

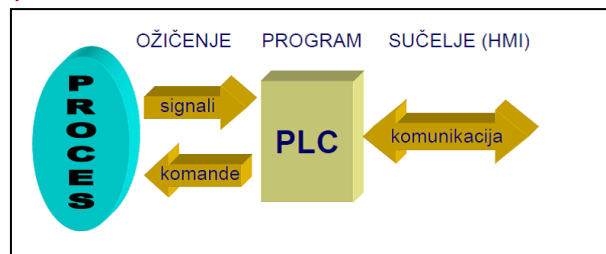
Dobrodošli u svijet programibilnih logičkih kontrolera - PLC-a

1. Uvod – bez panike

Najprije pokušajmo odgovoriti na pitanje: **što je PLC?**

Po definiciji Programabilni logički kontroleri su:

Prema DIN EN61131-1(1994.) PLC (*Programmable Logic Controller*) - programabilni logički upravljač (kontroler) jest digitalni elektronički sustav za uporabu u industrijskom okolišu s programibilnom memorijom za internu pohranu primjeni orijentiranih upravljačkih naredbi kod implementiranja specifičnih funkcija kao što su npr. logičko upravljanje, slijedno upravljanje, funkcije odbrojavanja, funkcije brojenja i aritmetičke funkcije, Osnovna namjena PLC-a je upravljanje, putem digitalnih ili analognih ulaznih i izlaznih signala, različitim vrstama strojeva ili procesa.



Drugim riječima, PLC su programabilni uređaji (mogu se programirati) koji upravljaju tehničkim procesima u industriji, njihov rad ili upravljačke naredbe temelje se na logičnom upravljanju, slijednom upravljanju, zatim vremenskim funkcijama, funkcijama brojenja i odbrojavanja i aritmetičkim funkcijama.

PLC (*Programmable Logic Controller*) je programabilni logički kontroler, odnosno industrijsko računalo koje se sastoji od memorije, procesora, industrijskih ulaza i izlaza; ulazi nisu tipkovnica i miš, nego tipkala i sklopke, ili razne vrste pretvornika ili senzora.

PLC se najviše koristi kao osnovni dio upravljačkih automatskih sustava u industriji, ali i kućanskim uređajima i strojevima kao što su perilice suđa i rublja ili za upravljanje kompletnom kućnom instalacijom i uređajima povezanim s tim. Njegov program, odnosno algoritam, može se jednostavno mijenjati, te je pogodan za brza rješenja i aplikacije. Dakle, dio je mnogobrojnih strojeva i procesa u industriji, ali i šire.

Drugim riječima **PLC** je univerzalna programibilna upravljačka jedinica, razvijen kao zamjena za složene relejne upravljačke sklopove. Pošto mu je namjena da funkcionira u industriji i pod težim uvjetima rada projektiran je i dizajniran robusno tako da zadovoljava i u teškim uvjetima rada, otporan je na vibracije, temperaturne promjene i električne smetnje.



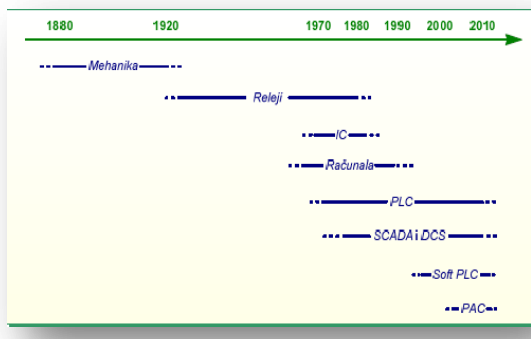
Slika 2. PLC raznih proizvođača – 4. po redu je PLC LOGO Siemens

1.1. Malo povijesti - od mehaničkih upravljačkih uređaja do PLC-a

Prvi upravljački sustavi ili sustavi automatizacije razvijeni su tijekom industrijske revolucije krajem 19. stoljeća. Tijekom 20-ih godina prošlog stoljeća mehanički upravljački uređaji su zamijenjeni **elektromagnetskim relejima i sklopnicima** koji su bili jedna od najvažnijih komponenata u razvoju upravljačkih sustava. Relejni upravljački sustavi se sastoje od niza releja koji se aktiviraju pod utjecajem kontakata digitalnih pretvornika. Upravljačke funkcije ovise o tome kako su mirni (normalno zatvoreni ili **NC**) i radni kontakti (normalno otvoreni ili **NO**) releja međusobno spojeni ili kako su spojeni na odgovarajuće svitke releja. Sljedeća međuetapa razvoja upravljačkih sustava bio je razvoj **diskretnih integriranih krugova IC** sa logičkim i vremenskim funkcijama koji su se montirali i međusobno ožičili na standardnoj šini. Ovi klasični sustavi imali su niz nedostataka od kojih ćemo nabrojati samo neke. Svaka izmjena u sustavu bila je povezana s nizom problema:

- Ako se desila pogreška u logici upravljanja moralo se → prespajati žice.
- Ako se željelo promijeniti neku od upravljačkih funkcija → prespajanje žica
- Dodavanje novih komponenata iziskivalo je → prespajanje žica, ali i osiguravanje novog prostora. Dokumentacija je tada morala biti u potpunosti izmijenjena. Komunikacija i dijagnostika takvih sustava bila je samo za alarmna stanja. Sinoptičke ploče realizirane takvim sustavima bile su skupe i nepregledne. Aplikacija pronađenog rješenja upravljačkog sustava jednog pogona nije se mogla prenijeti na drugi proizvodni pogon – ponovna montaža releja, ožičenja itd.

Međutim, pojavom mikroprocesora početkom 70-ih godina prošlog stoljeća došlo je do revolucije u razvoju računala što je dovelo do puno manjih i jeftinih računalnih sustava. Tada su se pojavili mnogi upravljački sustavi koji su koristili mikroprocesore kao upravljačke uređaje - kontrolere. Činjenica da se računala mogu programirati je ponudila velike prednosti u odnosu na ožičene logičke funkcije u upravljačkim sustavima temeljenim na relejima ili integriranim krugovima. Računala su također vrlo prikladna za obavljanje aritmetičkih operacija i pohranu velike količine podataka. Međutim, standardna računala nisu predviđena za komunikaciju sa industrijskom opremom. Prvi upravljački sustavi temeljeni na računalima su trebali dodatnu opremu koja je služila kao sučelje prema pretvornicima signala i aktuatorima (izvršnim uređajima). Takva sučelja je trebalo razvijati za svako pojedinačno postrojenje u kojem se računalo koristilo kao upravljački uređaj.



Slika 3. Razvoj industrijskih upravljačkih sustava -od mehanike do PLC-a

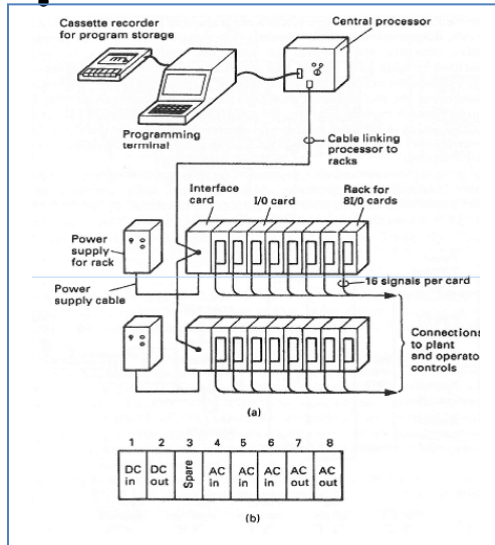
Prvi programibilni logički kontroleri (PLC) razvijali su inženjeri kompanije *Bedford Associates i Allen Bradley* za potrebe tvrtke General Motors 1968.godine, kada su pokušali pronaći alternativnu zamjenu za složene relejne kontrolne sustave.

Novi kontrolni sustav morao je zadovoljiti slijedeće zahtjeve:

- Jednostavno programiranje,
- Programske izmjene bez sistemskih intervencija (bez mijenjanja ožičenja),
- Manje, jeftiniji i pouzdanije komponente od relejnih kontrolnih sustava,
- Jednostavno i jeftino održavanje

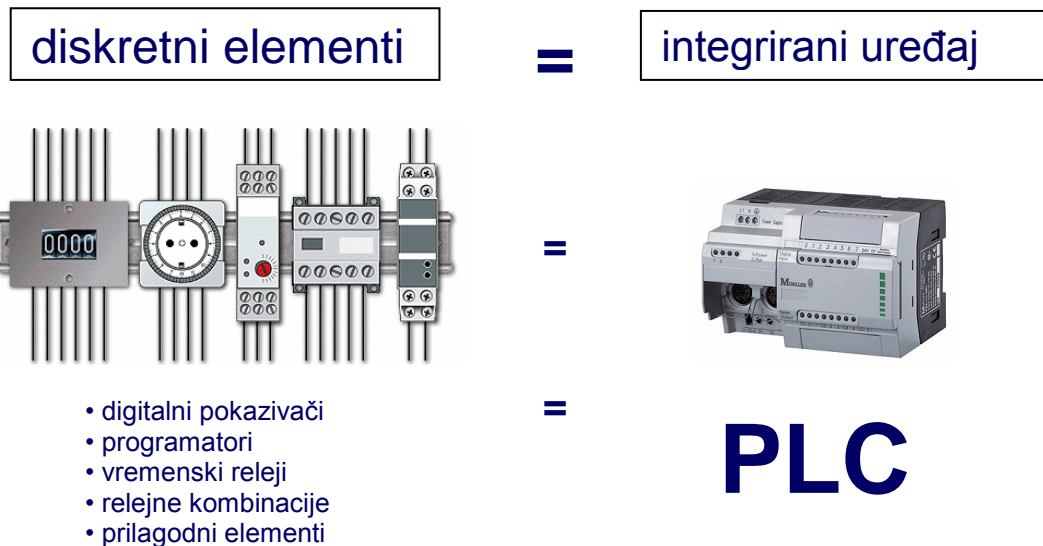
Prvi uređaji su bili dosta glomazni i izgledali su kao na slici 4. Samo računalo (*central processor*) je bilo dizajnirano da radi u industrijskom okolišu i bilo je povezano s okolinom pomoću tzv. stalaka ili polica (*racks*) u koje su se smještale kartice s ulaznim odnosno izlaznim podacima. U ranim verzijama bilo je svega 4 tipa kartica za tzv. stalke:

- DC digitalna ulazna kartica
- DC digitalna izlazna kartica
- AC digitalna ulazna kartica
- AC digitalna izlazna kartica



Slika 4. Sastavni dijelovi ranog PLC sustava:
a) blok dijagram ranog sustava
b) tipični stalak s rasporedom kartica/modula

Znači postupnim razvojem došlo se do sustava koji je omogućio jednostavnije povezivanje binarnih, ali i analognih kontinuiranih signala. Uvjeti pod kojim su ovi signali trebali biti povezani, bili su određeni u kontrolnom programu. S novim sustavima bilo je po prvi puta moguće iscrtati signale na ekranu, te ih pohraniti u vidu datoteke u elektronsku memoriju.



Slika 5. Diskretne elemente zamijenili su integrirani

- Što moramo znati:
- Programabilni logički upravljač - kontroler (PLC, *Programmable Logic Controller*) je digitalno računalo za industrijsku okolinu
- Osnovna namjena PLC-a je upravljanje različitim vrstama strojeva ili procesa, putem digitalnih ili analognih ulaznih i izlaznih signala.
- Funkcije:
- logičko i slijedno upravljanje,
- funkcije odbrojavanja, brojenja, vremenske funkcije i aritmetičke funkcije

- Što moramo znati:
- Klasični sustavi upravljanja u industriji bili su: relejna logika ili nešto kasnije
- releji i komponente integriranih logičkih krugova (IC) spojeni žicama
- **Problemi:**
- pogreške u logici upravljanja → prespajanje žica
- promjena upravljačke funkcije → prespajanje žica
- dodavanje novih komponenata → prespajanje žica
- dokumentiranje?
- dijagnostika?
- preslikavanje aplikacija?

PLC objedinjuje mikroprocesor, memoriju, napajanje, te ulazno i izlazno sučelje.

Koji se zahtjevi postavljaju uređajima koji upravljaju procesima u industriji, a koja PLC zadovoljava: Brzina rješavanja problema, često treba upravljati vrlo složenim postrojenjima, uređaj i funkcionalnost ne bi smjeli ovisiti o konkretnom mikroprocesoru, mikroprocesor je sakriven (nije sam sebi svrha), vrijeme razvoja automatizacije uređaja/sustava u pravilu mora biti što kraće, životni vijek što dulji, pouzdanost, jednostavna detekcija kvarova, lako i jednostavno održavanje, podnašanje industrijskih uvjeta, prilagođenost operateru, intuitivnost i vizualizacija procesa, ..

U ovom uvodnom dijelu istaknuti će prednosti korištenja PLC-a u odnosu na sustave upravljanja realiziranim pomoću releja ili pomoću diskretnih integriranih krugova. Prednosti su:

Pouzdanost – nema mehaničkih pokretnih dijelova, izuzetno otporan na razne mehaničke, elektromagnetske utjecaje, te općenito otporan na pogonske uvjete rada. Ako dođe do prekida napajanja ništa se ne mijenja, kada se napajanje vrati PLC nastavlja sa radom. Greške u ožičenju svode se na minimum s obzirom da se ožičenje PLC-a svodi na ožičenje ulaza i izlaza.

Adaptivnost - kad se napiše i testira, PLC program za upravljanje nekog uređaja, može se bez problema prenijeti na drugi PLC u drugom uređaju, što u slučaju identičnih uređaja ili uređaja gdje se zahtijevaju manje izmjene programa dovodi do smanjenja vremena programiranja i vremena za otklanjanje grešaka.

Fleksibilnost – za izmjenu programa potrebno je vrlo malo vremena. Izvođači upravljačkog sustava mogu bez problema poslati korisniku izmjenu programa na bilo kojem mediju direktno u PLC bez da šalju tehničara za održavanje na lokaciju korisnika. Korisnik može jednostavno prenijeti program u PLC i po potrebi izvršiti manje promjene.

Naprednija funkcionalnost – PLC programske aplikacije mogu se sastojati od jednostavnih akcija ponavljanja neke automatske radnje do kompleksne obrade podataka i složenih upravljačkih sustava. Uporaba PLC-a u upravljačkim sustavima nudi projektantima takvih sustava i osoblju u održavanju brojne mogućnosti neizvedive pomoću standardnog relejnog upravljanja.

Komunikacija – s operatorskim panelima (eng. *HMI–Human Machine Interface*), drugim PLC uređajima i nadzornim upravljačkim računalima olakšava prikupljanje podataka s uređaja i obradu prikupljenih informacija.

Brzina – brojne aplikacije na automatiziranim strojevima zahtijevaju vrlo brzu reakciju na pojavu signala. Takve aplikacije jednostavno su izvedive uz pomoć PLC-a, a vrlo teško i složeno putem relejnog upravljanja.

Dijagnostika – pomoću funkcija za otklanjanje pogrešaka i dijagnostiku, PLC-ovi nude brzo i jednostavno otklanjanje programskih i sklopovskih grešaka upravljačkog sustava.

Osim toga ideja koja je napravila radikalnan proboj u širokoj upotrebi PLC uređaja je ideja upotrebe programskih jezika visoke razine gdje upotrebljavamo već gotove funkcijske blokove u kojima na jednostavan način definiramo potrebne parametre. Ti softverski programi, visoko intuitivni, često temeljeni na grafičkom programiranju odnosno programiranju koje se svodi na crtanje relejnih shema odnosno dijagramima relejne logike takozvanom ljestve (*ladder*) (*ladder logic*) dijagramu ili crtanju logičke sheme s funkcijskim blokovima odnosno u funkcijskom blok dijagramu (**FBD**) prilagođeni su operaterima. U ovakvom pristupu ulazni signali (od graničnih prekidača, tipki i sl.) predstavljeni su relejnim kontaktima ili ulaznim blokovima, a izlazni signali (starteri motora, lampe, ventili i sl.) predstavljeni su relejnim zavojnicama ili izlaznim blokovima. Upravo na taj način programiranje za PLC je približno inženjerima i tehničarima koji su radili na relejnoj tehnici, te razvijali i poznavali električne sheme upravljačkih sustava realiziranih pomoću releja ili logičkih integriranih krugova. Prelazak na novu tehnologiju bio je brz i lagan, a dodatna edukacija postojećih stručnjaka kratkotrajna.

Uostalom, netko tko poznaje proces ne mora bit računarac: računalo mora imat skup naredaba i gotovih blokova za logičko grafičko programiranje.

- **Što moramo znati:**

PLC-ovi su nastali kao zamjena za relejne sklopove ili za integrirane logičke krugove.

Ostala je potreba da se PLC može programirati na isti način na koji su se prethodno izvodile mreže releja ili mreža logičkih sklopova odnosno da se postojeće sheme mogu jednostavno konvertirati u mnemonički zapis.

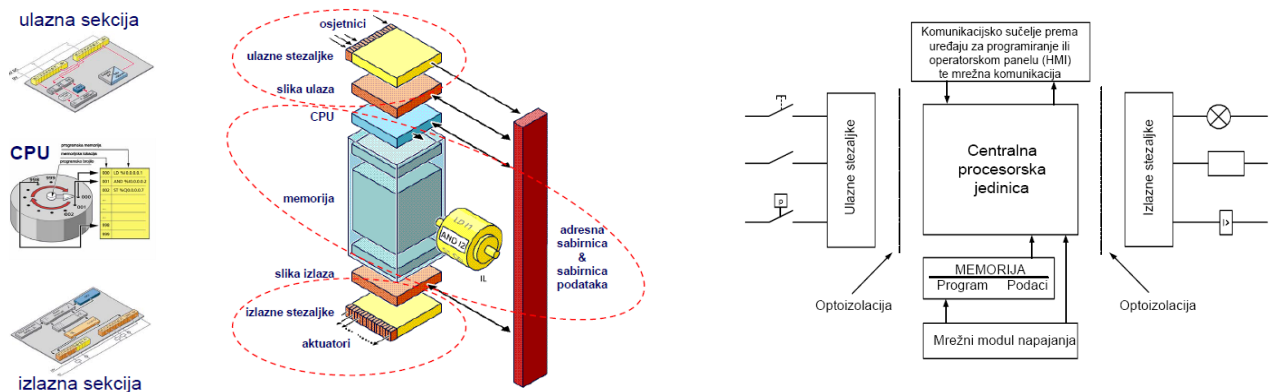
Sheme relejnih sklopova izgledom podsjećaju na ljestve, stoga se nazivaju ljestvičasti dijagrami (**LD - Ladder dijagrami**), a one koje su vezane za integrirane logičke sklopove nazivaju se funkcionalni blok dijagrami (**FBD**).

Dakle, programirajući PLC za određenu namjenu praktički crtamo nešto slično relejnoj shemi ili logičkoj blokovskoj shemi. Osim grafičkog programiranja u PLC možemo unositi i mnemotičke programe, odnosno listu instrukcija pisanu u assembleru ili u nekom programskom jeziku koje taj PLC razumije i izvršava.

1.2. Princip rada PLC-a

Da bi se objasnio način rada PLC-a potreban je kratak pregled osnovnih cjelina uređaja. Svi PLC uređaji od mikro PLC-a do najvećih PLC sustava od preko 1000 U/I signala imaju, u principu, istu sklopovsku strukturu, odnosno iste osnovne cjeline (slika 7.):

- ulazni dio (digitalni, analogni ulazi)
- izlazni dio (digitalni, analogni izlazi)
- CPU, tj. Centralnu procesorsku jedinicu
- memorijski blok za program i podatke
- mrežni dio za napajanje te komunikacijsko sučelje
- moduli za proširenje



Slika 6. i 7. Osnovne cjeline PLC uređaja jednostavno ili još jednostavnije

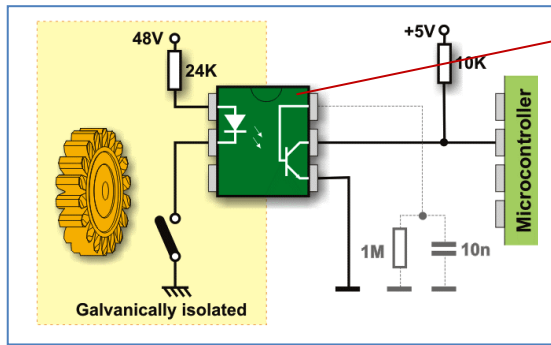
- **Što moramo znati:**
PLC objedinjuje mikroprocesor, memoriju, napajanje, te ulazno i izlazno sučelje.

▪ Ulazni dio

Ulazni dio PLC-a predstavljaju priključne vijčane stezaljke odnosno ulazne **kleme** na koje se spajaju "dojavni" signali iz procesa čijim se radom upravlja, te su mjesto od kojeg počinje prilagodba vanjskog signala iz radne okoline, signalu kojeg razumije procesorska jedinica PLC-a.

Informacije koje PLC prima na svojim ulaznim stezaljkama mogu biti **digitalne (diskretne) i analogne**. Digitalna ulazna informacija može biti npr. signal krajnje sklopke, osjetila, tipkala i slično dok analogna ulazna informacija može biti npr. naponski signal 0-10 VDC s mjernog pretvornika tlaka, temperature i slično. Točno su definirane razine „1“ i „0“ za digitalnu informaciju. Na primjer za digitalnu informaciju visoko („1“; high) stanje iznosi 8-24 VDC, a nisko stanje („0“; low) 0-5 VDC. Analogna informacija može biti u raznim oblicima – strujni 0-20 mA, strujni 4-20 mA, naponski 0-10 VDC, naponski –10 - +10 VDC uz određenu rezoluciju (8 ili 16 bitni A/D pretvornik). Prilagodba signala s uobičajenog ulaznog napona od 120/230VAC ili 12/24 VDC na 5 VDC, tj. naponski nivo logike procesorske jedinice, uključuje **optoizolaciju signala s optoelektroničkim veznikom (eng. Optoisolator)**, što je vrlo važno kako bi se **galvanski odvojili** strujni krugovi, čime se sprječava protok struje uslijed potencijalnih razlika strujnih krugova interne logike PLC-a i ulaznog kruga, te filtriranje signala kako bi se smanjile visoko frekventne smetnje u industrijskom okruženju.

- **Što moramo znati:**
- Ulazno sučelje pretvara ulazne signale u podatke te ih prosljeđuje do centralne upravljačke jedinice. Ulazno sučelje treba osigurati: priključke na koje se spajaju osjetila – senzori, prilagodbu napona, A/D pretvorbu, zaštitu centralne jedinice od napona i smetnji, sigurno razlikovanje signala 0/1



Galvansko izoliranje ulaza mikrokontrolera odnosno CPU-a pomoću optoelektroničkog veznika

Kad se u primarnom krugu zatvori sklopka S → proteći će struja kroz optoelektronički veznik odnosno kroz LED. LED će zasvijetliti i obasjat fototranzistor. Fototranzistor će provesti i na ulaz u mikrokontroler će se pojaviti „0“ – niska razina (Low) napona. Do tada je ulaz u mikrokontroler bio u „1“ odnosno na visokoj (High) razini napona.

▪ Izlazni dio

Izlazni dio PLC-a su priključne vijčane stezaljke – **izlazne kleme** na koje se spajaju izvršni uređaji iz procesa kojima PLC šalje digitalne i analogne signale, te na taj način upravlja procesom. Na digitalne izlaze iz PLC-a najčešće su spojeni magnetni svici, releji, sklopnici, motorne sklopke, signalne lampe, pneumatski razvodnici i sl., dok na analogne izlaze mogu biti spojeni npr. strujni signal za prikaz neke veličine na pokaznom instrumentu, referenca brzine za frekvencijski pretvarač, PID regulirana veličina itd. Izlazne stezaljke također su optoizolirane od procesorske jedinice radi **galvanske izolacije** električnih krugova.

Digitalni izlazi najčešće su izvedeni kao relejni, tranzistorski ili pomoću trijaka, a svaki od njih ima svoje prednosti i mane:

- **relejni izlazi** mogu se koristiti za sklopanje istosmjernih i izmjeničnih tereta, za struje do nekoliko ampera. Releji dobro podnose naponske udare i obzirom na zračni razmak između njihovih kontakata ne postoji mogućnost pojave pulsirajućih struja. Releji su, međutim, relativno spori prilikom sklopanja te imaju vijek trajanja (mjeren maksimalnim brojem sklopanja) manji od trijaka i tranzistora.
- **tranzistorski izlazi** služe za sklopanje istosmjernih tereta, nemaju pokretnih dijelova koji se troše i bešumni su. Vrijeme reakcije im je brzo, ali mogu sklopiti struje do 0.5 A.
- **izlazi s trijacima** služe za sklopanje izmjeničnih tereta, a karakteristike su im slične kao kod izlaza s tranzistorima.

- **Što moramo znati:**
- Izlazno sučelje pretvara podatke u signale koji su prikladni za izvršne članove.
- Izlazno sučelje ima sljedeće zadaće: povezivanje s izvršnim elementima, prilagodba napona, zaštita (električka izolacija) centralne jedinice, pojačanje snage, zaštita od kratkog spoja, ..

▪ Centralna procesorska jedinica

Centralna procesorska jedinica s memorijom glavna je jedinica PLC uređaj – mozak PLC-a. Procesorska jedinica čita stanja svih ulaza PLC uređaja (analognih i digitalnih), logički ih obrađuje u skladu s programom izrađenim od strane korisnika, te upravlja izlazima prema rezultatima dobivenim nakon logičke obrade.

▪ Memorijski blok za program i podatke

PLC korisnik prilikom programiranja koristi dva segmenta memorije procesorske jedinice – programske datoteke i datoteke podataka. Programske datoteke koriste korisnički definirane programe, potprograme i datoteku za dojavu i obradu grešaka. Datoteke podataka služe za memoriranje programski ovisnih podataka kao što su U/I status, postavne i trenutne vrijednosti brojača i vremenskih članova te ostale memorijske konstante i varijable. Podaci programske datoteke i datoteke podataka pohranjuju se u dvije vrste memorije; RAM (*eng. random access memory*) i EEPROM (*eng. electrically erasable programable read only memory*). RAM memorija u PLC uređajima obično je podržana baterijom kako se po nestanku napona napajanja ne bi izgubili podaci, dok EEPROM memorija trajno sprema podatke bez obzira na napon napajanja. Korisnički programi izvode se iz RAM memorije, a dobra je praksa da se pohrane i u EEPROM memoriji te da se učitavaju u RAM svaki put kada se uključuje PLC, ili u slučaju gubitka podataka iz RAM memorije.

Sistemska program i memorija za upravljanje radom PLC uređaja nisu vidljivi i dostupni korisniku, ali su od ključne važnosti za učinkovit rad.

Što moramo znati:

Centralna upravljačka jedinica obrađuje podatke prema programu koji je pohranjen u memoriji.

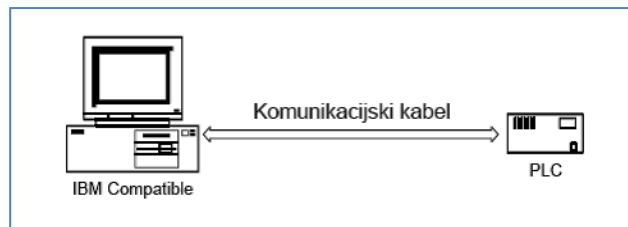
▪ Modul napajanja

Kao i na svakom računalu modul napajanja je najrobustniji i najteži sastavni dio. Neosjetljiv je na smetnje koje dolaze iz električne mreže kao i na kraće ispade mrežnog napona (trajanja 10-15 ms). Standardni ulazi napajanja PLC uređaja su: 120/230 VAC i 12/24 VDC.

▪ Komunikacijsko sučelje

Komunikacijsko sučelje ima višestruku namjenu. Prva i osnovna je komunikacija s nadređenim PC računalom na kojem se nalazi upravljački program kojeg šaljemo u PLC, te dijagnosticiranje stanja rada (slika 8.).

Slika 8. Komunikacija računala s PLC-om



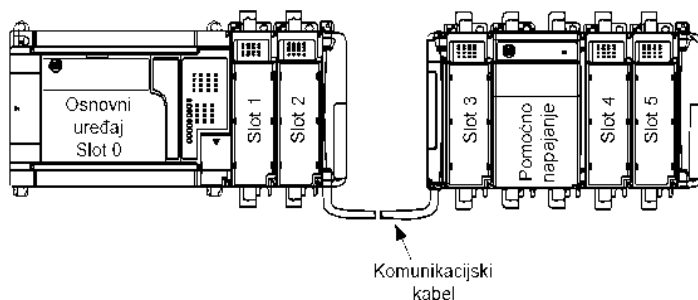
Ostale mogućnosti su komunikacija sa ostalim PLC uređajima i raznim sensorima preko interne mreže (npr. DeviceNet), komunikacija s raznim vrstama operatorskih panela, te komunikacija modemsom vezom. Gotovo svi PLC uređaji imaju ugrađen serijski port za komunikaciju (RS-232 – električki standard, USB), a komunikacija se vrši preko protokola koji ovisi o proizvođaču uređaja (najčešće full duplex serijska veza).

Što moramo znati:

Program se u memoriju PLC-a učitava pomoću računala povezanog na PLC: izravnom serijskom vezom (PPI/MPI - RS-232, USB) ili mrežno (Profbus, LAN, WIFI).

▪ Moduli za proširenje

Moduli za proširenje (slika 9.) su posebni uređaji koji se spajaju na PLC i koji na sebi imaju dodatne ulazne i/ili izlazne stezaljke. Na taj način se PLC uređaj uvijek može proširiti bez da se nabavlja novi. Najčešće se moduli za proširenje prodaju kao moduli za digitalne ulaze i/ili izlaze te moduli za analogne ulaze i/ili izlaze.



Slika 9. Moduli za proširenje

Moduli se napajaju električnom energijom iz osnovnog uređaja, ali mogu koristiti i posebna napajanja. Preporuča se da osnovni uređaj i moduli za proširenje koriste isti izvor napajanja. U pogonu moduli mogu biti udaljeni od osnovnog uređaja te se veza ostvaruje komunikacijskim kabelom. Broj modula koji se mogu spojiti na osnovni uređaj ovisi o proizvođaču, te o mogućnostima procesorske jedinice dotičnog PLC uređaja.

• Što moramo znati:

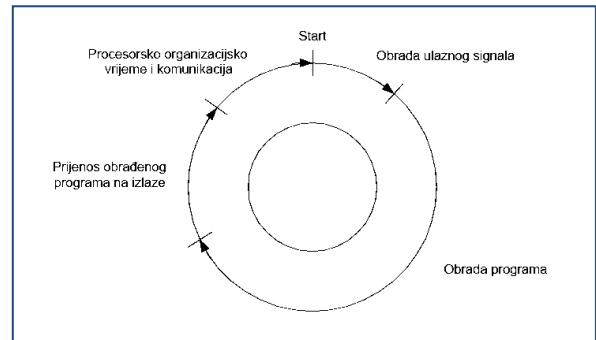
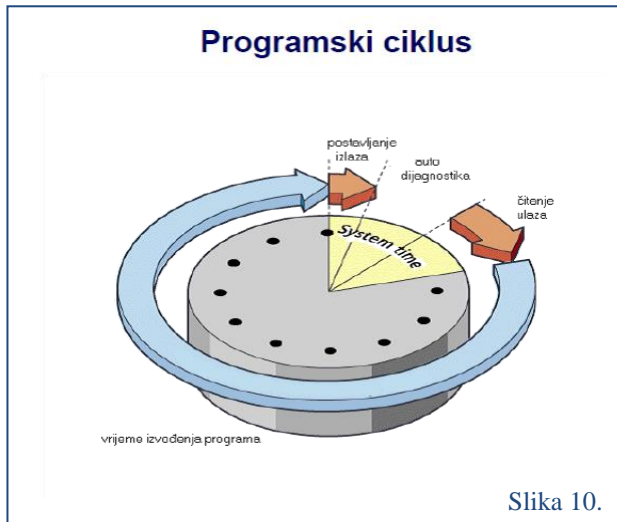
- Bitno svojstvo PLC-a je **modularnost**.

Svaki proizvođač ima u ponudi nekoliko serija PLC-a koji se razlikuje po: brzini, količini, ugrađene memorije, broju i vrsti priključaka, broju i funkcionalnosti dodatnih modula, npr: Ovisno o potrebama, većinu PLC-a je moguće proširiti nizom modula koji uključuju:

- digitalne U/I module, npr.: modul s 8 digitalnih ulaza, DC 24 V, modul s 16 sklopki, 220V 2A,
- analogne U/I module, npr.: modul za dvije Pt100 sonde, modul za 4 termopara,
- module posebne namjene: komunikacijske module (modem, Ethernet, ...), kontrola motora (PWM modul), itd.

▪ Osnovni princip rada PLC-a

Rad uređaja je prikazan slikom 10. PLC prema promjeni stanja na njegovim ulazima mora kontinuirano korigirati stanja izlaza, na način određen logikom u korisničkom programu. PLC tu internu obradu podataka vrti ciklički u beskonačnoj petlji. Ciklus obrade podataka podijeljen je na nekoliko dijelova:



Slika 11.

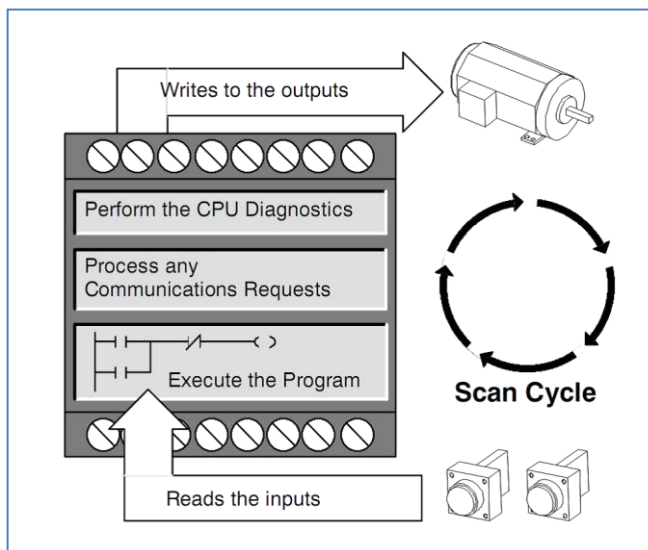
Slika 10 i 11. Ciklus rada PLC-a

1. **Obrada ulaznog stanja** – očitavanje stanja ulaza te prijenos podataka ulaznog stanja u ulazni memorijski registar procesorske jedinice;
2. **Obrada programa** – programska obrada ulaznih stanja prema logici korisničkog programa te slanje rezultata u izlazni memorijski registar procesorske jedinice;
3. **Prijenos obrađenog programa na izlaze** – prijenos obrađenih podataka iz izlaznog memorijskog registra na fizičke izlaze PLC-a;
4. **Procesorsko organizacijsko vrijeme i komunikacija** – odvijaju se operacije potrebne za funkcioniranje operativnog sustava PLC uređaja te komunikacija s vanjskim jedinicama.

Vrijeme jednog ciklusa za oko 500 programskih naredbi se kreće oko 1,5 ms.

Dakle princip rada PLC-a zasniva se na registriranju ulaznih signala, obradi, te slanju izlaznih signala i postavljanju izlaza. Ulazni signali iz procesa kao i oni izlazni kojima upravljamo procesom mogu biti digitalni i analogni. Način na koji će PLC obraditi ulazne signale i na osnovu toga postaviti izlaze zadaje se programom, koji je pohranjen u memoriji PLC-a.

Zbog svog značaja u automatiziranim sustavima upravljanja, danas postoji veliki broj proizvođača PLC-a od kojih su najzastupljeniji: Siemens, Kloeckner, Moeller, ABB, Mitsubishi, Electric i drugi.



A može i ovako:

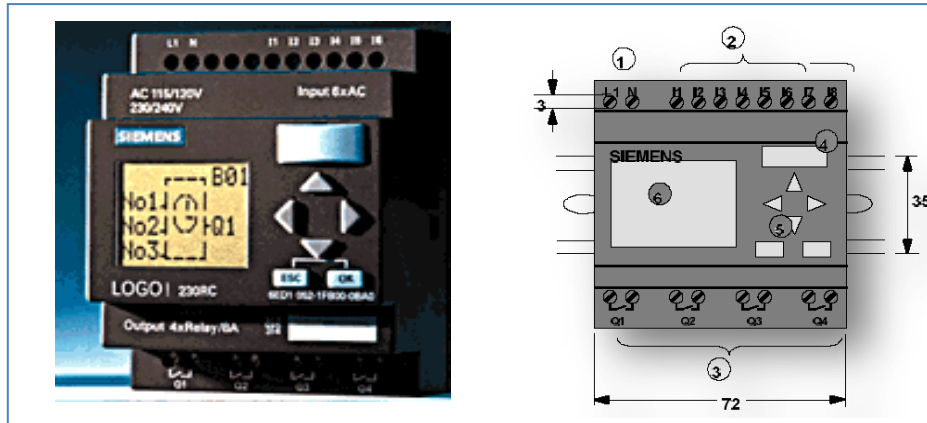
Faze ciklusa:

1. Preslikavaju se stanja s fizičkih ulaza u ulazni registar.
2. Program se izvršava i rezultat se pohranjuje u memoriju.
3. Provede se svi zadaci vezani uz komunikaciju.
4. Izvodi se provjera ispravnosti komponenata.
5. Vrijednost iz izlaznog registra se zapisuju na fizičke izlaze.

Slika 12.

2. PLC 'LOGO'

Na laboratorijskim vježbama radit ćemo na Siemensovom PLC-u iz obitelji „LOGO!“ . Sada prije početka rada u laboratoriju odgovorit ćemo samo na neka osnovna pitanja, a odnose se na PLC LOGO i izradu programa za njega.



Slika 13.

Izgled i osnovni dijelovi PLC-a LOGO!

1. Napajanje 12/24V DC
2. Ulazi /do 10V dc
3. Izlazi – relejni – 10A; 230V AC
4. Priključak za PC
5. Tipkovnica
6. Display

1. Opišimo ukratko Siemensov PLC iz obitelji LOGO!

LOGO je Siemensov univerzalni logički modul koji je u osnovi građen kao standardni PLC uređaj, a služi za rješavanje upravljačkih zadataka iz područja:

- kućne i instalacijske tehnike (stubišna rasvjeta, upravljanje roletama, centralno grijanje,...)
- strojeva i raznih uređaja (upravljanje automatskim vratima, crpkama, ventilacijom, ..)
- u upravljačkim ormarima (industrija, uredi, trgovine,...)

LOGO! nosi oznaku koja daje informaciju o njegovim karakteristikama.

Na laboratorijskim vježbama u školi koristimo **LOGO! 12/24 RC**.

Ova oznaka znači da se PLC može priključiti na napon napajanja (**12/24**) od 12VDC do 24V DC,

(**R**) - da ima relejne izlaze (NO), a na izlazu možemo imati napon do 230V AC i struju do 10(8)A za termička (otpornička) trošila, za induktivna trošila dozvoljena struja je do 3(2)A.

U školi ćemo raditi s PLC-ima LOGO! serije 6 i serije 7. Oznaka „**C**“ - znači komunikacijsku oznaku, odnosno PLC LOGO! moguće je spojiti u komunikacijsku mrežu s ostalim PLC-ima međusobno i s PC računalom. Za sada dovoljno je znati da PLC LOGO! možemo povezivati s računalom putem USB kabela, te program koji smo napravili na PC-u jednostavno prebaciti u PLC.

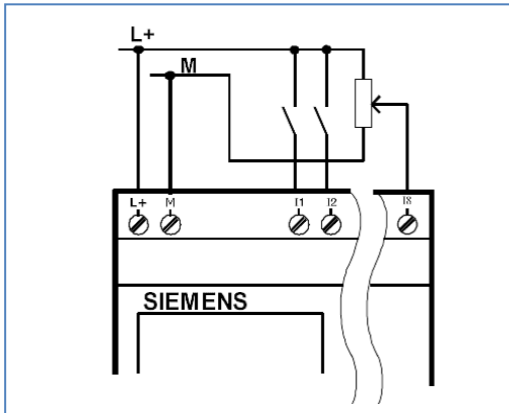
PLC **LOGO!** ima integrirani sat realnog vremena (timer).

Naš PLC **LOGO!** Ima **8 digitalnih ulaza i 4 relejna izlaza**. Od 8 digitalnih ulaza 4 mogu biti analogni naponski ulazi (napona do 10V DC) - naravno ako to u programu naznačimo (o tome drugi put).

PLC **LOGO!** omogućava veliku fleksibilnost u izradi vlastitih upravljačkih rješenja u raznim područjima elektrotehnike i automatike. Programiranje za **LOGO!** se svodi na crtanje funkcijske logičke blokovske sheme (**FBD**) ili crtanja ljestvičastog dijagrama (**LD - Ladder dijagrami**) koji nalikuju strujnim relejnim shemama, dakle, programiranje se svodi na grafičko crtanje upravljačkih shema u programu LOGO!SOFT COMFORT. Kad napravimo potrebni program (ako nije kompliciran) funkcionalnost i ispravnost istog možemo provjeriti na programskoj simulaciji.

2. Kako priključujemo senzore ili detektore na ulaze u LOGO!?

Na skici je prikazan priključak dva senzora sa digitalnim izlazom (on-off) (npr granične sklopke) na ulaze (klemne) I1 i I2, te priključak analognog senzora (potenciometar sa npr davača položaja) na ulaz I8 (klemne).



Slika 14.

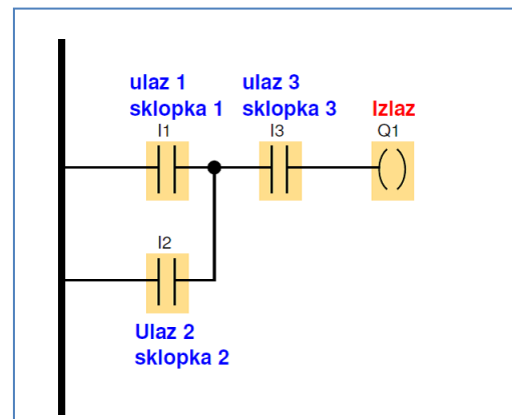
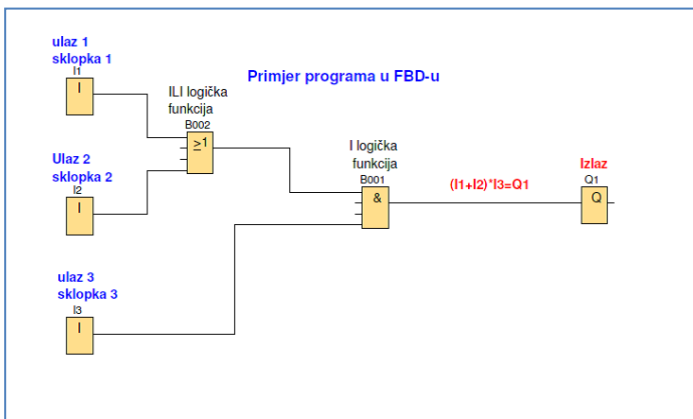
Napomena:

Ulazi izvedbe LOGO 12/24 RC su galvanski povezani, te stoga trebaju imati istu masu kao i izvor napajanja PLC-a. Analogni signal može se dobiti kao što je na shemi naznačeno preko potenciometra spojenog na napajanje odnosno +L i mase. Središnji jezičak preko kojeg dobivamo analogni signal spajamo na stezaljku (klemu) 8 koju programski definiramo kao analogni ulaz.

3. Što predstavlja BLOK u FBD-u.

Jedan blok predstavlja jednu funkciju koja ulazne informacije pretvara u izlaznu informaciju. Kod programiranja povezuju se ulazne priključnice (klemne) preko potrebnih blokova do izlaznih priključnica (klemne). Blokovi mogu imati logičku funkciju, vremensku funkciju, funkciju računanja, funkciju pretvorbe analognih veličina u digitalne odnosno u brojeve itd.

Broj blokova koji se međusobno povezuju je ograničen memorijom PLC-a. Vrijednosti funkcije je moguće jednostavno parametrirati kao i ponašanje određenog bloka na simulatoru izvršavanja određenog programa. Svaki blok ima ulaz i izlaz, te funkciju koja ulaznu informaciju pretvara u izlazu. Svakom bloku se automatski dodjeljuje broj bloka (adresa) koji se može ručno mijenjati već prema zahtjevu.



Slika 15. Primjer programa izrađenog u FBD-u (lijevo) i ljestvičastom (leader) dijagramu - LD-u (desno) prema istom zadatku.

Zadatak glasi:

uključivanjem sklopke3 priključene na ulaz I3 PLC-a I sklopke1 I I2 sklopke2 priključenih na ulaze I1 i I2 → uključiti će se izlaz Q1 → otići će u „1“ (to znači da će se normalno otvoreni kontakt releja na izlazu Q1 zatvoriti).

Laboratorijske vježbe

Kada? Koliko?

Laboratorijske vježbe iz predmeta Upravljanja i regulacija, Vođenje procesa računalom i Automatsko vođenje procesa izvodit ćete svaki drugi tjedan. Dakle, nakon tri sata teorije (UiR i AVP), ili jednog sata teorije (VPR) i jednog sata pripreme za laboratorijsku vježbu imati ćete dva sata laboratorijskih vježbi. U cilju uspješnog ostvarivanja poželjnih ishoda, a to su usvajanje i produbljivanje znanja i vještina na području upravljanja i regulacije, vođenju procesa računalom odnosno automatike, za vas smo pripremili laboratorijske vježbe. Na kraju ciklusa ako budete marljivo radili moći ćete posve samostalno zamisliti, konstruirati, dizajnirati i simuliranjem na modelu ispitati funkcionalnost za neki vaš automatizirani sustav ili uređaj.

Kako će vaš rad na vježbama biti vrednovan i ocjenjivan?

Vrlo je važno da na laboratorijske vježbe dođete pripremljeni.

Priprema znači: pažljivo proučite laboratorijsku vježbu koju ćete raditi, povežite tu vježbu s teorijom i predavanjima, predvidite probleme na koje ćete naići u samoj vježbi, te razmislite o rješenjima, samostalno izradite domaću zadaću.

Na vježbu osim opisa vježbe i izvješća ponesite bilježnicu, kalkulator, te pribor kao što su trokut ili ravnalo i olovke ili kemijske u boji. Bilježnica sa zapisima iz teorije pomoći će vam da donesete pravilne zaključke i komentare o laboratorijskoj vježbi koju ste izveli, ali i da zaokružite novo usvojeno znanje iz automatike.

Izvedba vježbe na PC-u : na PC-u radit ćete u timu (dva učenika/učenicice). Unaprijed podijelite zadatke tako da oboje naučite programirati u FBD-u i LD-u odnosno u LOGO! Soft Comfor-u. Oboje ste odgovorni za izvedbu. Dok jedan crta shemu drugi može biti kontrola i nadzor. Na drugoj vježbi promijenite mjesta. Radite timski. Budite pažljivi. Ako logička shema ne funkcionira pronađite grešku. Ako naidete na problem konzultirajte se s drugim timovima. Vrijeme je važna komponenta izvedbe. Kad ste sastavili shemu postavite potrebne parametre i simulacijom rada prema zadanom scenariju provjerite funkcionalnost, otklonite greške, itd.

Dokumentacija : je u osnovi pisano izvješće koje se sastoji o novo naučenim komponentama, funkcijskim blokovima, vremenskim dijagramima djelovanja, tablicama adresa, nacrtanim logičkim shemama, elektro-pneumatskim shemama, izračunima itd. Svaka vježba popraćena je izvješćem o vježbi kojeg morate izraditi. Kod crtanja grafova, shema, dijagrama poslužite se trokutima i olovkama u boji. Na grafovima, shemama, dijagramima i tome slično označite sve važne napomene, zaključke i komentare. Slobodno donosite svoje zaključke, komentare, opise postignutih rezultata.

Komentari, zaključci, opisi postignutih rezultata mogu vam poslužiti kao šalabahter prilikom usmenog ili pisanog ispitivanja znanja.

Timski rad : Jedan od elemenata koji će se uzimati u obzir kod vrednovanja vaših postignuća odnosno ocjenjivanja je i odnos prema timskom radu. On se proteže odnosno dio je svakog segmenta – cjeline ocjenjivanja. Zato, budite spremni pomoći drugima i samome sebi da se vježba uspješno izvede. Budite dio tima, timski igrač.

Važno:

- Kao budući tehničari i inženjeri budite uredni kod izrade izvješća.
- Ocjena iz laboratorijskih vježbi sastavni je dio ocjene iz Upravljanja i regulacije, Vođenja procesa računalom i Automatskog vođenja procesa. Uvjet da ocjena iz tih predmeta bude pozitivna je da ocjena iz laboratorijskih vježbi bude pozitivna. Dakle, u slučaju negativne ocijene iz laboratorijskih vježbi i ocjena iz navedenih predmeta bit će negativna.
- U svakom polugodištu možete izostati (uz opravdanje) samo sa jedne (1) vježbe. U slučaju bolesti ili opravdanog izostanka s više vježbi iste morate nadoknaditi u za to predviđenom roku ili na dodatnoj nastavi na kraju godine.
- U laboratoriju se ponašajte prikladno, čuvajte opremu na kojoj radite, budite angažirani, poštujujte rad drugih, budite dio tima.

UiR , VPR, AVP - LABORATORIJSKE VJEŽBE		
Ocjenjivanje rada u laboratoriju		
redni broj	Segmenti - cjeline ocjenjivanja	Mogući bodovi
1.	priprema - učenik je pripremljen za vježbu – učenik je izradio domaću zadaću	1 do 5
2.	Izvedba programa u LD-u ili FBD-u prema zadanom scenariju – zadatku - učenik je izradio zadani shemu na računalu i može opisati i obrazložiti svaki funkcionalni blok i komponentu – zašto?, kako?	1 do 5
3.	učenik je izvršio simulaciju rada, pravilno rekonstruirao scenarij, te uredno sve podatke upisao u izvješće o vježbi - dokumentacija	1 do 5
4.	Komentari, zaključci, opisi postignutih rezultata - dokumentacija	1 do 5

prevođenje bodova u ocjene: Ocjenu čini srednja vrijednost sva 4 segmenta.

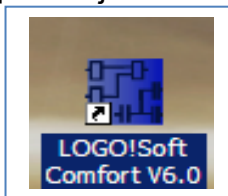
Mnogim ispitivanjima dokazano je da radom na rješavanju logičkih problema puno brže i učinkovitije razvijate kognitivne sposobnosti odnosno matematičko- prostornu inteligenciju koja je jedna od najvažnijih komponenti opće inteligencije. Dakle radom na rješavanju zadataka u laboratorijskim vježbama razvit ćete ne samo vlastitu matematičko prostornu inteligenciju već i opću inteligenciju i kognitivne sposobnosti. Također, povećati će se vaša moć vizualizacije i percepcije pa ćete i u ostalim predmetima lakše svladavati probleme.

Uvod u laboratorijske vježbe

Upoznajmo Logo!Soft Comfort v06 (v07)- uvod

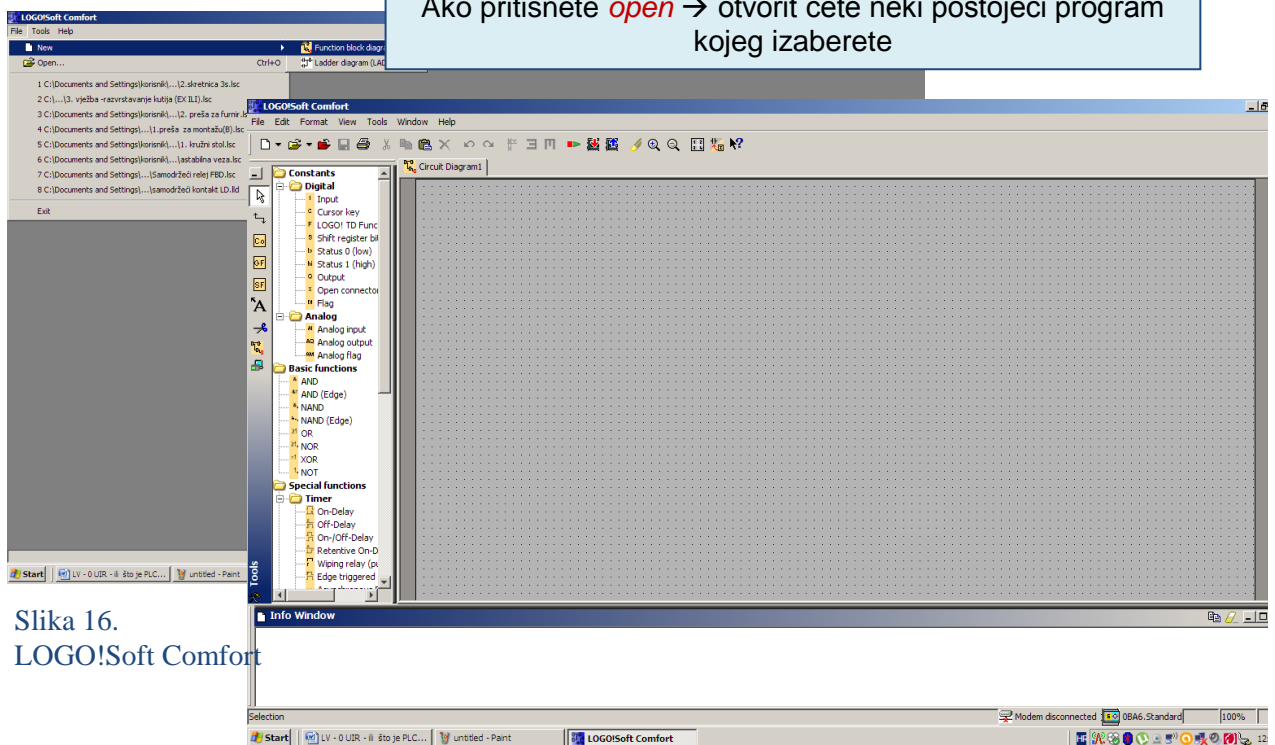
Logo!Soft Comfort je softver pomoću kojeg možete napraviti, testirati i kroz simulaciju provjeriti funkcionalnost programa za PLC LOGO. Ujedno možete napraviti dio potrebne dokumentacije za određeni projekt koju printanjem prenesete odnosno ispisujete na papir. Ulaskom u Logo!soft Comfort na displeju će vam se otvoriti radna površina na kojoj ćete moći izraditi svoj program, a koji se praktički svodi na crtanje shema kontakt plana u ljestvičastom dijagramu (LD) ili logičkih shema u funkcionalnom blok dijagramu (FBD). Crtanje shema se svodi na postavljanje već gotovih kontakata, logičkih funkcijskih blokova, timera, brojača, blokova za računanje itd, te njihovo međusobno povezivanje od ulaza do izlaza i obratno. Oko radne površine poredane su ikonice čijom aktivacijom otvarate niše iz kojih možete dohvatiti sve što vam je potrebno. Izbor ikonica i njihov smještaj oko radne površine možete sami urediti. Za početak, sve dok bolje ne upoznate rad u Logo!softu i ne steknete potrebna znanja najbolje je da pustite ikonice onako kako su postavljene.

Na ovom satu nastavnik će vam pokazati gdje se što nalazi, kako se postavljaju potrebne komponente na radnu površinu, kako se mijenjaju njihovi parametri, kako se međusobno spajaju, kako se na shemu upisuju vlastiti komentari itd. Na svom računalu ponavljanjem pokazanih radnji steći ćete prva iskustva rada u Logo!softu. Zapisujte ono što ste naučili kao podsjetnik koji će vam dobro poslužiti u prvim vježbama.



Pritiskom na ikonicu LOGO!Soft Comfort otvorit će se radna površina programa.

Pritisnite *File* → *New* → *Function Block diagram (FBD)*
→ pojavit će se nova radna površina FBD-a
Ako pritisnete *open* → otvorit ćete neki postojeći program kojeg izaberete



Slika 16.
LOGO!Soft Comfort