

Programabilni logički kontroleri

1 Struktura PLC kontrolera

Programabilni logički kontroleri (PLC) su industrijski računari čiji su hardver i softver posebno prilagođeni radu u industrijskim uslovima, a koji se mogu lako programirati i ugrađivati u postojeće industrijske sisteme.

Sistem, upravljan PLC kontrolerom, sastoji se od (Sl. 1-1):

- Ulaznih uređaja, kao što su prekidači, tasteri, senzori i td.
- Ulaznog modula, koji je deo PLC kontrolera. Preko ovog modula se primaju signali sa ulaznih uređaja.
- Logičke jedinice (ili procesora), koja predstavlja 'mozak' PLC kontrolera, a sastoji se od centralne procesorske jedinice i memorije. U okviru ovog modula smeštaju se i program i podaci i odatle se upravlja radom celog sistema.
- Izlaznog modula, koji je takođe deo PLC kontrolera. Preko ovog modula se zadaju binarni signali pojedinim izlaznim uređajima.
- Izlaznih uređaja, kao što su relei, svetiljke, starteri motora, ventili i td.



Sl. 1-1 Osnovni elementi programabilnog logičkog kontrolera.

PLC kontroler je, u suštini, mikroprocesorski uređaj koji koristi programabilnu memoriju za pamćenje naredbi kojima se zahteva izvođenje specifičnih funkcija, kao što su logičke funkcije, sekvenciranje, prebrojavanje, merenje vremena, izračunavanje, a u cilju upravljanja različitim tipovima mašina i procesa preko digitalnih i analognih ulazno-izlaznih modula.

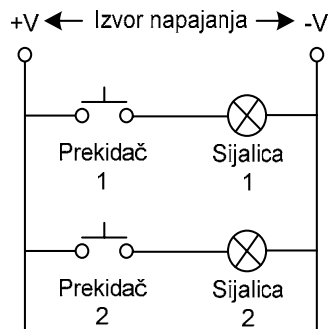
Postoji veliki broj različitih tipova PLC kontrolera koji se razlikuju po veličini, izgledu i moći obrade, počev od malih jedinica sa malim i ograničenim brojem ulaza i izlaza do velikih, modularnih jedinica koje se mogu konfigurisati za rad sa više stotina ili čak hiljada ulaza/izlaza. Na Sl. 1-2 je prikazan izgled PLC kontrolera iz familije **Allen Bradley SLC 500 Modular Controllers**. PLC se sastoji iz *šasije (rack)* koja ima određeni broj *slotova* u koji se

stavljaju pojedini *moduli*. Prvi dva slotova u šasiji zauzimaju uređaj za napajanje i procesorski modul, dok je raspored modula u preostalim slotovima proizvoljan. U zavisnosti od broja modula, PLC može imati i više od jedne šasije. Svaka šasija ima sopstveno napajanje, dok se procesorski modul nalazi samo u prvoj šasiji. Programabilni logički kontroleri iz familije **Allen Bradley SLC 500 Modular Controllers** mogu imati najviše **tri** šasije sa najviše **30 slotova**. Pri tome, postoje šasije sa 4, 7, 10 i 13 slotova.



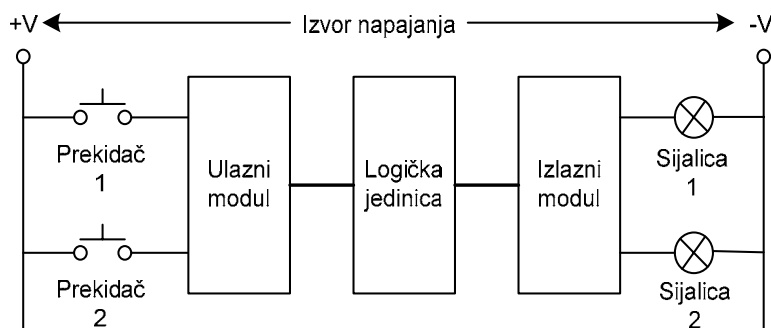
Sl. 1-2 Izgled PLC kontrolera.

Pre pojave PLC kontrolera, za upravljanje mašinama i industrijskim postrojenjima korišćena su mehanički uređaji, kao što su prekidači i relei povezani žicama. Na Sl. 1-3 prikazano je jedno veoma jednostavno žičano kolo. Prikazano kolo realizuje trivijalnu logiku: kada je prekidač zatvoren, sijalica svetli, a kada je prekidač otvoren, sijalica ne svetli. Dva para prekidač-sijalica su nezavisni zato što su vezani paralelno i tako ne utiču jedan na drugog. Ukoliko sada želimo da promenimo logiku rada kola, tako da, na primer, uključenje sijalice 2 isključi sijalicu 1, moramo, najpre, nacrtati novu šemu veze, a zatim, raskinuti postojeće veze između prekidača i sijalica i po novoj šemi iznova povezati prekidače i sijalice. Ako se nakon toga javi potreba da se logika rada ponovo promeni, tako da se, na primer, sijalica 1 uključuje samo ako su oba prekidača zatvorena, dok se sijalica 2 uključuje bilo kojim od dva prekidača, kolo se mora još jednom rastaviti i ponovo povezati. Industrijske mašine i postrojenja su mnogo složeniji od ovog jednostavnog primera. Osim, obično, velikog broja priključenih ulaznih i izlaznih uređaja, upravljanje ovakvim sistemima treba da obezbedi obavljanje složenih operacija u tačno određenom redosledu, kako i više različitih režima rada (manuelni, korak-po-korak, automatski) i slično. Takav jedan tipičan upravljački sistem bi zahtevao na stotine releja, povezanih kilometrima žice smeštenih u glomaznim ormarima. Jasno je da pod ovakvim uslovima svaka promena upravljačke logike predstavlja dugotrajnu, mukotrpnu i skupu aktivnost.



Sl. 1-3 Relejni sistem.

Pojavom PLC kontrolera postalo je moguće zameniti celokupnu upravljačku logiku, sliženosti i više stotina relea, jednim kompaktnim elektroniskim uređajem. Na Sl. 1-4 je prikazano kako bi se PLC kontroler iskoristio u prethodno razmatranom primeru. Može se uočiti nekoliko razlika u odnosu na prvobitno rešenje. Prvo, prekidači nisu direktno povezani sa sijalicama. Umesto toga, prekidači su povezani na ulazni, a sijalice na izlazni modul PLC kontrolera. Drugo, ulazni i izlazni moduli nisu direktno povezani, već posredno preko logičke jedinice koja shodno programu upravljanja uključuje/isključuje sijalice u zavisnosti od tekućeg stanja prekidača. Na primer, da bi se realizovala funkcija sa Sl. 1-3, logička jedinica treba biti tako programirana da generiše pobudu za sijalicu 1 za sve vreme dok je prekidač 1 zatvoren, i u isto vreme, generiše pobudu za sijalicu 2 za sve vreme dok je prekidač 2 zatvoren. Program po kome logička jedinica radi se unosi u memoriju logičke jedinice preko tastature ili na neki drugi način, gde ostaje zapamćen sve dok se ne unese novi program. Očigledno, promena logike rada sistema, ne zahteva nikakvo ponovno povezivanje i ožičavanje.



Sl. 1-4 Sistem upravljan PLC kontrolerom.

Kod sistema koji koriste relejnu tehniku, struja teče od naponskog izvora kroz prekidač do sijalice, ako je prekidač zatvoren. Kada je prekidač otvoren, strujno kolo je raskinuto, što prekida napajanje sijalice. Kod sistema koji se upravljaju PLC kontrolerom, struja iz naponskog izvora teče kroz prekidač u ulazni modul. U ulaznom modulu se detektuje prisustvo napona i šalje signal male snage logičkoj jedinici. Napon na prekidaču i naponski signali koje ulazni modul šalje logičkoj jedinici su izolovani (galvanski razdvojeni). Izolacija je neophodna zato što mikroprocesori rade pri malim naponima i strujama. Izolacija se tipično ostvaruje uz pomoć opto-kaplera.

U primeru sa Sl. 1-4, logička jedinica prima signal od ulaznog modula kada je prekidač 1 zatvoren i šalje signal izlaznom modulu pod uslovima koji su određeni programom. Konkretno, program usmerava signal na izlazni priključak na koji je sijalica 1 povezana uvek kada od ulaznog modula primi signal da je na priključku na kome je povezan prekidač 1 detektovan napon. Tipično kašnjenje od trenutka aktiviranja prekidača do trenutka aktiviranja

sijalice je reda 5-10ms. Slično aktivnost se obavlja kada se prekidač 2 aktivira, stoma razlikom što se sada signal usmerava na priključak na koji je povezana sijalica 2.

U početku, zbog relativno visoke cene PLC kontrolera, njihova primena je bila ograničena na relativno velike upravljačke sisteme, kod kojih je broj zamenjenih releja mogao da pokrije cenu PLC kontrolera. Međutim, u novije vreme, cena PLC kontrolera je drastično pala, tako da oni danas predstavljaju ekonomično rešenje za najveći broj praktičnih primena.

1.1 Prednosti korišćenja PLC kontrolera

Iako su elektromehanički releji pouzdana kola, kombinovanje više stotina releja u složenu električnu mrežu dovodi do sledećih problema:

- Fizičke dimenzije kabineta za smeštanje relejne logike
- Ukupna cena releja, žica i konektova, kao i cena njihove ugradnje i povezivanja
- Pouzdanost celokupnog sistema
- Otežano pronalaženje i otklanjanje kvarova i grešaka

Dodatno, svaka promena u logici upravljanja postrojenjem zahteva novi fizički raspored i novo povezivanje releja, a za sve to vreme postrojenje mora biti zaustavljeno. Takođe, releji su mehaničke komponente koje su, s obzirom da imaju pokretne delove, sklone habanju i vremenom spontano otkazuju. Dijagnosticiranje otkaza i otklanjanje kvarova je naročito teško u sistemima sa velikim brojem releja, veza i konektora, kakvi su tipični upravljački sistemi. Naravno, za vreme dok traje otklanjanje kvara ili zamena pohabanih releja, proizvodni proces mora biti prekinut.

PLC kontroleri su razvijeni sa ciljem da se prevaziđu mnogi problemi koji su karakteristični za upravljačke sisteme zasnovane na elektromehaničkim relejima. Sa padom cene PLC kontrolera, uz istovremeno povećanje njihove funkcionalnosti i pouzdanosti, PLC kontroleri su danas u širokoj primeni. U odnosu na relejnu tehniku, PLC kontrolera su:

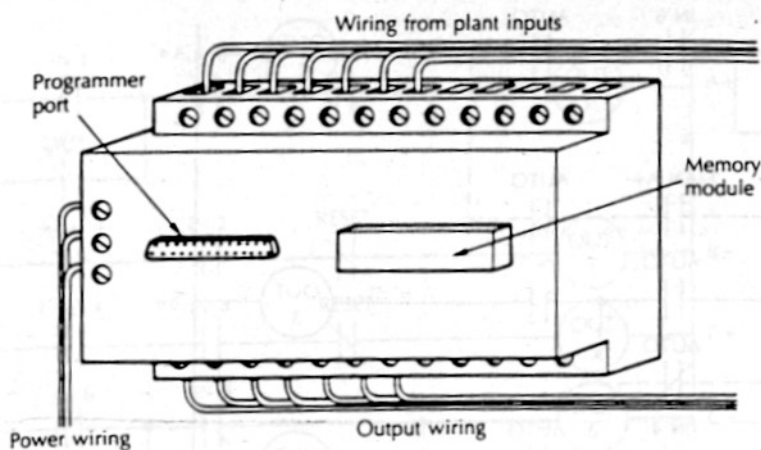
- Kompaktniji
- Jeftiniji, za najveći broj primena
- Pouzdaniji
- Omogućavaju lakše pronalaženje kvarova i održavanje sistema
- Omogućavaju laku promenu logike upravljanja.

Međutim, i pored svih navedenih prednosti, ključ uspeha PLC kontrolera ipak leži u načinu njihovog programiranja. Za programiranje PLC kontrolera koristi se jezik *lestvičastih logičkih dijagrama* (ili *leder dijagrama* - *ladder diagram*), koji je već dugi niz godina u upotrebi u industriji pri projektovanju logičkih i sekvencijalnih relejnih uređaja. Ovaj jezik koristi grafičku notaciju koja je po vizuelnom izgledu i logici rada slična dijagramima električnih šema (kao što je šema sa Sl. 1-3) i zbog toga je lako razumljiv industrijskim inženjerima. Drugim rečima, industrijski inženjeri ne moraju biti eksperti za programiranje da bi u svojim sistemima koristili PLC kontrolere. Program *leder dijagrama* se tipično razvija na PC računaru uz pomoć specijalizovanih softvera sa intuitivnim grafičkim interfejsom koji, dodatno, omogućavaju proveru i testiranje *leder programa*. *Leder dijagram* se upisuje u PLC kontroler uz pomoć programatora, a sam proces upisa ne traje duže od nekoliko minuta. Mogućnost brzog reprogramiranja je bitna jer proizvodni proces, uz minimalni zastoje, može biti lako prilagođen novim zahtevima.

Prvi PLC kontroleri su bili jednostavni uređaji za on/off upravljanje i koristili su se za zamenu zastarele relejne tehnike. Međutim, takvi PLC kontroleri nisu mogli obezbediti složenije upravljanje, kao što je upravljanje temperaturom, pritiskom, pozicijom. U međuvremenu, proizvođači PLC kontrolera razvili su i ugradili u PLC kontrolere brojna poboljšanja i funkcionalna unapređenja. Savremeni PLC kontroleri imaju mogućnost obavljanje izuzetno složenih zadataka kako što je upravljanje preciznim pozicioniranjem i upravljanje složenim tehnološkim procesima. Takođe, brzina rada PLC kontrolera je značajno povećana, kao i lakoća programiranja. Razvijeni su brojni moduli specijalne namene za primene kao što je radio komunikacija, vizija ili čak prepoznavanje govornih komandi.

1.2 Konstrukcija PLC sistema

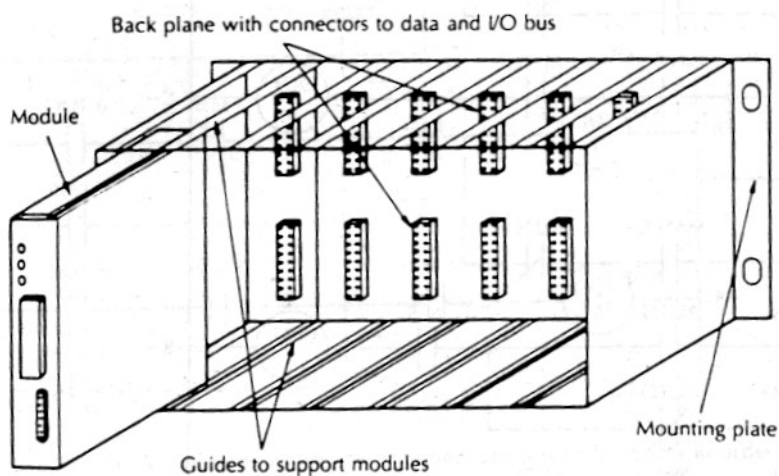
Razlikuju se dva osnovna načina konstrukcije PLC kontrolera: (a) kompaktni PLC kontroleri i (b) modularni PLC sistemi zasnovani na zajedničkoj magistrali. Kompaktni PLC kontroleri su nezavisni, zatvoreni uređaji sa fiksnim brojem ulaza/izlaza, bez mogućnosti proširenja (Sl. 1-5). U jednom kućištu, obično manjih dimenzija, smešteni su: izvor za napajanje, procesorska jedinica i ulazni i izlazni modul. Kompaktni PLC kontroleri predstavljaju ekonomično rešenje, predviđeno za upravljanje sistemima i procesima male složenosti. Tipično, poseduju do 16 ulaza i 16 izlaza i memoriju od nekoliko KB.



Sl. 1-5 Kompaktni PLC. (Uočavaju se priključci za ulaze, izlaze i napajanje, konektor za vezu sa programatorom i slot za memorijski modul)

Modularni PLC sistemi se sastoje od većeg broja modula koji su smešteni unutar mehaničkog okvira, tj. šasijske, koji se zove rek (*rack*) (Sl. 1-6). Rek poseduje veći broj slotova za smeštanje modula. Svaki slot čini par vođica duž gornje i donje stranice reka, koje služe za mehaničko učvršćenje modula kao i konektor na zadnjoj ploči reka preko koga se modulu priključuje na zajedničku magistralu izvedenu na štampanoj ploči zadnje stranice reka. Po pravilu, prvi slot je namenjen modulu izvora napajanja, koji se priključuje na mrežni napon (220Vac) i generiše jednosmerne napone potrebne za rad ostatka sistema. Sledeći, drugi slot se koristi za modul logičke jedinice, tj. procesorski modul koji izvršava korisnički program i upravlja radom ostalih modula. Preostali slotovi se koriste za module specijalne namene, kao što su U/I moduli, memorijski moduli i sl. Ovakav način konstrukcije omogućava lako proširenje sistema. Na primer, ako je potrebno povećati broj ulaza/izlaza dovoljno je ugraditi dodatni U/I modul. Ili, ako zbog povećanih zahteva obrade, postojeći procesorski modul više nije odgovarajući, procesorski modul se može zameniti novim, moćnijim, a da pri tome ostali moduli ne moraju biti zamenjeni. Broj slotova u jednom PLC reku je, tipično, od 4 do 16. Mogućnost proširenja PLC sistema nije ograničena samo na jedan rek. Uz pomoć posebnih

modula za proširenje moguće je povezati dva ili više reka, što omogućuje da se jednim procesorskim modulom upravlja velikim brojem dodatnih modula (slika 6.3 book II).



Sl. 1-6 Modularni PLC.

2 Procesorska jedinica PLC kontrolera

PLC kontroler se razlikuje od računarskog sistema opšte namene po tome što nema spoljnu memoriju (diskove), kao i niz standardne ulazno/izlazne opreme. Pored toga, njegov operativni sistem je jednostavniji i pruža komparativno manje mogućnosti od računara opšte namene. Zapravo, PLC je koncipiran i projektovan za jedan relativno uzan i jasno definisan obim poslova vezanih za nadzor i upravljanje pojedinim uređajima, što je rezultovalo u njegovoj izuzetnoj efikasnosti i jednostavnosti. U izvesnom smislu, područje primene PLC kontrolera isto je kao i za specijalizovane mikroračunarske kontrolere ili signal procesore. Ključna razlika leži u činjenici da korišćenje PLC-a ne zahteva od korisnika gotovo nikakvo predznanje o arhitekturi mikroračunarskih sistema i programiranju. Drugim rečima, korisnik PLC kontrolera je u najvećoj mogućoj meri oslobođen rešavanja različitih problema vezanih za čisto računarski aspekt, kao što su promena ili dodavanje U/I jedinica, vezivanje u računarsku mrežu, razmena podataka i sl. i može da se u punoj meri koncentriše na projektovanje same aplikacije.

2.1 Sken ciklus

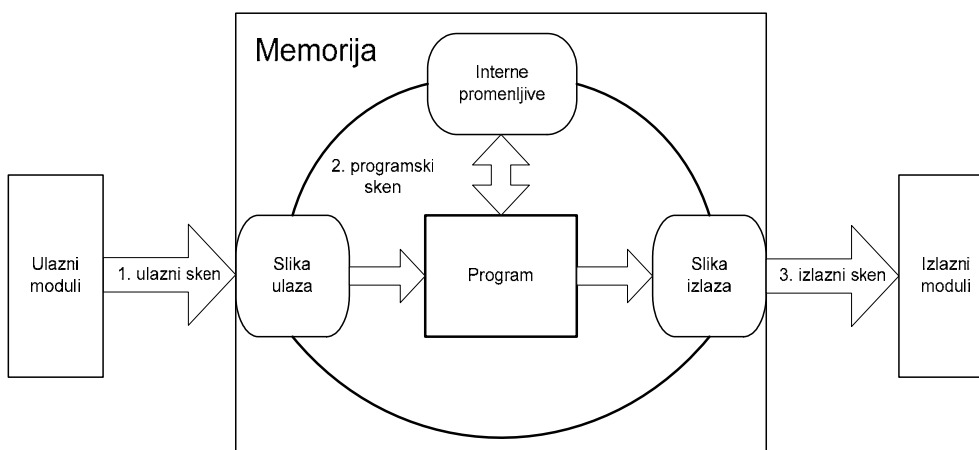
Operativni sistem PLC kontrolera je projektovan tačno za određenu vrstu primene. Naime, predpostavlja se da će u svojoj osnovnoj formi, PLC biti korišćen za realizaciju izvesnih logičkih funkcija koje preslikavaju signale sa senzora u signale koji se prenose na aktuator. Otuda se od PLC-a očekuje da *periodično očitava* (unos) signale sa senzora, *izvršava* određen broj aritmetičko-logičkih operacija (u skladu sa zadatom funkcijom) čiji rezultati se *prenose* na izvršne organe ili neke druge indikatorske uređaje. Pored toga, sa istom ili nekom drugom učestanošću, PLC treba da održava *komunikaciju* (razmenjuje

podatke) sa nekim drugim računarskim sistemima u mreži. Polazeći od ovog zahteva, operativni sistem PLC kontrolera projektovan je tako da, u toku rada sistema, automatski obezbedi ciklično ponavljanje navedenih aktivnosti (*Sken ciklus*) kao što je to ilustrovano na Sl. 2-1.



Sl. 2-1 Sken ciklus PLC kontrolera.

Sken ciklus započinje sa **ulaznim skenom** u okviru koga PLC očitava sadržaj ulaznih linija (registara ulaznih modula). Očitani podaci se prenose u određeno područje memorije – **slika ulaza**. Zatim se aktivira **programski sken** u okviru koga procesor izvršava programske naredbe kojima su definisane odgovarajuće aritmetičko-logičke funkcije. Podaci (operandi) koji se koriste u programskim naredbama uzimaju se iz memorije i to iz područja označenog kao **slika ulaza** (ako su operandi ulazni podaci) ili iz područja gde se smeštaju interne promenljive. Rezultati obrade se smeštaju u posebno područje memorije – **slika izlaza**. Važno je istaći da se pri izvršavanju programskih naredbi podaci ne uzimaju direktno sa ulaznih modula, niti se rezultati direktno postavljaju na izlazne module, već program razmenjuje podatke isključivo sa memorijom (Sl. 2-2). Po završetku programskog skena, operativni sistem PLC kontrolera aktivira **izlazni sken** u okviru koga se podaci iz **slike izlaza** prenose na izlazne linije (registre izlaznih modula). Na ovaj način stvara se utisak da je PLC sve operacije definisane programom obavio u isto vreme. Četvrti deo sken ciklusa – **komunikacija** - namenjen je realizaciji razmene podataka sa uređajima koji su povezani sa PLC-om. Nakon toga, operativni sistem dovodi PLC u fazu **održavanja** u okviru koje se ažuriraju interni tajmeri i registri, obavlja upravljanje memorijom kao i niz drugih poslova vezanih za održavanje sistema, o kojima korisnik i ne mora da bude informisan. U zavisnosti od tipa ugrađenog mikroprocesora ulazni i izlazni sken ciklus izvršavaju se u vremenu reda milisekundi (od 0.25ms do 2,56ms). Trajanje programskog skena, svakako zavisi od veličine programa.



Sl. 2-2 Razmena podataka za vreme sken ciklusa.

2.2 Osnovne karakteristike procesorskog modula

Kao što je već rečeno procesorski modul sadrži centralnu procesorsku jedinicu (*CPU*) i memoriju. Centralna jedinica obuhvata aritmetičko-logičku jedinicu (*ALU*), registre i upravljačku jedinicu. U funkcionalnom smislu centralna jedinica se bitno ne razlikuje od centralne jedinice bilo kog mikroračunara opšte namene. Osnovna razlika se ogleda u skupu naredbi koji je odabran tako da se zadovolje osnovni zahtevi u pogledu korišćenja PLC-a. Osnovne karakteristike procesorskog modula izražavaju se preko sledećih elemenata.

Memorija(RAM) - je okarakterisana svojom veličinom, mogućnošću proširenja i konfigurisanja za smeštanja programa ili podataka.

U/I tačke - su okarakterisane najvećim brojem lokalnih U/I adresa koje podržava procesor u toku ulaznog i izlaznog skena, kao i mogućnošću proširenja preko **udaljenih U/I**. (Pod udaljenim U/I podrazumeva se posebna šasija koja sadrži U/I module koji razmenjuju podatke sa PLC-om).

Komunikacione opcije - odnose se na raznovrsnost uređaja za spregu (komunikacionog interfejsa) koji podržavaju različite topologije mreža i različite komunikacione protokole.

Opcije trajnog pamćenja - odnose se na raspoloživost različitih tipova memorijskih EPROM modula koji obezbeđuju trajno pamćenje podataka.

Performasa - se specificira preko *vremena programskog skeniranja* potrebnog za 1Kbajt programa, preko *vremena* potrebnog za *ulazni i izlazni sken*, kao i *vremena izvršavanja jedne bit naredbe*.

Programiranje - se specificira u odnosu na broj različitih mašinskih naredbi, kao i na vrstu raspoloživih programskih jezika.

2.3 SLC 500 Procesorski modul

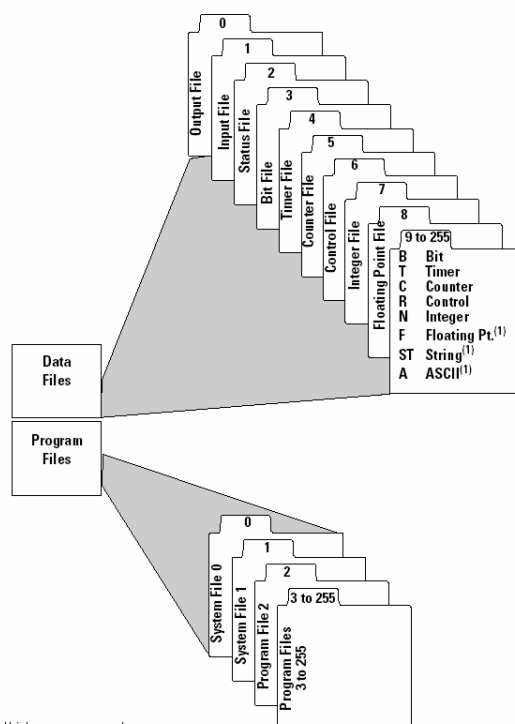
U tabeli T. 1 dat je pregled osnovnih karakteristika procesora SLC 5. Oznaka “*UP*” odnosi se na “*naredbe korisničkog programa*”, dok je sa “*DW*” označena “*podatak dužine jedne reči*”.

T. 1 Osnovne karakteristike procesorskog modula SLC 5.

Specifikacija	SLC 5/01	SLC 5/02	SLC 5/03	SLC 5/04
Memorija	1K UI ili 4K DW 4K UI ili 16K DW	4K UI ili 16K DW	12K UI i 4K DW	12K UI i 4K DW 28K UI i 4K DW 60K UI i 4K DW
Localni U/I	256 digitalnih	480 digitalnih	960 digitalnih	960 digitalnih
Udaljeni U/I	nema	Kapacitet zavisi od vrste napajanja i veličine programske memorije - najviše može biti 4096 ulaza i 4096 izlaza -		
Trajno pamćenje	EEPROM ili UVPROM	EEPROM ili UVPROM	Fleš EPROM	Fleš EPROM
Tipično vreme programskog skeniranja	8 ms/K	4.8 ms/K	1 ms/K	0.9 ms/K
Izvršavanje bit naredbe	4 μs	2.4 μs	.44 μs	.37 μs
Broj mašinskih naredbi	52	71	99	99

2.4 Organizacija memorije

Operativni sistem PLC kontrolera, koji realizuje sken cikluse, upravlja i zauzećem RAM memorije, koja je organizovana na poseban način. U principu, RAM memorija se deli na *program files (programske datoteke)* i *data files (datoteke podataka)* Sl. 2-3. Skup programa i datoteka podataka koje su formirane za jednu aplikaciju čini *processor file (procesorsku datoteku)*. Ona sadrži sve naredbe, podatke i specifikaciju modula koji su relevantni za datu aplikaciju, odnosno korisnički program. Procesorska datoteka čini jednu celinu koja se može prenositi sa jednog procesorskog modula na drugi. To zapravo znači da se jedna aplikacija može razviti na jednom sistemu i zatim u celini preneti i koristiti na drugom sistemu.



(1) SLC 5/03 and higher processors only.

Sl. 2-3 Organizacija memorije PLC kontrolera.

2.4.1 Programske datoteke

Programske datoteke sadrže informacije o samom kontroleru, glavni korisnički program i potprograme. Svaka aplikacija (procesorska datoteka) mora da ima sledeće tri programske datoteke:

System Program – sistemski program (file 0) - sadrži različite informacije o samom sistemu kao što su tip procesora, konfiguracija U/I modula, ime procesorske datoteke, lozinku i niz drugih relevantnih podataka.

Reserved – datoteka rezervisna za potrebe operativnog sistema (file 1)

Main Ladder Program – glavni leder program (file 2) – program koji formira sam korisnik i u okviru koga se definiše niz operacija koje SLC treba da izvede.

Subroutine Ladder Program - potprogrami (file 3 - 255) – korisnički potprogrami koji se aktiviraju u skladu sa naredbama za njihovo pozivanje koje se nalaze u glavnom programu.

2.4.2 Datoteke podataka

Datoteke podataka sadrže podatke koji se obrađuju pomoću naredbi leder programa. Pri tome se pod pojmom *podaci* podrazumevaju konvertovane (numeričke) vrednosti signala koji se preko ulazno/izlaznih modula unose u kontroler, ili se iz kontrolera prenose na izlazne uređaje, kao i interne promenljive koje se koriste kao operandi u različitim operacijama.

Datoteke podataka organizovane su u skladu sa tipom promenljivih koje sadrže. To zapravo znači da jedna datoteka sadrži samo jedan tip (vrstu) podataka. Jedna procesorska datoteka može da ima najviše 256 datoteka podataka.

2.4.2.1 Tipovi promenljivih i datoteka

Osnovna karakteristika datoteke podataka je njen *tip*. Kao što je već istaknuto tip datoteke, zapravo ukazuje na vrstu promenljivih koje se u njoj pamte. To nadalje podrazumeva da tip datoteke ujedno određuju i njenu organizaciju, koja zavisi od vrste podatka i usvojenog načina za njegovo prikazivanje u računaru.

Datoteka se označava pomoću *rednog broja*, koji jednoznačno određuje mesto te datoteke u nizu datoteka podataka koje se nalaze u procesorskoj datoteci i *slova* kojim se identifikuje tip datoteke. Prvih devet datoteka imaju unapred definisan tip koji ne može da se menja. Tipove preostalih datoteke korisnik sam odabira i definiše u skladu sa aplikacijom koju razvija.

File 0 – Tip O - output (izlaz) – sadrži *sliku izlaza*; sadržaj datoteke se prenosi na izlazne linije za vreme izlaznog skena.

File 1 – Tip I - input (ulaz) - sadrži *sliku ulaza*; u ovu datoteku se za vreme ulaznog skena smeštaju vrednosti sa ulaznih linija.

File 2 – Tip S - status - sadrži podatke vezane za rad kontrolera.

File 3 – Tip B - bit – sadrži interne promenljive *bit* tipa.

File 4 – Tip T - timer (časovnik) - sadrži podatke koji se koriste za interne *časovnike*.

File 5 – Tip C - counter (brojač) - sadrži podatke koji se koriste za interne *brojače*.

File 6 – Tip R - control (upravljanje) – sadrži dužinu, položaj pokazivača i bitove statusa za određene naredbe kao što su naredbe za pomeranje sadržaja registara i sekvenci.

File 7 – Tip N - integer (celobrojna) – sadrži podatke celobrojnog tipa.

File 8 – Tip F - floating point (realna) - sadrži podatke predstavljene u formatu pokretnog zareza kao 32-bit brojeve u opsegu ($\pm 1.1754944e-38$ to $\pm 3.40282347e+38$).

File 9 do file 255 – Tip definiše korisnik - *korisničke datoteke* – ove datoteke definiše korisnik kao datoteke tipa **B, T, C, N**.

Za procesore tipa *SLC 5/03 i SLC 5/04* korisnik može da definiše i datoteke tipa **F, St - string, A - ASCII**. Pored toga *datoteka 9* se može koristiti i kao *komunikacioni interfejs*.

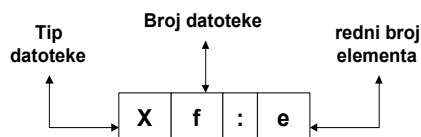
Specijalni U/I moduli imaju takođe memoriju u kojoj se, pored ostalog, nalaze i njima pridružene datoteke. One se označavaju kao **M0 i M1 files**, i njihova organizacija zavisi od specifičnosti pojedinog modula.

2.4.2.2 Elemenat datoteke

Osnovna jedinica datoteke je jedan *element*. Svaki elemenat se sastoji iz nekoliko *16-bitnih reči*. Broj reči koje čine jedan element zavisi od tipa datoteke, odnosno vrste podataka koji se u nju smeštaju.

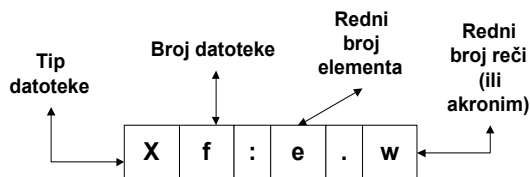
Kao što je već istaknuto, podaci koji su smešteni u datotekama predstavljaju operande (promenljive) koje se koriste u pojedinim programskim naredbama. Ove promenljive se u programu pozivaju preko svojih simboličkih imena koja predstavljaju *logičke adrese*. Pri tome, adrese omogućavaju da se pozove ne samo elemenat u celini, već i njegov deo. To znači da se mogu adresirati pojedine reči u okviru elementa ili pojedini bitovi u okviru reči. Budući da su podaci u izvesnom smislu hijerarhijski organizovani: 1 elemenat sadrži nekoliko reči, a 1 reč 16 bitova, to su i odgovarajuće adrese struktuirane po istom hijerarhijskom principu. Pojedine reči i bitovi u nekim datotekama imaju i pridružene akronime, što dodatno olakšava njihovo korišćenje.

- *Adresa elementa* – u principu, svaki element u okviru datoteke se identifikuje pomoću njegovog relativnog položaja u odnosu na početak datoteke (nulti, prvi, drugi, ... element). U skladu sa time adresa elementa ima izgled kao na Sl. 2-4.



Sl. 2-4 Adresa elementa.

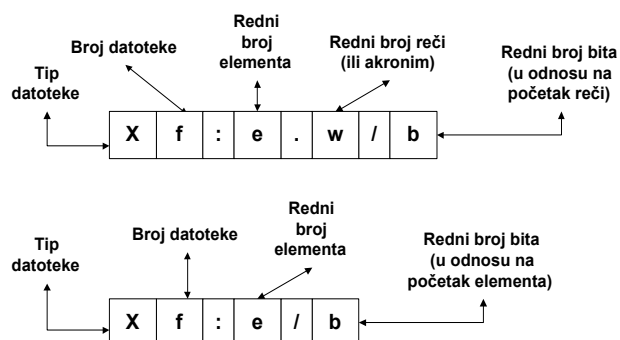
- *Adresa reči* – jedna reč elementa se identifikuje ili pomoću relativnog položaja te reči u okviru elementa, ili pomoću posebnog akronima (ukoliko je isti definisan). Format adrese jedne reči prikazan je na Sl. 2-5.



Sl. 2-5 Adresa reči

- *Adresa bita* – Jedan bit u okviru reči identifikuje se ili preko njegovog relativnog položaja

u okviru te reči (*nulti, prvi, drugi, ... bit brojano s desna u levo*) ili preko relativnog položaja u odnosu na početak odgovarajućeg elementa kome pripada reč čiji se bit adresira (Sl. 2-6).



Sl. 2-6 Adresa bita.

Dužine elemenata u pojedinim datotekama date su u tabeli T. 2. Potrebno je istaći da se teorijski u svakoj datoteci mogu adresirati i element u celini i njegove reči i bitovi. U tabeli T. 2 su, međutim, navedene samo one adrese koje sa aspekta vrste podatka i načina organizacije datoteke imaju smisla. Podrazumeva se pri tome da je:

- *adresirani bit* $0 \leq b \leq 15$
- *adresirni element* $0 \leq e \leq 255$

Može se uočiti da su iz tabeli izostavljene ulazne i izlazne datoteke (I i O). Ovo je učinjeno zato što one donekle odstupaju od navedenog pravila. Naime, kao što će se kasnije videti, kod ovih datoteka elementi mogu biti dužine od jedne ili dve reči, što zavisi od tipa U/I modula. Element ovih datoteka je zapravo određen slotom u šasiji u koji se modul postavlja.

T. 2 Veličine elemenata pojedinih datoteka

Tip datoteke	Dužina elementa	Adresira se
B, N, A	1 reč	bit "b" - Xf:e/b ; element "e" - Xf:e
F	2 reči	element "e" - Xf:e
T, C, R	3 reči	bit "b" u reči 0- Xf:e.0/b ; (indikator stanja su bitovi reči 0) reč "w" - Xf:e.w ; $w = \{1,2\}$, promenljive su u rečima 1 ili 2
St	42 reči	bit "b" u reči "w" - Xf:e.w/b reč "w" - " - Xf:e.w ; $0 \leq w \leq 41$ element "e" - Xf:e

U cilju ilustracije organizacije datoteka posmatrajmo *binarnu datoteku* – *bit file*. Maksimalna veličina ove datoteke iznosi 256 elemenata. Svaki element je jedna 16-bitna reč, što znači da ova datoteka može imati najviše 4096 bitova. U skladu sa izloženim

načinima adresiranja, jedan bit može biti adresiran pomoću rednog broja elementa (0 - 255) i rednog broja bita u okviru elementa (0 – 15) ili pomoću rednog broja bita u okviru datoteke (0 – 4095), kao što je to ilustrovano u tabeli T. 3. Bit označen sa X je jedanaesti bit u drugom elementu, odnosno četrdesetčetvrti bit u celoj datoteci. Prema tome njegova adresa je B3:2/11 ili B3/44. Iz tabele se takođe vidi da je moguće da se adresira i ceo element ove datoteke.

T. 3 - Datoteka 3 – Bit

Adresa elementa	Adrese pojedinih bitova	Data file 3 – Bit file															
		bitovi															
		15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
B3:0	B3:0/0 ... B3:0/15 B3/0 ... B3/15																
B3:1	B3:1/0 ... B3:1/15 B3/16 ... B3/31																
B3:2	B3:2/0 ... B3:2/15 B3/32 ... B3/47					X											
B3:3	B3:3/0 ... B3:3/15 B3/48 ... B3/63																
.	.																
.	.																
.	.																
B3:255	B3:255/0 ... B3:255/15 B3/4080 ... B3/4095																

Potrebno je da se zapazi da će u svakoj datoteci tipa *bit* koju korisnik sam definiše adrese biti iste, s tim što će se umesto *broja datoteke* (3) staviti broj koji korisnik pridružuje svojoj datoteci (9 - 255).

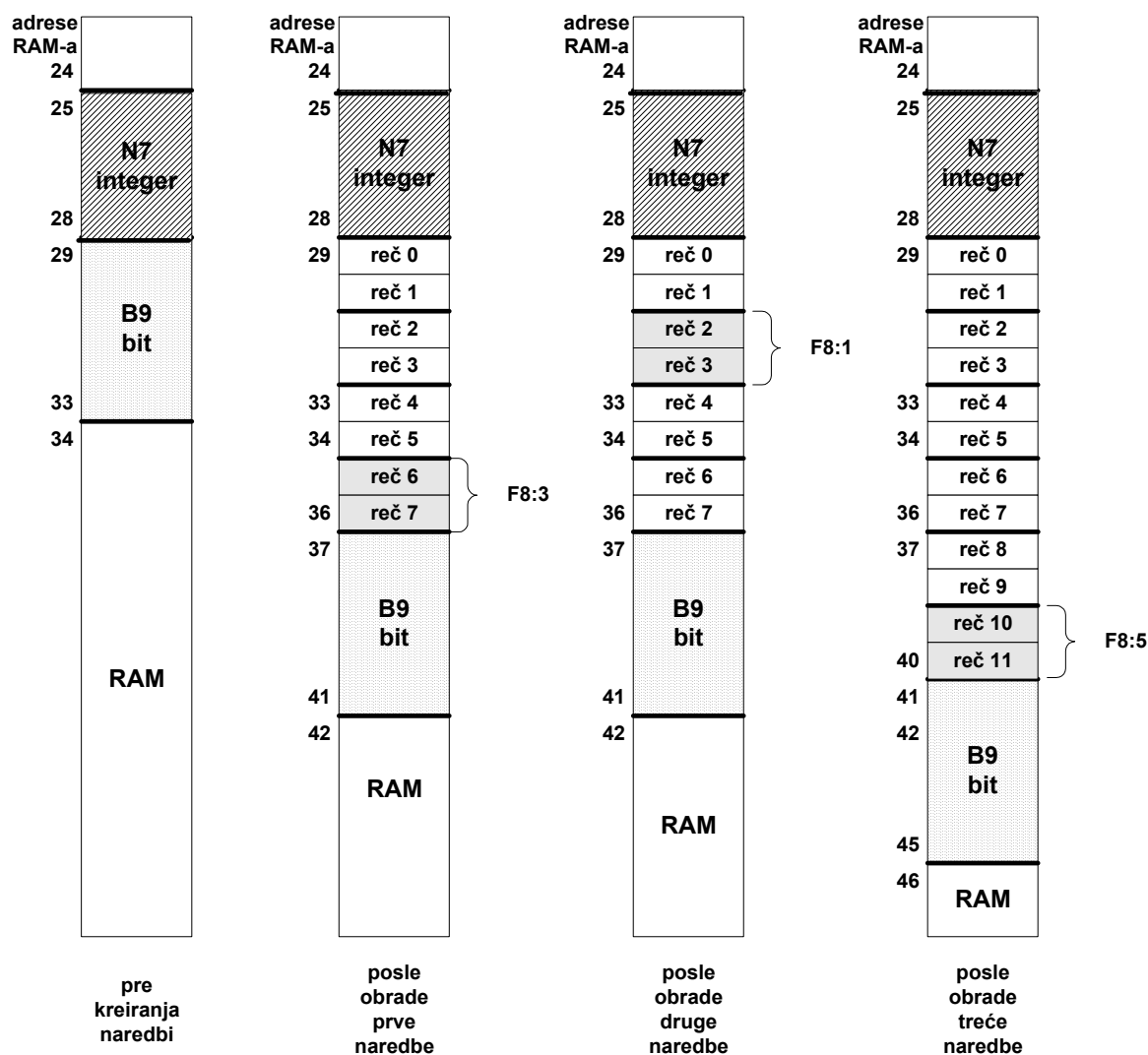
O organizaciji ostalih datoteka biće reči kasnije kada se budu opisivali moduli ili funkcije koje su sa njima povezane.

2.4.2.3 Kreiranje datoteke i zauzeće memorije

Jedna datoteka podataka zauzima memorijski prostor koji obuhvata niz susednih reči. Broj reči koje zauzima jedna datoteka određen je najvećom adresom elementa te datoteke koji se koristi u programskim naredbama. Naime, sa izuzetkom *datoteke statusa S*, koja se kreira automatski, sve ostale datoteke podataka ne postoje a priori same po sebi, već se formiraju u toku kreiranja programa i to navođenjem odgovarajuće adrese u programu. Prvo navođenje broja datoteke inicijalizuje njeno kreiranje. Pri tome tip datoteke koji je naveden u adresi određuje broj reči koje se pridružuju jednom elementu, dok adresa elementa određuje niz konsektivnih elemenata za koje se u memoriji rezerviše prostor. Taj niz počinje od nule, a završava se sa adresom elementa koja je navedena u naredbi. Ako se kasnije pojavi veća adresa elementa iste datoteke onda se prethodno rezervisani prostor proširi tako da uključi i tu adresu.

Predpostavimo da se u programskim naredbama pojavljuju redom adrese operanada F8:3, F8:1 i F8:5. U tom slučaju, pri kreiranju prve naredbe rezervisaće se memorijski prostor za datoteku 8 i zauzeti ukupno 8 reči (elementi 0,1,2 i 3 ; svaki element po dve reči). Kada se kasnije naiđe na adresu F8:1, ona neće prouzrokovati nikakve promene u zauzeću memorije, jer je memorijski prostor za taj element već zauzet. Međutim, adresa F8:5, dovešće do povećanja zauzetog prostora na ukupno 12 reči (6 elemenata), kao što je to ilustrovano na Sl. 2-7. Ovde je takođe predpostavljeno da su pre nailaska na pomenute tri naredbe, nekim drugim naredbama već kreirane datoteka N7 i korisnička datoteka 9, kojoj je pridružen tip B.

Potrebno je da se istakne da veličina datoteke nije određena stvarnim brojem elemenata koji se koriste, već najvećem adresom. U posmatranom primeru se tako koriste samo tri elementa datoteke 8, ali je zauzet prostor za 6 elemenata. To nadalje znači, da se pažljivim izborom adresa elemenata može ostvariti ušteda u zauzetom memorijskom prostoru.

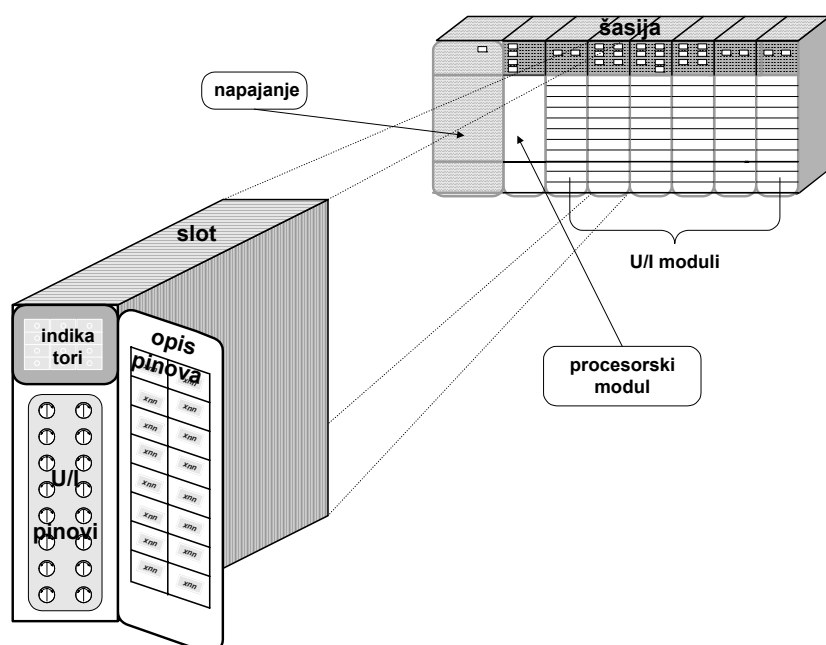


Sl. 2-7 Promena zauzeća RAM memorije pri kreiranju naredbi

Kao što je već rečeno, dozvoljeno je kreiranje najviše 256 datoteka podataka. Samo se po sebi razume da će broj kreiranih datoteka zavistiti od promenljivih koje korisnik definiše u programu. Pri tome sve kreirane datoteke ređaju se u nizu jedna iza druge. U formiranoj aplikaciji, datoteke podataka zauzimaju jedan neprekidan memorijski prostor. Redni brojevi ovih datoteka poređani su u rastućem nizu, ali ne moraju da čine kontinualni niz.

3 Diskretni U/I moduli

Uprkos činjenici da diskretni senzori i aktuatori koji se nalaze na nekom procesu ili postrojenju mogu imati veoma različite tehničke karakteristike, zahtev koji se postavlja pri njihovom vezivanju za kontroler je uvek isti. Naime, od kontrolera se očekuje da obezbedi konverziju digitalnog (binarnog) signala koji dolazi sa senzora u numeričku vrednost 0 ili 1 i da taj podatak smesti kao jedan *bit* na odgovarajuće mesto u memoriji, ili da očita numeričku vrednost (sadržaj) nekog bita u memoriji, da ga konvertuje u binarni signal koji se vodi na aktuator. Ova činjenica omogućila je projektovanje i izradu tipiziranih U/I kola koja su u stanju da obrađuju gotovo sve signale koji se sreću kod industrijske merne opreme i izvršnih organa. Pored toga, nekoliko U/I kola su grupisana zajedno i čine *Diskretni U/I modul*, čija veza sa kontrolerom se ostvaruje jednostvanimo ubacivanjem u odgovarajući slot na šasiji.



Sl. 3-1 Digitalni U/I modul.

Izgled tipičnog U/I modula prikazan je na Sl. 3-1. Na prednjoj ploči U/I modula nalazi se određeni broj pinova (*terminal points*) za koje se vezuju izlazi sa mernih instrumenata, odnosno ulazi u izvršne organe. Svaki pin je zapravo ulazna ili izlazna tačka odgovarajućeg kola za spregu sa kontrolerom. U skladu sa time svaki pin se identifikuje svojim *tipom* (ulaz ili izlaz) i *brojem* koji određuje položaj U/I kola u okviru modula, i koji zapravo predstavlja *adresu* pina. Opis pinova dat je na unutrašnjoj strani vrata na modulu. Pored U/I pinova, na prednjoj ploči modula nalaze se i pinovi koji su interno povezani sa napajanjem (DC ili AC), sa zajedničkom (nultom) tačkom i sa zemljom. Način sprežanja pojedinog uređaja sa modulom zavisi od specifičnosti samog uređaja, kao i karakteristika modula, detaljna šema sprege vezivanja data je uz svaki modul.

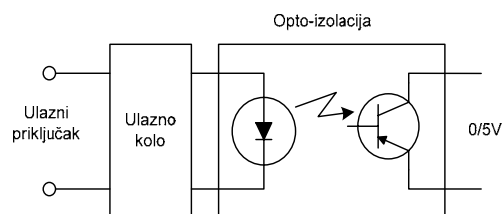
Za vreme rada U/I modula, stanje svakog pina se prikazuje na odgovarajućem LED indikatoru. Indikator koji je povezan sa ulaznim pinom svetli ako je ulazni signal u stanju logičke jedinice. Indikator povezan sa izlaznim pinom svetli ako je, kao rezultat obrade programa, na izlazni pin postavljena logička jedinica.

Postoje tri tipa U/I modula: *ulazni*, *izlazni* i *kombinovani ulazno/izlazn modul*. Oni se izrađuju sa različitim gustinama pinova (4, 8, 16 i 32 pina po modulu) i mogu se sprežati sa AC, DC i TTL naponskim nivoima.

Kao što se vidi na Sl. 3-1 U/I moduli se smeštaju u slotove na šasiji. Maksimalni broj modula koji se može direktno povezati sa jednim kontrolerom, zavisi od veličine šasije i broja slobodnih slotova. Budući da svaki slot ima svoju adresu unutar šasije, to znači da je samim stavljanjem modula u slot određena i njegova adresa. Konačno, kao što je već istaknuto, i svaki pin unutar jednog modula ima svoju adresu. U skladu sa time svaki pin ima u okviru kontrolera *jedinstvenu adresu*, koja je određena *adresom slota* u koji se modul postavlja i *adresom pina* unutar modula. Potrebno je da se naglasi da je adresa pina određena automatski stavljanjem modula u šasiju kontrolera i da se ne može programski menjati.

3.1 Diskretni ulazni moduli

Ulazni modul PLC kontrolera obavljaju sledeća dva osnovna zadatka: (1) prihvataju ulazne signale iz spoljnog sveta i (2) štite logičku jedinicu od spoljnog sveta. Ulazni modul konvertuje logičke nivoe napona iz spoljnog sveta u logičke nivoe koje zahteva logička jedinica.



Sl. 3-2 Princip opto-izolacije.

Za zaštitu logičke jedinice najčešće se koristi opto-izolacija (skraćeno od optička izolacija). Princip opto-izolacije ilustrovan je na Sl. 3-2. Kao što se može videti sa slike, između spoljnog priključka ulaznog modula i logičke jedinice ne postoji električna veza. Signal prisutan na ulazu modula se konvertuje u svetlost. Svetlost obasjava foto-prijemnik koji se pod dejstvom svetlosti uključuje. Komponente koje se koriste za opto izolaciju, a objedinjuju u jednom zalivenom kućištu foto-predajnik (LED) i foto-prijemnik (foto-tranzistor) zovu se *opto-kapleri*.

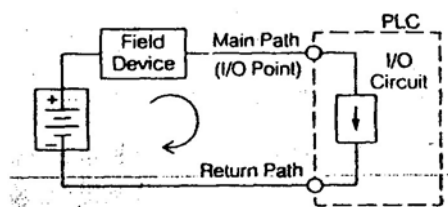
Diskretni ulazni modul sadrže ugrađena kola za eliminaciju treperenja ulaznog signala. Naime, mnogi ulazni uređaji su mehaničke komponente i imaju kontakte. Pri otvaranju ili zatvaranju kontakta električni spoj se ne raskida, odnosno ne uspostavlja, trenutno već se javlja prelazni režim u toku koga se spoj veći broj puta upostavlja/raskida pre nego što se uspostavi konačno stanje. Ova pojava se zove treperenje kontakta i može imati neželjene posledice ukoliko se ne eliminiše, s obzirom da logička jedinica svaki treptaj može protumačiti kao novu aktivaciju ulaznog signala.

Pored jednostavnih mehaničkih prekidača, kao ulazni uređaji često se koriste i senzori. Postoji veliki broj različitih tipova senzora koji se koriste za detekciju prisustva predmeta, brojanje proizvoda, merenje temperature, pritiska, veličine i sl.

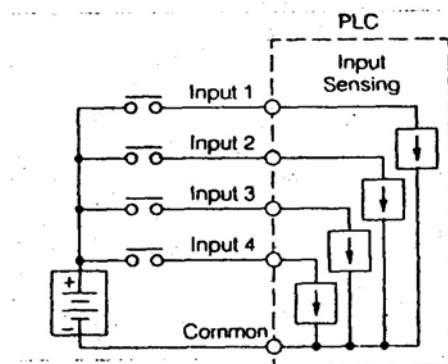
PLC kontroler može razmenjivati proste, digitalne, on/off signale i sa drugim pametnim uređajima, kao što su roboti, računari, sistemi za viziju i sl. Ovi signali se koriste za usklađivanje zajedničkog rada nezavisnih delova sistema. Na primer, robot može da pošalje signal PLC kontroleru u trenutku kada je završio neku operaciju. Po prijemu ovog signala PLC može da aktivira neki drugi uređaj koji nastavlja obradu proizvoda. Ovakav način koordinacije, kada uređaji jedan drugom daju dozvolu za obavljanje neke operacije, a sa

ciljem da se postignu odgovarajuće performanse i obezbedi bezbednost rada, se zove hendšejk (*handshake*). Komunikacija digitalnim (on/off) signalima se zove *primitivna komunikacija*.

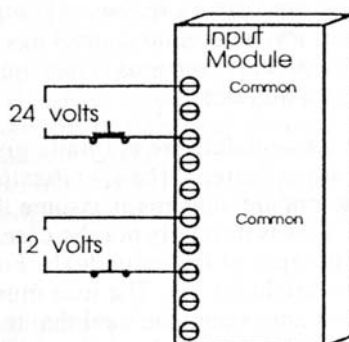
Ulazni moduli, najčešće, zahtevaju eksterno napajanje. Način povezivanja prikazan je na Sl. 3-3. U šemi veze uočava se izvor napajanja, ulazni uređaj (npr. prekidač), ulazni put (priključak preko koga u modul ulazi struja), ulazno kolo modula (ulazni deo opto-izolatora) i povratni put (priključak preko koga struja izlazi iz modula). Kada je prekidač zatvoren, strujno kolo je zatvoreno i struja teče; kada je prekidač otvoren, struja ne teče. Nažalost, ovakav način povezivanja zahteva dva priključka po ulazu. Iz tog razloga većina ulaznih modula poseduje grupu ulaza koji dele zajednički povratni put – COMMON (ili COM) (Sl. 3-4). Neki ulazni moduli imaju više od jedne grupe sa zajedničkim priključkom za napajanje (Sl. 3-5). Niz prekidača je povezan sa ulaznim modulom PLC kontrolera tako što je jedan kraj svakog prekidača povezan sa jednim od signalih ulaza, dok su drugi krajevi svih prekidača međusobno spojeni i posredstvom eksternog izvora napajanja spojeni sa zajedničkim priključkom COM. Ako je potrebno, razdvojeni priključi za napajanje se mogu eksterno kratkospojiti (Sl. 3-6), čime se dobija konfiguracija kao na Sl. 3-4.



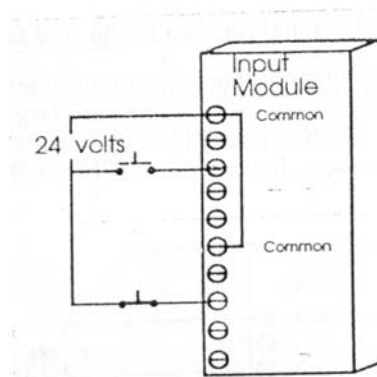
Sl. 3-3 Tipična sprega ulaznog uređaja i ulaznog PLC modula. (*Main path* – ulazni put; *Return path* – povratni strujni put; *Field Device* – ulazni uređaj)



Sl. 3-4 Ulazni PLC modul sa zajedničkim priključkom.



Sl. 3-5 Ulazni modul sa dva zajednička priključka.



Sl. 3-6 Spajanje zajedničkih priključaka.

3.2 Povezivanje digitalnih senzora

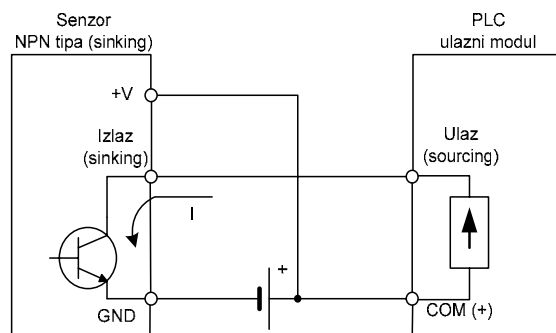
Digitalni senzori/prekidači su raspoloživi u dve varijante: sa normalno-zatvorenim i normalno-otvorenim izlaznim kontaktima. Pojam normalno se odnosi na stanje senzora/prekidača kada on ne detektuje prisustvo objekta, odnosno kada nije pritisnut. Pojmovi zatvoreno i otvoreno se odnose na stanje izlaza senzora/prekidača. Dakle, senzor/prekidač sa normalno-zatvorenim kontaktima je u stanju **on** za sve vreme dok senzor ne detektuje prisustvo objekta, odnosno dok prekidač nije pritisnut, a prelazi u stanje **off** kada senzor detektuje objekat, odnosno kada se prekidač pritisne. Za senzore/prekidače sa normalno-otvorenim kontaktima važi suprotno.

Način povezivanja senzora na ulazni modul PLC kontrolera se donekle razlikuje od načina povezivanja prekidača. Većina senzora poseduje ograničenje u pogledu maksimalne izlazne struje, tj. struje koju može da prihvati izlazni stepen senzora kada je senzor u stanju **on**. Obično, izlazna struja je ograničena na 100mA. To praktično znači da u izlaznom kolu senzora, kada je on priključen na PLC ili neki drugi uređaj mora postojati otpornost koja će ograničiti struju kroz senzor. Ako se senzor vezuje na PLC ovaj uslov je ispunjen jer sam ulaz PLC kontrolera poseduje dovoljno veliku ulaznu otpornost koja u većini slučajeva ograničava struju kroz senzor na prihvatljiv nivo. Ukoliko otpornost ulaza PLC kontrolera nije dovoljno velika, na red sa senzorom treba vezati eksterni otpornik.

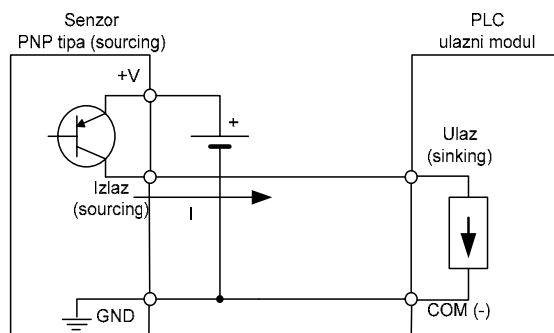
Senzori zahtevaju napajanje da bi obavljali svoju funkciju, čak i kada nisu aktivirani spoljnom pobudom. Struja koja je neophodna za rad senzora se zove *struja curenja*. S obzirom da se struja curenja protiče kroz ulazno kolo PLC modula, može se desiti da izazove aktiviranje ulaza PLC kontrolera. Struja curenja je mala i obično nije veća od 2mA i u većini slučajeva je dovoljno mala tako da ne dolazi do lažnog aktiviranja ulaza PLC kontrolera. Ako ipak postoji mogućnost da se to desi, paralelno sa senzorom treba vezati otpornik.

Pored senzora sa dva izlazna priključka, u upotrebi su i senzori sa tri priključka. Jedan od priključaka je predviđen za napajanje (+V ili GND) dok su druga dva izlazni kontakti senzora. Postoje dva tipa senzora sa tri priključka: NPN i PNP.

Senzora NPN tipa se može predstaviti kao na Sl. 3-7. Kao što se može videti, kod senzora NPN tipa, struja izlazi iz ulaznog priključka PLC modula (*sourcing* tipa) i ulazi u senzor kroz izlazni priključak senzora (zato se kaže i da je senzor *sinking* tipa). Sprema senzor PNP tipa sa PLC modulom prikazana je na Sl. 3-8. U ovom slučaju, struja izlazi iz izlaznog priključka senzora (zato se kaže i da je senzor *sourcing* tipa) i ulazi u ulazni priključak PLC modula, koji je *sinking* tipa.



Sl. 3-7 Povezivanje senzora NPN tipa na ulazni PLC modul.



Sl. 3-8 Povezivanje senzora PNP tipa na ulazni PLC modul.

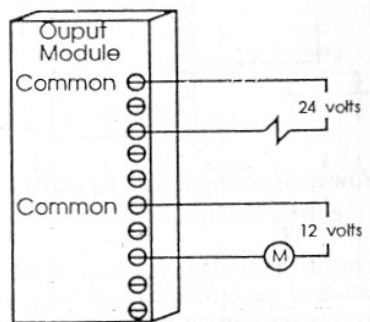
3.3 Diskretni izlazni moduli

Digitalni (ili diskretni) izlazni modul obezbeđuje spregu PLC kontrolera i izlaznih uređaja koji zahtevaju on/off upravljanje. Digitalni izlazni moduli funkcionišu kao prekidači. Izlazni uređaji mogu biti: starteri motora, svetiljke, relei, solenoidi i sl. Digitalni izlazni moduli, u zavisnosti od tipa, mogu generisati DC (jednosmeran) ili AC (naizmeničan) napon. Izlazni moduli su dostupni u konfiguracijama od po 8, 16 i 32 izlaza.

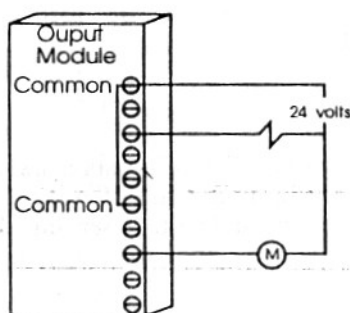
Važan parametar u specifikaciji izlaznog modula je maksimalna izlazna struja, koja se uobičajeno navodi kao maksimalna struja celokupnog modula i maksimalna struja po jednom izlazu, pri čemu je obično ukupna maksimalna struja manja od zbira maksimalnih struja pojedinačnih izlaza. Na primer, maksimalna struja pojedinačnog izlaza može biti ograničena na 1A, a maksimalna ukupna struja na 5A.

Svaki izlaz izlaznog modula je zaštićen posebnim osiguračem. Kod mnogih modula postoji svetlosna indikacija pregorelog osigurača.

Digitalni izlazni moduli obično imaju više od jednog priključka za masu. To omogućava korišćenje različitih naponskih nivoa na istom modulu (Sl. 3-9). Korisnik može krakospojiti ove priključke, ali je onda ograničen na korišćenje samo jednog eksternog izvora napajanja (Sl. 3-10).

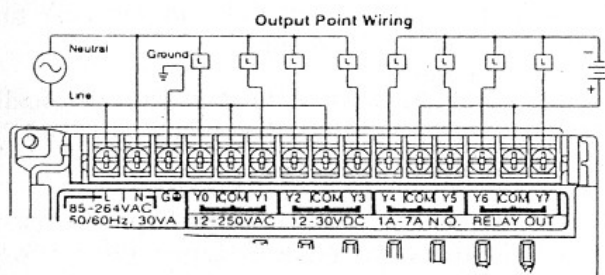


Sl. 3-9 Digitalni izlazni modul sa dva zajednička priključka.

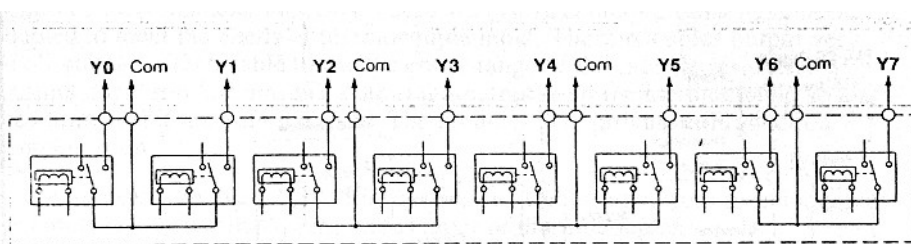


Sl. 3-10 Kratkospojeni zajednički priključci.

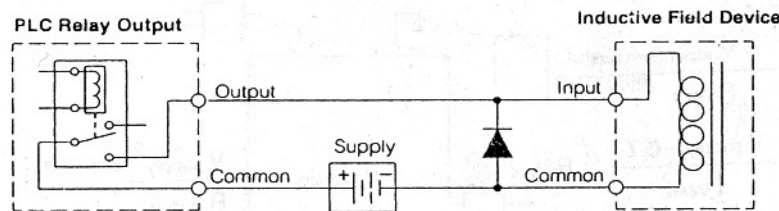
Izlazni stepen digitalnog izlaznog modula se realizuje pomoću: tranzistora, triaka ili relea. Tranzistorski izlazi se koriste za DC (jednosmerne) izlaze. Triaci se koriste za AC (naizmenične) izlaze, dok se releini izlazi mogu koristiti kako za DC tako i za AC izlaze. Šta više, kod modula sa releinim izlazima, pojedini izlazi mogu imati DC, a drugi AC pobudu (Sl. 3-11). Na (Sl. 3-12) je prikazana struktura releinog izlaznog stepena. U slučajevima kada se releini izlaz povezuje sa inductivnim opterećenjem, izlazi bi trebali biti zaštićeni diodama kako bi se produžio životni vek kontakta relea. Naime, prilikom uključanja/isključanja izlaza dolazi do pojave naponskih pikova na krajevima inductivnog opterećenja (kontra-elektromotorna sila) koji mogu izazvati varničenje kontakta izlaznog relea. Ugradnom diode, na način kao na (Sl. 3-13), ovi pikovi se eliminišu.



Sl. 3-11 Primena digitalnog izlaznog modula sa relejinim izlazima. (*L* - opterećenje)

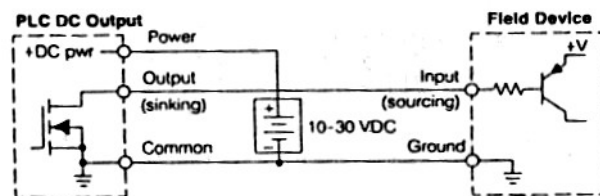


Sl. 3-12 Relejni izlazni stepen.

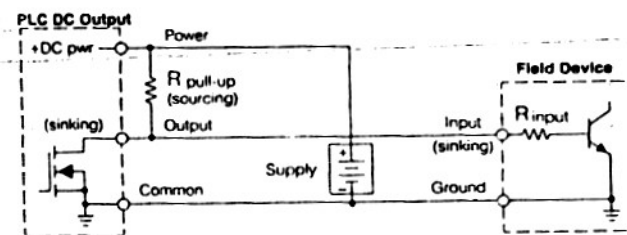


Sl. 3-13 Sprega induktivnog opterećenja na izlazni digitalni modul.

Na Sl. 3-14 i Sl. 3-15 prikazano je kako se tranzistoriski izlaz povezuje sa izlaznim uređajem čiji je ulaz PNP, odnosno NPN tipa. Kao što se vidi tranzistoriski izlaz je tipa otvoreni drejn, što znači da u slučaju pobude uređaja NPN tipa mora biti ugrađen eksterni *pull-up* otpornik kako bi se obezbedila struja pobude kada je izlazni tranzistor zakočen. Važno je pravilno dimenzionisati *pull-up* otpornik. Ako *pull-up* otpornik isuviše velike otpornosti, struja pobude može biti nedovoljna za pobudu ulaza priključenog uređaja. Sa druge strane, ako *pull-up* otpornik ima malu otpornost, disipacija na otporniku kada je izlazni tranzistor provodan biće velika.



Sl. 3-14 Sprega izlaznog PLC modula *sinking* (NPN) tipa i izlaznog uređaja *sourcing* (PNP) tipa.



Sl. 3-15 Sprega izlaznog PLC modula *sourcing* (PNP) tipa i izlaznog uređaja *sourcing* (NPN) tipa.

3.4 SLC 500 diskretni U/I moduli

Seriya diskretnih ulaznih i izlaznih moduli predviđenih za spregu sa PLC kontrolerima tipa SLC 500 nosi oznaku 1746 i sadrži 39 različitih jedinica. Moduli iz ove serije imaju 4, 8, 16 ili 32 ulaza/izlaza. Postoje varijante sa AC, DC ili TTL ulaznim električnim interfejsima. Moduli obezbeđuju ulazno filtriranje, optičku izolaciju. Dostupni su ulazni moduli sa ulazima *sourcing* ili *sinking* tipa. Postoje varijante izlaznih modula sa tranzistorskim AC, tranzistorskim DC i releinim izlazima. Takođe, ova serija diskretnih modula sadrži i kombinovane ulazno-izlazne module sa po 2-ulaza/2-izlaza, 4-ulaza/4-izlaza i 6-ulaza/6-izlaza. Na Sl. 3-16 dat je pregled diskretnih modula serije 1746.

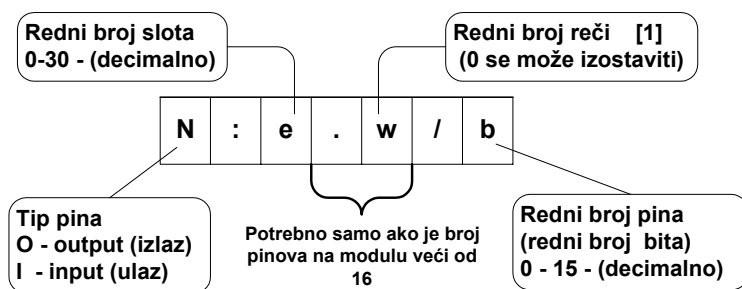
ID Code	Voltage Category	Cat. No.	Input/Output	I/O Points	Module Description
AC Modules					
100	100/120V ac	1746-IA4	Input	4	120V ac Input Module
300	100/120V ac	1746-IA8	Input	8	120V ac Input Module
500	100/120V ac	1746-IA16	Input	16	120V ac Input Module
101	200/240V ac	1746-IM4	Input	4	240V ac Input Module
301	200/240V ac	1746-IM8	Input	8	240V ac Input Module
501	200/240V ac	1746-IM16	Input	16	240V ac Input Module
2703	100/120V ac	1746-OA8	Output	8	120/240V ac Output Module
2903	100/120V ac	1746-OA16	Output	16	120/240V ac Output Module
2803	120/240V ac	1746-OAP12 ^①	Output	12	High Current 120/240V ac Output Module
DC Modules					
306	24V dc	1746-IB8	Input	8	Current Sinking DC Input Module
506	24V dc	1746-IB16	Input	16	Current Sinking DC Input Module
706	24V dc	1746-IB32 ^①	Input	32	Current Sinking DC Input Module
519	24V dc	1746-ITB16	Input	16	Fast Response DC Sinking Input Module
509	48V dc	1746-IC16	Input	16	Current Sinking DC Input Module
507	125V dc	1746-IH16	Input	16	Current Sinking DC Input Module
320	24V dc	1746-IV8	Input	8	Current Sourcing DC Input Module
520	24V dc	1746-IV16	Input	16	Current Sourcing DC Input Module
720	24V dc	1746-IV32 ^①	Input	32	Current Sourcing DC Input Module
518	24V dc	1746-ITV16	Input	16	Fast Response DC Sourcing Input Module
515	5V dc/TTL	1746-IG16 ^②	Input	16	Current Sourcing TTL Input Module
2713	24V dc	1746-OB8	Output	8	Current Sourcing DC Output Module
2913	24V dc	1746-OB16	Output	16	Current Sourcing DC Output Module
2920	24V dc	1746-OB16E ^{①③}	Output	16	Current Sourcing DC Output Module
3113	24V dc	1746-OB32 ^①	Output	32	Current Sourcing DC Output Module
2721	24V dc	1746-OBP8 ^③	Output	8	High Current Sourcing DC Output Module
2921	24V dc	1746-OBP16 ^①	Output	16	High Current Sourcing DC Output Module
2714	24V dc	1746-OV8	Output	8	Current Sinking DC Output Module
2914	24V dc	1746-OV16	Output	16	Current Sinking DC Output Module
3114	24V dc	1746-OV32 ^①	Output	32	Current Sinking DC Output Module
2922	24V dc	1746-OVP16 ^①	Output	16	High Current Sinking DC Output Module
2915	5V dc/TTL	1746-OG16 ^②	Output	16	Current Sinking TTL Output Module

ID Code	Voltage Category	Cat. No.	Input/Output	I/O Points	Module Description
AC/DC Modules					
510	24V ac/dc	1746-IN16	Input	16	24V ac/dc Input Module
2500	AC/DC Relay	1746-OW4 ^①	Output	4	Relay (Hard Contact) Output Module
2700	AC/DC Relay	1746-OW8 ^①	Output	8	Relay (Hard Contact) Output Module
2900	AC/DC Relay	1746-OW16 ^①	Output	16	Relay (Hard Contact) Output Module
2701	AC/DC Relay	1746-OX8 ^①	Output	8	Isolated Relay Output Module
800	Inputs – 120V ac Outputs – AC/DC Relay	1746-IO4 ^①	Input/Output	2 Inputs 2 Outputs	Combination Input/Output Module
1100	Inputs – 120V ac Outputs – AC/DC Relay	1746-IO8 ^①	Input/Output	4 Inputs 4 Outputs	Combination Input/Output Module
1500	Inputs – 120V ac Outputs – AC/DC Relay	1746-IO12 ^①	Input/Output	6 Inputs 6 Outputs	Combination Input/Output Module

Sl. 3-16 Diskretni ulazni i izlazni moduli iz serije 1746.

3.5 Sprezanje diskretnih U/I modula sa kontrolerom

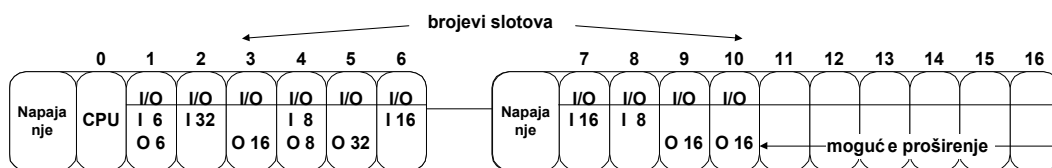
Vrednost binarnog signala koji dolazi na ulazni pin nekog U/I modula očitava se za vreme *ulaznog dela sken ciklusa*. U zavisnosti od toga da li očitana vrednost predstavlja *logičku nulu* ili *jedinicu* formira se odgovarajuća vrednost *bita* (0 ili 1) i upisuje na mesto u *datoteci 0* (*Input image file*) koje odgovara adresi ulaznog pina. Isto tako, vrednost bita koji treba da se prenese na izlazni pin kontrolera kao binarni signal, nalazi se u *datoteci 1* (*output image file*). Za vreme *izlaznog dela sken ciklusa* ova vrednost se očitava, konvertuje u odgovarajući signal i prenosi na izlazni pin čija adresa odgovara mestu u datoteci na kome se nalazi posmatrani bit.



Sl. 3-17 Format adresa binarnih U/I signala.

Svakom modulu koji nema više od 16 pinova pridružuje se po jedna **16-bitna reč** u datoteci 0 odnosno 1. Ako modul ima manje od 16 pinova, onda se ne koriste svi bitovi u pridruženoj reči. Ako modul ima 32 pina, njemu se pridružuju dve susedne 16-bitne reči. Pri tome, koja reč će biti pridružena modulu zavisi od slotu u kome se modul nalazi. Format adresiranja prikazan je na Sl. 3-17.

Da bi se ilistrovao način povezivanja adresa modula sa odgovarajućim datotekama posmatraće se kontroler koji se sastoji iz jedne šasije sa 7 slotova koja je povezana sa šasijom od 10 slotova kao što je to ilustrovano na Sl. 3-18. Kao što se vidi prva šasija sadrži procesorski modul u slotu 0; kombinovani U/I modul sa 6 ulaza i 6 izlaza u slotu 1; ulazni modul sa 32 ulazna pina u slotu 2 itd. U drugoj šasiji koriste se samo prva četiri slotova, dok se preostali slotovine koriste. Struktura datoteka 0 i 1 koje odgovaraju datoj konfiguraciji prikazana je u tabelama T. 4 i T. 5.



Sl. 3-18 Konfiguracija kontrolera.

T. 4 Organizacija datoteke 0

Slot - U/I tip (pinovi)	Adresa reči	Adrese bitova	Data file 0 – Output image													
			bitovi													
			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
1 - out (0-5)	O:1	O:1/0 ... O:1/5	Ne koristi se													
3 - out (0-15)	O:3	O:3/0 ... O:3/15														
4 - out (0-7)	O:4	O:4/0 ... O:4/7	Ne koristi se													
5 - out (0-15)	O:5	O:5/0 ... O:5/15														
5 - out (16-32)	O:5.1	O:5.1/0 ... O:5.1/15														
9 - out (0-15)	O:9	O:9/0 ... O:9/15														
10 - out (0-15)	O:10	O:10/0 ... O:10/15														

T. 5 Organizacija datoteke 1

Slot - U/I tip (pinovi)	Adresa reči	Adrese bitova	Data file 1 – Input image													
			bitovi													
			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
1 - in (0-5)	I:1	I:1/0 ... I:1/5	Ne koristi se													
2 - in (0-15)	I:2	I:2/0 ... I:2/15														
2 - in (16-32)	I:2.1	I:2.1/0 ... I:2.1/15														
4 - in (0-7)	I:4	I:4/0 ... I:4/7	Ne koristi se													
6 - in (0-15)	I:6	I:6/0 ... I:6/15														
7 - in (0-15)	I:7	I:7/0 ... I:7/15														
8 - in (0-7)	I:8	I:8/0 ... I:8/7	Ne koristi se													

Potrebno je da se istakne da su *I* i *O* datoteke jedine dve datoteke kod kojih elementi nisu poredani u neprekidnom nizu i kod kojih su elementi promenljive dužine. U ovom primeru tako posle elementa O:1, kao susedna reč u memoriji nalazi se element O:3. Isto tako posle elementa O:5 koji zauzima dve reči dolazi element O:9 koji zauzima jednu reč. Ovo je, naravno, prirodna posledica činjenice da su redni brojevi elemenata vezani za slotove, a da je njihova dužina određena brojem pinova na modulu. Neophodno je, međutim da se to ima na umu prilikom korišćenja indeksnog adresiranja ili pri radu sa nizovima podataka. Naime, kao što je već istaknuto, kod datoteka ovog tipa indeksna adresa se određuje tako što se baznoj adresi dodaje sadržaj indeksnog registra, pri čemu je pomeraj izražen u *rečima*. To znači da redni broj reči na koju pokazuje indeksni registar ne mora biti, a najčešće i nije jednak rednom broju elementa datoteke.

4 Analogni PLC moduli

4.1 Analogni ulazni moduli

Analogni ulazni moduli prihvataju analognu informaciju sa analognih senzora i konvertuju u digitalnu informaciju za dalju obradu u PLC kontroleru. Zato se zovu i A/D moduli. Postoje dva osnovna tipa A/D modula: sa strujnim i sa naponskim ulazom.

Analogni moduli sa naponskim ulazom dostupni su dve varijante: unipolarni i bipolarni. Unipolarni moduli prihvataju napon jednog polariteta, na primer od 0 do +10V. Bipolarni moduli mogu prihvatiti ulazni napon oba polariteta, na primer od -10V do +10V.

Analogni moduli sa strujnim ulazom, standardno prihvataju struju u opsegu od 4mA do 20mA, pri čemu ulazna struja od 4mA predstavlja najmanju, a ulazna struja od 20mA najveću ulaznu vrednost. (Uočimo da dozvoljeni opseg ulazne struje ne obuhvata 0A. To je učinjeno iz razloga kako bi se omogućila detekcija prekida veze između senzora i ulaznog modula. Ako veza postoji, između senzora i ulaznog modula uvek teče struja veća od 4mA. Ako je veza u prekidu, struje nema.)

Većina analognih ulaznih modula se može konfigurisati od strane korisnika. Konfiguracijom se podešava naponski ili strujni opseg. Postoje moduli i sa naponskim i sa strujnim ulazima, tako da korisnik može koristiti ulaz koji odgovara konkretnoj primeni.

Tipično, A/D moduli za industrijske primene imaju 12-bitnu rezoluciju, što znači da se puni opseg ulaznog napona ili struje preslikava na $4096 (=2^{12})$ digitalnih reči.

Tipično, analogni moduli imaju od jednog do osam nezavisnih analognih ulaza ili kanala.

Dostupni su i analogni moduli specijalne namene, kao što su moduli za spregu sa termoparovima. Radi se o A/D modulu koji je prilagođen za prihvatanje izlaza termopara. Izlazni signal termopara je veoma malog napona, što znači da mora biti pojačan pre nego što se obavi A/D konverzija. Konverzija napona termopara u temperaturu zahteva određene kompenzacije i korekcije, što je takođe funkcija koju obavlja ovaj specijalizovan analogni ulazni modul.

4.2 Analogni izlazni PLC moduli

Namena analognih izlaznih modula je konverzija digitalne izlazne informacije koju generiše PLC kontroler u analogni napon ili struju koja se koristi za upravljanje nekog specifičnog izlazni uređaj. Na primer, analogni izlaz se može koristiti za upravljanje brzinom rotacije motora ili upravljanje strujom kroz grejač. Dostupni su analogni izlazni moduli sa naponskim ili strujnim izlazom. Analogni izlazni moduli generišu signale čiji napon ili struja može biti proizvoljan u okviru fiksnog opsega. Tipičan opseg izlaznog napona je 0 do 10V, a opseg struja 4mA do 20mA.

Pored analognih PLC modula koji su isključivo ulazni ili isključivo izlazni, u upotrebi su i kombinovani analogni U/I moduli, koji poseduju određeni broj analognih ulaza i analognih izlaza (npr. 2 ulaza i 2 izlaza).

4.3 SLC 500 Analogni U/I moduli

Seriya analognih U/I moduli predviđenih za spregu sa PLC kontrolerima tipa SLC 500 nosi oznaku 1746 i sadrži 9 različitih modula:

- NI4 ulazni
- NIO4I, NIO4V, FIO4I i FIO4V ulazno/izlazni moduli
- NO4I i NO4V izlazni moduli
- NT4 ulazni modul za spregu sa termoparom
- NR4 ulazni modul za spregu sa otpornim temperaturnim senzorima (RTD)

Prvo slovo u oznaci modula označava rezoluciju. Moduli sa oznakom N imaju poseduju 16-bitnu, a moduli sa oznakom F 12-bitnu ulaznu (A/D) rezoluciju. Izlazna rezolucija (D/A) kod svih modula je 14-bitna. Drugo, odnosno drugo i treće slovo ukazuju na tip modula: I – ulazni, O- izlazni, IO-ulazno/izlazni modul, T-modul za spregu sa termoparovima, R-modul za spregu sa RTD senzorima. Broj koji sledi ukazuje na broj analognih kanala, koji je kod svih modula iz ove serije 4 (IO moduli imaju 2 ulazna i 2 izlazna kanala). Poslednje slovo ukazuje na tip analognih izlaza: V – naponski analogni izlazi; I – strujni naponski izlazi. Svaki ulazni analogni kanal se može konfigurisati kao naponski (opseg: -10V - +10V) ili strujni ulaz (-20mA - +20mA). Detaljna specifikacija A/D i D/A karakteristika analognih modula iz serije 1746 data je na Sl. 4-1 i Sl. 4-2.

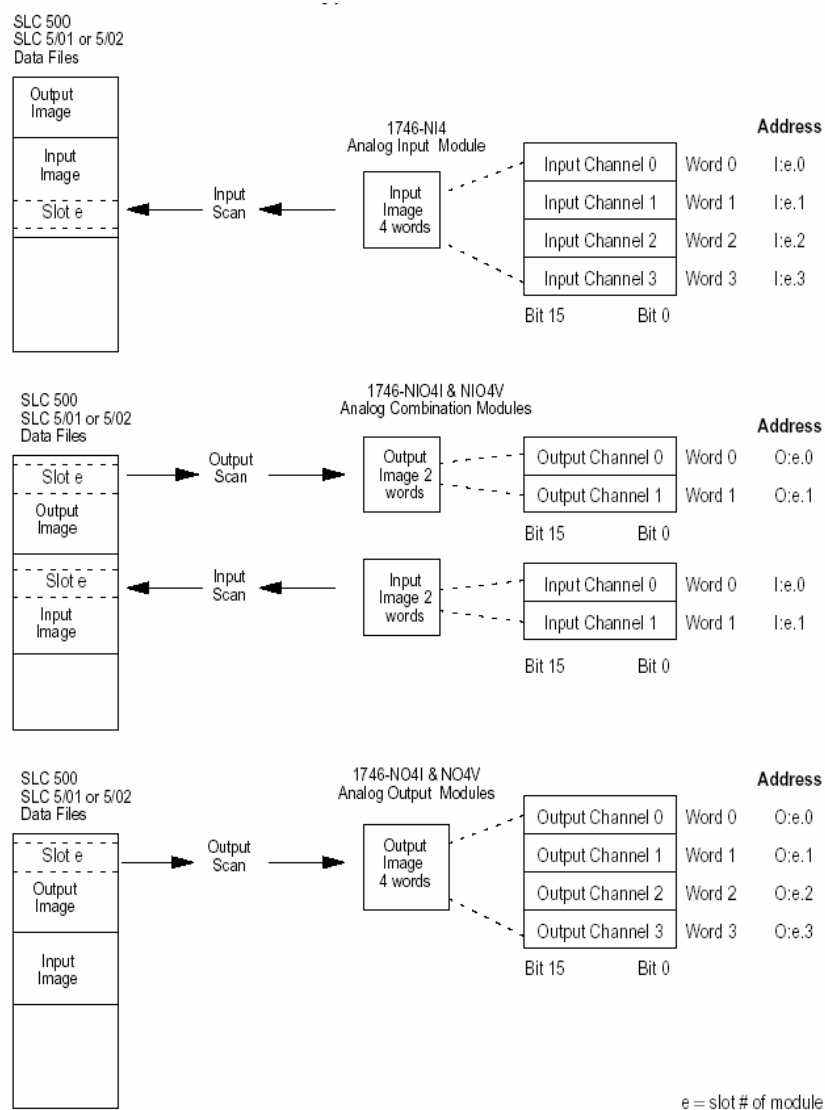
NI4, NIO4I, & NIO4V Input Range	Decimal Range (input image table)	Number of Significant Bits	Nominal Resolution
±10V dc -1 LSB	-32,768 to +32,767	16	305.176 mV/LSB
0 to 10V dc -1 LSB	0 to 32,767	15	
0 to 5V dc	0 to 16,384	14	
1 to 5V dc	3,277 to 16,384	13.67	
±20 mA	±16,384	15	1.22070 mA/LSB
0 to 20 mA	0 to 16,384	14	
4 to 20 mA	3,277 to 16,384	13.67	

FIO4I and FIO4V Input Range	Decimal Range (input image table)	Number of Significant Bits	Nominal Resolution
0 to 10V dc -1 LSB	0 to 4095	12	2.4414 mV/LSB
0 to 5V dc	0 to 2047	11	
1 to 5V dc	409 to 2047	10.67	
0 to 20 mA	0 to 2047	11	9.7656 µA/LSB
4 to 20 mA	409 to 2047	10.67	

Sl. 4-1 A/D karakteristike ulaza analognih modula iz serije 1746. (Značenje kolona: Ulazni opseg, Decimalni opseg, Broj značajnih bita, Nominalna rezolucija).

Module	Output Range	Decimal Range (output image table)	Significant Bits	Resolution
FIO4I	0 to 21 mA - 1 LSB	0 to 32,764	13 bits	2.56348 μ A/LSB
NIO4I	0 to 20 mA	0 to 31,208	12.92 bits	
NO4I	4 to 20 mA	6,242 to 31,2089	12.6 bits	
FIO4V	± 10 V dc - 1 LSB	-32,768 to +32,764	14 bits	1.22070 mV/LSB
NIO4V	0 to 10V dc -1 LSB	0 to 32,764	13 bits	
NO4V	0 to 5V dc	0 to 16,384	12 bits	
	1 to 5V dc	3,277 to 16,384	11.67 bits	

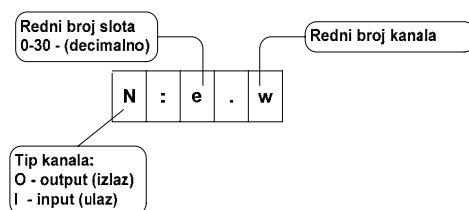
Sl. 4-2 D/A karakteristike izlaza analognih modula iz serije 1746. (Značenje kolona: Modul, Izlazni opseg, Decimalni opseg, Broj značajnih bitova, Rezolucija).



Sl. 4-3 Sprega PLC i analognih modula.

4.4 Sprezanje analognih modula sa kontrolerom

Analogni moduli se ugrađuju u slot reka i direktno su spregnuti sa PLC kontrolerom preko sistemske magistrale. Komunikacija između PLC kontrolera i analognih modula je pod kontrolom operativnog sistema i obavlja se automatski (Sl. 4-3). Svakom ulazom kanalu priključenog analognog modula odgovara jedna 16-bitna reč u slici ulaza, a svakom izlaznom kanalu jedna reč u slici izlaza PLC kontrolera. U svakom ulaznom skenu (*input scan*), konvertovane vrednosti analognih signala prisutnih na ulaznim kanalima (*input channels*) analognog modula se prenose na odgovarajuće mesto u slici ulaza (*input image*). U toku izlaznog skena (*output scan*) vrednosti iz odgovarajućih reči slike izlaza (*output image*) se šalju analognim modulima gde se konvertuju u analogne signale. Način adresiranja pojedinačnih kanala analognog modula iustrovan je na Sl. 4-4. Na primer, izlazni kanal 0, modula NIO4I koji je smešten u slotu 3, adresira se sa: O:3.0.



Sl. 4-4 Adresiranje analognih modula.

5 PLC moduli specijalne namene

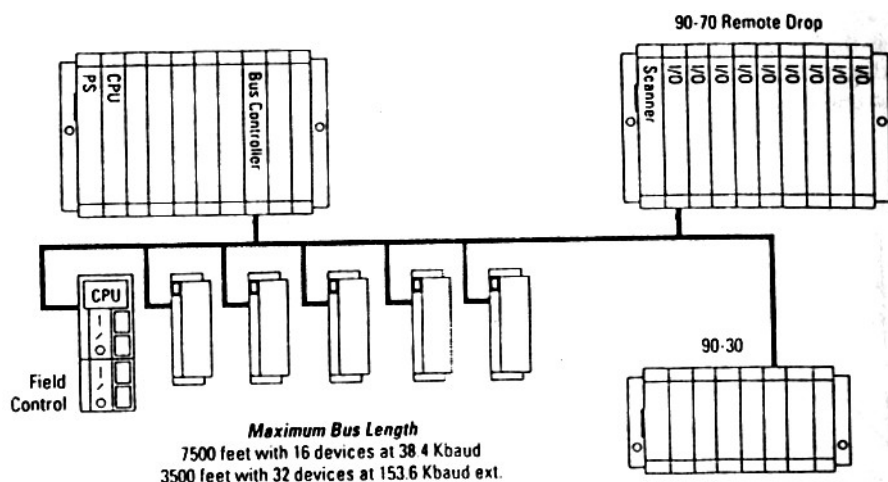
5.1 Izdvojeni ulazno-izlazni moduli

Upravljanje pojedinim procesima zahteva da U/I moduli budu locirani na različitim lokacijama. U nekim slučajevima mašine su fizički udaljene. U takvim slučajevima poželjno je pozicionirati U/I modul izvan PLC kontrolera, što bliže mašini ili procesu kojom upravljaju ili koga nadgledaju. Za spregu PLC kontrolera sa izdvojenim U/I modulima koriste se specijalizovani moduli (adapteri) koji se smešaju u rek PLC kontrolera.

Veza između PLC kontrolera i izdvojenih U/I modula može biti ostvarena na različite načine. Po pravilu se koristi neka vrsta magistale za prenos podataka. Preko magistrale PLC kontroler i izdvojeni U/I moduli razmenjuju poruke. Dva uobičajena metoda za fizičko povezivanje su kablovi sa upletenim provodnicima i optički kablovi. Kablovi sa upletenom provodnicima (*twisted-pair*) su ekonomičnije rešenje. Dva provodnika su upeletna jedan oko drugoga i povezana između PLC kontrolera i izdvojenog U/I modula. Upletanje smanjuje električnu interferenciju (šum). Sa druge strane, fiber-optički kablovi su imuni na šum, zato što se podaci prenose putem svetlosti. Takođe, brzina prenosa podataka fiber-optičkim kablom je daleko veća, kao i rastojanje maskimalno rastojanje između dva uređaja.

Na Sl. 5-1 je prikazan primer U/I magistrale firme GE Func. U/I magistrala čini kabl sa upletenim provodnicima koji povezuje kontroler magistrale najviše 31 izdvojeni U/I modul.

Sistemi upravljanja zasnovani na konceptu izdvojenih U/I modula predstavljaju svaremeni trend u industrijskoj automatizaciji.



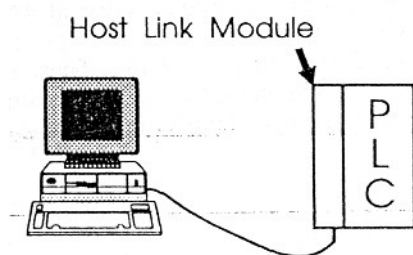
Sl. 5-1 Primer sprege PLC kontrolera sa izdvojenim U/I modulima: *GE Func Genius I/O bus*.

5.2 Komunikacioni moduli

Komunikacija postaje sve značajniji zadatak PLC kontrolera. U jednom integrisanom sistemu, javlja se potreba razmene podataka između različitih komponenti sistema. PLC kontroleri moraju biti u stanju da komuniciraju sa računarima, CNC mašinama, robotima, pa čak i sa drugim PLC kontrolerima. Na primer, u jednom fleksibilnom sistemu, PLC može da pošalje program CNC mašini. CNC mašina prima program i izvršava ga. Originalni PLC kontroleri nisu bili projektovani da obavljaju ovakve zadatke, dok su danas na raspolaganju brojni tipovi komunikacionih modula.

Razlikuju se dva tipa komunikacionih modula: *host-link* i *peer-to-peer* (od tačke ka tački).

Host-link moduli se koriste za komunikaciju PLC kontrolera sa host (glavnim) računarom. Host može biti računar ili drugi PLC kontroler (Sl. 5-2). Većina PLC kontrolera poseduju ugrađen softver koji omogućava prenos programa od hosta u PLC kontroler.

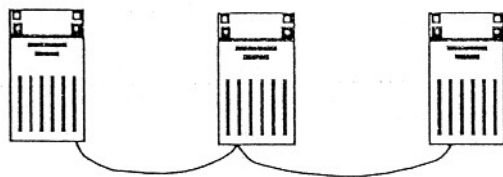


Sl. 5-2 Sprega host računara i PLC posredstvom Host-Link modula.

Tipična primena host-link modula je u realizaciji tzv. integrisanih proizvodnih ćelija. Zamislamo promenljivu u lader dijagramu. Promenljiva može da sadrži broj komada koje treba proizvesti u ćeliji. Sada zamislimo host računar koji upisuje broj u ovu promenljivu. Ovakav scenario je omogućen host-link komunikacijom. Za host-link komunikaciju tipično se koristi RS232 komunikacija.

Host-link komunikacija se takođe može koristiti za prenos podataka od PLC kontrolera ka računaru. Na ovaj način računar može pratiti vreme proizvodnje, broj proizvedenih komada i sl.

Peer-to-peer moduli se koriste za komunikaciju između PLC kontrolera istog tipa (Sl. 5-3). U ovakvom jednom sistemu, svakom PLC kontroleru dodeljena je jedinstvena adresa (npr. broj iz opsega 0 do 255). Većina komunikacionih modula ovog tipa nije standardizovana već predstavlja jedinstveno rešenje proizvođača PLC sistema.



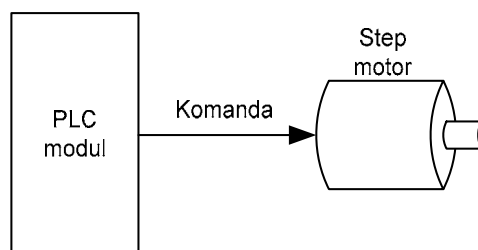
Sl. 5-3 *Peer-to-peer* komunikacija.

5.3 PLC moduli za kontrolu pozicije

Za upravljanje pozicioniranjem na raspolaganju su PLC moduli kako za upravljanje u otvorenoj tako i za upravljanje u zatvorenoj petlji. Sistemi sa zatvorenom petljom poseduju povratnu spregu što obezbeđuje da će komanda biti izvršena.

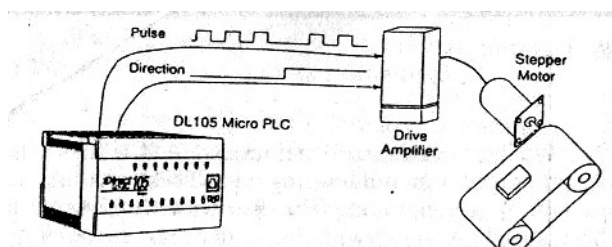
Upravljanje u otvorenoj petlji

Za upravljanje pozicijom u otvorenoj petlji koriste se step-motori u kombinaciji sa odgovarajućim PLC drajverskim modulima (Sl. 5-4). PLC modul izdaje komandu motoru i pri tome podrazumeva da će komanda biti izvršena, tj. povratna sprega ne postoji. Step motori se koriste u primenama koje ne zahtevaju veliku brzinu i veliku snagu. Preciznost pozicioniranja je veoma velika. PLC moduli za pobudu step motora su projektovani tako da u što većoj meri olakšaju integraciju step motora u sistem. Tipično, poseduju ugrađene funkcije za ubrzanje/usporenje, a u nekim varijantama i funkcije učenja. Moduli poseduju i ulaze koji se mogu koristiti za dovodenje motora u referentnu poziciju, kao i za zaštitu od prekoračenja.



Sl. 5-4 Upravljanje step motorom pomocu specijalizovanog PLC modula.

Na Sl. 5-5 je prikazana jedna tipična primena step motora. Uočimo da PLC modul generiše povorku impulsa (*Pulse*), gde svaki impuls predstavlja komandu step motoru da učini jedan korak, i signal koji određuje smer kretanja motora (*Direction*).

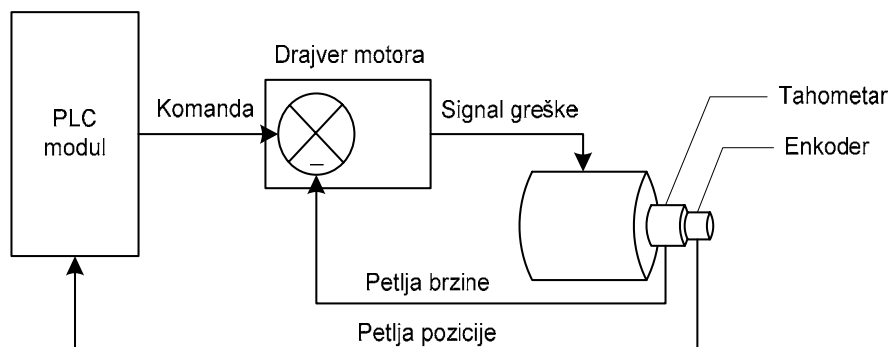


Sl. 5-5 Upravljanje step motorom.

Upravljanje pozicijom u zatvorenoj petlji

Tipični primeri aplikacija kod kojih se koristi pozicioniranje u zatvorenoj petlji su roboti i CNC mašine. Kod ovih primena koriste se AC ili DC motori. Na raspolaganju su PLC moduli

za praćanje i upravljanje brzinom i pozicijom. U sistemima za pozicioniranje u zatvorenoj petlji postoje dve petlje (Sl. 5-6). Petlja poziciji je zatvorena (tj. nadgleda se) preko enkodera, koji je sastavni deo motora, i upravljačke jedinice (u ovom slučaju PLC). Petlja brzine se obično zatvara preko tahometra, koji je sastavni deo motora i drajvera motora. PLC zadaje brzinu kretanja, komandom u obliku analogog signal sa naponom iz opsega -10V do +10V. Spoj za sumiranje, koji je deo drajvera motora, poredi komandu i povratni signal iz tahometra i određuje signal greške koji služi za pobudu motora. Dakle, brzina se kontinualno nadgleda i reguliše od strane drajvera motora, dok poziciju nadgleda PLC.



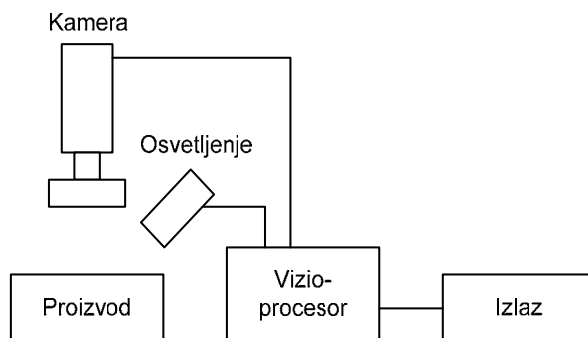
Sl. 5-6 Upravljanje pozicijom u zatvorenoj petlji pomoću specijalizovanog PLC modula.

PLC moduli za upravljanje pozicijom u zatvorenoj petlji tipično poseduju mogućnost sprege sa jednim ili dva motora. Varijante za dva motora omogućavaju upravljanje pozicijom u ravni, po dvema osama. U normalnom režimu rada, ose se nezavisno kontrolišu. U pratećem režimu rada, modul je u stanju da koordinira kretanje po osama kako bi se obavilo neko zadato, složeno ravansko kretanje.

5.4 Moduli za vizuelnu kontrolu

Vizelna inspekcija predstavlja važan zadatak proizvodnog procesa. Obično se obavlja na kraju proizvodnog procesa, u okviru izlazne kontrole kvaliteta, od strane radnika. Napredak u elektronici i računarstvu omogućio je da se pojedini zadaci vizelne kontrole danas mogu obaviti automatski. Automatizacija zadatka vizelne kontrole ima brojne prednosti u odnosu na klasičan pristup. Automatska vizelna kontrola je brža i zato se može sprovoditi još u toku samog procesa proizvodnje, a ne samo na kraju kada je proizvod već sklopljen. Na bazi vizelne kontrole, moguće je uvesti korekcije u toku procesa proizvodnje i time sprečiti greške. Na taj način, kvalitete gotovih proizvoda i produktivnost mogu biti značajno poboljšani.

Sistemi za vizelnu kontrolu mogu da obave i do hiljadu inspekcija u minuti. Naročito su pogodni za primene za koje čovek nije dovoljno efikasan – onda kada zadatak treba biti obavljen brzo, kada uključuje pregled velikog broja vizuelnih detalja i kada inspekcija uključuje merenje dimenzija proizvoda i sl.



Sl. 5-7 Blok šema sistema za vizuelnu kontrolu.

Block diagram of a typical system for visual control is shown in Sl. 5-7. The system consists of: one or more cameras, illumination, video monitor and video processor. At certain time intervals, the image from the camera is transmitted to the video processor which processes the image so that it can be compared with a stored template, finds characteristic details or performs certain measurements of characteristic dimensions of the product. For application in PLC systems, specialized PLC modules for visual control have been developed, which can perform automatic visual inspection at a rate of up to 1800 objects per minute. An important aspect of the PLC module for visual control is the way the system is trained. Namely, such modules are not designed for a specific intended purpose, but enable the system to learn on the spot how to recognize correct products. This is done so that in the learning phase, before the camera, a correct product is placed so that an image of the product appears on the monitor. In addition to the image of the product on the monitor, a larger number of icons are also present, each representing a type of defect in visual inspection, such as simply recognizing whether the product is present or not, highlighting certain areas in the image, highlighting characteristic details and so on.

5.5 Bar-kod moduli

Automatic identification of products is gaining ever wider application in industry. There are more types of automatic identification, such as: vision, bar-code and radio-frequency identification (RFID). Bar-coding (Sl. 5-8) is standardly applied in trade, but in recent times it is also finding application in industrial processes. For this reason, specialized PLC modules, so-called bar-code modules, have been developed which enable easy connection of PLC systems with bar-code readers. A typical application can be the following: a bar-code module reads a bar-code label from a container that is moving along a conveyor belt. On the basis of the read label, the PLC controller directs the container to the appropriate production line.



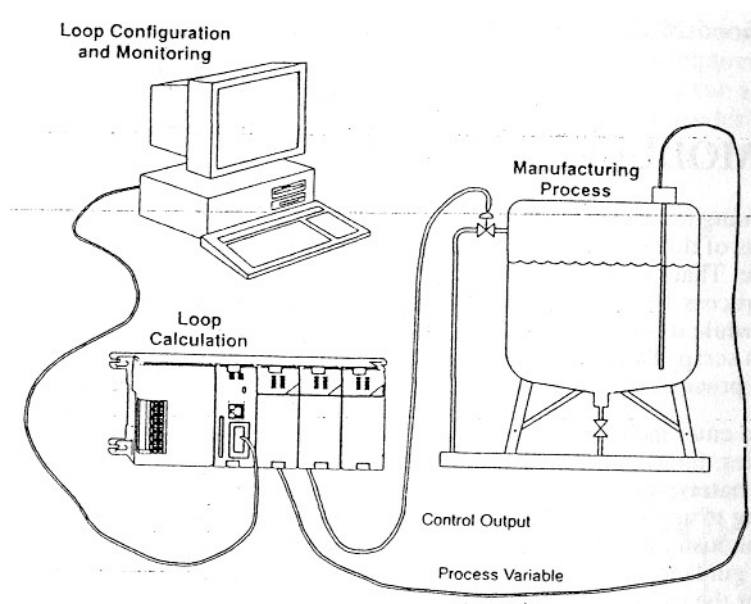
Sl. 5-8 Bar-kod zapis.

5.6 Moduli za PID upravljanje

PID is an abbreviation that points to the technique of automatic control known under the name of proportional-integral-derivative control. Manufacturers of PLC systems approach the problem of PID control in two different ways: some manufacturers offer specialized modules for PID control, while others use standard analog/digital U/I modules with specialized software for PID control. PID can be used for controlling physical

veličina kao što su: temperatura, pritisak, koncentracija, vlažnost. PID se široko koristi u industriji kako bi se ostvarilo precizno upravljanje pod najrazličitijim uslovima i poremećajima koji se mogu javiti u toku proizvodnog procesa. U suštini PID je jednačina koju upravljačka jedinica koristi kako bi izračunala izlaznu, upravljačku veličinu na osnovu signala greške. Upravljana veličina (npr. temperatura) se meri, a izmerena vrednost se prosleđuje upravljačkoj jedinici u vidu signala povratne sprege. Upravljačka jedinica poredi izmerenu vrednost upravljane veličine sa zadatom vrednošću i generiše signal greške. Greška se ispituje na tri različita načina: proporcionalni, integracioni i diferencijalni. Svaki od ova tri faktora se može tretirati kao pojačanje koje na neki specifičan način utiče na izračunavanje odziva na datu grešku. Upravljačka jedinica koristi ova pojačanja (proporcionalno pojačanje, integraciono pojačanje i diferencijalno pojačanje) za izračunavanje vrednosti komande (izlaznog signala) za korekciju izmerene greške.

Tipičan sistem sa PID upravljanjem prikazan je na Sl. 5-9. Sistem je rezervoar u kome se obavlja sagorevanje tečnog goriva. Za upravljanje sistemom koristi se PLC. Logička jedinica PLC kontolera dobija vrednost izmerene temperature od ulaznog analognog modula, obalja PID izračunavanje, generiše signal greške koga šalje izlaznom modulu (digitalnom ili analognom) koji upravlja ventilom preko koga se u rezervoar dovodi gorivo. Podešavanje sistema i nadgledanje rada sisteme obavlja se uz pomoć izdvojenog računara koji je sa PLC kontrolerom u vezi preko host-link komunikacije.



Sl. 5-9 Blok dijagram procesa kojim se upravlja PID kontrolerom. (Loop Configuration and Monitoring – konfiguracija i nadgledanje petlje; Loop Calculation – izračunavanje parametara petlje; Manufacturing Process – proizvodni proces; Process Variable – promenljiva procesa; Control Output – upravljački izlaz)

Proporcionalno upravljanje uzima u obzir samo magintudu signala greške i obično ima najveći uticaj na rad sistema. Proporcionalno upravljanje reaguje srazmerno trenutom iznosu greške. Što je greška veća, veći je i odziv. Proporcionalno upravljanje obično nije dovoljno za uspešno upravljanje sistemom. Proporcionalno upravljanje nije u stanju da koriguje male greške, tzv. *offset*-e ili greške stabilnog-stanja. To su greške, čiji je iznos mali, ali se njihov efekat akumulira tokom vremena.

Integraciono upravljanje ima zadatak da koriguje upravo *offset*-e, koji ne mogu biti korigovani proporcionalnim upravljanjem. Integraciono upravljanje predstavlja reakciju sistema za integral greške (proizvod greške i vremena). Male greške koje kratko traju nisu od

značaja. Međutim, čak iako je greška mala ali je zato stalno prisutna, vremenom njen značaj raste i značajnije utiče na odziv. Integraciono faktor (zove se i brzina resetovanja – *reset rate*) se može podešavati. Brzina resetovanja ima dimenziju vremena i što je manja to je i korekcija akumulirane greške brža. Međutim, isuviše male vrednosti mogu uzrokovati nestabilnosti u radu sistema.

Diferencijalno upravljanje reaguje na brzinu promene greške. Naime, u slučajevima kada je deluju nagli i jaki protremecaji, proporcionalno upravljanje nije dovoljno da koriguje grešku. Proporcionalno upravljanje reaguje samo na trenutnu vrednost greške, pa se zato može desiti da i pored oziva koji teži da smanji grešku, greška nastavlja da raste. Drugim rečima, proporcionalno upravljanje nije u mogućnosti da predviti šta će se desiti u budućnosti kako bi pojačanim odzivom predupredilo očekivanu grešku. Diferencijalno upravljanje usloviće da odziv sistema bude veći kada je brzina promene greške velika, nego kada je brzina promene greške mala. Drugim rečima, diferencijalno upravljanje nadgleda tendenciju promene greške i utiče na odziv sistema tako da se u izračunavanje odziva uključi i pretpostavljeno ponašanje sistema u bliskoj budućnosti. Diferencijalno upravljanje je značajno kod brzih sistema koji moraju brzo korigovati greške. Kod takvih sistema proporcionalno pojačanje mora biti veliko. Međutim, veliko proporcionalno pojačanje može usloviti premašenje. Svrha diferencijalnog upravljanja je upravo eliminacija premašenja.

PID jednačina je sledećeg oblika:

$$C_o = K(E + \frac{1}{T_i} \int_0^t E dt + KD(E - E(n-1))/dt) + const, \text{ gde je}$$

C_o – izlazna veličina

E – sistemska greška

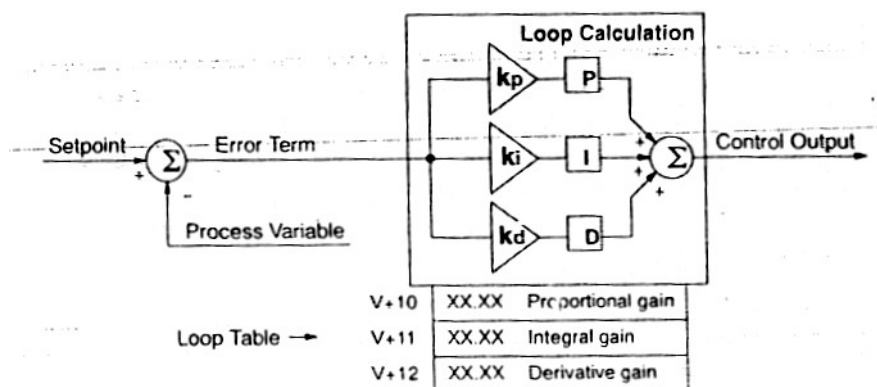
$E(n-1)$ - greška poslednjeg odmerka

K – ukupno (proporcionalno) pojačanje

$1/T_i$ – integracioni član

KD – diferencijalni član

dt – vreme između dva odmeravanja signala greške



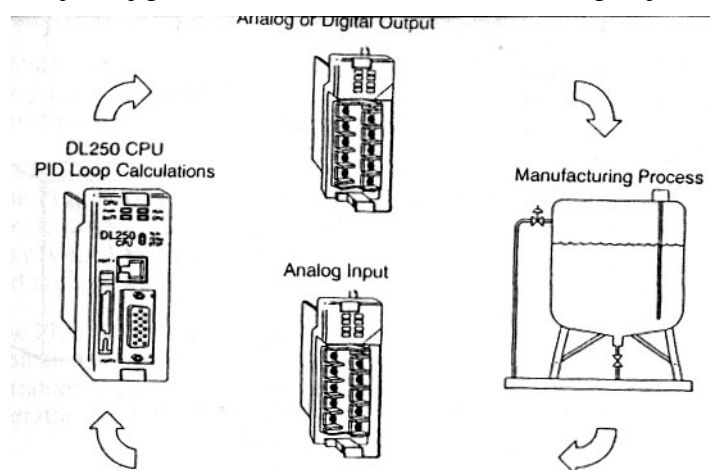
Sl. 5-10 Blok dijagram PID izračunavanja.

Na Sl. 5-10 je prikazano kao se u PLC kontroleru realizuje PID algoritam. Uočimo tabelu (*loop table*) koja sadrže vrednosti za svako od tri pojačanja. PID algoritam uvek radi na isti način, a jedine promenljive ovog algoritma su vrednosti pojačanja i učestanost odmeravanja signala greške. Podešavanje PID kontrolera se sastoji u izboru vrednosti pojačanja koje će obezbediti optimalne performanse sistema u konkretnim dinamičkim uslovima. Podešavanje pojedinačnih pojačanja se obavlja uz pomoć potenciometra ili direktnim unosom, preko

tastature, numeričkih vrednosti pojačanja. U opštem slučaju procedura podešavanja se odvija na sledeći način:

1. Postaviti sva pojačanja na nulu.
2. Povećavati proporcionalno pojačanje sve dok sistem ne počne da osciluje
3. Smanjiti proporcionalno pojačanje tako da sistem prestane da osciluje, a zatim dodatno smanjiti proporcionalno pojačanje za 20%.
4. Povećati diferencijalni faktor kako bi se poboljšala stabilnost sistema
5. Povećavati integracioni faktor sve dok sistem ne dostigne tačku nestabilnosti, zatim neznatno smanjiti integracioni faktor.

Većina PLC sistema nudi mogućnost PID upravljanja u obliku softvera i analognih U/I modula (Sl. 5-11). Manji broj proizvođača PLC kontrolera nudi specijalizovane PID module.

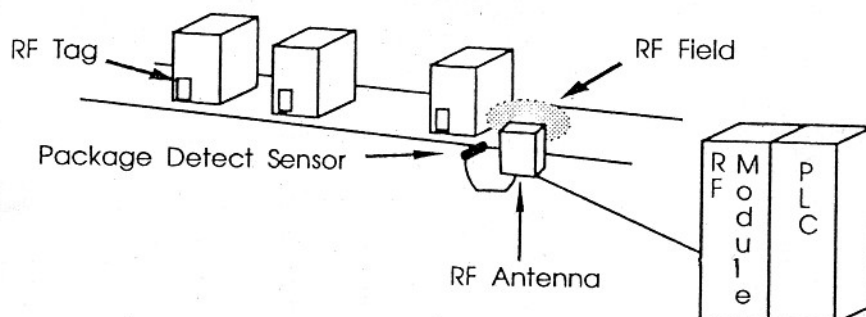


Sl. 5-11 Komponente PLC sistema neophodne za softversku realizaciju PID upravljanja.

5.7 Radio-frekvencijski moduli

Radio-frekvencijski (RF) modulu se koriste za identifikaciju objekata, praćenje proizvoda, kontrolu proizvodnje i drugo. Oni eliminišu neke od problema koji su karakteristični za bar-kodove. Bar kodovi moraju biti čisti, a očitavanje bar koda zahteva dobru optičku vidljivost. RF moduli nisu osetljivi na prašinu, ulje i druge oblike zaprljanja. Takođe, nisu osetljivi na elektromagnetski šum, koji se generiše u fabričkim postrojenjima, a potiče od motora, sklopki, transformatora.

Sistem za RF identifikaciju se sastoji od *RF tagova* (priveska) koji se mogu lako prikačiti za objekte ili proizvode. RF tagovi se realizuju kao poluprovodnički čipovi koji se mogu identifikovati RF modulom kada se nađu u njegovoj blizini. Između taga i RF modula uspostavlja se radio komunikacija, putem koje je moguće pročitati informacije zapisane u tagu ili čak upisati neku informaciju u tag. Tipična aplikacija prikazana je na slici. Duž pokretne trake kreću se proizvodi koji jedan za drugim ulaze u RF polje. Dodatni senzor (optički, induktivni,...) detektuje prisustvo proizvoda i aktivira antenu preko koje se obavlja čitanje/upis taga.



Sl. 5-12 Tipična primena RF modula. (*Package Detect Sensor* - senzor za detekciju paketa)

Zamislamo proces proizvodnje automobila i RF tag na automobilu koji se kreće duž proizvodne linije. Tag može da sadrži, osim identifikacionog broja automobila i neke karakteristične informacije koje se tiču specifikacije, uključujući na primer opcije koje je kupac naručio. Kako se automobil kreće od jedne do druge proizvodne ćelije, tako svaka ćelija može da očita sadržaj taga i shodno tome ugradi ili ne odgovarajuću opciju. Kada automobil dođe do kraja proizvodne linije, u tag se može upisati celokupna istorija njegove proizvodnje (koji sastavni delovi su ugrađeni, i sl.). Tipično, tagovi koji se koriste u industriji poseduju memoriju od 100 do 2000 bajtova.

Postoje dva tipa RF tagova: *aktivni* i *pasivni*. Aktivni tag sadrži bateriju, dok je pasivni tag ne sadrži. Za napajanje pasivnog taga se koristi elektromagnetno polje koje emituje RF modul. Drugim rečima, pasivni tag je operativan samo dok se nalazi u neposrednoj blizini RF modula. Zbog toga je domet RF taga relativno mali. Aktivni tagovi su skuplji, ali je njihov domet veći.

5.8 Operatorski terminali

Operatorski terminali nalaze se u proizvodnom programu mnogih proizvođača PLC sistema. Najjednostavniji tipovi operatorskih terminala su u mogućnosti da prikazuju samo kratke tekstualne poruke. Složeniji moduli imaju mogućnost prikaza grafike i teksta uz dodatnu mogućnost prihvatanja operatorskog ulaza sa tastature, touch-screen ekrana, bar-kod čitača i td. Kod sistema koji se upravljaju PLC kontrolerima, mnoge bitne informacije o procesu se nalaze memoriji PLC kontrolera. Operatorski terminali predstavljaju neku vrstu prozora u memoriju PLC kontrolera.

Za formiranje prikaza koriste se specijalizovani razvojni softveri koji se izvršavaju na PC računarima. Ovi softveri omogućavaju korisniku da nacrti grafički prikaz i odluči koje će promenljive iz PLC kontrolera biti prikazane. Korisnik, takođe, definiše kakav ulaz je neophodan od strane operatera. Nakon što je prikaz dizajniran, on se može preneti u permanentnu memoriju operatorskog terminala. Ovakvi tipovi terminala mogu u svojoj memoriji da zapamte na stotine stranica. PLC, slanjem odgovarajućih poruka daje instrukcije terminalu koju od zapamćenih stranica i koje informacije da prikaže na ekranu. Ekranu obično sadrže grafičke prikaze pojedinih delova procesa, dok promenljive tipično predstavljaju neka karakteristična vremena, broj proizvedenih komada ili bilo koju drugu informaciju koja može biti od pomoći operateru u praćenju procesa ili pranalazanju eventualnih otkaza.