

ŠOLSKI CENTER VELENJE  
ŠOLA ZA STROJNIŠTVO, GEOTEHNIKO IN OKOLJE  
TRG MLADOSTI 3, 3320 VELENJE  
MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

**RAZISKOVALNA NALOGA**  
**IZDELAVA DELTA ROBOTA**

Tematsko področje: aplikativni inovacijski predlogi in projekti

Avtorja:

Robert Šeliga, 4. letnik

Jan Virbnik, 4. letnik

Mentor:

Jože Hrovat, dipl. inž.

Somentor:

Stanislav Glinšek, inž.

Velenje, 2021

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Šolskem centru Velenje, Šoli za strojništvo, geotehniko in okolje.

Mentorja: Jože Hrovat, dipl. inž.

Stanislav Glinšek, inž.

Datum predstavitve: april 2021

## **KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

ŠD Srednja šola za strojništvo, geotehniko in okolje, 2020/2021

KD Izdelava robota / Delta X robot / robotsko programiranje / nizkocenovni / 3D tisk

AV Robert Šeliga, Jan Virbnik

SA HROVAT Jože, Stanislav Glinšek

KZ 3320, Velenje, SLO, Velenje

ZA Srednja šola za strojništvo, geotehniko in okolje

LI 2021

## **IZDELAVA DELTA ROBOTA**

TD Raziskovalna naloga

OP V, 40 strani, 2 preglednici, 36 slik, 10 virov

IJ sl

JI sl / en

AI

Ko pomislimo na industrijske robote, si večina predstavlja členkastega robota, ki vari ali pa prestavlja težke palete. Nekateri pomislijo tudi na robota vrste Scara, ki bliskovito hitro pobira in sestavlja elektronske komponente. V naprednih proizvodnih okoljih pa se zadnja leta vse pogosteje pojavlja robot povsem drugačne oblike - delta (paralelni) robot. Zaradi svoje zasnove in lahke konstrukcije zmore izredne pospeške, hitrost 10 m/s in več kot dva cikla na sekundo. Te prednosti vedno bolj izkoriščajo proizvajalci živil, farmacevtskih izdelkov, elektronike, kozmetike, medicinskih pripomočkov... . V raziskovalni nalogi sva si zadala cilj, da izdelava pravega delta robota, ki bo imel večino lastnosti, ki jih imajo industrijski delta roboti. Robot bo krmiljen s krmilnikom arduino, vsi plastični deli pa bodo izdelani s tehnologijo 3D tiskanja.

## **KEY WORDS DOCUMENTATION**

ND Srednja šola za strojništvo, geotehniko in okolje, 2020/2021

CX Izdelava robota / Delta X robot / robotsko programiranje / niskocenoven / 3D tisk

AU Robert Šeliga, Jan Virbnik

AA HROVAT Jože, Stanislav Glinšek

PP 3320, Velenje, SLO, Velenje

PB High-school for engineering, geotechnical engineering and environment

PY 2021

## **PRODUCTION OF A DELTA ROBOT**

DT Research work

NO V, 40 pages, 2 tabels, 36 pictures, 10 references

LA sl

AL sl / en

AB

When we think about industrial robots, most of us imagine articulated robot that welds or moves heavy objects. Some think about the Scara robots that are very fast at moving and assembling electronic components. In advanced production environments a robot of a completely different shape known as delta robot has appeared in recent years. Because of its concept and light weight construction it can move incredibly fast (up to 10m/s). These advantages are used more and more in processing food, making pharmaceutical products and cosmetics, manufacturing electronics and medical gadgets. The aim of our research study was to produce a real delta robot that will have the same abilities as other robots. The robot will be controlled with a Arduino controller and all plastic parts will be made with the help of a 3D technology.

## VSEBINA

1.	UVOD .....	1
1.1	Zakaj takšna raziskovalna naloga?.....	1
1.2	Hipoteze .....	1
2.	TEORETIČNE OSNOVE .....	2
2.1	Vrste robotov .....	2
2.2	Vzroki za uvajanje robotizacije.....	4
2.3	Kinematika .....	5
2.4	Tipi segmentov in sklepov .....	5
2.5	Zunanje in notranje spremenljivke robota .....	6
2.6	Vrste robotov glede na kinematiko .....	8
2.7	Sestava robotov .....	11
2.8	Robotska prijemala .....	11
3.	SESTAVA IN DELI NAJINEGA ROBOTA .....	13
3.1	Iskanje načrta za izdelavo .....	13
3.2	Tehnične značilnosti robota .....	14
3.3	USB vmesnik .....	14
3.4	Bluetooth.....	14
3.5	Načrti in programska oprema za robota.....	15
3.6	Tiskanje in sestava robota.....	16
3.7	Izbira krmilnika in nalaganje softwara.....	20
3.8	Nalaganje programa na arduino krmilnik .....	21
3.9	Sestavni deli najinega robota za večjo preglednost .....	26
3.10	Prijemalo za robota.....	27
3.11	Nalaganje delta X programa za krmiljenje robota.....	28
3.12	Programiranje robota.....	29
4.	PROGRAM ROBOTA.....	32
5.	ZAKLJUČEK IN RAZPRAVA .....	34
6.	VIRI.....	36
7.	PRILOGE .....	37
7.1	PRILOGA A: Slika najinega robota .....	37
7.2	PRILOGA B: Slika najinega robota.....	38
7.3	PRILOGA C: Slika robota, ki je naprodaj na spletu.....	39
7.4	PRILOGA D: Slike modelov v STL formatu, namenjenih za 3D tisk .....	40

## KAZALO SLIK

<i>Slika 1:</i> Vzroki za uvajanje robotizacije.....	4
<i>Slika 2:</i> Rotacijski in translacijski sklep.....	6
<i>Slika 3:</i> Enačba za računanje spremenljivk.....	6
<i>Slika 4:</i> Koordinatni sistemi robotske celice.....	7
<i>Slika 5:</i> Direktna kinematika.....	7
<i>Slika 6:</i> Kartezični robot.....	8
<i>Slika 7:</i> Cilindrični robot.....	8
<i>Slika 8:</i> Sferični robot.....	9
<i>Slika 9:</i> Delovni prostor Scar robota.....	9
<i>Slika 10:</i> Skica scara robota.....	9
<i>Slika 11:</i> Kombinirani robot.....	10
<i>Slika 12:</i> Paralelni robot in delovni robot.....	10
<i>Slika 13:</i> Sestava robota.....	11
<i>Slika 14:</i> Delitev mehanskih prijemal po VDI 2740.....	12
<i>Slika 15:</i> Skica sestave robota.....	13
<i>Slika 16:</i> USB 2.0 kabel.....	14
<i>Slika 17:</i> Osnovna stran za izdelavo robota.....	15
<i>Slika 18:</i> Modeli za 3D tisk.....	16
<i>Slika 19:</i> Stran za prenos kode za krmilnik.....	16
<i>Slika 20:</i> Na novo skonstruirana ročica v programu SolidWorks.....	17
<i>Slika 21:</i> 3D printer.....	17
<i>Slika 22:</i> Sestavni del motorja.....	18
<i>Slika 23:</i> Sestavni del motorja.....	18
<i>Slika 24:</i> Sestavni del motorja 17HS84015.....	19
<i>Slika 25:</i> Karbonske palice.....	19
<i>Slika 26:</i> Končno stikalo.....	20
<i>Slika 27:</i> Arduino mega 2560 in ramp 1.4 (staro).....	20
<i>Slika 28:</i> Arduino krmilnik MKS GEN LV 1.0 (nova varianta) in gonilniki A4988.....	21
<i>Slika 29:</i> Spletna stran Arduino.....	21
<i>Slika 30:</i> Spletna stran za tovarniške kode.....	22
<i>Slika 31:</i> Program za delta X robota.....	23
<i>Slika 32:</i> Arduino krmilnik MKS GEN LV 2.1 v ohišju.....	24
<i>Slika 33:</i> Arduino krmilnik, priklop kablov.....	25
<i>Slika 34:</i> Stojalo robota, izdelano iz AL profilov.....	25
<i>Slika 35:</i> Kočni izdelek, robot.....	26
<i>Slika 36:</i> Prijemalo, montirano na robota, in servo motor za prijemalo MG90S.....	27
<i>Slika 37:</i> Končni izdelek, robot.....	28
<i>Slika 38:</i> Mesto za prenos programa.....	28
<i>Slika 39:</i> Delovno okno programa Delta X v0.9.5.....	29
<i>Slika 40:</i> Program za delovanje robota.....	33
<i>Slika 41:</i> Upravljanje s strojnim vidom.....	35
<i>Slika 42:</i> Primer sledenja tekočemu traku.....	35

**KAZALO TABEL**

<i>Tabela 1:</i> Tehnične značilnosti robota .....	14
<i>Tabela 2:</i> Sestavni deli robota.....	27

## 1. UVOD

Sva Robert Šeliga in Jan Virbnik in sva dijaka srednje šole za strojništvo, geotehniko in okolje. V tem šolskem letu sva se vpisala k izbirnemu predmetu robotika, kjer smo se učili pisanja programov za upravljanje robotov. Robotika naju je zelo navdušila, zato sva se domislila, da bi izdelala posebnega robota in zanj napisala tudi program. Najin cilj je bil izdelati robota z malimi stroški in visokimi zmogljivostmi. Namen robota je praktična vadba na njem.

### 1.1 Zakaj takšna raziskovalna naloga?

V bližini robotov se počutiva izpopolnjena, saj lahko premikava meje in si zastavljava nove cilje. V tem letu sva se veliko naučila o robotih in njihovem delovanju. Opazila sva, da bi v učilnici prišel prav še kakšen delta robot, ki bi ga dijaki lahko videli, se na njem lahko učili ter s tem izpopolnili svoje znanje. Zato sva se posvetovala s profesorjem, ki se je s predlogom takoj strinjal. Naš cilj je bil, da se izdela hiter in natančen robot, na katerem bodo dijaki lahko vadili.

### 1.2 Hipoteze

Pri izdelavi delta robota sva si zadala štiri hipoteze, ki jih bova v nalogi potrdila ali ovrgla:

- Izdelati je možno delujočega delta X robota.
- Robot bo imel 3 osi, prijemalo in dodatno 4. os na prijemalu.
- Robot bo manipuliral s predmeti in risal s pisalom.
- Robot bo primeren za uporabo v šoli.



## 2. TEORETIČNE OSNOVE

### 2.1 Vrste robotov

V dobi hitrega razvoja in novih tehnologij se, poleg industrijskih robotov, roboti uveljavljajo tudi na drugih področjih, npr. v medicini, vojski, gospodinjstvu in vsepovsod, kjer se pojavlja potreba, da se človeku z njihovo uporabo olajša delo in življenje. 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 količin v okolici. Veliko omenjenih sistemov izhaja iz razvojnega okolja vojske in podobnih organov, kjer razvijajo zmogljive sisteme za moderno bojevanje.

#### Industrijski roboti

Inštalirajo in uporabljajo se v industrijskih aplikacijah, kjer so delovni pogoji za človeka slabi, to pomeni, kjer se pojavljajo plini, visoke temperature, velike mase in ponavljajoče se monotono delo. Glavni razlog za uporabo industrijskih robotov je torej razbremenitev človeka, pomembni dejavniki pa so tudi konkurenčnost, kakovost in prihodek podjetja. Industrijski roboti se uporabljajo za strego in manipulacijo, paletizacijo, varjenje, barvanje, meritve in druge avtomatizirane aplikacije. V Evropi so med znanimi proizvajalci Kuka, ABB, Yaskawa Motoman, Fanuc, Mitsubishi, Reis, Staubli, Kawasaki, Otc, Denso, Nachi, Epson, Skilled, RRR, Hyundai idr.. Med industrijske robote štejemo kombinirane robote, Scara robote, colaborativne robote, kartezijske robote in tudi delta robote, ki so tema najine naloge.

#### Delta roboti

Delta, oz. paralelni robot je povsem drugačen od serijsko povezanih robotov vrste scara in kartezijskih robotov. Osnovna ideja delta robota je uporaba (treh) paralelogramov, ki so zglobno pritrjeni na zgornjem osnovnem delu, spodaj pa povezani na gibljivo ploščo, na kateri je nameščeno prijemalo, orodje ali drug pripomoček, oziroma naprava. Pogoni (motorji) paralelogramov so na fiksnem zgornjem delu, kar pomeni, da se med delovanjem robota ne premikajo. Premikajo se samo "roke", ki so običajno izdelane iz lahkih kompozitnih materialov. Hitrosti premikanja »orodja« so velike, prav tako je velika njegova natančnost. Edinstvena konstrukcija delta robota omogoča nežno, hitro in natančno manipuliranje s predmeti v treh premočrtnih oseh, za vrtenje pa poskrbi dodatna četrta os. Za vse to je seveda potreben zmogljiv krmilnik, zmožen zelo hitre obdelave formul, ki izračunavajo potrebne servopomike za premike od ene do druge točke v prostoru. Gre za kompleksno nalogo prostorske geometrije

Delta X robote je izumil Reymond Clavel, profesor strojništva na Zveznem inštitutu za tehnologijo v Lozani (EPFL), ki je leta 1985 izumil robota nenavadne oblike, ki je zelo hitro "rokoval" z lahkimi in majhnimi predmeti. Kot se večkrat zgodi, za novi izum ni bilo posebnega zanimanja. Potencialnim interesentom se je zdel njegov videz "dežnika" nenavaden, fina struktura pa premalo robustna. Tudi potem, ko je bila prodana prva patentna licenca (1987), za novega robota ni bilo takega zanimanja, kot ga je pričakoval njegov izumitelj. Prav tako ni bistveno naraslo v obdobju veljave patenta, ko so si pravico do njegovega izkoriščanja zagotovila le tri podjetja: Demaurex SA, SIG Pack in ABB Fleksibilna avtomatizacija.

Eden prvih delta robotov je bil FlexPicker IRB 340, ki ga je leta 1999 izdelala korporacija ABB. Robot z delovnim območjem premera 1130 mm in višine 300 mm zmore največjo hitrost 10 m/s. V uporabi jih je že več kot 4000 in opravljajo najrazličnejša opravila. Pobirajo in pakirajo piškote, preste, krekerje, salamo, sir, zdravila, cepiva... .

Poleg industrijskih robotov pa poznamo še:

- **Mobilne robote**

Mobilni roboti sledijo črni črti na podlagi, se avtonomno pomikajo v labirintu in se jih uporablja za reševanje. Namenjeni so predvsem spoznavanju robotike med učenci, dijaki in študenti. V ta namen se organizirajo različna lokalna, regijska in državna tekmovanja.

- **Avtonomne avtomatizirane vozičke**

Uporabljajo se v industriji za prevoz materiala iz določenega proizvodnega sklopa v drugi proizvodni sklop. Delujejo popolnoma avtomatizirano. To omogoča nadzorni sistem, ustreza sensorika, ki zaznava ovire v okolici, ter sensorika za vodenje (GPS, sledenje vodniku v podlagi, sledenje črti, ...).

- **Robotske sesalnike**

So avtonomni roboti, ki se gibljejo v prostoru in sesajo prah ter manjše smeti. Sestavljeni so iz mehanske konstrukcije, robotskega krmilnika ter kontaktnih in ultrazvočnih senzorjev, ki zaznavajo stene in ovire. Omogočajo avtonomno gibanje v prostoru, programiranje delovnih ciklov in samodejno polnjenje akumulatorske enote.

- **Robotske kosilnice**

So glede na način delovanja zelo podobne robotskemu sesalniku. Avtonomno se gibljejo po zelenici in kosijo travo. Običajno moramo okoli zelenice napeljati posebno žico, ki jo kosilnica s pomočjo senzorjev zazna in tako določi svoje delovno območje. Sodobne robotske kosilnice imajo tudi solarni modul za polnjenje akumulatorske enote.

- **Humanoidne robote**

Po svoji konstrukciji in izgledu so zelo podobni človeku. Sodobni humanoidni robot, kot je npr. Honda Asimo, se je sposoben gibati podobno kot človek, poleg tega pa lahko teče s hitrostjo 6 km/h. Smernice razvoja robotov gredo v smeri asistiranja človeku pri vsakdanjih opravilih. Robot lahko pred seboj pomika voziček s hrano, lahko nosi pladenj, pločevinke, skodelice in podobno. Poleg tega razpozna govor in mimiko človeka. Konstrukcija robota je zelo zapletena, saj je zelo težavno zagotoviti usklajeno gibanje sklepov, posebej problematična je hoja po stopnicah. V ta namen je potrebno meriti naklon (žiroskop) in pozicijo v prostoru (strojni vid-kamere). Glede na to, da nas lahko robot prime za roko, lahko ugotovimo, da ima zelo precizno mehaniko roke ter ustrezno sensoriko. Cel sistem nadzoruje tehnološko zelo dovršen krmilni računalnik.

- **Medicinske kirurške robote**

Robot za izvajanje operacij je voden preko posebne haptične naprave, ki jo upravlja kirurg, z njo vodi posamezno os in robotska orodja. Kamera mu omogoča primerno povečavo. Prednost

omenjenega sistema je hitrejša okrevanje bolnika, ker se operacija izvaja preko posebnih cevok, v katere so vstavljena robotska orodja. Zaradi tega je veliko manj rezov in ran, posledično pa bolnik hitreje okreva.

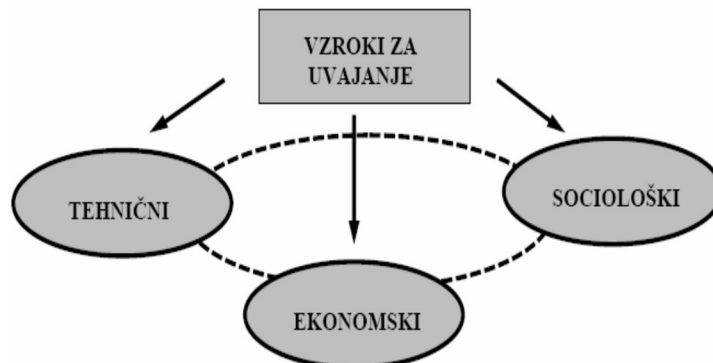
### ▪ Vojaške robote

Večina sodobne tehnologije izvira iz vojaškega okolja, v vojaški industriji so razvili tudi posebne vojaške robote. Lahko se uporabljajo za deaktivacijo bomb in min, za reševanje ali pa preprosto nadomestijo vojaka v boju. Vodeni so preko posebnega brezžičnega sistema in kamere, preko katere spremljamo dogajanje.

## 2.2 Vzroki za uvajanje robotizacije

Čeprav so roboti v današnjem času že nekaj povsem samoumevnega, se moramo vseeno vprašati, kateri so osnovni vzroki za tako hiter razvoj robotizacije na že skoraj vseh možnih področjih. Vzroke lahko globalno razdelimo na tri glavne skupine: tehnični, ekonomski in sociološki.

*Slika 1* prikazuje vse tri glavne skupine vzrokov, ki so posredno med sabo povezane. Velja namreč, da se vzrok iz ene skupine neposredno ali vsaj posredno pojavi tudi v vsaj eni izmed ostalih dveh kategorij vzrokov.



*Slika 1:* Vzroki za uvajanje robotizacije

Vir: Delovni zvezek za robotiko

Naštejmo le nekaj glavnih vzrokov iz posamezne omenjene kategorije.

Tehnični vzroki za uvajanje robotizacije so: večja zanesljivost delovanja, enakomernost oziroma hitrost dela, adaptivnost (hitro spreminjanje izdelkov), večja kvaliteta izdelka, večja natančnost izdelka, ergonomija (dolgotrajno delo, velika bremena), večja zadostitev tehničnih zahtev kot pri človeku.

Med ekonomske vzroke prištevamo: večji zaslužek oziroma dobiček zaradi večje produktivnosti, nižanje produkcijskih stroškov, hitrejša obračanja kapitala, pomanjkanje

delovne sile, racionalizacija (uspeh v boju proti konkurenci), krajša amortizacijska doba, večja rentabilnost.

Sociološki vzroki pa so: neprimerno delovno okolje (npr. vročina, strupi, umazanija), večanje življenjskega standarda s tem, ko človeku ni treba opravljati monotonih del, povečani varnostni ukrepi, strožja zakonodaja.

### **2.3 Kinematika**

Kinematika je del mehanike, ki se ukvarja z gibanjem, ne da bi se zanimala za sile, ki so to gibanje povzročile. Gibanje opišemo s potjo, hitrostjo in pospeškom. V robotiki nas predvsem zanimata pot in hitrost. Oba parametra merimo s senzorji v sklepih robotov. V sklepih robota merimo pot kot zasuk rotacijskega sklepa ali razdaljo translacijskega sklepa. Spremenljivke v sklepih imenujemo tudi notranje koordinate robotskega mehanizma. Pozicijo in orientacijo zadnjega segmenta robota (trajektorijo) opisujejo zunanje koordinate. Preračunavanje zunanjih koordinat iz notranjih in obratno sta osrednja problema robotske kinematike.

Kinematiko robota lahko delimo na:

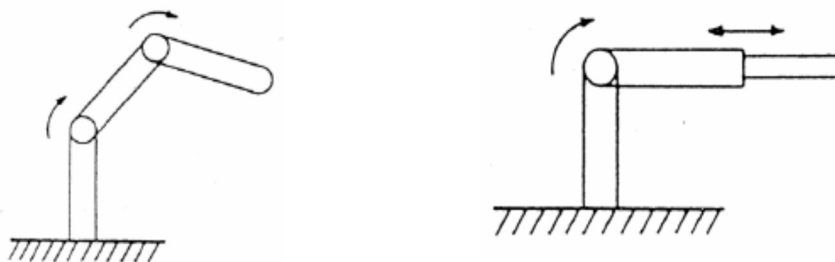
- direktno kinematiko
- inverzno kinematika
- dinamiko.

### **2.4 Tipi segmentov in sklepov**

Vsak industrijski robot ima določeno število sklepov, ki so med seboj povezani s segmenti robotskega mehanizma. Velja, da vsak robotski sklep povezuje dva sosednja robotska segmenta. Sklep zaradi svoje omejene gibljivosti omogoča samo rotacijski ali linearni pomik. Govorimo o rotacijskih in translacijskih sklepih.

Rotacijski sklep ima obliko tečaja in omejuje gibanje dveh sosednjih segmentov na rotacijo okrog skupne osi. Relativni trenutni položaj in spremembo položaja rotacijskega sklepa podamo v enotah rotacije oziroma kotnega zasuka (radiani, stopinje).

Translacijski sklep omejuje gibanje dveh sosednjih segmentov na njegov medsebojni premi pomik – translacijo. Relativni trenutni položaj in spremembo položaja translacijskega sklepa podamo v enotah razdalje oziroma premege pomika (milimetri).



Slika 2: Rotacijski in translacijski sklep

Vir: Delovni zvezek za robotiko

## 2.5 Zunanje in notranje spremenljivke robota

Z zunanjimi spremenljivkami robota opisujemo položaj in orientacijo vrha robota v nekem prostoru, ki mu pravimo robotsko okolje. Najpogosteje uporabljamo določanje položaja in orientacije s pomočjo klasičnega kartezijevega koordinatnega sistema. Glede na izbrano izhodišče določimo položaj vrha robota s pomočjo vrednosti v smereh x, y in z. Orientacija je določena z vrednostmi zasuka okoli posameznih osi (x, y in z).

Z notranjimi spremenljivkami robota opisujemo trenutne vrednosti posameznih robotskih sklepov. Neka vrednost notranjih spremenljivk se izraža s tem, da robot oz. njegov vrh zavzame nek določen položaj. Za določen položaj in orientacijo vrha robota potrebujemo določene vrednosti notranjih spremenljivk posameznih sklepov robota.

Zunanje in notranje spremenljivke robota so med seboj povezane preko Jacobijeve matrike. Jacobijeva matrika je neka splošna matematična funkcija, ki je vezana na določen robotski mehanizem, in je zelo pomembna za samo analizo načina gibanja robota.

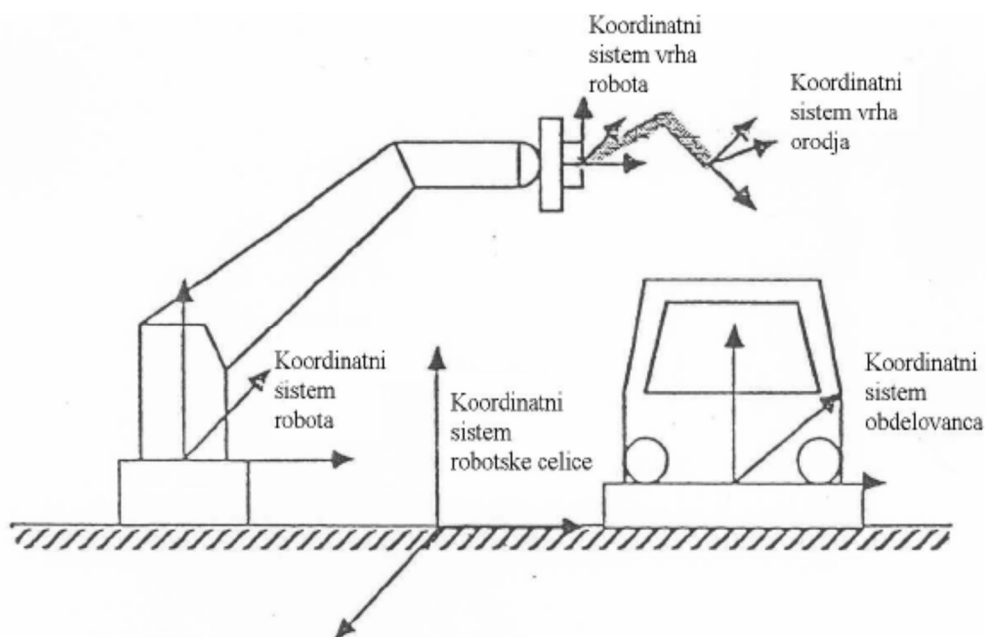
$$\Delta \underline{x} = \underline{J}(\underline{q}) \Delta \underline{q}$$

$\Delta \underline{x}$	sprememba, izražena v zunanjih spremenljivkah
$\Delta \underline{q}$	sprememba, izražena v notranjih spremenljivkah
$\underline{J}$	Jakobijanova matrika

Slika 3: Enačba za računanje spremenljivk

Vir: Gradivo za robotiko

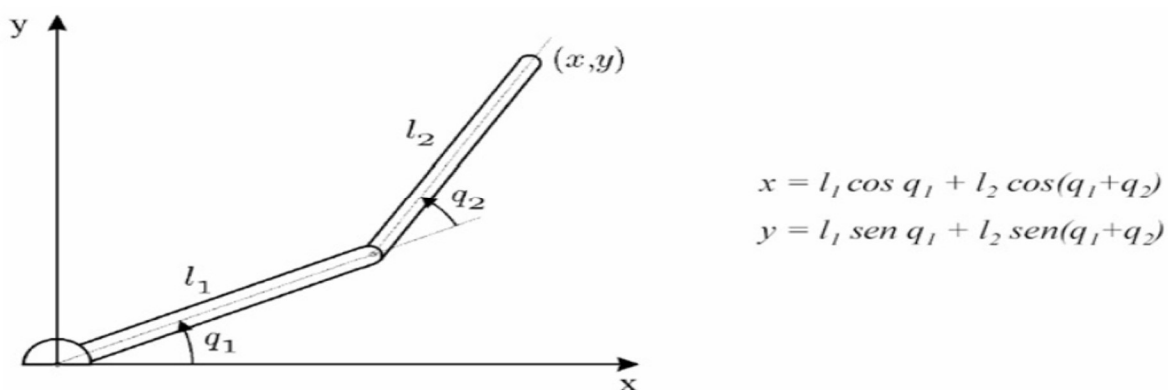
Na sliki spodaj (glej *slika 4*) so prikazani različni možni koordinatni sistemi neke robotske celice. Od uporabnika je odvisno, kateri koordinatni sistem mu najbolj ustreza. Zaradi lažjega dela so pogosto osi posameznih koordinatnih sistemov v enakih smereh.



Slika 4: Koordinatni sistemi robotske celice  
Vir: Delovni zvezek za robotiko

Direktna kinematika se ukvarja z računanjem položaja končne točke (vrha) manipulatorja iz notranjih koordinat manipulatorja.

Rešitev je enoumna:



Slika 5: Direktna kinematika  
Vir: Delovni zvezek za robotiko

Inverzna kinematika določa notranje koordinate iz znanega položaja vrha manipulatorja, pri čemer pa imamo več neznank kot znank, zato pa je možno več rešitev, ena rešitev ali nobena rešitev.

## 2.6 Vrste robotov glede na kinematiko

Obstaja kar nekaj različnih oblik industrijskih robotov, ki so s svojo zgradbo (strukturno) prilagojeni določenim tipom nalog.

### Kartezični robot

Kartezični robot je namenjen prestavljanju, sestavljanju, obdelavi z odvzemanjem materiala ter celo obločnemu varjenju. Robotska roka tega robota je zasnovana tako, da je gibanje možno le v smereh kartezičnih koordinat (v 3D prostoru, kjer so osi x /dolžina, y /širina ter z /višina pravokotne med seboj). Robot ima tri translacijske prostostne stopnje.



*Slika 6: Kartezični robot*

Vir: <https://images.app.goo.gl/4kc6BrQrFr6uRnZw6>

### Cilindrični robot

Ta robot se uporablja večinoma za rokovanje z izdelki ter točkovno varjenje. Prostostne stopnje robota so zasnovane tako, da tvorijo valjni (cilindrični) koordinatni sistem. Robot že ima eno rotacijsko stopnjo, ostali dve pa ostajata translacijski.

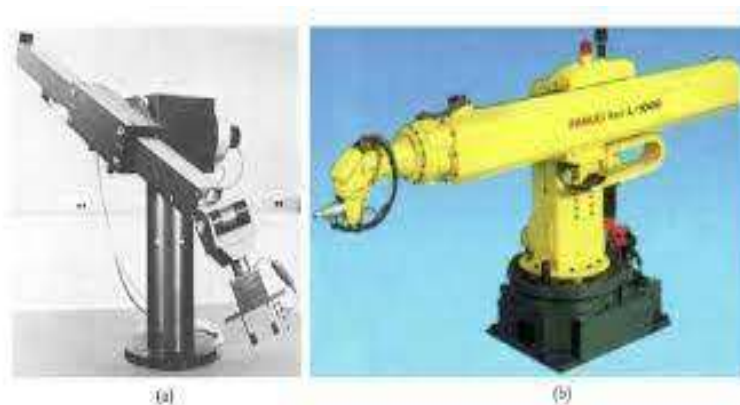


*Slika 7: Cilindrični robot*

Vir: <https://images.app.goo.gl/omHiTcDTwH6446748>

### Sferični robot

Sferični robot je imenovan tudi polarni robot, saj osi gibanja tvorijo polarni oz. krogelni koordinatni sistem. Robot ima dve rotacijski prostostni stopnji in le eno translacijsko, uporablja pa se predvsem za različne tipe varjenja.

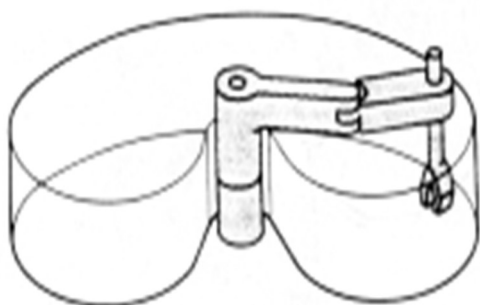


Slika 8: Sferični robot

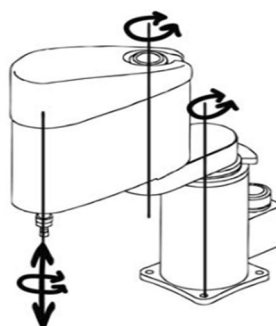
Vir: <https://images.app.goo.gl/kPYwiffA119qXtD17>

### Scara robot

Scara roboti predstavljajo velik del industrijskih robotov, namenjenih rokovanju z materialom ter sestavljanju izdelkov (t.i. pick and place). SCARA so kratice za *Selective Compliance Articulated Robot Arm*, kar v prevodu pomeni: artikurirana (členkasta) robotska roka z izbirno podajnostjo. Ti roboti so največkrat opremljeni tudi s strojnim vidom, odlikuje pa jih izredno velika hitrost premikanja, dobra ponovljivost gibanja in točnost doseganja točk. SCARA robot ima dve rotacijski prostostni stopnji, ki delujeta v isti, horizontalni ravnini, tretji, translacijski sklep, pa omogoča premikanje vrha robota pravokotno na to ravnino. Prav ta struktura omogoča večjo podajnost (mehkobo) glede na sile, ki delujejo v ravnini prvih dveh sklepov. Tako je robot bolj fleksibilen, kar omogoča, da se upogne in s tem kompenzira nenatančno pozicioniranje pri nalogah, ki zahtevajo tesno prilaganje delov za sestavljanje.



Slika 9: Delovni prostor Scara robota

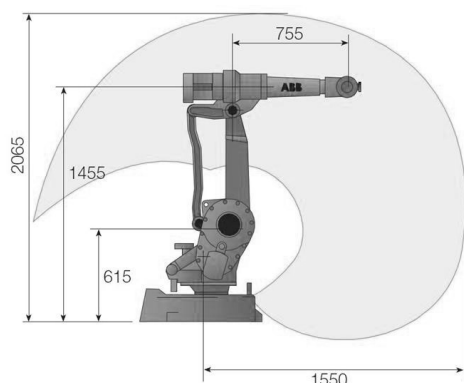


Slika 10: Skica Scara robota



### Artikulirani robot - kombinirani robot

Artikulirani robot je robotski manipulator, sestavljen iz samih rotacijskih prostostnih stopenj oziroma sklepov in ima vsaj dva zaporedna rotacijska sklepa, ki se gibljeta okrog paralelnih osi. Ti sklepi so po navadi povezani v obliki odprte kinematične verige (vrh robota je povezan le z enim, prejšnjim sklepom), torej prejšnji sklep določa položaj naslednjega in ga obenem tudi podpira. Ti roboti imajo najširše območje uporabe in so primerni za veliko nalog, kot npr. za varjenje, barvanja, sestavljanje, premikanje, poliranje in podobno.



Slika 11: Kombinirani robot

### Paralelni robot - delta robot

Paralelni robot, pravimo mu tudi paralelni manipulator, je mehanizem v zaprto zanki kinematični verigi, kar pomeni, da je vrh robota povezan z vznožjem (bazo) robota preko več kinematičnih verig. Ti roboti so zaradi velikega števila "nog", ki podpirajo vrh robota, zelo strukturno trdni in natančni, predvsem pa tudi izjemno hitri. Uporabljajo se praviloma za manipulacijo objektov na tekočem traku v kombinaciji z uporabo strojnega vida, trenutno pa je popularna delta oblika.

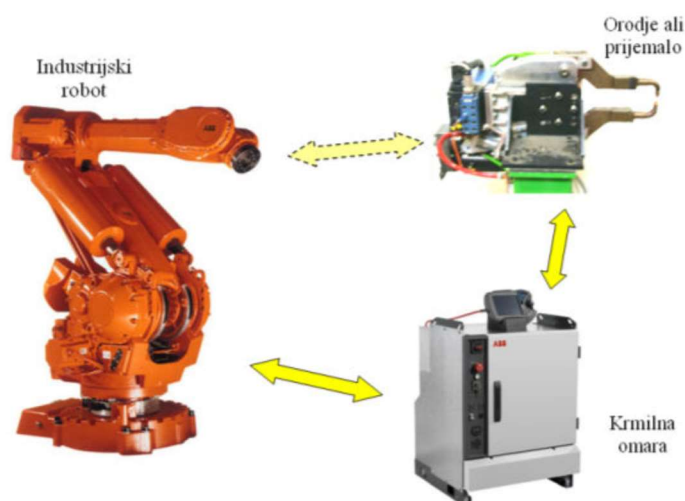


Slika 12: Paralelni robot ali delta robot

## 2.7 Sestava robotov

Robot je v osnovi sestavljen iz treh delov:

- mehanski del (segmenti, motorji, zavore)
- informacijski del (krmilnik, računalnik, umetna inteligenca)
- senzorji (sile, momenti, pospeški, hitrost, pomik, umetni vid idr.).



Slika 13: Sestava robota

## 2.8 Robotska prijemala

Robot sam po sebi ne more služiti namenu, dokler mu ne dodamo orodja. Orodje, ki je pritrjeno na robota, se v našem primeru imenuje robotsko prijemalo. Glavna naloga robotskega prijemala je povezava med prijetim predmetom in manipulatorjem.

Robotsko prijemalo mora izpolnjevati nalogo prijemanja, držanja in izpuščanja med preusmeritvijo transporta obdelovanca oziroma surovine. Vsako prijemalo je treba skonstruirati za točno določen predmet, ki ga želimo prenašati po prostoru. Prenaša se en ali več enakih predmetov, ki so približno enake oblike, velikosti in teže.

Zaradi teh pogojev robotska prijemala ne spadajo k osnovni izvedbi robota, ampak se morajo za uporabnika za točno določeno področje uporabe na novo razviti.

Robotska prijemala so v večini primerov slabši posnetek človeške roke. Na splošno jih lahko razdelimo na naslednje podskupine: mehanska, vakuumska, magnetna in prijemala za posebne skupine.

### Mehanska prijemala

Mehanska prijemala pokrivajo zelo veliko delitveno področje. Delitev se lahko izvede po strukturnih, konstrukcijskih in funkcijskih namenih (glej *slika 14*).

	Mehansko prijemalo								
Število prijemalnih objektov	Enkratno prijemalo		Dvakratno prijemalo		Večkratno prijemalo		Dvojno prijemalo		Revolversko prijemalo
Princip prijema	Prstno prijemalo			Kleščasto prijemalo			Zaskočno prijemalo		
	Eno-prstno prijemalo	Dvo-prstno prijemalo	Več-prstno prijemalo	Škarjasto prijemalo	Vzporedno prijemalo	Ostala prijemala	Vzmetno obremenjeno	Masno obremenjeno	
Način prijema	Notranje prijemalo				Zunanje prijemalo				
Posebne zahteve	Prijemalo z ojačevalnikom moči		Samo-centrirno prijemalo		Samo-nastavljivo prijemalo		Prijemalo z fino nastavitvo		

Slika 14: Delitev mehanskih prijemal po VDI 2740

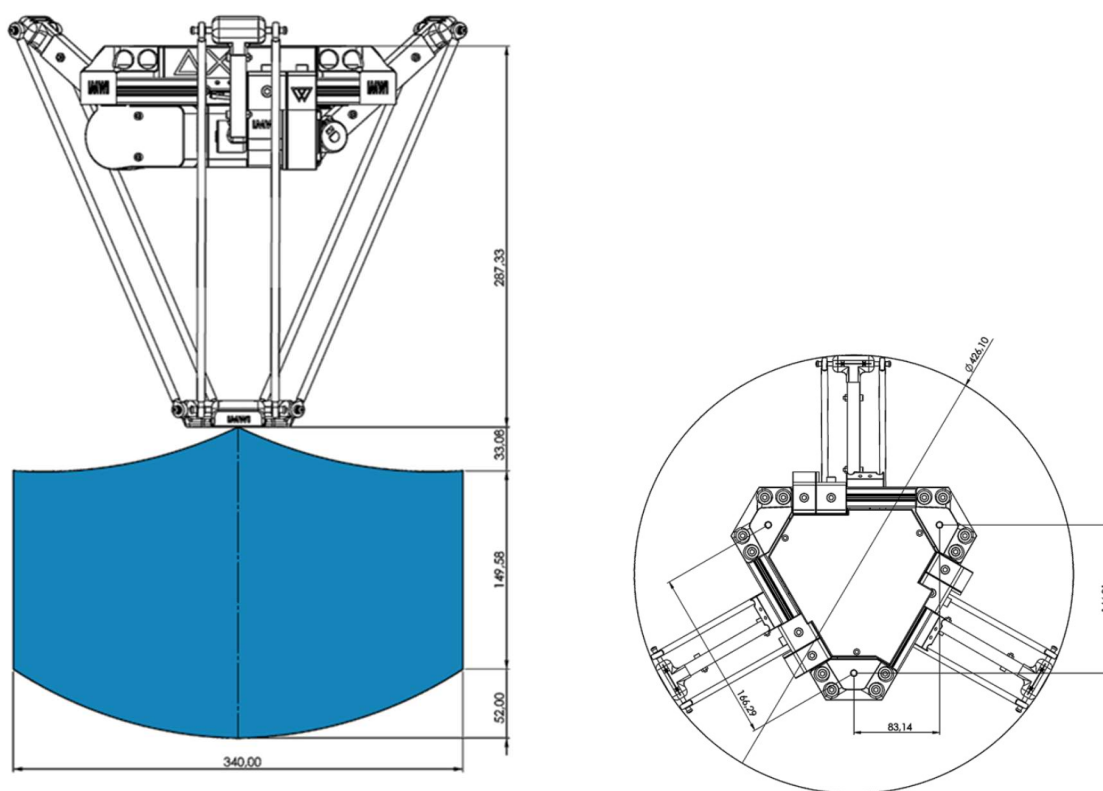
### 3. SESTAVA IN DELI NAJINEGA ROBOTA

Delta oz. paralelni robot je povsem drugačen od serijsko povezanih robotov vrste Scara in kartezijskih robotov. Osnovna ideja delta robota je uporaba (treh) paralelogramov, ki so zglobovno pritrjeni na zgornjem osnovnem delu, spodaj pa povezani na gibljivo ploščo, na kateri je nameščeno prijemalo, orodje ali drug pripomoček oziroma naprava. Pogoni (motorji) paralelogramov so na fiksnem zgornjem delu, kar pomeni, da se med delovanjem robota ne premikajo. Premikajo se samo "roke", ki so običajno izdelane iz lahkih kompozitnih materialov. Velike so tudi hitrosti premikanja "orodja", prav tako je velika njegova natančnost.

Na internetni strani *Delta X robots* sva našla navodila in skice za izdelavo robota, kar nama je bilo v veliko pomoč. Priložen je bil tudi program za krmilnik arduino, ki sva ga v tem izdelku uporabila.

#### 3.1 Iskanje načrta za izdelavo

Na internetni strani *Delta X robots* sva našla navodila in skice za izdelavo robota, kar nama je bilo v veliko pomoč. Priložen je bil tudi program za krmilnik arduino, ki sva ga v tem izdelku uporabila.



Slika 15: Skica sestave robota

Vir: <https://www.deltaxrobot.com/p/specifications.html>

### 3.2 Tehnične značilnosti robota

V tabeli 1 so predstavljene tehnične značilnosti robota.

<b>Točnost ponavljanja</b>	0.10 mm
<b>Natančnost določanja položaja</b>	0.15 mm
<b>Premjer delovnega prostora pri 320 – 470 mm</b>	340 mm
<b>Največja obremenitev</b>	500 g
<b>Masa</b>	3.5 Kg
<b>Največja hitrost</b>	0.7 m/s
<b>Največji pospešek</b>	8 m/s <sup>2</sup>
<b>Moč</b>	12V/5A

Tabela 1: Tehnične značilnosti robota

Povezava robota bo potekala preko USB vmesnika, lahko pa bi uporabila brezžično povezavo Bluetooth, a jo žal najin krmilnik ne omogoča.

### 3.3 USB vmesnik

USB adapter je vrsta pretvornika protokolov, ki se uporablja za pretvorbo podatkovnih signalov USB v in iz drugih komunikacijskih standardov. Običajno se USB adapterji uporabljajo za pretvorbo podatkov USB v standardne podatke serijskih vrat in obratno. Slaba lastnost te povezave je nezanesljivost prenosa, prednost pa primerna hitrost in nizka cena



Slika 16: USB 2.0 kabel

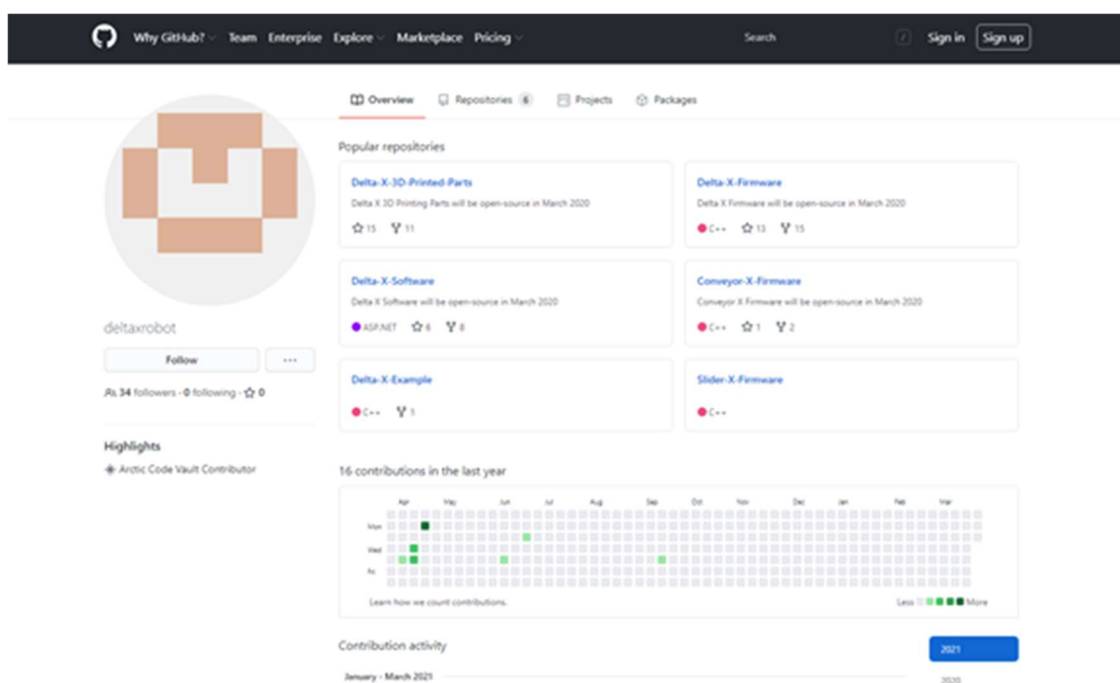
### 3.4 Bluetooth

Bluetooth ali modri zob je varna brezžična tehnologija za povezovanje različnih digitalnih elektronskih naprav na razdaljah do 400 metrov. Bluetooth je namenjen tako pošiljanju

elektronske pošte, prostoročnem telefoniranju in prenašanju datotek kakor tudi igranju igrice, brskanju po spletu in tiskanju.

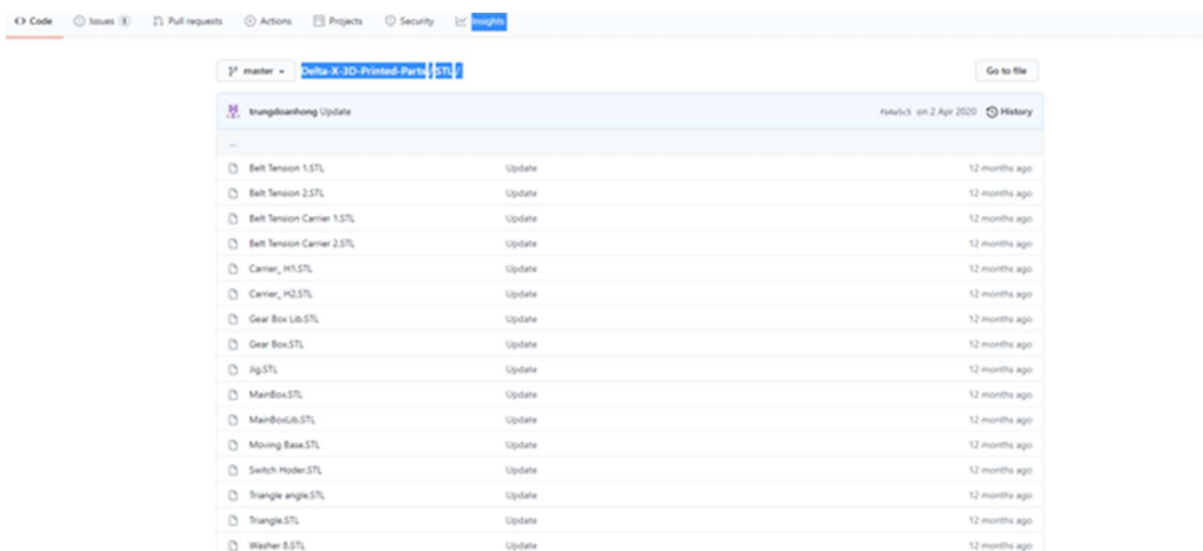
### 3.5 Načrti in programska oprema za robota

Na internetni strani, <https://www.deltaxrobot.com> sva dobila podatke za preračun ročic in karbonskih palic z očesnimi ležaji, kot tudi aluminijastega ohišja. Na internetni strani <https://github.com/deltaxrobot/Delta-X-3D-Printed-Parts> pa sva dobila vse modele za 3D tisk delov robota in prijema ter program za krmiljenje robota.



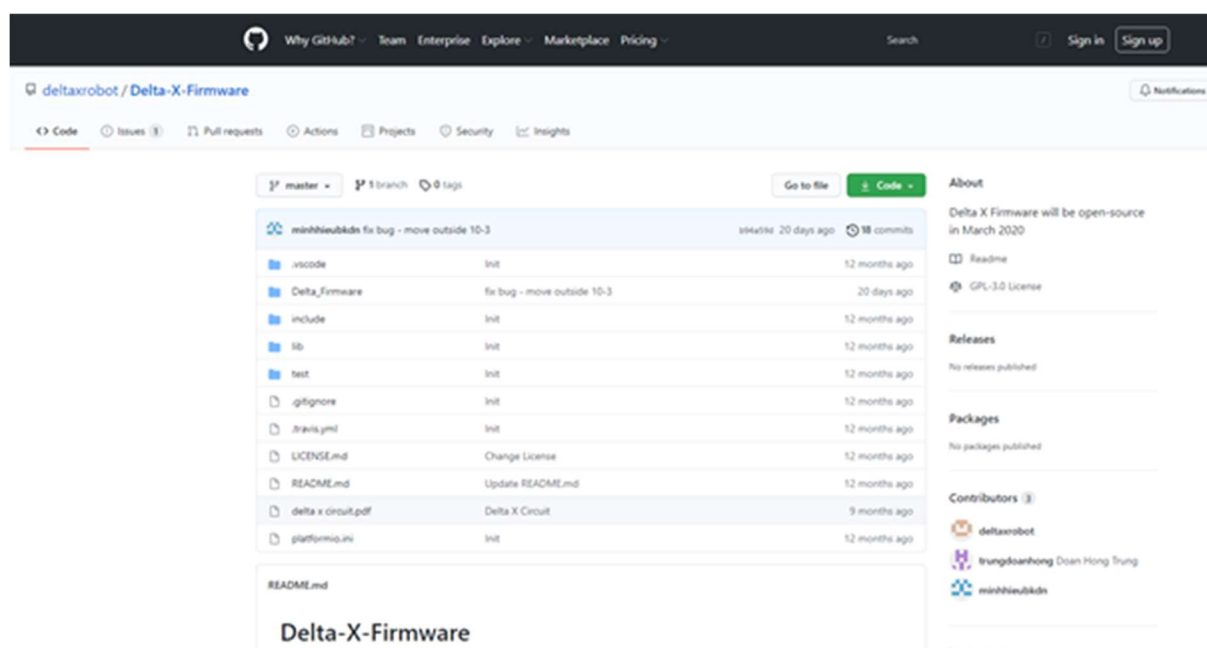
Slika 17: Osnovna stran za izdelavo robota

Na osnovni strani sva našla večino potrebnih modelov za 3D tisk, v formatu STL.



Slika 18: Modeli za 3D tisk

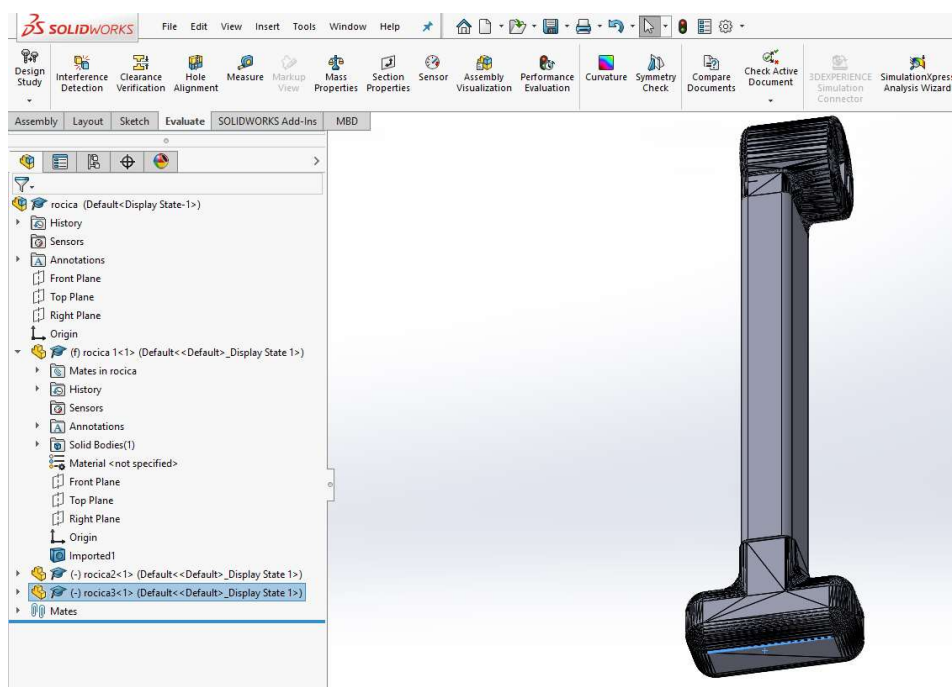
Na isti strani je bila priložena tudi koda za krmilnik Arduino-mega 2560.



Slika 19: Stran za prenos kode za krmilnik

### 3.6 Tiskanje in sestava robota

S programom Solidworks, ki sva se ga naučila uporabljati v srednješolskem izobraževanju, sva konstruirala nove in popravljala že obstoječe dele za našega robota. Potrebni je bilo kar nekaj dodatkov in sprememb.



Slika 20: Na novo skonstruirana ročica v programu SolidWorks

Plastične elemente je bilo nato potrebno natisniti. Za tisk sva uporabljala 3D tiskalnik znamke AnyCubic. Zaradi obsežnosti in velikosti delov sva za tiskanje porabila veliko časa in plastike. Ko so bili vsi potrebni deli natisnjeni, sva se lotila rezanja odvečne plastike in brušenja ostrih robov, ki so nastali med samim tiskanjem.



Slika 21: 3D printer



Na koncu, ko sva imela vse, kar sva potrebovala, je sledila sestava robota. Sestavljanje je bilo kar zahtevno, saj še nikoli prej nihče od naju ni sestavljal robota doma. Najprej je bilo potrebno sestaviti pogon (motorje) robota.

Za pogon sva uporabila motor 17HS84015, gred fi 8mm, jermenico, vzmet in ležaje ter vse skupaj spravila v 3D natisnjeno plastično ohišje.



*Slika 22: Sestavni deli motorja*



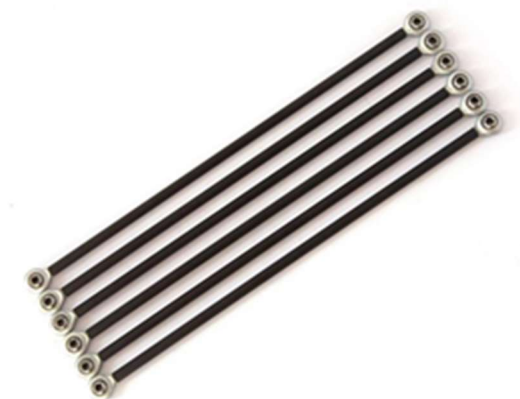
*Slika 23: Sestavni deli motorja*



*Slika 24:* Koračni motor 17HS84015

Robot za svoje delovanje potrebuje tri takšne sklope z motorji, ki omogočajo premike v treh oseh.

Da sva lahko motorje povezala med seboj, sva uporabila 6 kratkih palic, narejenih iz karbonskih vlaken. Na vsaki strani palice je pritrjen vijak z očesnim drsnim ležajem, ki omogoča preprosto gibanje delovnega priključka na robotu.



*Slika 25:* Karbonske palice

Da bi se delovanje robota vedno začelo v isti poziciji - referenčni ali nulti točki, je bilo potrebno vgraditi še končna stikala. Končna stikala omogočajo, da se robot ustavi vedno v isti točki in da se prepreči poškodbo ali napako, ko je robot v najvišji poziciji.

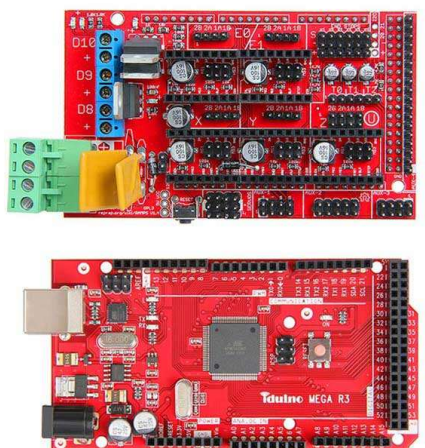


*Slika 26: Končno stikalo*

Ko je bilo vse skupaj sestavljeno, sva lahko začela z izdelavo in programiranjem krmilnika, "možganov" robota. Uporabila sva arduino ploščo MKS GEN LV 2.1, ki je sicer namenjena za krmiljenje 3D tiskalnikov, zelo dobro pa se je izkazala tudi za krmiljenje našega robota. Vsak motor in njemu pripadajoče končno stikalo je bilo potrebna zvezati in priključiti na omenjeno krmilno enoto.

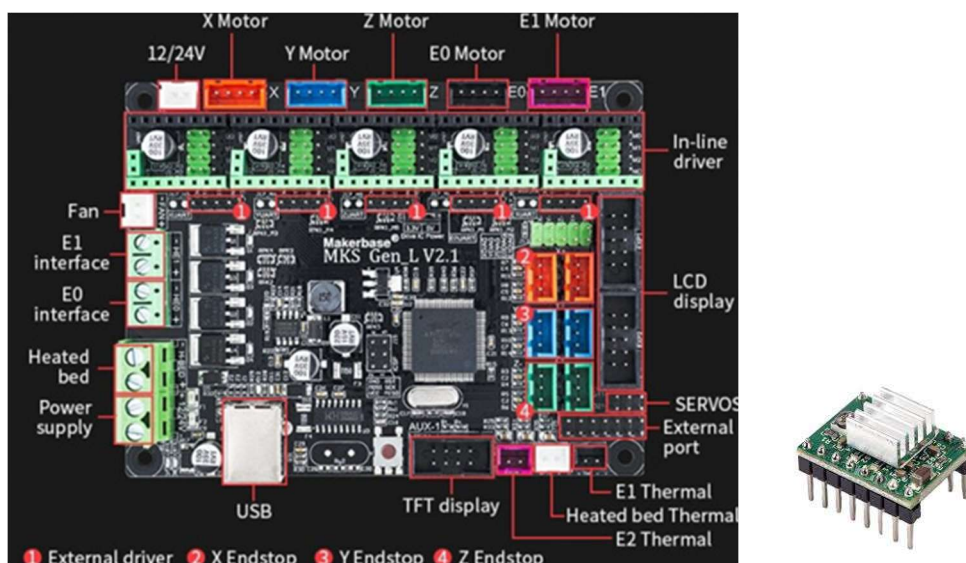
### **3.7 Izbira krmilnika in nalaganje softwara**

Za krmiljenje sva uporabila osnovno ploščo z arduino krmilnikom MKS GEN LV 2.1. V spletni različici delta x robota je bilo predvideno staro krmilje, arduino mega 2560 in razširitvena plošča ramp 1.4, ker pa je to zastarela varianta, sva uporabila že omenjeno ploščo MKS GEN LV 2.1. Zaradi tega so nastale težave, ker so bili priklopi za motorje, končna stikala in prijemala na drugih mestih. S pomočjo programa v arduinu in navodili za osnovno ploščo sva vendarle uspela pravilno povezati krmilnik.



*Slika 27: Arduino mega 2560 in ramp 1.4 (staro)*

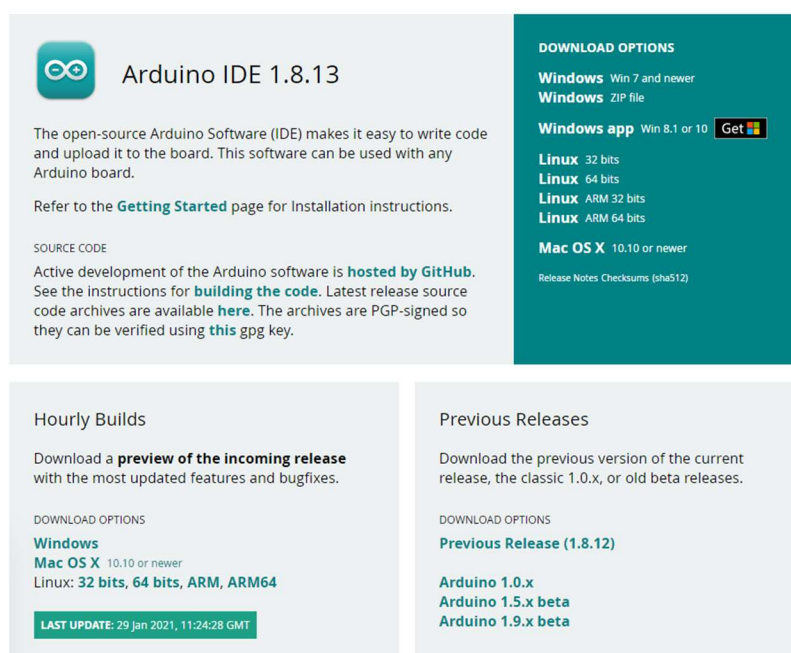
Ker je krmilje na zgornji sliki zastarelo, sva izbrala krmilje MKS GEN LV 2.1, ki je bolj zanesljivo v delovanju in ima več možnosti povezav. Na ploščo sva pritrdila gonilnike.



Slika 28: Arduino krmilnik MKS GEN LV 2.1 (nova varianta) in gonilnik A4988

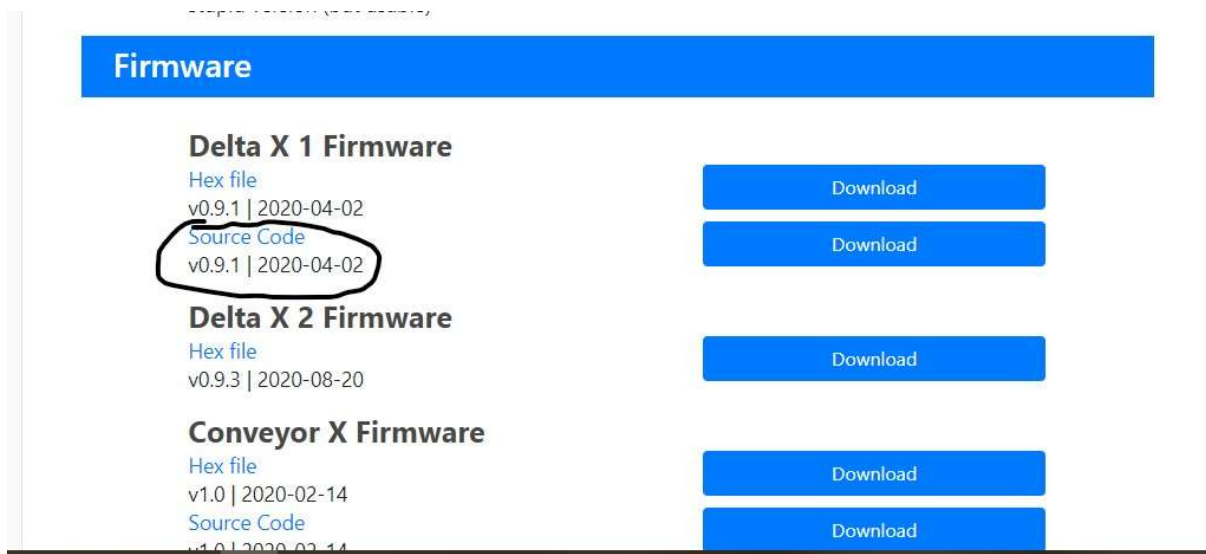
### 3.8 Nalaganje programa na arduino krmilnik

Slika 29 prikazuje spletno stran, s katere sva prenesla program Arduino za preverjanje in nalaganje programske kode robota na Arduino mega 2560.



Slika 29: Spletna stran Arduino

S spletne strani za delta X robota sva prenesla tudi firmware (tovarniška koda) za upravljanje robota delta X (v0.9.1 | 2020-04-02).



Slika 30: Spletna stran za tovarniške kode  
Vir: <https://www.deltaxrobot.com/p/download.html>



The image shows a screenshot of an IDE window titled "Delta\_Firmware - ConnectionState.h | Arduino 1.8.11". The window contains a file explorer at the top with tabs for "Delta\_Firmware", "ConnectionState.cpp", "ConnectionState.h", "Constants.cpp", "Constants.h", and "Control.cpp". The "ConnectionState.h" tab is active, displaying the following C++ code:

```
/**
 * Delta X Firmware-program za robota delta X
 * Copyright (c) 2020 DeltaXFirmware [https://github.com/deltaxrobot/Delta-X-Firmware]
 *
 *
 * This program is free software: you can redistribute it and/or modify
 * it under the terms of the GNU General Public License as published by
 * the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or
 * (at your option) any later version.
 *
 * This program is distributed in the hope that it will be useful,
 * but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
 * MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
 * GNU General Public License for more details.
 *
 * You should have received a copy of the GNU General Public License
 * along with this program. If not, see <http://www.gnu.org/licenses/>.
 */
// LedConnect.h

#ifndef _CONNECTIONSTATE_h
#define _CONNECTIONSTATE_h

#if defined(ARDUINO) && ARDUINO >= 100
#include "arduino.h"
#else
#include "WProgram.h"
#endif

#include "config.h"
#include "enum.h"

#include "pin.h"
#include "fastio.h"

#define TIME_DISCONNECT 60000

class ConnectionStateClass
{
protected:

private:

uint32_t LastTimeBlink;
uint32_t LastTimeDisconnect;
uint16_t TimeBlink;
```

Slika 31: Program za delta X robota

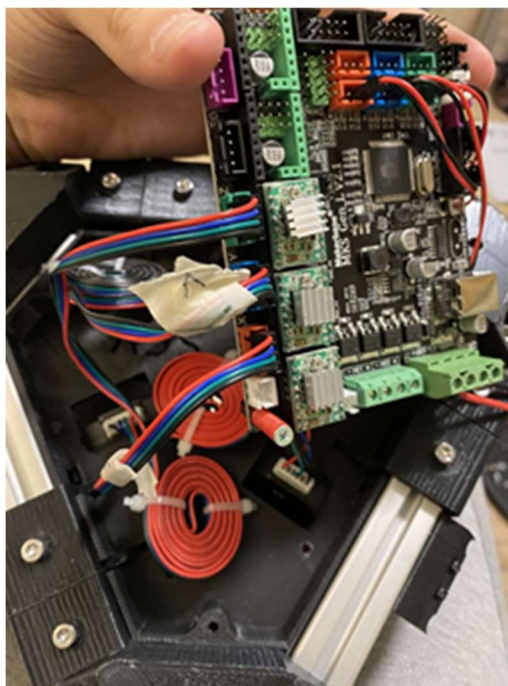
Najprej sva obiskala originalno stran *Delta X robots*, kjer sva v desnem zgornjem kotu odprla vrstico z različnimi viri. Med njimi je bila možnost prenosi, ki sva jo izbrala. Ta povezava naju je popeljala do različnih programov za različne računalnike. Nama je najbolj ustrezal delta X 1 firmware za windows računalnik. Nalaganje je potekalo brez težav. Da sva se prepričala, da je programska koda ustrezna, sem na osnovo ploščo priklopil koračni motor nema 17 in poskusil, če se odziva. Ker odziva ni bilo, sem preveril kodo in ugotovil, da je potrebno priklopiti tudi končna stikala, ki so tudi pogoj za delovanje sistema.

Ko je bil krmilnik naložen s programom in preizkušen, sva ga vstavila v ohišje robota. Pri tem sva naletela na problem, ker je bila nova osnovna plošča dosti večja od predvidene. Na koncu nama je le uspelo sestaviti ohišje ne da bi bilo potrebno spreminjati model ali ga ponovno tiskati.



*Slika 32: Arduino krmilnik MKS GEN LV 2.1 v ohišju*

Sledila je povezava koračnih motorjev in končnih stikal s krmilnikom.



*Slika 33:* Arduino krmilnik, priklop kablov

Ko je bil krmilnik pravilno povezan z motorji in končnimi stikali, je bil na vrsti preizkus delovanja. Po uspešnem testu sva robota sestavila skupaj in ga pritrdila na njemu namenjeno stojalo iz aluminijevih profilov 20x20 mm .



*Slika 34* Stojalo robota, izdelano iz AL profilov

Tako je nastal najin končni izdelek in vse, kar sva morala še narediti, je bilo, da robota testirava in napiševa program.





Slika 35: Kočni izdelek, robot

### 3.9 Sestavni deli najinega robota za večjo preglednost

SESTAVNI DELI	ŠTEVILO DELOV
Koračni motor (1.8 A, 17HS84015)	3 motorji
Kroglični ležaji (688z-8x16x5mm)	6 kosov
Pogonska os (8mm)	3 osi
Napenjalna vzmet	3 kosi
Jermen (158mm)	3 kosi
Jermenica velika (60T W6 B8)	6 kosov
Jermenica mala (20T W6 B5)	3 kosi
Ohišje motorja	3 kosi (3D tisk)
Očesni ležaji	12 kosov
Karbonska palica (5-3-320mm)	6 kosov
Kotnik profila	3 kosi
Profil (aluminij 20x20 5)	3 metri
Rduino mega 2560 (ramp 1.4, gonilniki A4988)	1 kos
Mikro končna stikala	3 kosi
4 pinski vodniki (elektro motor)	3 kosi
2 pinski vodniki (mikro končna stikala)	3 kosi

3 pinski vodniki (prijemalo)	2 kosa
Pokrov napeljave	1 kos (3D tisk)
Ohišje napeljave	1 kos (3D tisk)
Ohišje motorjev	3 kosi (3D tisk)
Pokrov motorjev	3 kosi (3D tisk)
Vodilne ročice	3 kosi (3D tisk)
Držalo prijemal	1 kos (3D tisk)
Kotni nosilec profila pri ohišju	3 kosi (3D tisk)
Držalo stojala robota	1 kos (3D tisk)
Servo motor za prijemalo MG90S	2 kos
Vijačni material drobn	-

Tabela 2: Sestavni deli robota

### 3.10 Prijemalo za robota

Da bi bil robot celovit, je bilo potrebno izdelati še prijemalo. Tudi za prijemalo sva modele za 3D tisk dobila na spletu, ga natisnila in sestavila. Prijemalo omogoča tudi zasuk (našo 4 os), zato sva zanj uporabila 2 servo motorja, enega za premikanje čeljusti, drugega pa za zasuk prijemala.



Slika 28: Prijemalo, montirano na robota, in servo motor za prijemalo MG90S



Slika 29: Končni izdelek, robot

### 3.11 Nalaganje delta X programa za krmiljenje robota

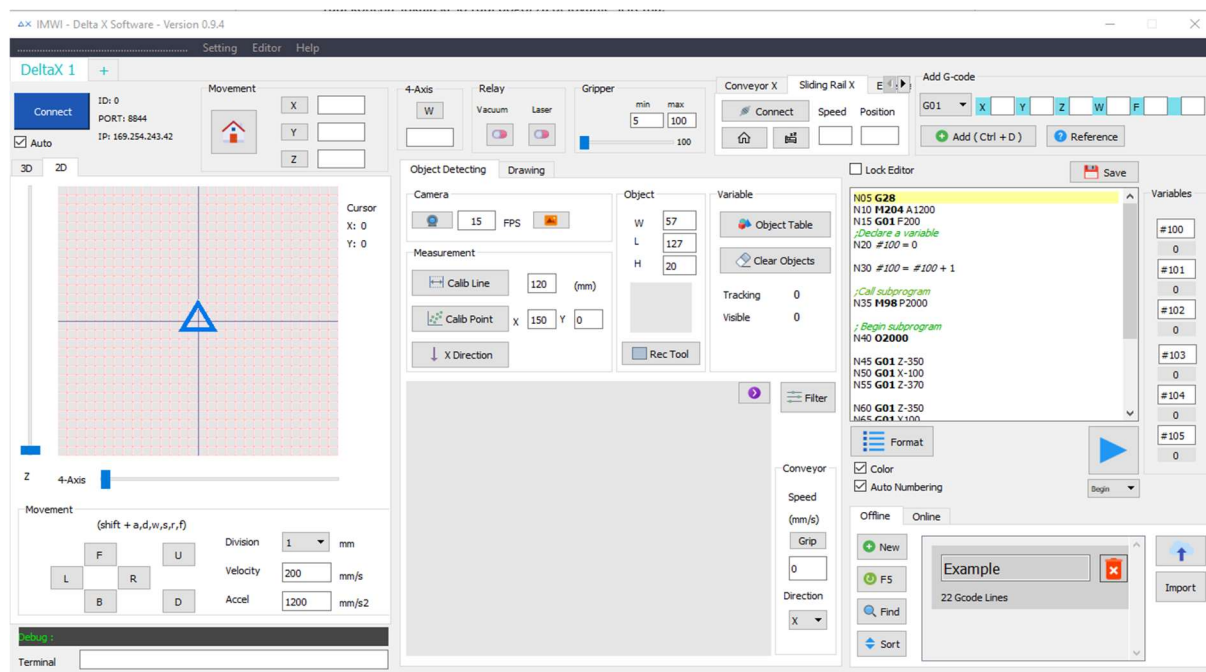
Da lahko robota krmilimo, potrebujemo še ustrezen program, ki omogoča povezavo robota z računalnikom, premikanje robota, programiranje G-kode, nalaganje G-kode na robota in zagon robota. Program, ki vse to omogoča, je odprtokoden (razvili so ga vietnamski študenti) in je dostopen na strani <https://www.deltaxrobot.com>.

Z originalne strani *delta x robots* sva prenesla delta x software za windows računalnike. Ko se je program prenesel, sva ga naložila na računalnik. Ko se je program naložil, sva sprva imela težave, saj najini gonilniki na računalniku niso bili pravi. Na internetu sva morala poiskati primerni gonilnik, ki sva ga nato prenesla in naložila na računalnik. Potem sva zagnala program, ki je po pričakovanjih nemoteno deloval.

Software	Download
<b>Delta X Software</b>	
Win v0.9.5   2020-09-19	Download
Mac v0.9.2   2020-04-09 ( unavailable )	Download
Linux v0.9.5   2020-10-2	Download
Source Code v0.9.5   2020-10-01	Download
<b>TCP-to-COM</b>	
Win stupid version (but usable)	Download

Slika 38: Mesto za prenos programa

Na prenosni računalnik z operacijskim sistemom WIN 10 sva instalirala program Delta X software, verzijo v0.9.5.



Slika 39: Delovno okno programa Delta X v0.9.5

Delta X program uporabljamo za upravljanje in programiranje našega robota. Omogoča nam povezavo z robotom preko USB kabla ali opcijsko brezžično povezavo. S pomočjo USB kabla se povežemo tako, da priklopimo USB kabel na robota in računalnik. Onemogočimo samodejno povezavo, pritisnemo gumb connect in določimo vhodna vrata in hitrost prenosa, ki znaša 115200 bitov. Sedaj sta robot in računalnik povezana, kar preverimo tako, da ga ročno premaknemo s pomočjo gumbov za pomike po x, y, in z smeri ali da premaknemo trikotnik v prikazanem oknu na drugo pozicijo. Če pomiki delujejo, je povezava vzpostavljena in lahko začnemo s programiranjem

### 3.12 Programiranje robota

Robota programiramo v G kodi, ki je zelo podobna tisti, ki smo se jo učili v šoli, le, da so tu vključeni še pogojni stavki.

Pomen ukazov za programiranje:

#### **GOTO - Skok na točno določen stavek**

Ukaz **GOTO** določa brezpogojni skok na določen stavek

Na primer:

N100 GOTO 120

N110 G01 X100 Y-100 Z-300

N120 (GOTO skoči neposredno tukaj)

Ta del programa uporablja GOTO, katerega naslov je "120" za skok čez N110 in gredo neposredno na N120.

### **IF – Pogojni ukaz**

Medtem ko GOTO predstavlja "brezpogojno vejo" v G-Code izvršitev, IF omogoča "pogojno razvejanje".

Predstavljajte si, da lahko postavite vprašanje in izvedete GOTO le, če je odgovor na vprašanje "Da".

V bistvu je to tisto, kar IF počne:

IF [pogoj je res] GOTO x

Entiteta, ki je zaprta v oglate oklepaje, se imenuje "pogojni izraz", in v resnici ne izgleda kot "pogoj je res", to je le angleški prevod njihove splošne oblike.

Namesto tega je pogojno izražanje sestavljeno iz primerjave:

IF [#100 EQ 0] GOTO 110

GOTO 200

### **G kode:**

#### **G0, G1 – pomik:**

Ukaza G0 in G1 sta ukaza za premik iz ene pozicije v drugo.

G1 pomeni linearni delovni pomik v željeno točko. Če funkciji dodamo še F1000, s tem določimo še željeno hitrost.

**Uporaba G0:** največja hitrost gibanja premika med začetno in končno točko.

Primeri: G0 X12; premaknite na 12 mm na osi X G0 F1500 ;

#### **G2, G3 – nadzorovan krožni pomik:**

**G2** krog v smeri urinega kazalca

**G3** krog v nasprotni smeri urinega kazalca. Krog se začne na trenutnem položaju in se konča na danem XYZ, vrti se okoli odmika sredinske točke, ki jo podajata I in J.

Primeri: G2 I40 J0 X80 Y0

#### **G4 – zakasnitev vklopa/ izklopa**

Ko vključimo to funkcijo, se bo robot ustavil za določen čas.

Uporaba: G4 [P<čas v sekundah>]

Primeri: G4 P500; zakasnitev 0,5 s

### **G28 – samodejni pomik domov**

Opis: S to kodo prestavimo robota v določen začetni položaj.

### **G90 – absolutno pozicioniranje**

Opis: V absolutnem načinu se vse koordinate, dane v G-kodi, razlagajo kot pozicije v logičnem koordinatnem prostoru.

Uporaba: G90

### **G91 – relativno pozicioniranje**

Opis: Nastavite način relativnega položaja. V tem načinu se vse koordinate razlagajo glede na zadnji položaj.

Uporaba: G91

#### 4. PROGRAM ROBOTA

Med izdelavo robota sva se veliko naučila o delovanju G kod, delovanju Arduino gonilnika in o samem delovanju robotov. Naloga je bila zahtevna. Zanja sva porabilo veliko ur, truda in živcev. Na koncu se je vse izplačalo, saj imava robota, ki deluje brez napake in sva lahko ponosna na najin dosežek.

N40 G28

N45 M321[<5>]

N50 M205 [S<2>]

N55 M204[A<2>]

N60 M5

N65 G01 X105 Y15 Z-243 W180; TOČKA MED PRIJEMALIŠČEM

N70 G4 P1500

N75 G01 X160 Y-55 Z-326.31 W180; TOČKA NAD PRIJEMALIŠČEM

N80 G4 P800

N85 G01 X160 Y-55 Z-358 W180; PRIJEMALIŠČE

N90 G4 P800

N95 M4 [S<95>]

N100 G4 P1500

N105 G01 X95 Y-30 Z-243 W180; CLEARENCE TOČKA

N110 G4 P1500

N115 G01 X25 Y-20 Z-223 W180; ODLAGALIŠČE

N120 G4 P800

N125 M5

N130 G4 P5000

N135 G01 X105 Y15 Z-243 W180; TOČKA MED PRIJEMALIŠČEM

N140 G4 P1500

N145 G01 X160 Y-55 Z-326.31 W180; TOČKA NAD PRIJEMALIŠČEM

N150 G4 P800

N155 G01 X160 Y-55 Z-358 W180; PRIJEMALIŠČE

N160 G4 P800

N165 M4 [S<95>]

N170 G4 P1500

N175 G01 X95 Y-30 Z-243 W180; **CLEARANCE TOČKA**

N180 G4 P1500

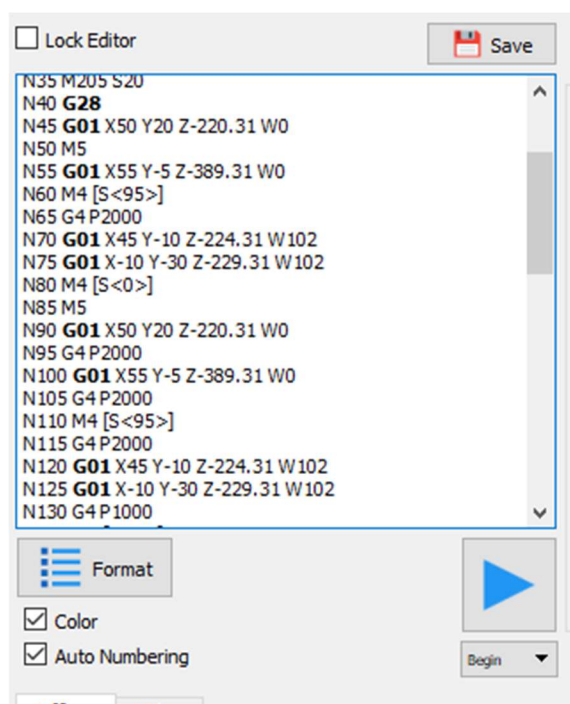
N185 G01 X25 Y-20 Z-223 W180; **ODLAGALIŠČE**

N190 G4 P800

N195 M5

N200 G4 P5000

Nato se vse samo še ponavlja.



Slika 40: Program za delovanje robota

Najin robot deluje tekoče, brez težav. Brez napora lahko prenaša frnikolo iz ene točke v drugo in jo spusti po progi. Za boljši prikaz zmogljivosti robota smo dodali še 4 os, ki se nahaja v prijemalu. Naprava bi se lahko uporabljala tudi v druge namene (sajenje solate, risanje, 3D tiskanje, zlaganje...). Prikaz delovanja najinega robota si lahko ogledate na video povezavi ([https://youtu.be/v350BatYu\\_E](https://youtu.be/v350BatYu_E))



## 5. ZAKLJUČEK IN RAZPRAVA

Robotika uporablja znanja številnih področij, kot so senzorji, merjenje, pogoni, procesiranje, signali, kinematika, dinamika, CNC vodenje, robotski vid in podobno ter je tako izrazito tehnično prepletena znanstvena disciplina. Večino teh znanj sva uporabila pri izdelavi najinega izdelka in prišla do naslednjih zaključkov, s katerimi bova ovrгла ali potrdila zastavljene hipoteze.

Najine zadane hipoteze so bile naslednje:

- Izdelati je možno delujočega delta X robota.
- Robot bo imel 3 osi, prijemalo in dodatno 4. os na prijemalu.
- Robot bo manipuliral s predmeti in risal s pisalom.
- Robot bo primeren za uporabo v šoli.

Prvo hipotezo sva potrdila v celoti, saj sva izdelala robota, ki deluje brezhibno. Ima zeleno natančnost in tudi hitrost premikanja ustreza predvidenim ciljem. Zaradi njegove brezhibnosti bo lahko opravljal dane naloge.

Robot ima 3 osi, v prijemalu pa sva integrirala dodatno 4. os, da lahko vrtimo predmete, jih prelagamo in fiksno primemo predmet. Druga hipoteza je delno potrjena, saj potrebujemo za popolno delovanje prijemala ustrezen model. Če ustreznega modela prijemala ne bomo imeli, bo robot imel samo 3 osi.

Tretjo hipotezo lahko potrdiva, saj sva robota testirala v šoli in ga sprogramirala za različna dela. Najprej sva ga sprogramirala tako, da je prijel in prestavil različne predmete na različna mesta, svojo nalogo je opravil brez težav. Potem sva testirala še njegove risarske sposobnosti. Sprogramirala sva ga, da je na list papirja narisal kocko, ki je bila lepa in natančna.

Četrta hipoteza je bila potrjena le delno. Prvi poskusi programiranja v šoli s sošolci so bili izpeljani brez večjih težav. Le kadar robotu niso podali pravilnih točk, se je "zmedel" in smo rabili nekaj časa za odpravo napak.

Pri izdelavi sva naletela na nekaj težav, ki sva jih tudi uspešno odpravila. Nekaj težav se je pojavilo pri 3D tisku, ker modeli niso bili ustrezni. Prav tako sva imela težave s povezovanjem robota (računalnik - krmilnik).

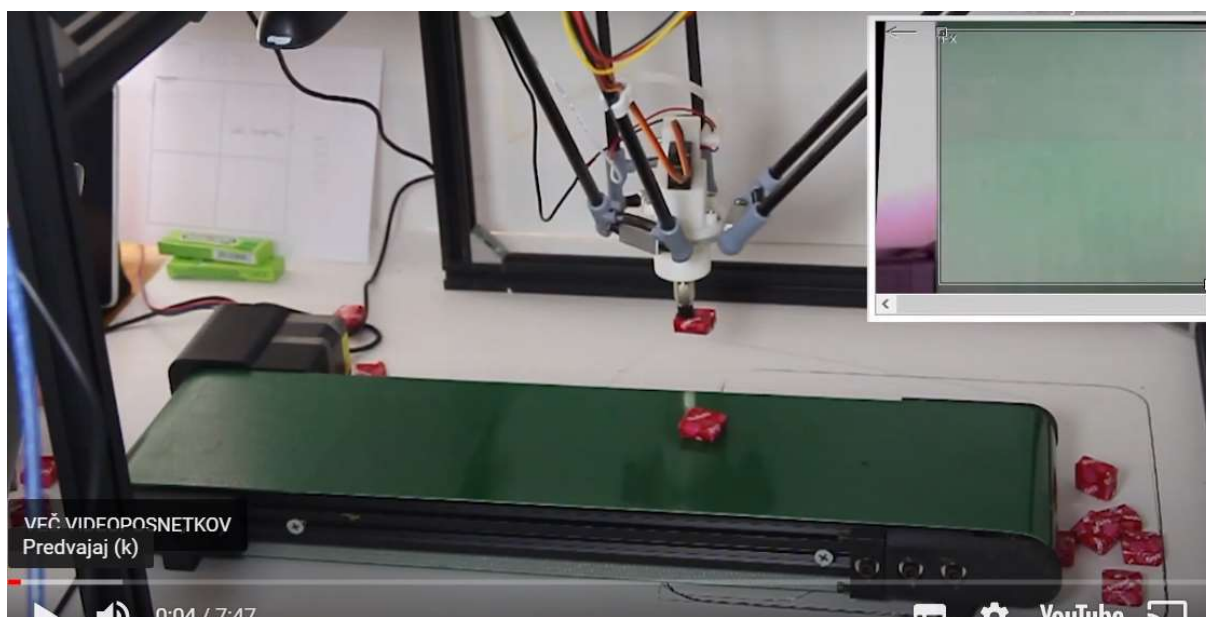
Najin robot je trenutno v osnovni izvedbi, programska oprema pa omogoča tudi nadgradnjo strojnega vida in sledenja tekočemu traku (sliki 44 in 45), kar pa je lahko naslednja zelo zanimiva raziskovalna naloga.

S svojim izdelkom sva dokazala, da je možno izdelati nizkocenovnega in hkrati kakovostnega robota, ki se bo lahko uporabljal na številnih področjih. Upava, da bo najin robot koristil šolam in da se bodo učenci na njem res veliko naučili.



Slika 41: Upravljanje s strojnim vidom

Vir: [Delta X - Affordable & Efficient Delta Robot Series: Video \(deltaxrobot.com\)](https://deltaxrobot.com)



Slika 42: Primer sledenja tekočemu traku

Vir: [Delta X - Affordable & Efficient Delta Robot Series: Video \(deltaxrobot.com\)](https://deltaxrobot.com)

## 6. VIRI

### BESEDILO

Interno gradivo za robotiko ŠCV

<https://en.wikipedia.org/wiki/Automation>

<https://www.deltaxrobot.com>

<https://www.deltaxrobot.com/p/download.html>

<https://www.deltaxrobot.com/p/gcode.html>

<https://github.com/deltaxrobot>

### SLIKE

<https://images.app.goo.gl/4kc6BrQrFr6uRnZw6>

<https://images.app.goo.gl/omHiTcDTwH6446748>

<https://images.app.goo.gl/kPYwiffA119qXtD17>

<https://www.deltaxrobot.com/p/specifications.html>

<https://images.app.goo.gl/duP3yxSUuvDWc9MC7>

<https://images.app.goo.gl/1dQ63CANRVMcVW1e6>

## **ZAHVALA**

Najlepše se zahvaljujema mentorjema Jožetu Hrovatu in Stanislavu Glinšku, ki sta nama pomagala z nasveti. Prav tako se zahvaljujema Mariji Glinšek za lekturo naloge ter mag. Silvi Hudournik za lekturo prevoda.

Zahvaljujema se tudi Šoli za strojništvo, geotehniko in okolje za finančno podporo. Ne smeva pa pozabiti na najini družini, ki sta najino delo ves čas podpirali in naju vzpodbujali.

## **7. PRILOGE**

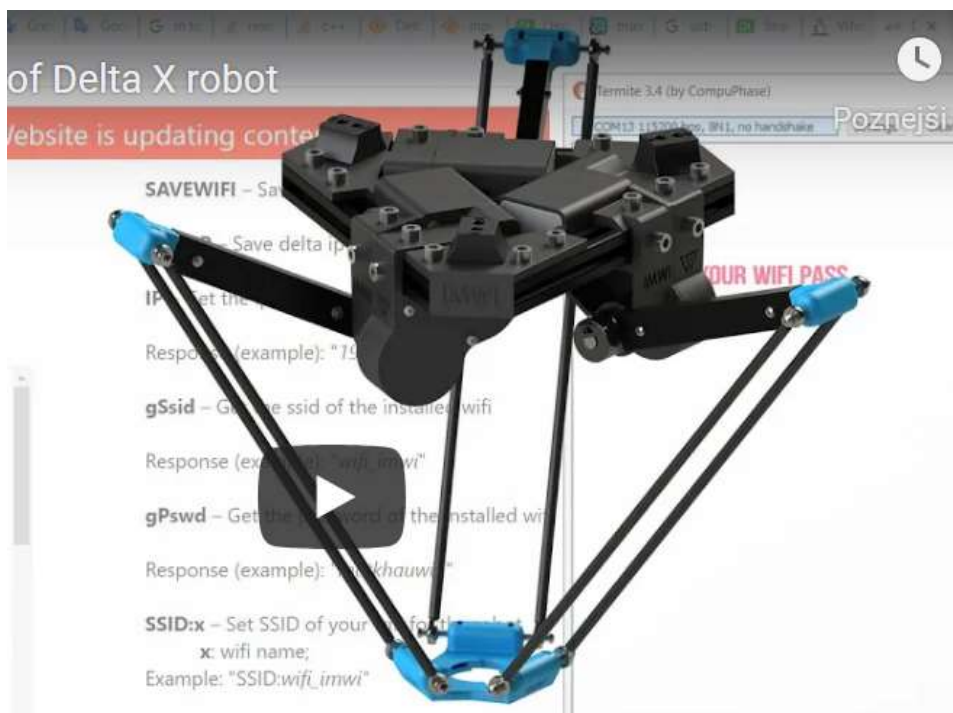
### **7.1 PRILOGA A: Slika najinega robota**



## 7.2 PRILOGA B: Slika najinega robota



**7.3 PRILOGA C: Slika robota, ki je naprodaj na spletu**



Buy the kit - 449\$

7.4 PRILOGA D: Slike modelov v STL formatu, namenjenih za 3D tisk

