemu. Potrebno je zagotoviti tudi zrakotesnost vzorca za več dni. Ko se doziranje posodice zaključi, mora le ta ostati zrakotesno zaprta do analize, zbiralno posodo pa je potrebno čim bolj izprazniti. Vse to pomeni, da morajo biti dozirni ventili visoke kakovosti. Doziranje vode poteka pri nizkih tlakih, zato moramo poskrbeti za hkratno odzračevanje posodice, kar pomeni, da bo samo doziranje potekalo preko dveh ventilov, dozirnega in odzračevalnega, ki bosta vzporedno odprta. Glede na ta dejstva smo se dogovorili, da izdelamo za testne potrebe sistem za doziranje 8 vzorčevalnih posod s 16 elektromehanskimi ventili, dodaten ventil je potreben še za izpust vode iz zbiralne posode. Skica spodaj prikazuje smeri pretokov pri vzorčenju v eno posodo.



Slika 2 elektromagnetni ventil

3.1.2 NAČRTOVANJE KRMILNEGA SISTEMA

Za potrebe krmiljenja oziroma sistema vodenja imamo dandanes na voljo precej možnosti. Vsak krmilni sistem ima seveda svoje prednosti in slabosti. Osredotočati se moramo tudi na porabo in ceno, kar smo že omenili. Za krmiljenje naprave, ki smo si jo zamislili v prvi razvojni fazi, mora krmilni sistem zagotoviti 10 digitalnih izhodov za elektromehanske ventile in črpalke, vsaj nekaj digitalnih vhodov in neko možnost komunikacije za potrebe spreminjanja parametrov delovanja. Parametri delovanja se bodo nastavili na terenu glede na vrsto vzorčenja. Glede na mehanski del sistema je potrebno nastaviti čas črpanja vode v zbiralno posodo, čas doziranja v vzorčevalno posodico, čas praznjenja zbiralne posode in osnovni interval vzorčenja. Kasneje za drugo fazo projekta bo potrebno število digitalnih izhodov manjše, potrebovali bomo pa hitri pulzni izhod za koračni motor. Optimalna krmilna sistema prve in druge faze razvoja torej mogoče ne bosta enaka.

Na šoli je imel mentor na voljo tri različne krmilne sisteme, ki bi zadoščali kriterijem krmiljenja izbranega sistema:

1. Mikrokrmilnike Microchip AtMega2560 (Arduino MEGA) in podobne različice, ki omogočajo programiranje iz okolja Arduino v programskem jeziku C/C++,
2. M-DUINO 21, pol-industrijski krmilnik proizvajalca Industrial Shields iz Španije, katerega osnova je mikrokrmilnik ATMEL Mega 2560 (Arduino MEGA), vendar ga programiramo lahko s pomočjo grafičnega okolja podobnega lestvičnim diagramom,
3. industrijski krmilnik Siemens S7-1200.

Vsi trije omogočajo vzpostavitev Ethernet komunikacije, žično ali brezžično, pri prvem je potrebno dodati ethernet modul. Tudi tukaj smo se morali odločiti kaj bomo izbrali najprej za testno fazo. Prva dva sta programirljiva iz odprtokodnega okolja Arduino, krmilnik S7-1200 pa je programirljiv iz Siemensovega okolja, ki ni odprte kode in ima zelo visoko ceno. Najcenejši med njimi je seveda mikrokrmilnik Arduino Mega, ki ga dobimo že za 20 evrov. Mikrokrmilnik moramo vedno opremiti še z dodatnimi vezji, da je tokovno primeren za vodenje relejev, njegova prednost pa je ta, da lahko vse vhodno-izhodne pine po želji uporabljamo kot vhode ali izhode. Vsak mikrokrmilnik je zelo varčen in porabi za lastno delovanje le malo energije. Drugi dve varianti imata vhode in izhode vnaprej določene in opremljene z različnimi prilagoditvenimi vezji in jih ne moremo med sabo prosto mešati. Robustnost in zanesljivost pa je seveda na strani industrijskega krmilnika. Raziskovalna naloga je v tem pogledu razširjena lahko tudi na primerjavo med krmilnimi sistemi. Ker je uporaba mikrokrmilnika najugodnejša

in omogoča najvišjo stopnjo fleksibilnosti, se bom v nadaljevanju osredotočil nanj in opisal tudi vse ostale potrebne komponente, da zadostimo zahtevam krmiljenja.

Mikrokrmilnikov, ki jih lahko programiramo iz okolja Arduino je na voljo precej. Za krmiljenje naprave v testni fazi sem se odločil uporabiti mikrokrmilnik Arduino Mega, ki je zelo poznan in zanj obstaja precej programskih knjižnic za različne potrebe. Delo s poznanim sistemom je tako lahko hitro in učinkovito. Če se kasneje pokažejo slabosti, bomo krmilni sistem zamenjali. Za potrebe nastavljanja parametrov je najbolj smiselno uporabiti zaslon na dotik. Na spletu sem zasledil podobne naprave, med katerimi je večina uporabljala zaslon na dotik Nextion. Zaradi cenovne ugodnosti sem se odločil za zaslon Nextion z diagonalo 8,89 centimetrov. Elektromagnetne ventile smo priključili na relejsko ploščo s 16 elektromehanskimi releji, ki imajo tuljave optično ločene od mikrokrmilnika. Logika delovanja tuljav je na nizko stanje mikrokrmilniškega izhoda, kar ima za prednost v tem, da lahko uporabimo večji razpon napajalnih napetosti na digitalnih izhodih, slabost pa je v tem, da so releji prekrmljeni takoj po vzpostavitvi glavnega napajanja, prav tako teče tok tudi skozi vse tuljave. To bom v nadaljevanju še pojasnil. Za napajanje vseh komponent sem uporabil dva svinčena akumulatorja napetosti 12 V, ki ju povežemo zaporedno, da pridobimo načrtovano napajalno napetost 24 V.

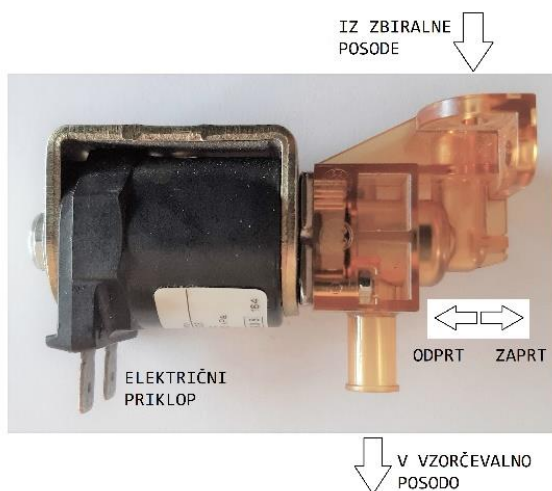
3.1.3 OPIS KOMPONENT

3.1.3.1 ELEKTROMAGNETNI VENTILI

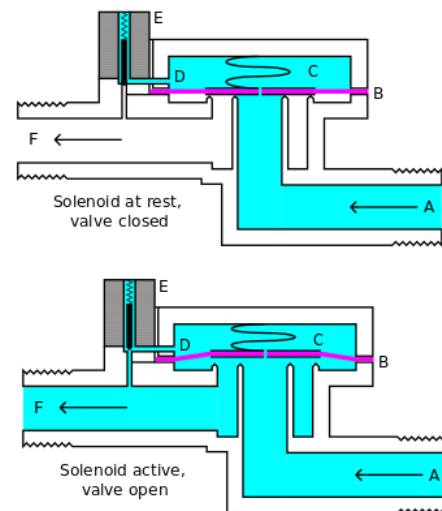
Elektromagnetni ventil je elektromehanski ventil.

Elektromagnetni ventili se razlikujejo po značilnostih električnega toka, ki ga uporabljajo, moči magnetnega polja, ki ga ustvarjajo, mehanizmu, ki ga uporabljajo za regulacijo tekočine, ter vrsti in značilnostih tekočine, ki jo nadzorujejo. Mehanizem se razlikuje od linearnega delovanja, batnih aktuatorjev do pogonov z vrtljivo armaturo in nihajnih aktuatorjev. Ventil lahko uporablja zasnovo z dvema priključkoma za regulacijo pretoka ali za preklapljanje pretokov med vrati uporablja zasnovo s tremi ali več vrati. Več elektromagnetnih ventilov je mogoče namestiti skupaj na razdelilnik.

Elektromagnetni ventili so najpogostejše uporabljeni krmilni elementi v fluidiki. Njihove naloge so izklopiti, sproščati, dozirati, razporediti ali mešati tekočine. Najdemo jih na številnih področjih uporabe. Elektromagnetni ventili ponujajo hitro in varno preklapljanje, visoko zanesljivost, dolgo življenjsko dobo, dobro srednje združljivost uporabljenih materialov, nizko krmilno moč in kompaktno zasnovo. Elektromagnetni ventili, ki jih bomo uporabili so napetosti 24 V DC in skozi tuljavo ob aktivaciji steče tok 390 mA.



Slika 4 elektromagnetni ventil



Slika 3 elektromagnetni ventil-splošno delovanje

3.1.3.2 ARDUINO MEGA

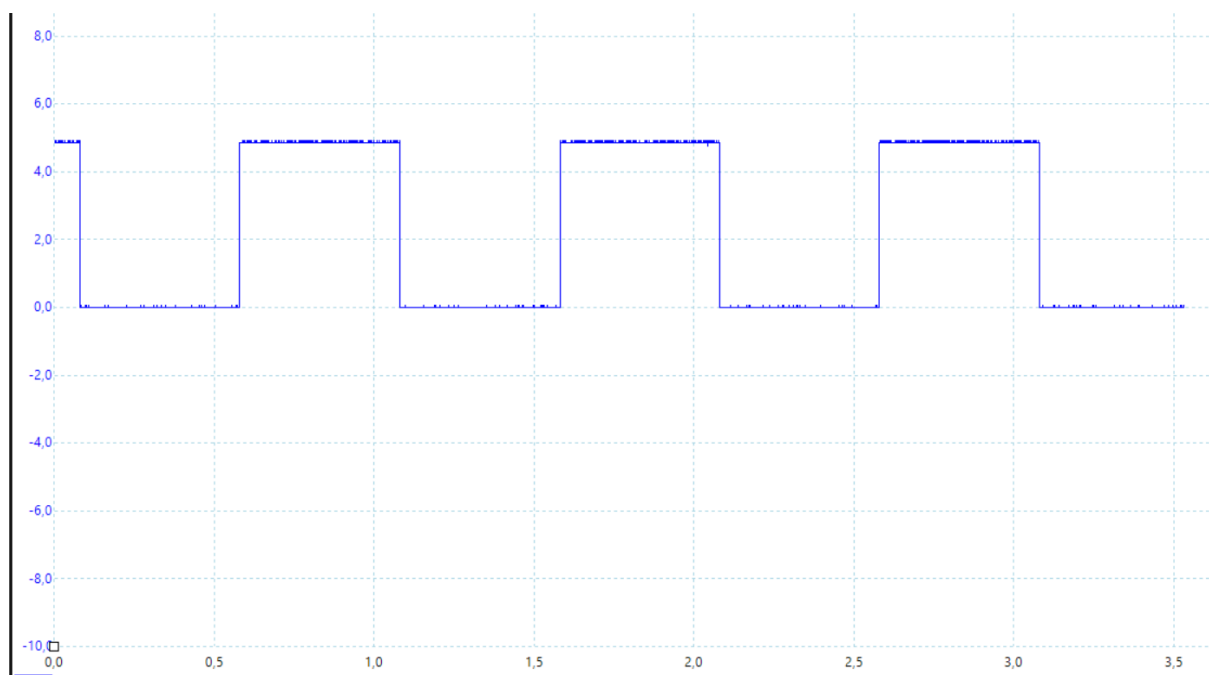
Razvojna plošča Arduino Mega temelji na Atmelovem 8-bitnem mikrokrmilniku ATmega2560. Njene glavne značilnosti: Vsebuje 56 digitalnih vhodno / izhodnih priključkov, od katerih jih lahko 15 uporabimo za PWM1 signale in 16 analognih vhodov. Delovna napetost znaša 5 V, posamezne elemente pa lahko napetostno napajamo kar iz razvojne plošče. Za to imamo na voljo napetost 5 V in 3,3 V. Paziti moramo, da posameznih izhodov ne preobremenimo. Posamezni izhod lahko obremenimo z največ 40 mA pri napetosti 5 V in z največ 50 mA pri napetosti 3,3 V. Takt diktira 16 MHz oscilator. Vsebuje 256 KB flash programskega pomnilnika za vpisovanje programa v mikrokrmilnik. Ta se ne izbriše, če razvojni plošči izklopimo napajanje. Poleg flash vsebuje še 8 KB RAM in 4 KB EEPROM pomnilnika. Razvojno ploščo lahko napajamo preko USB vhoda, lahko pa jo priključimo na ustrezni adapter.



Slika 5 Arduino mega plošča

3.1.3.3 RTC MODUL DS3231

RTC (Real Time Clock) modul je modul za uro realnega časa. Ima precej stabilen 32 kHz oscilator in temperaturno kompenzacijo. V enem letu bi naj podatkih proizvajalca prišlo do maksimalno ± 1 minute pogreška. Modul ima svojo baterijo, ki omogoča, da se čas ohrani tudi če pride do izpada glavnega napajanja. Komunikacija z modulom je tipa I2C. Pri prvem zagonu modula nastavimo pravi čas, aktiviramo lahko izhod na katerem imamo pulzno napetost zelene frekvence, na primer 1 Hz, kot kaže naslednja slika zajeta z osciloskopom.



Slika 6 pulzna napetost zajeta z osciloskopom

3.1.3.4 ZASLON NA DOTIK NEXTION

Nextion je zaslon na dotik, kar pomeni, da gre za računalniško vhodno-izhodno enoto, ki s površino, namenjeno grafičnemu prikazovanju podatkov, zaznava tudi dotik uporabnikovega prsta ali ustreznega predmeta (npr. pisala), s katerim lahko nastavljamo določene funkcije. To omogočimo v programski opremi Nextion Editor, v kateri s komponentami povleci-in-spusti (grafika, besedilo, gumb, drsnik itd.) in z ASCII besedilnimi navodili za kodiranje zapišemo, kako se bo komponenta odzvala ob določenem ukazu. Uporabili smo 3,5 inch (8,89 cm) kapacitivni zaslon, ki za delovanje potrebuje napetost 5 V in tok približno 500 mA.



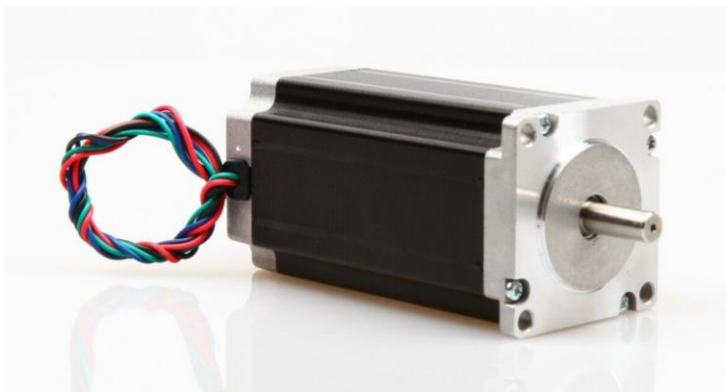
Slika 7 nextion

3.1.3.5 KORAČNI MOTOR

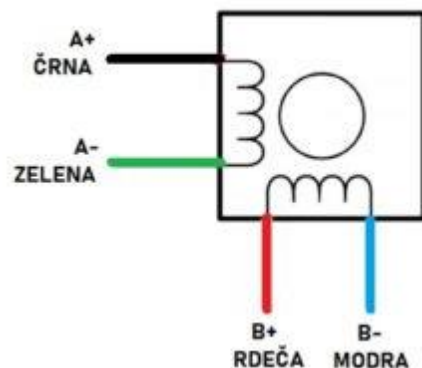
Koračnega motorja v prvi razvojni fazi sicer ne bomo uporabili, ga bomo pa predstavili za potrebe nadaljevanja raziskovalne naloge. To so motorji brez krtačk. Te so pogost vir okvare pri električnih motorjih, zato imajo koračni motorji zagotovljeno bistveno daljše delovanje kot motorji s krtačkami. Zaradi tega je uporaba koračnih motorjev primerna tam, kjer se zahteva nepretrgano delovanje in delovanje brez okvar. Je elektromehanski del, ki pretvori električni signal v mehansko rotacijo osi. Vsak pomik osi za točno določen kot se izvede ob ustreznem električnem pulzu; npr. ko koračnemu motorju dovedemo napetost, se obrne za en korak, ki predstavlja 1.8° , kar pomeni, da potrebuje motor za en cel obrat 200 korakov ($200 \times 1.8^\circ = 360^\circ$).

Poznamo 2 tipa koračnih motorjev: unipolarne in bipolarne. Pri unipolarnih koračnih motorjih so vsa navitja povezana v eni točki in so enostavnejši za krmiljenje. Bipolarni nimajo navitja povezanega med sabo v eni točki, zato imajo boljše razmerje med velikostjo in navorom kot unipolarni.

Odločil sem se za NEMA 23 bipolarni 3.0 A motor, saj bo moral vrteti krog s čašami, stisnjen ob drug krog s cevmi, posledično pa bo veliko trenja.



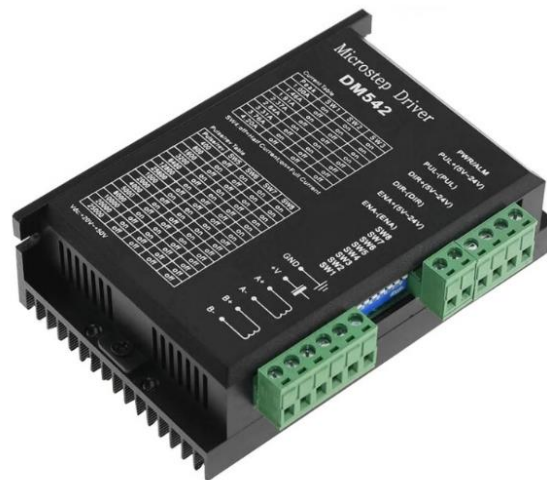
Slika 9 NEMA 23



lika 8 shema NEMA 23

3.1.3.6 GONILNIK KORAČNEGA MOTORJA

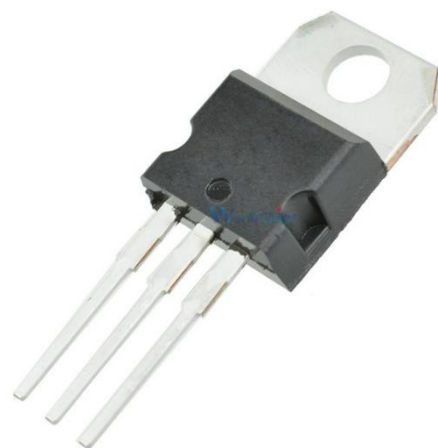
Gonilniki koračnih motorjev so posebej zasnovani za pogon koračnih motorjev in so sposobni natančno nadzirati položaj osi tudi ob neprekinjenem vrtenju. Gonilniki nudijo nastavljivo krmiljenje toka in večstopenjsko ločljivost, poleg tega pa imajo vgrajene prevajalnike, ki omogočajo krmiljenje koračnega motorja s preprostimi koračnimi in smernimi vhodi. Ti moduli lahko ponujajo vhode za neposredno sprožitev vsakega koraka. Za generiranje teh signalov je običajno potreben zunanji mikrokrmilnik. V moji nalogi bomo uporabili DM542 gonilnik.



Slika 10 gonilnik DM542

3.1.3.7 NAPAJANJE – NAPETOSTNI REGULATOR

V napravi imamo osnovno akumulatorsko napajalno napetost 24 V, ki seveda nekoliko niha glede na obremenitev in izpraznjenost akumulatorja. Za potrebe napajanja mikrokrmilnika, zaslona potrebujemo enosmerno napetost 5 V, prav tako imamo enosmerno napetost tudi za ploščo z releji. Na tej plošči bosta hkrati aktivna maksimalno dva releja. Za potrebe napajanja v fazi testiranja bomo uporabili cenovno ugoden zvezni regulator tipa LM 7805, ki daje 5V na izhodu in maksimalni tok 1 A.



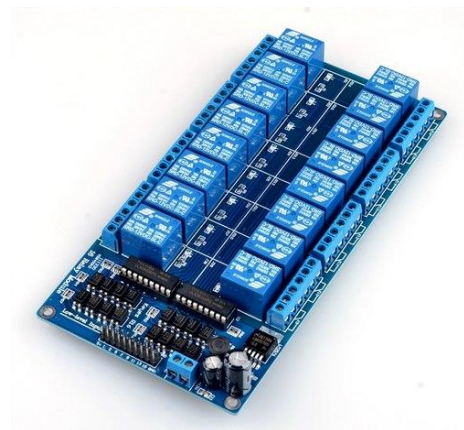
Slika 11 LM 7805

3.1.3.8 RELEJSKA PLOŠČA

Rele je elektromagnetno stikalo, ki ga vklapljamemo s krmilno napetostjo, krmilimo pa s tokom, ki povzroči magnetni pretok. Ko je magnetni pretok dovolj velik, magnetna sila pritegne kotvo k jedru, s tem se sklenejo kontaktna peresa. Ko releju odvzamemo napetost, mu prav tako odvzamemo tok in s tem magnetni pretok, kar povzroči, da magnetna sila popusti in se kontakti vrnejo v prvoten položaj. V našem primeru smo uporabili ploščo s 16 elektromehanskimi releji z enim menjalnim kontaktom. Na kontakte relejev lahko priključimo 30 V enosmerno napetost in maksimalni tok 10 A, kar daleč presega naše potrebe. Izhod mikrokrmilnika je optično ločen od vezja, ki krmili tuljavo. Za potrebe magnetenja tuljave steče tok 40mA.



Slika 13 rele



Slika 12 relejska plošča

3.1.3.9 VODNA ČRPALKA

Črpalka je naprava, ki z mehanskim delovanjem premika tekočine (tekočine ali pline), ki se običajno pretvori iz električne energije v hidravlično energijo. Črpalke lahko razvrstimo v tri velike skupine glede na metodo, ki jo uporabljajo za premikanje tekočine: črpalke z neposrednim dvigom, potisne in gravitacijske črpalke.

Črpalke delujejo z nekim mehanizmom (običajno batnim ali rotacijskim) in porabljajo energijo za izvajanje mehanskega dela pri premikanju tekočine. Črpalke delujejo prek številnih virov energije, vključno z ročnim upravljanjem, elektriko, motorji ali vetrno energijo, in so na voljo v številnih velikostih, od mikroskopskih za uporabo v medicinskih aplikacijah do velikih industrijskih črpalk.

Mehanske črpalke služijo v široki paleti aplikacij, kot so črpanje vode iz vodnjakov, filtriranje akvarijev, filtriranje in prezračevanje ribnikov, v avtomobilski industriji za hlajenje vode in vbrizgavanje goriva, v energetske industriji za črpanje olja in zemeljskega plina ali za obratovalno hlajenje stolpov in druge komponente ogrevalnih, prezračevalnih in klimatskih sistemov. V medicinski industriji se črpalke uporabljajo za biokemične procese pri razvoju in proizvodnji medicine ter kot umetne nadomestke za dele telesa, zlasti za umetno srce.

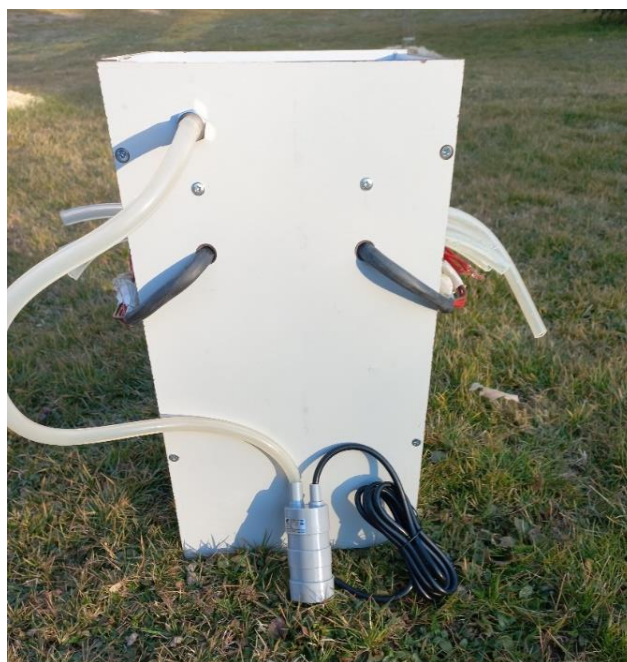
Kadar ohišje vsebuje samo en vrtljivi rotor, se imenuje enostopenjska črpalka. Kadar ohišje vsebuje dva ali več vrtljivih tekačev, se imenuje dvo- ali večstopenjska črpalka.



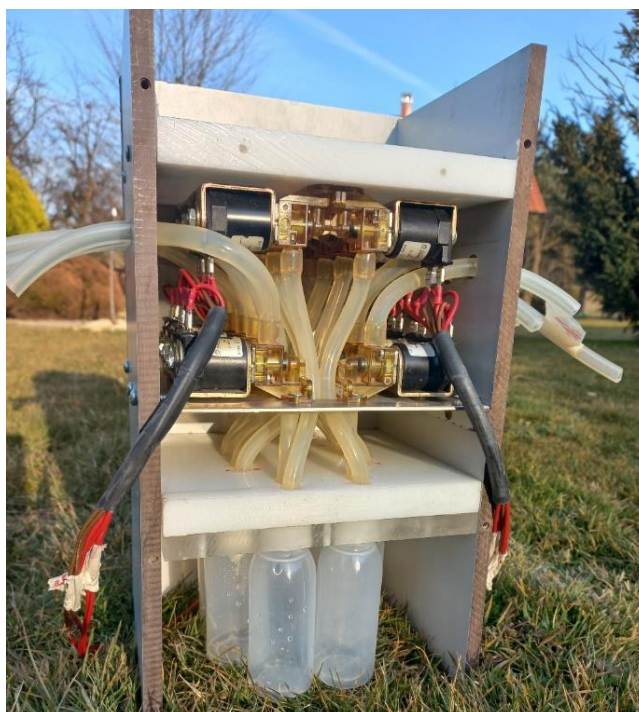
Slika 14 črpalka

3.1.4 OHIŠJE

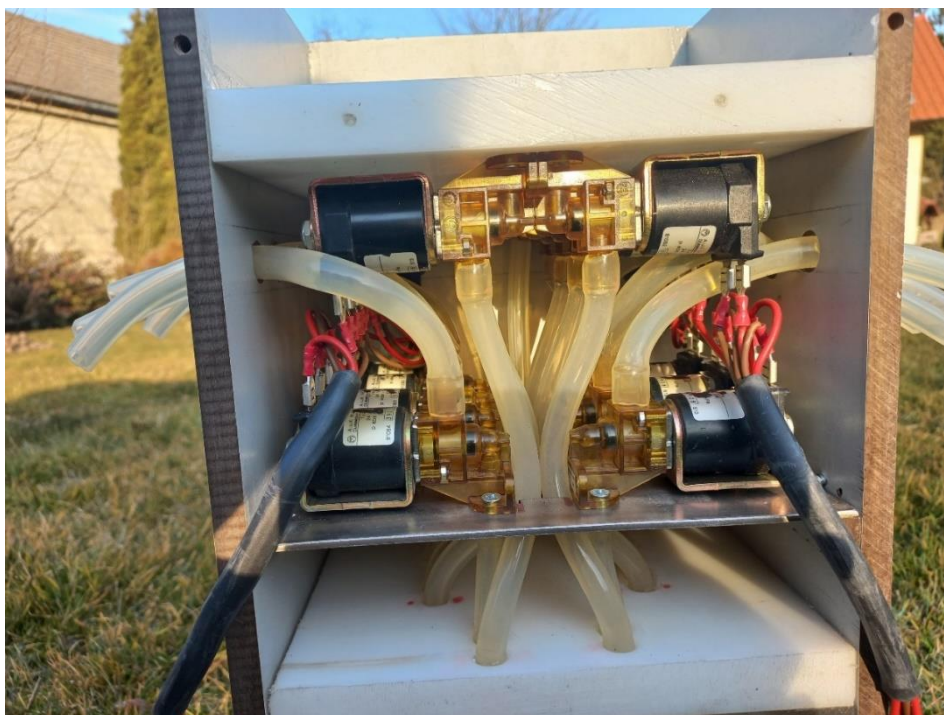
Komponente so za zdaj še v testnem ohišju, saj še prihaja do izboljšav in ko bo vse v optimalnem stanju, bomo konstruirali končno ohišje.



Slika 15 testno ohišje



Slika 16 testno ohišje



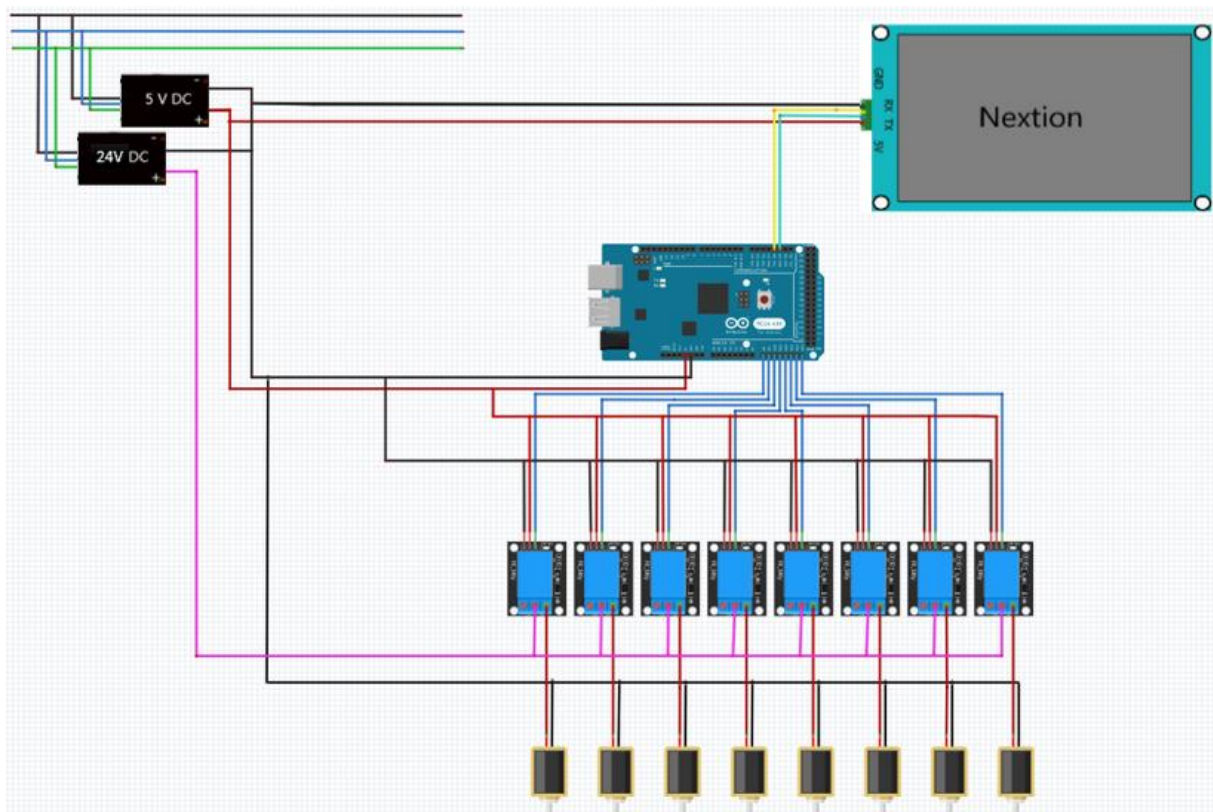
Slika 17 testno ohišje

Za potrebe vgradnje elektronike imamo vodotesen prenosljiv kovček rotacijskega laserja.



Slika 18 kovček za elektroniko

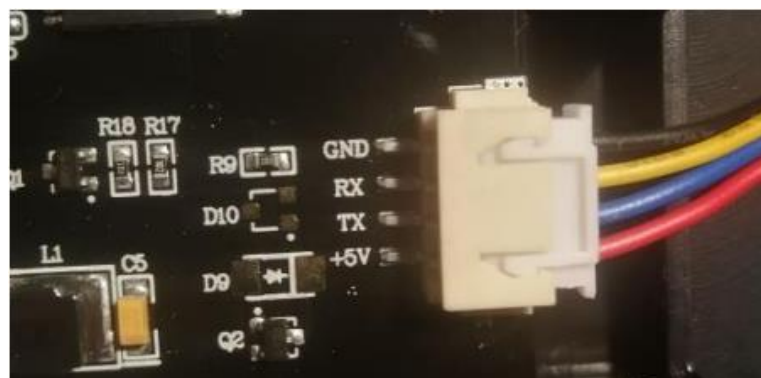
3.1.5 VEZALNI NAČRT



Slika 19 vezalni načrt

Ob prejetju vseh potrebnih komponent sem z nekaterimi dobil tudi vezalni načrt, ostale sem poiskal na spletu. Ko sem preučil posamezne vezalne načrte, sem izdelal celotnega, ki povezuje vse komponente med sabo.

Naprava, ko se bo akumulator polnil, bo priključena na omrežno napetost 230 V AC. Kasneje pa jo bosta napajalnika pretvorila v svoji nazivni napetosti (5 V DC in 24 V DC).



Slika 20 nextion konektor

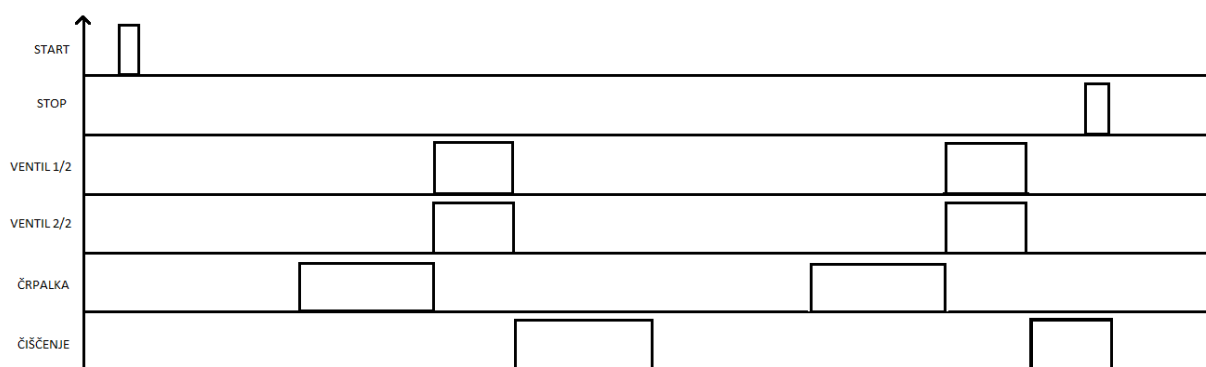
S 5 V napajalnikom se napajajo Arduino, Nextion in relejska plošča. Ostale komponente, kot so rele, gonilnik/koračni motor, elektromagnetni ventili in črpalka, napaja 24 V napajalnik oziroma akumulator.

Priključitev Nextiona na Arduino je zelo enostavna. Narediti sem moral le štiri povezave: GND – minus, RX – sprejemni vodnik, TX – oddajni vodnik in 5 V – potrebna napetost. Za pomoč pri pravilni vezavi so oznake napisane ob konektorju. Zaslona Nextion lahko povežemo tudi neposredno z nožico 5 V na Arduino, vendar ni priporočljivo. Delo z nezadostnim napajanjem lahko poškoduje zaslon, zato sem moral uporabiti zunanji vir napajanja.

Ostale komponente sem povezal, kot je razvidno na sliki. Pri ostali vezavi sem moral biti prav tako pozoren na pravilno priključitev.

3.1.6 ČASOVNI DIAGRAM IZVAJANJA PROGRAMA

Program izvajanja vzorčenja smo dogovorili skupaj z zaposlenimi iz Geološkega zavoda. Načrtoval sem časovni diagram saj gre za periodični proces izvajanja V tej sistemski različici se po nastavitvi časovnih parametrov delovanja, to je prvega naslednjega vzorčenja, intervala vzorčenja, časa črpanja v zbiralno posodo, časa doziranja v vzorčevalno posodico in časa čiščenja zbiralne posodice, proces požene s pritiskom na gumb Start, ki je na zaslonu. Kadarkoli lahko proces tudi prekinemo s pritiskom na gumb Stop. V časovnem diagramu nisem posebej narisal časov, saj so vsi nastavljivi.

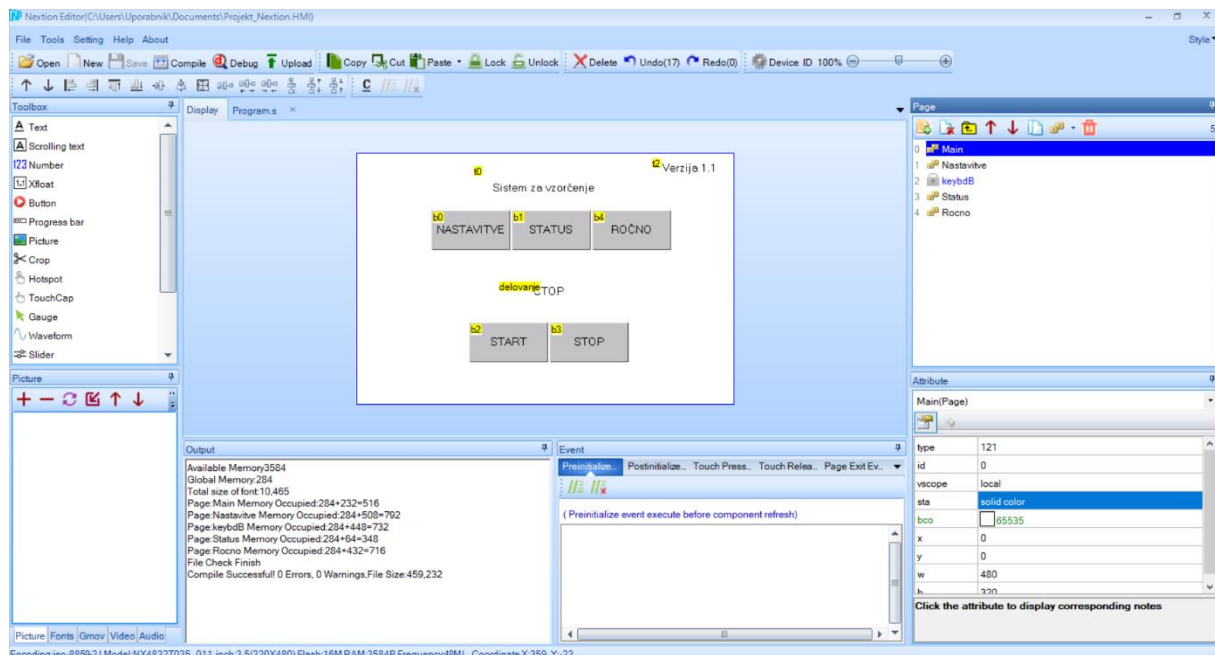


Slika 21 časovni diagram izvajanja programa

3.1.7 PROGRAMIRANJE

3.1.7.1 PROGRAMIRANJE ZASLONA

Za programiranje Nextion zaslona sem uporabil program Nextion editor.



Slika 22 nextion editor

Programsko okolje vsebuje:

1 **Meni in orodne vrstice** – z njimi je možno shranjevanje programa, preverjanje delovanje programa, izvoz programa na krmilnik in uporaba določenih orodij.

2 **Grafično oblikovanje programa** – v tem delu se grafično oblikuje strani.

3 **Podokno komponent** – v njej izbiramo komponente, ki jih želimo grafično prikazati na ekranu. 4 **Nastavitve komponent** – v tem delu se vidijo podatki o komponenti, ki smo jo dodali, in spreminjamo grafične lastnosti komponente.

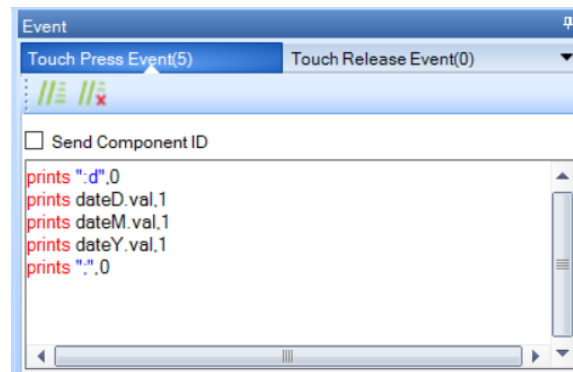
5 **Slike in pisave** – vsako pisavo in sliko, ki jo želimo uporabiti v programu, moramo posebej vnest v program, paziti moramo, da so slike prave velikosti.

6 **Programsko okno** – vanj zapišemo kodo, kaj želimo storiti, ko aktiviramo komponento.

7 **Izhodno podokno** – prikazani so podatki o programu in ob preverjanju program zazna, če so kje kakšne nepravilnosti.

8 **Strani** – v tem delu dodajamo nove strani in se premikamo med njimi.

V Nextion Editorju pripravimo zaslonske slike in napišemo posamezne funkcionalnosti ter obliko podatkov, ki jih bomo poslali preko serijske komunikacije do mikrokrmilnika. Mikrokrmilnik pošlje nazaj različne podatke in spreminja zaslonske slike glede na status delovanja. Format podatkov, ki si jih enoti izmenjujeta v našem primeru ni standardiziran ampak namensko izdelan glede na potrebe aplikacije.



Slika 23 programiranje zaslona

3.1.7.2 PROGRAMIRANJE MIKROKRMILNIKA

Za programiranje mikrokrmilnika Arduino Mega sem uporabil program Arduino IDE. Pri pisanju programa sem uporabljal programski jezik C++. V začetku sem napravil samo program osnovni cikel zaporedja vklopov in izklopov ventilov ter vmesnih časovnih zakasnitev, ki so bile ustrezno skrajšane in podane kot spremenljivke, ki bodo nastavljive na zaslonu. S tem sem preizkusil delovanje ventilov in pomeril porabo toka preko intervala.

V programu smo uporabili dva serijska vmesnika, eden je za programiranje in razhroščevanje, drugi je za potrebe komunikacije med mikrokrmilnikom in zaslonom. Uporabili smo en prekinitveni vhod na katerega smo priključili izhod RTC modula, ki daje pulzni signal frekvence 1 Hz. Sam program je zahteven predvsem zaradi prenašanja podatkov med zaslonom na dotik in mikrokrmilnikom, proces ni posebej zahteven, gre za neke vrste koračno krmilje.

3.2 RAZPRAVA

3.2.1 OPIS DELOVANJA

Zaposleni iz zavoda napravo prinese do mesta vzorčenja in priklapi cevne povezave. Na zaslonu nato nastavi po vrsti:

- Datum in uro prvega termina vzorčenja,
- Interval med prvim in vsakim naslednjim vzorčenjem,
- Čas doziranja v vzorčevalno posodico,
- Čas čiščenja zbiralne posode preko ventila.

NASTAVITVE DELOVANJA IZHOD

Prvo naslednje vzorčenje:

DAN MESEC LETO

DATUM: 0 0 0 SHRANI

URE MINUTE

URA: 0 0 SHRANI

INTERVAL: 0 h 0 m 0 s

ČAS DOZIRANJA: 0 s

ČAS ČIŠČENJA: 0 s SHRANI

Slika 24 izgled zaslona

Po vpisu nastavitve se zažene proces s pritiskom na gumb Start. S tem bo program prilagodil vse čase, za odpiranje/zapiranje elektromagnetnih ventilov in aktiviranje črpalke. Nato lahko zaposleni odide in pride nazaj, v našem primeru najkasneje čez en mesec, v praksi pa verjetno prej, ker zaenkrat še ni daljinskega dostopa. Ko poteče čas za odvzem prvega vzorca se vključi črpalka za doziranje vode v zbiralno posodo, ki je zaenkrat fiksno nastavljena na 1 minuto črpanja. Nato se odpre ustrezni elektromagnetni ventilski par za doziranje v vzorčevalno posodico, kar traja predviden čas, to je čas doziranja. Zatem se odpre ventil za čiščenje, ki izrazi zbiralno posodico in jo pripravi za nov interval. Tako poteka en cikel vzorčenja, predvidenih je sedem. Saj imamo toliko posodic.

Z isto napravo lahko vzorčimo tudi vodo, ki priteče v zbiralno posodico gravitacijsko. V tem primeru nastavimo čas črpanja na 0.

V raziskovalni nalogi sem na začetku postavil naslednje hipoteze:

1. Naprava izvaja avtomatsko odvzemanje vzorcev vode.

Mehanski del je v testni različici izdelan kot vzorčevalnik za 7 posodic. Izbrana tehnologija omogoča seveda bistveno več vzorčevalnih posod, vendar se povečajo dimenzije in masa takšnega sistema. Ventilsko doziranje je dovolj natančno, saj je odstopanje lahko brez težav $\pm 0,1$ l. Delovanje sistema je popolnoma avtomatsko, prav tako je mehansko sistem robusten in zanesljiv ter programsko relativno nezahteven. Hipotezo lahko potrdim.

2. Akumulatorsko napajanje je 24 V in omogoča 1 mesec avtonomije delovanja.

Izbira akumulatorskega napajanja 24 V je posledica kvalitetnih elektromagnetnih ventilov, ki so jih imeli na Zavodu za geologijo na voljo. Preučili smo različne elektromagnetne ventile slovenskih proizvajalcev in uvoznikov vendar jih nismo imeli časa posebej preizkušati, zahteve po tesnjenju pa so v našem primeru visoke. V sistemu sta predvidena dva svinčena akumulatorja 7,5 Ah. Tok skozi tuljavo posameznega releja je 390 mA pri nazivni napetosti 24 V. Hkrati sta aktivna dva, kar pomeni 800 mA za predvidenih 6 sekund doziranja. Mikrokrmilnik, RTC modul in zaslon potrebujejo za svoje delovanje 230 mA, relejski modul pa v aktivnem delovanju tuljav relejev potrebuje 40 mA. V enem mesecu, računamo za 30 dni, znese to:

- Mikrokrmilnik in RTC modul: 720 ur delovanja, kar pomeni $0,12 \text{ A} \times 720 \text{ h} = 86,4 \text{ Ah}$,
- Zaslon : 720 ur delovanja, kar pomeni $0,11 \text{ A} \times 720 \text{ h} = 79,2 \text{ Ah}$,
- Elektromagnetni ventilski par in rele: $7 \times 6 \text{ s} \times 0,84 \text{ A} = 35,28 \text{ As}$,
- Črpalka (12V, 17W): $7 \times 60 \text{ s} \times 1,4 \text{ A} = 588 \text{ As}$.

Ugotovimo lahko, da je najvišja poraba energije pri mikrokrmilniku in zaslonu, pri prvem jo lahko znižamo z režimom spanja, vendar moramo predelati tudi programsko kodo. Zaslon potrebujemo le v fazi pisanja parametrov, potem pa ni več potreben. Kljub temu zaenkrat ugotavljamo, da je poraba v obstoječi konfiguraciji previsoka. Hipoteze torej ne morem potrditi, saj so potrebne določene spremembe.

3. Naprava je v celoti prenosljiva in ne presega mase 10 kg.

Naprava je tudi v tej testni izvedbi prenosljiva, vendar pogojno, saj konstrukcija zaenkrat ni dovolj robustna. Hipotezo lahko pogojno potrdim

4. Stroški naprave ne presegajo vrednosti 1000 evrov.

Stroški naprave v tej izvedbi seveda ne presegajo maksimalnega dopustnega zneska, saj so komponente večinoma nizko cenovne. V kolikor bomo v prihodnosti komponente zamenjali in prav tako nadgradili napajanje z bolj sposobnimi litijevimi akumulatorji, pa se cena lahko hitro približa tej vrednosti. Prav tako v ceni ne upoštevamo velikega števila ur, ki so bile potrebne za razvoj vseh elementov sistema.

4 ZAKLJUČEK

Naprava v osnovi deluje kot smo si zastavili. Razvoj vsake nove naprave je vedno dolgotrajna pot reševanja problemov in iskanja izboljšav v vseh elementih. Sedaj smo naredili prve korake v prvi fazi razvoja morebitnega novega produkta. Čaka nas še dolga pot, ki bo ponujala izzive tudi dobrim strokovnjakom, končni produkt pa doprinos za kvalitetnejše in učinkovitejše spremljanje okoljskih parametrov nam dragocene naravne dobrine.

Med izdelavo raziskovalne naloge sem se veliko naučil, predvsem programiranja mikrokrmilnikov, saj imam na tem področju manj izkušenj. V šoli spoznavamo različne komponente mikrokrmilniških sistemov in pristope k programiranju le teh. Zadal sem si kar zahtevno nalogo, imel sem številne težave z izbiro komponent in programiranjem, ki sem jih rešil tako, da sem se posvetoval z mentorji, zaposlenimi iz inštituta, s starši in s sošolci. Večino podatkov pa sem našel na spletu.

5 VIRI IN LITERATURA

- Mikrokrmilnik Arduino mega. Pridobljeno 10. 3. 2022 s strani:
<https://www.rs-online.com/designspark/what-is-arduino-mega-2560-a-getting-started-guide>
- Mikrokrmilnik ESP 32. Pridobljeno 10. 3. 2022 s strani:
<https://randomnerdtutorials.com/esp32-pinout-reference-gpios/>
- Koračni motor NEMA 23. Pridobljeno 10. 3. 2022 s strani:
<https://www.nkxmotor.si/shop/koracni-motorji/nema23/nema-23-bipolarni-koracni-motor-2-5nm/>
- Koračni motor. Pridobljeno 10. 3. 2022 s strani:
https://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor
- Gonilnik koračnega motorja DM542. Pridobljeno 10. 3. 2022 s strani:
<https://www.nkxmotor.si/shop/gonilnik-koracni-motor/dm542/digitalni-gonilnik-koracnega-motorja-dm542/>
- Napajalnik. Pridobljeno 10. 3. 2022 s strani:
<https://www.nkxmotor.si/shop/napajalnik/preklopni-napajalnik/36vdc/preklopni-napajalnik-36-v-350-w-9-8-a-cnc/>
- Črpalka. Pridobljeno 10. 3. 2022 s strani:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Pump>
- Nextion. Pridobljeno 10. 3. 2022 s strani:
<https://nextion.tech>
- Elektro-magnetni ventil. Pridobljeno 10. 3. 2022 s strani:
https://en.wikipedia.org/wiki/Solenoid_valve

6 ZAHVALA

Zahvaljujem se vsem, ki so kakorkoli pomagali pri izdelavi raziskovalne naloge. Še posebej bi se rad zahvalil mojem mentorju Gregorju Kramerju, univ. dipl. inž. el. za ves trud, čas, podporo, vztrajnost in nasvete za izdelovanje raziskovalne naloge. Prav tako bi se rad zahvalil zavodu za geologijo za ideje, nasvete in tudi kritike pri izdelovanju izdelka, staršem in sošolcem, ter lektorici za pregled in popravo raziskovalne naloge. Še enkrat vsa zahvala vsem, ki so pripomogli k nastanku te raziskovalne naloge, saj brez njihove pomoči naloga ne bi bila uspešna.

IZJAVA*

Mentor GREGO KRAMER v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom NAPRAVA ZA VZORČENJE VODA, katere avtor je MARTIN RESNIK:

- 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 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, 12. 4. 2022



Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

*
POJASNILO

V skladu z 20. 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.