

Upravljanje maketom stanice za prešanje pomoću PLC-a u razvojnom sustavu CODESYS

Đeno, Matija

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:122:142148>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-30**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 545/EL/2024

**Upravljanje maketom stanice za prešanje pomoću PLC-a
u razvojnom sustavu CODESYS**

Matija Đeno, 0336042636

Varaždin, rujan 2024. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za elektrotehniku

Završni rad br. 545/EL/2024

Upravljanje maketom stanice za prešanje pomoću PLC-a u razvojnom sustavu CODESYS

Student

Matija Đeno, 0336042636

Mentor

Josip Srpak, dipl. ing.

Varaždin, rujan 2024. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za elektrotehniku		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij Elektrotehnike		
PRISTUPNIK	Matija Đeno	MATIČNI BROJ	0336042636
DATUM	09.09.2024.	KOLEGIJ	PLC sustavi upravljanja
NASLOV RADA	Upravljanje maketom stanice za prešanje pomoću PLC-a u razvojnom sustavu CODESYS		

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Control of the model of the pressing station using PLC in the development system CODESYS

MENTOR Josip Srpak ZVANJE viši predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. doc. dr. sc. Dunja Srpak
2. mr. sc. Ivan Šumiga, viši predavač
3. Josip Srpak, viši predavač
4. Miroslav Horvatič, viši predavač
- 5.

Zadatak završnog rada

BROJ 545/EL/2024

OPIS

Za izradu završnog rada može se koristiti edukacijska maketa koja sadržava više elemenata industrijskog postrojenja. U ovom završnom radu treba obraditi detalje automatiziranja procesa prešanja.

Pri tome je potrebno:

- opisati osnovni koncept automatizacije
- opisati korišteni hardware i software za realizaciju procesa prešanja
- izraditi električne sheme za spajanje PLC-a i makete
- napisati program za kontroliranje procesa prešanja
- testirati rad programa i sustava.

ZADATAK URUČEN

10. 09. 2024.



Josip Srpak

Predgovor

Zahvaljujem se mentoru dipl. ing. Josipu Srpaku na utrošenom vremenu, strpljenju, pomoći i stručnim savjetima koji su mi pomogli prilikom izrade završnog rada. Također, zahvaljujem se i svim ostalim profesorima koji su bili pristupačni i susretljivi kroz ovaj studij.

Sažetak

U teorijskom dijelu ovog završnog rada opisan je princip rada automatiziranih industrijskih postrojenja. Opisani su ključni uređaji upravljačkih sustava, njihov razvoj i njihovi dijelovi. Također, navedena je korištena oprema: Weintek *hardware* (PLC, U/I modul, HMI) i FischerTechnik maketa, i korišteni programi: CODESYS i EPLAN, koji se koriste u praktičnom dijelu.

U praktičnom dijelu rada opisan je postupak aktivacije *softwarea* CODESYS i konfiguracije i izrade projekta. Na kraju je prikazan postupak izrade PLC program u Ladder dijagramu i izrađene su mogućnosti modova upravljanja i vizualizacija na HMI-u za gotovu maketu za transport i prešanje.

Ključne riječi: PLC, HMI, pokretna traka, preša, automatizacija

Summary

In the theoretical part of this final thesis, the basic principle of the way automated industrial plants work is described. The key devices of the control systems, their development and their parts are also described. The equipment that's used is: Weintek hardware (PLC, I/O module, HMI) and FischerTechnik model, and the programs that are used are: CODESYS and EPLAN.

In the practical part of the paper, the procedure for activating the CODESYS software and configuring and creating a project is described. The created PLC program and the process of creating the program in a Ladder diagram, and HMI visualization are shown in the end of the paper.

Keywords: PLC, HMI, conveyor belt, press, automation

Popis korištenih kratica

CPU	engl. central processing unit
FBD	engl. function block diagram
HMI	engl. human-machine interface
HVAC	engl. heating, ventilation and air conditioning
IDE	engl. integrated development environment
IEC	engl. international electrotechnical commission
IL	engl. instruction list
IP66	engl. ingress protection rating
IT	engl. information technology
LAN	engl. local area network
LCD	engl. liquid crystal display
LD	engl. ladder diagram
LED	engl. light emitting diode
MAC	engl. media access control
PLC	programabilni logički kontroler
RISC	engl. reduced instruction set computer
RS-232	engl. recommended standard-232
RS-485	engl. recommended standard-485
RTU	engl. remote terminal unit
SCADA	engl. supervisory control and data acquisition
SCL	engl. structured control language
SFC	engl. sequential function chart
TCP/IP	engl. transmission control protocol/internet protocol
USB	engl. universal serial bus
U/I modul	ulazno/izlazni modul / engl. input/output module

XML

engl. extensible markup language

Sadržaj

1	Uvod.....	1
1.1	Zadatak i opis završnog rada.....	1
2	Automatizacija	3
2.1	Industrijska automatizacija.....	3
2.2	Upravljanje i regulacija	4
3	Programabilni logički kontroler (PLC).....	6
3.1	Razvoj PLC-a i usporedba s relejnim sustavima.....	6
3.2	Sastavni dijelovi PLC-a.....	7
3.3	Princip i ciklus rada PLC-a	9
3.4	Programiranje i programski jezici PLC-a.....	10
3.4.1	Ljestvičasti dijagram (LD).....	11
4	Korištena oprema i korišteni programi	12
4.1	Weintek <i>hardware</i>	13
4.1.1	Weintek HMI cMT2078X.....	13
4.1.2	Weintek iR serija (iR -ETN, -DM16-P, -AI04-VI).....	14
4.2	CODESYS <i>software</i>	16
4.3	FischerTechnik maketa	17
4.3.1	Istosmjerni motori (24V)	18
4.3.2	Fototranzistori i LED diode	18
4.3.3	Mikroprekidači.....	19
4.4	EPLAN.....	19
4.5	Modbus.....	20
5	Praktični dio.....	22
5.1	Aktivacija CODESYS-a i uspostava komunikacije	22
5.2	Izrada električne sheme i spajanje makete i PLC-a.....	24
5.3	Konfiguracija i izrada projekta u CODESYS-u	26

5.4	Izrada PLC programa i vizualizacije na HMI-u	29
5.4.1	Popis ulaza, izlaza i pomoćnih varijabli PLC-a	29
5.4.2	Programski kod i rad u CODESYS-u	32
5.4.3	Vizualizacija na HMI-u.....	35
6	Zaključak.....	42
7	Literatura.....	43

1 Uvod

S obzirom na to da su automatizacija procesa i razvoj automatiziranih postrojenja u 21. stoljeću u većem usponu nego ikad, upotreba programabilnih logičkih kontrolera (PLC-a) raste sve više i više. PLC-i koriste se za automatizaciju i upravljanje industrijskim procesima, postrojenjima, strojevima, itd. Dizajnirani su da budu izdržljivi, pouzdani i fleksibilni te su zbog toga još davno zamijenili tradicionalne relejne sustave, čime su „postali standard“ u industrijskoj automatizaciji. U ovom završnom radu koristi se Weintek cMT2078X upravljački panel (engl. human-machine interface) koji pomoću sustava CODESYS simultano radi i kao PLC i kao HMI, i upravlja maketom za prešanje koja se sastoji od pokretne trake i preše.

CODESYS je napredno integrirano razvojno i izvršno okruženje koje se koristi za pisanje PLC programa u bilo kojem programskom jeziku unutar IEC (engl. international electrotechnical commission) 61131-3 standarda, i za vizualizaciju upravljanja.

Preša (engl. press) je stroj koji se koristi za prešanje, sječenje ili probijanje. Koristi se za tlačno opterećivanje proizvoda koji se obrađuje.

Pokretna traka (engl. conveyor belt) je uređaj koji se koristi za prijenos materijala, dijelova i proizvoda s jednog mjesta na drugo, ili pak za sortiranje i odvajanje određenih sirovina. Svojom funkcionalnošću smanjuje potrebu za ručnim radom i pridonosi učinkovitosti. Zbog toga ne samo da se koriste u trgovačkim centrima ili aerodromima, već i u industrijskim postrojenjima kao što su: prehrambena industrija, automobilska industrija, itd.

1.1 Zadatak i opis završnog rada

Zadatak ovog završnog rada je napisati PLC program u razvojnom okruženju CODESYS za upravljanje FischerTechnik edukacijskom maketom koja se sastoji od transportne trake i preše za tlačnu obradu proizvoda. Također, potrebno je opisati koncept automatizacije i korišteni *hardware* i *software* i izraditi električne sheme za spajanje PLC-a i makete u EPLAN-u.

U ovom završnom radu automatizirana je maketa s pokretnom trakom i štancem. Maketa ima 3 moda rada: ručno, automatsko-jednostruko i automatsko-kontinuirano, i oni se biraju na početnom prozoru na HMI-u. Sva 3 moda rada imaju mogućnost stavljanja preše u osnovni položaj (gore). Kod ručnog upravljanja pokretnom trakom i prešom upravlja se virtualnim gumbima. Konkretno, preša se može upravljati gore i dolje, a pokretna traka naprijed i iza. Kod obje varijante automatskog upravljanja, maketom se upravlja istim

virtualnim gumbima: „start” i „stop”. Kod prve varijante (jednostruko) traka se aktivira pritiskom na „start” ako je objekt na određenom mjestu, odradi se jedno prešanje i traka se 0,5s nakon što se preša vrati gore, vrati na početno mjesto s objektom i stane. Dakle, odradi se isključivo jedan ciklus prešanja i nakon toga se ciklus ponovo mora pokretati sa „startom”. Kod kontinuiranog moda rada ne odradi se isključivo jedan ciklus, nego maketa radi sve dok se ne zaustavi pritiskom na „stop”. Konkretno, 1. ciklus započinje se gumbom „start” i on je 3s brži od sljedećih ciklusa poslije njega zato što traka stoji 3s nakon odradenog ciklusa kako bi se mogao zamijeniti objekt. Nakon 3s traka ponovo kreće. Osim programa i mogućnosti upravljanja na HMI-u, izrađen je i grafički prikaz koji simulira stvarno stanje makete. Na HMI-u je dodana tablica s upozorenjima za traku kao sigurnosni dio programa. Ako traka radi u praznom hodu 10s, pale se lampice i na HMI se šalje alarm koji traži da se traka ručno zaustavi. Ako se traka ne zaustavi ručno unutar 15s, zaustavi se automatski i upali treptajuću lampicu koja signalizira da je traka ugašena.

2 Automatizacija

2.1 Industrijska automatizacija

Automatizacija (engl. automation) je grana elektrotehnike koja se bavi upravljanjem strojevima, procesima, zadacima ili sustavima pomoću kontrolnih sustava, tj. mehaničkih i elektroničkih uređaja koji zamjenjuju ljudski rad. [3] Prilikom automatizacije određenog procesa ili sustava, teži se poboljšanju i povećanju proizvodnje te olakšanju ljudskog fizičkog rada s ciljem da se potpuno zamjeni automatskim radom strojeva. Automatizacijom procesa i zamjenom ljudskog fizičkog rada smanjuje se rizik od ljudskih pogrešaka prilikom serijske proizvodnje i rizik od fizičkih ozljeda, a povećava se efikasnost i pouzdanost proizvodnje, što su samo neke od mnogih prednosti automatizacije. [5]



Slika 2.1 Primjer industrijske automatizacije

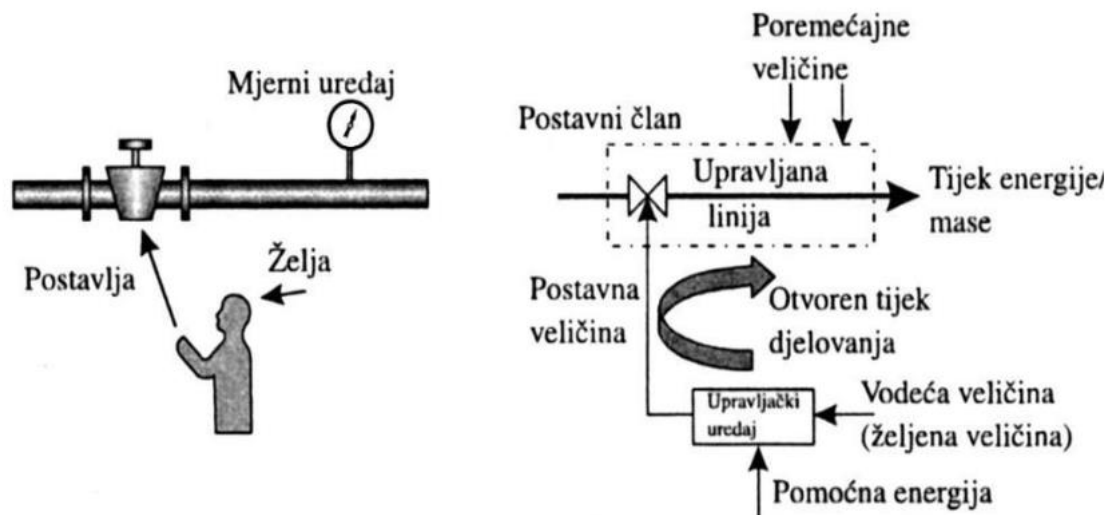
S obzirom na to da je u 21. stoljeću jako teško održati konkurentsku prednost nad ostalim tvrtkama na tržištu, ključnu ulogu u modernoj proizvodnji „igraju” *hardware* i *software*, tj. naprednost korištene tehnologije. *Hardware* automatiziranih sustava uključuje fizičke komponente bez kojih automatizacija proizvodnih procesa ne bi bila moguća, a to su: PLC-ovi i tehnologija za upravljanje, senzori i aktuatori, roboti i strojevi, i mrežni

komunikacijski uređaji, dok *software* uključuje razne alate i razvojna sučelja za pisanje programa za upravljanje industrijskim procesima i za vizualizaciju istih. [3]

2.2 Upravljanje i regulacija

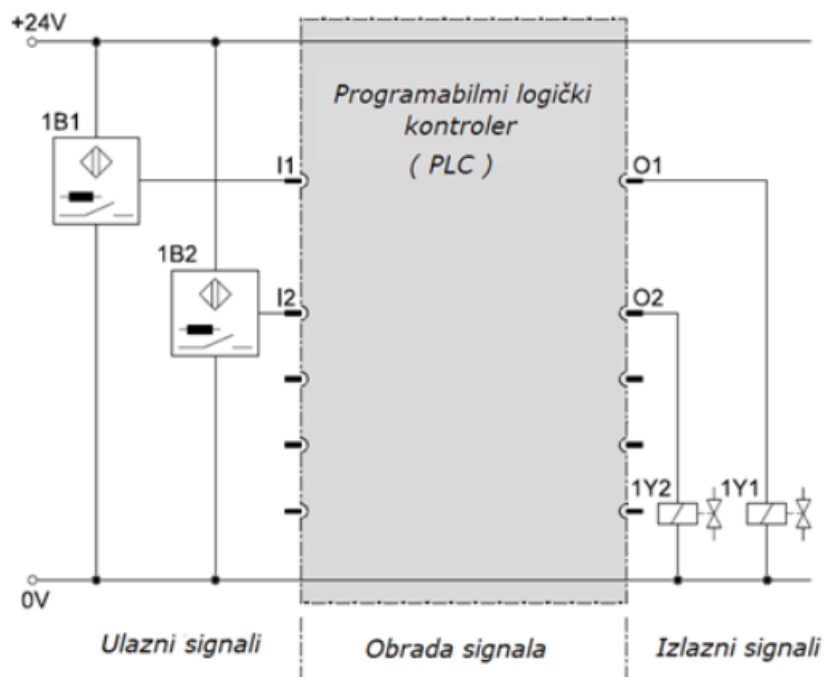
Tehnika automatiziranog procesa izvodi se na 2 osnova načina: regulacija sustava i upravljanje sustavom. Ta dva pojma usko su vezana, a imaju potpuno različita značenja. [5]

Upravljanje je proces u sustavu u kojem jedna ili više ulaznih varijabli utječu na druge varijable kao izlazne veličine. Dakle, upravljanje je djelovanje na određeni proces kako bi se postiglo željeno stanje, a automatsko upravljanje je upravljanje sustavima bez izravnog djelovanja čovjeka. [5]



Slika 2.2 Upravljački proces [5]

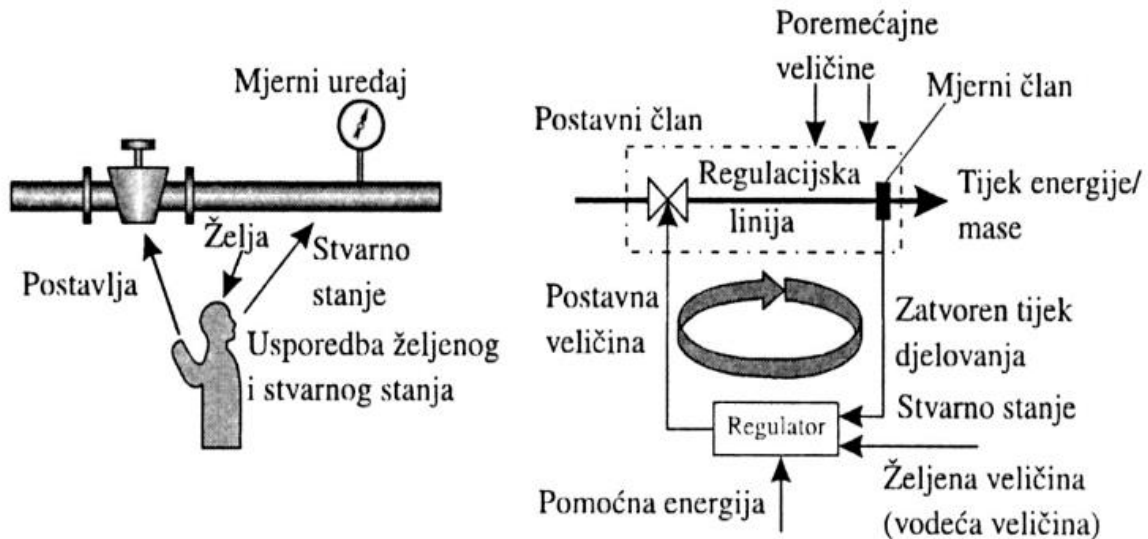
Kako god da se teži automatizaciji sustava bez imalo ljudskog djelovanja, gotovo uvijek je u tehničkim sustavima i strojevima prisutna mogućnost (engl. mod) ručnog rada koja je višeg prioriteta od automatskog upravljanja, čime se osigurava mogućnost sigurnosne intervencije čovjeka u slučaju kvara, nesreće, ili sličnog. [5]



Slika 2.3 Primjer strukture automatiziranog procesa [5]

Slika 2.3 prikazuje upravljački karakter procesora (PLC-a) u ovisnosti o načinu izvođenja automatiziranog procesa. To znači da se radom procesora definira izlazni upravljački signal za izvršenje samog procesa. [5]

Regulacija je proces u kojem se kontinuirano prati određena varijabla, uspoređuje s ciljanom vrijednošću, a zatim se, na temelju te usporedbe prilagođava kako bi se regulirana veličina što više približila željenoj vrijednosti. To je upravljanje u zatvorenoj petlji, tj. u regulacijskom krugu kod kojeg postoji povratna veza pomoću koje se mogu „ukloniti” poremećaji koji djeluju na sustav. Dakle, cilj regulacije je održavanje željenog stanja sustava, odnosno, mijenjanje stanja sustava ovisno o poremećajima koji djeluju na njega. Kod automatiziranog načina regulacije cilj je reguliranu veličinu održati konstantnom, tj. vanjske poremećaje smanjiti na najnižu razinu. [5]



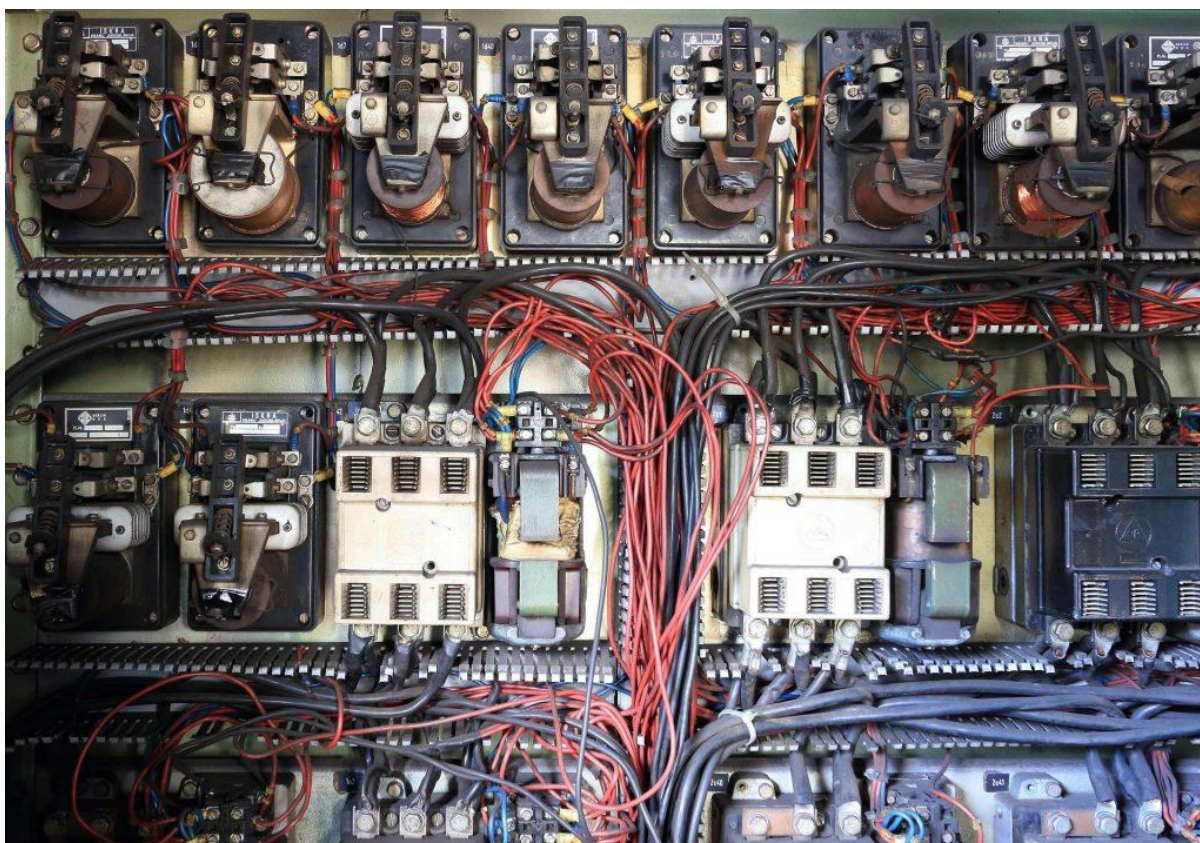
Slika 2.4 Regulacijski proces [5]

3 Programabilni logički kontroler (PLC)

3.1 Razvoj PLC-a i usporedba s relejnim sustavima

PLC je programabilni logički kontroler, specijalizirano računalo koje se koristi za automatizaciju industrijskih procesa i postrojenja. PLC-ovi su temeljni elementi u industrijskoj automatizaciji dizajnirani i izrađeni s ciljem da olakšaju upravljanje i pruže fleksibilnu i pouzdanu kontrolu nad procesima. [8]

Njihov razvoj započeo je krajem 60-ih s ciljem unaprjeđenja industrijskih pogona. Do tada su pogoni bili upravljani relejnim sustavima koji su bili nefleksibilni i kompleksni za upravljanje i održavanje. Princip rada relejnih sustava bazira se na radu zavojnice. Kad kroz zavojnicu poteče struja, oko nje se stvara magnetsko polje koje onda pomiče (aktivira) radne ili mirne kontakte i na taj način prekidač „odradi“. Kad se dotok struje zavojnici prekine, prekidač se vraća u početno stanje, tj. kontakti se deaktiviraju. Takvi sustavi bili su kompleksni za održavanje zato što su upravljački sklopovi bili sačinjeni od mnogo releja povezanih žicama. Ukoliko bi došlo i do samo male promjene procesa, trebalo je ponovo preslagivati i prespajati releje, što je uzrokovalo veliko vrijeme praznog hoda proizvodnje. Identičan ishod događao se i kod neispravnosti određenih releja ili kod otklanjanja kvarova. [8]



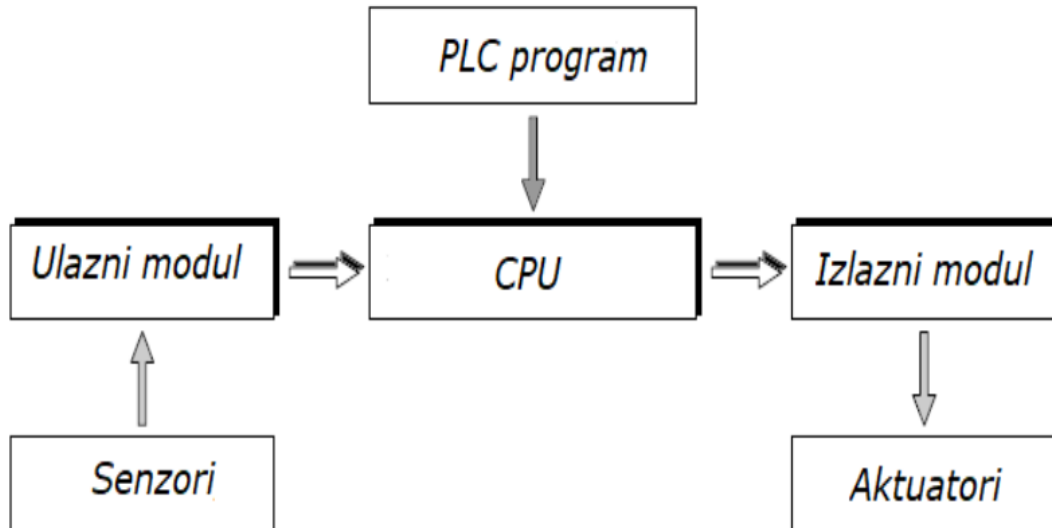
Slika 3.1 Automatizacija relejnim sustavima [9]

Upravo zbog navedenih nedostataka, dizajnirani su PLC-ovi: robusna i pouzdana, modularna i fleksibilna industrijska računala. Pouzdaniji su od relejnih sustava zato što nemaju mehaničkih pokretnih dijelovi koji bi se mogli pokvariti, potrošiti ili ostariti, a robusnošću i otpornošću na nepoljne uvjete iz proizvodnje kao što su prašina, visoka temperatura, vlaga i vibracije također postaju superiorni relejnim sustavima. [8]

3.2 Sastavni dijelovi PLC-a

Tipičan PLC koji se koristi za obradu signala u sustavima upravljanja može se promatrati kao „mozak” cijelog procesa zbog svojeg glavnog elementa, procesora (engl. central processing unit). [8]

Slika 3.2 prikazuje strukturu PLC-a i tijek obrade signala.



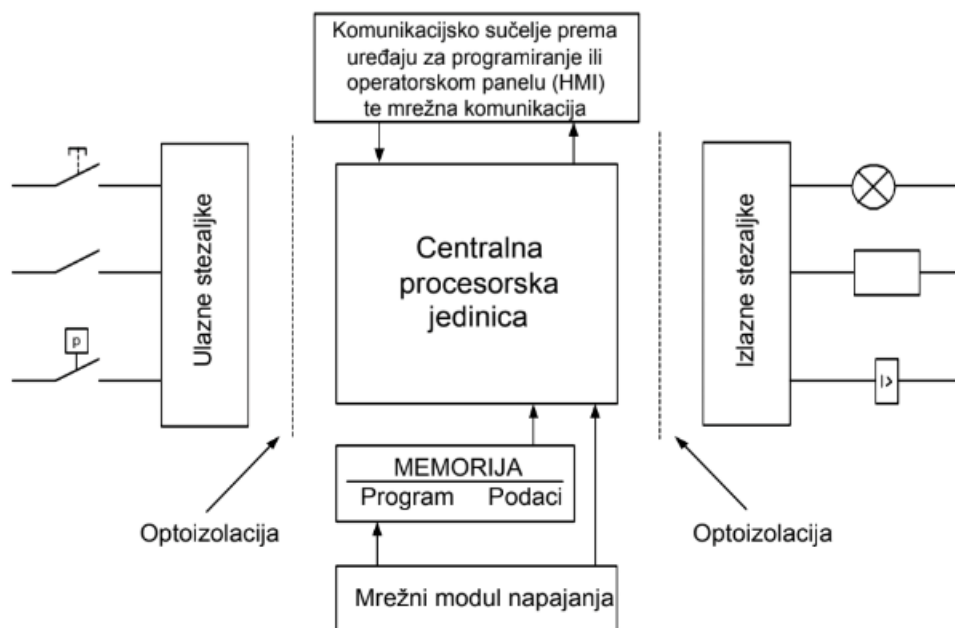
Slika 3.2 Struktura PLC-a [5]

Kako bi se bolje objasnio princip rada PLC-a, potrebno je navesti dijelove PLC-a, a to su:

- ulazni i izlazni modul (analogni i digitalni),
- procesor (CPU),
- memorija za program i za podatke,
- modul za napajanje,
- komunikacijsko sučelje
- moduli za proširenje. [8]

Između U/I modula i CPU-a nalazi se optoizolacija. Optoizolacija galvanski odvaja strujne krugove ulaza i izlaza, i CPU-a kako bi se spriječio protok struje ako dođe do potencijalnih razlika u strujnim krugovima, i kako bi se spriječile visokofrekventne smetnje (filtracija signala). [8]

Na slici 3.3 prikazani su navedeni dijelovi PLC-a.

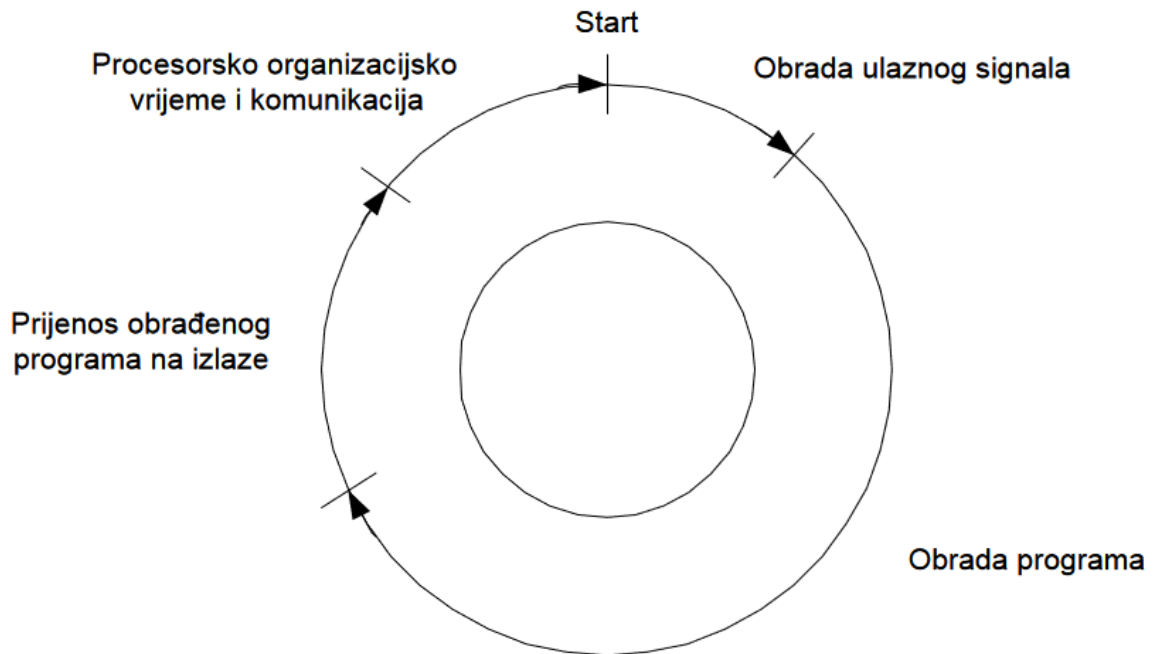


Slika 3.3 Dijelovi PLC-a [8]

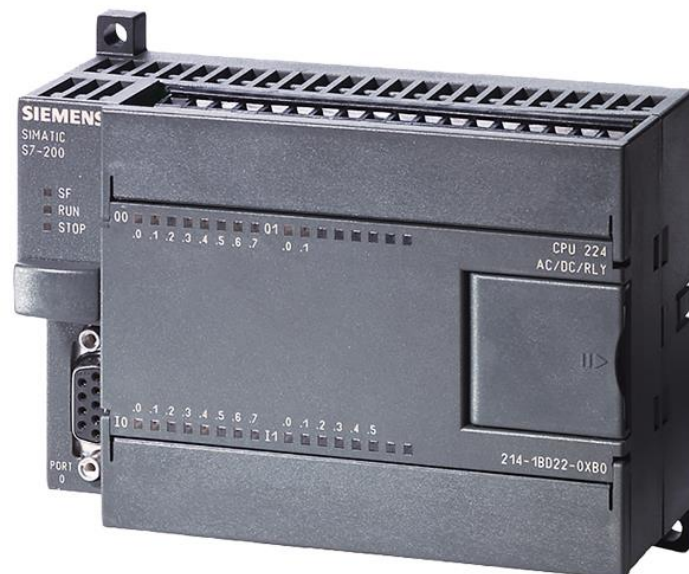
3.3 Princip i ciklus rada PLC-a

Princip rada PLC-a može se pojasniti u 4 koraka: PLC prvo prikuplja podatke iz vanjskog okruženja putem senzora i ulaznih uređaja koji se spajaju na ulazni modul i šalje ih u ulazni memorijski registar procesora. Signali koje prima mogu biti digitalni (diskretne vrijednosti) i analogni (kontinuirane vrijednosti) pa sukladno tome postoje digitalni i analogni U/I moduli. Digitalne informacije mogu biti signali sa senzora, tipkala ili sklopki (imaju samo 2 moguća stanja), dok analogne informacije mogu biti naponski signali s mjernog pretvornika temperature, tlaka, i slično. Drugi korak je obrada prikupljenih ulaznih podataka prema logici koja je zadana u korisničkom programu, odnosno, obrada programa i slanje rezultata u izlazni memorijski registar procesora. Treći korak je prijenos tih obrađenih podataka iz izlaznog registra na fizičke izlaze PLC-a, tj. upravljanje aktuatorima. Dakle, PLC generira odgovarajuće izlazne signale koji upravljaju izlaznim uređajima. Na kraju se odvijaju operacije potrebne za funkcioniranje operativnog sustava (OS-a) PLC-a i komunikacija s vanjskim uređajima. Dakle, PLC mora stalno pratiti stanja ulaza i prema njihovoj promjeni korigirati i mijenjati stanja izlaza kako je to određeno logikom u korisničkom programu. Kako bi to mogao raditi „stalno”, navedena 4 koraka vrši ciklički u beskonačnoj petlji. [8]

Na slici 3.4 prikazan je ciklus rada PLC-a, a na slici 3.5 primjer PLC-a.



Slika 3.4 Ciklus rada PLC-a [8]



Slika 3.5 Siemens Simatic S7-200 [13]

3.4 Programiranje i programski jezici PLC-a

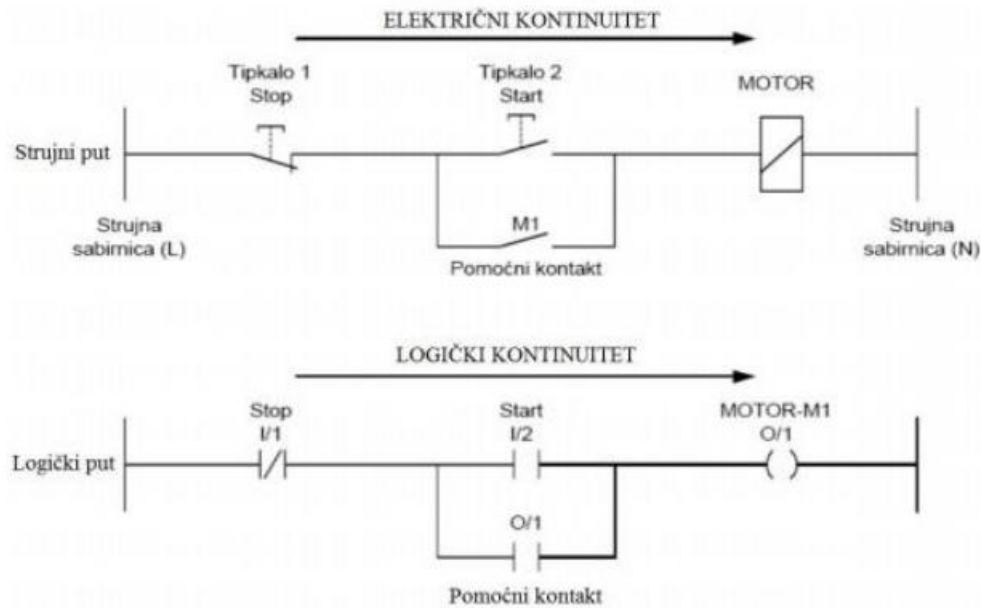
U suštini, mogućnost reprogramiranja i *softwareski* riješene upravljačke komponente PLC-a, kao što su npr.: *counteri* i *timeri*, glavne su prednosti PLC-a. Za upravljanje nekim sustavom potreban je program napisan u određenom programskom jeziku, a najčešće se piše

preko nadređenog računala na kojem je instaliran *software* za korišteni PLC (ovisno o proizvođaču). „Svaki proizvođač uz svoj PLC (*hardware*) daje *software* koji je ustvari kombinacija programskog *editora*, *compilera* te komunikacijskog *software-a*.” Kod se piše u *editoru*, provjerava se njegova sintaksa i ako je program ispravan, šalje se u RAM memoriju PLC-a. U slučajevima manjih korekcija i manjih izmjena programa, PLC-i koji sadrže ručne programatore s LCD (engl. liquid crystal display) sučeljem i malom tipkovnicom mogu se programirati na licu mjesta preko istih. Postoje dvije skupine programskih jezika: tekstualni i grafički. Tekstualni jezici su: instrukcijske liste (IL) i strukturirani tekst (SCL), a grafički jezici su: ljestvičasti dijagram (LD), funkcijski blokovski dijagram (FBD) i sekvencijalni funkcijski dijagram (SFC). [8]

3.4.1 Ljestvičasti dijagram (LD)

Ljestvičasti dijagram je standardizirani, najčešće upotrebljavani PLC programski jezik. To je grafički programski jezik, što znači da se za programiranje koriste simboli, a ne tekst, što je također i glavna razlika između te dvije skupine programskih jezika. Nastao je na temelju strujnih upravljačkih shema kojima se prikazuje protok struje, a karakterističan naziv dobio je zbog svojeg izgleda koji podsjeća na ljestve. Važno je za istaknuti da se prijelaz s upravljanja relejnim sustavima na upravljanje PLC-ima olakšao ovim jezikom zato što postoji sličnost između istih. [8]

Na slici 3.6 prikazana je usporedba električne sheme i ljestvičastog dijagrama. Obje sheme iste su funkcionalnosti, a izvršavaju uključanje i isključenje motora. Električna shema prikazuje stvarni tok struje u nekom strujnom krugu i njezini simboli prikazuju stvarne uređaje i njihovo ožičenje, dok je ljestvičasti dijagram dio upravljačkog *softwarea*, tj. programa PLC-a, i njegovi simboli označavaju određene naredbe u programu. [7] Također, još jedna razlika je da se u električnoj shemi prikazuje stanje kontakata (otvoreno ili zatvoreno), dok se kod ljestvičastog dijagrama prikazuje jesu li naredbe istine (logička 1) ili neistinite (logička 0). [8]



Slika 3.6 Usporedba električne sheme i ljestvičastog dijagrama [8]

Svaki *network* u LD-u mora imati najmanje jednu izlaznu naredbu, a prije izlazne naredbe nalaze se jedan ili više uvjeta koji moraju biti zadovoljeni kako bi se ta izlazna naredba izvršila. Konkretno, uvjeti su ulazni signali koje PLC prima na svojem ulaznom modulu, a kombiniraju se s pomoćnim memorijski varijablama, varijablama *timera* i *countera*, i sa stanjem izlaza. [8] Na kraju, s desne strane *networka* nalazi se izlazna naredba koja se aktivira ovisno o stanju ulaza, odnosno ovisno o napisanom programu. [7]

4 Korištena oprema i korišteni programi

Za ovaj završni rad korišten je Weintek *hardware* i CODESYS *software*, i FischerTechnik maketa.

Weintek je inovativna azijska tvrtka koja se primarno bavi izradom HMI-a. Osim HMI-a, izrađuju i proširenja za iste u obliku U/I kartica (iR serija) koje se programiraju putem CODESYS-a. Važno je za napomenuti da Weintek nudi vlastiti besplatni razvojni *software* koji se zove „EasyBuilder Pro”, a omogućuje programiranje, konfiguraciju i stvaranje vizualno atraktivnih sučelja za HMI panele. [15] U ovom završnom radu koristi se za izradu vizualizacije na HMI-u.

CODESYS je integrirano razvojno i izvršno okruženje koje se koristi za PLC programiranje. To je „univerzalni” *software* za različite proizvođače *hardwarea* PLC-a. [1]

4.1 Weintek *hardware*

4.1.1 Weintek HMI cMT2078X

Weintek cMT X serija poznata je po svojim zaslonima visoke razlučivosti, snažnim performansama i visokoj pouzdanosti. Model korišten u ovom završnom radu je cMT2078X, koji je standardni model s četverojezgrenim RISC procesorom, što znači da može vrlo brzo izvršavati tražene instrukcije, tj. naredbe. Nudi visoku razinu zaštite, IP66, što znači da osigurava otpornost na prašinu i vlagu. Osim toga, sadrži višestruke komunikacijske priključke: RS-232 (engl. recommended standard-232) i RS-485 (engl. recommended standard-485), USB (engl. universal serial bus) 2.0 i dva LAN (engl. local area network) priključka, za jednostavno povezivanje s drugim uređajima. [15]



Slika 4.1 Weintek cMT2078X HMI



Slika 4.2 Komunikacijski priključci na HMI-u

4.1.2 Weintek iR serija (iR -ETN, -DM16-P, -AI04-VI)

Weintek iR serija uključuje različite uređaje i module koji se koriste za proširenje funkcionalnosti HMI sustava, a to su npr.: moduli za napajanje, komunikacijski moduli, digitalni i analogni U/I moduli, itd. Ovi uređaji dizajnirani su kako bi se omogućilo fleksibilno upravljanje i nadzor industrijskih procesa. [15] Ključna karakteristika iR serije je modularna fleksibilnost, što znači da se svi uređaji i moduli iR serije mogu jednostavno integrirati s ostalima, a to pruža fleksibilnost prilikom projektiranja ili proširenja sustava. Uređaji su robusni i pouzdani, što znači da su dizajnirani na način da izdrže ekstremne uvjete rade. Također, iR serija podržava brojne industrijske protokole kao što su: Ethernet/IP, Modbus RTU, Modbus TCP/IP, što omogućuje jednostavnu integraciju s PLC-ovima, SCADA sustavima, i drugim industrijskim kontrolerima. Važno je za napomenuti da se svi uređaji montiraju na DIN šinu, a to je standardna industrijska montaža u kontrolnim ormarima. [16]

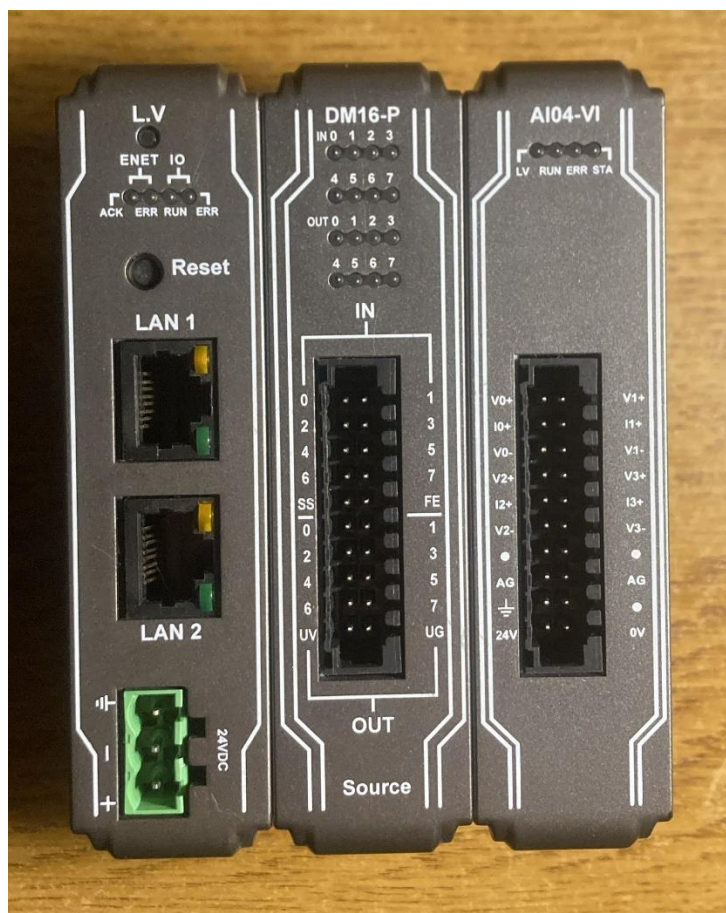
Za ovaj završni rad korišten je iR-ETN komunikacijski modul koji omogućuje povezivanje s drugim uređajima, drugim modulima iz iR serije, i sa širim industrijskim mrežama putem Ethernet protokola.

Korišten je i digitalni U/I modul iR-DM16-P koji omogućuje povezivanje HMI-a, tj. PLC-a, s različitim sensorima i aktuatorima. [16] Sadrži 8 ulaza i 8 izlaza, a podržava napajanje

PNP tipa (engl. sourcing), što znači da modul koristi pozitivni napon za slanje i primanje signala. Primjerice, PNP ulaz prilikom aktivacije, tj. primanja signala od nekog vanjskog senzora, šalje pozitivni signal na ulazni pin PLC-a i tako aktivira taj ulaz, a PNP izlaz pak prilikom aktivacije od PLC-a šalje pozitivni signal prema vanjskom uređaju. [17]

U sklopu upravljačkog sustava bio je i analogni ulazni modul iR-AI04-VI koji omogućuje primanje i obradu analognih signala, ali s obzirom na to da je maketa imala samo digitalne ulaze i izlaze, nije se koristio. Analogni ulazni modul omogućuje precizno mjerenje naponskih i strujnih signala nakon povezivanja s različitim analognim ulaznim uređajima i sensorima, i prijenos tih podataka do PLC-a za kontrolu i nadzor industrijskih procesa. Sadrži 4 analoga ulaza, a podržava mjerenje naponskih signala u rasponu od 0 do 10V i mjerenje strujnih signala u rasponima od 0 do 20mA i od 4 do 20mA. Sva 3 raspona standardna su za mnoge senzore i mjerne instrumente. [16]

Na slici 4.3 vide se korišteni moduli iz iR serije, s lijeva na desno: komunikacijski modul iR-ETN, digitalni U/I modul iR-DM16-P i analogni ulazni modul iR-AI04-VI.



Slika 4.3 iR- serija upravljački sklop

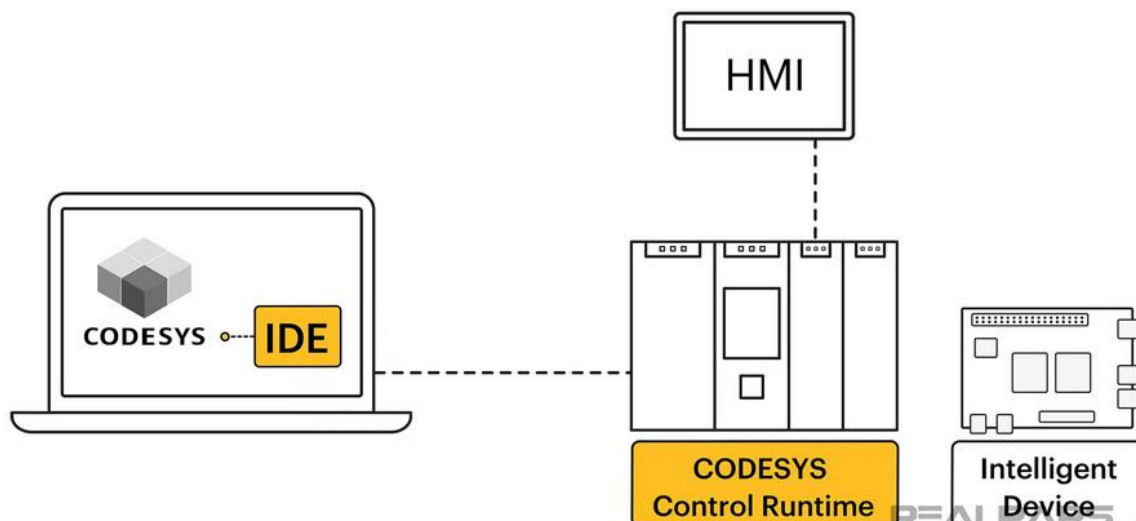
4.2 CODESYS *software*

Kao što je gore navedeno, CODESYS je napredni *software* koji se koristi za pisanje PLC programa i za vizualizaciju upravljanja. Razvila ga je tvrtka 3S-Smart Software Solutions koja se bavi isključivo razvojem *softwarea*, dok s proizvodnjom PLC-a i *hardwarea* za upravljačke sustave uopće nemaju doticaja. Njegova posebnost je u tome što se sastoji od 2 dijela *softwarea*: integriranog razvojnog okruženja (engl. integrated development environment) i izvršnog okruženja (engl. runtime). [1]

IDE obično se instalira na Windows OS, odnosno, na uređaj na kojem će se pisati PLC programi i stvarati vizualizacije za upravljanje (npr.: laptop, računalo). [2]

Runtime je dio CODESYS-a koji se koristi za pokretanje aplikacija razvijenih u IDE-u i prikaz vizualizacije. Obično se instalira na glavne upravljačke uređaje: PLC-e, industrijska računala, HMI-e koji imaju funkciju PLC-a, specijalizirane kontrolere, itd., ali može se instalirati na bilo koji „pametni” uređaj koji zadovoljava minimalne tehničke zahtjeve *runtimea*, kao što je *Raspberry Pi*. Mogućnost instalacije *runtimea* ovisi o tehničkim i *softwareskim* zahtjevima CODESYS-a, ali i o podršci i partnerstvu proizvođača. Mnogi proizvođači PLC-a (npr.: Siemens, Beckhoff, Schneider Electric, Weintek, itd.) proizvode uređaje koji su kompatibilni s CODESYS-om, što znači da imaju integrirani CODESYS *runtime* koji se ne može aktivirati bez licence koja se mora kupiti od 3S. To znači da postoji i uvjet kompatibilnosti, a to CODESYS čini univerzalnim razvojnim i izvršnim okruženjem za pisanje PLC programa, bez obzira na to koja je tvrtka proizvela PLC. Partnerstvom s CODESYS-om proizvođači PLC-i mogu se posvetiti izgradnji inovativnog *hardwarea*, a razvoj *softwarea* zaboraviti. [1] Na taj način nestaju mnogi različiti razvojni sustavi raznih proizvođača, a nastaje jedan jedinstveni, što programerske vještine čini prenosivima i čime PLC programeri postaju više cijenjeni. [2]

Na slici 4.4 slikovito je prikazan način rada CODESYS sustava.

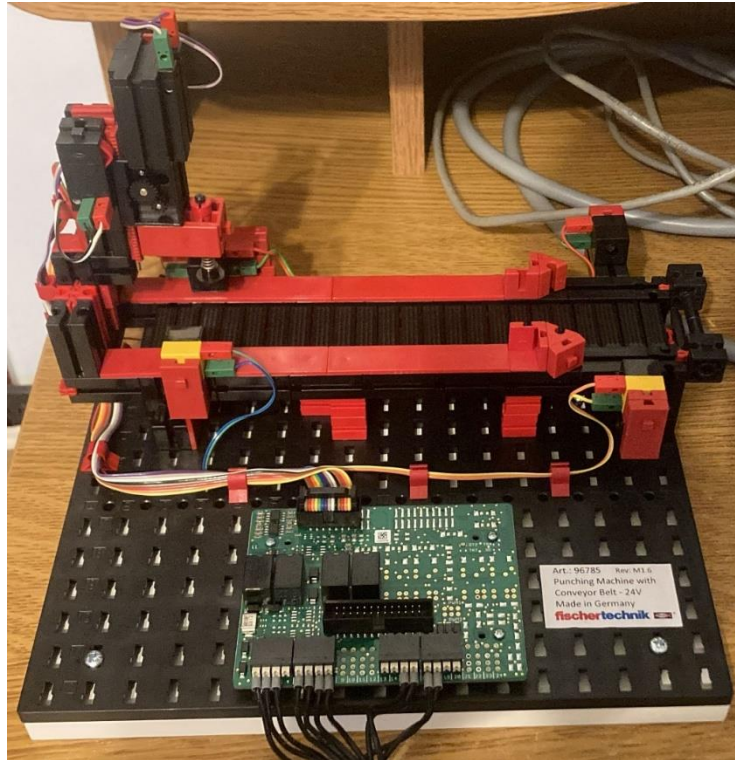


Slika 4.4 CODESYS sustav [1]

4.3 FischerTechnik maketa

Za ovaj završni rad korištena je Fischertechnik maketa za prešanje (ser. br. 96785) koja se sastoji od pokretne trake i stroja za prešanje. Maketa simulira automatiziranu industrijsku liniju kod koje se izvršava transport obradaka do preše, probijanje istih, i transport do početnog položaja. Sastoji se od dva istosmjerna 24V motora, dvije svjetlosne barijere koje se sastoje od LED diode i fototranzistora, i od dva mikrorekidača. [18] Maketa je spojena s PLC-om prema planu spajanja koji se dobije od proizvođača, a može se vidjeti u 1. prilogu.

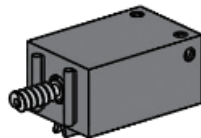
Na slici 4.5 vidi se korištena maketa.



Slika 4.5 FischerTechnik maketa br. 96785

4.3.1 Istosmjerni motori (24V)

Motori koji se koriste za pogon pokretne trake i za pokretanje preše su istosmjerni motori s permanentnim magnetima koji rade na nazivnom naponu od 24VDC. [18]



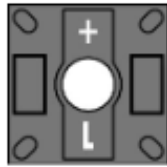
Slika 4.6 Grafički model DC motora [18]

4.3.2 Fototranzistori i LED diode

U ovoj maketi fototranzistori i LED diode zajedno funkcioniraju kao svjetlosne barijere. Svjetlosne barijere rade na principu optičke detekcije, a njihova funkcija je detekcija prisutnosti objekata, tj. obradaka. [18]

LED diode emitiraju svjetlost i za to im je potrebno 24V napajanje, a fototranzistori su elektronički senzori koji ju detektiraju. Ukoliko objekt dođe na određeno mjesto i blokira svjetlosni snop, fototranzistor detektira prekid i signalizira PLC-u da je objekt na toj poziciji. U ovoj maketi koriste se za detekciju pozicija objekata koji se kreću na pokretnoj traci i ovisno

o njihovim pozicijama, zaustavljaju ili pokreću pokretnu traku. Funkcioniraju kao NC kontakti zato što šalju signal kad svjetlosni snop nije blokiran, a kad ga se blokira, prekida se i slanje signala. [18]



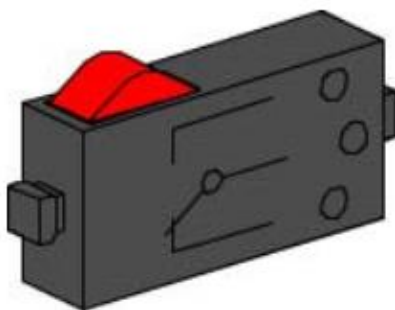
Slika 4.7 Grafički model LED diode [18]



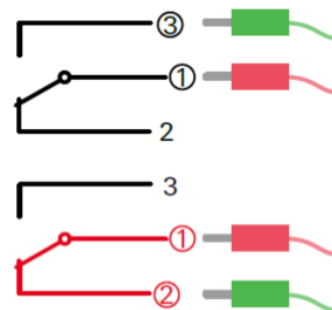
Slika 4.8 Grafički model fototranzistora [18]

4.3.3 Mikroprekidači

Mikroprekidači su precizni mehanički prekidači koji detektiraju fizički kontakt. Koriste se kao krajnji prekidači kod mehanizma za pokretanje preše, za ograničavanje pozicije (gornja i donja pozicija). Dakle, u ovoj maketi služe za određivanje krajnjih pozicija preše. Konkretno, kad mehanizam preše dođe do jednog od dva moguća krajnja položaja, mikroprekidač se aktivira i šalje signal PLC-u da zaustavi motor, ili promijeni smjer, što znači da se ponašaju kao NO kontakti. [18]



Slika 4.9 Grafički model mikroprekidača [18]



Slika 4.10 Shema spajanja mikroprekidača, mogućnost NO i NC kontakta [18]

Dakle, kad se crveni gumb na mikroprekidaču pritisne, tj. mehanizam preše dođe do krajnje pozicije, kontakt unutar kućišta se mehanički pokreće i struja počne teći između kontakata 1 i 3, a do tada između kontakata 1 i 2 uopće nema protoka struje. [18]

4.4 EPLAN

EPLAN je *software* kojim se projektiraju strojevi i upravljački ormari. Nudi *softwareska* i servisna rješenja u području elektrotehnike, mehatronike i automatizacije te na taj način pojednostavljuje zahtjevne inženjerske procese. [20]

EPLAN Electric je komponenta EPLAN-a koja je posebno prilagođena elektro projektiranju. Postoji verzija EPLAN Education 2024 koja je besplatna i dostupna za sve studente. Nudi mogućnosti poput izrade detaljnih električnih shema, dijagrama i tablica, i dokumentacije i popisa materijala za sve vrste elektro sustava. [12]

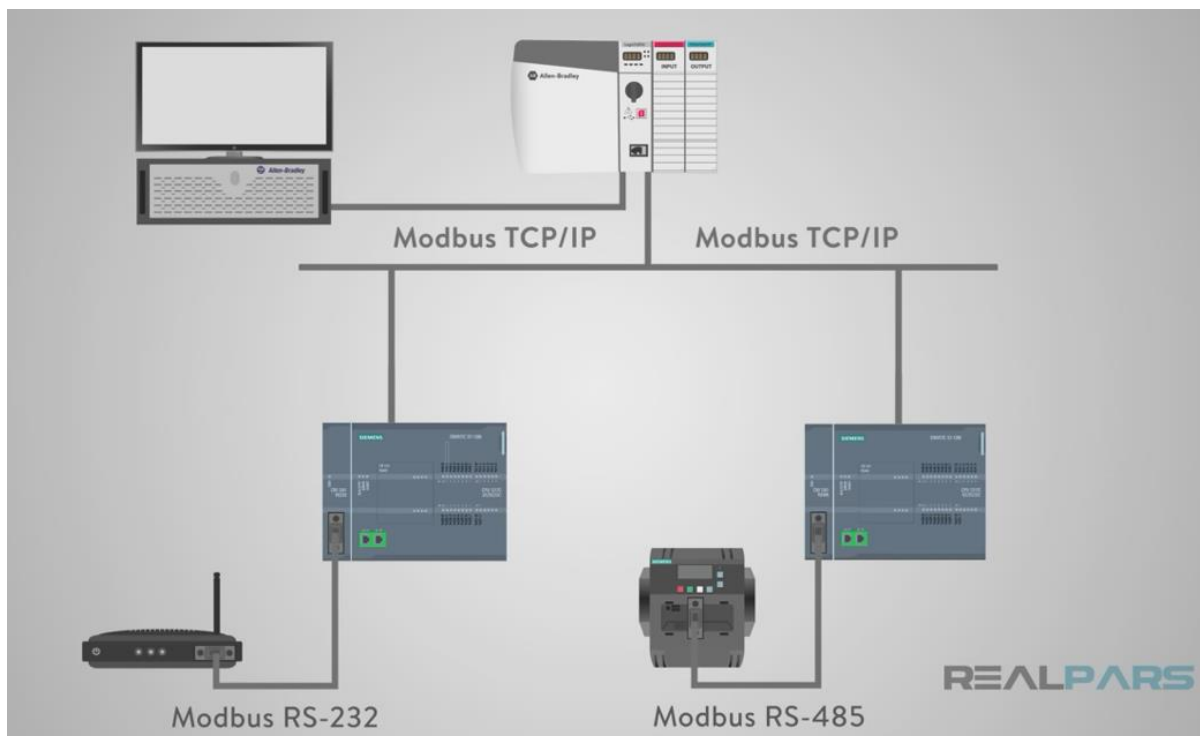
Pomoću ovog programa izrađene su sheme spajanja PLC-a i makete, što je dodano u 2. prilogu.

4.5 Modbus

Modbus je jedan od najstarijih i najpopularnijih komunikacijskih protokola koji se koristi u automatizaciji. Koristi se u kontrolnim sustavima, SCADA sustavima, HVAC sustavima, itd., i to za razmjenu podataka i komunikaciju između međusobno povezanih elektroničkih uređaja. Konkretno, omogućuje prijenos informacija od senzora koji, npr., mjeri temperaturu i vlagu, do nadređenoj uređaja, tj. PLC-a. [21]

Vrlo je popularan zato što je „otvoreni protokol” (engl. open protocol), što znači da je dostupan svima i da ga svi mogu implementirati bez posebnih ograničenja ili licenci. Osim toga, radi na osnovnim komunikacijskim sučeljima poput serijskih priključaka RS-232 i RS-485, i na standardnim Ethernet mrežama, što smanjuje njegovu kompleksnost i pojednostavljuje integraciju uređaja. [21]

Postoji više verzija Modbus protokola za serijske priključke i Ethernet mreže, a najčešći su: Modbus TCP/IP, Modbus RTU, Modbus ASCII i Modbus Plus. U sustavu korištenom u završnom radu koristi se TCP/IP verzija kod koje se uređaji umrežavaju pomoću Ethernet kablova i koja se temelji na standardnoj klijent-server arhitekturi. Na taj način svaki uređaj unutar Modbus TCP/IP lokalne mreže ima svoju IP adresu pomoću koje se identificira. Glavni nadređeni uređaj koji šalje upite i inicira i kontrolira komunikaciju je klijent, a podređeni uređaj koji odgovara je server. [21]



Slika 4.11 Primjer Modbus mreže [21]

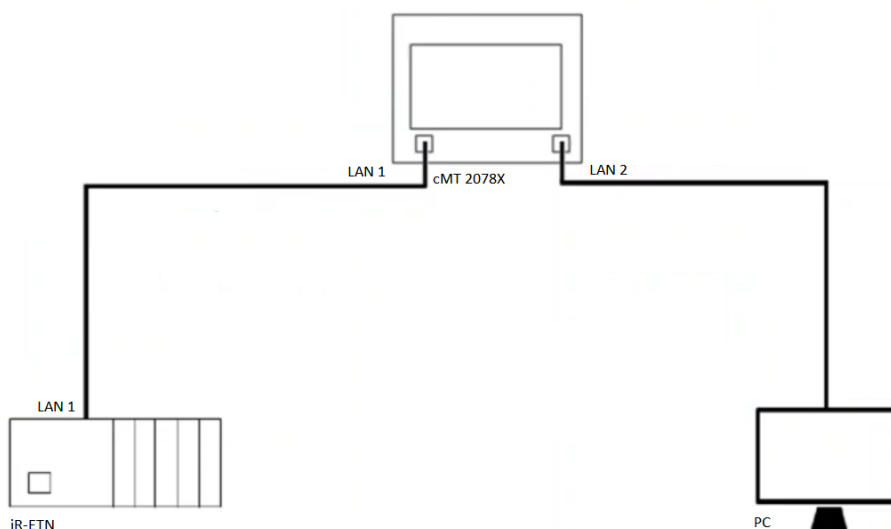
5 Praktični dio

5.1 Aktivacija CODESYS-a i uspostava komunikacije

Kao što je gore navedeno, prvo je trebalo aktivirati CODESYS licencu na Weintek HMI-u i nakon toga umrežiti uređaje i uspostaviti komunikaciju između istih. S obzirom na to da se za komunikaciju između uređaja koristi TCP/IP protokol, svi uređaji morali su biti postavljeni u istu mrežu. Na tablici 5.1 vidi se popis IP adresa uređaja, tj. LAN priključaka, a na slici 5.1 vidi se konačna shema spajanja uređaja u mrežu.

Uređaj	IP adresa
iR-ETN	192.168.0.212
PLC/HMI (LAN1)	192.168.0.10
PLC/HMI (LAN2)	192.168.0.205
PC	192.168.0.30

Tablica 5.1 Popis IP adresa

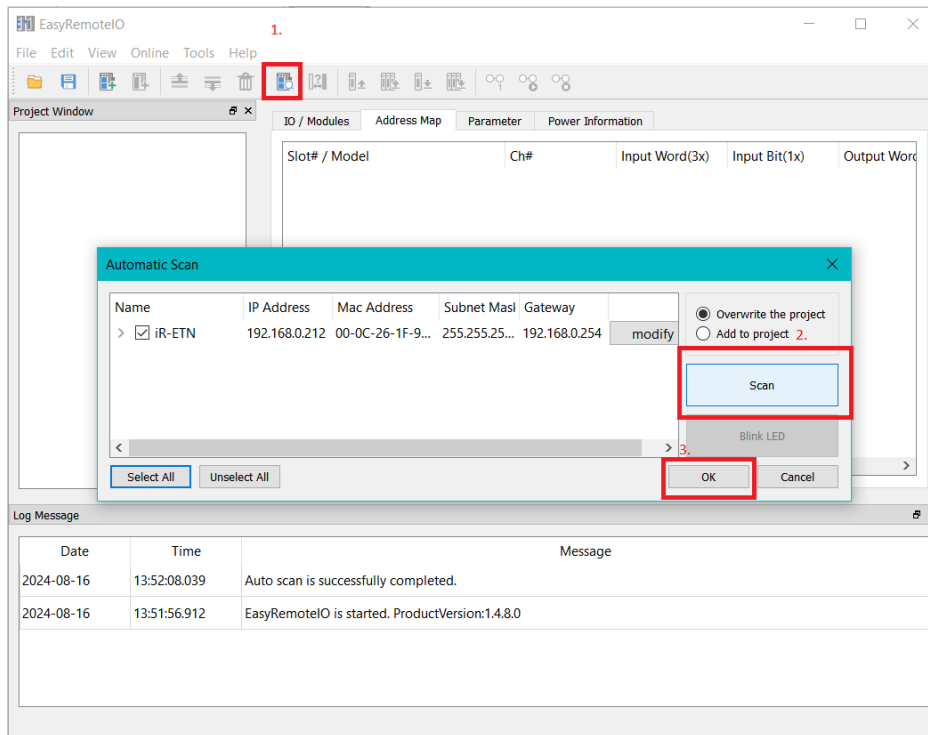


Slika 5.1 Shema umreživanja uređaja

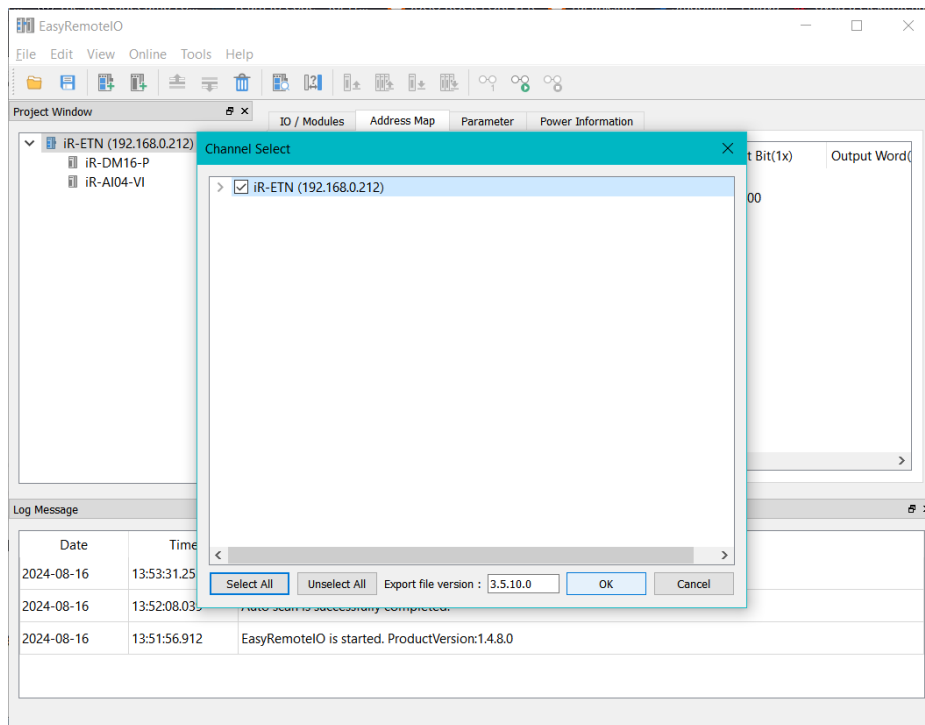
Aktivacija CODESYS-a potrajala je malo duže zato što se bilo nemoguće povezati na internet prije nego što je IT omogućio spajanje HMI-a na internet preko MAC adrese. Nakon toga, postupak je bio trivijalan: trebalo je aktivirati licencu, modificirati IP adrese LAN priključaka i omogućiti „rad” CODESYS-a na priključku LAN 1.

Nakon toga, trebalo je LAN kablom povezati PC i iR-ETN komunikacijski modul i pomoću „Weintekovog” besplatnog *softwareskog* alata EasyRemote I/O preuzeti konfiguracijske podatke o komunikacijskom modulu i U/I modulima spojenima na njega. Ta „.xml datoteka” kasnije je potrebna za implementaciju podataka o korištenim modulima u

CODESYS projekt i za uspostavu komunikacije. EasyRemote I/O koristi se za konfiguraciju parametara istih. Nakon preuzimanja datoteke trebalo je spojiti uređaje kao što su spojeni na slici 5.1.



Slika 5.2 Skeniranje spojenih modula



Slika 5.3 Preuzimanje potrebne datoteke

5.2 Izrada električne sheme i spajanje makete i PLC-a

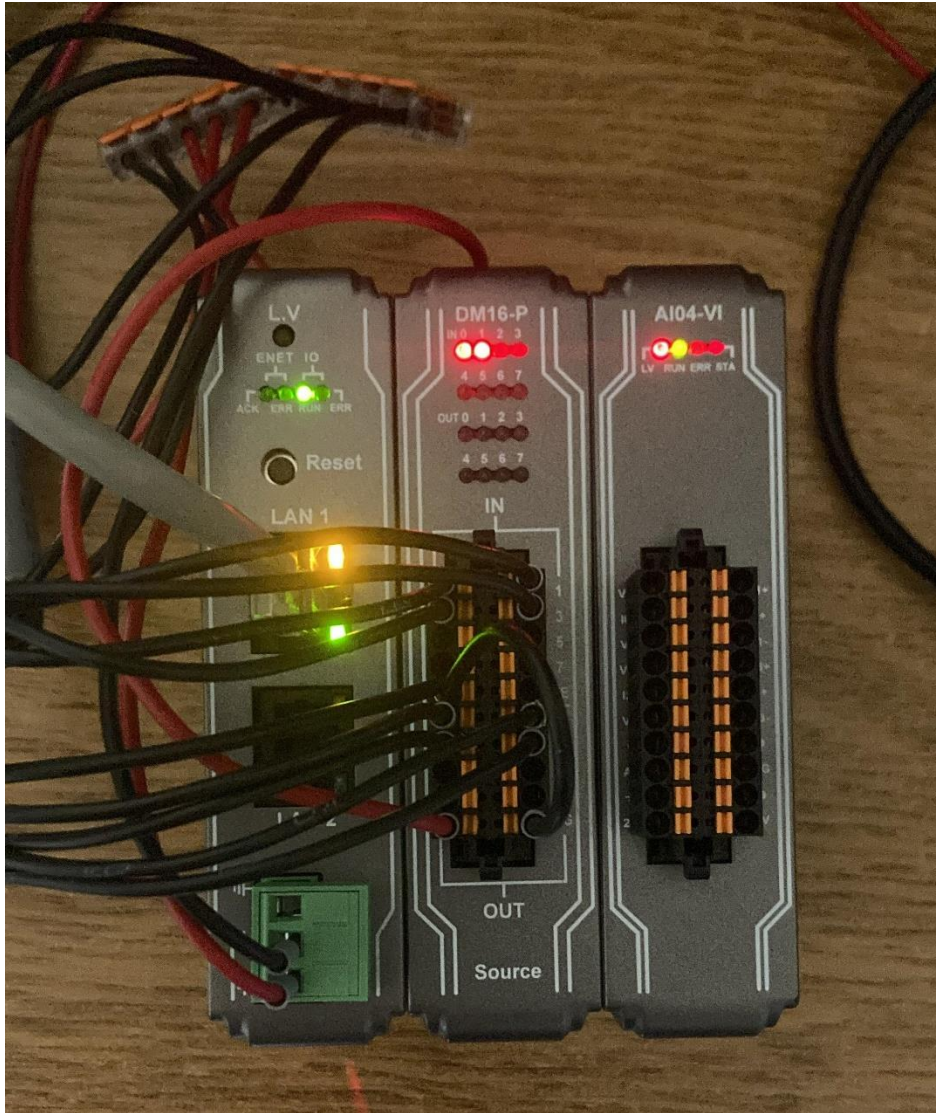
Kao što je gore navedeno, shema spajanja makete i PLC-a izrađena je u EPLAN-u i može se pronaći u 2. prilogu, a elementi su spojeni prema planu spajanja makete.

Za napajanje makete, PLC-a i U/I modula koristi se Quint-PS-100-240AC/24DC/5 izvor napajanja kojeg proizvodi tvrtka Phoenix Contact.

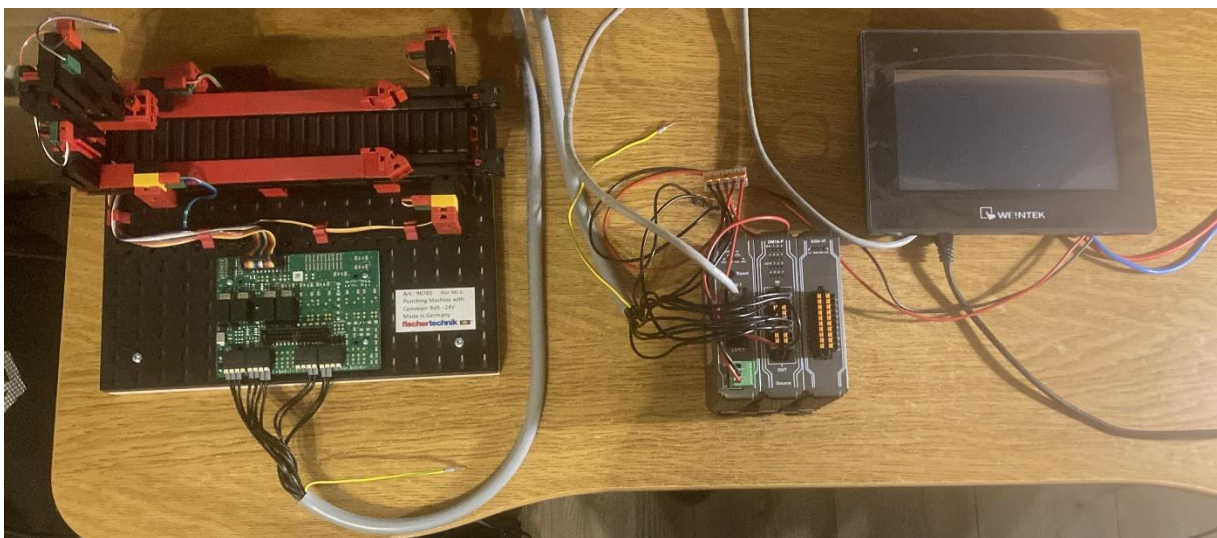


Slika 5.4 Izvor napajanja

Za spajanje makete i PLC-a korišten je $12 \times 0,75 \text{ mm}^2$ finožični signalni kabel čije su žile numerirane i korištene u skladu s izrađenom shemom. Jedino što nije korišteno je pin 4 koji je „nula” kao i pin 3, ali samo zato što je piskavcom testirano i zaključeno da su oni dva spojeni. PLC sve ulazne i izlazne signale s makete prima preko digitalnog U/I modula.



Slika 5.5 Spajanje U/I modula

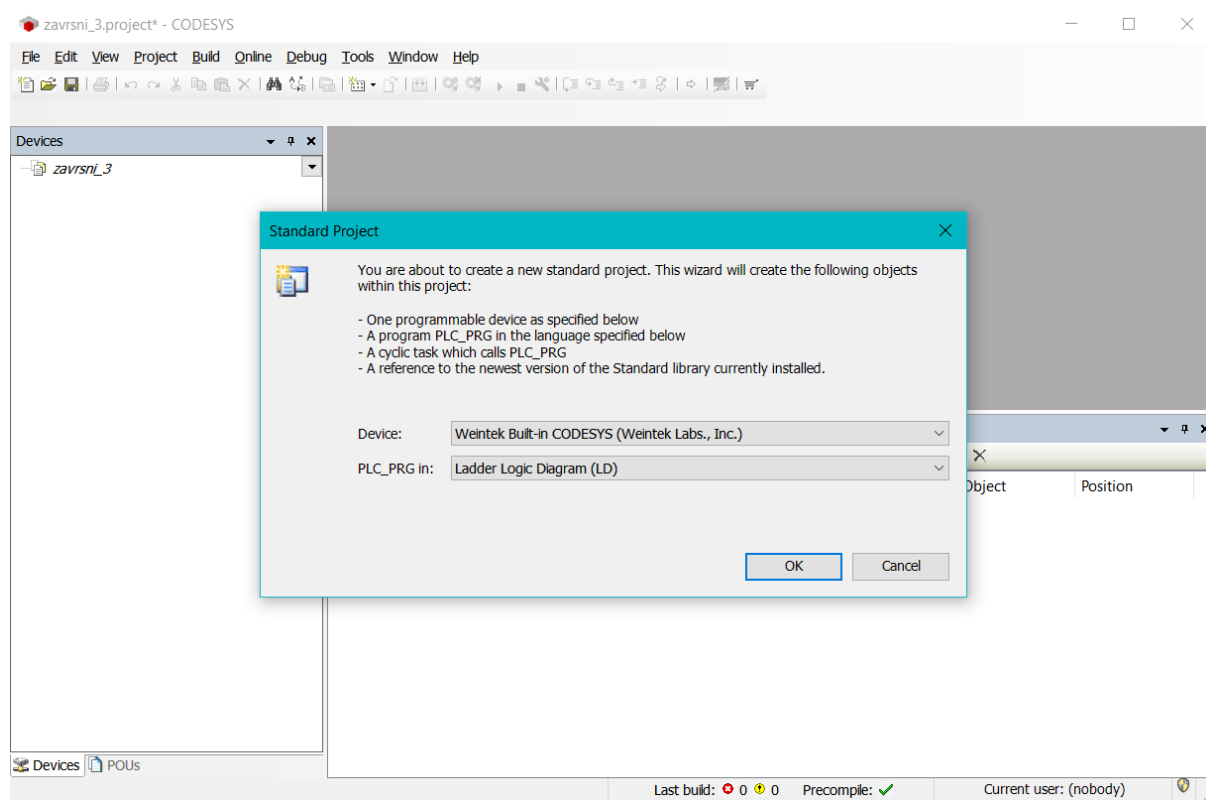


Slika 5.6 Spajanje opreme

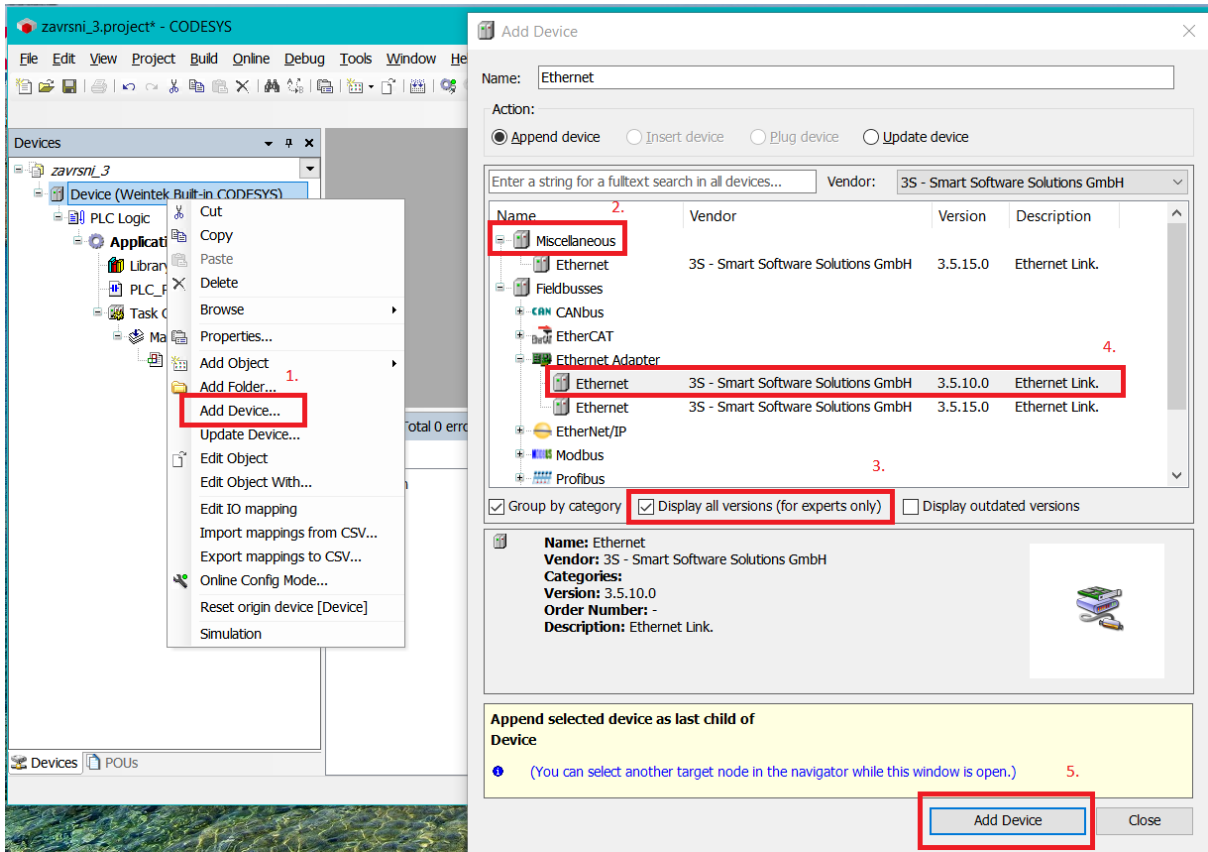
5.3 Konfiguracija i izrada projekta u CODESYS-u

Na PC instalirana je starija verzija CODESYS IDE-a, 3.5.10.30, zato što je ta verzija kompatibilna s dodatnim paketom (*Weintek Codesys RemoteIO package 1.5.3.470*) kojeg je trebalo instalirati i koji sadrži sve potrebne podatke i verzije korištenih Weintek uređaja. Vrlo je bitno za napomenuti da se prilikom dodavanja uređaja trebalo pripaziti verzije korištenih uređaja jer ukoliko verzije nisu usklađene, komunikacija se ne može uspostaviti.

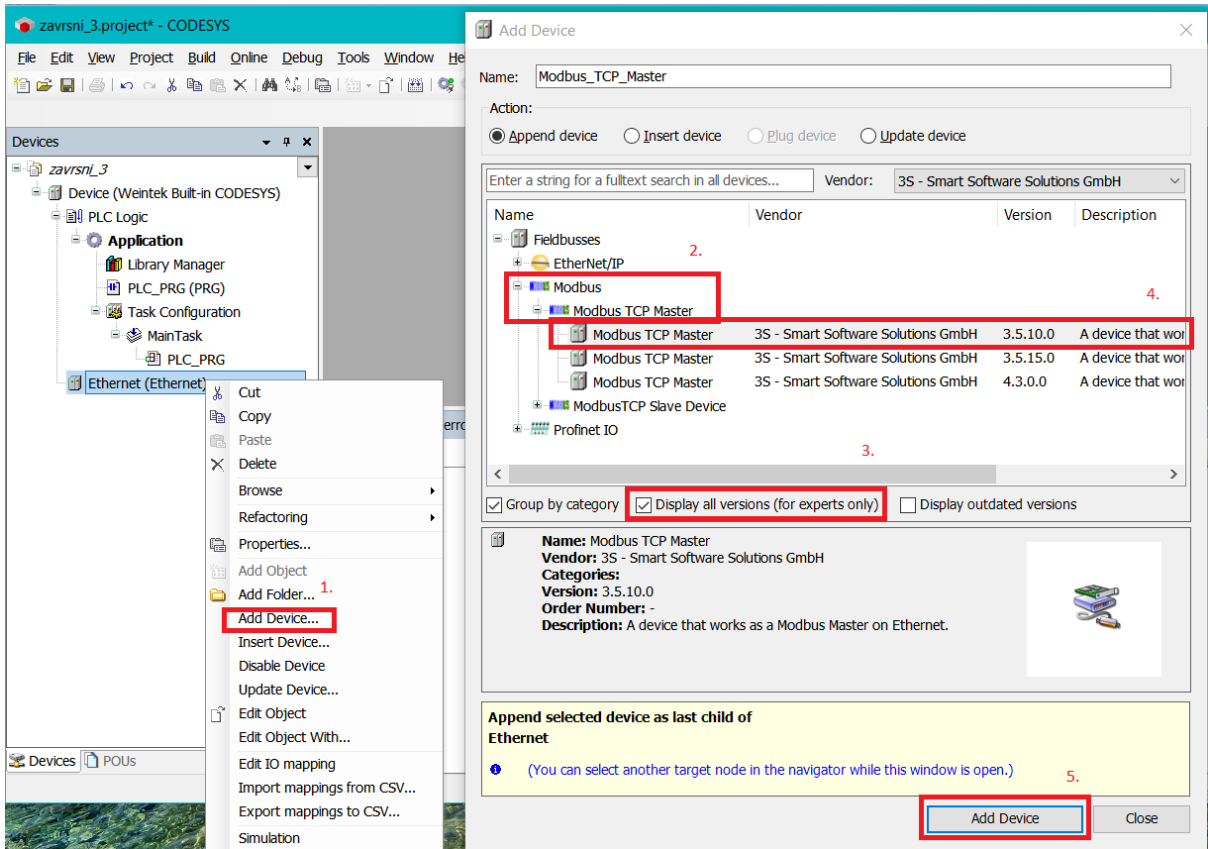
Izrada projekta započela je stvaranjem novog standardnog projekta i odabira korištene opreme i programskog jezika. Nakon toga trebalo je dodati korišteni komunikacijski protokol Ethernet i komunikacijske uređaje, tj. Modbus *mastera* i Modbus *slavea*. Kao što je gore navedeno, Modbus *slave* dodan je pomoću preuzete datoteke koja sadrži konfiguracijske podatke o korištenom komunikacijskom modulu i U/I modulima. Postupak se vidi na sljedećim slikama.



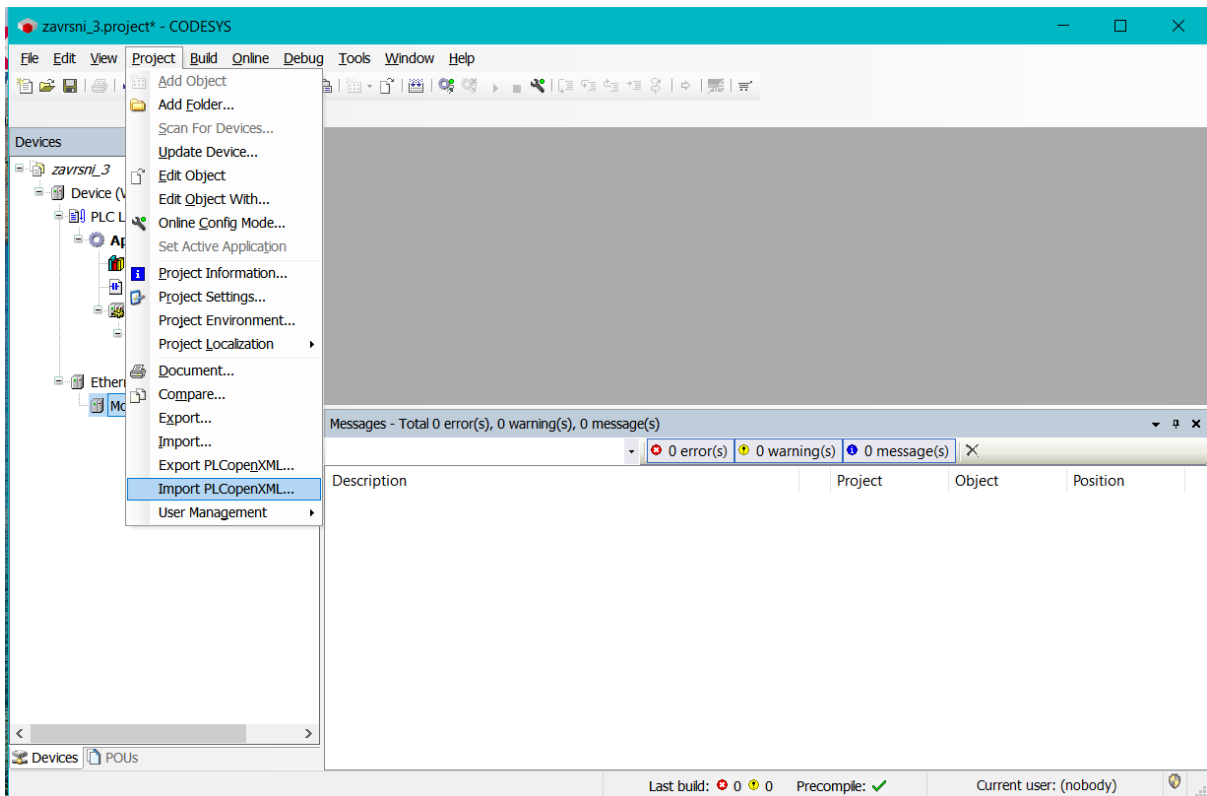
Slika 5.7 Odabir korištene opreme i programskog jezika



Slika 5.8 Odabir korištenog komunikacijskog protokola

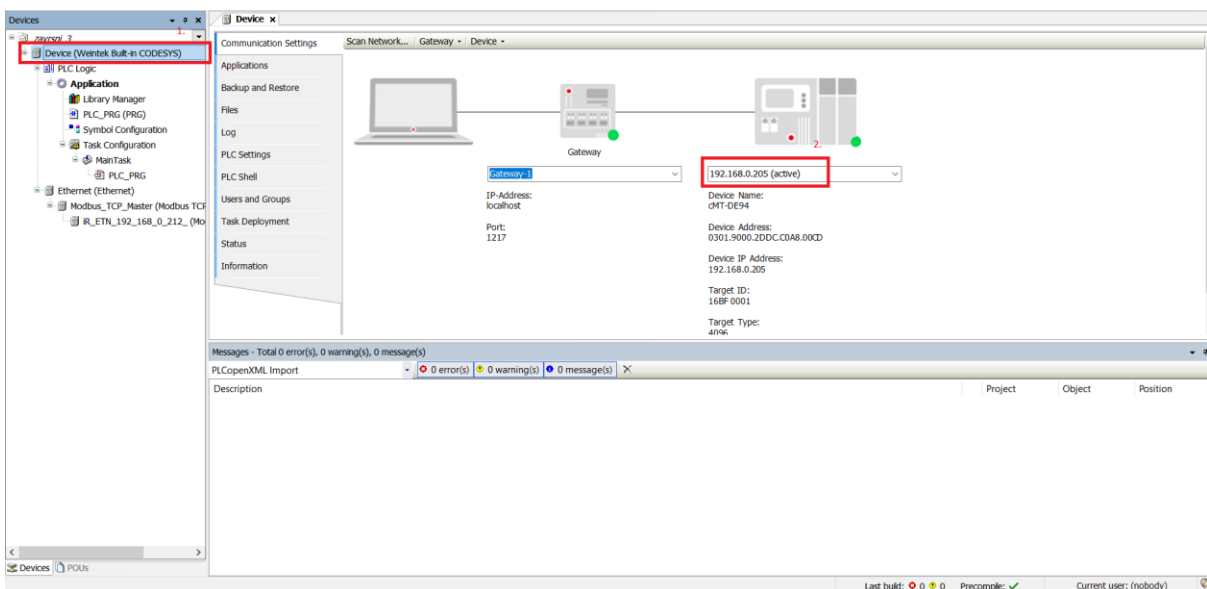


Slika 5.9 Dodavanje Modbus mastera

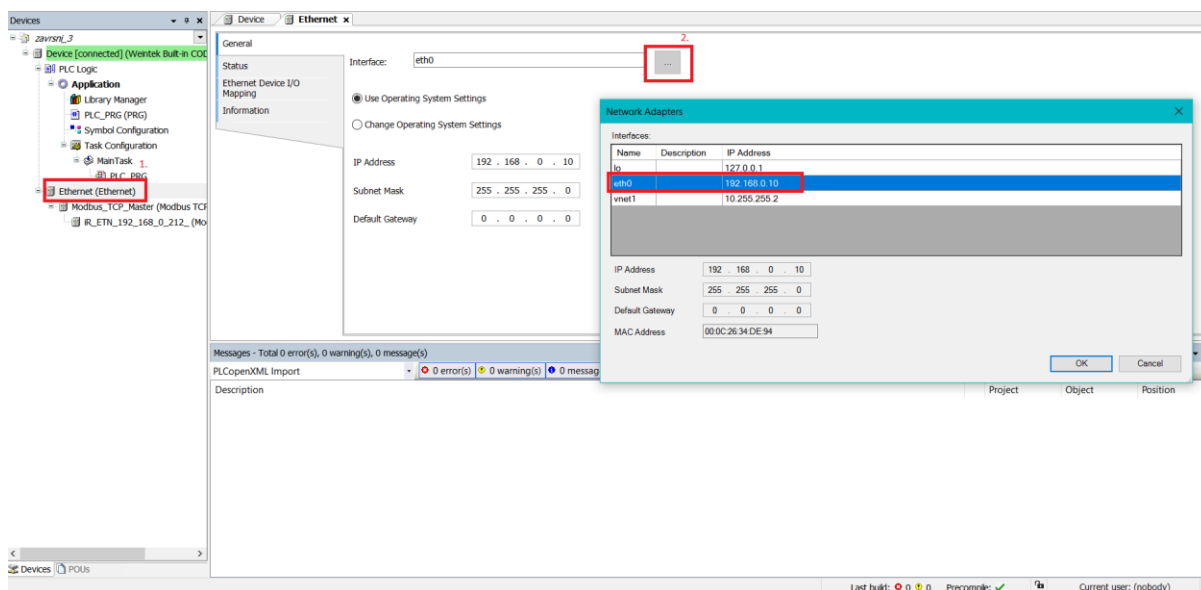


Slika 5.10 Dodavanje Modbus slavea

Nakon toga, trebalo je unijeti IP adresu LAN 1 priključka HMI-a, pa zatim IP adresu LAN 2 priključka kako bi se uspostavila komunikacija.



Slika 5.11 Podešavanje IP adrese LAN 1



Slika 5.12 Podešavanje IP adrese LAN 2

5.4 Izrada PLC programa i vizualizacije na HMI-u

5.4.1 Popis ulaza, izlaza i pomoćnih varijabli PLC-a

Nakon konfiguracije uređaja i postavki projekta, trebalo je napisati programski kod u ljestvičastom dijagramu.

U tablici 5.2 naveden je popis ulaznih varijabli.

Naziv	Adresa	Komentar
B0	I0.0	Fototranzistor početak trake
B1	I0.1	Fototranzistor kraj trake
B2	I0.2	Mikroprekidač štanca gore
B3	I0.3	Mikroprekidač štanca dolje

Tablica 5.2 Popis ulaznih varijabli PLC-a

U tablici 5.3 naveden je popis izlaznih varijabli.

Naziv	Adresa	Komentar
Tr_N	Q0.0	Traka prema naprijed
Tr_I	Q0.1	Traka prema iza
St_G	Q0.2	Štanca prema gore
St_D	Q0.3	Štanca prema dolje

Tablica 5.3 Popis izlaznih varijabli PLC-a

U tablici 5.4 naveden je popis pomoćnih varijabli.

Naziv	Adresa	Komentar
Start_cikl	%MX0.0	Gumb za start ciklusa
Stop_cikl	%MX0.1	Gumb za stop ciklusa
Start_stop_cikl	%MX0.2	Pom. var. za pokretanje ciklusa

Osnovni_p	%MX1.0	Gumb za osnovni položaj
Osnovni_p_d	%MX1.1	Pom. var. za pokretanje štanice u osnovni položaj
Mod_j	%MX2.0	Gumb za mod rada „jednostruko”
Mod_j_d	%MX2.1	Pom. var. za aktivaciju moda rada j.
Mod_v	%MX2.2	Gumb za mod rada „kontinuirano”
Mod_v_d	%MX2.3	Pom. var. za aktivaciju moda rada k.
Mod_r	%MX2.4	Gumb za mod rada „ručno”
Mod_r_d	%MX2.5	Pom. var. za aktivaciju moda rada r.
T1	/	Pom. var. za timer TOF_stanca_dolje koji odgađa spuštanje štanice za uglađeni rad
T2	/	Pom. var. za timer TON_stanca_gore_jednostr odgađa dizanje štanice za uglađeni rad u j. modu
T3	/	Pom. var. za timer TON_stanca_gore_kont koji ubrzava štancanje u k. modu rada
T4	/	Pom. var. za timer TON_traka_naprijed_kont koji omogućuje zamjenu objekta nakon 1. ciklusa u k. modu
T5	/	Pom. var. za timer TON_traka_iza_jednostr koji odgađa aktivaciju trake u iza
T6	/	Pom. var. za timer TON_traka_iza_kont koji odgađa aktivaciju trake u iza sve dok se stanica ne digne gore
T7	/	Pom. var. za timer TON_traka_n_alarm koji broji 10s i pali lampicu u slučaju praznog hoda trake

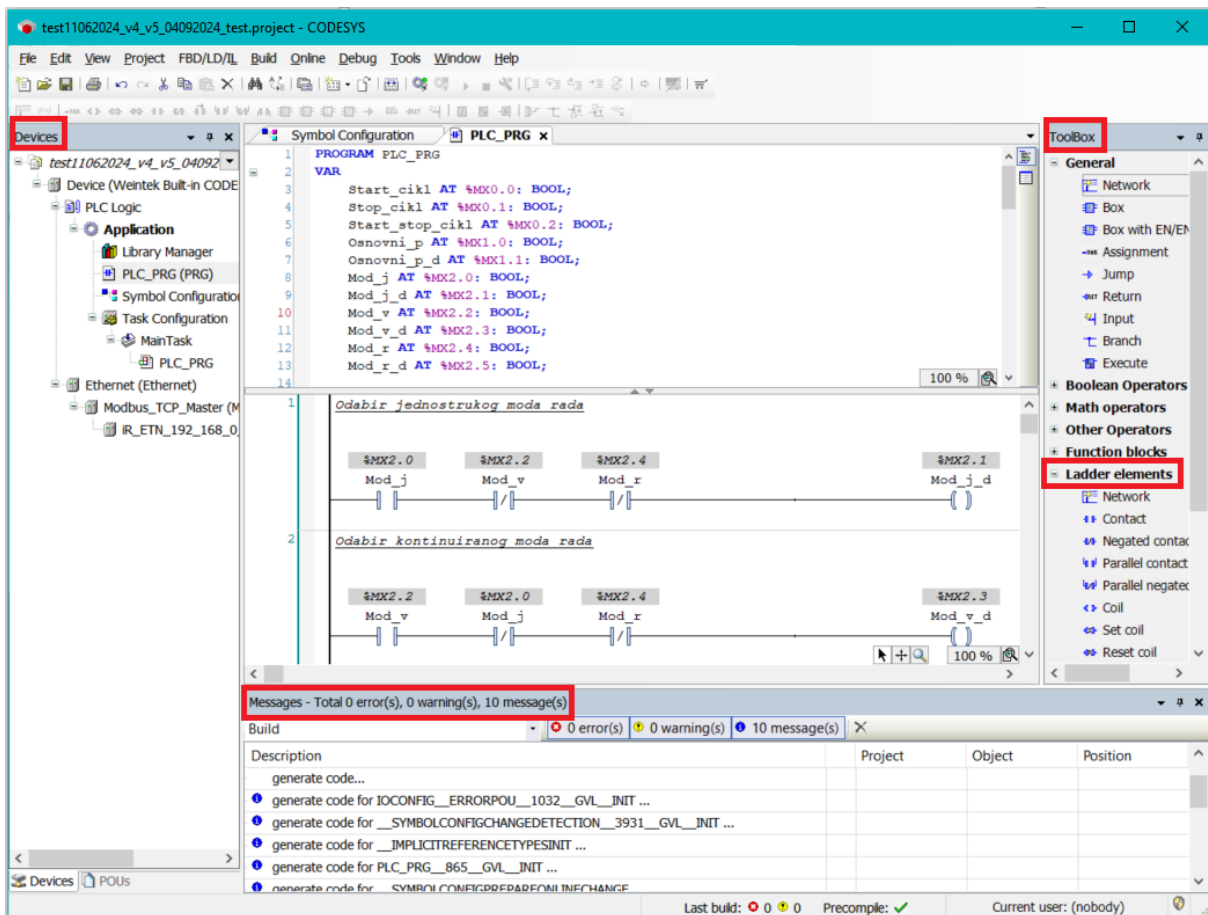
T8	/	Pom. var. za timer TON_traka_i_alarm koji također broji 10s i pali lampicu u slučaju praznog hoda trake prema iza
T9	/	Pom. var. za timer TON_traka_n_preventiva koji broji dodatnih 5s i nakon toga automatski gasi traku u slučaju praznog hoda prema naprijed
T10	/	Pom. var. za timer TON_traka_i_preventiva koji također broji dodatnih 5s, ali u slučaju praznog hoda trake prema iza
traka_n_alarm	%MX10.0	Pom. var. za lampicu
traka_i_alarm	%MX10.2	Pom. var. za lampicu
traka_n_preventiva	%MX10.5	Pom. var. za gašenje trake
traka_i_preventiva	%MX10.10	Pom. var. za gašenje trake
CTU0	/	Pom. var. za counter CTU_kontinuirano
CTU_k	%MX6.0	Pom. var. uz CTU0 koja se koristi za označavanje prvog ciklusa koji je brži od onih kod kojih se mijenja objekt
CTU1	/	Pom. var. za counter CTU_jednostruko
CTU_j	%MX6.1	Pom. var. uz CTU1 koja srječava rad trake u iza kod j. moda rada ako se mijenja objekt
Pom_j_tr_i	%MX5.4	Pom. var. kod jednostrukog moda kad traka dođe iza, zaustavi proces
Pom_j_st_d	%MX5.2	Pom. var. kod jednostrukog moda kad štanca dođe dolje
Pom_j_st_d2	%MX5.3	Pom. var. za konačnu aktivaciju štanca dolje kod jednostrukog moda
St_G_pom	%MX5.1	Pom. var. za konačnu aktivaciju štanca gore kod jednostrukog moda

St_D_pom	%MX5.0	Pom. var. za konačnu aktivaciju štanca dolje kod kontinuiranog moda
pom_gore	%MX5.5	Pom. var. kod kontinuiranog moda za signalizaciju da štanca kreće gore
Tr_i_j_k_d	%MX5.6	Pom. var. za konačnu aktivaciju trake prema naprijed kod jednostrukog moda
Tr_n_j_k_d	%MX5.7	Pom. var. za konačnu aktivaciju trake prema naprijed kod jednostrukog moda
Tr_n_j_k_d2	%MX5.8	Pom. var. za konačnu aktivaciju trake prema naprijed kod k. moda, ali ciklusi s timerom
Tr_n_j_k_d3	%MX5.9	Pom. var. za konačnu aktivaciju trake prema naprijed kod k. moda, ali 1. brži ciklus
r_tr_n	%MX7.0	Pom. var za ručno upravljanje povezana s gumbom, traka naprijed
r_tr_i	%MX7.2	Pom. var za ručno upravljanje povezana s gumbom, traka iza
r_st_d	%MX7.4	Pom. var za ručno upravljanje povezana s gumbom, štanca dolje
r_st_g	%MX7.6	Pom. var za ručno upravljanje povezana s gumbom, štanca gore

Tablica 5.4 Popis pomoćnih varijabli PLC-a

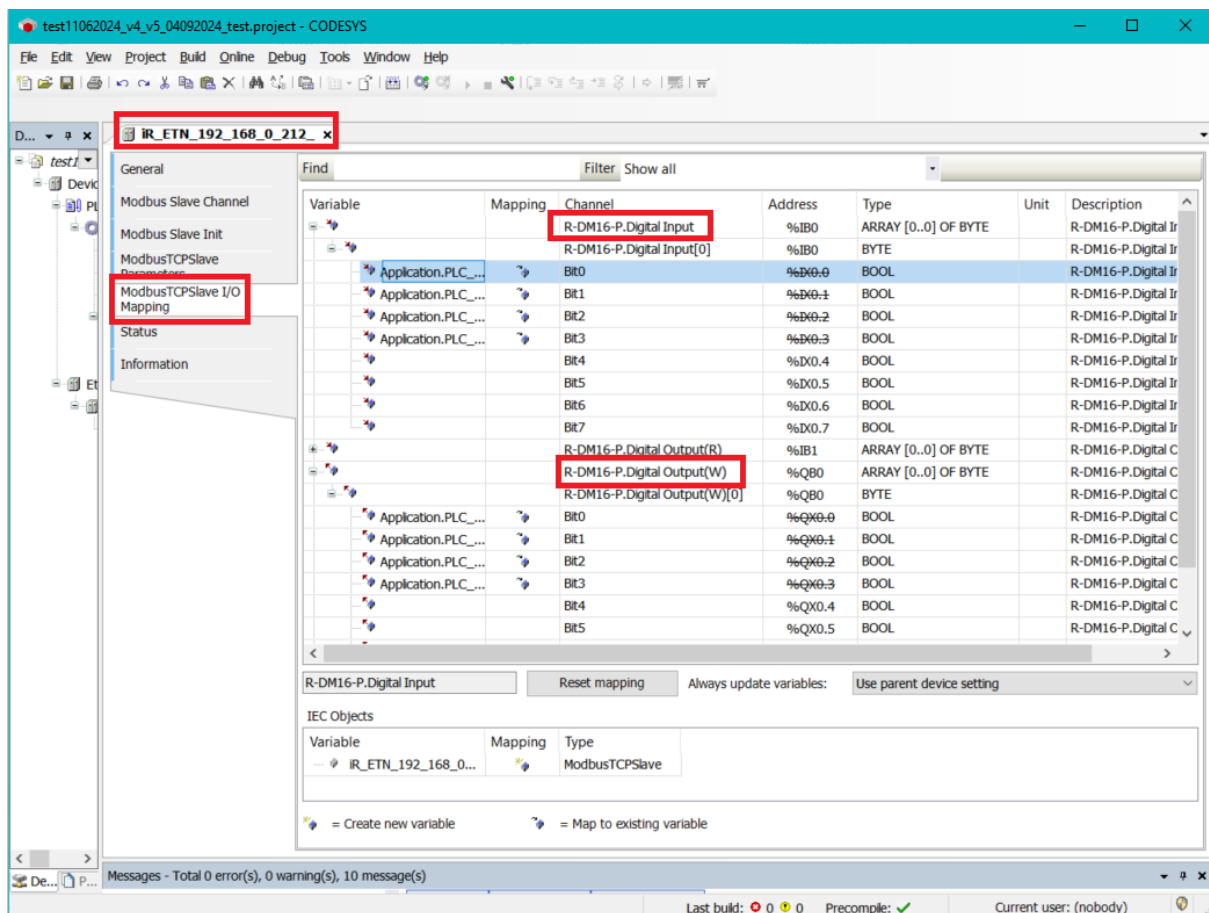
5.4.2 Programski kod i rad u CODESYS-u

Na početku bilo se malo teže orijentirati u ovakvom razvojnom sučelju, ali nakon malo odvojenog vremena, rada i truda, sučelje je postalo jednostavno i intuitivno. S lijeve strane nalaze se korišteni komunikacijski uređaji i njihova svojstva, popis simbola i varijabli i postavke projekta, a s desne strane nalazi se „kutija s alatom” (engl. toolbox), gdje se mogu pronaći svi potrebni simboli za programiranje. Na alatnoj traci nalaze se razni alati i mogućnosti za lakše programiranje, dok je na dnu prozor s porukama koji prikazuje i greške i upozorenja.



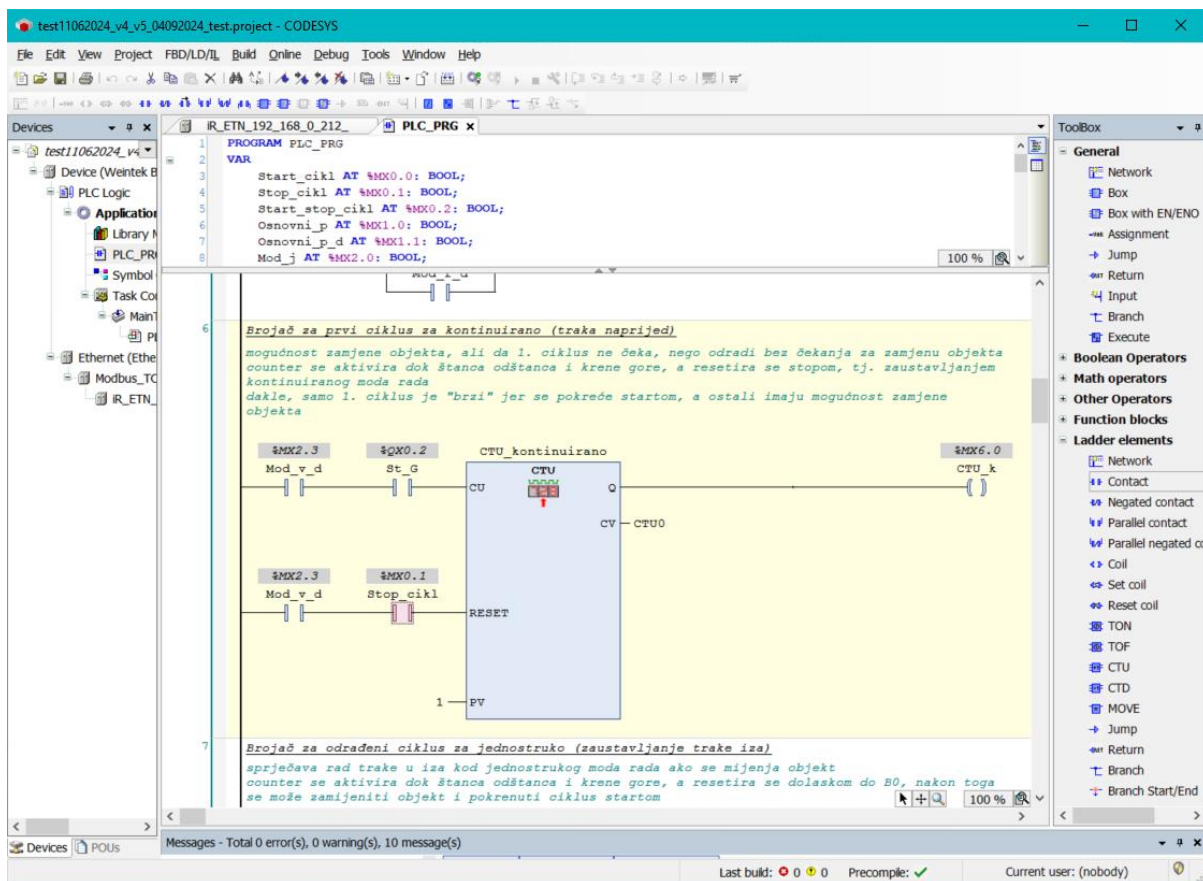
Slika 5.13 Prikaz CODESYS sučelja

Prije početka izrade programa trebalo je „preslikati” ulaze i izlaze, tj. povezati fizičke ulaze i izlaze sa stvorenim varijablama.



Slika 5.14 Preslikavanje ulaza i izlaza

Program se piše u sredini prozora, a iznad njega unutar odvojene datoteke mogu se ručno deklarirati varijable. Na sljedećoj slici nalazi se isječak iz programa na kojem se vidi implementacija brojača s ciljem da se kod kontinuiranog automatskog rada omogući zamjena objekta nakon odrađenog ciklusa. Cijeli program može se pronaći u 3. prilogu.

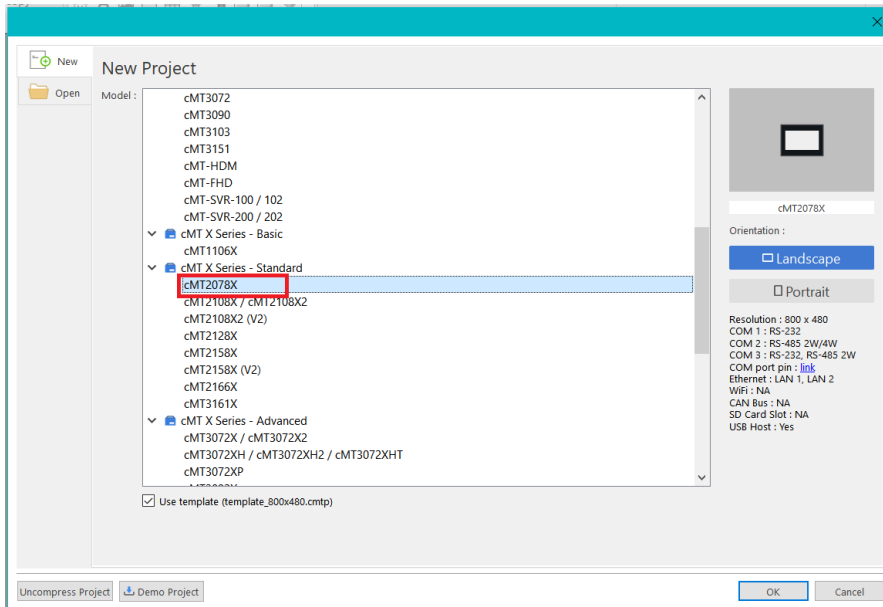


Slika 5.15 Primjer programa

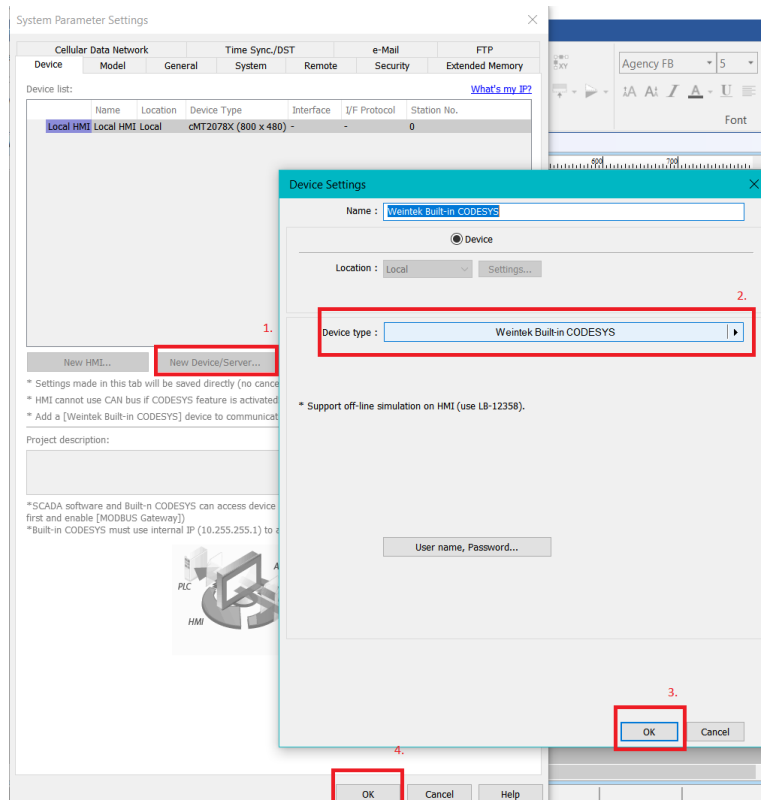
5.4.3 Vizualizacija na HMI-u

Potrebna vizualizacija za upravljanje izrađena je u intuitivnom *softwareu* EasyBuilder Pro. U konačnici izrađena su 3 prozora: „početni prozor, ručno upravljanje i upozorenja, i vizualizacija” te svi imaju funkcijske gumbе pomoću kojih se može prebaciti s prozora na prozor i signalizacijske lampice za prazan hod trake. Na početnom prozoru nalaze se tipke za odabir moda rada, tipke za kontrolu automatskih modova rada i signalizacijske lampice za upozorenje da traka radi u praznom hodu, na 2. prozoru su tipke za ručno upravljanje, kao što i sam naziv prozora govori, ali i signalizacijske lampice za slučaj automatskog gašenja trake i tablica s upozorenjima za traku. Tablica je dodana radi sigurnosnog aspekta programa prilikom praznog hoda trake. Na 3. prozoru vizualizirano je stvarno stanje makete i dodani su gumbi za ručno i automatsko upravljanje te se također nalaze signalizacijske lampice za upozorenje.

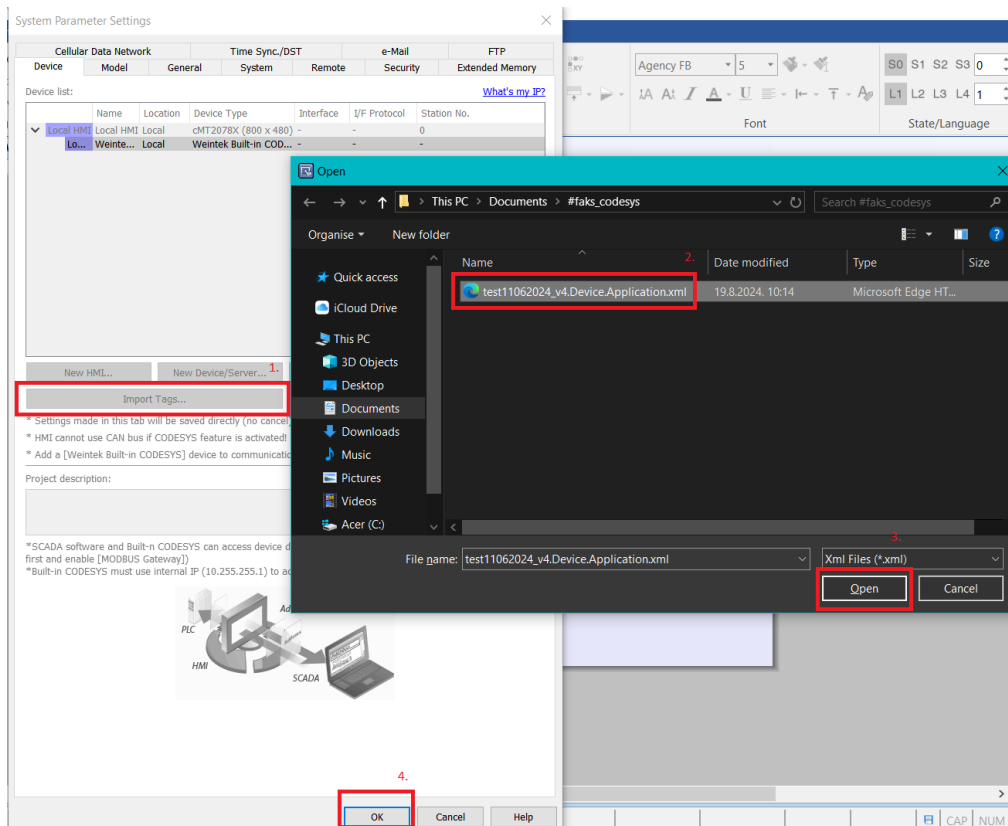
Prvo je bilo potrebno izraditi projekt i konfigurirati ga za korištenu opremu, a onda „uvesti” oznake (varijable) koje se preuzimaju s CODESYS projekta nakon deklaracije, što se vidi na sljedećim slikama.



Slika 5.16 Stvaranje projekta

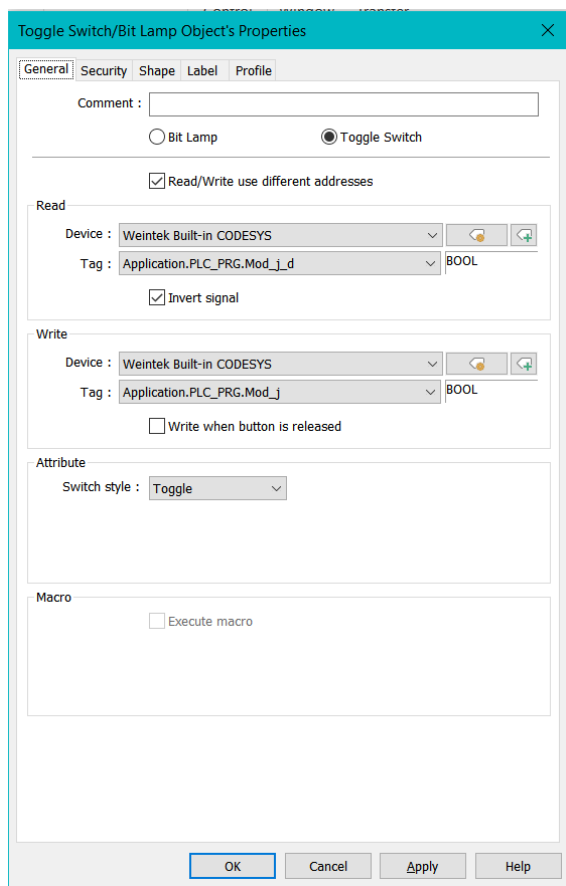


Slika 5.17 Konfiguracija projekta

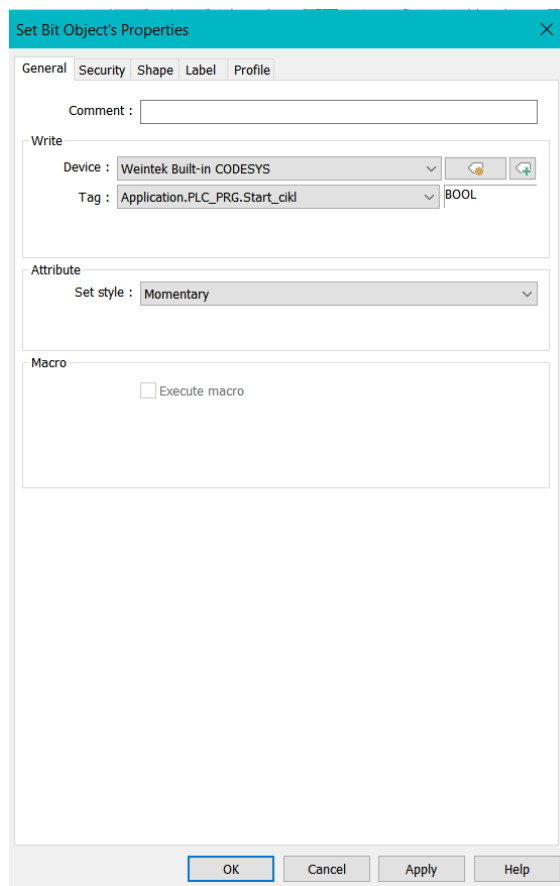


Slika 5.18 Uvoz varijabli iz CODESYS-a

Nakon toga, izrađen je početni zaslon: dodana su 3 prekidača za odabir moda rada koji aktiviranjem upisuju vrijednosti u pomoćne varijable „Mod_j, Mod_v i Mod_r”, a deaktiviranjem „ispisuju” i tako biraju mod rada. Uz njih se nalaze lampice koje prikazuju koji je gumb za što i signaliziraju koji je mod rada odabran. Također, dodana su 2 gumba koji pritiskom odmah aktiviraju upis vrijednosti u pomoćne varijable „Stop_cikl i Start_cikl” i koji se koriste za pokretanje i zaustavljanje ciklusa.



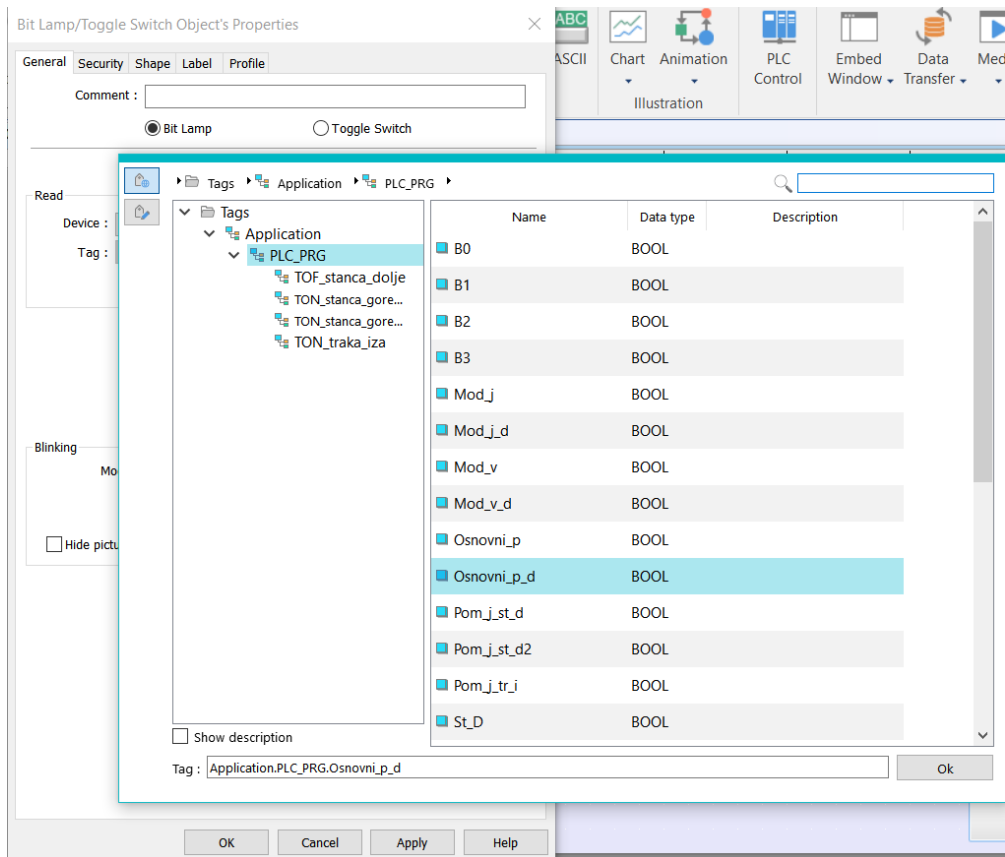
Slika 5.19 Postavljanje prekidača za jednostruki mod rada



Slika 5.20 Postavljanje gumba za start ciklusa

Na kraju, dodan je gumb koji pritiskom aktivira varijablu „Osnovni_p” i šalje štancu u osnovni položaj (štanca gore) i koji se može koristiti u bilo kojem modu rada, a ispod njega se nalazi lampica koja čita vrijednost izlaza, tj. varijable „Osnovni_p_d” i ako je pritisnut gumb za osnovni položaj, lampica svjetli.

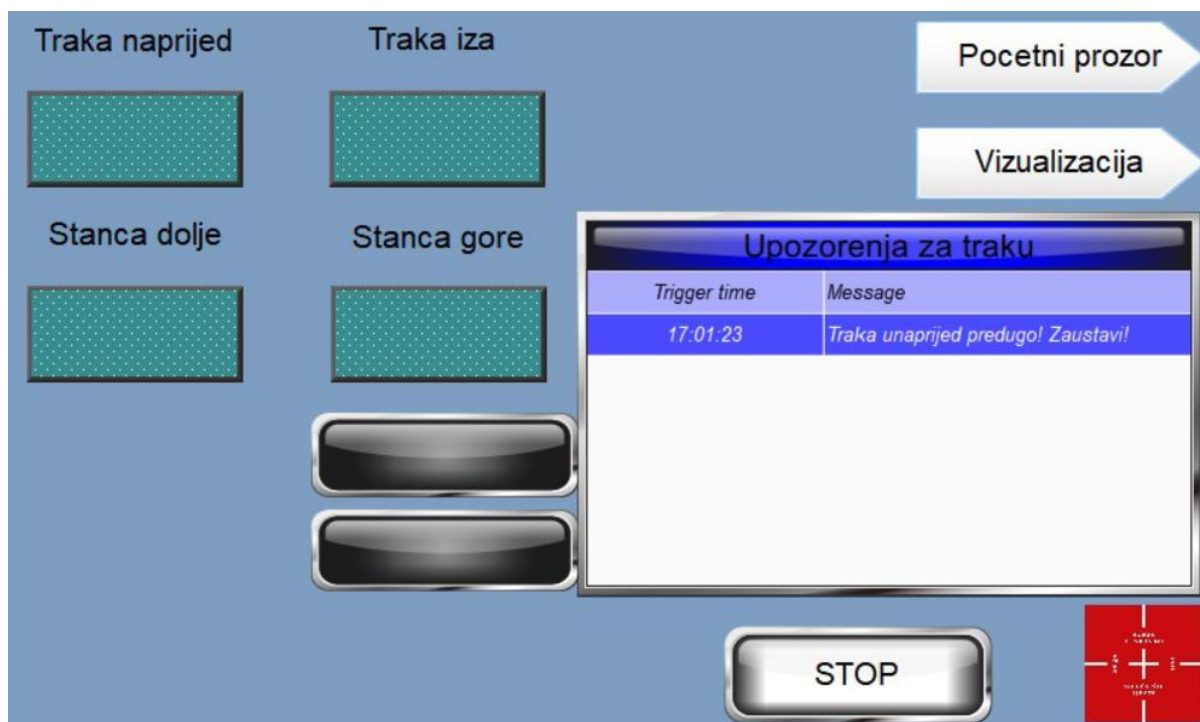
Drugi prozor je jednostavniji i uz gumb za ručno upravljanje sadrži dnevnik alarmi (engl. alarm log), tj. tablicu upozorenja.



Slika 5.21 Stvaranje lampice

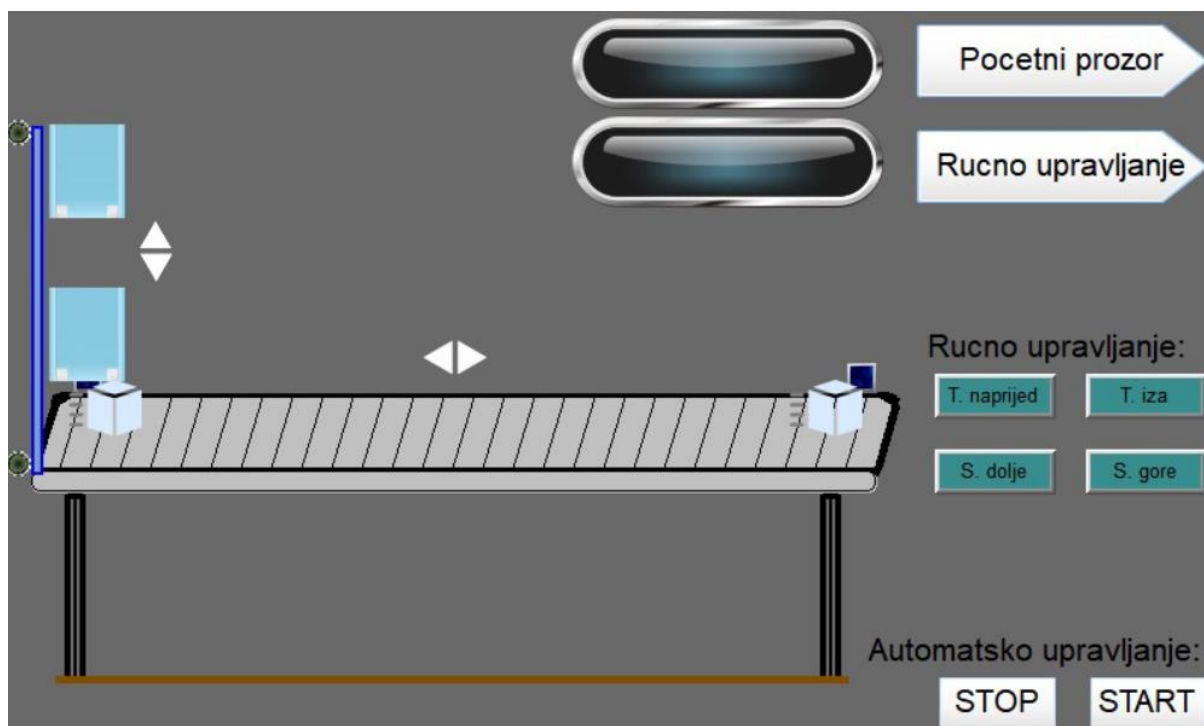


Slika 5.22 Konačni izgled prvog prozora



Slika 5.23 Konačni izgled drugog prozora

Na trećem prozoru izrađen je grafički prikaz makete. Pojednostavljeno je izrađena pokretna traka i preša. Na traci se nalaze 2 svjetlosna senzora (na početku i na kraju) koji se pale i gase ovisno o poziciji objekta na pravoj maketi, a uz njih se također nalazi prikaz objekta koji se prikazuje sinkrono sa aktivnim senzorom za poziciju. Povezani su sa signalima, tj. ulaznim varijablama B0 i B1. Na preši se također nalaze 2 svjetlosna senzora koji signaliziraju poziciju preše (gore ili dolje), a sinkrono se pomiče i objekt koji prikazuje prešu. Osim toga, dodane su i strelice koje se pale i gase ovisno o smjeru prema kojem se gibaju traka i preša. Nakon izrade grafičkog prikaza, dodani su upravljački gumbi za ručno i automatsko upravljanje i signalizacijske lampice. Nakon toga trebalo je kompajlirati projekt i preuzeti ga na HMI, što je zbog intuitivnog sučelja bilo poprilično jednostavno.



Slika 5.24 Konačni izgled trećeg prozora

6 Zaključak

Razvojem automatizacije, zajedno s PLC-ima i HMI-ima, dolazi do unapređenja industrijskih procesa, povećanja efikasnosti i do smanjivanja ljudskog rada. Pritom se povećava rad elektroničkih uređaja i mehaničkih naprava što zahtijeva razumijevanje njihovog principa rada i načina na koji oni funkcioniraju, čime raste potražanja za obrazovanijom, tj. kvalificiranijom radnom snagom.

Razvoj automatizacije ne bi bio toliko uspješan da ne postoje PLC-i HMI-i. Integracija PLC-a i HMI-a operaterima na strojevima omogućuje efikasno upravljanje industrijskim procesima: PLC izvršava upravljačku logiku koju „napiše” PLC programer, a HMI prikazuje kontrolne podatke u razumljivom obliku i omogućuje interakciju. U ovom završnom radu korišten je samo mali dio navedene tehnologije. Na maketi se koriste samo 4 ulaza (senzora) i 4 izlaza (aktuatora), ali su dovoljni za prikaz principa rada PLC-a i HMI-a i integraciju istih.

CODESYS je moćno i dobro razvijeno razvojno okruženje koje sadrži integrirane simulacijske alate i intuitivno sučelje. Simulacijskim alatima omogućuje testiranje programa bez PLC-a, što značajano ubrzava pisanje programa i otkrivanje grešaka. Sučelje sadrži puno mogućnosti i alata koje je vrlo lako upoznati zato što postoji obilje izvora i tehničke dokumentacije. S obzirom na to da podržava široki spektar PLC-a od različitih proizvođača, poznavanje takvog sučelja korisno je za PLC programere i inženjere.

Upogonjena maketa prikazuje princip rada većih industrijskih postrojenja koja koriste pokretnu traku za transport proizvoda i prešu za prešanje. Pisanje programa za takvo industrijsko postrojenje poučno je i primijenjivo zato što su pokretne trake i štanice vrlo česte.

7 Literatura

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=0fN4U5BRBlc> , dostupno: 6.2.2023.
- [2] <https://www.youtube.com/watch?v=N1n6i3ExlaA> , dostupno: 22.5.2024.
- [3] <https://www.youtube.com/watch?v=tw-79FiRYKA> , dostupno: 8.1.2021.
- [4] <https://enciklopedija.hr/clanak/automatizacija> , dostupno: 31.7.2024.
- [5] M. Galović: Osnove automatizacije – regulacija i upravljanje 4.1, 26.7.2023.
- [6] <https://www.slideserve.com/sutton/elementi-automatizacije-postrojenja> , dostupno: 17.9.2014.
- [7] E. Kolaković: Programabilni logički kontroleri, završni rad, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2022.
- [8] G. Maličić: Programirljivi logički kontroleri, TVZ, Zagreb
- [9] <https://automatismosmundo.com/en/logo-from-siemens-what-is-it-is-it-really-a-plc/> , dostupno: 8.2.2022.
- [10] <https://www.youtube.com/watch?v=uOtdWHMKhnw&t=449s> , dostupno: 14.12.2020.
- [11] <https://www.youtube.com/watch?v=hFTKM73kLY8> , dostupno: 17.6.2024.
- [12] P. Lončar: Projektiranje u programskom paketu EPLAN Electric, završni rad, FERIT, Osijek, 2021.
- [13] <https://advance-pk.com/product/siemens-simatic-s7-200/> , dostupno: 2022.
- [14] https://www.researchgate.net/figure/Shows-the-statement-list-STL-for-the-irrigation-system_fig8_232722485 , dostupno: 2012.
- [15] <https://proelektronika.hr/zastupstva/weintek/> , dostupno: 2023.
- [16] https://www.weintek.com/globalw/Product/Product_speciR.aspx , dostupno: 2018.
- [17] <https://www.automationreadypanels.com/electrical-components/npn-vs-pnp/> , dostupno: 2023.
- [18] <https://www.fischertechnik.de/de-de/produkte/industrie-und-hochschulen/simulationsmodelle/96785-stanzmaschine-mit-transportband-24v> , dostupno: 2023.
- [19] https://www.studica.com/Images/uploaded/Resources/FT/96785_51663_punching_machine_24v_9v.pdf , dostupno: 2023.
- [20] <https://www.eplan.hr/> , dostupno: 10.10.2011.
- [21] https://www.youtube.com/watch?v=txi2p5_OjKU&t=130s , dostupno: 3.12.2018.

Popis slika

Slika 2.1 Primjer industrijske automatizacije	3
Slika 2.2 Upravljački proces [5]	4
Slika 2.3 Primjer strukture automatiziranog procesa [5]	5
Slika 2.4 Regulacijski proces [5]	5
Slika 3.1 Automatizacija relejnim sustavima [9]	7
Slika 3.2 Struktura PLC-a [5]	8
Slika 3.3 Dijelovi PLC-a [8]	9
Slika 3.4 Ciklus rada PLC-a [8]	10
Slika 3.5 Siemens Simatic S7-200 [13]	10
Slika 3.6 Usporedba električne sheme i ljestvičastog dijagrama [8]	12
Slika 4.1 Weintek cMT2078X HMI	13
Slika 4.2 Komunikacijski priključci na HMI-u	14
Slika 4.3 iR- serija upravljački sklop	15
Slika 4.4 CODESYS sustav [1]	17
Slika 4.5 FischerTechnik maketa br. 96785	18
Slika 4.6 Grafički model DC motora [18]	18
Slika 4.7 Grafički model LED diode [18]	19
Slika 4.8 Grafički model fototranzistora [18]	19
Slika 4.9 Grafički model mikroprekidača [18]	19
Slika 4.10 Shema spajanja mikroprekidača, mogućnost NO i NC kontakta [18]	19
Slika 4.11 Primjer Modbus mreže [21]	21
Slika 5.1 Shema umreživanja uređaja	22
Slika 5.2 Skeniranje spojenih modula	23
Slika 5.3 Preuzimanje potrebne datoteke	23
Slika 5.4 Izvor napajanja	24

Slika 5.5 Spajanje U/I modula	25
Slika 5.6 Spajanje opreme	25
Slika 5.7 Odabir korištene opreme i programskog jezika	26
Slika 5.8 Odabir korištenog komunikacijskog protokola	27
Slika 5.9 Dodavanje Modbus mastera	27
Slika 5.10 Dodavanje Modbus slavea	28
Slika 5.11 Podešavanje IP adrese LAN 1	28
Slika 5.12 Podešavanje IP adrese LAN 2	29
Slika 5.13 Prikaz CODESYS sučelja	33
Slika 5.14 Preslikavanje ulaza i izlaza	34
Slika 5.15 Primjer programa	35
Slika 5.16 Stvaranje projekta	36
Slika 5.17 Konfiguracija projekta	36
Slika 5.18 Uvoz varijabli iz CODESYS-a	37
Slika 5.19 Postavljanje prekidača za jednostruki mod rada	38
Slika 5.20 Postavljanje gumba za start ciklusa	38
Slika 5.21 Stvaranje lampice	39
Slika 5.22 Konačni izgled prvog prozora	39
Slika 5.23 Konačni izgled drugog prozora	40
Slika 5.24 Konačni izgled trećeg prozora	41

Popis tablica

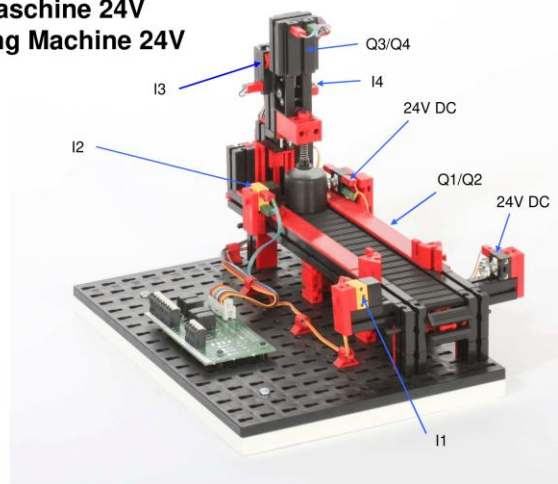
Tablica 5.1 Popis IP adresa	22
Tablica 5.2 Popis ulaznih varijabli PLC-a	29
Tablica 5.3 Popis izlaznih varijabli PLC-a	29
Tablica 5.4 Popis pomoćnih varijabli PLC-a	32

Prilozi

Prilog 1. Plan spajanja makete

96785
Stanzmaschine 24V
Punching Machine 24V

fischertechnik 

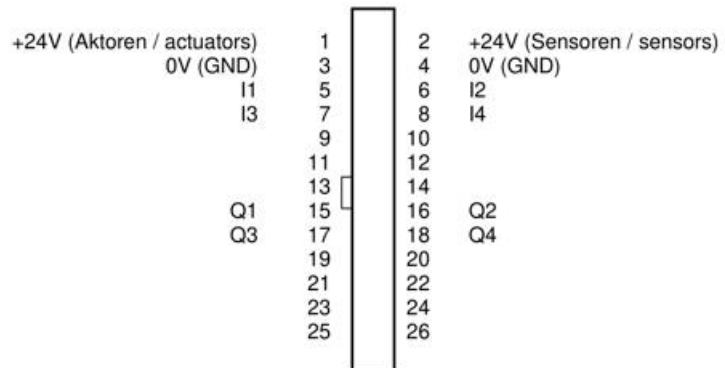


fischertechnik 

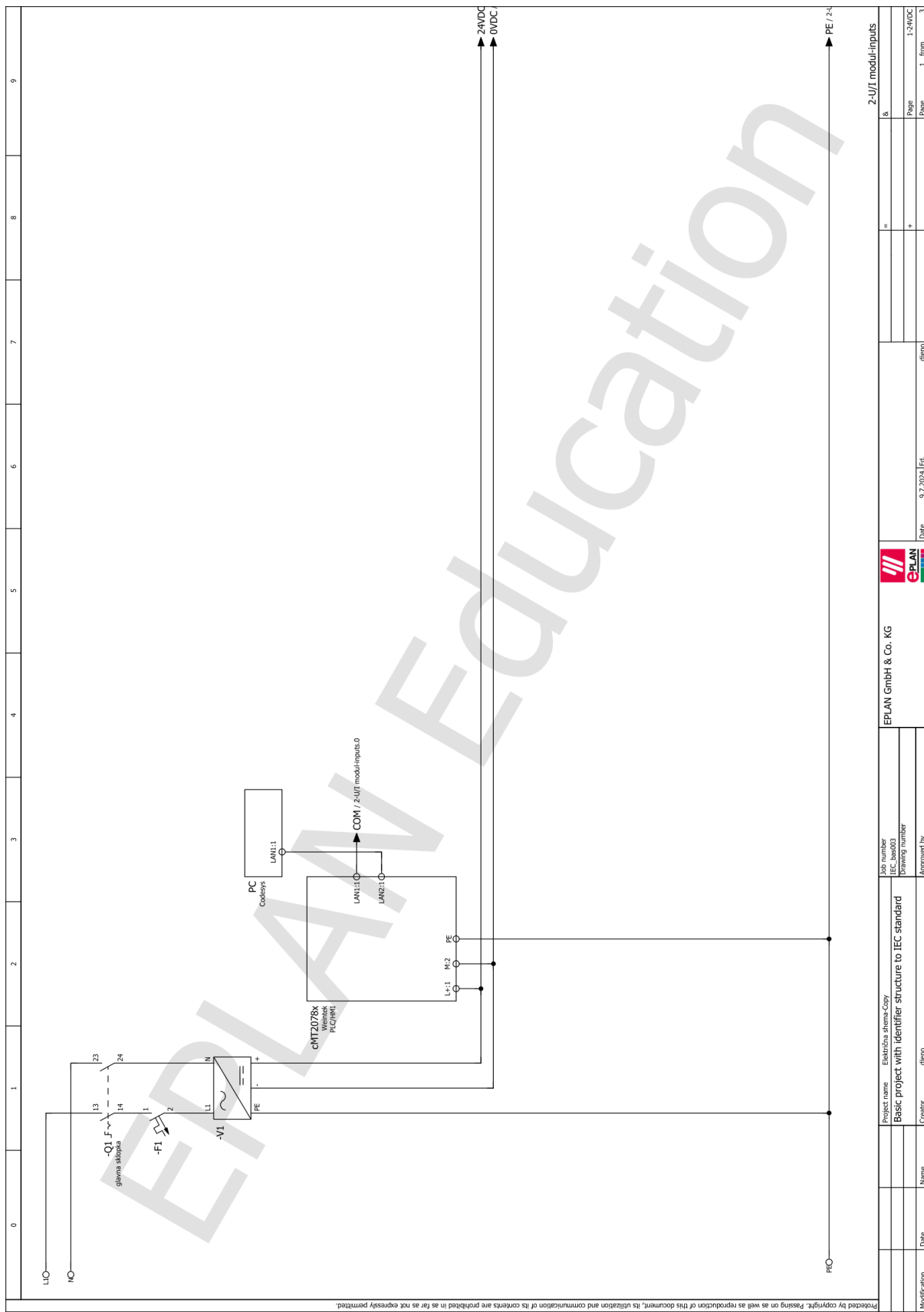
Belegungsplan für Stanzmaschine mit Transportband 24V (Art.-Nr. 96785)
Circuit layout for Punching machine (item-no. 96785)

Klemme Nr. Terminal no.	Funktion Function	Eingang/Ausgang Input/Output
1	Stromversorgung (+) Aktoren power supply (+) actuators	24V DC
2	Stromversorgung (+) Sensoren power supply (+) sensors	24V DC
3	Stromversorgung (-) power supply (-)	0V
4	Stromversorgung (-) power supply (-)	0V
5	Fototransistor Ein/Auslagerungsstation Phototransistor goods in / goods out	I1
6	Fototransistor Stanze Phototransistor punching machine	I2
7	Taster Stanze oben Switch punching machine up	I3
8	Taster Stanze unten Switch punching machine down	I4
15	Motor Transportband vor Motor conveyor belt forward	Q1
16	Motor Transportband zurück Motor conveyor belt backward	Q2
17	Motor Stanze nach oben Motor punching machine up	Q3
18	Motor Stanze nach unten Motor punching machine down	Q4

26pol. Steckerleiste

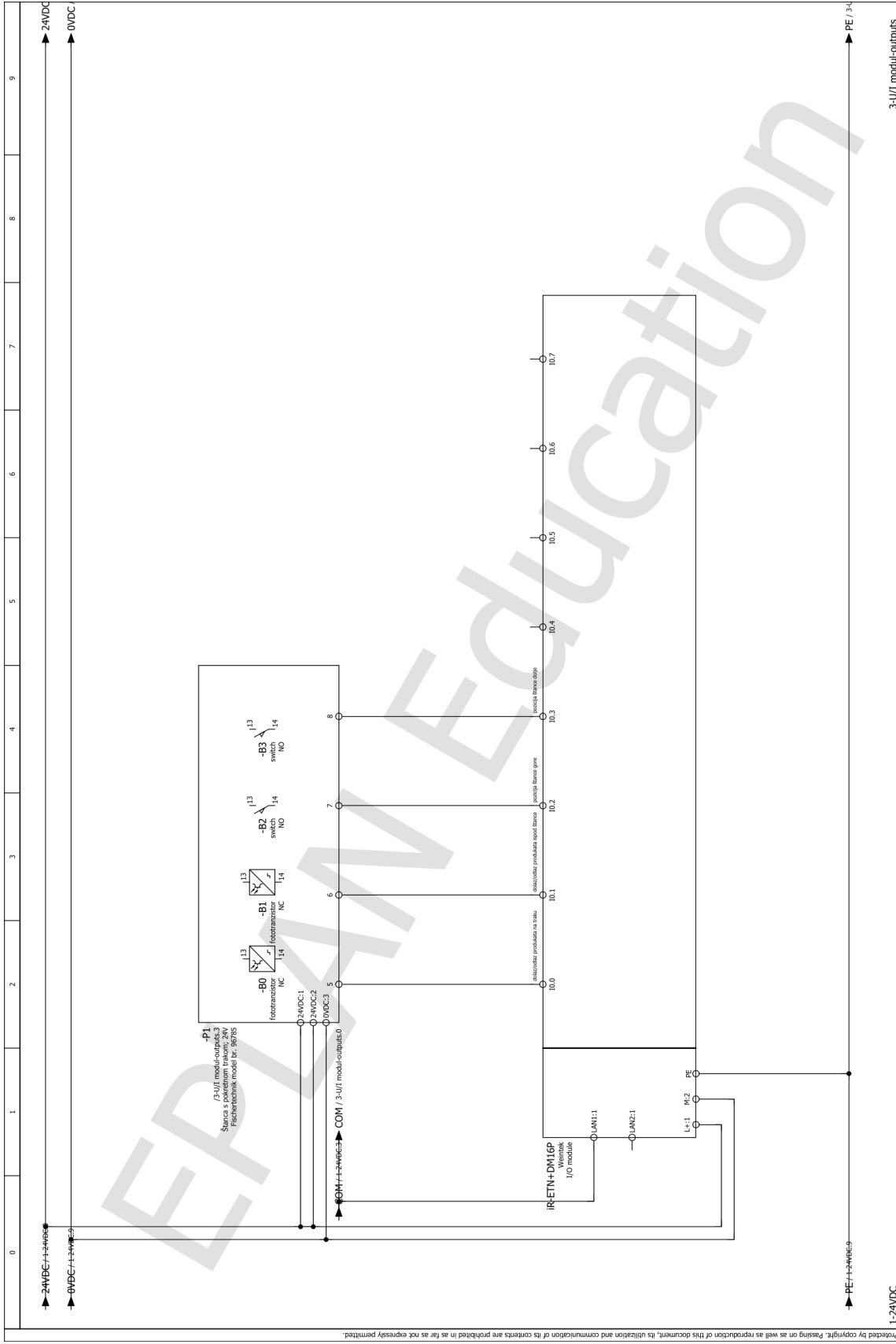


Prilog 2. EPLAN: shema spajanja makete i PLC-a



Priloga 2. EPLAN: shema spajanja makete i PLC-a

Modification	Date	Name	Creator	djeno	Approved by	djeno	Date	9.7.2024 Est.	9.7.2024 Est.	Page	1	from	3
Project name										EPLAN GmbH & Co. KG			
Elektrona shema-Copy										EPLAN			
Basic project with identifier structure to IEC standard										EPLAN			
Job number										EPLAN			
Drawing number										EPLAN			
Approved by										EPLAN			
Date										EPLAN			
Page										EPLAN			
1-24VDC										EPLAN			
2-U/I modul-inputs										EPLAN			



Prepared by copyright. Passing on as well as reproduction of this document, its utilization and communication of its contents are prohibited in as far as not expressly permitted.

1-24VDC	Project name	Elektróna shéma-Copy	Job number		EPLAN GmbH & Co. KG	Date	20.7.2024 [Ed.]	djeno	3-U/I module outputs		
	Basic project with identifier structure to IEC standard		Drawing number						Page	2	from
Modification	Date	Name	Creator	djeno							

Prilog 3. Program u ljestvičastom dijagramu

POU: PLC_PRG

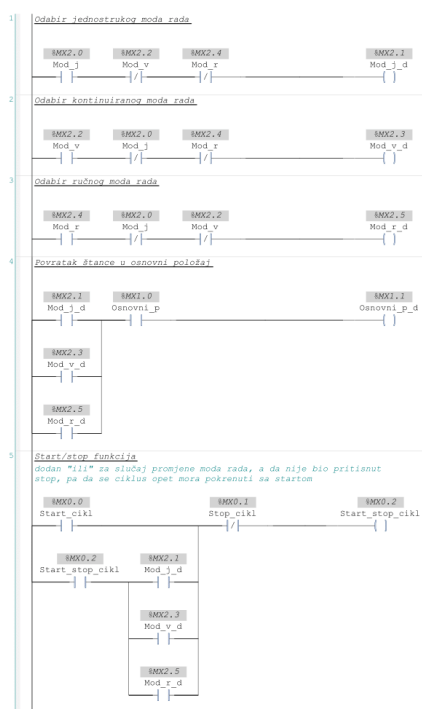
```
1 PROGRAM PLC_PRG
2 VAR
3 Start_cikl AT %MX0.0 : BOOL ;
4 Stop_cikl AT %MX0.1 : BOOL ;
5 Start_stop_cikl AT %MX0.2 : BOOL ;
6 Osnovni_p AT %MX1.0 : BOOL ;
7 Osnovni_p_d AT %MX1.1 : BOOL ;
8 Mod_j AT %MX2.0 : BOOL ;
9 Mod_j_d AT %MX2.1 : BOOL ;
10 Mod_v AT %MX2.2 : BOOL ;
11 Mod_v_d AT %MX2.3 : BOOL ;
12 Mod_r AT %MX2.4 : BOOL ;
13 Mod_r_d AT %MX2.5 : BOOL ;
14
15 B0 AT %IX0.0 : BOOL ;
16 B1 AT %IX0.1 : BOOL ;
17 B2 AT %IX0.2 : BOOL ;
18 B3 AT %IX0.3 : BOOL ;
19 Tr_N AT %QX0.0 : BOOL ;
20 Tr_I AT %QX0.1 : BOOL ;
21 St_G AT %QX0.2 : BOOL ;
22 St_D AT %QX0.3 : BOOL ;
23
24 TOF_stanca_dolje : TOF ;
25 T1 : TIME ;
26 TON_stanca_gore_jednostr : TON ;
27 T2 : TIME ;
28 TON_stanca_gore_kont : TON ;
29 T3 : TIME ;
30 TON_traka_naprijed_kont : TON ;
31 T4 : TIME ;
32 TON_traka_iza_jednostr : TON ;
33 T5 : TIME ;
34 TON_traka_iza_kont : TON ;
35 T6 : TIME ;
36
37 CTU_kontinuirano : CTU ;
38 CTU0 : WORD ;
39 CTU_k AT %MX6.0 : BOOL ;
40 CTU_jednostruko : CTU ;
41 CTU1 : WORD ;
42 CTU_j AT %MX6.1 : BOOL ;
43
44 St_D_pom AT %MX5.0 : BOOL ;
45 St_G_pom AT %MX5.1 : BOOL ;
46 Pom_j_st_d AT %MX5.2 : BOOL ;
47 Pom_j_st_d2 AT %MX5.3 : BOOL ;
48 Pom_j_tr_i AT %MX5.4 : BOOL ;
49 pom_gore AT %MX5.5 : BOOL ;
50 Tr_i_j_k_d AT %MX5.6 : BOOL ;
51 Tr_n_j_k_d AT %MX5.7 : BOOL ;
52 Tr_n_j_k_d2 AT %MX5.8 : BOOL ;
53 Tr_n_j_k_d3 AT %MX5.9 : BOOL ;
54 r_tr_n AT %MX7.0 : BOOL ;
55 r_tr_i AT %MX7.2 : BOOL ;
56 r_st_d AT %MX7.4 : BOOL ;
57 r_st_g AT %MX7.6 : BOOL ;
```

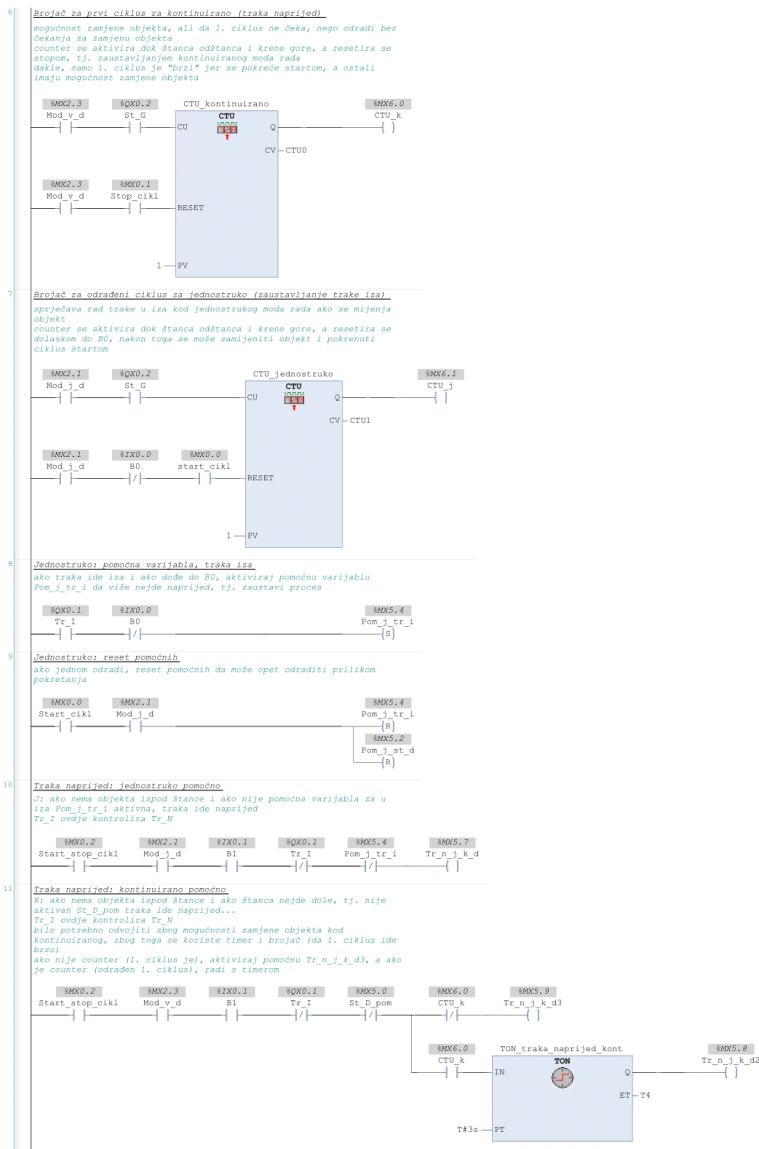


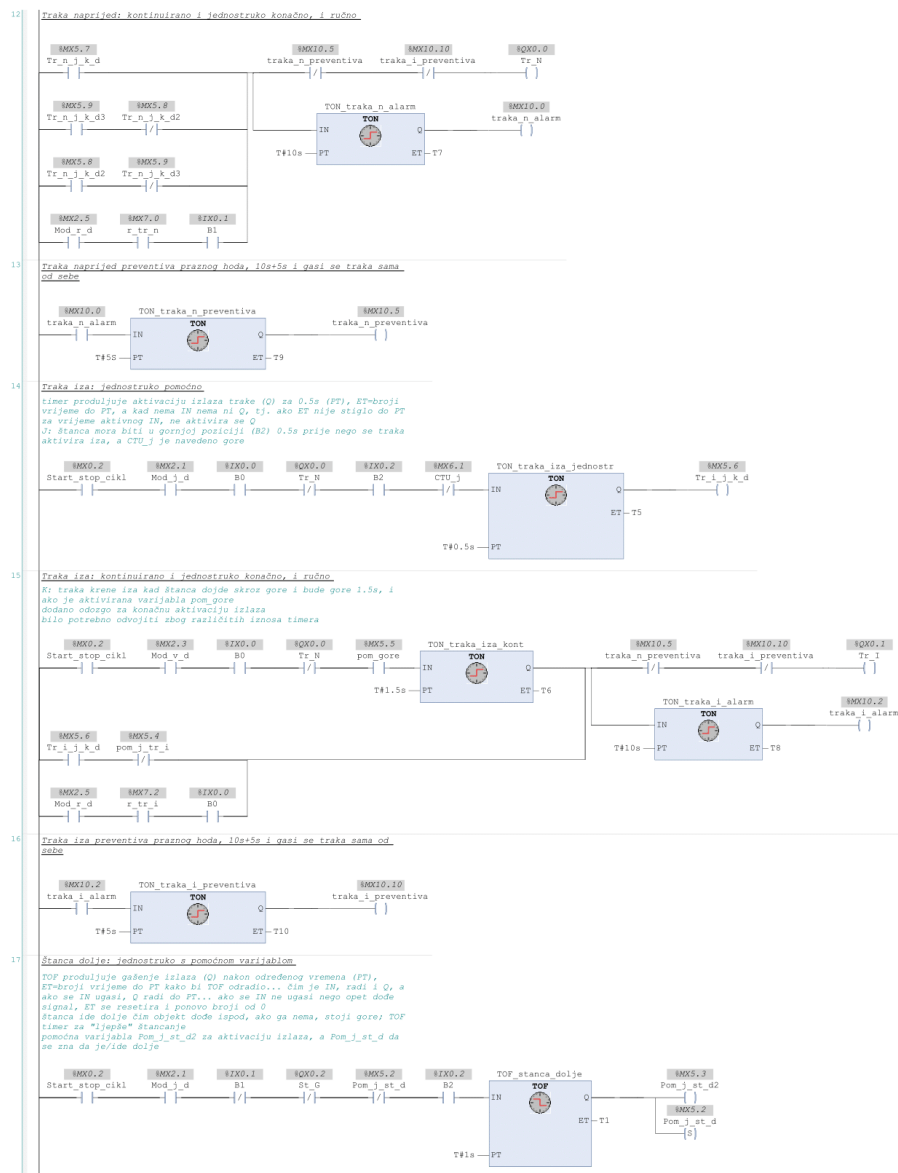
```

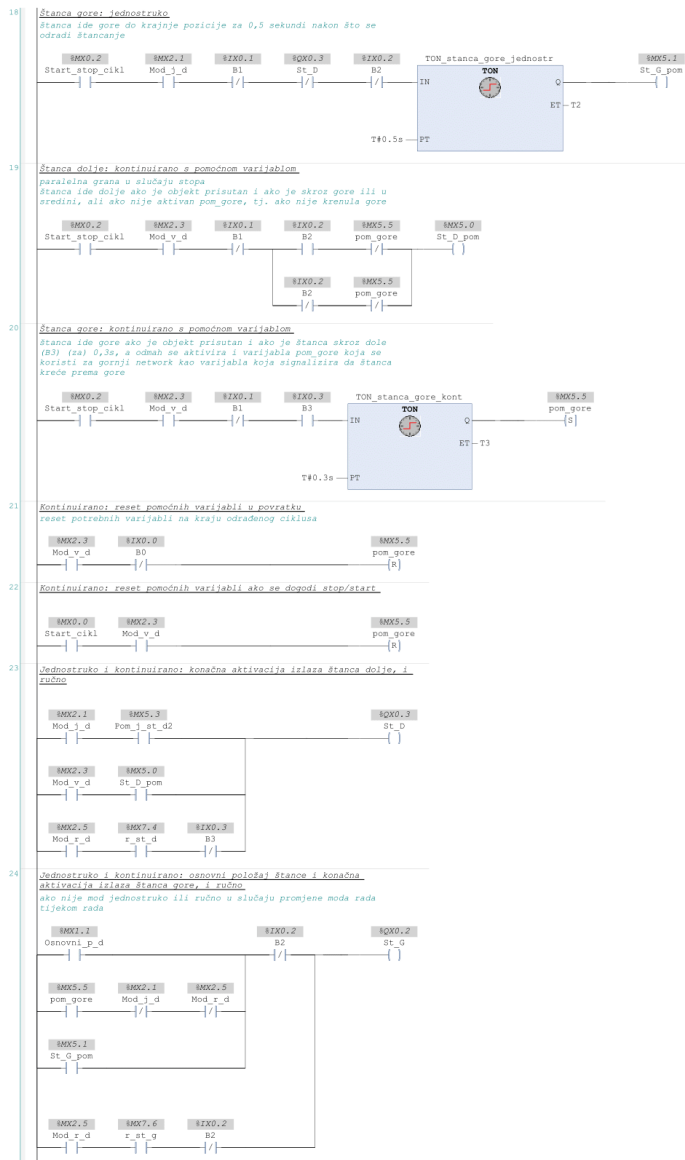
58
59     TON_traka_n_alarm : TON ;
60     T7 : TIME ;
61     traka_n_alarm AT %MX10.0 : BOOL ;
62     TON_traka_i_alarm : TON ;
63     T8 : TIME ;
64     traka_i_alarm AT %MX10.2 : BOOL ;
65     TON_traka_n_preventiva : TON ;
66     T9 : TIME ;
67     traka_n_preventiva AT %MX10.5 : BOOL ;
68     TON_traka_i_preventiva : TON ;
69     T10 : TIME ;
70     traka_i_preventiva AT %MX10.10 : BOOL ;
71
72     END_VAR
73

```









Sveučilište Sjever

IZJAVA O AUTORSTVU

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

Ja, MATILJA FEND (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom UPINJANJE PROTIV STANICE ZA PRANJE RUKU U MZVONHOI (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)



(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.