

Oblikovanje i testiranje prihvata za olovku za robot ABB IRB120

Pernjak, Emil

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:391562>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-25**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





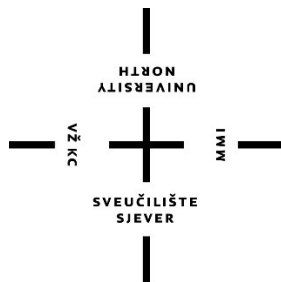
**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 017/MEH/2023

**Oblikovanje i testiranje prihvata za olovku za robot ABB
IRB 120**

Emil Pernjak, 0336050138

Varaždin, lipanj 2024. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Mehatroniku

Završni rad br. 017/MEH/2023

Oblikovanje i testiranje prihvata za olovku za robot ABB IRB 120

Student

Emil Pernjak, 0336050138

Mentor

Zoran Busija, dipl.ing.stroj

Varaždin, lipanj 2024. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za mehatroniku

STUDIJ preddiplomski stručni studij Mehatronika

PRISTUPNIK Emil Pernjak

JMBAG 0336050138

DATUM 06.07.2023.

KOLEGIJ Robotika

NASLOV RADA Oblikovanje i testiranje prihvata za olovku za robot ABB IRB120

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Design and testing of the pen holder for the ABB IRB120 robot

MENTOR Zoran Busija, dipl. ing. stroj.

ZVANJE predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. Siniša Švooger, mag.ing.mech, predavač
2. Zoran Busija, dipl.ing.stroj, predavač
3. prof.dr.sc. Ante Čikić
4. Josip Srpak, dipl.ing.el, viši predavač
- 5.

VZ
KC

MMI

Zadatak završnog rada

BROJ 017/MEH/2023

OPIS

U završnom radu potrebno je:

- oblikovati 3D računalne modele dijelova te ih sklopiti u CAD okruženju
- izraditi tehnički crtež sklopa na kojem je vidljiv položaj vrha olovke - TCP
- potrebne dijelove ispisati pomoću 3D pisača i cijeli sklop montirati na robot
- program robota za pisanje teksta izraditi u okruženju ABB RobotStudio
- program pokrenuti na robotu koji će ispisati programirani tekst

ZADATAK URUČEN

07.07.2023.



Busija Zoran

Predgovor

Posebne zahvale mentoru Zoranu Busiji, dip.ing.stroj. na strpljenu i savjetima tijekom izrade završnog rada.

Također velika zahvala svim profesorima na sveučilištu koji su prenijeli znanje na mene i druge studente.

Sažetak

U ovom završnom radu opisuje se izrada alata za robota i programa za ispisivanje zadanog teksta. U radu se koristi program SolidWorks za izradu 3D modela alata, a za simulaciju i programiranje robota se koristi program RobotStudio. Osnovna ideja je iskoristiti već postojeći robot na sveučilištu te mu omogućiti pisanje flomasterom. Zadatak počinje izradom kućišta za flomaster koje robot može prihvatiti. Nakon spajanja kućišta u alat potrebno je isprogramirati robot da napiše kratki tekst na papiru A4 veličine.

Ključne riječi: Solidworks, RobotStudio, robot, modeliranje, simuliranje

Summary

This final paper describes the process of modeling a tool for a robot and programming it to write a specific text. Modeling of the tool is done using SolidWorks software, and programming the robot is done using RobotStudio software. The idea is to use the existing robot at the university and make it capable of writing. The task starts with creating a housing for a marker pen that the robot can grab. After successful adaptations, the robot has to be programmed to write a short word on A4 sized paper.

Key words: SolidWorks, RobotStudio, modeling, simulation

Popis korištenih kratica

TCP – Tool Center Point

UNIN – University North

Sadržaj

1.	Uvod.....	2
2.	Oblikovanje 3D modela i sklapanje u CAD okružju	3
2.1.	Cijev	4
2.2.	Opruga	5
2.3.	Flomaster	5
2.4.	Čep	6
2.5.	Grlo.....	7
2.6.	Držač	8
3.	Izrada tehničkog crteža sklopa alata s položajem TCP-a.....	9
4.	Izrada 3D modela i sklapanje na robot	13
5.	Izrada programa i simulacije rada robota unutar paketa RobotStudio.....	15
5.1.	Izrada <i>Station</i> -a unutar <i>RobotStudio</i> -a	15
5.2.	Izrada alata	16
5.3.	Priprema prije pisanja.....	20
5.3.1.	<i>Postavljanje Controller-a</i>	20
5.3.2.	<i>RobPenSleep</i>	21
5.3.3.	<i>RobPenWork</i>	28
5.3.4.	<i>Postavljanje Work Object-a</i>	29
5.3.5.	<i>Aktivacija putanje, alata i radnog objekta</i>	35
5.3.6.	<i>Zamjena modela papira</i>	36
5.4.	Putanja pisanja.....	37
5.5.	Simulacija gibanja po putanji	43
5.5.1.	<i>RobWrite Module</i>	43
5.5.2.	<i>Synchronize to RAPID</i>	44
5.5.3.	<i>Simulation setup</i>	46
5.5.4.	<i>TCP Trace</i>	47
6.	Testiranje programa na stvarnom robotu	49
6.1.1.	<i>Postavljanje alata i okruženja</i>	49
6.1.2.	<i>Spajanje robota s računalom</i>	50
6.1.3.	<i>Prebacivanje modula</i>	51
6.1.4.	<i>Modifikacija radnog objekta</i>	52
6.1.5.	<i>Pokretanje robota i pisanje flomasterom</i>	54
7.	Zaključak.....	57
8.	Literatura.....	58
	Popis slika	59
	Prilozi.....	62

1. Uvod

U današnje vrijeme roboti u obliku robotske ruke su vrlo rasprostranjeni, od tvornica hrane do automobilske industrije. Oni obavljaju razne poslove u kojima su ljudi prespori ili nedovoljno snažni da ih odrade. Iz tog razloga oni su važan dio svake tvornice koja želi poboljšati i ubrzati svoju proizvodnju. Uz veliku količinu robota koji već postoje i veliku količinu koja će se tek ugraditi povećava se potražnja za znanjem o programiranju takvih robota.

U ovom završnom radu odrađuje se upravo taj problem programiranja robota. U radu je potrebno izraditi alat koji se može postaviti na robota kako bi mu omogućio pisanje flomasterom i programiranje samog robota. Programiranje se odrađuje u programu koji se koristi kod robota u stvarnoj proizvodnji. Na početku rada pojavilo se mnogo ideja, ali su se na kraju sve svele na jedno konačno rješenje.

Rješenje je izvedeno tako da robot hvataljkama postojeće prihvatnice prihvati flomaster koji se nalazi u kućištu koje je izrađeno 3D ispisom. Nakon oblikovanja i izrade kućišta za flomaster potrebno je odrediti vrh novog alata s kućištem i prihvatnicom. Do vrha alata dolazi se sastavljanjem sklopa alata u programu i mjerenjem udaljenosti. S dobivenim vrijednostima i izrađenim modelima u RobotStudiu izrađuje se alat. Dobivenim alatom izrađuju se putanje koje definiraju način pomicanja robota. Jedna od tih putanja definira i gibanje robota tijekom pisanja. Izrađene putanje gibanja se preko računala i RobotStudia prebacuju u stvarni robot pomoću žičane veze.

2. Oblikovanje 3D modela i sklapanje u CAD okruženju

Oblikovanje 3D modela počinje s raznim idejama te skiciranjem i mjerenjem parametara kojih treba uzeti u obzir. Glavni parametri kojih se moramo držati je debljina flomastera te širina prihvata koju robot može ostvariti s postojećom prihvatnicom.

U obzir se također uzimaju male nepravilnosti u putanji robota i nesavršenosti podloge po kojoj robot piše. Zbog toga se u držaču mora nalaziti opruga da kontakt flomastera i podloge ostane nepromijenjen.

Konačan dizajn držača se sastoji od 5 elemenata i jednim dodatkom:

- Cijev
- Opruga
- Flomaster
- Čep
- Grlo
- Čepić

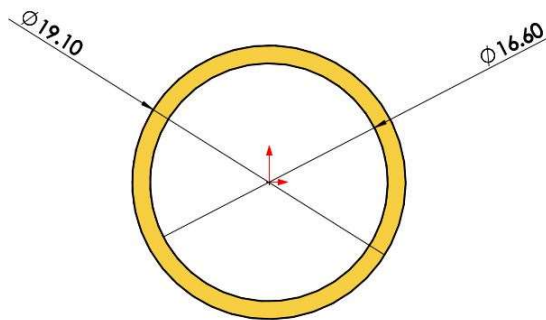
2.1. Cijev

Cijev je element sklopa koji nije trodimenzionalno ispisan već je dobavljen (slika 1), uz manju obradu bridova nakon rezanja savršeno odgovara debljini flomastera. Prema debljini stjenke cijevi određene su dimenzije ostalih dijelova koje treba izraditi.



Slika 1 - Cijev držača

Slika 2 prikazuje dimenzije cijevi.



Slika 2 - Dimenzije cijevi

2.2. Opruga

Opruga je element koji je nabavljen na fakultetu, savršeno pristaje cijevi i flomasteru te isto kao i cijev određuje ostale elemente koji se moraju oblikovati i 3D ispisati.

2.3. Flomaster

Flomaster je element koji je također nabavljen na fakultetu, uzet je zbog mogućnosti pisanja po bijeloj ploči i papiru (slika 3). Njegova prisutnost na fakultetu omogućava laku zamjenu zbog prestanka pisanja ili mijenjanja boje.

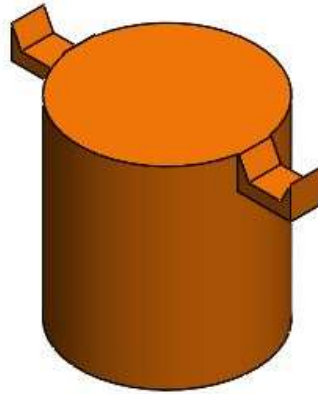


Slika 3 - Flomaster s čepićem

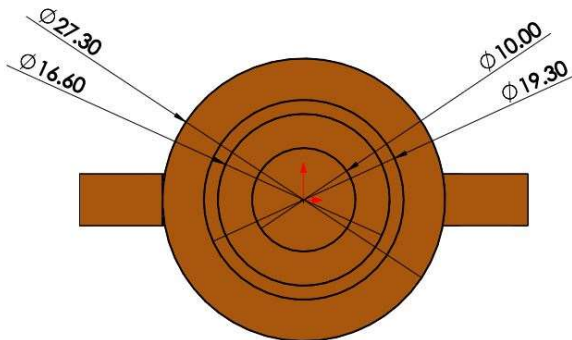
Za flomaster je izrađen mali čepić kao dodatni element koji sprječava sušenje flomastera, rađen je po uzoru na čepić koji dolazi uz flomaster.

2.4. Čep

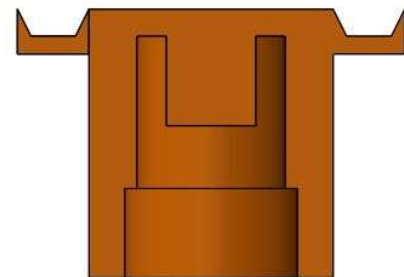
Čep je gornji dio držača koji daje opruzi čvrsto uporište i zatvara gornji dio cijevi (slika 4). Na slici 5 prikazane su dimenzije čepa, a na slici 6 presjek čepa.



Slika 4 - Čep držača



Slika 5 - Dimenzije Čepa



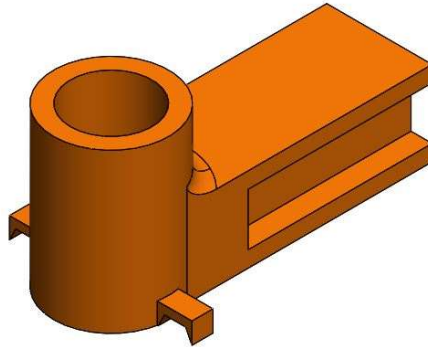
Slika 6 - Presjek čepa

Čep je dizajniran s 0.20 mm većim promjerom na mjestu gdje dolazi cijev, tako postoji zračnost između dijelova zbog lakšeg sastavljanja. Na mjestu gdje sjeda opruga postoji cilindrično ispupčenje koje sprječava savijanje opruge u svim smjerovima osim sabijanja po dužini. Visina gornjeg dijela čepa u odnosu na najveću dubinu prodiranja cijevi je uzeta u obzir tako da opruga nikad ne dođe u skroz komprimirani položaj jer bi time izgubila sposobnost amortizacije.

Na vanjskoj strani čepa se nalaze "Ušice" koje služe kao mjesto na koje će se postaviti gumene vrpce koje sprječavaju razdvajanje sklopa.

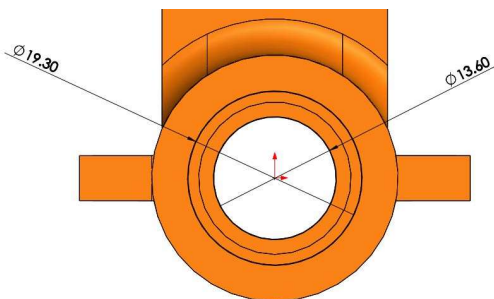
2.5. Grlo

Grlo (slika7) je najvažniji dio sklopa, ono spaja robot s ostalim dijelovima te određuje razne parametre koji su važni kasnije kod programiranja.

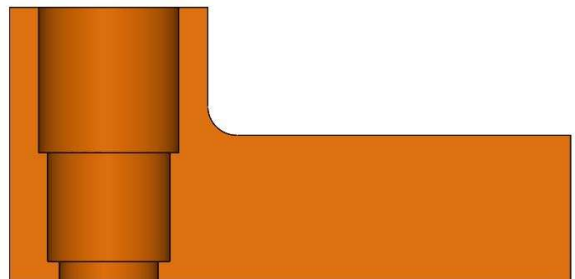


Slika 7 - Grlo

Grlo je izrađeno s istim 0.20 mm većim promjerom gdje dolazi cijev i ima "Ušice" kao i čep, tako se osigurava lako rastavljanje i sigurnost od rastavljanja koristeći gumene vrpce. Na slici 8 prikazane su dimenzije, a na slici 9 presjek grla.



Slika 8 - Mjere grla

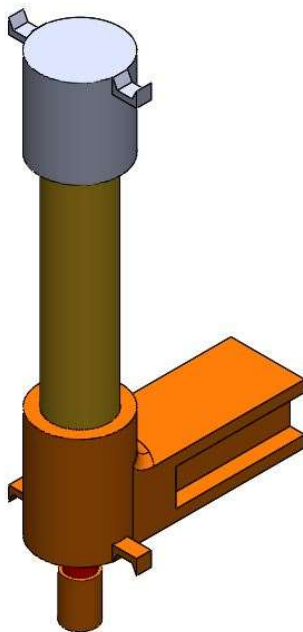


Slika 9 - Presjek grla

Dva unutarnja ruba vidljiva na slici 9 određuju najveća prodiranja cijevi i flomastera, cijev ulazi do dna gornjeg džepa dok flomaster može doći do krajnjeg donjeg položaja unutar grla.

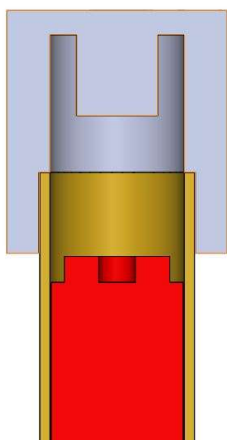
2.6. Držač

Izgled gotovog modela držača (slika 10) u 3D CAD programu SolidWorks® u kojem su oblikovani svi trodimenzionalni modeli.

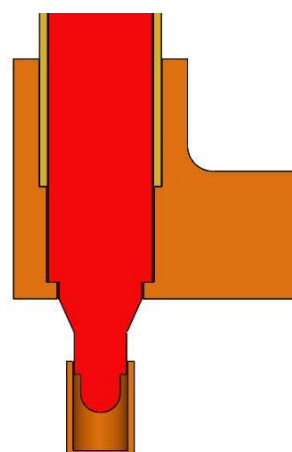


Slika 10 - Držač

Slike 11 i 12 prikazuju gornji i donji presjek držača.



Slika 11 - Presjek gornjeg dijela



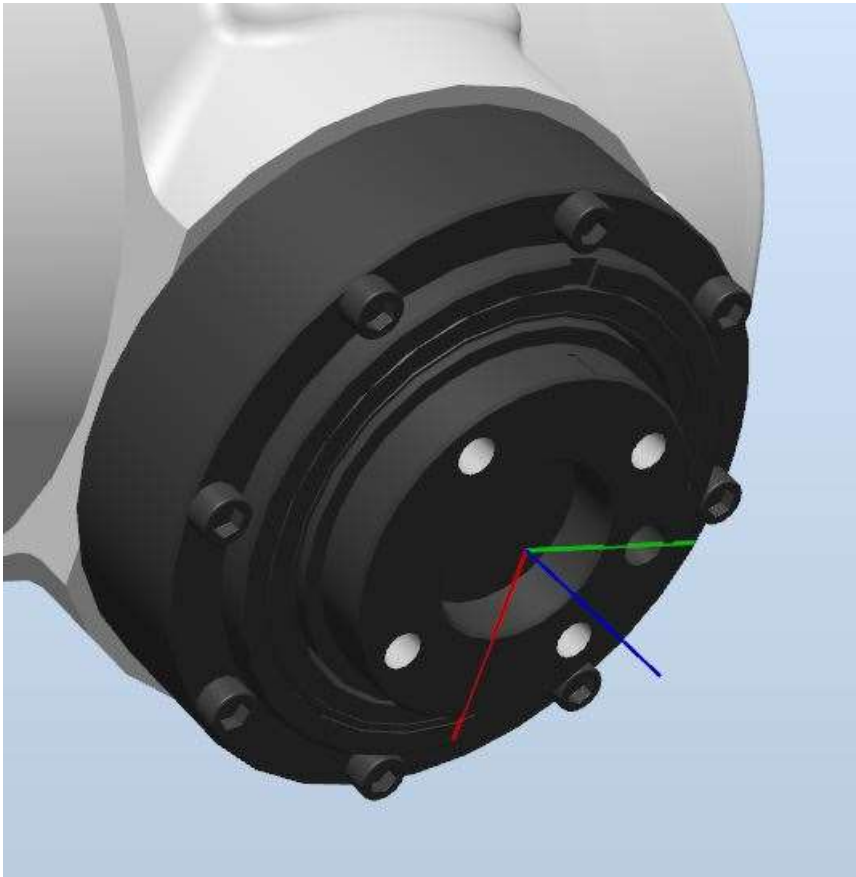
Slika 12 - Presjek donjeg dijela

3. Izrada tehničkog crteža sklopa alata s položajem TCP-a

Izrada tehničkog crteža se također radi u programu *SolidWorks*.

Određivanje položaja vrha alata TCP-a (*engl. Tool Center Point*) je korak u procesu koji se mora odraditi kako bi robot mogao izvoditi precizne pomake. TCP se određuje kao udaljenost izrađenog vrha alata od tvornički određene početne točke vrha alata robota.

Tvornička točka TCP-a prikazana je u *RobotStuidu* (slika 13), njena orijentacija i lokacija na robotu u programu su identični onome na stvarnome robotu. Zbog toga može poslužiti kao orijentir pri mjerenju.

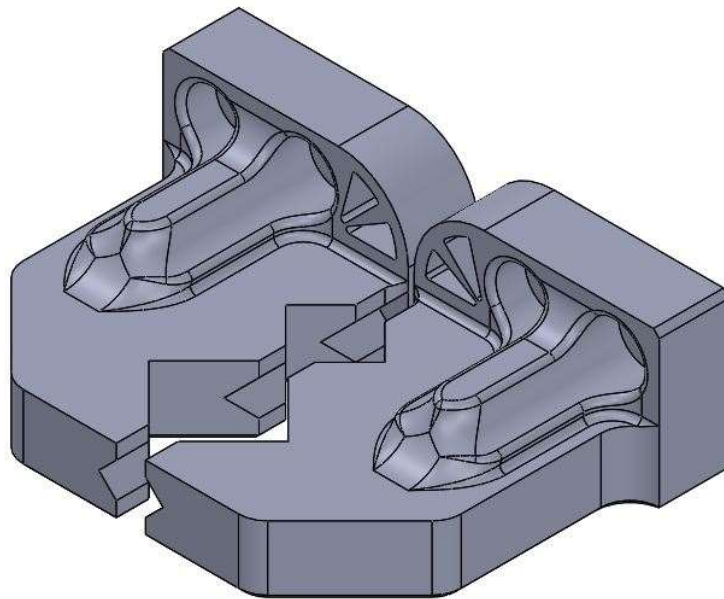


Slika 13 - Tvornički TCP robota

Za 3D izradu sklopa alata potrebno je iskoristiti postojeće modele prihvatnice robota na koju dodajemo model držača. Postojeći modeli su hvataljke, podložna ploča i tijelo prihvatnice proizvođača Schunk.

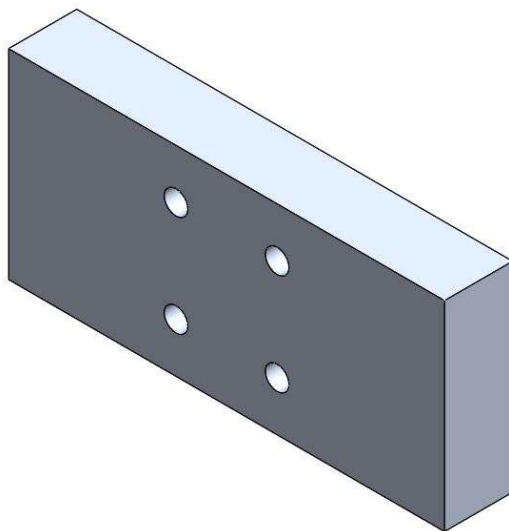
Svi dijelovi se spajaju zajedno u *SolidWoksu*.

3D model hvataljki prikazuje slika 14. Hvataljke su oblikovane tako da mogu prihvatiti više različitih valjkastih predmeta i nisu rađene specijalno za ovaj projekt.



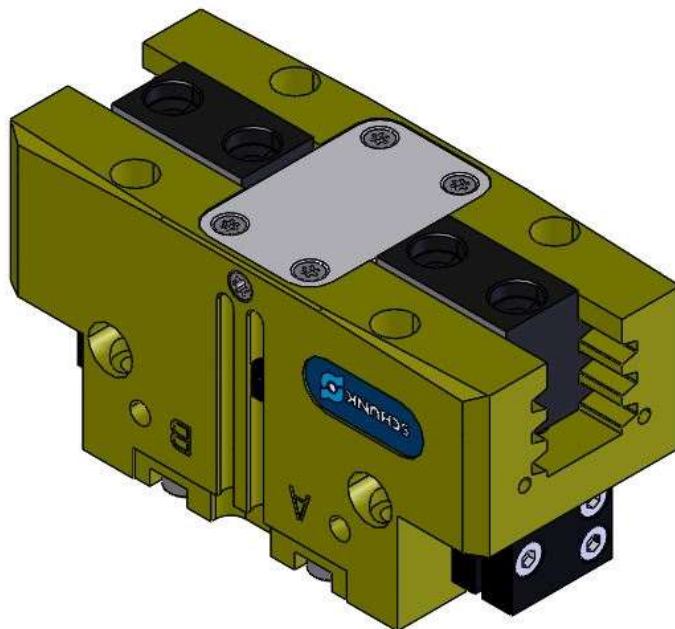
Slika 14 - Hvataljke

Originalno tijelo Schunk prihvatnice nema odgovarajući raspored provrta koji bi omogućio direktnu montažu na robota. Zbog toga je potrebna podložna ploča čiji 3D model prikazuje slika 15.



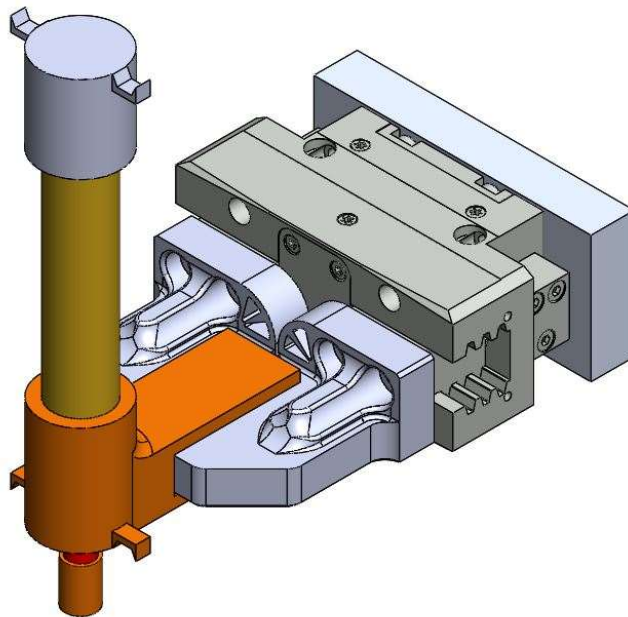
Slika 15 - Podložna ploča

3D Model tijela *Schunk* prihvatnice koja je kupljena od proizvođača prikazana je na slici 16.



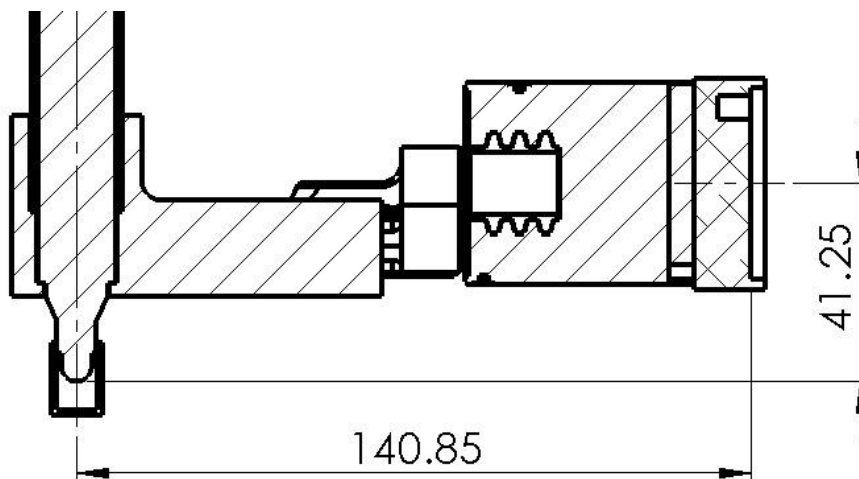
Slika 16 - Schunk prihvatnica

Nakon sklapanja svih dijelova u sklop nastaje 3D CAD model sklopa alata (slika 17).



Slika 17 - Izgled gotovog modela sklopa alata

Prebacivanjem 3D modela sklopa alata u tehnički crtež i kotiranjem vrha alata dobiju se točne udaljenosti TCP-a (slika 18).



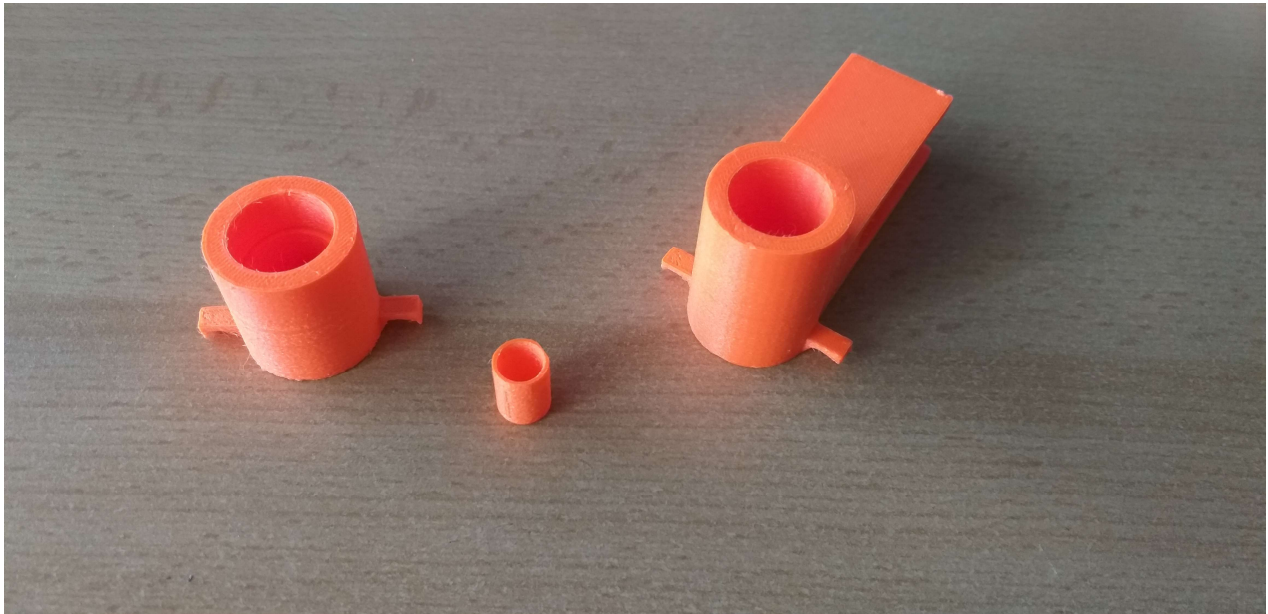
Slika 18 - Udaljenosti TCP-a

Na ovoj slici mogu se vidjeti točne vrijednosti za udaljenosti po y i z osi. Treća brojka iako postoji se zanemaruje jer je njena veličina vrlo mala. Njeno postojanje je razlog nesavršenosti oblikovanja elemenata sklopa.

4. Izrada 3D modela i sklapanje na robot

Nakon modeliranja i određivanja položaja TCP-a potrebni dijelovi se mogu ispisati na 3D pisaču koji se nalazi na fakultetu.

Dijelovi koji su ispisani su: čep, grlo i čepić; prikazani na slici 19.



Slika 19 - Dijelovi nakon ispisa

Nakon ispisa dijelovi se sklapaju te je potrebna obrada brušenjem kako bi se dijelovi mogli sklopiti, osim čepića koji odgovara flomasteru.

Željene dimenzije labavog spoja su premale te se dijelovi malo teže sastavljaju i rastavljaju nego što je očekivano.

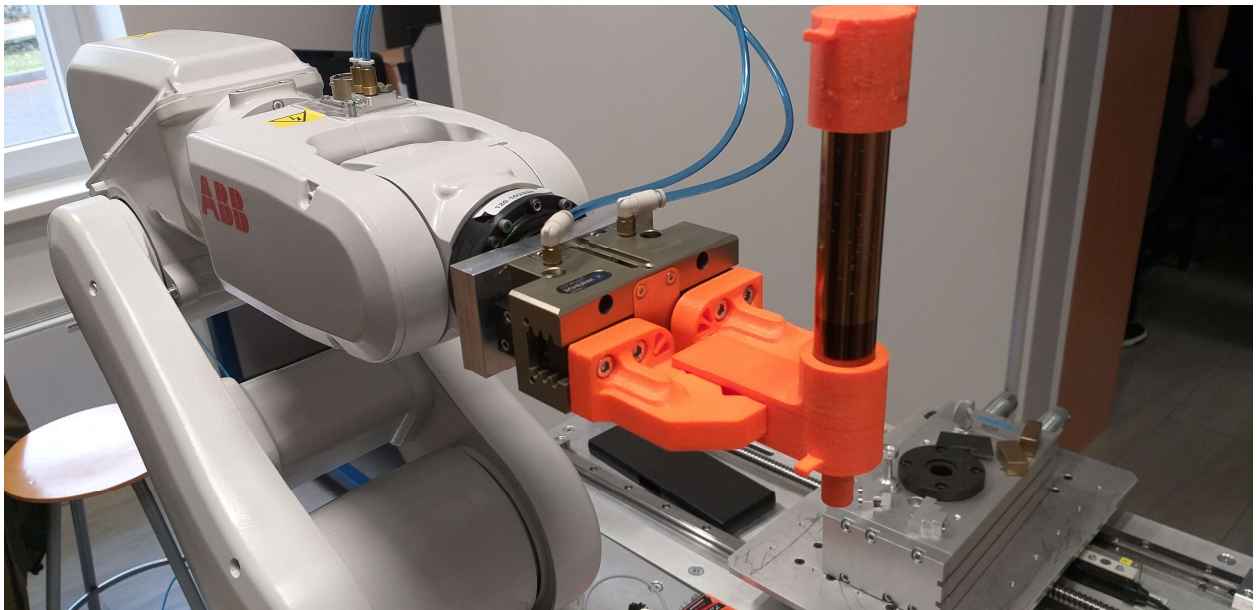
Rezultat toga je donekle čvrst spoj kod kojeg gumene vrpce nisu bile potrebne za držanje sklopa. Time su vanjske "Ušice" postale nepotrebne.

Obrada dijelova odrađena je korištenjem brusnog papira i prikazana je na slici 20.



Slika 20 - Obrada brušenjem

Slika 21 prikazuje obrađeni i sastavljeni sklop koji je testiran na robotu.



Slika 21 - Izgled sklopa na robotu

5. Izrada programa i simulacije rada robota unutar paketa

RobotStudio

Nakon završetka oblikovanja alata robota potrebno je napisati program robota za pisanje zadanog teksta unutar programa *RobotStudio*.

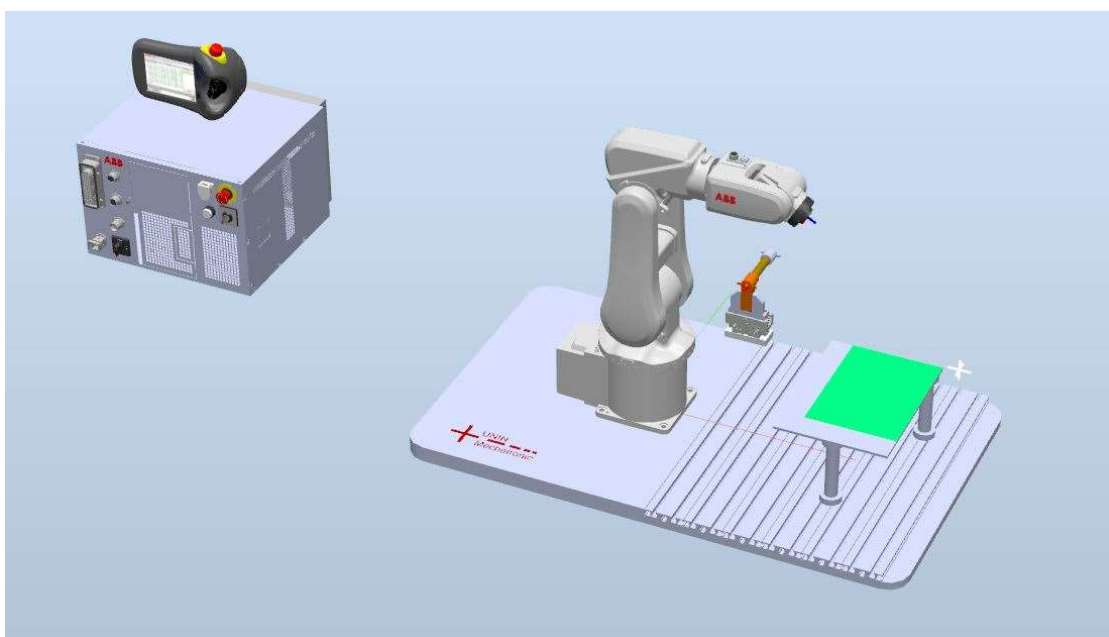
Tekst koji će robot ispisati je "UNIN" (engl. UNIversity North) kao skraćenica za Sveučilište Sjever na engleskom jeziku.

5.1. Izrada *Station-a* unutar *RobotStudio-a*

Na samom početku u programsko okruženje se dodaju robot, elementi iz okruženja robota te prethodno izrađeni model sklopa alata. Elementi se dodaju pomoću naredba *Import Geometry*, *ABB Library* i *Import Library*. [1]

Elemente unutar Robotstudia prikazuje slika 22:

- Robot IRB 120
- Upravljanje IRC5 Compact
- Privjesak za učenje (engl. FlexPendant)
- Postolje na kojem stoji robot
- Stol na kojem će biti papir za pisanje
- A4 papir
- Sklop alata (Nastavak za pisanje na robota – bez čepića)



Slika 22 - Elementi unutar programa

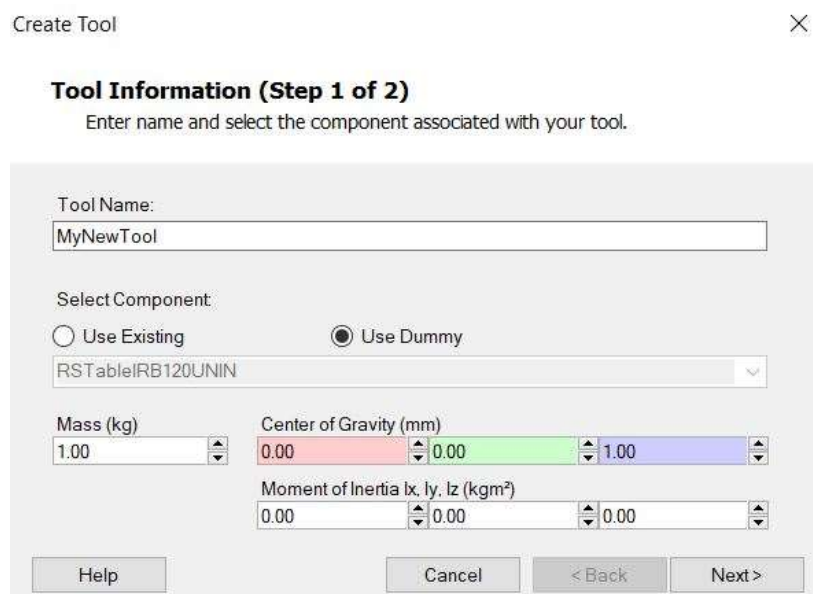
5.2. Izrada alata

Sljedeći korak u radu je izrada alata na temelju modela sklopa alata koji je dodan u program. Odabiremo naredbu *Create Tool* za izradu alata koja se nalazi u kartici *Modeling* (slika 23).



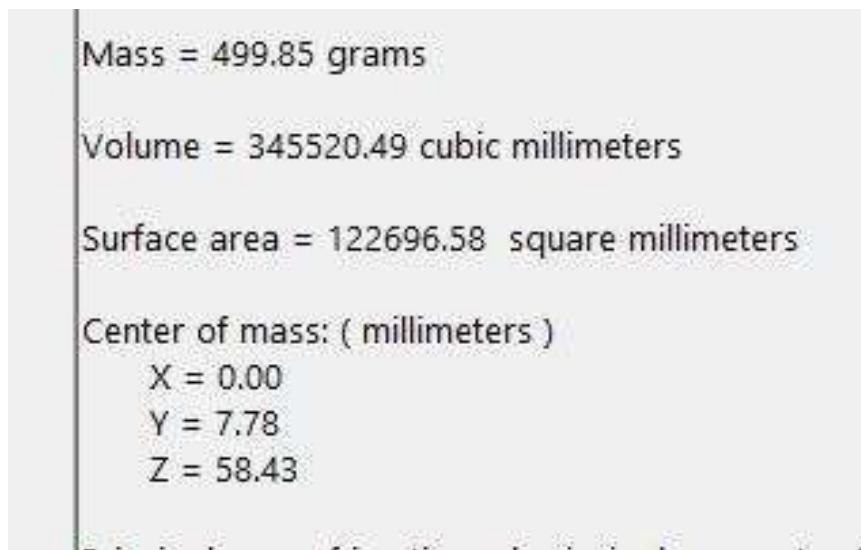
Slika 23 - Naredba za kreiranje alata

Nakon klika na *Create Tool* naredbu otvara se sljedeći prozor prikazan slikom 24.



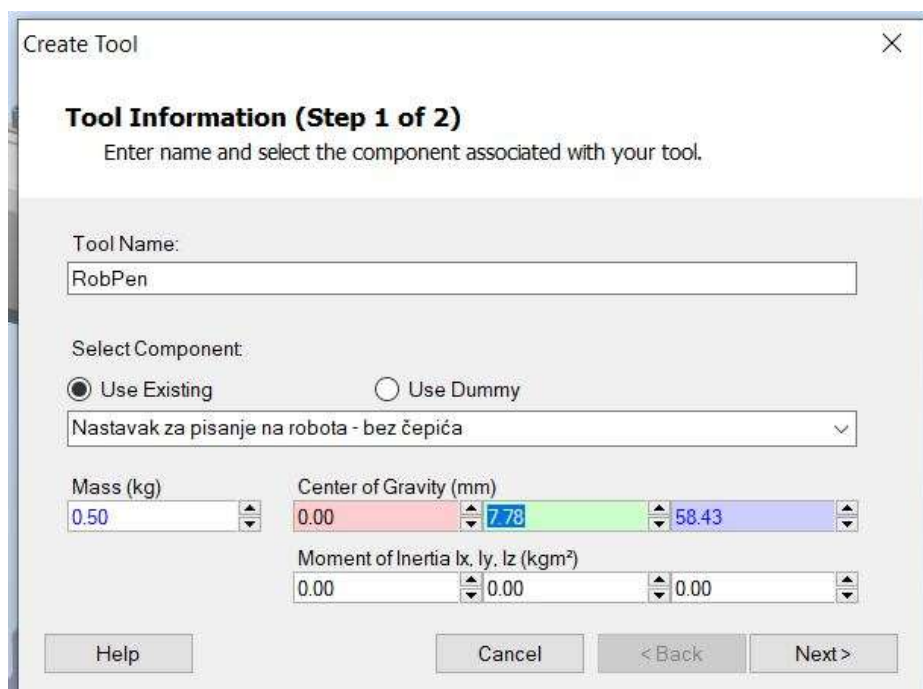
Slika 24 - Prozor za kreiranje alata

Prozor koji se otvorio popunjava se uz parametre (masa i položaj težišta) dobivene u *SolidWorks*-u (slika 25). Velika pažnja se pridaje koordinatnim sustavima i njihovim orijentacijama u oba programa.



Slika 25 - Parametri modela alata u *SolidWorks*-u

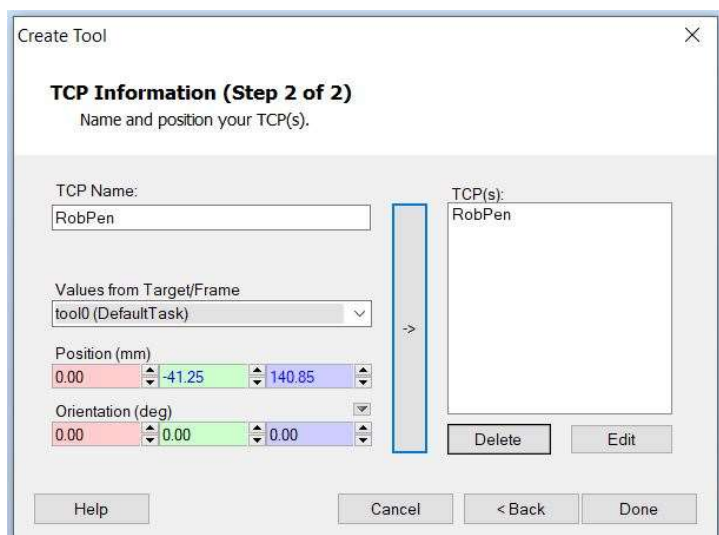
Ime alata je *RobPen*, a model koji će predstavljati alat odabire se iz postojećih modela unutar programa (*Use Existing*) (slika 26).



Slika 26 - Popunjeni prvi prozor

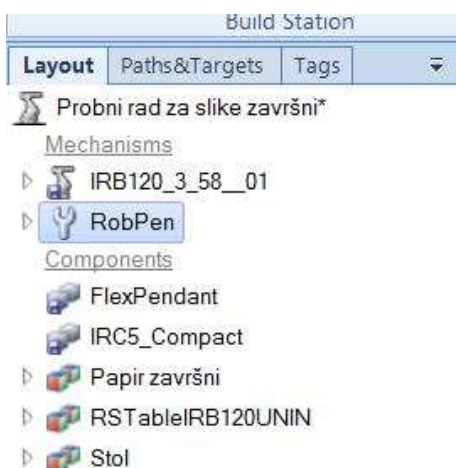
Klikom na *Next* dolazimo do drugog prozora (slika 27) na kojem se određuje naziv i položaj TCP-a. Ime TCP-a je *RobPen* isto kao i ime alata, te upisujemo već navedene podatke udaljenosti TCP-a. Kao početnu točku od koje vrijede udaljenosti uzima se tool0 odnosno tvornički alat robota, u obzir uzimamo i usmjerenje koordinatnog sustava u kojem je Y pomak negativan. Vrijednosti koje su ovdje upisane uzete su sa tehničkog crteža koji je vidljiv na slici 18.

Klikom na strelicu program sprema podatke TCP-a, s *Done* završavamo izradu alata.



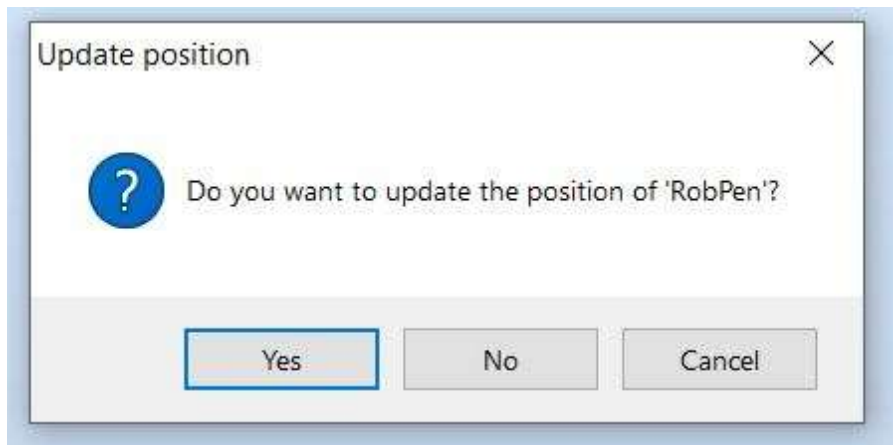
Slika 27 - Popunjen drugi prozor

Nakon kreiranja alata, pojavljuje se alat sa imenom *RobPen* u pomoćnom prozoru *Layout* (slika 28). Povlačenjem tog imena na ime robota (koje je iznad) alat se postavlja na robota.



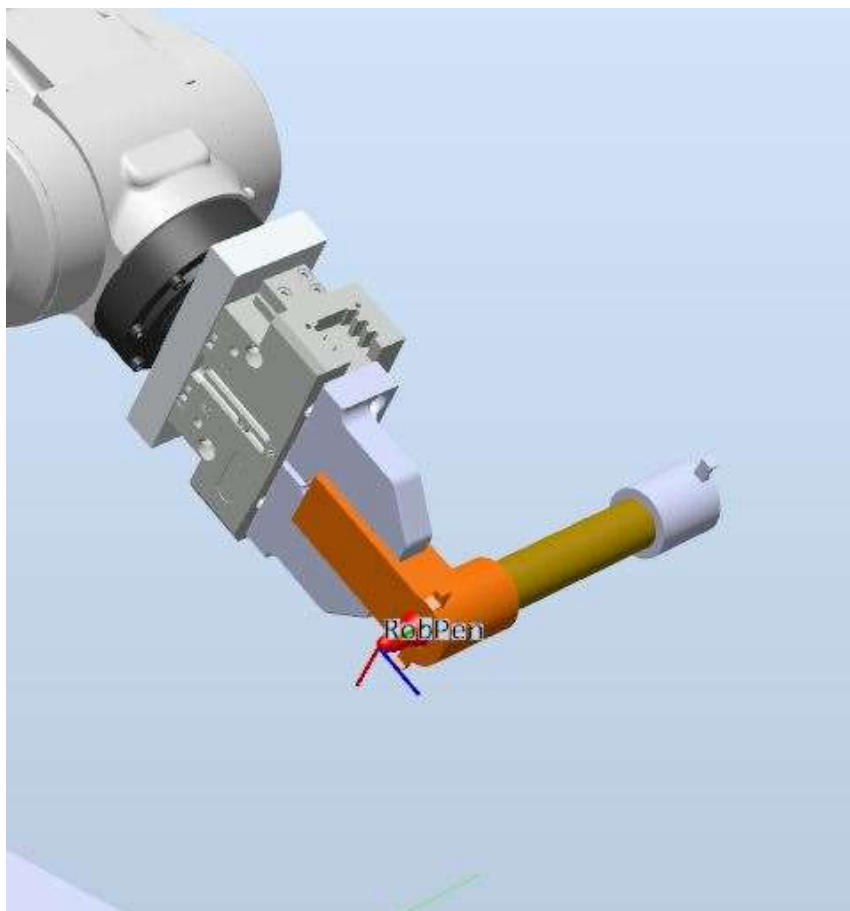
Slika 28 - Prikaz alata u Layout prozoru

Otvora se prozor *Update position* (slika 29) u kojemu odabiremo *Yes*. S tim korakom alat je promijenio položaj i postavljen je na robota.



Slika 29 - Update position prozor

Postavljeni alat je vidljiv na slici 30.



Slika 30 - Alat na robotu

5.3. Priprema prije pisanja

Prije početka izrade putanje po papiru moraju se dodati dvije dodatne točke koje nisu vezane uz putanju. Te dvije točke će olakšati fizičko postavljanje alata i ubrzati proces pisanja. Prva točka je *RobPenSleep* u kojoj je robot odmaknut od papira, a druga je *RobPenWork* koja se nalazi iznad papira. Dolaskom u *RobPenWork* robot dolazi u položaj iz kojeg će krenuti pisati.

RobPenSleep i *RobPenWork* će biti dvije točke u koje se dolazi *MoveJoint* tipom pomaka. Ta naredba pomiče robot rotacijom zglobova bez kontroliranja putanje po kojoj se giba TCP.

Bitno za napomenuti je da su točke *RobPenSleep* i *RobPenWork* dobivene proizvoljnim pomicanjem robota u prostoru što znači da nisu povezane s nekim stvarnim koordinatama u prostoru.

5.3.1. Postavljanje Controller-a

Za početak se unutar programa uključuje kontroler koji će upravljati robotom i omogućiti mu da se giba po putanji. Odabire se naredba *Virtual Controller - From layout* unutar *Home* kartice (slika 31). [2]

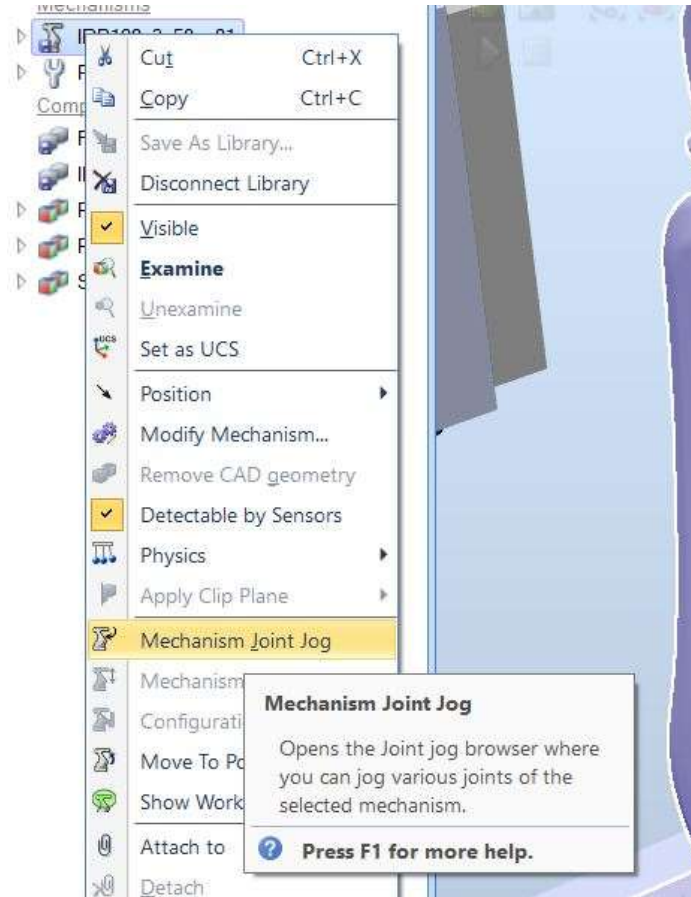


Slika 31 - Naredba za pokretanje Controller-a

Nakon odabira naredbe pojavljuju se tri prozora u kojima je moguće promijeniti neke parametre, ali je nepotrebno pa se sa *Next* i *Finnish* završava naredba. Nakon završetka unutar programa se pokreće *Controller* te su omogućene mnoge nove funkcionalnosti.

5.3.2. RobPenSleep

Prvi korak za izradu točke je klik desnim klikom miša na ime robota. Otvara se izbornik u kojem odabiremo naredbu *Mechanism Joint Jog* (slika 32).



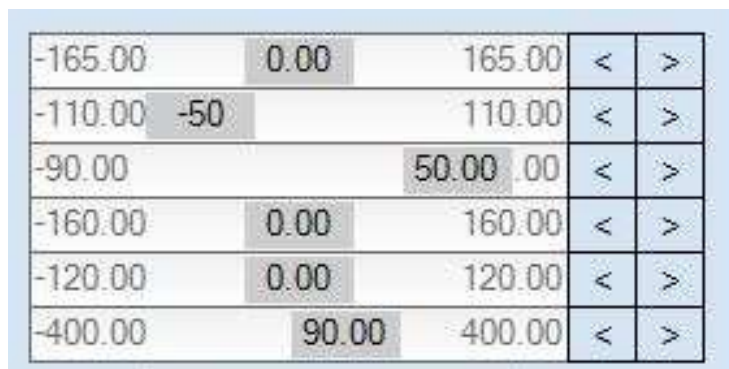
Slika 32 - Mechanism Joint Jog

Otvora se prozor (slika 33) u kojemu možemo vidjeti trenutne kuteve pojedinih zglobova. Klikom na sivu brojku možemo promijeniti i upisati željenu vrijednost položaja pojedinog zgloba.



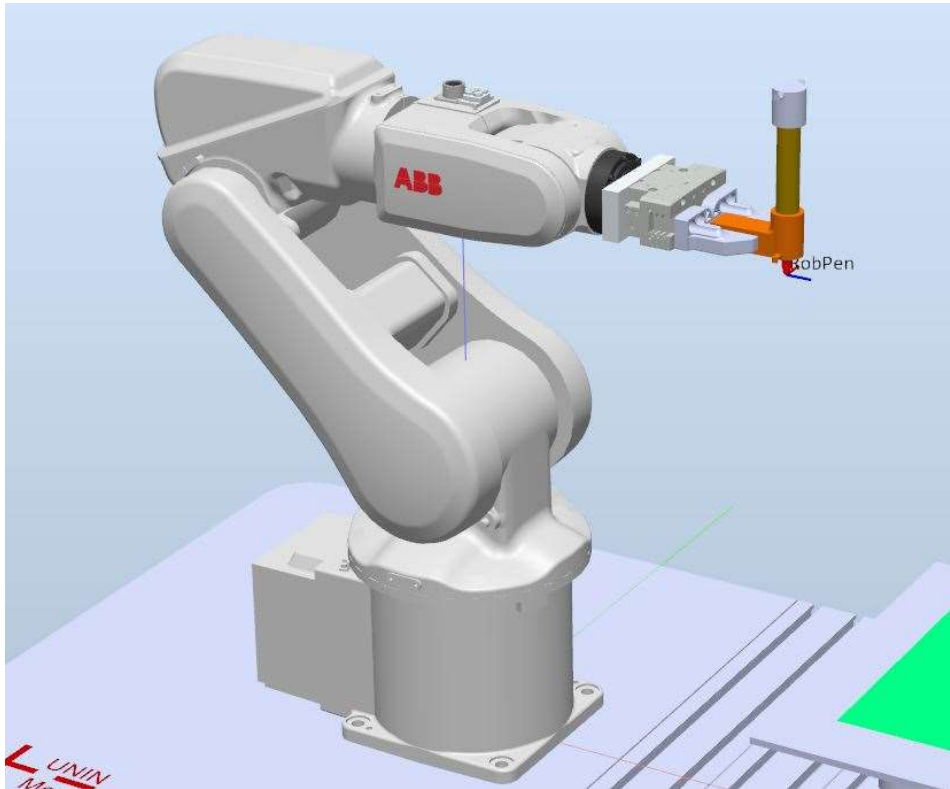
Slika 33 - Joint Jog prozor

Upisujemo prethodno odabrane vrijednosti (slika 34) za *RobPenSleep* točku.



Slika 34 - Nove vrijednosti u Joint Jog prozoru

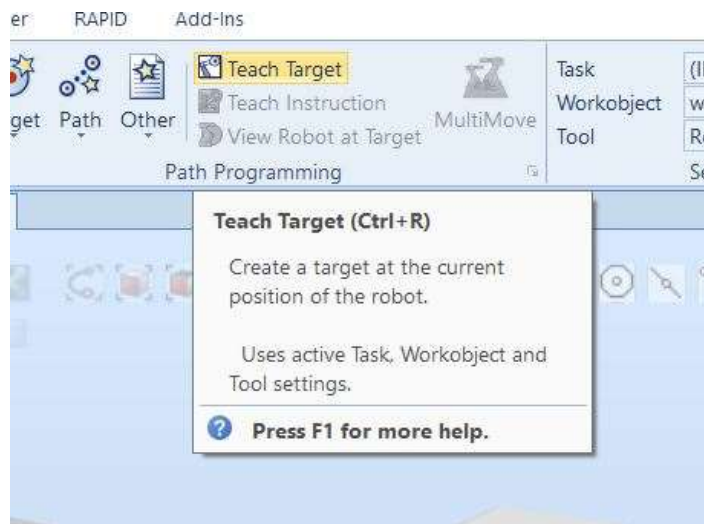
Nakon upisivanja vrijednosti robot zauzima položaj prikazan na slici 35.



Slika 35 - Položaj robota u RobPenSleep

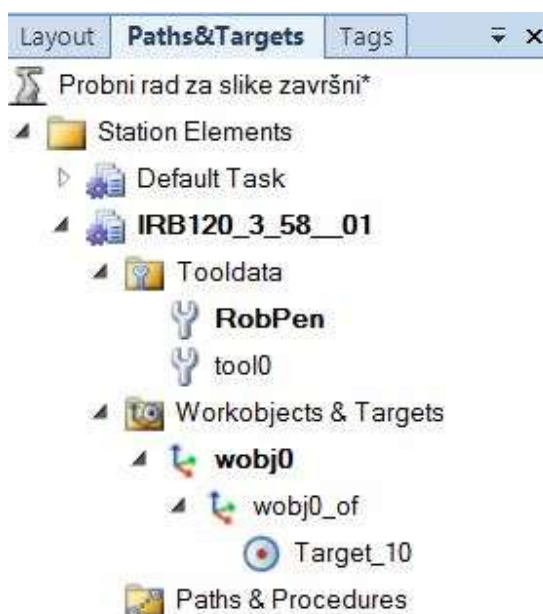
Sljedeći korak je spremanje položaja robota odnosno izrada točke u koju robot mora pomaknuti alat *MoveJoint* tipom pomaka.

Točka se naredbom *Teach Target* (slika 36) sprema i prikazuje kao *Target_10* u pomoćnom prozoru *Paths & Targets* (slika 37).



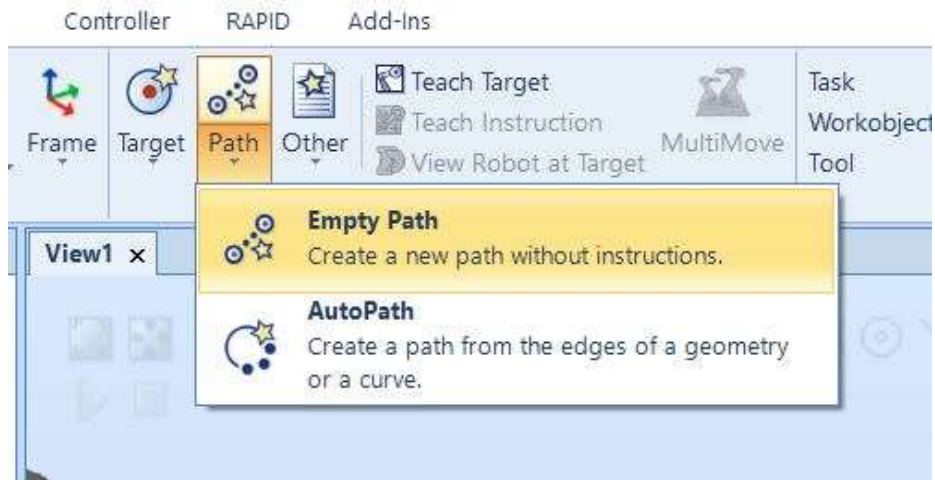
Slika 36 - Teach Target

Svaka novonastala točka se u strukturi sprema ispod koordinatnog sustava u kojem je izrađena. Tako se točka *Target_10* nalazi ispod osnovnog koordinatnog sustava *wobj0* što je vidljivo u prozoru na slici 37.



Slika 37 - Paths & Targets

Dobivenu točku potrebno je ubaciti u novu putanju ili *Path*. Za izradu nove putanje odabiremo naredbu *Empty Path* kojom nastaje nova prazna putanja (slika 38).



Slika 38 - Empty Path

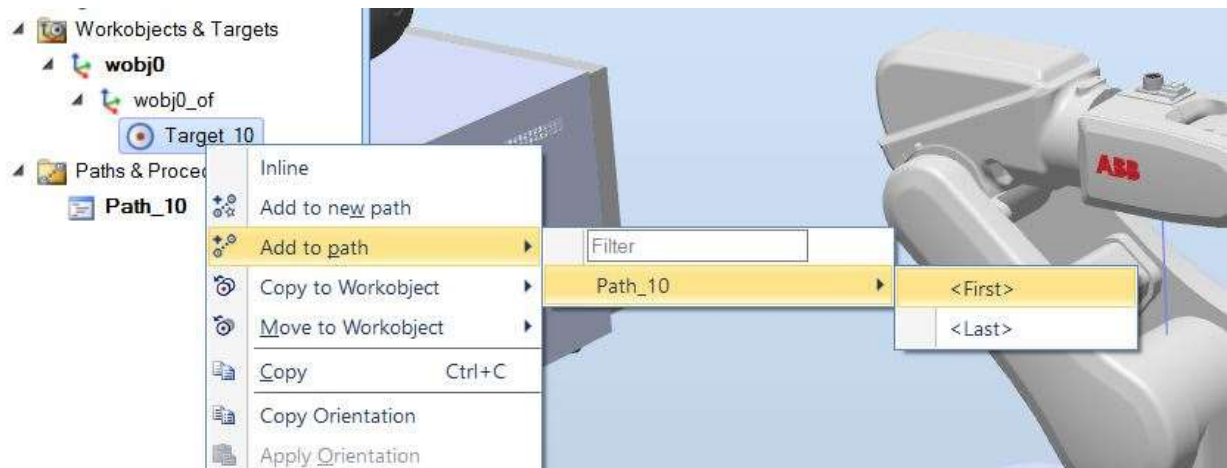
Prazna putanja postaje vidljiva u pomoćnom prozoru *Paths & Targets* kao *Path_10* (slika 39).



Slika 39 - Prikaz prazne putanje "Path_10"

Nakon kreiranja prazne putanje u nju se dodaje točka. Desnim klikom na točku dobijemo opciju *Add to Path* za ubacivanje u već postojeću putanju gdje odabiremo *Path_10* (slika 40).

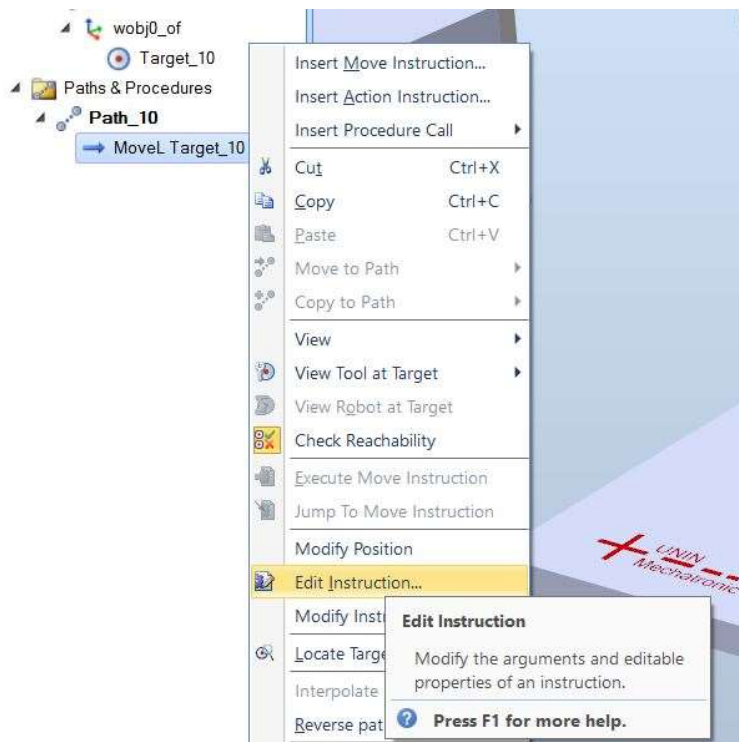
Nema razlike između postavljanja točke kao prve ili zadnje jer će u ovom slučaju biti jedina u putanji.



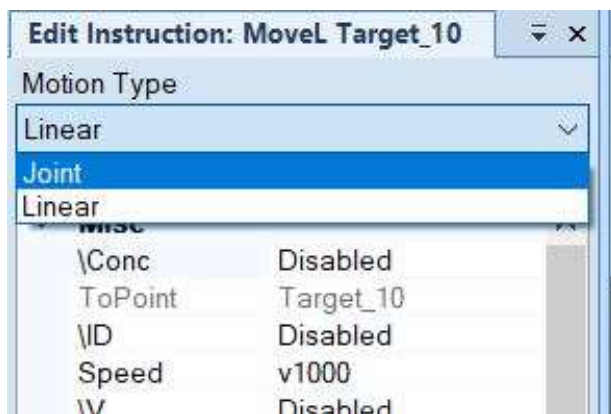
Slika 40 - Add to path

U pomoćnom prozoru se promijenio izgled putanje te se standardno prikazuje kao *MoveLinear* tip pomaka (slika 41).

Desnim klikom na *MoveL Target_10* možemo s naredbom *Edit Instruction* promijeniti tip pomaka u *MoveJoint* ili *MoveJ*. Pojavljuje se prozor (slika 42) u kojem jednostavno mijenjamo tip pomaka te ga s *Apply* potvrđujemo.



Slika 41 - Edit Instruction



Slika 42 - Promjena tipa pomaka

Za kraj se ime putanje *Path_10* se mijenja u *RobPenSleep* zbog lakšeg snalaženja.

Time je završeno postavljanje točke odnosno putanje (koja u ovom slučaju sadrži samo jednu točku) u koju robot mora doći.

5.3.3. RobPenWork

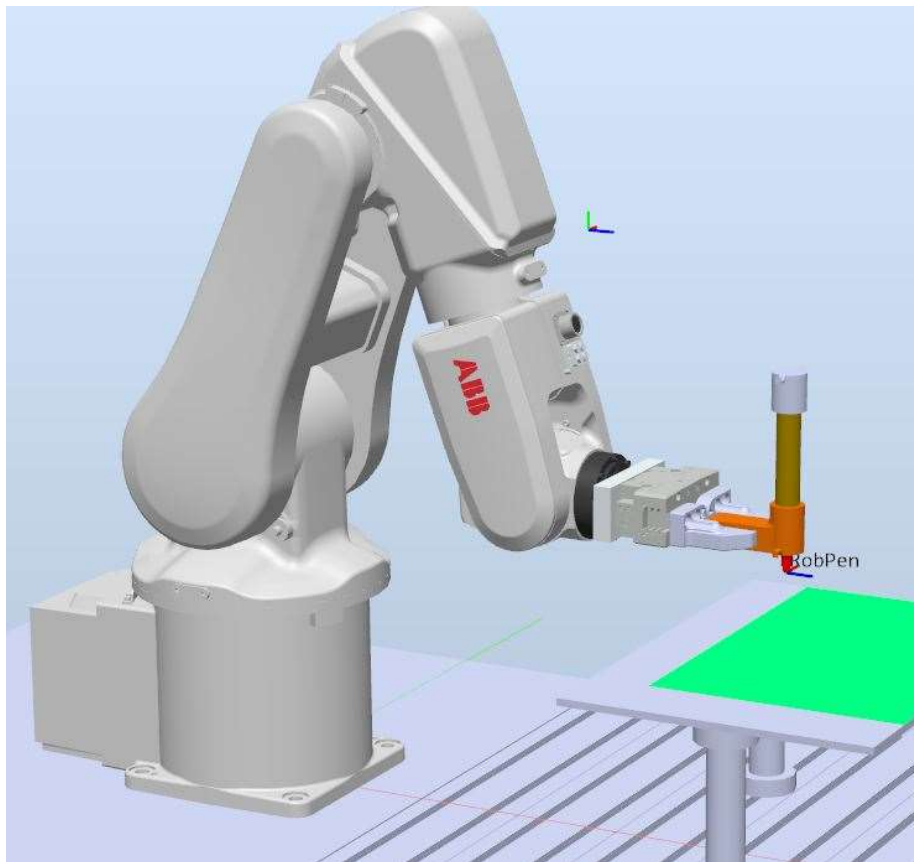
Točka *RobPenWork* će biti točka iznad papira i bliže početku putanje za pisanje slova. Način izrade točke je identičan onome od *RobPenSleep* samo što se zadaju drugačiji parametri u *Mechanism Joint Jog* naredbi.

Na slici 43 prikazani su parametri za *RobPenWork* točku.

-165.00	0.00	165.00	<	>
-110.00	21.74	110.00	<	>
-110.00		48.68	<	>
-160.00	0.00	160.00	<	>
-120.00	-70	120.00	<	>
-400.00	0.00	400.00	<	>

Slika 43 - Parametri za *RobPenWork*

Položaj robota u *RobPenWork* točki vidljiv je na slici 44.



Slika 44 - Položaj robota u *RobPenWork*

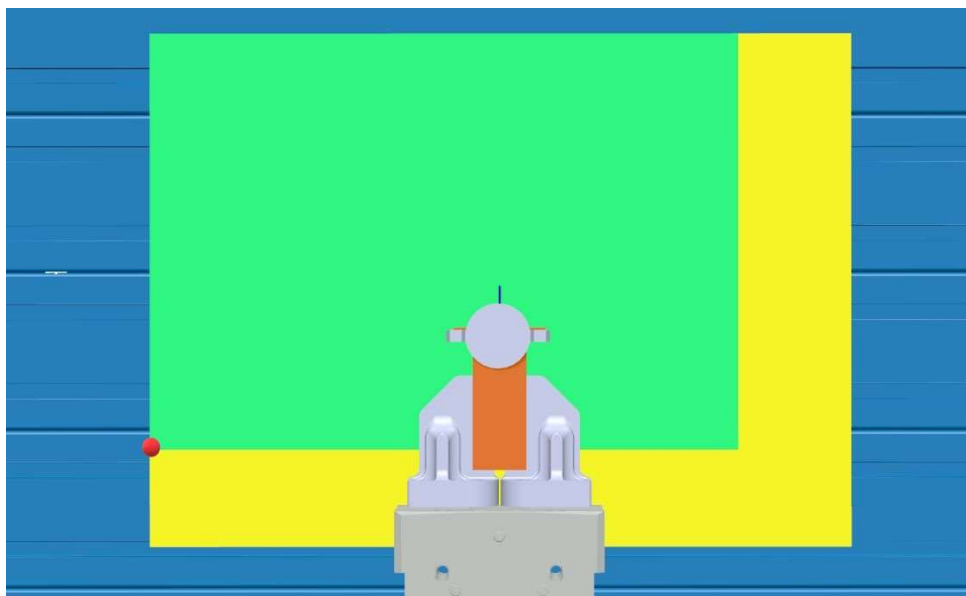
5.3.4. Postavljanje Work Object-a

Radni objekt (*Work Object*) je koordinatni sustav koji služi za definiciju točaka, kada se definiraju točke pomoću tog novog sustava one se definiraju udaljenostima od njegovog ishodišta. To je vrlo korisno ako se radni objekt pomiče, u tom slučaju pomicanjem radnog objekta se pomiču sve točke vezane uz radni objekt.

Pojmom "radni objekt" (engl. work object) mogu se opisivati dvije stvari, a to su dio koji robot obrađuje ili koordinatni sustav (od nekog radnog objekta) u kojem se robot giba. U daljnjem tekstu pod pojmom "radni objekt" podrazumijeva se da se govori o koordinatnom sustavu.

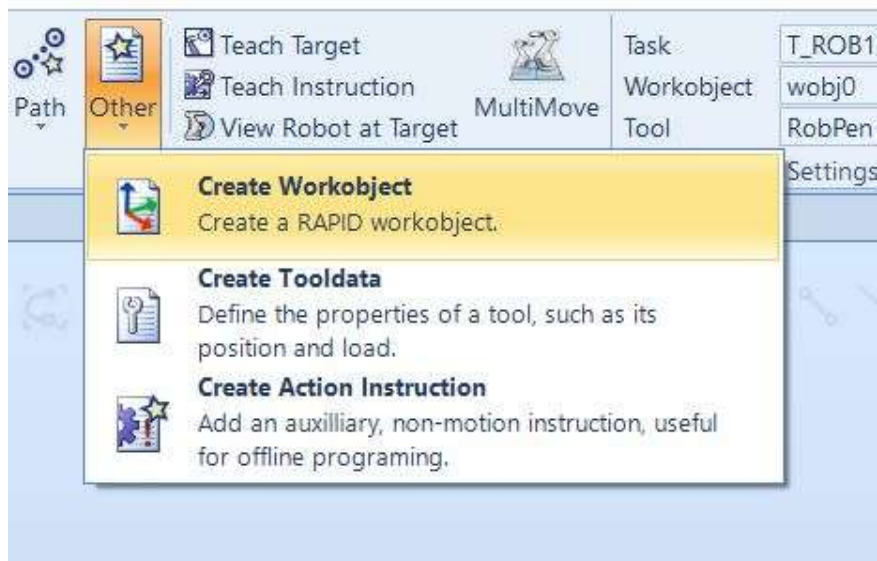
Ovaj korak je vrlo važan jer prikazuje način na koji se mora određivati radni objekt pri početku pisanja programa za stvarnog robota. Posebna se pažnja daje redoslijedu zadavanja točaka.

Za početak se odabire položaj radnog objekta, u ovom slučaju će se ishodište radnog objekta nalaziti s lijeve strane robota na donjem rubu papira kako je prikazano crvenom točkom na slici 45. Postolje i stol su plave i žute boje zbog boljeg raspoznavanja elemenata na slici.



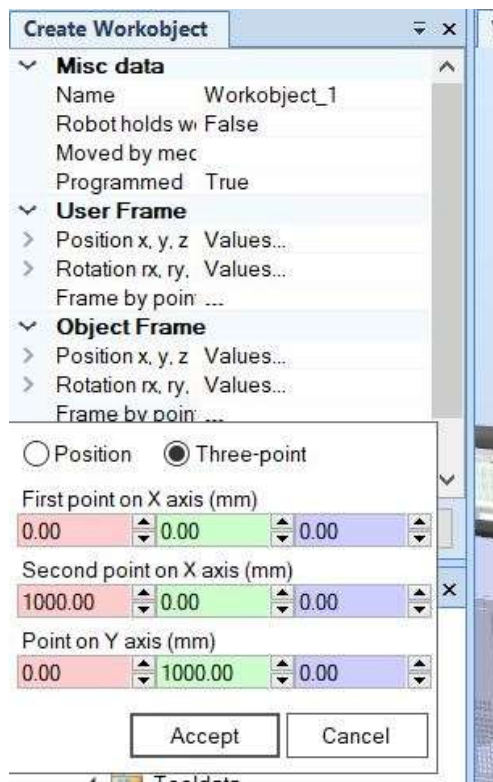
Slika 45 - Položaj radnog objekta

Odabire se naredba *Other - Create Workobject* u *Home* kartici (slika 46).



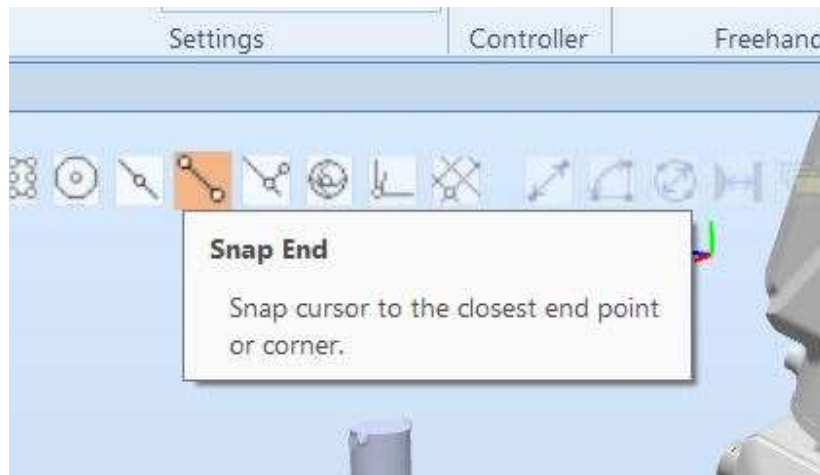
Slika 46 - Naredba za kreiranje radnog objekta

Otvora se prozor (slika 47) u kojem se pod *Frame by points* unutar *Object Frame*-a odabire *Three-point*.



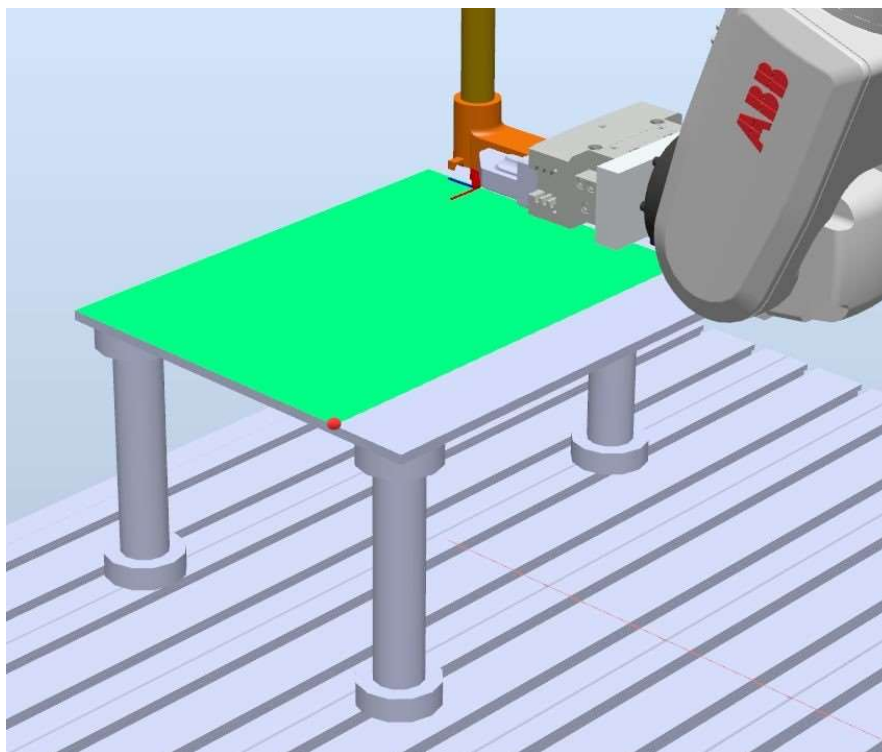
Slika 47 - Izrada radnog objekta

Istovremeno treba uključiti naredbu *Snap End* (slika 48). Naredba *Snap End* omogućuje samo odabir krajnjih točaka pomoću kursora tj. mogu se odabrati svi krajnji položaji kao što su vrhovi i kutovi.



Slika 48 - Snap End naredba

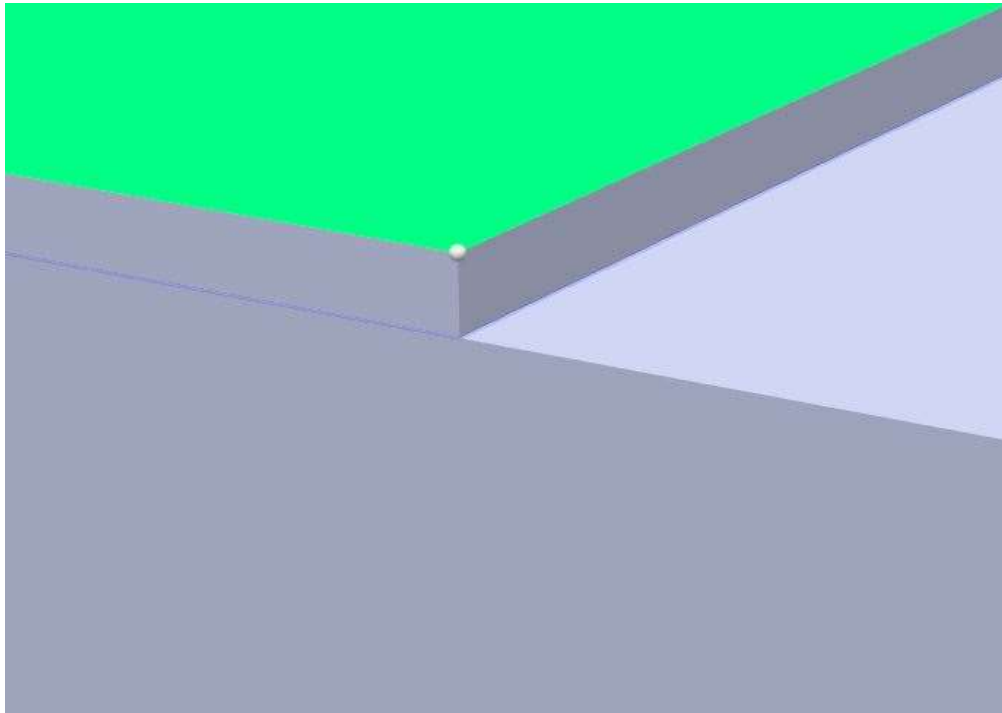
Na slici 49 vidi se odabrani položaj radnog objekta s lijeve strane robota pod drugačijim kutom.



Slika 49 - Prikaz položaja radnog objekta s lijeve strane robota

Pravokutnim označivanjem kursora označava se prvi dio reda u tabeli (*First point on X axis*).

Na slici 50 može se vidjeti uvećani rub gdje će se postaviti radni objekt, također se vidi bijela kuglica koja označava rub koji će se odabrati.

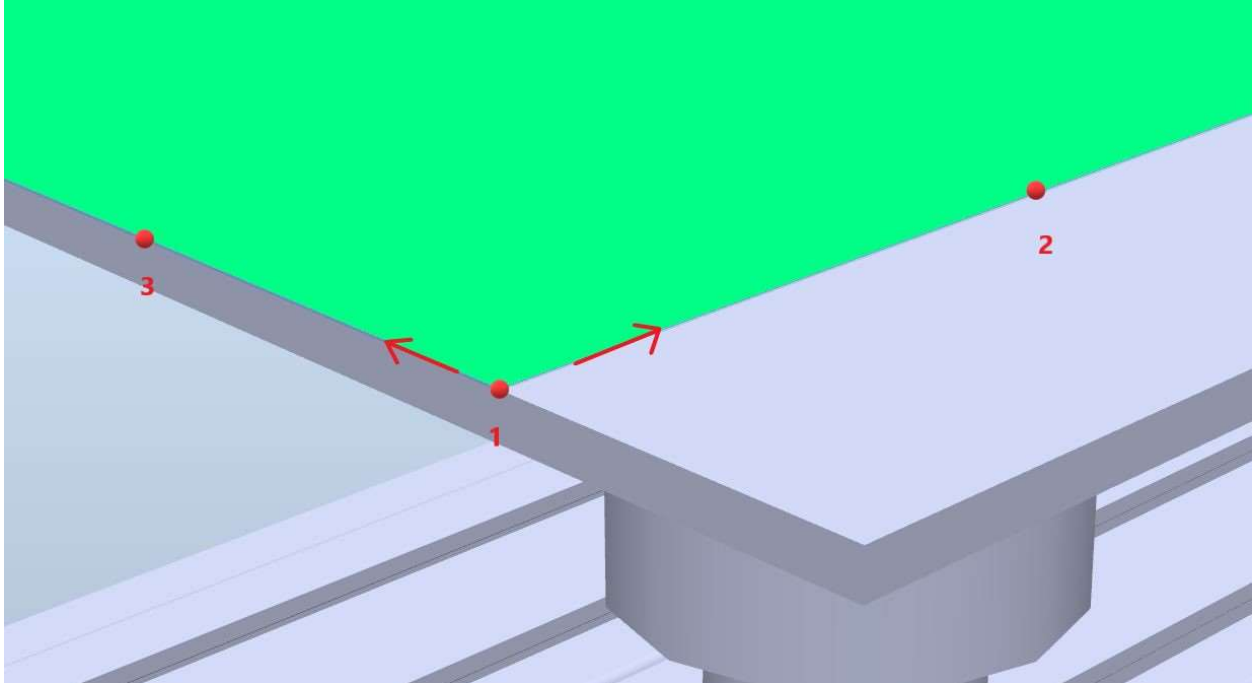


Slika 50 - Uvećani položaj prve točke za odabir

Klikom na zadanu točku upisuju se koordinate odabrane točke u prethodno odabrani red.

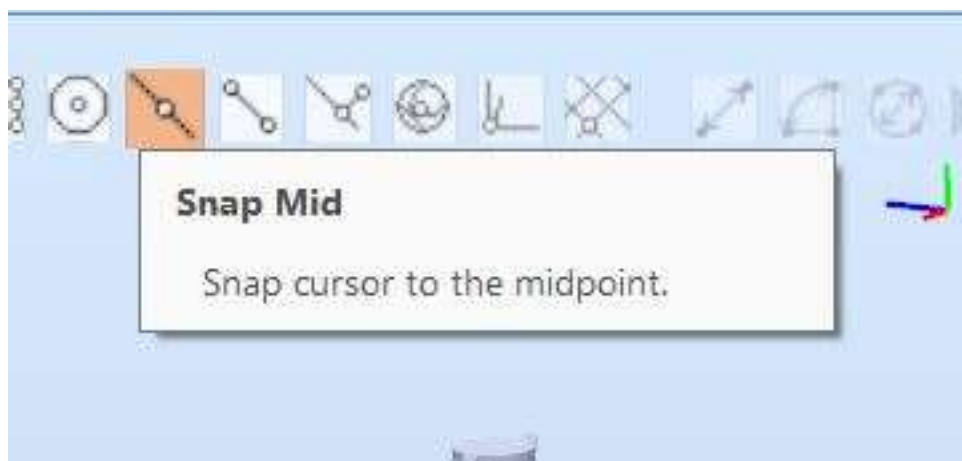
Ostale dvije točke odabiru se po sljedećem redosljedu nakon prve (slika 51). Ovaj redosljed prati redove koje treba popuniti odozgo prema dolje.

Prva točka je prva točka na X-osi, druga točka je druga točka na x-osi, a treća točka je točka na Y-osi.



Slika 51 - Redosljed odabira

Naredbom *Snap Mid* (slika 52) odabiru se ostale dvije točke po istom principu kao i sa *Snap End*. Naredba *Snap Mid* omogućava odabir točke na polovici brida.



Slika 52 - Snap Mid naredba

Parametri odabranih točaka su vidljivi na slici 53.

Position Three-point

First point on X axis (mm)
419.50 177.00 171.10

Second point on X axis (mm)
419.50 -823.00 171.10

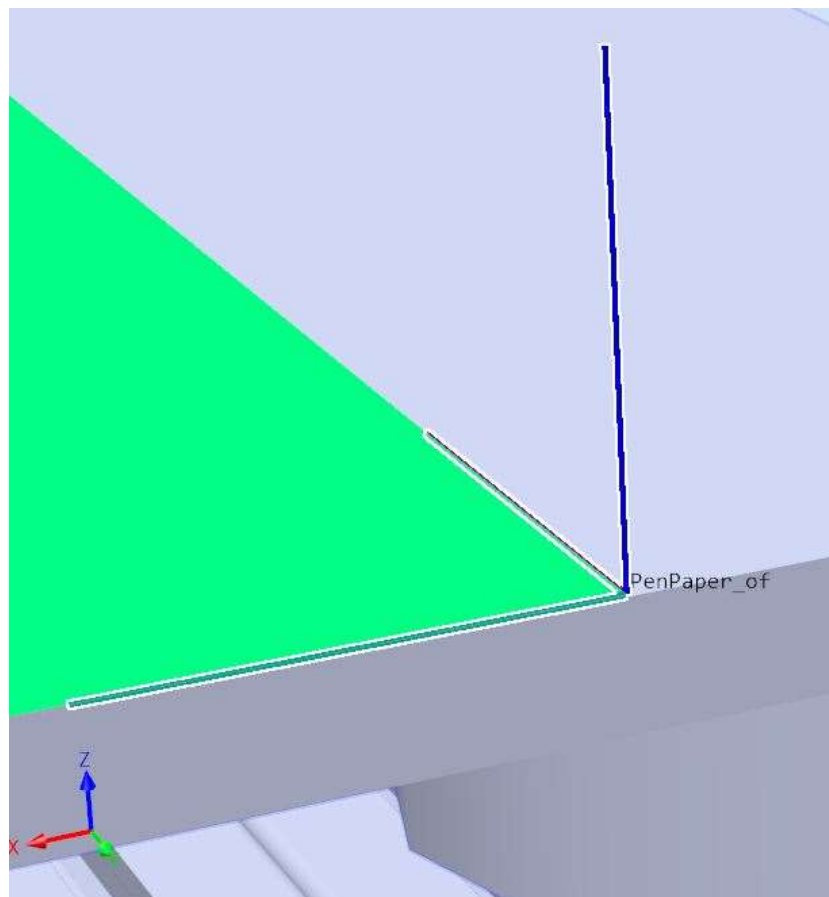
Point on Y axis (mm)
1419.50 177.00 171.10

Accept Cancel

Slika 53 - Parametri triju točaka

Nakon odabira svih triju točaka te klikom na *Accept* i *Create* dobije se novi radni objekt. Naknadno se u pomoćnom prozoru preimenuje u *PenPaper*.

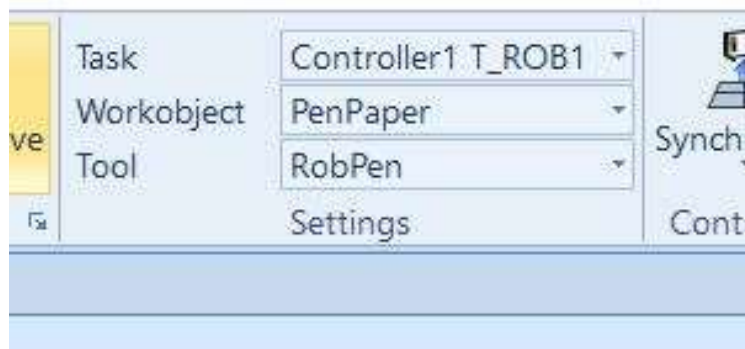
Izgled radnog objekta *PenPaper* (slika 54).



Slika 54 - Položaj radnog objekta na papiru

5.3.5. Aktivacija putanje, alata i radnog objekta

Na alatnoj traci u kartici *Home* je vidljivo koji alat i radni objekt su trenutno aktivni. Ukoliko nisu aktivni treba ih postaviti na *PenPaper* i *RobPen* kao što prikazuje slika 55. Uz to je potrebno stvoriti novu praznu putanju te ju također postaviti kao aktivnu. Desnim klikom na putanju prikazuje se opcija *Set as active*. [3]



Slika 55 - Trenutno aktivni radni objekt i alat

Nova aktivna putanja podebljenih slova (slika 56).



Slika 56 - Nova aktivna putanja

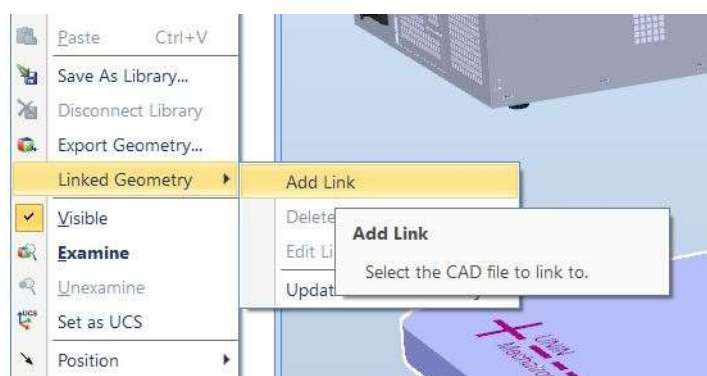
Novoj putanji *Path_10* na slici 56 treba promijeniti ime u *RobPenRoutine*.

5.3.6. Zamjena modela papira

Model papira koji se trenutno koristi ne sadrži tekst koji se želi ispisati s robotom. Model papira s tekстом ima iste dimenzije sa izrezanim tekstem na njemu. Na taj se način olakšava izrada putanje s naredbama koje prate rubove. Nema razlike koji se papir ubacuje prvi jer će se zamjena papira odraditi u oba slučaja.

Izrada dva modela papira je potrebna jer se jedan koristi za programiranje, a na drugome se kasnije može vidjeti putanja gibanja robota bez izrezanih slova.

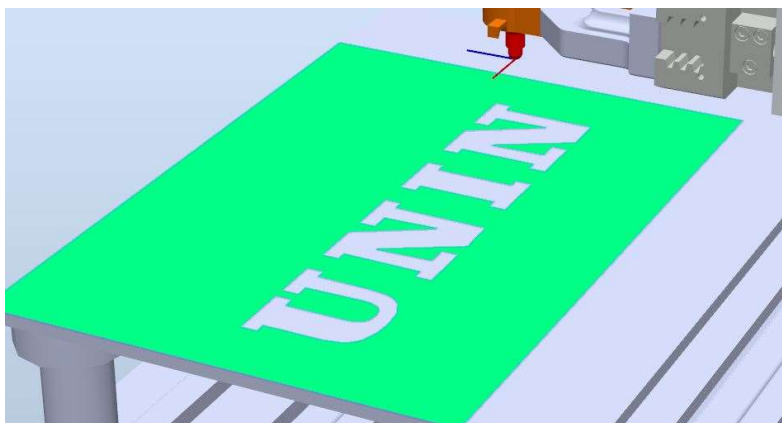
Zamjena dvaju modela počinje s desnim klikom na već postojeći model papira u pomoćnom prozoru. Nakon otvaranja odabire se opcija *Linked Geometry - Add Link* (slika 57).



Slika 57 - Add link naredba

Nakon odabira naredbe pojavljuje se isti prozor kao i kod ubacivanja modela po prvi put. Odabirom drugog modela dva modela mijenjaju mjesta (slika 58), ono što je važno za napomenuti je da položaj koordinatnog sustava ostaje isti.

Oba modela moraju imati identičan položaj početnog koordinatnog sustava kod oblikovanja u CAD alatu. U suprotnom će se drugi model pojaviti u drugom položaju.

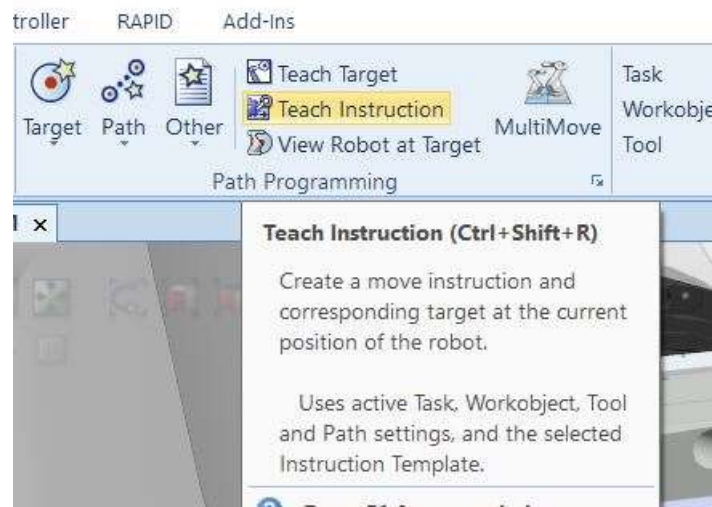


Slika 58 - Model papira sa slovima

5.4. Putanja pisanja

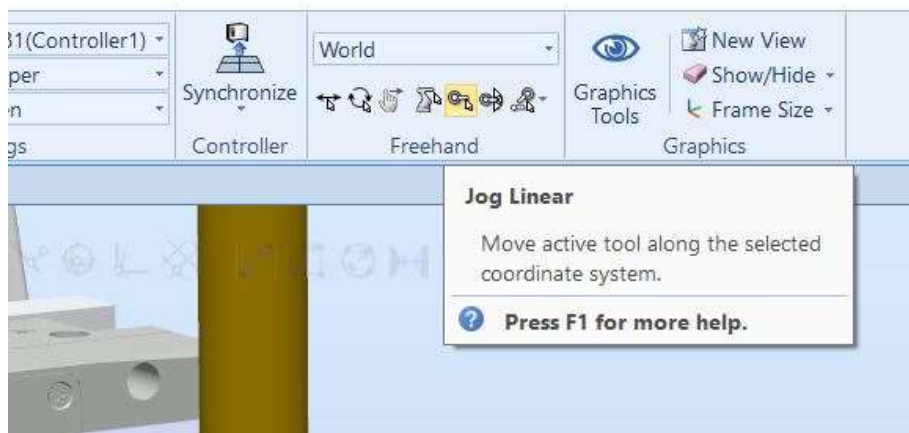
Nakon svih odrađenih priprema započinje izrada putanje po kojoj se robot giba flomasterom kako bi napisao zadani tekst. Izrada putanje se sastoji od nekolicine naredbi koje se ponavljaju sve dok se ne odradi putanja za sva slova.

Prva naredba je *Teach Instruction* (slika 59) koja automatski stvara točku i prebacuje ju u aktivnu putanju. Naredba se aktivira u trenutnoj točki *RobPenWork* koja će biti početna i završna točka programa.

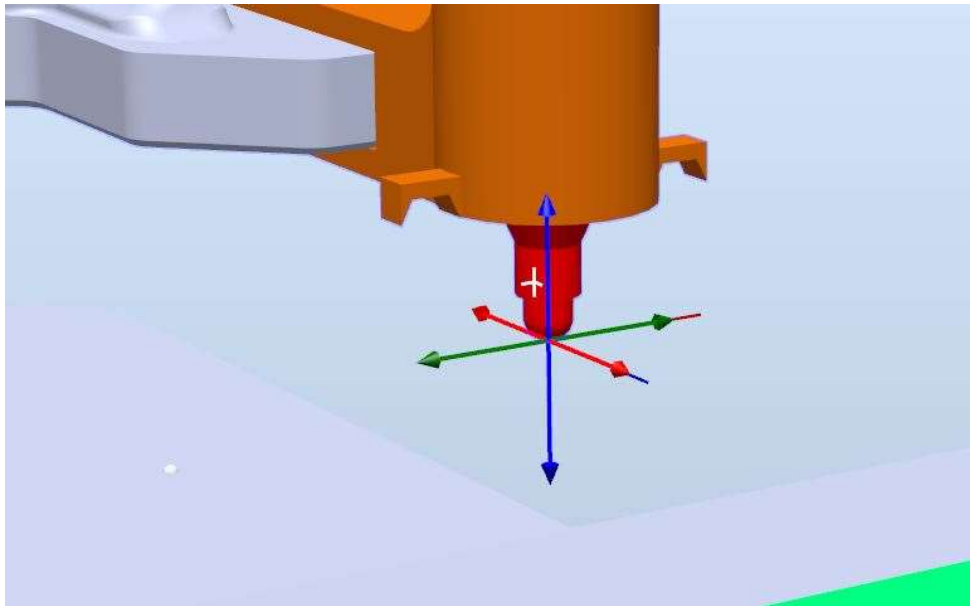


Slika 59 - Teach Instruction

Sljedeći korak je aktivacija naredbe *Jog Linear* (slika 60) koja omogućuje da se robot pomiče pokazivačem miša. Klikom na model alata robota pojavljuju se strelice za pomak cijelog robota linearno u koordinatnom sustavu alata (slika 61).



Slika 60 - Jog Linear

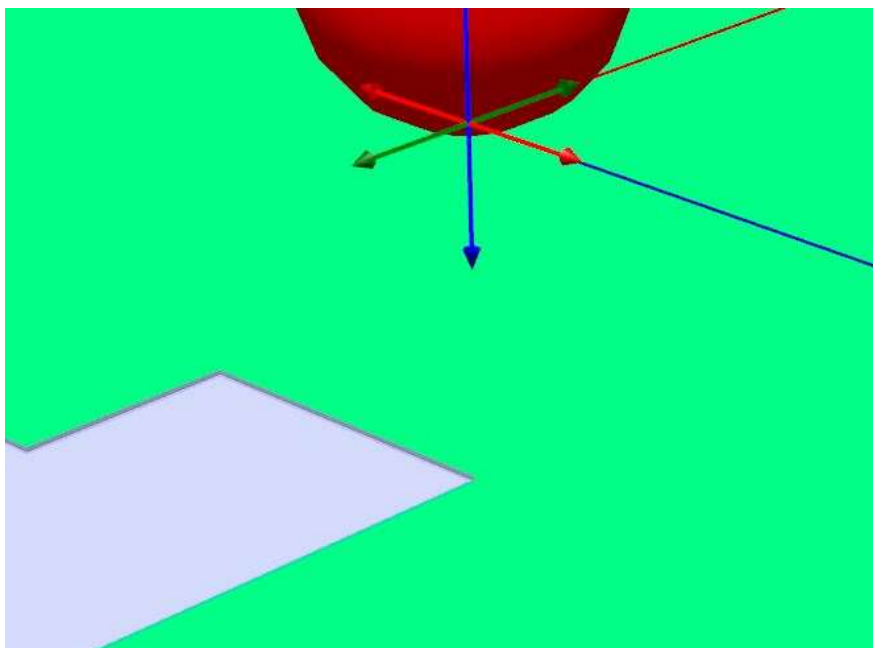


Slika 61 - Strelice za pomak robota

Robot se pomoću strelica pomiče do prvog slova, te se naredba *Teach Instruction* odabire tik do papira.

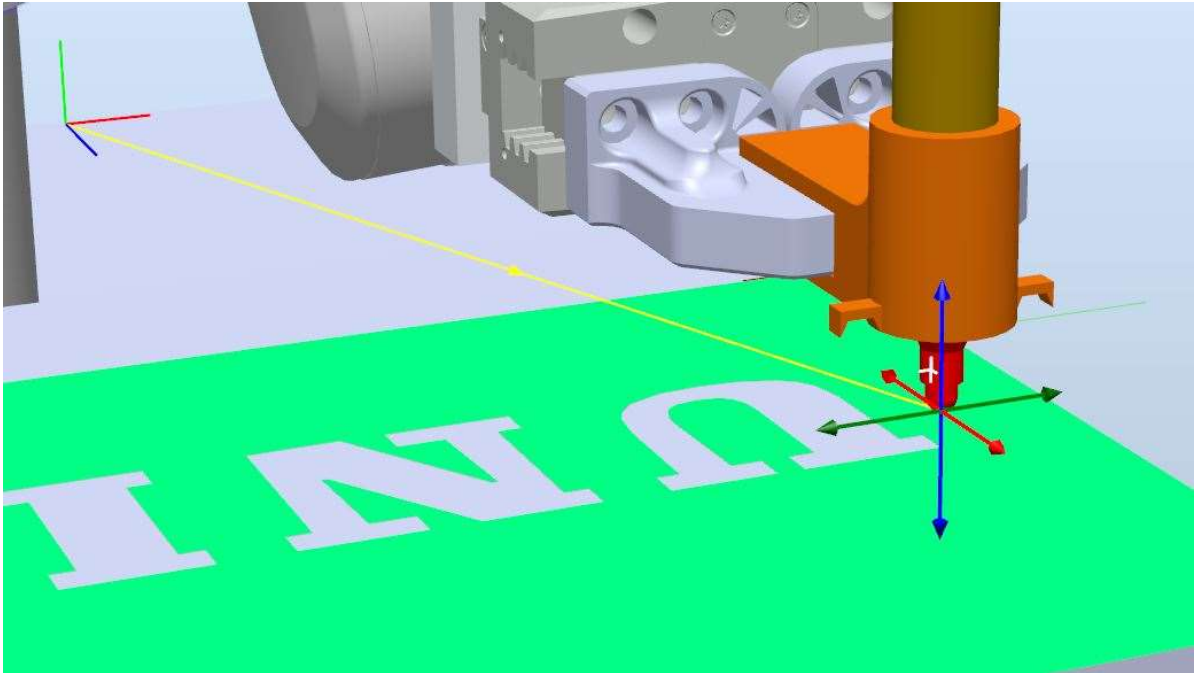
Mali razmak između papira i flomastera je potreban kao sigurna udaljenost da ne dođe do neželjenog kontakta (slika 62) između njih. Ta se udaljenost koristi prije početka pisanja i na kraju pisanja pojedinih slova teksta.

Udaljenost je proizvoljna, nije poželjno da je prevelika ili premala. U ovom radu koristi se udaljenost od otprilike 8 mm.



Slika 62 - Položaj alata nakon pomaka

Nakon prvog položaja i naredbe *Teach Instruction* prvi dio putanje je izrađen (slika 63), unutar radnog objekta i putanje u pomoćnom prozoru su se pojavile nove točke i naredbe.



Slika 63 - Prvi dio putanje

Sljedeća točka se nalazi na samom papiru, za to se koristi naredba *Snap End*, pomoću koje se TCP robota dovodi na sam rub slova te se tako dobije precizan položaj. Uz naredbu *Snap End* koristit će se i ostale dvije naredbe *Snap Mid* i *Snap Edge*.

Na isti način funkcioniraju sve tri naredbe te se koriste po potrebi i ovisno o obliku ruba slova.

Naredba *Snap Edge* će se koristiti na zaobljenom rubu slova **U**. Potrebno je dodati dovoljan broj točaka da putanja okvirno prati zaobljeni rub.

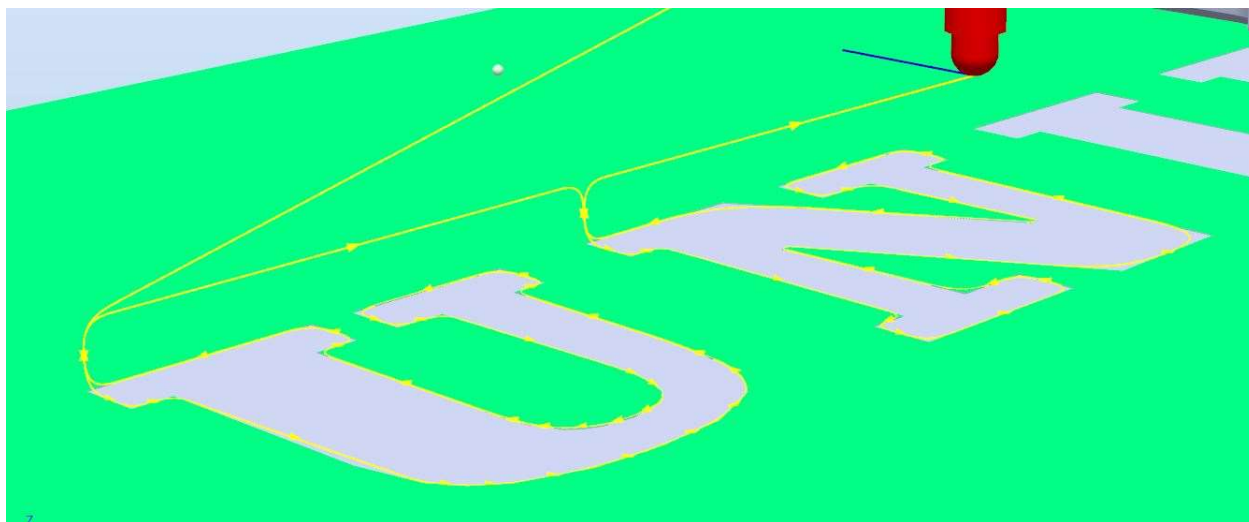
Dodavanje točaka se vrši naredbom *Teach Instruction*. Ovih se par naredba ponavlja sve dok se ne dobije putanja po cijeloj konturi slova.

Izgled putanje prvog slova prikazan je na slici 64.



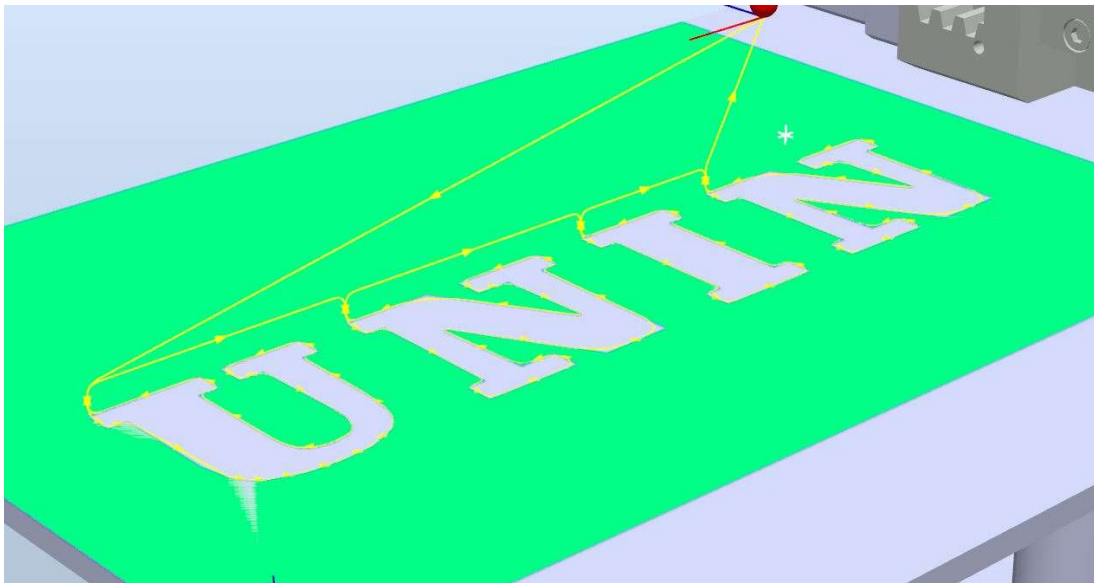
Slika 64 - Putanja po slovu U

Putanja na dva slova (slika 65).



Slika 65 - Putanja po dva slova

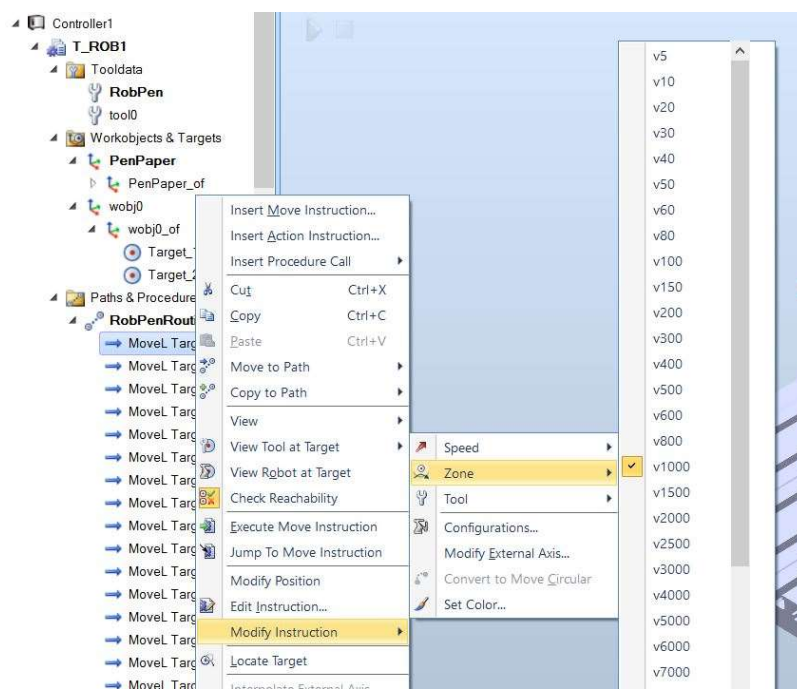
Izgled gotove putanje (slika 66).



Slika 66 - Gotova putanja pisanja

Nakon izrade putanje sljedeći korak je fino podešavanje putanje. Desni klik na naredbu *MoveL - Modify Instruction* omogućava promjenu parametra naredbe (slika 67). Ono što se mora prilagoditi su brzina (engl. *Speed*) i zona (engl. *Zone*).

Speed je brzina gibanja robota po putanji, a *Zone* je točnost gibanja robota pri prolazu uz točku. Uz veći parametar *Zone* robot uzima veći radijus kod promjene smjera gibanja.

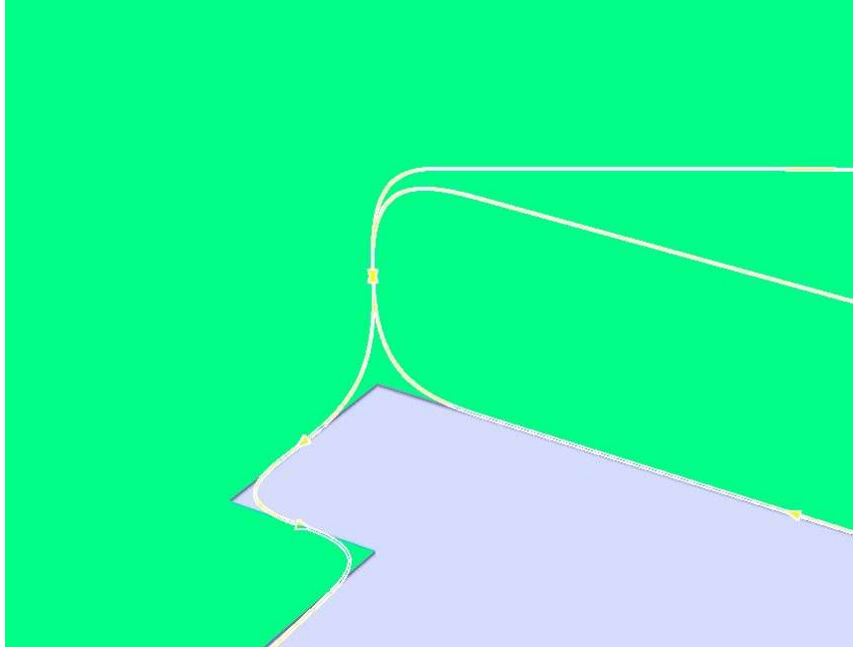


Slika 67 - Promjena parametara *MoveL*

Bazni parametri gibanja koji su već postavljeni su zona z100 i brzina v1000. U izrađenoj putanji koristit će se dvije različite zone i jedna brzina.

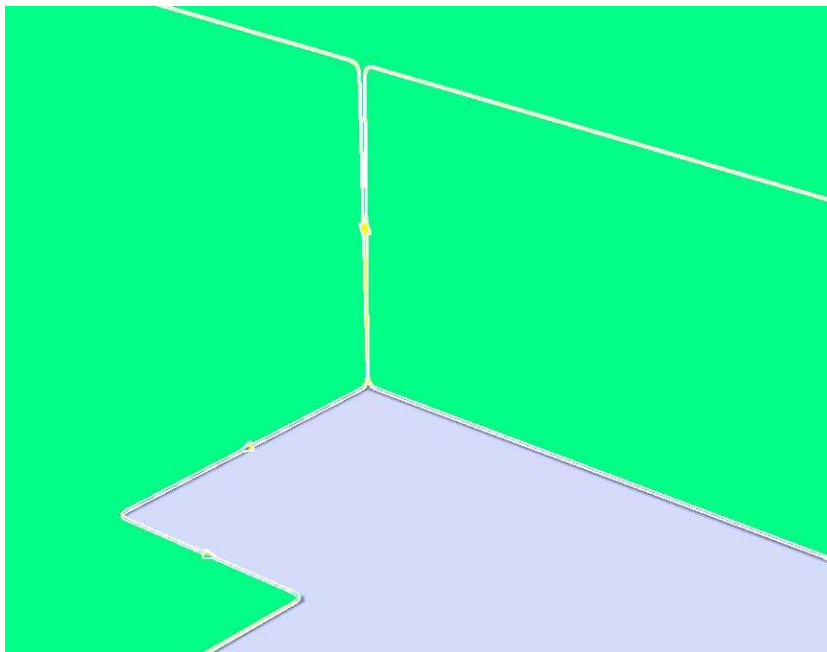
Brzina v20 se koristi kroz cijelu putanju za glatko gibanje i konstantan pomak. Zone koje se koriste su z0 i z40. Zona z0 se koristi svugdje osim na zaobljenim dijelovima slova **U**. Na zaobljenim dijelovima se koristi z40, zona z40 daje robotu veći radijus gibanja te tako bolje prati oblik slova.

Izgled prije modifikacije na slici 68.



Slika 68 - Putanja prije modifikacija

Izgled nakon modifikacije na slici 69.



Slika 69 - Putanja nakon modifikacija

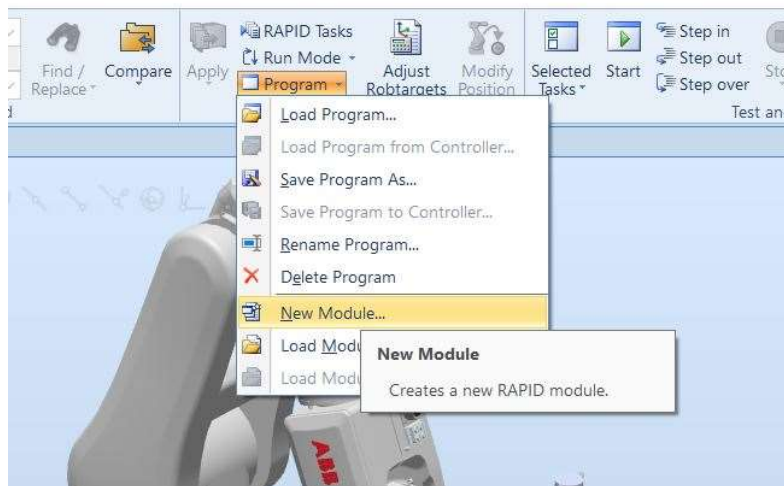
5.5. Simulacija gibanja po putanji

Simulacija gibanja po putanji je dobar alat koji omogućuje vizualizaciju gibanja robota po izrađenoj putanji pa ga se u ovom slučaju koristi za provjeru. Simulacija gibanja robota se izvodi prema programu robota koji je napisan u programskom jeziku RAPID. Do sada su točke i putanje za gibanje robota određene grafički te program još ne postoji. Program se generira u nekoliko sljedećih koraka.

5.5.1. RobWrite Module

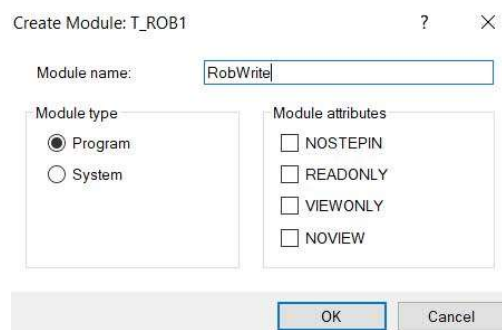
U virtualnom kontroleru je potrebno stvoriti modul u koji će se spremirati svi podaci koji su stvoreni unutar programa, na taj način će i u stvarnom robotu svi podaci biti na jednom mjestu.

U kartici *RAPID* odabiremo naredbu *Program - New Module* (slika 70).



Slika 70 - New module naredba

Odabirom naredbe se otvara prozor u kojem se upisuje ime novog modula koji će se zvati *RobWrite* (slika 71).



Slika 71 - Izrada modula

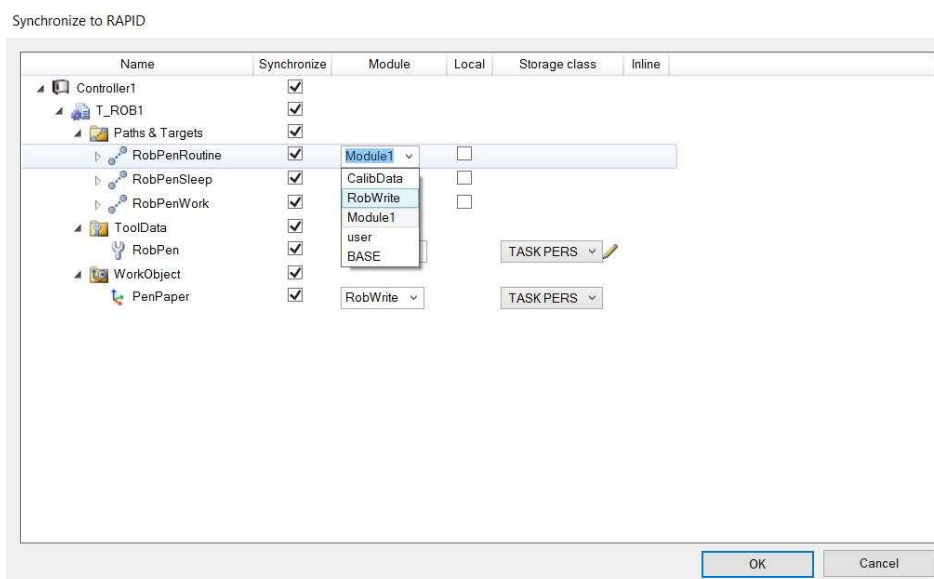
5.5.2. Synchronize to RAPID

Sinkronizacija je korak u kojem se sve stvorene točke, alati, radni objekti i putanje prevode u programski jezik RAPID i spremaju u novostvoreni modul. Za taj zadatak odabiremo naredbu *Synchronize to RAPID* u kartici *Home* ili *Rapid* (slika 72). [4]



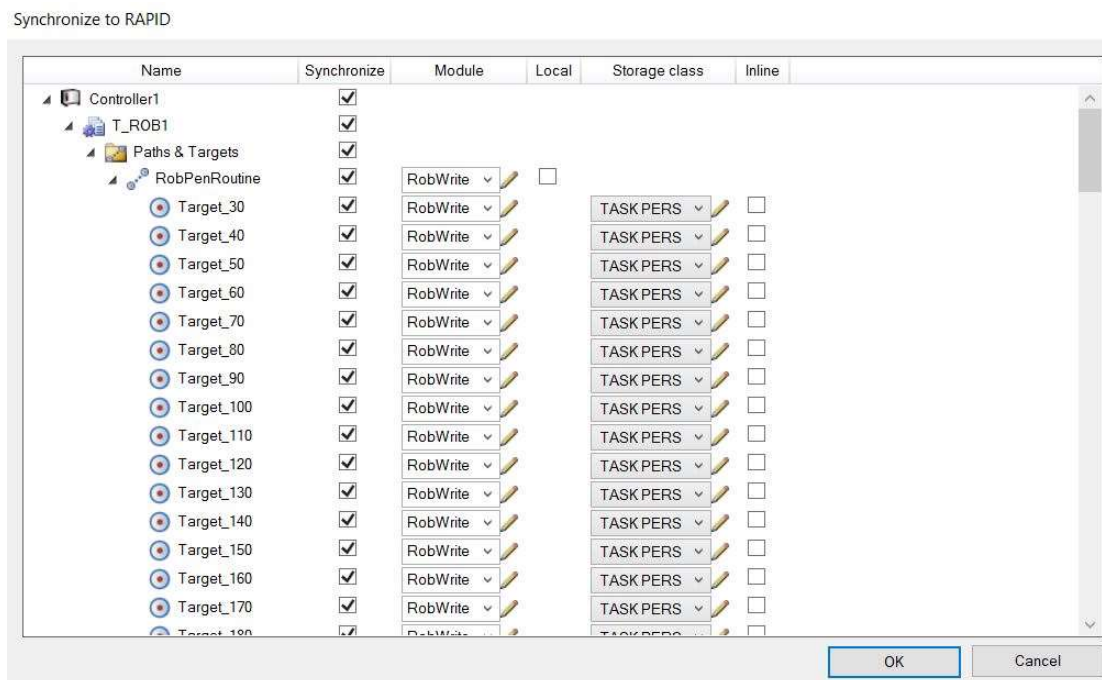
Slika 72 - Synchronize to RAPID

Nakon odabira naredbe otvara se prozor (slika 73) u kojemu se odabire sinkronizacija pojedinih elemenata. Sinkronizacija svih elemenata je potrebna u *RobWrite* modul te je potrebno odabrati *TASK PERS* opciju.



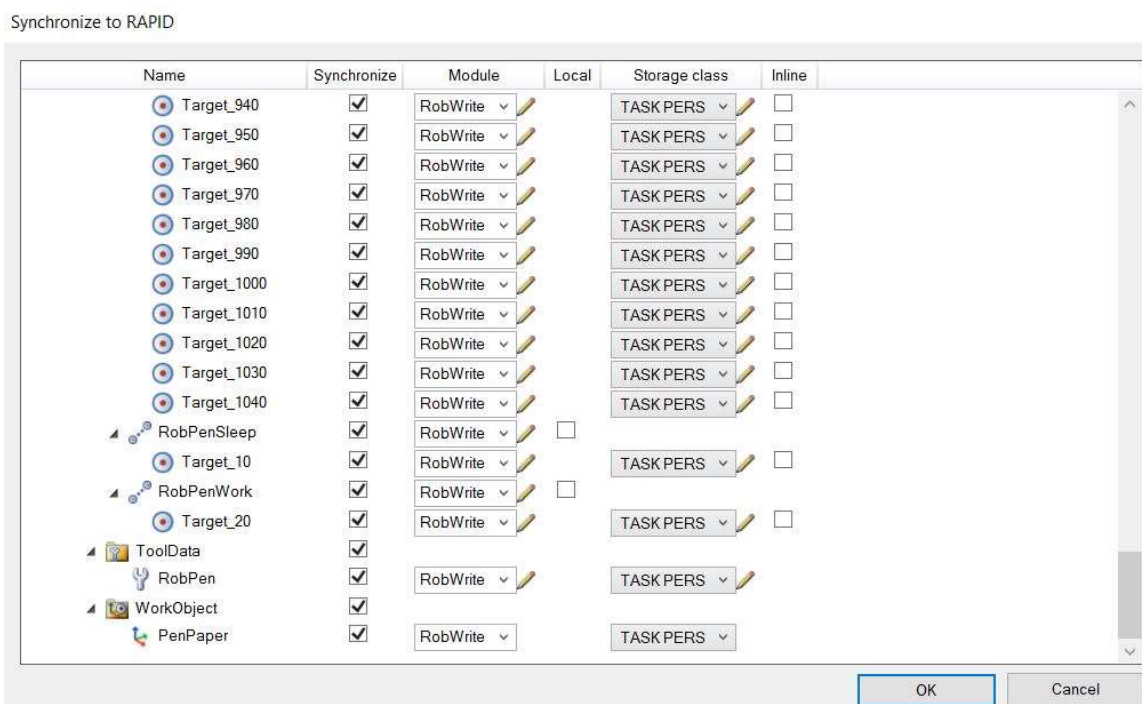
Slika 73 - Odabir sinkronizacije

Klikom na strelice pokraj putanja otvaraju se točke koje također treba sinkronizirati (slika 74).



Slika 74 - Prvi dio tablice

Drugi dio tablice sa točkama, alatom i radnim objektom (slika 75).



Slika 75 - Drugi dio tablice

Za grupni i brži odabir koristi se *Shift* na tipkovnici.

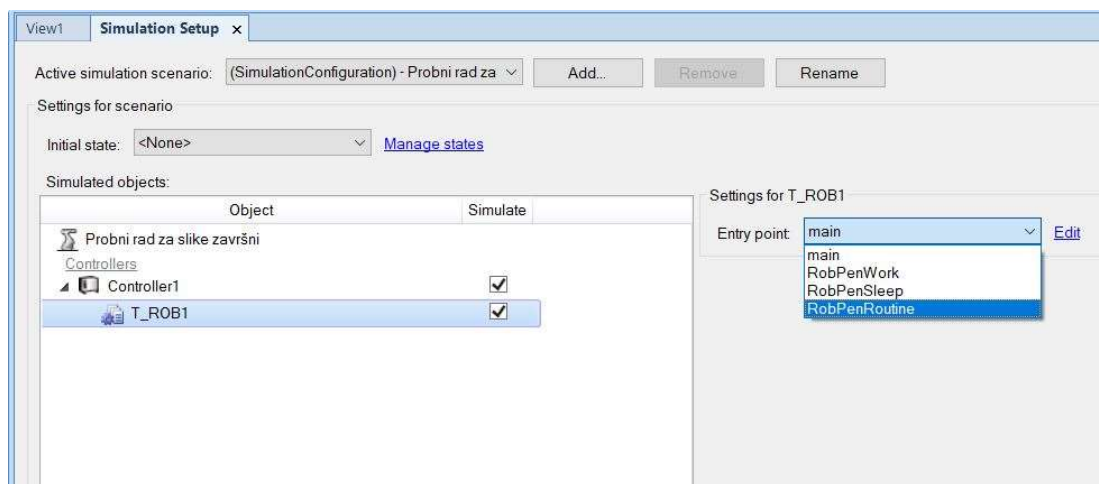
5.5.3. Simulation setup

Nakon sinkronizacije potrebno je podesiti postavke simulacije. U kartici *Simulation* s naredbom *Simulation Setup* (slika 76).



Slika 76 - Simulation Setup

Nakon otvaranja klikom na *T_ROB1* desno možemo promijeniti mjesto sa kojeg će se početi izvoditi program. Odabiremo putanju u kojoj robot piše po papiru (slika 77).

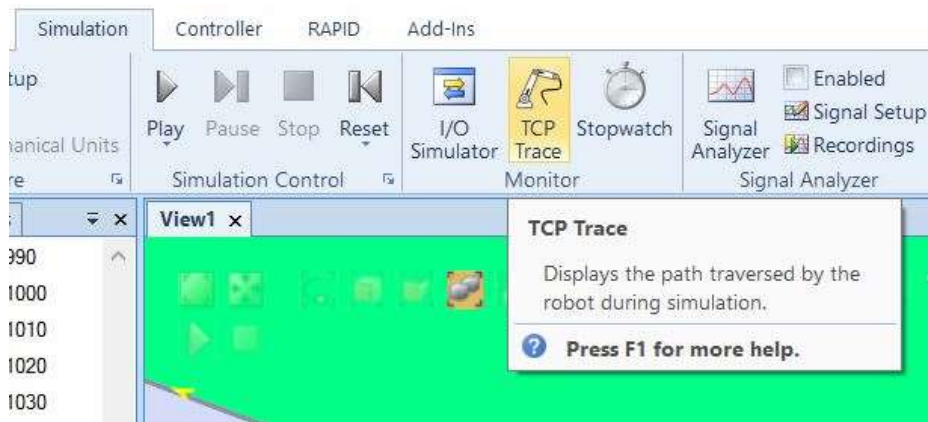


Slika 77 - Prozor Simulation Setup-a

Klikom na *Refresh* i zatvaranjem prozora simulacija je spremna. Pokreće se klikom na *Play* u kartici *Simulation*.

5.5.4. TCP Trace

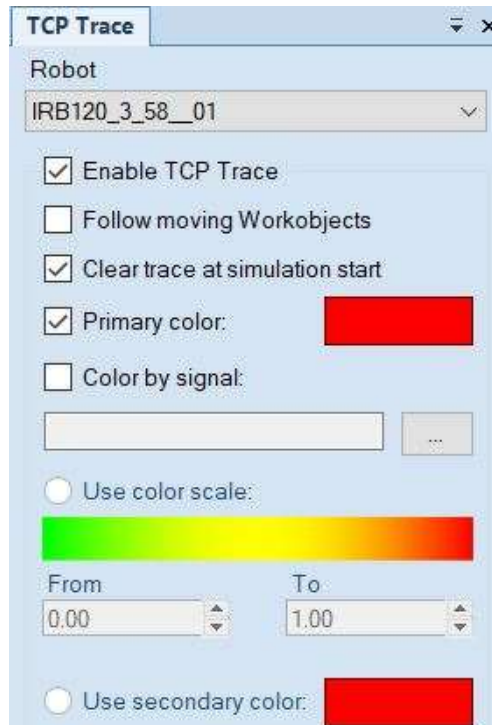
Nakon podešavanja simulacije dobro je omogućiti praćenje vrha alata ili *TCP Trace*. Naredba se nalazi u kartici *Simulation* (slika 78).



Slika 78 - TCP Trace

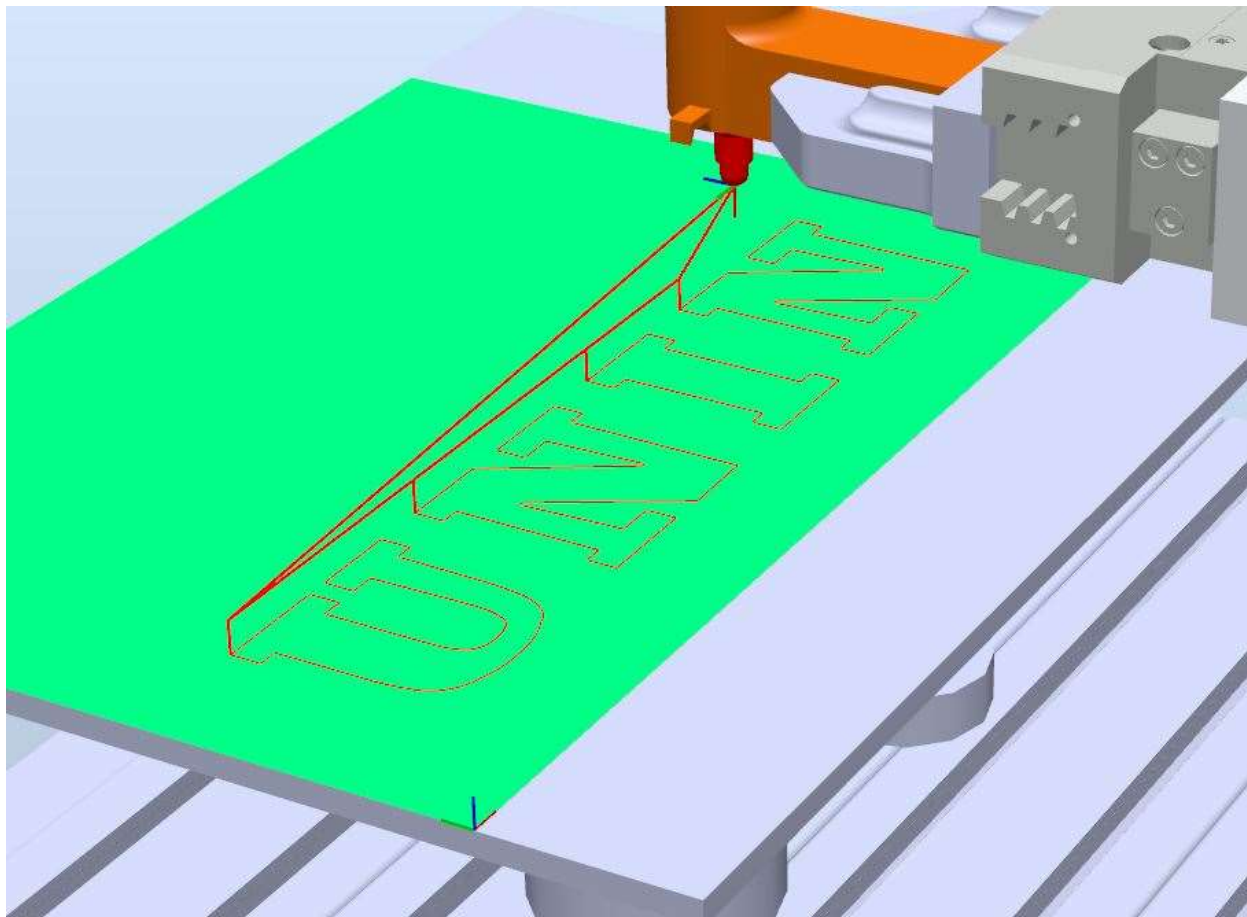
Nakon odabira naredbe otvara se prozor (slika 79) u kojemu omogućujemo praćenje TCP-a, odabire se crvena boja jer se koristi crveni flomaster.

Klikom na *Play* pokreće se simulacija i ispisuje se crveni trag iza vrha alata.



Slika 79 - Prozor TCP Trace-a

Izgled putanje s uključenom naredbom *TCP Trace* (slika 80).



Slika 80 - TCP Trace putanja

Nakon završetka simulacije može se vidjeti ispisana putanja s *TCP Trace* alatom, ova putanja nije realan prikaz, ali daje dobar uvid u izgled putanje. Za čišći izgled mogu se sakriti stvorene točke i putanje.

6. Testiranje programa na stvarnom robotu

Testiranje na stvarnom robotu počinje nakon uspješne simulacije rada robota u programu RobotStudio.

6.1.1. Postavljanje alata i okruženja

U ovom koraku montira se alat na robota s pomoću "Imbus" vijaka. Prvo se spaja podložna ploča na koju dolazi *Schunk* tijelo prihvatnice. Na tijelo prihvatnice dolaze hvataljke između kojih se stavlja kućište flomastera.

Spajaju se pneumatske cijevi iz prihvatnice u robot i iz robota na kompresor. Prije robota se spaja grupa za pripremu zraka kako bi pravilno pripremljen zrak došao do unutrašnjosti robota. Izgled sklopa alata na robotu već je prikazan na slici 21.

Nakon puštanja zraka hvataljka se aktivira s pomoću tipke (slika 81) na privjesku za učenje robota (*Flex Pendant*). Ta tipka kontrolira dolaz zraka u prihvatnicu koja je normalno otvorena.



Slika 81 - Tipka za aktivaciju prihvatnice

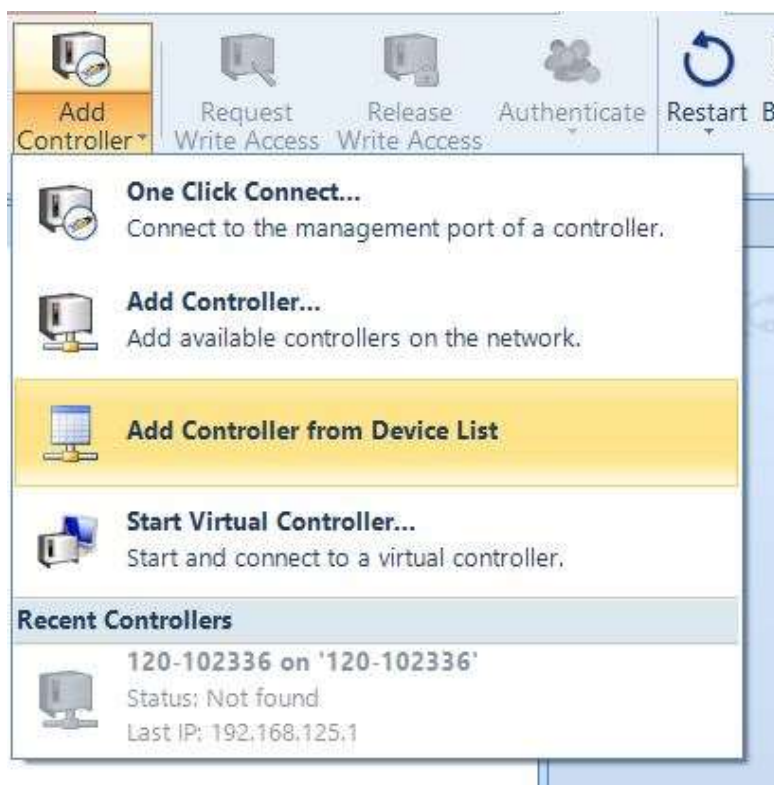
Sljedeći korak je postavljanje stola i papira ispred robota, kut papira se poklapa s kutom stola što olakšava precizno postavljanje papira tako da rub papira prati rub stola. Položaj stola, papira i robota su identični kao i u simulaciji. Papir se pričvršćuje s dvije kvačice na mjestima gdje ne smeta robotu prilikom pisanja.

6.1.2. Spajanje robota s računalom

Uz postavljeno okruženje robota te alata, potrebno je spojiti laptop ili neko drugo računalo s kontrolerom robota. Veza između kontrolera i računala ostvarena je osmo žilnim kablom koristeći TCP/IP komunikaciju.

U *RobotStudio*-u je potrebno otvoriti izrađeni program te u kartici *Controller* odabrati naredbu *Add Controller - Add Controller from device list* (slika 82).

U otvorenom prozoru potrebno je odabrati dostupan kontroler, istovremeno na privjesku za učenje robota pojavljuje se upit za dopuštanje pristupa koji se potvrđuje. Time je omogućeno manipuliranje programima unutar kontrolera.

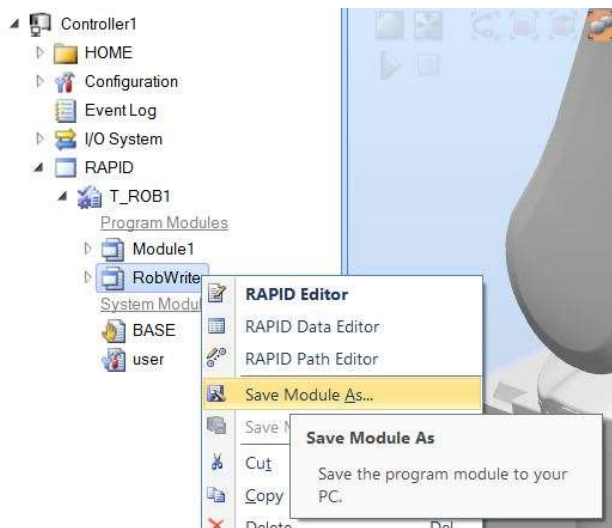


Slika 82 - Naredba za dodavanje kontrolera

6.1.3. Prebacivanje modula

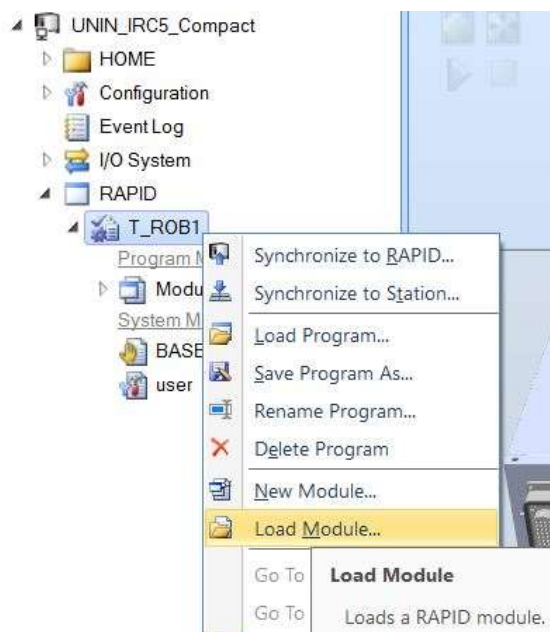
Nakon uspješnog spajanja u *RobotStudio*-u su dostupna dva kontrolera, jedan je virtualni iz programa, a drugi je stvarni. Potrebno je prebaciti izrađeni modul iz virtualnog u stvarni.

U virtualnom kontroleru, kartica *Controller*, izrađeni modul *RobWrite* se desnim klikom sprema na željenu lokaciju unutar računala (slika 83).



Slika 83 - Spremanje modula

Spremljeni modul učitava se s računala u kontroler desnim klikom na *T_ROB1* (slika 84).



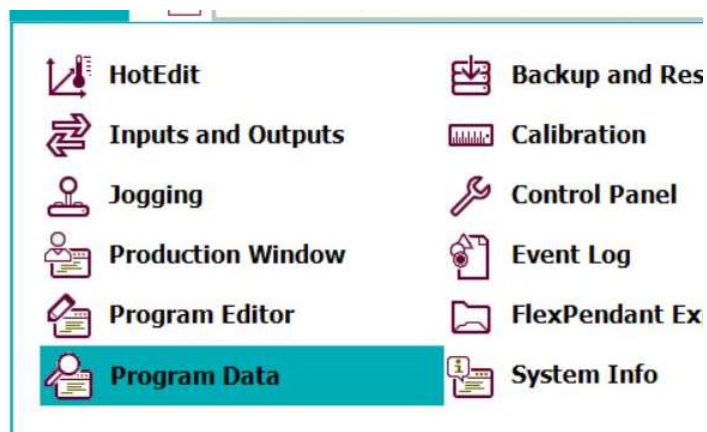
Slika 84 - Spremanje u stvarni kontroler

6.1.4. Modifikacija radnog objekta

Nakon obavljenih koraka program izrađen u virtualnom okruženju spreman je za izvršavanje u stvarnom okruženju. Ali prije početka je potrebno modificirati radni objekt *PenPaper*. Ovaj korak je potreban jer nije potrebno precizno pozicioniranje stola već se podešavanjem radnog objekta pomiču sve točke koje su s njim povezane. Također se gube neke nesavršenosti stola i podloge.

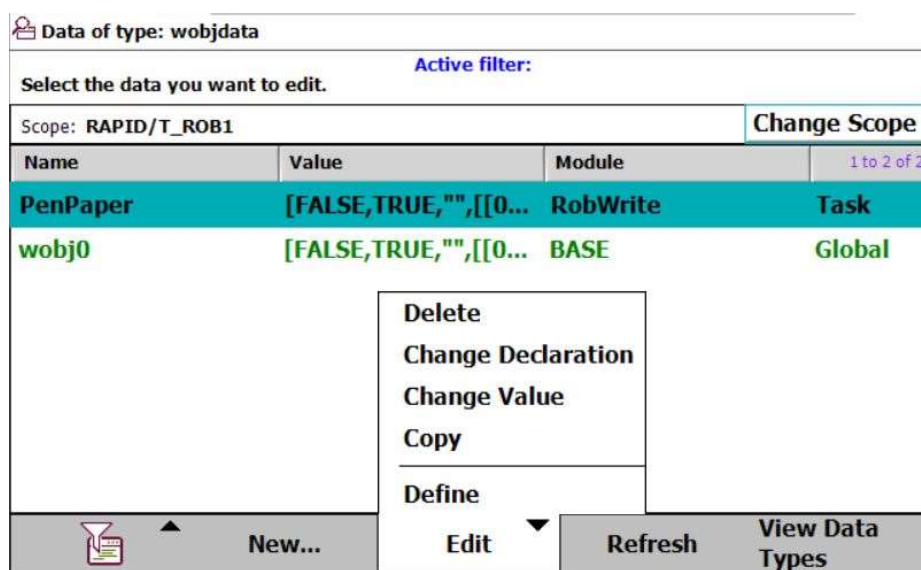
Ovdje dolazi do izražaja kreacija radnog objekta u poglavlju 5.3.4. i redoslijed točaka koje se uzimaju.

U privjesku za učenje robota na padajućem izborniku odabire se *Program Data* (slika 85). Ovdje su dostupni svi programski podaci unutar kontrolera.



Slika 85 - Program Data

U *Program Data* prozoru otvaramo *wobjdata*. Odabiremo *PenPaper* radni objekt i klikom na *Edit - Define* možemo ponovno definirati položaj radnog objekta (slika 86).



Slika 86 - Modifikacija radnog objekta

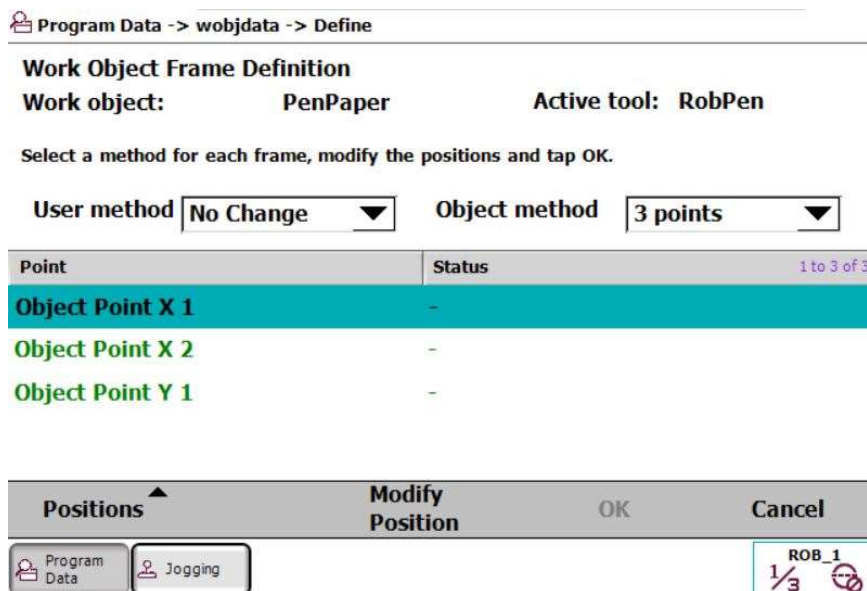
U novo otvorenom prozoru (slika 87) odabiremo *Object Method - 3 points* isto kao i u *RobotStudio*-u. Pazi se na trenutni alat koji mora biti *RobPen* jer s njime određujemo nove točke.

Na vrh alata stavlja se izrađeni čepić da ne dođe do nepotrebnog bojanja.

Potrebno je odabrati točke koje su malo niže nego točke u programu. Odnosno potrebno je pozicionirati radni objekt na niži položaj. Dolaskom u točku za modifikaciju robot se mora pomaknuti niže i komprimirati oprugu, poželjno je podjednako komprimiranje opruge u modifikaciji sve tri točke.

Spuštanjem radnog objekta flomaster i papir imaju čvrst kontakt što potiče konstantan otisak flomastera, ovime se još dodatno mogu poništiti neke nesavršenosti.

Ručno se robot pomiče pomoću upravljačke palice (engl. Joystick) do prve točke koja je identična onoj u programu. Odabirom *Modify Position* naredba automatski upisuje koordinate točke X1 i prelazi na slijedeću točku.



Slika 87 - Odabir novih točaka

Po završetku podešavanja se potvrđuju odabrane vrijednosti te je time modifikacija radnog objekta gotova i robot je spreman za pisanje flomasterom.

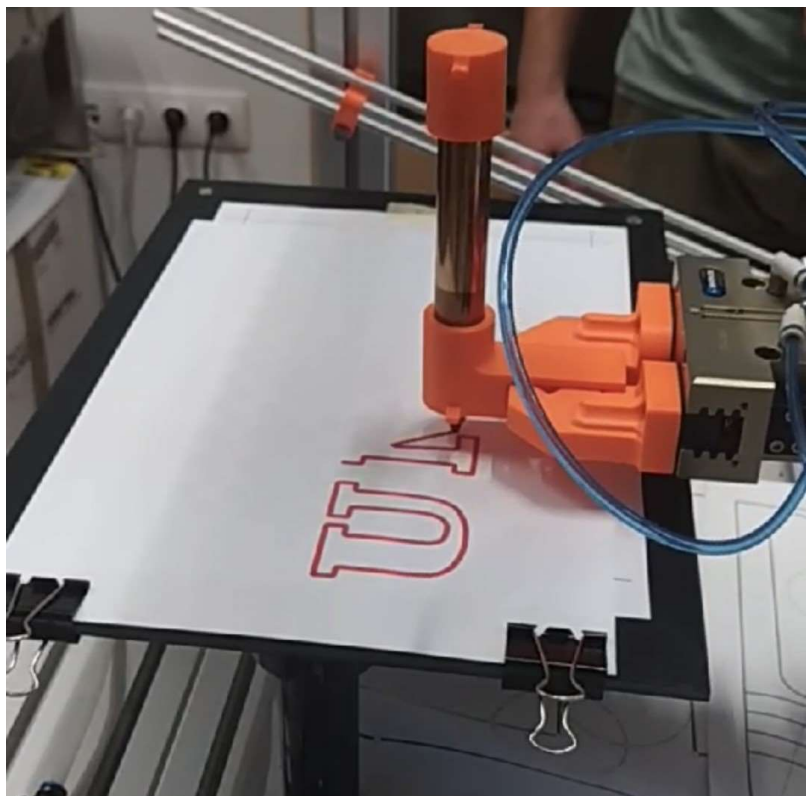
6.1.5. Pokretanje robota i pisanje flomasterom

U *Robotstudio*-u je simulacija prethodno namještena da kreće s izvršavanjem *RobPenRoutine* naredbom *Play* unutar kartice *Simulation*. Ta je postavka prebačena kod prebacivanja programa, te se pritiskom na tipku *Play* (slika 88) na upravljaču robota postiže isti rezultat.



Slika 88 - Tipka za pokretanje simulacije

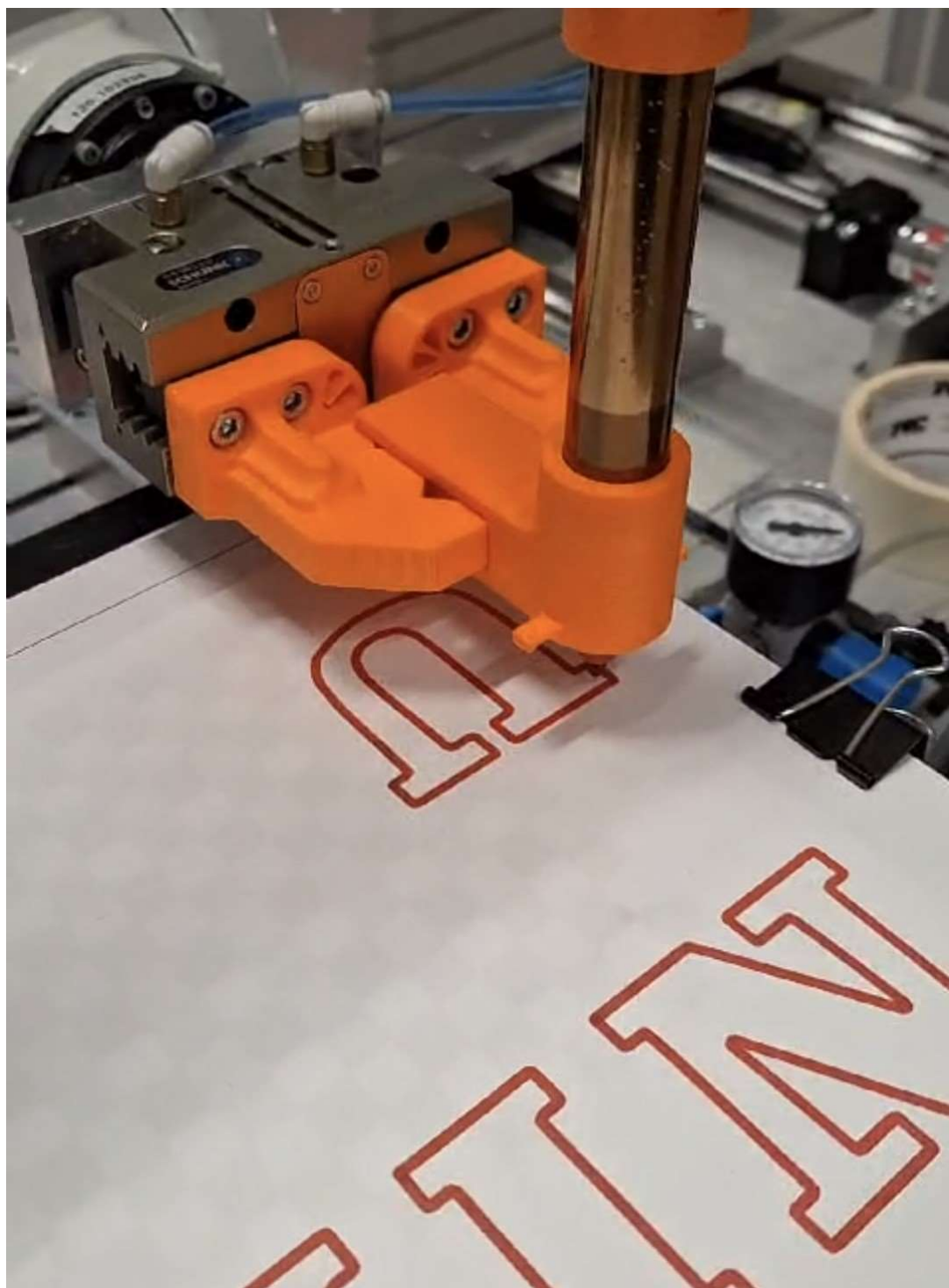
Pritiskom na tipku sa slike 88 robot započinje gibanje (slika 89).



Slika 89 - Početak pisanja

Po završetku rada robota, pažljivo se rotira papir kako bi se i na drugoj polovici papira mogao ispisati tekst. U položaju stola i papira ne smije biti razlike osim što je papir suprotno okrenut. Ovime se dobije papir koji se može presavinuti po dužini tako da linija savijanja bude između dva teksta. Savijanjem se dobije mali samostojeći natpis na kojem s obje strane piše *UNIN*.

Robot u ispisu druge strane papira (slika 90).



Slika 90 - Početak drugog pisanja

Robot u završetku ispisa druge strane papira (slika 91).



Slika 91 - Završetak pisanja

7. Zaključak

Izradom ovog rada prolazi se kroz jedan dio programiranja robota kroz koji se prolazi i kod programiranja robota u stvarnoj tvornici. Ovi koraci ni u kojem slučaju nisu zahtjevni te pravim programerima ne zadaju nikakve probleme Programerima početnicima ovaj rad daje dobar uvid u jedan od načina programiranja. Da bi ovaj rad bio sličan stvarnim uvjetima tvornice potrebno bi bilo dodati još desetak robota i pomičnih vrpca uz stotine putanja koje se moraju izvršiti. Takvi uvjeti zadaju prave probleme koje je teško razriješiti.

Ovaj rad prikazuje potrebna znanja i razmišljanja kojima se postiže rad robota. Za izradu ovog rada postoje puno složeniji i bolji načini realizacije. Jedan od načina je direktno spajanje robota s računalom te njihovo međusobno komuniciranje preko sučelja koje omogućava korisniku upisivanje željenih slova u program te automatsko ispisivanje robotom. U istom sučelju bi također bilo poželjno mijenjanje položaja teksta i promjena veličine slova. Takvo rješenje bi se realiziralo korištenjem jednog od programskih jezika kao što je *python* te bi se njime izradio program za komunikaciju između sučelja za korisnika i kontrolera robota.

Takvo rješenje je vrlo komplicirano i iziskuje vrlo opširno znanje u programiranju robota i izradi programa u programskim jezicima. Takvo znanje se može skupiti tek nakon nekoliko godina iskustva te u slučaju ovog rada je nepotrebno.

Zaključak je da rješenje za zadani problem u ovom radu je izvedeno zadovoljavajuće.

8. Literatura

[1] RobotStudio - Getting Started 1,

Dostupno na: <https://moodle.srce.hr/2022-2023/course/view.php?id=144435> [Pristupljeno: prosinac 2023]

[2] RobotStudio - Getting Started 2,

Dostupno na: <https://moodle.srce.hr/2022-2023/course/view.php?id=144435> [Pristupljeno: prosinac 2023]

[3] RobotStudio – Operating manual 2021.1,

Dostupno na: <https://moodle.srce.hr/2022-2023/course/view.php?id=144435> [Pristupljeno: prosinac 2023]

[4] ABB Robotics User Forums

Dostupno na: <https://forums.robotstudio.com/> [Pristupljeno: prosinac 2023]

Popis slika

Slika 1 - Cijev držača.....	4
Slika 2 - Dimenzije cijevi	4
Slika 3 - Flomaster s čepićem.....	5
Slika 4 - Čep držača.....	6
Slika 5 - Dimenzije Čepa.....	6
Slika 6 - Presjek čepa.....	6
Slika 7 - Grlo	7
Slika 8 - Mjere grla	7
Slika 9 - Presjek grla.....	7
Slika 10 - Držać	8
Slika 11 - Presjek gornjeg dijela.....	8
Slika 12 - Presjek donjeg dijela	8
Slika 13 - Tvornički TCP robota	9
Slika 14 - Hvataljke	10
Slika 15 - Podložna ploča	11
Slika 16 - Schunk prihvatnica.....	11
Slika 17 - Izgled gotovog modela sklopa alata.....	12
Slika 18 - Udaljenosti TCP-a.....	12
Slika 19 - Dijelovi nakon ispisa.....	13
Slika 20 - Obrada brušenjem	14
Slika 21 - Izgled sklopa na robotu	14
Slika 22 - Elementi unutar programa.....	15
Slika 23 - Naredba za kreiranje alata.....	16
Slika 24 - Prozor za kreiranje alata.....	16
Slika 25 - Parametri modela alata u SolidWorks-u	17
Slika 26 - Popunjeni prvi prozor.....	17
Slika 27 - Popunjen drugi prozor.....	18
Slika 28 - Prikaz alata u Layout prozoru	18
Slika 29 - Update position prozor.....	19
Slika 30 - Alat na robotu.....	19
Slika 31 - Naredba za pokretanje Controller-a	20
Slika 32 - Mechanism Joint Jog.....	21
Slika 33 - Joint Jog prozor.....	22

Slika 34 - Nove vrijednosti u Joint Jog prozoru	22
Slika 35 - Položaj robota u RobPenSleep	23
Slika 36 - Teach Target	24
Slika 37 - Paths & Targets	24
Slika 38 - Empty Path	25
Slika 39 - Prikaz prazne putanje "Path_10"	25
Slika 40 - Add to path	26
Slika 41 - Edit Instruction	27
Slika 42 - Promjena tipa pomaka	27
Slika 43 - Parametri za RobPenWork	28
Slika 44 - Položaj robota u RobPenWork	28
Slika 45 - Položaj radnog objekta	29
Slika 46 - Naredba za kreiranje radnog objekta	30
Slika 47 - Izrada radnog objekta	30
Slika 48 - Snap End naredba	31
Slika 49 - Prikaz položaja radnog objekta s lijeve strane robota	31
Slika 50 - Uvećani položaj prve točke za odabir	32
Slika 51 - Redosljed odabira	33
Slika 52 - Snap Mid naredba	33
Slika 53 - Parametri triju točaka	34
Slika 54 - Položaj radnog objekta na papiru	34
Slika 55 - Trenutno aktivni radni objekt i alat	35
Slika 56 - Nova aktivna putanja	35
Slika 57 - Add link naredba	36
Slika 58 - Model papira sa slovima	36
Slika 59 - Teach Instruction	37
Slika 60 - Jog Linear	37
Slika 61 - Strelice za pomak robota	38
Slika 62 - Položaj alata nakon pomaka	38
Slika 63 - Prvi dio putanje	39
Slika 64 - Putanja po slovu U	40
Slika 65 - Putanja po dva slova	40
Slika 66 - Gotova putanja pisanja	41
Slika 67 - Promjena parametara MoveL	41
Slika 68 - Putanja prije modifikacija	42

Slika 69 - Putanja nakon modifikacija.....	42
Slika 70 - New module naredba	43
Slika 71 - Izrada modula.....	43
Slika 72 - Synchronize to RAPID.....	44
Slika 73 - Odabir sinkronizacije	44
Slika 74 - Prvi dio tablice	45
Slika 75 - Drugi dio tablice.....	45
Slika 76 - Simulation Setup	46
Slika 77 - Prozor Simulation Setup-a	46
Slika 78 - TCP Trace	47
Slika 79 - Prozor TCP Trace-a	47
Slika 80 - TCP Trace putanja	48
Slika 81 - Tipka za aktivaciju prihvatnice	49
Slika 82 - Naredba za dodavanje kontrolera.....	50
Slika 83 - Spremanje modula.....	51
Slika 84 - Spremanje u stvarni kontroler	51
Slika 85 - Program Data	52
Slika 86 - Modifikacija radnog objekta	52
Slika 87 - Odabir novih točaka	53
Slika 88 - Tipka za pokretanje simulacije	54
Slika 89 - Početak pisanja.....	54
Slika 90 - Početak drugog pisanja	55
Slika 91 - Završetak pisanja.....	56

Prilozi

1. RAPID program unutar kontrolera robota
2. Tehnički crtež TCP-a sklopa alata
3. Tekst koji je robot ispisao

1. RAPID program unutar kontrolera robota

MODULE RobWrite

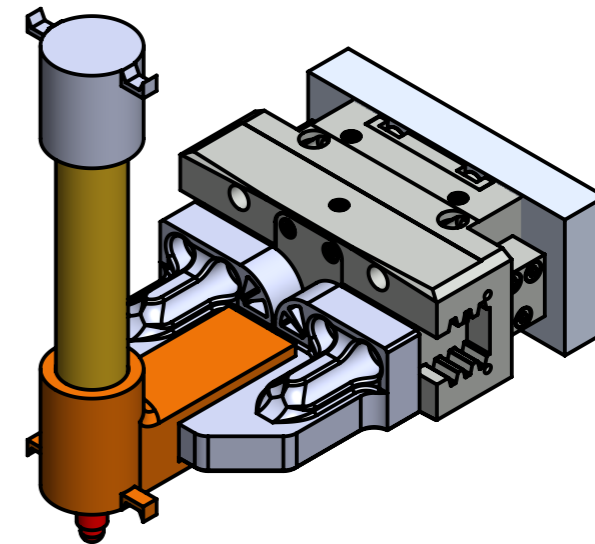
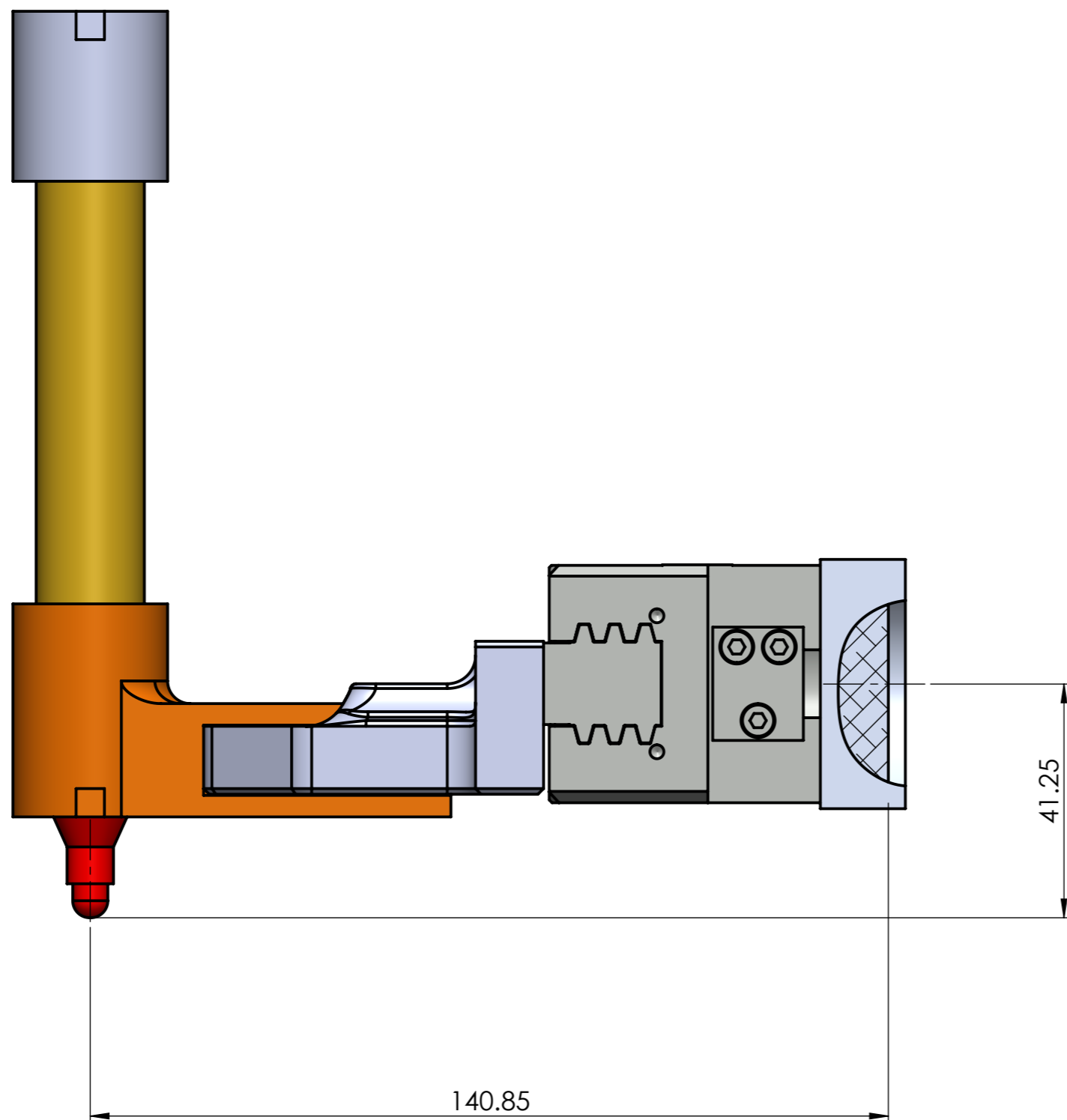
```
TASK PERS tooldata RobPen:=[TRUE,[[0,-41.25,140.85],[1,0,0,0]],[0.5,[0,7.78,58.43],[1,0,0,0],0,0,0]];
TASK PERS wobjdata PenPaper:=[FALSE,TRUE,"",[[0,0,0],[1,0,0,0]],[[419.5,177,171,1],[0.707106781,0,0,-0.707106781]]];
TASK PERS robtarg Target_10:=[308.018000358,0,492.302654615],[0.5,0.5,0.5,0.5],[0,0,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_20:=[479.707915724,0,236.908781457],[0.49816405,0.501829233,0.501829233,0.49816405],[0,0,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_30:=[176.999998197,60.207910502,65.808747786],[0.000000016,0.000000016,0.709693688,0.704510375],[0,0,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_40:=[30.833999521,110.030002287,7.066177608],[0.00000001,-0.000000229,0.709693615,0.704510449],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_50:=[30.833999538,110.029996535,0.000280797],[0.000000009,-0.000000253,0.709693644,0.70451042],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_60:=[30.834007101,102.75573214,0.00027197],[0.000000008,-0.000000229,0.709693647,0.704510417],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_70:=[35.687104866,102.75572061,0.000261566],[0.000000006,-0.000000222,0.709693631,0.704510433],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_80:=[37.116014592,68.368492129,0.000253131],[0.000000027,-0.000000226,0.709693644,0.70451042],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_90:=[39.315203838,64.912913061,0.000273862],[0.000000014,-0.000000209,0.709693628,0.704510436],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_100:=[42.367102735,62.492711754,0.000290096],[0.000000002,-0.000000195,0.709693608,0.704510456],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_110:=[49.636991237,59.926602264,0.000268932],[0.000000003,-0.00000002,0.709693641,0.704510423],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_120:=[57.94780351,59.29341401,0.000239976],[0.000000009,-0.000000195,0.709693665,0.704510399],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_130:=[66.424509124,60.050518807,0.000246929],[0.000000003,-0.000000163,0.70969368,0.704510384],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_140:=[73.837997155,63.290509661,0.000258438],[0.000000008,-0.000000187,0.709693674,0.70451039],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_150:=[76.542106891,66.397093963,0.000263835],[0.000000006,-0.000000173,0.709693661,0.704510403],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_160:=[78.33361267,70.319602327,0.000282439],[0.000000021,-0.000000158,0.70969364,0.704510424],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_170:=[79.483213102,78.734009717,0.00025557],[0.000000013,-0.00000019,0.709693675,0.704510388],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_180:=[79.963595121,102.7557297,0.000268813],[0.000000015,-0.00000019,0.709693647,0.704510417],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_190:=[84.498481362,102.755728024,0.00027627],[0.000000018,-0.000000213,0.709693625,0.704510439],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_200:=[84.498478168,110.02998857,0.000249097],[0.000000021,-0.000000223,0.709693647,0.704510417],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_210:=[63.681703563,110.02998741,0.000248837],[0.000000016,-0.000000228,0.709693664,0.7045104],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_220:=[63.681700891,102.755728429,0.000267252],[0.000000014,-0.000000261,0.70969365,0.704510414],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_230:=[69.74299906,102.755724358,0.000253363],[0.000000015,-0.000000235,0.709693668,0.704510396],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_240:=[70.24049933,77.278799693,0.000270201],[0.000000016,-0.000000267,0.709693667,0.704510397],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_250:=[69.906401582,73.36839957,0.000245432],[0.000000018,-0.000000274,0.709693679,0.704510384],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_260:=[68.57120536,69.715109738,0.00026362],[0.000000244,0.709693654,0.70451041],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_270:=[67.04150427,68.094993094,0.00027097],[0.000000021,-0.000000272,0.709693652,0.704510411],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_280:=[65.539699304,67.240508227,0.000264364],[0.000000001,-0.000000252,0.70969365,0.704510414],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_290:=[61.61139779,66.568099937,0.000254047],[0.000000001,-0.000000257,0.709693677,0.704510386],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_300:=[57.954305511,67.005391248,0.000258394],[0.000000016,-0.00000027,0.709693661,0.704510403],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_310:=[54.768311774,69.131308769,0.000239428],[0.000000025,-0.000000269,0.709693688,0.704510376],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_320:=[53.50279925,72.235788573,0.00024885],[0.000000002,-0.00000026,0.709693675,0.704510389],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_330:=[53.136492876,75.971602308,0.000241892],[0.00000001,-0.000000256,0.709693686,0.704510377],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_340:=[53.13649519,102.755722127,0.000263267],[0.000000004,-0.000000257,0.709693673,0.70451039],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_350:=[58.367604199,102.755735859,0.000278623],[0.000000001,-0.000000239,0.709693638,0.704510426],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_360:=[58.367604054,110.030008564,0.00029518],[0.000000004,-0.000000209,0.70969361,0.704510454],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_370:=[30.833999927,110.029993638,0.000256542],[0.000000006,-0.000000228,0.709693657,0.704510406],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_380:=[30.833997501,110.030002206,7.073181974],[0.000000004,-0.000000259,0.709693636,0.704510428],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_390:=[97.29804915,110.029997212,7.07316507],[0.000000016,-0.000000269,0.709693665,0.704510399],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_400:=[97.449344224,110.029988678,0.00025442],[0.000000012,-0.000000267,0.709693672,0.704510392],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_410:=[97.449338669,102.755721669,0.000250331],[0.000000005,-0.000000244,0.709693676,0.704510388],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
TASK PERS robtarg Target_420:=[102.220528957,102.755737314,0.000286462],[0.000000002,-0.000000251,0.709693634,0.70451043],[0,0,0,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09];
```



```

TASK PERS robtargt Target 880:=[[223.790114074,67.304487463,0.000254804],[0.00000016,-0.000000268,0.709693671,0.704510392],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 890:=[[222.527562567,92.404191231,0.000266015],[0.00000018,-0.00000027,0.709693666,0.704510397],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 900:=[[223.631569248,92.404187675,0.000271453],[-0.000000013,-0.000000242,0.709693658,0.704510406],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 910:=[[241.783730393,59.791415914,0.000274737],[0.000000015,-0.000000269,0.709693651,0.704510413],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 920:=[[259.751851823,60.187310176,0.000252653],[-0.000000019,-0.000000249,0.709693666,0.704510397],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 930:=[[260.147782902,102.755720728,0.000255627],[-0.000000004,-0.000000247,0.709693679,0.704510385],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 940:=[[265.000902166,102.755731348,0.000278667],[-0.000000017,-0.000000236,0.709693645,0.704510418],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 950:=[[265.000903289,110.029999482,0.000248684],[0.000000006,-0.00000027,0.709693677,0.704510386],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 960:=[[241.228860198,110.029987782,0.00025633],[0.000000004,-0.000000255,0.70969366,0.704510404],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 970:=[[241.228863256,102.755724154,0.00025295],[-0.000000008,-0.000000238,0.70969367,0.704510394],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 980:=[[249.948233267,102.755723434,0.000262473],[0.000000001,-0.000000251,0.709693668,0.704510395],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 990:=[[250.973413473,78.354198132,0.000247907],[0.000000004,-0.000000246,0.709693676,0.704510388],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 1000:=[[249.868976723,78.354201461,0.000256595],[0.000000003,-0.000000247,0.70969366,0.704510404],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 1010:=[[231.637540896,110.029997357,0.000254332],[-0.000000015,-0.000000233,0.709693676,0.704510388],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 1020:=[[208.977912607,110.030001113,0.00028135],[0.000000012,-0.000000268,0.709693648,0.704510416],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 1030:=[[208.977911375,110.029998137,6.997665336],[-0.000000012,-0.000000236,0.709693655,0.704510409],[-1,-1,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
TASK PERS robtargt Target 1040:=[[176.999998197,60.207910502,65.808747786],[-0.000000016,0.000000016,0.709693688,0.704510375],[0,0,1,1],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
PROC RobPenSleep()
MoveJ Target_10,v1000,z100,RobPen\WObj:=wobj0;
ENDPROC
PROC RobPenWork()
MoveJ Target_20,v1000,z100,RobPen\WObj:=wobj0;
ENDPROC
PROC RobPenRoutine()
MoveL Target_30,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_40,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_50,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_60,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_70,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_80,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_90,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_100,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_110,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_120,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_130,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_140,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_150,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_160,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_170,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_180,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_190,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_200,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_210,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_220,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_230,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_240,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_250,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_260,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_270,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_280,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_290,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_300,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_310,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_320,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_330,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_340,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_350,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_360,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_370,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_380,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_390,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_400,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_410,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_420,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_430,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_440,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_450,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_460,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_470,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_480,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_490,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_500,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;
MoveL Target_510,v20,z0,RobPen\WObj:=PenPaper;

```

Mjerilo: 1:2	Datum: 24/04/20	Ime i prezime: Emil Pernjak	SVEUČILIŠTE SJEVER Varaždin	
Pozicija: 1	Sklopni broj (broj): 1	Naziv sklopa: Sklop alata	Materijal: N/A	Masa: 499.85
Naziv datoteke: Nastavak za pisanje na robota			Naziv dijela: Sklop alata	

U
N
I
N

N
I
N
U

Sveučilište
SjeverSVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, EMIL PERNJAK (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom OBLAKOVANJE I TEŠTIRANJE PRILIVATA ZA OLOVKE ZA ROBOTIČKE RUKAVICE (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Emil Pernjak

(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.