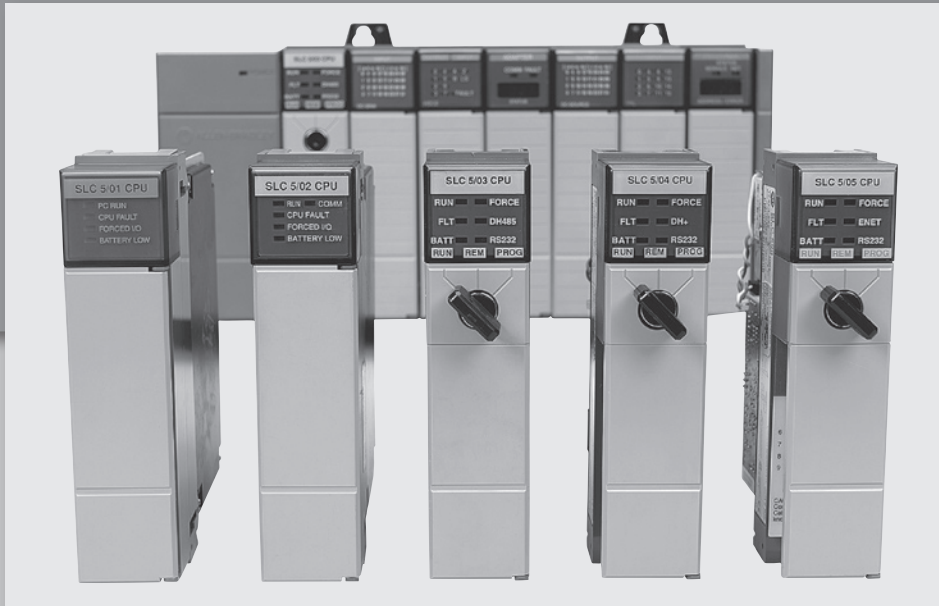


1

Uvod u programabilne logičke kontrolere



Slika je objavljena s dozvolom kompanije Rockwell Automation, Inc.

Ciljevi ovog poglavlja

Pošto proučite ovo poglavlje, moći ćete da:

- 1.1** Definišete šta je programabilni logički kontroler (PLC) i navedete njegove prednosti nad sistemima zasnovanim na relejima
- 1.2** Prepoznate glavne delove PLC-a i opišete njihove funkcije
- 1.3** Opišete osnovni niz operacija koje izvršava PLC
- 1.4** Navedete opšte kategorije PLC uređaja

Ovo poglavlje opisuje kratku istoriju razvoja programabilnog logičkog kontrolera, tj. PLC-a. Opisani su razlozi prelaska s relejnih upravljačkih sistema na PLC. Saznaćete koji su osnovni sastavni delovi PLC, kako se PLC koristi za upravljanje procesima, koje sve vrste PLC-a postoje i gde se one koriste. Osim toga, poglavlje je i uvod u jezik lestvičaste logike koji je razvijen za programiranje PLC sistema.

1.1 Programabilni logički kontroleri

Programabilni logički kontroleri (engl. *programmable logic controller*, PLC), kao onaj na slici 1-1, danas se veoma mnogo koriste u tehnologijama upravljanja industrijskim procesima. Programabilni logički kontroler je računar namenjen za upotrebu u industrijskim okruženjima, koji se može programirati tako da obavlja upravljačke funkcije. Programabilni kontroler je eliminisao najveći deo žičanih veza koje su neophodne u upravljačkim kolima realizovanim pomoću releja. Druge prednosti PLC-a su: jednostavno programiranje i instaliranje, velika brzina odziva, mrežna kompatibilnost, lako otklanjanje grešaka i testiranje, te visoka pouzdanost.

Programabilni logički kontroler je projektovan tako da prihvata više različitih rasporeda ulaza i izlaza, podnosi širok opseg radnih temperatura, neosetljiv je na električni šum i otporan je na vibracije i udarce. Programi koji upravljaju proizvodnjom mašina i opreme najčešće se smeštaju u memoriju koja je trajna ili ima vlastito napajanje. PLC je primer sistema koji radi u realnom vremenu pošto stanje na izlazima sistema kojim upravlja PLC zavisi od stanja na ulazima tog sistema.

Prema tome, programabilni logički kontroler je u suštini digitalni računar koji je projektovan za upravljanje određenom mašinom ili postrojenjem. Za razliku od personalnog računara, PLC je projektovan da radi u industrijskom okruženju, opremljen je specijalnim ulaznim i izlaznim interfejsima i programira se pomoću posebnog jezika za upravljanje procesima. Uobičajena skraćenica PC koja se koristi za tu vrstu uređaja u industriji, može prouzrokovati zabunu zato što je to takođe skraćenica za „personalni računar“ (engl. *personal computer*, PC). Iz tog razloga, većina proizvođača svoje programabilne logičke kontrolere naziva skraćeno PLC“.

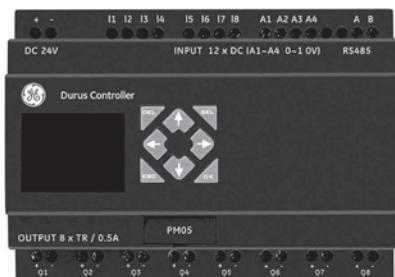
U početku se PLC koristio kao zamena za relejnu logiku, ali ga zbog stalno rastućeg broja njegovih funkcija srećemo u sve više primena od kojih su mnoge veoma složene. Budući da se struktura PLC-a zasniva na istim

principima kao što su oni koji se primenjuju u računarskoj arhitekturi, PLC može obavljati ne samo iste poslove kao relejna tehnika, nego je pogodan i za druge primene – na primer, merenje vremena, prebrojavanje, izračunavanje, poređenje i obrada analognih signala.

Programabilni kontroleri pružaju više prednosti nad tradicionalnim upravljanjem pomoću releja. Releji se moraju povezati žicama kako bi mogli da obavljaju određenu funkciju. Kada se promene zahtevi sistema, žičane veze između releja treba izmeniti ili dopuniti. U ekstremnim slučajevima, kao u automobilske industriji, trebalo je zameniti kompletne ploče s relejima jer nije bilo isplativo menjati ožičavanje postojećih ploča pri svakoj promeni modela vozila. Programabilni kontroler je učinio nepotrebnim većinu žičanih veza koje su bile neophodne u tradicionalnim relejnim kolima (slika 1-2). On je mali i jeftin u poređenju s ekvivalentnim sistemom za upravljanje procesima u relejnoj izvedbi.

Osim nižih troškova, PLC pruža i mnoge druge prednosti, među kojima su i sledeće:

- **Veća pouzdanost.** Pošto napišete i testirate program, lako ga možete instalirati na druge PLC sisteme. Budući da se celokupna logika smešta u memoriju PLC-a, ne postoji mogućnost uvođenja greške u logici zbog pogrešnog ožičavanja (slika 1-3). Program zamenjuje veći deo spoljašnjih kablovskih veza koje bi inače bile potrebne za upravljanje procesom. Direktno kablovske veze i dalje su potrebne za povezivanje sa spoljnim uređajima, ali je njihov broj znatno manji. Pouzdanosti PLC značajno doprinose i komponente izvedene u tehnologiji integrisanih kola.
- **Veća fleksibilnost.** Lakše je napisati i izmeniti program instaliran u PLC nego menjati ožičenje električnog kola. Odnose između ulaza i izlaza programabilnog kontrolera određuje program koji piše korisnik, a ne način na koji su ti ulazi i izlazi međusobno povezani (slika 1-4). Proizvođači izvorne opreme mogu da prosleđuju korisnicima izmene



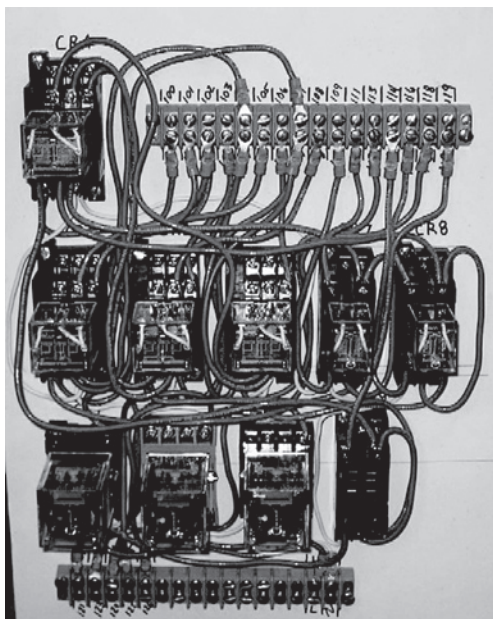
(a)



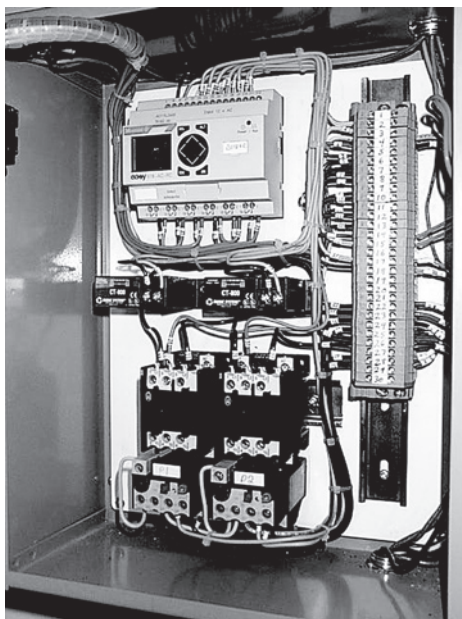
(b)

Slika 1-1 Programabilni logički kontroler.

Izvor: (a-b) GE Intelligent Platforms.



(a)



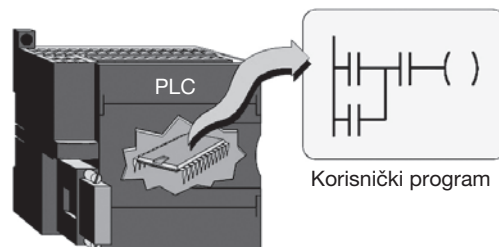
(b)

Slika 1-2 Relejne i PLC upravljačke ploče. (a) Relejna upravljačka ploča. (b) PLC upravljačka ploča.

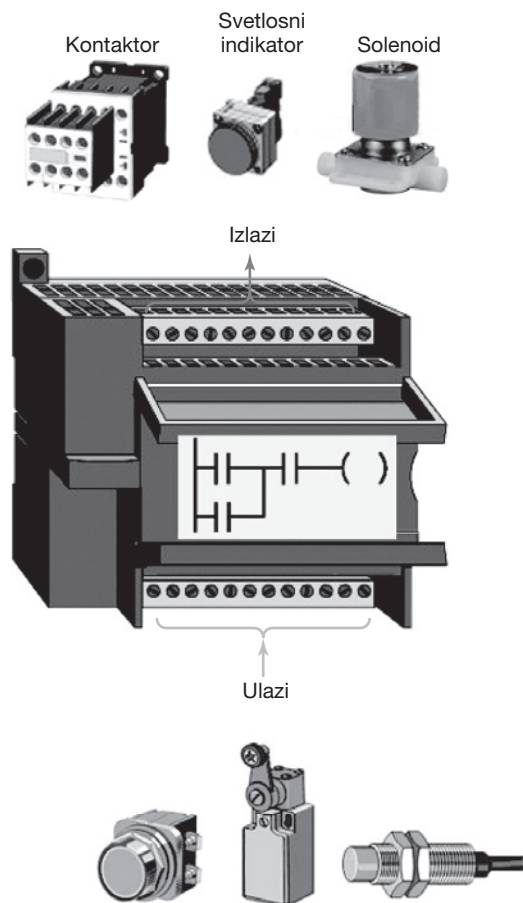
Izvor: (a) Mid-Illini Technical Group Inc. (b) Ramco Electric Ltd.

tako što će im poslati nove verzije programa. Krajnji korisnici mogu da sami menjaju programe na licu mesta, a ako je poželjno, program se može zaštititi određenim hardverskim merama, kao što je zaključavanje ormara sa opremom, ili pomoću softverske lozinke.

- **Niži troškovi.** Prvobitna namena PLC-a bila je da zameni upravljačku logiku izvedenu pomoću releja,



Slika 1-3 Celokupna logika smeštena je u memoriju PLC-a.



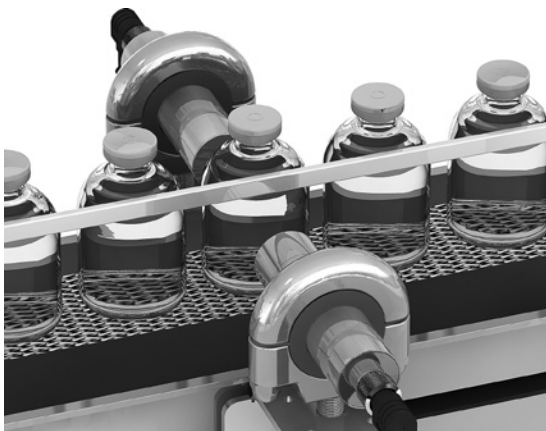
Slika 1-4 Odnose između ulaza i izlaza PLC-a određuje program koji korisnik instalira u PLC.

ali su uštede postale toliko značajne da se upravljanje pomoću relejne tehnike sve češće smatra zastarelim, osim kada se radi o jakim strujama i visokim naponima. Ako je za određenu aplikaciju potrebno više od pola tuceta upravljačkih releja, najverovatnije bi bilo jeftinije da se upotrebi PLC.

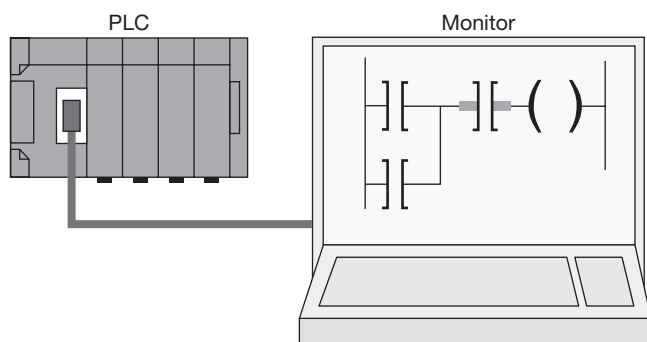
- **Mogućnost komuniciranja.** PLC može da komunicira s drugim kontrolerima ili drugom računarskom opremom radi obavljanja funkcija kao što su nadziranje sistema, akvizicija podataka, praćenje parametara uređaja i procesa, i instaliranje programa (slika 1-5).



Slika 1-5 PLC komunikacioni modul.
Izvor: Automation Direct. www.automationdirect.com



Slika 1-6 Prebrojavanje visokom brzinom.
Izvor: Banner Engineering Corp.



Slika 1-7 Rad upravljačkog programa može se pratiti na monitoru u realnom vremenu.

- **Kraće vreme odziva.** PLC je projektovan za brze aplikacije i rad u realnom vremenu (slika 1-6). Programabilni kontroler radi u realnom vremenu, što znači da će svaki događaj na spoljnom ulaznom

uređaju pokrenuti određenu operaciju na izlaznom uređaju kojim upravlja PLC. Mašine koje obrađuju hiljade elemenata u sekundi ili predmeti koji se zadržavaju samo delić sekunde ispred senzora, zahtevaju da se PLC brzo odaziva.

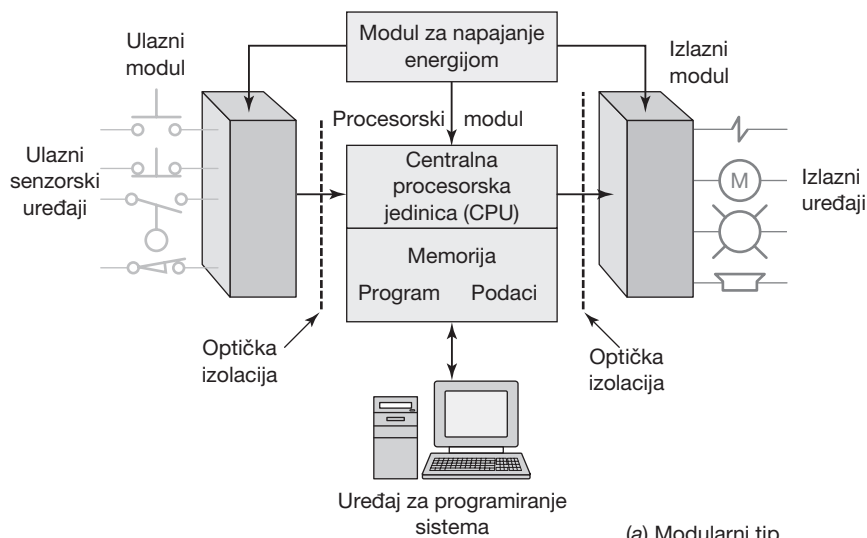
- **Lakše otklanjanje grešaka.** PLC ima ugrađene funkcije za dijagnostiku koje korisniku omogućavaju da lako prati rad sistema i ispravlja softverske i hardverske probleme. Da bi otkrili i otklonili probleme, korisnici mogu da prikažu rad upravljačkog programa na monitoru i posmatraju u realnom vremenu kako se on izvršava.

1.2 Sastavni delovi PLC sistema

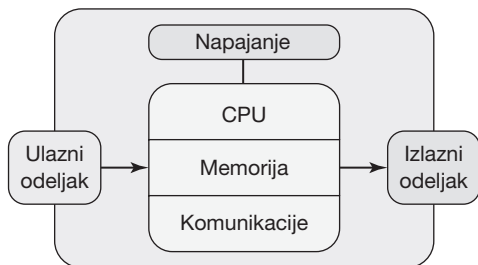
Tipičan PLC sistem sastoji se od više delova, kao što je prikazano na slici 1-8. To su: *centralna procesorska jedinica* (engl. *central processing unit*, CPU), *ulazne/izlazne komponente* (engl. *input/output*, U/I), napajanje i uređaj za programiranje. Izraz *arhitektura* može se odnositi na hardver PLC-a, na softver PLC-a ili na neku njihovu kombinaciju. Sistem koji ima *otvorenu* arhitekturu lako se povezuje sa uređajima i programima drugih proizvođača. U otvorenim arhitekturama koriste se gotove komponente koje su usklađene s proverenim standardima. Sistem *zatvorene* arhitekture je onaj čiji dizajn određuje proizvođač sistema, što otežava povezivanje sa uređajima drugih proizvođača. Pošto su mnogi PLC sistemi zapravo zatvorene arhitekture, morate obavezno proveriti da li je određen generički hardver ili softver koji možda koristite kompatibilan sa određenim PLC uređajem. Osim toga, iako su glavni koncepti isti u svim metodama programiranja, u pojedinim modelima mogu postojati male razlike u adresiranju, načinu dodeljivanja memorije ili u načinu učitavanja i obrade podataka. Iz tih razloga, programi za PLC nisu međusobno zamenjivi između uređaja različitih proizvođača PLC sistema.

Postoje dva načina na koje se ulazi/izlazi mogu pridružiti PLC: fiksni i modularni. *Fiksni U/I* (slika 1-9) tipični su za male kontrolere koji se proizvode u kućištima na koje se ne mogu priključiti dodatne jedinice. Procesor i U/I komponente smešteni su u zajedničko kućište na kojem se nalazi fiksni broj klem za priključivanje spoljnih ulaznih i izlaznih uređaja. Glavna prednost te vrste kućišta jeste niska cena. Broj U/I klem na raspolaganju može se povećati kupovanjem dodatnih jedinica s fiksnim brojem U/I klem. Jedan od nedostataka fiksnih U/I komponenata jeste nedovoljna fleksibilnost jer ste po pitanju količine i vrste priključivih uređaja ograničeni na ono što dobijete u kućištu PLC-a. Uz to, u nekim modelima, ako se pokvari bilo koji deo jedinice, morate zameniti celu jedinicu.

Modularni U/I (slika 1-10) podeljen je na odeljke u koje se mogu utaknuti zasebni moduli. Ta osobina znatno



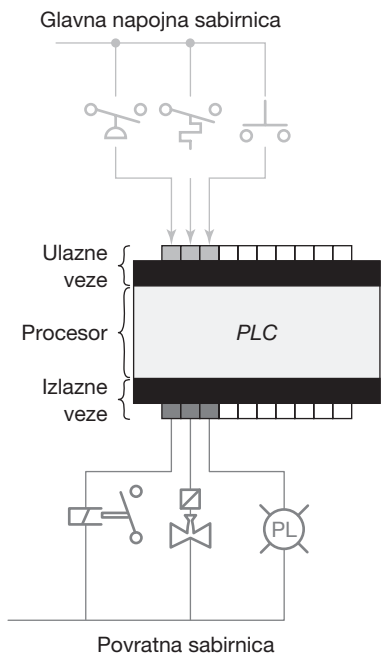
(a) Modularni tip



(b) Fiksni tip

Slika 1-8 Uobičajeni delovi programabilnog logičkog kontrolera.

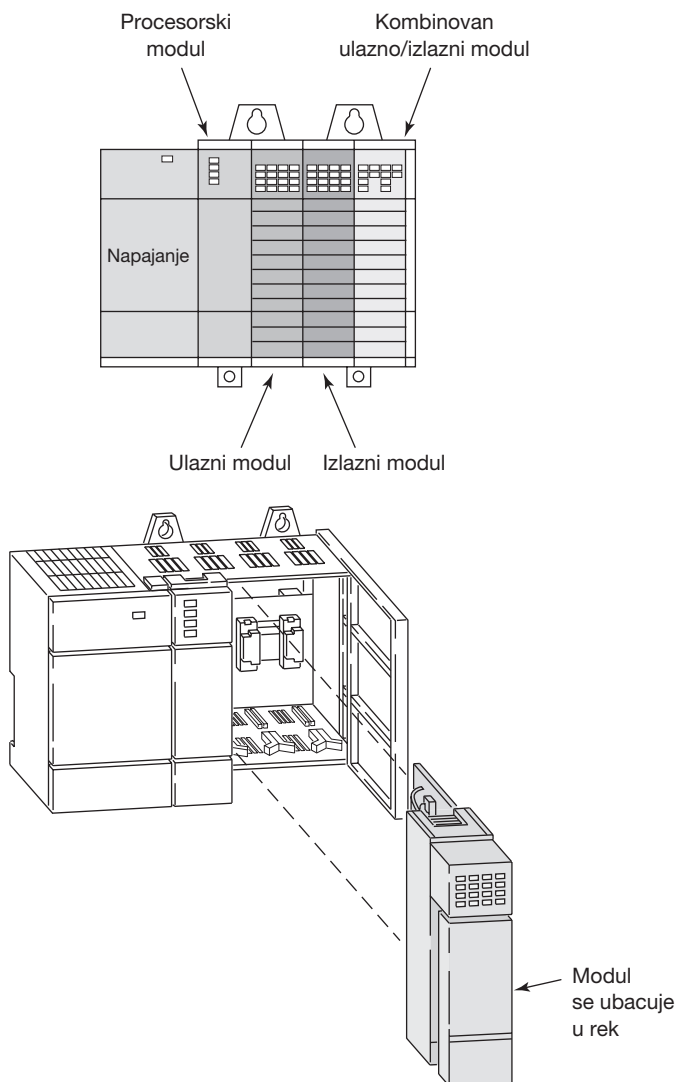
Izvor: (a) Mitsubishi Automation; (b) Slika je objavljena s dozvolom kompanije Rockwell Automation, Inc.



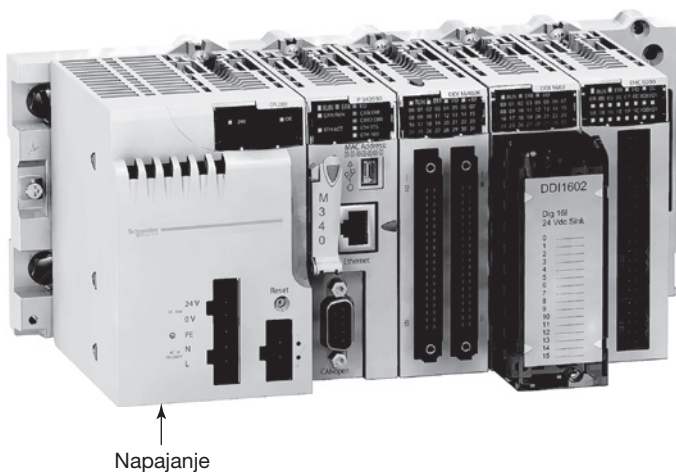
Slika 1-9 Fiksna konfiguracija ulaza i izlaza.

povećava vaše mogućnosti i fleksibilnost jedinice. Možete birati između više modula jednog proizvođača i kombinovati ih kako god vam odgovara. Osnovni modularni kontroler sastoji se od reka, napajanja, procesorskog modula (CPU), ulaznih/izlaznih komponenata (U/I modula) i operatorskog interfejsa koji omogućava programiranje i praćenje rada programa. Moduli su napravljeni tako da se utaknu u zajednički rek. Kada se modul utakne u rek, automatski se zatvara niz električnih kontakata, nazvanih pozadinska sabirnica (engl. *backplane*), koji se nalaze na poleđini reka. Procesor ugrađen u PLC takođe je povezan na pozadinsku sabirnicu i može da komunicira sa svim modulima u reku.

Napajanje obezbeđuje jednosmernu struju za sve module koji su utaknuti u rek (slika 1-11). U sistemima s velikim brojem PLC jedinica, to napajanje najčešće ne snabdeva energijom spoljne uređaje. U opsežnijim sistemima, spoljni uređaji imaju vlastito napajanje naizmeničnom ili jednosmernom strujom. U nekim malim PLC sistemima, napajanje PLC jedinica može se upotrebiti i za pogon spoljnih uređaja u sistemu.



Slika 1-10 Modularna konfiguracija ulaza i izlaza.



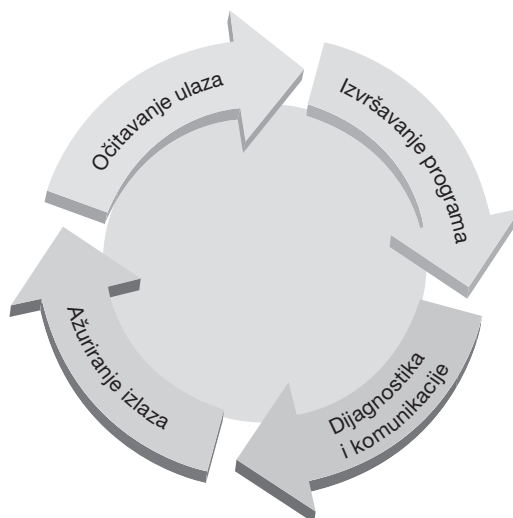
Slika 1-11 Napajanje obezbeđuje jednosmernu struju za module koji su utaknuti u rek.

Izvor: Ovaj materijal je zaštićen autorskim pravima, a ovde je objavljen s dozvolom vlasnika, kompanije Schneider Electric.



Slika 1-12 Tipičan procesorski PLC modul.

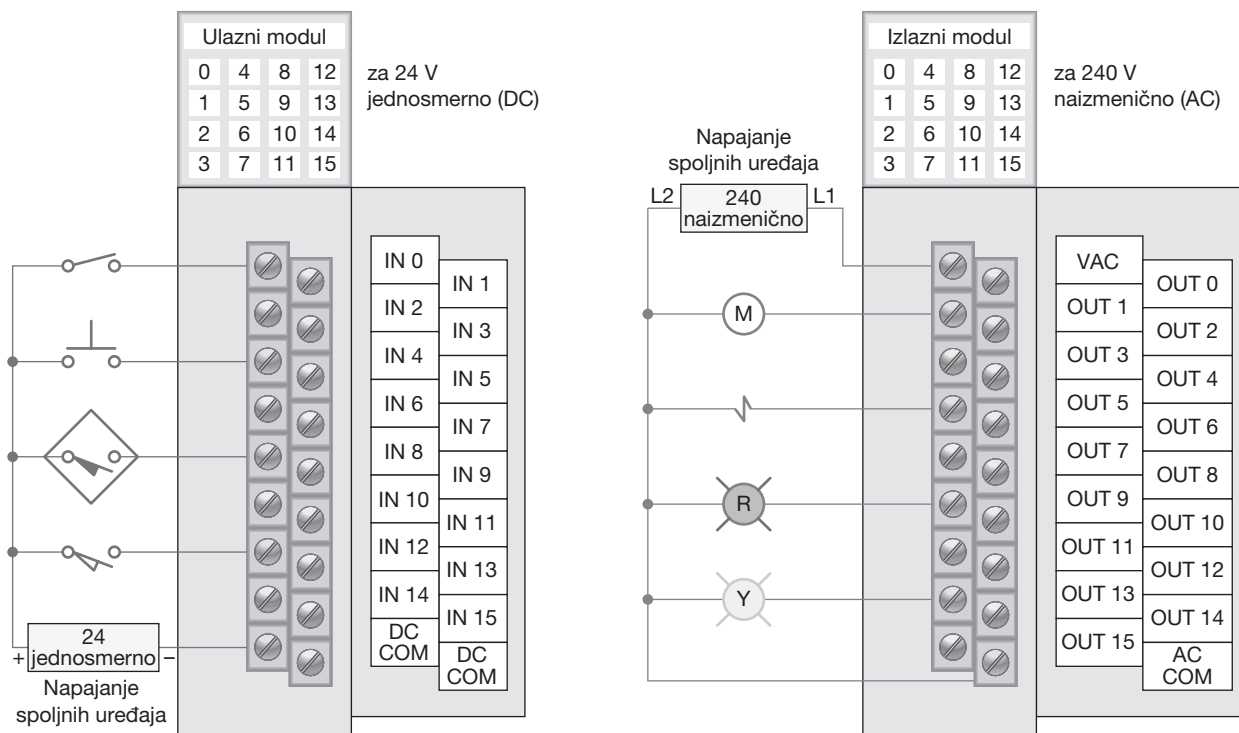
Izvor: Slika je objavljena s dozvolom kompanije Rockwell Automation, Inc.



Slika 1-13 Tipičan ciklus izvršavanja PLC programa.

Procesor (CPU) je „mozak“ PLC-a. Tipičan procesor (slika 1-12) sastoji se od mikroprocesora koji izvršava program i upravlja komunikacijom između modula. Procesoru je neophodna memorija gde se smeštaju rezultati logičkih operacija koje izvršava mikroprocesor. Potrebna je memorija tipa EPROM ili EEPROM u kojoj se čuva program, i memorija tipa RAM.

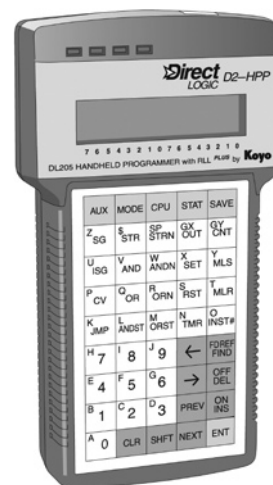
CPU upravlja svim aktivnostima PLC-a i projektovan je tako da korisnik može da instalira potrebne programe napisane u relejnoj lestvičastoj logici. PLC izvršava program kao postupak koji se može ponavljati a jedno izvođenje programa zove se *ciklus* (engl. *scan*) programa (slika 1-13). Tipičan PLC ciklus počinje time što CPU očitava stanje na ulazima PLC sistema. Zatim se izvršava aplikativni program. Nakon izvršavanja programa, CPU obavlja poslove interne dijagnostike i komunikacija. Zatim ažurira stanje na izlazima PLC sistema. Ceo opisani postupak neprekidno se ponavlja dok je PLC u radnom režimu.



Slika 1-14 Tipičan način povezivanja PLC sistema sa ulaznim i izlaznim uređajima.

U/I sistem predstavlja interfejs kroz koji se spoljni uređaji povezuju s kontrolerom (slika 1-14). Svrha tog interfejsa je da prilagođava razne signale koje PLC prima od spoljnih uređaja ili ih šalje tim uređajima. Ulazni uređaji, kao što su tasteri, krajnji prekidači i senzori, direktno se kablovima povezuju na ulazne kleme PLC modula. Izlazni uređaji, kao što su mali motori, starteri motora, solenoidni ventili i svetlosni indikatori povezuju se kablovima na izlazne kleme PLC modula. U PLC sistemu je uobičajeno da se ulazna kola razdvajaju od izlaznih pomoću optičke izolacije. Spoljni uređaji se takođe zovu i „stvarni ulazi/izlazi“, ili „ulazi/izlazi u spoljnom svetu“. Reči „stvarni“ i „spoljni svet“ koriste se radi razlikovanja fizičkih spoljnih uređaja – koji postoje i koje treba povezati kablovima – od naredaba internog korisničkog programa koje simuliraju funkcije releja, tajmera i brojača.

Uređaj za programiranje PLC služi za unošenje potrebnih programa u memoriju procesora. Program se može uneti u obliku relejne lestvičaste logike (engl. *relay ladder logic*, RLL), što je jedan od najpopularnijih jezika za programiranje. Umesto reči, u ovom programskom jeziku koriste se grafički simboli koji predstavljaju željeni konačan rezultat. Program napisan na tom jeziku sličan je šemi upravljačkog kola koje se sastoji od releja. To je specijalan jezik koji olakšava programiranje PLC-a ljudima koji poznaju relejnu logiku. Za programiranje malih PLC sistema ponekad se koriste prenosivi programatori (slika 1-15) jer su jeftini i jednostavno se koriste. Nakon

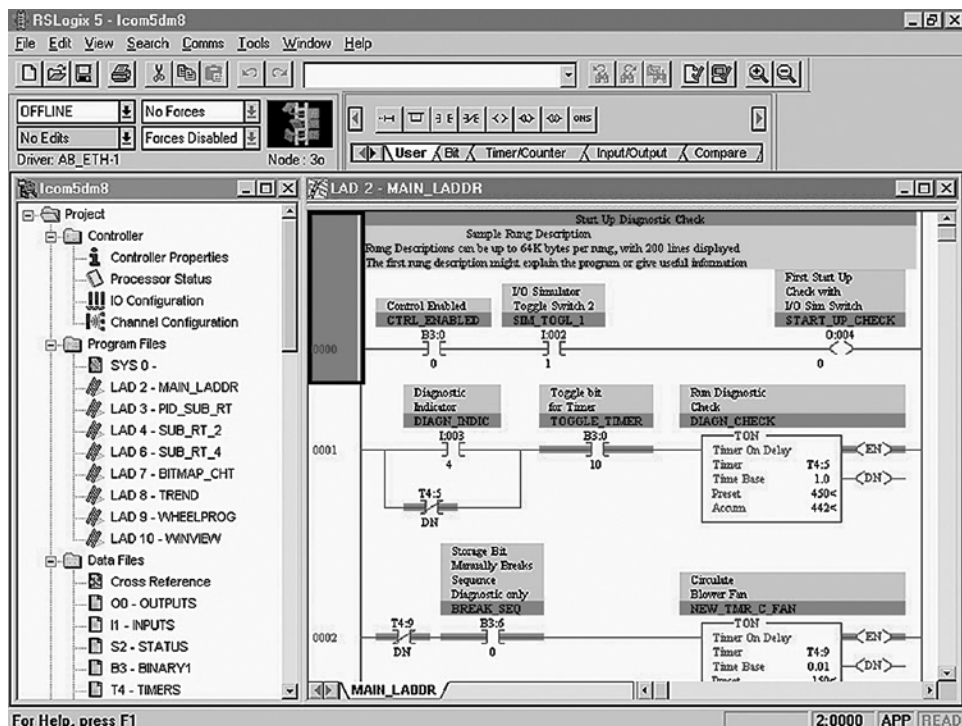


Slika 1-15 Tipičan prenosni programator.

Izvor: Automation Direct. www.automationdirect.com.

priključenja na PLC, mogu se koristiti za unošenje i praćenje rada programa. U proizvodnim pogonima, i kompaktni programatori i obični prenosni računari često se koriste za otkrivanje grešaka u opremi, menjanje programa i instaliranje programa na više mašina.

Ipak, za programiranje PLC, najčešće se koristi personalni računar (PC). Većina proizvođača personalnih računara nudi softver koji omogućava da se PC koristi kao uređaj za programiranje PLC-a. Taj softver omogućava korisniku da piše, menja, dokumentuje, čuva i ispravlja programe



Slika 1-16 Tipičan softver za PC koji omogućava izradu programa u relejnoj lestvičastoj logici.

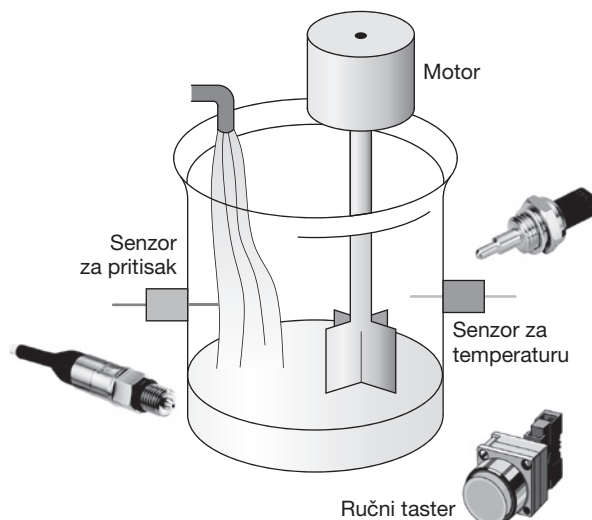
Izvor: Slika je objavljena s dozvolom kompanije Rockwell Automation, Inc.

napisane u relejnoj lestvičastoj logici (slika 1-16). Monitor prenosnog računara omogućava prikazivanje većeg dela logike programa nego ekran prenosnog programatora, što olakšava tumačenje programa. Personalni računar komunicira s procesorom PLC-a preko serijskog ili paralelnog kabla za razmenu podataka, ili preko Ethernet mreže. Ako uređaj za programiranje nije u upotrebi, može se isključiti i razdvojiti od PLC-a. Razdvajanje uređaja za programiranje ne utiče na rad programa u PLC.

Program je niz naredaba koje autor programa zadaje da bi PLC izvršavao određene akcije. Jezik za programiranje određuje pravila za kombinovanje naredaba da bi se pokrenule željene akcije. Relejna lestvičasta logika je standardni programski jezik koji se koristi za programiranje PLC-a. Potiče od upravljačke logike izvedene na osnovu elektromehaničkih releja. RLL program sadrži grafičke predstave nizova kontaktnih klem, namotaja motora i specijalnih blokova naredaba. RLL je prvobitno osmišljen tako da se lako koristi i razume, a zatim je izmenjen u skladu s rastućim potrebama industrije.

1.3 Principi rada

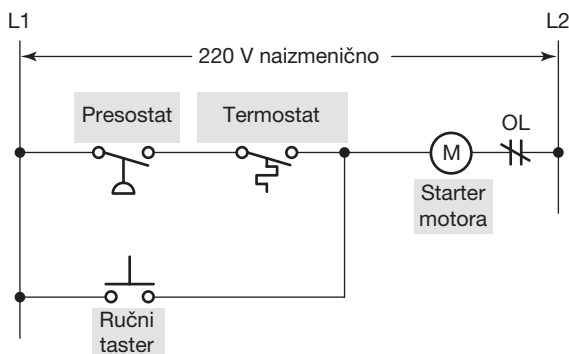
Da biste stekli utisak kako PLC radi, razmotrićemo jednostavan problem upravljanja procesom, ilustrovan na slici 1-17. Motor mešalice treba da automatski promeša tečnost u posudi kad god temperatura i pritisak dosegnu zadate vrednosti. Osim toga, postoji i mogućnost direktnog



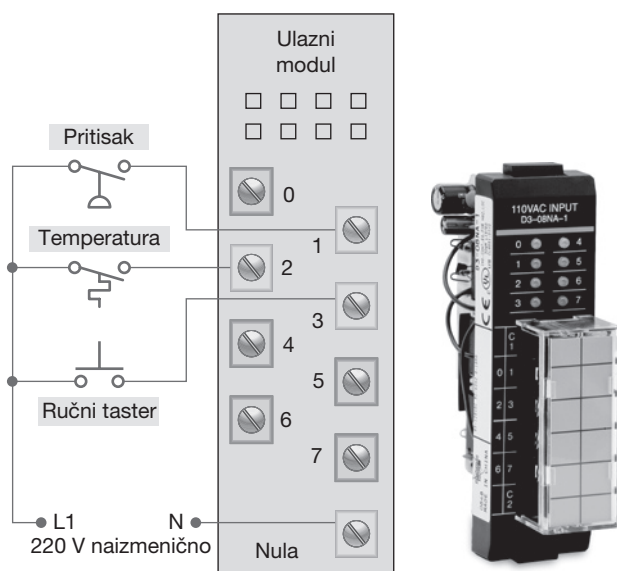
Slika 1-17 Problem upravljanja procesom mešanja tečnosti.

ručnog uključivanja mešalice pomoću posebnog tastera. Proces se nadzire pomoću prekidača povezanih sa senzorima za temperaturu i pritisak; prekidači (termostat i presostat) zatvaraju svoje kontakte kada se ispune unapred zadati uslovi za vrednosti merenih parametara.

Ovaj problem upravljanja može se rešiti pomoću relejne metode za upravljanje motorom mešalice, za koju je na slici 1-18 prikazan relejni lestvičasti dijagram. Namotaj startera motora (M) dobija napon kada se zatvore



Slika 1-18 Relejni lestvičasti dijagram upravljanja procesom.



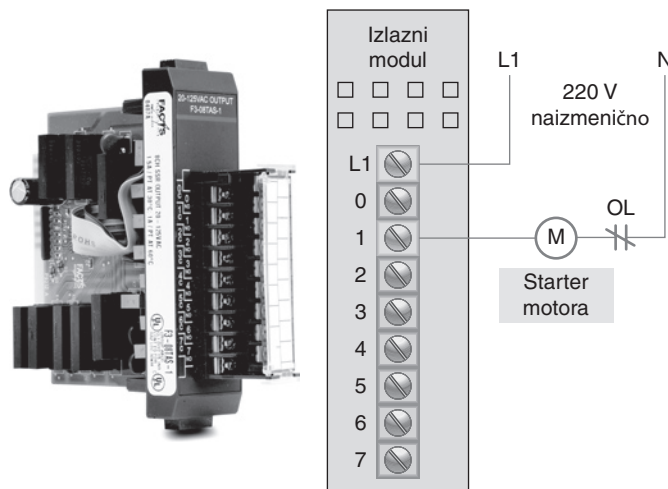
Slika 1-19 Tipično ožičavanje ulaznog modula u modularnoj konfiguraciji s napajanjem na 220 V naizmenično.

Izvor: Automation Direct, www.automationdirect.com.

prekidači oba senzora (za pritisak i temperaturu), ili kad se pritisne ručni taster.

Sada ćemo razmotriti kako se za navedenu aplikaciju može upotrebiti programabilni logički kontroler. Korišćemo iste spoljne ulazne uređaje (senzor za pritisak, senzor za temperaturu i ručni taster). Ti uređaji bi bili kablovima povezani sa ulaznim modulom prema adresnoj šemi koju određuje proizvođač modula. Na slici 1-19 prikazano je tipično ožičenje modula koji se napaja na 220 V naizmenično.

U PLC verziji možemo upotrebiti isti spoljni izlazni uređaj (namotaj startera motora). Taj uređaj bi bio kablovima povezan na odgovarajući izlazni modul prema adresnoj šemi koju određuje proizvođač modula. Slika 1-20 prikazuje tipično ožičenje za izlazni modul koji radi na 220 V naizmenično.



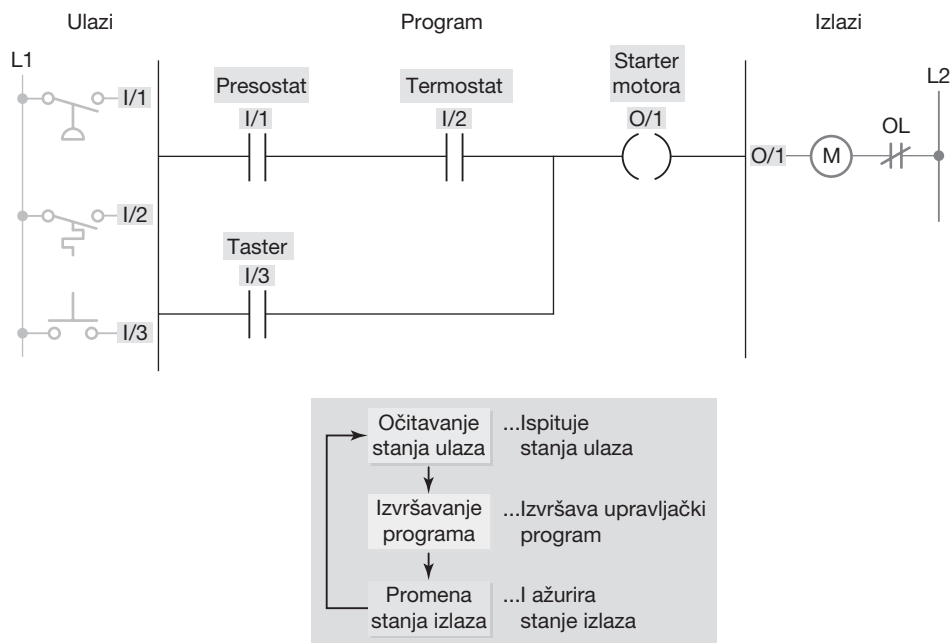
Slika 1-20 Tipično ožičavanje izlaznog modula u modularnoj konfiguraciji s napajanjem na 220 V naizmenično.

Izvor: Fotografija je objavljena s dozvolom kompanije Automation Direct.
www.automationdirect.com.

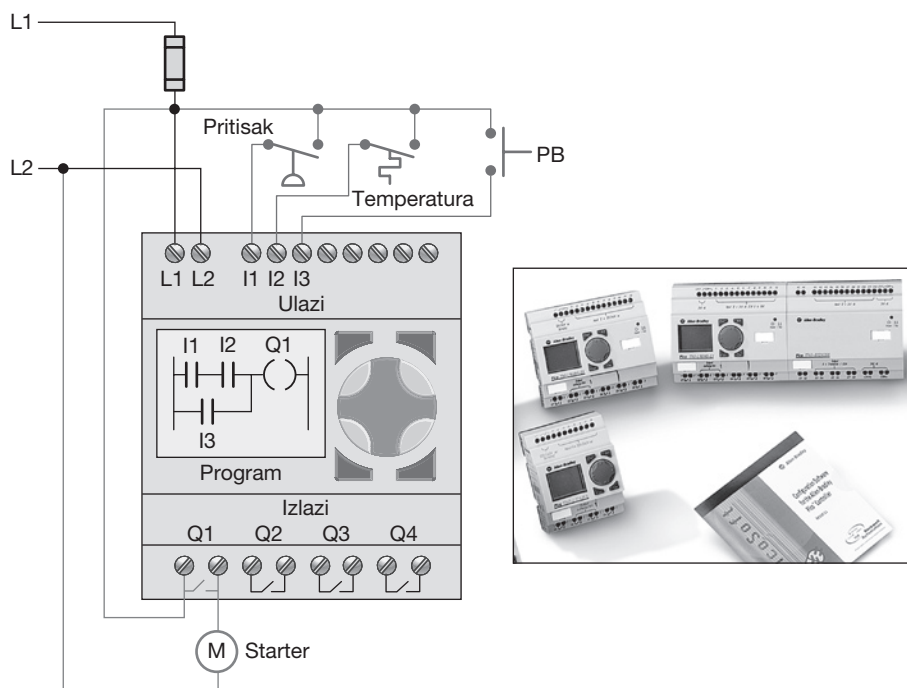
Sledeći korak bi bio pisanje programa za PLC u relejnoj lestvičastoj logici i njegovo unošenje u memoriju CPU. Na slici 1-21 prikazan je tipičan program relejne lestvičaste logike za upravljanje navedenim procesom. Format programa je sličan električnoj šemi kola s relejima. Simboli predstavljaju naredbe, dok brojevi predstavljaju adrese mesta u memoriji na kojima se nalaze naredbe. Da biste programirali kontroler, te naredbe treba da unesete jednu po jednu u memoriju procesora pomoću uređaja za programiranje. Svakom ulaznom i izlaznom uređaju dodeljuje se adresa, što PLC procesoru omogućava da „zna“ gde je uređaj fizički povezan. Zapamtite da se format U/I adrese razlikuje u zavisnosti od modela i proizvođača PLC sistema. Naredbe se smeštaju u korisnički deo memorije procesora. Tokom ciklusa programa, kontroler očitava stanje na ulazima, izvršava naredbe programa i u skladu s rezultatima programa menja stanje na izlazima sistema.

Kako bi program mogao da radi, kontroler treba prebaciti u izvršni režim (RUN), tj. u operativni (radni) ciklus. Tokom svakog radnog ciklusa, kontroler ispituje stanje ulaznih uređaja, izvršava naredbe programa i u skladu s njihovim rezultatima menja stanje izlaza. Svaki simbol u programu možemo zamisliti kao par radnih kontakata (standardno otvoreni). Simbol () predstavlja namotaj releja koji, kada dobije napon, zatvara odgovarajuće kontakte. U RLL programu na slici 1-21, namotaj O/I dobija napon kada se zatvore kontakti I/1 i I/2, ili kada se zatvori kontakt I/3. Oba uslova formiraju neprekidnu logičku putanju sleva nadesno duž prečke lestvice koja obuhvata i namotaj startera motora.

Programabilni logički kontroler radi u realnom vremenu jer će svaki događaj koji se odigra na spoljnom



Slika 1-21 Program za upravljanje procesom napisan na jeziku RLL, s tipičnim načinom adresiranja.



Slika 1-22 Tipično ožičenje potrebno za upravljanje procesom pomoću fiksnog PLC.
Izvor: Slika je objavljena s dozvolom kompanije Rockwell Automation, Inc.

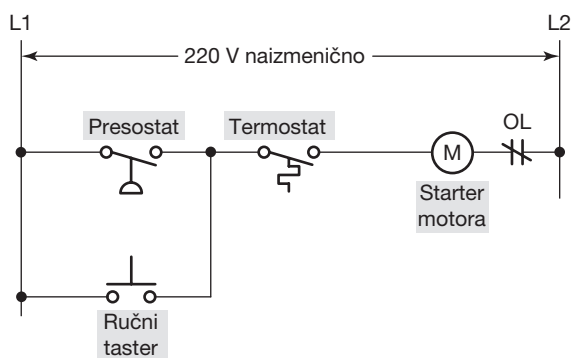
ulaznom uređaju rezultovati određenom akcijom ili promenom stanja na izlazu kontrolera. Režim rada RUN procesora može se opisati sledećim nizom događaja:

- Prvo se ispituje stanje prekidača senzora za pritisak (presostat), prekidača senzora za temperaturu (termostat) i ručnog tastera. Ta stanja se beleže u memoriji kontrolera.
- Zatvoren kontakt se evidentira u memoriji kao logička jedinica, a otvoren kontakt kao logička nula.
- Zatim se analizira lestvičasti dijagram, pri čemu svaki interni kontakt u programu dobija status „otvoren (OPEN) ili „zatvoren“ (CLOSED) u zavisnosti od toga da li je program evidentirao logičko stanje 1 ili 0.

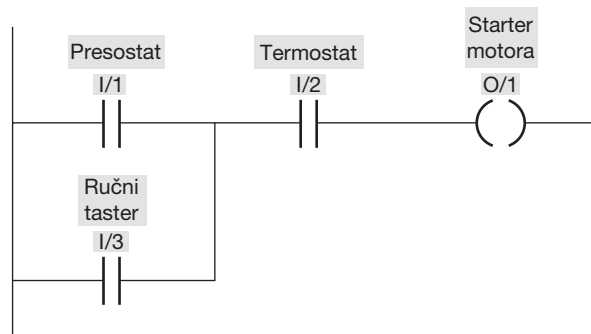
- Kada stanje ulaznih kontakata stvara logički kontinuitet sleva nadesno duž cele prečke, na memorijsku adresu koja predstavlja izlazni namotaj motora postavlja se logičko 1, što zatvara kontakte u interfejsu izlaznog modula.
- Kada ne postoji logički kontinuitet na programskoj prečki, na memorijsku adresu izlaznog namotaja motora postavlja se logička nula, što otvara kontakte u interfejsu izlaznog modula.
- Kada kontroler završi ceo navedeni niz akcija, kaže se da je kontroler završio jedan *ciklus* (engl. *scan*). Vreme ciklusa, tj. vreme potrebno za izvršavanje jednog celog ciklusa, pruža utisak o vremenu odziva PLC-a.
- Vrednost na memorijskoj adresi koja predstavlja dati izlazni uređaj najčešće se ažurira tokom ciklusa programa, ali se stanje odgovarajućeg stvarnog izlaznog uređaja menja tek na kraju ciklusa programa, u delu ciklusa koji je određen za ažuriranje stanja U/I uređaja.

Slika 1-22 prikazuje tipične kablovske veze koje su potrebne za upravljanje procesom pomoću fiksnog PLC-a. U ovom primeru, procesom upravlja i nadzire ga kontroler proizvođača Allen-Bradley Pico opremljen sa osam ulaza i četiri izlaza. Postupak instaliranja bio bi sledeći:

- Linije za napajanje energijom, zadate vrste i jačine napona, povezuju se kroz osigurače na kleme L1 i L2 kontrolera.
- Udaljeni ulazni uređaji (presostat, termosta i taster) povezuju se kablovima između klem L1 i klem I1, I2 odnosno I3 kontrolera.
- Starter motora se vezuje direktno na L2 i redno sa izlaznim kontaktima releja Q1 na L1.
- Program lestvičaste logike unosi se pomoću tastature na prednjoj ploči kontrolera i LCD ekrana.
- Na raspolaganju je i Pico softver za programiranje koji omogućava izradu i testiranje programa pomoću personalnog računara.



Slika 1-23 Relejni lestvičasti dijagram za izmenjeni proces.



Slika 1-24 PLC relejni lestvičasti program za izmenjeni proces.

1.4 Menjanje načina rada programa

Jedna od važnih osobina PLC-a jeste lakoća s kojom se program može menjati. Pretpostavimo da moramo promeniti prvobitni proces upravljanja mešačem na način prikazan na relejnom lestvičastom dijagramu sa slike 1-23. Izmena zahteva da uključivanje motora pomoću ručnog tastera bude dozvoljeno na bilo kom pritisku, ali ne dok nije dosegnuta zadata temperatura.

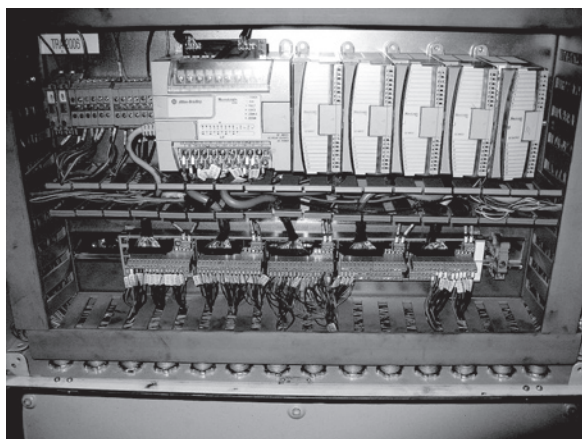
Da je bio upotrebljen sistem s relejima, bila bi potrebna izmena ožičenja strujnih kola kao na slici 1-23 da bi se postigla zahtevana izmena. Međutim, u slučaju PLC sistema, ne bi bila potrebna nikakva izmena ožičenja. Izlazi i ulazi i dalje su isti. Treba izmeniti samo program lestvičaste logike koji je instaliran u PLC (slika 1-24).

1.5 PLC u poređenju sa standardnim računarima

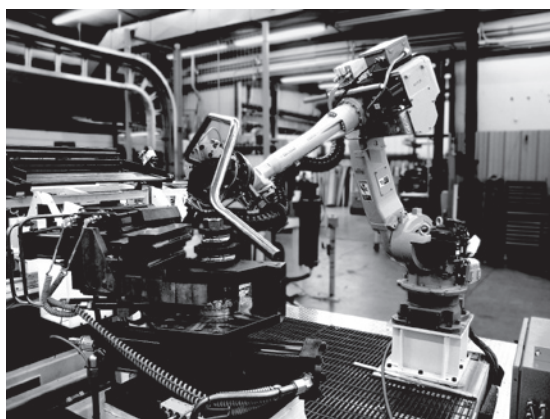
Arhitektura PLC u suštini je ista kao arhitektura personalnog računara. Personalni računar (PC) može se programirati tako da radi kao programabilni logički kontroler ako na određeni način omogućite računaru da prima informacije od uređaja kao što su tasteri ili prekidači. Treba vam i program koji obrađuje ulazne podatke i odlučuje kada će uključivati i isključivati izlazne uređaje.

Međutim, PLC se razlikuje od personalnog računara po nekoliko važnih osobina. Prvo, za razliku od personalnih računara, PLC je projektovan za rad u industrijskim okruženjima, u širokom opsegu okolne temperature i vlažnosti. Na dobro projektovanu industrijsku PLC instalaciju, kao što je ona na slici 1-25, najčešće ne utiče električni šum koji je uobičajen u većini industrijskih pogona.

Za razliku od personalnog računara, PLC se programira u relejnoj lestvičastoj logici ili na drugim jezicima koji se lako uče. PLC se isporučuje s programskim jezikom već unetim u memoriju i nije potrebno trajno povezivanje s tastaturom, CD uređajem, niti monitorom. Umesto toga,



(a)



(b)

Slika 1-25 PLC instaliran u industrijskom okruženju.

Izvor: (a–b) Automation IG

PLC ima klemu za priključivanje spoljnih ulaznih i izlaznih uređaja, kao i komunikacione priključke.

Računari su složene računarske mašine koje su u stanju da izvršavaju više programa ili poslova u isto vreme i proizvoljnim redosledom. S druge strane, većina PLC izvršava samo jedan program, redom od prve do poslednje naredbe.

PLC upravljački sistemi projektovani su tako da se jednostavno instaliraju i održavaju. Otkrivanje grešaka je pojednostavljeno pomoću svetlosnih indikatora grešaka i poruka koje se prikazuju na ekranu programera. Sistemu se vrlo lako dodaju novi i uklanjanju postojeći ulazni i izlazni moduli za povezivanje sa udaljenim uređajima.

Softver namenjen za PLC ali napisan na personalnom računaru i izvršava se na njemu, deli se u dve opsežne kategorije:

- PLC softver koji korisniku omogućava da programira i dokumentuje programe stavlja korisniku na raspolaganje alatke za pisanje PLC programa – pomoću lestvičaste logike ili drugog programskog



Slika 1-26 Operatorski interfejs za PLC i monitor.

Izvor: Rogers Machinery Company, Inc.



Slika 1-27 PAC (programabilni automatizovani kontroler)

Izvor: Omron Industrial Automation. www.ia.omron.com.

jezika – i dokumentuje ili objašnjava program sa onoliko detalja koliko smatra potrebnim.

- PLC softver koji korisniku omogućava da nadzire procese i upravlja njima zove se *interfejs čovek/masina* (engl. *human machine interface*, HMI) i omogućava korisniku da prikaže proces – ili grafičku prezentaciju procesa – na monitoru, pregleda kako sistem radi, stekne uvid u trend promena vrednosti i prima obaveštenja o alarmima (slika 1-26). Mnogi operatorski interfejsi ne sadrže PLC softver. PLC se može integrisati u HMI, ali isti softver ne omogućava programiranje obe vrste uređaja.

U novije vreme, većina proizvođača opreme za automatizovanje procesa reagovala je na pojačane zahteve korisnika industrijskih upravljačkih sistema tako što je kombinovala prednosti koje pruža upravljanje u PLC stilu sa onim koje omogućavaju sistemi zasnovani na personalnim računarima. Ta vrsta uređaja nazvana je *programabilni automatizovan kontroler* (engl. *programmable automation controller*, PAC). Programabilni automatizovan kontroler



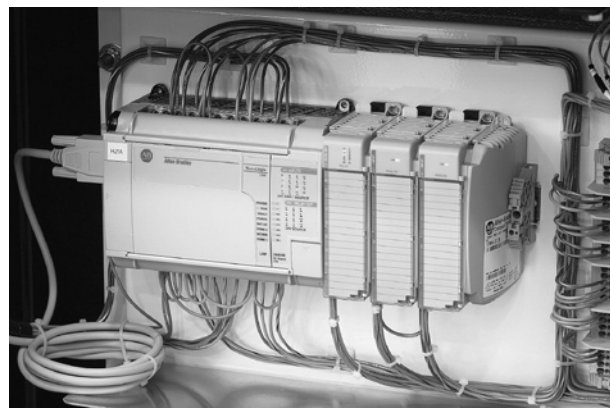
Slika 1-28 Tipičan opseg veličina programabilnih kontrolera.
Izvor: Kompanija Siemens.

kombinuje robusnost PLC-a i funkcionalnost personalnog računara. PAC omogućava građenje složenih sistema sa softverskim odlikama kao što su napredno upravljanje, komunikacije, akvizicija podataka i obrada signala na robusnom hardveru koji omogućava izvršavanje programirane logike, pokreta, upravljanje procesima i daljinsko nadziranje.

1.6 Veličina PLC-a i aplikacije

PLC uređaji se razvrstavaju po odlikama kao što su funkcionalnost, broj ulaza i izlaza, cena i fizička veličina (slika 1-28). Od svih navedenih, najvažnija osobina je *broj U/I tačaka* (engl. *I/O count*). Tip uređaja nazvan nano najčešće se odnosi na najmanje PLC uređaje, s manje od 15 U/I tačaka. Tome slede tipovi mikro (od 15 do 128 U/I tačaka), srednji (od 128 do 512 U/I tačaka) i veliki (više od 512 U/I tačaka).

Uparivanje PLC sistema sa aplikacijom ključni je deo postupka izbora uređaja. Najčešće se ne preporučuje kupovina PLC sistema koji je veći nego što je neophodno za tekuće potrebe. Međutim, treba predvideti i buduće uslove i veličinu sistema dimenzionirati tako da ispunjava tekuće, ali eventualno i buduće zahteve aplikacije.

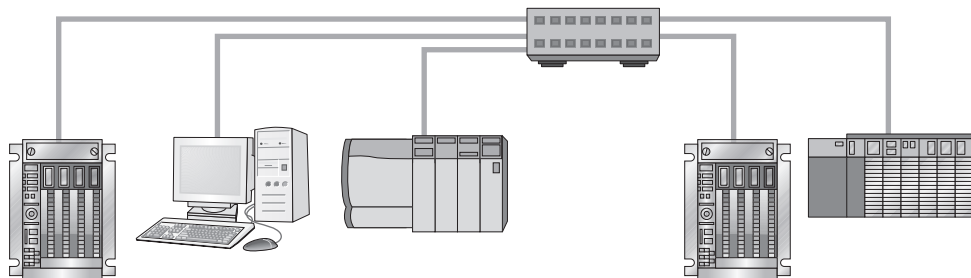


Slika 1-29 Samostalna PLC aplikacija.
Izvor: Rogers Machinery Company, Inc.

Postoje tri glavne kategorije PLC aplikacija: samostalne, višeprogramske i nadzorne. U *samostalnoj* (engl. *single-ended*) PLC aplikaciji, jedan PLC upravlja jednim procesom (slika 1-29). To je samostalna jedinica koja ne komunicira s drugim računarima, niti PLC uređajima. Veličina i složenost procesa kojim PLC upravlja očigledni su činioci koji utiču na odluku o izboru PLC uređaja. Aplikacije mogu nametnuti jak procesor, ali ta kategorija PLC aplikacija najčešće zahteva mali PLC.

U *višeprogramskoj* (engl. *multitask*) PLC aplikaciji, jedan PLC upravlja s više procesa. U toj vrsti instalacije značajan činilac je odgovarajući U/I kapacitet. Osim toga, ako je PLC podsistem nekog opsežnijeg procesa i treba da komunicira c centralnim PLC-om ili računarom, potrebna je i mreža za prenošenje podataka.

U *nadzornoj* (engl. *control management*) PLC aplikaciji, jedan PLC upravlja s više drugih PLC (slika 1-30). Ta vrsta aplikacije zahteva jak PLC procesor koji je projektovan za komuniciranje s drugim PLC sistemima i računarima ako zatreba. Nadzorni PLC nadgleda više drugih PLC sistema tako što im šalje programe koji nalažu podređenim PLC sistemima šta treba da se uradi. Vodeći PLC treba da uspostavlja veze s drugim PLC sistemima kako bi pomoću odgovarajućeg načina adresiranja mogao da komunicira s proizvoljnim podređenim PLC sistemom.



Slika 1-30 Nadzorna PLC aplikacija.

Memorija je komponenta PLC sistema gde se smeštaju podaci, naredbe i upravljački program. Veličina memorije najčešće se izražava u K vrednostima: 1 K, 6 K, 12 K itd. Prefiks „kilo“ (skraćeno k) najčešće znači 1000 osnovnih jedinica. Međutim, kada su u pitanju računari ili memorija PLC-a, 1 K znači 1024, zato što je u pitanju mera izražena u binarnom numeričkom sistemu ($2^{10} \nabla 1024$). U zavisnosti od vrste memorije, 1 K znači 1024 bitova, 1024 bajtova ili 1024 reči.

Mada je uobičajeno da se kapacitet memorije PLC-a izražava kao broj reči, moramo znati broj bitova koji čine svaku reč kako bismo mogli da poredimo veličine memorija. U savremenim računarima uobičajene su veličine reči od 16, 32 ili 64 bita. Na primer, PLC koji radi sa 8-bitnim rečima ima smeštajni kapacitet od 49.152 bita ako je veličina memorije 6 K ($8 \times 6 \times 1024 = 49.152$), dok PLC

koji radi sa 32-bitnim rečima ima smeštajni kapacitet od 196.608 bitova sa istom memorijom veličine 6 K ($32 \times 6 \times 1024 = 196.608$). Potrebna količina memorije zavisi od aplikacije. Veličina memorije potrebna za određenu PLC instalaciju zavisi od sledećih činilaca:

- Broj U/I tačaka u upotrebi
- Veličina upravljačkog programa
- Zahtevi po pitanju akvizicija podataka
- Da li su potrebne nadzorne funkcije
- Buduća proširenja

Skup programskih naredaba (engl. *instruction set*) za određeni PLC čine naredbe koje on podržava. Njihov broj se kreće u opsegu od 15 naredaba na manjim jedinicama, do 100 naredaba na većim i moćnijim jedinicama (tabela 1-1).

Tabela 1-1 Tipične PLC naredbe

Naredba	Operacija
XIC (Examine ON)	Ispituje da li je dati bit u stanju ON
XIO (Examine OFF)	Ispituje da li je dati bit u stanju OFF
OTE (Output Energize)	Postavlja bit u stanje ON (bez zadržavanja stanja)
OTL (Output Latch)	Blokiranje stanja bita (sa zadržavanjem stanja)
OTU (Output Unlatch)	Deblokiranje stanja bita (sa zadržavanjem stanja)
TOF (Timer Off-Delay)	Postavlja izlaz u stanje ON ili OFF pošto je prečka bila u stanju OFF tokom zadatog vremenskog intervala
TON (Timer On-Delay)	Postavlja izlaz u stanje ON ili OFF pošto je prečka bila u stanju ON tokom zadatog vremenskog intervala
CTD (Count Down)	Softverski brojač za odbrojanje od zadate vrednosti do nule
CTU (Count Up)	Softverski brojač za odbrojanje od nule do zadate vrednosti



PITANJA KOJA SE ODOSE NA GRADIVO IZ POGHLVLJA 1

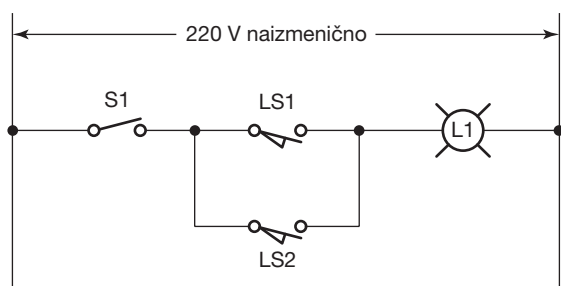
- Šta je programabilni logički kontroler?
- Navedite četiri posla, osim uključivanja i isključivanja kao pomoću releja, koje može obavljati PLC.
- Navedite šest prednosti koje pruža PLC u poređenju s tradicionalnim upravljačkim sistemima koji se zasnivaju na relajima.
- Objasnite razlike između otvorene i vlasničke PLC arhitekture.
- Navedite dva načina na koji se U/I uređaji kombinuju s PLC.
- Opišite način na koji se U/I moduli povezuju s procesorom u modularnoj PLC konfiguraciji.
- Objasnite glavnu funkciju svake od narednih važnih komponenta PLC-a:
 - Procesorski modul (CPU)
 - U/I moduli
 - Uređaj za programiranje
 - Modul za napajanje energijom.
- Koje su dve najuobičajenije vrste uređaja za programiranje PLC-a?
- Objasnite izraze program i programski jezik u kontekstu PLC-a.
- Koji je standardni programski jezik koji se koristi za programiranje PLC-a?
- Odgovorite na sledeća pitanja o upravljačkom relejnom lestvičastom dijagramu sa slike 1-18 u ovom poglavlju:
 - Kada se zatvaraju kontakti presostata?
 - Kada se zatvaraju kontakti termostata?
 - Kako su međusobno povezani presostat i termostat?
 - Opišite dva uslova pod kojim će namotaj startera motora dobiti napon.
 - Koja je približna vrednost pada napona na svakom sledećem uređaju kada su njegovi kontakti otvoreni?
 - Presostat
 - Termostat
 - Ručni taster.
- Programabilni kontroler radi u realnom vremenu. Šta to tačno znači?
- Odgovorite na sledeća pitanja o upravljačkom lestvičastom dijagramu sa slike 1-21 u ovom poglavlju:
 - Šta predstavljaju pojedini simboli?
 - Šta predstavljaju brojevi?
 - Koji je spoljni uređaj predstavljen brojem I/2?
 - Koji je spoljni uređaj predstavljen brojem O/1?
 - Koja dva uslova obezbeđuju neprekinutu putanju sleva nadesno duž prečke?
 - Opišite redosled operacija koje kontroler izvršava tokom jednog ciklusa programa.
- Uporedite načine na koji se menja određena operacija upravljanja procesom u sistemu izvedenom u relejnoj tehnici i u PLC sistemu.
- Uporedite PLC i personalni računar po pitanju:
 - Razlika u hardveru
 - Radnog okruženja
 - Načina programiranja
 - Izvršavanja programa.
- Koje se dve kategorije softvera, koji je napisan na personalnom računaru i izvršava se na njemu, koriste na PLC uređajima?
- Šta je to programabilni automatizovan kontroler (PAC)?
- Navedite četiri kategorije u koje se razvrstavaju PLC uređaji.
- Uporedite samostalne, višeprogramske i nadzorne vrste PLC aplikacija.
- Koji je kapacitet memorije, izražen u bitovima, PLC uređaja koji radi sa 16-bitnim rečima i ima memoriju od 8 K?
- Navedite pet činilaca koji utiču na veličinu memorije potrebne za datu PLC instalaciju.
- Od čega se sastoji skup programskih naredaba za dati PLC?



ZADACI ZA POGHLVLJE 1

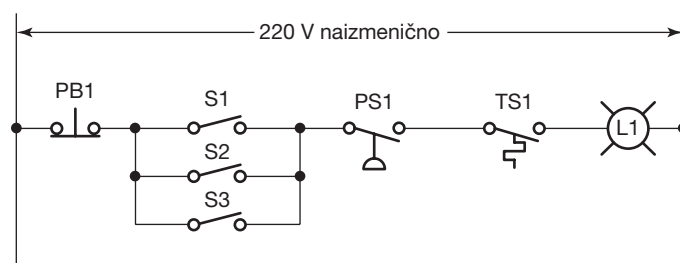
- Ako su data dva jednopolna prekidača, napišite program koji će uključiti uređaj na izlazu kada su oba prekidača (A i B) zatvorena.
- Ako su data dva jednopolna prekidača, napišite program koji će uključiti uređaj na izlazu kada je zatvoren ili prekidač A ili prekidač B.

3. Ako su data četiri standardno otvorena (radna) tastera (A, B, C i D), napišite program koji će uključiti lampu na izlazu ako su pritisnuti tasteri A i B ili C i D.



Slika 1-31 Kolo za zadatak br. 4.

4. Napišite ekvivalentni program za kolo na slici 1-31.
5. Napišite ekvivalentni program za kolo na slici 1-32.



Slika 1-32 Kolo za zadatak br. 5.