

Maketa sustava za sortiranje objekata prema njihovoj veličini

Jukić, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:551973>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

Stručni studij

**MAKETA SUSTAVA ZA SORTIRANJE OBJEKATA
PREMA NJIHOVOJ VELIČINI**

Završni rad

Filip Jukić

Osijek, 2024 godina.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1S: Obrazac za ocjenu završnog rada na stručnom prijediplomskom studiju****Ocjena završnog rada na stručnom prijediplomskom studiju**

Ime i prezime pristupnika:	Filip Jukić
Studij, smjer:	Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer Automatika
Mat. br. pristupnika, god.	A 4530, 23.07.2018.
JMBAG:	0165076569
Mentor:	izv. prof. dr. sc. Tomislav Keser
Sumentor:	prof. dr. sc. Damir Blažević
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	izv. prof. dr. sc. Alfonzo Baumgartner
Član Povjerenstva 1:	izv. prof. dr. sc. Tomislav Keser
Član Povjerenstva 2:	doc. dr. sc. Tomislav Galba
Naslov završnog rada:	%naziv_rada%
Znanstvena grana završnog rada:	Procesno računarstvo (zn. polje računarstvo)
Zadatak završnog rada:	Projektirati, izraditi i testirati sustav za sortiranje objekata prema njihovoj veličini. Sustav izraditi kao konceptualnu maketu, potpuno funkcionalnu. Sustav mora biti sposoban sortirati objekte raznih oblika i veličina primjerenih dimenzijama makete. Provesti funkcionalno testiranje te evaluaciju kvalitete sortiranja.
Datum ocjene pismenog dijela završnog rada od strane mentora:	26.06.2024.
Ocjena pismenog dijela završnog rada od strane mentora:	Izvrstan (5)
Datum obrane završnog rada:	12.09.2024.
Ocjena usmenog dijela završnog rada (obrane):	Izvrstan (5)
Ukupna ocjena završnog rada:	Izvrstan (5)
Datum potvrde mentora o predaji konačne verzije završnog rada čime je pristupnik završio stručni prijediplomski studij:	12.09.2024.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****IZJAVA O IZVORNOSTI RADA**

Osijek, 12.09.2024.

Ime i prezime Pristupnika:

Filip Jukić

Studij:

Stručni prijediplomski studij Elektrotehnika, smjer Automatika

Mat. br. Pristupnika, godina upisa:

A 4530, 23.07.2018.

Turnitin podudaranje [%]:

7

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Maketa sustava za sortiranje objekata prema njihovoj veličini**

izrađen pod vodstvom mentora izv. prof. dr. sc. Tomislav Keser

i sumentora prof. dr. sc. Damir Blažević

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis pristupnika:

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Zadatak i struktura završnog rada	2
2. TEORIJSKI OSVRT.....	3
2.1. Torijski osvrt na pokretnu traku za sortiranje.....	3
2.2. Prijedlog sklopovskog rješenja	4
2.3. Prijedlog programskog rješenja	6
3. REALIZACIJA POKRETNE TRAKE ZA SORTIRANJE	7
3.1. Korišteni alati i programska okruženja	7
3.2. Izrada pokretne trake	7
3.3. Izrada stanice za mjerenje i propuštanje predmeta	9
3.4. Realizacija sklopovskog rješenja	14
3.5. Realizacija programskog rješenja	15
4. TESTIRANJE I REZULTATI	18
4.1. Metode testiranja	18
4.2. Rezultati testiranja	18
4.2.1. Testiranje i podešavanje rada infracrvenih senzora i servo motora	18
4.2.2. Testiranje pravilne detekcije dimenzija predmeta	20
4.2.3. Testiranje upadanja predmeta u predviđeni spremnik	22
5. ZAKLJUČAK.....	24
LITERATURA	25
SAŽETAK	26
ABSTRACT.....	27
PRILOZI I DODACI.....	29

1. UVOD

Ovaj završni rad prvobitno je bio projekt iz predmeta mikroračunala u automatizaciji. Inspiracija za ovaj projekt dobivena je tako što sam bio u radnom okruženju u kojem bi pokretna traka sa sistemom sortiranja kutija po veličini automatizirala, te povećala brzinu i kvalitetu obavljanja rada.

Pokretne trake su mehanički sustavi koji se sastoje od trake koja je izrađena od neprekidnog materijala poput gume, plastike ili metala, te dva valjka oko kojih se ta traka giba. Počele su se koristiti početkom 19. stoljeća, točnije 1901. godine kada je tvrtka Sandvik sa sjedištem u Švedskoj izumila i tako počela proizvoditi čelične pokretne trake. U početku najviše ih je popularizirala automobilska industrija točnije Henry Ford kada je 12 godina nakon izuma pokretnih traka u svoje pogone uveo ugradbenu liniju na istom principu rada (slika 1.1), te je skratio vrijeme potrebno da bi se napravio popularan automobil Model-T, [1]. U današnjem svijetu pokretne trake su važan dio različitih industrijskih postrojenja, skladišta, i drugih mjesta gdje je potreban prijenos proizvoda, materijala pa čak i ljudi. Prednosti korištenja ovakvih sustava je automatizacija procesa, efikasniji prijenos sirovina, povećanje produktivnosti i smanjenje potrebe za fizičkim ljudskim radom. Međutim kada tim trakama upravlja fizički radnik on može biti pod utjecajem umora, stresa ili izložen vanjskim nepogodama pa tako može doći do smanjenja efikasnosti, potencijalnih opasnosti i pogrešaka pri radu tj. ljudske pogreške (engl. *Human error*). Zbog takvih razloga industrije koje koriste pokretne trake teže da ugrade dodatni sistem koji će sortirati i automatizirati takav proces, no takve trake mogu biti komplicirane i skupe za manja skladišta ili postrojenja, te im je ekonomski neisplativ trošak ugradnje i održavanja. S obzirom na to, u ovome završnome radu napraviti će se jednostavan, pristupačan model trake koja će sortirati kutije različitih dimenzija u svoje predviđene spremnike. Tijekom toga primjenjivat će se mikroupravljač STM32 i Arduino integrirano programsko okruženje (engl. *Arduino Integrated Development Environment*).



Slika 1.1. Fordova montažna traka godine 1913. [1]

1.1. Zadatak i struktura završnog rada

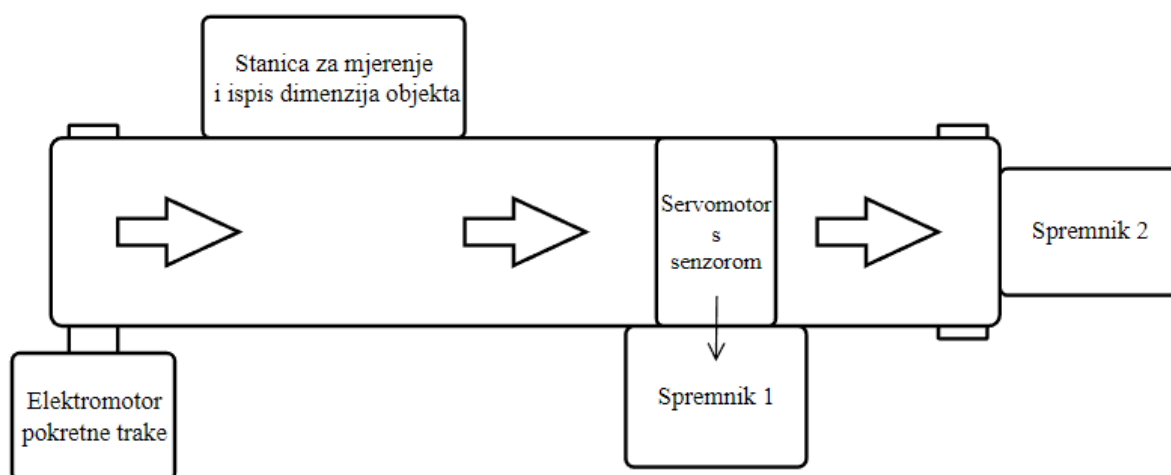
Zadatak završnoga rada je projektirati, izraditi i testirati sustav za sortiranje objekata prema njihovoj veličini. Sustav izraditi kao konceptualnu maketu, potpuno funkcionalnu. Sustav mora biti sposoban sortirati objekte raznih oblika i veličina primjerenih dimenzijama makete. Provesti funkcionalno testiranje te evaluaciju kvalitete sortiranja.

Na početku ovoga rada govorit će se o tome kako je projekt u teoriji zamišljen da radi, pa prikazati teoretsko rješenje sklopa i programa koristeći se algoritmima. U trećemu poglavlju prikazana je realizacija sklopovskog i programskog rješenja i alata koja je korištena prilikom izrade projekta. U četvrtom poglavlju testiraju se pojedine komponente i ispravnost same makete. Na kraju ovoga završnoga rada, u petome poglavlju, iznosi se zaključak.

2. TEORIJSKI OSVRT

2.1. Torijski osvrt na pokretnu traku za sortiranje

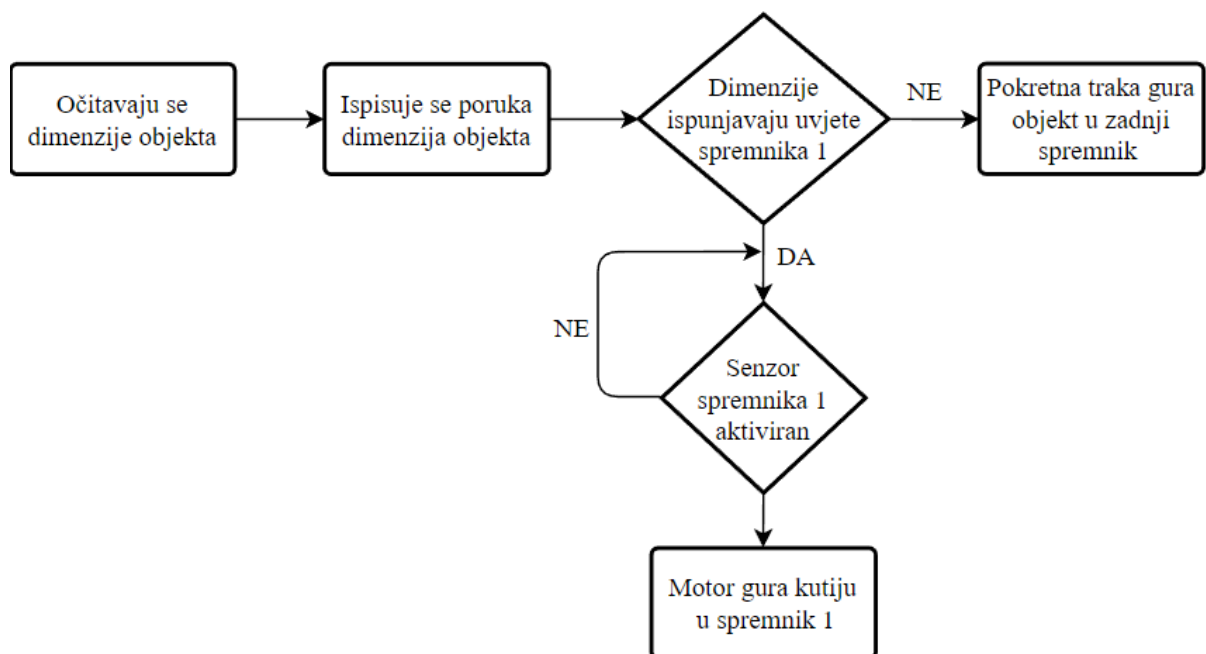
Cilj ovoga projekta pokretne trake za sortiranje je da izmjeri dimenzije objekta, te ga sortira u predviđene spremnike, ali pokušavajući da rješenje problema bude što jednostavnije. Pri izradi same pokretne trake koristi se princip rada gdje se traka giba oko više valjaka poredanih po dužini koji su međusobno jednako udaljeni, a valjci se slobodno mogu okretati oko svoje vlastite osi. Razlog tome je što će se koristiti gumena traka pa kada se postavi objekt na traku ne dođe do propadanja zbog njegove težine tj. da valjci služe kao potpora za traku. Ovaj projekt je samo pokazna maketa gdje će konstrukcija biti izrađena od materijala koji je lagan za oblikovati i obrađivati poput drveta ili plastike.



Slika 2.1. Konstrukcijska shema pokretne trake za sortiranje

Teorijski princip rada pokretne trake za sortiranje nije toliko kompliciran. Projekt se osniva na sensorima koji detektiraju objekt i aktuatorima koji će osigurati da objekt završi u svome predviđenom spremniku. Konstrukcijska shema (slika 2.1) pokretne trake za sortiranje sastoji se od tri glavna dijela. Prvi i najvažniji dio je pokretna traka po kojoj se objekt giba u smjeru prema spremnicima i elektromotor koji ju konstantno pokreće. Nakon što se objekt postavi na pokretnu traku on dolazi do stanica za mjerenje i ispis dimenzija objekta, a ona se

sastoji od senzora koji mjeri dimenzije objekta i ekrana koji će ispisati poruku o izmjerenim dimenzijama. Na kraju, objekt dolazi do stanice koja koristi senzor i servomotor koja osigurava da objekt završi u svome predviđenom spremniku. S pomoću senzora, servomotor dobiva signal kada je objekt u poziciji za guranje u spremnik, ako objekt nije predviđenih dimenzija za taj određeni spremnik on ga propušta i objekt ide do sljedeće takve stanice za drugi spremnik. U projekt će se dodati takvih stanica koliko god je spremnika potrebno, a kada objekt nije predviđen za niti jedan od spremnika, on pada u zadnji spremnik koji je na kraju pokretne trake. Na slici 2.2. je prikazan osnovni princip rada za sortiranje objekta s dva spremnika.

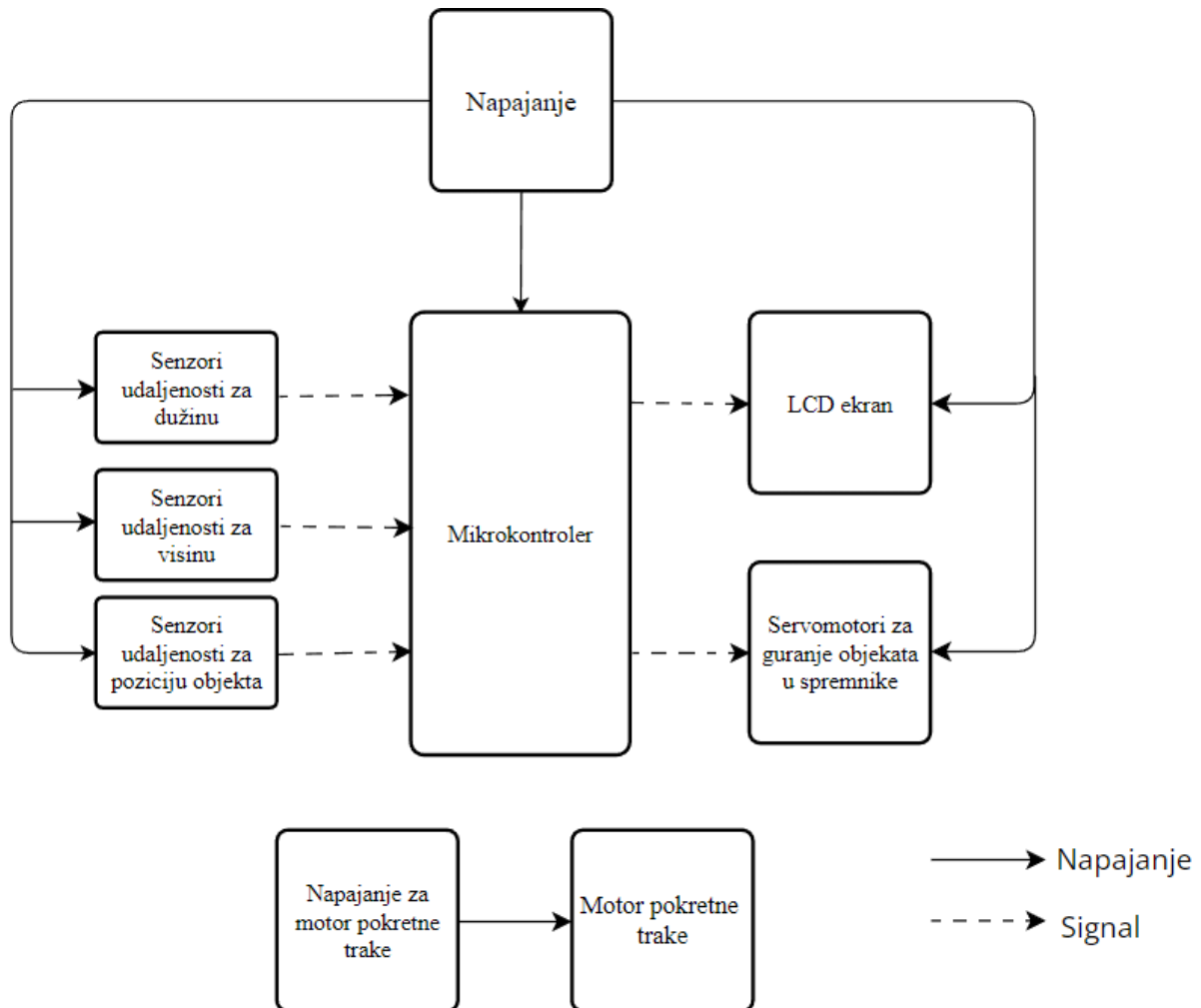


Slika 2.2. Osnovni princip rada sortiranja objekta

2.2. Prijedlog sklopovskog rješenja

U ovome potpoglavlju bit će prikazan funkcionalni blok dijagram sklopa koji će biti korišten i njegovi međusobni odnosi. Za izradu modela bit će korištena dva odvojena napajanja tj. motor za pokretnu traku će imati svoje vlastito napajanje. Iz razloga što motor pokretne trake treba biti konstantno uključen, te postoje velike razlike u potrebnoj voltaži u odnosu na

mikroupravljač pokretne trake. Drugo napajanje imat će manju voltažu jer mikroupravljaču i ostalim komponentama dovoljan je napon od 5V i manje.

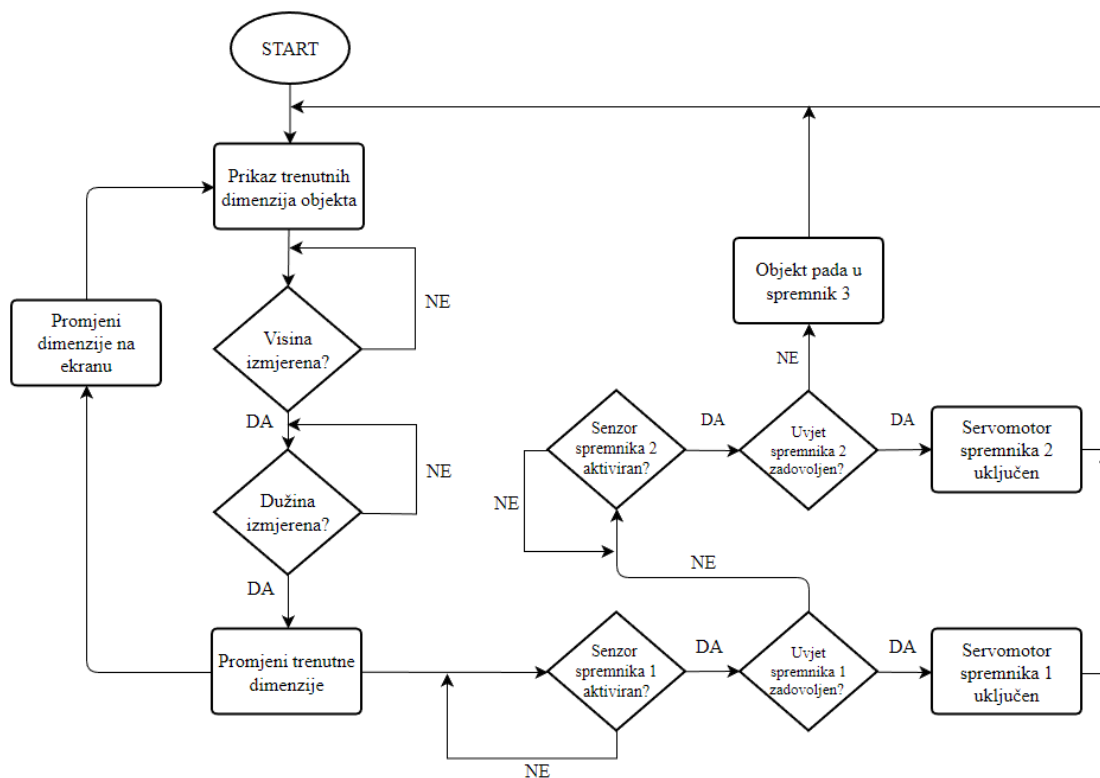


Slika 2.3. Blok dijagram sklopa

Na slici 2.3 se može vidjeti teorijsko rješenje sklopovlja i zamišljeni ulazi i izlazi. Svi senzori udaljenosti predstavljaju ulaze i spajaju se na ulazne priključnice mikroupravljača. Oni se dijele na senzore koji određuju visinu objekta, senzori koji mjere dužinu objekta i senzori koji detektiraju objekt kada je ispred spremnika. Služe nam kako bi se odredila prisutnost objekta i poslao signal mikroupravljaču. Izlazi su ekran i servomotori koji se spajaju na izlazne priključnice mikroupravljača. Servomotori se koriste kako bi gurali objekt u spremnik kada dobiju signal od senzora za poziciju kutije, a ekran koristimo za ispis poruka i vrijednosti.

2.3. Prijedlog programskog rješenja

Sama zadaća teorijskog programskog rješenja je da sve ulaze i izlaze koji su definirani u sklopovskom rješenju povežu u jedno, te da se to pretvori u algoritam koji će olakšati izradu toka programa na samoj maketi. Prvo je potrebno uključiti motor za pokretnu traku kako bi se traka pokretala. Zatim se postavlja objekt na start pokretne trake, tada se počinje kretati prema više senzora udaljenosti koji su postavljeni okomito jedan ispod drugoga. Kada objekt aktivira senzore i dobivena je vrijednost visine objekta, koja je jednaka ukupnom broju aktiviranih senzora visine, nakon toga objekt dolazi do više senzora postavljenih vodoravno koji rade na istom principu kao i senzori za mjerenje visine. Dužina objekta jednaka je maksimalnom broju aktiviranih senzora dužine u isto vrijeme. Kada su dobivene visina i dužina objekta, dimenzije se ispisuju na ekran i objekt dolazi do senzora udaljenosti koji su pozicionirani pored spremnika. Ako objekt dođe do senzora koji se nalazi pored spremnika za koji je namijenjen, tada se šalje signal servomotoru da se aktivira i tako gura objekt s trake i on pada u predviđeni spremnik, ako objekt nije predviđen ni za jedan spremnik on pada u spremnik na kraju pokretne trake. Cijeli tok rada pokretne trake za sortiranje koji je naveden pretvoren je u algoritam (slika 2.4) radi lakšeg shvaćanja i realiziranja samoga projekta.



Slika 2.4. Prijedlog rješenja algoritma programa s tri spremnika

3. REALIZACIJA POKRETNE TRAKE ZA SORTIRANJE

U ovom poglavlju će se govoriti o korištenim programskim alatima i zašto ih koristimo, te će biti objašnjen postupak izrade sklopovskog i programskog rješenja makete.

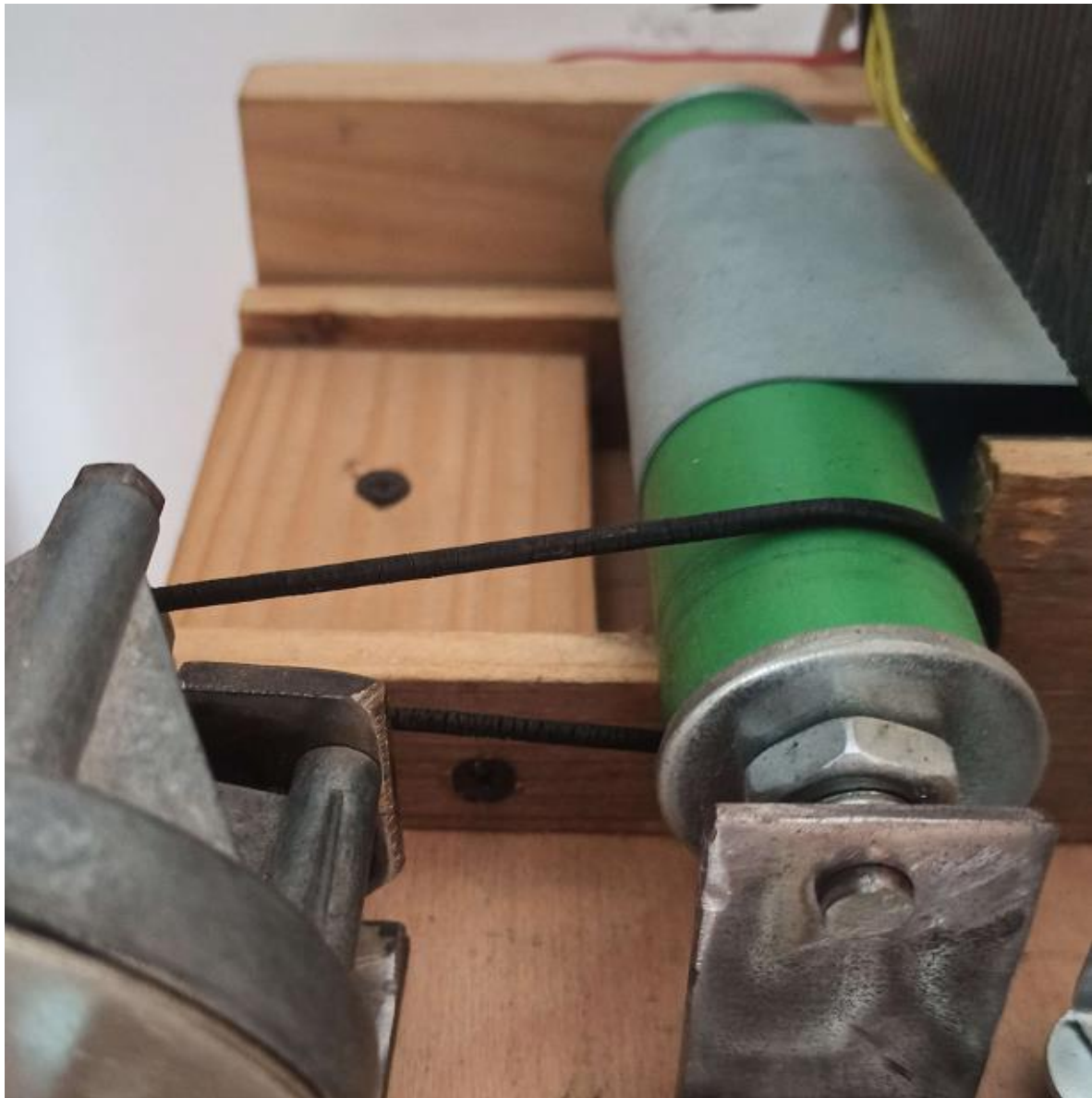
3.1. Korišteni alati i programska okruženja

Arduino IDE koristi se kao glavni programski alat, programsko okruženje koje omogućuje programiranje mikroupravljača koji će se koristiti. Pomoću njega obavljani su svi koraci, od definiranja komponenti do realizacije teorijskog toka programa. Alat koji je pomogao pri lakšem spajanju i programiranju pojedine komponente projekta se naziva TinkerCAD. To je online aplikacija koja omogućuje virtualno spajanje, programiranje i simuliranje elektroničkih projekata. Korišten je kako bi se osiguralo da naš projekt uspješno funkcionira bez rizika od oštećenja stvarnih komponenti. Napisani kod se prenosio na korišteni mikroupravljač s pomoću modula za pronalaženje grešaka (engl. *debug*) i programiranje STM8 i STM32 mikroupravljača koji se naziva ST-LINK v2. Za jednostavno i brzo crtanje električnih shema korišten je program KiCad.

3.2. Izrada pokretne trake

Za izradu postolja i konstrukcije same pokretne trake korišteno je drvo s obzirom da je to materijal s kojim se može lako raditi, ali je i dovoljno strukturno čvrst za ovakvu primjenu. Dužinom drvene konstrukcije trake probušene su rupe u koje idu vijci kako bi se mogli montirati valjci radi lakšeg gibanja trake. Korišteni vijci imaju samo djelomičan navoj, pa se tako smanjuje otpor trenja između samih vijaka i valjaka, što omogućuje da se valjak neprestano i lakše vrti oko svoje osi. Za ovu primjenu valjka korištena je cijev za vodu od čiste plastike radi niske cijene materijala i jednostavnosti projekta. Početni i zadnji valjak služe za pokretanje trake, a ostali valjci služe za potporu težine predmeta koji se kreće po traci. Za traku koja se vrti oko valjaka korištena je gumena traka za vježbanje zbog njezine fleksibilnosti i

gumenog materijala. Za pokretanje tj. vrtnju trake koristi se istosmjerni motor brisača prozora auta, točan naziv i model motora brisača je nepoznat. Koristimo ovaj motor jer je jednostavan i dovoljno snažan kako bi pokretao cijelu traku, ali je za njega potreban dobar izvor napajanja. Zato je korištena akumulatorska baterija Accu-Tech Batteries napona 12V i nominalne snage od 7000mAh, te zbog toga predstavlja dobar izbor baterije za ovaj projekt zbog svojih kompaktnih dimenzija i većeg kapaciteta baterije što omogućuje duži rad trake. Za prijenos okretnog momenta s motora na traku korišten je jedan brtveni prsten koji je povezan s motora na prvi valjak pokretne trake. Na slici 3.1 prikazane su neke od komponenata i prijenos okretnog momenta s motora na prvi valjak pokretne trake.

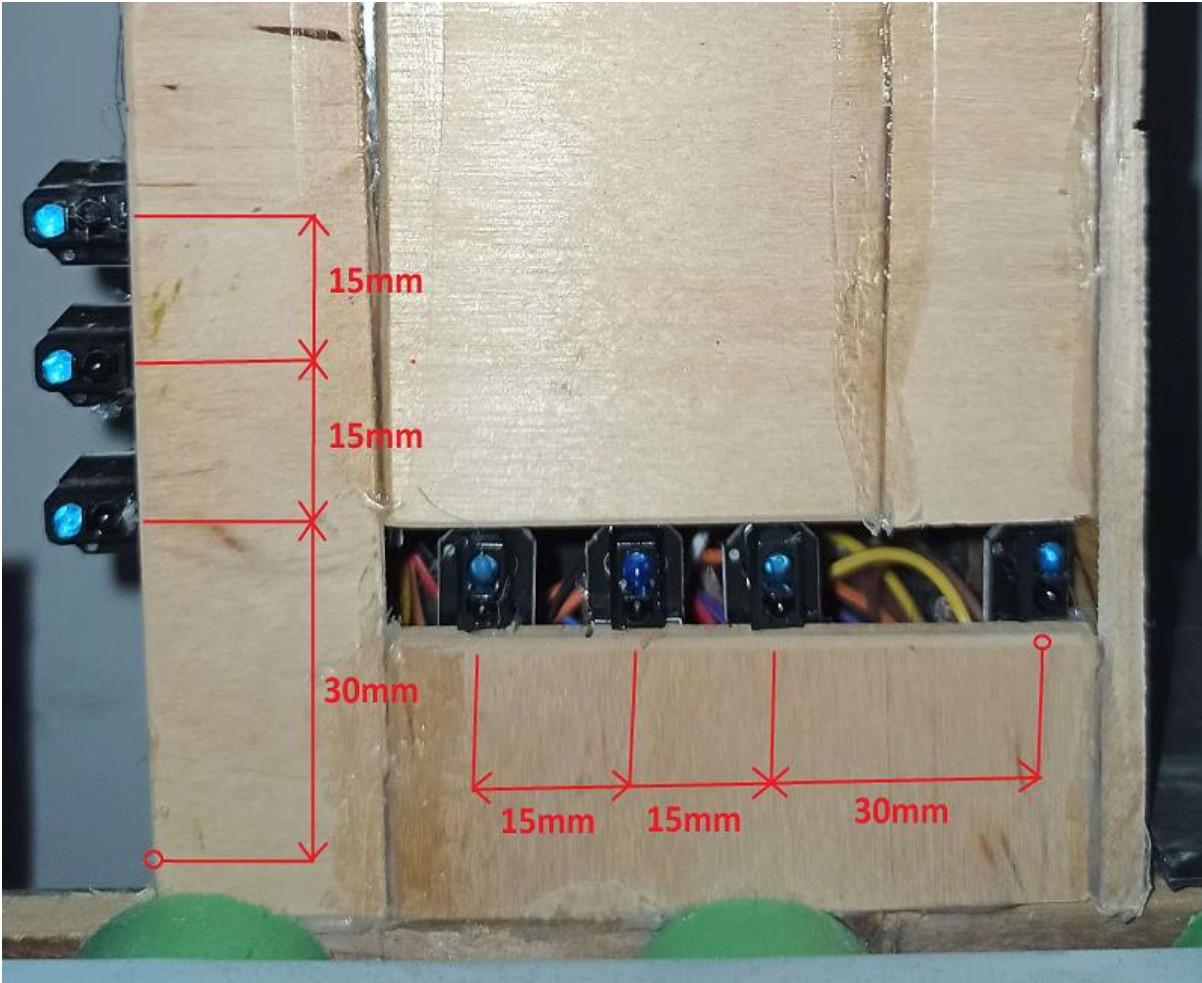


Slika 3.1 Komponente zaslužne za pokretanje trake

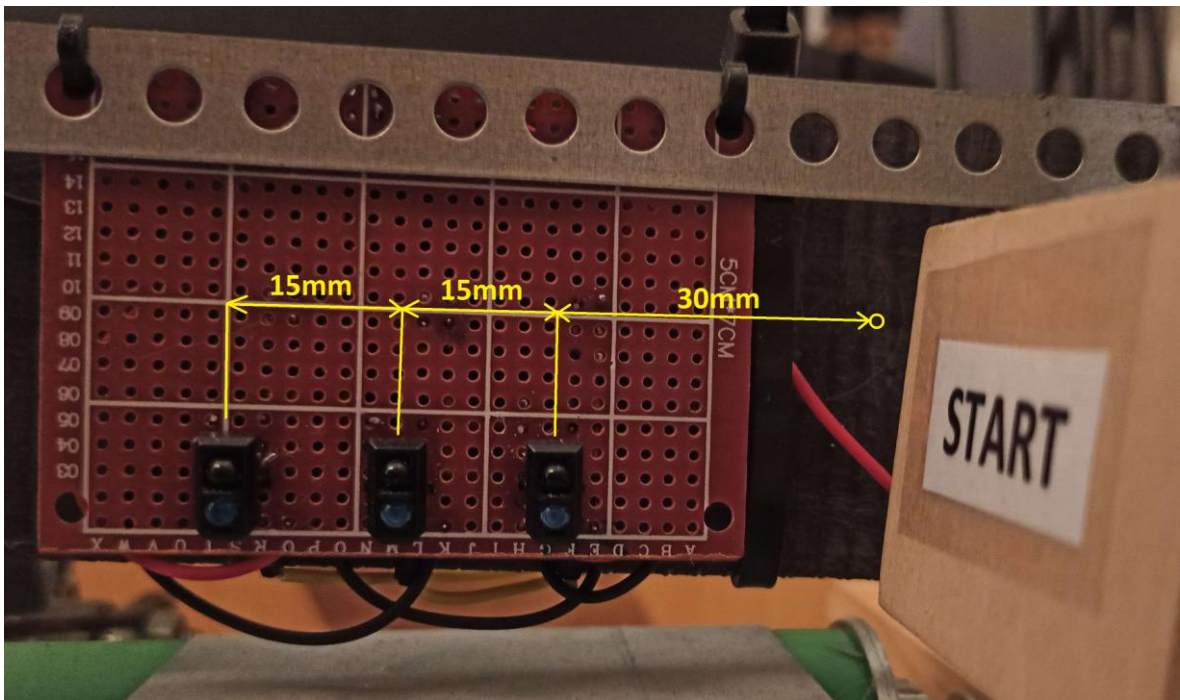
3.3. Izrada stanice za mjerenje i propuštanje predmeta

Dijelovi konstrukcije stanice za mjerenje također su napravljeni od drveta i plastike. Stanica za mjerenje i prikaz dimenzija predmeta sadrži deset infracrvenih senzora TCRT5000 [2], dva tipkala i 16x2 LCD ekran. Sklopovlje koje je zaslužno za pravilno propuštanje i raspodjelu izmjerenih predmeta u njihove predviđene spremnike sastoji se od dva servo motora MG996R [3] i tri infracrvenih senzora. Sve navedeno sklopovlje spojeno je na 32-bitni mikroupravljač STM32F103C8T6 koji se napaja preko punjača za mobitele od 5V. Sve komponentne su povezane na tiskane pločice pa tako spojene na mikroupravljač ili direktno spojene preko vodiča.

Najbitniji dijelovi stanice za mjerenje su infracrveni senzori koji su podijeljeni u tri različita dijela, za mjerenje visine, dužine i širine predmeta. Senzori su montirani tako da kada bi se predmet mjerio više puta, bez obzira na koju stranu je predmet okrenut, rezultat je uvijek isti. To je postignuto tako što je prvi senzor udaljen 30mm od početne točke mjerenja, a senzori su međusobno udaljeni 15mm. Na slikama 3.2 i 3.3 vidimo raspodjelu infracrvenih senzora i njihove međusobne udaljenosti, a s kružićem su označene početne točke mjerenja. Možemo primijetiti kod mjerenja dužine predmeta da postoje četiri infracrvena senzora zato što je jedan senzor određen kao početna točka mjerenja tj. kao referenca. Kod mjerenja visine postoje tri senzora i početna točka mjerenja je sama pokretna gumena traka, a za mjerenje širine također postoje tri senzora i početna točka mjerenja mu je znak za start poziciju predmeta.

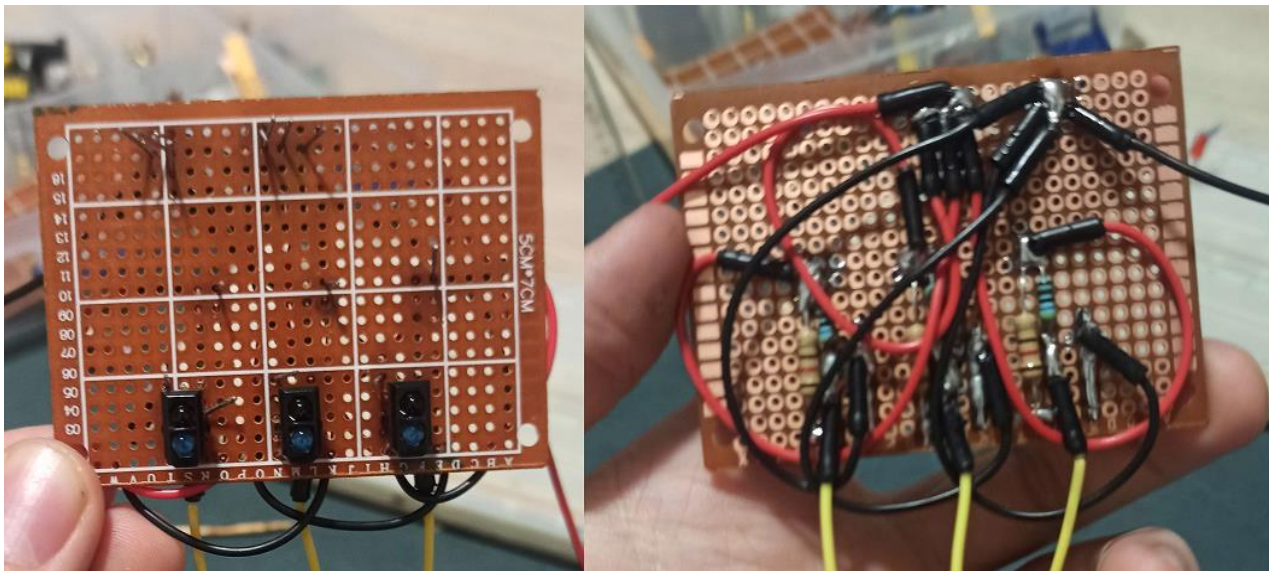


Slika 3.2. Prikaz stanice za mjerenje dužine i visine predmeta



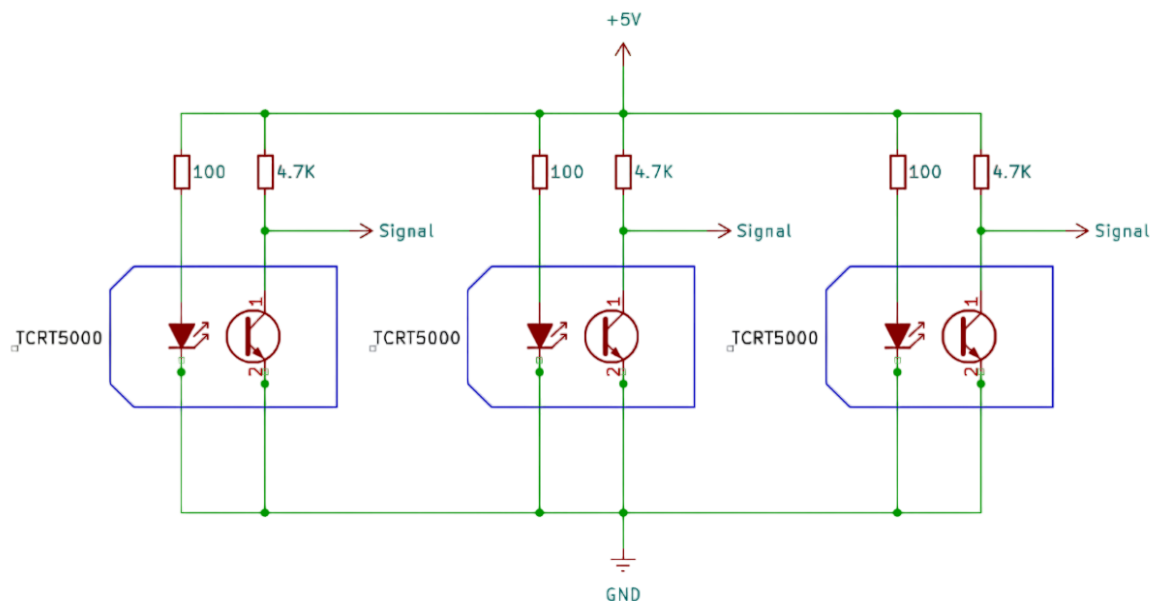
Slika 3.3. Prikaz stanice za mjerenje širine predmeta

Infracrveni senzori se sastoje od dva dijela, fototranzistora i fotodiode. Fotodiode emitira infracrveni signal, dok fototranzistor očitava taj infracrveni signal. Infracrveni senzori korišteni za mjerenje visine i dužine u ovom projektu su jednostavni moduli koji na svome plastičnom kućištu sadrže TCRT5000 infracrveni senzor prepreke, otpornike potrebne za rad senzora, LM393 komparator, led svijetlo za prikaz aktivacije senzora i tri konektora tj. napajanje, uzemljenje i izlazni signal. S obzirom da modul sadrži komparator izlazni signal modula može se spojiti na analogne i digitalne ulaze mikroupravljača. Stanica za mjerenje širine ne sadrži module infracrvenih senzora kao prethodne dvije stanice nego su komponente potrebne za rad zalemljene na tiskanu pločicu, kao što je prikazano na slici 3.4.



Slika 3.4. Tiskana pločica s komponentama za detekciju širine predmeta

Tiskana pločica za detekciju širine predmeta sastoji se od tri infracrvena TCRT5000 senzora, tri otpornika od 100 ohma, tri otpornika od 4700 ohma i vodiča s kojima je to sve spojeno. Gotova pločica ima dva vodiča namijenjena za uzemljenje i napajanje od 5V, te tri izlazna signala koji se zbog nedostatka komparatora moraju spajati na analogne ulaze mikroupravljača. Sve komponente pločice za mjerenje širine spojene su prema električnoj shemi vidljivoj na slici 3.5.



Slika 3.5. Električna shema spoja tiskane pločice za mjerenje širine predmeta

Kada sve stanice za mjerenje izmjere predmet, dimenzije predmeta se prikazuju na LCD ekranu koji ima dva tipkala (slika 3.6) , plavo tipkalo služi za promjenu ekrana, a bijelo za ponovno postavljanje memorije spremnika na nulu. Predmet onda dolazi do stanica za propuštanje tj. za guranje predmeta u svoj predviđeni spremnik (slika 3.7). Svaka stanica se sastoji od modula infracrvenog senzora, servo motora koji se nalaze na konstrukciji iznad pokretne trake i spremnika za predmete. Modul infracrvenoga senzora služi kako bi servo motor znao kada se treba aktivirati i pogurati predmet u spremnik, te također služi za brojanje predmeta propuštenih u spremnik. Zadnja stanica za propuštanje tj. spremnik tri nema servo motor već samo modul infracrvenog senzora jer predmet predviđen za taj spremnik je samo propušten i pada s kraja pokretne trake u spremnik.

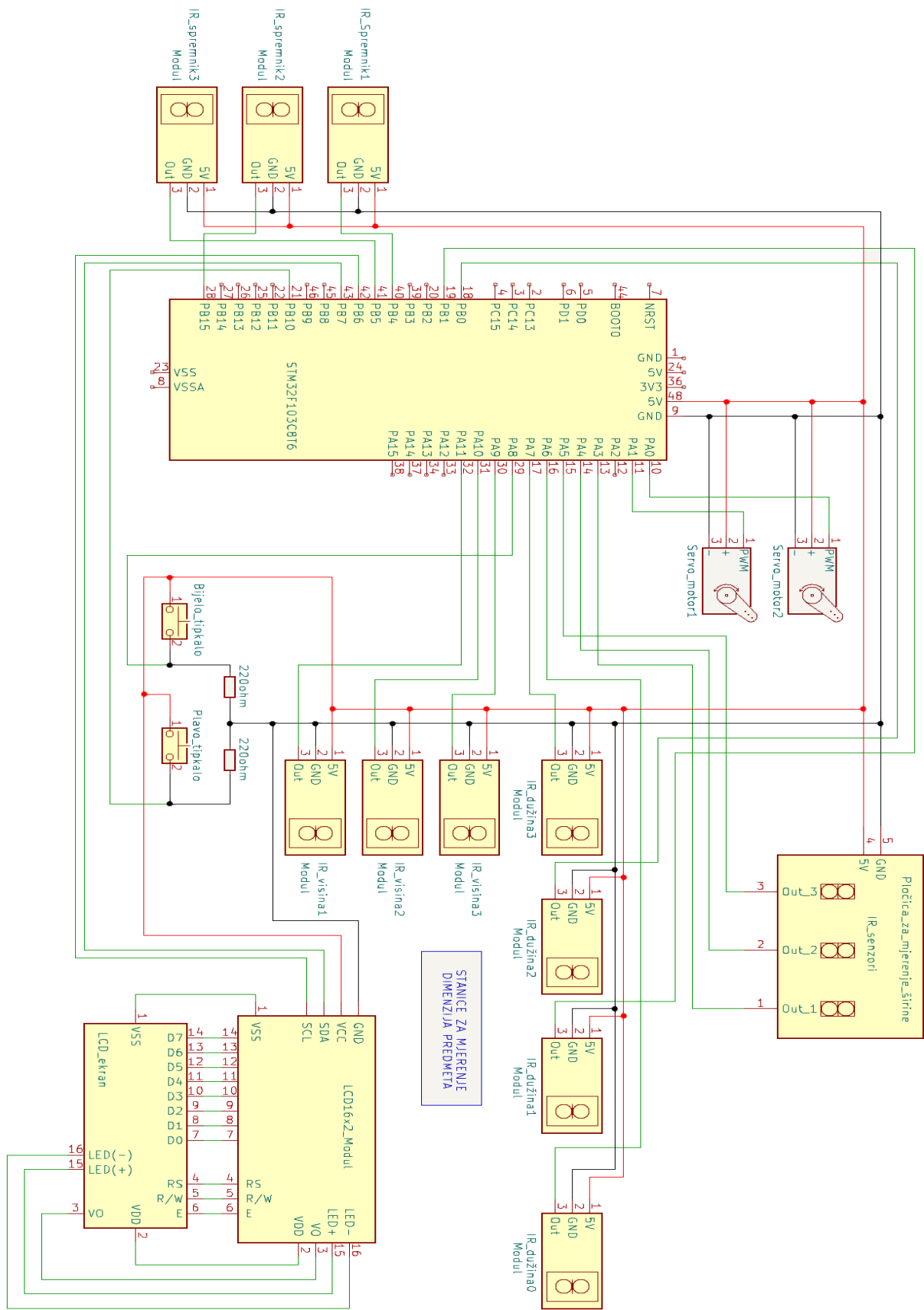


Slika 3.6. Tipkala i LCD ekran za prikaz informacija



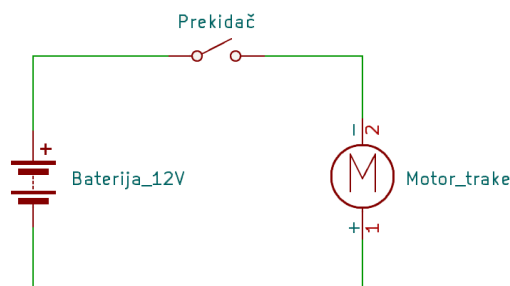
Slika 3.7. Stanice za propuštanje predmeta u predviđeni spremnik

3.4. Realizacija sklopovskog rješenja



Slika 3.8. Električna shema pokretne trake za sortiranje

Na električnoj shemi sustava za mjerenje i sortiranje predmeta (slika 3.8) prikazana je pojednostavljena verzija pločice koja mjeri širinu predmeta, te svi njeni izlazni signali, kao i kod oba servo motora, se spajaju na analogne ulaze mikroupravljača. Svi ostali moduli infracrvenoga senzora daju digitalni izlaz te su spojeni na priključnice kao digitalni ulaz. LCD ekran spojen je preko modula koji omogućava jednostavno spajanje gdje su dobivena samo dva izlaza, napajanje i uzemljenje. Ti izlazi su SDA i SCL, te se spajaju na priključnice predviđene za I2C uređaje kao što je LCD ekran gdje se na korištenom mikroupravljaču nalaze na priključnici PB6 i PB7. Tipkala koja služe za kontrolu LCD ekrana spojena su otpornikom od 220 ohma te su spojeni na digitalne priključnice.



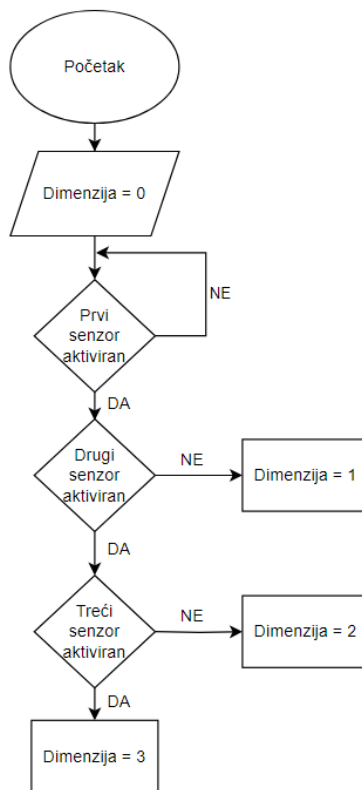
Slika 3.9. Električna shema spoja motora za pokretanje trake

Motor trake spojen je u jednostavni strujni krug (slika 3.9.) koji uključuje bateriju od 12V i prekidač. Spojen je obrnutog polariteta na bateriju jer se tako postiže željeni smjer kretanja pokretne trake. Sustav za pokretanje trake pokreće se pomoću prekidača i odvojen je od sustava za mjerenje i sortiranje predmeta.

3.5. Realizacija programskog rješenja

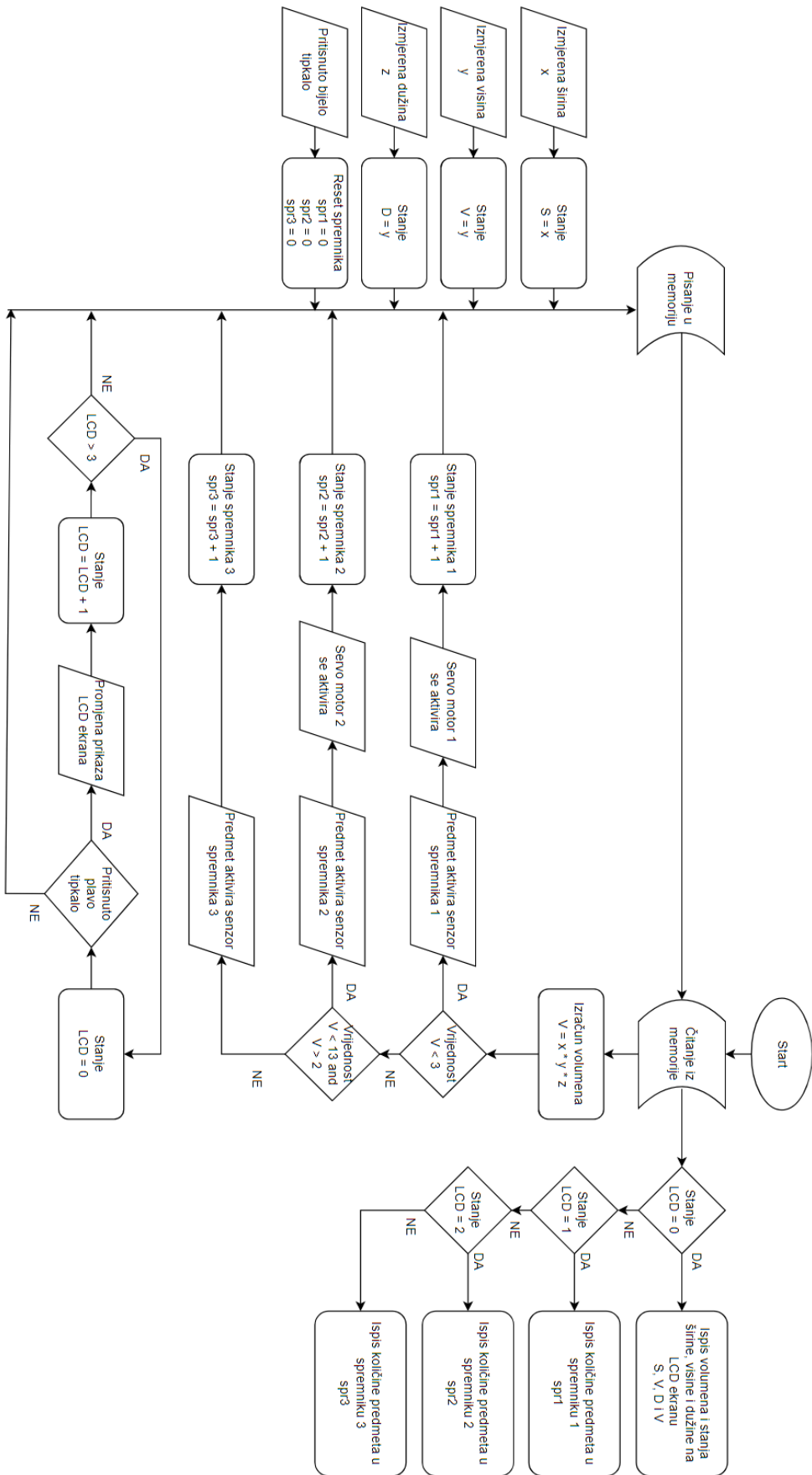
Programsko rješenje projekta napravljeno je s malim promjenama u usporedbi s zamišljenom teorijskom obradom programskog rješenja. Najveća razlika je dodatna stanica koja mjeri širinu predmeta, pa tako možemo izmjeriti tri dimenzije predmeta. Glavni princip rada stanica za mjerenje je da pri mjerenju dimenzije predmeta, koliko je senzora u isto vrijeme aktivirano, toliko je velika dimenzija tj. širina, visina ili dužina predmeta. Mogući rezultati

stanice za mjerenje dimenzije predmeta su jedan, dva ili tri kao što je prikazano na toku rada jedne stanice za mjerenje (slika 3.10).



Slika 3.10. Dijagram toka jednostavnog prikaza principa rada stanice za mjerenje

Kada se predmet izmjeri, sve tri njegove dimenzije se množe kako bi se dobio volumen mjerenog predmeta. Na početnom LCD ekranu se prikazuju izmjerene dimenzije predmeta kao i volumen. Ako je volumen tog predmeta manji od vrijednosti tri predviđen je za prvi spremnik, te ako mu je volumen veći od dva i manji od 13 predviđen je za drugi spremnik. Svi ostali predmeti veći od 12 idu u treći spremnik. Kada predmet dođe do senzora predviđenog spremnika, senzor ga detektira, te aktivira servo motor koji gura predmet u predviđeni spremnik. Program broji svaki sortirani predmet u sva tri spremnika prilikom aktivacije servo motora. Brojač svakog spremnika se može poništiti na nulu tako da se pritisne bijelo tipkalo pokraj LCD ekrana. Plavo tipkalo koje se nalazi pokraj bijeloga mijenja stanje LCD ekrana tj. mijenja što će se prikazivati na ekranu. Postoje tri ostale stranice na ekranu u usporedbi s početnom i svaka od njih prikazuje količinu predmeta koje su sortirane u jedan od spremnika. Cijeli tok opisanog programa prikazan je na slici 3.11. gdje se mogu vidjeti varijable koje se pišu u memoriju i gdje se oni čitaju i koriste.



Slika 3.11. Dijagram toka prikaza programa na mikroupravljaču

4. TESTIRANJE I REZULTATI

4.1. Metode testiranja

Nakon što je pokretna traka za sortiranje izrađena, sklopovlje spojeno i isprogramirano, potrebno je testirati određene dijelove cijeloga procesa kako bi se osigurao pouzdan rad detekcije dimenzija predmeta i njegovo sortiranje u svoj predviđeni spremnik.

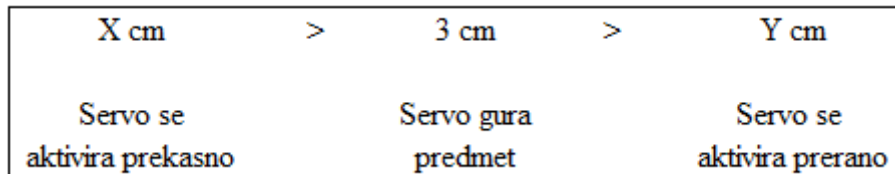
Metode testiranja pokretne trake za sortiranje predmeta podijeljene su na tri dijela :

- 1) Testiranje i podešavanje rada infracrvenih senzora i servo motora
- 2) Testiranje pravilne detekcije dimenzija predmeta
- 3) Testiranje upadanja predmeta u predviđeni spremnik

4.2. Rezultati testiranja

4.2.1. Testiranje i podešavanje rada infracrvenih senzora i servo motora

Za testiranje infracrvenih senzora i pravilno podešavanje servo motora korištena je serijska komunikacija između mikroupravljača i računala (serial monitor) radi lakšeg prikaza stanja komponenti. Potrebno je podesiti servo motore da se aktiviraju u pravo vrijeme i da imaju pravilan kut iz kojeg se aktiviraju da ne bi zapeo za ili promašio predmet. To se postiže postavljanjem senzora detekcije na drugačije udaljenosti od servo motora, kako bi servo motor imao vremena za aktivaciju, ali ne i za prekasnu aktivaciju. Potrebno je namjestiti servo motor da ima dovoljno visok kut mirovanja kako nebi smetao predmetu u prolazu, ali i kada se aktivira da ne promaši predmet u prolazu. Idealna udaljenost između servo motora i njegovog infracrvenog senzora je 3cm jer pri testiranju bliže udaljenosti servo motor se aktivira prekasno i predmet prođe ili ga motor gura u stup koji drži servo motor, a pri testiranju dalje udaljenosti servo motor se aktivira prerano te gura predmet u suprotnu stranu pri povratku na svoju početnu poziciju.



Slika 4.1. Testiranje idealne udaljenosti infracrvenog senzora od servo motora

Kako bi se predmet pravilno detektirao potrebno je testirati koja je maksimalna udaljenost pri kojoj bi se infracrveni senzor aktivirao. Srednja vrijednost više mjerenja maksimalne udaljenosti aktivacije će pomoći u pozicioniranju predmeta naprema infracrvenih senzora za pravilnu detekciju. Ovaj test je proveden na svim infracrvenim senzorima koje koristimo, te rezultati testiranja su prikazani u tablici 4.2.

Mjerenje	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Udaljenost	1.9 cm	2.0 cm	2.0 cm	1.9 cm	2.1 cm	1.9 cm	1.9 cm
Mjerenje	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
Udaljenost	1.9 cm	2.1 cm	2.0 cm	2.0 cm	2.0 cm	1.9 cm	1.9 cm
Mjerenje	15.	16.	17.	18.	19.	20.	
Udaljenost	1.8 cm	1.9 cm	2.0 cm	2.1 cm	1.9 cm	1.9 cm	
Srednja vrijednost :				1.955 cm			

Tablica 4.2. Testiranje maksimalne udaljenosti potrebne za aktivaciju senzora

Srednju vrijednost paljenja senzora dobivena je iz formule: $sr. vr. = \frac{\text{Zbroj izmjerenih veličina}}{\text{Broj testiranja}}$

Iz rezultata može se uočiti da je srednja vrijednost maksimalne udaljenosti potrebne za detekciju predmeta 1.955 centimetara, te da mu je maksimalna granica mjerenja dosegla 2.1 centimetar. Da osiguramo pravilnu detekciju u svakom slučaju, predmet ćemo pri postavljanju na traku približiti tako da prolaskom pokraj senzora je što bliži njima.

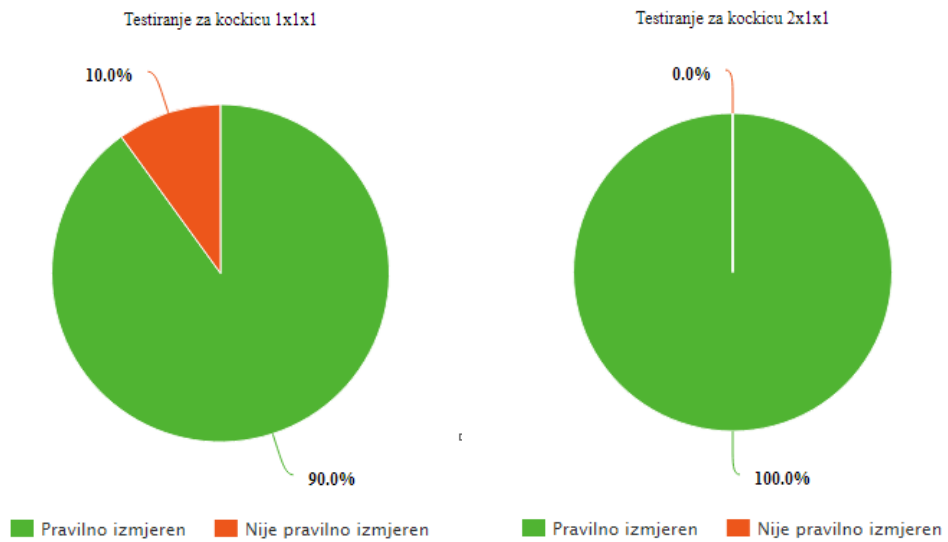
4.2.2. Testiranje pravilne detekcije dimenzija predmeta

S obzirom da se cijeli princip rada pokretne trake za sortiranje predmeta po veličini bazira na pravilnoj detekciji dimenzija predmeta, bitno je da ovaj dio projekta što bolje funkcionira. Za predmet koristimo napravljene kockice od drveta različitih veličina. Na slici 4.3 dimenzije kockica su prikazane kao visina x širina x dužina gdje broj 1 predstavlja 33 milimetara, broj 2 predstavlja 48 milimetara i broj 3 predstavlja 63 milimetara. Na svaku veličinu dodano je 3 milimetara radi dopuštene tolerancije udaljenosti između senzora pa tako da stanice uvijek pravilno očitaju vrijednosti kockica.

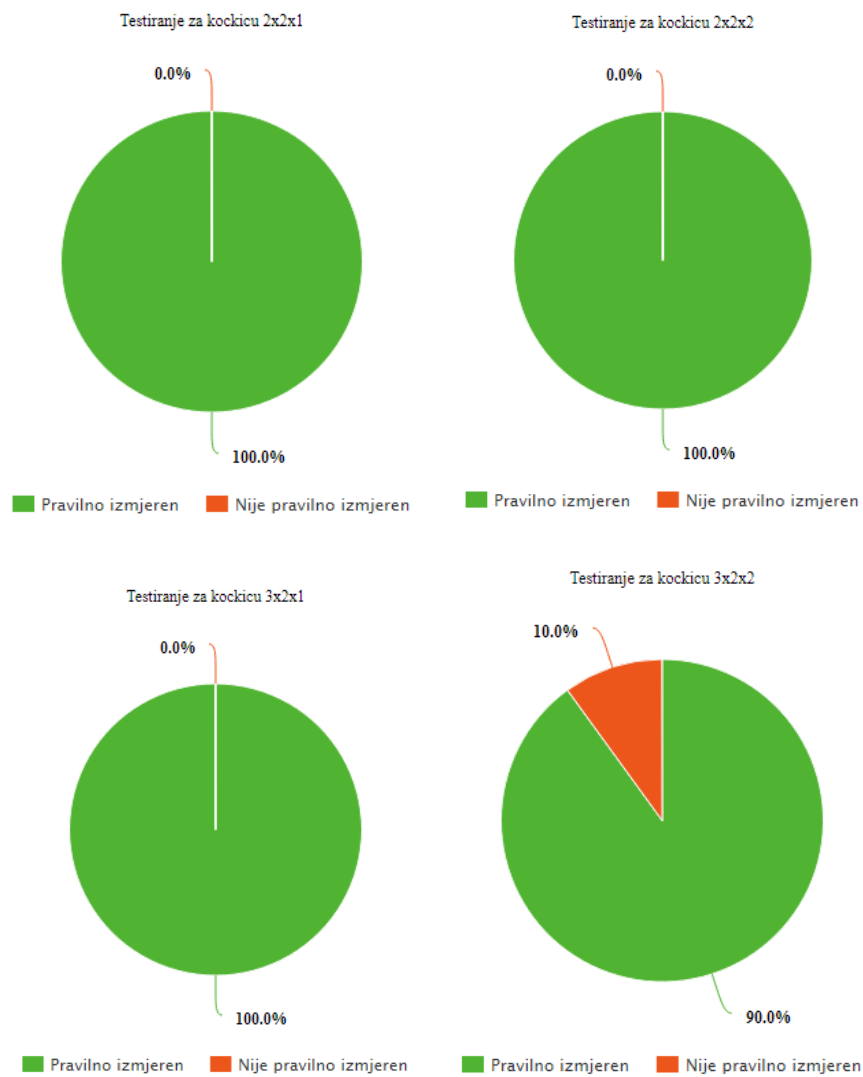


Slika 4.3. Kockice za sortiranje i njihove dimenzije

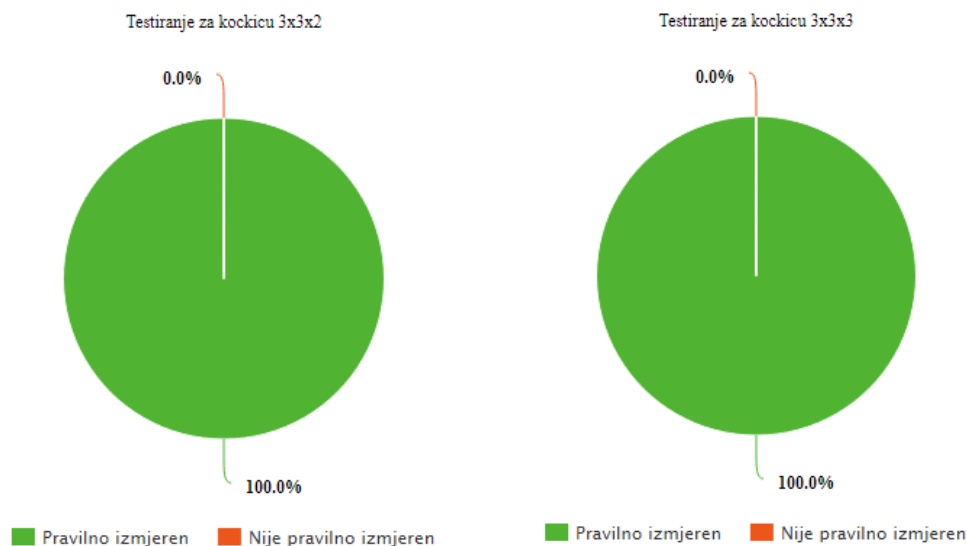
Test se izvodi tako da se kockice postave na početnu poziciju, te se kreću pokretnom trakom da im se očitaju sve dimenzije i izračuna volumen. Rezultat testiranja prikazuje se na LCD ekranu. Prilikom izvođenja testa svaka kockica je okretana kako bi se vidjelo dobiva li se uvijek isti rezultat. Grafovi ispravnosti rezultata za pojedinu kockicu prikazani su na LCD ekranu sa sljedećim grafovima gdje slika 4.3. prikazuje kockice namijenjene za prvi spremnik, slika 4.4. za drugi spremnik i slika 4.5. za treći spremnik.



Slika 4.4. Uspješnost pravilnog mjerenja dimenzija kockica predviđene za prvi spremnik



Slika 4.5. Uspješnost pravilnog mjerenja dimenzija kockica predviđene za drugi spremnik



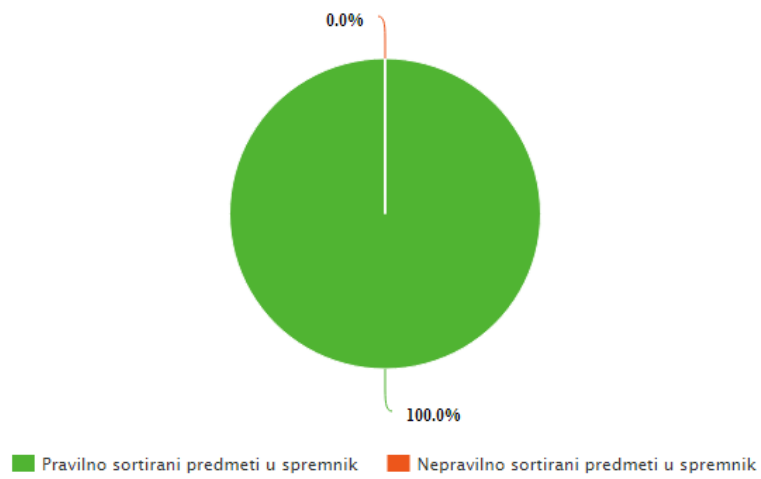
Slika 4.6. Uspješnost pravilnog mjerenja dimenzija kockica predviđene za treći spremnik

Može se uočiti da na dva od sveukupnih osamdeset mjerenja nije pravilno izmjereno, a za to su odgovorni vanjski utjecaji zbog kojih dođe do ne aktivacije senzora jer na korištene infracrvene senzore može utjecati svjetlina u prostoriji. Bez obzira na neuspjele pokušaje mjerenja, stanice za mjerenje postižu uspješnost od 99.97% , što predstavlja zadovoljavajuću kvalitetu mjerenja.

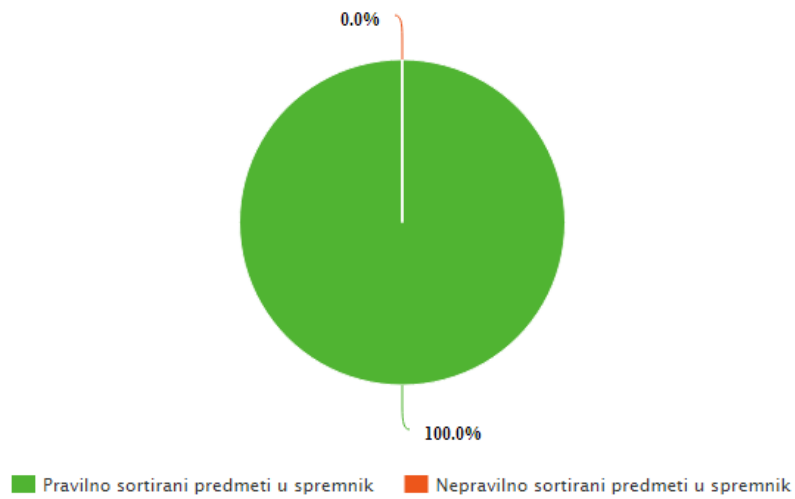
4.2.3. Testiranje upadanja predmeta u predviđeni spremnik

Ovaj test je nastavak prošlog gdje prilikom pravilnog mjerenja dimenzije i izračunatog volumena kockica, one su nastavile sa sortiranjem u svoj predviđeni spremnik. Neuspješna mjerenja od prethodnog testa su se ponovila dok se ne dobije uspješno mjerenje. Imamo tri spremnika za tri određena raspona volumena. Svaki test izvođen je deset puta po kockici, te na sljedećim grafovima (slika 4.7.) prikazani su postotci uspješnosti pravilnog sortiranja predmeta u određeni spremnik. U spremnik tri spremaju se najveće kockice, što je ujedno i razlog češćeg nepravilnog sortiranja jer najveće kockice zapinju za mostove na kojima je servo motor. Ta kockica mora proći ispod oba mosta, te ako nije pravilno stavljena na start poziciji dolazi do zapinjanja. Zbog pravilnog postavljanja infracrvenog senzora i servo motora dobivamo konstantno uspješno sortiranje predmeta u spremnik.

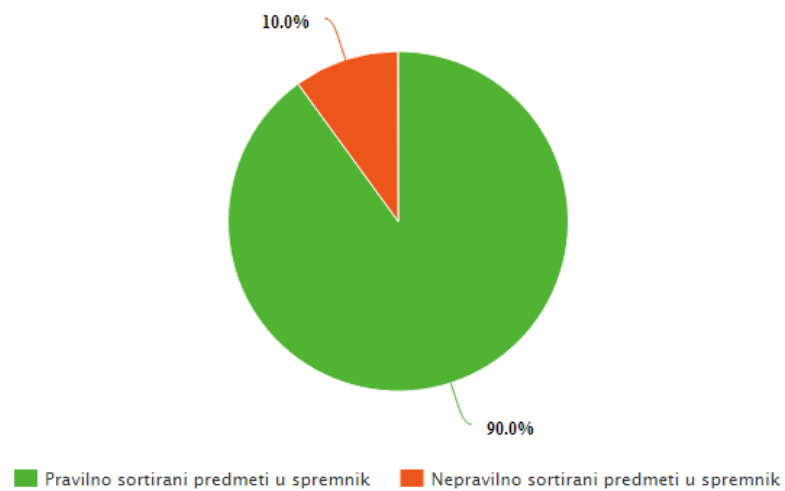
Uspješnost pravilnog sortiranja predmeta u spremnik 1



Uspješnost pravilnog sortiranja predmeta u spremnik 2



Uspješnost pravilnog sortiranja predmeta u spremnik 3



Slika 4.7. Uspješnost pravilnog sortiranja predmeta u spremnike

5. ZAKLJUČAK

U ovome završnome radu teorijski je osmišljena i napravljena pokretna traka sa sustavom za sortiranje predmeta po veličini. Cilj je da kretanjem pokretne trake postavljeni se predmet kretajući trakom mjeri i gura u svoj predviđeni spremnik. Rad je kreiran s pomoću mnogih programskih i simulacijskih alata koji su omogućili lakšu i bržu realizaciju projekta. Pokretna traka napravljena je od jednostavnih kućanskih materijala poput gume, vijaka, drveta i pvc cijevi. Sustav za sortiranje realiziran je pomoću mikroupravljača, servo motora i infracrvenih senzora. Stečeno fakultetsko obrazovanje pomoglo je pri izradi projekta, kao što je programiranje, elektrotehnika, elektronika i jednostavna fizika.

Sami projekt izrađen je zbog projektnog zadatka iz predmeta mikroracunala u automatizaciji, ali je ova verzija projekta mnogo bolje izrađena i unaprijeđena. Početna verzija projekta mogla je samo mjeriti dvije dimenzije, visinu i dužinu, ali i rezultati tih mjerenja nisu bili konstantni. Dodana je još jedna stanica koja mjeri širinu predmeta i svi senzori su ponovno postavljeni zbog poboljšanja kvalitete mjerenja. Dijelovi konstrukcije koji su bili napravljeni od tankog drveta ili kartona su zamijenjeni s kvalitetnijom plastikom i debljim drvetom.

Izrađeni projekt funkcionira prema zamišljenom cilju, ali ima i svoje nedostatke. Najveći nedostatak je kod prepoznavanja i sortiranja predmeta koji nisu kockasti, te ima određeni rang u kojemu se dimenzije predmeta mogu prikazati. Taj nedostatak je zbog korištenja jednostavnog sustava za mjerenje veličina ploha koji sadrži samo infracrvene senzore koji samo detektiraju prisutnosti predmeta. Cijeli proces bi se mogao napraviti u puno kompleksnijoj izvedbi korištenjem drugačijih, kvalitetnijih senzora ili kamere koji bih mogli preciznije izmjeriti predmet pa i njegove prave dimenzije. Kod testiranja uočeno je da traka i sustav za sortiranje funkcioniraju kao i predviđeno, ali da postoje i nepravilnosti pri sortiranju. Taj problem nastaje pri dizajnu i izradi konstrukcije trake jer veći predmeti zapinju za most na kojima se nalaze servo motori. Kako bi riješili taj problem potrebno je napraviti veće mostove ili da se najveći predmeti sortiraju u prvi spremnik pa tako ne moraju prolaziti ispod mostova.

LITERATURA

- [1] Povijest pokretnih traka, izvor Wikipedija, poveznica: https://hr.wikipedia.org/wiki/Pokretna_traka#Povijest (datum pristupa 25.6.2023.).
- [2] Podatkovna tablica infracrvenoga senzora TCRT5000, izvor Vishay, poveznica: <https://www.vishay.com/docs/83760/tcrt5000.pdf> (datum pristupa 16.4.2024.).
- [3] Podatkovna tablica MG996R servo motora,, izvor Electronicoscaldas, poveznica: https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MG996R_Tower-Pro.pdf (datum pristupa 20.4.2024.).
- [4] STM32 blue pill, izvor Soldered, poveznica : <https://soldered.com/hr/proizvod/croduino-stm32/> (datum pristupa 20.6.2024.)
- [5] LCD display s HD44780 kontrolerom, izvor Soldered, poveznica : <https://soldered.com/product/lcd-display-16x2-white-blue/> (datum pristupa 20.6.2024.)

SAŽETAK

Naslov : Maketa sustava za sortiranje objekata prema njihovoj veličini

Cilj završnoga rada bio je smisliti, projektirati, realizirati i testirati pokretnu traku sa sustavom za mjerenjem dimenzija i sortiranjem objekata u svoje predviđene spremnike. Napisana je povijest, te prednosti i mane automatiziranja pokretnih traka. Objasnjeno je teorijski zamisao rada pokretne trake, pa tako i teorijsko sklopovsko i programsko rješenje. Cijeli projekt bazira se na STM32 mikroupravljaču koji je isprogramiran s pomoću razvojnog okruženja Arduino. Projekt se sastoji se od tri dijela, pokretne trake, mjernih stanica i stanica za sortiranje predmeta.

Ključne riječi : STM32, Arduino, pokretna traka, sustav za mjerenje dimenzija i sortiranje, mikroupravljač.

ABSTRACT

Title: Model of a system for sorting objects by size

The aim of this thesis was to conceive, design, implement and test a conveyor belt system for measuring dimensions and sorting objects into their designated containers. The history, advantages and disadvantages of automating conveyor belts were documented. The theoretical concept of conveyor belt operation, as well as the theoretical hardware and software solutions were explained. The entire project is based on the STM32 microcontroller, programmed using the Arduino development environment. The project consists of three parts: the conveyor belt, measurement stations and sorting stations.

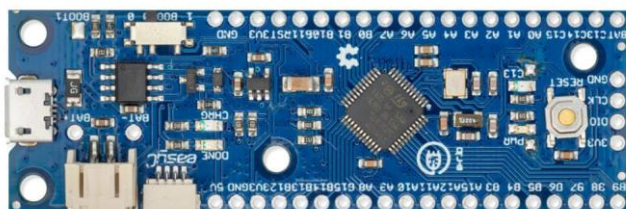
Keywords : STM32, Arduino, conveyor belt, dimension measurement and sorting system, microcontroller.

ŽIVOTOPIS

Filip Jukić rođen 31. listopada 1999. godine u Osijeku. Pohađa Osnovnu školu Ljudevita Gaja u Osijeku od 2006. godine. Nastavlja se obrazovati u Elektrotehničkoj i prometnoj školi Osijek 2014. godine. Nakon toga upisuje stručni studij elektrotehnike smjer automatika na Fakultetu elektrotehnike i računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku 2018. godine.

PRILOZI I DODACI

P1. Mikroupravljač STM32



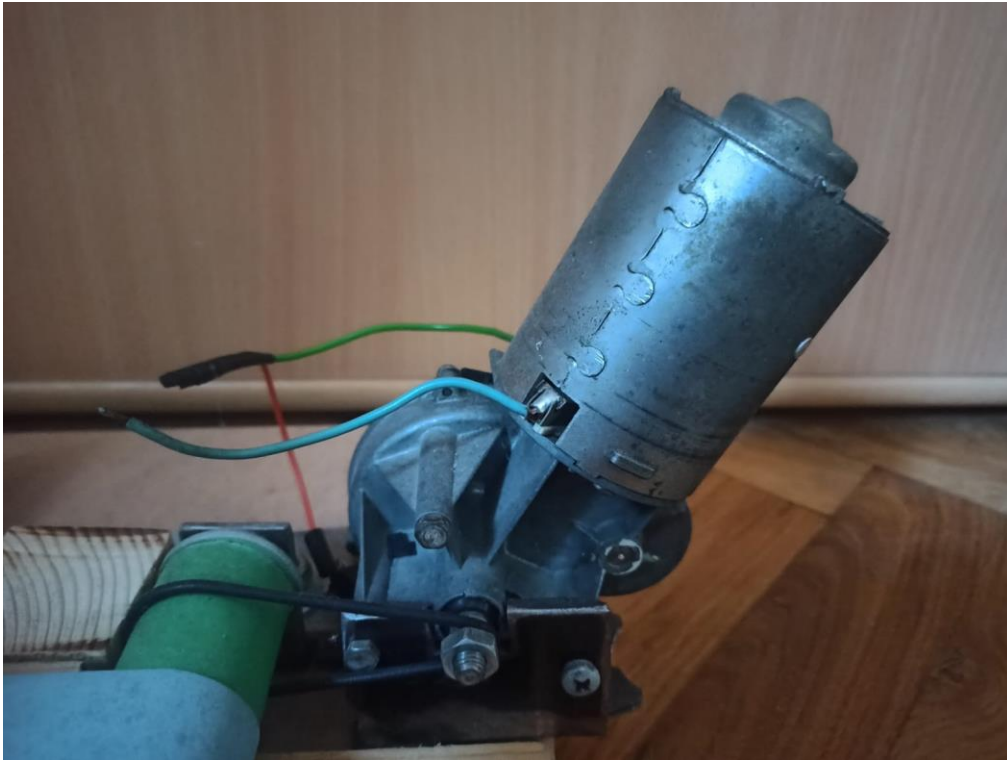
Slika P1.1 Mikroupravljač STM32 blue pill [4]

STM32F103C8T6 je 32-bitni mikroupravljač koji ima 10 analognih ulaza i 37 digitalnih ulaza i izlaza. Sadrži flash memoriju od 64 KB i RAM memoriju od 20 KB, radni takt procesora mu je do 72 MHz i radni napon do 3.3V, [4]. Specifikacije mikroupravljača pokazuju da je on dobar izbor za ovaj projekt i da je općenito funkcionalan i primjenjiv na projektima različitih potreba.

P2. Istosmjerni motor brisača auta i akumulatorska baterija

Za pokretanje tj. Vrtnju trake koristi se istosmjerni motor brisača prozora auta, točan naziv i model brisača je nepoznat. Koristimo ovaj motor jer je jednostavan i dovoljno snažan kako bih pokretao pokretnu traku, ali zato nam je potreban dobar izvor napajanja.

Akumulatorska baterija accu-tech batteries koristi se samo za napajanje motora trake. Napona 12V i nominalne snage od 7000mAh predstavlja dobar izbor baterije za ovaj projekt zbog svojih kompaktnih dimenzija i većeg kapaciteta baterije što omogućuje duži rad trake.



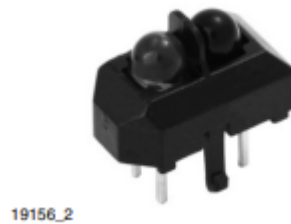
Slika P2.1 Istosmjerni motor brisača auta



Slika P2.2 Akumulatorska baterija

P3. Infracrveni senzor TCRT5000

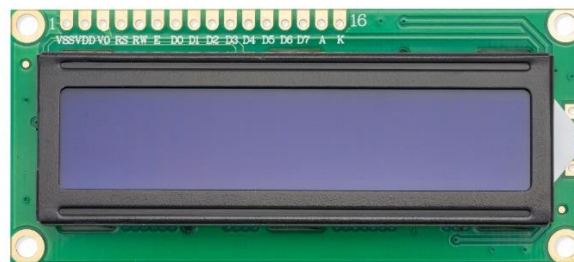
Infracrveni senzori se sastoje od dva dijela, fototranzistora i fotodiode. Fotodiode emitira infracrveni signal, dok fototranzistor očitava taj infracrveni signal. Ovakva vrsta senzora je idealna za ovaj projekt zbog njene jednostavnosti i niske cijene. U maketi trake za sortiranje koristimo svega 10 infracrvenih senzora, a služe za detekciju predmeta.



Slika P3.1 Infracrveni senzor TCRT5000 [2]

P4. LCD ekran s HD44780 kontrolerom

LCD ekran s HD44780 kontrolerom [5] je dobar način za prikazivanje teksta i vrijednosti iz što dolaze iz našeg mikroupravljača, ekran prikazuje 16 znakova raspoređena u 2 reda.. Ovaj LCD ekran je popularan izbor zbog svoje dostupnosti i kvalitete prikaza teksta. U ovom projektu LCD ekran je spojen pomoću I2C LCD adaptera radi jednostavnijeg spajanja s mikroupravljačem.



Slika P4.1. LCD ekran s HD44780 kontrolerom [5]

P5. Servomotor MG996R

MG996R [3] je servomotor koji je iznimno popularan zbog svojih performansi i pristupačne cijene. Stekao je svoju popularnost zbog svoje raznovrsne primjene. U ovome projektu koristimo dva takva servomotora zbog njegove jačine i mogućnosti da gura teže predmete jer manji motori nisu sposobni gurati predviđenu težinu paketa.



Slika P5.1 Servomotor MG996R [3]

P6. Program mikroupravljáča

```
#include <Arduino.h>
#include <Servo.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

bool sensor1_active, sensor2_active, sensor3_active, sensor4_active, sensor5_active,
sensor6_active, sensor7_active, sensor8_active, sensor9_active, sensor10_active;

bool message_active;
bool allow1, allow2;
bool spr_reset;
bool permit;

int storage1, storage2, storage3;
u_int8_t height;
u_int8_t width;
u_int8_t length;

u_int8_t message = 1;
u_int8_t position1 = 0;
u_int8_t position2 = 0;

u_int8_t volume = 0;

Servo myServo1;
Servo myServo2;

bool lengthMeasured = false;

u_int8_t readThreshold = 100;

void sensor1() { sensor1_active = true; }
void sensor2() { sensor2_active = true; }
void sensor3() { sensor3_active = true; }
void sensor4() { sensor4_active = true; }
void sensor5() { sensor5_active = true; }
void sensor6() { sensor6_active = true; }
void sensor7() { sensor7_active = true; }

void message_a() { message_active = true; }
void spremnici_reset() { spr_reset = true; }

void setup() {
```

```

Serial.begin(9600);

myServo1.attach(PA1);
myServo2.attach(PA0);
myServo1.write(0);
myServo2.write(0);

//Height Sensors
pinMode(PA11, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(PA11, sensor1, RISING);

pinMode(PA10, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(PA10, sensor2, RISING);

pinMode(PA9, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(PA9, sensor3, RISING);

//Length Sensors
pinMode(PA6, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(PA6, sensor4, RISING);

pinMode(PA7, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(PB1, sensor5, RISING);

pinMode(PB0, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(PB0, sensor7, RISING);

pinMode(PB1, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(PA7, sensor7, RISING);

//New sensors

//Sensors near servo
pinMode(PA15, INPUT);
pinMode(PB4, INPUT);
pinMode(PB5, INPUT);

Wire.begin();
lcd.init();
lcd.backlight();

//Buttons
pinMode(PB10, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(PB10, message_a, RISING);
pinMode(PA8, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(PA8, spremnici_reset, RISING);
}

```

```

void loop() {
  //LCD Message logic

  switch (message)
  {
  case 1:
    lcd.clear();
    lcd.setCursor( 0, 0 );
    lcd.print("V:");
    lcd.print(height);
    //lcd.setCursor ( 0, 5);
    lcd.print(" S:");
    lcd.print(width);
    //lcd.setCursor ( 0, 10);
    lcd.print(" D:");
    lcd.print(length);
    lcd.setCursor ( 1, 0);
    lcd.print("Volumen: " + String(height * width * length));
    delay(150);
    break;
  case 2:
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Spremnik 1");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(storage1);
    delay(150);
  case 3:
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Spremnik 2");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Kolicina: ");
    lcd.print(storage2);
    delay(150);
  case 4:
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Spremnik 3");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Kolicina: ");
    lcd.print(storage3);
    delay(150);
    break;
  default:
    message = 1;
  }
  if (message_active){
    message = message + 1;
    message_active = false;
  }
}

```



```

//button resets
if (spr_reset and message == 1){
  height = 0;
  width = 0;
  permit = false;
  spr_reset = false;
}
else if ( spr_reset and message == 2){
  storage1 = 0;
  spr_reset = false;
}
else if ( spr_reset and message == 3){
  storage2 = 0;
  spr_reset = false;
}
else if ( spr_reset and message == 4){
  storage3 = 0;
  spr_reset = false;
}

//Length sensor logic

if( (analogRead(PA3) < readThreshold and analogRead(PA4) > readThreshold and
analogRead(PA5) > readThreshold) and lengthMeasured == false ){
  length = 1;
  lengthMeasured = true;
}else if ( (analogRead(PA3) < readThreshold and analogRead(PA4) < readThreshold and
analogRead(PA5) > readThreshold) and lengthMeasured == false )
{
  length = 2;
  lengthMeasured = true;
}else if ( (analogRead(PA3) < readThreshold and analogRead(PA4) < readThreshold and
analogRead(PA5) < readThreshold) and lengthMeasured == false )
{
  length = 3;
  lengthMeasured = true;
}

//Height sensor logic
if(sensor1_active == true and sensor2_active == false and sensor3_active == false and height
!= 1){
  height = 1;
}
else if(sensor1_active == true and sensor2_active == true and sensor3_active == false and
height != 2){
  height = 2;
}

```

```

else if(sensor1_active == true and sensor2_active == true and sensor3_active == true and
height != 3){
  height = 3;
}else if (sensor3_active == true and height != 3)
{
  height = 3;
}

//Width sensor logic
if(digitalRead(PA6) == true and digitalWrite(7) == true and digitalWrite(PB0) == true and
digitalRead(PB1) == true and permit == false) {
  width = 3;
  permit = true;
  delay (150);
}
else if (digitalRead(PA6) == true and digitalWrite(PA7) == true and digitalWrite(PB0) == true
and digitalWrite(PB1) == false and permit == false) {
  width = 2;
  permit = true;
  delay(150);
}
else if (digitalRead(PA6) == true and digitalWrite(PA7) == true and digitalWrite(PB0) ==
false and digitalWrite(PB1) == false and permit == false){
  width = 1;
  permit = true;
  delay(150);
}

volume = height * width * length;
//First box logic
if (digitalRead(PB4) == true and volume < 3 and volume != 0) {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor( 0, 0);
  lcd.print("Upaljen ");
  lcd.setCursor( 0, 1);
  lcd.print("Servo 1");
  storage2 += 1;
  height = 0;
  width = 0;
  length = 0;
  volume = 0;
  permit = false;
  for (position1 = 0; position1 <= 70; position1 += 1) {

    myServo1.write(position1);
    Serial.println(position1);
    delay(15);
  }
}

```

```

    for (position1 = 70; position1 >= 0; position1 -= 1) {
        myServo1.write(position1);
        Serial.println(position1);
        delay(15);
    }
}

```

//Second box logic

```

if ( digitalRead(PA15) == true and volume != 0 and ( volume < 13 and volume < 2 ) ) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor( 0, 0);
    lcd.print("Upaljen ");
    lcd.setCursor( 0, 1);
    lcd.print("Servo 2");
    storage2 += 1;
    height = 0;
    width = 0;
    length = 0;
    volume = 0;
    permit = false;
    for (position2 = 0; position2 <= 70; position2 += 1) {

        myServo2.write(position2);
        Serial.println(position2);
        delay(15);
    }
    for (position2 = 70; position2 >= 0; position2 -= 1) {
        myServo2.write(position2);
        Serial.println(position2);
        delay(15);
    }
}
}

```

//Third box logic

```

if (digitalRead(PB5) == true) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor( 0, 0);
    lcd.print("Objekt ");
    lcd.setCursor( 0, 1);
    lcd.print("Propusten ");

    height = 0;
    width = 0;
    length = 0;
    volume = 0;
    storage3 += 1;
    permit = false;
    delay(1500);
} }

```