

Robotska manipulatorska ruka

Markač, Mihael

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:278335>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA

I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Stručni studij

ROBOTSKA MANIPULATORSKA RUKA

Završni rad

Mihael Markač

Osijek, 2017.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Zadatak i struktura rada	2
2. ROBOTSKA MANIPULATORSKA RUKA	3
2.1. Kinematički model robotske ruke	4
2.2. Karakteristike robotske manipulatorske ruke	5
2.2.1. Dijelovi industrijske robotske ruke	6
2.3. Upravljanje robotskom rukom	7
2.4. Programsko sučelje i komunikacija	9
3. REALIZACIJA X, Y, Z	11
3.1. Alati i pomagala	12
3.2. Hardware modela manipulatorske ruke	13
3.2.1. Mehanički dijelovi:	14
3.2.2. Električni dijelovi:	22
3.3. Upravljački algoritam	28
3.4. Upravljačko sučelje i komunikacija	29
4. TESTIRANJE I REZULTATI	33
4.1. Vrste i opis testova	33
4.2. Rezultati testiranja	33
4.2.1. Napon	33
4.2.2. Radni prostor	33
4.2.3. Maksimalna masa nosivosti	34
5. ZAKLJUČAK	36
Literatura:	37
Sadržaj	39
Abstract	39
Životopis	40
Prilog	41

Popis slika

Slika 1.1 Asimo robot s ljudskim pokretima

Slika 1.2. Robotska manipulatorska ruka

Slika 2.1. Robotska ruka u industriji s pokretnom trakom

Slika 2.2. Cilindrična maketa robotske ruke

Slika 2.3. Dijelovi robotske ruke

Slika 2.4. Blok-shema industrijskog robota

Slika 2.5. Arduino software

Slika 3.1. X,Y,Z, osi robotske ruke

Slika 3.2. Robotska manipulatorska ruka

Slika 3.3. Postolje od pleksiglasa

Slika 3.4. Metalno kućište

Slika 3.5. Aluminijska hvataljka

Slika 3.6. Lim

Slika 3.7. Plastični zupčanici

Slika 3.8. Opruge i nosivi vijak

Slika 3.9. Ležaj zgloba 1

Slika 3.10. Odstojnici na prvom djelu konstrukcije

Slika 3.11. Impuls kod servo motora

Slika 3.12. Servo motor MG995

Slika 3.13. PSU ATX shema

Slika 3.14. +5 VDC za servo motore

Slika 3.15. Arduino Mega 2560

Slika 3.16. Sony Dualshock 1

Slika 3.17. Prikaz unutrašnjosti *joysticka*

Slika 3.18. Ulazno izlazni vodiči sa mikrokontrolerom

Slika 3.19. Shema elektronskog djela modela

Popis tablica

Tablica 1. Specifikacije napajanja

Tablica 2. Specifikacije Arduino Mega 2560

Tablica 3. Specifikacije SONY Dualshock-a

Tablica 4. Analogni ulazi

Tablica 5. PWM izlazi

Tablica 6. Napon

Tablica 7. Radni prostor

Tablica 8. Nosivost tereta

1. UVOD

Mehanički i električni inženjering te računalna znanost daju granu koja se naziva „Robotika“. Robot se sastoji od dizajna, konstrukcije i primjene samog, kao i kontrolom pomoću računalnog sistema, povratne veze senzorima i procesom informacija. Robotika je dobila naziv po književnom djelu „Tri zakona robotike“, Isaaca Asimovog iz 1942. godine. Robot je tehnologija koja je stvorena da zamjeni ili olakša ljudima posao. Takvu tehnologiju možemo koristiti u raznim područjima. Danas su roboti najviše korišteni u industriji, opasnim područjima kao što je pirotehnika, deaktivacija bomba i području gdje čovjek ne može preživjeti. Robotska tehnologija je napredovala do te mjere da roboti mogu oponašati ljudske pokrete. Hodanje, podizanje predmeta, govor, prepoznavanje predmeta pa čak i skok u vis.



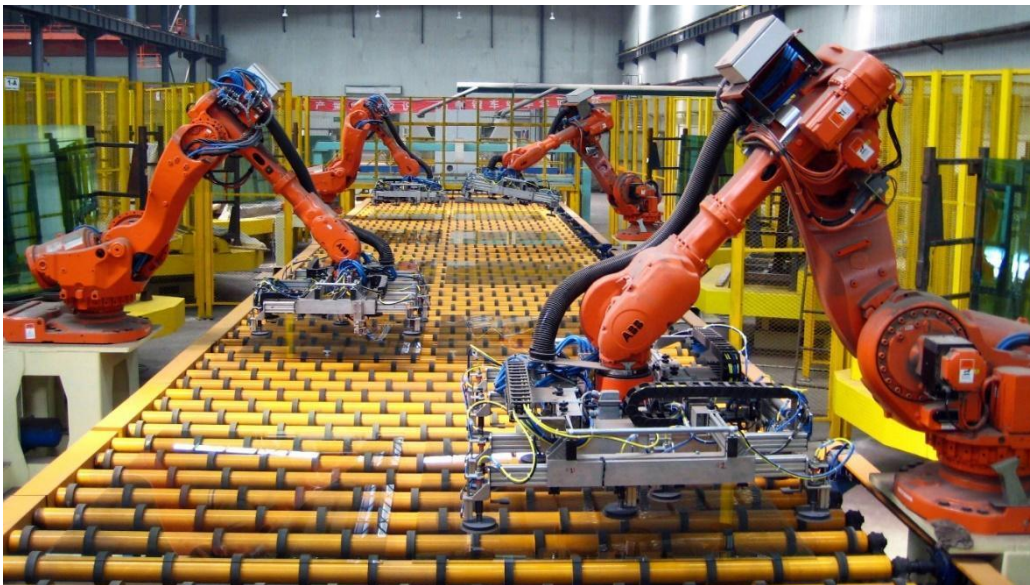
Slika 1.1. Asimo robot s ljudskim pokretima[1]

1.1. Zadatak završnog rada

Zadatak rada je osmisliti, projektirati, izraditi, optimizirati i testirati model robotske manipulatorske ruke za poslove premještanja ili transporta proizvoda s i na to predviđeno mjesto. Omogućiti upravljanje manipulatorskom rukom koristeći upravljačku stanicu i koristeći namjenski napisanu aplikaciju za osobno računalo.

2. ROBOTSKA MANIPULATORSKA RUKA

Robotska manipulatorska ruka najčešće se koristi u industriji kao što je auto industrija, prehrambena industrija, kemijska industrija, tehnološka industrija (Sl.2.1.), te u današnje vrijeme skoro svaka industrija koja ima pokretnu traku. Tako se proizvodi transportirani trakom i pomoću robotske manipulatorske ruke smještaju, premještaju ili nadograđuju u hodu. Robotska manipulatorska ruka koristi se i van industrije u područjima opasno po život ili jednostavno zbog terena, tlaka i kisika nedostupno čovjeku. Takva manipulatorska ruka postavlja se na razna vozila, kao što su mini podmornice za istraživačke ili graditeljske svrhe pod vodom. Mini oklopno vozilo koje je otporno na vatru i eksploziju za svrhe pirotehnike. Robotska ruka koristi se i u svrhe svemirskog istraživanja, tako da se ugrađuje na razne svemirske stanice, na vozila zvana „Mars rover“ koji se daljinskim upravljanjem koristi za kretanje, prikupljanje i istraživanje Marsove površine. Također, robotske ruke se koriste i u svrhe medicine i neurokirurgije.



Slika 2.1. Robotska ruka u industriji s pokretnom trakom [2]

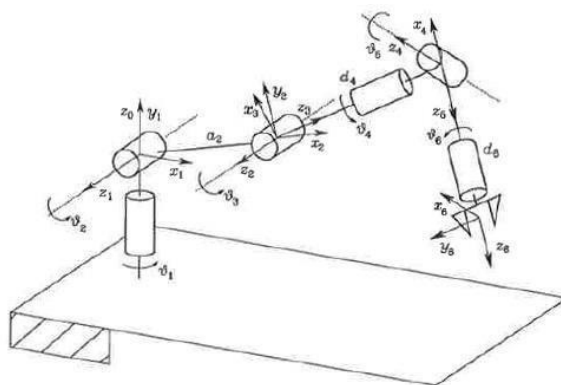
Robotska manipulatorska ruka treba imati motore koji je mogu pokretati, oni su spojeni sa zglobovima ruke i zaslužni za pokrete. Što se tiče motora, oni mogu biti istosmjerni ili izmjenični. Istosmjerni motori mogu biti s permanentnim magnetima, koji su jako pogodni za upravljanje i snage od 100 W do 10 kW. Istosmjerni motori specijalne izvedbe imaju mnogo veće ubrzanje te se razlikuju u izvedbi rotora.

Izmjenični motori mogu biti sinkroni, asinkroni i koračni. Asinkroni manje imaju manje dimenzije, težinu i jeftiniji su od istosmjernih. Koračni motori se koriste za neposredno digitalno upravljanje, imaju veliku brzinu odziva i točnost pozicioniranja. Naravno, tu se nalazi i „mozak“ mikroprocesor koji sve to regulira pomoću unesenog programa, a i senzora koji povratnom vezom šalju podatke o stanju. Svi ti dijelovi povezani su vodičima i napajanjem.

2.1. Kinematički model robotske ruke

Kinematički model je teoretski dio koji se treba odrediti prije nego što se krene s izradom same robotske ruke. Da bi se odredio kinematički model potrebno je nekoliko koraka.

Za sam početak bitno je odrediti i nacrtati model robotske ruke. Na slici 2.2. prikazan je jednostavan način cilindričnog crtanja koji nam pokazuje smjer okretanja i linije koje povezuju zglobove tj. odnose se na konstrukciju.[3]



Slika 2.2. Cilindrična maketa robotske ruke [3]

Sljedeće na redu je određivanje X, Y, Z osi. Prema [3] Z - os trebala bi biti linija rotacije za okretni zglob ili os proširenja, za prizmatični zglob. X – osi trebaju stajati „common normal“, što znači najkraća ortogonalna linija između prethodne Z – osi i trenutne Z – osi.

Treći korak je određivanje zadnjeg djela robotske ruke. Prednost je ta što možemo izračunati poziciju hvataljke iz pozicije zglobova. Vrlo važno je znati kakav model hvataljke će se koristiti. Nakon toga potrebno je izračunati DH parametre. DH ili Denavit – Hartenberg parametri su obično potrebni za unos modela robota u simulator i izvršavanje svakojakih analiza. DH parametri dijele svaki zglob u 4 parametra, od kojih se svaki uzima u odnosu na prethodni spoj. Oni se izračunavaju

u odnosu na „common normal“. Ako prethodna Z – os siječe trenutnu Z – os, što je često slučaj, „common normal“ ima duljinu nula.

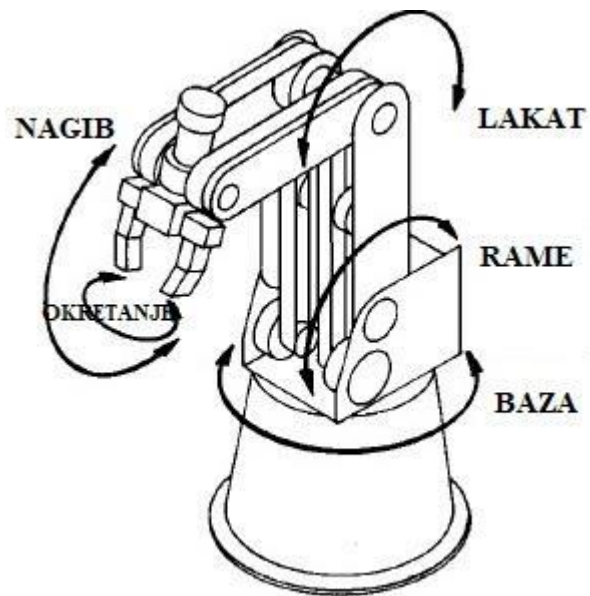
- d – razmak između prošle i trenutne X – osi
- θ – kut oko Z – osi između prošle i trenutne X – osi
- a (ili r) – duljina common normal
- α – kut oko common normal između prošle i trenutne Z – osi [3]

DH parametre potrebno je zapisati za svaki zglobov. Svaki zglobov ima vrijednost koja je varijabla i predstavlja pokretan zglobov.

Peti korak je odabir biblioteke. Koristi li se program za izračunavanje kinematike robota, nužno je odabrati pravu biblioteku. Većina programa izračunava i više nego kinematiku. U program je uključena opcija izračuna inverzne kinematike, dinamike, vizualizacije, plan kretanja i detekcija sudara i razne druge mogućnosti. Biblioteka pretvara unesene parametre u metar koji se množe kako bi se izračunao odnos između zajedničkog položaja i krajnje efektorske poze.[3]

2.2. Karakteristike robotske manipulatorske ruke

Svaka funkcionalna robotska ruka, trebala bi sadržavati neke osnovne karakteristike i svojstva, kao što se vidi na sl.2.3. To znači da bi se trebala sastojati od konstrukcije materijala ovisnog o samoj primjeni. Kako je zadatak model robotske ruke, to znači da bi materijali trebali biti lagani i dovoljno izdržljivi za normalan rad. Konstrukcija od polimera, motori koji bi se koristili su mali istosmjerni servo motori s kutom od 180° . Hvataljka od lakog metala, aluminija. Samo postolje bi trebalo biti jače i izdržljivije, kako bi moglo podnijeti teret motora i konstrukcije. Za „mozak“ treba se koristiti mikrokontroler Arduino/Genuino mega, uno te, po potrebi, shield koji se spaja s mikrokontrolerom i tako omogućuje lakše spajanje vodiča motora, senzora i ostale periferije. Svi ti elektronički dijelovi trebaju neko napajanje. Računalno napajanje je više nego dovoljno da se dobije željeni napon i struja. Nakon svega toga slijedi programiranje te instaliranje koda na mikrokontroler. Kako bi to sve točno radilo, motori i zglobovi se trebaju podesiti tako da se mogu slobodno kretati pod određenim kutom, a ne da dođe do fizičke granice tj. prepreke i sprječava daljnje kretanje. Što se tiče kretanja, radilo bi se o X, Y, Z kretanju, a to ovisi o modelu i zglobovima.



Slika 2.3. Dijelovi robotske ruke [4]

2.2.1. Dijelovi industrijske robotske ruke

Konstrukcija:

- Baza
- Rame
- Lakat
- Zglob
- Vijci
- Opruge
- Hidraulične crijeva
- Hvataljka

Elektronika:

- Servo motori
- Senzori
- Vodiči
- Mikrokontroler
- Napajanje
- Hlađenje
- Upravljačka ploča

Robotska ruka je definirana parametrima:

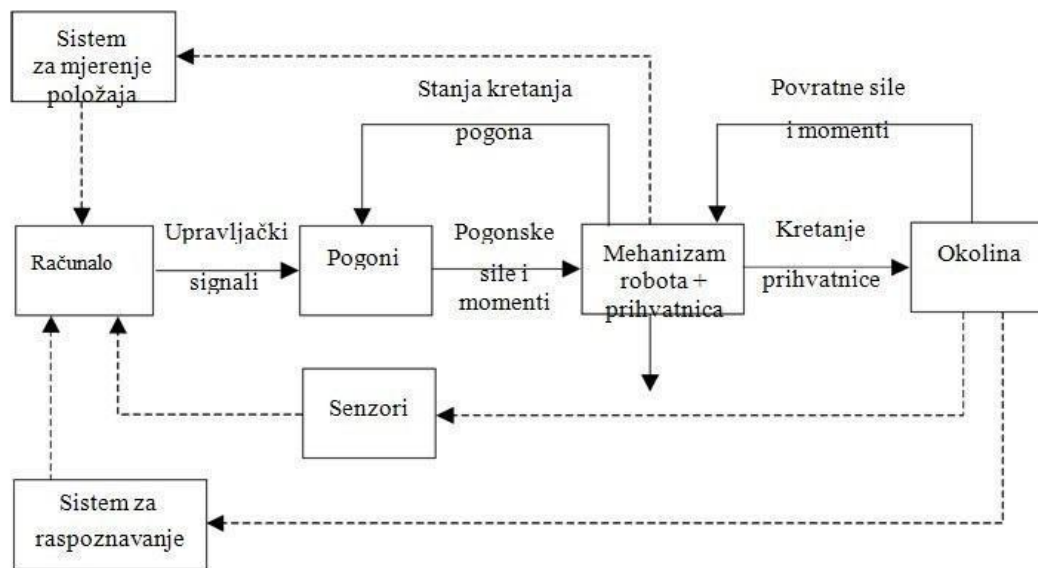
- Broj osi
- Stupnjevi slobode
- Radni prostor
- Radno okruženje
- Kinematika
- Opterećenje
- Brzina
- Ubrzanje
- Preciznost
- Kontrola pokreta
- Položaj motora
- Izvor napajanja

2.3. Upravljanje robotskom rukom

Upravljanje se vrši pomoću upravljačkih uređaja. To su daljinski uređaj, *joystick* (upravljačka palica), preko mobilnih uređaja, računala, tableta. Svaki taj uređaj mora biti povezan s računalom robotske ruke. Povezuju se žičano ili bežično.

Ovisno o zadanome zadatku, manipulator dobiva informacije odnosi li se kretanje na zglobove ili direktno na vrh manipulatora. Kod zadataka gdje mora rukovati materijalima, neophodno je da vrh manipulatora slijedi željenu putanju.

Problem upravljanja se javlja kod određivanja sila i momenata na zglobovima manipulatora koji osiguravaju kretanje po željenoj putanji (Sl. 2.4.). Ovaj problem je jako složen i važan jer kod manipulatora kretanje jednog segmenta utječe na kretanje drugih segmenata. Ako ima zadatak gdje se javlja međudjelovanje između vrha i okoline, tada se problem upravljanja znatno povećava jer treba uzeti u obzir sile na dodirnom mjestu. U tome slučaju je obavezna upotreba aktuatora i senzora.[5]



Slika 2.4. Blok-shema industrijskog robota [5]

Industrijski roboti mogu se podijeliti u četiri skupine upravljanja:

1. Sekvencom ograničeni roboti
2. Roboti s upravljanje od točke do točke
3. Roboti s upravljanjem kontinuirano po putanji
4. Inteligentni roboti

Sekvencom ograničeni roboti predstavljaju najnižu razinu upravljanja s obzirom na inteligentne robote.

Prva skupina robota ne koristi servo upravljanje za zglobove. Umjesto servo motora upravlja se podešavanjem graničnih prekidača i/ili mehaničkih blokada, kako bi se postigle ciljane točke putanje za svaki zglob. S ovakvim postupkom upravljanja, pojedinačni se zglobovi mogu

pomaknuti do granica putanje. Radi toga javlja se problem ograničenja točaka, koje se mogu unijeti u program za ovu vrstu robota.[5]

Druga skupina od točke do točke vrh manipulatora se kreće diskretnim točkama u radnom prostoru i nije bitna putanja između točaka, ali je važna točnost pozicioniranja. Takva vrsta robota koristi se za točkasto zavarivanje te podizanje i spuštanje predmeta.

Kod treće skupine koja je s kontinuiranim kretanjem po putanji, vrh manipulatora se mora kretati po unaprijed određenoj putanji u trodimenzionalnom prostoru. I pri tome su bitne dvije stvari. Putanja i točnost pozicioniranja. Takvi roboti koriste se za bojanje, zavarivanje i lijepljenje.

Inteligentni roboti posjeduju svojstva umjetne inteligencije. Takav robot može sam mijenjati programske cikluse ovisno o promjeni uvjeta u radnom prostoru. Najvažnija karakteristika inteligentnih robota je ta što može donesti odluku na temelju podataka dobivenih od senzora. Oni mogu komunicirati s čovjekom ili računalnim sistemom. Takvi se programiraju simboličkim jezikom koji se razlikuje od klasičnih programskih jezika. Pretežno se koriste kod primjene zadataka montaže i elektrolučnog zavarivanja.[5]

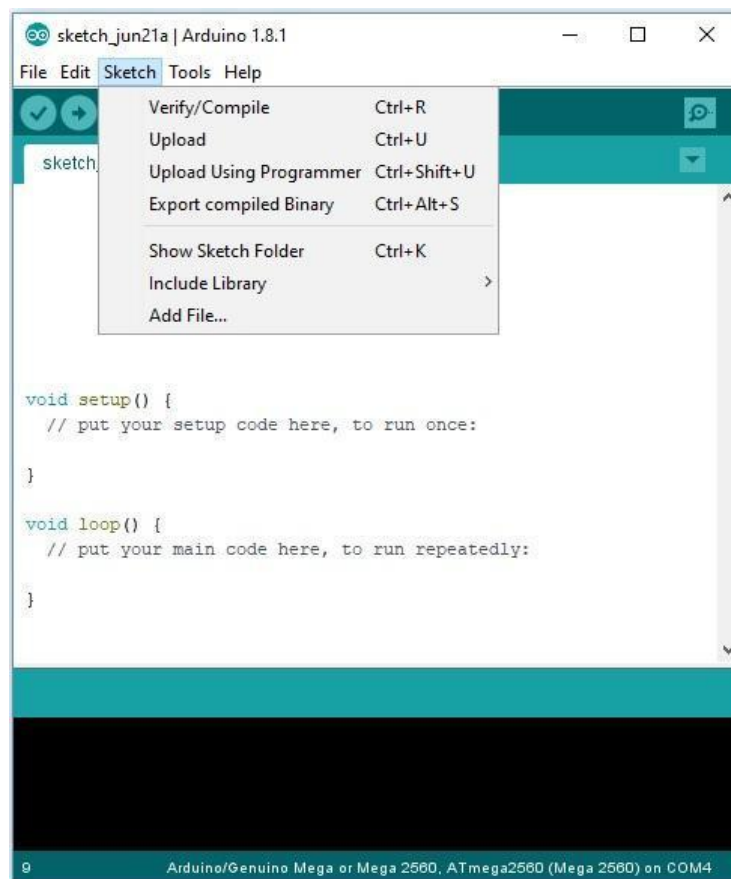
2.4. Programsko sučelje i komunikacija

Kao svaki stroj i uređaj, robotska ruka mora imati neku vrstu programskog sučelja. Većina takvih robota je integrirana i kontrolirana od strane računala ili PLC-a. Manji modeli robotskih ruka imaju mikrokontrolere kao što je Arduino/Genuino, koji su programirani na tako da robot sam obavlja zadatak, ili u ovome slučaju povezan s upravljačkom periferijom, radi kontrole od strane čovjeka.

Računalu je potreban *software* (softver) kojim se povezuje s PLC-om, mikrokontrolerom ili drugim vrstama upravljačkih sklopova. Korištenje računala uvelike olakšava proces programiranja i upravljanja. Specijalizirani *software-i* za robote koriste se na računalu ili robotskom mikrokontroleru ili oboje, ovisno o dizajnu sistema. Koristi se digitalno ili manualno upravljanje. Kod digitalnog upravljanja potreban je *software* koji pruža opciju pokretanja preko računala ili mobilnog uređaja.

Pozicija i proces su dvije osnovne stvari koje se moraju programirati. Želi li se neki vijak uzeti od točke a i staviti na točku b, najprije se treba odrediti pozicija, a tek onda slijedi proces. Kako bi to ispravno radilo, važna stavka je I/O. Senzori koji su I/O određuju kada je hvataljka iznad vijka, kada ga treba uhvatiti te kad dođe do točke b da ga smjesti na određenu poziciju. Svrha *software-a* je ta da se svi ti parametri mogu unijeti i korigirati kako radna okolina i prostor dozvoljava.

Sučelja koja se koriste u svrhu komunikacije s robotskom rukom ovise o tome koristi li se PLC ili npr. Arduino. Kod Arduina se može skinuti *software* Arduino (Sl. 2.5.), koji omogućuje odabir jednog od više vrsta Arduino mikrokontrolera. Unos koda, kompajliranje, te *upload* (postavljanje) na sami mikrokontroler preko USB-a.



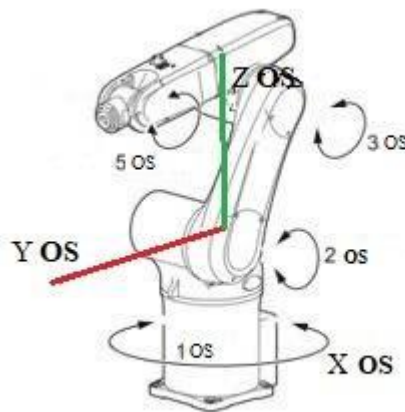
Slika 2.5. Arduino *software* [12]

3. REALIZACIJA X, Y, Z

Prema sl. 3.1. vidi se kako manipulatorska ruka ima 3 osnovne osi kretanja, to su: X-os, Y-os i Z-os. Oblik radnog prostora određen je pomoću prve tri osi robota, a ostale osi određuju orijentaciju koju završni mehanizam može zauzeti. Kad se koriste tri osi, tada se koriste trodimenzionalnim radnim prostorom.

Za određivanje orijentacije vrha manipulatora, potrebno je definirati tri rotacije oko različitih osi:

- os smjera
- os visine
- os duljine



Slika 3.1. X,Y,Z, osi robotske ruke [6]

Kordinatni sustav:

$$S = \{X, Y, Z\}$$

Ako se osi potrebne za orijentaciju vrha manipulatora sijeku u jednoj točki, tada robot ima sferni ručni zglobov. Znatno je složenije ako robot u svojoj strukturi sadrži translacijske i rotacijske zglobove.

Drugi faktori koji utječu na prostornu rezoluciju su sustav mjerenja u povratnoj vezi upravljačkog sustava i mehanička nepreciznost u robotskim segmentima i zglobovima. Mehaničke nepreciznosti

se javljaju kod trošenja zupčanika, rastezanje kabela, istjecanje ulja u hidrauličnim pogonima. Takvi problemi se javljaju kod robota s većim i dužim komponentama. Također, nepreciznost se može dogoditi i zbog tereta kojim se radi, brzinom kretanja ruke, uvjetima održavanja robota i ostalim faktorima. Na temelju navedenog, može se reći da upravljačka rezolucija ovisi o mehaničkim nepreciznostima.[5]

Model robotske manipulatorske ruke u ovome rada nema rotaciju hvataljke kao kod profesionalnih robotskih ruka. Određena je samo duljina, visina i smjer.

3.1. Alati i pomagala

Zadatak modela robotske manipulatorske ruke izrađen je u radionici kod kuće. Korištena je tehnika reciklaže. 80% materijala nije kupljeno nego iskorišteno iz drugih uređaja. Iz istog razloga, bili su potrebni razni alati i pribor.

Da bi se konstrukcija izradila potreban je metar, olovka/marker da se obilježi željeni oblik, tj. duljina i visina na odabranome polimeru. Sljedeće što se treba napraviti je rezanje polimera. Za taj postupak, ako polimer nije previše tvrd i debeo, potrebna je ubodna pila. Ako je polimer previše tvrd, koristi se kutna brusilica, jer ima veći broj okretaja i bolju brusnu ploču. Kad se konstrukcijski materijal izrezao, bilo je potrebno koristiti brusilicu i brusni kamen. Postupkom brušenja, dobio se željeni oblik i izbrusili su se svi oštri i ne utvrđeni rubovi. Dio polimera gdje dolazi hvataljka, morao se topiti toplinskim pištoljem i ručno ili kliještima oblikovati na željeni način. Kako bi se konstrukcija mogla pričvrstiti i postaviti bilo je potrebno koristiti stupnu bušilicu. Njome su se izbušile odgovarajuće rupe u koje su išli željeni vijci. Odvijačem i kliještima su se pričvrstili vijci i matice. Korištena je nareznica na vijku konstrukcije stupa koji drži opruge, na aluminijskoj baznoj konstrukciji, kutiji. Također, korištena je stupna bušilica, ključevi za zatezanje matice i odvijač. Kod elektroničkog djela, korištena je lemilica kako bi se spojilo uzemljenje s vodičima uzemljenja te za vodove od 5V, kao i spajanje muško muških konektora koji se spajaju u pinove Arduino mega 2560. Termo bužir i izolir traka kao pribor su korišteni da se izoliraju električni spojevi.

Alati:

- Ubodna pila
- Kutna brusilica
- Brusilica s brusnim kamenom
- Toplinski pištolj
- Stupna bušilica
- Kliješta
- Odvijač
- Nareznica
- Ključevi za matice
- Lemilica

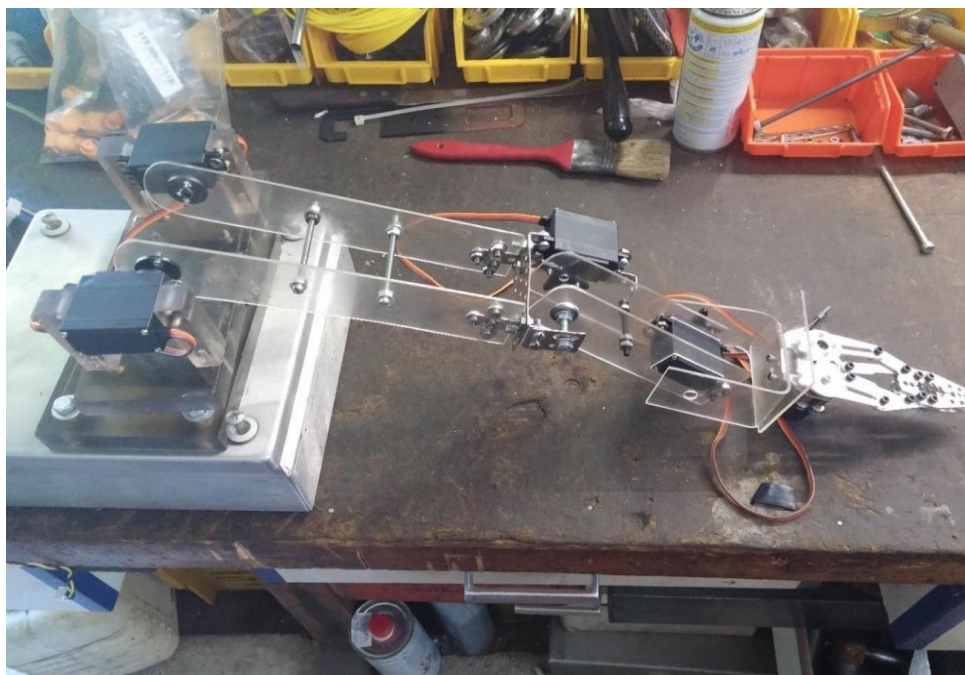
Pribor:

- Olovka / marker
- Metar
- Izolir traka
- Termo bužir

3.2. Hardware modela manipulatorske ruke

Hardware (hardver) je osnovni dio svakog uređaja, to je fizički dio bez kojega ne može ni jedan uređaj ili stroj. On može imati nebrojeno mnogo oblika i dizajna.

U ovome poglavlju navest će se svaki dio modela robotske manipulatorske ruke.



Slika 3.2. Robotska manipulatorska ruka [12]

3.2.1. Mehanički dijelovi:

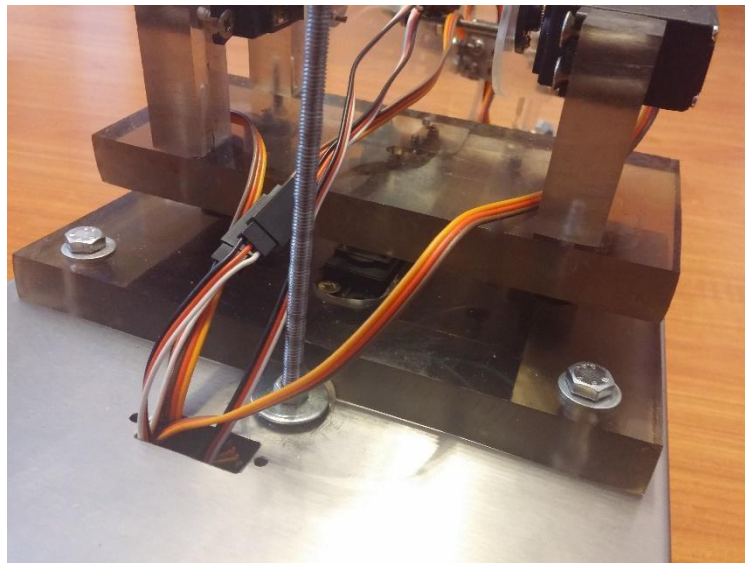
- Pleksiglas
- Aluminijsko kućište
- Hvataljka
- Lim
- Plastični zupčanici
- Opruge i nosivi vijak
- Vijci
- Ležajevi
- Odstojnici

Opis:

- **Pleksiglas** ili akril je transparentan termoplastični materijal koji je prvenstveno zbog svoje manje težine i jednostavnosti rukovanja, vrlo česta zamjena za staklo. Dvostruko je otporniji na udarce od stakla. Korišten je pleksiglas debljine od 15 mm za postolje i osnovicu prve osi robotske ruke.

Dimenzija:

- Postolje 1: 180 x 100 x 15 mm
- Postolje 2: 170 x 70 x 15 mm

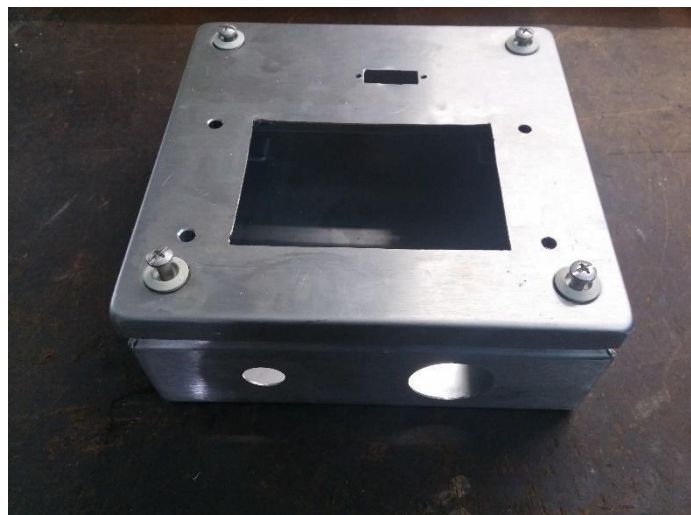


Slika 3.3. Postolje od pleksiglasa [12]

- **Aluinijsko kućište** je srebrno-bijeli sjajan metalni element koji pripada grupi 3 periodnog sustava elemenata. Niske je gustoće, prirodno otporan na koroziju, dobar vodič topline i elektriciteta. Korišten je kao glavno spremište elektronskih dijelova i kao postolje cijele robotske ruke.

Dimenzija:

- 200 x 200 x 80 mm



Slika 3.4. Aluminijsko kućište [12]

- **Hvataljka** je glavni dio robotske ruke za obavljanje zadane radnje. Nalazi se na zadnjem djelu ruke. Pokreće je servo motor prikvačen za nju. Napravljena je od čvrste legure, ima dvije „kandže“ koje se otvaraju i zatvaraju ovisno o radnji.

Specifikacije:

- Materijal – čvrsta legura aluminija
- Težina – 60 g
- Maksimalan prostor otvorene hvataljke – 55 mm
- Ukupna duljina - 118 mm
- Širina zatvorene hvataljke – 50 mm
- Širina otvorene hvataljke – 105 mm
- Debljina hvataljke prvi dio – 255 mm
- Debljina hvataljke drugi dio – 8 mm

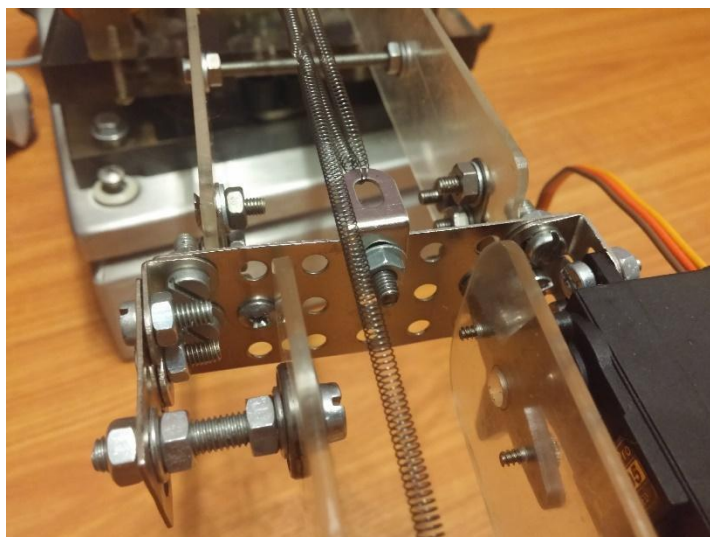


3.5. Aluminijska hvataljka [12]

- **Lim za povezivanje prvog zgloba** učvrstio je te povezao dva djela konstrukcije. Na njega je došao servo motor koji pokreće drugi dio konstrukcije.

Specifikacije:

- Količina: 12 komada raznih veličina
- Najmanji – 30 x 10 mm
- Najveći – 70 x 30 mm



Slika 3.6. Lim [12]

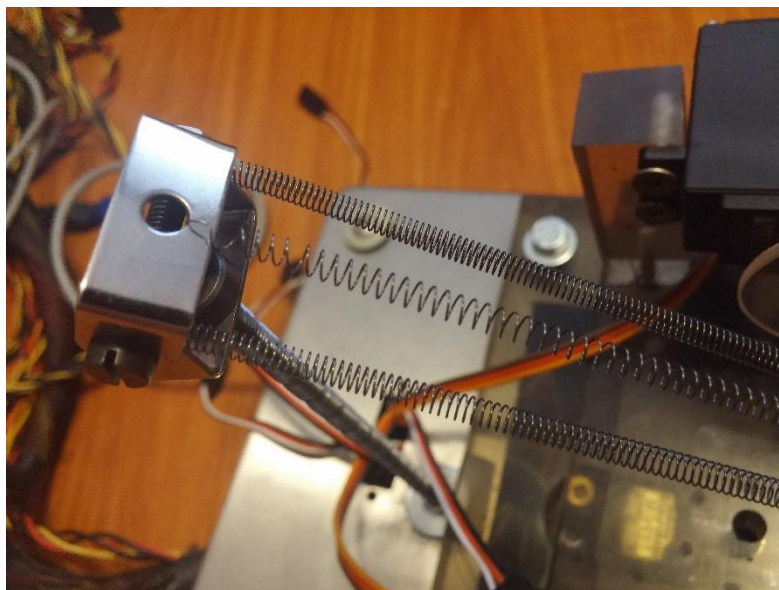
- **Plastični zupčanici** su nastavci od servo motora. Smještaju se i ušaraflijuju na konstrukcijski dio ruke. Prenose mehanički dio sa servo motora na ostali dio robotske ruke. Postoje razne vrste i oblici. Zupčanici koji su korišteni na ovome projektu imaju oblik zvijezde i kruga.



Slika 3.7. Plastični zupčanici [12]

- **Opruge i nosivi vijak** imaju samo jednu zadaću, omogućiti lakši rad servo motorima. Opruge su spojene s nosivim vijkom i limom prvog i drugog zgloba. Cilj im je držati konstrukciju i tako smanjiti pritisak na servo motorima. Bez opruga, motori nemaju dovoljnu snagu za podnijeti sav teret konstrukcije pa dolazi do pregrijavanja.

Duljina opruga od nosivog vijka do prvog zgloba je 260 mm i spajaju se 3 opruge. Duljina opruga od nosivog vijka do drugog zgloba je 420 mm i spajaju se 4 opruge.



Slika 3.8. Opruge i nosivi vijak [12]

- **Vijci** - korišteno je 12 vrsta vijaka i matica. Vrste koje su korištene su m3, m3.5, m4, m5 i m6.

Specifikacije:

- o m6:
 - 4 kom. 45 x 6mm
- o m5:
 - 4 kom. 37 x 5 mm
 - 1 kom. 150 x 5 mm
 - 1 kom. 33 x 5 mm
- o m4:
 - 1 kom. 30 x 4 mm
- o m3.5:
 - 2 kom. 67 x 3,5 mm
 - 3 kom. 44 x 3,5 mm
 - 13 kom. 12 x 3,5 mm
- o m3:
 - 6 kom. 12 x 3 mm

- 16 kom. 12,5 x 3 mm
- 10 kom. 8 x 3 mm
- 4 kom. 15 x 3mm
-

o m2:

- 10 kom. 11 x 2 mm

M6 45 x 6 mm vijci smješteni su u pleksiglasu u kojem se nalazi servo motor i koji je pritegnut za metalno kućište. M5 37 x 5 mm smješteni su u poklopcu metalnog kućišta te se pomoću njih zatvara kućište. 1 komad m5 150 x 5 mm, nalazi se smješten na kućištu i ponaša se kao stup koji drži opruge, a drugi m5 33 x 5 mm nalazi se kod prvog zgloba i služi kao osovinu. M4 30 x 4 mm smješten je na vijku koji se ponaša kao stup, a m4 drži lim na koji se priključuju opruge. M3.5 67 x 3,5 mm su dva vijka koji se ponašaju kao odstoynici i smješteni su na prvom djelu ruke prije prvog zgloba. M3,5 44 x 3,5 mm su također, odstoynici ali, na drugome djelu ruke, poslije prvog zgloba. M3,5 12 x 3,5 mm vijci koji stežu lim i servo motor prvoga zgloba. M3 12 x 3 mm povezuju lim s konstrukcijom pleksiglase kod prvog zgloba. M3 12,5 x 3 mm spajaju servo motore s konstrukcijom. M3 8 x 3 mm vijci koji se ušarafljuju u servo motor i tako stežu servo motor i plastični zupčanik. M3 15 x 3 mm nalazi se na hvataljki i pomoću odstoynika i 4 komada m3 8 x 3 mm spaja servo motor s hvataljkom. M2 11 x 2 mm nalaze se u plastičnim zupčanicima i stežu se s konstrukcijom pleksiglase.

- **Ležajevi** – upotrebljena su dva ležaja NSK 625Z. Vrlo male dimenzije i mase. Prvi ležaj smješten je na m5 vijku koji se ponaša kao stup za opruge. Uglavljen je u gornji dio metalnog kućišta i time omogućuje m5 vijku da se okreće ovisno o smjeru okretanja cijele konstrukcije. Drugi ležaj smješten je na lim koji spaja prvi i drugi dio konstrukcije i tako omogućuje podešavanje i preciznost konstrukcije. Pomoću drugog ležaja, konstrukcija ostaje centrirana.

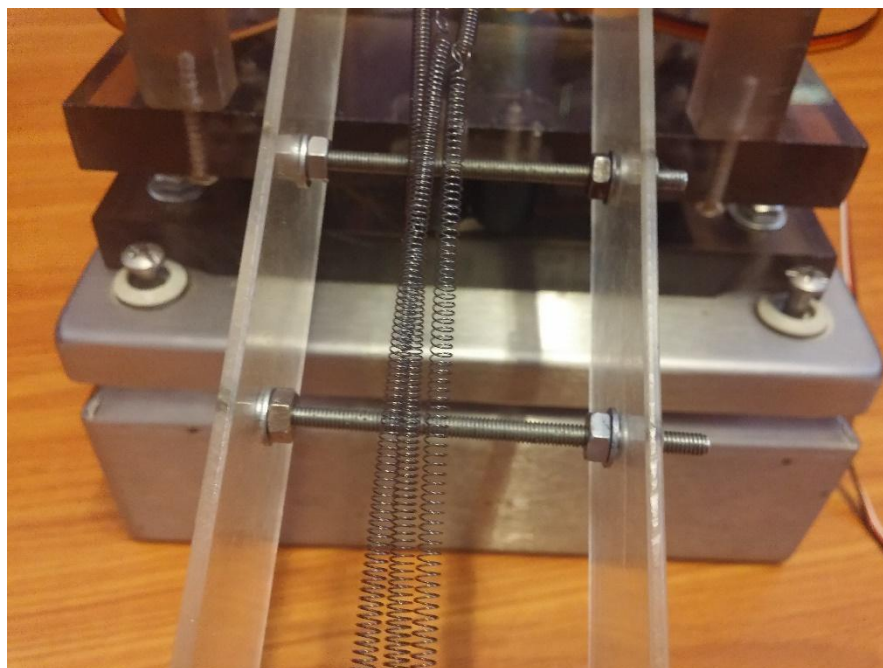
Detalji:

- dimenzija vanjska – 16 x 5 mm
- dimenzija unutarnja – 5 x 5 mm
- masa – 0.1 kg
- količina – 2 komada



Slika 3.9. Ležaj zgloba 1 [12]

- **Odstojnici** su metalni, plastični ili neke druge vrste i oni se upotrebljavaju da naprave i drže razmak između dva djela konstrukcije. Također, upotrebljavaju se i za spajanje vijaka s dvije različite strane. U ovome slučaju odstoynici su korišteni na oba načina. Kod prvog djela ruke u sredini tog djela konstrukcije, nalaze se dva vijka koji se ponašaju kao odstoynici, a te vijke stežu tri podmeta i tri matice. Pomoću tih matica može širiti i suziti konstrukcija tj. prilagoditi širina. Drugi dio konstrukcije poslije prvog i prije drugog zgloba nalaze se tri vijka koji su također, odstoynici. Ali, u ovome slučaju samo jedan vijak se ponaša kao prethodna dva, a ostala dva spajaju jednu stranu servo motora i u isto vrijeme održavaju širinu konstrukcije i ponašaju se kao osovina na koju se spaja lim koji je ujedno i stupić za drugi dio opruga. Tako ova dva odstoynika imaju svrhu u tri djela. Odstojnici koji su namijenjeni ujedno kao matice, korišteni su kao spojevi na hvataljki. Ispod konstrukcije hvataljke dolazi servo motor koji se mora ušarafiti u nju. Iz tog razloga stavlja se odstoynik da servo motor što bolje sjedne u konstrukciju i da se ima u što ušarafiti.



Slika 3.10. Odstojnici na prvom djelu konstrukcije [12]

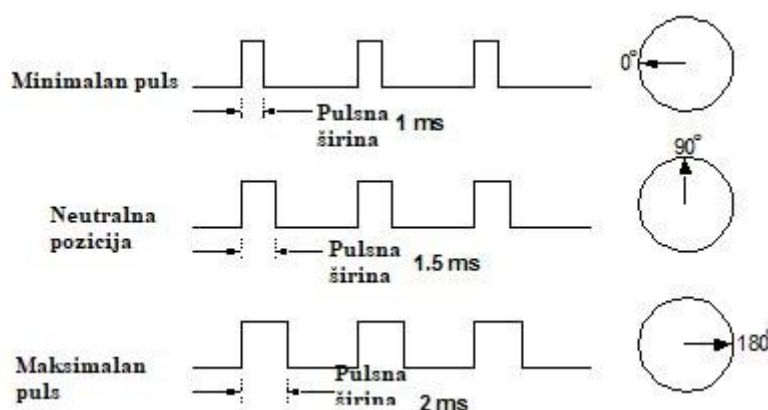
3.2.2. Električni dijelovi:

- Servo motori
- Napajanje
- Mikrokontroler
- *Joystick*
- Vodiči

- **Servo motori** su istosmjerni motori koji služe za razne primjene. Mali su i vrlo učinkoviti. Namijenjeni su za svrhe industrije, robotike, kod pokretne trake, u proizvodnji lijekova, hrane. Često se koriste kao pokretački sustavi za igračke automobila, robota i aviona, kontrolirani od strane daljinskog upravljača ili radio – kontrolera. Unutrašnjost servo motora izrađena je od servo strujnog kruga, osovine za pozicioniranje, DC motora i potencijometra. Servo motor kontroliran je električnim signalima koji određuju količinu i smjer kretanja.[7] Kad se motor pokreće, potencijometar mijenja otpor i na taj način određuje stranu i kretanje. Kad je osovina motora na zadanome mjestu, kutu. Napajanje motora se prekida. U suprotnom motor se okreće u odgovarajućem smjeru. Odgovarajuća pozicija poslana je električnim pulsom kroz signal vodič.

Brzina motora je proporcionalna trenutnoj poziciji i željenoj poziciji. Stoga, ako je motor blizu željene pozicije, on usporava i suprotno. To se zove proporcionalna kontrola.[7]

Servo se kontrolira slanjem električnog pulsa PWM (pulse width modulation) kroz signalni vodič. Tu je minimalni puls, maksimalni puls i postupak ponavljanja. Servo motor je u mogućnosti rotirati 180° ili 90° u svakom smjeru. Neutralna pozicija motora je određena tako da se motor nalazi u točno određenom mjestu gdje ima u obje strane isti broj stupnjeva hoda.[7] Servo motor očekuje puls svakih 20 milisekundi (ms), a duljina pulsa određuje koliko daleko će se motor okretati. Npr. Puls od 1.5 ms će motor okrenuti na 90° , kraće od 1.5 ms će ga vrtjeti u suprotnome smjeru, a duže od 1.5 ms će ga usmjeriti do pozicije od 180° .



Slika 3.11. Impuls kod servo motora [7]

Točan tip servo motora korišten u projektu robotske manipulatorske ruke je MG995.

Specifikacije:

- Naziv: MG995
- Dimenzija: 40 x 20 x 36.5 mm
- Masa: 48g
- Radna brzina (4,8 V bez tereta): 60 stupnjeva u 0.17 sec.
- Radna brzina (6,0 V bez tereta): 60 stupnjeva u 0.13 sec.
- Zakretni moment (4,8V): 13 kg/cm
- Zakretni moment (6,0V): 15 kg/cm
- Raspon temperature: -30 do +60°C
- DBW (Dead band Width): 4 usec
- Radni napon: 3.5 – 8.4 Volta



Slika 3.12. Servo motor MG995 [8]

- **Računalno napajanje** je glavni izvor napajanja svih elektroničkih dijelova robotske ruke. Ono osigurava da svaki elektronički dio primi određenu količinu napajanja. Glavni zadatak napajanja je pretvaranje 220 V u 3,3 V , 5 V i 12 V što je u skladu s naponskim zahtjevima elektronike modela. Napajanje pruža nekoliko vrsta vodiča i konektora. Ovisno o naponu i komponenti.

Tako imamo:

- Glavni 20 + 4 pinski konektor
- 4 + 4 pinski konektor
- 6 – pinski konektor
- 4 – pinski konektor
- Floppy naponski konektor
- SATA naponski konektor

Kod napajanja naziva „Active PFC“ modela BQT P5 – 470W – s1.3 može se iskoristiti izlazna snaga do 470 W.

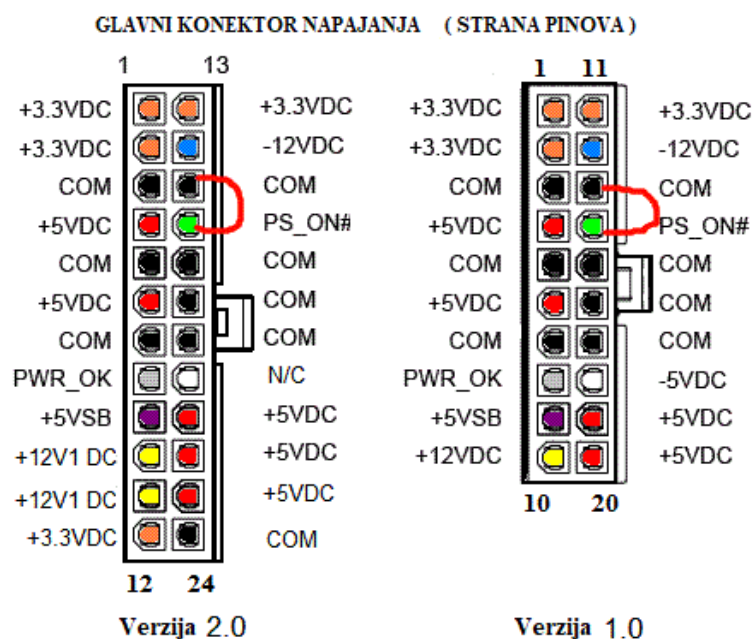
Stoga vrijedi:

Tablica 3.1. Specifikacije napajanja [12]

BQT P5- 470W	Max output current	30A	40A	29/34*A	1A	0,8A	2,5A
	Msx combined wattage	220W		348/408*A	12W	4W	12,5W
		450W			20W		

Da bi računalno napajanje ispravno radilo, potrebno je prespojiti dva vodiča.

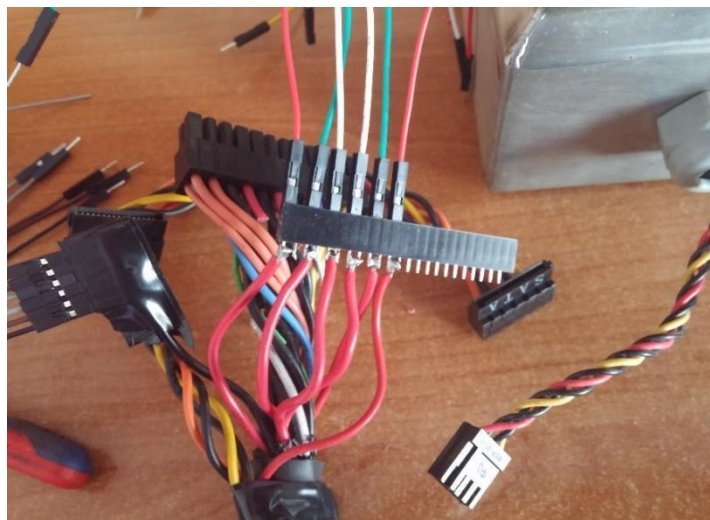
Kao što je prikazano na Sl.3.13. kod glavnog 20 – pinskog konektora, spoji se vodič zelene boje PS_ON i vodič crne boje COM. S tim postupkom se računalno napajanje ne gasi i radi normalno.



Slika 3.13. PSU ATX shema [9]

Kako bi elektronika pravilno radila, treba iskoristiti GROUND (uzemljenje) i +5 VDC za svaki servo motor i za mikrokontroler. Iskoristi li se jedan vod +5 VDC samo za pokretanje mikrokontrolera i preko njega servo motora, cjelokupni model nema dovoljno snage i takav nije funkcionalan. Iz razloga što se snaga dijeli na mikrokontroler i 6 servo motora. Stoga treba posebno dovesti +5 VDC na svaki servo motor i sve zajedno na *GROUND*. Isto tako treba dovesti zasebnih

+5 VDC na mikrokontroler kako bi pravilno funkcioniralo. Takvim postupkom se olakša rad elektronike i poveća snaga motora. Slika 3.14. prikazuje +5 VDC spoj za servo motore.



3.14. +5 VDC za servo motore [12]

- **Arduino Mega 2560** je „mozak“ cijelog modela robotske ruke. Uređaj u koji se sprema programski kod. Odgovoran za rad cijelog sustava. Arduino mega 2560 je mikrokontroler osnovan na temelju ATmega2560. Sastoji se od 54 digitalna ulazno/izlazna pina (od kojih se 15 može koristiti kao PWM izlazi), 16 analognih ulaza, 4 UART-a (serijski port *hardware-a*), 16 MHz kristalni oscilator, USB konektor, ulaz za napajanje, ICSP, tipka za ponovno pokretanje (reset). Arduino mega 2560 sadrži sve potrebne aspekte mikrokontrolera. Napaja se na način da ga spojimo USB-om preko računala ili AC u DC adapterom ili baterijom. Mega 2560 je kompatibilan s većinom shieldova dizajniranim za Arduino Uno i ploča Duemilanove ili Decimila. Mega 2560 je nadogradnja na Arduino Mega, koja ju je i zamijenila.[11]



Slika 3.15. Arduino Mega 2560 [10]

Tablica 3.2. Specifikacije Arduino Mega 2560 [11]

Mikrokontroler	Arduino Mega 2560
Radni napon	5V
Ulazni napon (preporučeno)	7 – 12 V
Ulazni napon (granica)	6 – 20 V
Digitalni I/O pinovi	54 (od kojih je 15 PWM izlaza)
Analogni ulazni pinovi	16
DC struja po I/O pinu	20mA
DC struja za pin od 3.3 V	50mA
Flash Memorija	256 KB od kojih 8 KB koristi bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Radni takt	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Dužina	101.52 mm
Širina	53.3 mm
Masa	37 g

- **Joystick** je upravljački elementi za upravljanje uređajem, strojem. *Joystick* koji je korišten za model robotske ruke je SONY DUALSHOCK 1. Verzija iz 1997. godine.



Slika 3.16. Sony Dualshock 1 [11]

Specifikacije:

Tablica 3.3. Specifikacije SONY Dualshock-a [12]

Proizvođač	SONY
Vrsta	Kontroler za video igre
Datum proizvodnje	10. studeni 1997.
Ulaz	2 x Analogni potencijometri X, Y
	13 x Digitalnih tipkala
	Digitalno tipkalo za smjer
Dimenzija tijela	157 x 95 x 55 mm
Dimenzija kabla	2 m

- **Vodiči** su sastavni dio elektronskog uređaja. Pretežito je to žica koja provodi struju i koja je izolirana gumenim izolatorom.

Vodiči korišteni u modelu robotske ruke:

- Sve ukupno 41 vodič
- 15 muško – muško 1 pinski konektori
- 12 muško – žensko 1 pinski konektori
- 1 (GND) i 6 (+5 VDC) vodiča iz 20 pinskog konektora napajanja

- 1 (GND) i 1 (+5 VDC) vodič iz 4 pinskog konektora napajanja
- 5 muško – žensko 3 pinski konektori
- Duljina: 20 cm

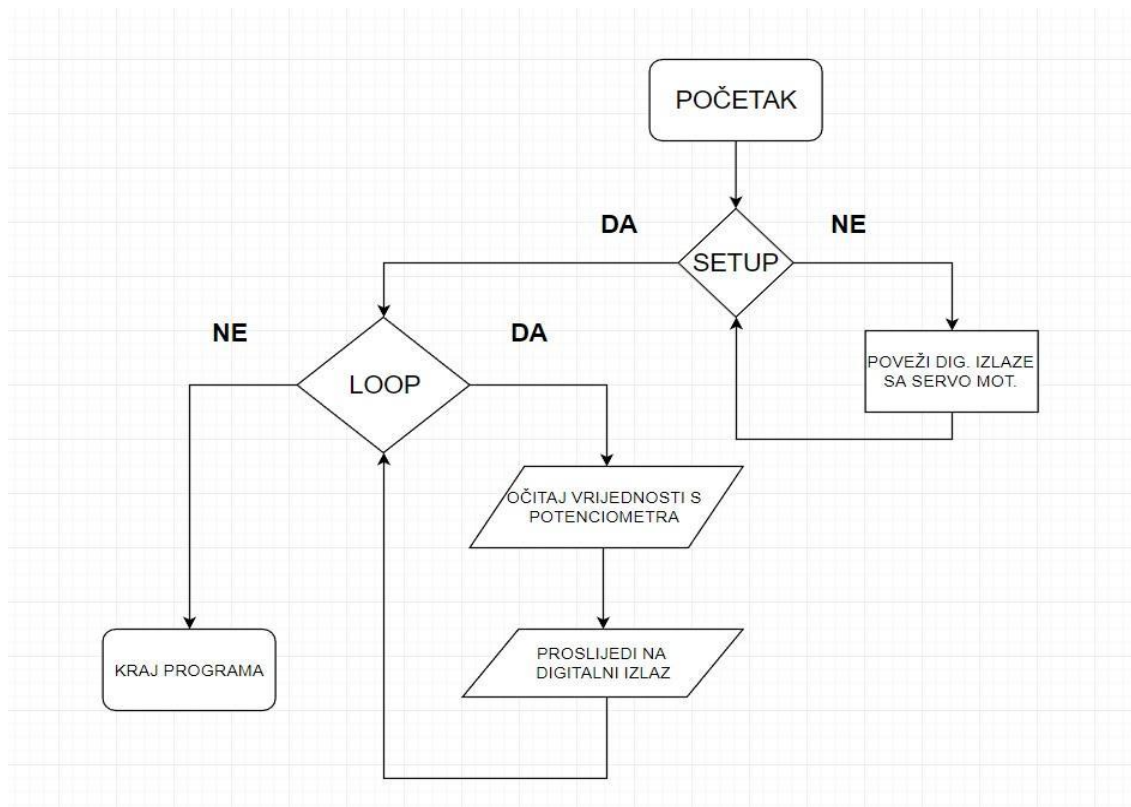
3.3. Upravljački algoritam

Algoritam je slijed definiranih naredbi za ostvarenje zadataka i rješavanje problema. Algoritmom određujemo način na koji će stroj ili uređaj izvršavati zadatke. Algoritam je glavni programski dio koji omogućuje funkcionalan rad modela robotske ruke.

Pseudo kod korišten na modelu robotske manipulatorske ruke prikazan dolje. S desne strane objašnjena verzija lijeve strane:

<pre> Setup () while (true) { loop () } </pre>	<pre> setup () { za svaki izlazni D { poveži digitalni izlaz D arduina sa servo motorom }} loop () { za svaki ulaz A { očitaj vrijednost s potenciometra upravljača // map proslijedi vrijednost na izlaz D (servo motor) } } } </pre>
--	---

Blok dijagram robotske manipulatorske ruke:



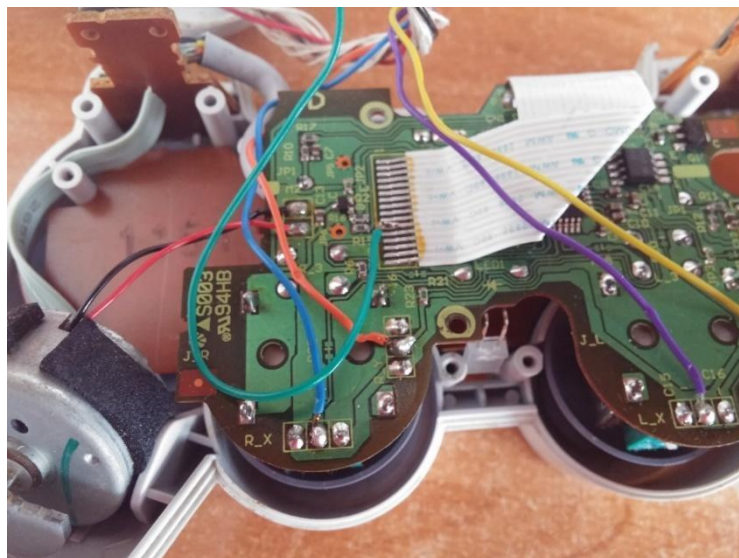
Slika 3.17. Blok dijagram algoritma [12]

Prema slici 3.17. Upravljački algoritam funkcionira na način da se samim početkom programa povezuju digitalni izlazi sa servo motorom. Ako oni nisu povezani, tada se radnja ponavlja do god se ne povežu. Kad se digitalni izlazi povežu i postave servo motore na tome unaprijed određenu poziciju, pokreće se LOOP petlja koja funkcionira na način ako ima napon, tada očitava ulazni signal potencijometra i šalje taj signal na digitalni izlaz do servo motora. Ako nema napon, petlja završava.

3.4. Upravljačko sučelje i komunikacija

Upravljačko sučelje omogućuje kontrolu nad uređajem ili strojem. Vrsta upravljačkog sučelja u ovome projektu je Sony Dualshock s kojim se pomoću četiri potencijometra i jednog tipkala može upravljati cijelim modelom robotske manipulatorske ruke. Kako bi ostvarili postupak upravljanja upravljačkim sučeljem, mora se ostvariti neka komunikacija s mikrokontrolerom i servo motorima. Da bi se uopće ostvarila komunikacija, treba odrediti koju vrstu ulazno / izlaznih

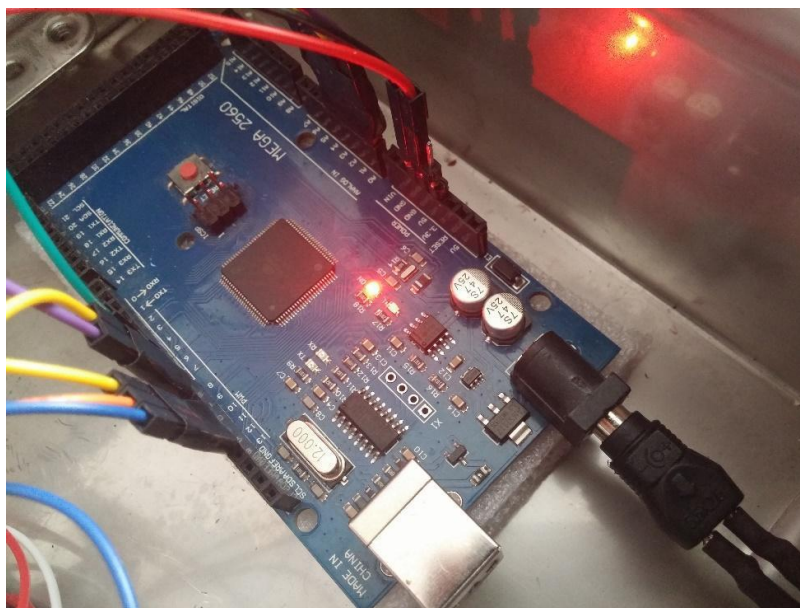
pinova mikrokontrolera koristiti, kako povezati potenciometre i tipkalo s mikrokontrolerom, gdje i kako dovesti napajanje te odrediti izlaz za servo motore.



Slika 3.18. Prikaz unutrašnjosti *joysticka* [12]

Kako bi učinili da upravljačko sučelje bude funkcionalno, treba se otvoriti poklopac kontrolera i odrediti gdje se nalaze analogni potenciometri i tipkalo (Sl. 3.18.). Kad se odredi Lx, Ly, Rx, Ry izlazi, treba uzeti lemilicu i zalemiti spojeve s postojećim vodičima, zato što se vodič prvo odrezao i pripremio za upotrebu. Postojeći vodiči iskorišteni su iz razloga što su svi izolirani u jednom kablu i tako se olakšao posao oko urednosti. Koji vodič je za što? Kod analognih potencimetara uzelo se to da svaki potencijometar je zasebno odgovoran za određeni servo motor. Tako, Lx je potencijometar koji pokreće prvi servo motor, a taj servo motor okreće cijelu konstrukciju robotske ruke na lijevo i desno. Ly potencijometar služi za pokretanje dva servo motora koji su sinkronizirani i ponašaju se kao jedan. Ry je za servo motor koji se nalazi na prvom zglobu i pokreće drugi dio modela robotske ruke. Rx je za servo motor koji se nalazi neposredno prije samog kraja modela, drugi zglob te tipkalo koje je povezano s R1 tipkom i ono otvara hvataljku. Radi na način kad ima signal, ono otvara, a kad tipkalo ne daje signal, ono drži zatvoreno, tj. motor se vraća na početno stanje. Potencijometri imaju raspon od 0 do 1023 i moguće ih je podesiti u programu.

Kod komunikacije upravljačko sučelje – mikrokontroler – servo motori, posrednik je mikrokontroler.



Slika 3.19. Ulazno izlazni vodiči sa mikrokontrolerom [12]

Prethodno su navedeni potencijometri i tipkalo upravljačkog sučelja te koji potencijometar je za koji servo motor. Sada se određuju ulazi i izlazi. Arduino mega 2560 ima 16 analognih ulaza i 54 digitalnih od kojih je 15 PWM izlaza. Analogni ulazi mikrokontrolera spojeni su s potencijometrima upravljačkog sučelja. Stoga imamo:

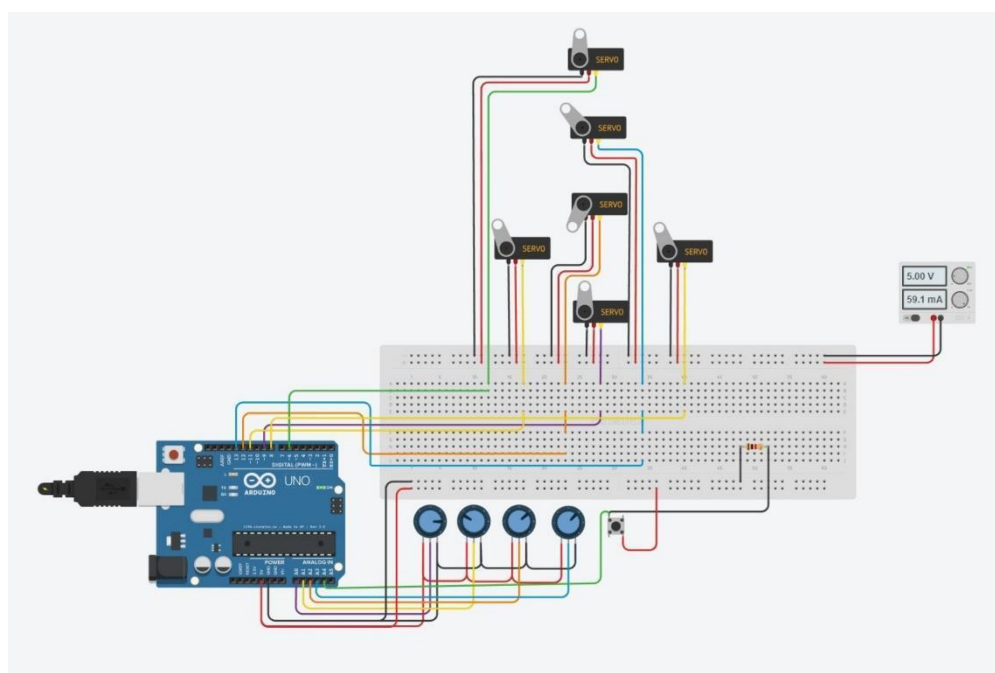
Tablica 3.4. Analogni ulazi [12]

Analogni ulaz	Potencijometar	Boja
A0	Lx	Ljubičasta
A1	Ly	Žuta
A2	Ry	Narančasta
A3	Rx	Plava
A4	R1 tipkalo	Zelena

Napon na upravljačko sučelje dovodi se sa samog mikrokontrolera, s pinova +5 Vcc i GND (Sl. 3.20.). Servo motori spojeni su s digitalnim izlazima na način da su se odredili PWM izlazi za signal, a napajanje je dovedeno posebno za svaki motor s računalnog napajanja.

Tablica 3.5. PWM izlazi [12]

Servo motor	PWM izlaz
1	9
2	8
3	11
4	12
5	13
6	6



Slika 3.20. Montažna električka shema [8]

4. TESTIRANJE I REZULTATI

4.1. Vrste i opis testova

Prije same uporabe i plasiranja proizvoda na tržište, svaki uređaj mora proći neku vrstu testiranja i provjere pa tako i ovaj projekt robotske manipulatorske ruke. Testovi koji se trebaju odraditi su u području konstrukcije i elektrike. Da bi kompletan sustav radio, treba napraviti provjeru koliko je stvaran napon i koliku snagu motori imaju. Kolika je cjelokupna izdržljivost i koliko zapravo radnog prostora treba modelu. Pod kojim kutovima su zglobovi podešeni i kolika je maksimalna masa koju može podići i prenijeti.

Napon i snaga odredit će se mjerenjem pri radu i praznome hodu. Radni prostor se određuje na način da se izmjeri radijus pri ukupnom rastezanju ruke. Maksimalna masa tereta se testira tako što se postepeno dodaje masa tereta i kad dosegne granicu zapisuju se rezultati.

4.2. Rezultati testiranja

4.2.1. Izlazni napon računalnog napajanja

Mjereno na pin konektorima izlaznih vodiča napajanja od 5 V.

Tablica 4.1. Napon računalnog napajanja

	Napon (V)
Prazan hod	5.28V
Pri gibanju	4.90V – 5.15V
Podignuto bez tereta	5.16V
Podignuto s teretom	5V

4.2.2. Radni prostor

Tablica 4.2. Radni prostor

Maksimalna dužina modela	65 cm
Dužina ruke	50 cm
Maksimalna visina	63 cm

4.2.3. Maksimalna masa nosivosti

Test nosivosti proveden je na način da se uzelo nekoliko vrsta materijala različitih masa. Test se provodio u vertikalnom (Sl.4.1.) i horizontalnom smjeru. Svaki postupak horizontalnog testiranja je bio uspješan. U tablici 4.3. navedeno je vertikalno testiranje jer dolazi do promjena.

Tablica 4.3. Nosivost tereta

Materijal	Masa materijala	Visina podizanja
Plastika	10 grama	63 cm
Plastika	72 grama	63 cm
Drvo	110 grama	63 cm
Drvo	156 grama	40 cm
Metal	225 grama	36 cm
Metal	289 grama	31 cm
Metal	354 grama	18 cm
Metal	427 grama	3 cm



Slika 4.1. Testiranje nosivosti tereta [12]

5. ZAKLJUČAK

Suvremeno doba ima potražnju za što bržom izradom proizvoda, za uređajima koji mogu zamijeniti i bolje obaviti posao od čovjeka, osigurati čovjekovu okolinu i riješiti problem. Iz tog razloga radi se na usavršavanju robotske manipulatorske ruke, koja se sve češće koristi u raznim područjima primjene. Današnje robotske ruke dogurale su do te razine da ih se može nazvati inteligentnim robotima. Robotika se toliko razvila da čovjek u nekim industrijama skoro pa nije ni potreban, odnosno, jedina čovjekova zadaća je kontrola tih robota. Sve to donosi bolji, brži i precizniji rad.

Kod modela robotske manipulatorske ruke koju sam izradio, postojao je problem u snazi servo motora. Pošto su korišteni servo motori vrlo male snage, sama konstrukcija se trebala sastojati od vrlo lakih materijala, polimera. Samim time, bio sam ograničen pri odabiru dimenzija dijelova robotske ruke. Pošto su korišteni vrlo lagani materijali, sama robotska ruka nije izdržljiva kao što bi bila da je napravljena od metalnih dijelova. Iz tog razloga, dimenzije robotske ruke su male, ali dovoljno velike da se predstavi funkcionalan model. Ono što bi trebalo poboljšati bolji i funkcionalniji rad je okretanje hvataljke oko svoje osi i bežični sistem upravljanja. Smatram kako je budućnost u robotskim manipulatorskim rukama i da bi se trebalo još više posvetiti u poboljšanju same.

Literatura

- [1] Asimo robot[online]. Honda. Dostupno na:
<http://world.honda.com/HondaRobotics/index.html> (19.7.2017.)
- [2] Industrial robotic arm[online]. Pinterest. Dostupno na:
<https://www.pinterest.com/pin/393572454916984675/> (19.7.2017.)
- [3] Owen-Hill, A. (2015) How to Calculate a Robot's Forward Kinematics in 5 Easy Steps[online]. Robotiq. Dostupno na:
<http://blog.robotiq.com/how-to-calculate-a-robots-forward-kinematics-in-5-easy-steps>
(23.7.2017.)
- [4] Papoutsidakis, M. G. i sur. (2016) Rebuilding of a Classical Robotic System with a Modern Control Software and Sensor Signals[online]. ResearchGate. Dostupno na:
https://www.researchgate.net/publication/303718401_Rebuilding_of_a_Classical_Robotic_System_with_a_Modern_Control_Software_and_Sensor_Signals (23.7.2017.)
- [5] Latinović, I. (2010) Uvod u robotiku[online]. Laboratory for intelligent systems. Dostupno na: http://labintsis.com/?page_id=394 (20.7.2017.)
- [6] Bélanger-Barrette, M. (2014) How to Choose the Right Industrial Robot?[online]. Robotiq. Dostupno na: <http://blog.robotiq.com/bid/70408/How-to-Choose-the-Right-Industrial-Robot>
(20.7.2017.)
- [7] Reed, F. How Do Servo Motors Work[online]. Jameco Electronis. Dostupno na:
<http://www.jameco.com/jameco/workshop/howitworks/how-servo-motors-work.html>
(20.7.2017.)
- [8] Demystifying robotics [online], servo m995. Dostupno na: <https://robu.in/product/towerpro-mg995-metal-gear-servo-motor/> (21.7.2017.)
- [9] Manually start power supply PSU ATX[online] (2012). DIY Projects - How to. Dostupno na:
<https://sadiq.net/DIYProjects/2012/03/manually-start-power-supply-psu-atx/> (21.7.2017.)
- [10] Arduino overview[online], Dostupno na: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560-rev3>
(22.7.2017.)
- [11] PS1 Dualshock controller[online]. Wikipedia. Dostupno na:
<https://en.wikipedia.org/wiki/DualShock> (22.7.2017.)

[12] Osobna arhiva

Sadržaj

U ovome radu opisana je robotska manipulatorska ruka. To je tehnologija koja ima primjenu u raznim industrijama granama i istraživačkim svrhama. Sastoji se od elektronike i mehanike. Glavni dijelovi su motori, mikrokontroler, senzori, napajanje i sama konstrukcija. Opisivala se komunikacija i upravljačko sučelje, smjer i određivanje kretanja, *hardware* i *software* te testiranje samog.

Ključne riječi: Robotska ruka, arduino mega 2560, servo motor.

Abstract

In this paperwork is described robotic manipulation arm. This is technology what have a purpose in many fields of industry and research. It is consisted of electronics and mechanics parts. The main parts are motors, microcontroller, sensors, power supply and construction. It has been described communication and management interface, direction and motion determination, *hardware* and *software* and testing it.

Keywords: Robotic arm, arduino mega 2560, servo motor.

Životopis

Rođen 23.8.1993. u Koprivnici. Nakon završetka osnovne škole u Kalinovcu, upisujem srednju strukovnu školu u Đurđevcu, smjer tehničar za računarstvo. Nakon završetka srednje škole, 2012. godine upisujem Elektrotehnički fakultet u Osijeku, stručni smjer automatika. Tokom studiranja putovao sam na kulturnu razmjenu studenata u SAD, gdje sam proveo četiri mjeseca. Kasnije sam nastavio studiranje i shvatio da bih htio nastaviti raditi na projektima kao što je automatizacija.

Prilog

P.3.1.

```
#include <VarSpeedServo.h>
```

```
VarSpeedServo rotation;
```

```
VarSpeedServo sinkro1;
```

```
VarSpeedServo sinkro2;
```

```
VarSpeedServo prvi;
```

```
VarSpeedServo drugi;
```

```
VarSpeedServo hvataljka;
```

```
const int potpin = 0;
```

```
const int potpin1 = 1;
```

```
const int potpin2 = 2;
```

```
const int potpin3 = 3;
```

```
const int potpin4 = 4;
```

```
int val;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
    rotation.attach(9);
```

```
    sinkro1.attach (8);
```

```
    sinkro2.attach(11);
```

```
    prvi.attach(12);
```

```
    drugi.attach(13);
```

```
    hvataljka.attach(6);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
    val = analogRead(potpin);
```

```
    val = map(val, 0, 1023, 180, 0);
```

```
    rotation.write(val, 15);
```

```
    delay(15);
```

```
    val = analogRead(potpin1);
```

```
    val = map(val, 0, 1023, 0, 180);
```

```
    sinkro1.write(val, 20);
```

```
    delay(15);
```

```
    val = analogRead(potpin1);
```

```
    val = map(val, 0, 1023, 180, 0);
```

```
    sinkro2.write(val, 20);
```

```
    delay(15);
```

```
    val = analogRead(potpin2);
```

```
    val = map(val, 1023, 0, 180, 0);
```

```
    prvi.write(val, 30);
```

```
    delay(15);
```

```
    val = analogRead(potpin3);
```

```
    val = map(val, 0, 1023, 180, 0);
```

```
    drugi.write(val, 40);
```

```
    delay(15);
```

val = analogRead(potpin4);	delay(15);
val = map(val, 0, 1023, 160, 65);	}
hvatalka.write(val);	

Opis koda:

Navedeni su svi servo motori s „VarSpeedServo“ zato što je to biblioteka pomoću kojega se servo motorima može regulirati brzina okretaja. „Const int potpin“ je integer varijabla koja navodi da se na navedenim pinovima nalaze neki ulazi ili izlazi. Kod „Void setup“ servo motori se vežu (attach) s brojem navedenim pinom. U „Void loop“ određeno je za varijablu da su gore navedeni potpinovi analogni i ulazni. Također, postavljena je mapa varijable u kojoj se unose parametri potencijometra od 0 do 1023 i stupanj okretaja od 0 do 180. Kad se to odredi, preostaje samo odrediti na koji servo motor će se zadana varijabla upisati i koliko će biti kašnjenje.