

Integracija robota ABB IRB120 i uređaja upravljanog Siemens S7-1200 PLC-om

Sivec-Starinec, Patrik

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:122:976449>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-24**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 029/MEH/2024

**Integracija ABB IRB120 robota s uređajem upravljanim
Siemens S7-1200 PLC-om**

Patrik Sivec-Starinec, 0336053241

Varaždin, lipanj 2024. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za mehatroniku

STUDIJ preddiplomski stručni studij Mehatronika

PRISTUPNIK Patrik Sivec Starinec

JMBAG 0336053241

DATUM 30.08.2024.

KOLEGIJ Robotika

NASLOV RADA Integracija robota ABB IRB120 i uređaja upravljanog Siemens S7-1200 PLC-om

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Integration of an ABB IRB120 robot with a device controlled by a Siemens S7-1200 PLC

MENTOR Zoran Busija, dipl. ing. stroj.

ZVANJE predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA

- Siniša Švogor, mag.ing.mech, predavač
- prof. dr. sc. Ante Čikić
- Zoran Busija, dipl.ing.stroj, predavač
- Josip Srpak, dipl.ing.el, viši predavač
-

VZ
KC

MMI

Zadatak završnog rada

BROJ 029/MEH/2024

OPIS

U završnom radu potrebno je:

- izmjeriti i oblikovati dijelove i sklop uređaja pomoću 3D CAD programa
- dijelove uvesti u RobotStudio i izraditi mehanizam
- napraviti simulaciju rada kompletnog sustava
- razraditi elektro sheme elektro-ormara i specificirati potrebne dijelove
- spojiti sve elemente i testirati rad sustava

Ključne riječi: 3D oblikovanje, RobotStudio, IRC5, S7-1200, digitalna komunikacija

ZADATAK URUČEN

05.09.2024.



POTPIS MENTORA

Busija Zoran



Sveučilište Sjever

Odjel za Mehatroniku

Završni rad br. 029/MEH/2024

Integracija ABB IRB120 robota s uređajem upravljanim Siemens S7-1200 PLC-om

Student

Patrik Sivec-Starinec, 0336053241

Mentor

Zoran Busija, dipl.ing.stroj.

Varaždin, lipanj 2024 godine

Predgovor

Prije nego što se posvetim obradi odabrane teme, želio bih izraziti svoju duboku zahvalnost Zoranu Busiji dipl.ing. za predloženu temu i neprekidnu podršku tijekom pripreme i izrade ovog završnog rada.

Posebnu zahvalnost dugujem svojoj obitelji koja mi je omogućila studiranje i pružala stalnu podršku.

Također, zahvaljujem Sveučilištu Sjever na pruženom znanju, kao i svim profesorima koji su uvijek bili dostupni i spremni pomoći.

Sažetak

U ovom završnom radu opisuje se proces stvaranja računalnog okruženja za ABB IRB120 robota i Siemens S7-1200 PLC, kao i njihovo fizičko spajanje i komunikacija. Rad se sastoji od dva ključna dijela: računalnog i fizičkog.

U računalnom dijelu, prvi korak je bio fizički izmjeriti stol s PLC-om i pokretnom pločom. Nakon toga, stol je dizajniran u SolidWorks-u, a zatim integriran u RobotStudio gdje je definiran kao mehanizam, te je napravljena simulacija.

Fizički dio rada uključivao je izradu sheme spajanja kontrolera robota i PLC-a, odabir potrebnih komponenti, te postavljanje tih komponenti u razvodni ormar, te kraju, sve komponente ožičiti.

Ovaj rad predstavlja sveobuhvatni pristup integraciji robota i PLC-a, kombinirajući računalno modeliranje i fizičko spajanje kako bi se postigla učinkovita komunikacija i kontrola sustava.

KLJUČNE RIJEČI: PLC, robot, ABB IRB120, ABB IRC5 Compact, industrijska komunikacija

Summary

This thesis describes the process of creating a digital environment for the ABB IRB120 robot and Siemens S7-1200 PLC, as well as their physical connection and communication. The work consists of two key parts: digital and physical.

In the digital part, the first step was to physically measure the table with the PLC and the movable plate. After that, the table was designed in SolidWorks and then integrated into RobotStudio, where it was defined as a mechanism and a simulation was made.

The physical part of the work involved creating a wiring diagram for the robot controller and PLC, selecting the necessary components, placing those components in the control cabinet, and finally wiring all the components.

This thesis presents a comprehensive approach to the integration of robots and PLCs, combining digital modeling and physical connection to achieve efficient communication and system control.

KEY WORDS: PLC, robot, ABB IRB120, ABB IRC5 Compact, industrial communication

Popis korištenih kratica

PLC *engl. Programmable logic controller* - programabilni logički kontroler

HMI *engl. Human-machine interface* - sučelje čovjek-stroj

DC Istosmjerna struja

V Volt

Cat5e Category 5 Enhanced

RJ45 Registered Jack 45

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Računalni dio	2
2.1.	Uređaj upravljan Siemens S7-1200 PLC-om	2
2.2.	Mjerenje uređaja upravljanog PLC-om.....	4
2.3.	Dizajn uređaja u SolidWorks-u	5
2.4.	Implementacija stola u RobotStudio kao mehanizam	5
2.5.	Simulacija rada računalnog modela	9
3.	Praktični dio	13
3.1.	Način komunikacije.....	13
3.1.1.	<i>Digitalni ulazi i izlazi (I/O komunikacija)</i>	13
3.1.2.	<i>Protokoli industrijske mreže</i>	13
3.1.3.	<i>OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture)</i>	13
3.1.4.	<i>Korištenje releja za izolaciju</i>	14
3.2.	Izrada sheme spajanja robot kontrolera i PLC-a	15
3.2.1.	<i>Plan komunikacijskih veza</i>	15
3.2.2.	<i>Izrada sheme</i>	16
3.2.3.	<i>Analiza i definiranje ulaza i izlaza</i>	17
3.2.1.	<i>Shema spajanja ulaza i izlaza</i>	18
3.3.	Odabir komponenti.....	19
3.4.	Postavljanje komponenti u razvodni ormar.....	20
3.5.	Ožičenje razvodnog ormara	20
3.6.	Testiranje	23
4.	Zaključak.....	25
5.	Literatura.....	27

1. Uvod

Industrijska automatizacija značajno je unaprijedila suvremene proizvodne procese, povećavajući njihovu učinkovitost, preciznost i sigurnost. Kroz automatizaciju, repetitivni zadaci se obavljaju s većom ponovljivosti i brzinom, smanjujući mogućnost ljudske pogreške i povećavajući ukupnu produktivnost. Automatizirani sustavi omogućuju bolju kontrolu nad procesima, što rezultira optimalnom upotrebom resursa, smanjenjem otpada i poboljšanjem kvalitete krajnjih proizvoda.

Unutar tog područja, integracija robota i programabilnih logičkih kontrolera (PLC-a) predstavlja temelj za poboljšanje kontrole i fleksibilnosti industrijskih operacija. Roboti su sposobni obavljati složene zadatke koji zahtijevaju preciznost i ponovljivost, dok PLC-i pružaju mogućnost prilagodbe i upravljanja različitim operacijama unutar proizvodnog ciklusa. Sinergija između robota i PLC-a omogućuje stvaranje fleksibilnih proizvodnih sustava koji se mogu brzo prilagoditi promjenjivim zahtjevima tržišta i specifičnim potrebama proizvodnje.

Primjena ovih tehnologija omogućuje kontinuirano praćenje i optimizaciju proizvodnih procesa, što rezultira poboljšanjem operativne učinkovitosti i smanjenjem troškova. Integracija također podržava implementaciju naprednih strategija upravljanja, poput prediktivnog održavanja i automatiziranog upravljanja kvalitetom, što dodatno povećava vrijednost i pouzdanost automatiziranih sustava.

ABB roboti i Siemens PLC-ovi koriste se kao ključne komponente u mnogim automatiziranim sustavima zbog svoje pouzdanosti i mogućnosti prilagodbe raznim proizvodnim zahtjevima. Međutim, za postizanje optimalne performanse i koherentne integracije ovih komponenti potrebno je pažljivo planiranje i implementacija.

Ovaj završni rad ima za cilj istražiti i demonstrirati proces integracije ABB IRB120 robota i Siemens S7-1200 PLC-a, kroz razvoj računalnog okruženja i fizičko spajanje. Projekt obuhvaća korake od početne koncepcije i dizajna do konačne implementacije i testiranja, pružajući sveobuhvatni pristup koji kombinira teorijska znanja s praktičnim vještinama.

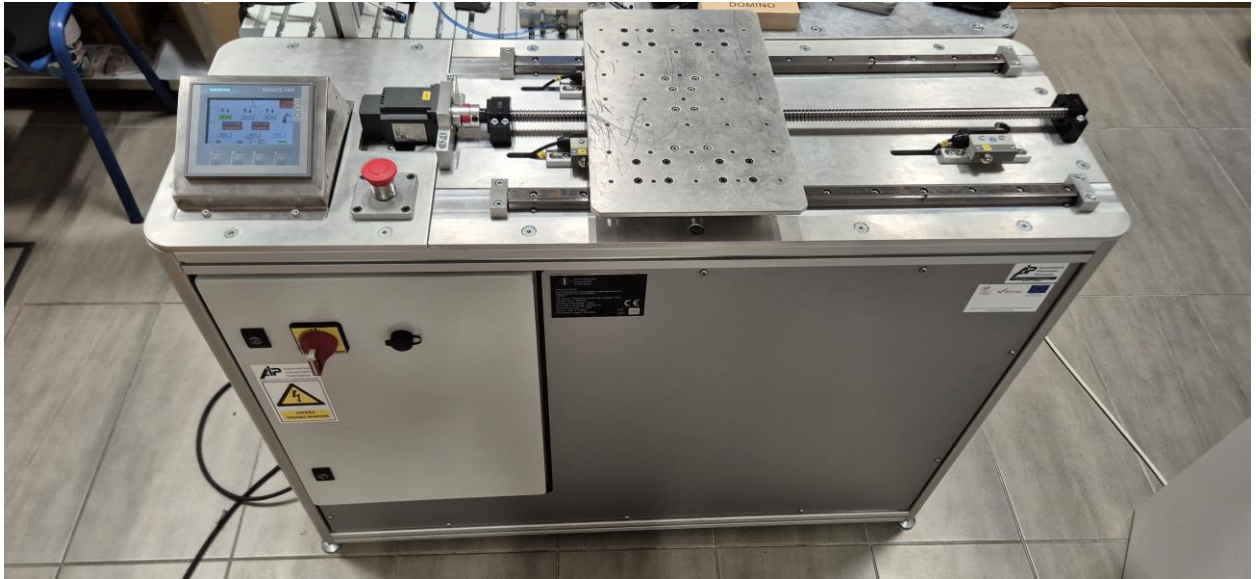
U konačnici, ovaj rad doprinosi boljem razumijevanju integracije robota i PLC-a u industrijskim okruženjima, te služi kao vodič za buduće projekte koji zahtijevaju sličnu automatizaciju i optimizaciju proizvodnih procesa.

2. Računalni dio

Računalni dio ovog završnog rada usredotočen je na stvaranje preciznog virtualnog modela proizvodnog okruženja koristeći napredne CAD i simulacijske programe.

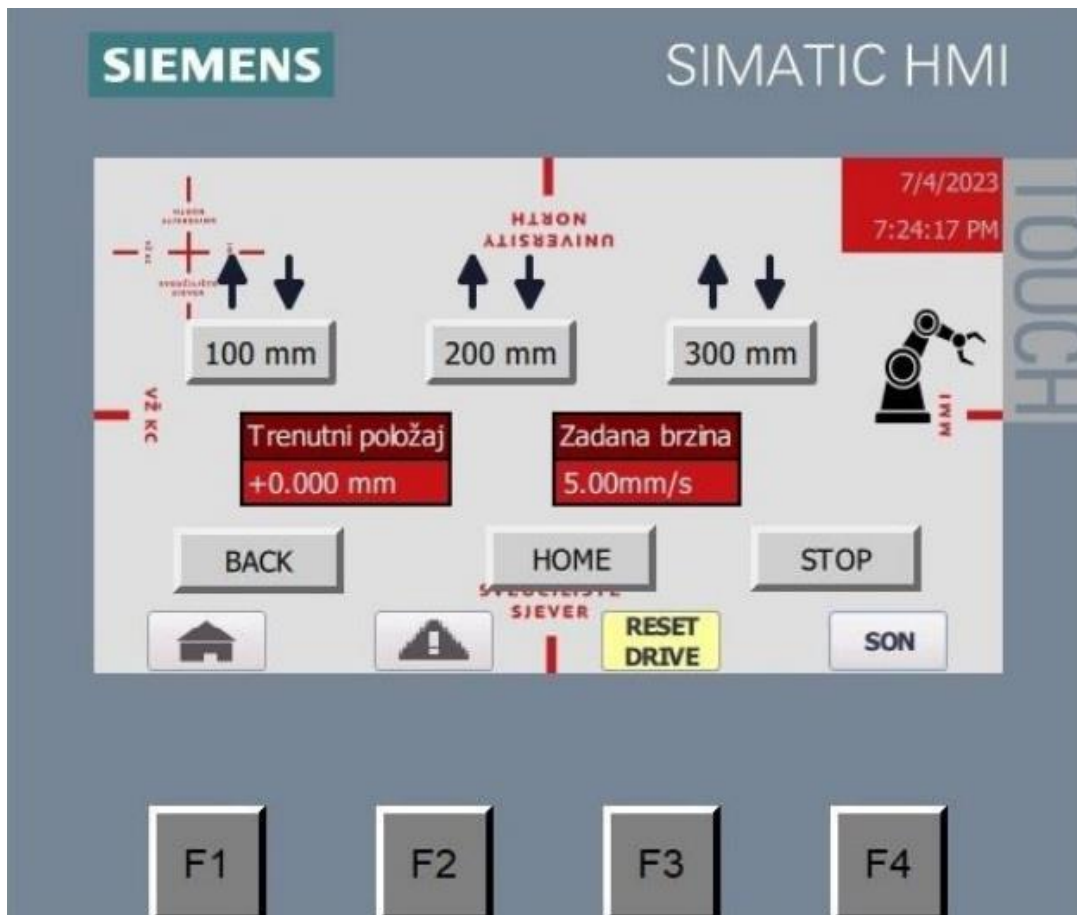
2.1. Uređaj upravljan Siemens S7-1200 PLC-om

Uređaj je opremljen radnim stolom s pokretnom plohom, kojom upravlja Siemens S7-1200 PLC (Slika 2.1). Plohu pokreće stepper motor, omogućujući precizno pozicioniranje.



Slika 2.1 Uređaj upravljan Siemens S7-1200 PLC-om

Na radnom stolu nalazi se HMI (*Human-Machine Interface*), na kojem je kolega Patrik Dvorski u završnom radu „Programiranje vanjske osi robota“ napravio je sučelje pomoću kojeg možemo jednostavno upravljati ovim uređajem (Slika 2.2). Sučelje omogućava korisniku jednostavno odabiranje različitih položaja i pokretanje sustava, čime se osigurava visoka razina kontrole nad procesima. Kada određeni dio uređaja postigne željeni položaj, sustav automatski šalje signale na definirane izlazne portove, pokrećući odgovarajuće akcije. Također, uređaj je opremljen mogućnošću primanja signala na unaprijed definirane ulazne portove, što omogućava robotu da inicira zahtjev za postavljanje uređaja u specifični položaj. Ova dvosmjerna komunikacija između robota i uređaja osigurava sinkroniziran i efikasan rad cijelog sustava.



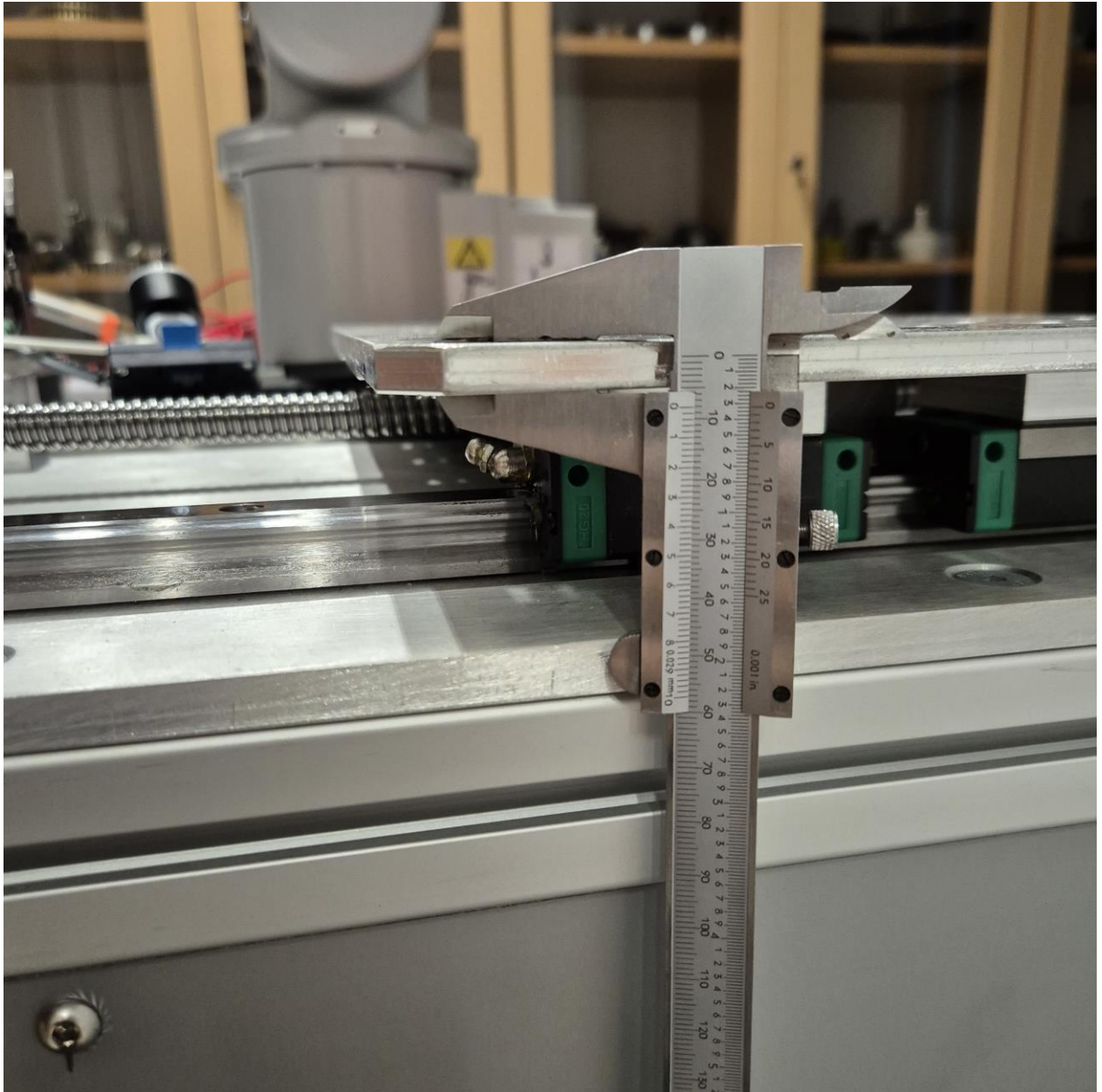
Slika 2.2 HMI sučelje [1]

Kako bi se osiguralo točno pozicioniranje, na uređaju su instalirana četiri krajnja prekidača. Ti prekidači služe za određivanje specifičnih pozicija plohe: početne pozicije, te pozicija 100 mm, 200 mm i 300 mm od početne točke. Ovi prekidači omogućuju precizno zaustavljanje plohe na željenim mjestima, što je ključno za točne i ponovljive operacije unutar sustava.

Također, moguće je dovesti plohu u određene pozicije spajanjem signala od 24V na ulaze PLC-a. Ova funkcionalnost omogućuje automatizirano pozicioniranje plohe putem eksternih signala.

2.2. Mjerenje uređaja upravljanog PLC-om

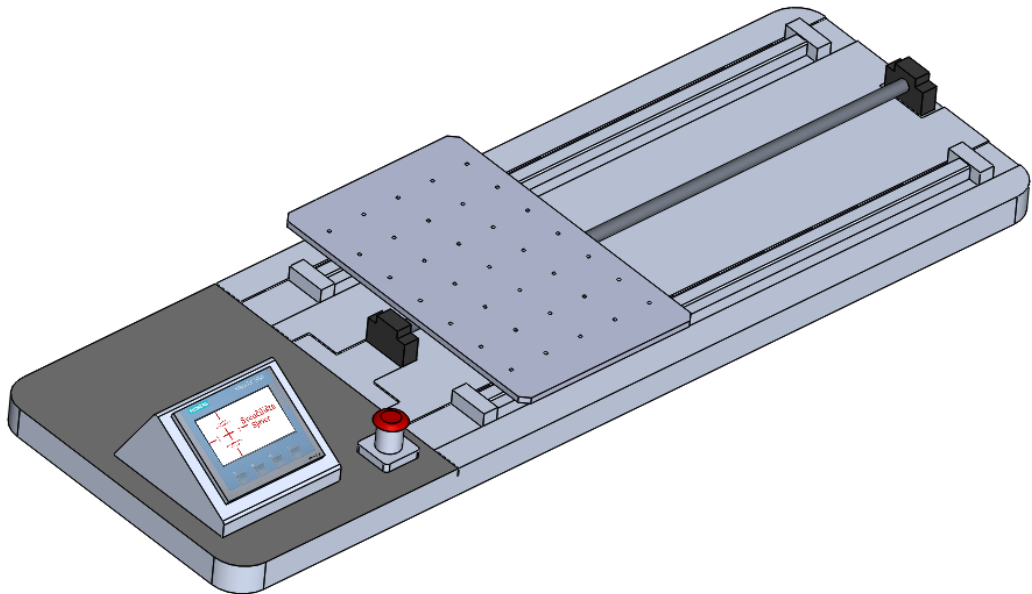
Metrom su mjerene veće dimenzije stola, kao što su dužina i širina, budući da te dimenzije nisu bile od velike važnosti, a pomično mjerilo korišteno je za preciznija mjerenja manjih dimenzija, koje su bile bitnije (Slika 2.3). Pomičnim mjerilom su izmjerene točne dimenzije pokretne ploče i specifičnih dijelova ploče poput rupa i razmaka između njih. Tijekom mjerenja posebna pažnja je bila posvećena samoj pozicije pokretne ploče budući da će robot na nju stavljat objekte.



Slika 2.3 Mjerenje uređaja upravljanog PLC-om

2.3. Dizajn uređaja u SolidWorks-u

Dizajn stola u SolidWorksu bio je podijeljen u dvije komponente: "PLC stol" i "Pokretna ploha". Prvo je kreiran računalni model točnih osnovnih dimenzija, kućište za PLC i STOP „gljivu“. Zatim je dizajnirana pokretna ploha, s naglaskom na precizne dimenzije i detalje poput rupa za montažu. Obje komponente su modelirane zasebno, a potom spojene u sklop (Slika 2.4) kako bi se osiguralo pravilno uklapanje i funkcionalnost sustava.

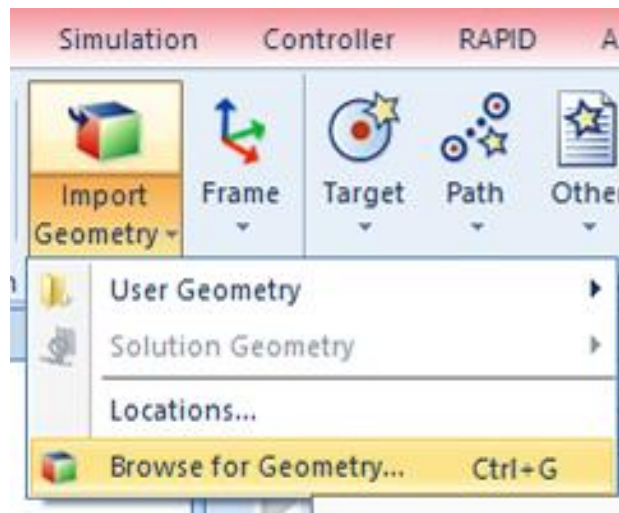


Slika 2.4 Sklop „PLC stola“ i „Pokretne plohe“ u Solidworks-u

2.4. Implementacija stola u RobotStudio kao mehanizam

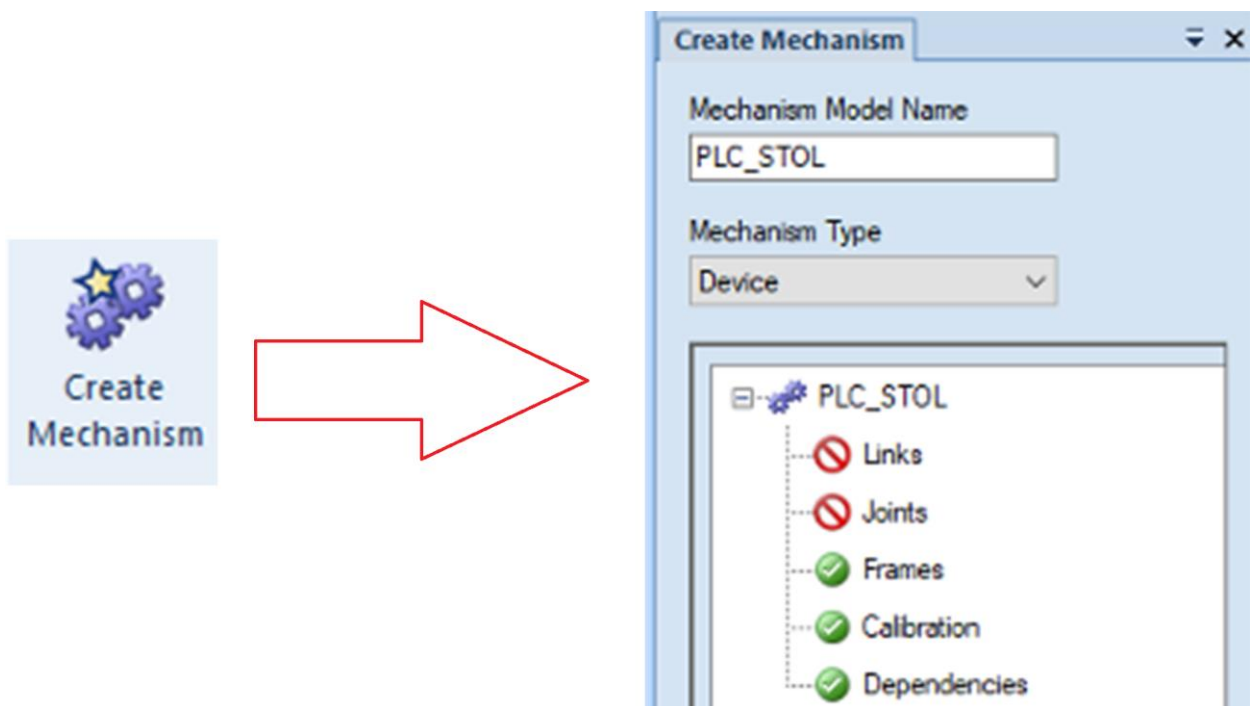
Izrada mehanizma u RobotStudio započinje pripremom 3D modela. Prvi korak je osigurati da su svi modeli u ACIS (.sat) formatu, što se postiže spremanjem modela u SolidWorks-u. Nakon što je model otvoren, potrebno je odabrati opciju „Save as“ iz izbornika „File“, te u padajućem izborniku „Save as type“ odabrati „ACIS (.sat)“ i spremiti model.

Nakon što je workspace u RobotStudio pripremljen, sljedeći korak je umetanje pripremljenih 3D modela. To se postiže pomoću opcije „Import geometry > Browse for geometry“ (Slika 2.5) ili korištenjem prečaca „CTRL + G“. Tako se modeli ubacuju u radno okruženje RobotStudija, spremni za daljnje korake.



Slika 2.5 Umetanje geometrije u RobotStudio

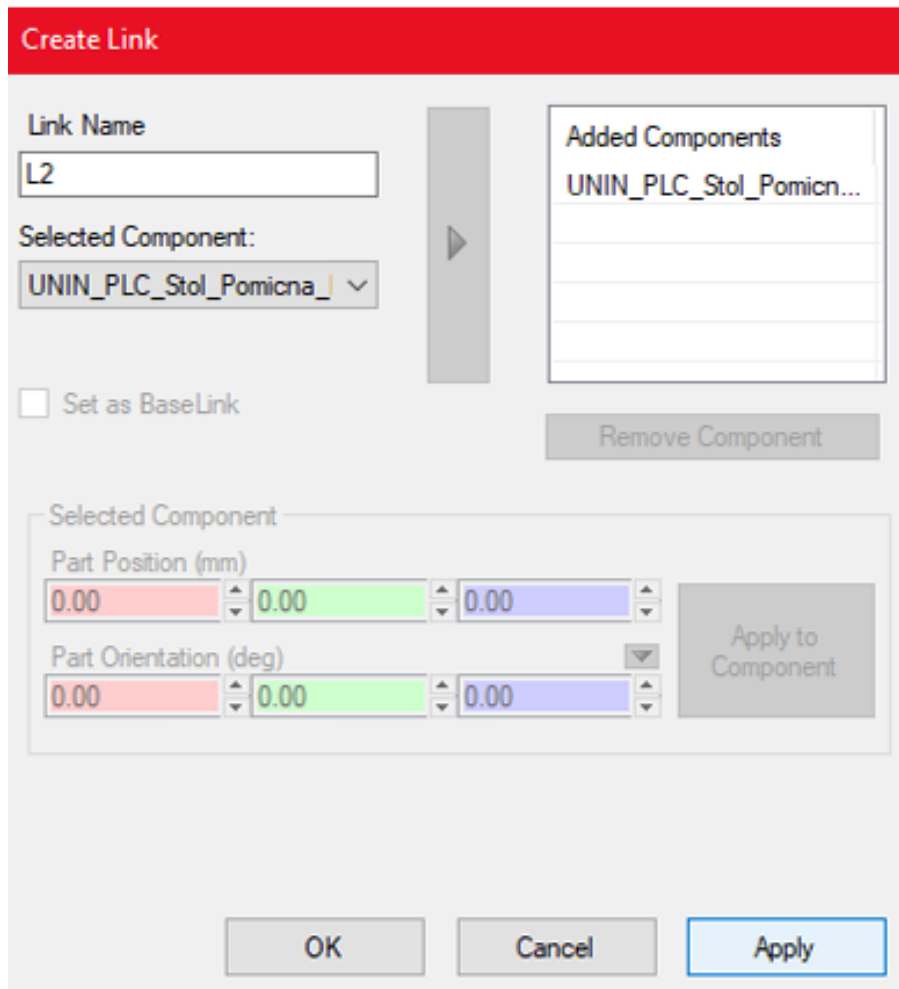
Kada su modeli umetnuti, započinje proces kreiranja mehanizma. Model koji treba biti pomičan odabire se, a zatim se iz izbornika „Modeling“ odabire opcija „Create Mechanism“. Otvara se prozor „Create Mechanism“ gdje se modelu daje ime i odabire opcija „Device“, čime se započinje s definiranjem mehanizma (Slika 2.6).



Slika 2.6 Definiranje mehanizma u RobotStudio

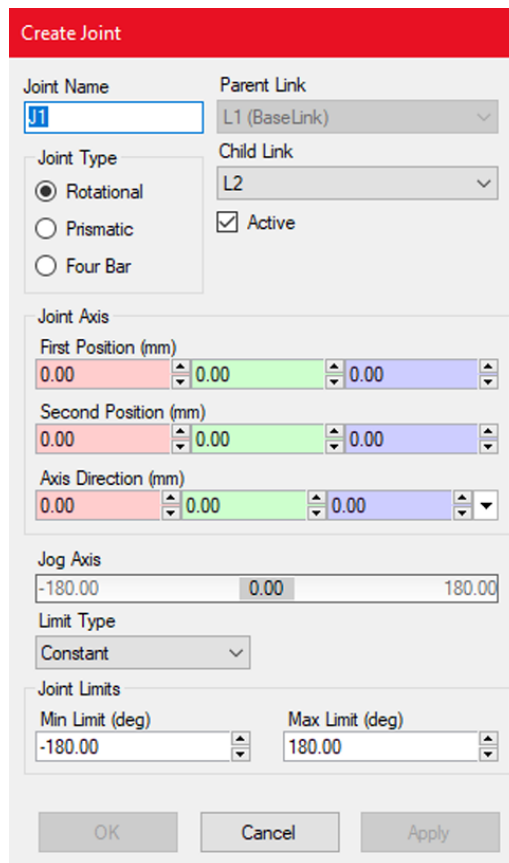
Nakon definiranja mehanizma, potrebno je postaviti veze između komponenti. Ovo se postiže duplim klikom na „Links“ čime se otvara prozor „Create Link“ (Slika 2.7). U ovom prozoru, osnovna veza se definira kao „BaseLink“, dok se pomični dio modela postavlja kao „L2“. Ovim

korakom se omogućava da ostali dijelovi modela budu povezani i pomični u odnosu na osnovnu vezu.



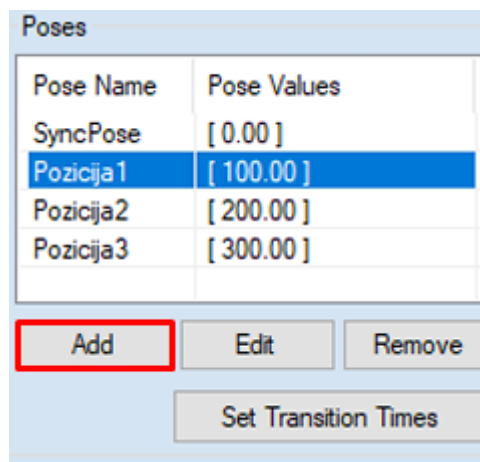
Slika 2.7 Definiranje spojeva u RobotStudiosu

Sljedeći korak je definiranje zglobova, što se postiže putem opcije „Joints“. Ovdje se daje ime spoju i odabire vrsta gibanja, bilo rotacijsko (*engl. Rotational*) ili translacijsko (*engl. Prismatic*). U prozoru „Joint Axis“ definiraju se osi gibanja, kao i minimalne i maksimalne granice gibanja, čime se osigurava pravilno funkcioniranje mehanizma (Slika 2.8).



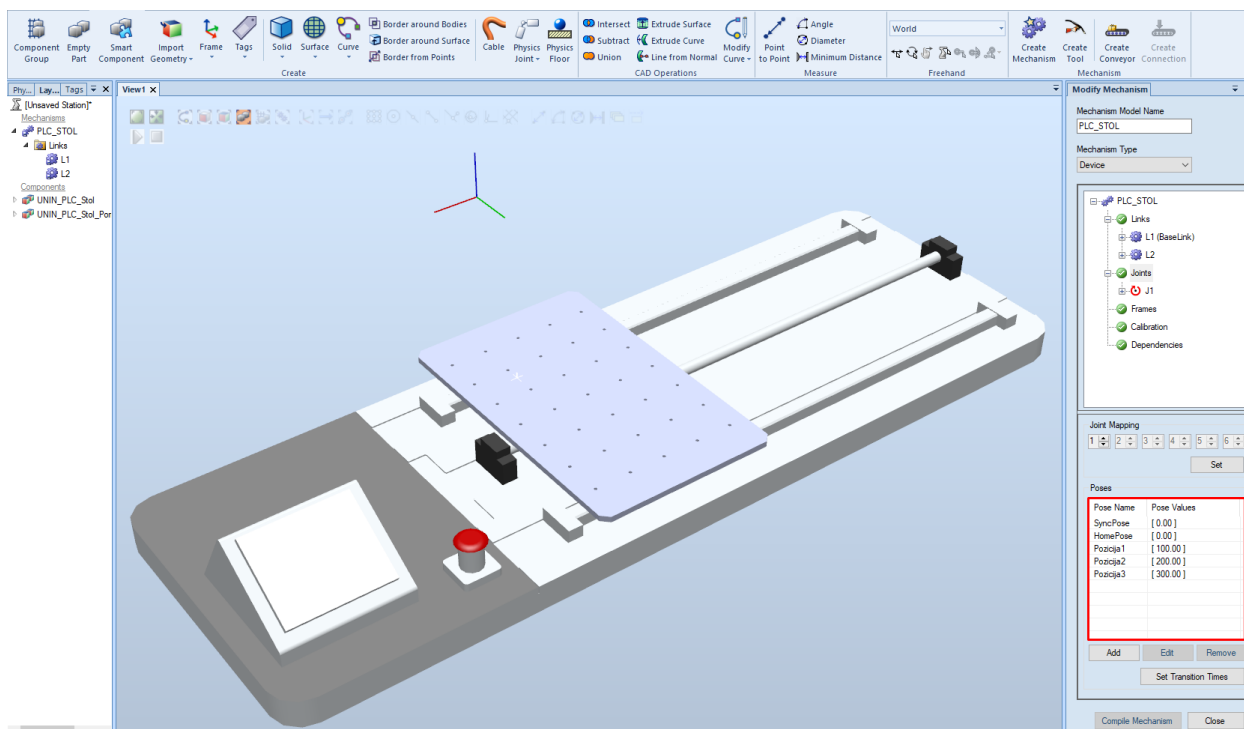
Slika 2.8 Definiranje zglobova u RobotStudiu

Kada su sve postavke definirane, potrebno je kompilirati mehanizam pomoću opcije "Compile Mechanism". Nakon kompilacije, dodaju se položaji mehanizma, poput „Pozicija1“ na 100 mm, „Pozicija2“ na 200 mm i „Pozicija3“ na 300 mm (Slika 2.9). Na kraju se podešavaju vremena prijelaza između tih položaja putem opcije „Set Transition Times“, nakon čega se mehanizam može testirati i spremi za buduću upotrebu.



Slika 2.9 Položaji definirani u RobotStudiu

Ovi koraci omogućuju kreiranje funkcionalnog mehanizma unutar RobotStudija (Slika 2.10), koji se može koristiti u različitim simulacijama i projektima.



Slika 2.10 Mehanizam u RobotStudiu s definiranim položajima

2.5. Simulacija rada računalnog modela

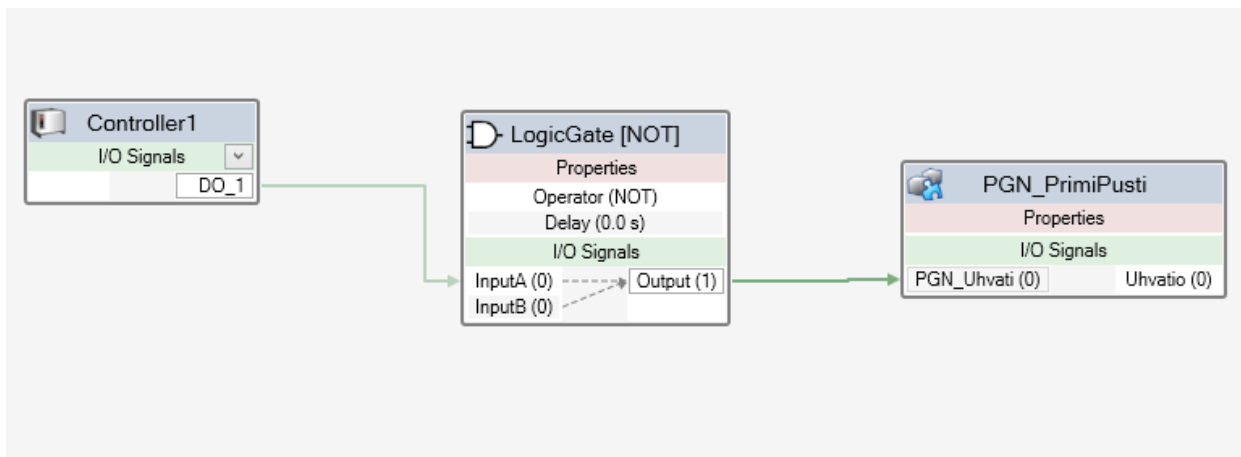
Simuliranje robota IRB120 u RobotStudio obuhvaćalo je nekoliko ključnih koraka kako bi se osigurao ispravan rad sustava. Prvo su u RobotStudio uneseni potrebni modeli, mehanizmi i alati koji su se koristili u simulaciji. Nakon unosa svih modela, oni su postavljeni u skladu s realnim položajem tih dijelova, a zatim je dodan robot IRB 120 s njegovim kontrolerom.

Sljedeći korak bio je definiranje ulaza i izlaza (Slika 2.11) robota kako bi se omogućila komunikacija između robota i drugih elemenata sustava. Ovo je uključivalo konfiguriranje digitalnih signala potrebnih za rad robota i povezanih mehanizama.

DeviceNet Internal Dev	PLC	Digital Input	PLC	PLC Station 2	IO	Priority	Modality
EtherNet/IP Command	DI_13	Digital Input	d652		13		All
EtherNet/IP Device	DI_14	Digital Input	d652		14		All
Industrial Network	DI_15	Digital Input	d652		15		All
Route	DO_1	Digital Output	d652		1		All
Signal	DO_13	Digital Output	d652		13		All
Signal Safe Level	DO_14	Digital Output	d652		14		All
	DO_15	Digital Output	d652		15		All
	DRV/BRAKE	Digital Output	DRV_1	BrakeRelease coil	?	Priority	Read/Only

Slika 2.11 Definirani potrebni ulazi i izlazi

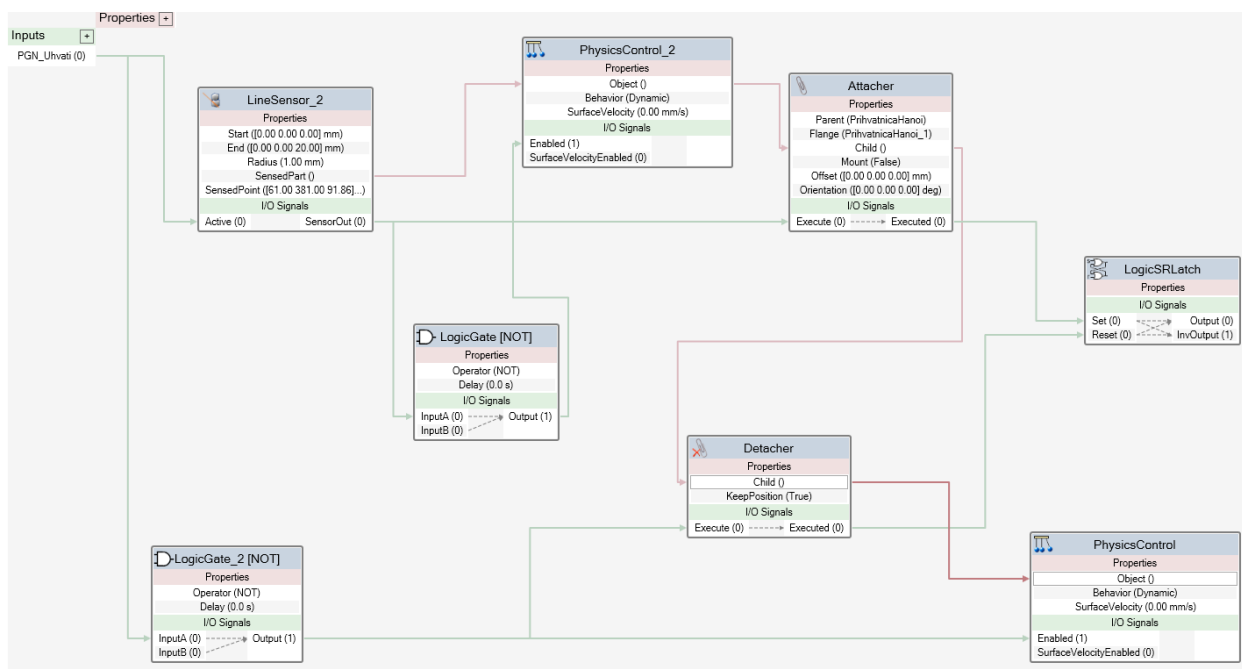
Nakon definiranja osnovnih postavki sustava, pristupilo se izradi logike stanice (engl. Station logic) (Slika 2.12). Ovaj dio procesa obuhvaća upravljanje ponašanjem svih komponenata unutar simulacije, uključujući njihov međusobni odnos i način interakcije.



Slika 2.12 Logika stanice

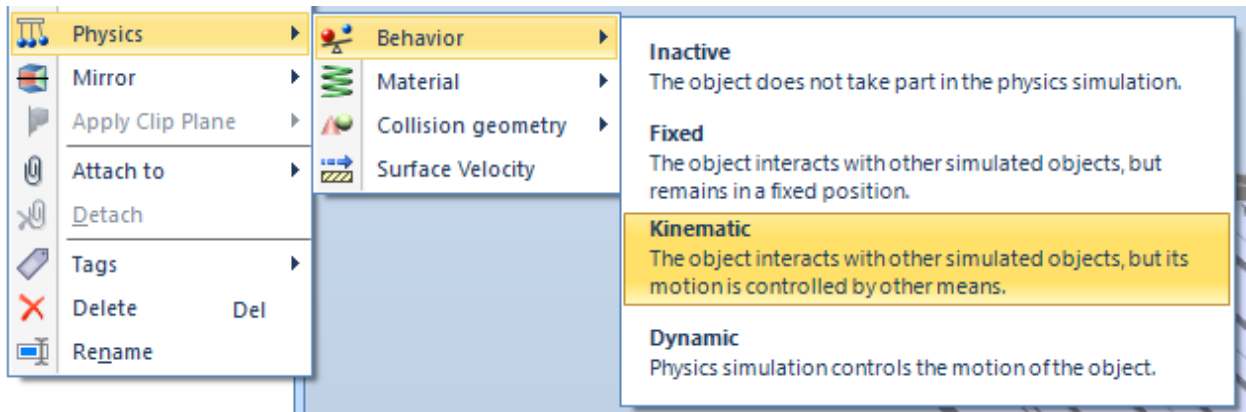
Unutar logike stanice definirane su pametne komponente (engl. Smart components). Pametna komponenta (Slika 2.13) je element sustava kojemu su dodane dodatne funkcionalnosti, omogućujući mu da reagira na različite uvjete ili događaje unutar simulacije.

Na primjer, pametna komponenta može biti senzor koji ne samo da detektira prisutnost objekta, već automatski pokreće određenu radnju, poput aktivacije robota za premještanje tog objekta. Ovakve složene interakcije između pametnih komponenti omogućuju sustavu da funkcionira na višoj razini automatizacije, gdje svaki element doprinosi cjelokupnom ponašanju stanice na temelju zadanih uvjeta i scenarija.



Slika 2.13 Logika pametne komponente prihvatnice

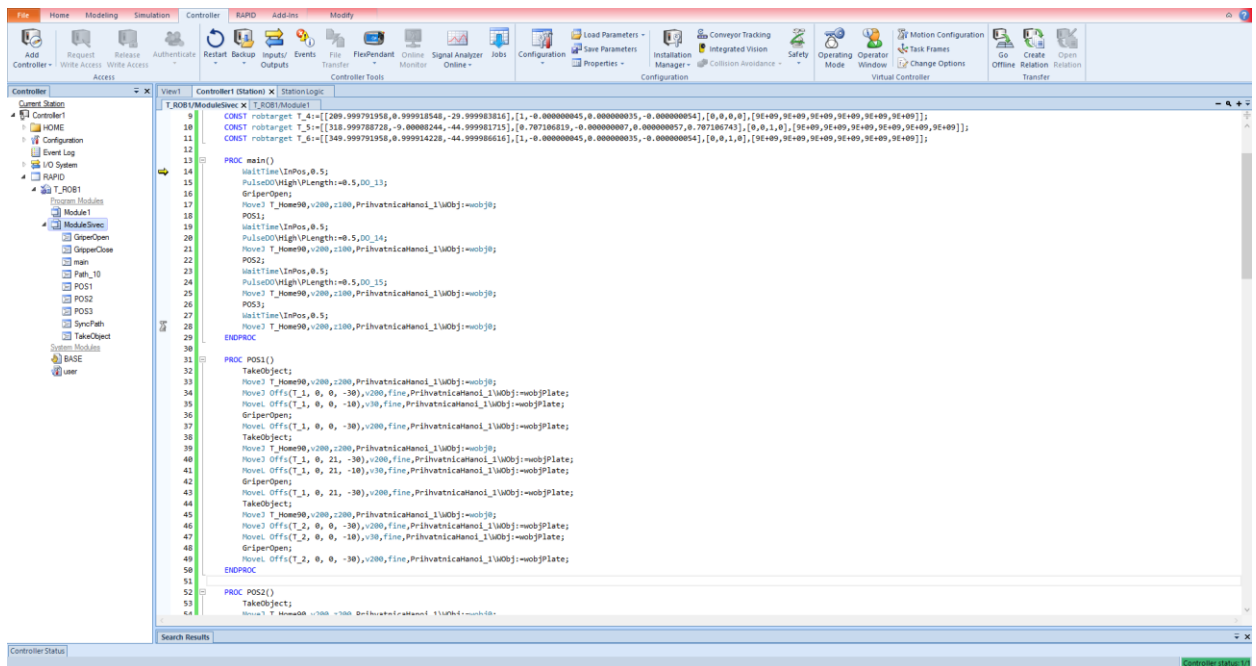
Za simulaciju je bilo ključno precizno postaviti fizičko ponašanje dijelova sustava, što je uključivalo definiranje kinematike i kolizija među objektima kako bi se postiglo što realnije simuliranje kretanja i interakcija između pojedinih dijelova. Fizičko ponašanje određenih objekata definirano je tako da se za svaki objekt, putem desnog klika na objekt, odabere opcija „Physics“, pa „Behavior“, te se potom odabere tip ponašanja, kao što su „Fixed“, „Inactive“, „Dynamic“ ili „Kinematic“, ovisno o potrebama (Slika 2.14).



Slika 2.14 Odabir „Kinematic“ tipa fizičkog ponašanja

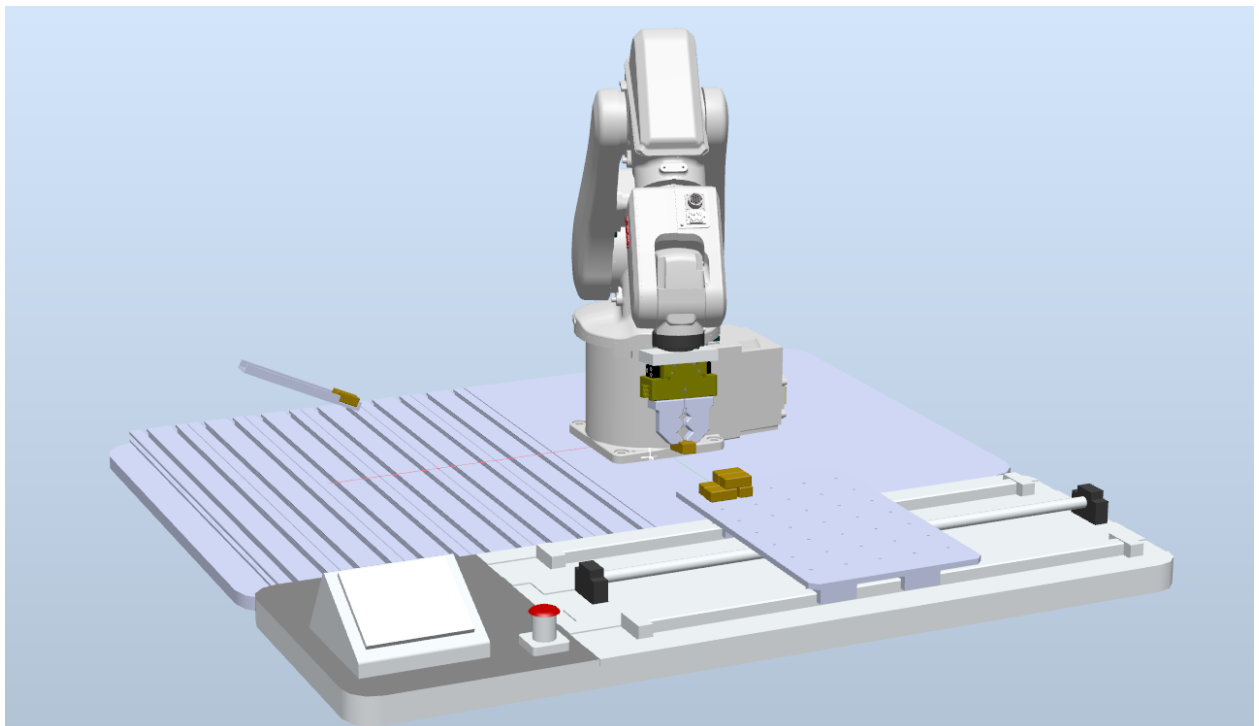
Također, pametne komponente (engl. Smart components) mogu dodijeliti fizičke attribute dijelovima tijekom njihove interakcije. Na primjer, pametna komponenta može aktivirati kinematski način rada kada se objekt počne kretati, ili dinamički način rada kako bi omogućila realistične kolizije s drugim objektima. Ovakav pristup omogućava sustavu da automatski prilagodi fizičko ponašanje objekata u skladu s trenutnom situacijom u simulaciji, čime se dodatno povećava realističnost simuliranih operacija.

Nakon definiranja fizičkih svojstava, kreiran je program za robota, u kojem su definirane putanje, brzine i naredbe koje je robot trebao izvršiti tijekom rada. Ovaj program bio je napisan u RAPID programskom jeziku (Slika 2.15), specifičnom za ABB robote. Programiranje robota na ovaj način osiguralo je da se simulacija odvija prema planu, uz realističan prikaz interakcija i kretanja u sustavu.



Slika 2.15 RAPID kod

Nakon što je program bio napisan, cijela simulacija se testirala kako bi se osiguralo da svi dijelovi sustava rade ispravno i u skladu s očekivanjima. To je uključivalo provjeru ispravnosti putanja robota, točnost izvršenja zadataka, kao i ispravnu funkcionalnost ulaznih i izlaznih signala. Tijekom testiranja su uočeni i ispravljeni eventualni problemi ili nedostaci, čime se postigla ispravna simulacija (Slika 2.16). Na kraju, nakon uspješnog testiranja, simulacija je mogla poslužiti kao temelj za stvarni rad robota IRB120 u stvarnom okruženju.



Slika 2.16 Simulacija u RobotStadiu sa svim elementima

3. Praktični dio

Praktični dio ovog završnog rada bio je usmjeren na izradu i implementaciju sustava upravljanja koji je uključivao spajanje kontrolera robota i PLC-a, te postavljanje i ožičenje potrebnih komponenti unutar razvodnog ormara. Tijekom ovog procesa, posvećena je pažnja odabiru odgovarajućih komponenti, njihovom pravilnom postavljanju i povezivanju, te konačno, testiranju funkcionalnosti sustava.

3.1. Način komunikacije

Komunikacija između PLC-a i ABB robota ostvaruje se na nekoliko načina, ovisno o zahtjevima sustava i mogućnostima opreme koja se koristi:

3.1.1. Digitalni ulazi i izlazi (I/O komunikacija)

Osnovni način komunikacije između PLC-a i robota koristi digitalne ulaze i izlaze, pri čemu se razmjenjuju jednostavni binarni signali (uključeno/isključeno) preko ulazni/izlaznih (*engl. Input/Output*) jedinica. Na primjer, signal za započinjanje operacije šalje se s PLC-a na robota, dok robot može povratno signalizirati završetak zadatka. Ova metoda omogućuje jednostavnu, ali ograničenu razmjenu informacija.

3.1.2. Protokoli industrijske mreže

Za napredniju komunikaciju koriste se industrijski mrežni protokoli kao što su Ethernet/IP, PROFINET, DeviceNet, ili Modbus TCP. Ovi protokoli omogućuju brzu i pouzdanu razmjenu podataka između PLC-a i robota, uključujući kontrolne signale, statuse i složene podatke poput položaja ili parametara pokreta. Primjenom ovih protokola postiže se veća fleksibilnost i bolja integracija u složenim automatiziranim sustavima.

3.1.3. OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture)

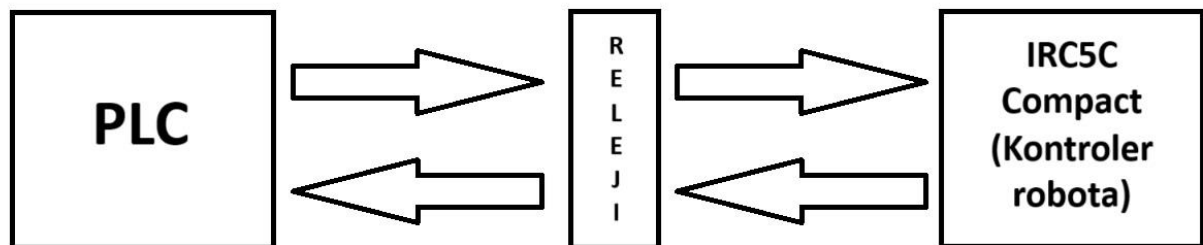
OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) standard koristi se za industrijsku komunikaciju, omogućavajući razmjenu podataka između različitih uređaja i sustava na platformno neovisan način. Ovaj standard pruža robusnu i sigurnu komunikaciju s razmjenom podataka u realnom vremenu, što ga čini idealnim za složene automatizirane sustave u kojima je

integracija između PLC-a, robota, senzora i drugih industrijskih uređaja ključna. Jedna od glavnih prednosti OPC UA standarda je njegova fleksibilnost, jer podržava različite komunikacijske protokole i omogućuje skalabilnost sustava. Bez obzira na vrstu uređaja ili softverske platforme. Također, OPC UA standard omogućuje modeliranje podataka, što znači da sustavi mogu razmjenjivati ne samo osnovne podatke, već i složene informacije o statusu uređaja, alarmima, događajima i povijesnim podacima.

3.1.4. Korištenje releja za izolaciju

Kako bi se osigurala električna izolacija između PLC-a i robota, primjenjuju se releji. Releji omogućuju kontrolu visokih napona ili struja pomoću niskonaponskih signala, što je korisno kada je potrebno odvojiti napajanja dva sustava, a istovremeno osigurati komunikaciju između njih.

Za naš sustav odabrano je korištenje releja, koji su spojeni na ulaze i izlaze robota i PLC-a (Slika 3.1). Ova metoda odabrana je i zato što naš robot nije opremljen nikakvim modulom za industrijsku komunikaciju. Na ovaj način omogućena je učinkovita komunikacija između dva sustava bez potrebe za spajanjem njihovih napajanja, čime je osigurana potrebna izolacija i sigurnost u radu.



Slika 3.1 Skica komunikacije robota i PLC-a preko releja

3.2. Izrada sheme spajanja robot kontrolera i PLC-a

3.2.1. Plan komunikacijskih veza

U ovom slučaju, komunikacija se ostvaruje korištenjem dvaju Cat5e kablova, standardnih mrežnih vodiča, te RJ45 konektora, koji se često koriste u mrežnim instalacijama. Ovim načinom komunikacije omogućava se siguran prijenos signala i napajanja između PLC-a i releja, čime se omogućuje kontrola nad različitim dijelovima sustava.

- Cat5e kablovi: korištena su dva Cat5e kabla, standardizirana za prijenos podataka do 1 Gbps na udaljenosti do 100 metara, no u ovom slučaju, Cat5e kablovi su upotrijebljeni za prijenos napona i signala između PLC-a i releja.
- RJ45 konektori: Svaki kabel je opremljen RJ45 konektorima na oba kraja, koji su spojeni na odgovarajuće ulaze i izlaze na PLC-u i relejima.

Prvi Cat5e kabel:

- 24V napajanje: Ovim kabelom prenosi se napon od 24V potreban za aktiviranje ulaza PLC-a.
- 5 ulaza PLC-a (K1 - K5): Na ovaj kabel su spojeni kontakti releja K1 do K5, pomoću kojih se dovodi 24V na odgovarajuće ulaze PLC-a. Na taj način, signali informiraju PLC u koju poziciju treba postaviti pokretnu plohu.

Drugi Cat5e kabel:

- 0V (GND): Ovim kabelom prenosi se nulta potencijalna razina (GND), čime se osigurava povratni put za struju.
- 5 izlaza PLC-a (K6 - K10): Izlazi s PLC-a povezani su na zavojnice releja K6 do K10. Aktivacijom određenog izlaza PLC-a aktivira se odgovarajući relej, čime se robotu prenose informacije.

Ovaj način komunikacije omogućava da PLC prima naredbe od robota putem ulaza (releji K1 - K5), dok se izlazima (releji K6 - K10) robotu prenose informacije o dolasku pokretne plohe u određenu poziciju i druge informacije. Korištenje Cat5e kablova i RJ45 konektora olakšava povezivanje i razdvajanje sustava (Slika 3.2).

COM1

Smeđa	0V PLC
Smeđo bijela	Izlaz DQx.x na K6 (Nije spojen na izlaz PLC-a)
Zelena	Izlaz DQx.x na K7 (Nije spojen na izlaz PLC-a)
Zelena bijela	Izlaz DQa.0 na K8
Plava	Izlaz DQa.1 na K9
Plavo bijela	Izlaz DQa.2 na K10
Naranđasta	
Nar-Bijela	

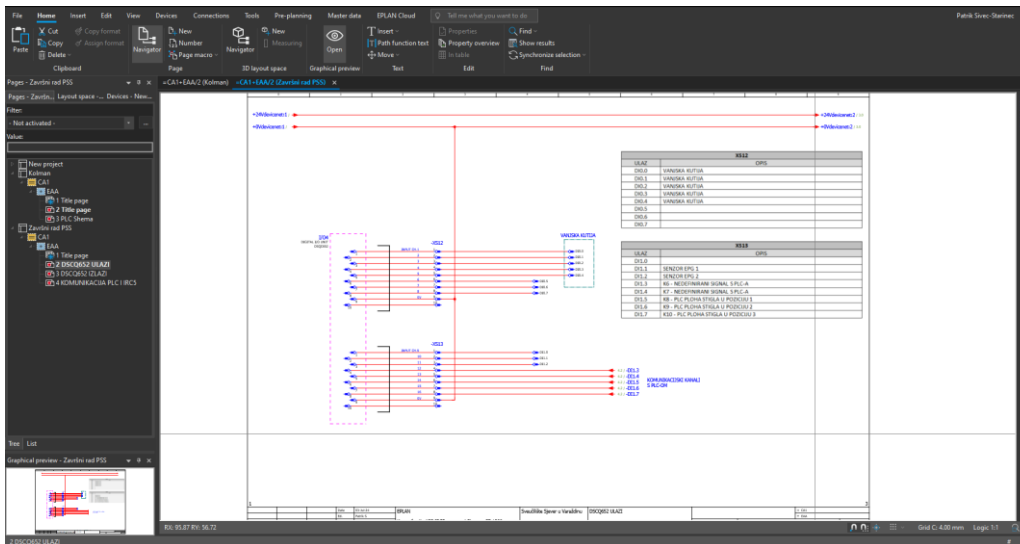
COM2

Smeđa	24V PLC
Smeđo bijela	Ulaz Ix.x iz K1 (Nije spojen na ulaz PLC-a)
Zelena	Ulaz Ix.x iz K2 (Nije spojen na ulaz PLC-a)
Zelena bijela	Ulaz IO.5 iz K3
Plava	Ulaz IO.6 iz K4
Plavo bijela	Ulaz IO.7 iz K5
Naranđasta	
Nar-Bijela	

Slika 3.2 Definirani signali na određenomvodu Cat5e kablova

3.2.2. Izrada sheme

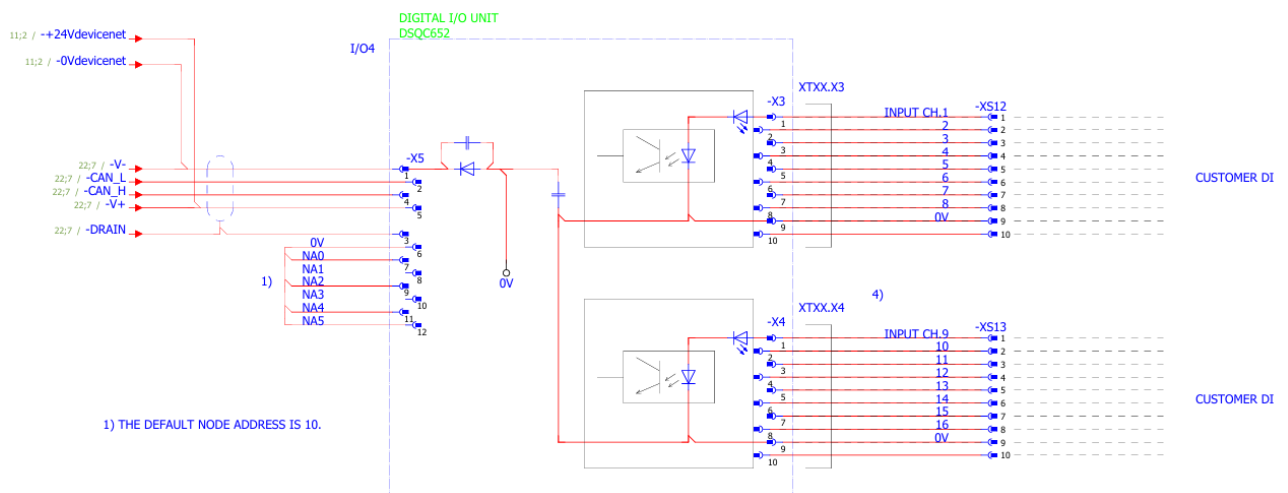
Jedan od prvih koraka u praktičnom dijelu rada bila je izrada detaljne električne sheme spajanja između kontrolera robota i PLC-a, pri čemu je korišten softver EPLAN (Slika 3.3). Ovaj korak bio je ključan za osiguravanje preciznosti i funkcionalnosti cjelokupnog sustava, s obzirom na složenost povezivanja brojnih komponenata. Shema spajanja služila je kao temeljni dokument koji je omogućio da se svi ulazi i izlazi jasno definiraju, čime je postavljena osnova za daljnje korake u implementaciji sustava automatizacije.



Slika 3.3 Izrada sheme u EPLAN-u

3.2.3. Analiza i definiranje ulaza i izlaza

Tijekom postupka izrade sheme spajanja, posebna pažnja posvećena je preciznom određivanju svih ulaza i izlaza te njihovom međusobnom povezivanju. Ovo je zahtijevalo pažljivu analizu kako bi se osiguralo da svaki ulaz i izlaz bude ispravno definiran i povezan. U ovoj fazi, korištene su sheme ulazno-izlazne kartice DSQC652 (Slika 3.4), koje su pronađene na službenim stranicama ABB-a, kao referentni materijal. Ove sheme pružile su potrebne tehničke informacije koje su omogućile točno određivanje što će biti spojeno na koji ulaz i izlaz, čime je olakšano spajanje u kasnijim koracima.

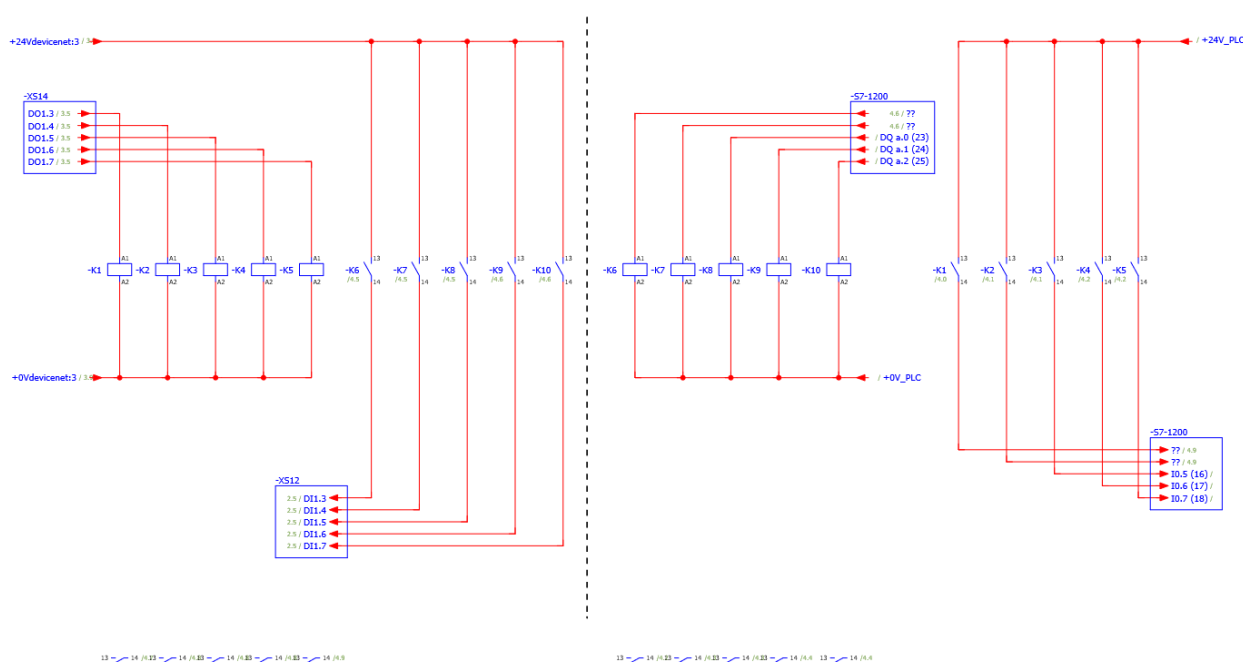


Slika 3.4 Dio sheme ulazno-izlazne kartice DSQC652 [2]

3.2.1. Shema spajanja ulaza i izlaza

Precizno povezivanje ulaza i izlaza preko releja bilo je ključno za postizanje željene funkcionalnosti, budući da je to direktno utjecalo na sposobnost sustava da ispravno izvršava zadane operacije.

Posebna pažnja bila je usmjerena na osiguranje električne izolacije zbog različitih izvora napajanja. 24V napajanje robota i 24V napajanje PLC-a nisu smjeli biti spojeni zajedno. Upotreba releja (Slika 3.5) omogućila je sigurnu i pouzdanu komunikaciju između sustava, čime se izbjeglo direktno povezivanje napajanja i spriječila moguće električne smetnje ili kratki spojevi. Ovaj pažljiv pristup osigurao je da sustav funkcioniра ispravno, čime je postignuta visoka razina automatizacije i stabilnosti.



Slika 3.5 Shema komunikacije preko releja nacrtana u EPLAN-u

Također, kroz ovakav pristup, osigurana je fleksibilnost sustava, omogućavajući lako proširivanje ili prilagođavanje u slučaju budućih potreba.

3.3. Odabir komponenti

Nakon izrade sheme spajanja, pristupilo se pažljivom odabiru odgovarajućih električnih i elektroničkih komponenti. Naglasak je bio na pronalaženju ekonomičnih, ali pouzdanih rješenja, pa su odabrane komponente tvrtke Schrack koje su ispunjavale potrebne specifikacije u pogledu broja ulaza i izlaza. Time je osigurana kompatibilnost sa sustavom uz smanjenje troškova, bez kompromisa na kvaliteti.

Nakon toga naručena je potrebna oprema (Slika 3.6):

- 4 SFB S-JACK modula RJ45
- 4 SFB S-JACK adaptera za DIN profil
- 10 releja na 24V i 10 nosača za te releje
- Veća količina rednih stezaljki
- Nekoliko držača markera za grupno označavanje

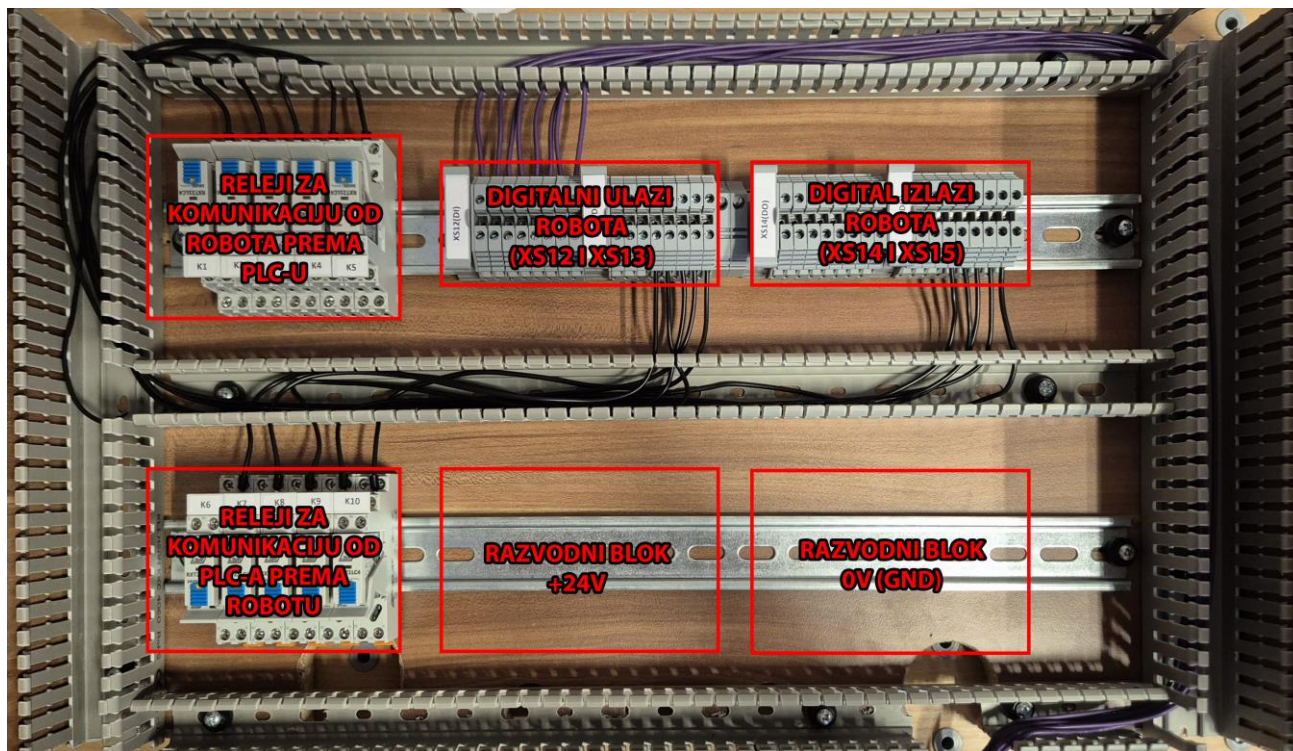
Budući da su na fakultetu već bile dostupne žice, stopice za „krimpanje“ i RJ45 kablovi, nije bilo potrebe za dodatnom narudžbom tih materijala. Ovim odabirom osigurana je visoka pouzdanost i funkcionalnost sustava, uz optimalne troškove.



Slika 3.6 Dio naručenih komponenti za projekt

3.4. Postavljanje komponenti u razvodni ormar

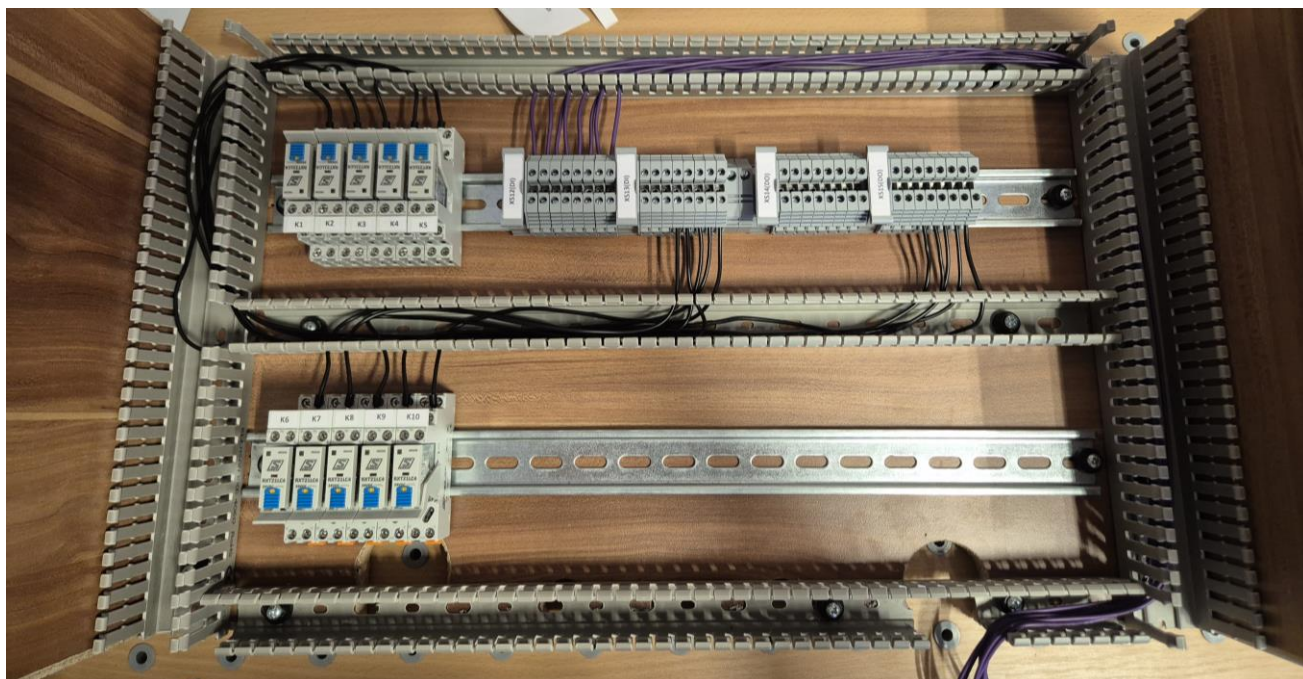
U ovoj fazi, odabrane komponente postavljene su unutar razvodnog ormara (Slika 3.7). Pri postavljanju, posebna pažnja bila je posvećena ergonomskom rasporedu i pristupačnosti komponenti, kako bi se olakšale buduće promjene. Također, uzeti su u obzir sigurnosni aspekti i standardi, kako bi se osigurala sigurnost sustava.



Slika 3.7 Plan postavljanja komponenti u razvodni ormar

3.5. Ožičenje razvodnog ormara

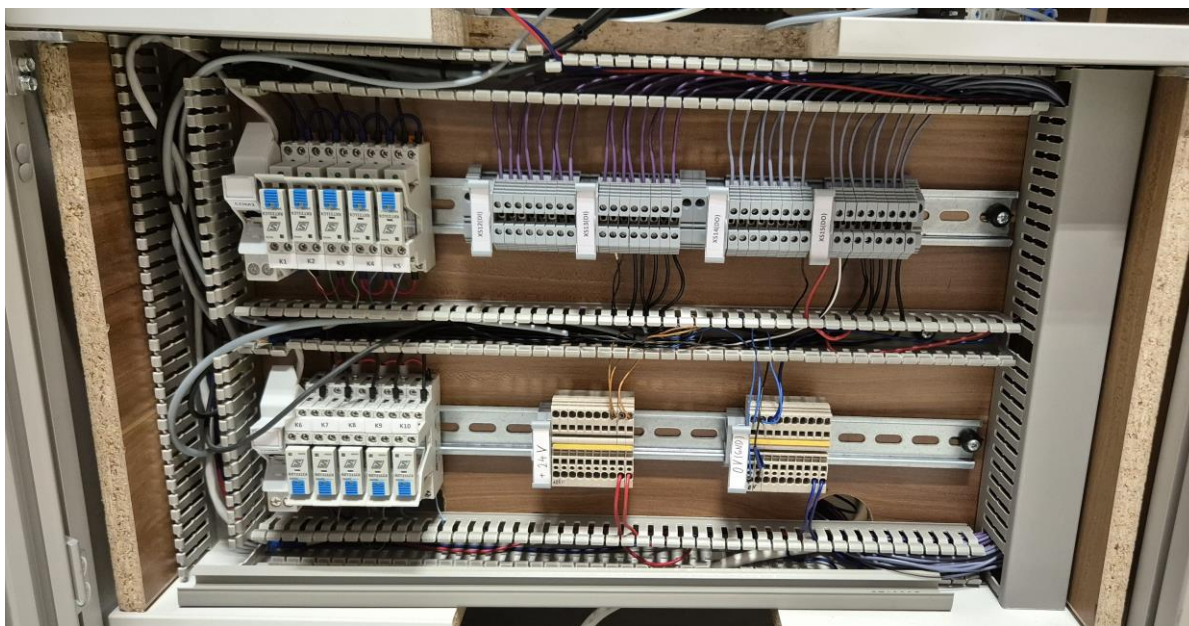
Nakon što su sve komponente bile postavljene unutar razvodnog ormara, započeo je proces ožičenja, koji je zahtijevao visoku razinu preciznosti i pažljivo praćenje sheme spajanja. Prvo se uzela rola žice promjera 0.5 mm², nakon čega su odmjerene potrebne duljine žica od jedne komponente do druge. Tijekom ovog procesa, shema je stalno bila na uvidu kako bi se svaki vodič pažljivo provukao i spojio prema planu, osiguravajući da svaki spoj bude točan i pouzdan (Slika 3.8).



Slika 3.8 Ožičavanje razvodnog ormara

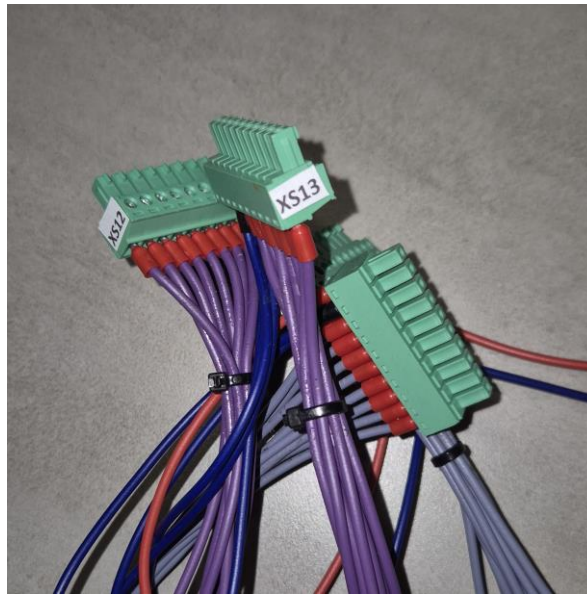
Posebna pažnja posvećena je razvodnim blokovima za 0V i 24V, koji su precizno postavljeni u neposrednoj blizini ulaza i izlaza. Ovaj raspored omogućava jednostavno učinkovito povezivanje senzora i aktuatora, čime se smanjuje mogućnost pogrešaka i osigurava sigurnost sustava.

Ovaj pristup omogućio je da oba sustava funkcioniraju neovisno, ali uz učinkovitu međusobnu komunikaciju, što je bilo ključno za postizanje automatizacije i sigurnosti cijelog sustava(Slika 3.9).



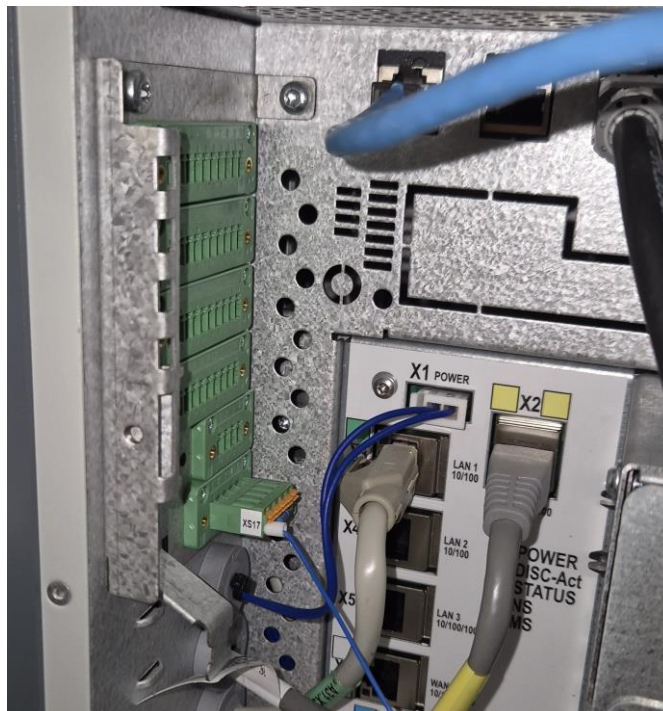
Slika 3.9 Ožičeni razvodni ormar

Nakon završetka procesa ožičenja, na žice koje vode od razvodnog ormara prema kontroleru robota dodani su Phoenix Contact MC 1,5/10-ST-3,81 konektori (Slika 3.10).



Slika 3.10 Phoenix Contact MC 1,5/10-ST-3,81

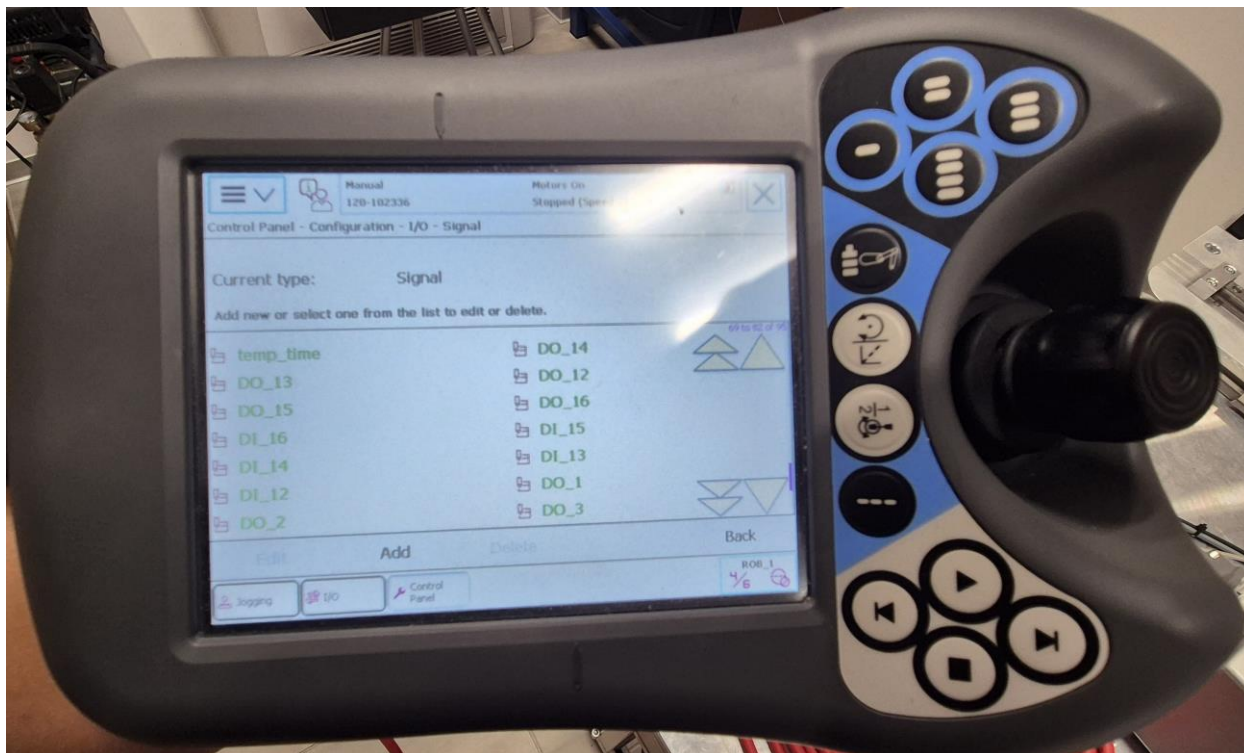
Ovi konektori omogućuju da se žice direktno ukopčaju u izlaznu karticu kontrolera (Slika 3.11), čime se osigurava brza i jednostavna montaža. Prednost korištenja ovih konektora leži u tome što omogućuju lako uklanjanje razvodnog ormara u slučaju potrebe za servisiranjem ili izmjenom, bez potrebe za dodatnim odvajanjem žica.



Slika 3.11 Konektori izlazne kartice kontrolera

3.6. Testiranje

Kao završni korak, izvršeno je testiranje cijelog sustava. Testiranje je započelo provjerom komunikacije između komponenti, pri čemu je kratko spojen namot releja kako bi se provjerila ispravnost komunikacijskih veza. Nakon toga, na privjesku za učenje (FlexPendant) definirani su novi ulazi i izlazi (Slika 3.12), koji su zatim ručno testirani jedan po jedan kako bi se osigurala njihova funkcionalnost.



Slika 3.12 Definiranje signala u privjesku za učenje

Nakon što su preliminarne provjere obavljene, sljedeći korak bio je učitavanje programa iz simulacije na robota kako bi se testirala funkcionalnost sustava u stvarnim radnim uvjetima. Tijekom tog procesa, svi detalji rada sustava pažljivo su analizirani, uključujući interakciju između robota i drugih komponenata, kako bi se osiguralo da sve funkcije djeluju u skladu s predviđenim specifikacijama. Posebna pažnja bila je posvećena provjeri komunikacije između PLC-a i robota te odgovoru PLC-a na naredbe, s ciljem da se preduhitre eventualni problemi u radu.

Nakon što su sva potrebna testiranja uspješno provedena i kada je potvrđeno da su implementirana rješenja u potpunosti funkcionalna, sustavu je dodijeljeno zeleno svjetlo, te je službeno prošao sve testove. Ovim sveobuhvatnim pristupom omogućena je detaljna provjera svih dijelova sustava, čime je osigurano da cijeli sustav ne samo da funkcionira ispravno, već i pouzdano, bez rizika od kvarova ili nepredviđenih problema u operativnom radu.

Osiguravanje ispravnosti i pouzdanosti smatrano se ključnim za uspješnu integraciju sustava u širi kontekst rada, kao i za njegovu dugotrajnu operativnost. Time je postignuta visoka razina sigurnosti i stabilnosti, što je ključno za povjerenje u rad sustava tijekom stvarne upotrebe. Kvalitetnom pripremom i provjerom omogućeno je da se eventualne greške otkriju i isprave u ranoj fazi (Slika 3.13).



Slika 3.13 Slika gotovog sustava

4. Zaključak

Ovaj rad je istražio i demonstrirao proces integracije ABB IRB120 robota i Siemens S7-1200 PLC-a, pružajući sveobuhvatan prikaz koraka potrebnih za razvoj i implementaciju industrijskog automatiziranog sustava. Korištenjem softvera SolidWorks i RobotStudio, omogućena je detaljna simulacija i optimizacija sustava prije fizičke implementacije, dok je izrada sheme spajanja u EPLAN-u osigurala preciznu i pouzdanu komunikaciju između komponenata. Praktična implementacija i testiranje pokazali su kako dobro planiranje i pažljiv odabir komponenti mogu rezultirati visokom razinom automatizacije, učinkovitosti i pouzdanosti u industrijskim procesima. Ovaj rad tako predstavlja vrijedan doprinos za buduće projekte integracije robota i PLC-a u industrijskim okruženjima, pružajući smjernice za uspješno ostvarenje sličnih zadataka.



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, PATRIK SIVEC-STARINEC (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Integracija ABB IRB 120 robota s uređajem upravljanja Siemens 57-1200 PLC-om (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Patrik S.-S.

(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.

5. Literatura

- [1] P. Dvorski, "Programiranje vanjske osi robota", Završni rad, Sveučilište Sjever, Koprivnica, 2023. Dostupno na: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:876129>
- [2] ABB, IRC5 Compact Circuit Diagram, Shanghai, China, 2016.
- [3] ABB, Technical reference manual - RAPID Instructions, Functions and Data types RW 6, Västerås, Sweden, 2017. Dostupno na: <https://library.abb.com/d/3HAC050917-003>
- [4] ABB, Product specification Controller IRC5, Västerås, Sweden, 2024. Dostupno na: <https://library.abb.com/d/3HAC047138-001>
- [5] Industrial Communication Technology Handbook, Richard Zurawski, 2015.
- [6] Industrial Automation and Robotics, A.K. Gupta, S.K. Arora, Jean Riescher Westcott, Mercury Learning and Information, 2016.

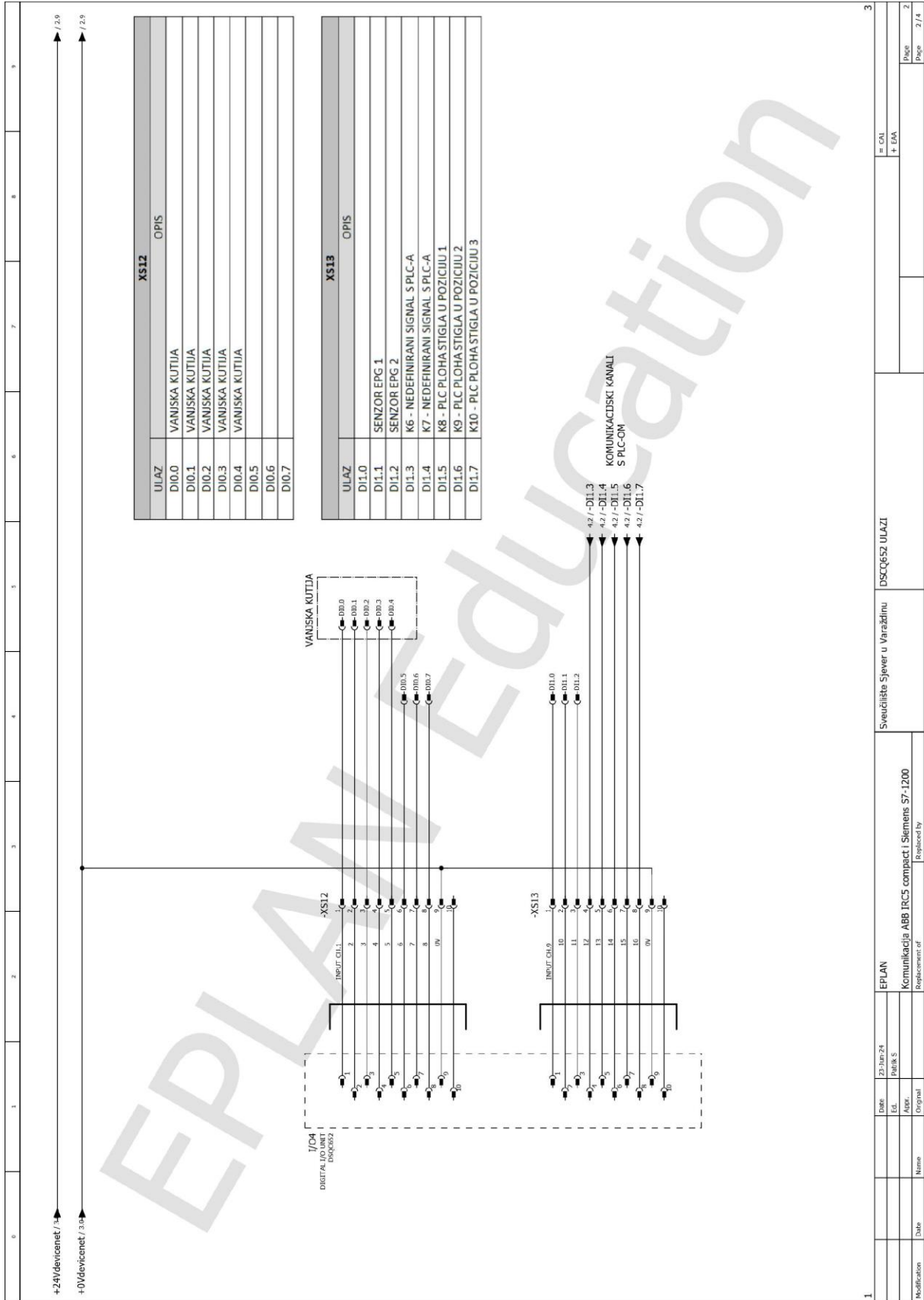
Popis slika

Slika 2.1 Uređaj upravljan Siemens S7-1200 PLC-om	2
Slika 2.2 HMI sučelje [1].....	3
Slika 2.3 Mjerenje uređaja upravljanog PLC-om	4
Slika 2.4 Sklop „PLC stola“ i „Pokretne plohe“ u Solidworks-u	5
Slika 2.5 Umetanje geometrije u RobotStudio	6
Slika 2.6 Definiranje mehanizma u RobotStudiu	6
Slika 2.7 Definiranje spojeva u RobotStudiu.....	7
Slika 2.8 Definiranje zglobova u RobotStudiu	8
Slika 2.9 Položaji definirani u RobotStudiu	8
Slika 2.10 Mehanizam u RobotStudiu s definiranim položajima	9
Slika 2.11 Definirani potrebni ulazi i izlazi	9
Slika 2.12 Logika stanice	10
Slika 2.13 Logika pametne komponente prihvatnice.....	10
Slika 2.14 Odabir „Kinematic“ tipa fizičkog ponašanja	11
Slika 2.15 RAPID kod	12
Slika 2.16 Simulacija u RobotStudiu sa svim elementima	12
Slika 3.1 Skica komunikacije robota i PLC-a preko releja	14
Slika 3.2 Definirani signali na određenomvodu Cat5e kablova	16
Slika 3.3 Izrada sheme u EPLAN-u	17
Slika 3.4 Dio sheme ulazno-izlazne kartice DSQC652 [2].....	17
Slika 3.5 Shema komunikacije preko releja nacrtana u EPLAN-u	18
Slika 3.6 Dio naručenih komponenti za projekt.....	19
Slika 3.7 Plan postavljanja komponenti u razvodni ormar	20
Slika 3.8 Ožičavanje razvodnog ormara	21
Slika 3.9 Ožičeni razvodni ormar	21
Slika 3.10 Phoenix Contact MC 1,5/10-ST-3,81	22
Slika 3.11 Konektori izlazne kartice kontrolera	22
Slika 3.12 Definiranje signala u privjesku za učenje	23
Slika 3.13 Slika gotovog sustava	24

Prilozi

1. Električna shema – Komunikacija ABB IRC5 i Siemens S7-1200
2. Tablice ulaza i izlaza robota
3. RAPID kod

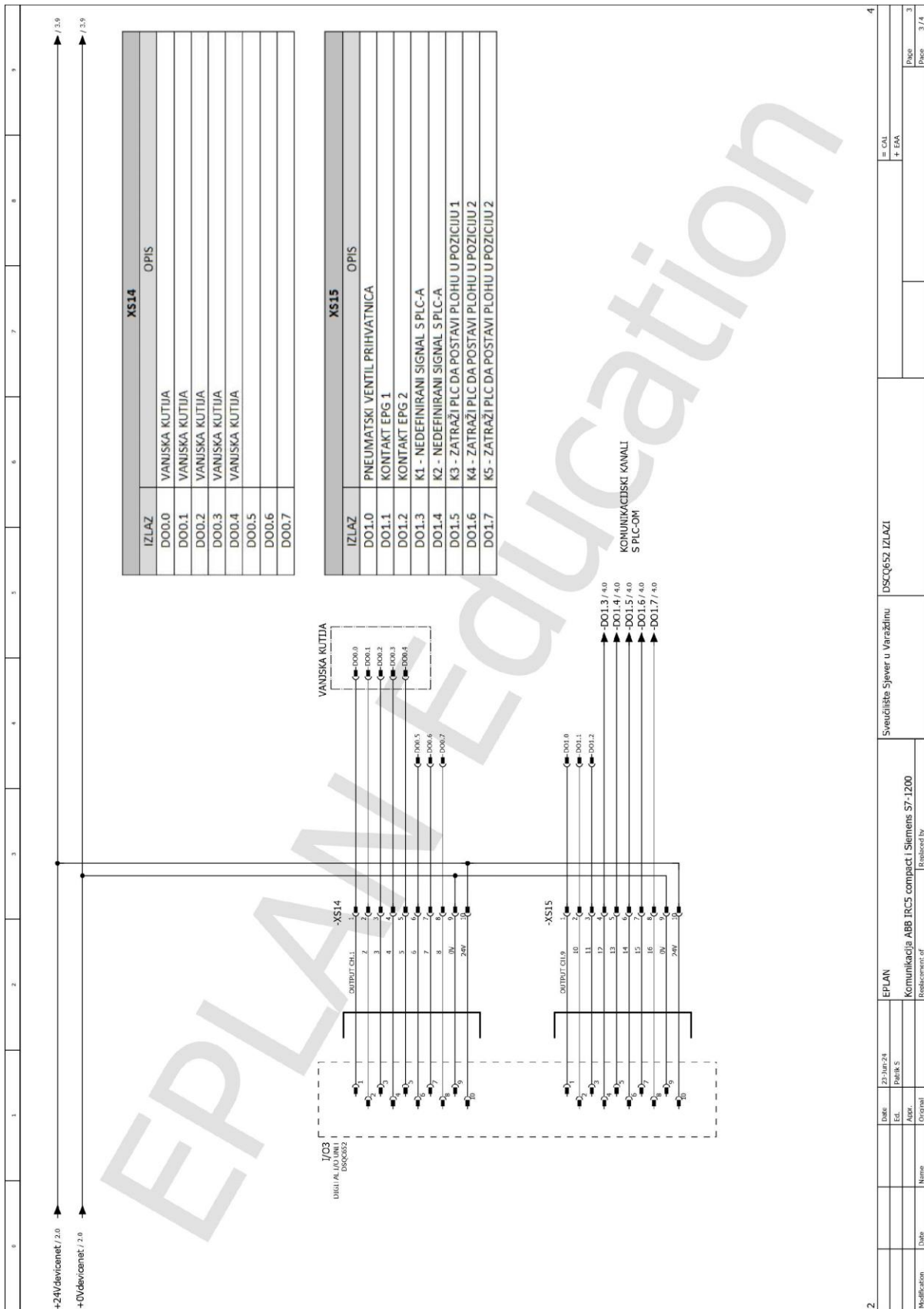
6	1	2	3	4	5	6	7	8	9
 Sveučilište Sjever u Varaždinu 42000 Varaždin Phone									
F26_001									
Komunikacija ABB IRC5 compact i Siemens S7-1200									
Company / customer									
Project description									
Job number									
Commission									
Manufacturer (company)									
Path									
Project name									
Make									
Type									
Place of installation									
Responsible for project									
Part feature									
Created on									
Edit date									
Number of pages									
4									
EPLAN Education									
Sveučilište Sjever u Varaždinu									
Komunikacija ABB IRC5 compact i Siemens S7-1200									
EPLAN									
Sveučilište Sjever u Varaždinu									
23-Jun-24									
23-Jun-24									
by (short name) Patrik S									
Title page									
= GAL + EGA									
Page 1 / 4									

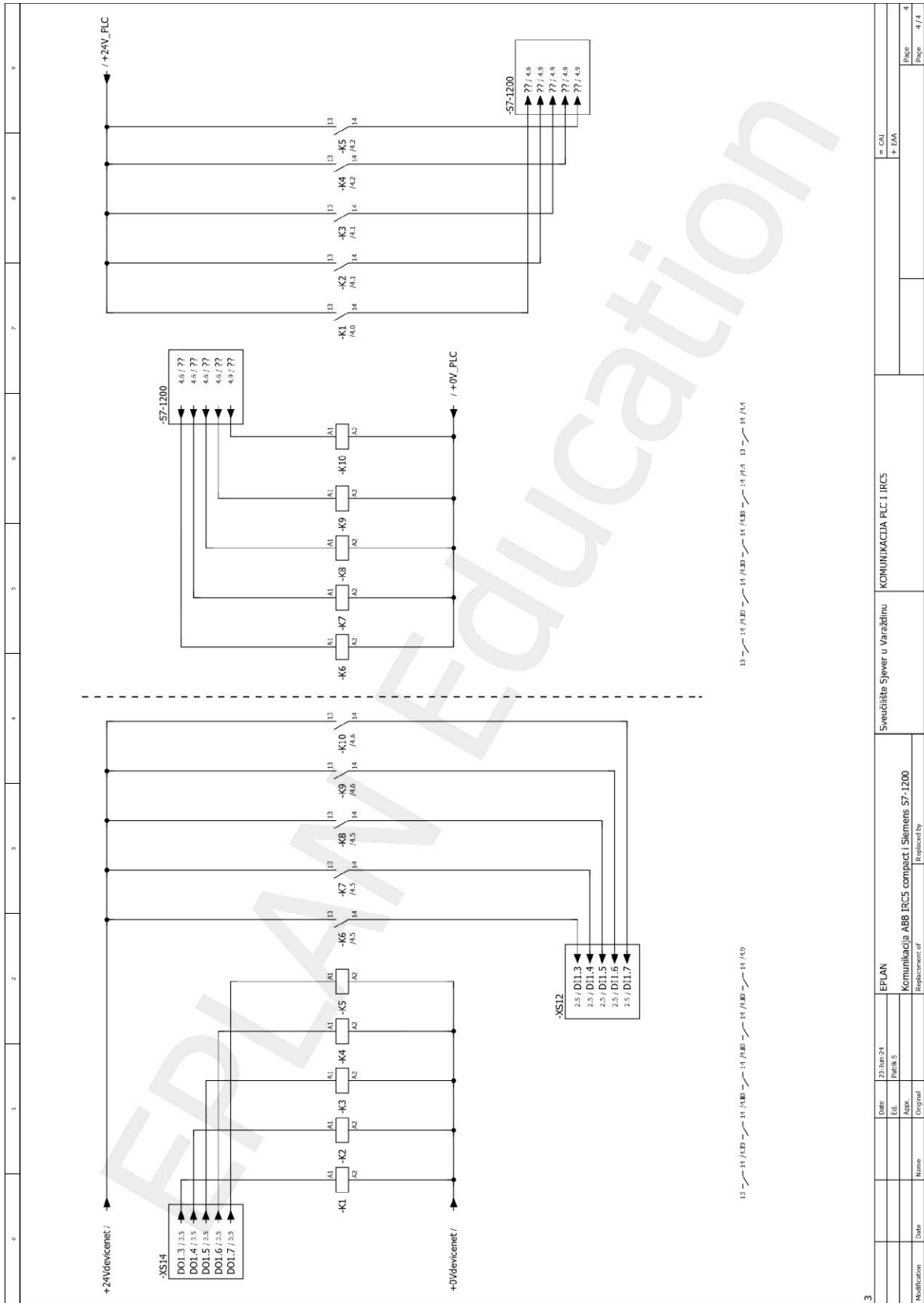


XS12	
ULAZ	OPIS
DIO.0	VANISKA KUTIJA
DIO.1	VANISKA KUTIJA
DIO.2	VANISKA KUTIJA
DIO.3	VANISKA KUTIJA
DIO.4	VANISKA KUTIJA
DIO.5	
DIO.6	
DIO.7	

XS13	
ULAZ	OPIS
DIO.0	
DIO.1	SENZOR EPG 1
DIO.2	SENZOR EPG 2
DIO.3	K6 - NEDEFINIRANI SIGNAL S PLC-A
DIO.4	K7 - NEDEFINIRANI SIGNAL S PLC-A
DIO.5	K8 - PLC PLOHA STIGLA U POZICIJU 1
DIO.6	K9 - PLC PLOHA STIGLA U POZICIJU 2
DIO.7	K10 - PLC PLOHA STIGLA U POZICIJU 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
+24Vdc/enet / 7A									
+0Vdc/enet / 30A									
DSCQ652 ULAZI									
Sveučilište Sjever u Varaždinu									
EPLAN									
Komunikacija ABB IRC5 compact I Siemens S7-1200									
Replacement of									
Replaced by									
Date: 22-10-24									
ECL: PAUK S									
Appr.:									
Original:									
Modification:									
Date:									
Name:									
= CAL + EDA									
Page: 2 / 4									
Page: 2 / 4									





3

Modification	Date	Name	Original	Appr.	EPLAN	Sveučilište Sjever u Varaždinu	KOMUNIKACIJA PLC I IRC5	= CAI + EAI	Page 4 / 4
	22-Jun-24	Priluk S	Original		Komunikacija ABB IRC5 compact I Siemens S7-1200				
			Replacement of		Replaced by				

Tablice ulaza i izlaza robota

XS12 (DIGITALNI ULAZ)			
BIT	UREĐAJ	NAZIV	OPIS
0	DSQC652	DI_1	VANJSKA KUTIJA
1	DSQC652	DI_2	VANJSKA KUTIJA
2	DSQC652	DI_3	VANJSKA KUTIJA
3	DSQC652	DI_4	VANJSKA KUTIJA
4	DSQC652	DI_5	VANJSKA KUTIJA
5	DSQC652	DI_6	
6	DSQC652	DI_7	
7	DSQC652	DI_8	

XS13 (DIGITALNI ULAZ)			
BIT	UREĐAJ	NAZIV	OPIS
8	DSQC652	DI_9	
9	DSQC652	DI_Gripper_close	SENZOR EPG 1
10	DSQC652	DI_Gripper_Open	SENZOR EPG 2
11	DSQC652	DI_12	RELEJ K6 - NEDEFINIRANI SIGNAL IZ PLC-A
12	DSQC652	DI_13	RELEJ K7 - NEDEFINIRANI SIGNAL IZ PLC-A
13	DSQC652	DI_14	RELEJ K8 - PLC PLOHA STIGLA U POZICIJU 1
14	DSQC652	DI_15	RELEJ K9 - PLC PLOHA STIGLA U POZICIJU 2
15	DSQC652	DI_16	RELEJ K10 - PLC PLOHA STIGLA U POZICIJU 3

XS14 (DIGITALNI IZLAZ)			
BIT	UREĐAJ	NAZIV	OPIS
0	DSQC652	DO_1	VANJSKA KUTIJA
1	DSQC652	DI_2	VANJSKA KUTIJA
2	DSQC652	DI_3	VANJSKA KUTIJA
3	DSQC652	DO_4	VANJSKA KUTIJA
4	DSQC652	DO_5	VANJSKA KUTIJA
5	DSQC652	DO_6	
6	DSQC652	DO_7	
7	DSQC652	DO_ventil2	Razvodnik 2

XS15 (DIGITALNI IZLAZ)			
BIT	UREĐAJ	NAZIV	OPIS
8	DSQC652	DO_Ventil	PNEUMATSKI VENTIL PRIHVATNICA
9	DSQC652	DO_10	KONTAKT EPG 1
10	DSQC652	DO_11	KONTAKT EPG 2
11	DSQC652	DO_12	RELEJ K1 - NEDEFINIRANI SIGNAL NA PLC
12	DSQC652	DO_13	RELEJ K2 - NEDEFINIRANI SIGNAL NA PLC
13	DSQC652	DO_14	RELEJ K3 - ZATRAŽI PLC DA POSTAVI PLOHU U POZICIJU 1
14	DSQC652	DO_15	RELEJ K4 - ZATRAŽI PLC DA POSTAVI PLOHU U POZICIJU 2
15	DSQC652	DO_16	RELEJ K5 - ZATRAŽI PLC DA POSTAVI PLOHU U POZICIJU 3

RAPID kod

```
1 MODULE ModuleSivec
2 PERS tooldata PrihvatnicaHanoi_1:=TRUE,[[0,13,118],[1,0,0,0]],[1,[0,6,40],[1,0,0,0],0,0,0]];
3 CONST robtargt T_Home90:=[[492,13,630],[0.707106781,0,0.707106781,0],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
4 CONST robtargt Target_10:=[[357.007,-312.267,27.362],[0.153039894,0.690346863,0.690346863,0.153039894],[-1,0,-1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
5 TASK PERS wobjdata wobjPlate:=FALSE,TRUE,"",[[300,400,51],[0,0,1,0]],[[0,0,0],[1,0,0,0]];
6 CONST robtargt T_1:=[[118.999788728,-9.00008244,-14.999981715],[0.707106819,-0.00000007,0.000000057,0.707106743],[0,0,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
7 CONST robtargt T_2:=[[149.999791958,0.999914228,-14.999986616],[1,-0.000000045,0.000000035,-0.000000054],[0,0,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
8 CONST robtargt T_3:=[[238.999787653,-9.000085664,-29.999982931],[0.707106819,-0.00000007,0.000000057,0.707106743],[0,0,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
9 CONST robtargt T_4:=[[209.999791958,0.999918548,-29.999983816],[1,-0.000000045,0.000000035,-0.000000054],[0,0,0,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
10 CONST robtargt T_5:=[[318.999788728,-9.00008244,-44.999981715],[0.707106819,-0.00000007,0.000000057,0.707106743],[0,0,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
11 CONST robtargt T_6:=[[349.999791958,0.999914228,-44.999986616],[1,-0.000000045,0.000000035,-0.000000054],[0,0,1,0],[9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
12
13 PROC main()
14   WaitTime\InPos,0.5;
15   PulseDO\High\PLength:=0.5,DO_13;
16   GriperOpen;
17   MoveJ T_Home90,v200,z100,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
18   POS1;
19   WaitTime\InPos,0.5;
20   PulseDO\High\PLength:=0.5,DO_14;
21   MoveJ T_Home90,v200,z100,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
22   POS2;
23   WaitTime\InPos,0.5;
24   PulseDO\High\PLength:=0.5,DO_15;
25   MoveJ T_Home90,v200,z100,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
26   POS3;
27   WaitTime\InPos,0.5;
28   MoveJ T_Home90,v200,z100,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
29 ENDPROC
30
31 PROC POS1()
32   TakeObject;
33   MoveJ T_Home90,v200,z200,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
34   MoveJ Offs(T_1,0,0,-30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
35   MoveL Offs(T_1,0,0,-10),v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
36   GriperOpen;
37   MoveL Offs(T_1,0,0,-30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
38   TakeObject;
39   MoveJ T_Home90,v200,z200,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
40   MoveJ Offs(T_1,0,21,-30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
41   MoveL Offs(T_1,0,21,-10),v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
42   GriperOpen;
43   MoveL Offs(T_1,0,21,-30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
44   TakeObject;
45   MoveJ T_Home90,v200,z200,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
46   MoveJ Offs(T_2,0,0,-30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
47   MoveL Offs(T_2,0,0,-10),v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
48   GriperOpen;
49   MoveL Offs(T_2,0,0,-30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
50 ENDPROC
51
52 PROC POS2()
53   TakeObject;
54   MoveJ T_Home90,v200,z200,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
55   MoveJ Offs(T_3,0,0,-30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
56   MoveL Offs(T_3,0,0,-10),v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
57   GriperOpen;
58   MoveL Offs(T_3,0,0,-30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
59   TakeObject;
60   MoveJ T_Home90,v200,z200,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
61   MoveJ Offs(T_3,0,21,-30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
62   MoveL Offs(T_3,0,21,-10),v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
63   GriperOpen;
64   MoveL Offs(T_3,0,21,-30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
65   TakeObject;
66   MoveJ T_Home90,v200,z200,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
67   MoveJ Offs(T_4,0,0,-30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
68   MoveL Offs(T_4,0,0,-10),v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
69   GriperOpen;
70   MoveL Offs(T_4,0,0,-30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
71 ENDPROC
72
```

```

73 PROC POS3()
74   TakeObject;
75   MoveJ T_Home90,v200,z200,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
76   MoveJ Offs(T_5, 0, 0, -30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
77   MoveL Offs(T_5, 0, 0, -10),v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
78   GriperOpen;
79   MoveL Offs(T_5, 0, 0, -30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
80   TakeObject;
81   MoveJ T_Home90,v200,z200,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
82   MoveJ Offs(T_5, 0, 21, -30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
83   MoveL Offs(T_5, 0, 21, -10),v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
84   GriperOpen;
85   MoveL Offs(T_5, 0, 21, -30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
86   TakeObject;
87   MoveJ T_Home90,v200,z200,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
88   MoveJ Offs(T_6, 0, 0, -30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
89   MoveL Offs(T_6, 0, 0, -10),v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
90   GriperOpen;
91   MoveL Offs(T_6, 0, 0, -30),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
92 ENDPROC
93
94 PROC TakeObject()
95   MoveJ Offs(Target_10, 0, 0, 100),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
96   MoveL Target_10,v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
97   GripperClose;
98   MoveL Offs(Target_10, 0, 0, 30),v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
99   MoveJ Offs(Target_10, 0, 0, 150),v200,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
100 ENDPROC
101
102 PROC GriperOpen()
103   WaitRob \InPos;
104   Set DO_1;
105   WaitTime 0.5;
106 ENDPROC
107
108 PROC GripperClose()
109   WaitRob \InPos;
110   Reset DO_1;
111   WaitTime 0.5;
112 ENDPROC
113
114 PROC SyncPath()
115   MoveL T_Home90,v1000,z100,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
116   MoveL Target_10,v1000,z100,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobj0;
117   MoveL T_1,v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
118   MoveL T_2,v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
119   MoveL T_3,v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
120   MoveL T_4,v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
121   MoveL T_5,v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
122   MoveL T_6,v30,fine,PrihvatnicaHanoi_1\WObj:=wobjPlate;
123 ENDPROC
124 PROC Path_10()
125
126 ENDPROC
127 ENDMODULE

```