PREDGOVOR

Ova knjiga pisana je prvenstveno kao udžbenik za predmet Procesni računari koji studenti Elektrotehničkog fakulteta u Istočnom Sarajevu slušaju na III godini studija na studijskom programu Elektroenergetika. Knjiga u potpunosti pokriva sve nastavne jedinice pomenutog predmeta, a kao pomoćni udžbenik može korisno poslužiti studentima Mašinskog fakulteta Univerziteta u Istočnom Sarajevu za dio nastavnih jedinica u okviru predmeta Automatizacija proizvodnih sistema na IV godini studija na studijskom programu Mašinstvo. Pored studenata, smatramo da knjiga može korisno poslužiti projektantima, inženjerima, tehničkom osoblju na održavanju industrijskih sistema i svima ostalima koji se bave automatizacijom industrijskih procesa i mašina.

Oprema koju posjedujemo u laboratorijama Elektrotehničkog fakulteta u Istočnom Sarajevu za izvođenje laboratorijskih vježbi iz predmeta Procesni računari i Automatizacija proizvodnih sistema bazirana je na Simens*o*voj S7-200 seriji programabilnih logičkih kontrolera (PLK), pa je to bio jedini razlog da se prilikom opisa osnovnih komponenti PLK kao digitalnog elektronskog sistema koji je projektovan za upotrebu u industrijskom okruženju istaknu specifikacije pomenute serije PLK.

U prvom poglavlju ovog udžbenika prvo je objašnjeno šta su to programabilni logički kontroleri, zatim je dat kratak istorijski pregled razvoja PLK kao osnovne komponente u sistemima automatizacije i na kraju poglavlja je opisana njegova osnovna funkcionalna struktura.

Osnovne gradivne komponente PLK opisane su u drugom poglavlju. Na početku je dat opšti opis CPU modula iz S7-200 serije PLK, a zatim su opisana memorijska polja i tipovi podataka koji se koriste kod ovih CPU modula. U nastavku je detaljno opisana postojanost podataka u memoriji CPU modula, prebacivanje postojanog sadržaja u/iz CPU modula i definisanje postojanih memorijskih područja iz *STEP 7 Micro/WIN* programskog okruženja. U ovom poglavlju akcent je stavljen na opis digitalnih i analognih U/I modula koji se u praksi najviše koriste. Poglavlje se završava opisom načina adresiranja U/I modula kod S7 200 serije PLK.

Treće poglavlje opisuje uređaje (stanice) za programiranje PLK i korake za povezivanje personalnog računara (engl. *Personal Computer – PC*) sa S7-200 serijom PLK kao i uspostavljanje njihove komunikacije.

Brojni sistemi i binarni kodovi opisani su u četvrtom poglavlju. Dat je kratak opis svih brojnih sistema, način konverzije brojeva iz jednog u drugi brojni sistem i način zapisa pozitivnih i negativnih brojeva u binarnom brojnom sistemu. Poglavlje se završava opisom binarnih kodova koji se koriste za prezentaciju podatka u digitalnim računarima kao što su to PLK.

U petom poglavlju ukratko su dati osnovni postulati i teoreme Bulove algebre, zatim su opisane Bulove funkcije sa dvije promjenljive i njihova realizacija. Naznačen je način realizacije logičkih funkcija sa kontaktima što odgovara bit logičkim instrukcijama kontakt koje se koriste u leder programskom jeziku i koje su opisane u sedmom poglavlju ovog udžbenika.

Osnovni koncept programiranja PLK opisan je u šestom poglavlju. Prvo su navedene smjernice koje u postupku projektovanja upravljačkih sistema sa PLK treba poštovati, zatim slijedi opis osnovnih elemenata od kojih se sastoji korisnički program kod PLK i način izvršavanja ovog korisničkog programa od strane operativnog sistema PLK. Nakon navedenog dat je opis programskih jezika koji se koriste za programiranje PLK sa posebnim naglaskom na leder programski jezik koji se najviše koristi u praksi. Poglavlje se završava primjerom rješenja zadatka miješanja tečnosti u posudi sa S7-200 PLK.

U sedmom poglavlju opisan je skup instrukcija kod S7-200 serije PLK. Posebano su istaknute bit logičke instrukcije koje se najčešće koriste u programima za PLK, a pored ovih instrukcija detaljno su opisane i instrukcije za programiranje tajmera i brojača, jer se i one često koriste u programima.

Udžbenik se završava osmim poglavljem u kome su opisani osnovni elementi *STEP 7 – MICRO/WIN* programskog okruženja. Pored samog pisanja korisničkog programa za S7-200 serije PLK u ovom programskom okruženju obavljaju se i druge aktivnosti kao što su kompajliranje programa, dodjela simboličkih imena promjenljivim, ispravljanje grešaka, testiranje korisničkog programa i nadzor njegovog izvršavanja u realnom vremenu, podešavanje komunikacionog interfejsa, konfiguracija PLK, itd.

Zahvaljujemo se recenzentima prof. dr Igoru Krčmaru sa Elektrotehničkog fakulteta u Banjaluci i doc. dr Saši Prodanoviću sa Mašinskog fakulteta u Istočnom Sarajevu na korisnim sugestijama koje su doprinijele kvalitetu ovog udžbenika.

Prilikom pisanja udžbenika potkradaju se i greške, pa svjesni toga molimo sve čitaoce, prvenstveno studente da na adrese slobodan.lubura@etf.ues.rs.ba i milomir.soja@etf.ues.rs.ba dostave sve primjedbe i sugestije.

U Istočnom Sarajevu, decembra 2019. godine Autori

SADRŽAJ

PREDGOVOR

1. PROGRAMABILNI LOGIČKI KONTROLERI 1

1.1. Šta su to programabilni logički kontroleri ? 1

1.2. Istorijski razvoj PLK 2

1.3. Prednost korištenja PLK u odnosu na relejne upravljačke šeme 3

1.4. Osnovna funkcionalna struktura PLK 4

2. OSNOVNE KOMPONENTE PLK 7

2.1. Konstrukcione izvedbe PLK 8
2.1.1. Kompaktna izvedba 8
2.1.2. Modularna izvedba 9

2.2. CPU moduli 10
2.2.1. CPU moduli iz S7-200 serije PLK 13
2.2.2. Memorijska polja kod S7-200 serije PLK 18
2.2.3. Pristup podacima u memorijskim poljima 20
2.2.4. Tipovi podataka i njihov zapis u memoriji CPU modula 24
2.2.5. Postojanost podataka u memoriji CPU modula 25
2.2.5.1. Prebacivanje podataka u/iz CPU modula 26
2.2.5.2. Postojanost podataka u memoriji pri uključenju CPU modula 27
2.2.5.3. Postojanost M memorijskog polja pri nestanku napajanja CPU modula 29
2.2.5.4. Definisanje postojanih memorijskih polja u *STEP 7 – Micro/WIN* programskom okruženju 29
2.2.2.5. Kopiranje sadržaja memorijske lokacije iz V memorijskog polja u EEPROM 30
2.2.2.6 Korištenje memorijske kartice za trajno čuvanje podataka 31

2.3. U/I moduli 32
2.3.1. Digitalni ulazni moduli 32
2.3.1.1. Digitalni ulazni moduli sa jednosmjernim napajanjem ulaznih uređaja 33
2.3.1.2. Digitalni ulazni moduli sa naizmjeničnim napajanjem ulaznih uređaja 37
2.3.1.3. Digitalni uzlazni moduli sa međusobno izolovanim ulaznim tačkama 38
2.3.1.4. Podešavanje parametara digitalnih uzlaznih tačaka iz *STEP7 – Micro/WIN* programskog okruženja 38
2.3.2. Digitalni izlazni moduli 41
2.3.2.1. Digitalni izlazni moduli sa tranzistorom kao energetskim prekidačem 42
2.3.2.2. Digitalni izlazni moduli sa trijakom kao energetskim prekidačem 45
2.3.2.3. Digitalni izlazni moduli sa relejom kao energetskim prekidačem 45
2.3.2.4. Digitalni izlazni moduli sa međusobno izolovanim izlaznim tačkama 47
2.3.2.5. Podešavanje parametara digitalnih izlaznih tačaka iz *STEP7 – Micro/WIN* programskog okruženja 47
2.3.2.6. Osnovne tehničke specifikacije digitalnih ulaznih i izlaznih modula 48
2.3.3. Analogni ulazni moduli 50
2.3.3.1. Pretvaranje analognih procesnih veličina u digitalnu formu 50
2.3.3.2. Analogni ulazni moduli kod S7-200 serije PLK 55

2.3.3.3. Povezivanje mjernih pretvarača sa analognim ulaznim modulima 58
2.3.3.4. Povezivanje mjernih pretvarača sa naponskim izlaznim signalima 59
2.3.3.5. Povezivanje mjernih pretvarača sa strujnim izlaznim signalima..... 59
2.3.3.6. Povezivanje RTD mjernih pretvarača 61
2.3.3.7. Povezivanje termoparova 63
2.3.3.8. Skaliranje vrijednosti 16-bitnog podatka nakon izvršene A/D konverzije 66
2.3.3.9. Podešavanje parametara analognih ulaznih tačaka iz *STEP7 – Micro/WIN* programskog okruženja..... 66
2.3.4. Analogni izlazni moduli..... 67
2.3.4.1. Analogni izlazni moduli kod S7-200 serije PLK 67
2.3.4.2. Podešavanje parametara analognih izlaznih tačaka iz *STEP7 – Micro/WIN* programskog okruženja..... 69
2.3.5. Adresni prostori i načini adresiranja U/I modula 70
2.3.5.1. Adresiranje U/I tačaka kod digitalnih U/I modula..... 71
2.3.5.2. Adresiranje U/I tačaka kod analognih U/I modula..... 74
2.3.5.3. Specifičnosti adresiranja U/I modula kod S7-200 serije PLK..... 75

3. UREĐAJI ZA PROGRAMIRANJE PLK 78

3.1. PC kao stanica za programiranje S7-200 serije PLK..... 78

4. BROJNI SISTEMI I BINARNI KODOVI..... 83

4.1. Predstavljanje brojeva i drugih informacija u računarskim/digitalnim sistemima..... 83

4.2. Binarni kodovi..... 90

5. BULOVA ALGEBRA I LOGIČKE FUNKCIJE..... 97

5.1. Bulove funkcije 99

5.2. Logički funkcije i njihova realizacija..... 101
5.2.1. I logička funkcija 101
5.2.2. ILI logička funkcija 103
5.2.3. NE logička funkcija..... 105
5.2.4. NI logička funkcija..... 106
5.2.5. NILI logička funkcija..... 108
5.2.6. EXILI (isključivo ILI) logička funkcija..... 110
5.2.7. EXNILI logička funkcija..... 112

6. OSNOVNI KONCEPT PROGRAMIRANJA PLK 114

6.1. Osnovni koraci pri projektovanju upravljačkih sistema sa PLK 114

6.2. Osnovni elementi korisničkog programa kod PLK..... 116

6.3. Ciklično izvršavanje korisničkog programa..... 118
6.3.1. Čitanje stanja ulaznih uređaja – ulazni sken ciklus..... 119
6.3.2. Izvršavanje korisničkog programa – programski sken ciklus..... 121
6.3.3. Postavljanje stanja izlaznih uređaja – izlazni sken ciklus 122
6.3. 4. Analiza odvijanja sken ciklusa sa jednom prečkom u leder programskom jeziku..... 124

6.4. Jezici za programiranje PLK 125
6.4.1. Leder programski jezik (LD)..... 126

6.4.2. STL programski jezik 128
6.4.3. FBD programski jezik 129

6.5. Primjer rješenja zadatka miješanja tečnosti u posudi sa S7-200 PLK 130

7. SKUP INSTRUKCIJA KOD S7-200 SERIJE PLK 134

7.1. Bit logičke instrukcije 136
7.1.1. Bit logičke instrukcije kontakti 137
7.1.1.1. Instrukcije normalno otvoren ---| |--- i normalno zatvoren ---| / |--- kontakt 137
7.1.1.2. Instrukcije normalno otvoren ---| I |--- i normalno zatvoren ---| / I|--- kontakt sa direktnim čitanjem 138
7.1.1.3. NOT kontakt instrukcija 139
7.1.1.4. Kontakt instrukcije ---| P |--- i ---| N |--- 140
7.1.2. Bit logičke instrukcije solenoidi 142
7.1.2.1. Instrukcije solenoid ---( ) i solenoid ---(I) sa direktnim upisom 142
7.1.2.2. Instrukcije Set ---(S) i Reset ---(R) solenoid 144
7.1.2.3. Instrukcije Set ---(SI) i Reset ---(RI) solenoid sa direktnim upisom 145
7.1.2.4. Set/Reset (SR) i Reset/Set (RS) leč instrukcije 146
7.1.3. NOP instrukcija 147

7.2. Instrukcije za programiranje tajmera 148
7.2.1. Izbor vremenske baze tajmera i određivanje vremena rada tajmera 148
7.2.2. Instrukcija TON - programiranje tajmera sa odloženim uključenjem 149
7.2.3. Instrukcija TOF - programiranje tajmera sa odloženim isključenjem 151
7.2.4. Instrukcija TONR - programiranje tajmera sa odloženim uključenjem i pamćenjem stanja 152

7.3. Instrukcije za programiranje brojača 153
7.3.1. Instrukcija CTU (*Count Up*) – programiranje brojača sa rastućim brojanjem 154
7.3.2. Instrukcija CTD (*Count Down*) – programiranje brojača sa opadajućim brojanjem 155
7.3.3. Instrukcija CTUD (Count Up/Down) – programiranje brojača sa rastućim/opadajućim brojanjem 156

7.4. Instrukcije za premještanje podataka 157
7.4.1. Instrukcije za premještanje podatka tipa bajt, riječ, dvostruka riječ i realan broj 157
7.4.2. Instrukcije za premještanje blokova podatka 158
7.4.3. Instrukcije za neposredno premještanje podatka 159
7.4.4. Instrukcije za zamjenu bajtova u riječi 160

7.5. Instrukcije za kontrolu toka programa 162
7.5.1. Instrukcije za kontrolu izvršenja segmenata programa 162
7.5.2. Grananja u sekvencijalnim strukturama 165
7.5.3. Instrukcija za skok u programu 168
7.5.4. Instrukcija za uslovni završetak programa 169
7.5.5. Instrukcija za prelazak CPU modula iz režima rada RUN u STOP režim 170
7.5.6. Instrukcija za resetovanje vočdog tajmera 170
7.5.7. Instrukcije za formiranje programske FOR - NEXT petlje 172

7.6. Instrukcije za izvođenje logičkih operacija 174
7.6.1. Instrukcije za invertovanje bitova 174
7.6.2. Instrukcije za obavljanje I logičke operacije 175
7.6.3. Instrukcije za obavljanje ILI logičke operacije 176

7.6.4. Instrukcije za obavljanje EXILI logičke operacije 177

7.7. Instrukcije za pomjeranje i rotiranje bitova 179
7.7.1. Instrukcije za pomjeranje bitova u bajtu 179
7.7.2. Instrukcije za pomjeranje bitova u riječi 180
7.7.3. Instrukcije za pomjeranje bitova u dvostrukoj riječi 180
7.7.4. Instrukcije za rotiranje bitova u bajtu 181
7.7.5. Instrukcije za rotiranje bitova u riječi 182
7.7.6. Instrukcije za rotiranje bitova u dvostrukoj riječi 183
7.7.7. Instrukcija pomjeračkog registra 184

7.8. Matematičke instrukcije 185
7.8.1. Matematičke instrukcije sa cijelim brojevima 185
7.8.1.1. Instrukcije za sabiranje i oduzimanje 16-bitnih cijelih brojeva 185
7.8.1.2. Instrukcije za sabiranje i oduzimanje 32-bitnih cijelih brojeva 186
7.8.1.3. Instrukcije za množenje i dijeljenje 16-bitnih cijelih brojeva 187
7.8.1.4. Instrukcije za množenje i dijeljenje 32-bitnih cijelih brojeva 188
7.8.1.5. Instrukcije za množenje i dijeljenje 16-bitnih cijelih brojeva sa 32-bitnim rezultatom 188
7.8.1.6. Instrukcije za inkrementiranje i dekrementiranje vrijednosti bajta 190
7.8.1.7. Instrukcije za inkrementiranje i dekrementiranje vrijednosti riječi 191
7.8.1.8. Instrukcije za inkrementiranje i dekrementiranje vrijednosti dvostruke riječi 192
7.8.2. Matematičke instrukcije sa realnim brojevima 193
7.8.2.1. Instrukcije za sabiranje i oduzimanje realnih brojeva 193
7.8.2.2. Instrukcije za množenje i dijeljenje realnih brojeva 194

7.9. Instrukcije za konverziju podataka 196
7.9.1. Standardni skup instrukcija za konverziju podataka 196
7.9.1.1. Instrukcije za konverziju BCD brojeva u 16-bitne cijele brojeve i obrnuto 196
7.9.1.2. Instrukcije za konverziju 32-bitnih u 16-bitne i obrnuto 197
7.9.1.3. Instrukcije za konverziju bajta u 16-bitni cijeli broj i obrnuto 198
7.9.1.4. Instrukcija za konverziju 32-bitnih brojeva u realne brojeve 199
7.9.1.5. Instrukcija za zaokruživanje realnih brojeva 199
7.9.1.6. Instrukcija za skraćivanje realnih brojeva 200
7.9.1.6. Instrukcija 7-segmentnog dekodera 202
7.9.2. Instrukcije za konverziju ASCII znakova 203
7.9.2.1. Instrukcije za konverziju ASCII znaka u heksadecimalni broj i obrnuto 203
7.9.2.2. Instrukcija za konverziju 16-bitnog cijelog broja u niz ASCII znakova 204
7.9.2.3. Instrukcija za konverziju 32-bitnog cijelog broja u niz ASCII znakova 206
7.9.2.4. Instrukcija za konverziju realnog broja u niz ASCII znakova 207
7.9.3. Instrukcije za konverziju brojeva u tekstualne podatke i obrnuto 209
7.9.3.1. Instrukcija za konverziju 16-bitnog cijelog broja u tekstualni podatak 210
7.9.3.2. Instrukcija za konverziju 32-bitnog cijelog broja u tekstualni podatak 211
7.9.3.3. Instrukcija za konverziju realnog broja u tekstualni podatak 213
7.9.3.4. Instrukcije za konverziju tekstualnog podatka u cijele i realne brojeve 214

7.10. Instrukcije za poređenje podataka 216
7.10.1. Instrukcije za poređenje podataka tipa bajt 216
7.10.2. Instrukcije za poređenje 16-bitnih cijelih brojeva 217
7.10.3. Instrukcije za poređenje 32-bitnih cijelih brojeva 218
7.10.3. Instrukcije za poređenje realnih brojeva 219
7.10.4. Instrukcija za poređenje tekstualnih podataka 220

8. *STEP 7 – MICRO/WIN* PROGRAMSKO OKRUŽENJE 222

8.1. Izbor tipa CPU modula 224

8.2. Programski editor 225

8.2.1. Postavljanje instrukcija i njihovo adresiranje u programskom editoru 226

8.3. Kompajliranje korisničkog programa 228

8.4. Snimanje projekta u memoriju računara 229

8.5. Prebacivanje korisničkog programa u memoriju PLK 230

8.6. Alati za ispravljanje grešaka i nadzor izvršenja korisničkog programa 231

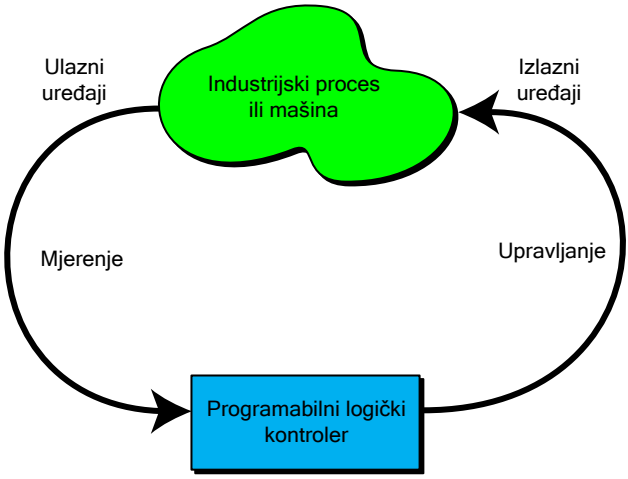
LITERATURA ..... HOO

INDEKS POJMOVA ..... HOp

1. Programabilni logički kontroleri

1.1. Šta su to programabilni logički kontroleri ?

Prema definiciji koja je data u standardu IEC 61131-1 programabilni logički kontroler (PLK) je digitalni elektronski sistem projektovan za upotrebu u industrijskom okruženju koji koristi programabilnu memoriju za interno skladištenje korisničkih programa. Ovim korisničkim programima se realizuju specifične funkcije kao što su logičke funkcije, sekvenciranje, vremenske zadrške, brojačke i aritmetičke operacije da bi PLK putem digitalnih ili analognih ulaznih i izlaznih modula upravljao različitim vrstama mašina ili procesa. PLK i njegovi dodatni moduli su projektovani tako da se mogu lako integrisati u industrijski upravljački sistem i lako koristiti u svim njihovim namjenskim funkcijama. Koncept primjene PLK prikazan je na slici 1.1.



Slika 1.1. *Koncept primjene PLK u industriji*

Kao industrijski računari predviđeni su za rad u neposrednom industrijskom okruženju, tako da su otporni na razne nepovoljne uticaje, prašinu, vlagu, visoku temperaturu, vibracije i elektromagnetne smetnje i sl. Izgled S7-200 i S7-300 serije PLK prikazan je na slici 1.2.



Slika 1.2. *Izgled S7-200 i S7-300 serije PLK*

PLK se razlikuju od računara opšte namjene, jer ne posjeduju vanjsku memoriju niti standardne ulazne/izlazne (U/I) uređaje (miš, tastatura, itd.). Operativni sistem PLK je jednostavan i pruža mnogo manje mogućnosti od računara opšte namjene. Projektovani su tako da izvode relativno kratak i jasno definisan obim zadataka vezanih za nadzor i upravljanje uređajima, mašinama i industrijskim procesima što je rezultovalo njihovoj izuzetnoj efikasnosti i jednostavnosti primjene. U početku su se PLK koristili kao zamjena za relejnu logiku, ali zbog rastućeg broja naprednih funkcija njihova primjena postaje sve složenija.

1.2. Istorijski razvoj PLK

Prvi zahtjev za razvoj PLK dat je od strane kompanije *General Motors Corporation* davne 1968. godine. Njihova prvobitna primjena je bila u automobilskoj industriji s ciljem smanjenja vremena i cijene održavanja skupog nefleksibilnog upravljačkog sistema realizovanog sa elektromehaničkim relejima i time se skratilo vrijeme zastoja u proizvodnji. Takođe, uvođenjem PLK povećao se stepen fleksibilnosti u proizvodnji, tj. reprogramiranje upravljačke logike moglo je da se obavi preko računara ili ručnog uređaja za programiranje. Uz minimalna dodatna povezivanja, vrijeme zastoja u proizvodnji moglo se znatno skratiti. Osnovni zahtjevi koji su novi industrijski računari trebali da zadovolje su bili:

- rad u industrijskom okruženju,
- novi upravljački sistem po cijeni morao je biti konkurentan starim relejnim sistemima upravljanja,
- način programiranja PLK trebao je da bude jednostavan i lako razumljiv procesnim inženjerima i tehničarima,
- PLK je trebao biti modularan tako da se komponente mogu lako zamijeniti, dodati ili popraviti,
- upravljački sistem je trebao da ima mogućnost razmjene podataka sa centralnim upravljačkim sistemom.

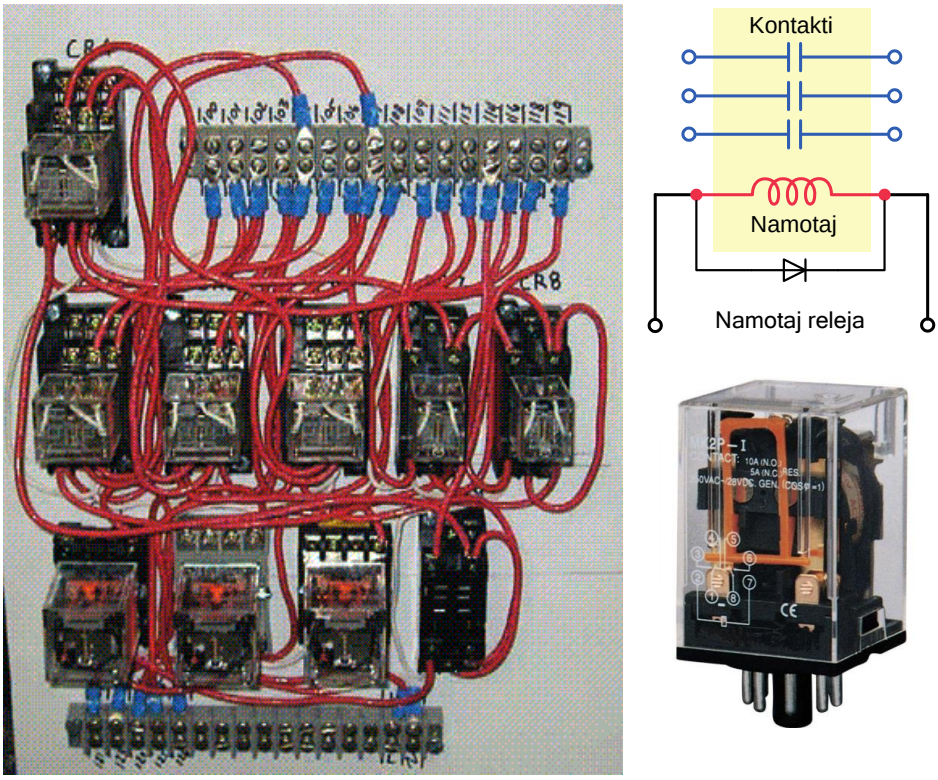
Početkom osamdesetih godina prošlog vijeka dolazi do eksponencijalnog rasta tržišta PLK, jer se njihova primjena proširila i van industrijskih okruženja. Oni su se počeli sve više koristiti u sistemima kao što su elektroenergetska postrojenja, sistemi automatizacije u stambenim/poslovnim objektima, sistemima obezbjeđenja i nadzora, itd. Danas savremeni PLK imaju mogućnost obavljanja izuzetno složenih zadataka kao što je složeno upravljanje robotima i mašinama, upravljanje složenim tehnološkim procesima, itd. Takođe, brzina rada PLK se rapidno povećala kao i lakoća programiranja. Razvijeni su brojni moduli specijalne namjene koji se koriste za radio komunikaciju, viziju, pa čak i za prepoznavanje govornih komandi.

Budućnost razvoja novih generacija PLK ne oslanja se samo na razvoj novih sastavnih komponenti i modula, već i na njihovu integraciji sa drugom opremom koja se koristi za upravljanje i nadzor industrijskih procesa. To znači da će se u budućnosti PLK sve više preko industrijskih mreža povezivati u računarski integrisane proizvodne sisteme (engl. *Computer Integrated Manufacturing - CIM*) kombinujući svoju računarsku moć i resurse sa numeričkim kontrolerima, robotima, CAD/CAM sistemima, personalnim računarima, informacionim sistemima upravljanja i hijerarhijskim računarskim sistemima.

Napredak u razvoju PLK uključuje i unapređivanje funkcija poput naprednijih interfejsa sa operatorskim stanicama koje možemo podijeliti u dvije grupe: grafičke korisničke interfejse (engl. *Graphical User Interface - GUI*) i čovjeku orijentisane interfejse (engl. *Human-Machine Interface -HMI*) u koje spadaju na primjer moduli za prepoznavanje glasa i slike. Takođe, očekuje se razvoj novih interfejsa koji omogućavaju komunikaciju sa opremom koji podržava vještačku inteligenciju, fazi (engl. *fuzzy*) logičke sisteme i sl.

1.3. Prednost korištenja PLK u odnosu na relejne upravljačke šeme

U početku industrijske revolucije za realizaciju automatizovanih sistema upravljanja mašinama i industrijskim procesima koristili su se relejni upravljački paneli kao što je to prikazano na slici 1.3. Ključne komponente koje su korištene za realizaciju upravljačke logike na tim panelima bili su elektromehanički releji. Ovi elektromehanički releji međusobno su bili povezani provodnicima unutar jedne upravljačke ploče. Za otkrivanje grešaka u takvim sistemima bilo je potrebno mnogo vremena naročito kod složenih upravljačkih šema. Sam vijek trajanja kontakata elektromehaničkih releja je ograničen te su oni vremenom morali biti zamijenjeni. Prilikom zamjene releja ili ostalih potrošnih dijelova mašina/proces se morao zaustaviti što je uzrokovalo gubitke u radu odnosno proizvodnji.



Slika 1.3. *Relejni upravljački panel sa elektromehaničkim relejima*

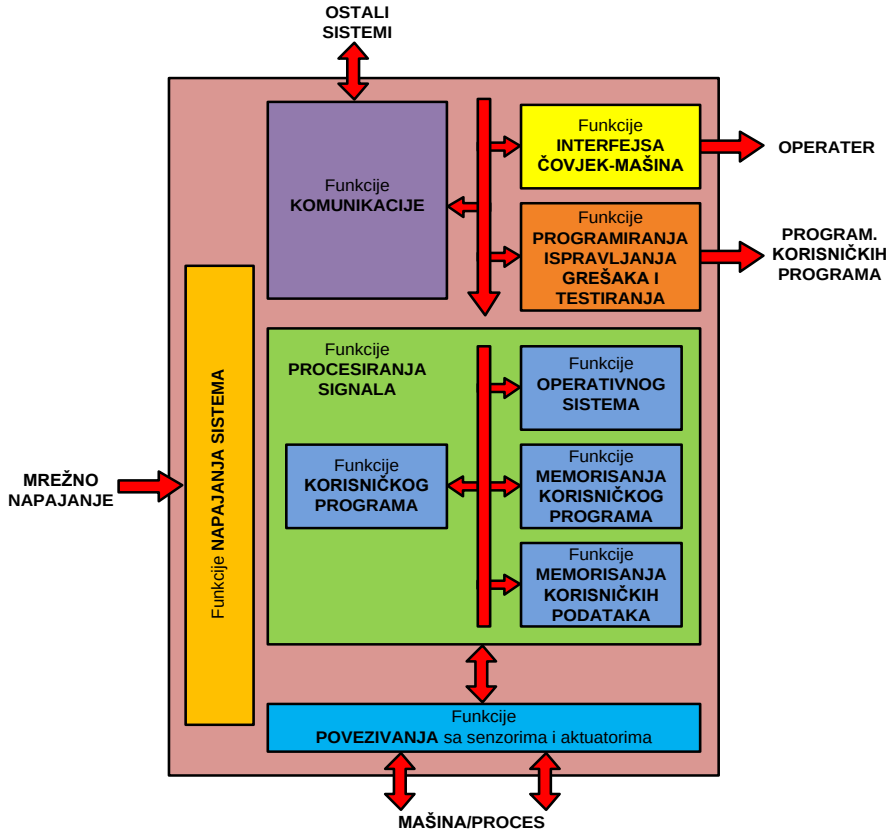
Ovakve relejne upravljačke ploče koristile su se uglavnom samo za jedan određeni industrijski proces/mašinu i nije ih bilo jednostavno izmijeniti prema potrebama novog procesa/mašine što se pokazalo veoma nefleksibilnim. Pomenuti nedostaci su u velikoj mjeri otklonjeni uvođenjem PLK u sisteme upravljanja mašinama i industrijskim procesima što je doprinijelo poboljšanju kvaliteta, povećanju produktivnosti i fleksibilnosti proizvodnje.

Prednost automatizovanih sistema upravljanja realizovanih sa PLK u odnosu na one realizovane sa relejnim upravljačkim panelima ogleda se u sljedećem:

- **Fleksibilnost.** Jednostavnije je promijeniti korisnički program u PLK nego mijenjati ožičenje na relejnim upravljačkim panelima, tj. u korisničkom programu moguće je mijenjati *„logiku"* upravljanja mašinom ili procesom, dodavati nove logičke i druge funkcije bez ikakve potrebe za promjenom ožičenja.
- **Pouzdanost i jednostavnost održavanja.** PLK se danas izrađuju od integrisanih poluprovodničkih komponenti koje su znatno pouzdanije od elektromehaničkih releja i ostalih komponenti (elektromehanički tajmeri i brojači) od kojih su ranije bile realizovale relejne upravljačke šeme. Primjenom PLK u sistemima upravljanja došlo je do smanjenja broja veza sa U/I uređajima, a time i do smanjenja troškova održavanja i vremena zastoja ovih upravljačkih sistema.
- **Mala cijena.** Uporedo s napretkom tehnologije cijene PLK na tržištu padaju dok njihove mogućnosti stalno rastu. Danas je moguće na tržištu kupiti jeftine PLK sa bogatim karakteristikama uključujući HMI interfejs i raznolikost načina komunikacije sa okruženjem.
- **Dijagnostika.** PLK imaju ugrađene funkcije za dijagnostiku koje korisniku omogućavaju da jednostavno prate rad upravljačkog sistema, ispravljaju eventualne greške u korisničkom programu ili greške u povezivanju U/I uređaja. Rad PLK se može pratiti na personalnom računaru (PC) u realnom vremenu gdje se u grafičkom obliku prikazuju stanja U/I tačaka PLK.
- **Komunikacija.** PLK imaju višestruku mogućnost komunikacije sa drugim PLK, nadređenim računarima i drugom procesnom opremom s ciljem obavljanja funkcija kao što su nadzor sistema, akvizicija podataka, praćenje parametara mašine/procesa i sl.
- **Brzina rada.** U poređenju sa elektromehaničkim relejima koji su spori zbog prirode svoga rada brzina izvršenja korisničkog programa na PLK je neuporedivo veća i iznosi nekoliko milisekundi.
- **Dokumentacija.** Korisnički programi obično su pisani u leder (ljestvičastom) programskom jeziku koji pripada grupi grafičkih jezika, tj. program je dat u formi grafičkog prikaza upravljanja sa logičkim prečkama sličnim šemama u relejnoj ljestvičastoj logici. Ovi grafički prikazi su sami po sebi jasni i pregledni tako da obično nije neophodna neka dodatna dokumentacija koja bi dopunila opis rada korisničkog programa i način na koji su realizovane upravljačke funkcije. Korisnički program uvijek se može jednostavno ažurirati, a pošto se isti dijagram koristi i kao program ne postoji opasnost da dokumentacija bude neažurirana što je često bio slučaj sa dijagramima i šemama kod relejnih upravljačkih panela.

1.4. Osnovna funkcionalna struktura PLK

Gotovo svi funkcionalni blokovi nekog programabilnog kontrolera u opštem slučaju mogu se realizovati na određenoj hardverskoj platformi, na računaru posebne namjene ili na PC koji može da radi u industrijskom okruženju. Bez obzira na pomenute načine realizacije, prema standardu IEC 61131-1 na slici 1.4 je prikazana opšta funkcionalna struktura PLK sa svim komponentama.



***Slika 1.4**. Opšta funkcionalna struktura PLK*

Uloga pojedinih funkcionalnih komponenti sa slike 1.4 je sljedeća:

- Funkcije **NAPAJANJA.** Obezbjeđuju sva napajanja neophodna za rad PLK i ostalih komponenti upravljačkog sistema. Takođe, u opštem slučaju ova funkcija treba da obezbijedi upravljačke signale za ON/OFF sinhronizaciju opreme. Izbor tipa napojne jedinice zavisi od napona napajanja, potrošnje energije, mogućnosti paralelnog povezivanja, zahtjeva za neprekidnim radom, itd.
- Funkcije **KOMUNIKACIJE.** Obuhvataju sve aspekte komunikacije PLK sa ostalim komponentama upravljačkog sistema. Koristi se pri programiranju PLK, razmjeni podataka između PLK i distribuiranih U/I modula/drugih PLK i pri razmjeni podataka sa bilo kojim uređajem u upravljačkom sistemu. Ove funkcije uključuju aktivnosti kao što su verifikacija uređaja, prikupljanje podataka, izvještavanje o alarmnim stanjima, prenos korisničkog programa sa PC u memoriju PLK, upravljanje vezom između CPU modula PLK i nekog vanjskog uređaja ili sistema. Funkcije komunikacije se obično ostvaruje serijskim prenosom podataka preko lokalnih mreža ili vezom od tačke do tačke (engl. *point-to-point*).
- Funkcije **INTERFEJSA ČOVJEK – MAŠINA.** Obezbjeđuju operateru informacije potrebne za praćenje rada mašine ili procesa, omogućavaju operateru interakciju sa PLK i korisničkim programom kako bi donosio odluke i podešavao parametre rada mašine ili procesa.