

Automatizacija punilice za med

Novotni, Viktor

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Bjelovar University of Applied Sciences / Veleučilište u Bjelovaru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:144:654384>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository of Bjelovar University of Applied Sciences](#)



VELEUČILIŠTE U BJELOVARU
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ MEHATRONIKA

AUTOMATIZACIJA PUNILICE ZA MED

Završni rad br. 14/MEH/2019

Viktor Novotni

Bjelovar, listopad 2021.



Veleučilište u Bjelovaru

Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar

1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Novotni Viktor**

Datum: 18.09.2019.

Matični broj: 001331

JMBAG: 0314013789

Kolegij: **MIKRORAČUNALA**

Naslov rada (tema): **Automatizacija punilice za med**

Područje: **Tehničke znanosti**

Polje: **Elektrotehnika**

Grana: **Automatizacija i robotika**

Mentor: **Zoran Vrhovski, mag.ing.el.techn.inf.**

zvanje: **predavač**

Članovi Povjerenstva za ocjenjivanje i obranu završnog rada:

1. Tomislav Pavlic, mag.ing.mech., predsjednik
2. Zoran Vrhovski, mag.ing.el.techn.inf., mentor
3. Danijel Radočaj, mag.inž.meh., član

2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 14/MEH/2019

U radu je potrebno:

1. Opisati potrebe automatizacije punilice za med
2. Izraditi i opisati punilicu za med
3. Opisati senzore i aktuatore korištene za automatizaciju punilice za med
4. Izraditi i opisati sustav za automatizaciju zasnovan na mikrokotroleru ATmega32u4 što uključuje izradu električne sheme sustava i izradu programske podrške

Zadatak uručen: 18.09.2019.

Mentor: **Zoran Vrhovski, mag.ing.el.techn.inf.**



Zahvala

Zahvaljujem se ponajprije Gospi našoj Blaženoj Djevici Mariji, a potom svim djelatnicima i studentima Veleučilišta u Bjelovaru, instruktorima na strpljenju, upornosti, ukazanoj želji i volji za prenošenjem bogatog i korisnog znanja i vještina iz dotične struke te obitelji i prijateljima na podršci tijekom studiranja. Zahvala mentoru dr. sc. Zoranu Vrhovskom na pomoći i savjetima tijekom izrade završnog rada. Veliko hvala svima na suradnji, doprinosu da se zavoli struka i pronade u njoj te prilici za boljim životom.

Sadržaj

1. UVOD	1
2. IZRADA AUTOMATSKE PUNILICE ZA MED.....	2
2.1 <i>Pomoćni stol</i>	4
2.1.1 Spremnik meda	5
2.2 <i>Glavni stol</i>	5
2.2.1 Mehanizam za spuštavanje ambalažiranog meda	6
2.2.2 Mehanizam za zatvaranje poklopca na ambalaži	7
2.2.3 Tehničko rješenje za prekidanje medne niti	8
2.2.4 Tehničko rješenje za postavljanje poklopca	8
2.2.5 Trakasti transporter	10
3. PROJEKTIRANJE AUTOMATSKE PUNILICE ZA MED.....	11
3.1 <i>Primijenjeni programski alati i pomagala</i>	11
3.1.1 Projektiranja 3D modela.....	11
3.1.2 Projektiranja električne sheme.....	11
3.1.3 Programiranja	12
3.2 <i>Opis izabranih električnih i elektroničkih komponenti</i>	12
3.2.1 Elektromagnetski ventil.....	12
3.2.2 Induktivni senzor prisutnosti	13
3.2.3 Ispravljač napajanja.....	15
3.2.4 Istosmjerni motor	17
3.2.5 Kapacitivni senzor prisutnosti.....	19
3.2.6 Kapacitivni senzor razine tekućine.....	20
3.2.7 Koračni motor	22
3.2.8 Linearni aktuator	24
3.2.9 Optički spreznik.....	25
3.2.10 Piezoelektrična zujalica	26
3.2.11 Pogonitelj koračnog motora	27
3.2.12 Programator (USBasp).....	28
3.2.13 Razvojno okruženje mikroupravljača	31
3.2.14 Regulator napona.....	34
3.2.15 Relejni modul.....	35
3.3 <i>Sustav automatizacije zasnovan na mikroupravljaču ATmega32u4</i>	37
3.3.1 Razvojno okruženje.....	37
3.3.2 Električna shema.....	38
3.3.3 Programaska podrška	42
4. ZAKLJUČAK.....	43
5. LITERATURA	44
6. OZNAKE I KRATICE	51
7. SAŽETAK.....	54
8. ABSTRACT	55
9. PRILOZI.....	56

1. UVOD

S obzirom na dugogodišnju obiteljsku tradiciju bavljenja pčelarstvom, a ujedno da vrijeme i novac uloženi u završni rad bude korisno i pametno implementiran u vidu modernizacije i unapređenja OPG-a, iznjedrila je ideja o automatskoj punilici za med. Razlog tomu je potreba za ponovljivosti, preciznijem i ravnomjernijem punjenju meda u ambalažu te potrebom za punjenjem većih količina ambalaže uzastopno. Ideja je da uz što manje gubitke curenja meda, uštedu električne energije i novčanog kapitala, što manjim brojem električnih komponenti i pametnim mehaničkim rješenjima se razvije prikladna automatizacija punilice za med na kotačima s kočnicama koja će zauzimati malo prostora i biti cjenovno prihvatljiva širem krugu potencijalnih kupaca, tj. malim pčelarima i pčelarima početnicima.

Med se može pojedinačno ručno puniti u ambalažu direktno iz bačve preko ventila ili poluautomatskim punilicama te u većim serijama uzastopno automatskim punilicama. Automatska punilica za med ili linija za automatsko punjenje meda sastoji se od: klasičnog spremnika ili spremnika koji ima opciju zagrijavanja medija (meda) u sebi, ventila ili dozatora, zatvarača ambalaže, a u nekim izvedbama i etiketirke [1]. Spremnik meda i sva ostala oprema koja dolazi u kontakt s istim mora biti izrađena od austenitnog nehrđajućeg čelika [1]. Prilikom punjenja preporuča se viša temperatura meda zbog nižeg viskoziteta, ali se mora strogo paziti da temperatura meda ne prijeđe 40°C^1 jer isti može postati štetan za zdravlje ljudi [1]. Sva oprema i prostorije za pakiranje meda moraju zadovoljiti sanitarno-higijenske uvjete predviđene za ovu djelatnost te je potrebno pripaziti na vlagu, čiji utjecaj nepovoljno utječe na med [2]. Primjenjuje se ambalaža za med najčešće zapremnine 0,5 ili 1 kg. Ista može biti izrađena od stakla ili određenih polimernih materijala koji su dozvoljeni da mogu doći u kontakt s prehrambenim proizvodima.

Izradi završnog rada pristupano je na način da se od dosadašnjih spoznaja o temi istog i vlastitoj kreativnosti, vještinama i znanju napravi optimalno i kvalitetno rješenje u vidu funkcionalnosti same automatske punilice meda. U nastavku kroz poglavlja opisana je izrada pomoćnog i glavnog radnog stola. Zatim korišteni programski alati i pomagala kao i odabrane električne i elektroničke komponente te naposljetku sustav automatizacije zasnovan na korištenju mikroupravljača ATmega32u4 (razvojno okruženje, izrada električne sheme, programske podrške).

¹ Grupa autora, Pčelarstvo, Znanje, Zagreb, 1990, str.480.

2. IZRADA AUTOMATSKE PUNILICE ZA MED

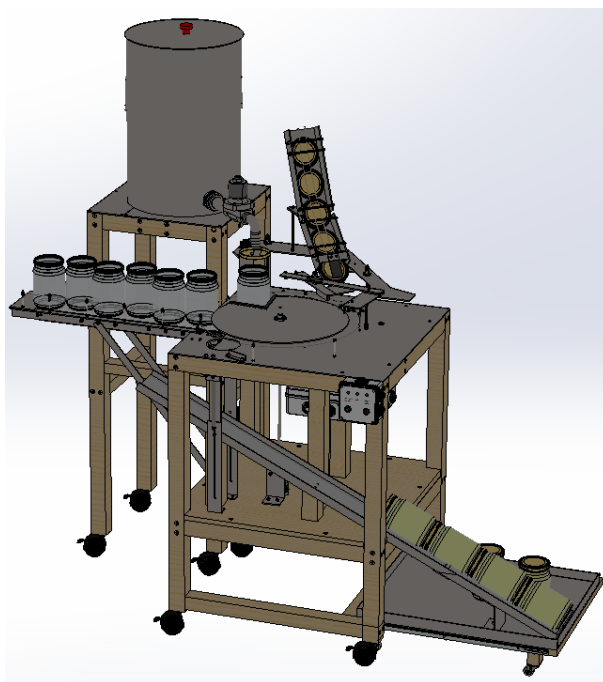
Automatizacija punilice za med razvijena je kako bi se olakšao i ubrzao proces punjenja meda u prikladnu ambalažu, te vršila njeno zatvaranje i otpremu. Pritom se mora osigurati: dobava prazne i čiste ambalaže, određena količina meda u spremniku u prihvatljivim temperaturnim granicama radi ispravnog punjenja, dobava tj. postavljanje poklopaca na ambalažu, mehanička operacija zatvaranja, a zatim spuštanje takve ambalaže na nižu razinu i sigurna otprema ambalažiranog meda. Odlika sustava automatizacije punilice za med očituje se iz niza važnih čimbenika, kao što su: ponovljivosti i preciznost punjenja, opcija punjenja ambalaže raznih zapremnina kao i sigurnosno zatvaranje istih te mogućnost daljnje manipulacije ambalažiranim medom (npr. privremeno skladištenje).

Danas u svijetu postoje proizvođači različitih izvedbi i rješenja u vidu automatizacije punilice za med od kojih su neki od njih: Giordan, Swienty, Neostarpack, King Machine, Oden Machinery, FiloMak, Tenco, Kolman, Nassenheider itd. Najčešće izvedbe su u obliku linijskih postrojenja upravljane pomoću trakastih transportera ili u obliku kružnih postrojenja upravljane okretnim stolom. Nerijetko zahtijevaju kompresor i imaju ugrađena tipkala i zaslon ili zaslon osjetljiv na dodir kojima se podešavaju parametri rada, a punjenje se često izvodi zupčastim pumpama (dozatorima). Pražnjenje spremnika s medom se može vršiti s dna ili s vrha. Također znaju biti mobilne ili stacionarne izrađene od austenitnog nehrđajućeg čelika sa dodacima polimernih materijala dozvoljenih za korištenje u prehrambenoj industriji.

Prototip automatske punilice za med izrađen je od dva mobilna dijela. Točnije, glavnog i pomoćnog stola na kotačima s kočnicama te pomičnom policom na razvlačenje i kanalicom zbog uštede prostora kada nije u aktivnoj upotrebi (funkciji rada). Putanja tj., mjesta na kojima se kreće i zadržava ambalaža kompletno su ograđena, a izrađena su od austenitnog nehrđajućeg čelika kao i putanja medija (meda), dok su ostali dijelovi (komponente) koje ne dolaze u doticaj s medijem ili ambalažom izrađene od raznih materijala od kojih je najzastupljenije drvo Jela (zaštićeno premazom laka) zbog svoje cijene, pogodnosti za stolarskom obradom i trajnosti. Velika pozornost posvećena je gravitacijskoj sili i mehanizmima zbog financijskih ušteda i praktičnosti. Princip rada je da se zelenim tipkalom pokrene proces rada, tako da će se ugasiti zeleni LED indikator spremnosti punilice i crveni LED indikator, upaliti istosmjerni motor pokretne trake na kojoj se nalazi prazna ambalaža i koračni motor koji okreće improvizirani disk napraviti će

sedam koraka od po 45°. Zatim pričekati kako bi ušla prazna ambalaža u otvor diska, pa napraviti još jedan korak od 45°. Ukoliko kapacitivni senzor uoči ambalažu, otvara se elektromagnetski ventil, uvlači prekidač medne niti i gasi istosmjerni motor. Med se iz spremnika na pomoćnom stolu prazni gravitacijski odozdo sve dok senzor razine tekućine na glavnom stolu ne pošalje signal za zatvaranje elektromagnetskog ventila, paljenje istosmjernog motora, izvlačenje prekidača medne niti i koračni motor, koji će napraviti četiri koraka od po 45°, prilikom kojih će postaviti i zatvoriti poklopac. Zatim ukoliko indukcijski senzor očita prisutnost poklopca na staklenci koračni motor napravi još dva koraka od po 45°, pričekava kako bi ambalažirani med dolaskom na mehanizam za spuštanje istog na nižu razinu spustio i kliznuo kanalicom ispod površine stola koja gravitacijski transportira i privremeno skladišti isti na izvučenu policu. Zatim koračni motor napravi još jedan korak od 45°, pričekava kako bi u otvor diska ušla nova prazna ambalaža, potom napraviti još jedan korak od 45° kako bi se proces ponovio. Nakon završetka cjelokupnog procesa upali se istoznačni LED zeleni indikator i oglasi se zvučnom signalizacijom piezoelektrične zujalice. Sigurnosno zaustavljanje vrši se crvenim tipkalom koji će sve pogasiti i upaliti crveni LED indikator.

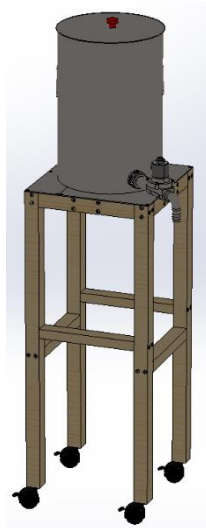
Automatska punilica za med prilagođena je za napajanje putem utičnice na kućnu mrežu 230 VAC. Opremljena je većim kućištem za električne i elektroničke komponente kao što su: zujalica koja zadanom jačinom u dB i određenom frekvencijom u Hz signalizira moguću pogrešku u sustavu, pogonitelj koračnog motora, napajanje, mikroupravljač, relejni modul itd. i manjim kućištem sa dvoma vodootpornim tipkalima za upravljanje sustavom. Također, manje kućište je opremljeno trima signalnim LED svjetlima od kojih jedna zelena signalizira spremnost punilice, druga zelena signalizira uspješno završen proces, dok treća crvena signalizira grešku. Greška zbog koje se vizualno signalizira uzrokovana je pritiskanjem sigurnosnog crvenog tipkala za prisilno zaustavljanje procesa rada automatske punilice za med. Automatizacija punilice za med dizajnirana je i projektirana za najčešće primjenjivanu staklenu ambalažu zapremnina 0,5 i 1 kg te metalne poklopce. Prilikom promjene zapremnine ambalaže predviđene za manipulaciju potrebno je vrlo jednostavno ručno podesiti nosač na kojem se nalazi: senzor razine tekućine, induktivni senzor prisutnosti poklopca, prekidač medne niti, mehanizam za postavljanje poklopca i mehanizam za zatvaranje istih na ambalažu. Slikom 2.1 u nastavku dan je uvid u izgled automatske punilice za med.



Slika 2.1: Prikaz 3D modela automatske punilice za med

2.1 Pomoćni stol

Pomoćni stol sastavni je dio sustava za automatizaciju punilice za med na kojem se nalazi spremnik s medom. Konstrukcija stola napravljena je od ručno ispiljenih i obrađenih letava drveta jela kvadratnog profila dimenzija 45x45mm. Letve su učvršćene (povezane) vijcima za drvo M6X90. Konstrukcija je dodatno ojačana na površinskoj i bočnim stranama stola letvama pravokutnog profila dimenzija 38x45mm. Različite dimenzije letava su isključivo zbog nepristupačnosti dovoljne količine jedne dimenzije. Na površinu drvene konstrukcije stola vijcima M4x20 učvršćena je dvodijelna ploča (iz istog razloga kao i letve) od austenitnog nehrđajućeg čelika debljine 3 mm. Na takav stol predviđeno je postavljanje spremnika za med zapremnine 50kg spojenim redukcijom koja smanjuje promjer otvora s 41,5 na 32 mm preko cijevi dužine 100 mm i elektromagnetskog ventila na slavinu izlaznog promjera 20 mm pri čemu su također sve komponente izrađene od austenitnog nehrđajućeg čelika. Drvenarija stola zaštićena je premazom laka, a čelik dezinficiran. Stol je opremljen kotačima s kočnicama ϕ 55 mm povezanim vijcima M3x20 što mu omogućava mobilnost, a jednostavnost izvedbe ga čini jednostavnim i laganim za korištenje i čišćenje. U nastavku slijedi prikaz prethodno opisanog pomoćnog stola slikom 2.2.



Slika 2.2: Prikaz 3D modela opremljenog pomoćnog stola

2.1.1 Spremnik meda

Spremnik je posuda s poklopcem uspravnog valjkastog oblika, puni se sa gornje strane i namijenjen je skladištenju meda te pražnjenju istog kroz slavinu promjera 41,5 mm pri dnu. Posuda je promjera 310 mm, visine 500 mm i zapremnine za 50 kg meda. Odvodna slavina izrađena je od PVC materijala, dok su posuda i poklopac izrađeni od visokokvalitetnog poliranog lima austenitnog 18/10 krom-nikal nehrđajućeg čelika, koji sadrži mali postotak ugljika te je otporan na kiseline. Svi spojevi posude su zavareni argonom, pri čemu je sama posuda opremljena dvjema ručkama za lakše prenošenje [3]. Slikom 2.3 u nastavku prikazan je prethodno opisani spremnik sa montiranim elektromagnetskim ventilom.

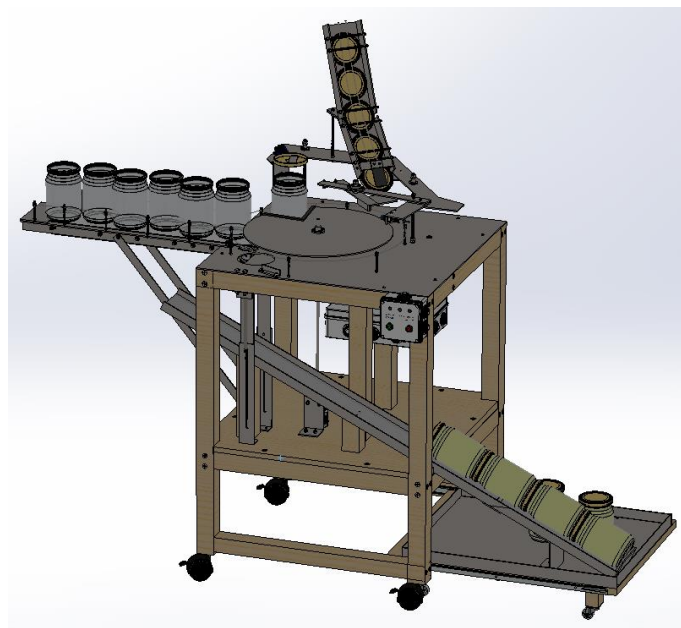


Slika 2.3: Prikaz spremnika meda sa PVC slavinom [3]

2.2 Glavni stol

Glavni stol sastavni je dio sustava za automatizaciju punilice za med na kojem se odvijaju sve operacije procesa automatske punilice. Konstrukcija iste napravljena je slično

kao prethodno opisana konstrukcija pomoćnog stola uz iznimku debljine stjenke kade u iznosu 1,5 mm i dubine 25 mm, raznim vrstama vijaka, debljinom drvenih ploča u iznosu 1,8 mm te dodatnim kotačima ϕ 31.75 mm. Ograda na gornjoj površini stola izrađena je od austenitnog nehrđajućeg čelika pomoću vijaka, matica i žice ϕ 3 mm. Kao i disk ϕ 370 mm sa utorom obloženim gumom debljine 10 mm okretanim priрубnicom na punoj uležištenoj šipci ϕ 8 mm i duljine 440 mm pomoću fleksibilne spojke. Prije rupe za spuštanje ambalažiranog meda postavljen je usmjerivač na dva M6x20 vijka kako bi isti odmaknuo od rubova i pozicionirao točno u rupu. Profil kanalice kojom klize pune staklenke dimenzija je 120x20x6 mm. Kanalice je dvodijelno rastavljiva, obložena gumom debljine 5 mm i nagnuta pod kutom od 25° te učvršćena vijcima na nosače. Vodilice police koja ujedno služi za privremeno skladištenje ambalažiranog meda duljine su 550 mm. Slikom 2.4 prikazan je izgled prethodno opisanog glavnog stola.

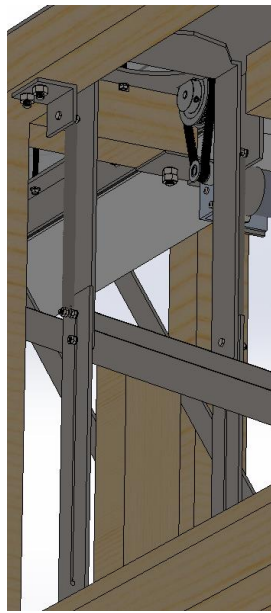


Slika 2.4: Prikaz 3D modela opremljenog glavnog stola

2.2.1 Mehanizam za spuštanje ambalažiranog meda

Mehanizam za spuštanje ambalažiranog meda na nižu razinu osmišljen je tako da ambalažirani med prilikom dolaska na predviđeno mjesto kružnog otvora na površini glavnog stola sjeda na površinu kliznog dijela mehanizma. Površina kliznog dijela mehanizma izvedena je u obliku odrezanog desetero-kuta kako bi prekrila više od pola promjera staklenke. Klizni dio mehanizma vijcima je ovješeno nosačima vijaka o dvije

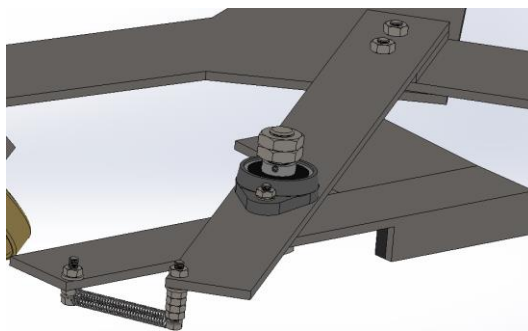
vlačne opruge ϕ 8 mm duljine 150 mm. Pri čemu gornji red vijaka na kliznom djelu služi za povezivanje s oprugama i uspravno spuštanje, dok drugi red vijaka služi također za uspravno spuštanje do određene granice i potom nagnjanje za 10° . Nagnjanje će uzrokovati da ambalažirani med sklizne s površine kliznog dijela na kanalicu i usmjeri se u smjeru iste te vrati u prvobitan položaj. Opisano ponašanje mehanizma omogućeno je nosačima koji služe kao vodilice u obliku slova j. Navedeni mehanizam djelomično je prikazan slikom 2.5.



Slika 2.5: Prikaz 3D modela mehanizma za spuštanje ambalažiranog meda

2.2.2 Mehanizam za zatvaranje poklopca na ambalaži

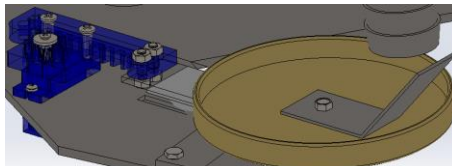
Mehanizam za zatvaranje poklopca na napunjenoj ambalaži izveden je kao polužni mehanizam. Poluga je po sredini uležištena i učvršćena vijkom M8x40 i maticama za krak pomičnog postolja vijcima M4x16 i maticama. Na jednom kraju poluga je povezana za vlačnu oprugu ϕ 5 mm duljine 40 mm učvršćenu M3 vijcima, maticama i podloškama za dotični krak. Dok je drugi kraj poluge izveden u obliku blago nagnutog L profila kraćom unutarnjom stranicom obloženog gumom. Guma na poluzi debljine 5 mm postavljenoj pod idealnim kutom ima za cilj zatvoriti poklopac na ambalaži određenom duljinom linearnog trenja o istu potpomognutu silom opruge. Navedeni mehanizam prikazan je slikom 2.6 u nastavku.



Slika 2.6: Prikaz 3D modela mehanizma za zatvaranje poklopca na ambalaži

2.2.3 Tehničko rješenje za prekidanje medne niti

Tehničko rješenje za prekidanje medne niti ostvaruje se linearnim pomacima aktuatora. Na zubnu letvu vijcima M3x8 i maticama učvršćen je pravokutni komad akrilnog stakla debljine 2 mm s jedne strane, dok je s druge strane pravokutnog komada vijkom M3x10, maticom i podloškom učvršćen po sredini poklopac na kojem se nalazi savinuti pravokutni komad lima austenitnog nehrđajućeg čelika debljine 1 mm. Između krajeva pravokutnog komada odozdo zalijepljen je kuglični kotač od austenitnog nehrđajućeg čelika čija je putanja užljebljena, kao što je prikazano slikom 2.7 u nastavku.

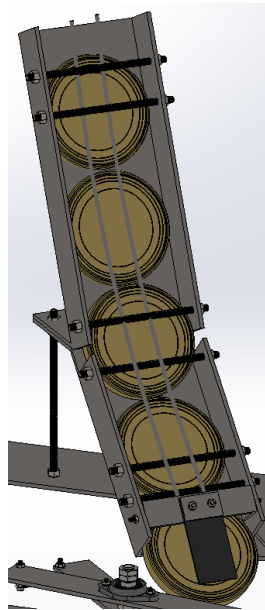


Slika 2.7: Prikaz 3D modela tehničkog rješenja za prekidanje medne niti

2.2.4 Tehničko rješenje za postavljanje poklopca

Tehničko rješenje za postavljanje poklopca na staklenku ostvaruje se izvlačenjem poklopca s konstrukcije postavljača postavljene tako da nailaskom na staklenku napunjenu medom u utoru diska točka izvlačenja jest tangenta. Konstrukcija istog sastavljena je od dva savijena i izrezana komada U profila na vijcima M5x140 spojenim s pomičnim postoljem. Takova kanalica je po širini povezana sa šest vijčanih šipki M4x130 i maticama te tako natkrivena po dužini žicom ϕ 3 mm, koja je učvršćena provlačenjem iste između prethodno navedenih šipki. Pred kraj kanalice na istu je vijcima M3x10 i maticama učvršćen naopako okrenut komad U profila, kojemu je po sredini učvršćena 65x30 mm izrezana guma pravokutnog oblika pločicom pravokutnog oblika 30x18 mm austenitnog nehrđajućeg čelika debljine 3 mm vijcima M3x10 i maticama. Navedeni komad gume služi kao graničnik da poklopci s konstrukcije ne kliznu tj. da se izvlači poklopac pojedinačno, a

ujedno ima i svrhu da se poklopac idealno pozicionira na staklenku napunjenu medom koji ostvaruje trenjem i vlastitom elastičnošću. Slikom 2.8 prikazan je prethodno opisani sklop.



Slika 2.8: Prikaz 3D modela tehničkog rješenja bočno sprijeda.

Idućom slikom 2.9 prikazan je vijčano M3x25 spojeni komad lima debljine 3 mm za pomično postolje na kojem se nalazi i postavljač poklopaca. Isti služi za uzorkovanje visine staklenke i sukladno s tim namještanje visine pomičnog postolja pomoću prirubnica s navojnom šipkom M6x200 i matica prethodno vijčano spojenih za površinu glavnog stola.



Slika 2.9: Prikaz 3D modela uzorkovanja staklenke.

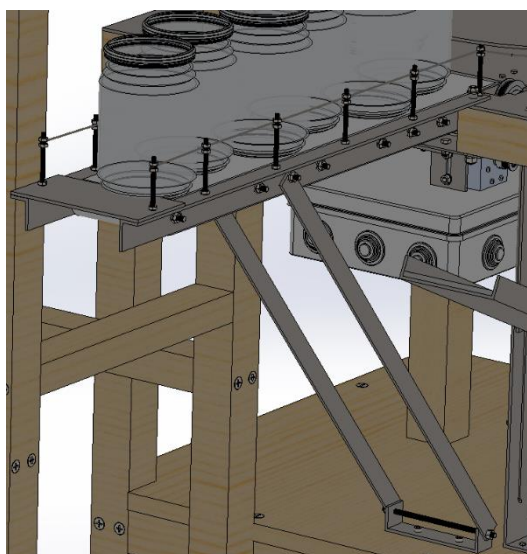
2.2.5 Trakasti transporter

Trakasti transporter izrađen je kako bi omogućio neprestanu dobavu praznih staklenki u poziciju otvora diska kada se isti pojavi. Konstrukcija trakastog transportera slika 2.10 sastavljena je od po dva L profila i U profila spojenih navojnim šipkama M5x130 i maticama.



Slika 2.10: Prikaz 3D modela konstrukcije trakastog transportera

U nastavku slikom 2.11 prikazane su noge trakastog transportera učvršćene vijčanom šipkom M4x120 i maticama. Pločica na početku transportera koju spaja ograda i pločica na kraju transportera, koja služi za čvršći spoj istog sa glavnim stolom preko odstojnika te kao prihvat nosača vodilice za napinjanje remena nosačem motora. Na vratilo istosmjernog motora prethodno prikazanom slikom direktno je spojena pogonska zupčasta remenica ϕ 6mm sa 20 zubi za prijenos preko remena širine 6 mm na gonjenu remenicu ϕ 5mm sa 60 zubi. Gonjena zupčasta remenica povezana je i uležištena šipkom na kojoj se nalaze pogonski kotači, dok se gonjeni kotači spajaju vijcima M5x130 s obostranim navojem i maticama. Pri čemu su za prve gonjene kotače proširene rupe u svrhu napinjanja pokretne trake dimenzija 1250x100x2 mm.



Slika 2.11: Prikaz bočnog izgleda 3D modela montiranog trakastog transportera

3. PROJEKTIRANJE AUTOMATSKE PUNILICE ZA MED

Prilikom razvoja same ideje i projektiranja automatske punilice za med osim literature, (bilježaka, računa i skica) na papiru, korišteni su razni programski alati koji bitno olakšavaju projektiranje ili bez kojih automatizacija ne bi bila moguće ostvariva. U nastavku će biti opisane kao i optimalno izabrane električne komponente korištene u završnom radu. Na posljetku je detaljnije opisan sustav automatizacije zasnovan na mikroupravljaču ATmega32u4 (prikaz razvojnog okruženja, kao i popratna dokumentacija u vidu električne sheme i programske podrške).

3.1 Primijenjeni programski alati i pomagala

Pojedini računalni programski alati i pomagala u obliku mrežnih aplikacija primijenjeni su u svrhu izrade automatske punilice za med te su navedeni i ukratko opisani u idućim odjeljcima s obzirom na svrhu upotrebe.

3.1.1 Projektiranja 3D modela

Za potrebe projektiranja i izrade 3D modela automatske punilice za med korišten je programski alat Solidworks uz mrežnu biblioteku GrabCAD. Navedeni alat služi za računalno potpomognuti dizajn CAD (engl. *Computer-aided design*) i računalno potpomognuti inženjering CAE (engl. *Computer-aided engineering*) te je jedan od najpoznatijih. Solidworks omogućava crtanje 2D dokumentacije te modeliranje 3D dijelova i sklopova uz analiziranje i simulaciju istih [4].

3.1.2 Projektiranja električne sheme

Prilikom projektiranja električne sheme korišten je kalkulator za dimenzioniranje hladnjaka električnih komponenti i alat za crtanje električne sheme. Kalkulator hladnjaka je mrežna aplikacija koja omogućuje dimenzioniranje istog na temelju snage, temperatura i vrste materijala. Programski alat EAGLE namijenjen je automatizaciji elektroničkog dizajna EDA i primjenjuje se za crtanje električne sheme te izradu PCB dizajna. EAGLE sadrži uređivač sheme i pločice koji imaju brojne mogućnosti kao što su spremanje gerber

datoteka², razne provjere, simulacije, sinkronizacija te posjeduju bogate sveobuhvatne biblioteke komponenti [5, 6].

3.1.3 Programiranja

Za potrebe programiranja mikroupravljača ATmega32U4 primijenjeni su programski alati Atmel Studio 7.0 i eXtreme Burner – AVR te mrežna aplikacija *Fuse*³ kalkulator. Atmel Studio 7.0 profesionalno je programsko okruženje s bogatim bibliotekama namijenjeno razvoju programskog koda pisanog Asembler, C ili C++ programskim jezikom uz otklanjanje pogrešaka i prevođenje u strojni kod. Extreme Burner – AVR je programska podrška programatoru za učitavanje, zapisivanje, čitanje i brisanje strojnog koda sa računala u programsku memoriju mikroupravljača [7, 8, 9]. *Fuse* kalkulator omogućuje izračun tzv. *Fuse* bitova mikroupravljača.

3.2 Opis izabranih električnih i elektroničkih komponenti

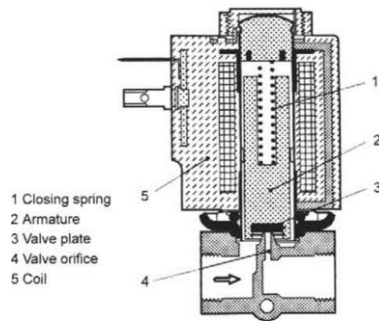
Električni i elektronički elementi (komponente), sklopovi i uređaji korišteni za projektiranje automatske punilice za med detaljno su analizirani i optimalno izabrani kako bi zadovoljili tražene zahtjeve i ujedno bili međusobno kompatibilni. U sljedećim odjeljcima dan je detaljan opis ključnih komponenti sustava te su opisani princip rada, vrste, izvedbe, prednosti, nedostaci, usporedbe te pojedine formule, blok dijagrami i električne sheme.

3.2.1 Elektromagnetski ventil

Elektromagnetski ventil je vrsta izolacijskog ventila, elektromehanički uređaj za upravljanje tokom fluida. Pritom se navedeni ventil smatra jednosmjernim kugličnim ventilom sa električnim upravljanjem. Primijenjenim ventilom upravlja se digitalnim električnim signalom. Također, osim kontrole protoka, tekućine ili plinova moguće je vršiti i višestruku kontrolu fluida. Na slici 3.1 nalazi se prikaz i opis dotične vrste ventila [10, 11, 12].

² Gerber datoteka – vrsta datoteke koja služi za izradu PCB-a.

³ (engl. *Fuse*) – vrsta bitova kojima se može odrediti frekvencija rada mikroupravljača, unutarnji ili vanjski izvor radnog takta te način programiranja.



Slika 3.1: Prikaz u presjeku i opis elektromagnetskog ventila s direktnim djelovanjem [11]

Elektromagnetski ventil radi na sličan način kao i relej. Elektromagnetsko polje koje se javlja u zavojnici prolaskom električne struje stvara silu koja otvara ventil, inače ugrađena opruga drži ventil zatvorenim.

Tehnički podaci elektromagnetskog ventila korištenog u završnom radu nalaze se u tablici 3.1 nakon koje na slici 3.2 slijedi i prikaz istog.

Tablica 3.1: Tehnički podaci elektromagnetskog ventila [12]

Radni napon i potrošnja snage:	24 VDC i 2W
Primjenjivi tlak i radna temperatura:	0 – 1 MPa i -5 – 80 °C
Izlazni položaj i smjer protoka:	NC – normalno zatvoreni i 1
Promjer (prihvata) cijevi:	DN25 (25,4 mm)
Nominalni promjer (otvor protoka):	DN25 (25 mm)
Težina:	0,9 kg



Slika 3.2: Prikaz korištenog elektromagnetskog ventila [12]

3.2.2 Induktivni senzor prisutnosti

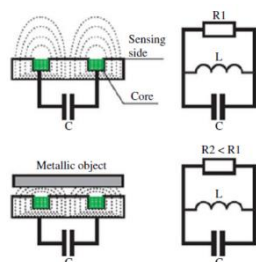
Induktivni senzor prisutnosti je uređaj koji se primjenjuje za detekciju električki vodljivog materijala, tj. predmeta koji u sebi sadrži metal. Kada se električno polje senzora

zatvori preko metalnog predmeta ispred senzora, dolazi do detekcije i generiranja izlaznog signala, kao što je prikazano na slici 3.3 u nastavku [10].



Slika 3.3: Presjek i procesni slijed unutar senzora [10]

Senzor se u principu sastoji od zavojnice koja ima namotanu žicu oko željezne jezgre. Zavojnica je spojena na kondenzator i zajedno čine oscilator, koji postavlja visokofrekventno (obično 100kHz do 1Mhz) izmjenično elektromagnetsko polje u jezgri i u blizini površine senzora. Kad se jedan kraj poluotvorene feritne jezgre približi metalnom objektu, ukupni izmjenični otpor opada jer je to za željezo puno niže nego za zrak. Ta promjena zauzvrat dovodi do povećanja struje u krugovima senzora (javljaju se vrtložne struje), što onda aktivira elektronički prekidač i generira odgovarajući izlazni signal najčešće logički on/off signal [10, 13, 14]. Rade na principu promjene impedancije zavojnice LC rezonantnog kruga uzrokovane promjenom impedancije LC titrajnog kruga, kao što je prikazano na slici 3.4 u nastavku.



Slika 3.4: Princip na kojem radi induktivni senzor prisutnosti [13]

Senzor je trožilni (crni (signalni) vodič označava izlaz senzora, na plavi se dovodi potencijal iznosa 0VDC koji se koristi za napajanje kao i smeđi na koji se dovodi potencijal iznosa 6-36VDC) sa NPN izlazom kojeg karakterizira rad u negativnoj logici senzora (0VDC predstavlja logičku jedinicu – senzor je aktivan). Električni signal senzora je digitalan, a sami senzor bez kontakti (ne dolazi u dodir sa objektom). Osim toga posjeduje LED indikator koji vizualno signalizira detekciju. Senzor ima brz odziv, dug

radni vijek, pouzdan je, ima dobru otpornost na vibracije, vlagu i prašinu te odličnu otpornost na radio smetnje [10]. U tablicu 3.2 dani su tehnički podatci, a na slici 3.5 u nastavku i prikaz korištenog senzora.

Tablica 3.2: Tehnički podatci induktivnog senzora prisutnosti [15, 16]

Naziv proizvođača:	HUCHDQ
Kataloški broj:	CHE12-4NB-A710, (LJ12A3-4-Z/AX)
Materijal objekta za detekciju i polaritet:	Metali i NPN
Materijal senzora:	Mesing-nikal i ABS
Izlazni položaj i udaljenost detekcije:	NC – normalno zatvoreni i 4 mm
Radni napon i izlazna struja:	6 – 36 VDC i 300 mA
Dimenzija i izvedba:	M12x60 mm, valjak
Dužina kabela i frekvencija prekapčanja:	1,2 m (PVC kabel) i 0.5 kHz
Radna temperatura i certifikat:	-25 – 70 °C i CE
Klasa zaštite prema IEC 529, DIN 40 050:	IP 65

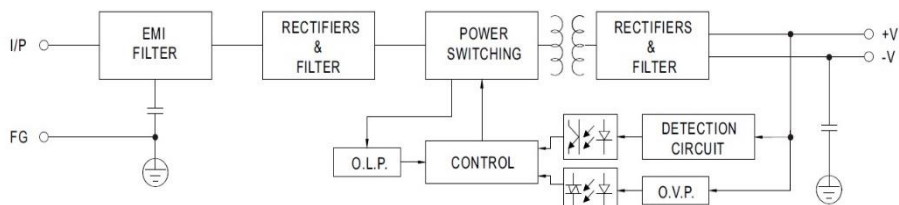


Slika 3.5: Prikaz korištenog induktivnog senzora prisutnosti [17]

3.2.3 Ispravljač napajanja

Ispravljač je električni uređaj, tj. vrsta pretvarača koji izmjenični (sinusoidni) oblik napajanja pretvara u istosmjerni (linijski). Ispravljanje puno valnog oblika napajanja izvedeno je upravljivim jednofaznim mosnim spojem dioda, koji maksimalno iskorištava energiju i resurse izvora napajanja [18]. Isti dolazi u obliku kućišta koje zahtijeva ugradnju, a sastavljen je na PCB pločici od: raznih (dioda, kondenzatora i otpornika), upravljača, optičkog spreznika, osigurača, potencijometra, prigušnice, stezaljki, termistora,

transformatora, tranzistora i zavojnice. U nedostatku električne sheme, slikom 3.6 u nastavku prikazan je blok dijagram pretvorbe AC valnog oblika napajanja u DC, uz objašnjenje principa rada.



Slika 3.6: Prikaz blok dijagrama AC/DC pretvorbe [19]

Izmjenično napajanje spojeno je s EMI⁴ filterom preko kondenzatora na uzemljenje. Poslije dotičnog filtera, izmjenično napajanje dolazi na ispravljač i filter napona, nakon čega slijedi prebacivanje energije uz prethodnu kontrolu struje i stanja povratnih veza detekcije strujnog kruga i položaja potencijometra izlaznog napona preko optičkih sprežnika. Prebacivanje energije se vrši pomoću transformatora koji smanjuje izlazni napon, nakon kojeg slijedi ispravljanje i filtriranje izlazne struje preko kondenzatora spojenog na uzemljenje.

Ispravljač izvora napajanja je prekidački sklop, koji se za razliku od linijskog odlikuje većom učinkovitošću, nižom cijenom te manjom težinom i veličinom, ali je bučniji i sastavljen od više dijelova. Isti je visoko pouzdan i dugotrajan, hlađenje mu je osigurano strujanjem slobodnog zraka, posjeduje 5G antivibracijsku sposobnost te zaštitu od: kratkog spoja, preopterećenja i prenapona. Tablicom 3.3 dan je uvid u tehničke podatke ispravljača napajanja, kao i prikaz istog slikom 3.7 u nastavku [20, 19].

⁴ EMI (engl. *Electro-Magnetic Interference*) – smanjuje visokofrekventni elektronički šum kako bi spriječio moguće smetnje u radu drugih uređaja.



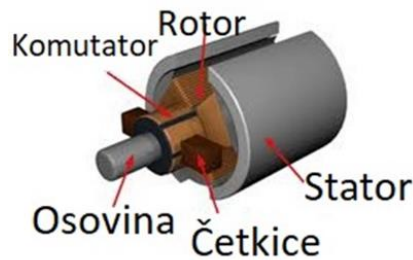
Slika 3.7: Prikaz korištenog ispravljača napajanja [19]

Tablica 3.3: Tehnički podatci ispravljača napajanja [19]

Naziv proizvođača i model:	Mean Well, LRS-75-24
Ulazni napon i ulazna struja:	100 – 240 VAC i 1.52 A
Izlazni napon i izlazna struja:	24 VDC i 3.2 A
Podesivi raspon izlaznog napona:	21.6 – 28.8 VDC
Raspon izlazne struje:	0 – 3.2 A
Broj izlaza i ulazna frekvencija:	1 i 50 – 60 Hz
Učinkovitost i izlazna snaga:	90% i 76.8 W
Faktor snage ($\cos \varphi$) i težina:	0.45 i 250 g
Radna temperatura i dimenzije:	-30 – 70 °C i 99 x 97 x 30 mm
Certifikati:	CB, CCC, CE, cURus, EAC, RoHS, TUV

3.2.4 Istosmjerni motor

Istosmjerni motor ili kraće „DC motor“ je uređaj koji radi na istosmjernom električnom naponu i struji koja se pretvara u kružno mehaničko gibanje (rotaciju). Osim rada u motorskom režimu, prilikom kojeg se javlja sila. Isti može raditi i u generatorskom režimu rada, kada se inducira napon. Dijelovi istosmjernog motora sa grafitnim četkicama i permanentnim magnetom na statoru prikazani su slikom 3.8 u nastavku [21, 22].



Slika 3.8: Glavni dijelovi istosmjernog motora [21]

Zakretanje rotora istosmjernog motora, tj. sila koja se javlja dobiva se protjecanjem električne struje kroz namotaje na rotoru i utjecajem magnetskog polja izvedenog permanentnim magnetima na statoru. Smjer sile na obje strane namotaja tvori jednaki okretni moment, stoga rotor proizvodi isti smjer vrtnje. Neprestana vrtnja rotora motora ostvaruje se komutacijom. Preklapanje smjera struje (komutacija) događa se kada namotaj prolazi kroz neutralnu granicu između susjednih lamela kolektora, koji ima za funkciju „skupljati“ napon ili struju i na koji su spojeni krajevi namotaja. Kratkim spajanjem namotaja s četkicom koja se nalazi ispod namotaja, mijenja se smjer električne struje. Prilikom od spajanja smjer struje se opet mijenja, jer je namotaj već uključen u drugu paralelnu granu [21, 22, 23].

Istosmjerni motor izveden s dva vodiča karakterizira jednostavnost promjene smjera i brzine vrtnje. Promjenu smjera vršimo na način da zamijenimo minus i plus pol napajanja na koji je isti spojen. Brzinu vrtnje možemo mijenjati promjenom otpora u krugu armature ili promjenom napona na stezaljkama motora, što je energetski bolje jer nema disipacije snage. Korišteni motor sadrži reduktor, mehanički prijenosnik koji smanjuje brzinu vrtnje ekscentrično postavljene osovine, dok brzina vrtnje motora ostaje nepromijenjena. Prednosti opisanog motora su: čvrsta konstrukcija, niska razina buke i visoki okretni moment koji proizvodi. Tehnički podaci istosmjernog motora nalaze se u tablici 3.4, koja slijedi nakon prikaza istog slikom 3.9 [21, 22, 23, 24].



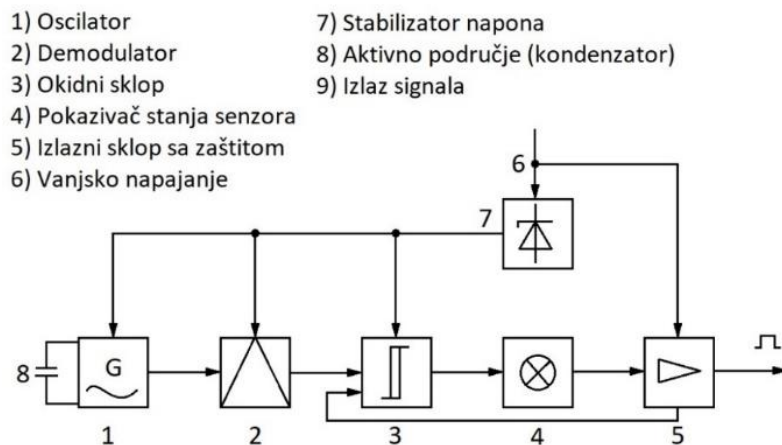
Slika 3.9: Prikaz korištenog istosmjernog motora sa reduktorom

Tablica 3.4: Tehnički podaci istosmjernog motora [24, 25]

Naziv proizvođača:	ZHENGK
Kataloški broj:	ZGB37RG-ZYTD520-181228ZG
Radni napon i nazivna struja:	24 VDC i 40 mA
Brzina i RPM (brzina bez opterećenja):	5000 o/min i 50 o/min
Omjer redukcije i nazivni okretni moment:	4 o/min i 0.61781895 Nm
Promjer osovine i motora:	6 mm i 37 mm
Duljina osovine i motora (bez osovine):	21 mm i 60 mm
Težina i certifikati:	193 g i CE, CCC te RoHS
Klasa učinkovitosti prema IEC 60034-30:	IE 3 (vrhunska učinkovitost)

3.2.5 Kapacitivni senzor prisutnosti

Kapacitivni senzor prisutnosti se za razliku od induktivnog primjenjuje za detekciju gotovo svih vrsta materijala, objekata, tekućina. Kao što su: drvo, staklo, med, osoba, aluminij i slično. Prisutnost se detektira promjenom kapaciteta okoline [13, 14]. Procesni slijed koji se aktivira detekcijom prikazan je na slici 3.10 i opisan u nastavku.



Slika 3.10: Procesni slijed kapacitivnog senzora prisutnosti [16]

Djelovanje senzora temelji se na principu promjene kapaciteta pločastog kondenzatora uzrokovanog promjenom: razmaka između ploča, radne površine ploče ili dielektrika. Detekcijom predmeta ili medija dolazi do promjene kapaciteta u RC titrajnom krugu, što će u konačnici dovesti do generiranja odgovarajućeg električnog izlaznog signala, koji je najčešće logički on/off signal [16, 10, 13].

Korišteni senzor je izveden sa tri vodiča. Crni signalni vodič označava digitalni izlaz senzora, na plavi vodič se dovodi potencijal iznosa 0 VDC, dok se na smeđi dovodi potencijal iznosa 6-36 VDC. Senzor je također bez kontaktni sa NPN izlazom. Osim vizualnog indikatora prisutnosti (LED elementa), senzor ima mogućnost podešavanja osjetljivosti. Glavni nedostaci su osjetljivost na prašinu te prljava i vlažna okruženja. Opisani senzor je pouzdan te ima brz odziv i dug radni vijek[10, 14]. U tablici 3.5 nalaze se tehničke karakteristike korištenog kapacitivnog senzora prisutnosti, a u nastavku na slici 3.11 i prikaz samog senzora.

Tablica 3.5:Tehnički podaci kapacitivnog senzora prisutnosti [16, 26]

Naziv proizvođača i kataloški broj:	HUCHDQ i LJC18A3-B-Z/BX
Materijal objekta za detekciju:	Bilo koja tvar s dielektričnom konstantom > 1.
Materijal senzora:	Mesing-nikal i ABS.
Polaritet i izlazni položaj:	NPN i NO – Normalno otvoreni.
Radni napon i izlazna struja:	6 – 36 VDC i 300 mA
Dimenzije i izvedba:	M18x70 mm, valjak.
Udaljenost detekcije:	10 mm ± 10% (podesivo: 0 – 8 mm)
Frekvencija prekapčanja i dužina kabela:	0.5 kHz i 1.15 m (PVC kabel)
Radna temperatura i certifikati:	-30 – 65 °C i CE
Klasa zaštite prema IEC 529, DIN 40 050:	IP 65



Slika 3.11: Prikaz korištenog kapacitivnog senzora prisutnosti [27]

3.2.6 Kapacitivni senzor razine tekućine

Digitalni kapacitivni senzor razine tekućine je vodootporan i ne dolazi u doticaj sa tekućinom. Korištenjem električnog čipa postiže se velika radna sposobnost detekcije

razine tekućine u spremniku naprednom tehnologijom obrade signala. Osjetljivost senzora se može konfigurirati u četiri razine pritiskom na tipkalo SET smještenim na sučelju adaptera. Objašnjenje pojedinih pinova adaptera sučelja dano je tablicom 3.6 [28].

Tablica 3.6: Definicija pinova adaptera sučelja [29]

Orijentacija i broj	Ime	Opis
Lijevo_1	VCC	InVCC (raspon: 5 – 24 VDC)
Lijevo_2	OUT	Izlaz signala senzora.
Lijevo_3	GND	Uzemljenje senzora.
Lijevo_4	ADJ	Tipkalo za podešavanje osjetljivosti senzora.
Desno_1	OUT	Signal
Desno_2	VCC	InVCC
Desno_3	GND	Uzemljenje

Senzor ima veliku sposobnost prolaska kroz različite nemetalne materijale i pogodnost za otkrivanje svih vrsta tekućina, stoga nema posebnih zahtijeva u vidu spremnika, kao i same tekućine. Osim jednostavnosti upotrebe i montaže senzor odlikuje kompatibilnost s Arduinoom, Raspberry Pi-om i micro:bit-om (micro:mate)[28, 30]. U tablici 3.7 nalaze se tehničke karakteristike dotičnog senzora nakon koje slijedi i slika 3.12 sa prikazom istog.

Tablica 3.7: Tehnički podaci kapacitivnog senzora za mjerenje razine tekućine[28, 30]

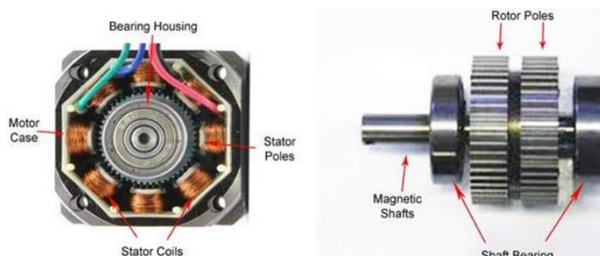
Naziv, model i polaritet senzora :	DFRobot, SEN0204 i PNP
Naziv i razina sonde:	XKC-Y25-T12V i Industrijska razina
Naziv sučelja i radni napon (InVCC):	Gravity digital i 5 – 24 VDC
Korištena i izlazna struja:	5 mA i 1 – 50 mA
Izlazni napon (visoka i niska razina):	InVCC i 0 VDC
Vrijeme odziva i radna temperatura:	500 ms i 0 – 105 °C
Raspon osjetljivosti i vlažnost:	0 – 13 mm i 5 – 100 %
Dimenzije sonde i sučelja:	φ 28x17 mm i 28x28x8 mm
Materijal izrade i dužina kabela sonde:	ABS i 0.5 m (PVC kabel)
Klasa zaštite prema IEC 529, DIN 40 050:	IP 67



Slika 3.12: Prikaz korištenog kapacitivnog senzora razine tekućine [31]

3.2.7 Koračni motor

Koračni motor je istosmjerni motor bez četkica, namijenjen pozicioniranju i sličan sinkronom motoru. Takav motor pretvara digitalne diskretne električne signale u određene kutne pomake (tzv. korake). Hibridna izvedba motora je kombinacija preostalih dviju izvedaba: s permanentnim magnetom i varijabilnom reluktancijom. Stator hibridnog koračnog motora se elektromagnetski napaja kao u reluktantnog, a rotor je magnetiziran aksijalno poput onog s permanentnim magnetom. Slikom 3.13 dan je uvid u hibridnu izvedbu koračnog motora i opis glavnih mu dijelova [32, 33].



Slika 3.13: Prikaz i opis hibridnog koračnog motora [34]

Hibridni koračni motor radi na principu da se u centru rotora nalazi aksijalno postavljeni permanentni magnet koji na svojem južnom i sjevernom polu ima po jedan nazubljeni disk zarotiran za pola zuba u odnosu na drugi, pri čemu su zubi rotora i statora savršeno usklađeni. Pojedina faza koju tvore serijski povezani namotaji na polovima pobuđuje se određenim redoslijedom, kako bi se ostvarilo koračanje u smjeru kazaljke na satu ili u smjeru suprotnom kazaljke na satu [35].

Napajanje namotaja statora je izvedeno bipolarno, što znači da se promjenom smjera magnetskog polja promjeni polaritet napona. Bipolarna izvedba ima dvostruko više

namota, tanje vodiče i bolje dinamičke karakteristike u odnosu na unipolarnu izvedbu zbog manje vremenske konstante L/R uzrokovane puno većim otporom. Planetarnim mehaničkim prijenosnikom, reduktorom smanjena je brzina prijenosa i dimenzije te je povećana specifična snaga. Korišteni motor može isporučiti veliki zakretni moment, a za upravljanje putem mikroupravljača potreban mu je pogonitelj. Tehnički podaci nalaze se u tablici 3.8 nakon koje slijedi i prikaz istog slikom 3.14 [32, 36].

Tablica 3.8: Tehnički podaci za hibridni koračni motor s planetarnim prijenosnikom [36, 37]

Naziv proizvođača:	STEPPERONLINE
Kataloški broj:	17HS15-1684S-HG15
Vrsta motora:	Bipolarni, koračni (Nema 17)
Vrsta prijenosnika i omjer prijenosa:	Planetarni i 15 : 1
Kut koraka motora i prijenosnika:	0.12 ° i 1.80 °
Zadržavanje zakretnog momenta bez prijenosnika:	0.39 Nm
Broj faza i nazivna struja / faza:	2 i 1.68 A
Broj vodiča i fazni otpor:	4 i 1.60 $\Omega \pm 10 \%$ (25 °C)
Induktivitet / faza:	3.20 mH $\pm 20 \%$ (1 kHz)
Napon (preporučeni napon):	2.70 (12 – 24) VDC
Hod bez opterećenja i efikasnost:	≤ 25 arcmin i 90 %
Najveći dopušteni i trenutni dozvoljeni okretni moment:	15 Nm i 25 Nm
Najveće radijalno opterećenje i razina buke:	150 N i ≤ 50 dB
Temperatura okoline motora i prijenosnika:	-10 – 50 °C i -10 – 90 °C
Radni vijek motora i prijenosnika:	6 000 i 20 000 h
Klasa izolacije i učinkovitost prijenosnika:	B i 90 %
Veličina okvira i težina:	42x42 mm i 880 g
Dužina motora i prijenosnika:	39 mm i 48.30 mm
Dužina vodiča i pera:	320 mm i 14 mm
Dužina osovine i promjer:	23.50 mm i 8 mm
Certifikati:	CE, CCC, RoHS, ISO
Standardi:	NEMA ICS 16-2001



Slika 3.14: Prikaz hibridnog koračnog motora s planetarnim prijenosnikom [36]

3.2.8 Linearni aktuator

Linearni elektromehanički aktuator je vrsta izlaznog pretvarača, a izveden je mikro servo motorom koji kružni pomak pretvara u linearni pomoću ozubnice. Između ostalog, servo motor ima ugrađen reduktor, senzor pozicije i upravljač koji pomoću električnog PWM signala preko regulatora utječe na upravljanje pozicijom osovine motora. Stupanj zakreta osovine servo motora ovisi o trajanju visoke razine PWM signala T_D [ms] u periodu od 20 ms i računa se prema sljedećem izrazu 3.1:

$$T_D = 1 + \frac{1}{180^\circ} \alpha \quad (3.1)$$

pri čemu je α – željeni kut zakreta [$^\circ$] [38, 39, 40].

Servo motor je trožilne izvedbe, pri čemu je narančastom bojom označen PWM vodič, crvenom VCC i crnom GND. Istim se može postići zakret po 90° u oba smjera ili ukupno cca. 20 mm hoda u izvedbi linearnog aktuatora. Svi vanjski dijelovi aktuatora osim montažnih elemenata za osovinu servo motora, vijaka i podloške, izrađeni su od prozirno plavog akrila debljine 5 mm s kružnim i pravokutnim montažnim rupama 3 mm [40, 38].

Servo motor odlikuje visoka preciznost i stabilnost upravljača. Prednosti u odnosu na druge slične izvedbe su: dulji radni vijek i kvalitetniji rad pogona (zbog izbočina ispod zupčanika), veća preciznost postignuta kvalitetnom rotacijskom šipkom od metala ugrađenog potencijometra, stabilnost izlaznog vratila metalnog zupčanika pri malim i velikim brzinama te proizvođačev razvoj algoritma koji ostvaruje bolju kontrolu. Tehnički podatci linearnog aktuatora navedeni su u tablici 3.9, nakon koje slijedi i prikaz istog slikom 3.15 [41].

Tablica 3.9: Tehnički podatci linearnog aktuatora [38, 41]

Naziv proizvođača linearnog aktuatora:	Kitronik
Naziv proizvođača i naziv modela motora:	Fitec, mikro servo 9g FS90
Vrsta motora i omjer zupčanika:	Istosmjerni s četkicama i 2 : 3.
Radni napon i okretni moment:	4.8 – 6.0 VDC i 0.13 – 0.15 Nm
Materijal izrade zupčanika motora i kućišta:	Najlon, POM i stakloplastika
Potreban impuls i radni kut:	500 – 2500 μ s i 0 – 180 °
Brzina rada bez opterećenja i težina aktuatora:	0.12 – 0.10 s/60° i 35 g
Radna temperatura i struja praznog hoda:	-15 – 70 °C i 5 – 6 mA
Radna struja bez opterećenja i maksimalna struja:	100 – 120 mA i 700 – 800 mA
Dimenzije motora i duljina kabela:	23.2x12.5x22 mm i 0.2 m
Certifikati:	CE, RoHS, REACH, ISO 9001



Slika 3.15: Prikaz korištenog linearnog aktuatora [38]

3.2.9 Optički sprežnik

Optički izolator (sprežnik) je poluvodička komponenta koja izolira ulazni električni krug od izlaznog te samim time štiti od visokonaponskih prijelaznih pojava i prenapona. Isti se sastoji od izvora svjetlosti i foto-prijemnika, koji su optički povezani preko prozirne izolacijske tvari (npr. epoksi, staklo, zrak,...) u kućištu te se koristi za prijenos električnih signala/podataka iz jednog kruga/podsustava u drugi.

Korišteni optički sprežnik osnovnog oblika sa foto-tranzistorom, kojeg karakterizira srednja brzina odziva u odnosu na ostale, prikazan je slikom 3.16 nakon tablice 3.10 tehničkih podataka istog [42, 43].



Slika 3.16: Prikaz korištenog optičkog sprežnika

Tablica 3.10: Tehnički podaci korištenog optičkog sprežnika [46]

Naziv proizvođača i naziv modela:	Vishay i 4N35
Vrsta foto-tranzistora i radna temperatura:	Silicijski NPN i -55 – 100 °C
Maksimalna struja kroz diodu:	50 mA
Maksimalni napon na ulazu i izlazu:	70 VDC i 7 VDC
Širina frekvencijskog pojasa i izolacijski napon:	1 MHz i 5000 VDC
Certifikati:	cURus, BSi, SGS FI, RoHS, WEEE

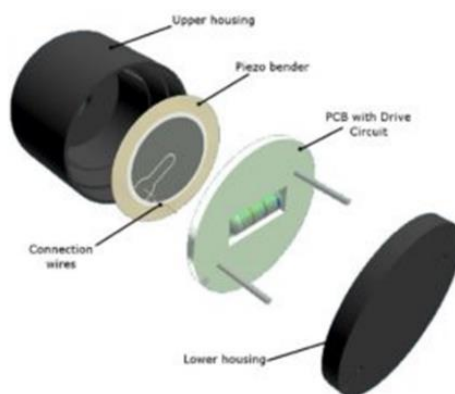
3.2.10 Piezoelektrična zujalica

Piezoelektrična zujalica (engl. *Piezoelectric Buzzer or Beeper*) je akustični uređaj koji se za razliku od preostale dvije vrste zujalica, mehaničke i elektromehaničke upravlja električnim signalom, koji pomoću piezoelektričnog učinka kao rezultat generira zvučni signal unaprijed određene glasnoće, visine i trajanja. Primjena zujalica ima za svrhu zvučnim signalom signalizirati alarm, odbrojavanje ili potvrdu korisničkog unosa. Razlikujemo tzv. pasivne zvučne pretvarače (engl. *Audio transducers*) koji za rad koriste izmjenični napon, od aktivnih zvučnih pokazivača (engl. *Audio indicators*) koji koriste istosmjerni napon. Dijelovi od kojih je sastavljen piezoelektrični pokazivač zujalica prikazani su slikom 3.17 [48, 49, 50].

Uvid u dostupne tehničke podatke korištenog piezoelektričnog pokazivača zujalice dan je tablicom 3.11, kao i prikaz istog slikom 3.18 [51, 49, 46].

Tablica 3.11: Tehnički podatci piezoelektričnog pokazivača zujalice [50]

Naziv proizvođača i razmak između pinova:	TTVXO i 7.6 mm
Radni napon i potrošnja struje:	5 VDC i < 25 mA
Promjer i Visina:	12 mm i 8.5 mm



Slika 3.17: Prikaz konstrukcije piezoelektričnog pokazivača zujalice [51]



Slika 3.18: Prikaz korištenog piezoelektričnog pokazivača zujalice [49]

3.2.11 Pogonitelj koračnog motora

Pogonitelj (engl. *Driver*) koračnog motora je hardverska komponenta koja služi za komunikaciju koračnog motora sa mikroupravljačem. Ista posjeduje programske pogonitelje – upravljačke programe, koji sadrže instrukcije i informacije, kako će se koračni motor kontrolirati te kako mu pristupiti. Stoga pogonitelj koračnog motora možemo smatrati posrednikom između hardver-a i softver-a kao što je prikazano slikom 3.19 u nastavku [53].



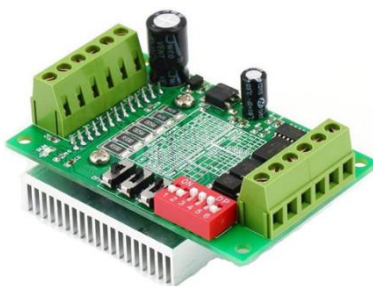
Slika 3.19: Ilustracija povezivanja koračnog motora

Princip rada pogonitelja koračnog motora je takav da programskim kodom mikroupravljača možemo određivati uključenost / isključenost, smjer i broj koraka koračnog motora. Pri čemu su na lijevoj strani pogonitelja nalaze stezaljke za motor i potrebno mu napajanje, dok na desnoj stezaljke za mikroupravljač. Pogonitelj koračnog motora ima mogućnost namještanja: radne i zaustavne struje, podjele koraka i funkcije raspadanja (služi za postavljanje načina brzine rada koračnog motora).

Korišteni analogni pogonitelj dvofaznog bipolarnog koračnog motora sadrži Toshiba TB6560AHQ čip, koji ima ugrađene sigurnosne funkcije: niskonaponskog isključenja, zaštite od pregrijavanja i prekomjerne struje, ali nema zaštitu od povratnog napona. Takav pogonitelj posjeduje automatsku funkciju pola struje, a osim čipova kao što su: regulator napona, dvostruki povratni monostabilni multivibrator s resetiranjem, optičke spreznike velike brzine, koji jamče veliku brzinu bez gubitka koraka i izolaciju postignutu odvajanjem dva dijela strujnog kruga. Također, isti sadrži i komponente kao što su: ispravljačka dioda, LED indikatori, kondenzatori i otpornici različitih vrijednosti, DIP sklopke te veliki hladnjak koji osigurava dobro rasipanje topline. Tablicom 3.12 dan je uvid u ostale dostupne tehničke podatke opisanog pogonitelja, kao i prikaz istog slikom 3.20 u nastavku [54].

Tablica 3.12: Tehnički podaci pogonitelja koračnog motora [54, 55]

Naziv proizvođača i kataloški broj:	HiLetgo TB6560
Snaga i radni napon:	1 W i 10 – 35 VDC (preporuka 24 VDC)
Nazivna izlazna struja:	3.0 A po fazi (maksimalno 3.5 A).
Postavke struje i učestalost takta:	14 (0.3 – 3.0 A) i 15 kHz
Podjela koraka:	1, 1/2, 1/8 i 1/16
Dimenzije i težina:	75x50x35 mm i 83 g
Razmak i promjer rupa:	69x43 mm i ϕ 3.5 mm

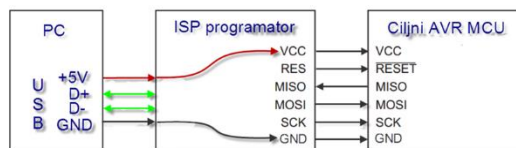


Slika 3.20: Prikaz TB6560 pogonitelja koračnog motora [55]

3.2.12 Programator (USBasp)

U svrhu programiranja mikroupravljača sa razvojnog okruženja putem računala, korišten je programator koji programski kod u strojnom jeziku sa sufiksom (*.hex), dobiven prevođenjem prethodno napisanog programskog koda u višem programskom jeziku na računalu, uz serijsku komunikaciju pomoću punioca (engl. *Bootloader*) zapisuje

u programsku memoriju na mikroupravljaču ili ga čita iz iste. Također, moguće je postavljanje tzv. (engl. *Fuse bits*) bitova koji određuju na koji će način mikroupravljač raditi, tzv. (engl. *Lock bits*) bitova koji omogućuju zaštitu programskog koda i korištenje (engl. *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*, EEPROM) vrste trajne memorije koja čuva pohranjene podatke neovisno o gubitku električnog napajanja. Slikom 3.21 dan je uvid u raspored nožica i smjer linija za ispravno povezivanje pojedinih komponenti [55, 51].



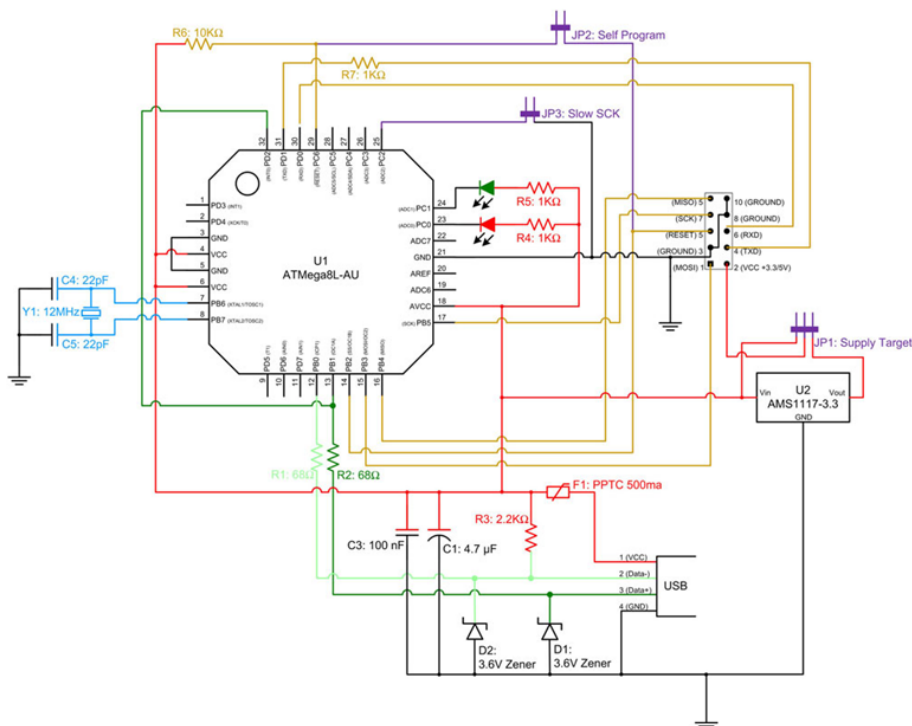
Slika 3.21: Prikaz povezivanja računala sa mikroupravljačem putem programatora [56]

Univerzalna serijska sabirnica (engl. *Universal Serial Bus*, USB) i serijsko periferno sučelje (engl. *Serial Peripheral Interface*, SPI) su standardi, tj. protokoli korištene serijske vrste komunikacije, koju karakterizira prijenos podataka u komunikacijskom kanalu slijedno, bit po bit. USBasp programatora se direktno spaja utikačem u utičnicu USB porta računala, A-tipa. Pri čemu +5 VDC i GND označavaju plus i minus pol napajanja, dok D+ i D- označavaju pozitivan i negativan port za prijenos podataka. Zatim se kabelom povezuju 10-pinski IDC⁵ priključak programatora i adaptera, koji sa suprotne strane ima 6-pinski priključak putem kojeg se povezuje na mikroupravljač i tvori ISP⁶ vezu. Adapterom je izvučeno potrebnih šest pinova, pri čemu se: VCC i GND pinovi koriste kao plus i minus pol napajanja mikroupravljača, RESET pin kao opcija kojom možemo sve ulazno/izlazne registre postaviti na početne vrijednosti, SCK pin koristimo kako bi sinkronizirali radnje u mikroupravljaču, MISO pin kako bi na ulaz programatora primali podatke s izlaza mikroupravljača i MOSI pin kako bi s izlaza programatora slali podatke na ulaz mikroupravljača. Prethodna tri pina: SCK, MISO i MOSI služe kako bi se ostvarila SPI komunikacija. Osim fizičke veze hardvera i softvera razvojnog programskog okruženja za pisanje programskog koda zahtijeva i upravljački softver za operativni sustav računala

⁵ IDC (engl. *Insulation-Displacement Connector*) – priključak koji tvori sklop vrpčanog kabla sastavljenog od više žica povezanih zajedno u tankoj, ravnoj vrpici.

⁶ ISP (engl. *In-System Programming*) – metoda koja omogućava programiranje mikroupravljača direktno sa razvojnog okruženja, stoga nije potrebno premještanje istog na programator.

koji služi kao programska podrška programatoru. Slikom 3.22 da je uvid u električnu shemu sklopovlja PCB pločice programatora [49, 56, 57, 58, 51, 59].



Slika 3.22: Prikaz električne sheme programatora [60]

Također, izvedenim sklopovljem omogućena je zaštita od prekomjerne struje, regulator napona te vizualna indikacija napajanja i programiranja svjetlećim diodama. Postavljanjem kratkospojnika JP1 utječe se na izbor napajanja 3.3 VDC i 5VDC, ukoliko ciljni uređaj ima vlastiti izvor napajanja, isti je potrebno ukloniti. Kratkospojnikom JP2 omogućeno je samoprogramiranje, tj. ažuriranje upravljačkog softvera programatora, pri čemu se ukazuje potreba za još jednim programatorom koji ima svrhu programirati prethodni. Dok se kratkospojnikom JP3 može usporiti radni takt, (ukoliko je isti niži od 1.5 MHz) sa 375 kHz na oko 8 kHz. Za razliku od ostalih, neke od prednosti opisanog programatora su: automatska kontrola brzine, kompatibilnost s USB sučeljem, velik izbor upravljačkih softvera i još veći izbor Microchip-ovih AVR mikroupravljača koje je moguće programirati, niska cijena te ISP programiranje. Ostali dostupni tehnički podatci dani su tablicom 3.13, dok je slikom 3.23 prikazan opisani programator [60, 61, 51].

Tablica 3.13: Tehnički podatci programatora [60, 61, 62]

Naziv proizvođača i naziv modela:	Diyamore i USBasp ISP AVR
-----------------------------------	---------------------------

Primjenjiv na operativnim sustavima:	Mac, Linux te Windows 32-bitni i 64-bitni.
Maksimalna brzina zapisivanja:	5 kBytes/s
Verzija USB standarda (nazivna brzina):	2.0 (480 Mbit/s)
Radna temperatura i dimenzije:	-20 – 65 °C i 65x21x12 mm
Dodatna oprema:	Podatkovni kabel i adapter.

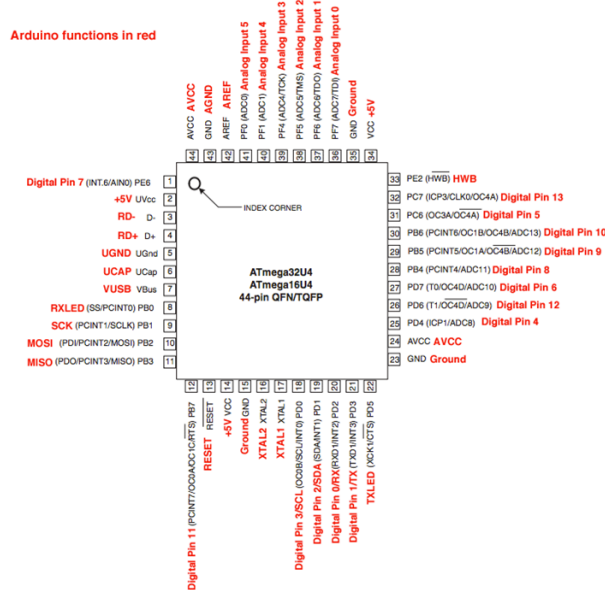


Slika 3.23: Prikaz korištenog programatora sa popratnim dijelovima [63]

3.2.13 Razvojno okruženje mikroupravljača

DeekRobot MICRO uvjerljiva je i istovjetna imitacija Arduino Micro modula, koji je umanjena inačica Arduino Leonardo PCB ploče i služi za ostvarivanje interakcije između hardvera i softvera. Ista je ujedno i najmanja Arduino ploča, ali se osim dimenzijama od Leonardo ploče razlikuje i po tome što ju nije moguće dograditi dodatnim hardverom tzv. štitovima⁷. Razvojno okruženje Arduino Micro modula temelji se na Microchip AVR ATmega32u4 8-bitnom mikroupravljaču male snage i visokih performansi s izvodima prikazanim slikom 3.24 te sadrži sve što je potrebno za njegovu podršku [64, 65, 66].

⁷ Štitovi (engl. *Shields*) – elementi koji se priključuju na ploču kako bi joj pružili dodatne značajke, kao što su naprednije funkcije ili brže izvođenje istih.



Slika 3.24: Prikaz i popis izvoda Microchip AVR ATmega32u4 mikroupravljača [67]

Mikroračunalo je pouzdano, malo i relativno jeftino računalo koje sadrži mikroprocesor kao centralnu procesorsku jedinicu, memoriju i ulazno/izlazne registre. Dok upravljačko mikroračunalo posebne primjene, tzv. mikroupravljač sadrži programirljive ulazno/izlazne registre, vremenske brojače, analogno-digitalne pretvarače, digitalno-analogne pretvarače, pulsno-širinsku modulaciju, serijsku komunikaciju itd. Mikroupravljač Microchip obitelji AVR karakterizira: 8-bitna modificirana Harvard RISC⁸ arhitektura s 32 registra opće namjene, interna (engl. *Flash*) programska memorija s jednostavnošću programiranja ISP metodom, JTAG sučelje za otkrivanje pogrešaka na istom, bogat set 16-bitnih instrukcija te velika brzina izvršavanja instrukcija. Opisani mikroupravljač može izvršavati do 16 milijuna instrukcija u sekundi (engl. *Milions of Instructions Per Second*, MIPS) pri 16 MHz, što je oko 12 puta više nego kod standardnih 8-bitnih mikroprocesora. Isti pripada ATmega skupini AVR mikroupravljača, koja je klasificirana za srednje zahtjevne namjene. Tablicom 3.14 uspoređene su neke od značajki izabranog i ATmega168 mikroupravljača, koji se također može naći na Arduino razvojnim okruženjima [57, 59].

Tablica 3.14: Usporedne značajke ATmega32u4 i ATmega168 mikroupravljača [68, 69]

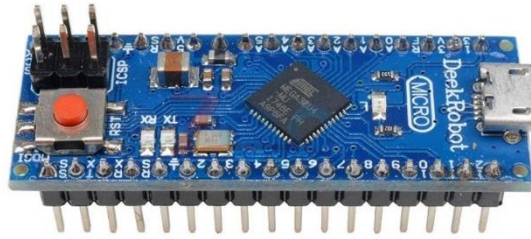
Microchip AVR ATmega:	32u4	168
Ukupno linija:	44	32

⁸ RISC – (engl. *Reduced Instruction Set Computer*) nova, poboljšana arhitektura mikroprocesora.

Programibilne ulazno izlazne linije:	26	23
Brzina izvršavanja instrukcija:	16 MIPS	20 MIPS
Programska memorija (Flash):	32 kB	16 kB
Zauzeće programske memorije punioca strojnog jezika:	4 kB	2 kB
Statička radna vrsta memorije s slučajnim pristupom podacima (SRAM):	2.5 kB	1 kB
Trajna memorija za čuvanje pohranjenih podataka neovisno o gubitku električnog napajanja (EEPROM):	1 kB	512 B
8-bitni vremenski brojač:	1	2
10-bitni vremenski brojač:	1	-
16-bitni vremenski brojač:	2	1
Brojač u realnom vremenu:	-	1
Kanal kojim se vrši modulacija širine impulsa (PWM):	14	6
10-bitni kanal analogno-digitalnog pretvarača (ADC):	12	8

Razvojno okruženje na PCB pločici dolazi s 44-pinskim mikroupravljačem u TQFP⁹ izvedbi opremljenim: kristalnim oscilatorom vrijednosti 16 MHz, reset tipkalom, diodom kao sklopkom, USB priključkom B-tipa s osiguračima od prevelike struje i napona, LED pokazateljima (uključenosti napajanja, greške prilikom slanja ili primanja podataka i korisnika), unipolarnim MOSFET tranzistorima za izbor napajanja (radni 5 VDC, VIN i USB), regulatorima napona 5 i 3.3 VDC, zavojnicom te kondenzatorima i otpornicima. Detaljniji opis razvojnog okruženja dan je električnom shemom u prilogima. Razvojnim okruženjem izvučeno je 24 digitalna pina koji se mogu koristiti kao ulaz ili izlaz signala čija vrijednost struje iznosi 20 mA, dok se pinom 3.3 VDC postiže 50 mA. Od kojih se 12 pinova mogu koristiti kao analogni i 7 kao PWM. Slikom 3.25 u nastavku prikazano je prethodno opisano razvojno okruženje [70, 64].

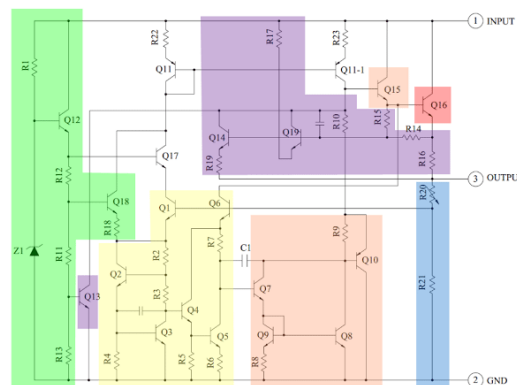
⁹ TQFP – (engl. *Thin Quad Flat Package*) oznaka za tanki četverokutni plosnati oblik pakiranja mikroupravljača.



Slika 3.25: Prikaz DeekRobot MICRO razvojnog okruženja [64]

3.2.14 Regulator napona

Regulator napona je elektronički sklop koji se najčešće koristi kako bi izlazni istosmjerni napon održavao konstantnim, djelovanjem povratne veze na ulazni istosmjerni napon. Za razliku od stabilizatora koji se češće koristi kako bi dodatno smanjio izmjenične komponente ulaznog napona i održavao stalni istosmjerni izlazni napon. Aktivni linearni regulator pozitivnog napona sastoji se od kondenzatora, tranzistora, zener diode, fiksnih i promjenjivog otpornika u integriranom krugu, kao što je prikazano električnom shemom na slici 3.26 u nastavku. Takav regulator se primjenjuje za male napone, manje je učinkovit i jeftiniji je od preklopnog, koji se primjenjuje za veće snage [36, 71, 72, 73].



Slika 3.26: Prikaz električne sheme linearnog regulatora napona [72]

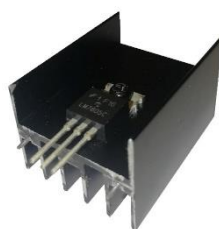
Princip rada prikazanog integriranog kruga regulatora je takav da glavni tranzistor Q16 kontrolira izlazni napon kontrolom struje između ulaza i izlaza. Stabilnost napona održava referentna širina pojasa (žuta), čak i kada se temperatura mijenja uzimajući skalarni izlazni napon kao ulaz Q1 i Q6, koji daje signal pogreške do Q7 kako bi se saznalo jeli je napon nizak ili previsok. Signal pogreške se pojačalom pogreške (roza) pojačava i kontrolira izlaznim tranzistorom Q15 čime se zatvara negativna povratna veza koja

kontrolira izlazni napon. Početni krug (zelena) daje početnu struju za pojasni krug kako ne bi zapinjao u isključenom stanju. Zaštitni krug (ljubičasta) pruža zaštitu od pregrijavanja Q13, prekomjernog ulaznog napona Q19 i prekomjerne izlazne struje Q14 smanjujući izlaznu struju ili isključujući regulator. Dok djelatelj napona (plava) smanjuje izlazni napon za upotrebu pomoću referentne širine pojasa [72].

Premda je razlika između ulaznog i izlaznog napona veća od 2 – 3 V potreban je hladnjak kako bi odvodio stvorenu toplinu, zbog toga što se velikom razlikom oslobađa veća količina topline. Veličinu potrebnog hladnjaka jednostavno je odrediti pomoću online kalkulatora opisanog u prethodnom potpoglavlju na temelju stvorene topline izražene u [W], koja se dobije ako od vrijednosti ulaznog napona oduzmemo pet i potom pomnožimo s vrijednošću izlazne struje. Kako regulator napona koristi čisti istosmjerni signal napajanja za učinkovit rad, potrebno je dodati kondenzator iza regulatora zbog udaljenosti od filtra napajanja i ispred regulatora zbog poboljšanja stabilnosti i prijelaznog odziva. Tehnički podatci korištenog linearnog regulatora napona dani su tablicom 3.15, dok je prikaz istog s hladnjakom dan slikom 3.27 u nastavku [72].

Tablica 3.15: Tehnički podatci korištenog linearnog regulatora napona [74]

Naziv proizvođača i naziv modela:	Fairchild i LM7805C
Maksimalni ulazni napon i radna struja:	35 VDC i 5 – 8 mA
Izlazni napon i izlazna struja:	5 VDC ($\pm 4\%$) i 1 A
Radna temperatura i izvedba pakiranja:	-40 – 125 °C i TO-220
Dimenzije dodatnog hladnjaka:	40x30,3x25 mm

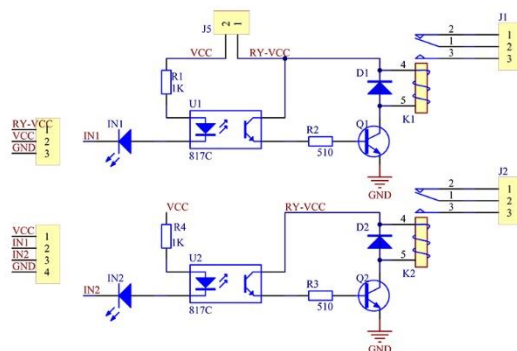


Slika 3.27: Prikaz korištenog linearnog regulatora napona s hladnjakom

3.2.15 Relejni modul

Relejni modul je komponenta koja se koristi za kontrolu i upravljanje električnim uređajima i opremom, trošilima koji zahtijevaju veći AC ili DC napon, snagu i/ili struju nego što to mogu dati digitalni pinovi mikroupravljača ili PLC uređaja. Ovisno o (količini)

broju strujnih krugova i isto toliko releja, relejni moduli mogu biti: 1, 2, 4, 8 ili 16-kanalni. Relej je elektromehanički prekidač (sklopka) sastavljena od zavojnice, kotve, opruge i kontakata. Slikom 3.28 u nastavku dan je uvid u električnu shemu korištenog 2-kanalnog relejnog modula [51, 75].



Slika 3.28: Prikaz električne sheme 2-kanalnog relejnog modula [76]

Princip rada releja temelji se na stvaranju elektromagnetskog polja protjecanjem struje kroz zavojnicu istog. Stvoreno elektromagnetsko polje privlači metalnu kotvu i kratko spaja COM i NO kontakte releja. Nestankom elektromagnetskog polja uzrokovanog prestankom protjecanja struje metalna kotva se odvaja od zavojnice i uz pomoć opruge kratko spaja COM i NC kontakte releja. Zbog veće struje zavojnice releja od one koju može dati mikroupravljač koristi se bipolarni tranzistor i optički sprežnik koji služi kao izolacija između strujnih krugova. Prije napajanja istosmjernim naponom optičkog sprežnika i na bazi bipolarnog tranzistora postavljen je otpornik, dok se na ulazu između mikroupravljača i optičkog sprežnika nalazi LED indikator koji vizualno signalizira rad i zener dioda u paralelnom spoju sa relejom koja štiti relej od inducirano napona spojena na kolektor bipolarnog tranzistora. Relejni modul sadrži kratkospojnik koji nam omogućava dvije opcije napajanja. Bez kratkospojnika relejni je modul potrebno napajati vanjskim napajanjem što je sigurnije za mikroupravljač, a prilikom postavljanja kratkospojnika isti koristi napajanje mikroupravljača [77, 51, 75,].

Relejni modul je u skladu s međunarodnim sigurnosnim standardima te je izrađen od FR-4 materijala naprednim procesom korištenjem dvostranog dizajna ploče. Glavni nedostaci relejnog modula su mala frekvencija rada (za visoke frekvencije upotrebljavaju se tranzistori za velike struje), ograničen broj uklopa i isklopa te iskrenje prilikom uklopa i isklopa. Prednosti relejnog modula u odnosu na tranzistor korišten kao sklopka su takve da tranzistorom možemo uklopiti samo istosmjerni napon, a izlazni napon i struja su

ograničeni. U tablici 3.16 nalaze se tehnički podaci korištenog relejnog modula kao i prikaz istog na slici 3.29 [78, 10, 75].

Tablica 3.16: Tehnički podaci relejnog modula [78]

Naziv proizvođača i kataloški broj modula:	JU-HIWOR i P04
Kataloški broj releja i vrsta sklopke:	JQC-3FF-S-Z i SPDT
Maksimalno opterećenje:	250 VAC / 10 A, 30 VDC/ 10 A
Struja, okidna struja i promjer rupa:	> 100 mA, 5 mA i ϕ 3.1 mm
Radni napon i broj kanala (releja):	5 VDC i 2



Size:50*39*12mm

Slika 3.29: Prikaz dvokanalnog relejnog modula sa pripadajućim mu dimenzijama [78]

3.3 Sustav automatizacije zasnovan na mikroupravljaču ATmega32u4

Sustav automatizacije punilice za med izveden je razvojnim okruženjem DeekRobot MICRO na kojem se nalazi mikroupravljač ATmega32u4 te uz prethodno opisane komponente tvori razvojno okruženje automatske punilice za med. U svrhu istog razvijena je električna shema i programski kod te će u odjeljcima koji slijede također biti prikazani i opisani.

3.3.1 Razvojno okruženje

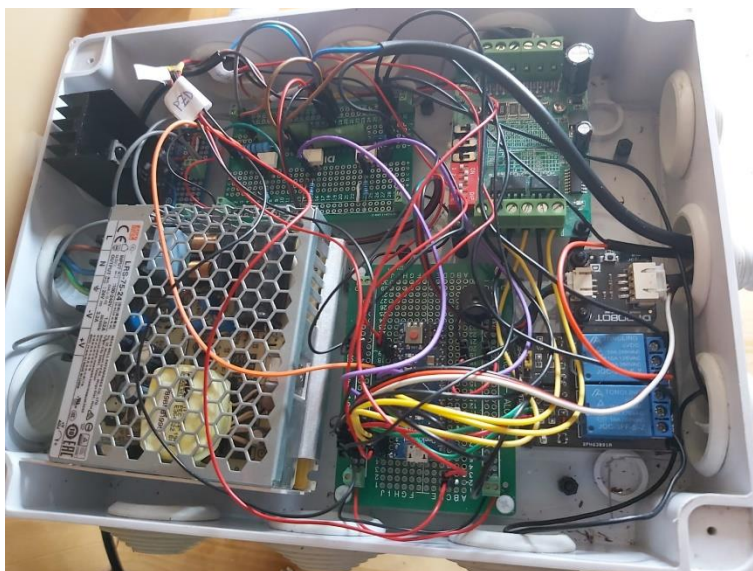
Razvojno okruženje automatske punilice meda izvedeno je dvoma razvodnim kutijama međusobno povezanih kao flex¹⁰ cijevi učvršćenom obujmicama. Razvodna kutija dimenzija 110x110x55 mm učvršćena je vijcima M3x25 u konstrukciju glavnog stola te se na njoj nalaze tipkala za upravljanje i LED indikatori za nadzor, koji tvore sučelje automatiziranog sustava prikazano slikom 3.30 u nastavku.

¹⁰ (engl. *Kaoflex*) – fleksibilna spiralna PVC cijev.



Slika 3.30: Prikaz sučelja automatske punilice za med

Sljedećom razvodnom kutijom dimenzija 255x200x80 mm koja je učvršćena vijcima M6x25 i M6x70 preko drvenog pravokutnog profila dimenzija 45x200x45 mm za srednju razinu glavnoga stola prikazano je slikom 3.31 ožičenje i povezivanje preostalih dijelova uzdignutih odstojećima na komadu akrilnog stakla debljine 2 mm.



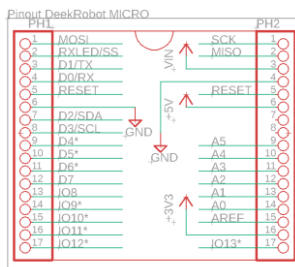
Slika 3.31: Prikaz razvojnog okruženja automatske punilice za med

3.3.2 Električna shema

Električna shema sastavni je dio tehničke dokumentacije automatiziranog sustava kojom se prikazuju električni strujni krugovi te predočava način povezivanja i međusobni odnos između elemenata. Prema propisanim IEC normama elementi strujnih krugova crtaju se grafičkim simbolima, dok se električne veze (vodovi) crtama. Pri čemu se najvažniji podaci istih označavaju brojkama, slovima i znakovima. Zbog nedostupnosti uvida u električne sheme pojedinih sklopova (uređaja) kao što su ispravljač napajanja i pogonitelj koračnog motora, isti su prethodno detaljno opisani ili i predočeni blok dijagramom te su kreirani grafičkim simbolima. Pojedini dijelovi električne sheme

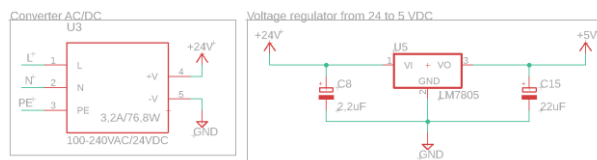
objašnjeni su i prikazani u nastavku, dok se kompletna shema razvojnog okruženja nalazi u prilogu.

Prvom slikom 3.32 prikazani su izvučeni pinovi razvojnog okruženja mikroupravljača ATmega32u4 sa pripadajućim oznakama. Isti se povezuje sa ostalim elementima strujnog kruga direktno ili indirektno kako bi upravljao, komunicirao ili osigurao potrebno napajanje.



Slika 3.32: Prikaz pinova razvojnog okruženja MICRO

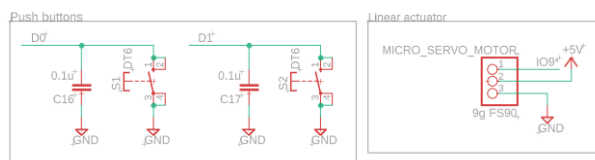
Napajanje sustava dobiva se iz kućne mreže 230 VAC. Pri čemu se potrebno napajanje 24 VDC za pojedine elemente kao što su istosmjerni motor, pogonitelj i senzori dobiva iz ispravljača napajanja. Dok se za ostale elemente osigurava potrebnih 5 VDC preko regulatora napona između kojih se nalaze elektrolitski kondenzatori, kao što je prikazano slikom 3.33 u nastavku.



Slika 3.33: Prikaz ispravljača i regulatora napona

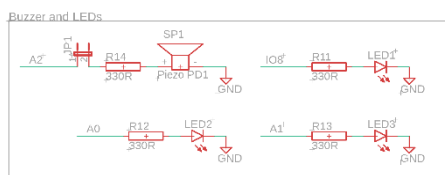
Tipkala se povezuju preko keramičkih kondenzatora na digitalni pin D0 (PIND2) crvena i z na D1 (PIND3) digitalni pin mikroupravljača tipa INT¹¹, koji generiraju prekid. Dok se za upravljanje linearnim aktuatorom (servo motorom), isti povezuje direktno na IO9* (PINB5) digitalni pin koji generira PWM signal. Slikom 3.34 u nastavku prikazan je način povezivanja tipkala i servo motora sa mikroupravljačem.

¹¹ INT – vrsta pina koja služi kao vanjski zahtjev za prekidom [68].



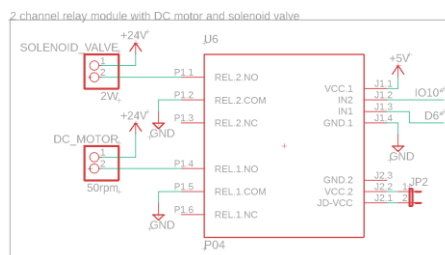
Slika 3.34: Prikaz povezivanja tipkala i servo motora sa mikroupravljačem

Piezelektrična zujalica povezuje se na digitalni pin A2 (PINF5) preko otpornika i kratko-spojnika kako bi se omogućila opcija rada bez zvučnih efekata. Crveno LED svjetlo koje signalizira grešku povezano je preko otpornika na IO8 (PINB4) digitalni pin. Dok se prvo zeleno koje signalizira spremnost punilice također povezuje preko otpornika na digitalni pin A0 (PINF7), kao i drugo na digitalni pin A1 (PINF6) koje signalizira uspješno završen proces. Svjetla i zujalica povezuju se na mikroupravljač kao na slici 3.35 u nastavku.



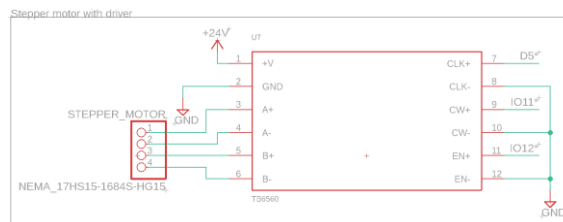
Slika 3.35: Prikaz povezivanja zujalice i LED svjetala sa mikroupravljačem

Elektromagnetski ventil i DC motor povezuju se indirektno sa mikroupravljačem preko 2-kanalnog relejnog modula. Izvod IN1 relejnog modula koji se koristi za upravljanje DC motorom povezan je na D6* (PIND7) digitalni pin mikroupravljača, dok je izvod IN2 namijenjen upravljanju elektromagnetskog ventila povezan na IO10* (PINB6) digitalni pin istog. U nastavku je slikom 3.36 prikazan način na koji se povezuju ventil i motor preko relejnog modula na mikroupravljač, pri čemu su izvodi VCC.2 i JD-VCC relejnog modula kratko spojeni.



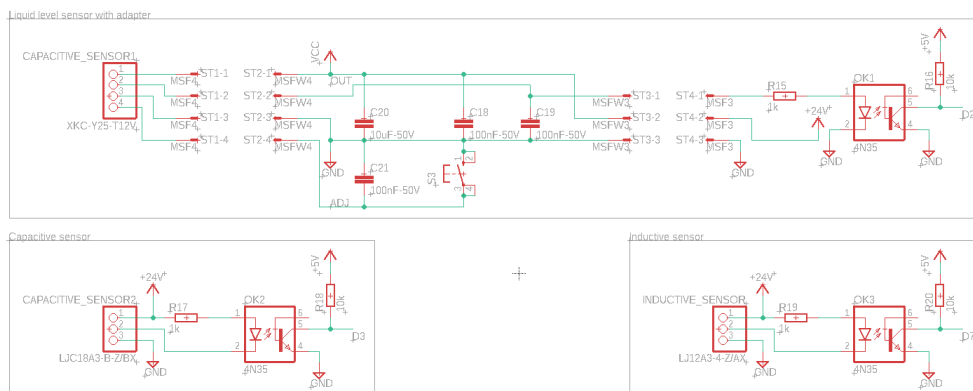
Slika 3.36: Prikaz povezivanja ventila i DC motora sa mikroupravljačem preko relejnog modula

Bipolarni hibridni koračni motor se također indirektno povezuje na pinove mikroupravljača preko pogonitelja koračnog motora TB6560. Izvodom sa CLK+ pina određuje se broj koraka te se stoga isti povezuje na D5* (PINC6) digitalni pin. Smjer koračanja određuje se izvodom sa CW+ pina povezanog na IO11* (PINB7) digitalni pin, dok se uključenost/isključenost određuje izvodom sa EN+ pina povezanog na IO12* (PIND6) digitalni pin. Način povezivanja pogonitelja sa koračnim motorom i mikroupravljačem prikazan je u nastavku slikom 3.37.



Slika 3.37: Prikaz povezivanja koračnog motora preko istoimenog pogonitelja na mikroupravljač

Svi senzori povezuju se indirektno na digitalne pinove mikroupravljača tipa INT preko otpornika i optičkog spreznika. Uz već nabrojano, kapacitivni senzor kojim se mjeri razina tekućine dodatno se povezuje između sa adapterima sučelja te povezuje na pin D2 (PIND1). Kapacitivni senzor prisutnosti se povezuje na pin D3 (PIND0), dok se induktivni povezuje na pin D7 (PINE6). Nazivne snage otpornika R19 i R17 iznosa su 6 W, a otpornika R15 2 W. Slikom 3.38 u nastavku prikazan je način povezivanja pojedinih senzora sa mikroupravljačem.



Slika 3.38: Prikaz povezivanja pojedinih senzora sa mikroupravljačem

3.3.3 Programska podrška

Programska podrška automatske punilice za med stvorena je pisanjem programskog koda u C jeziku prethodno opisanim programskim alatom Atmel Studio 7.0. Programski kod kojim se ostvaruje automatizacija punilice za med nalazi se u Prilogu. Programskim kodom prikazane su početne postavke programskog koda u kojem se uključuju određena zaglavlja, deklariraju varijable, definiraju konstante te makronaredbe. Nadalje, definirane su prekidne rutine kojima se obrađuju signali s induktivnog i kapacitivnog senzora te tipkala. Unutar glavne funkcije nalazi se automat stanja koji služi za pokretanje koračnog i servo motora.

4. ZAKLJUČAK

Automatska punilica za med ispunjava postavljene ciljeve, uvjete i zahtjeve dane uvodnim djelom završnog rada. Stolovi su funkcionalni, stabilni te prihvatljive visine za rukovanje. No međutim, sadrže mnoštvo vijaka (koje je potrebno s vremenom dotezati) kako bi se izbjeglo varenje spojeva zbog raspolaganja s malom količinom razne radioničke opreme. Većina materijala austenitnog nehrđajućeg čelika kupljena na otpadu bitno pojeftinjuje cijenu istog, ali isto tako i pridonosi ekološkoj svijesti recikliranjem dotičnog materijala. Daleko najzahtjevnije operacije prilikom izrade automatske punilice za med bile su bušenje, savijanje i turpijanje austenitnog nehrđajućeg čelika zbog teške obradivosti (tvrdoće) materijala.

Programski alati i pomagala omogućila su te ubrzala razvoj ideje i precizniju izradu završnog rada omogućavajući otkrivanje i ispravljanje pogrešaka na vrijeme. Velika pozornost posvećena je istraživanju pojedinih električnih i elektroničkih komponenti sustava automatizacije punilice za med kako bi međusobno bile kompatibilne.

Funkcionalnost završnog rada je ostvarena, no međutim zbog sporog odziva elektromagnetskog ventila izazvanog vjerojatno nedovoljnom količinom meda u spremniku prilikom testiranja nije ispunjen jedan od uvjeta automatizacije (da je brže negoli ručno punjenje). Ukoliko to nije slučaj isti će u budućnosti biti zamijenjen zupčastom pumpom (dozatorom). Također, završni rad je osmišljen i izrađen tako da u budućnosti može biti nadograđen etiketirkom kako bi upotpunio automatizaciju punilice za med. Osmišljenom automatskom punilicom meda omogućeno je punjenje i drugih različitih tekućina istog ili manjeg viskoziteta, koji koriste istu ambalažu.

5. LITERATURA

- [1] Dolovac A. Industrijska obrada i prerada meda. U: Dolovac A. Savremeno pčelarstvo: nauka i praksa. Sarajevo: Bemust; 2005. str. 446-447.
- [2] Cramp D. Harvesting honey. U: Cramp D. The complete step-by-step book of beekeeping: A practical guide to beekeeping, from setting up a colony to hive management and harvesting the honey, shown in over 400 photographs. Wigston: Lorenz Books; 2011. str. 92-94.
- [3] Logar trade. Posode za med – nerjaveče [Online]. 2020. Dostupno na: <http://www.logar-trade.si/posode-za-med-nerjave%C4%8De/?klasid=10100000> (30.9.2020.)
- [4] Capitol Technology University. What is Solidworks? [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.captechu.edu/blog/solidworks-mechatronics-design-and-engineering-program> (28.9.2020.)
- [5] Heat sink calculator. Heat Sink Size Calculator [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.heatsinkcalculator.com/heat-sink-size-calculator.html> (28.9.2020.)
- [6 (43A)] Lovreković M. Projektiranje razvojnog okruženja s mikroupravljačem porodice Atmel AVR. Završni rad. Bjelovar: Veleučilište u Bjelovaru; 2019.
- [7 (45A)] Vrhovski Z., Miletić M. Mikroročunala: Programiranje mikrokontrolera porodice Atmel u programskom okruženju Atmel Studio 6. 1.izd. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2014. Dostupno na: https://vub.hr/images/uploads/588/mikroracunala_-_zoran_vrhovski_i_marko_miletic.pdf (2.1.2020.)
- [8 (49A)] Vrhovski Z. Mikroročunala: Programiranje mikrokontrolera – predavanje. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2015.
- [9] Engbedded. Atmel AVR Fuse Calculator [Online]. 2014. Dostupno na: <https://www.engbedded.com/fusecalc/> (29.9.2020.)
- [10] Vrhovski Z. Računalno vođenje i upravljanje procesima: Senzori i aktuatori u industrijskoj automatizaciji–predavanje. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2016.
- [11] Nesbitt B. Isolating valves. U: Nesbitt B. Handbook of valves and actuators: Valves manual international. 1st ed. SAD: Butterworth-Heinemann; 2007. str. 82.-99.
- [12] AliExpress. Stainless steel solenoid valve [Online]. 2019. Dostupno na: <https://www.aliexpress.com/item/33040539572.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.173c2303>

[KGHC4q&algo_pvid=fc35ed97-ed49-4a6c-8971-39616dea8195&algo_expid=fc35ed97-ed49-4a6c-8971-39616dea8195-12&btsid=8f1c21b3-f7bc-4240-b41c-af958977d73d&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_6,searchweb201603_53](https://www.aliexpress.com/item/32698299930.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.2b517203vERXSn&algo_pvid=fc35ed97-ed49-4a6c-8971-39616dea8195&algo_expid=fc35ed97-ed49-4a6c-8971-39616dea8195-12&btsid=8f1c21b3-f7bc-4240-b41c-af958977d73d&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_6,searchweb201603_53)
(26.11.2019.)

[13] Dag H. Hanssen. Digital Signals and Digital Inputs and Outputs. U: Dag H. Hanssen. Programmable Logic Controllers: A Practical Approach to IEC 61131-3 using CODESYS. 1st ed. United Kingdom: Wiley; 2015. str. 27.-29.

[14] Mutka A., Golubić S. Senzori: Mjerenje duljine, pomaka, razine, pozicije, prisutnosti...-predavanje. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2016.

[15] AliExpress. Inductive Proximity Sensor [Online]. 2019. Dostupno na: https://www.aliexpress.com/item/32698299930.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.2b517203vERXSn&algo_pvid=6e90656b-b5b7-43da-b883-0a3f0dece41c&algo_expid=6e90656b-b5b7-43da-b883-0a3f0dece41c-10&btsid=1356026e-f6e4-4c39-b089-35c26f51c424&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_4,searchweb201603_52
(19.11.2019.)

[16] Maleš N. Pneumatika i hidraulika: Elektropneumatika - predavanje 7-8. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2017.

[17] Ebay. Inductive Proximity Sensor [Online]. 2019. Dostupno na: <https://www.ebay.com/p/10010954211> (19.11.2019.)

[18] Petrović I. Elektromehanički pretvarači: AC-DC pretvarači-predavanje. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2017.

[19] Meanwell-web. 75W Single Output Switching Power Supply Datasheet [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.meanwell-web.com/content/files/pdfs/productPdfs/MW/LRS-75/LRS-75-spec.pdf> (10.9.2020.)

[20] Advanced Conversion Technology. Linear vs. Switching Power Supplies [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.actpower.com/educational/linear-vs-switching-power-supplies/> (10.9.2020.)

[21] E-radionica. Istosmjerni DC motor [Online]. 2019. Dostupno na: <https://e-radionica.com/hr/blog/2018/11/12/istosmjerni-dc-motor/> (2.12.2019.)

[22] Petrović I. Elektromehanički pretvarači: Istosmjerni stroj 1-predavanje. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2017.

[23] Petrović I. Elektromehanički pretvarači: Istosmjerni stroj 2-predavanje. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2017.

- [24] AliExpress. DC motor with gearbox [Online]. 2019. Dostupno na: https://www.aliexpress.com/item/32246738577.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.379d232dLMeBDo&algo_pvid=0c91b355-7bce-4e95-be22-868063033807&algo_expid=0c91b355-7bce-4e95-be22-868063033807-15&btsid=5be99cec-16da-4ee1-9127-3a2dcec83a12&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_6,searchweb201603_53 (2.12.2019.)
- [25] Alibaba. Brushed gear motor ZGB37RG [Online]. 2019. Dostupno na: https://zhengke.en.alibaba.com/product/60331505126-220826688/37mm_brushed_gear_motors_with_high_quality_ZGB37RG.html?spm=a2700.icbuShop.41413.15.24102a9ffnu8H9 (2.12.2019.)
- [26] AliExpress. Capacitive Proximity Sensor [Online]. 2019. Dostupno na: https://www.aliexpress.com/item/33014649611.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.5d47446bkZS33C&algo_pvid=e6995c68-dd75-4243-978d-39c5af1bfc83&algo_expid=e6995c68-dd75-4243-978d-39c5af1bfc83-51&btsid=9860c1fe-1861-4a05-9883-dd7ee4370835&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_4,searchweb201603_52 (19.11.2019.)
- [27] Yooycart. Capacitive Proximity Sensor [Online]. 2019. Dostupno na: <https://www.yooycart.com/Product/13828026536/> (19.11.2019.)
- [28] AliExpress. Non contact liquid level sensor [Online]. 2019. Dostupno na: <https://www.aliexpress.com/item/32792453739.html?spm=a2g0o.cart.0.0.35bc3c00IhER0D> (20.11.2019.)
- [29] DFRobot. Non contact liquid level sensor [Online]. 2019. Dostupno na: https://wiki.dfrobot.com/Non-contact_Liquid_Level_Sensor_XKC-Y25-T12V_SKU_SEN0204 (20.11.2019.)
- [30] DFRobot. Non contact liquid level sensor [Online]. 2019. Dostupno na: <https://www.dfrobot.com/blog-1138.html> (20.11.2019.)
- [31] DFRobot. Non contact liquid level sensor [Online]. 2019. Dostupno na: <https://www.dfrobot.com/product-1493.html> (20.11.2019.)
- [32] Crneković M., Šurina T. Energetska podrška robota. U: Matutinović Ž. Industrijski roboti. Zagreb: Školska knjiga; 1990. str. 81.-86.
- [33] Stepperonline. Hybrid stepper motor[Online]. 2019. Dostupno na: <https://www.omc-stepperonline.com/hybrid-stepper-motor/> (7.12.2019.)
- [34] Edgefx Kits and Solutions. Stepper Motor Working [Online]. 2019. Dostupno na: <https://www.efxkits.co.uk/interfacing-stepper-motor-8051-microcontroller/> (7.12.2019.)

- [35] Circuit globe. Hybrid Stepper Motor Working [Online]. 2019. Dostupno na: <https://circuitglobe.com/hybrid-stepper-motor.html> (8.12.2019.)
- [36] Stepperonline. Nema 17 Stepper Motor with Planetary Gearbox [Online]. 2019. Dostupno na: <https://www.omc-stepperonline.com/nema-17-stepper-motor-l39mm-gear-raio-151-high-precision-planetary-gearbox-17hs15-1684s-hg15.html> (9.12.2019.)
- [37] AliExpress. Nema 17 Stepper Motor with Planetary Gearbox [Online]. 2019. Dostupno na: https://www.aliexpress.com/item/4000033071078.html?spm=2114.search0204.3.125.877334efZEUtXZ&ws_ab_test=searchweb0_0%2Csearchweb201602_6_10065_10068_319_10059_10884_317_10887_10696_321_322_10084_453_10083_454_10103_10618_10307_10820_10301_10821_10303_537_536%2Csearchweb201603_53%2CppcSwitch_0&algo_exp_id=91f201c7-8e74-4d62-9ceb-1714212ff1ec-20&algo_pvid=91f201c7-8e74-4d62-9ceb-1714212ff1ec&transAbTest=ae803_5 (9.12.2019.)
- [38] Diykits. Linearni aktuator [Online]. 2020. Dostupno na: https://www.diykits.eu/shophr/products/p_11583 (14.9.2020.)
- [39] Vrhovski Z. Automatsko upravljanje: Analiza i sinteza linearnih kontinuiranih sustava. 1. izd. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2013.
- [40] Vrhovski Z. Mikroracunala: Razvojno okruženje i dodatni moduli mikrokontrolera - predavanje. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2014.
- [41] Alibaba. Fitec Analog 9g FS90 Micro Servo Motor [Online]. 2020. Dostupno na: https://www.alibaba.com/product-detail/Fitec-9g-SG90-FS90-Micro-Servo_60198598194.html?spm=a2700.7724857.normalList.2.1ae43ddcfiXe8c (14.9.2020.)
- [42] Baran Maity A. Photodetectors. U: Baran Maity A. Optoelectronics and optical fiber sensors. 1st ed. India: PHI Learning Private Limited; 2013. str. 154-158.
- [43] Electronics Notes. Photocouplers, Opto-couplers & Opto-isolators [Online]. 2020. Dostupno na: https://www.electronics-notes.com/articles/electronic_components/transistor/what-is-a-photocoupler-optocoupler-optoisolator.php (17.9.2020.)
- [44] Sattel S. Let There Be Light! How an Optocoupler Works [Online]. 2016. Dostupno na: <https://www.autodesk.com/products/eagle/blog/how-an-optocoupler-works/> (17.9.2020.)

- [45] Marston R. Optocoupler Circuit. Nuts and Volts [Elektronički časopis]. 2000. Dostupno na: <https://www.nutsvolts.com/magazine/article/optocoupler-circuits#content-extras> (17.9.2020.)
- [46] Vishay. 4N35 Optocoupler Datasheet [Online]. 2010. Dostupno na: <https://www.vishay.com/docs/81181/4n35.pdf> (17.9.2020.)
- [47] E-radionica. Buzzer [Online]. 2020. Dostupno na: <https://e-radionica.com/hr/blog/2015/08/19/buzzer/> (27.1.2020.)
- [48] CUI Devices. Piezo and magnetic buzzers [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.cuidevices.com/product-spotlight/piezo-and-magnetic-buzzers> (27.1.2020.)
- [49] Alan Butcher Components. Piezo buzzer definition [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.abcomponents.co.uk/piezo-buzzer-definition/> (27.1.2020.)
- [50] ISL Products. Piezo buzzers vs. magnetic buzzers [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.islproducts.com/designnote/piezo-buzzers-vs-magnetic-buzzers/> (27.1.2020.)
- [51] Amazon. Piezo active buzzer [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.amazon.com/BestTong-Electronic-Buzzer-Housing-Connector/dp/B07KD8B4V4> (27.1.2020.)
- [52] Aliexpress. 5V Active buzzer alarm [Online]. 2020. Dostupno na: https://www.aliexpress.com/item/32966602176.html?spm=2114.search0204.3.169.686964beEnUPmQ&ws_ab_test=searchweb0_0%2Csearchweb201602_6_10065_10068_319_10059_10884_317_10887_10696_321_322_10084_453_10083_454_10103_10618_10307_10820_10301_10821_10303_537_536%2Csearchweb201603_53%2CpccSwitch_0&algo_expid=3ec73e97-a1b2-47e3-ab43-9d69dc8fc966-25&algo_pvid=3ec73e97-a1b2-47e3-ab43-9d69dc8fc966&transAbTest=ae803_5 (27.1.2020.)
- [53] Hršak B. IT i primjerna: Operacijski sustavi OS - predavanje. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2015.
- [54] Makerguides. TB6560 Stepper Motor Driver with Arduino Tutorial [Online]. 2019. Dostupno na: <https://www.makerguides.com/tb6560-stepper-motor-driver-arduino-tutorial/> (21.12.2019.)
- [55] Amazon. HiLetgo TB6560 3A CNC Router Single 1 Axis Controller Stepper Motor Driver Board [Online]. 2019. Dostupno na: https://www.amazon.com/HiLetgo-TB6560-Router-Controller-Stepper/dp/B00LPK02SY/ref=sr_1_1_sspa?keywords=tb6560&linkCode=s12&linkId=b65a6a556adcb5a5c3517af83a94de17&qid=1576607513&sr=8-1-spons&psc=1&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhbGlmaWVyPUEyQVc3UFDmVU1YVVBVNj

[mVuY3J5cHRIZElkPUExMDI4OTA5MlpUSzFZMFVMR0xaSCZlbnNyeXB0ZW RBZE
lkPUEwNDI1MjYzMjZVTIVPQjBaTzY4WCZ3aWRnZXROYW1lPXNwX2F0ZiZhY3R
pb249Y2xpY2tSZWRpcmVjdCZkb05vdExvZ0NsaWNrPXRydWU](https://www.aliexpress.com/item/4000382235440.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.7abd2664cCM9sz&algo_pvid=897a9270-45cd-4576-8ef9-205e6d616eca&algo_expid=897a9270-45cd-4576-8ef9-205e6d616eca-4&btsid=4f858168-0419-43d7-8b6d-4ddd5c4e0a42&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_4,searchweb201603_53) (21.12.2019.)

[56] Tehnička škola Bjelovar. Upute za korištenje programatora USBASP V2.0 [Online]. 2020. Dostupno na: http://ss-tehnicka-bj.skole.hr/skola/djelatnici/robert_herceki?dm_document_id=575&dm_det=1 (9.2.2020.)

[57] Vrhovski Z. Mikroračunala: Osnovni pojmovi i građa mikroračunala – predavanje. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2017.

[58] RS. IDC Connectors [Online]. 2020. Dostupno na: <https://uk.rs-online.com/web/c/connectors/pcb-connectors/idc-connectors/> (9.2.2020.)

[59] Vrhovski Z. Mikroračunala: Mikrokontroler Atmel AVR ATmega16 – predavanje. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2015.

[60] Oregon State University. USBASP AVR Programmer – User Guide [Online]. 2020. Dostupno na: <https://eecs.oregonstate.edu/education/docs/ece375/USBASP-UG.pdf> (9.2.2020.)

[61] Aliexpress. ISP USBASP AVR Programmer [Online]. 2020. Dostupno na: https://www.aliexpress.com/item/4000382235440.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.7abd2664cCM9sz&algo_pvid=897a9270-45cd-4576-8ef9-205e6d616eca&algo_expid=897a9270-45cd-4576-8ef9-205e6d616eca-4&btsid=4f858168-0419-43d7-8b6d-4ddd5c4e0a42&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_4,searchweb201603_53 (9.2.2020.)

[62] A. P. USB 3.0: sve što trebate znati. PCCHIP [Elektronički časopis]. 2016. Dostupno na: <https://pcchip.hr/helpdesk/usb-3-0-sve-sto-trebate-znati/> (9.2.2020.)

[63] Saskatoon techworks. USBASP AVR Programmer [Online]. 2020. Dostupno na: <https://sktechworks.ca/product/usbasp/> (9.2.2020.)

[64] Aliexpress. ATmega32u4 5V 16Mhz Module Board [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.aliexpress.com/item/32874305838.html> (15.2.2020.)

[65] Adafruit. Arduino Micro 5V 16MHz (ATmega32u4) [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.adafruit.com/product/1086> (15.2.2020.)

[66] Arduino. Arduino products [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products> (15.2.2020.)

[67] Arduino. Arduino ATmega32u4 Pin Mapping [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.arduino.cc/en/Hacking/PinMapping32u4> (15.2.2020.)

- [68] Microchip. Datasheet ATmega32u4 microcontroller [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega32u4> (4.3.2020.)
- [69] Microchip. Datasheet ATmega168 microcontroller [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega168> (4.3.2020.)
- [70] Arduino. Arduino Micro module electric scheme [Online]. 2020. Dostupno na: <https://store.arduino.cc/arduino-micro> (4.3.2020.)
- [71] Vrhovski Z., Šumiga I. Elektronika: Sklopovi s pn-diodom – predavanje. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2016.
- [72] Electronicsforu. All About IC 7805 Voltage Regulator [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.electronicsforu.com/resources/learn-electronics/7805-ic-voltage-regulator>
- [73] Seeedstudio. LM7805 Voltage Regulator: Features, Comparisons and more [Online]. 2020. Dostupno na: <https://www.seeedstudio.com/blog/2019/10/30/lm7805-voltage-regulator-features-comparisons-lm317-and-more/>
- [74] E-radionica. LM7805 Datasheet [Online]. 2020. Dostupno na: <https://e-radionica.com/productdata/LM7805.pdf>
- [75] Last Minute Engineers. Interface Two Channel Relay Module with Arduino [Online]. 2020. Dostupno na: <https://lastminuteengineers.com/two-channel-relay-module-arduino-tutorial/> (2.1.2020.)
- [76] Sunfounder. 2 Channel 5V Relay Module Schematic [Online]. 2020. Dostupno na: http://wiki.sunfounder.cc/index.php?title=2_Channel_5V_Relay_Module (26.9.2020.)
- [77] Petrović I. Automatizacija strojeva i uređaja 1: Elementi automatizacije (Releji, prekidači i ventili) - predavanje. Bjelovar: Visoka tehnička škola u Bjelovaru; 2016.
- [78] Aliexpress. 5V Relay Module 2 Channel High Low Electrical Level Trigger With Optocoupler Relays Output For Arduino SingleChip [Online]. 2020. Dostupno na: https://www.aliexpress.com/item/32959180923.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.52181caa05WrPQ&algo_pvid=9f6539b4-6a90-4bd5-b83e-0264cec123ee&algo_expid=9f6539b4-6a90-4bd5-b83e-0264cec123ee-12&btsid=e898bfbf-fa8c-462a-9e3b-745077b35d8f&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_6,searchweb201603_53 (2.1.2020.)

6. OZNAKE I KRATICE

- OPG – Obiteljsko poljoprivredno gospodarstvo
- VAC – VoltageAlternatingCurrent (Napon izmjenične struje)
- LED – LightEmittingDiode (Dioda koja emitira svjetlost)
- 3D – ThreeDimensions (Trodimenzionalni)
- PVC – PolyvinylChloride (Polivinil klorid)
- 2D – TwoDimensions (Dvodimenzionalni)
- EAGLE – EasilyApplicableGraphicalLayoutEditor (Lako primjenjiv grafički uređivač izgleda)
- EDA – ElectronicDesignAutomation (Automatizacija električkog dizajna)
- PCB – PrintedCircuitBoard (Tiskana pločica)
- AVR – AlfAndVegard`sRISC (Alfov i Vegardov RISC)
- RISC – ReducedInstructionSetComputer (Računalo sa smanjenim brojem instrukcija)
- VDC – VoltageDirectCurrent (Napon istosmjerne struje)
- DN – DiameterNominal (Nominalni promjer)
- LC – CoiLCapacitor (Kondenzator-zavojnica)
- NPN – NegativePositiveNegative (Negativan, pozitivan, negativan)
- ABS – AcrylonitrilenButadieneStyrene (Akrilonitril butadien strien)
- PNP – PositiveNegativePositive (Pozitiva, negativan, pozitivan)
- CE – ConformityEuropean (Europska sukladnost)
- IEC – InternationalElectrotechnicalCommission (Međunarodna elektrotehnička komisija)
- DIN – DeutschesInstitutFürNormung (Njemački institut za standardizaciju)
- IP – IngressProtection (Zaštita od prodora)
- AC – AlternatingCurrent (Izmjenična struja)
- DC – DirectCurrent (Istosmjerna struja)
- O.L.P. – Over.Load.Protection (Zaštita od preopterećenja)
- O.V.P. – Over.Voltage.Protection (Zaštita od prenapona)
- CB – CertificationBody (Ovjera tijela)
- CCC – ChinaCompulsoryCertificate (Kinesko obavezno uvjerenje)
- cURus – CanadianUnderwriters-laboratoriesRecognizedUnitedState (Kanadsko-Američko prepoznavanje laboratorijskih osiguranja)
- EAC – EuroasianConformity (Euroazijska sukladnost)

RoHS – RestrictionOfHazardousSubstances (Ograničenje opasnih tvari)

TUV – TechnicalInspectionAssociation (Udruženje za tehnički pregled)

IE – InternationalEfficiency (Međunarodna učinkovitost)

RC – ResistorCapacitor (Kondenzator-otpornik)

On/off – (Uključen/isključen)

SET – (Postaviti)

VCC – VoltageCommonCollector (Napon zajedničkog kolektora)

InVCC – InputVoltageCommonCollector (Zajednički ulazni napon kolektora)

OUT – Output (Izlaz)

GND – Ground (Uzemljenje)

ADJ – Adjustable (Podesivo)

ADC – AnalogToDigitalConverter (Analogno-digitalni pretvarač)

L/R – CoiL/Resistor (Zavojnica/otpornik)

ISO – InternationalOrganizationForStandardization (Međunarodna organizacija za standardizaciju)

NEMA ICS – NationalElectricalManufacturersAssociation IndustrialControlAndSystems
(Nacionalno udruženje proizvođača električne opreme. Industrijsko upravljanje i sustavi)

PWM – PulseWidthModulation (Modulacija širine impulsa)

POM – PolyOxyMethylene (Polioksimetilen)

REACH – RegistrationEvaluationAuthorisationAndRestrictionOfChemicals
(Registracija, procjena, autorizacija i ograničenje kemikalija)

ISO 9001 – InternationalOrganizationForStandardization9001 (Međunarodna organizacija za standardizaciju: sustav upravljanja kvalitetom)

GaAs – GalliumArsenide (Galij-arsenid)

BSi – BritishStandardsInstitution (Britanska institucija za standarde)

SGS FI – GeneralSocietyOfSurveillanceFinland (Finsko opće društvo za nadzor)

WEEE – WasteElectricalAndElectronicEquipment (otpad od električne i elektroničke opreme)

DIP – DualIn-linePackage (Dvostruki linijski paket)

hex. – Hexadecimal (Heksadecimalni)

PC – PersonalComputer (Osobno računalo)

MCU – MicroControllerUnit (Mikro-upravljačka jedinica)

SCK – SerialClock (Serijski sat)

MISO – MasterInputSlaveOutput (Glavni ulaz, podređeni izlaz)
MOSI – MasterOutputSlaveInput (Glavni izlaz, podređeni ulaz)
JP – JumPer (Kratkospojnik)
JTAG – JointTestActionGroup (Zajednička ispitna akcijska grupa)
SRAM – StaticRandomAccessMemory (Statička memorija sa slučajnim pristupom)
MOSFET – MetalOxideSemiconductorFieldEffectTransistor (Metal-oksidni poluvodič tranzistor sa efektom polja)
VIN – VoltageInput (Ulazni napon)
USB – UniversalSerialBus (Univerzalna serijska sabirnica)
TO-220 – TransistorOutline-220 (Obris tranzistora – vrsta pakiranja through-hole s 3 izvoda)
PLC – ProgrammableLogicController (Programibilni logički upravljač)
COM – Common (Zajednički)
NO – NormallyOpen (Normalno otvoren)
NC – NormallyClose (Normalno zatvoren)
FR-4 – FlameRetardant-4 (Usporavač gorenja-NEMA razred za epoksidni laminat ojačan staklom)
SPDT – SinglePoleDoubleThrow (Jednopolni s dvostrukim bacanjem)
INT – Interrupt (Prekid [vanjski])
PCINT – PinChangeInterrupt (Prekid promjenom [stanja] pina)
IN1 – Input1 (Ulaz1)
IN2 – Input2 (Ulaz2)
VCC.2 – VoltageCommonCollector2 (Napon zajedničkog kolektora 2)
JD-VCC – JumperDirection-VoltageCommonCollector (Napon zajedničkog kolektora preko kratkospojnika)
CLK – Clock (Sat)
CW – ContinuousWaveform (Kontinuirani valni oblik)
EN – Enable (Omogućiti)

7. SAŽETAK

Naslov: Automatizacija punilice za med

U ovom završnom radu opisan je postupak automatizacije punilice za med. Uvodnim dijelom dan je uvid u razloge izbora teme završnog rada, postavljene zahtjeve iste, objašnjene su vrste načina punjenja meda te navedeni poneki bitni parametri prema kojima se vodilo tijekom same izrade i projektiranja završnog rada. Zatim detaljnije opisana automatizacija punilice za med, navedeni poneki proizvođači istih te u detalje opisan način funkcioniranja i izrade vlastitog rješenja. Slijedno tome detaljno je opisana konstrukcija i oprema pomoćnog i glavnog stola te objašnjen princip rada izvedenih tehničkih rješenja i mehanizama. Potom su navedeni korišteni programski alati i pomagala te detaljno opisane i precizno izabrane električne i elektroničke komponente. Na posljeticu je prikazan i opisan sustav automatizacije zasnovan na mikroupravljaču ATmega32u4 kroz razvijeno razvojno okruženje, električnu shemu te djelomično programsku podršku.

Ključne riječi: punilica za med, mikroupravljač ATmega32u4, automatizacija

8. ABSTRACT

Title: Automation of honey filling machine

This final thesis describes automation of honey filling machine. The introductory part provides an insight into the reasons for choosing the topic of the final work and its requirements, explains the honey filling methods, and lists some important parameters that were followed during the preparation and design of the final work. Then the automation of the honey filler machine is described in detail, some manufacturers are listed, and the way of functioning and manufacturing of your own solution is described in detail. Consequently, the construction and equipment of the auxiliary and main table are described in detail, and the principle of operation of the derived technical solutions and mechanisms is explained. Next, the used software tools and aids are listed, as well as detailed and precisely selected electrical and electronic components. Finally, the automation system based on the ATmega32u4 microcontroller is presented and described through the development environment, electrical schematics, and partly through programming software.

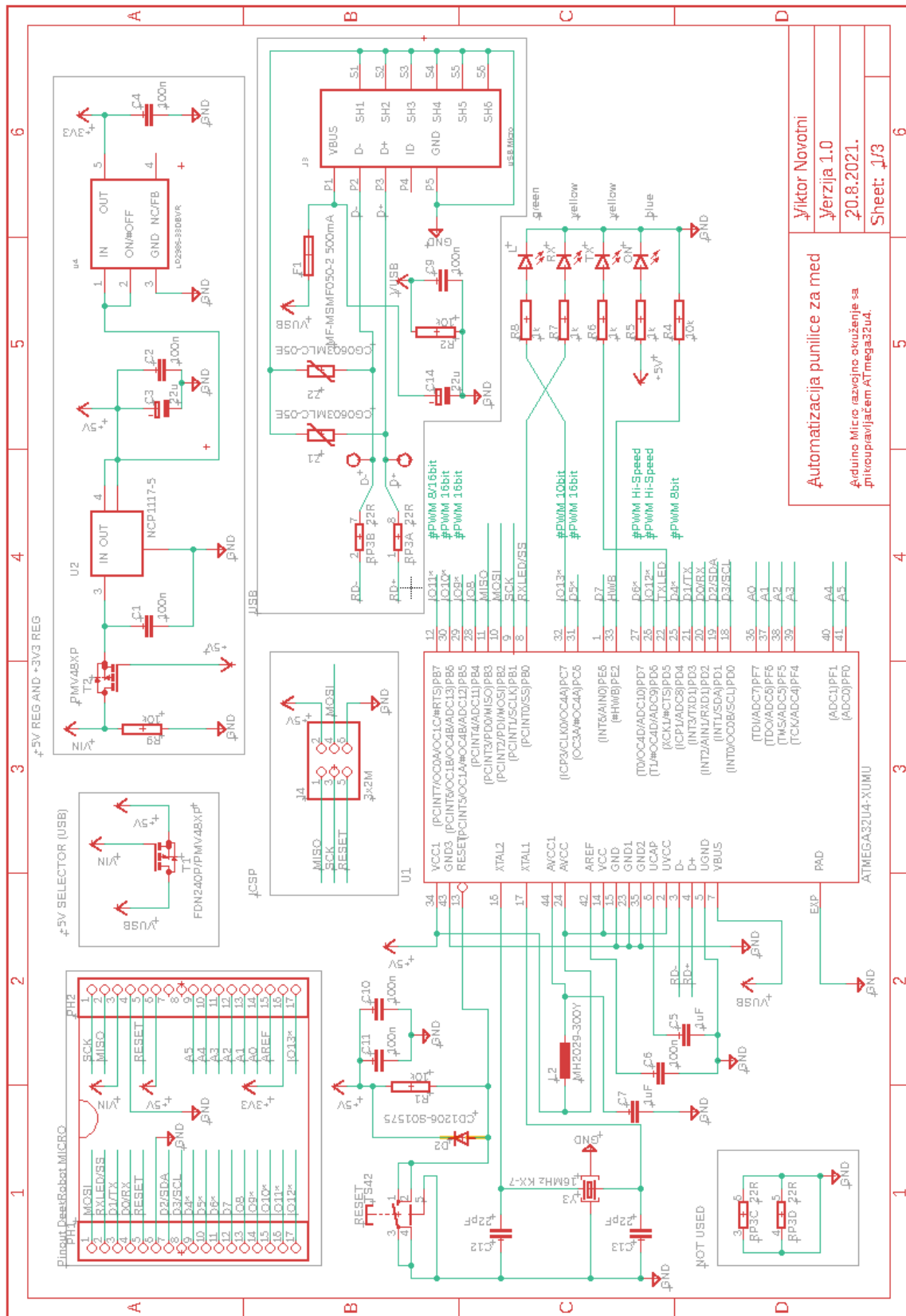
Keywords: honey filling machine, microcontroller ATmega32u4, automation

9. PRILOZI

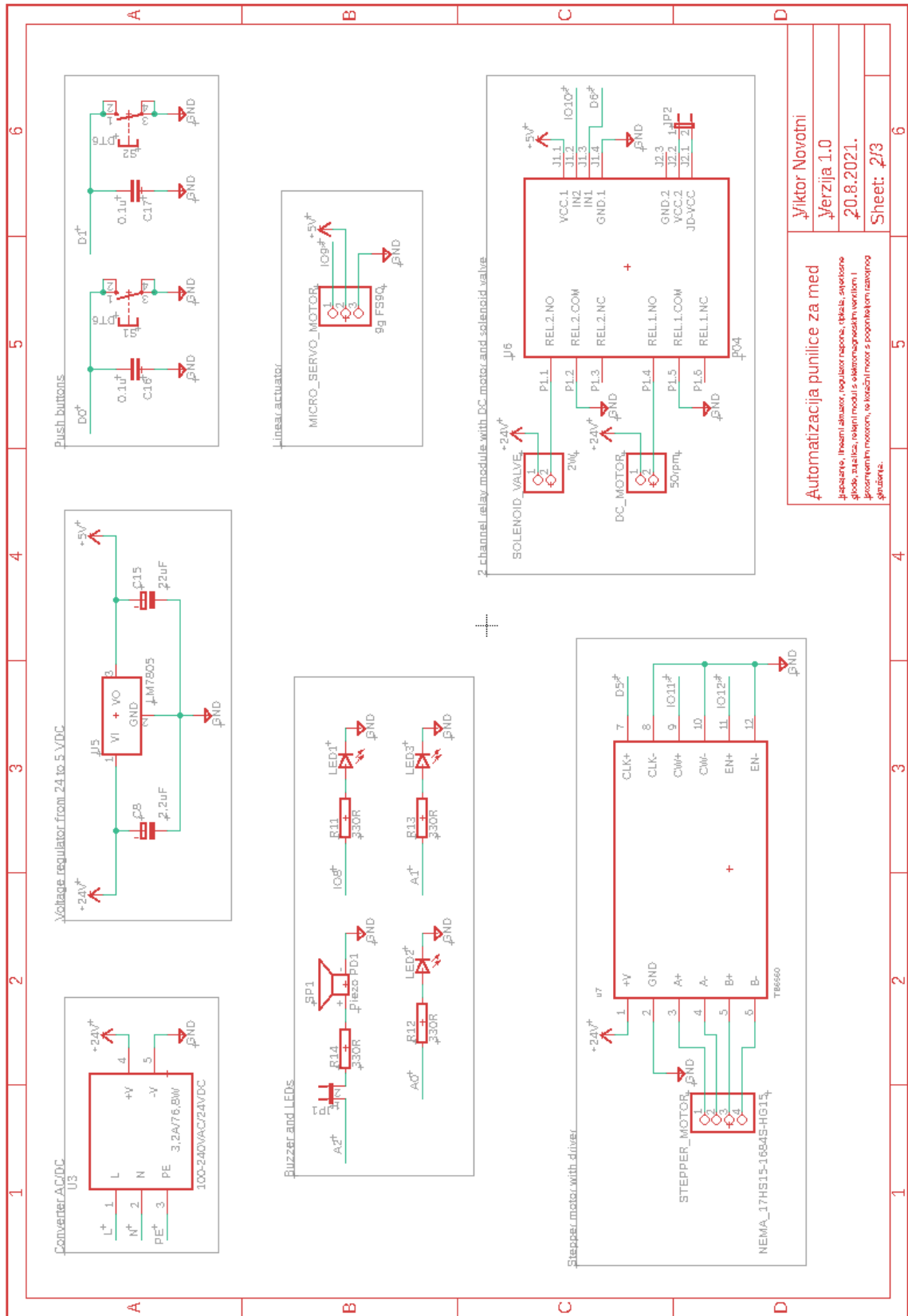
U ovom poglavlju dodani su sljedeći prilozi koji su korisni za razumijevanje šire slike završnog rada:

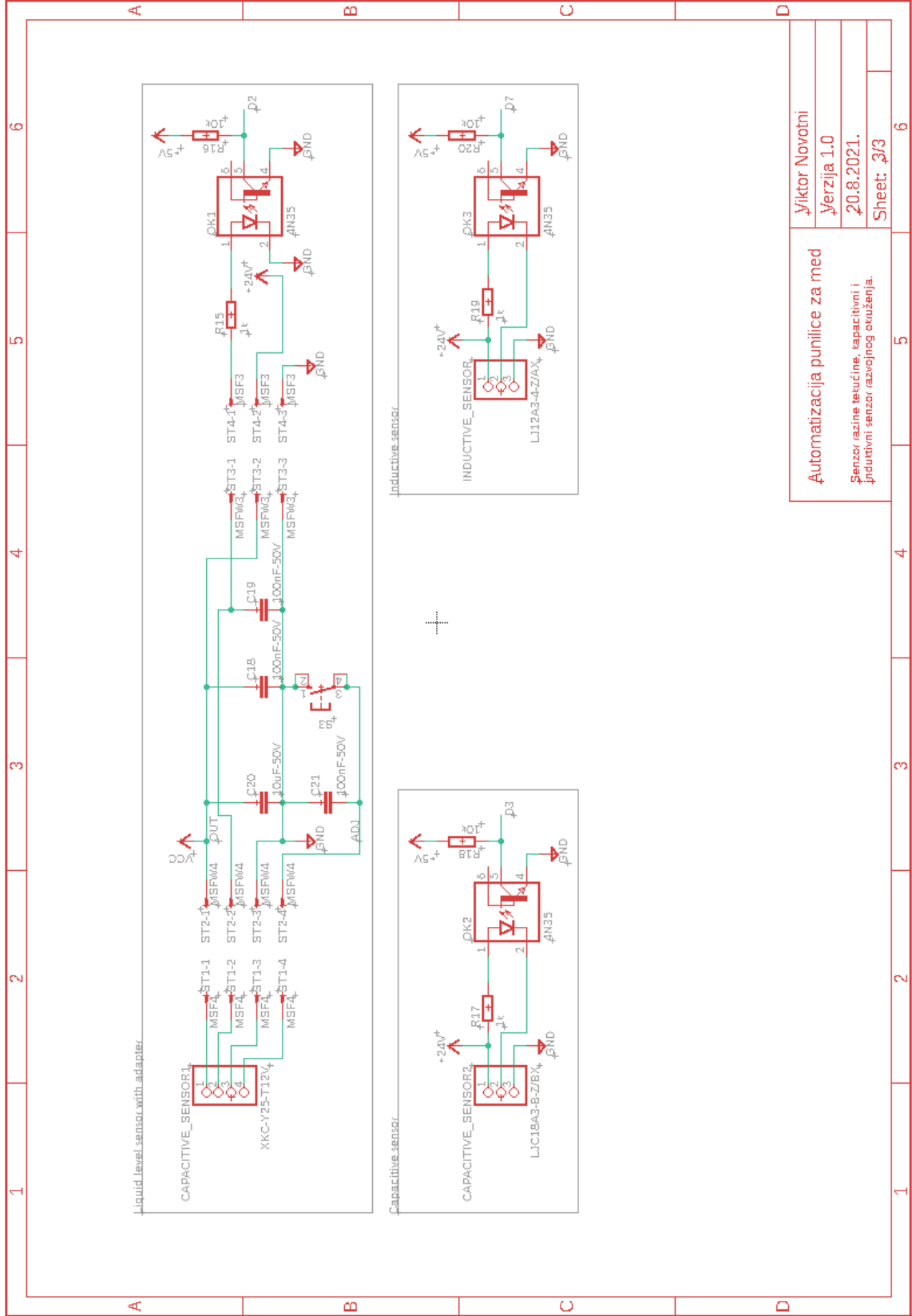
- Električna shema razvojnog okruženja automatske punilice za med
- Programski kod razvojnog okruženja automatske punilice za med

Električna shema razvojnog okruženja automatske punilice za med



Automatizacija punilice za med
 Autor: Viktor Novotni
 Verzija: 1.0
 Datum: 20.8.2021.
 Sheet: 1/3





Programski kod razvojnog okruženja automatske punilice za med

```
/*
 * Završni.c
 *
 * Skraćenice:
 * CD - Crvena dioda (LED).
 * CLK - Puls za korak (Pogonitelj koračnog motora 3/3).
 * CW - Smjer koračanja (Pogonitelj koračnog motora 1/3).
 * EN - Omogući rad (Pogonitelj koračnog motora 2/3).
 * EV - Elektromagnetski ventil.
 * IM - Istosmjerni motor.
 * KZD - Krajnja zelena dioda (LED).
 * PZ - Piezoelektrična zujalica.
 * PZD - Početna zelena dioda (LED).
 * SI - Senzor induktivni (prisutnosti).
 * SK - Senzor kapacitivni (prisutnosti).
 * SM - Servo motor (OC1A).
 * SR - Senzor razine tekućine (kapacitivni, prisutnosti).
 * TC - Tipkalo crveno.
 * TZ - Tipkalo zeleno.
 *
 * Created: 9.9.2021. 2:20:59
 * Author : Viktor Novotni
 */
#include <stdbool.h> // Uključenje zaglavlja s definiranim makronaredbama i funkcijama za
logički tip i vrijednosti.
#include <avr/io.h> // Uključenje zaglavlja s definiranim makronaredbama i funkcijama za
manipuliranje s digitalnim ulazima i izlazima.
#include "avrvub.h" // Uključenje zaglavlja s definiranim raznim markonaredbama i
funkcijama za konfiguraciju mikroupravljača.
#include <util/delay.h> // Uključenje zaglavlja s definiranim makronaredbama i
funkcijama za kašnjenje.
#include "timer.h" // Uključenje zaglavlja s definiranim makronaredbama i funkcijama za
vremenske brojače.
#include "interrupt.h" // Uključenje zaglavlja s definiranim makronaredbama i funkcijama
za prekide.
#define DUTY_MIN 2.4 // Definiranje (konstante) postotka širine PWM signala za kut 0°.
#define DUTY_MAX 11.5 // Definiranje (konstante) postotka širine PWM signala za kut
180°.
#define STEPS_PER_REVOLUTION 400 // Definiranje (konstante) koraka za 1/8 kruga (CLK).
#define BUZZER_PORT PORTF // Definiranje podatkovnog registra za digitalni pin
piezoelektrične zujalice.
#define BUZZER_DDR DDRF // Definiranje smjera podataka digitalnog pina piezoelektrične
zujalice kao izlazni.
#define BUZZER_PIN PF5 // Definiranje pozicije digitalnog pina piezoelektrične
zujalice.

volatile int korak = 0; // (Naredba sprječava optimizaciju programskog koda nad
objektima.) Deklaracija globalne cjelobrojne varijable s postavljenom vrijednošću 0.
volatile float duty1, duty2; // (Naredba sprječava optimizaciju programskog koda nad
objektima.) Deklaracija globalnih realnih varijabli.

ISR(INT0_vect) { // Prekidna rutina za vanjski prekid INT0 (SK).
    duty1 = DUTY_MIN; // Varijabli duty1 pridruži vrijednost konstante DUTY_MIN.
    OC1A_set_duty_cycle(duty1, PWM_ICR1); // Napraviti zaokret od -180° sa servo
motorom PINB5 (SM). Postavi duty cycle na kanalu OC1A.
    toggle_port(PORTD, PD7); // Promijeni stanje istosmjernog motora PIND7 (IM).
    toggle_port(PORTB, PB6); // Promijeni stanje elektromagnetskog ventila (EV).
}

ISR(INT1_vect) { // Prekidna rutina za vanjski prekid INT1 (SR).
    toggle_port(PORTB, PB6); // Promijeni stanje elektromagnetskog ventila (EV).
    korak = 2; // Varijablu korak postavi u vrijednost 2.
}
}
```

```

ISR(INT2_vect) { // Prekidna rutina za vanjski prekid INT2 (TC).
    set_port(PORTB, PB4, 1); // Upaliti crvenu LED-icu PINB4 (CD).
    set_port(PORTD, PD7, 1); // Ugasiti istosmjerni motor PIND7 (IM).
    set_port(PORTD, PD6, 1); // Ugasiti koračni motor PIND6 (EN).
    set_port(PORTF, PF6, 0); // Ugasiti krajnju zelenu LED-icu PINF6 (KZD).
    korak = 0; // Varijablu korak postavi u vrijednost 0.
}

ISR(INT3_vect){ // Prekidna rutina za vanjski prekid INT3 (TZ).
    set_port(PORTB, PB4, 0); // Ugasiti crvenu LED-icu PINB4 (CD).
    set_port(PORTD, PD7, 0); // Upaliti istosmjerni motor PIND7 (IM).
    set_port(PORTD, PD6, 0); // Upaliti koračni motor PIND6 (EN).
    set_port(PORTF, PF6, 0); // Ugasiti krajnju zelenu LED-icu PINF6 (KZD).
    korak = 1; // Varijablu korak postavi u vrijednost 1.
}

ISR(INT6_vect){ // Prekidna rutina za vanjski prekid INT6 (SI).
    korak = 4; // Varijablu korak postavi u vrijednost 4.
}

void BUZZ(double duration, int freq){ // Deklaracija funkcije za upotrebu zvučne
signalizacije pomoću piezoelektrične zujalice.
    long int i, cycles; // Deklaracija cjelobrojno dužih varijabli.
    cycles = duration * freq; // Broj ciklusa izmjena pina za zujalicu.
    long int period = 1.0/freq * 100000; // Izračun perioda.
    long int half_period = period / 2; // Izračun poluperioda.
    BUZZER_DDR |= (1 << BUZZER_PIN); // Konfiguriranje izlaznog pina za zujalicu.

    for (i=0; i < cycles; i++) // Mijenjaj stanje pina piezoelektrične zujalice
cycles puta.
    {
        half_period = period/2; // Izračun poluperioda.
        while(half_period--) { // Čekaj poluperiodu.
            _delay_us(10); // Funkcija kašnjenja [us] koja kao argument prima
realan broj dvostruke preciznosti.
        }

        BUZZER_PORT |= (1 << BUZZER_PIN); // Postavi pin zujalice.

        half_period = period/2; // Izračun poluperioda.
        while(half_period--) { // Čekaj poluperiodu.
            _delay_us(10); // Funkcija kašnjenja [us] koja kao argument prima
realan broj dvostruke preciznosti.
        }
        BUZZER_PORT &= ~(1 << BUZZER_PIN); // Resetiraj pin piezoelektrične
zujalice.
    }
}

void inicijalizacija () { // Inicijalizacijska funkcija za definiranje i objedinjavanje
početnih postavki mikroupravljača.

    output_port(DDRB, PB7); // PINB7 (CW) postavljen kao izlazni pin.
    output_port(DDRB, PB6); // PINB6 (EV) postavljen kao izlazni pin.
    output_port(DDRB, PB5); // PINB5 (SM) postavljen kao izlazni pin.
    output_port(DDRB, PB4); // PINB4 (CD) postavljen kao izlazni pin.
    output_port(DDRC, PC6); // PINC6 (CLK) postavljen kao izlazni pin.
    output_port(DDRD, PD7); // PIND7 (IM) postavljen kao izlazni pin.
    output_port(DDRD, PD6); // PIND6 (EN) postavljen kao izlazni pin.
    output_port(DDRF, PF7); // PINF7 (PZD) postavljen kao izlazni pin.
    output_port(DDRF, PF6); // PINF6 (KZD) postavljen kao izlazni pin.
    set_port(PORTB, PB7, 0); // PINB7 (CW) nisko početno stanje izlaznog pina.
    set_port(PORTB, PB6, 1); // PINB6 (EV) visoko početno stanje izlaznog pina.
    set_port(PORTB, PB5, 1); // PINB5 (SM) visoko početno stanje izlaznog pina.
    set_port(PORTB, PB4, 0); // PINB4 (CD) nisko početno stanje izlaznog pina.
}

```

```

set_port(PORTC, PC6, 0); // PINC6 (CLK) nisko početno stanje izlaznog pina.
set_port(PORTD, PD7, 1); // PIND7 (IM) visoko početno stanje izlaznog pina.
set_port(PORTD, PD6, 0); // PIND6 (EN) nisko početno stanje izlaznog pina.
set_port(PORTF, PF7, 1); // PINF7 (NZD) visoko početno stanje izlaznog pina.
set_port(PORTF, PF6, 0); // PINF6 (KZD) nisko početno stanje izlaznog pina.
input_port(DDRD, PD3); // PIND3 (TZ) postavljen kao ulazni pin.
input_port(DDRD, PD2); // PIND2 (TC) postavljen kao ulazni pin.
input_port(DDRD, PD1); // PIND1 (SR) postavljen kao ulazni pin.
input_port(DDRD, PD0); // PIND0 (SK) postavljen kao ulazni pin.
input_port(DDRE, PE6); // PINE6 (SI) postavljen kao ulazni pin.
set_port(PORTD, PD3, 1); // PIND3 (TZ) uključen pritezni otpornik na ulaznom pinu.
set_port(PORTD, PD2, 1); // PIND2 (TC) uključen pritezni otpornik na ulaznom pinu.

timer1_set_prescaler(TIMER1_PRESCALER_64); // Funkcija kojom se konfigurira
djelitelj frekvencije radnog takta za sklop Timer/Counter1.
timer1_set_phase_correct_PWM_ICR1(2500); // Podešavanje Phase Correct PWM načina
rada za sklop Timer/Counter1 s vršnom vrijednošću top. Vršna vrijednost top zapisuje se
u registar ICR1 i može poprimiti vrijednosti u rasponu [0, 65535].
timer1_OC1A_enable_non_inverted_PWM(); // Omogućavanje generiranja ne
invertirajućeg PWM signala na kanalu A (OC1A) za sklop Timer/Counter1.

interrupt_enable(); // Omogući globalni prekid.

int0_enable(); // Funkcija koja omogućuje vanjski prekid na pinu INT0.
int0_set_falling_edge(); // Funkcija koja vanjski prekid INT0 konfigurira na način
da padajući brid signala na pinu INT0 izaziva prekid.
int1_enable(); // Funkcija koja omogućuje vanjski prekid na pinu INT1.
int1_set_falling_edge(); // Funkcija koja vanjski prekid INT1 konfigurira na
način da padajući brid signala na pinu INT1 izaziva prekid.
int2_enable(); // Funkcija koja omogućuje vanjski prekid na pinu INT2.
int2_set_rising_edge(); // Funkcija koja vanjski prekid INT2 konfigurira na način
da rastući brid signala na pinu INT2 izaziva prekid.
int3_enable(); // Funkcija koja omogućuje vanjski prekid na pinu INT3.
int3_set_rising_edge(); // Funkcija koja vanjski prekid INT3 konfigurira na način
da rastući brid signala na pinu INT3 izaziva prekid.
int6_enable(); // Funkcija koja omogućuje vanjski prekid na pinu INT6.
int6_set_falling_edge(); // Funkcija koja vanjski prekid INT6 konfigurira na
način da padajući brid signala na pinu INT6 izaziva prekid.
korak = 0; // Varijablu korak postavi u vrijednost 0.
}
int main(void) // Poziv glavnog programa.
{
    inicijalizacija(); // Inicijalizacija mikroupravljača.
    while (1) { // Kada je jedinica tj. sve dok ima napajanje i dok je reset pin u
visokom stanju. Beskonačna petlja.
        if(korak == 1) { // Ako je varijabla korak vrijednosti jedan.
            set_port(PORTF, PF7, 0); // Ugasiti zelenu LED spremnosti PINF7
(PZD).
                _delay_ms(2500); //Funkcija kašnjenja [ms] koja kao argument prima
realan broj dvostruke preciznosti.
                for (int j = 0; j < 13; j++) { // Konačna petlja koračnog motora
koja se izvodi 13 puta kako bi se postigao kut od 270°.
                    for (int i = 0; i < STEPS_PER_REVOLUTION; i++) { // Konačna
petlja koračnog motora koja se izvodi sve dok pomak ne dosegne iznos od 45°.
                        set_port(PORTC, PC6, 1); // Upaliti koračni motor
PINC6 (CLK).
                            _delay_us(1000); //Funkcija kašnjenja [us] koja kao
argument prima realan broj dvostruke preciznosti.
                            set_port(PORTC, PC6, 0); // Ugasiti koračni motor
PINC6 (CLK).
                                _delay_us(1000); //Funkcija kašnjenja [us] koja kao
argument prima realan broj dvostruke preciznosti.
                            }
                        }
                    }
                _delay_ms(4000); //Funkcija kašnjenja [ms] koja kao argument prima
realan broj dvostruke preciznosti.
            }
        }
    }
}

```

```

        for (int j = 0; j < 2; j++) { // Konačna petlja koračnog motora
koja se izvodi 2 puta kako bi se postigao kut od 270°.
            for (int i = 0; i < STEPS_PER_REVOLUTION; i++) { // Konačna
petlja koračnog motora koja se izvodi sve dok pomak ne dosegne iznos od 45°.
                set_port(PORTC, PC6, 1); // Upaliti koračni motor
PINC6 (CLK).
                    _delay_us(2000); //Funkcija kašnjenja [us] koja kao
argument prima realan broj dvostruke preciznosti.
                set_port(PORTC, PC6, 0); // Ugasiti koračni motor
PINC6 (CLK).
                    _delay_us(2000); //Funkcija kašnjenja [us] koja kao
argument prima realan broj dvostruke preciznosti.
            }
        }
        _delay_ms(3000); //Funkcija kašnjenja [ms] koja kao argument prima
realan broj dvostruke preciznosti.
        korak = 0; // Varijablu korak postavi u vrijednost 0.
    }
    if (korak == 2) { // Ako je varijabla korak vrijednosti dva.
        set_port(PORTF, PF7, 0); // Ugasiti zelenu LED spremnosti PINF7
(PZD).
            _delay_ms(2500); // Funkcija kašnjenja [ms] koja kao argument prima
realan broj dvostruke preciznosti.
            duty2 = DUTY_MAX; // Varijabli duty2 pridruži vrijednost konstante
DUTY_MAX.
                OC1A_set_duty_cycle(duty2, PWM_ICR1); // Napraviti zaokret od 180°
sa servo motorom PINB5 (SM). Postavi duty cycle na kanalu OC1A.
            _delay_ms(2500); // Funkcija kašnjenja [ms] koja kao argument prima
realan broj dvostruke preciznosti.
            for (int j = 0; j < 7; j++){ // Konačna petlja koračnog motora koja
se izvodi 7 puta kako bi se postigao kut od 90°.
                for (int i = 0; i < STEPS_PER_REVOLUTION; i++){ // Konačna
petlja koračnog motora koja se izvodi sve dok pomak ne dosegne iznos od 45°.
                    set_port(PORTC, PC6, 1); // Upaliti koračni motor
PINC6 (CLK).
                        _delay_us(2000); //Funkcija kašnjenja [us] koja kao
argument prima realan broj dvostruke preciznosti.
                    set_port(PORTC, PC6, 0); // Ugasiti koračni motor
PINC6 (CLK).
                        _delay_us(2000); //Funkcija kašnjenja [us] koja kao
argument prima realan broj dvostruke preciznosti.
                }
            }
            korak = 0; // Varijablu korak postavi u vrijednost 0.
            toggle_port(PORTD, PD7); // Promijeni stanje istosmjernog motora
PIND7 (IM).
        }
        if (korak == 4) { // Ako je varijabla korak vrijednosti četiri.
            set_port(PORTF, PF7, 0); // Ugasiti zelenu LED spremnosti PINF7
(PZD).
                for (int j = 0; j < 4; j++){ // Konačna petlja koračnog motora koja
se izvodi 4 puta kako bi se postigao kut od 270°.
                    for (int i = 0; i < STEPS_PER_REVOLUTION; i++) { // Konačna
petlja koračnog motora koja se izvodi sve dok pomak ne dosegne iznos od 45°.
                        set_port(PORTC, PC6, 1); // Upaliti koračni motor
PINC6 (CLK).
                            _delay_us(2000); //Funkcija kašnjenja [us] koja kao
argument prima realan broj dvostruke preciznosti.
                        set_port(PORTC, PC6, 0); // Ugasiti koračni motor
PINC6 (CLK).
                            _delay_us(2000); //Funkcija kašnjenja [us] koja kao
argument prima realan broj dvostruke preciznosti.
                    }
                }
            }
            _delay_ms(4500); // Funkcija kašnjenja [us] koja kao argument prima
realan broj dvostruke preciznosti.
        }
    }
}

```




```

        _delay_ms(3000); //Funkcija kašnjenja [ms] koja kao argument
prima realan broj dvostruke preciznosti.
        korak = 0; // Varijablu korak postavi u vrijednost 0.
    }
}
else { // Inače.
    set_port(PORTF, PF7, 0); // Ugasiti zelenu LED spremnosti PINF7
(NZD).
    _delay_ms(2500); //Funkcija kašnjenja [ms] koja kao argument prima
realan broj dvostruke preciznosti.
    set_port(PORTF, PF7, 1); // Upaliti zelenu LED spremnosti PINF7
(NZD).
    _delay_ms(2500); //Funkcija kašnjenja [ms] koja kao argument prima
realan broj dvostruke preciznosti.
}
}
return 0; // Vratiti nulu.
}

```

IZJAVA O AUTORSTVU ZAVRŠNOG RADA

Pod punom odgovornošću izjavljujem da sam ovaj rad izradio/la samostalno, poštujući načela akademske čestitosti, pravila struke te pravila i norme standardnog hrvatskog jezika. Rad je moje autorsko djelo i svi su preuzeti citati i parafraze u njemu primjereno označeni.

Mjesto i datum	Ime i prezime studenta/ice	Potpis studenta/ice
U Bjelovaru, <u>14.10.2024.</u>	Viktor Novotni	

Prema Odluci Veleučilišta u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Veleučilišta u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju

Viktor Novotni

ime i prezime studenta/ice

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 14.10.2021.



potpis studenta/ice