

# Integracija robotske ruke i vanjskog linearnog prigona

---

**Pretković, Bruno**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:238056>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-23**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering  
and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **ZAVRŠNI RAD**

**Bruno Pretković**

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **ZAVRŠNI RAD**

Mentor:

Prof. dr. sc. Bojan Jerbić

Student:

Bruno Pretković

Zagreb, 2019.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Bojanu Jerbiću na pomoći i sugestijama prilikom izrade završnog rada. Također se želim zahvaliti asistentu dr. sc. Marku Švaci na korisnim savjetima i pomoći pri izradi završnog rada.

Također, zahvaljujem i svojoj obitelji na moralnoj potpori tijekom studiranja.

Bruno Pretković



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

|                                                              |        |
|--------------------------------------------------------------|--------|
| Sveučilište u Zagrebu<br>Fakultet strojarstva i brodogradnje |        |
| Datum                                                        | Prilog |
| Klasa:                                                       |        |
| Ur.broj:                                                     |        |

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: BRUNO PRETKOVIĆ

Mat. br.: 0036465756

Naslov rada na  
hrvatskom jeziku:

**Integracija robotske ruke i vanjskog linearnog prigona**

Naslov rada na  
engleskom jeziku:

**Integration of robotic arm and external linear drive**

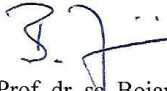
Opis zadatka:

Radni prostor industrijskog robota moguće je povećati uvođenjem dodatnih vanjskih prigona koji omogućavaju njegovu pokretljivost. U radu je potrebno integrirati robotsku ruku s linearnom upravljivom osi koja će pomicati robota između radnih položaja prilikom rukovanja predmetima rada. Integracija uključuje konstrukciju za povezivanje baze robota i linearne osi, kao i povezivanje upravljačkih algoritama koji moraju usklađeno raditi. Razvijeno rješenje potrebno je verificirati u laboratorijskim uvjetima.

Zadatak zadan:

29. studenog 2018.

Zadatak zadao:

  
Prof. dr. sc. Bojan Jerbić

Rok predaje rada:

**1. rok:** 22. veljače 2019.

**2. rok (izvanredni):** 28. lipnja 2019.

**3. rok:** 20. rujna 2019.

Predviđeni datumi obrane:

**1. rok:** 25.2. - 1.3. 2019.

**2. rok (izvanredni):** 2.7. 2019.

**3. rok:** 23.9. - 27.9. 2019.

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Branko Bauer

## SADRŽAJ

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| SADRŽAJ .....                                               | I   |
| POPIS SLIKA .....                                           | II  |
| POPIS TABLICA.....                                          | III |
| POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....                          | IV  |
| POPIS OZNAKA .....                                          | V   |
| SAŽETAK.....                                                | VI  |
| SUMMARY .....                                               | VII |
| 1. UVOD.....                                                | 1   |
| 1.1. Povijest suvremenih robota.....                        | 1   |
| 1.2. Primjer komercijalnog rješenja.....                    | 2   |
| 2. INDUSTRIJSKI ROBOT UNIVERSAL ROBOT UR3 .....             | 3   |
| 2.1. Općenito o robotu.....                                 | 3   |
| 2.2. Karakteristike robota.....                             | 4   |
| 2.3. Ulazno/izlazni moduli .....                            | 6   |
| 3. LINEARNI PRIGON.....                                     | 9   |
| 3.1. Karakteristike linearnog prigona.....                  | 9   |
| 3.2. Programiranje PLC-a .....                              | 11  |
| 4. OPTIČKI SENZOR.....                                      | 13  |
| 4.1. Karakteristike korištenog optičkog senzora .....       | 13  |
| 4.2. Montaža optičkog senzora na pneumatksu hvataljku ..... | 14  |
| 5. PNEUMATKA HVATALJKA .....                                | 15  |
| 5.1. Korištena hvataljka i spojna pločica .....             | 15  |
| 5.2. Elektromagnetski pneumatski ventil .....               | 16  |
| 6. POVEZIVANJE ROBOTA SA VODILICOM .....                    | 17  |
| 6.1. Prirubnica .....                                       | 17  |
| 7. PROGRAMIRANJE ROBOTA I DEMONSTRACIJA RADA .....          | 18  |
| 7.1. Programiranje robota.....                              | 18  |
| 7.2. Osnove gibanja robota .....                            | 19  |
| 7.3. Demonstracija programa paletizacija sa senzorom .....  | 20  |
| 8. ZAKLJUČAK.....                                           | 22  |
| LITERATURA.....                                             | 23  |
| PRILOZI.....                                                | 24  |

## POPIS SLIKA

|           |                                                                               |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1.  | Kuka robotska ruka i vanjski linearni prigon. ....                            | 2  |
| Slika 2.  | Universal robot UR3. ....                                                     | 4  |
| Slika 3.  | Kontroler robota ....                                                         | 6  |
| Slika 4.  | Ulazno/izlazni moduli unutar robota. ....                                     | 6  |
| Slika 5.  | Spojevi kablova unutar kontrolera robota ....                                 | 7  |
| Slika 6.  | Robotska konzola ....                                                         | 8  |
| Slika 7.  | Linearni prigon ....                                                          | 9  |
| Slika 8.  | PLC linarnog prigona ....                                                     | 10 |
| Slika 9.  | Ugrađeni ulazi/izlazi na linearnom prigonu. ....                              | 11 |
| Slika 10. | Program na računalu za postavljanje postavki na PLC-u linearnog prigona. .... | 11 |
| Slika 11. | Prikaz trenutnog stanja linearnog prigona na računalu. ....                   | 12 |
| Slika 12. | Optički senzor Baumer CH-8501. ....                                           | 13 |
| Slika 13. | Montaža senzora na pneumatsku hvataljku. ....                                 | 14 |
| Slika 14. | Pneumatska hvataljka. ....                                                    | 15 |
| Slika 15. | Akrilna pločica za montažu hvataljke. ....                                    | 15 |
| Slika 16. | Elektromagnetski pneumatski ventil. ....                                      | 16 |
| Slika 17. | Shema korištenog ventila. ....                                                | 16 |
| Slika 18. | Prirubnica. ....                                                              | 16 |
| Slika 19. | Vrste gibanja središta alata robota. ....                                     | 19 |
| Slika 20. | Implementacija rješenja prvi dio. ....                                        | 20 |
| Slika 17. | Implementacija rješenja drugi dio. ....                                       | 21 |

## POPIS TABLICA

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablica 1. Karakteristike robota UR3 .....                             | 4  |
| Tablica 2. Maksimalni kut zakreta i kutna brzina pojedinog zgloba..... | 5  |
| Tablica 3. Popis izlaznih signala .....                                | 7  |
| Tablica 4. Popis ulaznih signala .....                                 | 8  |
| Tablica 5. Ulazni signali na kontroleru linearnog prigona .....        | 9  |
| Tablica 6. Izlazni signali na kontroleru linearnog prigona.....        | 10 |



## **POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

- 1 Prirubnica\_v1

**POPIS OZNAKA**

| Oznaka    | Jedinica | Opis         |
|-----------|----------|--------------|
| $m$       | [kg]     | Masa         |
|           | [mm]     | Ponovljivost |
| L         | [mm]     | Duljina      |
| $\varphi$ | [°]      | Kut zakreta  |
| $\omega$  | [°/s]    | Kutna brzina |

## **SAŽETAK**

Tema ovog rada je povezivanje robotske ruke i vanjskog linearnog prigona. Takav sustav omogućuje pokretljivost robotske ruke u većem radnom prostoru. Takvi sustavi imaju puno primjena u industriji uključujući manipulaciju predmetima između radnih stanica i automatiziranu izmjenu alata i/ili obradaka na numerički upravljanim alatnim strojevima.

U sljedećem tekstu bit će opisana korištena oprema, dizajniranje prirubnice, izrada konektora između vanjskog linearnog prigona, korištenog robota, montaža hvataljke, montaža senzora.

Ključne riječi: integracija robotske ruke, linearni prigon.

## **SUMMARY**

The topic of this paper is the assembly and connection of a robotic arm and an external linear drive. Such system enables the mobility of the robotic arm in a larger workspace. Such systems are widely used in industry. Some of them are used for manipulation of objects between workstations or automated change of tools or workpieces on cnc machines.

The following text will describe the equipment used, the flange design, the construction of the connector between the external linear actuator and the robot itself, the mounting of the grip and the sensor.

Keywords: integration of robotic arm, linear drive.

## 1. UVOD

### 1.1. Povijest suvremenih robota

Danas pojam robota podrazumijeva uređaj kojem je zadaća pomaganje ljudima u industriji i svakodnevnom životu. U cilju zadovoljavanja zahtjeva moderne industrije, kao što su bolja produktivnost, smanjenje proizvodnih troškova, smanjenje rokova isporuke proizvoda na tržište, autonomnost te fleksibilnost čovjek je morao svoju ulogu poslužitelja strojeva zamijeniti automatiziranim napravama kao što su manipulatori ili roboti.

Suvremeni roboti nastali su 1950-ih godina u SAD-u, a potječu od pronalaska teleoperatora, s jedne strane, te numerički upravljanih alatnih strojeva s druge strane.

Teleoperatori su razvijeni za vrijeme rata radi potrebe daljinskog upravljanja nuklearnim sirovinama, a numerički upravljani alatni strojevi pojavili su se nakon rata kao rješenje problema izrade složenih avionskih dijelova. Kombinirajući te dvije navedene tehnike Amerikanac George Devol 1954. godine patentirao je uređaj koji bi se mogao smatrati pretečom današnjeg industrijskog robota. U suradnji sa J. Engelbergerom izradio je 1958. godine i prvog robota, kojeg su se tada nazivali programabilni transfer strojev (njihova zadaća bila je prihvati i prijenos objekta zadanoj putanji). To su ujedno i počeci prve i dugo vremena vodeće tvornice robota u svijetu, Unimation Inc. Prvi manipulacijski robot "Unimate" bio je mehanička ruka tzv. polarne kinematičke strukture s hidrauličkim pogonom, što mu je omogućivalo veliku nosivost i točnost pozicioniranja uz male brzine gibanja. Bio je namijenjen operacijama "pick and place" (uzmi i prenesi). "Unimate" je za svoje vrijeme bio poseban po tome što je posjedovao veliku fleksibilnost u usporedbi s konkurentnim proizvodima.

Bio je prvi manipulacijski robot s povratnim servoupravljanjem po zadanoj putanji i zbog toga je bio tehnološki ispred konkurentnih proizvoda koji nisu mogli izvoditi trajektorijsko gibanje. "Unimate" se upravljao pomoću digitalnog kontrolera. Memorija je bila u obliku komutatorskog diska na koji su se bilježile naredbe za robot. Američko gospodarstvo je hladno primilo pojavu novog alata, pa je Engelberger razočaran njihovim odnosom otišao u Japan i njima prodao patentna prava za proizvodnju "Unimate" robota čime je počelo Japansko "robotičko čudo". Sredina šezdesetih godina može se slobodno označiti kao početak robotičke revolucije kada se roboti masovno počinju uvoditi u proizvodne hale.

Početkom 70 - ih pojavljuje se prva generacija industrijskih robota ( programirane robotske ruke ) koji sa svojim stupnjevima slobode gibanja oponašaju kompliciranost gibanja ljudske ruke pri posluživanju strojeva.

Drugu generaciju robota u industriji predstavlja Stanford Ruka sa svojih šest rotacijskih stupnjeva slobode gibanja. Opremljeni su nizom senzora ( vizualni, takti, sile ) a mogu imati i sustave za raspoznavanje.

Treća generacija robota temeljila se na simultavnom korištenju više procesora što je omogućavalo vrlo precizno vođenje, asinkrono upravljanje različitim dijelovima robota, slijednu komunikaciju sa drugim robotima ili okolinom. Opremljeni su sustavima za raspoznavanje i računalima novih generacija, tj vođenjem multivarijabilnih procesa s više izlaznih i ulaznih varijabli. Treća generacija robota predstavlja viši oblik inteligencije zbog čega njihova primjena u industriji nezaustavljivo raste.

Industrijski robot je prema definiciji fleksibilan, prilagodljiv, višenamjenski, programabilni stroj. Uvriježeno je mišljenje da je svojstvo programabilnosti industrijskog stroja izum 20. stoljeća jer se izravno povezuje s računalom kao temeljnim programabilnim elementom njegova upravljačkog sustava.

## 1.2. Primjer komercijalnog rješenja

Jedan od primjera komercijalnog rješenja integracije robotske ruke i vanjskog prigona. Na slici 1 prikazan je proizvod kompanije Kuka Robotics. Integracija robotske ruke i linearnog prigona omogućuje puno veći radni prostor robota a time je povećana fleksibilnost sustava.



**Slika 1. Kuka robotska ruka i vanjski linearni prigon.**

## 2. INDUSTRIJSKI ROBOT UNIVERSAL ROBOT UR3

### 2.1. Općenito o robotu

Industrijski robot Universal Robot UR3 je robot sa šest stupnjeva slobode gibanja gdje su svi zglobovi rotacijski. Naziva se još i zglobni robot ili zglobna ruka jer po svom izgledu podsjeća na ljudsku ruku. Kada spomenemo zglobni robot ili zglobna ruka svi znaju da se radi o industrijskim robotima sa šest osi rotacije. Kada se kaže da robot ima šest osi rotacije misli se na šest stupnjeva slobode gibanja robota. Ovi roboti su vrlo svestrani. Koriste se za postupke zavarivanja pa sve do robotskog pomaganja čovjeku gdje robot uzima gotovi dio iz jednog procesa i stavlja ga u sljedeći dio procesa. Također se koriste i u procesima pakiranja, paletizacije, sortiranja te sklapanja različitih dijelova.

Zglobni roboti omogućuju zglobnu rotaciju ili interpolirani pomak u bilo koju točku u prostoru koja je u njegovim granicama.

- Zglob 1 - rotira robota (misli se na bazu robota)
- Zglob 2 - omogućuje pomicanje produžetka donjeg kraka robota naprijed ili nazad
- Zglob 3 - podiže ili spušta gornju ruku robota
- Zglob 4 - rotira gornju ruku robota (ručni valjak)
- Zglob 5 - rotira zglob druge ruke robota
- Zglob 6 - rotira ručni dio (zglob na kojem je prihvatnica)

Kretnju robota obavljaju servo motori koji se nalaze u svakom pojedinom zglobu. Kontrolni sustav regulira snagu koja se dovodi svakom motoru i tako se ostvaruje preciznost tog robota. Prednosti ovakvih robota su: lakše ih je uskladiti s referentnim ravninama, jednostavni su za upravljanje i održavanje te ih se jednostavno postavlja za automatski proces injekcijskog prešanja na različitim vrstama i veličinama strojeva za brizganje plastike.

S druge strane nedostaci su da mogu biti sporiji od ostalih konfiguracija zbog prirode svog dizajna.

## 2.2. Karakteristike robota

Industrijski robot Universal robot UR3 jedan je od najmanjih robota u svojoj klasi. Zbog svoje male mase od svega 11kg i njegovog dizajna ima nosivost od 1.3kg u cijelom radnom rasponu. To znači da ima relativno mali radni prostor: sfera promjera 500[mm].

Kablovi robota integrirani su unutar robota zbog čega ne može doći do njihovog međusobnog isprepletanja. U slučaju potrebe za cijevima za dobavu zraka trebalo bi razmisliti o nekakvim držačima tih cijevi da ne dođe do isprepletanja.

**Tablica 1. Karakteristike robota UR3**

| KARAKTERISTIKE ROBOTA              | VRIJEDNOSTI |
|------------------------------------|-------------|
| Broj osi rotacije                  | 6           |
| Ponovljivost [mm]                  | $\pm 0.1$   |
| Masa [kg]                          | 11          |
| Integrirani ulazno/izlazni signali | 36          |
| Nosivost [kg]                      | 1.3         |
| Maksimalni raspon [mm]             | 500         |



**Slika 2. Universal robot ur3**



Robot nije moguće okretati tako da je svaki zglob u maksimalnoj vrijednosti kuta zakreta, već postoje određena ograničenja. Prvi zglob A1 može se okretati od  $-160^{\circ}$  do  $160^{\circ}$ . Drugi zglob A2 ograničen je kako robot koji stoji na postolju ne bi mogao ići ispod postolja. Ako dođe ispod postolja može doći do kolizije gornjeg dijela s postoljem. Zglob A3 je treći zglob i ima širok raspon kuta zakreta jer je to zglob koji okreće prvi krak ruke. Kao i zglob A3 tako i zglob A4 ima širok raspon kuta zakreta. Peti zglob A5 podiže i spušta prihvatnicu te je ograničen kao i drugi zglob A2. I na kraju zglob A6 koji okreće prihvatnicu nema ograničenja već se može okretati od  $-360^{\circ}$  do  $+360^{\circ}$  čime je omogućeno okretanje prihvatnice kako god korisnik želi. Iduća tablica prikazuje raspon kuta zakreta pojedinog zgloba i maksimalnu brzinu svakog od zglobova.

**Tablica 2. Maksimalni kut zakreta i kutna brzina pojedinog zgloba**

| Broj zgloba | Maksimalni kut zakreta [°] | Maksimalna kutna brzina [%s] |
|-------------|----------------------------|------------------------------|
| A1          | 360                        | 180                          |
| A2          | 360                        | 180                          |
| A3          | 360                        | 180                          |
| A4          | 360                        | 360                          |
| A5          | 360                        | 360                          |
| A6          | 360                        | 360                          |

Robot dobiva napajanje iz kontrolera. U kontroleru robota ima dovoljno mjesta za dodatna pojačala ili ulazno/izlazne module. Svrha tog kontrolera je da dobiva potrebne signale iz upravljačke konzole koji pokreću robota. Odnosno tim signalima se motori motori pale ili gase.

### 2.3. Ulazno/izlazni moduli

Unutar kontrolera robota nalaze se ulazno/izlazni moduli. Ovaj kontroler upravlja samim robotom i omogućuje spajanje dodatne opreme.



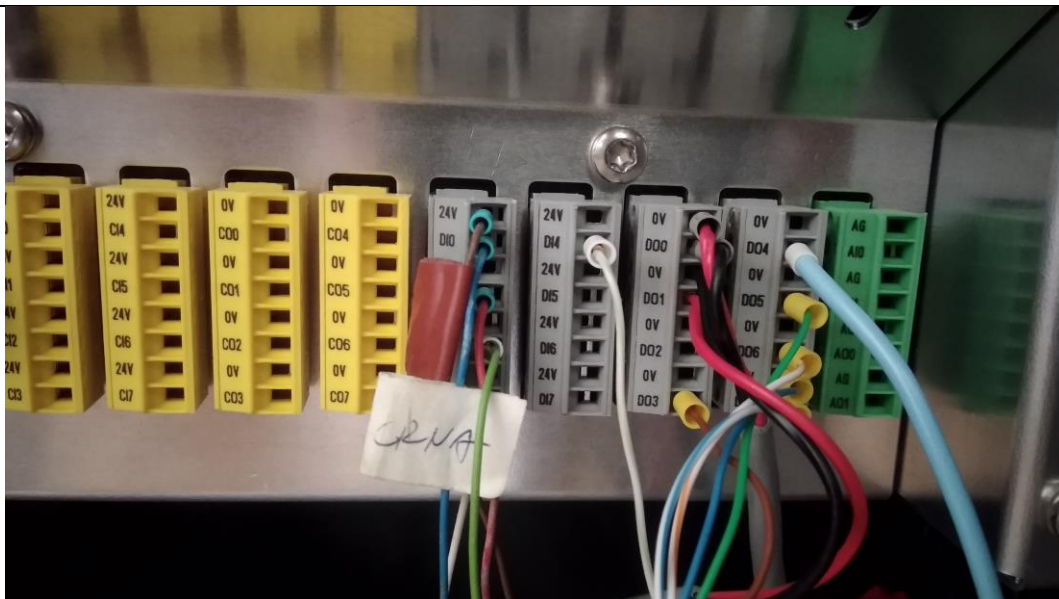
Slika 3. Kontroler robota

Na ulazno/izlazne module može se spojiti razna oprema:

- Elektropneumatski ventili
- PLC-(eng. programmable logic controller)
- Senzori
- Tipkala
- Sigurnosni stop

| Safety         |     | Remote |     | Power |     | Configurable Inputs |     |   |     | Configurable Outputs |     |   |     | Digital Inputs |     |   |     | Digital Outputs |     |   |     | Analog |                |     |   |
|----------------|-----|--------|-----|-------|-----|---------------------|-----|---|-----|----------------------|-----|---|-----|----------------|-----|---|-----|-----------------|-----|---|-----|--------|----------------|-----|---|
| Emergency Stop | 24V | ■      | 12V | ■     | PWR | ■                   | 24V | ■ | 24V | ■                    | 0V  | ■ | 0V  | ■              | 24V | ■ | 24V | ■               | 0V  | ■ | 0V  | ■      | Analog Inputs  | AG  | ■ |
|                | EI0 | ■      | GND | ■     | GND | ■                   | CI0 | ■ | CI4 | ■                    | CO0 | ■ | CO4 | ■              | DI0 | ■ | DI4 | ■               | DO0 | ■ | DO4 | ■      |                | AI0 | ■ |
|                | 24V | ■      | ON  | ■     | 24V | ■                   | 24V | ■ | 24V | ■                    | 0V  | ■ | 0V  | ■              | 24V | ■ | 24V | ■               | 0V  | ■ | 0V  | ■      |                | AG  | ■ |
|                | EI1 | ■      | OFF | ■     | 0V  | ■                   | CI1 | ■ | CI5 | ■                    | CO1 | ■ | CO5 | ■              | DI1 | ■ | DI5 | ■               | DO1 | ■ | DO5 | ■      |                | AI1 | ■ |
| Safeguard Stop | 24V | ■      |     |       |     |                     | 24V | ■ | 24V | ■                    | 0V  | ■ | 0V  | ■              | 24V | ■ | 24V | ■               | 0V  | ■ | 0V  | ■      | Analog Outputs | AG  | ■ |
|                | SI0 | ■      |     |       |     |                     | CI2 | ■ | CI6 | ■                    | CO2 | ■ | CO6 | ■              | DI2 | ■ | DI6 | ■               | DO2 | ■ | DO6 | ■      |                | AO0 | ■ |
|                | 24V | ■      |     |       |     |                     | 24V | ■ | 24V | ■                    | 0V  | ■ | 0V  | ■              | 24V | ■ | 24V | ■               | 0V  | ■ | 0V  | ■      |                | AG  | ■ |
|                | SI1 | ■      |     |       |     |                     | CI3 | ■ | CI7 | ■                    | CO3 | ■ | CO7 | ■              | DI3 | ■ | DI7 | ■               | DO3 | ■ | DO7 | ■      |                | AO1 | ■ |

Slika 4. Ulazno/izlazni moduli unutar robota



**Slika 5. Konekcije unutar kontrolera robota.**

U tablici vidimo popis izlaznih signala unutar kontrolera robota.

**Tablica 3. Popis izlaznih signala**

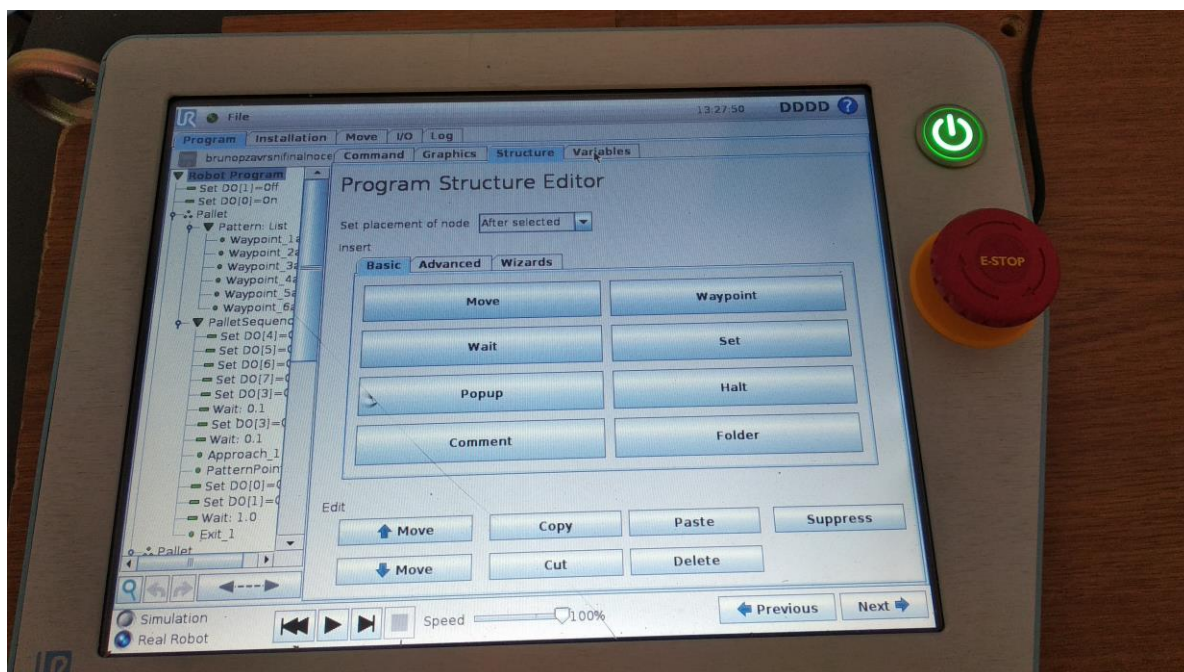
|    | Izlazni signali | Opis                                                     |
|----|-----------------|----------------------------------------------------------|
| 1. | DO0             | Otvora hvataljku. (spojeno na elektropneumatski venitl)  |
| 2. | DO1             | Zatvara hvataljku. (spojeno na elektropneumatski venitl) |
| 4. | DO3             | START                                                    |
| 5. | DO4             | POS1                                                     |
| 6. | DO5             | POS2                                                     |
| 7. | DO6             | POS3                                                     |
| 8. | DO7             | POS4                                                     |

U tablici vidimo popis ulaznih signala unutar kontrolera robota.

**Tablica 4. Popis ulaznih signala**

| Rb. | Ulazni signali | Opis                                  |
|-----|----------------|---------------------------------------|
| 1.  | DI0            | Tipkalo bijelo                        |
| 2.  | DI1            | Tipkalo crveno                        |
| 3.  | DI2            | Tipkalo zeleno                        |
| 4.  | DI3            | Tipkalo crno                          |
| 5.  | DI4            | PEND (linearni prigon je u mirovanju) |
| 6.  | Tool Input(1)  | Optički senzor.                       |

Robotom se upravlja preko robotske konzole (eng. Teach Pendant, iPendant). U nju se upisuju određene funkcije koje robot pretvara u kretnju i izvršava program. Na konzoli se nalazi i sigurnosna sklopka koja ako je pritisnuta u bilo kojem trenutku zaustavlja robota. Ovakav način programiranja robota je tzv. „On line“ programiranje gdje korisnik piše program unutar konzole, a robot izvodi kretnju prevođenjem programa.



**Slika 6. Robotske konzole (eng. Teach Pendant, iPendant)**

### 3. LINEARNI PRIGON

#### 3.1. Karakteristike linearnog prigona

Drugi korak u rješavanju ovog problema bio je spojiti konzolu robota s PLC-om linearnog prigona kako bi se mogli slati/primati podaci između robota i PLC-a. Robot i PLC povezani su ethernet kablom, a protokol za njihovu komunikaciju je prikazan tablicom 5 i tablicom 6. Linearni prigon ima 16 pozicija koje odabiremo unutar programa koji je razvio proizvođač linearnog prigona.



Slika 7. Linearni prigon

Unutar programa za programiranje PLC-a linearnog prigona definiramo pozicije svih položaja vodilice. Program pristupa PLC-u preko seriskog porta.

Tablica 5. Ulazni signali na kotroleru linearnog prigona

|    | Ulazni signali       | Ethernet konektor |
|----|----------------------|-------------------|
| 1. | START                | Smeđa             |
| 2. | POS1                 | Bijela/zelena     |
| 3. | POS2                 | Zelena            |
| 4. | POS3                 | Bijela/narandasta |
| 5. | POS4                 | Bijela/plava      |
| 6. | 0V (zajednička nula) | Plava             |

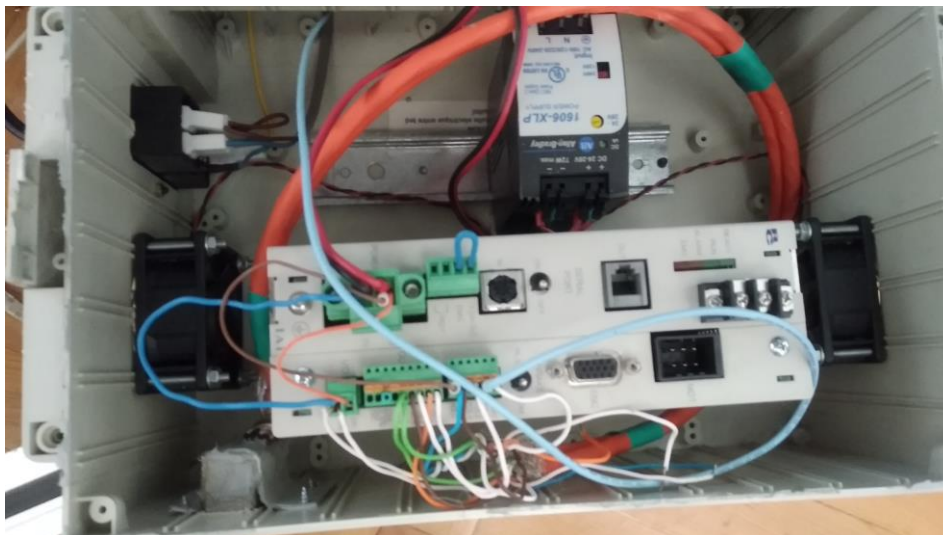


|    |      |            |
|----|------|------------|
| 7. | PEND | Smeđa      |
| 8. | NC   | Narandasta |

**Tablica 6. Izlazni signali na kotroleru linearnog prigona**

|    | Izlazni signali      | Ethernet konektor |
|----|----------------------|-------------------|
| 1. | NC                   | Smeđa             |
| 2. | POS1                 | Bijela/zelena     |
| 3. | POS2                 | Zelena            |
| 4. | POS3                 | Bijela/narandasta |
| 5. | POS4                 | Bijela/plava      |
| 6. | 0V (zajednička nula) | Plava             |
| 7. | PEND                 | Smeđa             |
| 8. | NC                   | Narandasta        |

U prethodnom poglavlju prikazani su ulazno/izlazni moduli. Na ulazni/izlazni modul spojen je PLC koji upravlja položajem linearnog prigona.

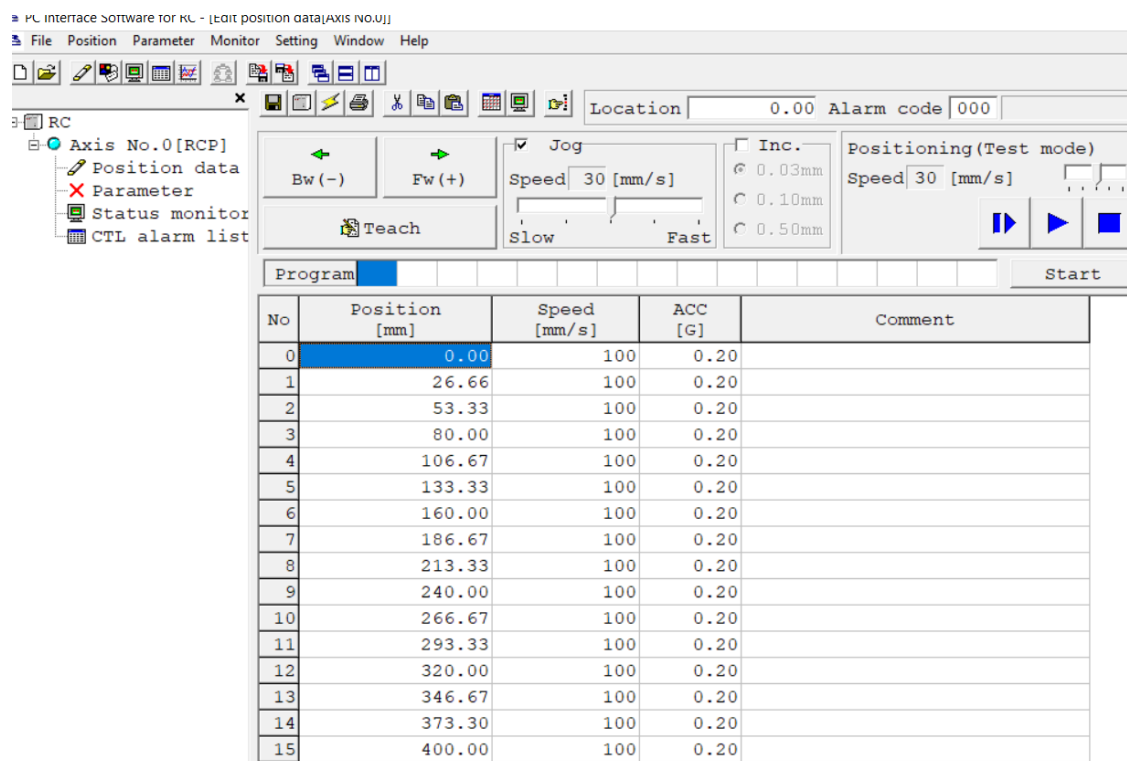
**Slika 8. PLC.a linearnog prigona**



Slika 9. Ugrađeni ulazi/izlazi na linearnom prigonu (korišten je ethernet konektor)

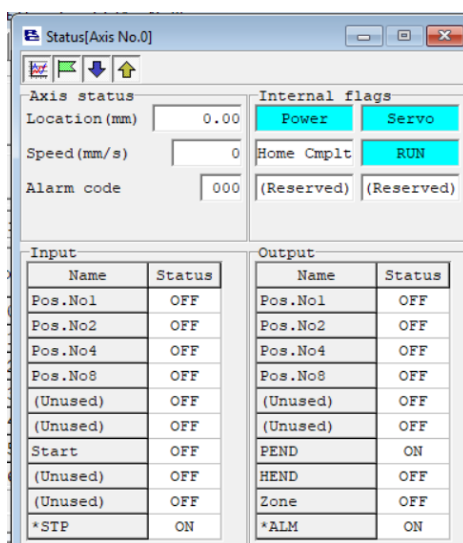
### 3.2. Programiranje PLC-a

PLC-u linarnog prigona se pristupa pomoću RC-ADP-MW adaptera. U programskom okruženju PC Interface Software for RC, a služi za povezivanje RC robo cylinder linearnog prigona s aplikacijom na računalu. PC Interface Software for RC sadrži naredbe koje možemo koristiti za čitanje i upisivanje vrijednosti u Podatkovni Blok (eng. Data Block) PLC-a za uspostavu i prekid veze, kontrolu PLC-a preko sučelja, informacije o tom PLC-u te mnoge druge. Navedene naredbe korištene su za uspostavu komunikacije. Prije nego što se uspostavi komunikacija potrebno je omogućiti pristup svim podacima koji se nalaze u Data Blokovima PLC-a.



Slika 10. Program na računalu za postavljanje postavaka na PLC-u linearnog prigona

Prikaz trenutnog stanja možemo vidjeti na računalu unutar programa za linearni prigon.



Slika 11. Prikaz trenutnog stanje linearnog prigona na računalu.



## 4. OPTIČKI SENZOR

### 4.1. Karakteristike korištenog optičkog senzora

Optički senzori se koriste za gotovo sve aplikacije beskontaktno detekcije objekata s dugim dometom. Materijal objekta kojega treba detekcionirati je gotovo nebitan. Na taj način pružaju izuzetno veliko područje primjene. Optički senzor koji koristimo je Baumer CH-8501

Osnovne informacije o optičkim senzorima:

- detekcija objekata do 20m
- Visoka osjetljivost i pouzdanost
- Izvedba
- Tipkala
- Izvedba: pravokutna i cilindrična (M12, M18, M30)
- Tip: linearni
- Tip: viljuškasti ili ugaoni.



Slika 12. Optički senzor Baumer CH-8501

Napajanje senzora je 24V, a senzor se spaja na digitalni ulaz na zadnjem članu robota (eng. tool input 1. )

#### 4.2. Montaža optičkog senzora na pneumatsku hvataljku

Korišteni senzor za potrebe ovog završnog rada monitran na robota uz pomoć aluminijskih profila.

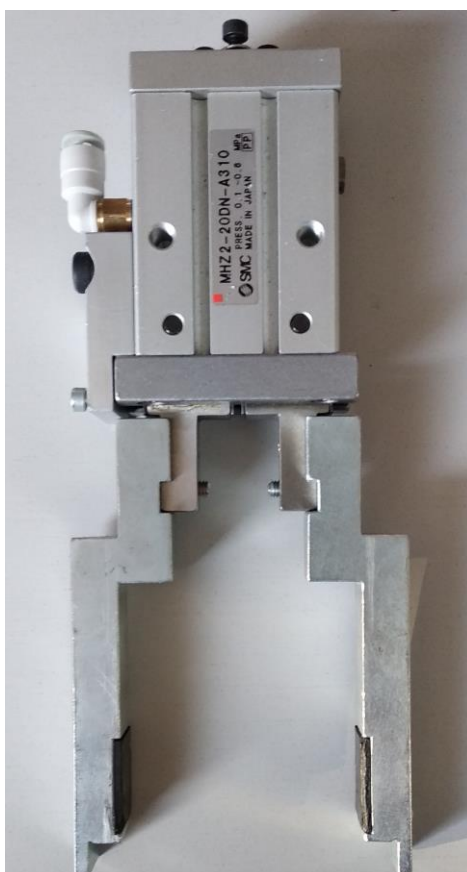


Slika 13. Montaža senzora na pneumatsku hvataljku

## 5. PNEUMATKA HVATALJKA

### 5.1. Korištena hvataljka i spojna pločica

Na slici 14 vidimo korištenu pneumatska hvataljka za manipulaciju objektima. Hvataljka ima dva ulaza za zrak. S ventilima upravljamo položajem hvataljke.



Slika 14. Pneumatska hvataljka

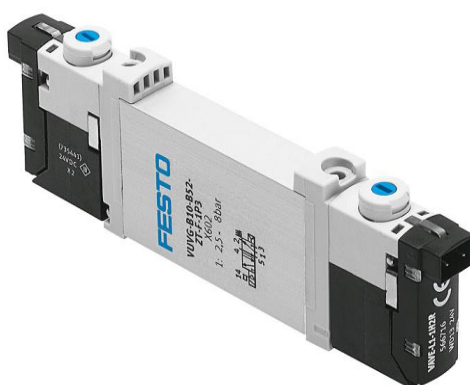
Hvataljka je montirana na robota uz pomoć akrilne pločice slika 15.



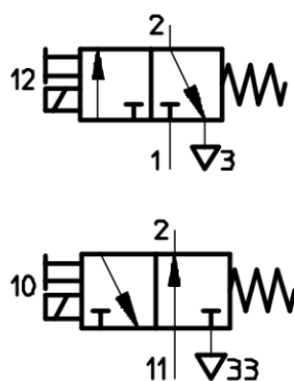
Slika 15. Akrilne pločice za montažu hvataljke

## 5.2. Elektromagnetski pneumatski ventil

Za reguliranje položaja pneumatske hvataljke korišten je elektromagnetski pneumatski ventil oznake MH2, tvrtke FESTO. To je 2/1 pneumatski ventil što znači da ima dva priključka i jedan razvodni položaj. Sa elektromagnetom se ostvaruju razvodni položaji tako da ventil ima dva stanja jedno gdje ima dotoka zraka, drugo gdje nema. Elektromagnet radi sa električnim signalom u rasponu od 18-24V, a pritom mu je potrebna struja od 90mA. Na slici 16 se vidi korišteni elektropneumatski ventil.



Slika 16. Elektromagnetski pneumatski ventil

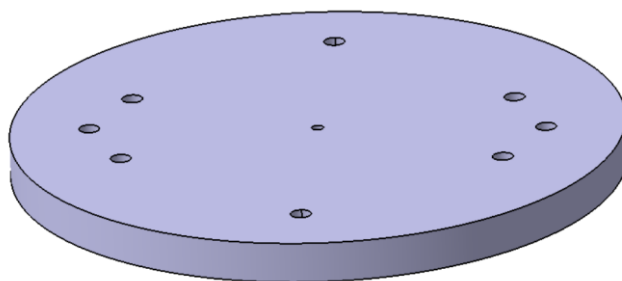


Slika 16. Shema korištenog ventila

## 6. POVEZIVANJE ROBOTA SA VODILICOM

### 6.1. Prirubnica

Spajanje baze robota sa linearnim prigronom izvedeno je izradom aluminijske prirubnice. Prirubnica je laserski izrezana u poduzeću Laser Inženjering d.o.o. , rupe je bilo potrebno izbušiti u laboaratoriju.



Slika 17. Prirubnica

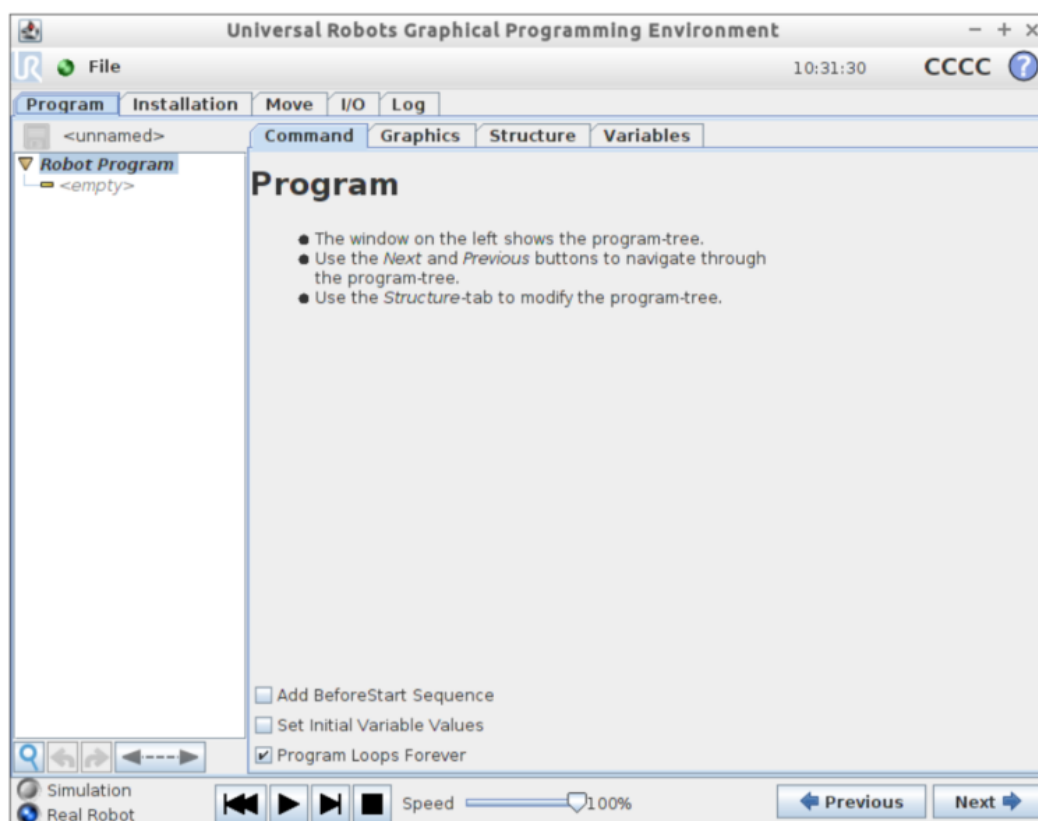
## 7. PROGRAMIRANJE ROBOTA I DEMONSTRACIJA RADA

### 7.1. Programiranje robota

Nakon početne inicijalizacije robota za stvaranje novog praznog programa potrebno je odabrati slijed odabira unutar upravljačke konzole robota. Ulazimo u opciju program te odabiremo prazan program (eng. Empty program).

Neke od osnovnih definiranih funkcija unutar programa su:

- Load Program – otvori postojeći program
- Pick and Place – template sa dvije zadane točke
- Empty Program – otvori prazan program



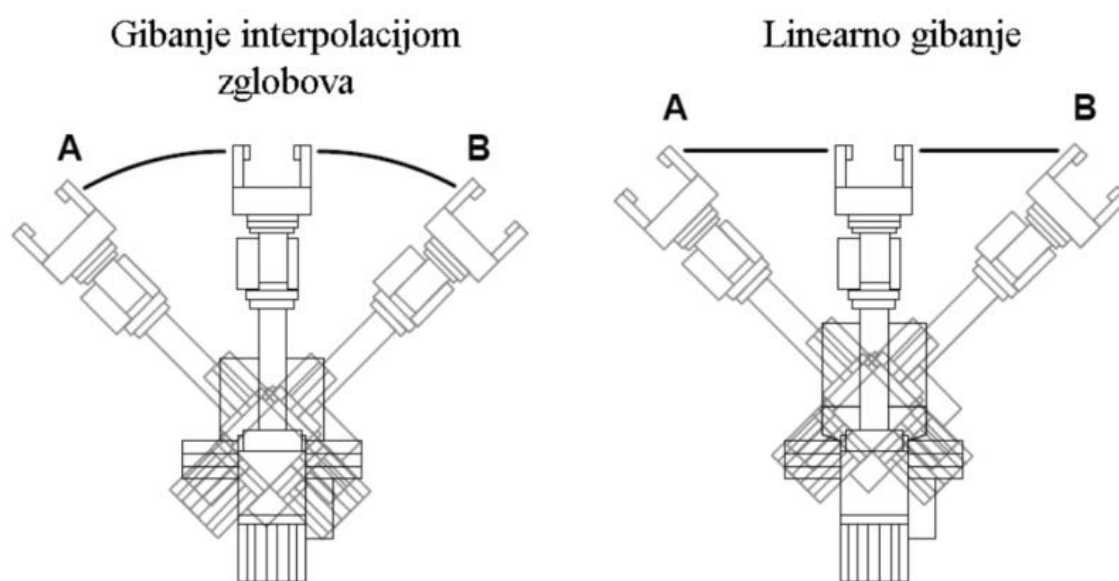
Slika 18. Zaslon praznog programa

Za svaku značajku na bijelom prozoru (lijeva strana ekrana) možemo definirati parametre. Tri osnovne značajke koje se mogu aktivirati u svakom programu su:

- Add BeforeStart Sequence – naredbe koje će se izvršiti prije glavnog programa
- Set Initial Variable Values – postava varijabla prije početka izvršavanja programa
- Program Loops Forever – izvođenje programa u beskonačnoj petlji

## 7.2. Osnove gibanja robota

Gibanje robota tj. gibanje središta alata može biti linearno, kružno ili nepravilnog oblika.



Slika 19. Vrste gibanja središta alata robota

### 7.3. Demonstracija programa paletalicaije sa senzorom

Iz ovog primjera možemo vidjeti ne sređenu paletu, te kako robot sa senzorom pretražuje gdje se nalazi objekat. Nakon što pronade objekat odnosi ga na sređenu paletu.

Kod se nalazi iza priloga.

```
var_1:=p[0.005,0,0,0,0,0]
var_2:=pose_trans(Plane_B,var_1)
var_3:=p[0.0777,0,0,0,0,0]
var_5:=p[-0.078,0,0,0,0,0]
var_8:=p[0,0,0.049,0,0,0]
  Loop 4 times
    MoveL
      var_2
      var_1[0]=var_1[0]+var_3[0]
      var_4:=pose_trans(Plane_B,var_1)
      var_2:=var_4
    MoveL
      var_2
    Wait: 0.1
  if tool_in[0]=True
    var_7=var_1
    var_7[0]=var_7[0]+var_5[0]
    var_6:=pose_trans(Plane_B,var_7)
    MoveL
      var_6
    var_7[2]=var_7[2]+var_8[2]
    Set DO[1]=0
    Set DO[0]=1
    var_6:=pose_trans(Plane_B,var_7)
    MoveL
      var_6
    Wait: 0.1
    var_7[2]=var_7[2]-var_8[2]
    var_6:=pose_trans(Plane_B,var_7)
    MoveL
      var_6
```

Slika 19. Implementacija rješenja prvi dio



```
Wait: 0.1
var_7[2]=var_7[2]-var_8[2]
var_6:=pose_trans(Plane_B,var_7)
MoveL
    var_6
Wait: 0.1
Set DO[4]=1
Set DO[5]=1
Set DO[6]=1
Set DO[7]=1
Wait: 0.5
Set DO[3]=1
Wait: 0.5
Set DO[3]=0
Wait: 0.5
Pallet
    pattern1
    A1
    A2
    A3
    A3
Palletseq
    Approach
    Patternseq2
    Set DO[0]=0
    Set DO[1]=1
    Wait: 0.5
    Set DO[4]=0
    Set DO[5]=0
    Set DO[6]=0
    Set DO[7]=0
    Wait: 0.5
    Set DO[3]=1
    Wait: 0.5
    Set DO[3]=0
    Wait: 4
```

**Slika 19.** Implementacija rješenja drugi dio

## 8. ZAKLJUČAK

Radni prostor industrijskog robota moguće je povećati uvođenjem dodatnih vanjskih prigona koji omogućavaju njegovu pokretljivost.

Integracijom dodatne osi dolazimo do brojih većih mogućnosti. Na primjer kako sa alatom doći u neku točku ili isplanirati trajektoriju gibanja alata.

Kako bi dobili još veću kontrolu nad linearnim prigonom trebalo bi razmisliti o boljoj komunikaciji između robota i linearnog prigona.

## LITERATURA

- [1] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [2] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.
- [3] Herold, Z.: Računalna i inženjerska grafika, Zagreb, 2003.
- [4] <https://www.festo.com/> Pristupano 20.09.2019.
- [5] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Pneumatika> Pristupano 20.09.2019.
- [6] <https://www.universal-robots.com/> Pristupano 20.09.2019.
- [7] <http://www.controltechnology.com> Pristupano 20.09.2019.

## **PRILOZI**

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija
- III. Kod programskog rješenja.