

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Andraž Zabukovec

Krmiljenje robotske varilne celice

DIPLOMSKO DELO
VISOKOŠOLSKI STROKOVNI PROGRAM PRVE STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN
INFORMATIKA

MENTOR: izr. Prof. dr. Uroš Lotrič

Ljubljana, 2013

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja in Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavljanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.



Št. naloge: 00490/2013

Datum: 10.04.2013

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **ANDRAŽ ZABUKOVEC**


Naslov: **KRMILJENJE ROBOTSKÉ VARILNE CELICE
CONTROL OF ROBOTIC WELDING CELL**

Vrsta naloge: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija prve stopnje

Tematika naloge:

Podjetja zaradi zmanjševanja stroškov proizvodnje in povečevanja kakovosti v proizvodnjo vedno pogosteje uvajajo robotske celice. Predstavite uvedbo robotske varilne celice v proizvodnji proces. Izdelajte in predstavite programske rešitve, ki naj vključujejo vso varnostno logiko, programiranje robotske roke ter manipulirne mize in uporabniški vmesnik za vodenje celice.

Mentor:


izr. prof. dr. Uroš Lotrič



Dekan:


prof. dr. Nikolaj Zimic

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Andraž Zabukovec, z vpisno številko 63070362, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Krmiljenje robotske varilne celice

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom izr. Prof. dr. Uroša Lotriča
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki »Dela FRI«.

V Ljubljani, dne 17.06.2013

Podpis avtorja:

Za vodenje in strokovno pomoč pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Urošu Lotriču. Moja zahvala gre tudi moji družini, še posebno staršema, saj sta me podpirala in spodbujala skozi celoten študij. Zahvaljujem se tudi dekletu, Jani, za razumevanje in podporo. Rad bi se zahvalil tudi sodelavcem iz podjetja Yaskawa Ristro d.o.o., da so mi omogočili sodelovanje pri takšnem projektu, kjer sem se zelo veliko naučil.

KAZALO

POVZETEK	1
ABSTRACT	2
1 UVOD	1
2 ELEKTRO KONFIGURACIJA ROBOTSKA VARILNE CELICE	4
2.1 Sestavni deli robotske varilne celice	4
2.1.1 Glavna stikalna omara	4
2.1.2 Robotski krmilnik DX 100	5
2.1.3 Robotska roka	7
2.1.4 Miza z orodjem	7
2.1.5 Čistilec	7
2.1.6 Servisna vrata.....	8
2.1.7 Komandna plošča robotske celice.....	8
2.1.8 Dvoročni pult	9
2.1.9 Varilno orodje.....	10
3 VARNOSTNA LOGIKA	10
3.1 Varnostna logika in varnostna veriga za izklop v sili	10
3.2 Programiranje varnostne logike	11
4 ROBOTSKA ROKA	18
4.1 Osi robota	18
4.2 Koordinatni sistemi robota	19
4.3 Ukazi za gibanje robota	19
4.4 Točnost pozicije	20
4.5 Nastavitev robota	21
4.5.1 Osnovna pozicija robota	22
4.5.2 Delovna točka orodja	23
4.5.3 Določitev varnega prostora	23
4.5.4 Kalibracija robota z zunanjo osjo	24
4.5.5 Testiranje varilnega izvora.....	24
5 SIEMENS	25
5.1 Programirljivi logični krmilnik	25
5.2 Sestavni deli industrijskega krmilnika	26
5.3 Montaža in naslavljanje	26
5.3.1 Naslavljanje analognih modulov	27
5.3.2 Naslavljanje digitalnih modulov	27

5.3.3 Spominska kartica.....	28
5.4 Programiranje v lestvičnem diagramu.....	29
5.4.1 Sistemski vhodi/izhodi.....	29
5.4.2 Uporabniški vhodi/izhodi	33
5.4.3 Glavni ekran.....	38
5.5 Potek komunikacije.....	39
5.6 Način delovanja robotske varilne celice	41
5.6.1 Ročni način delovanja.....	41
5.6.2 Avtomatski način delovanja.....	41
6 ZAKLJUČEK.....	42
LITERATURA.....	43

KAZALO SLIK

SLIKA 1: ROBOTSKA VARILNA CELICA.	2
SLIKA 2: ROBOT ZA TOČKOVNO VARJENJE.	3
SLIKA 3: TLORIS ROBOTSKE CELICE.	4
SLIKA 4: GLAVNA STIKALNA OMARA.	5
SLIKA 5: NOTRANJOST KRMILNIKA DX 100.	6
SLIKA 6: ROBOTSKI KRMILNIK DX 100.	6
SLIKA 7: MIZA Z ORODJEJEM.	7
SLIKA 8: ČISTILEC.....	8
SLIKA 9: KOMANDNA PLOŠČA.	9
SLIKA 10: DVOROČNI PULT.	9
SLIKA 11: VARILNO ORODJE.	10
SLIKA 12: SVETLOBNE ZAVESE.	10
SLIKA 13: VARNOSTNI KONTAKTOR PNOZ.....	11
SLIKA 14: PONAZORITEV VARNOSTNEGA SISTEMA.....	12
SLIKA 15: VARNOSTNA VERIGA ZA IZKLOP V SILI.....	12
SLIKA 16: VARNOSTNA VERIGA ZA NAČIN DELOVANJA.....	13
SLIKA 17: VARNOSTNA VERIGA ZA DVOROČNI PULT.	13
SLIKA 18: VARNOSTNA VERIGA ZA POZICIJO ROBOTA.	14
SLIKA 19: VARNOSTNA VERIGA ZA VKLOP VENTILA ZA ZRAK.....	15
SLIKA 20: VARNOSTNA VERIGA ZA NULTO POZICIJO.	15
SLIKA 21: VARNOSTNA VERIGA ZA SVETLOBNE ZAVESE.	16
SLIKA 22: VARNOSTNA VERIGA ZA SERVISNA VRATA.	16
SLIKA 23: VARNOSTNA VERIGA ZA AVTOMATSKI NAČIN.....	17
SLIKA 24: VARNOSTNA VERIGA ZA ROČNI NAČIN.....	17
SLIKA 25: VARNOSTNA VERIGA ZA KONČNI POLOŽAJ.....	18
SLIKA 26: OSI MANIPULATORJA.	18
SLIKA 27: UPORABNIŠKI KOORDINATNI SISTEM.	19
SLIKA 28: PREMİK Z MOVL UKAZOM.....	20
SLIKA 29: KROŽNI PREMİK Z UKAZOM MOVC.....	20

SLIKA 30: PREMİK BREZ PARAMETRA PL.	21
SLIKA 31: PREMİK S PARAMETROM PL.	21
SLIKA 32: ROBOT V OSNOVNI POZICIJI.	22
SLIKA 33: ZASLON ZA VPIS ABSOLUTNIH PODATKOV.	22
SLIKA 34: PREVERJANJE TOČKE TCP.	23
SLIKA 35: VARNO OBMOČJE ROBOTA.	23
SLIKA 36: PRIMER PROGRAMA ZA VARJENJE.	25
SLIKA 37: SIEMES SIMATIC S7-400 SISTEM.	26
SLIKA 38: RAZPOREDITEV MODULOV NA MONTAŽNI LETVI.	27
SLIKA 39: NASLOVI VHODOV IN IZHODOV ANALOGNEGA MODULA.	27
SLIKA 40: PRIKAZ NASLAVLJANJA DIGITALNIH MODULOV.	28
SLIKA 41: FUNKCIJA »EXTERNAL SERVO ON & SERVO IS ON«.	29
SLIKA 42: FUNKCIJA »EXTERNAL START,RUNNING«.	30
SLIKA 43: FUNKCIJA »EXTERNAL HOLD«.	30
SLIKA 44: FUNKCIJA »ALARM ROBOT«.	31
SLIKA 45: FUNKCIJA »CUBE«.	32
SLIKA 46: FUNKCIJA »TURN«.	33
SLIKA 47: FUNKCIJA VARJENJA.	34
SLIKA 48: FUNKCIJA ZA PRIKAZOVANJE STANJA NA EKLAN.	35
SLIKA 49: SIMBOLIČNA TABELA.	36
SLIKA 50: RAZVOJNO OKOLJE WINCC.	37
SLIKA 51: GLAVNI EKLAN.	38
SLIKA 52: POTEK KOMUNIKACIJE.	39
SLIKA 53: POVEZAVE MED VARNOSTNIM KONTAKTORJEM PNOZ IN KRMILNIKOM SIEMENS S7-313C	40
SLIKA 54: POVEZAVE MED KRMILNIKOM SIEMENS S7-313C IN KRMILNIKOM ROBOTA.	40

POVZETEK

V sodobnem času je robotika nepogrešljiv del vsake serijske proizvodnje, saj želijo lastniki v proizvodnem procesu zmanjšati vpliv človeškega faktorja na hitrost in natančnost opravljenega dela in s tem optimizirati proizvodni proces.

V svojem diplomskem delu bom predstavil delovanje varilne robotske celice, ki smo jo v podjetju Yaskawa Ristro d.o.o. razvili za podjetje Akrapovič. V več poglavjih diplomskega dela bom predstavil celoten sistem robotske varilne celice oziroma njene sestavne dele, varnostno logiko, delovanje robota, industrijski krmilnik Siemens in komunikacijo med sestavnimi deli robotske celice. Poseben poudarek v diplomskem delu je namenjen razvoju avtomatskega vodenja robotske varilne celice. Program avtomatike je razvit v programskem okolju Siemens Simatic S7, v programskem jeziku lestvični diagram. Predstavljena je tudi varnostna logika, ki nam zagotavlja varno delovanje vseh elementov robotske varilne celice. Le-to nam zagotavlja varnost operaterja.

Pred začetkom razvijanja programskih rešitev, moramo podrobno pregledati elektro načrt in se seznaniti z zahtevami stranke. Programiranje varnostne logike ima tri temeljne korake. Najprej nastavimo vhode, nato razvijemo samo logiko in na koncu vse skupaj prepíšemo na izhode. Varnostna logika nas omejuje pri programiranju avtomatike, saj morajo biti izpolnjeni varnostni pogoji. Pri programiranju avtomatike si najprej sestavimo simbolično tabelo, nato pa začnemo s samimi programiranjem. Programiranje zajema komunikacijo, sporočila, razne števe, alarme, izbor izdelkov in uporabniški vmesnik za vodenje robotske varilne celice.

Ključne besede: robotski krmilnik, učna enota, delovna točka robota, varni prostor, varnostni kontaktor, industrijski krmilnik, robotska varilna celica

ABSTRACT

Industrial robots are common place in most modern manufacturing plants because the people running these factories are interested in reducing the plants' dependence on a human workforce and to simultaneously improve productivity and quality.

The thesis presents the operation of a robot welding cell project, which was developed at YASKAWA Ristro d.o.o. for the customer Akrapovič. The sub systems of the robot welding cell will be detailed in the thesis including the following topics; safety control, robot operation, Siemens PLC and the communication between these systems. Development of the PLC program controlling the robot welding cells will also be covered in detail. The PLC program is written ladder diagrams in the Siemens Simatic S7 platform. The safety controller and associated systems are also discussed, which are in place to ensure the safety of the human operator.

The process of developing software for a robot welding cell begins with detailed analysis of the electrical drawings and customer requirements. Programming the safety controller can be separated into three steps. First, the inputs are defined, followed by developing the safety logic and finally output elements are connected to the logic. The safety logic is the key to programming the automatic operation of the robot welding cell as it ensures safe operation only after certain safety conditions are met. Programming the automation sequence in S7 begins with defining the symbol table before any actual programming takes place. Programming covers communication, messages, counters, alarms, work selection and the HMI.

Key words: robot controller, teach-box, tool center position, cube, safety contactor, industrial controller, robot welding cell.

1 UVOD

Za obstanek na današnjem globalnem trgu se morajo podjetja osredotočiti na skupne vhodno-izhodne stroške, kakovost izdelkov, produktivnost in odzivnost na trgu. To so dejavniki, zaradi katerih je robotika dobra naložba.

Veliko današnjih podjetij je ugotovilo, da selitev proizvodnje ni odgovor na konkurenčnost nasproti uvozu iz nizko stroškovnih držav, ker podaljševanje dobavne verige in logistični problemi lahko zelo hitro znižajo prihranek na stroških. Zaradi tega se čedalje več podjetij odloča za robotiko, s katero povečajo produktivnost in kakovost.

Hitrost, ponovljivost in natančnost so tri bistvene prednosti robotike. Pri obdelavi, varjenju ali pakiranju zdravil, roboti opravijo delo zelo hitro in z dosledno visoko kakovostjo. Zato je uvedba robotike idealna skoraj za vse proizvodne naloge.

Investicije v uvedbo robota se zelo hitro izplača. Tudi neposredna primerjava z ročnim delom za enak obseg proizvodnje pokaže, da je povratek investicije za robotski sistem le nekaj let. Ko so dobički storilnosti normalno doseženi, se z robotskim sistemom ta čas povračila skrajša.

Roboti so postali lažje dosegljivi in ne zagotavljajo le večje kvalitete, produktivnosti in fleksibilnosti, temveč jih tudi zelo enostavno prerazporedimo za delo v drugih procesih.

En sam robot lahko opravlja hkrati več opravil: rezanje, varjenje, končna obdelava, kar v celoti zmanjšuje čas izdelave, povečuje kakovost in zagotavlja hitrejše vračilo investicije. Poleg tega pa uvedba robotov v primerjavi s tradicionalno ročno proizvodnjo nudi večjo fleksibilnost, hitrejši prehod na druge operacije in vse to ob dodani vrednosti.

Z izpopolnjeno programsko opremo je možno robote reprogramirati brez povezave, kar omogoča hitrejše uvajanje novih izdelkov brez ustavljanja tekoče proizvodnje.

Roboti lahko delajo brez prekinitve. Robotske celice so lahko narejene v zelo kompaktni izvedbi, kar prihrani proizvodni prostor. Roboti neovirano delujejo v ekstremnih okoljih, kot so nevarna ali sterilna območja. Dejansko roboti lahko dramatično znižajo proizvodne stroške in istočasno zvišajo obseg proizvodnje.

Glede na potrebe podjetja Akrapovič d.d., ki raste iz dneva v dan, je potrebno vedno večje število izpušnih sistemov. Ker potrebam niso uspeli zadostiti, so se obrnili na podjetje Yaskawa Ristro d.o.o., ki je specializirano za področje robotike. Izdelujejo robotske celice za širok spekter aplikacij, kot so varjenje, rezanje, paletiranje in lakiranje. V njihovi ponudbi so

roboti različnih nosilnosti, manipulirne mize, priprave in obračalni sistemi. Robotska varilna celica je namenjena za obločno varjenje izpušnih sistemov, ki jih podjetje Akrapovič d.d. vgrajuje v motorna kolesa

Varjenje je spajanje dveh ali več delov osnovnega materiala v nezdružljivo celoto. Spajanje dosežemo s toploto, s pritiskom ali s kombinacijo obeh skupaj, z ali brez dodajanja materiala. Za varjenje v robotizirani industriji poznamo dva postopka varjenja. V ta namen poznamo varilne celice za obločno varjenje in varilne celice za uporovno varjenje.

Celice za obločno varjenje so celice, ki jih podjetje Yaskawa Ristro d.o.o. naredi največ. Taka celica je predstavljena na sliki 1. Eden izmed sestavnih delov je manipulirna miza, ki služi za manipuliranje z orodjem. Obločno varjenje opravljamo največkrat s pomočjo robota HP20, na katerem je montirano varilno orodje. Sestava celic se razlikuje po številu robotov, ki jih je lahko od 1 do 4, in številu postaj na manipulirni mizi. Razlikujemo dvo-postajne, tri-postajne ali štiri-postajne mize.



Slika 1: Robotska varilna celica.

Kot kaže slika 2 je pri uporovnem varjenju največkrat uporabljen robot z oznako ES165N, sicer pa po želji kupca. Velikost robota je pogojena z močjo oziroma težo varilnih klešč. Pri omenjenem robotu je sama nosilnost 165 kg. Sam princip delovanja je podoben, le da imamo tukaj namesto gorilca uporovne klešče. Program varjenja poteka , tako da se robot z varilnimi

kleščami pomakne do točke za varjenje, kjer se klešče sklenejo, tako da skozenj steče velik električni tok.

Sestavni deli robotske varilne celice so robotski krmilnik, manipulirna miza, varilne klešče, krmilna omara in zaščitna ograja s servisnim vhodom ter zaščitna zavesa.



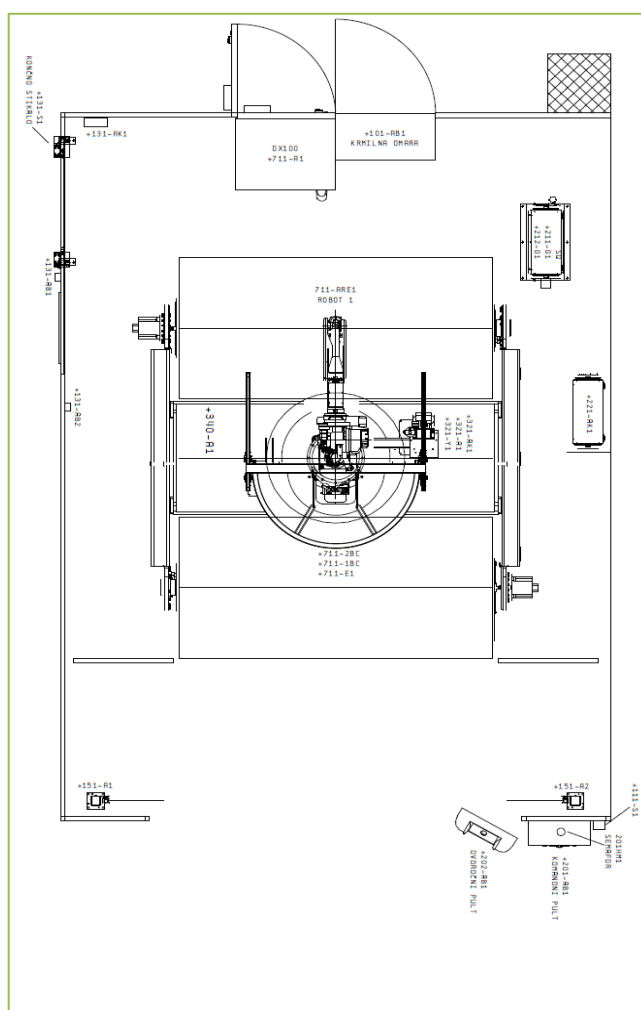
Slika 2: Robot za točkovno varjenje.

V naslednjem poglavju so predstavljeni sestavni deli robotske varilne celice, kot so robotska roka, glavna stikalna omara, miza, varilno orodje, robotski krmilnik, čistilec in komandni pult. Tretje poglavje opisuje varnostne elemente in programiranje varnostne logike. Varnost je tukaj zelo pomembna, saj sicer lahko pride do hujših poškodb operaterja. V četrtem poglavju je predstavljen robot, njegove funkcije, programiranje in nastavljanje parametrov. Peto poglavje opisuje industrijski krmilnik, programiranje krmilnika in potek komunikacije.

2 ELEKTRO KONFIGURACIJA ROBOTSKE VARILNE CELICE

2.1 Sestavni deli robotske varilne celice

Robotska varilna celica, ki je prikazana na sliki 3, je sestavljena iz glavne stikalne omare z industrijskim krmilnikom, robotskega krmilnika DX 100, robotske roke, mize z orodjem, komandne plošče, dvoročnega pulta, servisnih vrat, varilnega orodja in čistilca.

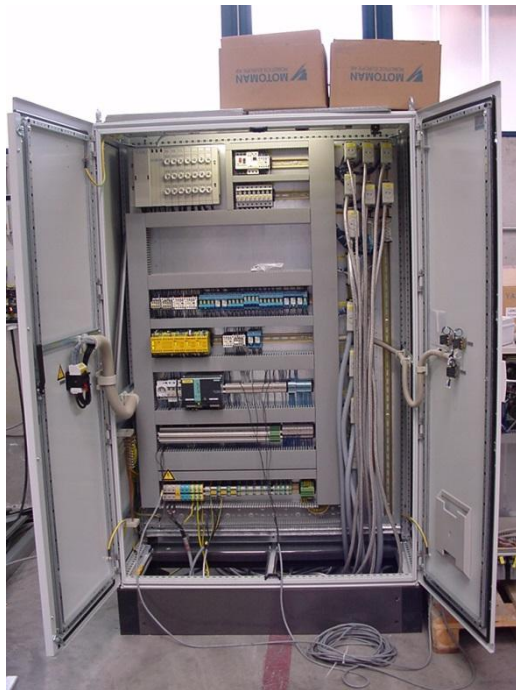


Slika 3: Tloris robotske celice.

2.1.1 Glavna stikalna omara

Glavna stikalna omara, prikazana na sliki 4, je jedro robotske celice. Tu se nahajajo vsi potrebni električni gradniki, ki v medsebojni povezavi s periferijo skrbijo za popolno avtomatizacijo celice. V omari je tudi glavni dovod električne energije za vse komponente

sistema in glavno stikalo, s katerim vklopimo ali izklopimo celico. Sledi napajalnik 24 V za kontaktno logiko, industrijski krmilnik, prikazovalnik in fotocelice. Pomemben člen je varnostna veriga. Zagotavljati mora pogoje varnega delovanja celice in s tem preprečiti morebitne poškodbe delavca in stroja. Za avtomatizacijo skrbi krmilnik s svojimi vhodno-izhodnimi komponentami. Nanj je priključen komandni pult, preko katerega se upravlja s celico. Prav tako so nanj priključene razne komponente (senzorji, pnevmatski ventili, motorji ...) kot tudi robotski krmilnik, s katerim komunicira zaradi usklajenega delovanja.



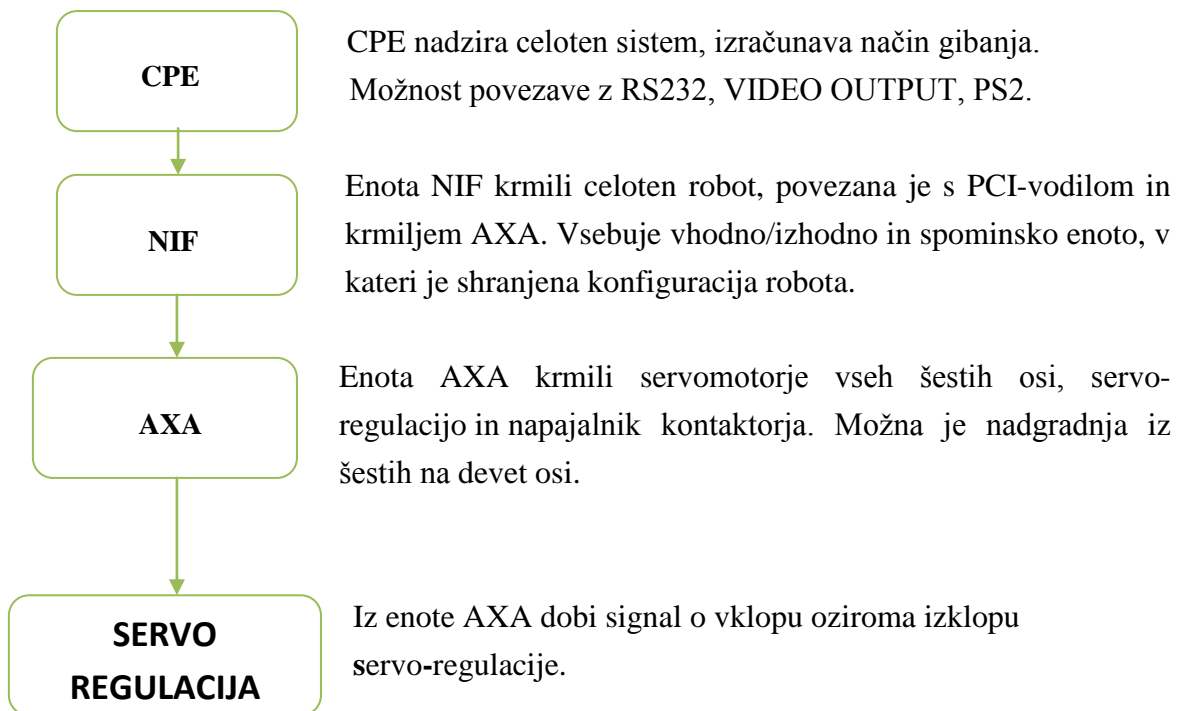
Slika 4: Glavna stikalna omara.

2.1.2 Robotski krmilnik DX 100

Slika 6 prikazuje robotski krmilnik DX 100, ki najnovejši proizvod japonskega podjetja Yaskawa. Robotski krmilnik DX 100 vodi mnogokratne naloge (ang. multiple tasks) z možnostjo vodenja do štirih robotov (do 36 osi)

V osnovi ima robotski krmilnik na vhodno/izhodni kartici ali kartici NIF določeno število vhodov in izhodov. Osem teh izhodov je relejskih, ostali so tranzistorski. Preko teh krmilimo zunanje naprave od navadnih senzorjev pa do vklopa/izklopa zunanjih naprav. Nadalje imamo na tej kartici še dvo-kanalno varnostno logiko. Po želji lahko število vhodov in izhodov povečamo z dodatno digitalno kartico in s tem pridobimo dodatnih 40 vhodov in 40 izhodov. Sam krmilnik operater upravlja preko učne enote (ang. teach-box). Notranjost robotskega

krmilnika je predstavljena na sliki 5. Sestavljajo jo centralna procesna enota (CPE), enota NIF, enota AXA in enota za servo regulacijo.



Slika 5: Notranjost krmilnika DX 100.

DX 100 ponuja tudi povezovanje preko različnih področnih vodil:

- Device Net,
- Control Net,
- Profibus – DP,
- Ethernet TCP/IP.



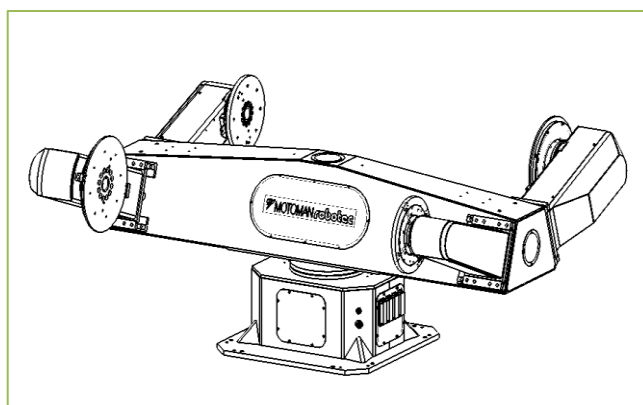
Slika 6: Robotski krmilnik DX 100.

2.1.3 Robotska roka

Robotska roka je glavni manipulator celice. Ima velik doseg, kar omogoča manipulacijo v širokem območju. V kombinaciji z vrtljivo mizo in prilagojenim orodjem je praktično moč doseči vse težko dostopne dele. Robotske roke se razlikujejo po velikosti in nosilnosti. Lahko prenašajo bremena od 3 do 500 kg. Manipulator je povezan s krmiljem preko dveh kabelskih povezav: 1BC je signalni, 2BC pa je močnostni kabel. Robot je preko teh dveh vodnikov direktno priključen na krmilnik DX 100. Najpogosteje se uporabljajo roboti s šestimi osmi. V sami robotski roki se za vsako os posebej nahaja servomotor, ki preko zobatega jermena poganja os robota.

2.1.4 Miza z orodjem

Miza z orodjem, prikazana na sliki 7, je eden izmed ključnih elementov celice, uporablja se za nalaganje in vpenjanje kosov, ki jih robot zvari. Poznamo več različnih tipov miz. Največkrat uporabljena je miza H z vertikalno osjo vrtenja, zelo podobna ji je miza H s horizontalno osjo vrtenja, uporabljajo pa se na primer tudi mize s štirimi položaji oziroma štirimi vlagalnimi mesti, mize s samo eno vrtljivo osjo. Za premikanje miz se uporabljajo servomotorji, ki jih krmili robotski krmilnik DX 100. Mize večjih dimenzij so skupaj z orodjem težke tudi nekaj ton. Za samo premikanje sta potrebna zelo velika moč in navor pogonskih motorjev. Za pogon se uporabljajo servomotorji, s pomočjo katerih se točno določa pozicija mize, kar je zelo pomembno pri natančnosti samih končnih izdelkov. Moč motorja se na mizo prenaša preko zobnika in zobatega jermena ali pa sta miza in motor povezana direktno (predvsem pri manjših izvedbah).



Slika 7: Miza z orodjem.

2.1.5 Čistilec

Slika 8 prikazuje čistilec, ki služi čiščenju gorilnika, ki je pritrjen na robota. Je eden pomembnejših členov v celici, saj poskrbi, da je gorilnik čist, posledično pa tudi dotok plina,

ki gre skozi, ni oviran, kar je pogoj za kakovostno varjenje. Robot se po določenem številu ciklov, ki jih opravi s šobo gorilnika, zapelje v čistilec, ki s pnevmatskim cilindrom fiksira samo šobo, da se med procesom čiščenja ne premika. Ko je šoba tako stabilizirana, drugi pnevmatski cilinder začne s samim čiščenjem, tako da se z vrtečim se nožkom zapelje v šobo, jo očisti in izpiha. Sam postopek poteka zelo hitro in po navadi med vrtenjem mize, tako da so časovne izgube čim manjše.



Slika 8: Čistilec.

2.1.6 Servisna vrata

Roboti za normalno delovanje potrebujejo določena vzdrževalna dela. Med drugim sem sodijo mazanje, menjava varilnih šob, varilne žice. Za lažje opravljanje teh del so na vsaki celici servisna vrata. Zato moramo poskrbeti, da se v primeru, ko se vrata odpro, delovanje celice nemudoma ustavi. V ta namen montiramo stikalo, ki je fiksno pritrjeno, ključ pa pritrdimo na vrata. Ko je ključ v stikalu, so izpolnjeni pogoji za delovanje, ko pa ključ potegnemo iz stikala (odpremo vrata), teh pogojev ni več in delovanje se ustavi.

2.1.7 Komandna plošča robotske celice

Na komandni plošči, ki jo prikazuje slika 9, se nahajajo vsa glavna stikala za upravljanje robotske celice. Na njej imamo tudi panel, na katerem spremljamo in nastavljamo korake delovanja robotske celice.



Slika 9: Komandna plošča.

2.1.8 Dvoročni pult

Dvoročni pult, ki ga prikazuje slika 10, je samostojno stoječi pult za upravljanje celice. Ko operater v vpenjalno orodje vloži elemente za varjenje, na pultu hkrati pritisne obe črni tipki ter tako potrdi oziroma začne s ciklom. Na samem pultu so še tipka za ničenje, tipka start, tipka za vzpostavitev delovanja, tipka za zasilni izklop, preklopno stikalo za preklapljanje med avtomatskim in ročnim načinom delovanja in še nekaj drugih signalnih lučk.



Slika 10: Dvoročni pult.

2.1.9 Varilno orodje

Varilni aparat oziroma celotno varilno orodje, ki je prikazan na sliki 11, je zelo pomemben element robotske celice, saj je od njene kakovosti odvisen končni izdelek oziroma zwarek. Sama varilna tehnika je razdeljena na varilni izvor, povezni paket in varilno pištolo.

Varilni izvor je preko poveznega paketa povezan s samim robotom oziroma gorilcem na njem. Ta povezava je lahko dolga tudi dvajset metrov in več, potrebno je dodati le vmesni pogon, da ostane pomik varilne žice enakomeren.

Varilni sklop vsebuje še prikazovalnik, preko katerega spremljamo oziroma nastavljamo vse potrebne parametre za varjenje.



Slika 11: Varilno orodje.

3 VARNOSTNA LOGIKA

3.1 Varnostna logika in varnostna veriga za izklop v sili



Slika 12: Svetlobne zavese.

Za varnost operaterja in varnost vseh v okolici robotske celice mora biti maksimalno poskrbljeno. Pomemben gradnik so svetlobne zavese, ki jih prikazuje slika 12. Te preprečijo

dostop do vrtljivih ali drugače premikajočih se delov robotske celice. V primeru prekinitve svetlobne zapore se delovanje celice avtomatsko ustavi.

Drugi pomemben člen v varnostni logiki so servisna vrata. Skozi ta v robotsko celico vstopajo serviserji, ki opravljajo nujna vzdrževalna dela, na primer mazanje osi, menjava varilne žice. Prav tako pa skozi vrata vstopajo programerji, ki programirajo delovanje robota in za to potrebujejo nemoten dostop do samega robota. Za to so v ročnem načinu ali načinu učenja (ang. teach) ta vrata odprta in ne predstavljajo varovanja pred nedovoljenim vstopom v robotsko celico. V avtomatskem načinu (ang. remote/play) pa morajo biti vrata nujno zaprta, kar predstavlja sklenjeno varnostno verigo in s tem nedovoljen poseg v robotsko celico. Z odprtjem vrat v tem načinu delovanja prekinemo varnostno verigo in delovanje se ustavi.

Slika 13 prikazuje delovanje varnostnega sistema, ki skrbi dvokanalni varnostni kontaktor Pilz PNOZ, ki je glavni člen v dvokanalni varnostni verigi. Za delovanje varnostne verige potrebuje stalno enosmerno napajalno napetost 24 V. Ima tudi dva tranzistorska izhoda (Y32, Y35) katerih vrednost je logična 1, če so varnostni kontakti sklenjeni. Ta dva izhoda sta povezana na vhod glavnega krmilnika, ki v primeru izgube kateregakoli od signalov javi napako pri delovanju robotske varilne celice.



Slika 13: Varnostni kontaktor Pilz PNOZ.

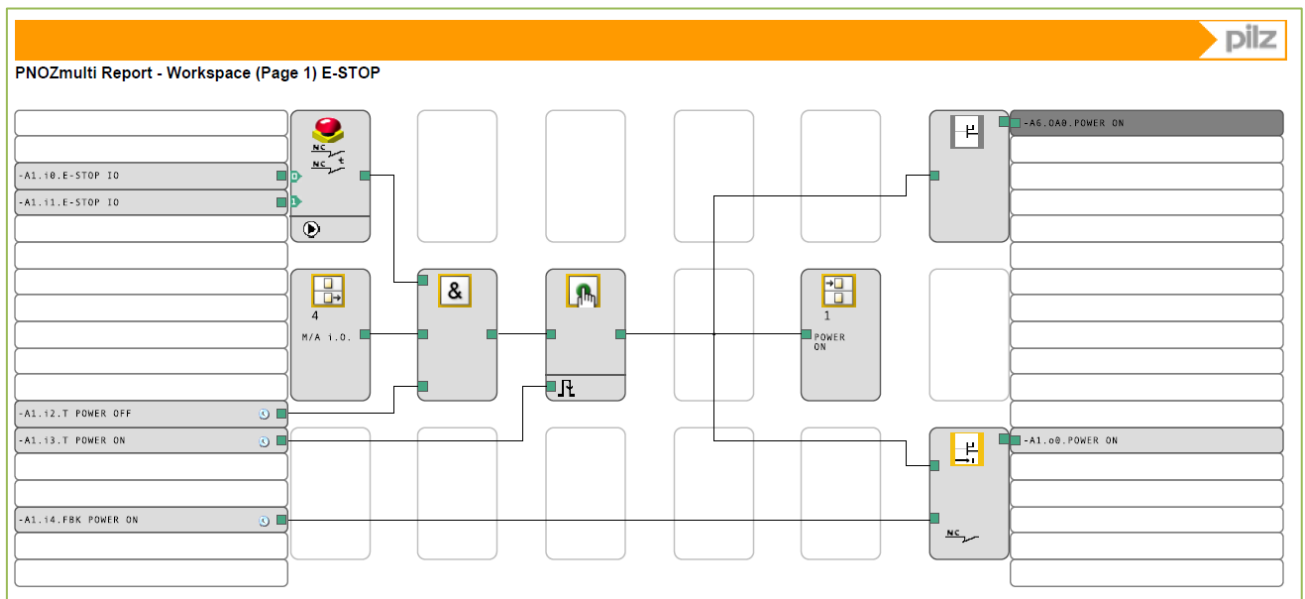
3.2 Programiranje varnostne logike

Za vsak varnostni kontaktor Pilz PNOZ pa je potrebno izdelati tudi program za pravilno delovanje varnostnega sistema. Program je razvit v programskem okolju PNOZmulti_v7.2.0. Program je razdeljen na strani. Vsaka stran nam predstavlja določen del varnostne verige, sestavljena pa je iz gradnikov, ki imajo različno število vhodov oziroma pogojev za izhod. Varilne robotske celice imajo različne varnostne verige, saj so različno narejene. Varilna celica, pri kateri sem sodeloval, ima naslednjo shemo varnostnega sistema, ki jo prikazuje slika 14.



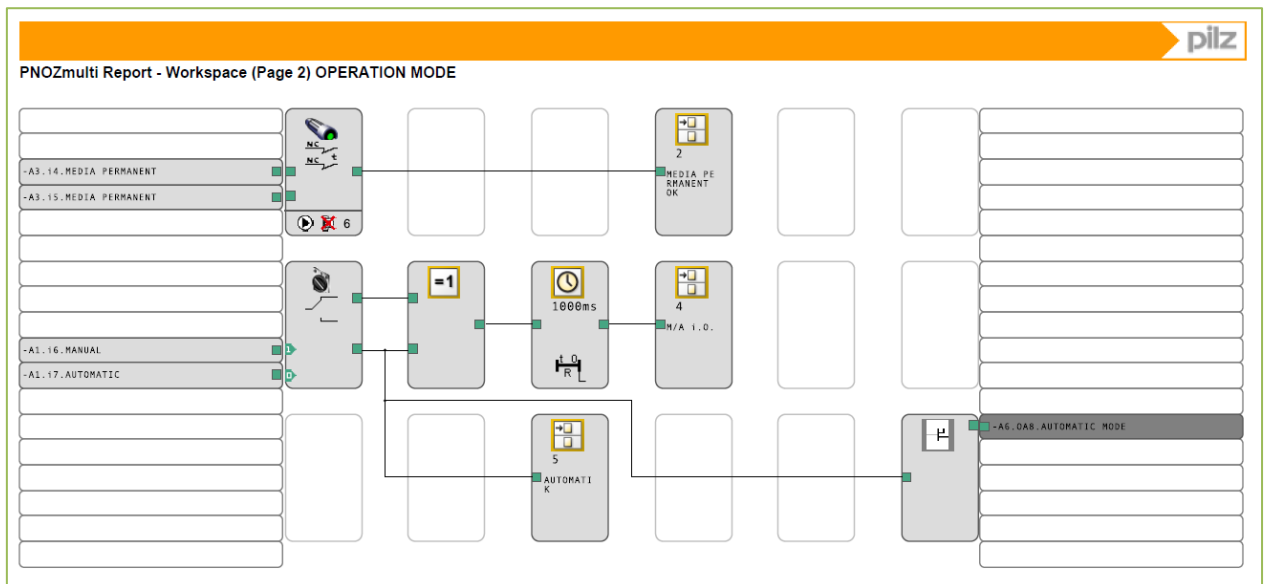
Slika 14: Ponazoritev varnostnega sistema.

V nadaljevanju bom povzel elemente varnostne verige v programskem okolju PNOZmulti.



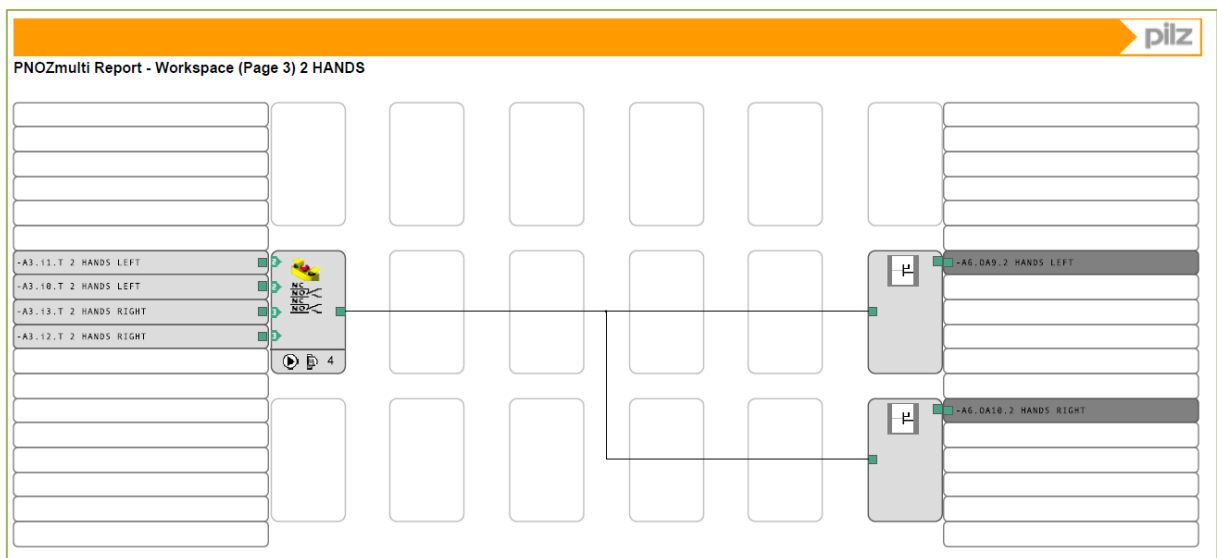
Slika 15: Varnostna veriga za izklop v sili.

Prva stran, ki je vidna iz slike 15, prikazuje potek varnostne verige za izklop v sili. Do izklopa v sili pride v primeru, ko operater pritisne tipko za izklop v sili. Ko pride do izklopa v sili, se delovanje celice zaustavi. Operater mora tipko za izklop v sili vrniti v nevtralen položaj, nato pa mora potrditi tipko, ki zagotavlja nadaljnje delovanje.



Slika 16: Varnostna veriga za način delovanja.

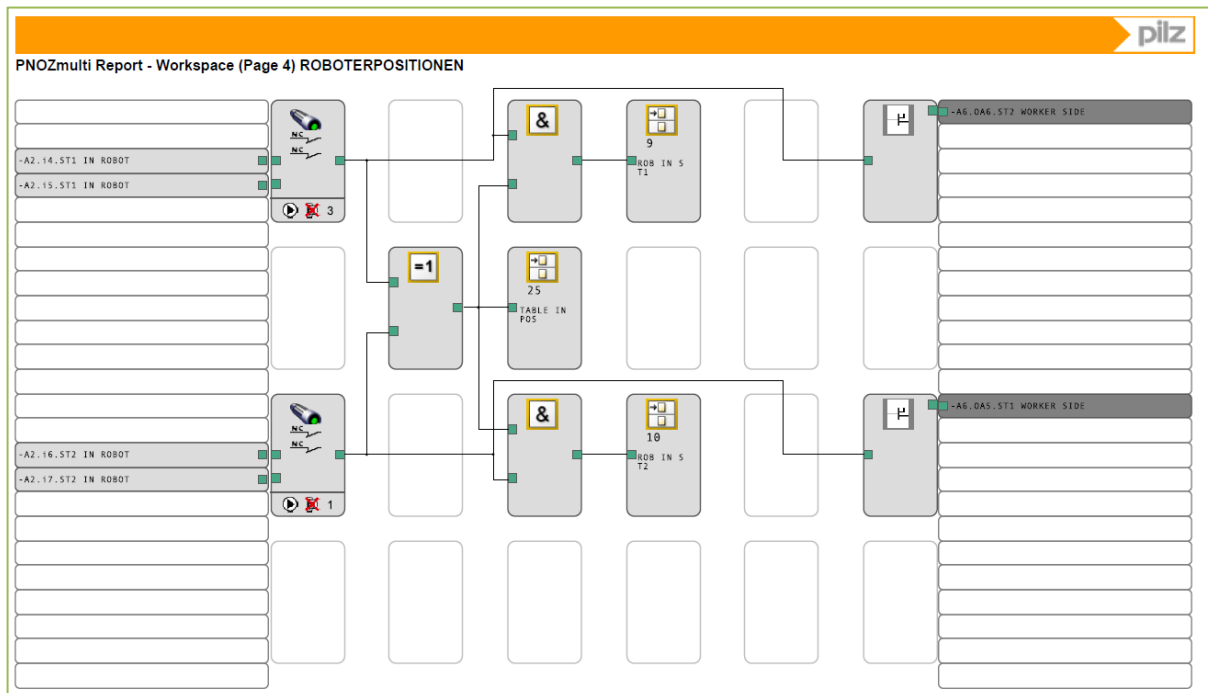
Na strani dva, ki jo prikazuje slika 16, imamo prikaz za način delovanja. Delovanje lahko poteka v ročnem ali avtomatskem načinu. V kolikor s ključem ni izbran niti ročni in niti avtomatski način delovanja, celica ne deluje. Če izberemo ročni način, se vklopi ventil za zrak, ki ga potrebujemo pri učenju robota, ne glede na varnost.



Slika 17: Varnostna veriga za dvoročni pult.

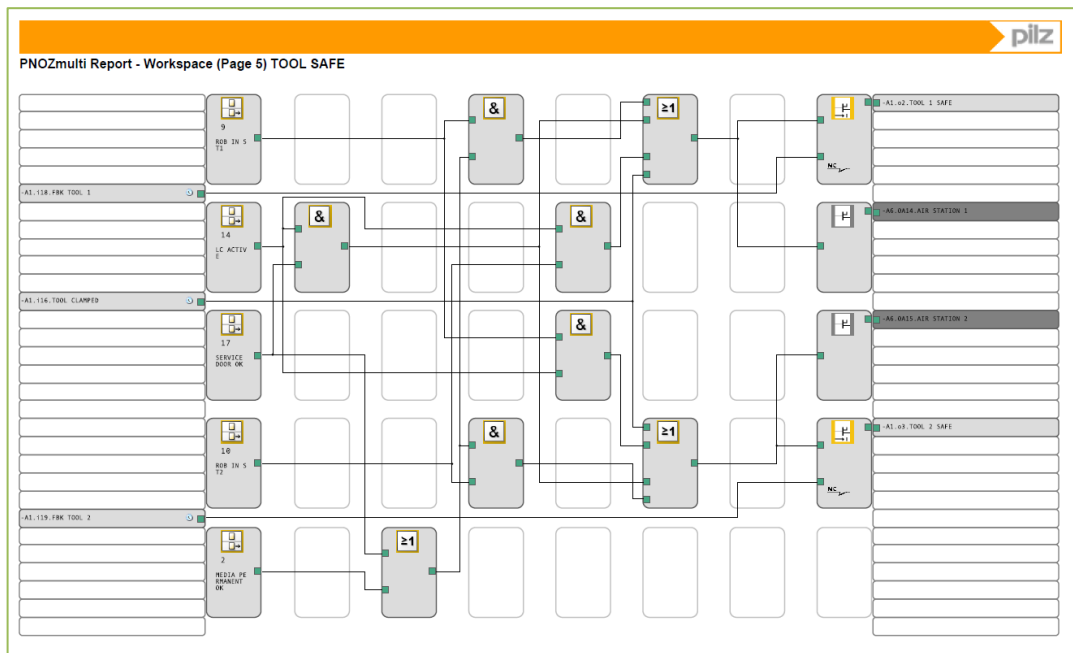
Slika 17 pa prikazuje dvoročni pult, ki poskrbi za varnost operaterja, saj mora operater pritisniti levo in desno tipko na pultu, sicer delovanje celice ne steče naprej. S tem je

onemogočeno da bi operater segal z eno roko v delovno območje celice, z drugo roko pa izvedel potrditev.



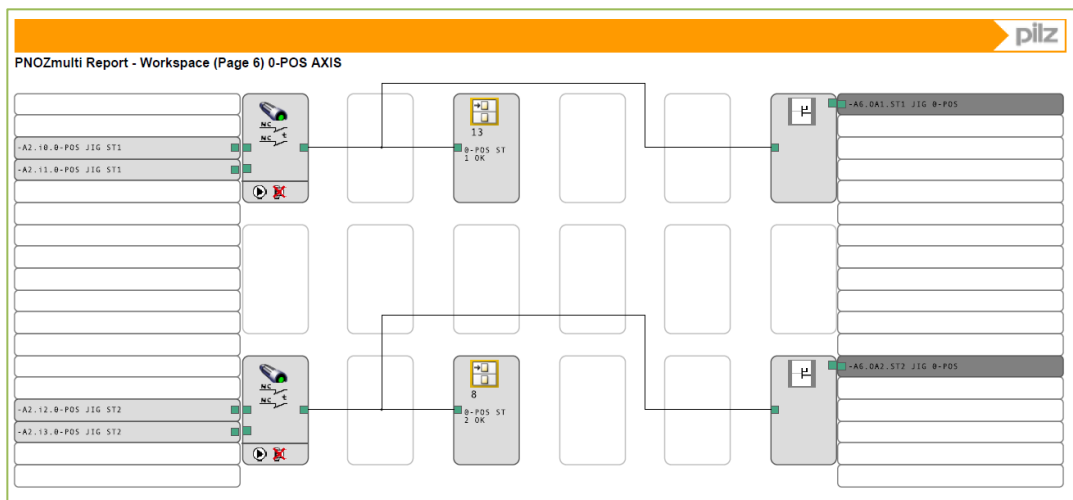
Slika 18: Varnostna veriga za pozicijo robota.

Položaj mize, viden iz slike 18, nam pove, v katerem položaju je miza, oziroma katera stran je pred robotom. Miza mora biti v mirujočem položaju, saj v nasprotnem primeru ni zadoščeno varnosti.



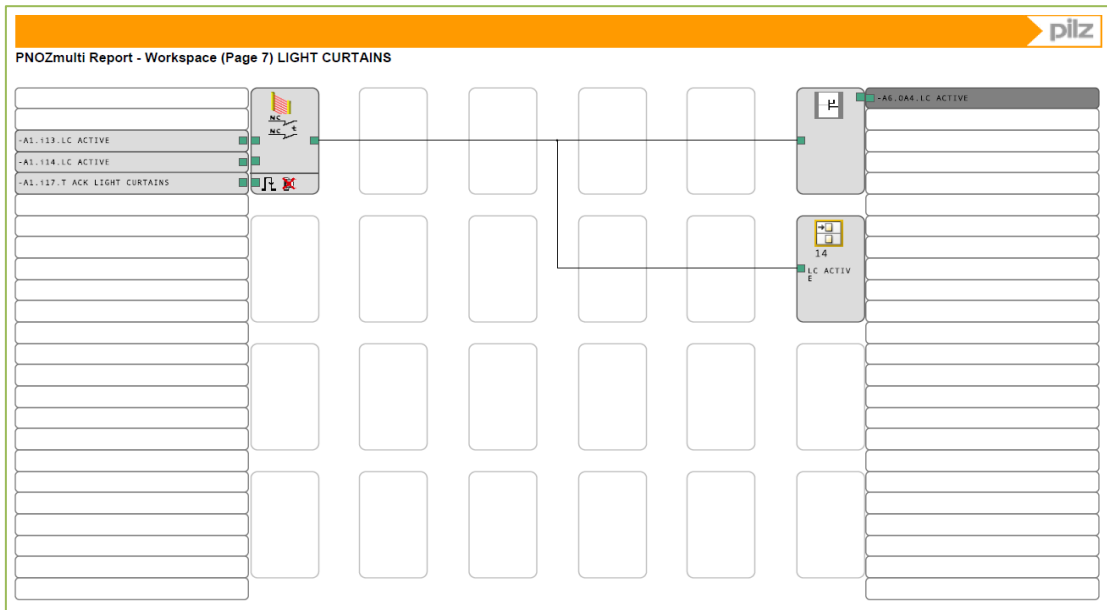
Slika 19: Varnostna veriga za vklop ventila za zrak.

Na peti strani, glej sliko 19, imamo vklopjanje zraka za tisto postajo, ki se nahaja pred robotom. Pri tem morajo biti izpolnjeni ostali varnostni pogoji, drugače se ne odpre ventil za dovod zraka.



Slika 20: Varnostna veriga za nulto pozicijo.

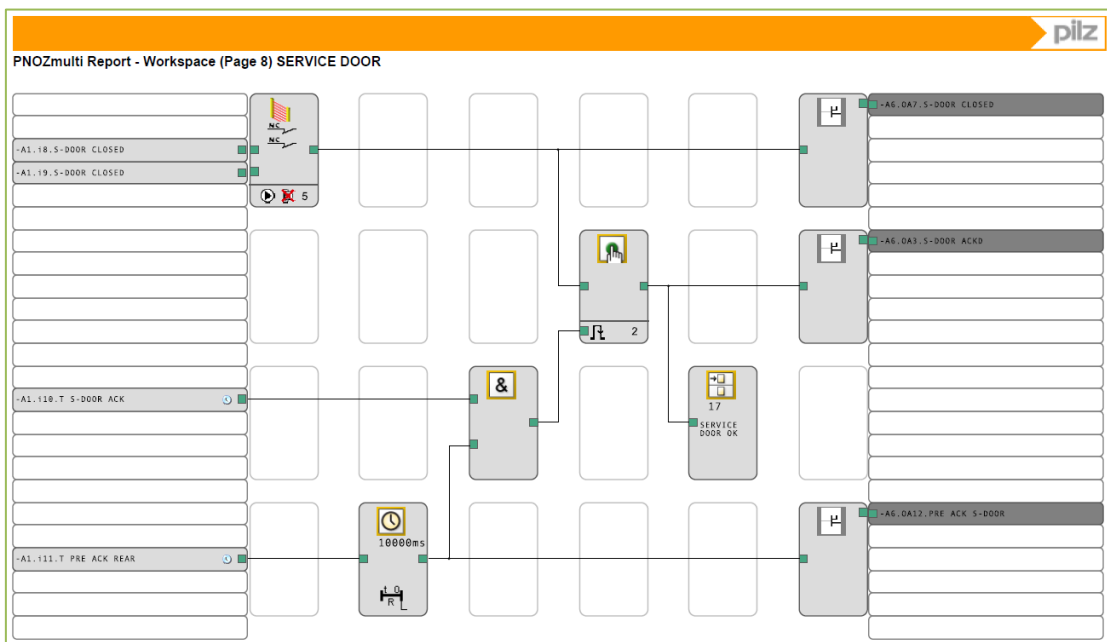
Slika 20 nam prikazuje stran šest, ki nam zagotavlja mirovanje obračala, na katerem je varilna priprava.



Slika 21: Varnostna veriga za svetlobne zavese.

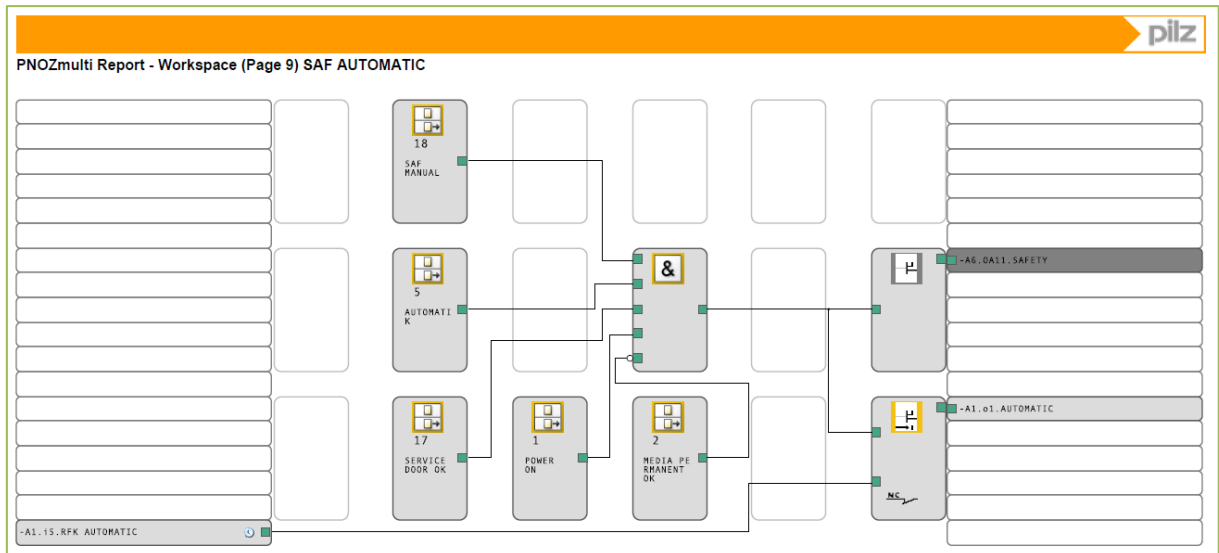
Dokler so svetlobne zavese, glej sliko 21, aktivne oziroma neprekinjene, celica normalno deluje. V primeru da se žarki svetlobne zavese prekinijo, se delovanje celice zaustavi. Ob zaustavitvi moramo iz območja svetlobne zavese odstraniti tisto, kar jih je prekinilo, nato pa jih moramo ponovno aktivirati s pritiskom na potrditveno tipko na komandni plošči.

Ko so vsi navedeni pogoji izpolnjeni, je normalno delovanje mogoče.

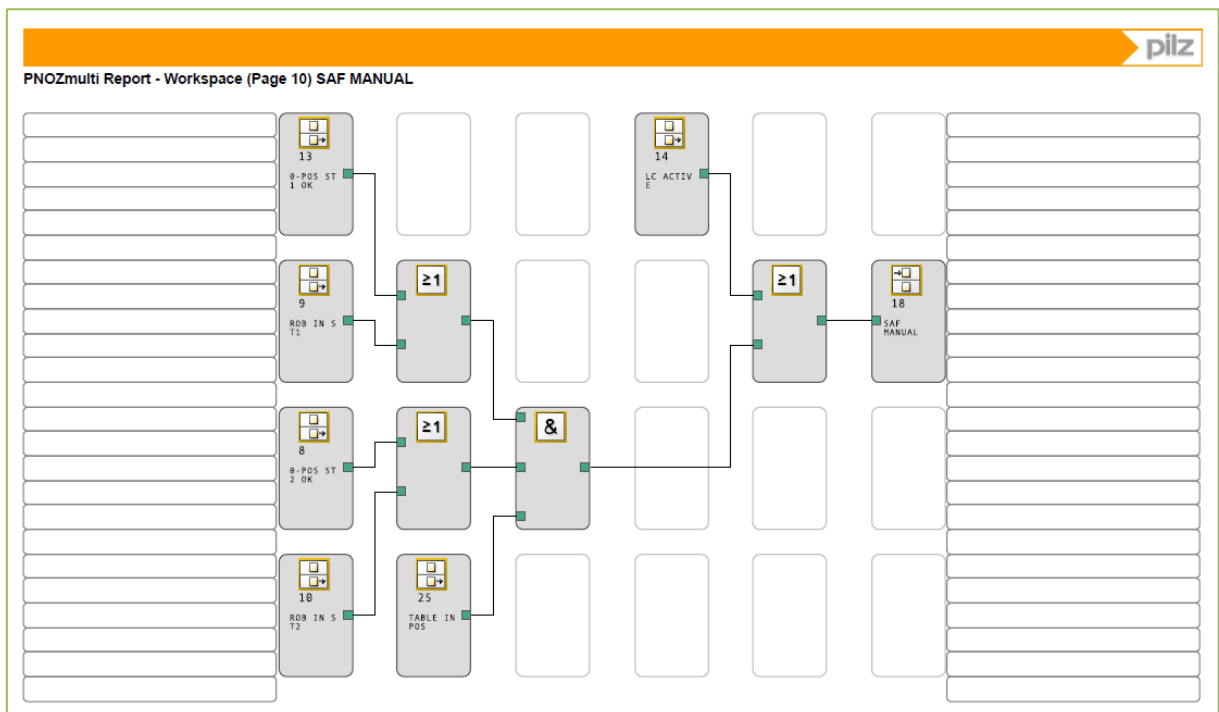


Slika 22: Varnostna veriga za servisna vrata.

Servisna vrata, ki jih prikazuje slika 22, nam omogočajo vstop v varilno celico. Če vrata odpremo med delovanjem celice, se le-ta zaustavi. Za ponovno delovanje moramo potrditi tipko v notranjosti kabine, nato zapreti vrata in to potrditev narediti še na zunanji strani celice. V kolikor ne zapremo vrat 10 sekund po potrditvi tipke v notranjosti, se le-ta ponovno deaktivira in jo je potrebno pritisniti ponovno.

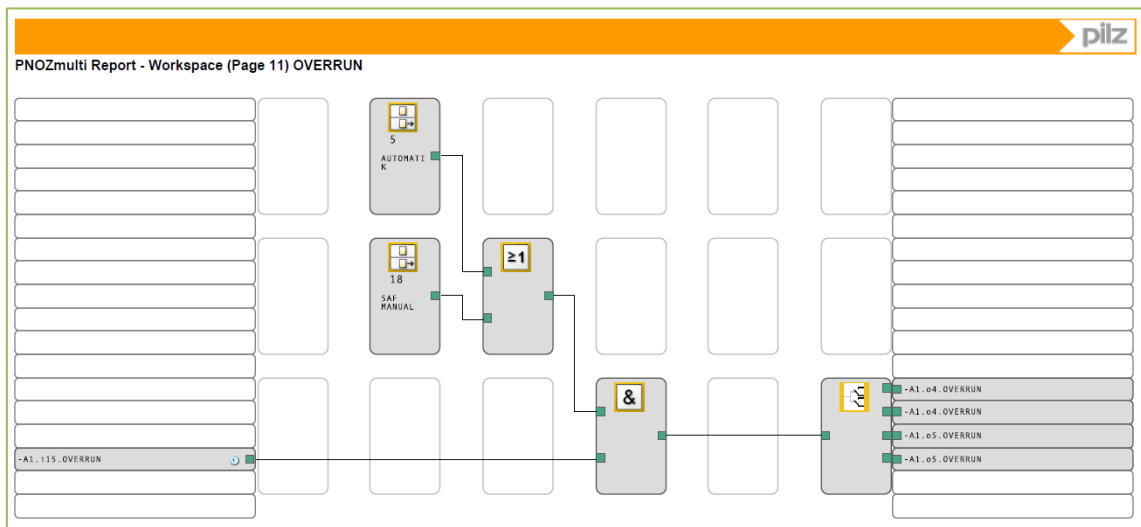


Slika 23: Varnostna veriga za avtomatski način.



Slika 24: Varnostna veriga za ročni način.

Na deveti in deseti strani programa poskrbimo za preklapljanje varnostnega kontaktorja za avtomatsko delovanje, to vidimo iz slike 23 in 24. V kolikor so izpolnjeni vsi pogoji za avtomatsko delovanje, lahko celica prične z delovanjem v avtomatskem načinu.



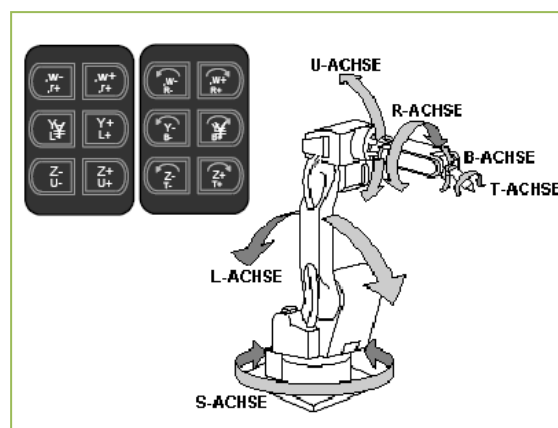
Slika 25: Varnostna veriga za končni položaj.

Slika 25 nam prikazuje delovanje senzorja za končno lego mize, ki skrbi, da se miza ne obrne dlje kot do končne pozicije, ne glede na način delovanja.

4 ROBOTSKA ROKA

4.1 Osi robota

Robot ima šest osi, glej sliko 26, oziroma šest prostostnih stopenj, ki jih upravljamo s servomotorji. Te servomotorje pa krmilimo preko krmilnika DX 100 v ročnem načinu s krmilno-učno enoto ali pa programsko preko istega krmilnika v avtomatskem načinu.



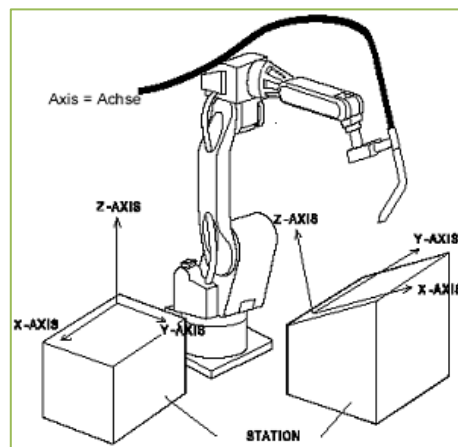
Slika 26: Osi manipulatorja.

4.2 Koordinatni sistemi robota

Poznamo več koordinatnih sistemov robota:

- robotski koordinatni sistem,
- koordinatni sistem orodja,
- uporabniški koordinatni sistem,
- bazni koordinatni sistem.

Vsak posamezni koordinatni sistem pa se uporablja za svoj namen. Uporabniški koordinatni sistem, ki ga vidimo na sliki 27, na primer uporabimo, če se mora robot gibati izven osnovnih koordinatnih osi.



Slika 27: Uporabniški koordinatni sistem.

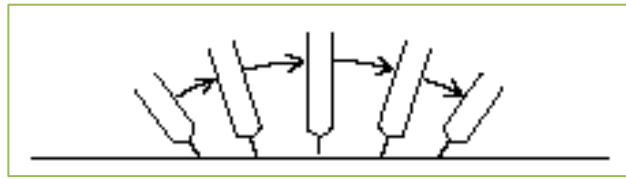
4.3 Ukazi za gibanje robota

Poznamo več ukazov za premikanje robota:

- ukaz MOVJ,
- ukaz MOVL,
- ukaz MOVC.

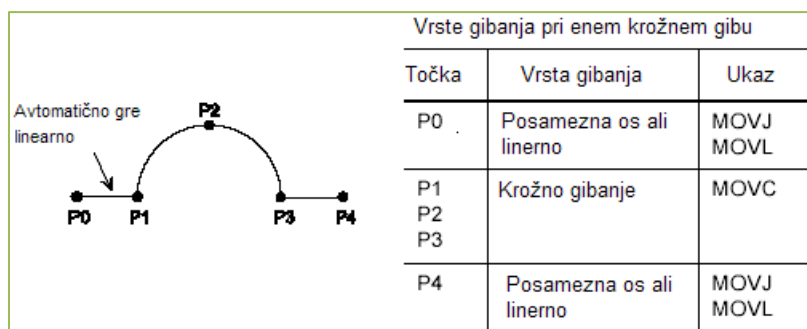
Ukaz MOVJ se uporablja za premik robota iz ene točke v drugo, kjer si robot sam izbere najprimernejšo oziroma zanj najkrajšo pot med tema dvema točkama.

Ukaz MOVL, glej sliko 28, se uporablja za premik robota premočrtno iz ene točke v drugo. Preusmeritev orodja se izračunava med gibanjem od točke do točke.



Slika 28: Premik z MOVL ukazom.

Ukaz MOVC, glej sliko 29, se uporablja za premik robota iz ene v drugo točko po krožnici. Preusmeritev orodja se izračunava med gibanjem od točke do točke.

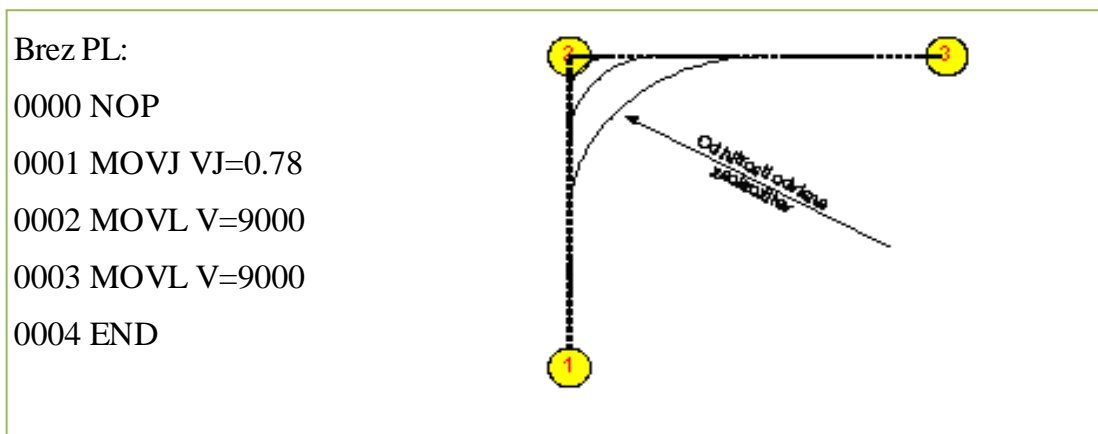


Slika 29: Krožni premik z ukazom MOVC.

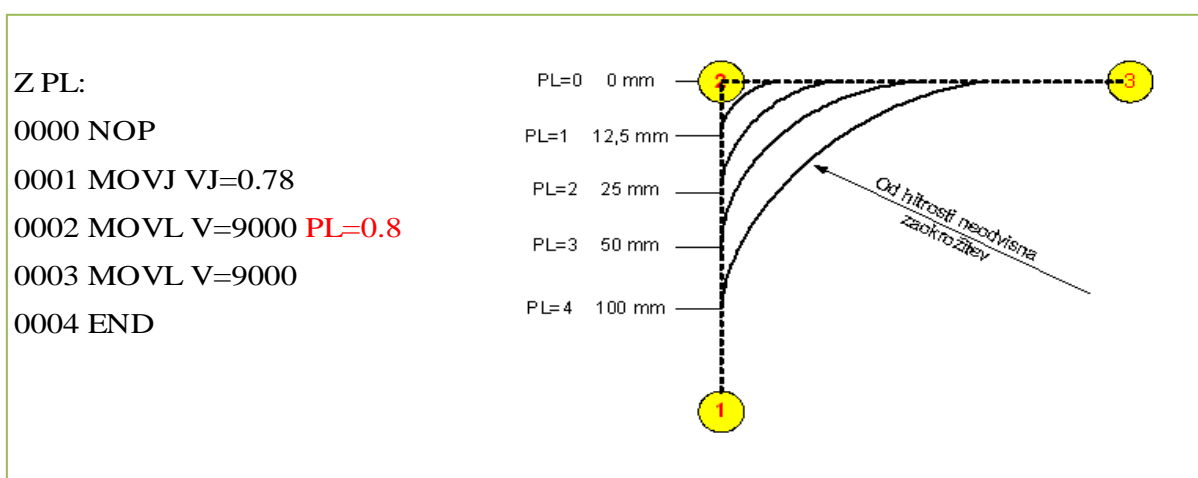
4.4 Točnost pozicije

Robotu lahko za točko, v kateri nastane ostra sprememba smeri, podamo kako točno bo v to točko prišel oziroma jo obšel. To nastavitve nastavljamo samo pri ukazih MOVx. Na voljo imamo 9 stopenj točnosti, pri čemer je stopnja 0 tista, ki robotu pove, da ne sme storiti napake oziroma mora v točko priti točno. Zaradi natančnosti se pri tej stopnji robot tudi ustavi v točki, pri ostalih stopnjah pa se ne.

Razliko med uporabo in ne uporabo parametra za točnost pozicije (ang. Position Level - PL) prikazujeta sliko 30 in 31.



Slika 30: Premik brez parametra PL.



Slika 31: Premik s parametrom PL.

4.5 Nastavitev robota

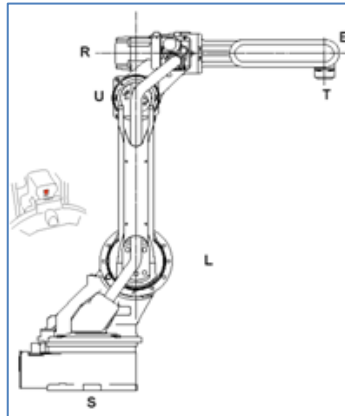
Robotu je treba pred zagonom najprej naložiti ustrezno programsko opremo v njegov krmilnik, vpisati vse potrebne parametre ter sistem inicializirati. Pri inicializaciji nastavimo:

- jezik menija (nastavimo jezik menija),
- kontrolne skupine (definiramo vrsto robota),
- naslavljanje (definiramo naslove pretvornikov, naslove zavor servomotorjev in naslove vseh motorjev za posamezen servo-ojačevalnik),
- mehanične specifikacije (za dodatne osi (servomotorje) nastavimo kote obračanja v pozitivni in negativni smeri ter prestavna razmerja reduktorjev dodatnih motorjev),
- motorske specifikacije (za dodatne osi definiramo vrsto motorjev, vrsto servo-ojačevalnikov in pretvornikov, smer vrtenja, maksimalni navor in pospešek servomotorja ter vztrajnost),

- aplikacije (definiramo aplikacijo robota npr. varjenje),
- vhodno/izhodne kartice,
- dodatne kartice.

4.5.1 Osnovna pozicija robota

Osnovna oziroma ničelna pozicija je osnova oziroma predpogoj za pravilno funkcijsko delovanje robotskega sistema. Definirana je z absolutnimi podatki, ki so tovarniško določeni, podani pa so v pulzih za posamezno os robota oziroma njen servomotor. Te vpišemo v krmilno-učno enoto, ki je razvidna iz slike 32, da lahko robota zapeljemo v osnovno pozicijo, to pa prikazuje slika 33. Nato mu nastavimo tudi vse potrebne parametre za delovanje in povezavo z dodatnimi aplikacijami.



Slika 32: Robot v osnovni poziciji.

HOME POSITIONING		ABSOLUTE DATA
SELECT		
R1:S	<input checked="" type="radio"/>	<input type="text"/> *
L	<input type="radio"/>	<input type="text"/> *
U	<input type="radio"/>	<input type="text"/> *
R	<input type="radio"/>	<input type="text"/> *
B	<input type="radio"/>	<input type="text"/> *
T	<input type="radio"/>	<input type="text"/> *

Main Menu ShortCut

Slika 33: Zaslonski zaslon za vpis absolutnih podatkov.

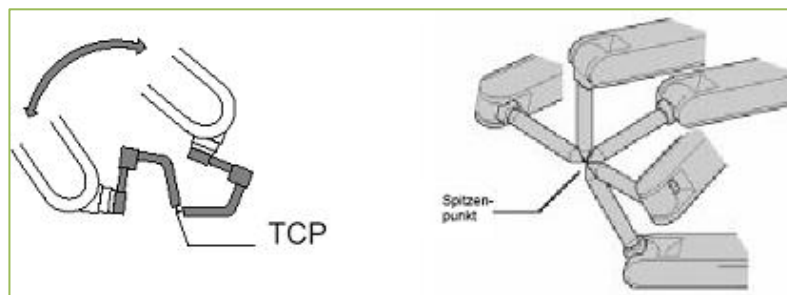
4.5.2 Delovna točka orodja

Delovna točka orodja ali točka TCP (Tool Center Position) je točka, na katero se navezujejo vsi režimi delovanja in funkcije robota:

- izračunavanje trajektorije,
- hitrost,
- koordinirano (sinhrono) delovanje.

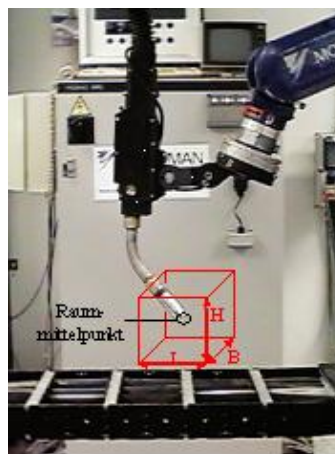
Kalibracijo orodja naredimo po naslednjem postopku. Odpremo zaslon za izvedbo kalibracije, nato izberemo zeleno skupino osi (R1, R2, ...). Potem določimo 5 točk na referenčni špici (varilna pištola) z različno postavitvijo osi robota in te točke shranimo, glej sliko 34.

Za preizkus delovne točke orodja, moramo orodje zavrteti okoli vseh osi v pravokotnem koordinatnem sistemu. Če delovna točka orodja miruje je točka TCP pravilno nastavljena. Če ni, moramo izvesti kalibracijo s 25 točkami. Napišemo program s 25 različnimi točkami, in s posebnim programom izračunamo nove absolutne podatke za osnovno pozicijo robota.



Slika 34: Preverjanje točke TCP.

4.5.3 Določitev varnega prostora



Slika 35: Varno območje robota.

Pri sliki 35 robotu določimo varno območje ali območje CUBE, ki je velikosti kocke 50 mm x 50 mm x 50 mm. Robot gre v to območje vsakokrat, kadar obračamo mizo, da ne bi prišlo do trka.

4.5.4 Kalibracija robota z zunanjo osjo

Najprej definiramo zunanje osi. Robota naučimo tri pozicije na zunanji osi, pri tem pa obračamo zunanjo os po malo manj kot 90 stopinj, se pravi, da za vsako pozicijo (točko) obrnemo os za malo manj kot 90 stopinj. Ko imamo definirane te tri pozicije (točke), preverimo, če robot lepo sledi zunanji osi. Pri tem sledenju ne sme odstopati več kot 2 mm. Pred tem pa moramo vpisati še parametre mize, imenovane ARM CONTROL. Ti parametri poskrbijo, da robot lepo sledi zunanji osi in ne zaostaja za več kot 2 mm.

4.5.5 Testiranje varilnega izvora

Testiranje varilnega izvora opravimo z namenom, da preverimo njegovo delovanje. Napravimo 2 do 3 testne vane pri različnih močeh varjenja. Uporablja se analogno krmiljeno varjenje ali pa digitalno krmiljeno varjenje tokovnih izvorov proizvajalcev SKS in Fronious.

Pri analogno krmiljenem varjenju se jakost toka in napetosti krmili z napetostjo. Ta pa preko karakteristike tokovnega izvora nastavi moč varjenja. Za to pa potrebujemo analogno vhodno/izhodno krmilno kartico, ki zagotavlja ustrezno krmilno napetost.

Za direktno izbiranje tokovne vrednosti so potrebni naslednji ukazi:

- AWELD (Amper Welding), nastavljamo moč,
- VWELD (Voltage Welding), nastavljamo korekcija obloka,
- ARCON, vklop varjenja in
- ARCOF, izklop varjenja.

Primer programa z uporabo analognega izbiranja prikazuje slika 36.

0	NOP	Začetek programa
1	MOVJ VJ = 100.00	Osnovni položaj
2	MOVJ VJ = 100.00	Varna točka
3	MOVJ VJ = 100.00	Začetna točka vara
4	AWELD V= 2.50	Izbira vrednosti toka
5	VWELD V=5.00	Izbira korekcije obloka
6	ARCON	Vklop varjenja (vžig obloka)
7	MOVL V= 60	Konec linearnega vara
8	ARCOF	Izklop varjenja
9	MOVJ VJ = 100.00	Varna točka
10	MOVJ VJ = 100.00	Osnovni položaj
11	END	Konec programa

Slika 36: Primer programa za varjenje.

Pri digitalnem varjenju pa programsko krmiljen tokovni izvor krmilimo s signali oziroma skupinami signalov. Ti signali določajo program, ki vsebuje varilne podatke za tokovni izvor. Nujno moramo uporabiti ustrezen vmesnik, odvisen od tipa tokovnega izvora, ki sprejema signale in nastavi ustrezen, v naprej pripravljen program, ki je shranjen na tem vmesniku.

Pri tem načinu varjenja za vklop varjenja uporabimo ukaz ARCON za izklop pa ukaz ARCOF. Ukaz za klicanje programov pa je odvisen od proizvajalca.

5 SIEMENS

5.1 Programirljivi logični krmilnik

Slika 37 prikazuje programirljiv logični krmilnik je digitalni računalnik, ki se uporablja za avtomatizacijo v elektromehanskih procesih. Služi za samo vodenje strojev in njihov nadzor. PLK ima program shranjen v pomnilniku in na podlagi le-tega izvaja operacije.



Slika 37: Siemens Simatic S7-400 sistem.

5.2 Sestavni deli industrijskega krmilnika

Krmilnik S7-300 sestavljajo naslednje komponente :

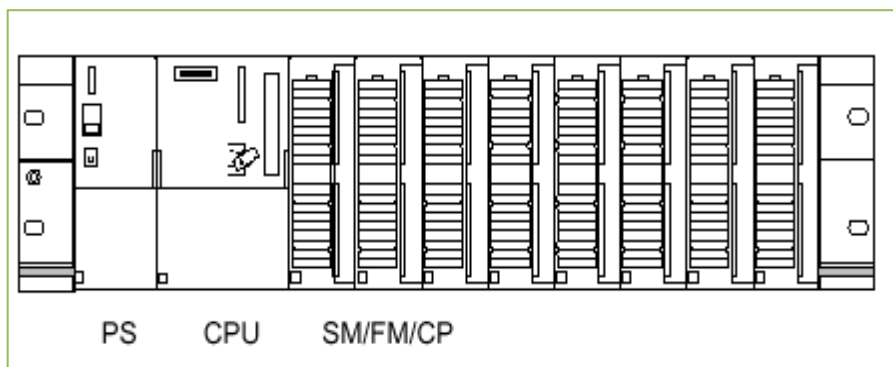
- napajalnik,
- centralno procesna enota,
- signalni moduli,
- funkcijski moduli in
- komunikacijski procesor.

S kablom Profibus ustvarimo povezavo med vodili Profibus in s tem omogočimo komuniciranje med večjim številom krmilnikov tipa S7-300 in krmilniki Simatic S7. Da lahko krmilnik programiramo potrebujemo programirno napravo, ki je s CPU-jem povezana preko kabla MPI, preko vodila Profibus, kar je najbolj običajno, ali preko Etherneteta.

5.3 Montaža in naslavljanje

Če montiramo krmilnik na eno leto, potem moramo paziti na naslednje, glej sliko 38:

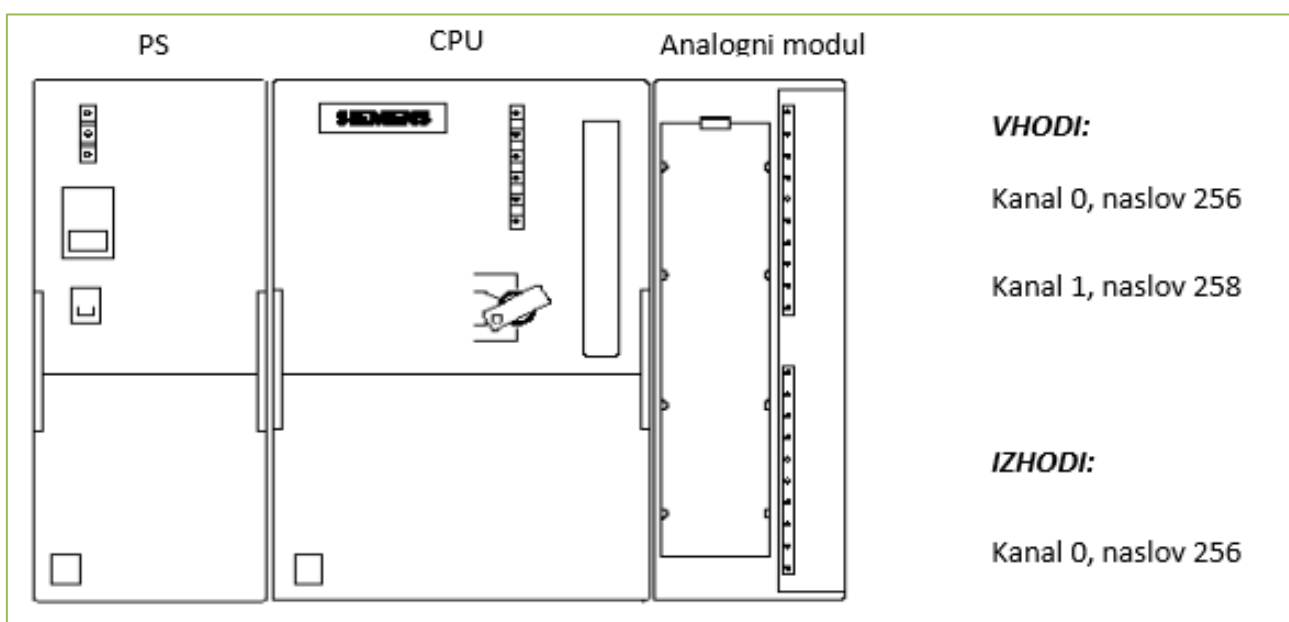
- desno od CPU-ja lahko priključimo 8 modulov (SM, FM, CP),
- število modulov, ki jih lahko priključimo, je omejeno s tokovno sliko na hrbtni strani S7-300 bus povezave in
- tokovna shema skupaj z bus povezavo ne sme iti preko 1,2 A pri CPU 313.



Slika 38: Razporeditev modulov na montažni letvi.

5.3.1 Naslavljanje analognih modulov

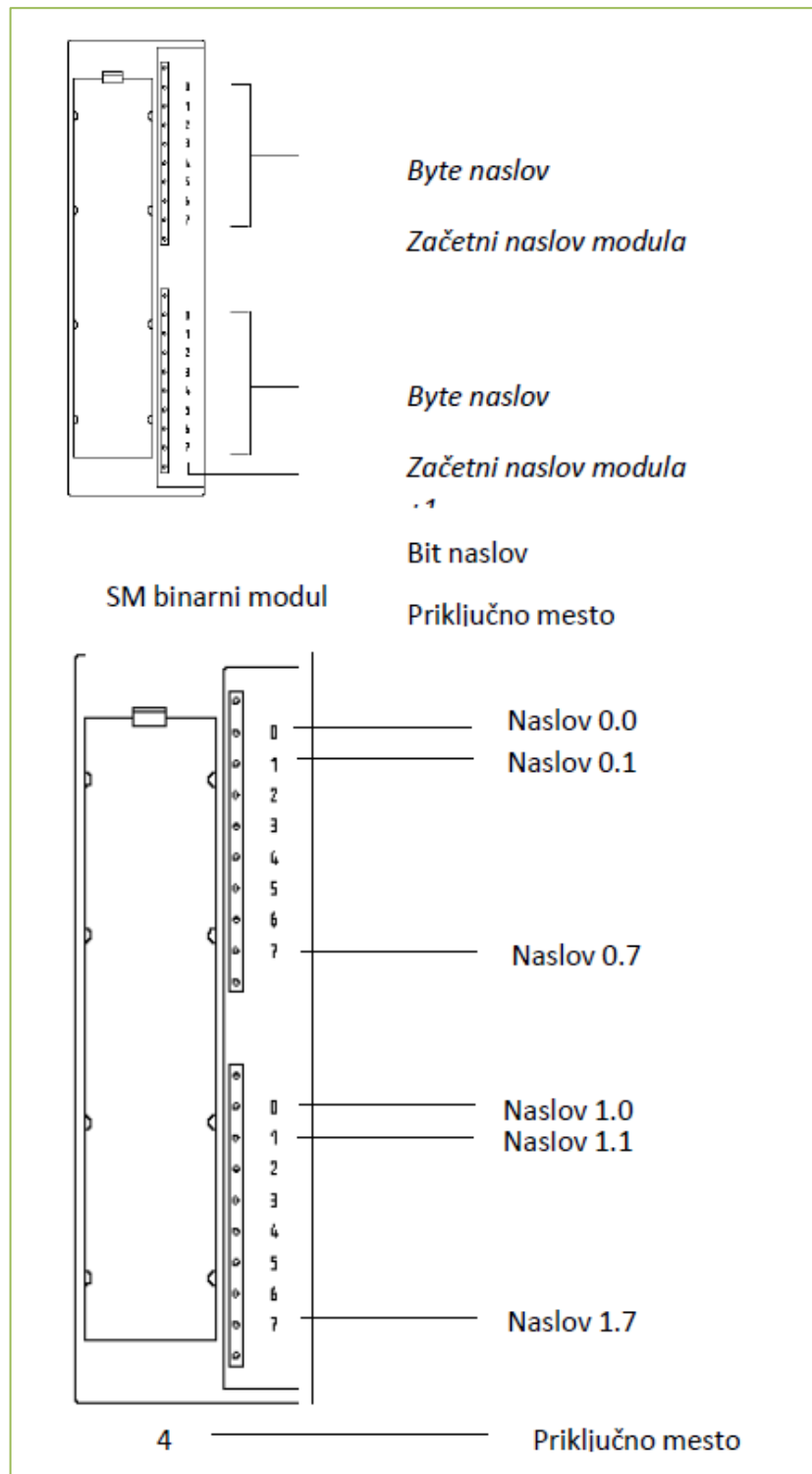
Naslov analognega vhodnega ali izhodnega kanala, to vidimo iz slike 39, je vedno 16-bitni naslov. Naslov kanala je odvisen od začetnega naslova modula. Če imamo prvi analogni modul vstavljen na mestu 4, ima nastavljen začetni naslov 256, ki se potem za vsak analogni modul poveča za 16. Vhodni in izhodni moduli imata vedno enak začetni naslov za vhodni in izhodni kanal.



Slika 39: Naslovi vhodov in izhodov analognega modula.

5.3.2 Naslavljanje digitalnih modulov

Pri digitalnem naslavljanju, to prikazuje slika 40, se naslov vhodnega in izhodnega modula sestoji iz bajt in bit naslova. Bajt naslov je odvisen od začetnega naslova modula, medtem ko je bit naslov odvisen od oznake številke, ki je odtisnjena na modulu.



Slika 40: Prikaz naslavljanja digitalnih modulov.

5.3.3 Spominska kartica

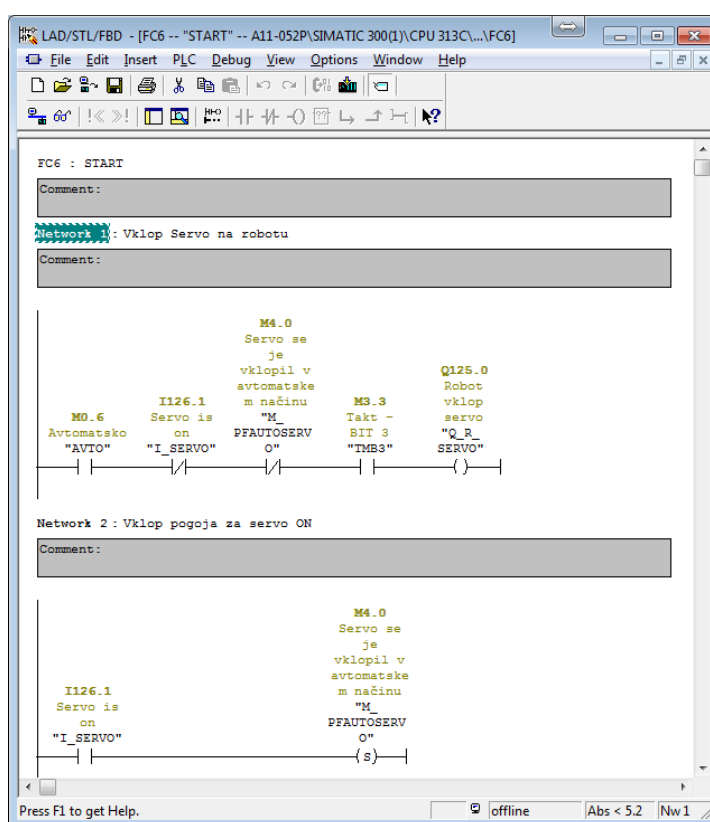
Krmilnik Siemens CPU 313C uporablja spominsko kartico SIMATIC Micro Memory Card.. Spominska kartica se lahko uporablja kot medij za prenos podatkov ali kot pomnilnik CPU-ja.

Za delovanje CPU-ja mora biti obvezno vstavljena spominska kartica, ker krmilnik CPU 313C nima svojega lastnega pomnilnika.

5.4 Programiranje v lestvičnem diagramu

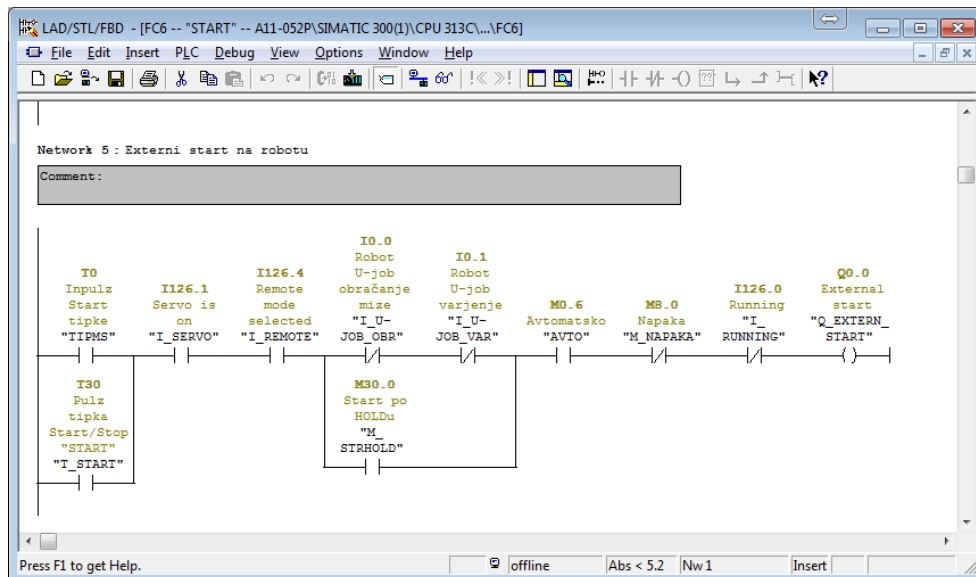
Delo poteka v razvojnem okolju Siemens Step 7, v programskem jeziku lestvični diagram. V nadaljevanju bom predstavil delo, ki sem ga opravljal pri projektu za podjetje Akrapovič. Ker je cel program predolg za opis, bom na kratko povzel le bistvene funkcije za delovanje robotske celice, to pa so funkcije sistemskih ter uporabniških vhodov in izhodov. Pri sistemskih vhodih in izhodih poteka komunikacija med krmilno omaro in krmilnikom.

5.4.1 Sistemski vhodi/izhodi



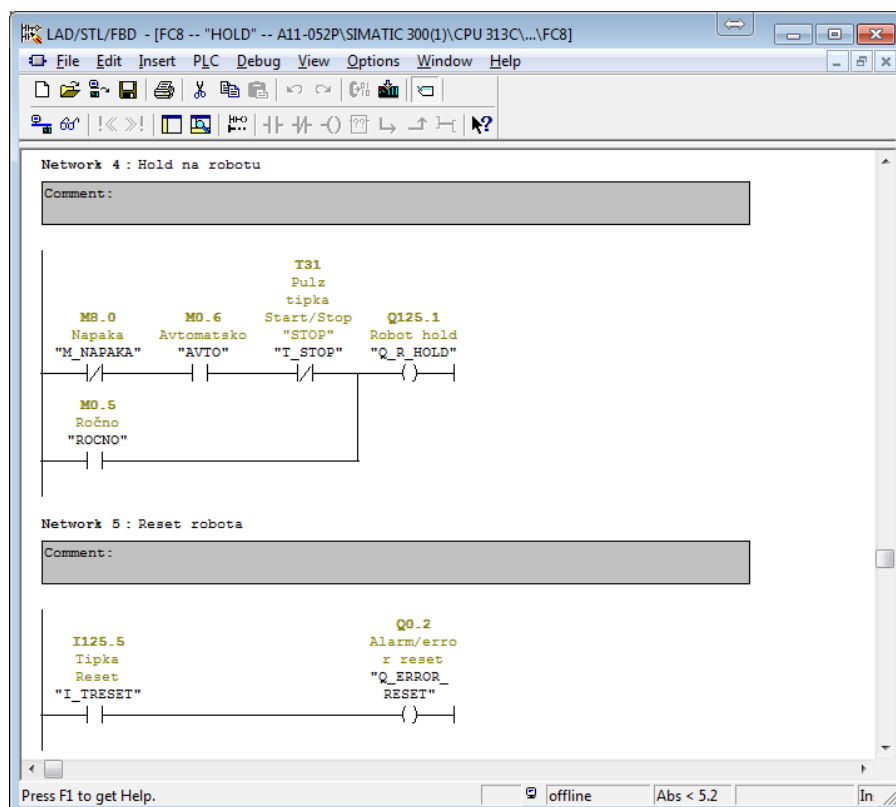
Slika 41: Funkcija »External Servo On & Servo is on«.

V funkciji External Servo On & Servo is on, glej sliko 41, se v avtomatskem načinu vklopi servo regulacija, ki nam omogoča premikanje robota. Da se vklopi Servo, moramo biti v avtomatskem načinu, vhod Servo is on ne sme biti vključen in dobiti moramo takt. Ko dobimo vhod »Servo is on«, setiramo vklop servo regulacije v avtomatskem načinu.



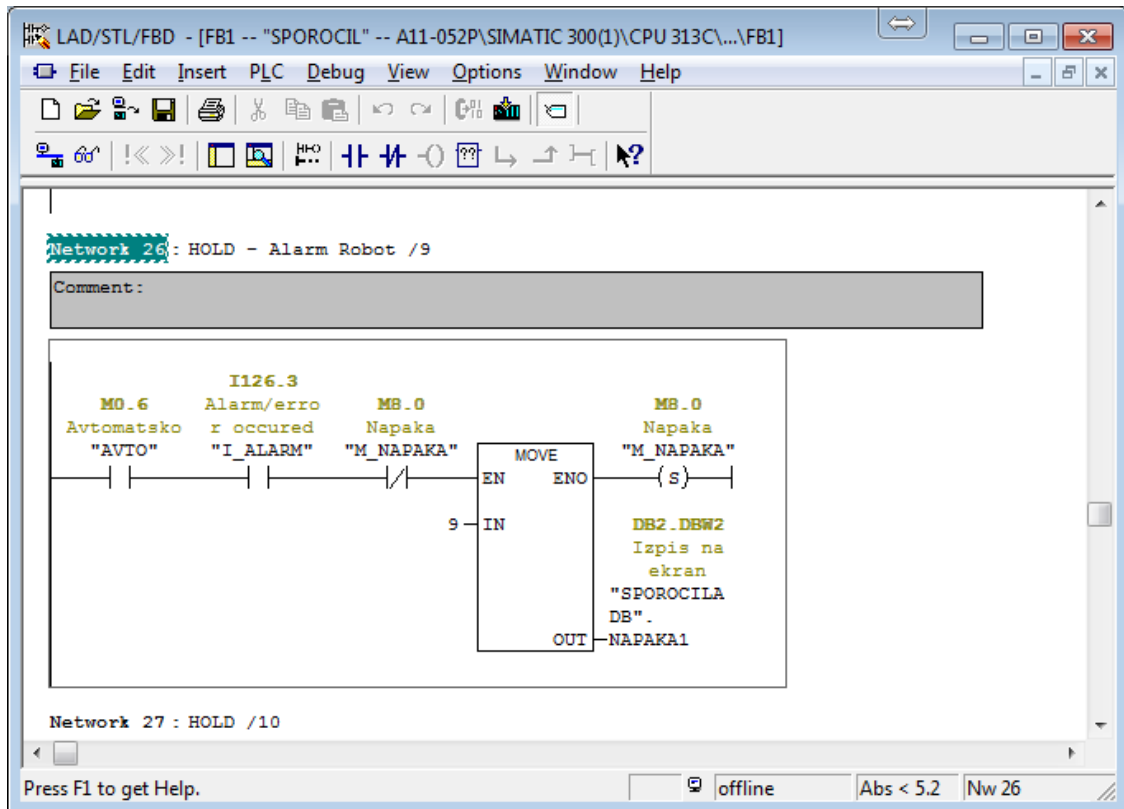
Slika 42: Funkcija »External start, Running«.

»Funkcija External start, Running«, ki jo prikazuje slika 42, omogoči začetek delovanja robota. Pri tej funkciji je pomembno, da robot ne opravlja nobenega dela, razen če je prišlo med določenim delom do prekinitve dela. Prav tako ne sme biti nobenega signala, ki bi nam javljal napako.



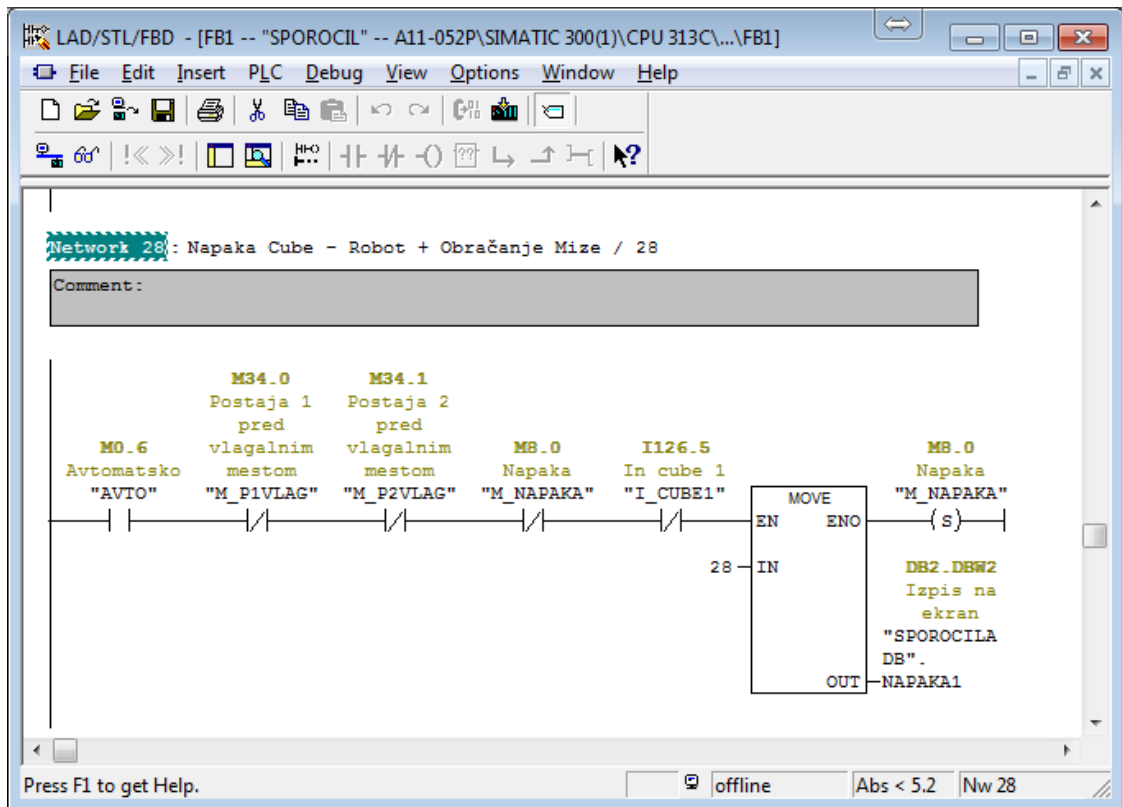
Slika 43: Funkcija »External hold«.

Slika 43 prikazuje funkcijo »External hold«, »reset error RC«, ki nam služi za zaustavitev robota, če v avtomatskem načinu operater pritisne tipko za zaustavitev. Da ponovno poženemo robota moramo napako resetirati, kar storimo tako, da stisnemo tipko reset in s tem damo signal za resetiranje napake. Ko to storimo, je alarm pobrisan.



Slika 44: Funkcija »Alarm Robot«.

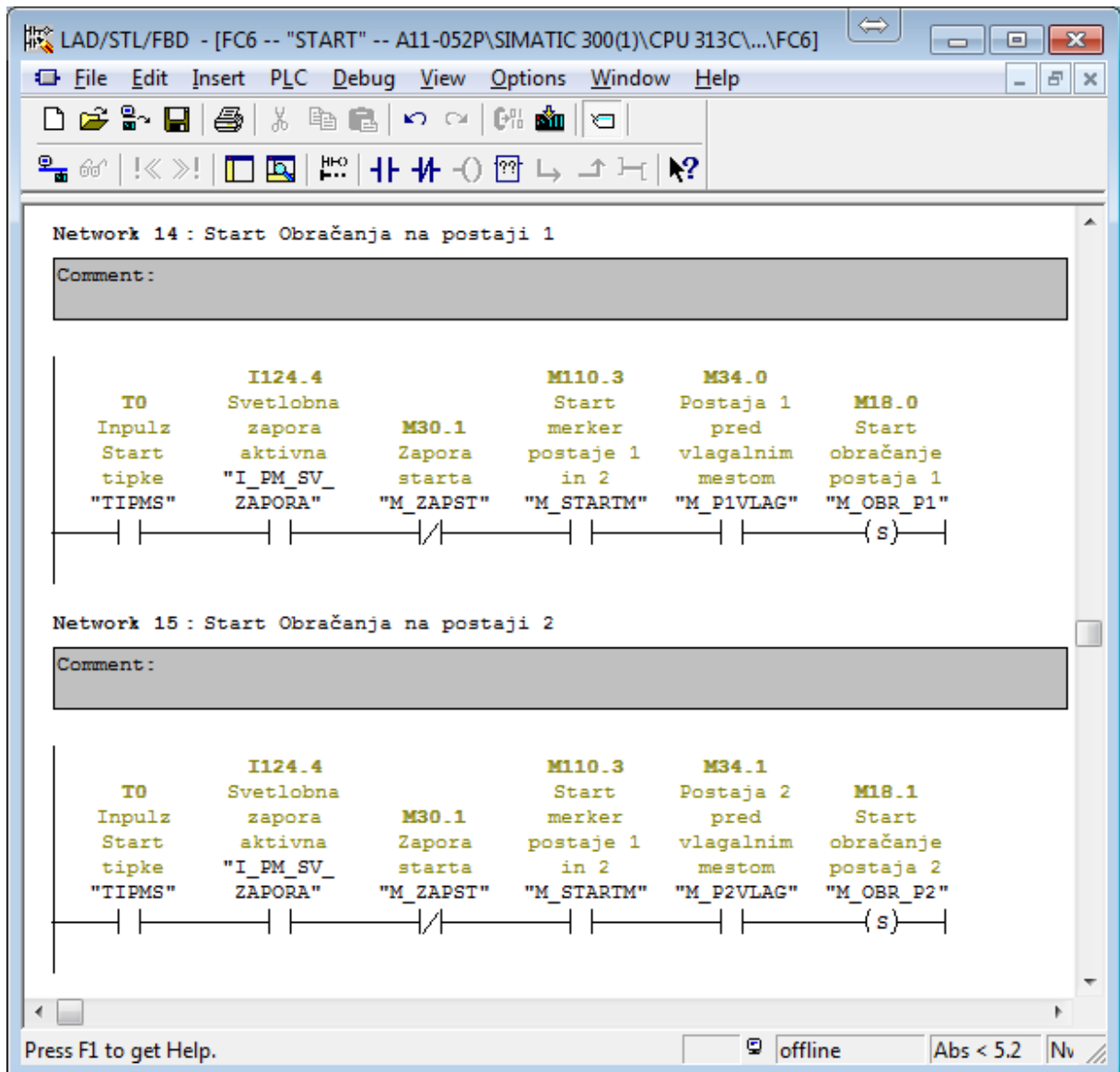
V funkciji »Alarm Robot«, to vidimo iz slike 44, izpisujemo napake na prikazovalnik. Napaka se nam izpiše, če imamo avtomatski način delovanja in med delovanjem pride do določenega alarma. Le-ta setira napako, ki jo nato izpišemo na ekran.



Slika 45: Funkcija »Cube«.

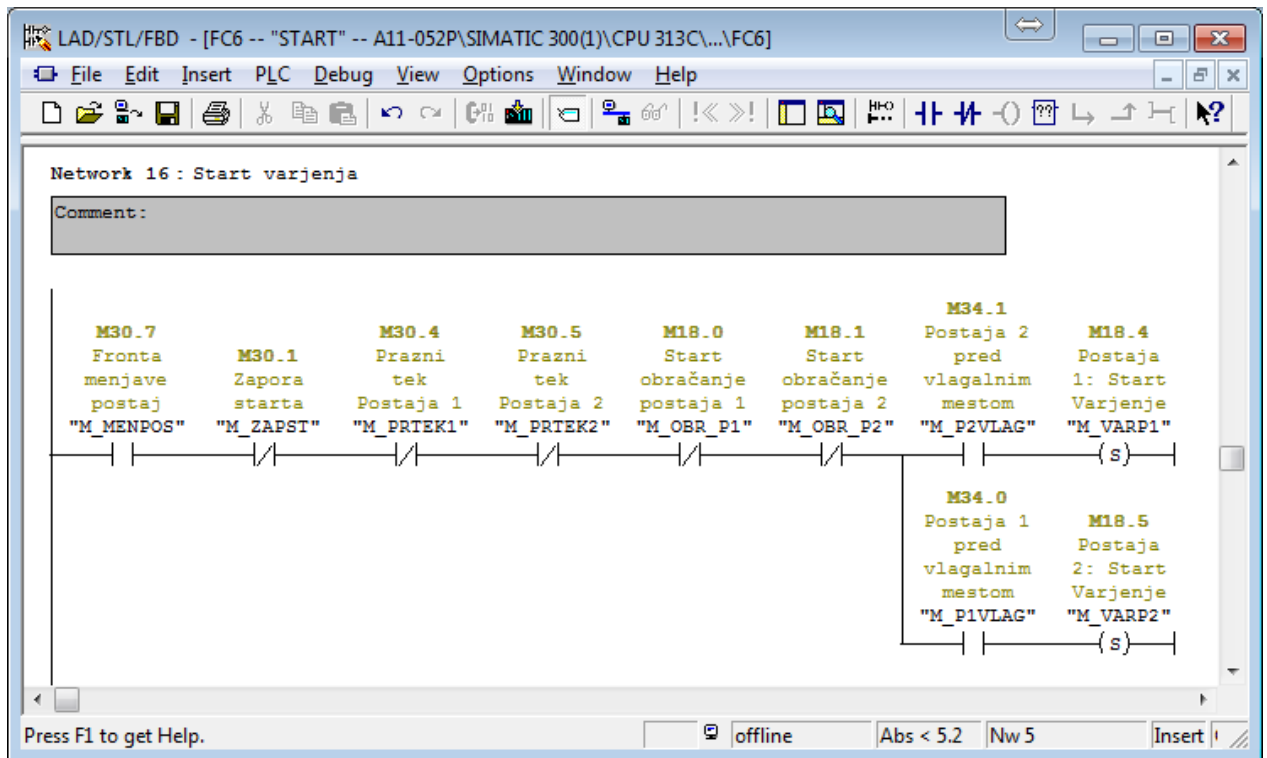
Funkcija »Cube«, glej sliko 45, je opsijska. V tem projektu se signal HOLD uporablja samo za sporočilo. V tej funkciji javljamo napako, kadar pozicioner ni v nulli poziciji in kadar ni robot v svojem varnem območju.

5.4.2 Uporabniški vhodi/izhodi



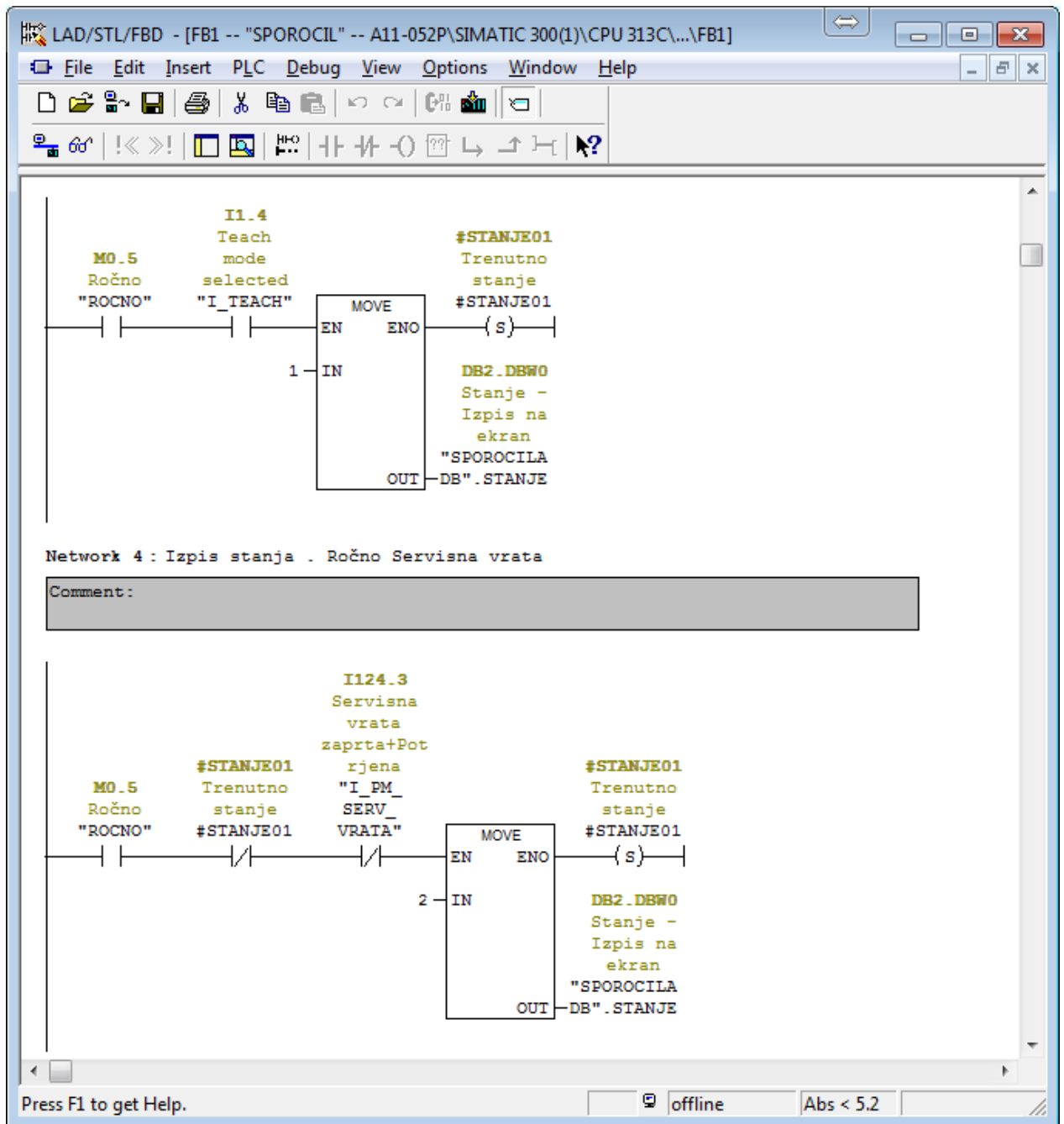
Slika 46: Funkcija »Turn«.

S funkcijjo »Turn«, ki jo prikazuje slika 46, obračamo mizo. Pri obračanju mize je pomembna varnost, saj se miza ne sme gibati, če hočemo vpeti obdelovanec. Za varnost skrbijo svetlobne zavesе, ki ne smejo biti prekinjene, če hočemo zavrteti mizo. V kolikor so varnostni pogoji izpolnjeni, s tipko start poženemo obračanje mize.



Slika 47: Funkcija varjenja.

Slika 47 prikazuje funkcijo, ki nam omogoča začetek varjenja. Varjenje se začne, ko miza miruje in je v nulli poziciji. Funkcija je narejena tako, da deluje za varjenje na prvi ali drugi postaji. Tista postaja, ki je na vlagalnem mestu, nam pove, da moramo variti na nasprotni strani.



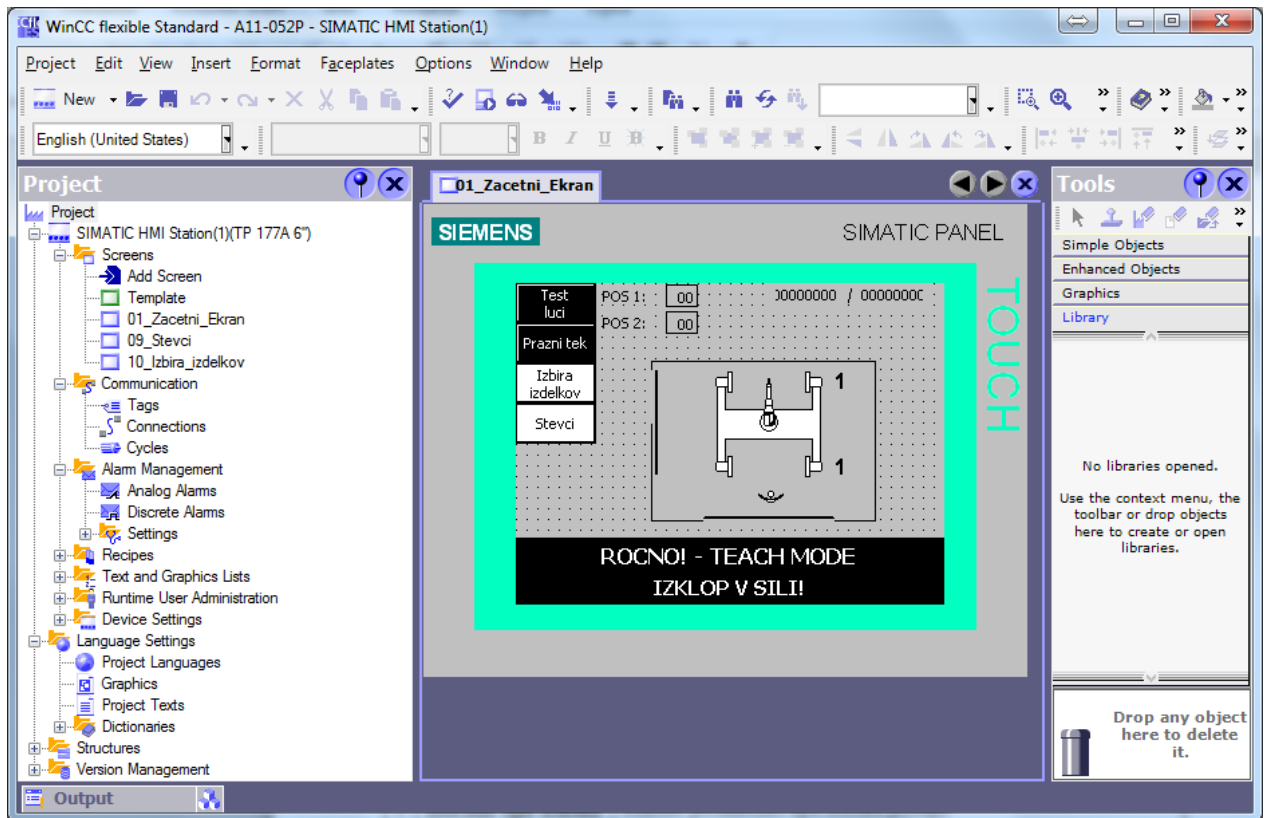
Slika 48: Funkcija za prikazovanje stanja na ekran.

Funkcija za sporočila, glej sliko 48, prikazuje trenutno stanje na ekran.

Stat	Symbol	Address /	Data ty	Comment	
	193	STZACA	MD 60	DINT	Zacasni merker polozaja stevca kosov v...
	194	SKUPST	MD 70	DWORD	izpis skupnega stevca orodij
	195	IZMENST	MD 74	DWORD	Izpis izmenskega stevca orodij
	196	TAKT	MW 2	INT	Takt za utripanje
	197	P1VPKOR	MW 46	INT	Število vpenjalnih korakov - postaja 1
	198	P2VPKOR	MW 48	INT	Število vpenjalnih korakov - postaja 2
	199	KORAKP1	MW 80	INT	Števec korakov vpenjanja postaja 1
	200	KORAKP2	MW 82	INT	Števec korakov vpenjanja postaja 2
	201	MAIN	OB 1	OB 1	Main
	202	CYC_INT5	OB 35	OB ...	Cyclic Interrupt 5
	203	I/O_FLT1	OB 82	OB ...	I/O Point Fault 1
	204	COMPLETE RESTART	OB 100	OB ...	Complete Restart
	205	PROG_ERR	OB 121	OB ...	Programming Error
	206	Q_EXTERN_START	Q 0.0	BOOL	External start
	207	Q_CALL_MJOB	Q 0.1	BOOL	Call master job
	208	Q_ERROR_RESET	Q 0.2	BOOL	Alarm/error reset
	209	Q_VAROVANJE_OKP2	Q 0.3	BOOL	Varovanje OK Postaja 2
	210	Q_OROD_KODA_2n0	Q 0.4	BOOL	Orodje koda 1
	211	Q_OROD_KODA_2n1	Q 0.5	BOOL	Orodje koda 2
	212	Q_OROD_KODA_2n2	Q 0.6	BOOL	Orodje koda 4
	213	Q_OROD_KODA_2n3	Q 0.7	BOOL	Orodje koda 8
	214	Q_ROB_START_OBR...	Q 1.0	BOOL	Robot start obračanja mize postaja 1
	215	Q_ROB_START_OBR...	Q 1.1	BOOL	Robot start obračanja mize postaja 2
	216	Q_ROB_START_VAR...	Q 1.2	BOOL	Robot start varjenja postaja 1
	217	Q_ROB_START_VAR...	Q 1.3	BOOL	Robot start varjenja postaja 2
	218	Q_OROD_KODA_2n4	Q 1.4	BOOL	Orodje koda 16
	219	Q_OROD_KODA_2n5	Q 1.5	BOOL	Orodje koda 32
	220	Q_INDEX	Q 1.6	BOOL	INDEX Mize
	221	Q_VAROVANJE_OKP1	Q 1.7	BOOL	Varovanje ok Postaja 1
	222	Q_VPEN_1_P1_VPNI	Q 4.0	BOOL	Postaja 1 vpenjalo 1 vpni
	223	Q_VPEN_1_P1_IZPNI	Q 4.1	BOOL	Postaja 1 vpenjalo 1 izpni
	224	Q_VPEN_2_P1_VPNI	Q 4.2	BOOL	Postaja 1 vpenjalo 2 vpni
	225	Q_VPEN_2_P1_IZPNI	Q 4.3	BOOL	Postaja 1 vpenjalo 2 izpni
	226	Q_VPEN_3_P1_VPNI	Q 4.4	BOOL	Postaja 1 vpenjalo 3 vpni
	227	Q_VPEN_3_P1_IZPNI	Q 4.5	BOOL	Postaja 1 vpenjalo 3 izpni
	228	Q_VPEN_4_P1_VPNI	Q 4.6	BOOL	Postaja 1 vpenjalo 4 vpni
	229	Q_VPEN_4_P1_IZPNI	Q 4.7	BOOL	Postaja 1 vpenjalo 4 izpni
	230	Q_VPEN_1_P2_VPNI	Q 5.0	BOOL	Postaja 2 vpenjalo 1 vpni
	231	Q_VPEN_1_P2_IZPNI	Q 5.1	BOOL	Postaja 2 vpenjalo 1 izpni
	232	Q_VPEN_2_P2_VPNI	Q 5.2	BOOL	Postaja 2 vpenjalo 2 vpni
	233	Q_VPEN_2_P2_IZPNI	Q 5.3	BOOL	Postaja 2 vpenjalo 2 izpni
	234	Q_VPEN_3_P2_VPNI	Q 5.4	BOOL	Postaja 2 vpenjalo 3 vpni
	235	Q_VPEN_3_P2_IZPNI	Q 5.5	BOOL	Postaja 2 vpenjalo 3 izpni
	236	Q_VPEN_4_P2_VPNI	Q 5.6	BOOL	Postaja 2 vpenjalo 4 vpni
	237	Q_VPEN_4_P2_IZPNI	Q 5.7	BOOL	Postaja 2 vpenjalo 4 izpni
	238	Q_DELOVANJE	Q 124.0	BOOL	Delovanje
	239	Q_START	Q 124.1	BOOL	Start

Slika 49: Simbolična tabela.

V simbolično tabelo, ki jo prikazuje slika 49, vnašamo spremenljivke, njihove naslove in tip. Služijo nam za kasnejšo orientacijo, če hočemo spreminjati program, da vemo kaj naj bi določena spremenljivka pomenila. Simbolična tabela je kot neke vrste »komentar«, ki ga poznamo v drugih jezikih.

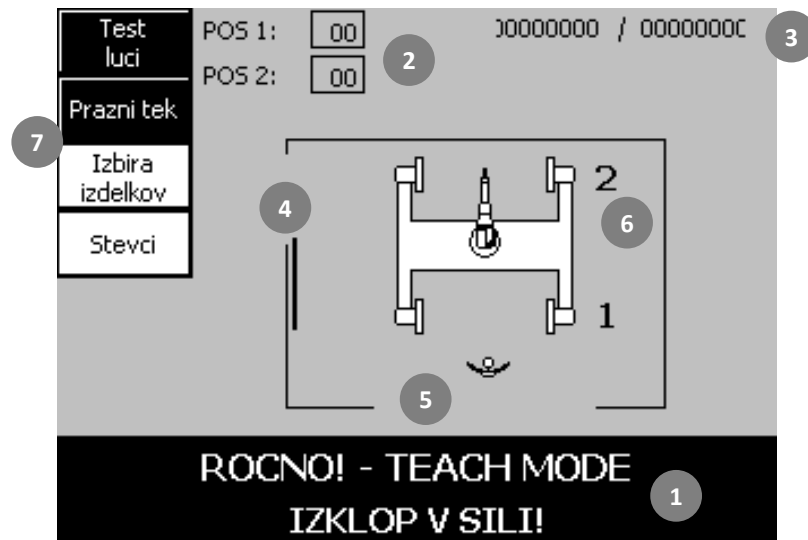


Slika 50: Razvojno okolje WinCC.

V razvojnem okolju WinCC, videno iz slike 50, naredimo grafični prikaz za prikazovalnik. Najprej naredimo grafiko, kako naj bi bil prikazovalnik videti, za kar imamo na voljo razne like, pisave, barve in ostale funkcionalnosti. Ko je grafični del narejen, pa polja povežemo z vhodi/ izhodi in signali. Polju lahko tudi določimo, na kakšen način nas opozarja na delujoče oziroma nedelujoče stanje. Služi nam kot nadzorni sistem in kot vmesnik za interakcijo človek-stroj.

5.4.3 Glavni ekran

Pri vklopu robotske varilne celice se nam na prikazovalniku prikaže glavni ekran delovanja, ki ga prikazuje slika 51.

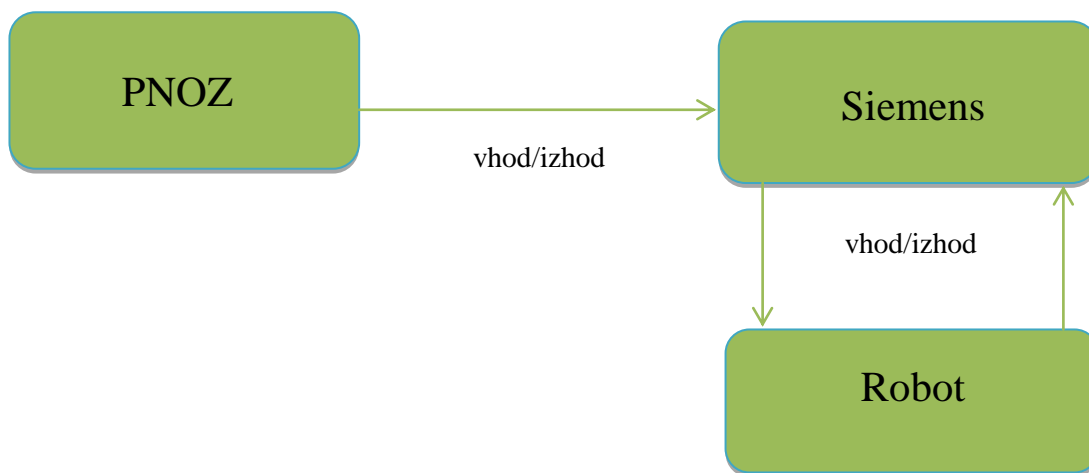


1	Stanje celice	Prikaže napake do katerih pride
2	Izbrana tipa izdelka	Prikaže posamezno tipa izdelka postajo
3	Števec kosov	Prikaže števec kosov skupaj / izmena
4	Servisna vrata	Prikaže aktualno pozicijo vrat
5	Svetlobna zapora	Prikaže se pregrada, ko je potrjena in aktivna
6	Pozicija mize	Prikaže trenutno pozicijo mize
7	Tipke	
	Test Luci	Se nam prižgejo vse svetlobne kontrole na komandnih pultih
	Prazni tek	Aktivira možnost obrata mize brez varjenja
	Izbira izdelkov	Preidemo v ekran izbire izdelkov
	Števci	Preidemo v ekran za pregled števec

Slika 51: Glavni ekran.

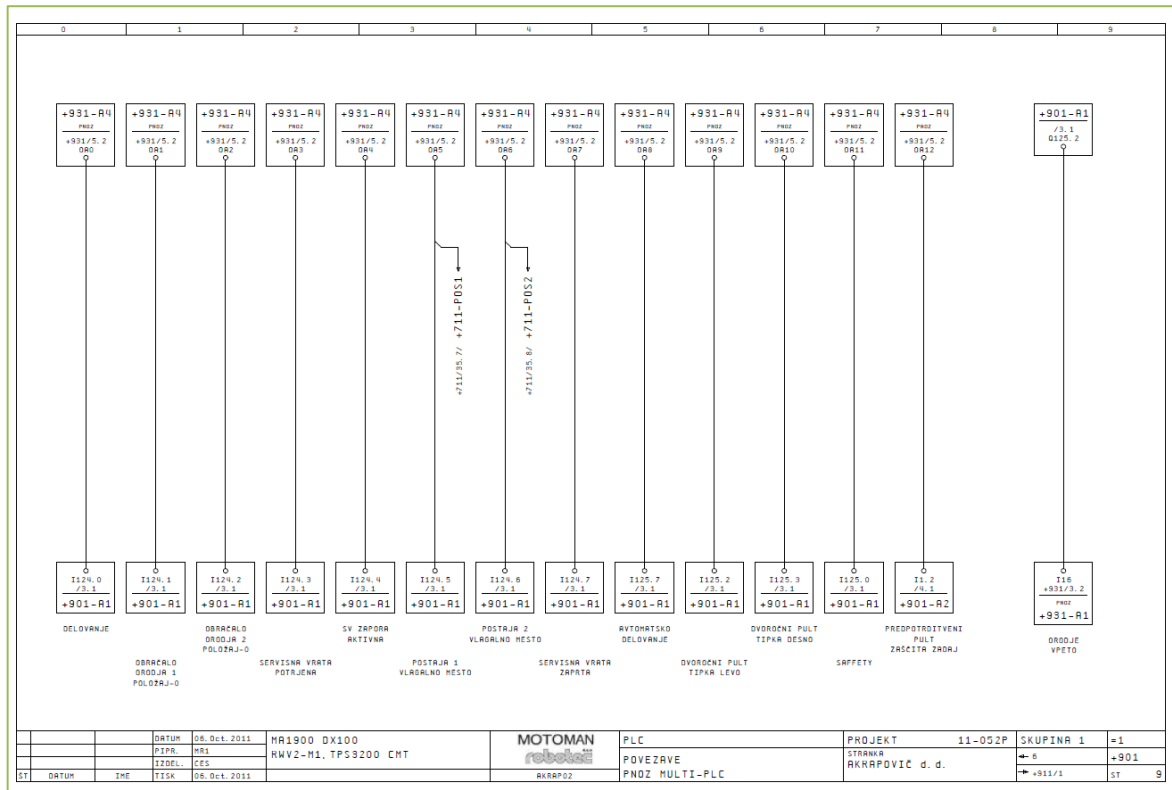
5.5 Komunikacija

Kot sem že prej omenil, pri sistemskih vseh in izhodih komunikacija, to prikazuje slika 52, poteka med industrijskim krmilnikom in krmilnikom robota. Industrijski krmilnik dobi vhode iz varnostnega kontaktorja PNOZ, nato pa poteka komunikacija le še med industrijskim krmilnikom in robotom. To poteka, dokler so izpolnjeni vsi varnostni pogoji. Če pride do prekinitve varnostne logike, se delovanje robotske varilne celice zaustavi. Industrijski krmilnik in krmilnik robotske roke sta v pripravljenosti, dokler niso izpolnjeni in potrjeni vsi varnostni pogoji. Nato varnostni kontaktor PNOZ industrijskemu krmilniku posreduje signal za normalno delovanje in delovanje teče nemoteno naprej.

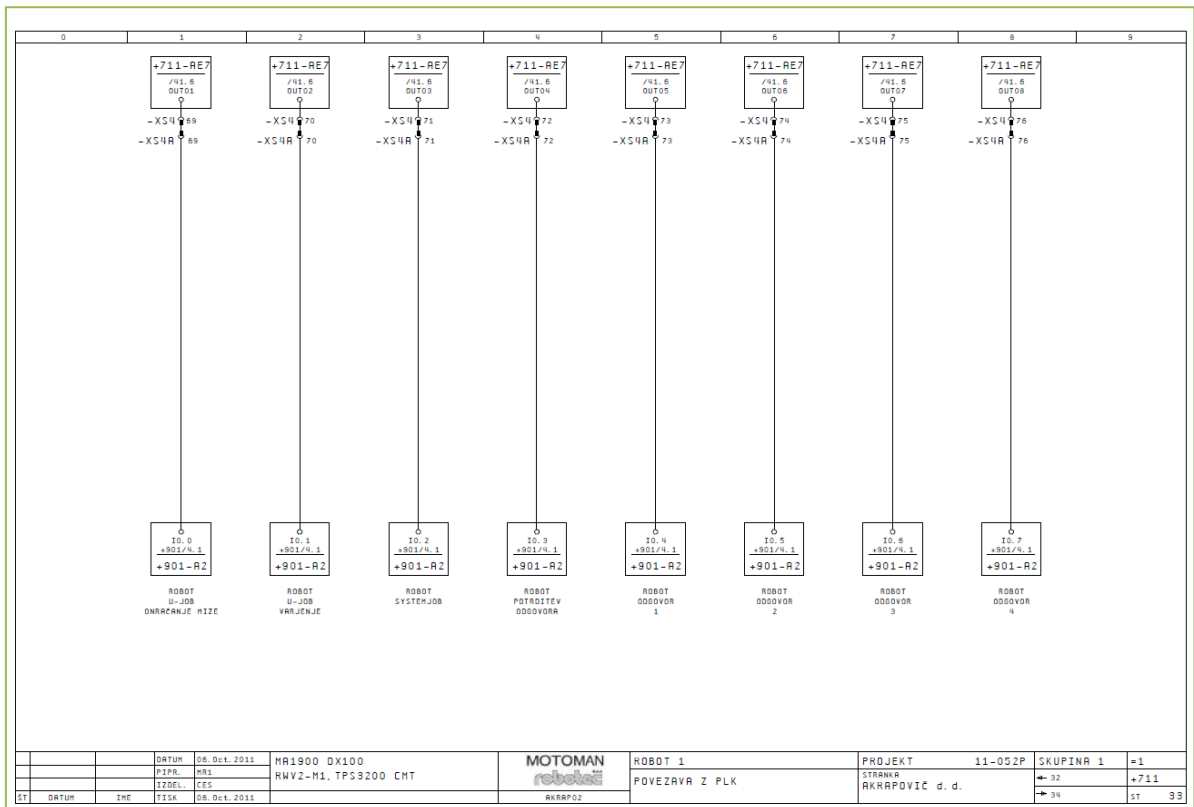


Slika 52: Potek komunikacije.

Slika 53 prikazuje povezave med varnostnim kontaktorjem PNOZ in industrijskim krmilnikom. Povezave med robotskim krmilnikom DX 100 in industrijskim krmilnikom pa so prikazane na sliki 54. Vse povezave so narejene z ožičenjem zaradi cenejše izdelave.



Slika 53: Povezave med varnostnim kontaktorjem PNOZ in krmilnikom Siemens S7-313C.



Slika 54: Povezave med krmilnikom Siemens S7-313C in krmilnikom robota.

5.6 Način delovanja robotske varilne celice

Z vklopom glavnega stikala na krmilni omari vklopimo robotsko varilno celico. Za vklop delovanja moramo na glavnem komandnem pultu pritisniti tipko VKLOP, da vključimo varnostno verigo. Sedaj je robotska varilna celica pripravljena na delovanje. Robotska varilna celica deluje v dveh načinih delovanja.

5.6.1 Ročni način delovanja

Ročni način delovanja robotske varilne celice se ne uporablja veliko, vendar se uporablja za nekatere pomembne stvari, ki se na celici morajo izvesti:

- ključ na glavnem krmilnem pultu, ki je na položaju ROČNO je namenjen predvsem nastavljanju parametrov in trajektorije robotske varilne celice ter servisnim posegom,
- v tem načinu se lahko tudi preizkušajo vpenjala na posameznih orodjih. To naredimo s pritiskom na vpenjalni tipki na dvoročnem pultu.

5.6.2 Avtomatski način delovanja

Postopek delovanja robotske varilne celice v avtomatskem načinu je sledeč:

- najprej na učni enoti izberemo način delovanja REMOTE,
- nato s premikom ključa na glavnem komandnem pultu v položaj AVTOMATSKO preklopimo na avtomatski način delovanja,
- sprehodom na avtomatsko delovanje vključimo servo-regulacijo robota,
- z dvoročnim pultom vpnemo obdelovanec, tako da nam zasveti lučka START na dvoročnem pultu,
- s pritiskom na tipko START na komandnem pultu zaženemo delovni proces robotske varilne celice. Miza se obrne in robot začne variti,
- ko se miza obrne, lahko na postaji, ki je na vlagalnem mestu, poberemo že zvarjene kose in vložimo nove kose v orodje,
- ko je orodje pravilno vpeto, lahko zaženemo delovni proces s pritiskom na tipko START na komandnem pultu,
- za izklop sistema uporabimo tipko IZKLOP, sistem pa se izklopi tudi s prekinitvijo varnostne verige.

6 ZAKLJUČEK

V svoji diplomski nalogi sem predstavil robotsko celico za varjenje, pri razvoju katere sem sodeloval med opravljanjem delovne prakse. Največ dela sem opravil pri razvoju programskih rešitev za robotsko varilno celico. Razvili smo varnostno logiko, ki je potrebna za varno delovanje in program za delovanje robotske varilne celice v avtomatskem načinu, ter program za prikaz na komandni plošči. Opravil sem tudi zagon in testiranje robotske varilne celice. Za dotično temo sem se odločil, ker je bilo delo, ki sem ga opravljal zanimivo in poučno. Med svojim delom sem se dodobra seznanil z delovanjem robotov, njihovo učinkovitostjo in natančnostjo pri velikih hitrostih v avtomatskem načinu. V današnji avtomobilski industriji so roboti zaradi teh lastnosti izredno pomembni v proizvodnem procesu.

Uporaba programskega okolja Siemens Simatic S7 in programskega jezika lestvični diagram sta mi bila znana že iz študija, zato mi je bila funkcionalnost razvojnega okolja in programskega jezika že poznana. Največ težav sem imel pri programiranju uporabniških in sistemskih vhodov in izhodov. Le-ti so ključni za delovanje robotske celice v avtomatskem načinu. Zelo pomembno je, da uporabimo pravi vrstni red pri uporabi signalov in spremenljivk, ki jih uporabljamo v funkcijah. V nasprotnem primeru kaj hitro ugotovimo, da sistem ne deluje tako, kot smo si zamislili, oziroma kot bi moral delovati. Grafični prikaz za komandno ploščo je oblikovan pregledno in enostavno za lažje delo operaterja.

Pri delovanju robotske celice je varnost zelo pomembna, saj mora biti dobro poskrbljeno za zaščito delovnega okolja celice. Še posebej mora biti poskrbljeno za operaterja, ki upravlja s celico, saj bi lahko v nasprotnem primeru prišlo do hujših poškodb. Ravno zaradi tega sem imel pri razvoju varnostne logike tudi nekaj težav, ki pa sem jih s pomočjo sodelavcev odpravil, saj so me dobro seznanili, na kaj moram biti pozoren in na kakšen način je poskrbljeno za varnost. Pri razvoju varnostne logike smo pregledali vse varnostne elemente in jih smiselno povezali v delujočo celoto.

Komunikacija pri robotski celici je bila izvedena s povezavo vhodov in izhodov obeh krmilnikov. V primeru večje in kompleksne celice se to izvede z vodilom Profibus ali z modernejšim vodilom Profinet, saj le-to poenostavi komunikacijo.

Kot sem že prej omenil, sem imel največ težav pri nastavljanju izhodov v programu, vendar so se vse napake odpravile med samim testiranjem robotske varilne celice. Delo bi lahko izboljšal tako, da bi standardne oziroma ključne funkcije za delovanje dodal v knjižnico, ki bi jo lahko uporabljali pri nadaljnjih projektih, saj bi s tem prihranili precej časa za razvoj programskih rešitev.

LITERATURA

- [1] Finance, *Robotizacija*, št. 93, 2006, str. 29-31.
- [2] (9. 10. 2011) Spletna stran Motoman. Dostopno na: <http://www.motoman.si/>
- [3] YASKAWA Ristro d.o.o., *tehnična dokumentacija podjetja*, 2011.
- [4] S. Kovačič, *Komunikacije v avtomatiki, študijsko gradivo*, Ljubljana, oktober 2007.
- [5] T. Bajd, A. Kralj, *Robotika*, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, 1997.
- [6] T. Bajd, *Robotika*, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, 2006.
- [7] MOTOMAN NX100, *Instructions for relative job function*, Japan, 2004.
- [8] MOTOMAN NX100, *Inform manual*, Japan, 2004.
- [9] MOTOMAN NX100, *Instructions for search function*, Japan, 2004.
- [10] Varjenje. Dostopno na: <http://sl.wikipedia.org/wiki/Varjenje>
- [11] Lampret B., *Uporaba industrijskih krmilnikov v tehniškem izobraževanju*, Diplomsko delo, Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana, 2011.