

Mašinski fakultet
Univerziteta u Nišu



**Primena PLC kontrolera u upravljanju
industrijskim manipulatorima**

-Diplomski rad-

Kandidat

Živanović M. Nenad 5171

Mentor

Prof. dr Vlastimir Nikolić

Niš, jun 2008.

PRIMENA PLC KONTROLERA U UPRAVLJANJU INDUSTRIJSKIM MANIPULATORIMA

KLJUČNE REČI: *Programabilni logički kontroler, upravljanje, ulazni uređaji, izlazni uređaji, leder dijagram, industrijski robot – manipulator.*

REZIME: *Cilj ovog diplomskog rada je funkcionalno objašnjenje principa rada programabilnih logičkih kontrolera, kao i njihova konkretna primena u upravljanju industrijskim manipulatorima. Rad je koncipiran u dve celine.*

U prvom delu su objašnjeni principi funkcionisanja programabilnih logičkih kontrolera, njihov hronološki razvoj, operacioni principi, kao i interna arhitektura. Neizbežan je bio fokus na programske jezike, definisane standardom IEC-61131, kao i konkretnije objašnjenje, najrasprostranjenijeg među njima, jezika logičke kontaktne simbologije, leder dijagrama.

Na kraju prve celine, teorija ove tematike, je zaokružena praktičnim primerom realizacije upravljačkog sistema.

Druga celina, se odnosi na industrijske manipulatore, sa osvrtom na njihovu strukturu, karakteristike, pogone i načine modeliranja i upravljanja. Primena programabilnih logičkih kontrolera kod industrijskih manipulatora je, takođe prikazana konkretnim, praktičnim primerom realizacije upravljačkog zadatka.

KEYWORDS: *Programmable logic controller, control, output sistem, input sistem, ladder diagram, industrial robot - manipulator.*

ABSTRACT: *In this final thesis I have tried to explain functional principles of programmable logic controllers and their concrete application in the control of industrial robots – manipulators. Thesis is divided in two sections.*

Purpose of the first section is an illustration of PLC operation, also their chronological development, operating principles and internal architecture.

At the end of the first part, this topics theory is complemented with practical example of control task realization.

Second section is correlated to industrial manipulators, with retrospective view on their structure, characteristics, actuation and tasks related to modeling and control. Programmable logic controllers application with industrial manipulators, is also fortified with practical examples of implementation.

SADRŽAJ

REZIME	2
SADRŽAJ	3
UVOD.....	6
1. UVOD U PROGRAMABILNE LOGIČKE KONTROLERE.....	8
1.1. Osnovni pojmovi	8
1.2. Istorijski osvrt	9
1.3. Prvobitni PLC kontroleri	9
1.4. Konceptualni dizajn PLC kontrolera.....	9
1.5. Današnji programabilni logički kontroleri	10
1.6. Budućnost programabilnih logičkih kontrolera	11
2. OPERACIONI PRINCIPI KONTROLERA	12
3. STRUKTURNA MAPA KOMPONENATA SISTEMA KONTROLERA	14
3.1. Procesori	14
3.1.1. Procesorski sken	15
3.2. Memorija	17
3.2.1. Read-Only memorije.....	18
3.2.2. Random-Access memorije	18
3.2.3. Programmable Read-Only memorije	18
3.2.4. Erasable Programmable Read-Only memorije.....	19
3.3. Memorijska struktura i kapacitet.....	19
3.3.1. Osnovne strukturne jedinice memorije kontrolera	19
3.3.2. Memorijski kapacitet i iskorišćenje	20
3.4. Memorijska organizacija	21
3.5. Programska memorija.....	21
3.6. Tabela podataka	22
3.6.1. Tabela ulaznih podataka	22
3.6.2. Tabela izlaznih podataka.....	23
4. PROGRAMSKI JEZICI PLC KONTROLERA	24
4.1. IEC 61131 standard	24
4.2. Programski jezici i instrukcije PLC-a	24
4.3. Definisanje promenljivih	25
4.4. Logički koncept	25
4.4.1. Logičke funkcije	26
4.4.2. Funkcija AND (I)	26
4.4.3. Funkcija OR (ILI).....	27
4.4.4. Funkcija NOT (NETAČNO).....	28
4.5. Leder dijagrami	33
4.5.1. Instrukcije leder dijagrama.....	34
4.5.2. Ispitivanje otvorenih kontakata	34

4.5.3.	Ispitivanje zatvorenih kontakata	35
4.5.4.	Izlaz	36
4.5.5.	NOT izlazno kolo	37
4.5.6.	LATCH izlazno kolo	38
4.5.7.	UNLATCH izlazno kolo	38
4.5.8.	ONE-SHOT izlaz.....	39
4.5.9.	Tranzicioni kontakti.....	40
5.	LEDER PROGRAMIRANJE.....	41
5.1.	Evaluacija skeniranja leder dijagrama	41
5.2.	Programiranje zatvorenih kontakata	42
5.3.	Tajmeri i brojači	44
5.4.	Tajmerske instrukcije.....	45
5.4.1.	ON-Delay aktivacioni tajmer	45
5.4.2.	ON-Delay deaktivacioni tajmer	45
5.4.3.	OFF-Delay aktivacioni tajmer	46
5.4.4.	OFF-Delay deaktivacioni tajmer	46
5.4.5.	Retentni ON-Delay tajmeri.....	47
5.4.6.	Reset retentnog tajmera	47
5.5.	Brojačke instrukcije	47
5.5.1.	UP brojač.....	48
5.5.2.	DOWN brojač.....	48
5.5.3.	RESET brojača	48
5.6.	Instrukcije toka upravljačkog programa	49
5.6.1.	Glavni upravljački relej.....	50
5.6.2.	Upravljačka zona poslednjeg stanja	51
5.6.3.	END instrukcija	51
5.6.4.	JUMP TO instrukcija	52
5.6.5.	GOSUB instrukcija.....	52
5.6.6.	LABEL instrukcija.....	53
5.6.7.	RETURN instrukcija.....	53
5.7.	Instrukcije specijalnih funkcija	53
5.7.1.	Sekvenceri.....	53
5.7.2.	Diagnostička instrukcija	54
5.7.3.	PID instrukcija.....	55
6.	PROCESUIRANJE ULAZA I IZLAZA.....	57
6.1.	Ulazno-izlazne jedinice	57
6.1.1.	Ulazne jedinice digitalnih signala.....	57
6.1.2.	Ulazne jedinice analognih signala	58
6.1.3.	Izlazne jedinice digitalnih signala	59
6.1.4.	Izlazne jedinice analognih signala.....	61
7.	PRIMERI REALIZACIJE UPRAVLJAČKIH SISTEMA.....	63
7.1.	Upravljanje kontinualnim punjenjem boca	64
8.	INDUSTRIJSKI MANIPULATORI	67
8.1.	Robotika	67
8.2.	Industrijski robot - manipulator	68
8.3.	Osnovna struktura manipulatora	69

8.3.1.	Vrste pogona	72
8.3.2.	Načini upravljanja kretanjem	73
8.4.	Karakteristike manipulatora	73
8.4.1.	Broj osa (Number of Axes)	73
8.4.2.	Maksimalna masa tereta (Load-Carrying Capacity)	73
8.4.3.	Brzina kretanja (Speed of Motion)	74
8.4.4.	Prostorna rezolucija (Spatial Resolution)	74
8.4.5.	Tačnost (Accuracy).....	75
8.4.6.	Ponovljivost (Repeatability)	76
8.4.7.	Dohvat i hod (Reach & Stroke).....	76
8.4.8.	Radna okolina (Operating Environment)	76
8.5.	Modeliranje i upravljanje industrijskim manipulatorom.....	76
8.5.1.	Modeliranje	77
8.5.2.	Upravljanje.....	77
9.	PRIMENA PLC KOD INDUSTRIJSKIH MANIPULATORA	79
9.1.	Primer 1	79
9.2.	Primer 2	83
	ZAKLJUČAK	86
	LITERATURA	87
	INDEKS SLIKA.....	88
	INDEKS TABELA.....	90
	INDEKS POJMOVA	91
	BIOGRAFIJA.....	93
	BELEŠKE	95

UVOD

Programabilni logički kontroleri predstavljaju savremenu osnovu tzv. distribuiranih ili decentralizovanih sistema automatskog upravljanja. U sprezi sa senzorima, davačima, graničnim prekidačima i izvršnim uređajima sa druge strane, poput motora, ventila i drugih elemenata, aktuatora, pružaju projektantima širok spektar kreiranja pouzdanog, kvalitetnog i fleksibilnog automatizovanog sistema. Poseduju mogućnost nadzora, praćenja i beleženja parametara proizvodnog procesa, što ih čini, gotovo, idealnim upravljačkim uređajem savremene industrijske proizvodnje.

Krajem šezdesetih godina prošlog veka, sistemi upravljanja su bili zasnovani na primeni robustne relejne logike, zasnovane na relativno jednostavnim logičkim algoritmima. Glavna mana relejne logike je da se pri bilo kakvoj promeni u sistemu upravljanja ona mora menjati, promenom ožičenja ili čak ubacivanjem u potpunosti novih sklopova. Te promene su izazivale velike troškove, ne samo u dodatnoj opremi, već i dugotrajne zastoje potrebne za modifikaciju i testiranje.

Naučni i tehnološki napredak u oblasti izrade mikroprocesora, logično je doveo i do revolucije u sistemima upravljanja. Naime, pojavila se ideja izrade elektronskog – mikroprocesorskog upravljačkog uređaja koji bi se mogao jednostavno reprogramirati i prilagoditi novim momentima i izmenama upravljačkih zadataka. Izrađeni su i prvi takvi uređaji, koji su dobili naziv programabilni logički kontroleri (Programmable Logic Controllers) ili skraćeno PLC. Implementacija i razvoj ovih uređaja je, nadalje, bio izuzetno brz, pošto su pokazali izuzetne prednosti u odnosu na logiku koja je zasnovana na primeni releja. Nedostatak pokretnih mehaničkih delova, manja sopstvena potrošnja energije, pouzdanost rada, fleksibilnije mogućnosti programiranja su same po sebi doprinosile intenziviranju i omasovljenju primene PLC. Kao svojevrsni industrijski mikroračunar, svojim dizajnom, je predviđen za upotrebu u neposrednom proizvodnom okruženju, otporan na nepovoljne uticaje okoline, prašinu, vlagu, visoku temperaturu i elektromagnetne uticaje, smetnje i interference.

PLC, kao i svaki računar, poseduje sopstveni operativni sistem, koji svakako ima manje mogućnosti od operativnih sistema opšte namene, ali u ovom periodu savremenih komunikacija, u potpunosti podržava mrežno povezivanje, i dopušta formiranje tzv. industrijskih mreža (Industrial Ethernet). Mogućnosti komunikacije između programabilnih logičkih kontrolera omogućavaju visok stepen iskorišćenja i kordinacije procesa upravljačkih sistema.

Danas živimo u svetu brzih tehnoloških promena. Sa sve jačom konkurencijom u oblasti nauke i tehnologije, sverastućom globalizacijom, neminovno je da će i potrošačko tržište tražiti proizvode maksimalnog kvaliteta i niske cene. Industrijske potrebe uslovljavaju pojavu novih naučnih disciplina koje će za razliku od klasičnog mašinstva i elektrotehnike, adekvatno odgovoriti zahtevima moderne industrije i proizvodnje. Interdisciplinarna oblast sa sinergetskim spojem inženjerskih nauka, mašinstva, elektrotehnike, elektronike i upravljanja primenom računara – informatike, a koja ima sve preduslove ispunjenja rastućih zahteva moderne industrijske proizvodnje je - Mehatronika.

Mehatronika znači novu generaciju inteligentnih mašina i proizvodnih instalacija, koje će podržavati povećanje proizvodnje i ekonomski rast. Oblasti primene mehatronike su izuzetno raznovrsne, ali ću se zadržati na primenu u robotici i kod industrijskih manipulatora, koji su, ujedno i drugi deo ovog diplomskog rada.

Poznavanjem oblasti primene mehatronike, dolazi se do saznanja, da današnji mehatronički sistemi velikim delom proučavaju zakonitosti na kojima se zasniva robotika. Mehatronika je usko povezana sa područjima automatizacije, upravljanja i regulacije, merne tehnike i kontrole u oblikovanju proizvoda, procesa i sistema.

Industrijski manipulatori su nezaobilazna tema u mehatronici, a baziraju se na poznatim naučnim i tehničkim disciplinama, kao što su kinematika, dinamika, informatika i senzorika. Kada su ova područja dosegla određeni stepen razvoja, mogao se pojaviti industrijski robot u današnjem obliku.

Teško je postići tačno pozicioniranje efektora industrijskog robota, te je zato potrebna regulacija položaja robota. Regulacija je proces pri kome se neprekidno prati određena veličina (u ovom slučaju pozicija), upoređuje sa željenom veličinom, pa u zavisnosti od rezultata upoređivanja, deluje na regulisanu veličinu u cilju eliminacije greške pozicioniranja. S obzirom da je ovo teško realizovati bez podrške računara, logično je da se u industrijskom okruženju u ove svrhe koristi programabilni logički kontroler.

ZAKLJUČAK

Svrha ovog rada je bila predstavljanje osnovnih pojmova vezanih za programabilne logičke kontrolere, upoznavanje sa njihovom strukturom kao i načinom programiranja. Nastanak programabilnog logičkog kontrolera, kao što je već navedeno, povezan sa idejom da se pronađe efikasniji način upravljanja. Kao nadgradnja dotadašnjih sistema upravljanja koji su se bazirali na relejnim mrežama, javljaju se programabilni logički kontroleri. S tim u vezi, najpre su opisani neki od elemenata relejnih mreža kao i leder dijagram a potom je izvršeno i predstavljanje pojedinih logičkih operacija pomoću ovog dijagrama. Zatim su te iste operacije realizovane i pomoću kontrolera. Istaknuto je da su upravo programabilni logički kontroleri, zahvaljujući svojoj strukturi i načinu funkcionisanja, u stanju da se izbore sa daleko većim brojem operacija, pa čak i da se pomoću njih mogu realizovati operacije koje su do tada praktično bile neizvodljive. Razmotrili smo neke od ovih logičkih funkcija kao što su tajmeri, brojači, sekvenceri a koje je sada moguće realizovati zahvaljujući razvoju digitalne elektronike.

Nakon projektovanja traženog upravljanja i formiranja odgovarajućeg leder dijagrama, potrebno je da se taj dijagram unese u kontroler. Zbog toga je, u daljem tekstu ovog rada, pažnja bila posvećena programskom jeziku kontrolera, a kao primeri su poslužile logičke operacije koje su navedene u ranijim poglavljima. Način na koji se neki leder dijagram predstavlja programskim jezikom može se razlikovati u zavisnosti od proizvođača prvenstveno u označavanju pojedinih komandi ali osnovni princip, što smo i hteli da predstavimo, u suštini ostaje isti.

Jedna od veoma važnih oblasti vezanih za programabilne logičke kontrolere je njihovo povezivanje sa spoljašnjim uređajima. Razlog leži u činjenici da se, usled neodgovarajućeg povezivanja, može u krajnjem ugroziti i samo funkcionisanje kontrolera.

Na osnovu celokupnog izlaganja može se zaključiti da su programabilni logički kontroleri zaslužni za bitan napredak na polju realizacije upravljanja industrijskim procesima. Kao što je već istaknuto u uvodnom delu oni su se vremenom razvili u specijalizovane računare. Zahvaljujući toj činjenici preko programabilnih logičkih kontrolera moguće je ostvariti i daljinsko upravljanje industrijskim procesom kao i praćenje procesa upravljanja pomoću odgovarajuće računarske mreže. To je sa relejnim mrežama u praksi nemoguće ostvariti. Veliki broj uspešnih aplikacija dokazuje potrebu za daljim razvojem u ovoj oblasti koji će svakako doneti i mnoge nove mogućnosti.

Deo rada koji se odnosi na industrijske manipulatore je koncipiran prvenstveno strukturom i karakteristikama industrijskih robota. Kod savremene proizvodnje karakteristična je visoka automatizacija osnovnih tehnoloških procesa, ali se pri tome pomoćne operacije obavljaju ručno. Ove operacije su monotone, primitivne, a često teške, štetne, pa čak i opasne po život. Na njih se se troši dobar deo radnih napora. Pošto se tradicionalnim sredstvima ne mogu automatizovati mnoge pomoćne ručne operacije, pojavila se potreba za realizacijom i širokom primenom industrijskih robota. Industrijski manipulacioni robot je uređaj opremljen efektorom velikih mogućnosti kretanja i upravljačkim sistemom velike autonomije realizovanim na programabilnom logičkom kontroleru. Ovakav robot predstavlja današnju krajnju tačku razvojnog niza industrijskih manipulatora.

LITERATURA

- [1]. **Automatsko upravljanje-Analiza sistema** [Knjiga] / aut. Vlastimir Nikolić; Čojbašić Žarko; Pajović Danijela. - Niš : Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, 1996. - ISBN 86-80587-04-04.
- [2]. **Elektrotehnički fakultet u Beogradu** [Na mreži] / aut. Turajlić Srbijanka // www.mas.bg.ac.yu. - Katedra za automatiku, 2008.
- [3]. **Industrial Automation & Process Control** [Book] / auth. Stenerson Ion. - [s.l.] : Prentice Hall, 2003.
- [4]. **Mechatronics - An Introduction** [Book] / auth. Bishop Robert H.. - New York : CRC Press, 2006. - ISBN 978-0-8493-6358-0.
- [5]. **Multi-Arm Cooperating Robots - Dynamics and Control** [Knjiga] / aut. Vukobratović M. K. / Živanović M. D.. - Belgrade : Springer, 2006. - str. 70-85. - ISBN-13 978-1-4020-4269-0 (e-book).
- [6]. **Programmable Controllers - Theory and Implementation** [Book] / auth. L .A. Bryan; E. A. Bryan. - Atlanta : Industrial Text Company, 1997. - Second Edition. - ISBN 0-944 107-32-X.
- [7]. **Programmable Logic Controllers** [Book] / auth. W. Bolton. - Oxford : Elsevier Newnes, 2006. - 4th Edition. - ISBN-13 978-0-7506-8112-4.
- [8]. **Robot Manipulator Control - Theory and Practice** [Book] / auth. Frank L. Lewis; Darren M. Dawson; Chaouki T.Abdallah. - New York : Prentice-Hall Inc., 2006. - Second Edition. - ISBN: 0-8247-4072-6.
- [9]. **Siemens Automation** [Online] = Siemens Basics of PLC / auth. Siemens // www.sea.siemens.com. - 2007. - <http://www.sea.siemens.com/step>.
- [10]. **Simatic PCS7 - Process Control System Ver. 7** / auth. Siemens // Catalog ST PCS 7. - [s.l.] : IQNet, October 2007.
- [11]. **Uvod u industrijske PLC kontrolere** [Knjiga] / aut. Matić Nebojša. - Beograd : Mikroelektronika, 2003.