

Šolski center Celje
Srednja šola za kemijo, elektrotehniko in računalništvo

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

raziskovalna naloga

Avtorji:

Nejc REHAR, R-4,b

Matic TOVORNIK, R-4.b

Šifra:

32223225

Mentor

Boštjan LUBEJ, dipl. inž.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje
Celje, 2021

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

IZJAVA

Mentor Boštjan Lubej, v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Izdelava robotske roke, katere avtorji so: Nejc Rehar, Matic Tovornik:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 10.5.2021



Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

ZAHVALA

Zahvaljujemo se vsem, ki so kakorkoli pomagali, sodelovali pri izdelavi raziskovalne naloge. Veseli smo bili vsake ideje, nasveta, vzpodbudne besede, navsezadnje tudi kakšne kritike.

Najprej bi se zahvalili mentorju prof. Boštjanu Lubeju za ves trud, čas, podporo in pomoč pri izdelavi raziskovalne naloge.

POVZETEK

KLJUČNE BESEDE: Robotska roka, robot, 3D tiskanje

Z našo raziskovalno nalogo smo želeli ustvari svojo robotsko roko. Predvidevali smo, da to lahko stori vsak brez konkretnega predhodnega znanja in z minimalnim orodjem.

Pri raziskovanju smo si pomagali s spletno dokumentacijo, shemami in podporno skupino na spletni strani Facebook.

Rezultati naše raziskave so nas vodili k odgovorom: robotske roke ne mora ustvariti vsak brez predhodnega znanja, za izdelavo potrebujemo veliko raznovrstnega znanja.

ABSTRACT

KEY WORDS: Robotic arm, robot, 3D printing

For our research paper we had the idea to create our own robotic arm. We presumed it could be done by anybody without previous knowledge and with minimal tools.

We based our research on online sources, previous research papers, schematics, and a support group on the website Facebook.

Our research led to these conclusions: a robotic arm cannot be created by anybody without previous knowledge, for this you need a lot of specific knowledge.

Kazalo vsebine

1	Uvod	1
1.1	Metode raziskovalnega dela	1
1.2	Struktura raziskovalnega dela	1
1.3	Cilji	2
2	Robotika	3
2.1	Vrste robotov	3
2.2	Sestavni deli robotske roke	4
2.3	Vrste robotskih rok	5
2.3.1	Kartezična	5
2.3.2	Cilindrična	5
2.3.3	SCARA	6
2.3.4	Členasta	6
3	Uporabljene tehnike in orodja	7
3.1	3D tiskanje	7
3.1.1	FDM/FFM	7
3.1.2	SLS	8
3.1.3	SLA	9
3.2	Izbira materiala	9
3.2.1	PLA	9
3.2.2	ABS	10
3.2.3	PETG	11
4	Sestavne komponente	13
4.1	Koračni motorji	13
4.2	Gonilniki koračnih motorjev	15
4.3	Arduino	17
5	Predstavitev naloge	19
5.1	Izdelava roke	19

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

5.2	3D tiskanje.....	21
5.3	Sestavljanje.....	22
5.4	Vezava.....	37
5.5	Programiranje.....	46
6	Analiza.....	48
7	Ugotovitve.....	50
8	Zaključek.....	52
9	Bibliografija.....	53

Kazalo slik

Slika 1: Shema robota	4
Slika 2: Sklepi robotskih rok	4
Slika 3: Kartezična robotska roka	5
Slika 4: Cilindrična robotska roka.....	5
Slika 5: SCARA robotska roka	6
Slika 6: Členasta robotska roka	6
Slika 7: FDM tiskanje	8
Slika 8: SLS tiskanje	8
Slika 9: SLA tiskanje.....	9
Slika 10: Lastnosti PLA	10
Slika 11: Lastnosti ABS	11
Slika 12: Lastnosti PET.....	11
Slika 13: Unipolarni in bipolarni motorji	13
Slika 14: Polni korak	14
Slika 15: Polovični korak	14
Slika 16: Microstepping	14
Slika 17: One-phase-on	15
Slika 18: Two phase on	15
Slika 19: One-two-phase-on.....	16
Slika 20: A4988 shema	16
Slika 21: Arduino mikrokrmilnik	17
Slika 22: Primerjava mikrokrmilnikov	17
Slika 23: RAMPS 1.4	18
Slika 24: Slika strani projekta	19
Slika 25: Primer podporne skupine	20
Slika 26: Primer problema in rešitev	20
Slika 27: Nakupovalni seznam	21
Slika 28: Sestavljanje1	22
Slika 29: Sestavljanje2	23
Slika 30: Sestavljanje3	23
Slika 31: Sestavljanje4	24
Slika 32: Sestavljanje5	24
Slika 33: Sestavljanje6	25
Slika 34: Sestavljanje7	25
Slika 35: Sestavljanje8	26

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

Slika 36: Sestavljanje9	26
Slika 37: Sestavljanje10	27
Slika 38: Sestavljanje11	27
Slika 39: Sestavljanje12	27
Slika 40: Sestavljanje13	28
Slika 41: Sestavljanje14	28
Slika 42: Sestavljanje15	29
Slika 43: Sestavljanje16	29
Slika 44: Sestavljanje17	30
Slika 45: Sestavljanje18	30
Slika 46: Sestavljanje19	31
Slika 47: Sestavljanje20	31
Slika 48: Sestavljanje21	32
Slika 49: Sestavljanje22	32
Slika 50: Sestavljanje23	33
Slika 51: Sestavljanje24	33
Slika 52: Sestavljanje25	33
Slika 53: Sestavljanje26	34
Slika 54: Sestavljanje27	34
Slika 55: Sestavljanje28	35
Slika 56: Sestavljanje29	35
Slika 57: Sestavljanje30	36
Slika 58: RAMPS z mostički.....	37
Slika 59: RAMPS položaj mostičkov.....	37
Slika 60: Ramps z nameščenimi mostički	38
Slika 61: Združena Arduino in ščit1	38
Slika 62: Združena Arduino in ščit2.....	38
Slika 63: Primer VREF meritve	39
Slika 64: Ščit z nameščenimi gonilniki	40
Slika 65: Gonilniki z hladilnimi letvami	40
Slika 66: Spajkanje1	41
Slika 67: Konektorji	41
Slika 68: Spajkanje2.....	42
Slika 69: Ženski konektor	42
Slika 70: Ženski konektor	43
Slika 71: Dokumentacija koračnega motorja	43
Slika 72: Vezava koračnih motorjev	44

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

Slika 73: Shema vezave.....	44
Slika 74: Gonilnik prijemala	45
Slika 75: Serijski monitor.....	46
Slika 76: Primer ukaza	46
Slika 77: Vsi ukazi	47
Slika 78: Koordinatni sistem	47
Slika 79: Primer nadgrajene roke	48
Slika 80: Vložki z navoji.....	49
Slika 81: Delovno območje roke.....	50

1 Uvod

V današnjih časih si ne predstavljamo več življenja brez tehnologije. Najdemo jo na vsakem koraku. Vedno več je pametnih naprav in posledično je tudi vedno več avtomatizacije. Pa ne samo v industriji. Avtomatizacijo in robotiko najdemo vsepovsod, vse od kavnih aparatov do skladišč podjetja Amazon, ki so že skoraj popolnoma avtomatizirana. Vendar kaj je sploh avtomatika in kaj robotika? Avtomatika je proces uporabe fizičnih mašin, računalniške programske opreme in drugih naprav za izvajanje nalog, ki jih načeloma opravljajo ljudje. Robotika pa je proces dizajniranja, ustvarjanja in programiranja robota za točno določeno nalogo. Čeprav že obe vedi kar nekaj časa obstajata v teoriji smo prvi industrijski robot videli šele leta 1961. Bil je preprosta 3 osna robotska roka, ki je v podjetju General Motors rešila veliko delavcev pred nevarnim delovnim pogoji. Od prvega robota do danes smo naredili velik napredek v tehnologiji, ki jo uporabljamo kot tudi v funkcionalnosti robotov, ki jih izdelujemo. Roboti nas lahko že skoraj nadomestijo v vsakem vidiku življenja.

Zato smo dobili idejo izdelati robotsko roko in iz tega procesa skušali pridobiti čim več koristnega znanja, raziskati ali bi lahko bila takšna roka uporabljena v industriji, raziskati ali lahko roko sestavimo brez predhodnega znanja, če to nebi šlo pa koliko znanja bi torej potrebovali, ali bi lahko dele 3D natisnili sami.

1.1 Metode raziskovalnega dela

Za izdelavo raziskovalne naloge smo imeli dovolj potrebnega gradiva saj je robotika zelo razširjena in dobro dokumentirana veda. Poleg tega pa obstaja že zelo veliko število odprtokodnih projektov iz katerih se lahko marsikaj naučimo in si jih prilagodimo za svoje potrebe. Večina gradiva je bila pridobljena na spletu vendar nam je bilo v oporo tudi nekaj raziskovalnih nalog, kjer je bila okvirna tema robotika. Raziskovanje je potekalo na fizičnem nivoju, vendar smo se raje osredotočili na raziskavo kot pa izdelek.

1.2 Struktura raziskovalnega dela

V raziskovalni nalogi bomo najprej na splošno predstavili robotiko, vrste robotov... Pri tem se bomo poglobili v sestavne dele in tipe robotskih rok. Nato bomo predstavili tehnike in orodja uporabljene za izdelavo robotske roke kot so: načini in materiali za 3D tiskanje ter sestavne komponente, ki smo jih izbrali in zakaj. Nadaljevali bomo s predstavitvijo naloge. Kako je bila roka natisnjena, kako smo roko sestavili, zvezali in sprogramirali. Nazadnje pa sledi analiza naloge.

1.3 Cilji

Cilj naše raziskovalne naloge je ustvariti delujočo robotsko roko, s pomočjo katere bi pridobili veliko koristnega znanja. Naslednje hipoteze smo si postavili za usmerjanje raziskovalne naloge in kot cilj kaj želimo doseči.

H1: Roka bi lahko bila koristna v industriji.

H2: Konstrukcija bo 3D natisnjena, natisnili jo bomo sami.

H3: Roka bo enostavna za uporabo, sestavi in uporablja jo lahko vsak brez predhodnega znanja.

2 Robotika

Če hočemo razumeti, kaj je robotika moramo najprej razumeti avtomatizacijo. Avtomatizacija težjih nalog se je v industriji začela že pred robotiko. Potekala je s pomočjo obdelovalnih avtomatov, ki so z mehansko logiko funkcije izvajali samodejno. Vendar s prihodom elektronike in računalnikov vse bistveno spremeni. To prvotno mehansko vodeno gibanje zamenja pnevmatika, elektronika in programirljiva logična krmila. Čeprav sta avtomatika in robotika dve različni veđi, v današnjih časih ena nebi ostajala brez druge saj se avtomatika močno zanaša na robotiko npr. Strega strojem, sestavljanje, pakiranje ipd.

Čeprav se je razvoj robotike začel v avtomobilski industriji z prvo robotsko roko Unimate. Se je razširila tudi na neindustrijska področja kot so zdravstvo, kjer ponekod uporabljajo robote za izvajanje določenih operacij, robotske protetike. Vojaško tehnologijo kjer uporabljajo avtonomne robote za zbiranje podatkov, razorožitvev eksplozivnih materialov. In ne nazadnje tudi v gospodinjstvu, zelo pogosti so robotski mešalci, sesalci, kosilnice.

Razlogov za uvod robotike v naše življenje je veliko vendar ključnih je bilo le nekaj, ki so nas pripeljali do takšnega napredka. Delimo jih na tehnične, ekonomske in sociološke:

Tehnični vzroki: večja zanesljivost delovanja, večja kvaliteta izdelka, adaptivnost, hitro spreminjanje izdelkov.

Ekonomske vzroki: večji zaslužek zaradi povečane produktivnosti, nižji produkcijski stroški, potreba po manjši delovni sili ipd.

Sociološki vzroki: neprimerna delovna okolja (vročina, nevarni plini, umazanija...), povečani varnostni ukrepi, strožja zakonodaja.

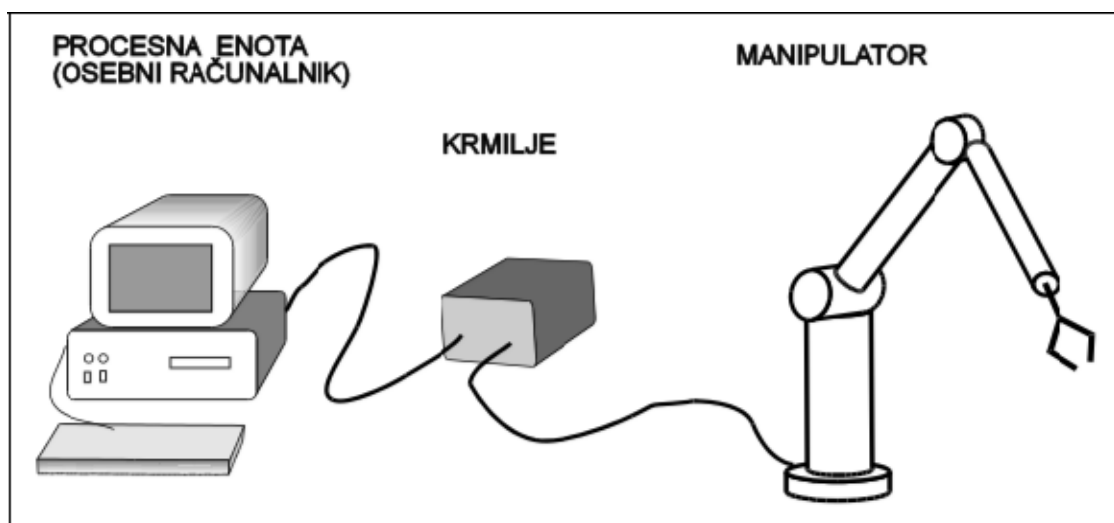
2.1 Vrste robotov

V osnovi so vsi omenjeni roboti zasnovani tako, da v povezavi s človekom in okolico avtonomno opravljajo svoje funkcije. Sestavljeni so iz mehanske konstrukcije, električnega pogona, nadzornega sistema in ustreznih tipal, ki zaznavajo spremembe fizikalnih veličin v okolici. Delimo jih glede na vrsto in namen uporabe.

2.2 Sestavni deli robotske roke

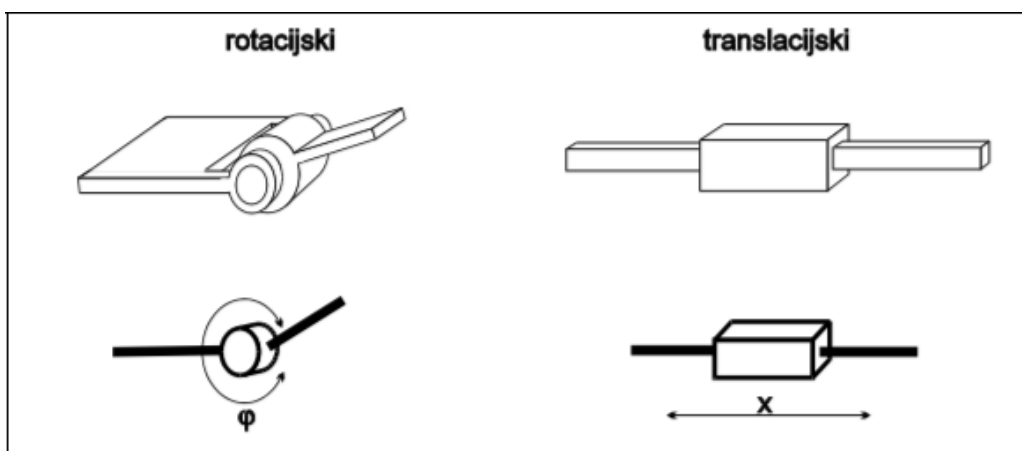
Osnovni sestavni deli robota so manipulator, krmilje in procesna enota. V nekaterih primerih sta krmilje in procesna enota združena, v današnjih časih pa že procesne enote izpodrivajo osebni računalniki. Najpomembnejši del je seveda manipulator saj opravlja naloge na fizičnem nivoju, njegovi sestavni deli po navadi vključujejo podstavek, segmenti, ročice, pogonski motorji, senzorje, tipala, prijemale...

Krmilje predstavlja vezni člen med procesno enoto in računalnikom. Njegova naloga je premikanje motorjev glede na signale senzorjev in podatkov, ki mu jih posreduje računalnik. Procesna enota je zadolžena za programiranje robota. Nanjo je naložen program, ki vsebuje podatke o nalogi manipulatorja, njegovih gibih in delovanju, vse vrednosti tipal in senzorjev. Na osnovi vseh teh podatkov nato računalnik prilagaja stanje manipulatorja.



Slika 1: Shema robota (Kocjančič, 2016, str. 46)

Za gibanje med osnovnimi elementi manipulatorja so zadolženi sklepi. Ti omogočajo rotacijo okoli skupne osi dveh segmentov ali pa translacijo vzdolž skupne osi.



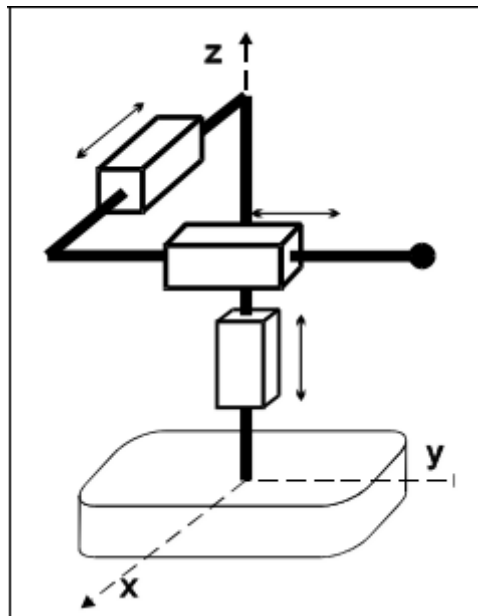
Slika 2: Sklepi robotskih rok (Kocjančič, 2016, str. 47)

2.3 Vrste robotskih rok

Manipulatorje robotov prilagajamo različnim opravilom in imajo splošne lastnosti vendar moramo njihovo konstrukcijo prilagoditi glede na nalogo ki jo bo izvajal. Tip nalog močno vpliva na parametre robota in njegovo obliko.

2.3.1 Kartezična

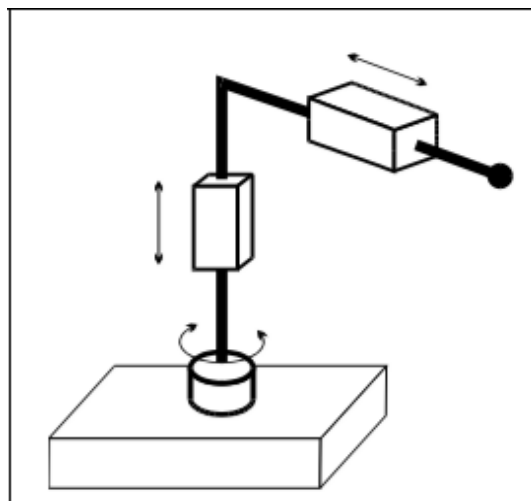
“Kinematično najenostavnejša je kartezična robotska roka. Ima tri translacijske sklepe (oznaka TTT), ki premikajo vrh roke v treh med seboj pravokotnih smereh. Uporabljajo jih za montažo elementov na ravnih površinah, v skladiščih s policami in pri transportu” (Kocjančič, 2016, str. 47).



Slika 3: Kartezična robotska roka (Kocjančič, 2016, str. 48)

2.3.2 Cilindrična

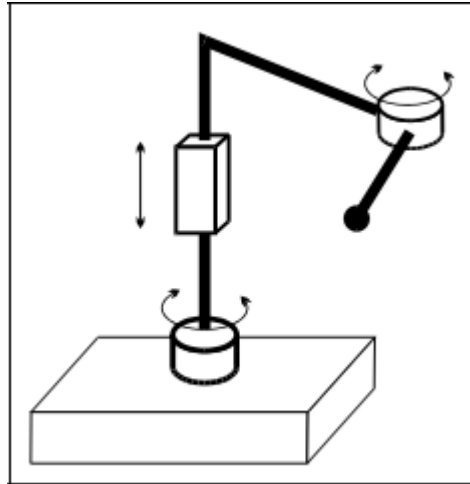
“Podobna je roka, ki ima za osnovo cilindrični koordinatni sistem. Prvi sklep je rotacijski in z vrtenjem okoli navpične (z) osi. Preostala dva sklepa sta translacijska, eden v navpični in drugi v vodoravni smeri (oznaka RTT)” (Kocjančič, 2016, str. 48).



Slika 4: Cilindrična robotska roka (Kocjančič, 2016, str. 48)

2.3.3 SCARA

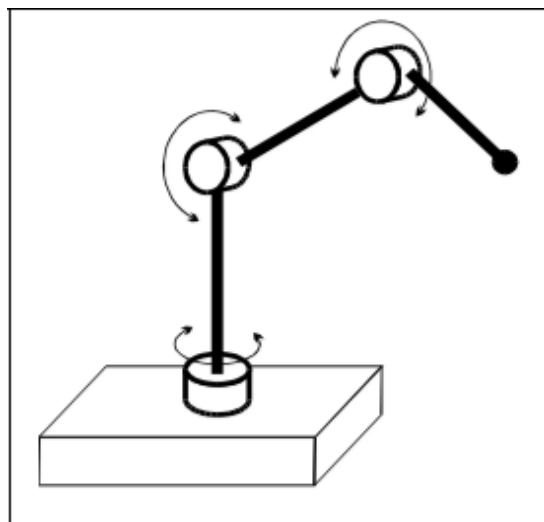
“Prav tako dve rotaciji in eno translacijo ima robotska roka, ki je znana pod imenom Scara. Podnožje je vrtljivo okoli navpične osi, translacija pa je mogoča v navpični smeri kot pri cilindričnem robotu (RTR). Tudi drugi rotacijski sklep je vrtljiv okoli navpične osi, ki pa ne sovpada z osjo prve translacije. Taka roka je primerna za montažna dela” (Kocjančič, 2016, str. 49).



Slika 5: SCARA robotska roka (Kocjančič, 2016, str. 49)

2.3.4 Členasta

“Najbolj antropomorfno obliko ima členasta robotska roka s tremi rotacijskimi sklepi. Podnožje je vrtljivo okoli navpične osi, druga dva sklepa pa okoli vzporednih, vodoravnih osi (oznaka RRR). Ta oblika omogoča veliko prilagodljivost. V rabi sta dve podvrsti členaste roke. Roka s komolcem (znan je robot PUMA) ima vse tri motorje nameščene v sklepih medtem. Roka s paralerogramsko obliko drugega segmenta ima pogon tretjega segmenta nameščen na prvem segmentu (robot Cincinnati Milacron T3 735). Ker teži motorjev nosi prvi segment sta lahko drugi in tretji segment mnogo lažja in motorja za drugi in tretji sklep šibkejša. V dinamičnem smislu ga je lažje obvladati, medtem ko je krmiljenje položaja enostavnejše za členasto roko s komolcem” (Kocjančič, 2016, str. 50).



Slika 6: Členasta robotska roka (Kocjančič, 2016, str. 49)

3 Uporabljene tehnike in orodja

Naša naloga vključuje teorijo in prakso iz mnogih področji zato imamo tudi tako raznolik nabor tehnik in orodij ki smo jih uporabili.

Ker smo želeli biti pri izdelavi naloge kar se da samostojni je bil eden izmed prvih nakupov nakup 3d tiskalnika. Ta tehnologija nas je povsem navdušila saj lahko v nekaj urah ustvarimo objekt, ki ga še nihče na svetu ni videl. Pred nakupom smo si ogledali izbiro in prišli do odločitve in izbrali Creality Ender 3 pri takrat najcenejšem ponudniku. Izbrali smo ga zaradi razmerja med ceno in kakovostjo tiska, saj je ima eno izmed najboljših, eden izmed razlogov je tudi raznolikost nagradnih delov, zaradi svoje popularnosti ima tiskalnik svoje podporne skupine na veliko socialnih omrežjih kar je bil tudi eden izmed odločilnih faktorjev. V nadaljevanju pa bomo opisali, kaj 3D tiskanje sploh je, različne tehnike, ki se uporabljajo pri tiskanju in različne filamente.

Primerjali smo cene med nakupom tiskalnika in cene tiskanja v nekem podjetju in prišli do spoznanja da se nam cenovno bolj ugodno iznese, prototipiranje poteka hitreje zaradi pandemijske situacije ter tiskalnik lahko uporabimo še za nadgradnjo roke v kasnejšem času.

3.1 3D tiskanje

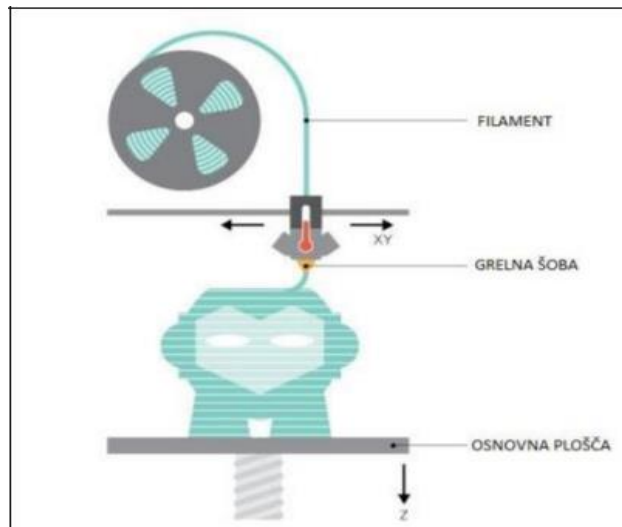
3D tiskanje je proces pri katerem tiskalnik z dodajanjem materiala ustvari poljuben 3 dimenzionalen objekt. Poznamo veliko vrst tiskalnikov ampak koncept tiskanja je pri vseh podoben: nanašanje materiala v slojih. Postopku strokovno rečemo slojevita tehnologija in spada med dodajalne tehnologije. 3D tiskanje je za nalogo najbolj primerno saj je dandanes takšna tehnologija zelo dostopna in z njo lahko na hiter način ustvarimo poceni prototipe. Načinov tiskanja je mnogo uporablja se vse od strjevanja fotopolimerov do strjevanja železnih ali jeklenih praškov s pomočjo laserja. Skoraj vse tehnike pa si delijo skupne lastnosti kot so potreba po podpornih materialih, naknadna obdelava izdelkov itd.

3.1.1 FDM/FFM

FDM – fused deposition modeling. Delovanje poteka s pomočjo termoplastičnega materiala navitega v kolutu ki se nadzorovano dozira v grelno konico, kjer se mu stanje spremeni v pol tekoče, s čimer poskrbi za ustrezno spojitev z osnovno ploščo v primeru prve plasti. Nato se osnovna plošča ali grelna konica premakne za en sloj višje ali nižje (odvisno od modela printerja) in postopek dodajanja staljenega materiala se ponovi po obliki novega sloja. Postopek se ponavlja dokler ne dobimo končnega izdelka.

Za potrebe naše naloge je najbolj primerno FDM tiskanje saj je hitro, poceni in relativno nezahtevno. V primeru, da bi želeli bolj natančne in manjše modele bi izbrali kakšen SLA tiskalnik.

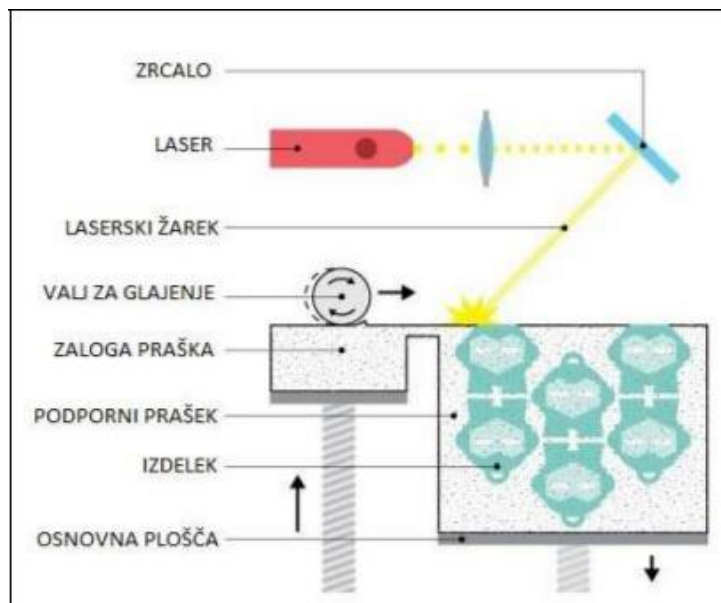
IZDELAVA ROBOTSKE ROKE



Slika 7: FDM tiskanje (Krizmanić, 2018, str. 14)

3.1.2 SLS

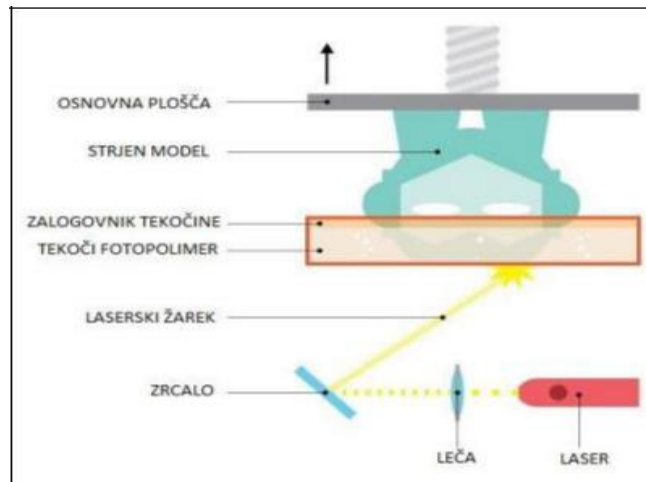
SLS – selective laser sintering. Postopek za izdelavo uporablja prašek, ki ga laser v obliki posameznega sloja sintra drugega za drugim. Delci praška so v velikosti od 50 do 100 μm . Ko je prah izpostavljen laserskemu snopu, se temperatura na tem mestu dvigne nad temperaturo kristalizacije, kar spoji posamezni sloj. Ko je posamezni sloj dokončan, se plošča z materialom spusti, čez njo se nanese nova plast prahu in lasersko sintranje se ponovi z naslednjim slojem. Medsebojno trenje posameznih premajhnih delcev prahu lahko privede do elektrostatičnih sil, ki močno vplivajo na nanašanje prahu. Zato je ključnega pomena, da je prah ustrezne granulacije. Prah je lahko plastična masa, kovina in celo keramika.



Slika 8: SLS tiskanje (Krizmanić, 2018, str. 7)

3.1.3 SLA

SLA – Stereo-Litographic Aparatus. Gre za tehnologijo tiskanja na osnovi fotopolimerizacije, kjer se tekoči fotopolimer strdi ob delovanju svetlobnega vira. Osnovna plošča je pri tem tipu tiskanja potopljena v tekočo smolo. Ob začetku tiskanja se na osnovni plošči skozi dno s pomočjo laserja začne strjevanje posamezne plasti modela. Ko je prva plast zaključena, se plošča dvigne za debelino sloja, nova sveža plast fotopolimera pa steče pod prejšnjo strjeno plast. Strjevanje se nato ponavlja plast za plastjo dokler ne nastane celoten model.



Slika 9: SLA tiskanje (Krizmanič, 2018, str. 4)

3.2 Izbira materiala

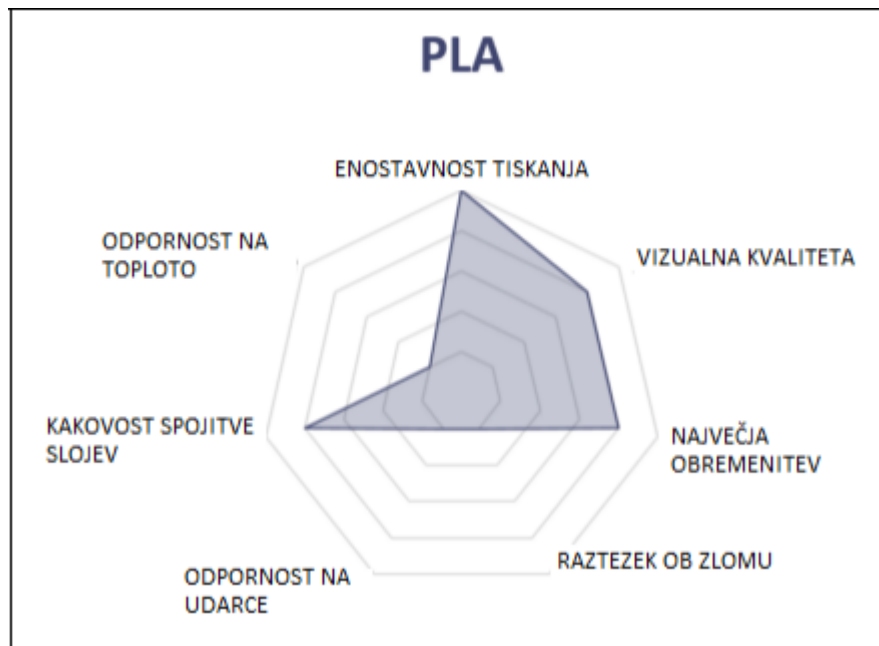
Ker smo se odločili za FDM način tiskanja se bomo osredotočili na filament primeren za ta tip tiskanja. Poznamo veliko filamentov vendar ima vsak svoje lastnosti in se zato uporabljajo za določene namene npr. PLA se uporablja v splošnem prototipiranju, ABS uporabljamo za izdelke, ki želimo, da so bolj trdni, TPE uporabljamo za fleksibilne izdelke itd. V standardni uporabi sta 2 diametra filameta (1,75mm in 2,85mm) izbira je odvisna od vrste tiskalnika in širine tiskalne konice.

Izbira filameta je zelo pomembna saj lahko ključno vpliva na model npr. če postavimo izdelek natisnjen iz PLA-ja sredi poletja v avto, bomo čez dobro uro imeli neprepoznaven zmazek. Zato smo pred nakupom večje količine filameta preverili kateri filament nam ustreza in zakaj.

3.2.1 PLA

PLA – polylactic acid. Narejen na rastlinski osnovi (koruza, soja...), zato pri tiskanju oddaja sladk nemoteč vonj in je biorazgradljiv. Je trden vendar krhek, slabo odporen na višje temperature in ima veliko verjetnost zloma med upogibanjem. Cena je relativno nizka za 1 kilogramski kolut bele barve lahko odštete nekje od 20 do 30 evrov. Uporablja se kot osnova drugim materialom s posebnimi lastnostmi: prevodni materiali, mešani s kovino, svetleči v temi, učinek lesa ipd. Tiska se pri temperaturah: 180°C – 230°C za gredno glavo in 20°C – 60°C za osnovno ploščo, segrevanje osnovne

plošče ni potrebno je pa priporočeno. Končni izdelek je mogoče rezati piliti in lepiti. Zaradi enostavnosti tiskanja in večje tolerance do napak pri parametrih je zelo popularen med začetniki.



Slika 10: Lastnosti PLA (Krizmanić, 2018, str. 18)

3.2.2 ABS

ABS - Acrylonitrile butadiene styrene. Narejen na osnovi nafte, pri tisku pušča močan plastičen vonj zato se načeloma tiska v odprtih, dobro prezračenih prostorih. Ga je mogoče reciklirati vendar določene zbirne točke ne sprejemajo ABS plastike. V primerjavi z PLA ima večjo odpornost na vlago, višje temperature, je trdnjši, bolj odporen na udarce, zato pogosto je uporabljen za mehanske dele. Njegova največja slabost pa je dovzetnost za vihanje, ki se lahko pojavi že pri majhnih temperaturnih padcih med tiskanjem zato se tiska v komorah, kjer je temperatura regulirana po navadi pa je tudi poskrbljeno za ventilacijo. Cena je zelo podobna kot pri PLA filamentih vendar je manjši izbor barv. Tisk poteka pri 210°C – 250°C za grelno glavo in 80°C – 110°C za osnovno ploščo. Tisk ni mogoč brez segrete osnovne plošče. Končni izdelek je mogoče obdelati kot PLA vendar pri ABS – u lahko izdelek zgladimo s pomočjo acetona in dobimo lepši izdelek.



Slika 11: Lastnosti ABS (Krizmanić, 2018, str. 19)

3.2.3 PETG

PETG - Polyethylene terephthalate glycol-modified. Narejen je na osnovi oljnega polimerja. Pogosto je uporabljen za izdelavo plastenk saj spada med bolj prožne materiale. Zaradi svojih lastnosti ga uvrščamo med ABS in PLA. Je bolj prožen in trden kot PLA in lažji za tiskanje kot ABS, ima dobro temperaturno odpornost in trpežnost vendar ima svoje slabosti npr. PETG je higroskopičen (vpija vlago iz zraka) in ga moramo zato hraniti na hladnem in suhem prostoru, čeprav ni krhek kot PLA se površinske praske vseeno bolj poznajo kot pri ABS-u. Poznamo več variant kot so PET in PETT. Cena je okvirno ista kot pri PLA in ABS, izbire barv tudi ne primanjkuje. Temperature za grelno glavo so 220°C – 250°C za osnovno ploščo pa 50°C – 75°C. Zaradi večje kemične odpornosti končni produkt ne moremo zgladiti s pomočjo acetona ampak z bolj nevarnimi kemikalijami kot so etil acetat. Zato se pri PETG končni izdelek pobrusi in spolira ali premaže z epoksijem. Nato ga lahko tudi toplotno obdelamo vendar je to opcijsko.



Slika 12: Lastnosti PET (Krizmanić, 2018, str. 21)

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

Vendar se izbor materialov ne konča tukaj. Mi smo opisali le 3 najbolj popularne. Poznamo še vrsto drugih kot so

- TPE (termoelastični polimerji), je fleksibilen in omogoča tiskanje telefonskih ovitkov, igrač za živali...
- PC (Polikarbonat), ki je znan po tem da vzdrži visoke temperature in močne udarce, je pa zaradi svojih lastnosti eden izmed dražjih filamentov.

Za potrebe naše naloge smo izbrali PLA saj je najlažji za uporabo, ima visoko odpornost do napak pri tiskalnih parametrih, trdnost pa zadostuje našim potrebam.

4 Sestavne komponente

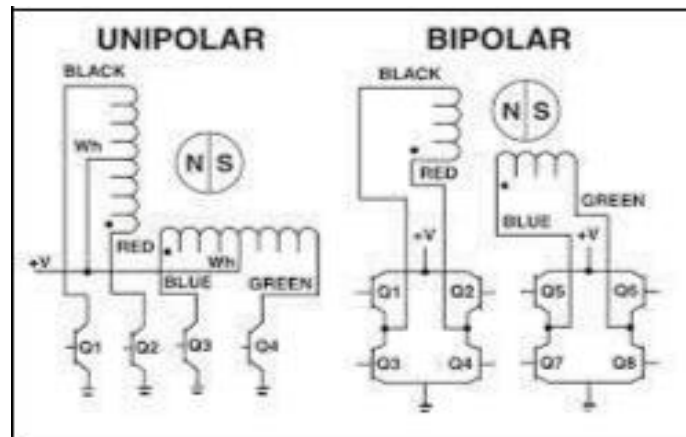
Cilj je ustvariti delujočega robotsko roko. Če želimo to doseči morajo komponente med seboj kompatibilne. Spoznali smo že osnovne sestavne dele robotske roke. V našem primeru predstavljajo manipulator 3D natisnjena konstrukcija, koračni motorji, ležaji ter vijaki in matice. Krmilje je naš mikrokrmilnik Arduino Mega in RAMPS 1.4 (RepRap Arduino Mega Pololu Shield). Za procesno enoto pa bomo uporabili osebni računalnik.

4.1 Koračni motorji

Za premikanje robotov in robotskih rok so zadolženi elektromotorji. Elektromotor je stroj, ki pretvori električno energijo v mehansko. Običajno se za robotske roke uporabljajo koračni motorji, ti pretvorijo električni signal v mehansko rotacijo osi. Premik osi se izvede za točno določen kot ob električnem pulzu.

Je sinhronski motor brez ščetk, celoten obrat osi je razdeljen v določeno število korakov. So enostavni za uporabo, natančni, imajo enostavno konstrukcijo, konstanten navor tudi v mirovanju, v primerjavi z ostalimi pogonskimi krmilnimi sistemi.

V osnovi jih delimo na bipolarni: "koračni motor ima eno navitje na en polov par, krmili pa se z dvema preklopnima stikaloma, ki izmenično preklapljata napajalno napetost." In unipolarni: "koračni motor ima dve navitji na en polov par in se krmili z enim preklopnim stikalom."



Slika 13: Unipolarni in bipolarni motorji

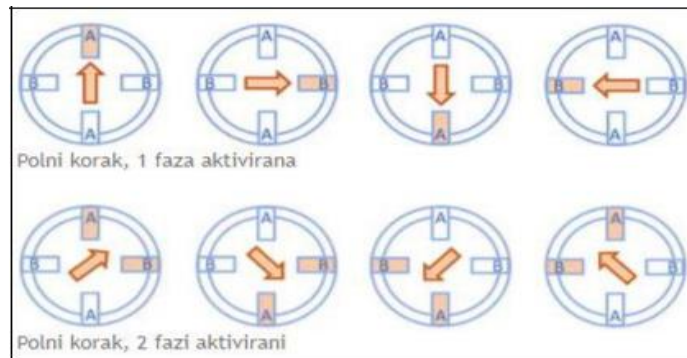
Razlikujejo se pa še na mnogo načinov kot so: velikost, število korakov, ki jih opravijo v eni rotaciji, obliki in velikosti gredi.

Poznamo 3 načine premikanja polni korak, polovični korak in microstepping.

Polni korak: "Polni korak motor obratuje z eno fazo aktivirano v določenem času ali z dvema fazama, ki sta aktivirani istočasno. V tem primeru motor naredi 1 korak oz. premik osi za $1,8^\circ$. Navor motorja je

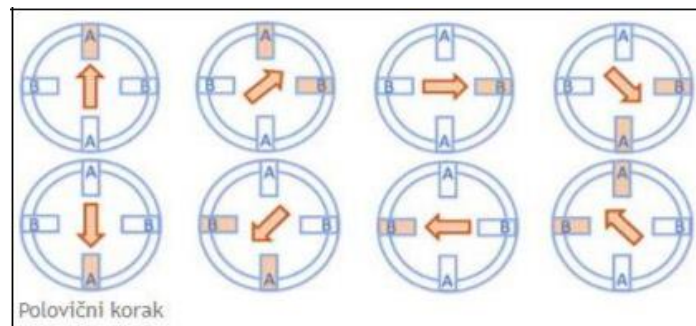
IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

v primeru, ko sta aktivirani dve fazi 30% – 40% večji, kot pri delovanju samo z eno fazo” (<https://www.tipteh.si/koracni-motorji/>, 2021).



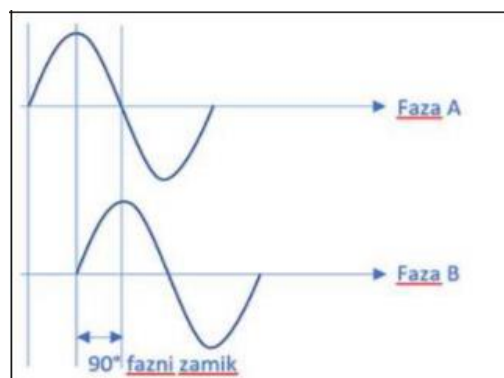
Slika 14: Polni korak

Polovični korak: “V tem primeru gre za izmenično aktivacijo ene in dveh faz, kar pomeni, da je premik osi motorja v koraku za $0,9^\circ$, kar pomeni dvakrat več pozicij in dvakrat večjo resolucijo koračnega motorja.” (<https://www.tipteh.si/koracni-motorji/>, 2021).



Slika 15: Polovični korak

Microstepping: “Pri microsteppingu pa je lahko motorjev osnovni korak razdeljen na do 256 korakov, kar naredi korake še manjše. Krmilnik koračnega motorja pošilja motorju signal dveh sinusoidnih faz, ki sta med seboj zamaknjeni v faznem kotu 90° . V tem primeru se os motorja vrti bolj zvezno in ni tipičnega koračnega premikanja osi koračnega motorja.” (<https://www.tipteh.si/koracni-motorji/>, 2021).

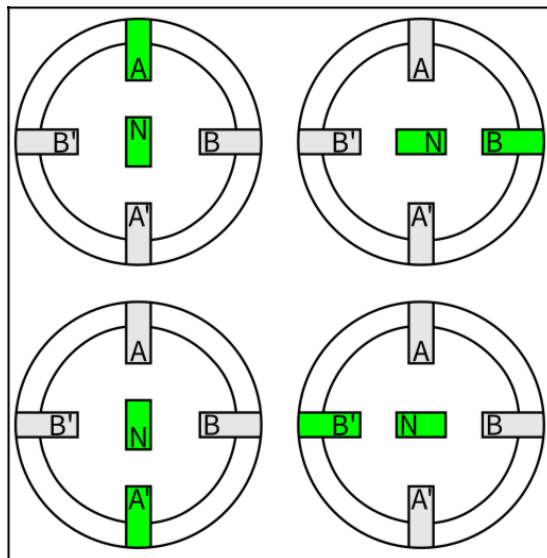


Slika 16: Microstepping

Na podlagi raziskanega smo za našo robotsko roko izbrali NEMA(National Electrical Manufacturers Association) 17-03 koračne motorje, saj so zaradi svoje velikosti in ostalih lastnosti primerni za nas.

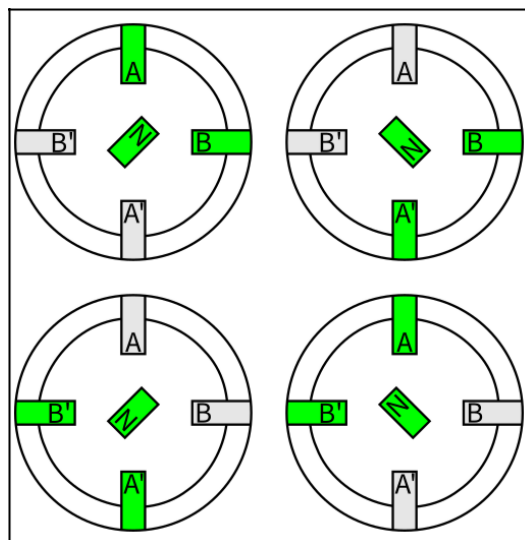
4.2 Gonilniki koračnih motorjev

Gonilniki za koračne motorje kot so A4988 so specifično ustvarjeni za premikanje koračnih motorjev. Je gonilno vezje, ki nadzoruje premike koračnega motorja. Delujejo na principu pošiljanja toka skozi različne faze koračnega motorja in s tem zagotovi premik. Poznamo 3 vrste: one-phase-on (Wave drivers) delujejo tako da polarizirajo eno fazo, zato se os obrača po 90° obratih. Zaradi tega so nenatančni in ne zagotavljajo velikega navora zato so redko uporabljeni.



Slika 17: One-phase-on

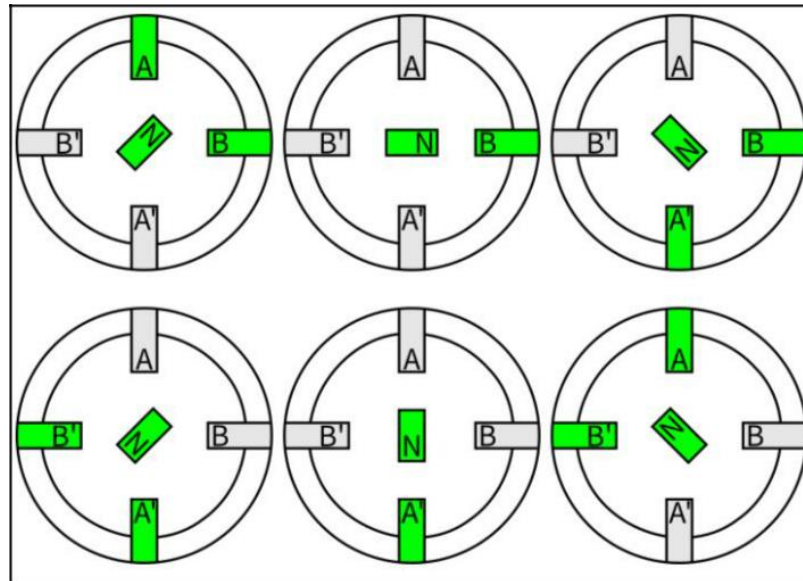
Two-phase-on deluje na osnovi polariziranja dveh faz hkrati, ampak se os še vseeno premika v 90° obratih. Tudi ta ni v uporabi saj se resolucija premikov ne zmanjša se pa poveča navor.



Slika 18: Two phase on

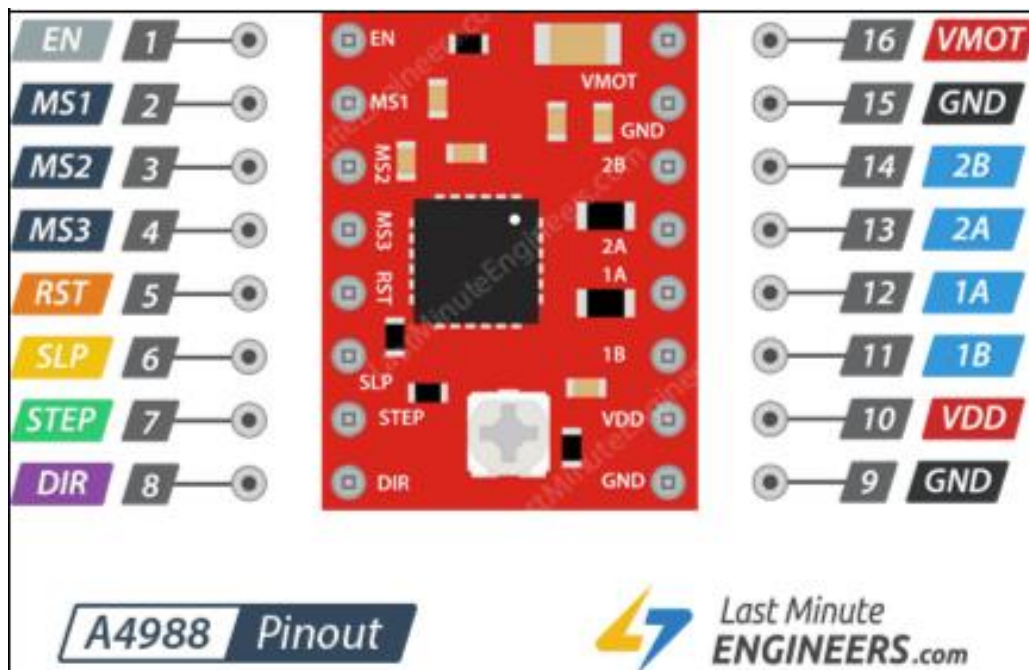
IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

One-two-phase-on dobi ime po načinu delovanja. V vsakem danem momentu je napetost vsaj v eni ali dveh fazah. Tukaj je že omogočen microstepping. Edini problem je, da je navor pri dveh prižganih fazah večji kot pri eni, ta razlika lahko povzroča neželjeno resonanco in vibracije.



Slika 19: One-two-phase-on

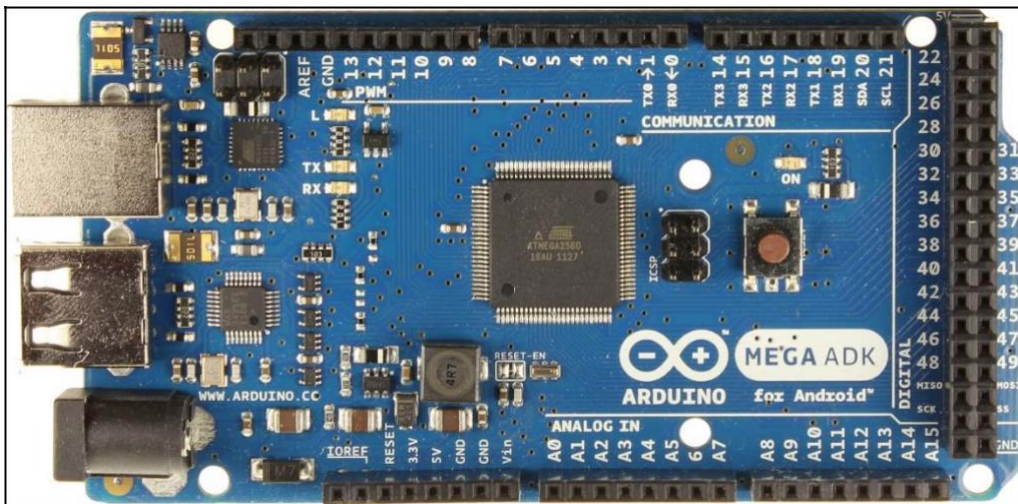
Za naše potrebe smo izbrali Longrunner A4988 gonilnike, ker so najbolj uporabljeni (lahko dobimo veliko pomoči s strani ostalih uporabnikov), so relativno poceni, vezava je nezahtevna in minimalna. Za osnovno premikanje na mikrokrmilniku zasedemo samo dva izhoda. Enega za nadzorovanje smeri obračanja drugega pa za kontroliranje korakov motorja. Omogoča 5 resolucij premikanja, polni korak, pol korak, četrt korak, osminski korak in šestnajstinski korak. Na sebi ima potenciometer, ki omejuje izhodno napetost ali VREF.



Slika 20: A4988 shema





4.3 Arduino

Arduino je odprtokodni mikrokrmilnik na matični plošči. Pod strojno opremo 8-bitni mikrokontroler Atmel AVR ali 32-bitni Atmel ARM. Programska oprema pa združuje prevajalnik in zagonski nalagalnik. Izhodi iz plošče so lahko digitalni (binarni: 1 ali 0) ali pa analogni (zvezni: 0-5V). Vhode pa dobimo preko podatkovnega protokola (I2C, serial USB, SPI, 1-wire). Je izredno popularen saj je odprtokoden in obstaja ogromno dodatkov kot so senzorji, stikala, releji itd.



Slika 21: Arduino mikrokrmilnik

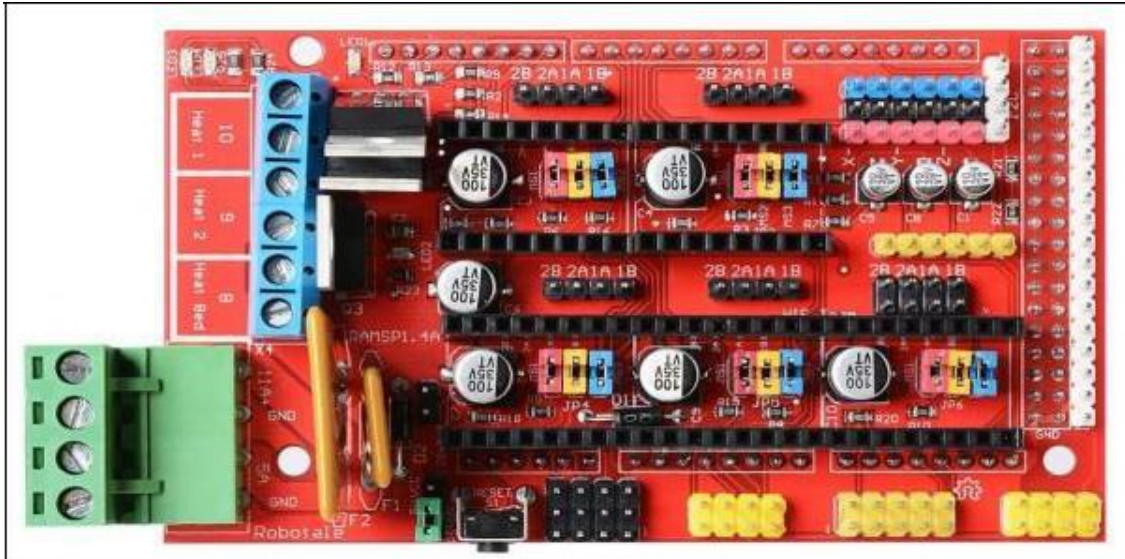
Odločili smo se za uporabo Arduino Mega, ki ima več vhodov/izhodov in bolj prostoren pomnilnik v primerjavi z najbolj popularnim Arduino Uno.

	Arduino Uno	Arduino Mega 2560	Arduino Micro
			
Price Points	\$19.99-\$23.00	\$36.61 - \$39.00	\$19.80 - \$24.38
Dimension	2.7 in x 2.1 in	4 in x 2.1 in	0.7 in x 1.9 in
Processor	Atmega328P	ATmega2560	ATmega32U4
Clock Speed	16MHz	16MHz	16MHz
Flash Memory (kB)	32	256	32
EEPROM (kB)	1	4	1
SRAM (kB)	2	8	2.5
Voltage Level	5V	5V	5V
Digital I/O Pins	14	54	20
Digital I/O with PWM Pins	6	15	7
Analog Pins	6	16	12
USB Connectivity	Standard A/B USB	Standard A/B USB	Micro-USB
Shield Compatibility	Yes	Yes	No
Ethernet/Wi-Fi/Bluetooth	No (a Shield/module can enable it)	No (a Shield/module can enable it)	No

Slika 22: Primerjava mikrokrmilnikov

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

Dodatek, ki smo ga mi uporabili je RAMPS 1.4 (RepRap Arduino Mega Pololu Shield) in je namenjen lažjemu kontroliranju 3d tiskalnikov vendar je lahko koristen tudi za druge projekte kot je naš saj nam ni potrebno ustvariti celotnega vezja za poganjanje koračnih motorčkov. Je ščit ki je namenjen namestitvi na Arduino Mega.



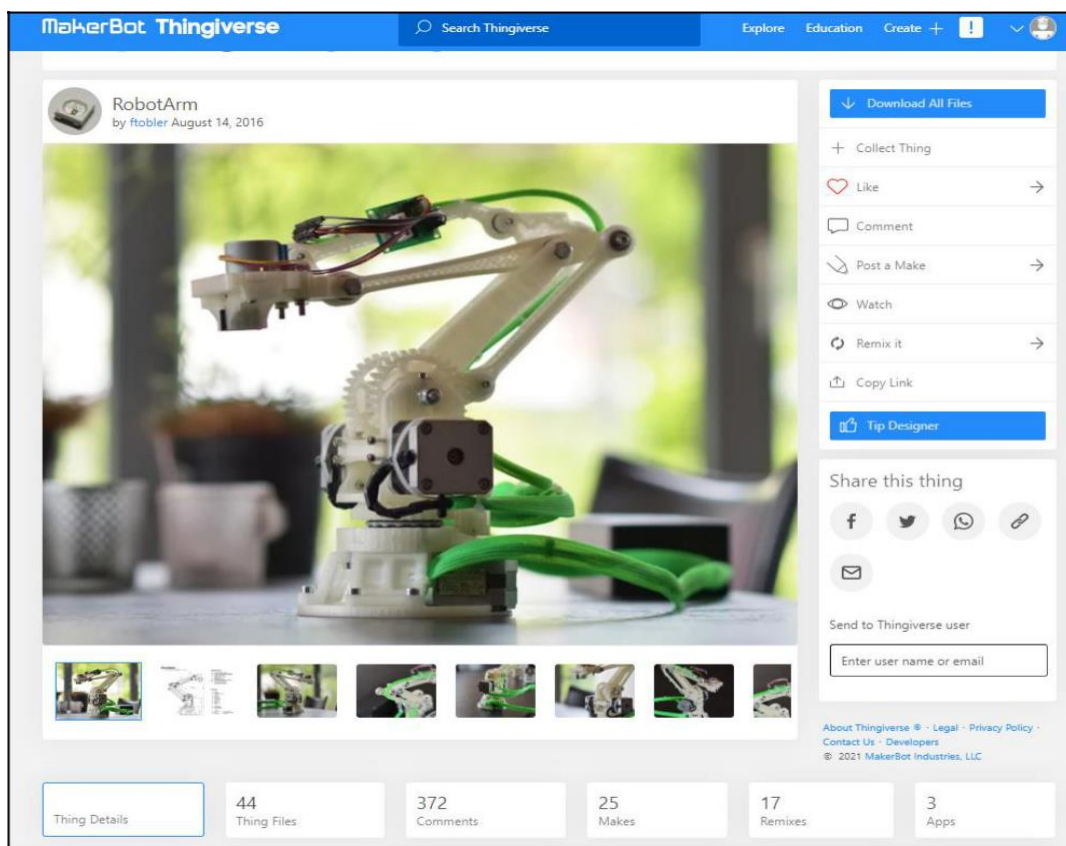
Slika 23: RAMPS 1.4

5 Predstavitev naloge

5.1 Izdelava roke

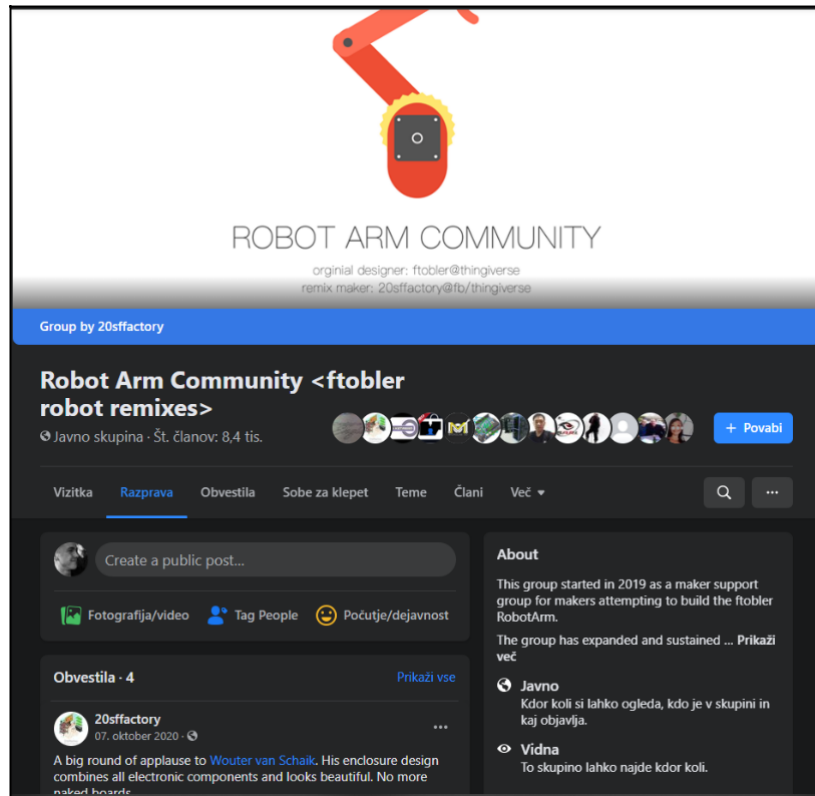
Naš prvotni cilj je bil ustvariti roko popolnoma samostojno vendar smo pri tem naleteli na kar nekaj težav. Prva je bila, da nihče od nas ni dovolj dobro seznanjen z delovanjem robotskih rok, da bi ustvarili popolnoma svojo roko. Risanje modelov je težje kot smo mislili, prišlo je tudi do problemov z programsko opremo itd. (slike neuspešnih modelov itd.):

Zato smo se odločili, da bomo ustvarili roko v okviru odprtokodnega projekta (do njega lahko dostopa vsak in po želji tudi spreminja datoteke). Projekt, ki smo ga izbrali je s strani ustvarjalca dobro dokumentiran in ustvarjena je podporna skupina kjer lahko starejši bolj bistri uporabniki pomagajo novejšim članom. Obstaja tudi več različic roke, za našo prvo smo se odločili za najbolj osnovno.

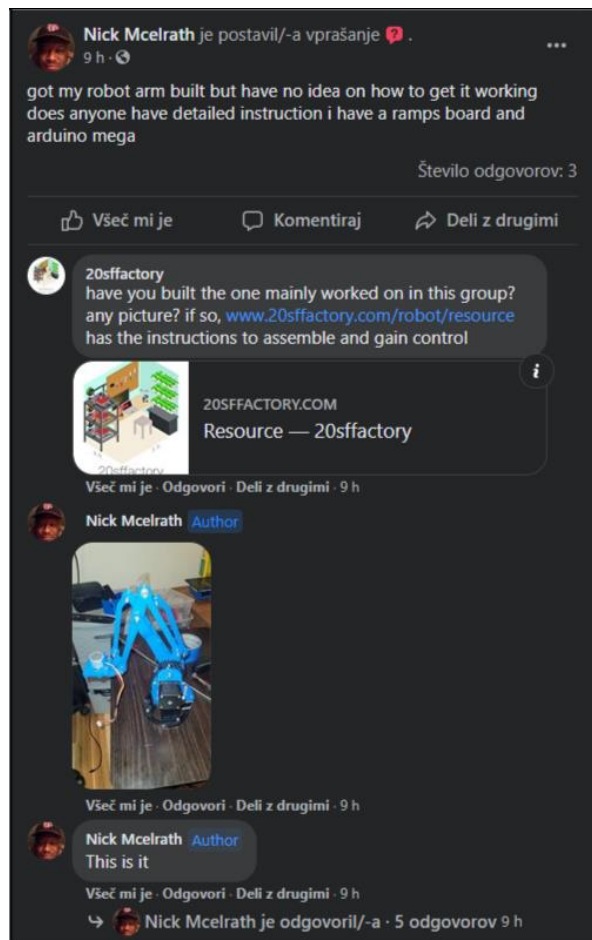


Slika 24: Slika strani projekta

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE



Slika 25: Primer podporne skupine



Slika 26: Primer problema in rešitev

Na sliki 25 je prikazana podporna skupina, ki se ukvarja z vsemi različicami doma narejenih robotskih rok. Uporabniki so izredno prijazni in koristni. Slika 26 pa prikazuje primer problema na v tej podporni skupini.

Najprej smo na podlagi tega spiska (slika 27) nakupili vse potrebne vijake, ležaje, RAMPS 1.4, koračne motorje, gonilnike za koračne motorje in seveda mikrokontroler Arduino Mega.

Ingredients	
6x	Bearing 4x13x5mm (624zz)
10x	Flanged Bearing 13x6x5mm (F686zz)
1x	Thrust Bearing 25x42x11mm (51105)
3x	NEMA17 Stepper Motor
1x	28byj-48 Stepper Motor
1x	RAMPS 1.4
1x	Arduino Mega 2560
3x	Stepper Driver (DRV8825 or A4988)
several	M4 and M3 Screws & Nuts..
	M5 Threaded Rod & Nuts..
	Washers, Wire, Cable ties..

Slika 27: Nakupovalni seznam

Ker je bilo veliko komponent Kitajskega porekla smo imeli rahlo časovno stisko saj je bilo pošiljanje paketov iz Kitajske omejeno. Iz splete strani Aliexpress smo naročili Arduino Mega, RAMPS 1.4, set vijakov, in gonilnike za koračne motorje. Ležaji pa so bili kupljeni v Nemčiji saj je cenovna razlika ogromna npr. V Sloveniji bi za vse uporabljene ležaje odšteli okoli 60€. Iz Nemčije pa smo jih dobili za 30€ s poštnino vred. Vijaki, ki niso bili v kompletu smo jih naknadno kupili in nato odrezali na primerno dolžino.

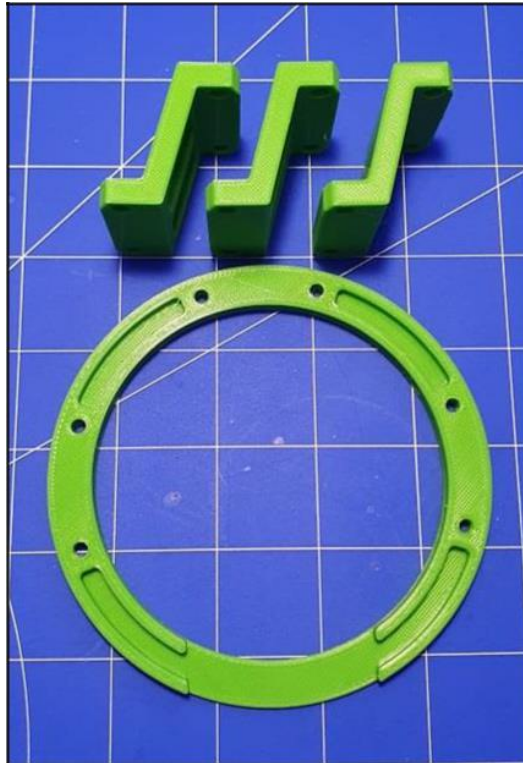
5.2 3D tiskanje

Sledilo je tiskanje delov. Najprej smo natisnili vse potrebne dele v 3 serijah saj je tiskalna miza našega printerja velika le 220x220mm z višinsko omejitvijo 250mm. Naši osnovni tiskalni parametri so bili:

0.2mm za višino sloja (najbolj pogosta saj je zlata sredina med hitrim in kvalitetnim tiskanjem), Temperatura 215°C za grelno glavo in 60°C za grelno posteljo, ostali parametri se spreminjajo od tiskalnika do tiskalnika. Določene dele kot so zobniki smo kasneje natisnili na novo saj je bilo preveč prostora med njimi, zaradi tega roka ni bila natančna. Določene dele smo morali po tiskanju tudi malo očistiti (odstraniti podporni material, zbrusiti nekatere robove...). Naslednji korak je bilo sestavljanje tiskanih in mehanskih delov ki smo jih nakupili.

5.3 Sestavljanje

Sestavljanje vseh delov je nezahtevno s pomočjo slik originalne različice roke in dokumentacijo novejši različice. Za lažje ločevanje baz jih bomo označili z baza1 in baza2. Uporabljamo 3 tipe ležajev prvi je 624ZZ (označen z 1), drugi pa F686ZZ (označen z 2), tretji pa je 51105 vendar je uporabljen samo enkrat tako, da ga ne bomo označili. Najprej sestavimo bazo1 s 3 nogami to vidimo na slikah 27 in 28. Izberemo tisto višino nog ki ustreza velikosti našega koračnega motorja (uporabimo lahko 5 različnih višin). Nato na bazo1 pritrdimo socket (slika 30).



Slika 28: Sestavljanje1

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

Noge privijamo na bazo z šestimi M4X12 vijaki.



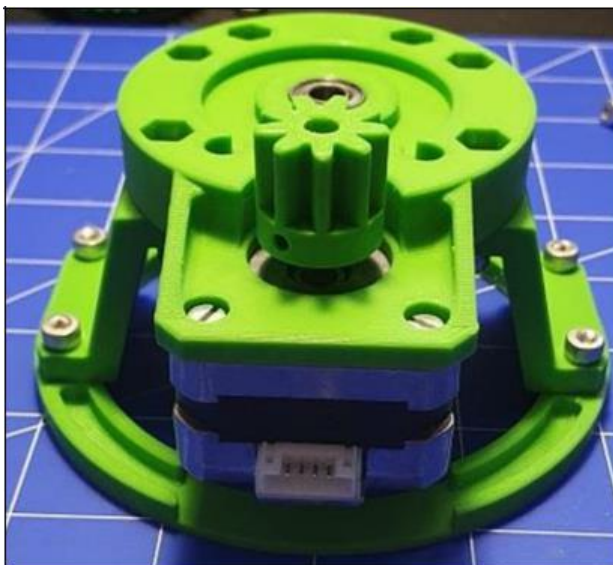
Slika 29: Sestavljanje2



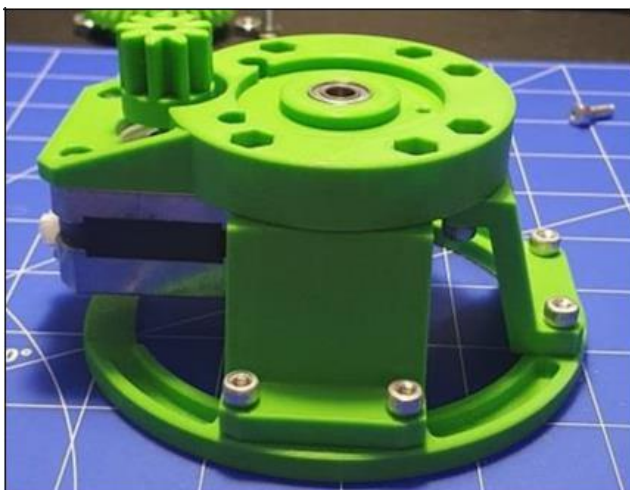
Slika 30: Sestavljanje3

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

Na socket pritrdimo koračni motor nanj pa na os nataknemo majhen 9 zobi zobnik.



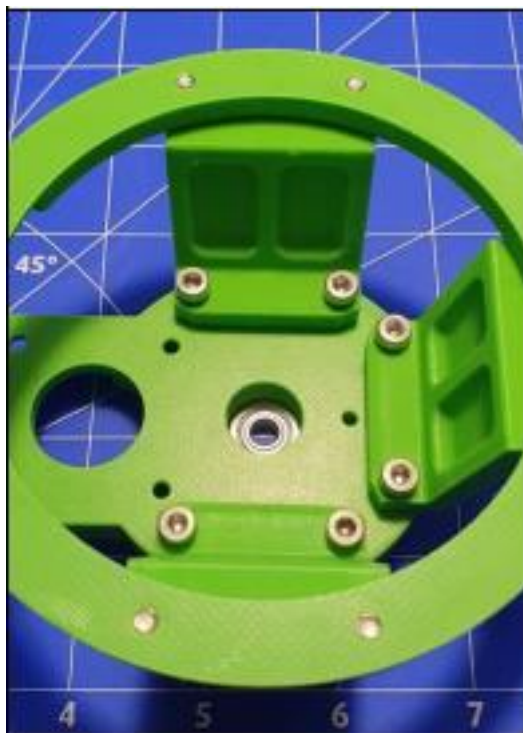
Slika 31: Sestavljanje4



Slika 32: Sestavljanje5

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

Nato v bazo1 vstavimo ležaj tipa 1 (slika 33).



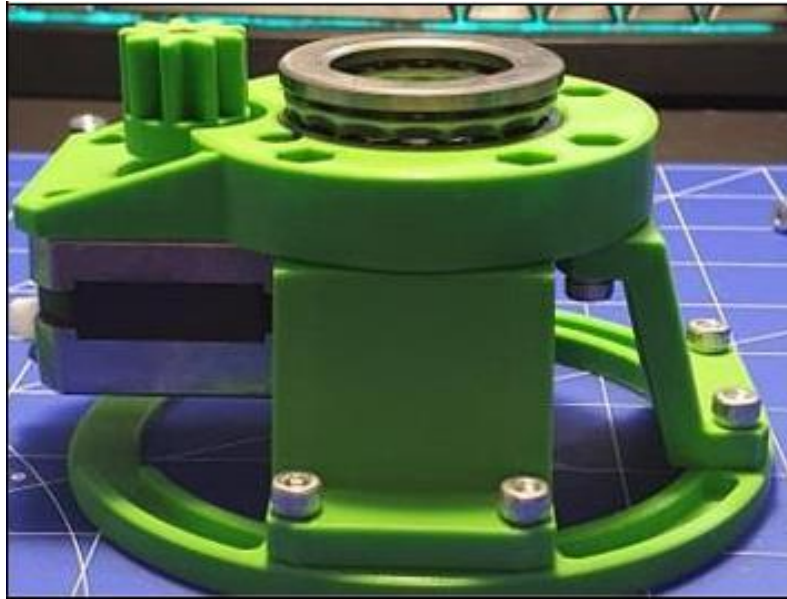
Slika 33: Sestavljanje6

Večji zobnik, ki je odgovoren za vrtenje celotne roke pritrdimo s pomočjo M6 vijaka, 2 podložk in samo zatezne matice vanj pa porinemo ležaj tipa 2 (slika 34). Med zobnik in bazo1 položimo ležaj 51105 (slika35).



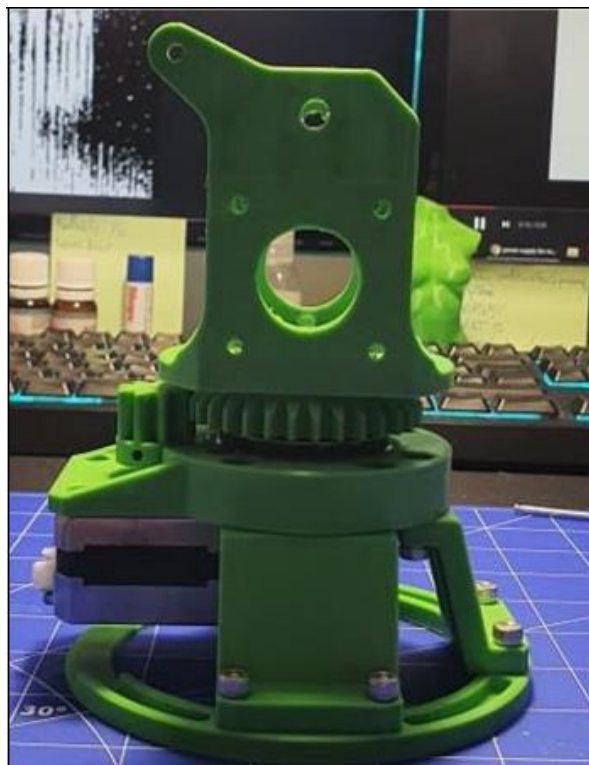
Slika 34: Sestavljanje7

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE



Slika 35: Sestavljanje8

Naslednji korak je pritrditev baze2 na že sestavljene dele, to storimo z štirimi M4x20 vijaki (slika36).



Slika 36: Sestavljanje9

Nato na bazo2 pritrdimo še ostale koračne motorje, obrnemo jih tako da vsi vtiči gledajo v eno smer. To nam bo koristilo kasneje pri vezavi. V lower shank in lever vstavimo lezaje tipa 2 nato pa na njiju privijemo 32 zoba zobnika (slika 37, 38, 39).

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE



Slika 37: Sestavljanje10



Slika 38: Sestavljanje11



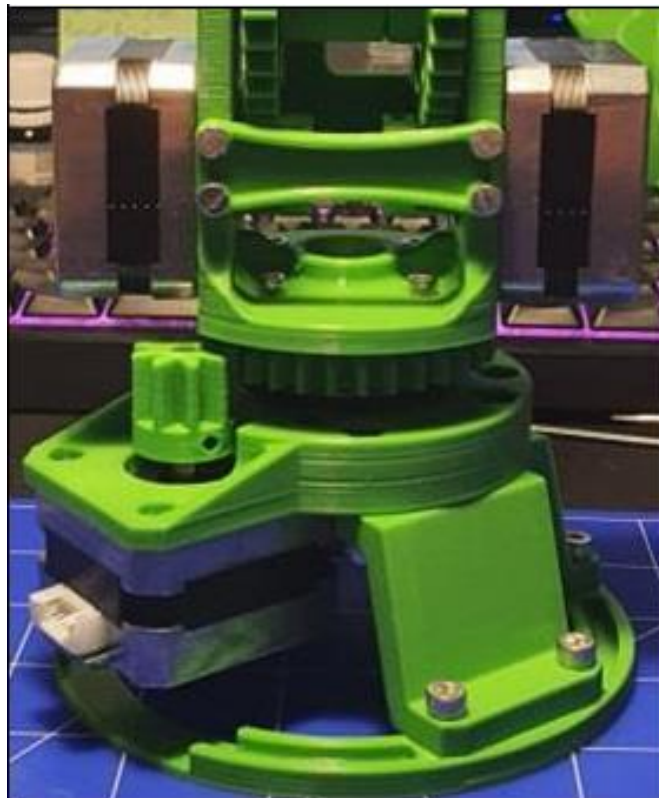
Slika 39: Sestavljanje12

Lower shank in lever združimo z bazo2. Nato bazo2 utrdimo z 2 stabilizatorjema (40, 41).

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE



Slika 40: Sestavljanje13



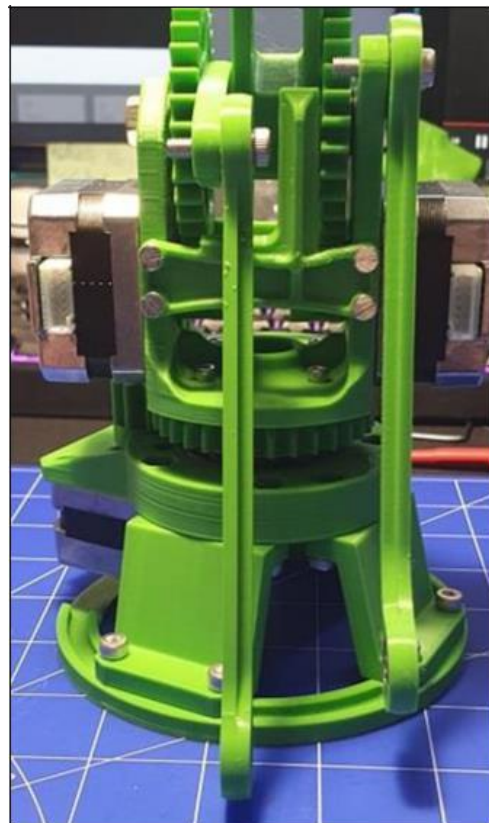
Slika 41: Sestavljanje14

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

Na lower shank pritrdimo upper shank in triplate (slika42). Bazo 2 in triplate povežemo z pleulom_bend, lever in upper shank pa z pleulom_straight (slike 43, 44, 45)



Slika 42: Sestavljanje15



Slika 43: Sestavljanje16

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE



Slika 44: Sestavljanje17



Slika 45: Sestavljanje18

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

Na koncu upper_shanka vstavimo dva ležaja tipa 2 (slika 46), nato pa pritrdimo manipulator. Manipulator pa povežemo s triplatom s pomočjo pleuel_benda (slike 47, 48).



Slika 46: Sestavljanje19



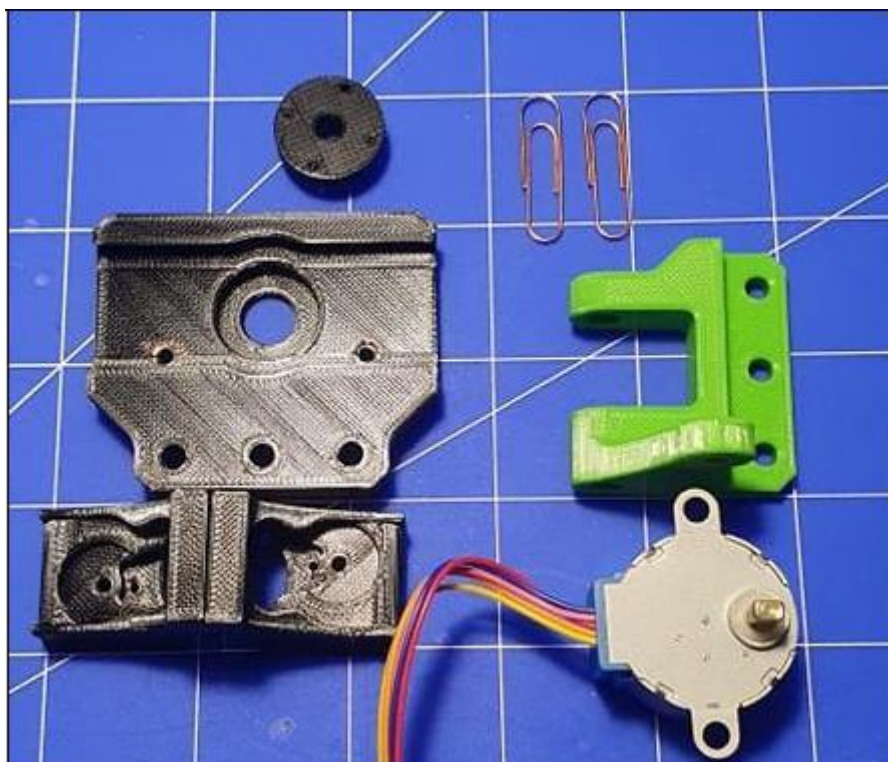
Slika 47: Sestavljanje20

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

Sledi sestavljanje prijemala (slika 49). Manjši koračni motor pritrdimo z dvema M4 vijakoma na bazo prijemala (slika 50).



Slika 48: Sestavljanje21



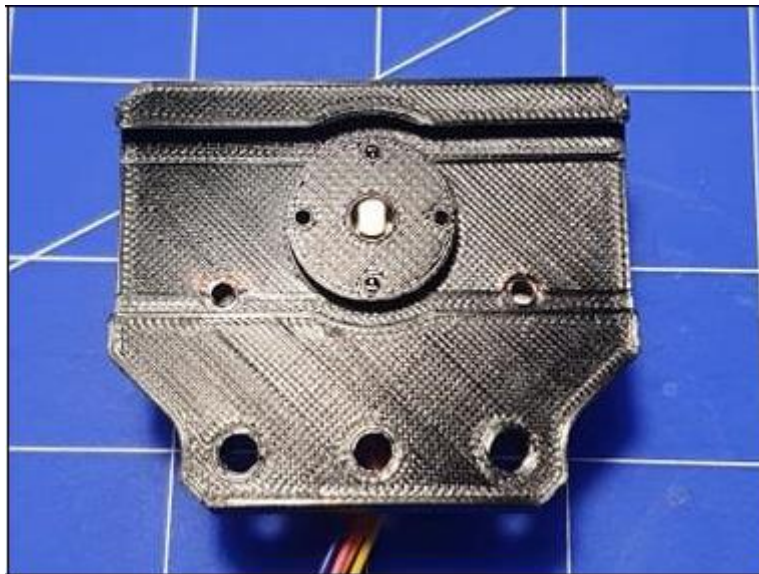
Slika 49: Sestavljanje22

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE



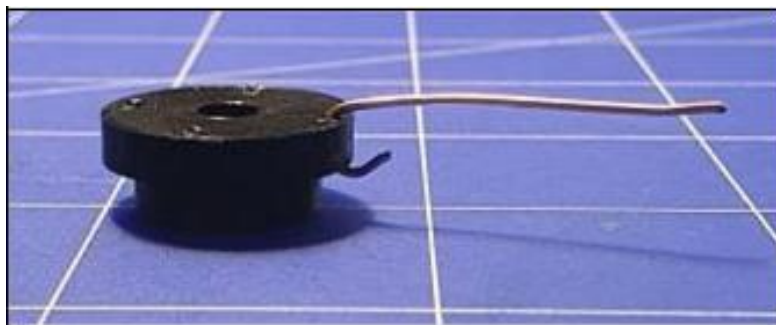
Slika 50: Sestavljanje23

Na drugi strani na os motorja potisnemo gripperHolePlate (slika 51)



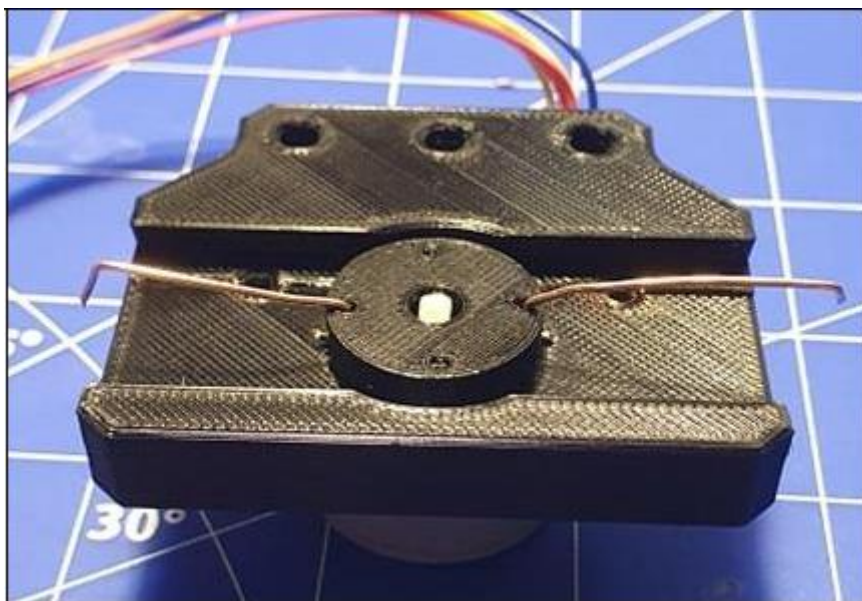
Slika 51: Sestavljanje24

S pomočjo dveh koncev žice, dolgih približno 30mm ustvarimo roke, ki bodo premikale prijemalo (sliki 52, 53)



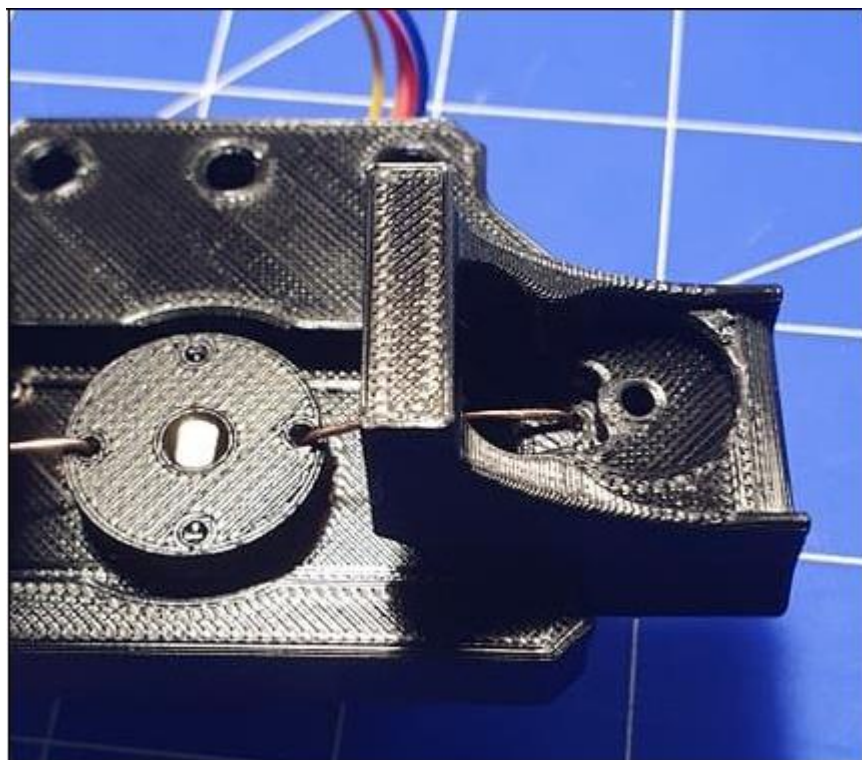
Slika 52: Sestavljanje25

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE



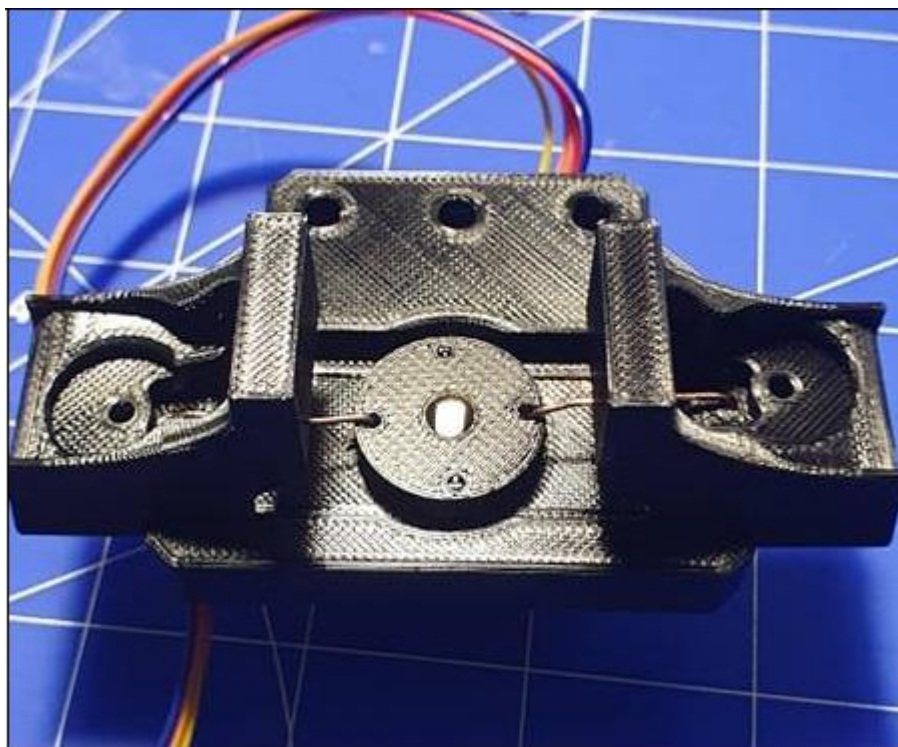
Slika 53: Sestavljanje26

Nato v gripperBase vstavimo prsta, ki bota služila kot prijemalo. Na koncu žice ustvarimo kavelj in ga zatakne v prst. To ponovimo na vsaki strani (sliki 54, 55).



Slika 54: Sestavljanje27

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE



Slika 55: Sestavljanje28

Postopek sestavljanja zaključimo s pritrditvijo prijemala na že sestavljeno roko (sliki 56 in 57).



Slika 56: Sestavljanje29

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

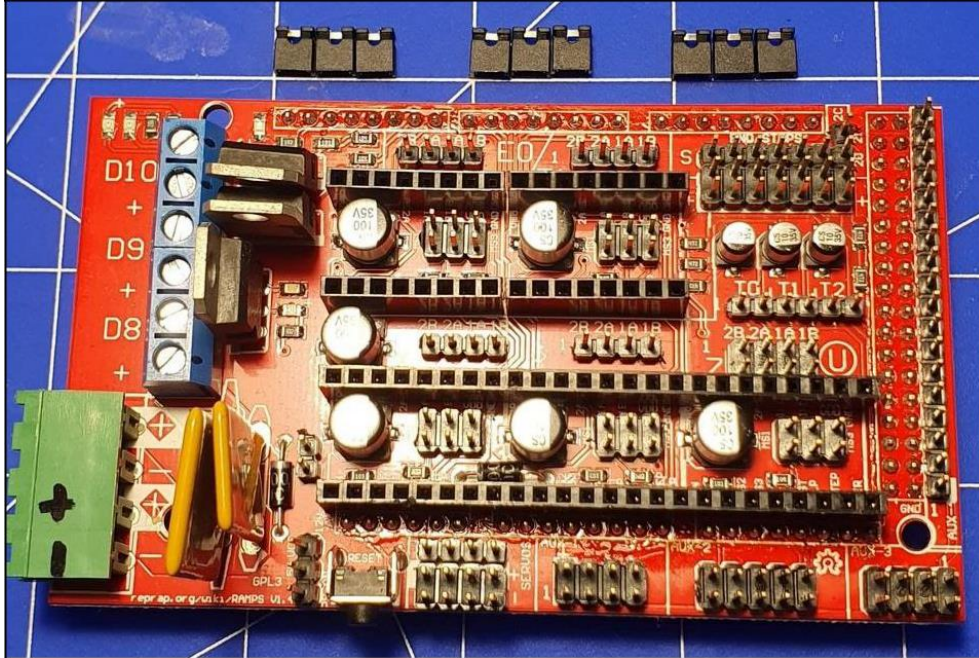


Slika 57: Sestavljanje30

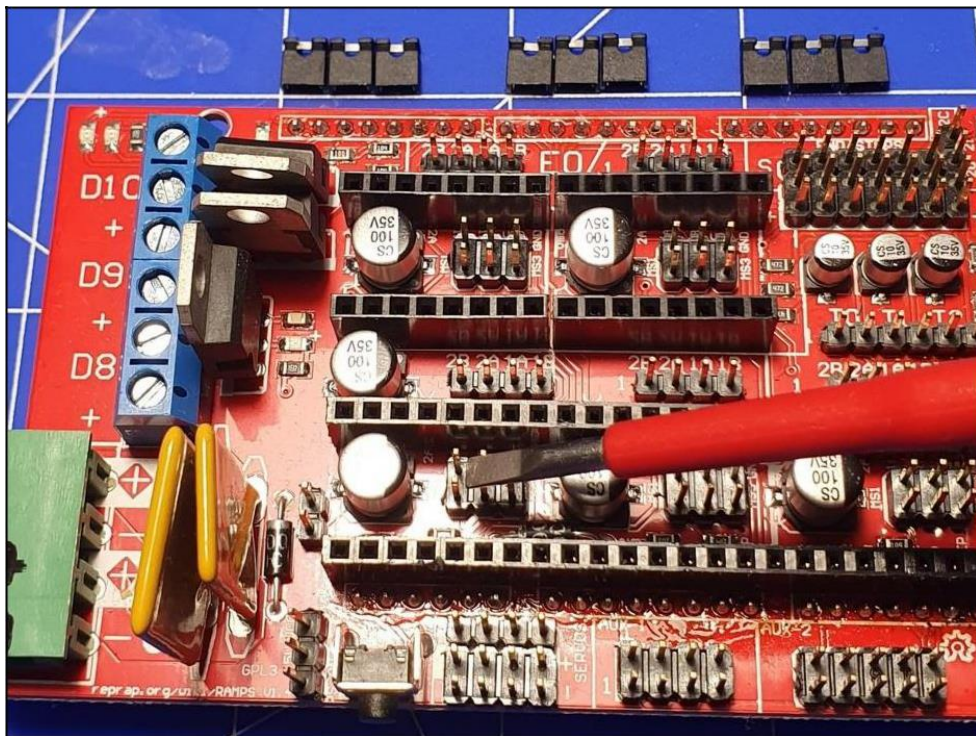
Celoten postopek sestavljanja je dokaj nezahteven. Traja približno uro in potrebujemo le osnovno orodje: set imbus ključev, set ključev, kleščice ter križni in ploščat izvijač. Če se kje deli niso popolnoma prilegali smo jih zbrusili z brusnim papirjem in pilami.

5.4 Vezava

Sestavljanju sledi povezava vseh komponent. Tukaj se stvari lahko otežijo če nismo previdni. Pozorni moramo biti, da vse zvezemo pravilno, preden v sistem spustimo elektriko preko napajalnika. Prvi korak je da na RAMPS ščit vstavimo 9 mostičkov (angl. Jumper), nato združimo naš mikrokrmilnik in ščit.

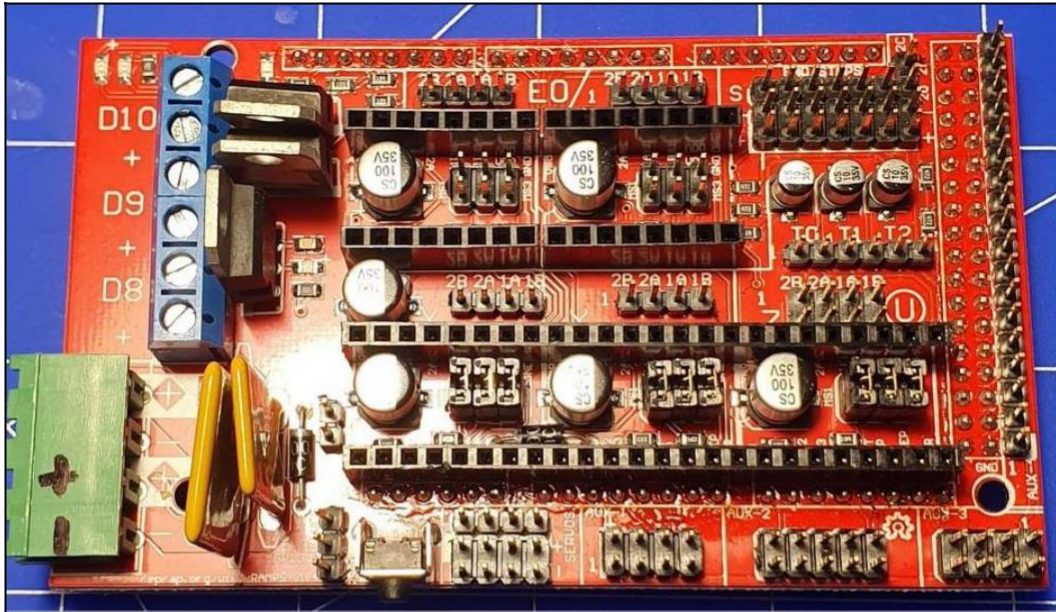


Slika 58: RAMPS z mostički

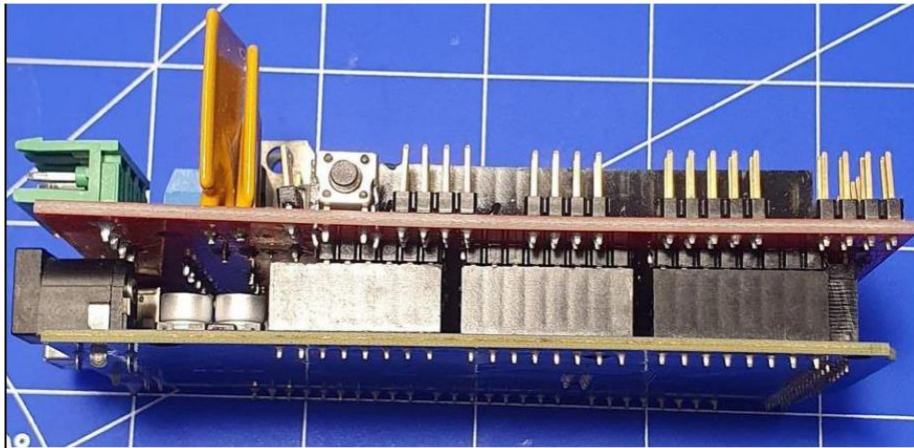


Slika 59: RAMPS položaj mostičkov

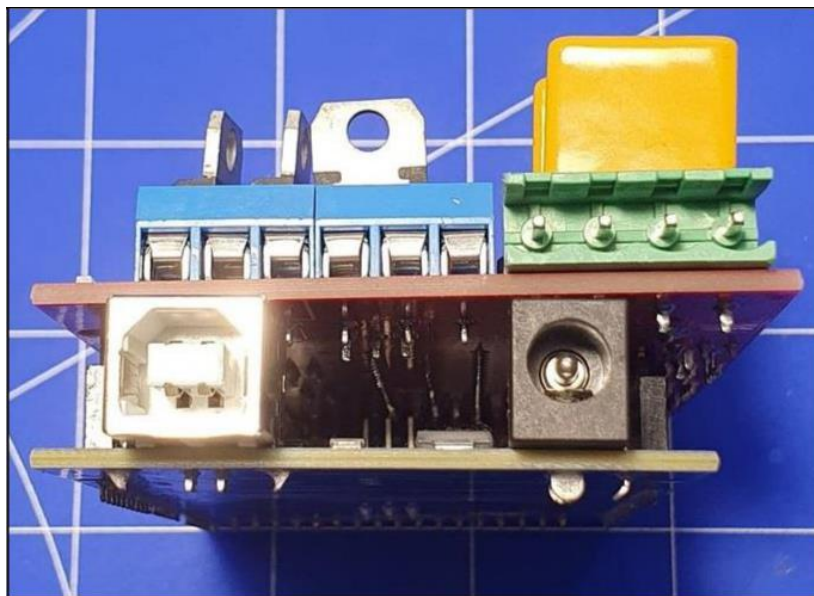
IZDELAVA ROBOTSKE ROKE



Slika 60: Ramps z nameščenimi mostički



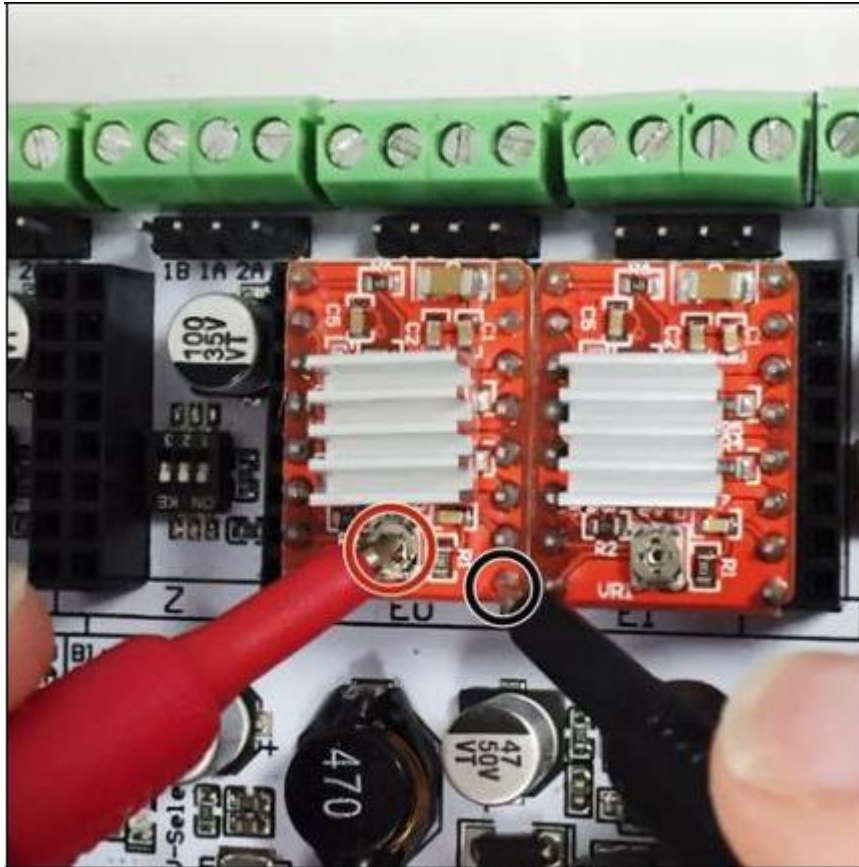
Slika 61: Združena Arduino in ščit1



Slika 62: Združena Arduino in ščit2

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

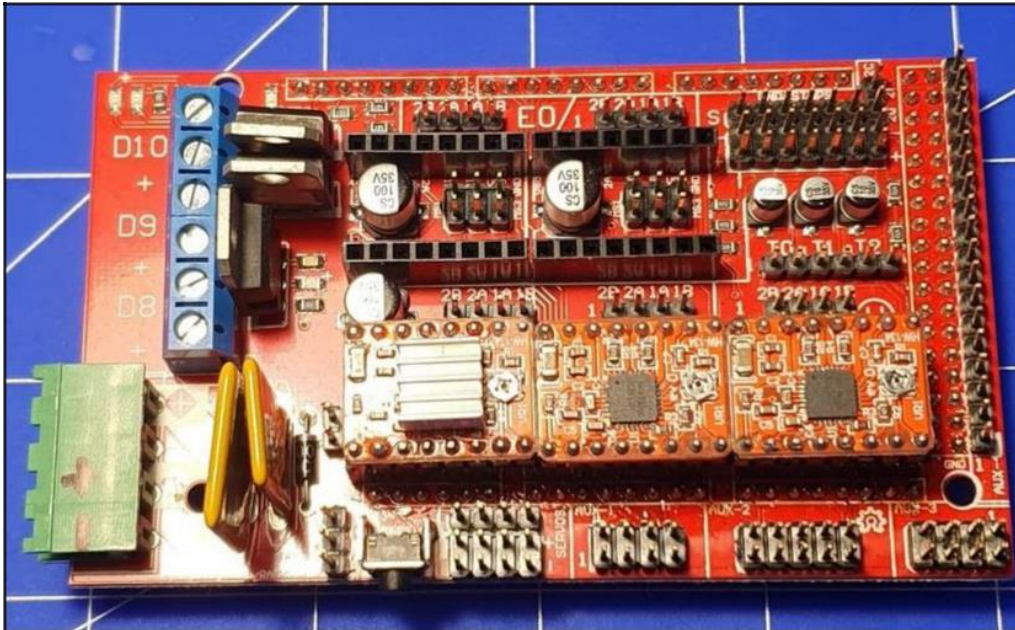
Gonilnikom v posebej vezju omejimo tok na željeno vrednost, tej vrednosti rečemo VREF. To delamo s pomočjo potenciometra na gonilniku. Enačba za $V_{REF} = \text{nazivni tok motorja} * 8 * R_{\text{sense}}$ (vrednost, ki se spreminja iz gonilnika v gonilnik). Torej za naše potrebe omejimo vrednost gonilnikov na 0.4V, pri tem smo znižali vrednost za približno 10% s tem zagotovimo, da ne prihaja do pregrevanja.



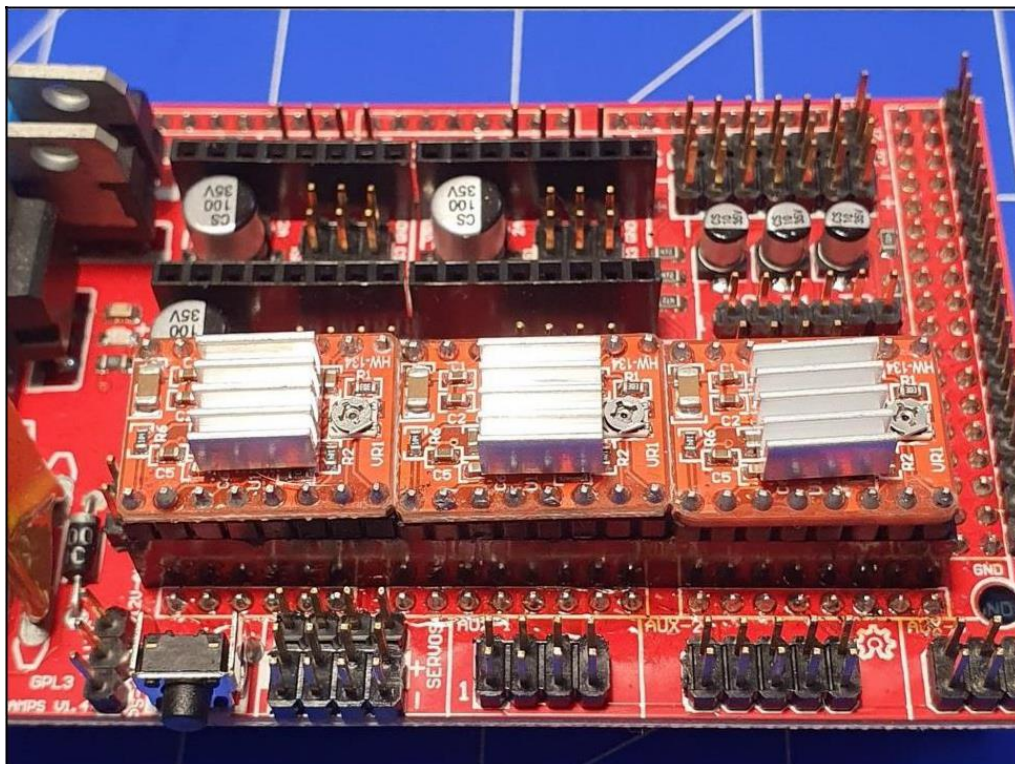
Slika 63: Primer VREF meritve

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

Gonilnike nato namestimo na RAMPS ščit (slika 64). Na čipe gonilnikov nato prilepimo hladilne letve (slika).



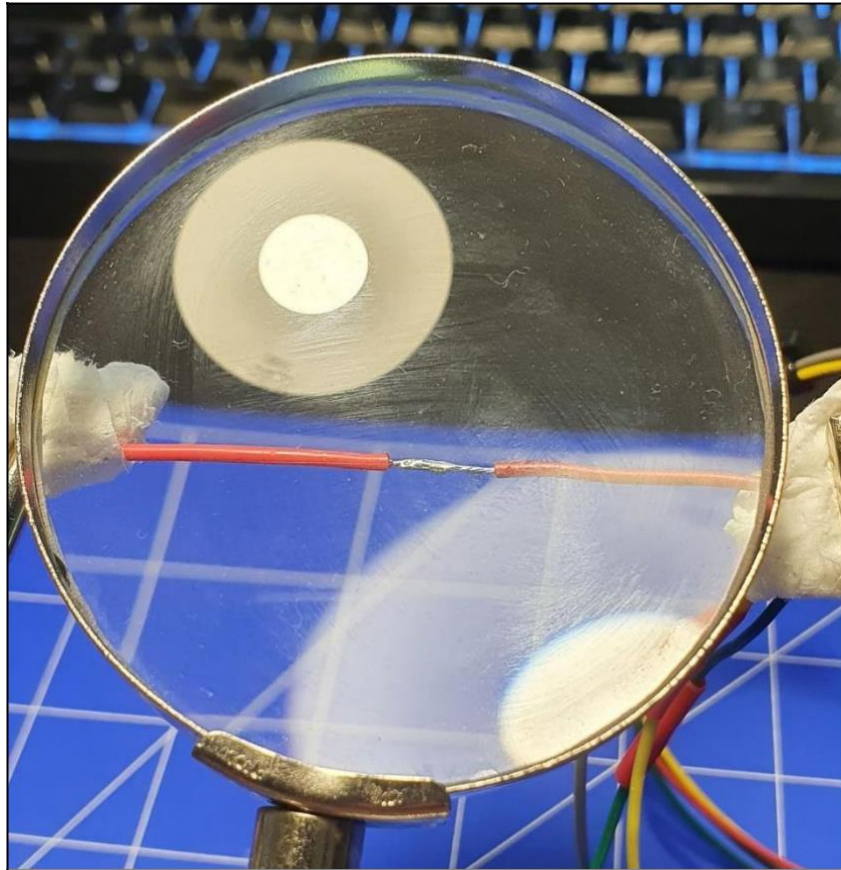
Slika 64: Ščit z nameščenimi gonilniki



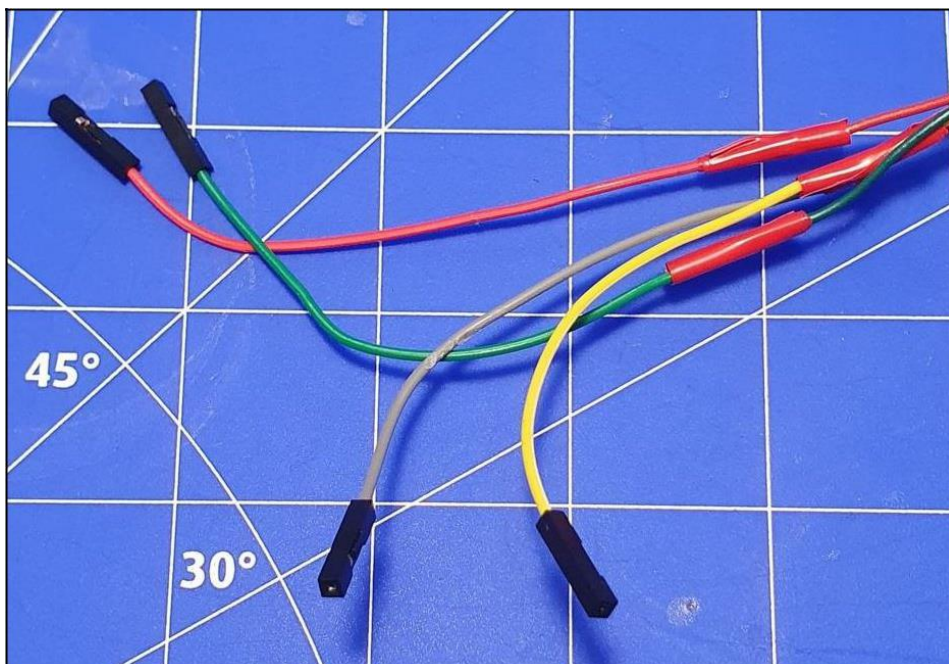
Slika 65: Gonilniki z hladilnimi letvami

Nato smo že na obstoječe kable motorčkov prispajkali konektorje za lažji priklop na ščit. Spoje smo zavarovali z izolirnim trakom. Ta postopek ponovimo za vse 3 kable.

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE



Slika 66: Spajkanje1



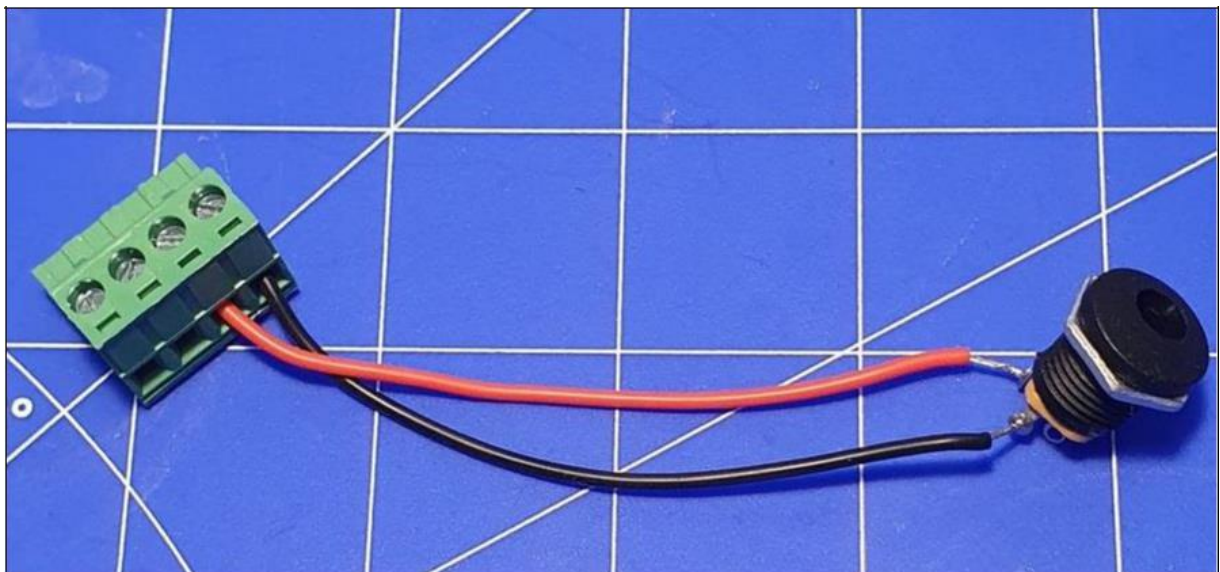
Slika 67: Konektorji

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

Napajalnik mora biti minimalno 12V 4A, v našem primeru je 12V 5A kar ne predstavlja težave. Prišel je z ženskim konektorjem kar pomeni, da ne potrebujemo rezati žic in jih direktno vstaviti v ščit ampak lahko ženski konektor privijačimo v ščit in imamo možnost hitrega odklopa napajanja.

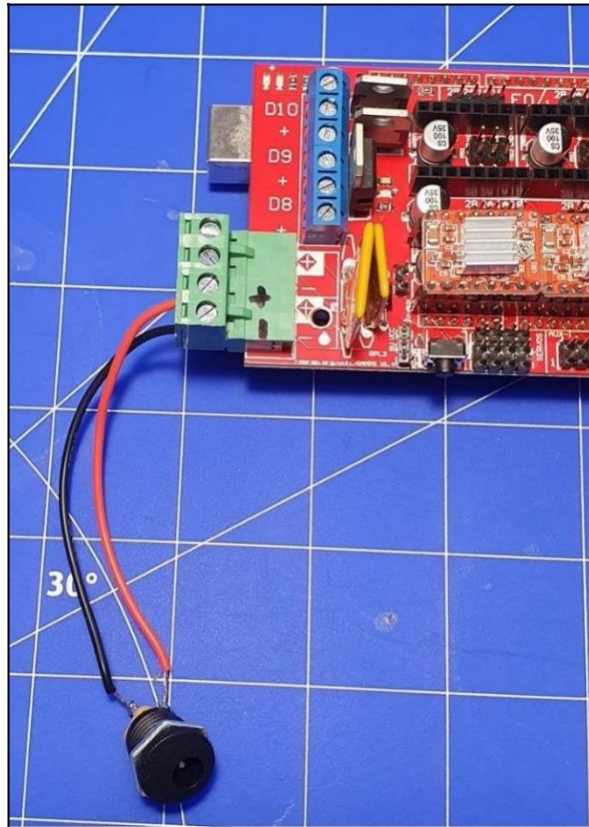


Slika 68: Spajkanje2



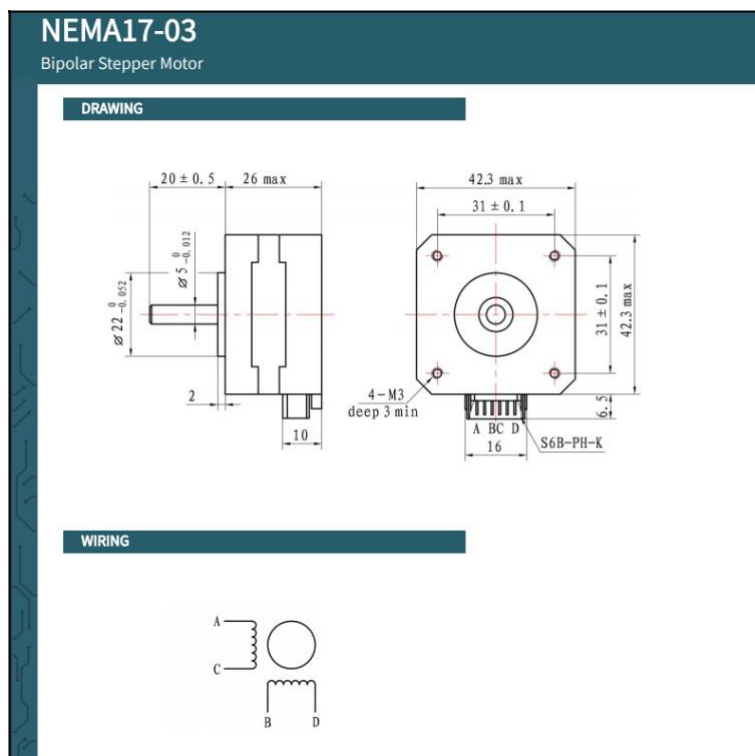
Slika 69: Ženski konektor

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE



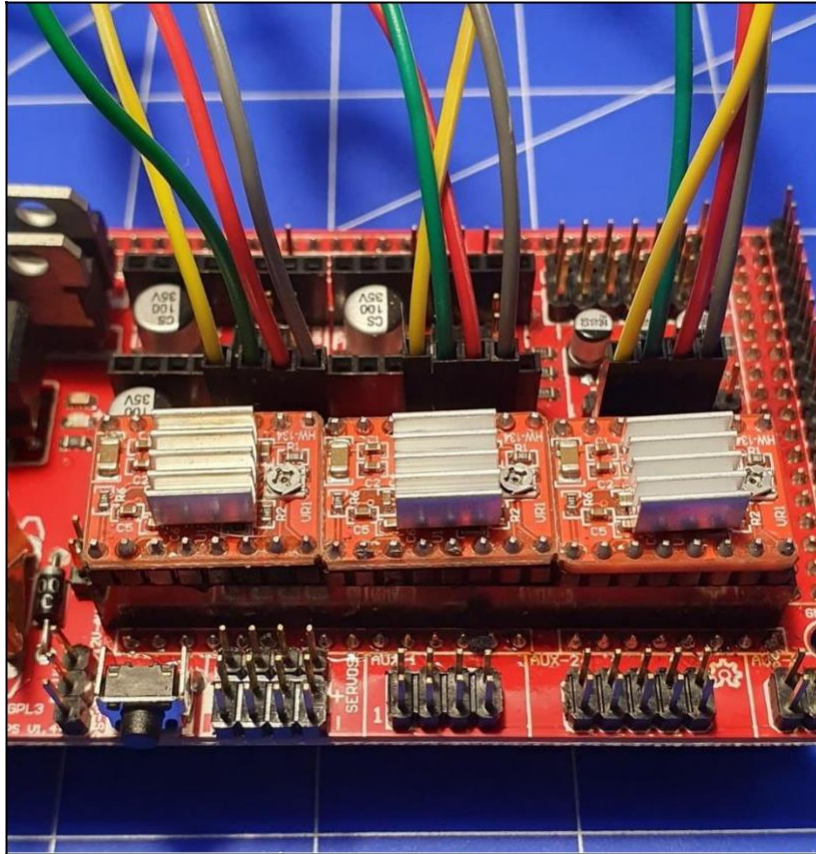
Slika 70: Ženski konektor

Povezava koračnih motorjev na ščit se lahko razlikuje iz motorja na motor zato smo pred tem pogledali uradno dokumentacijo. Ko ugotovimo pravilno vezavo jo na ščitu realiziramo. Nato samo vtaknemo konektorje v motorje.



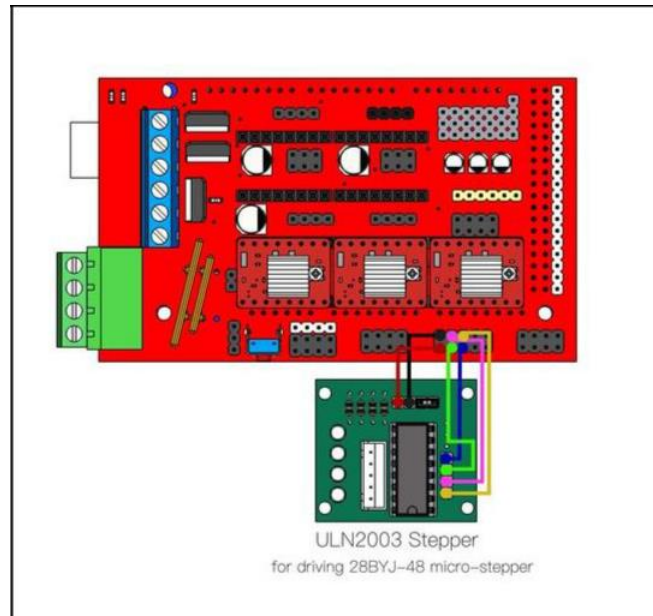
Slika 71: Dokumentacija koračnega motorja

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE



Slika 72: Vezava koračnih motorjev

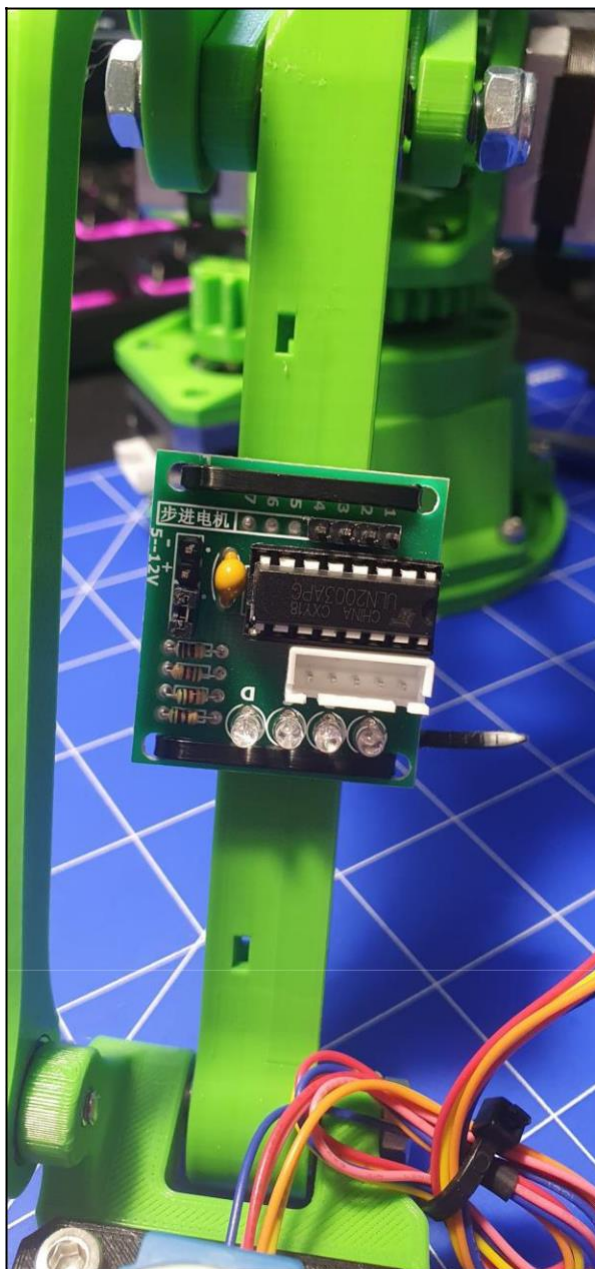
Sledi še vezava koračnega motorja namenjenega za prijemalo. To smo naredili po sledeči shematiki.



Slika 73: Shema vezave

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

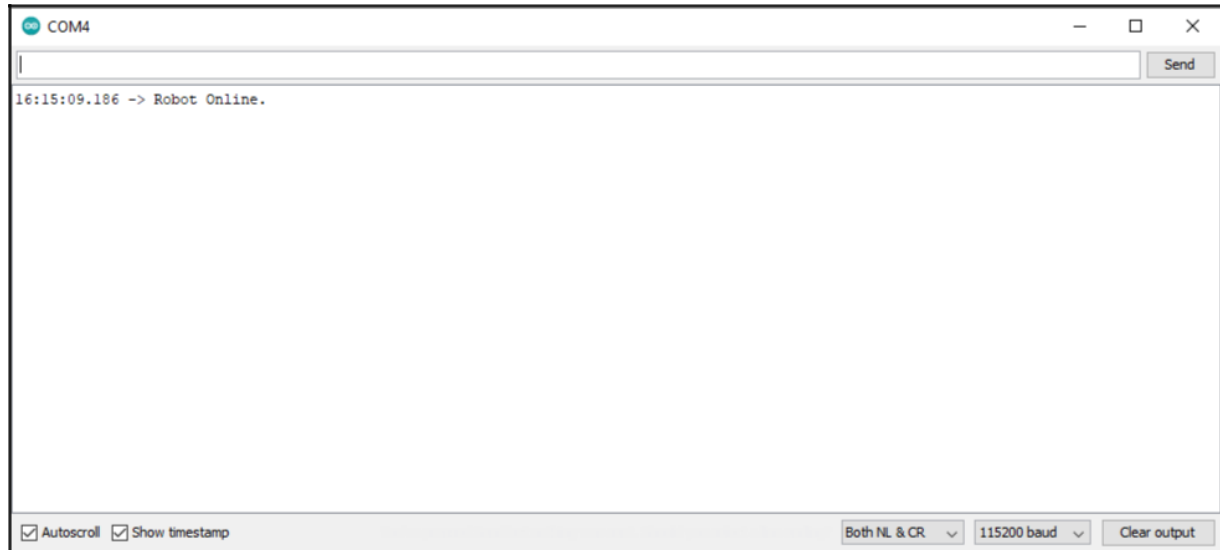
Gonilnik tega motorja smo pritrdili direktno na roko s pomočjo vezic. Obstoječe kable smo podaljšali. Nato smo priklopili motor v gonilnik.



Slika 74: Gonilnik prijemala

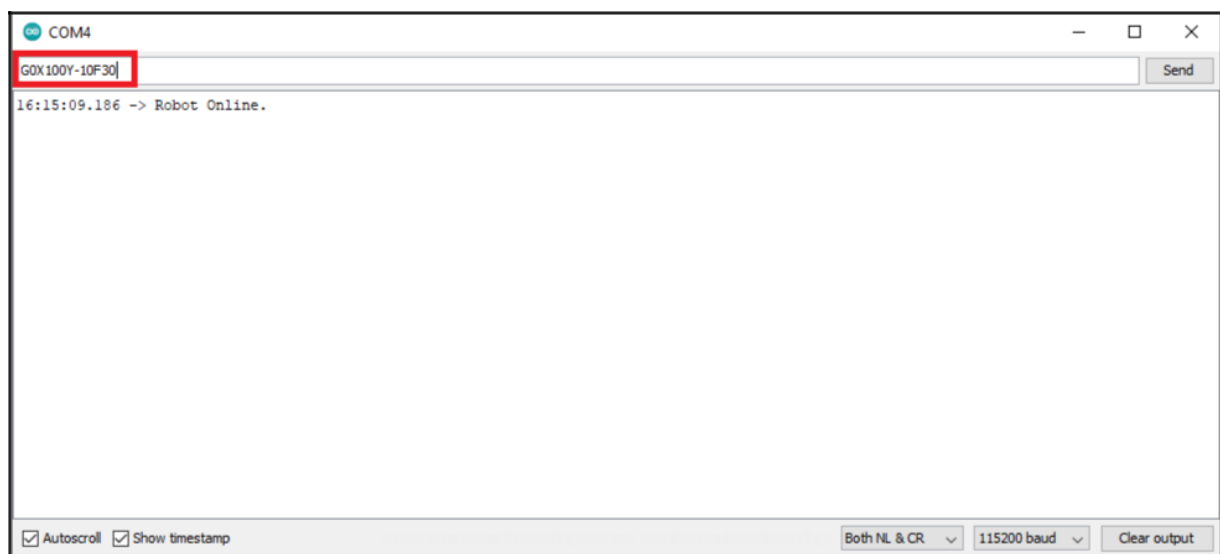
5.5 Programiranje

Ko roko sestavimo in zvežemo sledi programiranje. Mikrokrmilnik povežemo z računalnikom preko USB A/B kabla. Kodo za robota najdemo na strani ustvarjalca. Potrebno jo je samo odpreti v Arduino urejevalniku, spremeniti nekaj vrednosti v config.h datoteki. Vrednosti, ki jih spremenimo so odvisne od tipa robotske roke, ki jo ustvarjamo. Nato v orodni vrstici nastavimo ploščo na Arduino Mega in COM vrata na tista, ki jih bomo uporabljali. Odpremo serijski monitor nastavimo hitrost prenosa na 115200 in če smo vse storili pravilno bi se nam moralo prikazati "Robot online".



Slika 75: Serijski monitor

Sedaj lahko upravljamo z robotom. To storimo tako da vpišemo ukaz v vnosno vrstico in pritisnemo send.



Slika 76: Primer ukaza

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

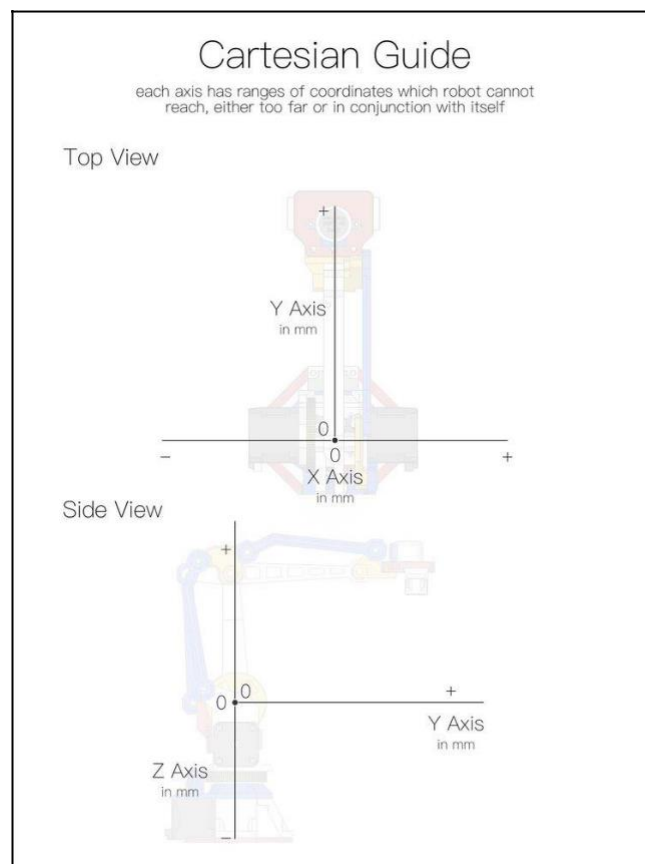
Za lažje upravljanje imamo spisek vseh ukazov in primerov kako jih napisati.

Command List		
See Cartesian Guide for Coordinate Reference		
Linear Move	G0 X<x_mm> Y<y_mm> Z<z_mm> F<mm/s> eg: G0X120Z-10F30	Pump On/Off M1 / M2
Dwell	G4 S<sec> (waits for <sec> seconds) eg: G4S10	Gripper On/Off M3 / M5
Homing	G28 (home all motors if homing enabled)	Laser On/Off M6 / M7
Absolute Mode	G90 (moves in absolute coordinate)	Steppers Enable/Disable M17 / M18
Relative Mode	G91 (moves in increment value)	Fan Enable/Disable M106 / M107
Set Position	G92 X<x_mm> Y<y_mm> Z<z_mm> E<mm/s> eg: G92 Z0 (sets current z value to 0) eg: G92 (resets all offset values)	Report Coordinates M114 Report Endstop State M119

Slika 77: Vsi ukazi

Za premikanje uporabljamo komando G0 v kombinaciji z 3 koordinatami in hitrostjo npr. G0X100Y20Y1F30. Da se prijema lo skrči uporabimo M3 za razširitev pa M5.

Za lažjo vizualizacijo vrednosti pri premikanju smo si pomagali z naslednjo sliko.



Slika 78: Koordinatni sistem

6 Analiza

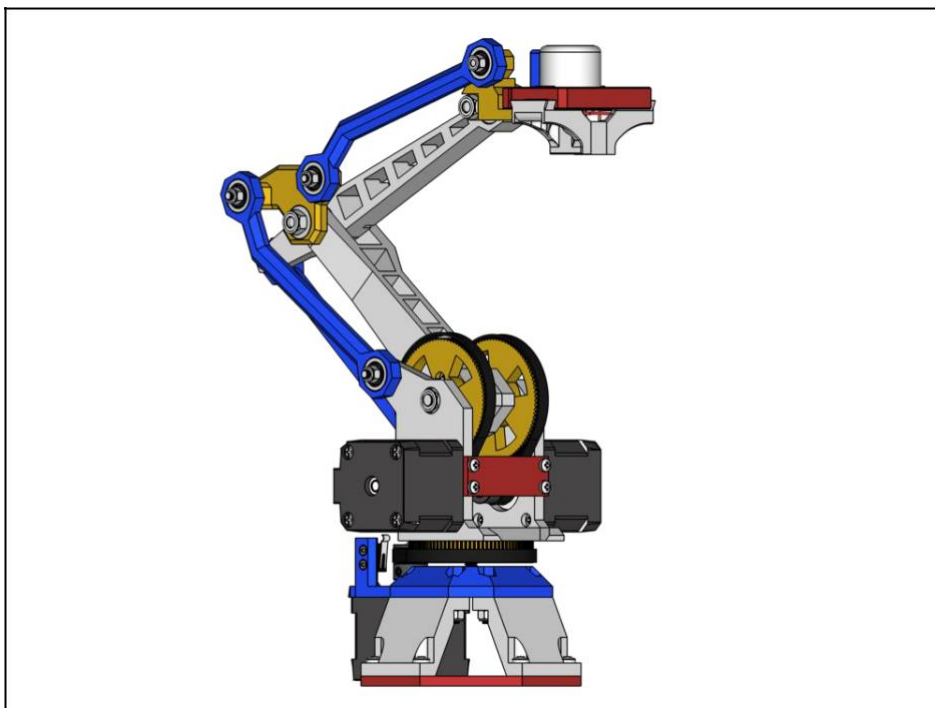
V nadaljevanju bomo podrobneje predstavili rezultate naše raziskovalne naloge, znanje, ki smo ga pridobili in izboljšave, ki bi jih lahko naredili,

Naš prvotni cilj naloge, ki je bil da ustvarimo celotno roko sami se ni uresničil saj je za takšen projekt potrebno veliko predhodnega znanja. Zato smo naredili kompromis in ustvarili roko glede na odprtokodni projekt. Z raziskavo smo se naučili nekaj o robotiki, avtomatiki, načinih 3D tiskanja, filametnih in komponentah, ki sestavljajo robotske roke. Z realizacijo projekta pa smo pridobili veliko praktičnega znanja, kako uporabljati 3D tiskalnik, obnovili smo znanje spajkanja, videli smo kako zgleda program za upravljanje robotske roke itd.

Izboljšav, ki bi jih lahko naredili je ogromno vendar nekaj je potrebnih če želimo da roka deluje brezhibno in enostavno.

1. Napisali bi program za ponavljanje ukazov in vizualizacijo trenutnega položaja roke. Ogrodje takšnih programov je že dostopno na internetu vendar se je treba bolj poglobiti v samo kodo premikanja in interpolacijo. Roka je brez tega programa zelo zahtevna za uporabo.

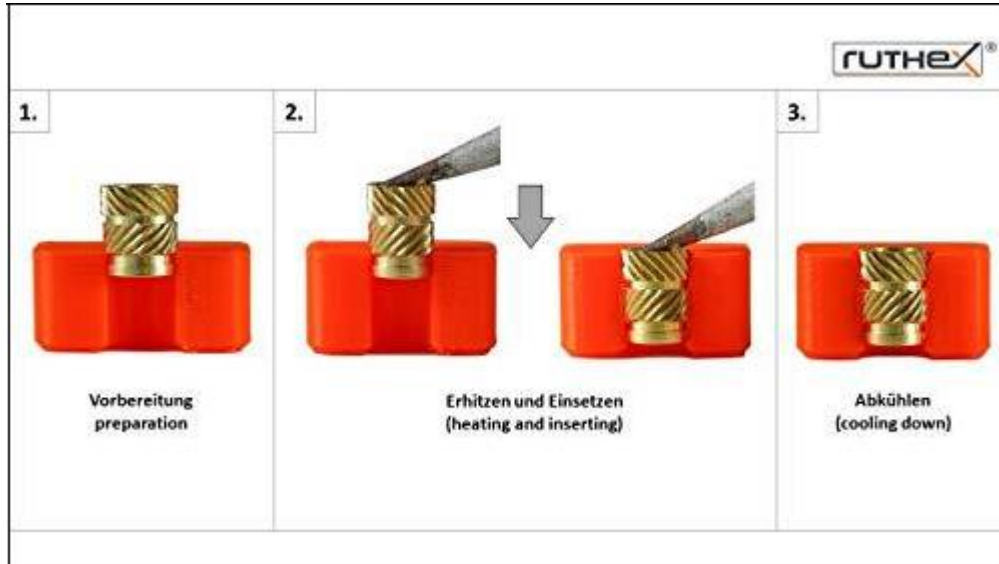
2. Prenose moči bi naredili drugače, sedaj so narejeni iz zobnika na zobnik in ker so 3D tiskani ne zagotavljajo največje natančnosti. To bi rešili z uporabo jermenic in jermenov. Takšna različica že obstaja. Dokupiti bi bilo potrebno jermenice, jermena in končna stikala. Končna stikala bi močno pripomogla k delovanju roke saj se lahko roka potem sama kalibrira in je pisanje programa za upravljanje veliko lažje.



Slika 79: Primer nadgrajene roke

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

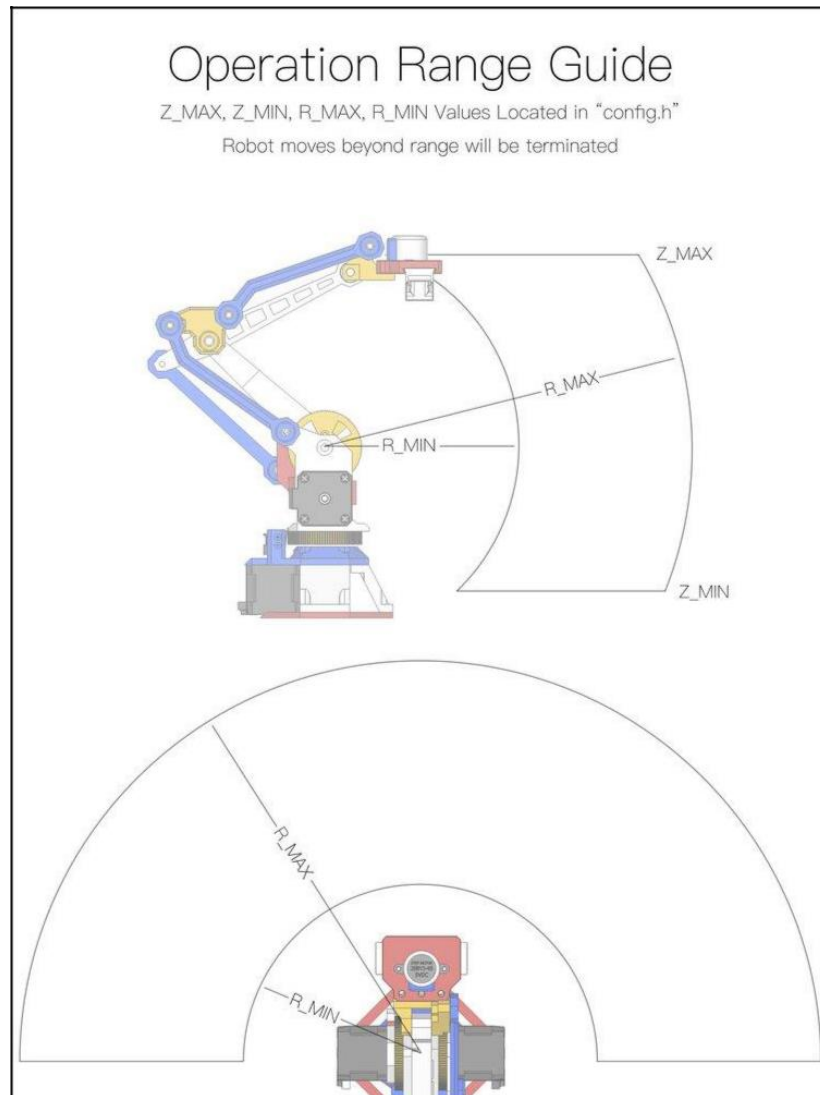
3. Problem, ki smo ga opazili je, da če navoje za vijake vrežemo direktno v plastiko čez čas popustijo in ne držijo več vijaka. To bi rešili z vložki z navoji. Ti so tako močni, da se po navadi vda plastika pred navojem saj so narejeni iz bakra. Ampak, bi morali nato prilagoditi modele ter jih ponekod morali narisati na novo, da bi povečali luknje za vložke.



Slika 80: Vložki z navoji

7 Ugotovitve

H1: Roka bi lahko bila koristna v industriji; Hipotezo smo ovrgli saj je roka prešibka, da bi lahko koristila v industriji. Navor koračnega motorja brez prenosa moči je 0.2Nm kar je izredno malo, povečamo ga z dvema zobnikoma na 0.71 kar je še vseeno premalo za uporabo v industriji. To bi lahko rešili z uporabo močnejših motorjev. Tudi velikost roke je premajhna, da bi koristila v industriji, njeno delovno območje lahko vidimo na sliki.



Slika 81: Delovno območje roke

H2: Konstrukcija bo 3D natisnjena, natisnili jo bomo sami;

Hipotezo smo potrdili. Konstrukcijo smo natisnili na našem 3D tiskalniku. Če bi se ponovno odločali bi storili isto saj smo nekatere dele morali večkrat natisniti zaradi, uničenih navojnih lukenj ali pa so bili deli premajhni. Če bi dali dele tiskati v podjetje bi to trajalo dolgo časa in bil bi velik finančni zalogaj.

IZDELAVA ROBOTSKE ROKE

H3: Roka bo enostavna za uporabo, sestavi in uporablja jo lahko vsak brez predhodnega znanja; Hipotezo smo ovrgli saj je roka kljub dokaj lahkemu sestavljanju in vezanju izredno težka za uporabo, saj si mora uporabnik

8 Zaključek

V prvem delu naloge smo splošno opisali robotiko in avtomatizacijo, podrobneje pa smo spoznali sestavne dele in vrste robotski rok. Nato smo predstavili tehnike in orodja, ki smo jih uporabili. Spoznali smo vrste in različne filamente za 3D tiskanje. Sledile so komponente, ki smo jih uporabili vse od mikrokrmilnika pa do gonilnikov za koračne motorje. Nadaljevali smo z tiskanjem, sestavljanjem, vezanjem in programiranjem roke. Na koncu pa smo našo nalogo analizirali in potrdili oz. Ovrgli hipoteze.

Izdelava naloge je izredno pripomogla našemu znanju in razumevanju robotike. Spoznali smo kako robotske roke delujejo, različne načine tiskanja, kateri filament ali material se uporabljajo ipd. Največ znanja pa smo pridobili z izdelavo izdelka, tukaj smo videli na praktičnem primeru sestavljanje, programiranje in delovanje. Ob izdelavi se nam je porodilo veliko idej kako bi izdelek lahko nadgradili, kar ga bomo saj nas je tema navdušila.

9 Bibliografija

- 3djake.si*. (4. 3 2021). Pridobljeno iz <https://www.3djake.si/info/svetovalec/filamenti-za-3d-tiskanje-iz-skupine-verbatim>
- 3dsvet.eu*. (25. 3 2021). Pridobljeno iz <https://www.3dsvet.eu/kaj-je-arduino/>
- 3dtechno.in*. (3. 4 2021). Pridobljeno iz https://www.3dtechno.in/media/catalog/product/cache/1/thumbnail/600x/17f82f742ffe127f42dca9de82fb58b1/i/m/image_1_1.jpg
- all3dp.com*. (18. 1 2021). Pridobljeno iz <https://all3dp.com/1/3d-printer-filament-types-3d-printing-3d-filament/>
- arrow.com*. (6. 3 2021). Pridobljeno iz [https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/arduino-uno-vs-mega-vs-micro#:~:text=Arduino%20boards%20use%20SRAM%20\(Static,manipulate%20variables%20when%20it%20runs.](https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/arduino-uno-vs-mega-vs-micro#:~:text=Arduino%20boards%20use%20SRAM%20(Static,manipulate%20variables%20when%20it%20runs.)
- bb.si*. (19. 2 2021). Pridobljeno iz https://bb.si/sites/default/files/uploads/files/diplome/krizmanic_borut_-_diplomska_naloga.pdf
- cloudfront.net*. (15. 3 2021). Pridobljeno iz <https://d17kynu4zpq5hy.cloudfront.net/igi/e3d-online/gJAn3Ua6ecCIRGUY.huge>
- dijaski.net*. (14. 2 2021). Pridobljeno iz https://dijaski.net/gradivo/mht_sno_robotika_03__zapiski
- e3d-online.dozuki.com*. (1. 3 2021). Pridobljeno iz <https://e3d-online.dozuki.com/Guide/VREF+adjustment+A4988/92>
- electroschematics.com*. (3. 4 2021). Pridobljeno iz <https://www.electroschematics.com/wp-content/uploads/2013/01/Arduino-Mega-ADK-Pinout.jpg?resize=550%2C268>
- fe.uni-lj.si*. (27. 3 2021). Pridobljeno iz <https://www.fe.uni-lj.si/mma/robotika-bro%C5%A1lura-2019/2019021114013591/>
- howtomechatronic.com*. (14. 2 2021). Pridobljeno iz <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-control-stepper-motor-with-a4988-driver-and-arduino/>

joy-it.net. (21. 3 2021). Pridobljeno iz

<https://joy-it.net/files/files/Produkte/NEMA17-03/Datasheet%20NEMA17-03.pdf>

lastminuteengineers.com. (3. 4 2021). Pridobljeno iz

<https://lastminuteengineers.com/wp-content/uploads/arduino/A4988-Stepper-Motor-Driver-Pinout.png>

m.media-amazon.com. (3. 4 2021). Pridobljeno iz [https://m.media-](https://m.media-amazon.com/images/I/416lurEd5iS._SL500_.jpg)

[amazon.com/images/I/416lurEd5iS._SL500_.jpg](https://m.media-amazon.com/images/I/416lurEd5iS._SL500_.jpg)

motioncontroltips.com. (20. 1 2021). Pridobljeno iz [https://www.motioncontroltips.com/faq-](https://www.motioncontroltips.com/faq-what-are-stepper-drives-and-how-do-they-work/)

[what-are-stepper-drives-and-how-do-they-work/](https://www.motioncontroltips.com/faq-what-are-stepper-drives-and-how-do-they-work/)

munus2.scng.si. (12. 3 2021). Pridobljeno iz

https://munus2.scng.si/files/2009/09/MUNUS_ROBOTIKA_GLAMNIK_VEBER_SCCELJE-2.pdf

pef.uni-lj.si. (12. 4 2021). Pridobljeno iz

Pedagoška fakulteta: <http://www.pef.uni-lj.si/slavkok/studgrad/Robotika2016.pdf>

sraric4.arrow.com. (3. 4 2021). Pridobljeno iz

https://static4.arrow.com/-/media/arrow/images/miscellaneous/1/1217_comparison_table_820.jpg?h=392&w=820&la=en&hash=75FEBE0309AB240B16CBF8643AC8CFDDD04E29BB

thingiverse.com. (20. 1 2021). Pridobljeno iz

<https://www.thingiverse.com/thing:1718984/makes>

tipteh.si. (12. 3 2021). Pridobljeno iz

<https://www.tipteh.si/koracni-motorji/>

wpengine.netdna-ssl.com. (3. 4 2021). Pridobljeno iz

<https://314sbp4ao2771ln0f54chhvm-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2015/06/FAQ-drives-stepper-1-1.png>