

PREDGOVOR

Udžbenik „Distribuirani sistemi upravljanja sa programabilnim logičkim kontrolerima“ prvenstveno je namijenjen studentima Elektrotehničkog fakulteta u Istočnom Sarajevu iz oblasti distribuiranih sistema upravljanja u kojima programabilni logički kontroleri (PLK) zauzimaju dominantno mjesto. Udžbenik u potpunosti pokriva sve nastavne jedinice u okviru predmeta „Programabilni logički kontroleri“ na II ciklusu studija. Smatramo da udžbenik može korisno poslužiti studentima za usvajanje znanja iz oblasti distribuiranih sistema upravljanja, ali i projektantima, inženjerima, tehničkom osoblju na održavanju procesne opreme i svima ostalima koji se bave automatizacijom industrijskih procesa, gdje distribuirani sistemi upravljanja zauzimaju sve veću, gotovo dominantnu ulogu.

Iako je nezahvalno isticati nekog proizvođača PLK, oprema koju posjedujemo u laboratorijama Elektrotehničkog fakulteta u Istočnom Sarajevu bazirana je na Simensovoj S7-200 i S7 300 seriji PLK i to je bio jedini razlog da se prilikom opisa sastavnih komponenti PLK kao digitalnog elektronskog sistema koji je projektovan za upotrebu u industrijskom okruženju istaknu specifikacije pomenutih serija PLK. Takođe, oprema od istog proizvođača korištena je za realizaciju AS-i i PROFIBUS mreža u okviru laboratorijskih vježbi iz predmeta „Programabilni logički kontroleri“ na II ciklusu studija pa je u poglavljima ovog udžbenika u kojima su opisane ove mreže dat kratak opis ove opreme.

U prva četiri poglavlja udžbenika posvećena su PLK kao procesnim računarima posebne namjene koji su projektovani za upotrebu u industrijskom okruženju. U prvom poglavlju dat je kratak istorijski razvoj PLK kao i njegova osnovna funkcionalna struktura. U drugom poglavlju opisane su osnovne komponente PLK gdje je akcenat stavljen na opis diskretnih i analognih U/I modula, koji se u praksi najviše koriste. U trećem poglavlju opisane su konfiguracije PLK i načini adresiranja U/I modula, a u četvrtom poglavlju opisani su uređaji za programiranje PLK i njihov način povezivanja sa PLK. Materija izložena u ovim poglavljima obuhvata i veći dio nastavnih jedinica u okviru predmeta „Procesni računari“ i „Računarsko upravljanje procesima“ na Elektrotehničkom fakultetu u Istočnom Sarajevu na I ciklusu studija. Nadamo se da će navedena poglavlja znatno olakšati studentima savladavanje nastavnih jedinica iz pomenutih predmeta.

Peto poglavlje posvećeno je AS-i komunikacionom interfejsu. Nakon kratkog istorijskog pregleda i specifikacija AS-i komunikacionog interfejsa, dat je opis svih komponenti jedne AS-i mreže. Zatim slijedi opis principa rada AS-i komunikacije i informacionog modela. Na kraju poglavlja opisane su specifičnosti realizacije AS-i mreže u SIMATIC S7 okruženju sa primjerom distribuiranog sistema upravljanja sa AS-i mrežom.

Šesto poglavlje posvećeno je PROFIBUS komunikacionom interfejsu. Na početku poglavlja je izložen kratak istorijski pregled razvoja PROFIBUS interfejsa, a zatim zastupljenost PROFIBUS komunikacionih servisa u OSI referentnom modelu. Zatim slijede opisi fizičkog nivoa veze na PROFIBUS mreži, komponenti PROFIBUS DP mreža, topologija PROFIBUS DP mreža i verzija PROFIBUS DP komunikacionih protokola. Poglavlje se završava specifičnostima realizacija PROFIBUS DP mreže u SIMATIC S7 okruženju sa primjerom distribuiranog sistema upravljanja sa PROFIBUS DP mrežom.

Zahvaljujemo se recenzentima prof. dr Darku Marčetiću sa Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu i prof. dr Igoru Krčmaru sa Elektrotehničkog fakulteta u Banjaluci na korisnim sugestijama koje su doprinijele kvalitetu ovog rukopisa.

Prilikom pisanja udžbenika potkradaju se i greške, pa svjesni toga molimo sve čitaoce, prvenstveno studente da na adrese slobodan.lubura@etf.ues.rs.ba, milica.ristovic@etf.ues.rs.ba i dejan.jokic@ibu.edu.ba dostave sve primjedbe i sugestije.

U Istočnom Sarajevu, novembra 2019. godine

Autori

SADRŽAJ

PREDGOVOR	I
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	2
1.4. Osnovna funkcionalna struktura PLK	4
1.5. Podjela PLK prema broju U/I tačaka	6
2. OSNOVNE KOMPONENTE PLK	7
2.1. Konstrukcioni tipovi PLK	8
2.1.1. Kompaktni tip	8
2.1.2. Modularni tip	9
2.2. Modul napajanja	10
2.3. CPU moduli	14
2.3.1. CPU moduli iz S7-200 serije PLK	17
2.3.2. CPU moduli iz S7-300 serije PLK	22
2.4. Digitalni U/I moduli	26
2.4.1. Digitalni ulazni moduli	26
2.4.1.1. Digitalni ulazni moduli sa jednosmjernim napajanjem ulaznih uređaja	27
2.4.1.2. Digitalni ulazni moduli sa naizmjeničnim napajanjem ulaznih uređaja	32
2.4.1.3. Digitalni ulazni moduli sa međusobno izolovanim ulaznim tačkama	34
2.4.2. Digitalni izlazni moduli	36
2.4.2.1. Digitalni izlazni moduli sa tranzistorom kao energetske prekidačem	37
2.4.2.2. Digitalni izlazni moduli sa trijacom kao energetske prekidačem	41
2.4.2.3. Digitalni izlazni moduli sa relejom kao energetske prekidačem	42
2.4.2.4. Digitalni izlazni moduli sa međusobno izolovanim izlaznim tačkama	45
2.4.3. Osnovne tehničke specifikacije digitalnih ulaznih i izlaznih modula	47
2.5. Analogni U/I moduli	48
2.5.1. Analogni ulazni moduli	48
2.5.1.1. Pretvaranje analognih procesnih veličina u digitalnu formu	48
2.5.1.2. Analogni ulazni moduli kod S7-300 serije PLK	51
2.5.1.3. Presentacija i adresna mapa podataka u memoriji CPU modula iz S7-300 serije PLK	53
2.5.1.4. Povezivanje mjernih pretvarača sa analognim ulaznim modulima	58
2.5.1.4.1. Povezivanje mjernih pretvarača sa naponskim izlaznim signalima	59
2.5.1.4.2. Povezivanje mjernih pretvarača sa strujnim izlaznim signalom	60
2.5.1.4.3. Povezivanje RTD mjernih pretvarača	62
2.5.1.4.4. Povezivanje termoparova	65
2.5.1.5. Skaliranje vrijednosti 16-bitnog podatka nakon izvršene A/D konverzije	68

2.5.2. Analogni izlazni moduli.....	71
2.5.2.1. Analogni izlazni moduli kod S7-300 serije PLK	72
3. KONFIGURACIJE PLK I NAČINI ADRESIRANJA U/I MODULA	74
3.1. Konfiguracije modularnih PLK	74
3.2. Adresni prostori U/I modula kod modularnih PLK	77
3.2.1. Adresiranje U/I tačaka kod digitalnih U/I modula.....	82
3.2.2. Adresiranje U/I tačaka kod analognih U/I modula	84
3.3. Specifičnosti adresiranja U/I modula kod S7-200 serije PLK	87
4. UREĐAJI ZA PROGRAMIRANJE PLK	90
4.1. PC kao stanica za programiranje S7-200 serije PLK.....	90
4.2. PC kao stanica za programiranje S7-300 serije PLK.....	94
5. AS-I KOMUNIKACIONI INTERFEJS	104
5.1. Specifikacije AS komunikacionog interfejsa	106
5.2. Komponente AS-i komunikacione mreže	107
5.2.1. AS-i modul napajanja.....	109
5.2.2. AS-i kabl	110
5.2.3. CP 342-2 AS-i komunikacioni modul	110
5.2.3.1. Prepoznavanje AS-i slave modula na AS-i mreži	113
5.2.3.2. Režimi rada CP 343-2 komunikacionog modula.....	113
5.2.4. AS-i razdjelnici	114
5.2.5. Segmentni završeci.....	114
5.2.6. Ripiteri	114
5.2.7. Produžne kutije	115
5.2.8. AS-i <i>slave</i> moduli	116
5.2.8.1. Digitalni AS-i U/I slave moduli.....	116
5.2.8.2. Analogni AS-i U/I slave moduli	120
5.2.8.2.1. Analogni AS-i ulazni <i>slave</i> moduli	120
5.2.8.2.2. Analogni AS-i izlazni <i>slave</i> moduli.....	126
5.2.9. Adresiranje AS-i U/I modula	130
5.3. Modulaciona tehnika prenosa podataka na AS-i mreži.....	131
5.4. Princip rada AS-i komunikacije i informacioni model.....	133
5.5. Režimi rada AS-i <i>master</i> modula	135
5.6. Funkcije za razmjenu podataka u korisničkom programu.....	137
5.7. AS-i <i>master – slave</i> komunikacija sa cikličnim pozivanjem	138
5.8. AS-i mreže u <i>SIMATIC S7</i> okruženju.....	139
5.8.1. Konfiguracija CP 343-2 AS-i komunikacionog modula u <i>SIMATIC STEP 7</i> programskom okruženju	140
5.8.2. Komunikacioni model i adresiranje digitalnih AS-i U/I modula.....	140

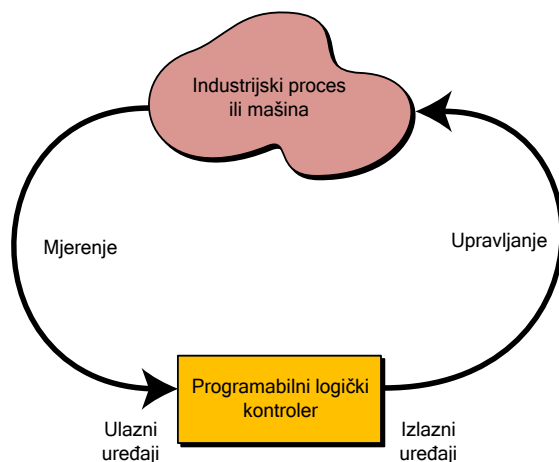
5.8.3. Komunikacioni model i adresiranje analognih AS-i U/I modula	143
5.8.4. Pristup podacima u memorijskim oblastima sa funkcijama SFC 59/SFC 58	146
5.8.5. Primjer razmjene podataka sa analognim AS-i U/I <i>slave</i> modulima u <i>SIMATIC STEP 7</i> programskom okruženju.....	148
5.9. Primjer distribuiranog sistema upravljanja sa AS-i mrežom.....	151
5.9.1. Zadatak održavanja nivoa tečnosti u rezervoaru dvopoložajnim regulatorom.....	153
5.9.2. Konfiguracija AS-i <i>master</i> stanice i kreiranje AS-i mreže.....	153
6. PROFIBUS KOMUNIKACIONI INTERFEJS	161
6.1. Standardizacija PROFIBUS tehnologije	162
6.2. Fizički nivo PROFIBUS DP mreža	163
6.2.1. Žičana veza prema RS-485 standardu.....	163
6.2.2. Fizički nivo PROFIBUS PA mreže	165
6.2.3. Optička veza komponenti u PROFIBUS mreži.....	166
6.3. Komponente PROFIBUS DP RS-485 mreža.....	166
6.4. Tipovi komunikacije i topologije PROFIBUS DP mreža.....	174
6.5. Procedure za komunikaciju na PROFIBUS DP mreži	177
6.5.1. <i>Token ring</i> procedura komunikacije između aktivnih čvorova mreže.....	177
6.5.2. <i>Master - slave</i> procedura komunikacije	178
6.6. Tipovi PROFIBUS DP <i>master</i> stanica	179
6.7. Verzije PROFIBUS DP komunikacionih protokola	181
6.7.1. PROFIBUS DP-V0 protokol	182
6.7.2. PROFIBUS DP-V1 protokol	182
6.7.3. PROFIBUS DP-V2 protokol	183
6.8. PROFIBUS DP mreže u <i>SIMATIC S7</i> okruženju za procesnu automatizaciju	185
6.8.1. PROFIBUS DP mreža sa IM 153-1 komunikacionim modulom	186
6.8.2. PROFIBUS DP mreža sa CP 342-5 komunikacionim modulom.....	189
6.8.3. <i>SIMATIC S7</i> funkcije i funkcionalni blokovi za rad sa CP 342-5 komunikacionim modulom.....	193
6.8.3.1. FC i FB za PROFIBUS DP komunikacioni servis.....	193
6.8.3.2. DP oblast podataka za FC i FB.....	194
6.8.3.3. Funkcija DP_SEND	196
6.8.3.4. Funkcija DP_RECV.....	198
6.8.3.5. Funkcija DP_DIAG.....	200
6.8.3.6. Funkcija DP_CTRL	203
6.8.4. Konfiguracija PROFIBUS CP 342-5 komunikacionog modula u <i>SIMATIC STEP 7</i> programskom okruženju	206
6.9. Primjer distribuiranog sistema upravljanja sa PROFIBUS DP mrežom	212
6.9.1. Konfiguracija PROFIBUS DP <i>master</i> stanice i kreiranje PROFIBUS DP mreže	214
6.9.2. Konfiguracija PROFIBUS DP <i>slave</i> stanice (ET200M)	221
6.9.3. Stanica za rezanje daske	227
6.9.4. Rješenje zadatka u leder programskom jeziku	228

LITERATURA.....	237
INDEKS POJMOVA	243

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 zadržke, 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 izvide 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, vreme 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 trebao je biti konkurentan starim relejnim sistemom upravljanja,
- način programiranja PLK trebao je da bude jednostavan i lako razumljiv procesnim inženjerima i tehničarima,
- PLK trebao je biti modularan tako da se komponente mogu lako zamijeniti, dodati ili popraviti,
- upravljački sistem trebao je da ima mogućnost razmjene podataka sa centralnim upravljačkim sistemom.

Početak 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.

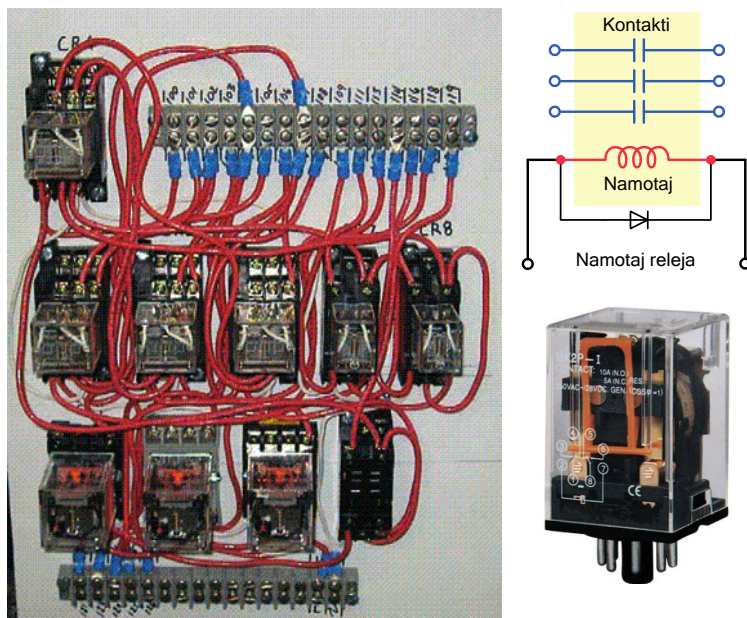
Budućnost razvoja novih generacija PLK ne oslanja se samo na razvoj novih sastavnih komponenti i modula, već i na njihovu integraciji sa drugom opremom koja se koristi za upravljanje i nadzor industrijskih procesa. To znači, da će se u budućnosti PLK sve više preko industrijskih mreža povezivati u računarski 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 interfejsa (engl. *Graphical User Interface - GUI*) i čovjeku orijentisane interfejsa (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:

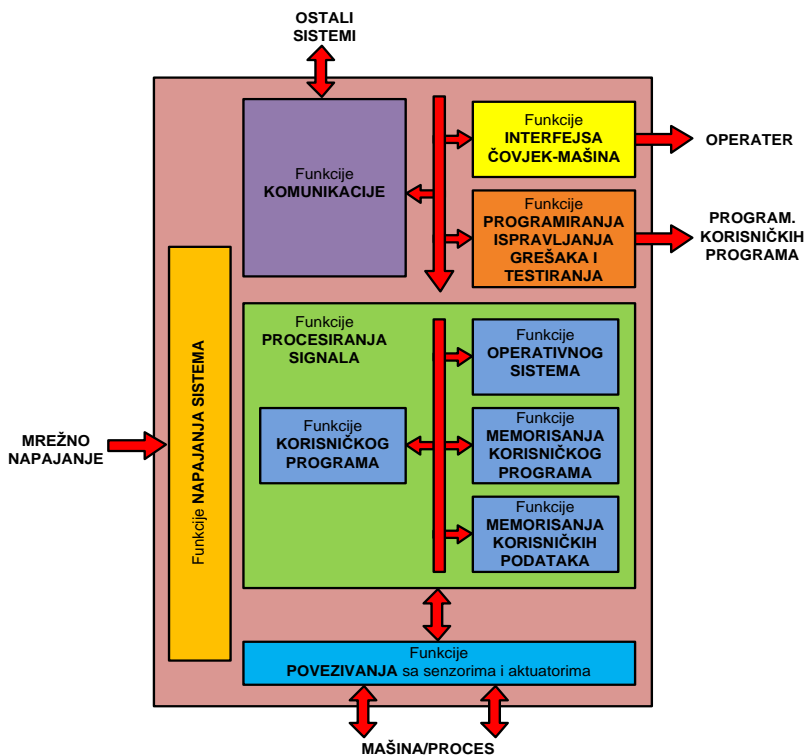
- **Fleksibilnost.** Jednostavnije je promijeniti korisnički program u PLK nego mijenjati ožičenje na relejnim upravljačkim panelima, tj. u korisničkom programu moguće je mijenjati „logiku“ upravljanja mašinom ili procesom, dodavati nove logičke i druge funkcije bez ikakve potrebe za promjenom ožičenja.
- **Pouzdanost i jednostavnost održavanja.** PLK se danas izrađuju od integriranih 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 ulaznim i izlaznim 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 (engl. *Personal Computer* - 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**. Obezbeđuju 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**. Obezbeđuju 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.
- Funkcije **PROGRAMIRANJA, ISPRAVLJANJA GREŠAKA, TESTIRANJA**. Ove funkcije se realizuju kao integralni ili nezavisni dio PLK čiji je zadatak generisanje programskog koda, memorisanje korisničkih programa i podataka u memoriju PLK, kao i preuzimanje korisničkih programa i podataka iz memorije. Za programiranje korisničkih aplikacija postoji skup jezika definisanih u standardu IEC 61131-3 koga čine tekstualni i grafički jezici. U tekstualne jezike ubrajamo **listu instrukcija (IL)** koja koristi skraćenice engleskih riječi (engl. *mnemonic*) za kodiranje korisničkog programa i **struktuirani tekst (ST)** u kome se koriste zadaci, potprogrami, iterativne strukture i naredbe odluke za kodiranje korisničkih programa. U grafičke jezike ubrajamo: **funkcionalne blok dijagrame (FBD)** u kome se blokovi koriste za kodiranje korisničkog programa, **leder dijagrame (LAD)** koji se sastoje od prečki sa kontaktima i drugim grafičkim simbolima za kodiranje korisničkog programa i **sekvencijalne funkcionalne blokove (SFC)** kod kojih se grafički u koracima (sekvencama) kodira korisnički program.
Testne funkcije su podrška korisniku u toku pisanja, otklanjanja grešaka i provjere ispravnosti korisničkog programa. Tipične testne funkcije su provjera statusa U/I uređaja, internih funkcija (tajmera, brojača), provjera programskih sekvenci, varijacija programskog ciklusa, komandi zaustavljanja, simulacija funkcija povezivanja, informacija o razmijeni podataka i sl.
- Funkcije **OPERATIVNOG SISTEMA**. Odgovorne su za upravljanje internim međusobno zavisnim funkcijama unutar PLK (konfiguracija PLK, dijagnostika, upravljanje memorijom, upravljanje korisničkim programom, komunikacija sa okruženjem, U/I funkcije povezivanja sa U/I uređajima, itd).
- Funkcija **MEMORISANJE KORISNIČKOG PROGRAMA**. Ova funkcija je odgovorna za memorisanje korisničkog programa u postojanoj (neizbrisivoj) memoriji. Ona može podrazumijevati i trajno čuvanje inicijalnih vrijednosti podataka koje su potrebne u korisničkom programu.
- Funkcija **MEMORISANJE KORISNIČKIH PODATAKA**. Podrazumijeva memorisanje korisničkih podataka (slike stanja U/I uređaja, zadane vrijednosti tajmera i brojača, uslovi alarma, parametri i recepti za upravljanje mašinama/procesima) koji su potrebni u toku izvršavanja korisničkog programa.
- Funkcije **POVEZIVANJA SA SENZORIMA I AKTUATORIMA**. Funkcija povezivanja sa sensorima obezbeđuje informacije o stanju mašine ili procesa. Ove se informacije preko ulaznih modula PLK prenose u korisnički program. S druge strane, funkcija povezivanja sa aktuatorima obezbeđuje da se

odluke i rezultati dobijeni izvršenjem korisničkog programa preko izlaznih modula PLK i aktuatora prenesu na mašinu/proces. U opštem slučaju ovi podaci mogu biti digitalni i analogni.

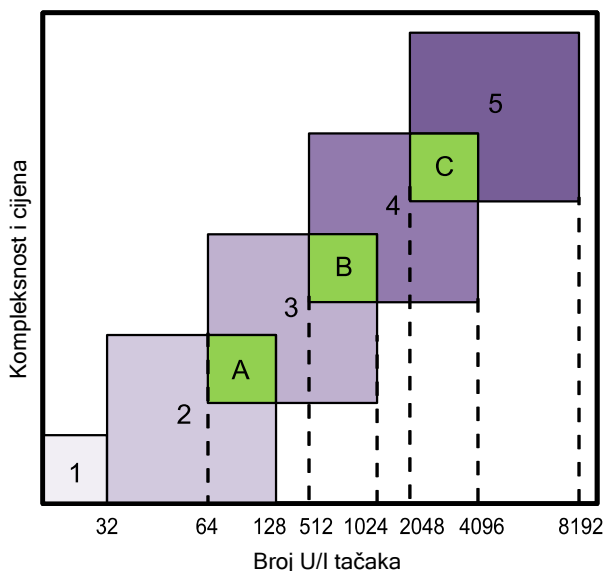
U zavisnosti od namjene, arhitekture, načina realizacije, PLK ne mora ostvariti sve nabrojane funkcije. U sljedećem poglavlju dat je opis osnovne strukture PLK koja obavlja minimalni skup funkcija neophodnih za njegov rad.

1.5. Podjela PLK prema broju U/I tačaka

Proizvođači PLK danas na tržištu nude veliki broj različitih PLK koje prema broju U/I tačaka možemo podijeliti u pet grupa:

1. mikro PLK,
2. mali PLK,
3. srednji PLK,
4. veliki PLK,
5. veoma veliki PLK.

Data podjela PLK prikazana je na slici 1.5.

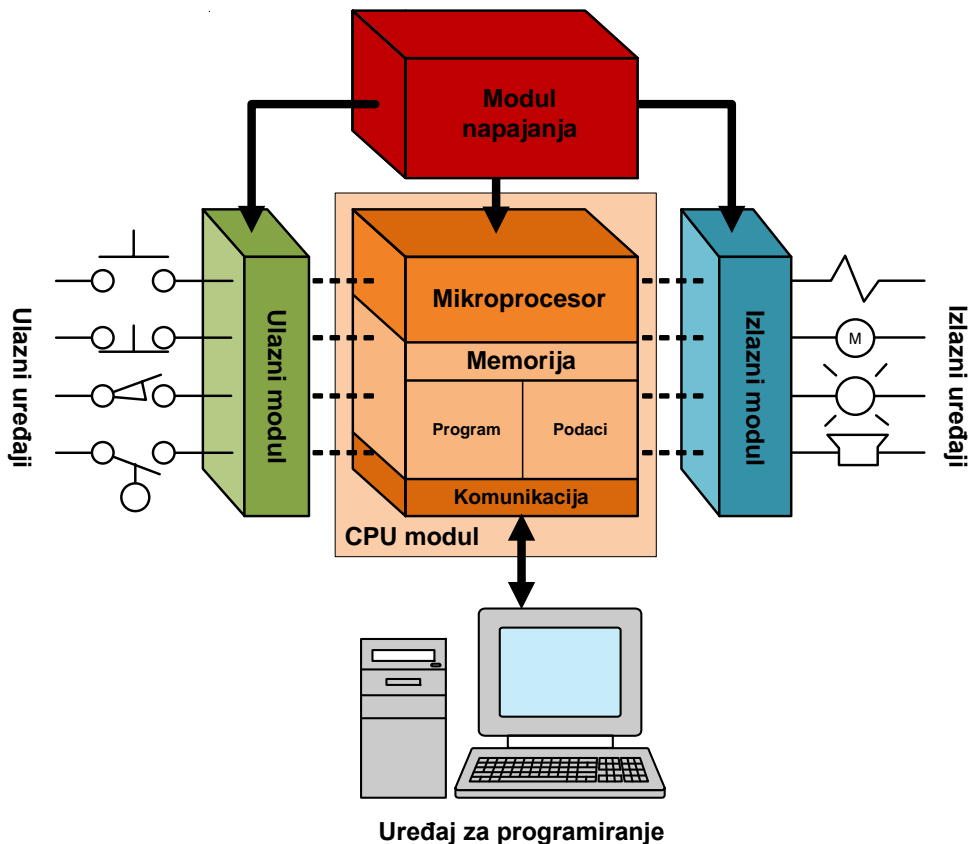


Slika 1.5. Podjela PLK prema broju U/I tačaka

Mikro PLK koriste se za realizaciju upravljačkih zadataka gdje broj U/I uređaja ne prelazi 32 dok se na male PLK obično mogu da priključe od 32 do 128 U/I uređaja. Srednji PLK imaju od 64 do 1024 U/I tačke za priključak U/I uređaja. Kod velikih PLK taj broj U/I tačaka je od 512 do 4096, a kod veoma velikih PLK broj U/I tačaka kreće se od 2048 do 8192. Područja A, B i C koja se preklapaju na slici 1.5 predstavljaju unapređenja, odnosno dodatne opcije u odnosu na standardne tipove PLK unutar određene grupe. Unaprijeđeni PLK obično imaju dodatne posebne module, dodatnu memoriju, neke posebne funkcije itd. da bi se zadovoljili specifični zahtjevi industrijskog procesa/mašine kojom upravljaju.

2. Osnovne komponente PLK

Svi PLK, bez obzira na namjenu i arhitekturu, imaju minimalan skup međusobno povezanih funkcionalnih modula neophodnih za njegov rad. Blok šema PLK sa njegovim osnovnim modulima prikazana je na slici 2.1.



Slika 2.1. Blok šema PLK sa osnovnim funkcionalnim modulima i stanicom za programiranje

Na slici 2.1 prikazana su četiri osnovna modula PLK koje su međusobno povezani:

- 1) **CPU modul** sastoji se od tri komponente:
 - **mikroprocesora** za izvršavanje funkcija operativnog sistema i korisničkog programa,
 - **memorije** za čuvanje korisničkog programa, konfiguracije PLK, korisničkih podataka,
 - **komunikacije** za obavljanje komunikacije sa stanicom za programiranje, a to je obično PC na kome se piše korisnički program.
- 2) **ulazni moduli** omogućavaju fizičku vezu između PLK i digitalnih/analognih ulaznih uređaja (senzora). Preko ovih modula stanja ulaznih uređaja se preslikavaju u memorijsko polje CPU modula nazvano „slika ulaza“.
- 3) **izlazni moduli** omogućavaju fizičku vezu između PLK i digitalnih/analognih izlaznih uređaja (aktuatora). Nakon izvršenog korisničkog programa, CPU modul u memorijskom polju „slika izlaza“ postavlja stanja izlaznih uređaja. Digitalni izlazni moduli vrše pobudu (uključen/isključen) digitalnih