

# PROGRAMIRANJE SEKVENCE PLC-A ZA "PICK AND PLACE" APLIKACIJU ROBOTA

---

**Sardelić, Marko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split / Sveučilište u Splitu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:228:287800>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-10**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of University Department of Professional Studies](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE**

Preddiplomski stručni studij Elektronike

**MARKO SARDELIĆ**

**ZAVRŠNI RAD**

**Programiranje sekvence PLC-a za "Pick and Place"  
aplikaciju robota**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE**

Preddiplomski stručni studij Elektronike

**Predmet:** Robotika

**ZAVRŠNI RAD**

**Kandidat:** Marko Sardelić

**Naslov rada:** Programiranje sekvence PLC-a za "Pick and Place"  
aplikaciju robota

**Mentor:** prof. Dino Lozina

## Table of Contents

1. UVOD.....	5
2. ROBOT .....	6
TEHNIČKE KARAKTERISTIKE ROBOTA .....	6
GRIPPER ROBOTA .....	9
KAMERA ROBOTA .....	10
TEACHBOX .....	11
POKRETANJE ROBOTA .....	12
PROGRAMIRANJE ROBOTA.....	13
KOMUNIKACIJA SA PLC-OM.....	14
3. PLC.....	15
PROGRAMIRANJE LOGIKE U PLC-U.....	15
KOMUNIKACIJA PLC-A SA ROBOTOM I HMI .....	20
4. HMI .....	23
HMI KORISNIČKO SUČELJE.....	23
POVEZIVANJE HMI-A S PLC-OM.....	25
5. ZAKLJUČAK.....	26
6. LITERATURA.....	27
7. POPIS SLIKA .....	28
8. POPIS TABLICA.....	29
9. PRILOG.....	30

## Sažetak/Summary

### Programiranje sekvence PLC-a za "Pick and Place" aplikaciju robota

Postajući ključni elementi u raznim industrijama i poslovima roboti su sve prisutniji u suvremenom društvu. Njihova neizostavna uloga u našem životu potiče brz razvoj tehnologije oko robota.

Važno je napomenuti da je za rad s bilo kojim robotom uvijek potreban ispravan program kako bi robot znao koji mu je zadatak i na koji način ga treba obaviti.

Posebna pažnja posvećena je vezi između robota i PLC-a (Programmable Logic Controller), čime se omogućuje učinkovita komunikacija i koordinacija između različitih dijelova sustava. Na kraju je opisan rad i komunikacija s HMI sučeljem (Human Machine Interface) koje predstavlja ključan uređaj za upravljanje robotom. HMI sučelje omogućuje korisniku da interaktivno komunicira s robotom putem tipkala i slika. Slike na HMI uređaju prikazuju trenutnu poziciju robota, a mijenjaju se sukladno s promjenom pozicije robota tijekom rada. Ovo sučelje olakšava rad i praćenje robota krajnjem korisniku čime se postiže veća učinkovitost i produktivnost.

Rad naglašava značaj robotike i automatizacije u suvremenom društvu te pruža jasne primjere i objašnjenja kako pravilno koristiti industrijske robote, uz istaknute tehnološke aspekte koji doprinose njihovoj sveprisutnosti i napretku u današnjem svijetu.

**Ključne riječi:** Robot, HMI, PLC , robotski sustavi, automatizacija, industrija.

### Programming PLC Sequence for Pick and Place Robot Application

Becoming pivotal components in various industries and businesses, robots are increasingly prevalent in contemporary society. Their indispensable role in our lives propels the rapid advancement of robot-related technology.

It is imperative to note that operating any robot invariably requires a proper program, enabling the robot to understand its tasks and the manner in which they should be executed. Special attention is dedicated to the synergy between robots and PLCs (Programmable Logic Controllers), facilitating efficient communication and coordination among different components of the system. Finally, the paper outlines the operation and communication with the Human Machine Interface (HMI), a pivotal device for robot control. The HMI interface empowers users to interactively communicate with the robot via keyboards and images. Images displayed on the HMI device depict the robot's real-time position, adjusting as the robot's position changes during operation. This interface streamlines operations and enhances robot monitoring for end-users, resulting in improved efficiency and productivity.

The paper underscores the significance of robotics and automation in contemporary society and provides lucid examples and explanations on the proper utilization of industrial robots. It also highlights the technological aspects contributing to their ubiquity and progress in today's world.

**Keywords:** Robot, HMI, PLC, robotic systems, automation, industry

## UVOD

U suvremenom svijetu, roboti su sveprisutni u raznim industrijskim i razvojnim sektorima kao što su auto industrija, medicina, vojska, konstrukcijski sektor i mnogi drugi. Zbog ovog značajnog napretka razvila se zasebna interdisciplinarna grana poznata kao robotika. Glavni cilj robotike je konstruirati uređaje koji će pomoći čovjeku u radu baveći se konstruiranjem, dizajniranjem i definiranjem načina rada tih uređaja. Jedan od ključnih uređaja koji omogućuje automatizaciju strojeva, uređaja ili sustava je PLC (Programmable Logic Controller). Ovaj uređaj omogućuje automatski rad sa sustavima, a također omogućuje koordinaciju i nadzor procesa te pojedinih koraka tijekom rada.

Unatoč svojoj funkcionalnosti, PLC uređaji često nisu pregledni niti estetski izražajni što može zbuniti osobe koje nemaju iskustva s njima.

Ovaj završni rad će se fokusirati na način programiranja "Pick and Place" aplikacije robota, programiranje PLC-a, uređivanje HMI uređaja te praćenja rada samog robota prikazano vizualno na HMI-u uz pomoć lampica.

Ovaj rad će istaknuti važnost robotike i automatizacije u modernom društvu, pružajući stručne metode i tehnike programiranja i upravljanja robotskim sustavima.

Kroz primjere i objašnjenja, čitatelji će steći uvid u razvoj, funkcionalnosti i prednosti korištenja robota i PLC-a u industriji te načine kako automatizacija može značajno poboljšati učinkovitost i produktivnost procesa i sustava.

## **ROBOT**

Roboti su postali neizostavan dio suvremenog života, a mogu se podijeliti u različite kategorije kako bi se odgovorilo na raznolike potrebe društva. Među značajnijim kategorijama robota su industrijski roboti, dronovi, edukacijski roboti, vojni roboti, medicinski roboti itd.

Industrijski roboti predstavljaju najrašireniju kategoriju robota u području robotike. Ime samo govori da se koriste u industrijskim postrojenjima kako bi olakšali i poboljšali radne procese. Ti roboti se koriste za različite tipove zadataka, uključujući prenošenje materijala ili proizvoda, zavarivanje, tokarenje itd.

Tradicionalni industrijski roboti obično se sastoje od robotske ruke dizajnirane za izvođenje ponavljajućih zadataka. Suvremeni roboti se mogu koristiti zajedno s ljudskim radnicima pod uvjetom da se primjenjuju odgovarajuće sigurnosne mjere kako bi se osigurala sigurnost i učinkovitost radnih procesa.

Tehnološki napredak omogućuje sve veću primjenu robota u svim sferama života jer mogu poboljšati produktivnost, preciznost i smanjiti rizik od nesreća na radnom mjestu.

Pravilnom primjenom robota moderno društvo može učinkovitije odgovoriti na svoje potrebe u raznim industrijama i sektorima uz istovremeno pridržavanje smjernica i poštivanje sigurnosti svih sudionika u radnim procesima.

Napredak robotike donosi brojne mogućnosti i pozitivne promjene koje oblikuju našu budućnost.

## **TEHNIČKE KARAKTERISTIKE ROBOTA**

Robot koji se koristi u laboratoriju proizveden je od strane Mitsubishi, japanske tvrtke koja je specijalizirala ne samo robotiku, već i proizvodnju automobila, preradu čelika i električne uređaje. Konkretno, korišten je model robota RV-2F-Q1S16. Ovaj robot ima težinu od 19kg i sposoban je nositi predmete težine do 2kg. U laboratorijskim vježbama uglavnom se manipuliralo s plastičnim "kvadrima" čija je masa bila otprilike 50 grama. Robot ima 6 osi koje se mogu neovisni kreirati te ima doomet od 4955mm, što mu omogućuje fleksibilnost u doseg objekata. Brzina robota iznosi gotovo 5m/s. To znači da se može brzo i efikasno kretati u radnom okruženju. Također, mogućnost greške robota iznosi oko 0,02mm što pokazuje preciznost s kojom se robot može pozicionirati. Tehničke karakteristike ovog robota pogodne su za laboratorijske aktivnosti i omogućuju učinkovito izvođenje zadataka kao što je manipulacija objektima do 2kg. Mitsubishi je prepoznat po visokoj kvaliteti svojih proizvoda te je robot RV-2F-Q1S16 pouzdan alat za rad u laboratorijskim uvjetima.



Slika 2.1 Mitsubishi Robot

Robot kontroler je tipa CR750-Q, a PLC je Q03UDVCPU



Slika 2.2 Robot kontroler





Slika 2.3 PLC

Tip Robota	RV-2F-Q1-S16
Maksimalno opterećenje	2kg
Broj osi	6
Doseg	4955 mm/s
Tip Kontrolera	CR750-Q
Tip PLC-a	Q03UDVCPU
Robot modul	Q172DRCPU

Tablica 2.1 Tehničke karakteristike robota

## GRIPPER ROBOTA

Gripper je uređaj koji se koristi za manipulaciju predmetima te se temelji na pneumatskom sustavu za svoje funkcioniranje. Za ispravno djelovanje grippera potrebno je osigurati radni tlak od 1.5 do 2 bara što se postiže putem kompresora smještenog u laboratoriju. Pneumatski sustav koristi stlačeni zrak kao izvor energije za pokretanje grippera. Kompresor u laboratoriju stvara visokotlačni zrak koji se zatim regulira kako bi se održao radni tlak unutar zadanih vrijednosti. Tlak od 1.5 do 2 bara osigurava dovoljnu snagu za ispravno funkcioniranje grippera i sigurno prihvaćanje predmeta. Ovakav pristup omogućuje precizno upravljanje gripperom te njegovo precizno otvaranje i zatvaranje kako bi se sigurno manipuliralo predmetima u laboratoriju. Moramo osigurati stabilnost radnog tlaka u sustavu kako bi se osiguralu pouzdano funkcioniranje grippera.



Slika 2.4 Gripper na robotu u laboratoriju



Slika 2.5 Pneumatski sustav

### **KAMERA ROBOTA**

Kamera je ključan alat koji omogućava efikasniji rad robota. Njezina upotreba omogućuje nam da naučimo, detektiramo i prenosimo koordinate predmeta koji se nalaze unutar robotske ćelije. Pomoću kamere robotski sustav može vizualno analizirati okolinu i prepoznati objekte sa kojima treba manipulirati.



Slika 2.6 Kamera u laboratoriju

## TEACHBOX

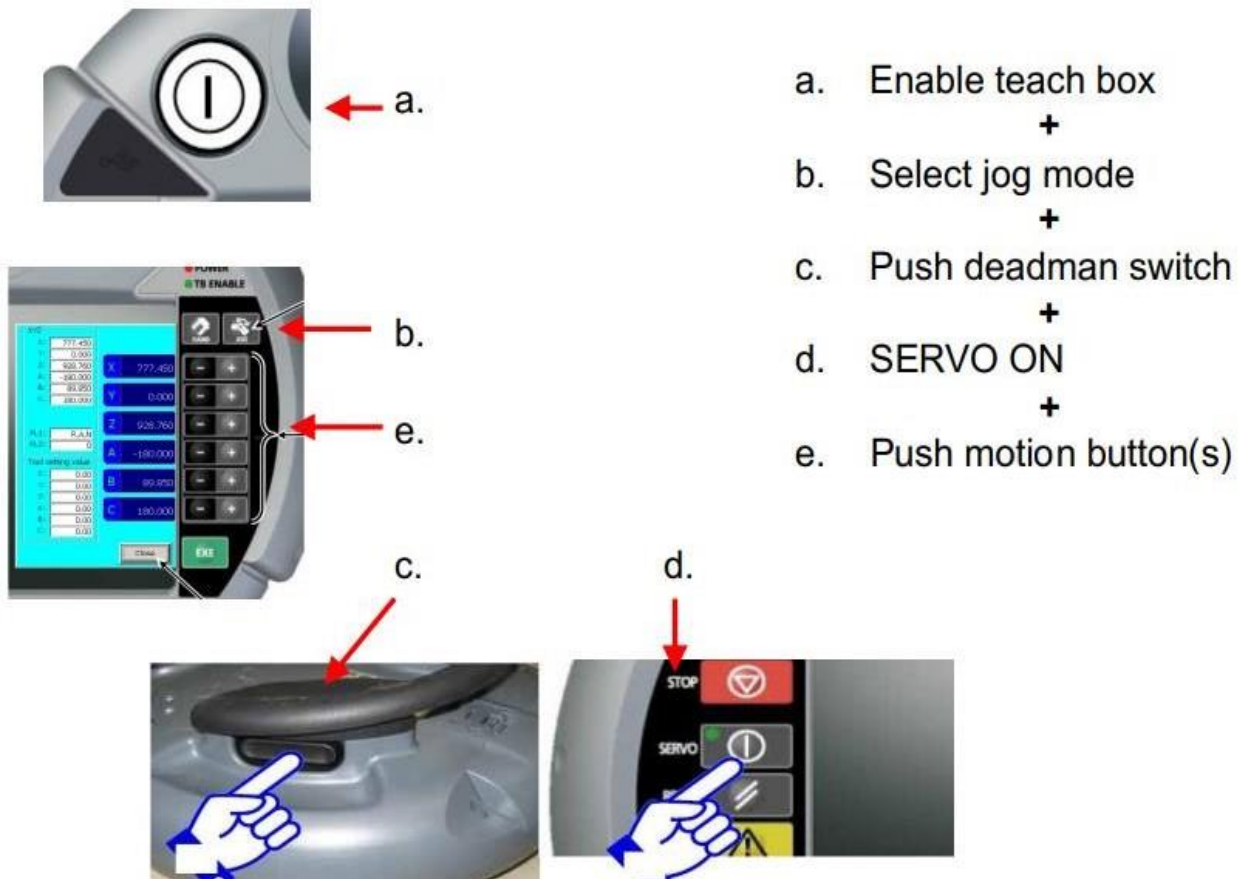
TeachBox (TB) je kontroler robota koji se koristi u ručnom načinu rada. TB se sastoji od nekoliko dijelova među kojima su bitne komponente kao što su deadman sklopke, smještene na stražnjoj strani TB-a. Ove sklopke su izuzetno važne jer omogućuju zaustavljanje robota kada se sklopka otpusti ili jako pritisne kako bi se osigurala sigurnost korisnika koji upravlja robotom. Na prednjoj strani TB-a nalazi se ekran. Iznad njega nalazi se tipka za paljenje i gašenje. S desne strane TB-a nalazi se gljiva za hitno zaustavljanje u slučaju opasnosti. Na lijevoj strani ekrana smještene su tipke Servo ON/OFF, STOP i RESET alarma koje omogućuju kontrolu kretanja robota i resetiranje alarma u slučaju potrebe. Sa desne strane ekrana nalaze se gumbi za upravljanje robotom. Ovakav raspored tipki na TB-u osmišljen je s naglaskom na intuitivnost upravljanja. To omogućuje korisniku jednostavno i brzo pristupanje potrebnim funkcijama i kontroliranje rada robota u ručnom načinu rada. TeachBox pruža korisniku kontrolu nad radom robota na jednostavan i siguran način.



Slika 2.7 TeachBox

## POKRETANJE ROBOTA

Kod pokretanja robota prva stavka koja se treba napraviti je paljenje robot kontrolera pomoću ON prekidača. Robotu zatim dovodimo napon od 24V preko pretvarača te posljednje uključujemo PLC čime uspostavljamo vezu koja služi kao komunikacija s periferijom. Potom upalimo kompresor sve dok kazaljka na manometru ne poprimi vrijednost od 1.5 do 2 bara jer u suprotnom gripper robota se neće moći zatvarati i otvarati. Kada obavimo prethodne korake onda treba pritisnuti deadman switch na srednju poziciju te odabrati Jog način rada. Ovisno o primjeni kojom se želi upravljati robotom bira se koordinatni sustav. Postoji šest koordinatnih sustava od kojih se najčešće upotrebljava XYZ ili JOINT sustav. Stisne se tipka Servo ON. Robot se kreće stiskom na tipke + i – koje se nalaze s desne strane TeachBox-a. Ovisno koji se koordinatni sustav izabrao, sukladno tome će se robot gibati u određenom smjeru (npr. za JOINT sustav prvi red tipki će rotirati prvu os robota, a u XYZ sustavu će se robot gibati naprijed nazad). Gripper se zatvara i otvara pritiskom na tipku HAND te pritiskom na + ili -.



Slika 2.8 Postupak pokretanja robota pomoću TB-a

## PROGRAMIRANJE ROBOTA

Za programiranje robota koristi se programski jezik MELFA-BASIC V. To je jezik osmišljen isključivo za programiranje Mitsubishi robota, a najčešće naredbe koje se koriste prikazane su u tablici 2.2.

Naredbe	Objašnjenje funkcije
CallP	Fukncija pozivanja podprograma
Mov	Joint interpolacija
Mvs	Linearna interpolacija
Dly	Kašnjenje u sekundama
Def Plt	Posebna funkcija paletiziranja
End	Kraj programa
Cnt	Kontinuirano gibanje
HOpen	Otvaranje hvataljke
HClose	Zatvaranje hvataljke
Ovrd	Podešavanje brzine

Tablica 2.2 Osnovne naredbe robota

## KOMUNIKACIJA SA PLC-OM

Robot i PLC ostvaruju međusobnu komunikaciju putem razmjene određenih bitova pri čemu je ključno pažljivo upravljati memorijskim lokacijama kako bi se izbjeglo preklapanje s drugim signalima. Pri slanju signala s robota na PLC koristi se komanda M\_Out iza koje se odma nalazi oznaka za tip podatka ili broj bitova kako bi se odredila veličina tog signala te se u zgradama nalazi broj koji označava početak u registru za pohranu tog signala. Slično tome, pri primanju signala koristi se komanda M\_In. Primjer takve komunikacije možemo vidjeti na slici ispod gdje je prikazan primjer razmjene podataka s PLC-om za input pallet counter, output pallet counter te conditions for start u našem MAIN robot programu.

```
M1=M_Inw(10336)+1  ' Input pallet counter
M2=M_Inw(10352)+1  ' Output pallet counter
M3=M_In(10320)     ' Conditions for start
```

Slika 2.9 Primjer komunikacije robota i PLC-a

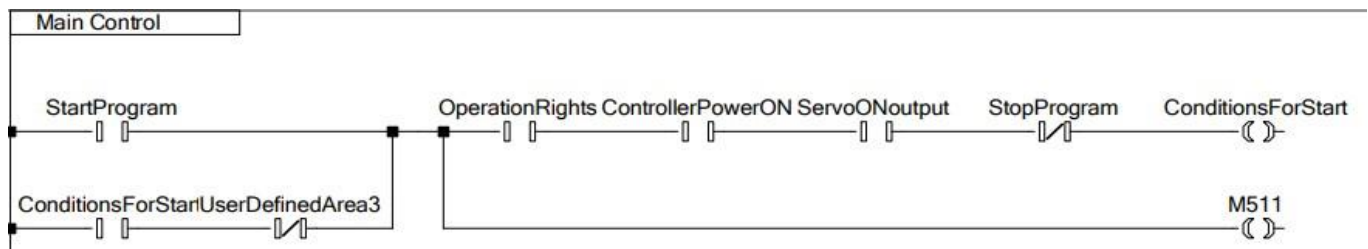
S obzirom na prikazani dio koda, moguće je zaključiti da se iz PLC-a primaju podatci na robota (što je vidljivo prema komandi M\_In). Ovaj signal podrazumijeva tip podatka "word" (što je jasno iz oznake "w") te zauzima ukupno 16 bitova. Podatci za input pallet counter primaju se počevši od memorijske lokacije 10336, dok se podatci za output pallet counter primaju s razmakom od 16 bita počevši od 10352 ( $10336+16=10352$ ). Dodatak +1 koristi se kako bi se broj komada u counteru povećao nakon svakog izvršenog ciklusa programa.

## PLC

U prošlosti se automatizacija zasnivala na relejnoj tehnici gdje su se aplikacije odvijale redosljednom aktivacijom velikog broja releja i prekidača. To je imalo mnogo nedostataka zbog čega se danas koristi PLC. PLC je digitalni uređaj koji se koristi za automatizaciju procesa. Odnosno, to je specijalizirani računalni sustav koji se koristi za kontrolu, upravljanje i nadzor različitih uređaja i procesa. PLC-ovi se programiraju da izvršavaju određene logičke operacije, upravljaju signalima ulaza i izlaza te obavljaju specifične zadatke kako bi osigurali funkcioniranje raznih vrsta procesa. PLC je minijaturnog dizajna te može postići iste pa čak i složenije funkcije nego relejna tehnika, a ako želimo nešto mijenjati u procesu najčešće je dovoljno samo promijeniti programsku logiku bez mijenjanja ožičenja, releja i uređaja koji su trenutno spojeni u polju.

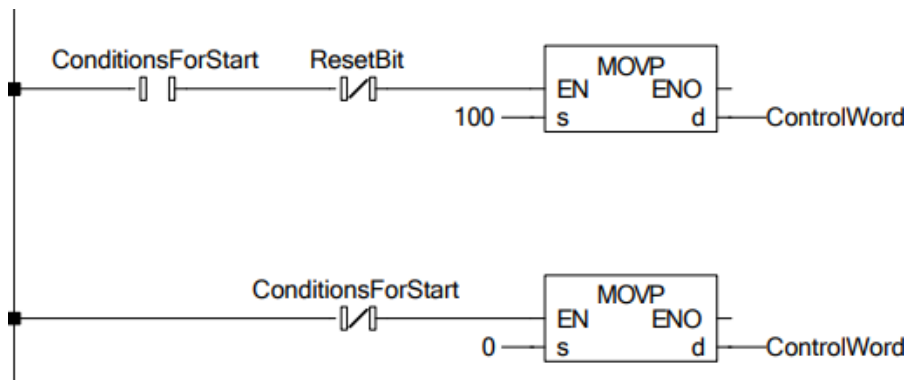
### PROGRAMIRANJE LOGIKE U PLC-U

Možemo početi s glavnom linijom našeg PLC programa, koja je prikazana na slici u nastavku.



Slika 3.1 Glavna linija PLC programa

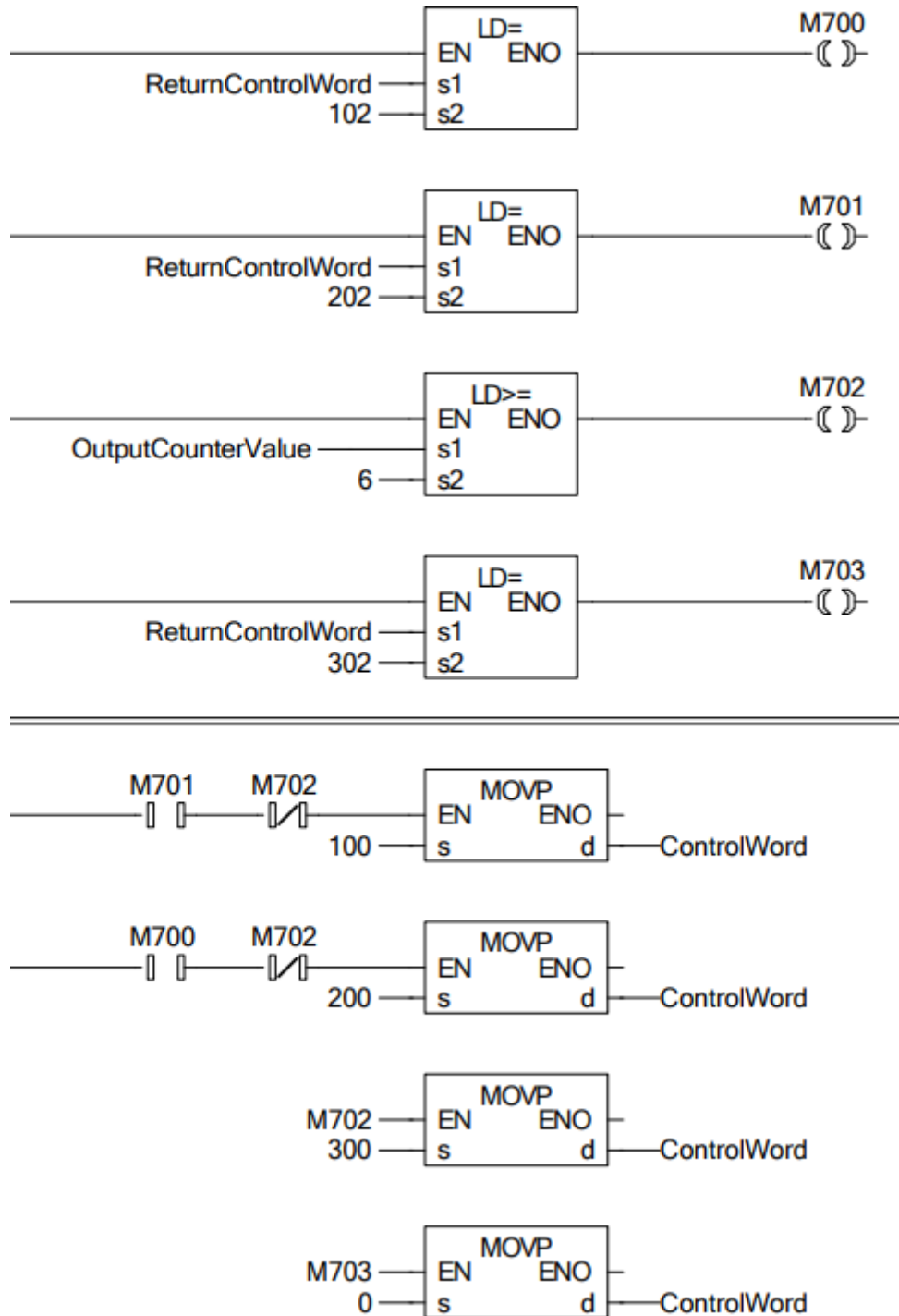
Ovdje se jasno vide svi osnovni uvjeti koji moraju biti zadovoljeni za početak rada robot. Ukoliko neki od uvjeta nije zadovoljen program se prekida. Dakle samo pratimo liniju te iz nje zaključujemo da najprije moramo pokrenuti program (dugme na HMI-u), zatim moramo osigurati da imamo sva potrebna "OperationRights" te da su kontroler i servo uključeni. Ako su svi ti uvjeti zadovoljeni program može krenuti sa radom. Na idućoj slici vidimo da se pokreće program "100" koji je ujedno pick program našeg robota te time kreće cijeli ciklus rada.



Slika 3.2 Pokretanje pick programa



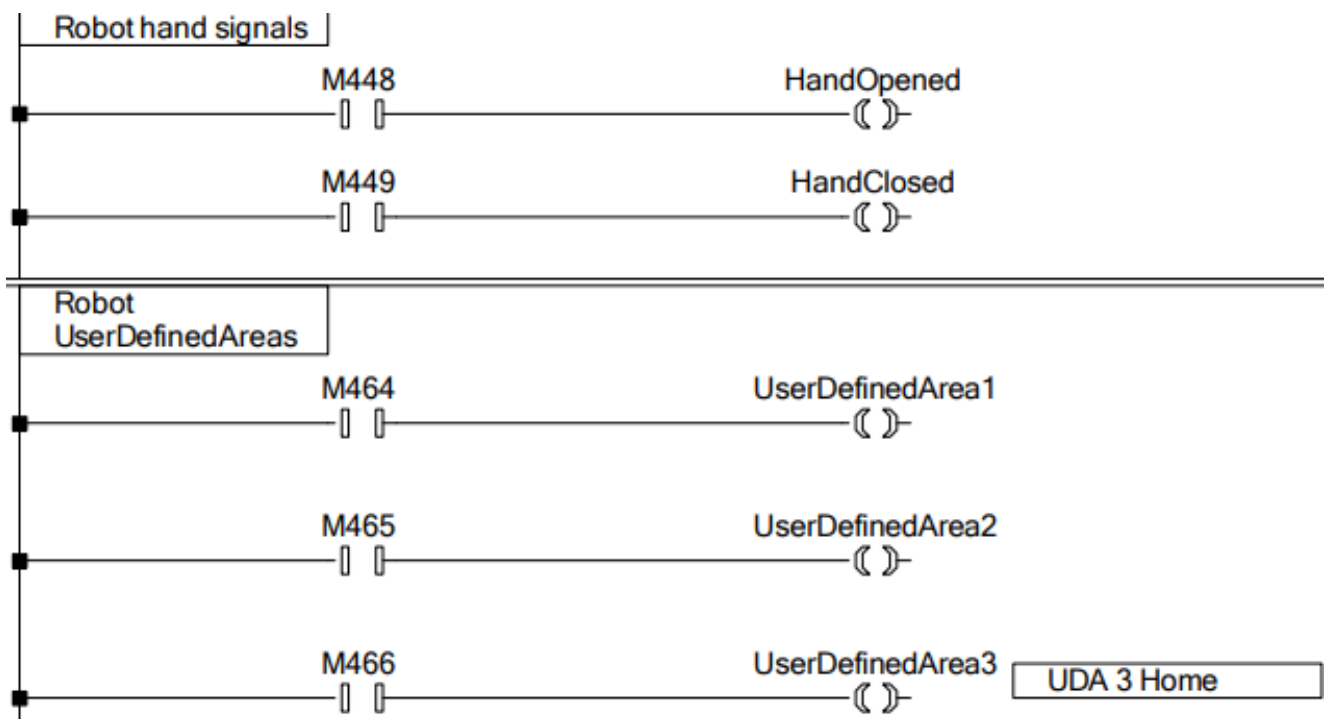
Dalje je prikazano kako se nastavlja izvršavati PLC program tako se izvršavaju i robot programi "100"(pick program) i "200" (place program). Sve dok counter ne izbroji 6(to je broj komada koje moramo premjestiti) u tom slučaju se izvršava "300" (home program) te robot odlazi u home poziciju i ciklus se završava.



Slika 3.3 Upravljanje robot programima pomoću PLC-a

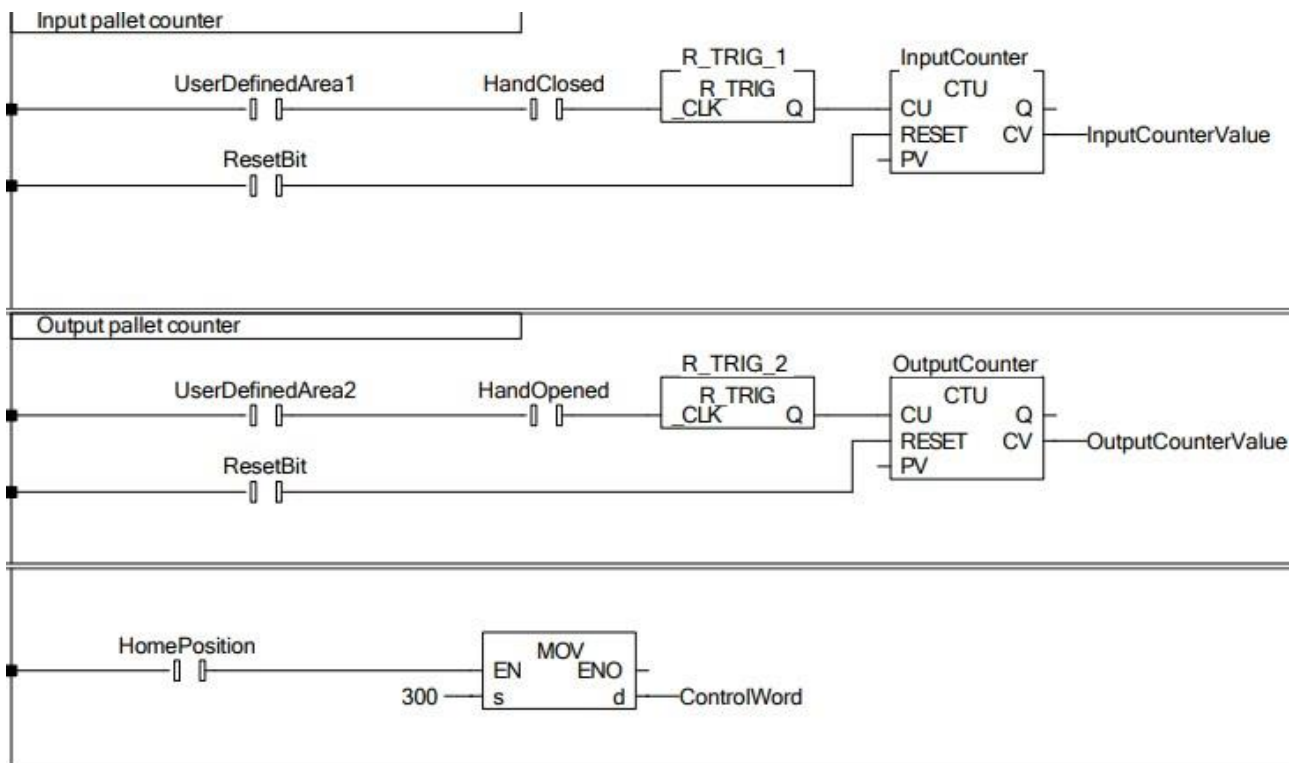
U glavnoj liniji smo napravili i samodržanje koje se prekida kada robot dođe u poziciju UserDefinedArea3 (home pozicija), kada pritisnemo dugme StopProgram na HMI-u ili kada neki od osnovnih uvjeta za rad više nije zadovoljen.

Na slici 3.4 prikazani su signali koji signaliziraju aktualno stanje grippera odnosno dali je zatvoren ili otvoren. Također su prikazana i područja ulazne i izlazne palete koje su definirane kao volumeni u prostoru zauzimajući približno 8-10cm prostora iznad paleta te područje home pozicije robota. Ova područja šalju logičku jedinicu PLC-u kada se gripper nalazi unutar zamišljenog prostora.



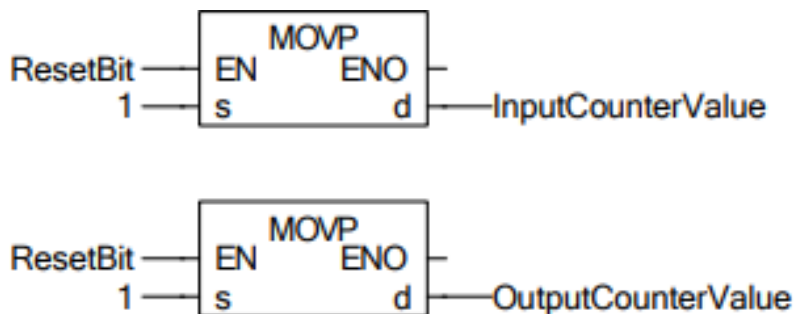
Slika 3.4 Signali grippera i područja za rad

PLC je odgovoran za izvršavanje funkcije brojanja predmeta koji su podignuti i spušteni, obavljajući tu zadaću umjesto robota putem countera. Counter za ulaznu paletu se povećava za jedan svaki put kad robot zauzme položaj unutar područja ulazne palete nakon čega se gripper zatvori. Slično, counter za izlaznu paletu funkcionira na isti način s time da se njegova vrijednost povećava kada se gripper otvori unutar područja izlazne palete, programska logika prikazana je na slici 3.5 koja se nalazi u nastavku.



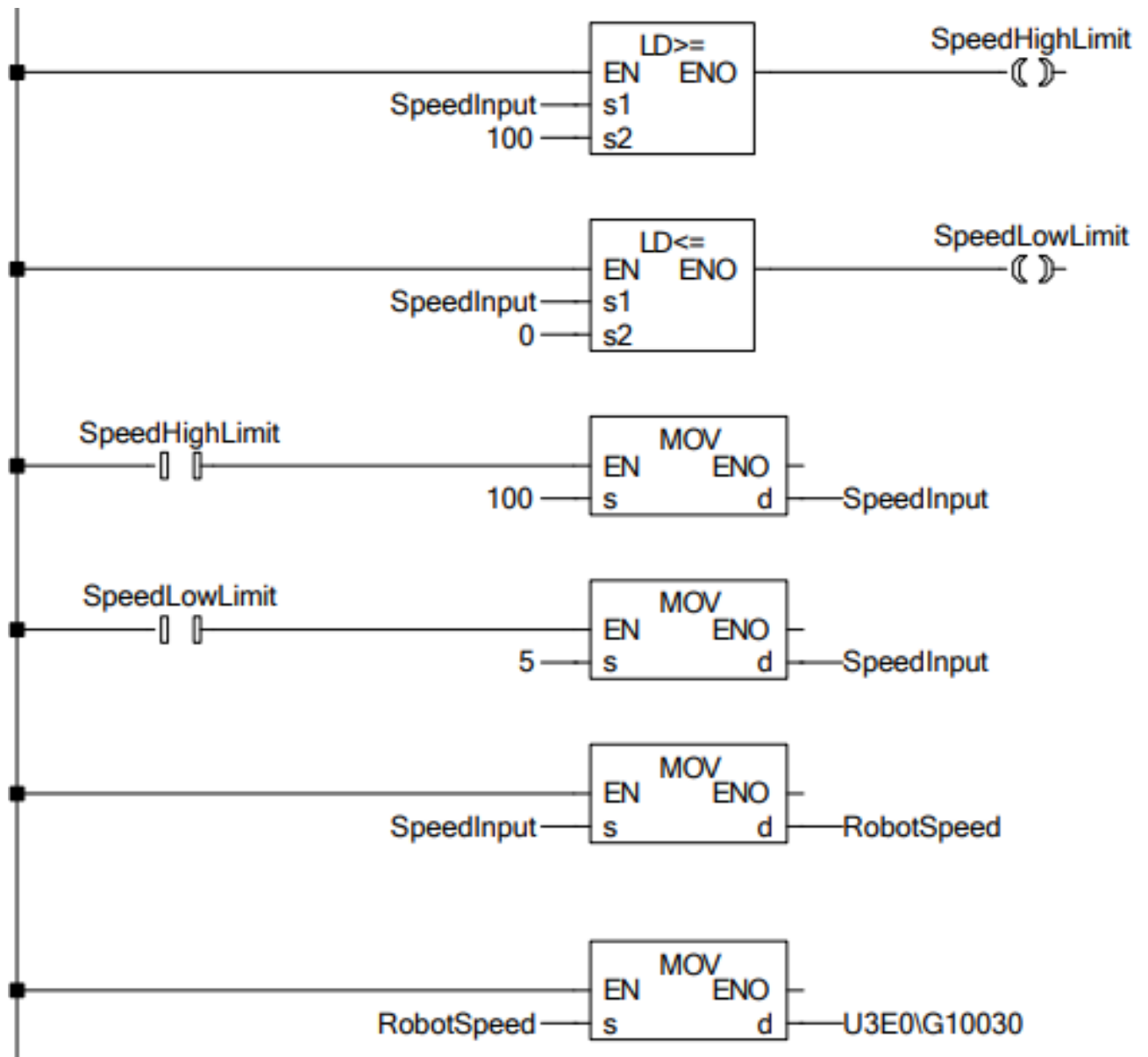
Slika 3.5 Counter ulazne i izlazne palete

Na idućoj slici je prikazan "ResetBit" koji se koristi za vraćanje countera na početnu vrijednost što omogućava ponovno pokretanje programa.



Slika 3.6 ResetBit

Kontrolu brzine robota ostvarili smo kroz HMI aplikaciju koristeći input field za unos željene brzine koja se zatim pohranjuje u varijablu "SpeedInput". Zbog sigurnosti rada primjenili smo ograničenja na način da ako korisnik unese brzinu veću od 100%, PLC će automatski postaviti maksimalnu dopuštenu brzinu od 100%, a u slučaju unosa negativne brzine, PLC će umjesto zaustavljanja robota postaviti brzinu na 5% osiguravajući tako kretanje robota minimalnom brzinom.



Slika 3.7 Kontrola brzine robota pomoću PLC-a

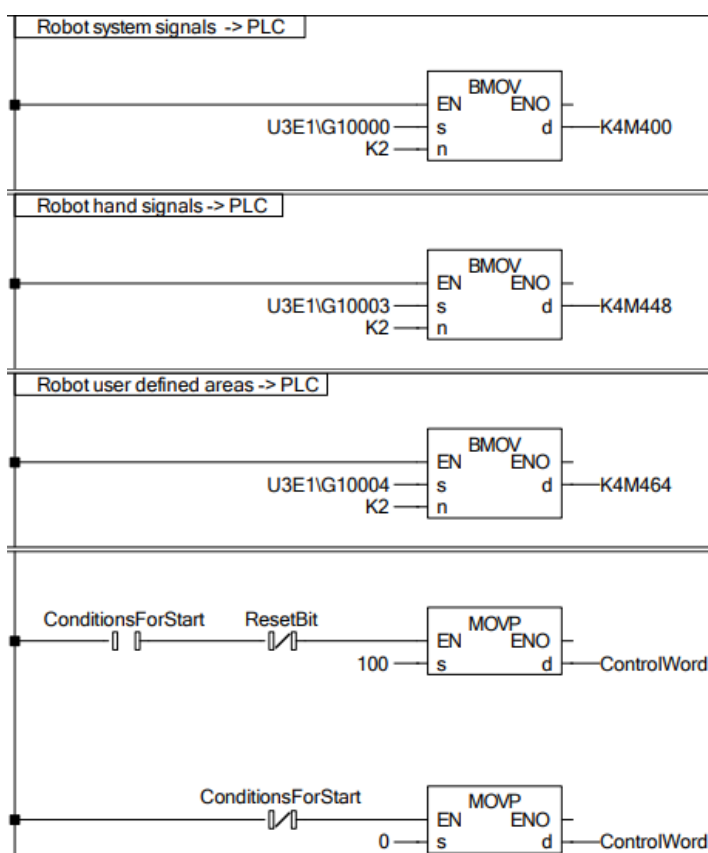
Na kraju vidimo kako se vrijednost brzine prebacuje s PLC-a na robot modul. Blok "G10030" je kodna riječ od 16 bita koju će robot morati primiti sa prije spomenutom komandom M\_In i to na memorijskoj lokaciji uvećanom 16 puta u odnosu na blok iz PLC-a (30x16=480) kao sto vidimo na slici.

```
robotSpeed=M_Inw(10480) 'Robot speed
Ovrd robotSpeed
```

Slika 3.8 Primanje vrijednosti za brzinu na robot strani

### KOMUNIKACIJA PLC-A SA ROBOTOM I HMI

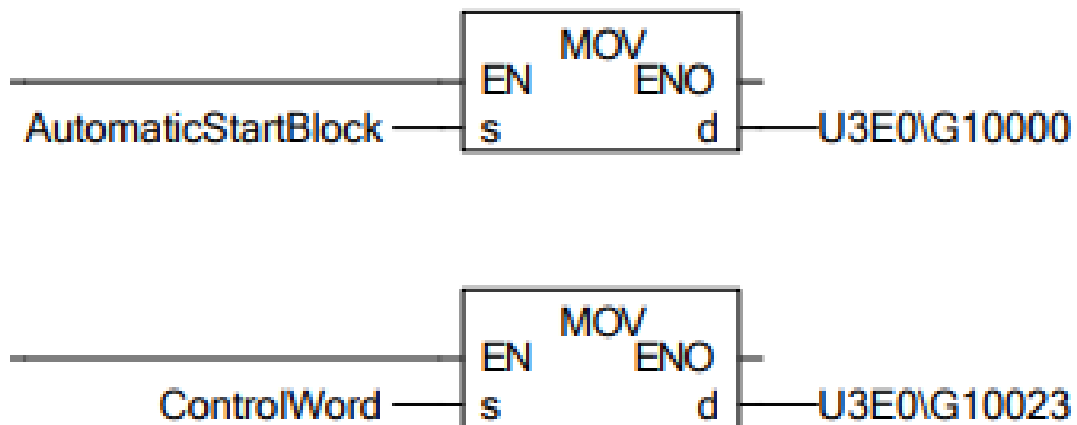
S obzirom da robotski signali imaju samo stanje logičke nule ili jedinice, a spremljeni su u blokove od 16 bita pri čemu svaki bit ima svoj signal, koristi se naredba "BMOV" koja je vidljiva na slici 3.9. Naredba funkcionira tako da prebacuje podatke sa željene adrese robota na željeni slijed bitskih adresa na PLC-u. Oznaka "U3E1\G10000" označava blok "G10000" na robotskom modulu koji u sebi sadrži 16 bitova. Na istoj slici su prikaznije dvije linije koda koje ručnom aktivacijom na HMI sučelju postavljaju programske parametre na početne vrijednosti kako bi se program mogao ponovno pokrenuti.



Slika 3.9 Naredba BMOV

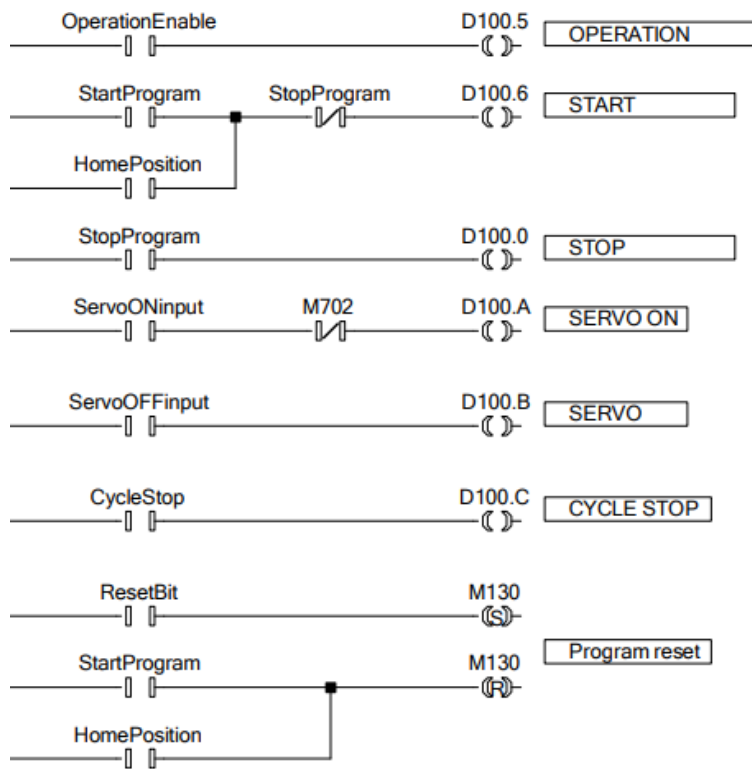
Kontroliranje robota pomoću HMI sučelja ostvareno je na način da preko PLC-ovih signala aktiviramo određene bitove koje robot prepoznaje kao ulazne signale.

U našem slučaju blok "G10000" je 16 bitna riječ. Kao primjer koristit ćemo deseti bit za aktivaciju servo motora. U tu svrhu zadana je varijabla "AutomaticStartBlock" tipa word koju vidimo na slici 3.10.



Slika 3.10 Slanje konačnih vrijednosti na robot modul

U ovom primjeru aktivacijom petog i desetog bita preko PLC-a ili HMI sučelja se ti bitovi postavljaju u logičku jedinicu. Idućim korakom prikazanim na slici 3.11 se kodna riječ šalje na robot modul koju on prepoznaje kao ulazni signal potom daje robotu pravo operacije rada te pali servo motore. Krajnji je korak slanje kontrolne riječi koja je poprimila vrijednost.



Slika 3.11 Ulazni signali robota

## HMI

Human-machine interface (HMI) je ključan alat u interakciji između čovjeka i stroja. HMI obuhvaća hardver i softver za pretvorbu korisničkih signala u rezultate stroja. Primjenjuje se u različitim industrijama poput elektronike, zabave, vojske, medicine olakšavajući integraciju u složene tehnološke sustave. HMI omogućuje razmjenu informacija putem vida, zvuka, topline i drugih načina.

HMI ubrzava usvajanje vještina primjerice za obrazovne i rekreacijske svrhe. Zaslone osjetljivi na dodir su primjer HMI-a. HMI tehnologija koristi se i za pristup internetu te unos podataka na elektroničkim uređajima.

U našem projektu koristili smo HMI prikazan na računalu koristeći softver GT SoftGOT2000. Ovaj softver služi za prikaz svjetala, podataka ili poruka na osobnim računalima. Kako bismo razumijeli GT SoftGOT2000 koristili smo njegov priručnik.

GT Designer3 je program za uređivanje HMI-a koji pruža mnoge mogućnosti za dizajniranje konačnog izgleda našeg HMI-a. S njim smo stvorili pregledan zaslon za nadzor koji podržava osobno računalo. Bitno je stvoriti jasan zaslon kako bismo olakšali učinkovito upravljanje. GT SoftGOT2000 koristi podatke s ekrana stvorenog putem programa GT Designer3.

## HMI KORISNIČKO SUČELJE

Korištenjem HMI-a i softvera GT Designer možemo prikazivati trenutno stanje robota. Cilj je bio da se na HMI sučelju može prikazati trenutno stanje našeg robota dok izvršava određenu radnju.

Tijekom rada robota na HMI sučelju se nalaze programirane statusne lampice kao na slici 4.1 koje prikazuje trenutno stanje robota odnosno operaciju koja je u tijeku. Kao primjer imamo "Servo OFF" lampicu koja prilikom upaljenog servo motora robota promijeni stanje u logičku jedinicu, upali se te promijeni naziv u "Servo ON". Ista se logika primjenjuje za ostatak statusnih lampica tako "HOME POSITION" lampica gori zeleno kada je robot u home poziciji te "START CONDITION" lampica mijenja boju iz crvene u zelenu kada su zadovoljeni svi uvjeti za početak rada iz prije spomenuti glavne linije našeg PLC programa.

Na slici se uz lampice nalaze virtualna tipkala koja se koriste za upravljanje robotom. Prije pokretanja samog programa nužno je da korisnik stisne tipkalo "OPERATION ENABLE" koje robotu omogućuje prava za rad. Nakon toga se uključuju servo motori pritiskom na tipkalo "TURN ON SERVO" te na kraju uz provjeru prostora u radnom prostoru robota pritiskom na tipkalo "START PROGRAM" pokrećemo program i robot kreće sa radom.

Budući da je "MAIN" program podijeljen u tri zasebna i neovisna podprograma moguće je zaustaviti robota u bilo kojem "ciklusu" programa, odnosno zaustaviti robota nakon što uzme komad s izlazne palete i podigne ga iznad u poziciju gdje završava "PICK" program.



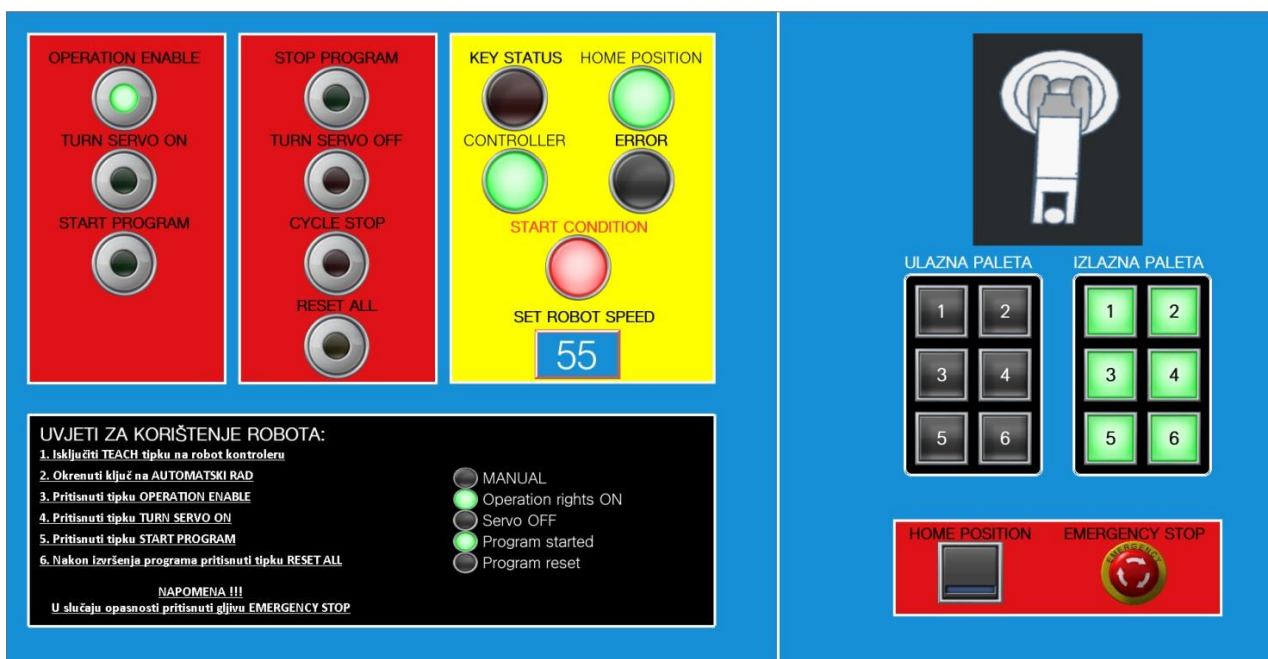
Time zaustavljamo robota nakon izvršenog ciklusa, a to radimo pritiskom na tipku "CYCLE STOP"

Za razliku od "CYCLE STOP" imamo i tipkala "STOP PROGRAM" i "EMERGENCY STOP" čijim se pritiskom robot zaustavlja trenutno u poziciji u kojoj se nalazi ne ovisno da li je završio "ciklus" ili ne.

Od tipkala tu se još nalaze "RESET ALL" i "HOME POSITION". Prvo tipkalo se koristi kada robot uspješno prebaci sve komade sa ulazne na izlaznu paletu. Time vraćamo vrijednost brojača i poziciju robota na predefinirane brojke. Komade zatim ručno vratimo na ulaznu paletu te je s time naš robot spreman za novo obavljanje programa. Drugo tipkalo se koristi kako bi robota prekinuli u trenutnoj radnji te ga prisilili na povratak u "HOME" poziciju.

Na slici 4.1 još možemo primjetiti sliku samog robota koja se prije početka programa nalazi u home poziciji, a tijekom izvršavanja programa ide lijevo – desno te na taj način signalizira što robot trenutno radi te u kakvom je položaju. Uz to se još nalaze i dvije palete (ulazna i izlazna) svaka sa 6 komada. Kada robot uzme jedan komad s ulazne palete taj komad promjeni boju iz zelene u sivu te na taj način signalizira da se komad više ne nalazi tu, a kada robot spusti komad na izlaznu paletu taj komad dobije zelenu boju signalizirajući da je komad na toj poziciji.

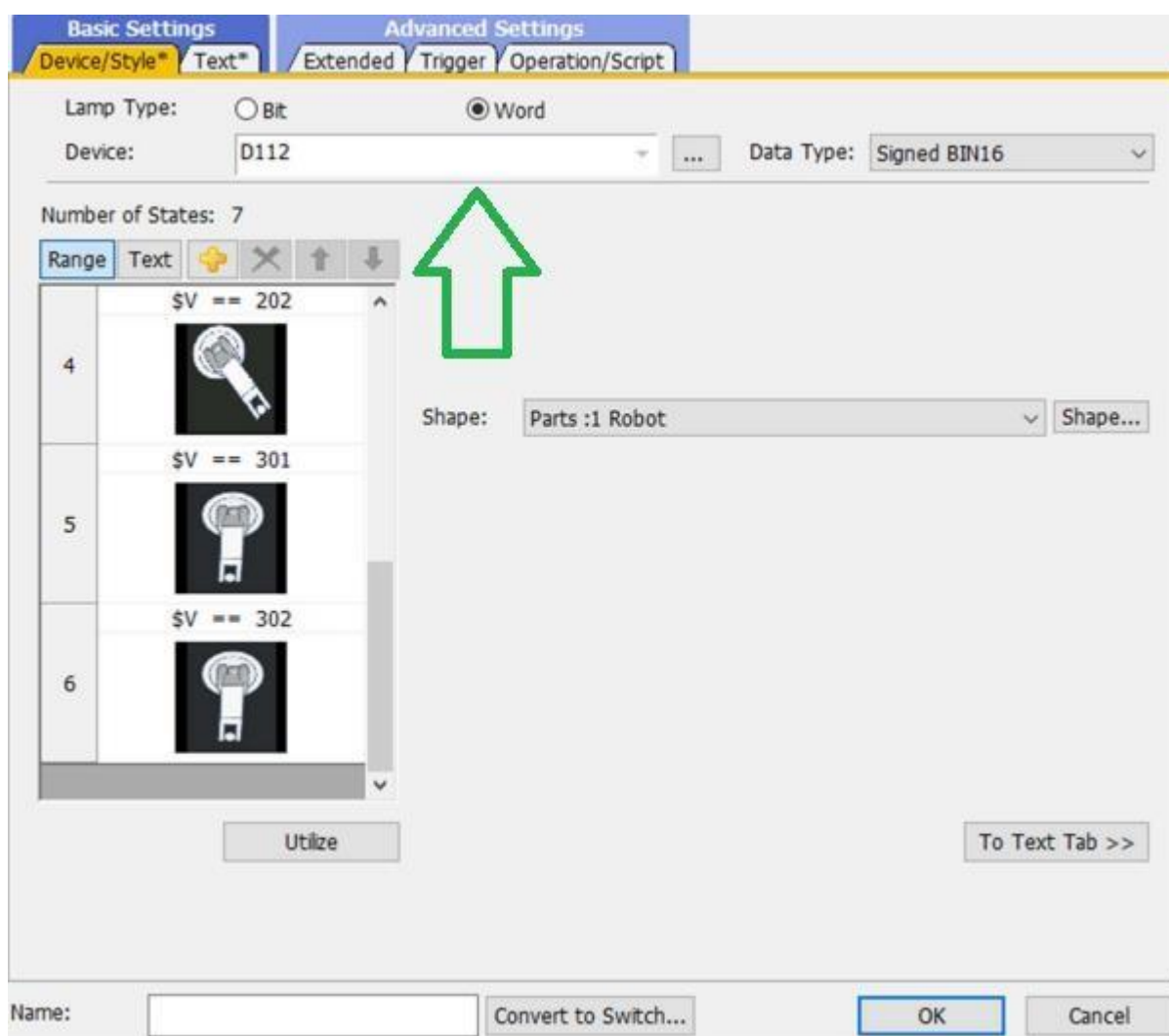
Te na kraju najnaprednija stavka koju smo napravili je kontrola same brzine robota tijekom izvršenja programa putem "INPUT FIELD-A" u koji upišemo željenu brzinu u postotcima, a robot će zatim nakon izvršenja podprograma kojeg trenutno radi promijeniti brzinu u onu koju smo mi upisali u to polje.



Slika 4.1 HMI sučelje

## POVEZIVANJE HMI-A S PLC-OM

HMI se s PLC-om povezuje na razne načine, a to sve zavisi od proizvađača. Na primjer, kod siemensa moramo izraditi posebnu tablicu HMI tagova te ih pridružiti sa odgovarajućim tagovima iz PLC programa. Kada radimo sučelje tipkama i lampicama pridružujemo te odgovarajuće HMI tagove, a oni će u PLC programu aktivirati onaj tag koji mu je pridružen. Naravno da se prije toga treba napraviti hardverska konfiguracija u kojoj povezujemo ta dva uređaja (bio HMI softverski ili fizički moramo napraviti hardversku konfiguraciju). U našem slučaju kod Mitshubishija je to bilo dosta jednostavnije napravljeno i nije bilo potrebno praviti nikakve tablice već samo pridružiti tag iz PLC programa na objekt (tipka,lampica...) koji će upravljati tim tagom. Na slici 4.2 je prikazano na koji se to način obavlja.



Slika 4.2 Pridruživanje PLC taga HMI objektu

## ZAKLJUČAK

Današnji način života neizostavno uključuje robote, prisutne posvuda koji olakšavaju različite aspekte svakodnevnog života. Razvoj robotike neprestano napreduje s nevjerojatno velikim potencijalom.

Industrijski roboti imaju ključnu ulogu čineći poslovanje gotovo neizvedivim bez njih. Rastuće globalno tržište dodatno potiče kompanije da se pridruže tom trendu kako bi se što bolje pozicionirale. Povećana zastupljenost industrijskih robota posljedica je rasta globalnog tržišta pružajući brzu, preciznu i visokokvalitetnu izvedbu poslovnih procesa. Ovaj trend omogućava poslodavcima konkuriranje na tržištu.

PLC uređaji predstavljaju "mozak" operacija povezujući robote s strojevima, sustavima ili uređajima. Gotovo sve industrijske organizacije koriste ovu tehnologiju za optimizaciju procesa i interakciju sa strojevima. PLC uređaji pretvaraju korsničke signale u željeni rezultat pružajući potrebnu funkcionalnost.

Upotrebom GX Works2 softvera razvijen je PLC program kako bi smanjili opterećenje na procesnu snagu robota omogućujući učinkovit rad robotske ruke. Softver GT Designer3 koristi se za dizajniranje HMI sučelja. Korištenjem softvera GT SoftGOT2000 ostvarenja je povezanost između PLC uređaja, HMI dizajna i robota omogućujući korisnicima upravljanje robotima putem računala.

Koristeći navedene softvere moguće je stvoriti HMI sučelje s izvrsnim rezultatima. Programiranje HMI sučelja je vrlo jednostavno te uz malo znanja i minimalnog programerskog rada omogućuje velike pogodnosti te olakšava rad korisnicima.

Precizno određivanje položaja robota putem PLC signala i HMI uređaja pruža učinkovit način unapređenja poslovanja. Ova opcija olakšava radnicima praćenje procesa rada u pogonu na lak i efikasan način.

Kako bismo se uspješno nosili s izazovima modernog doba nužno je kontinuirano istraživati i razvijati sektor robotike. PLC automatizacija zajedno s HMI sučeljem posjeduje neograničen potencijal, osiguravajući konkurentsku prednost u ovom dinamičnom okruženju.

## LITERATURA

- Mitsubishi Electric: RV-2F Series, Instruction Manual, Japan, 2015. godina.
- Mitsubishi Electric: GT SoftGOT2000 Version1, Operating Manual, Japan, 2019. godina.
- Mitsubishi Electric: GT Designer3 Version1, Screen Design Manual, Japan 2020. godina.
- Mitsubishi Electric: Q-series basic course (for GX Works2), training manual, Japan 2012. godina.

## **POPIS SLIKA**

Slika 2.1 Mitsubishi robot

Slika 2.2 Robot kontroler

Slika 2.3 PLC

Slika 2.4 Gripper na robotu u laboratoriju

Slika 2.5 Pneumatski sustav

Slika 2.6 Kamera u laboratoriju

Slika 2.7 TeachBox

Slika 2.8 Postupak pokretanja robota pomoću TB-a

Slika 2.9 Primjer komunikacije robota i PLC-a

Slika 3.1 Glavna linija PLC programa

Slika 3.2 Pokretanje pick programa

Slika 3.3 Upravljanje robot programima pomoću PLC-a

Slika 3.4 Signali grippera i područja za rad

Slika 3.5 Counter ulazne i izlazne palete

Slika 3.6 ResetBit

Slika 3.7 Kontrola brzine robota pomoću PLC-a

Slika 3.8 Primanje vrijednosti za brzinu na robot srani

Slika 3.9 Naredba BMOV

Slika 3.10 Slanje konačnih vrijednosti na robot modul

Slika 3.11 Ulazni signali robota

Slika 4.1 HMI sučelje

Slika 4.2 Pridruživanje PLC taga HMI objektu

## **POPIS TABLICA**

Tablica 2.1 Tehničke karakteristike robota

Tablica 2.2 Osnovne naredbe robota

## PRILOG

U glavnom programu "Main" se višekratno upotrebljava funkcija "Case" za izvođenje određenog podprograma. U prilogu je prikazan tok razmjene informacija, ako se na primjer gleda podprogram "Pick", koristi se "Case 100" za pozivanje istog. U ovom "Case 100" segmentu nalazi se linija koda "CallP "PICK", M1" kojom se poziva podprogram "Pick" te se šalje varijabla "M1" kao ulazna paleta. Na početku podprograma šalje se vrijednost "101" PLC-u kako bi se označio početak rada, nakon čega se izvršavaju naredbe podprograma. Robot uzima predmet sa ulazne palete, pri čemu PLC također šalje vrijednost "101" na HMI radi promjene brojača ulazne palete te gašenja lampice na toj paleti kao vizualnog pokazatelja uzimanja predmeta sa tog mjesta na paleti. Po završetku izvođenja podprograma "Pick", šalje se vrijednost "102" PLC-u kako bi se potvrdio završetak rada podprograma.

