

Programabilni logički kontroleri (PLC) - osnove

Industrijski sistemi i protokoli -
predavanje 1

02/2024

prof Darko Marčetić

1. Uvod u upravljačke sisteme i PLC

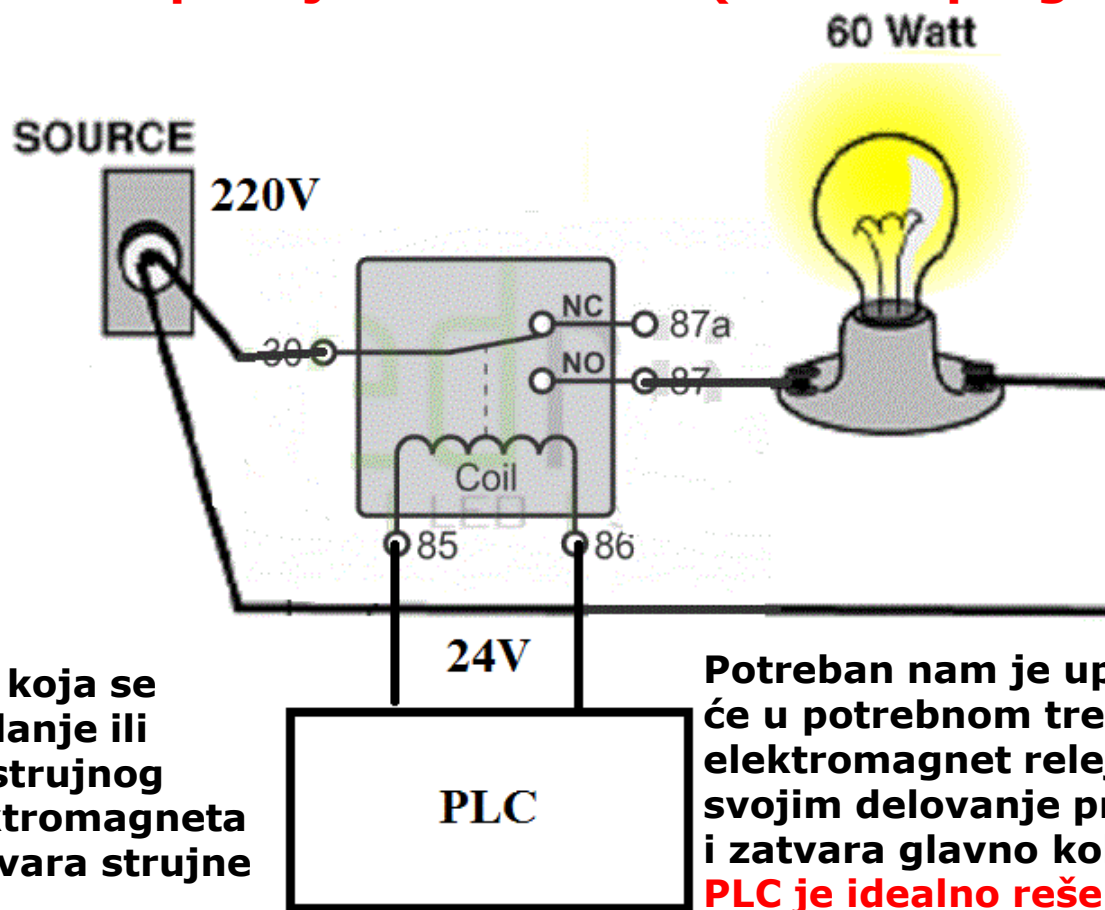
Programabilni logički kontroler (**Programmable Logic Controller**) je mikrokontrolerski sistem u kome su hardver i softver specifično adaptirani industrijskom okruženju.

Sadržaj

1. Osnovne elementi neophodni za rad sa PLC
2. princip rada PLC
3. Komunikacija unutar sistema i sa ostatkom sveta

Podsećanje, kako se upravlja objektima ?

1. **Objekat** vrši neki rad (u datom primeru sijalica pretvara električnu energiju u svetlosnu i na žalost i toplotnu energiju),
2. Objektu treba **električna energija** iz nekog **izvora (mreža)**,
3. Nama treba **aktuator (prekidač, rele, ...)** da kontroliše tok energije,
4. treba **neko da upravlja aktuatorom (ili mi ili program)**.

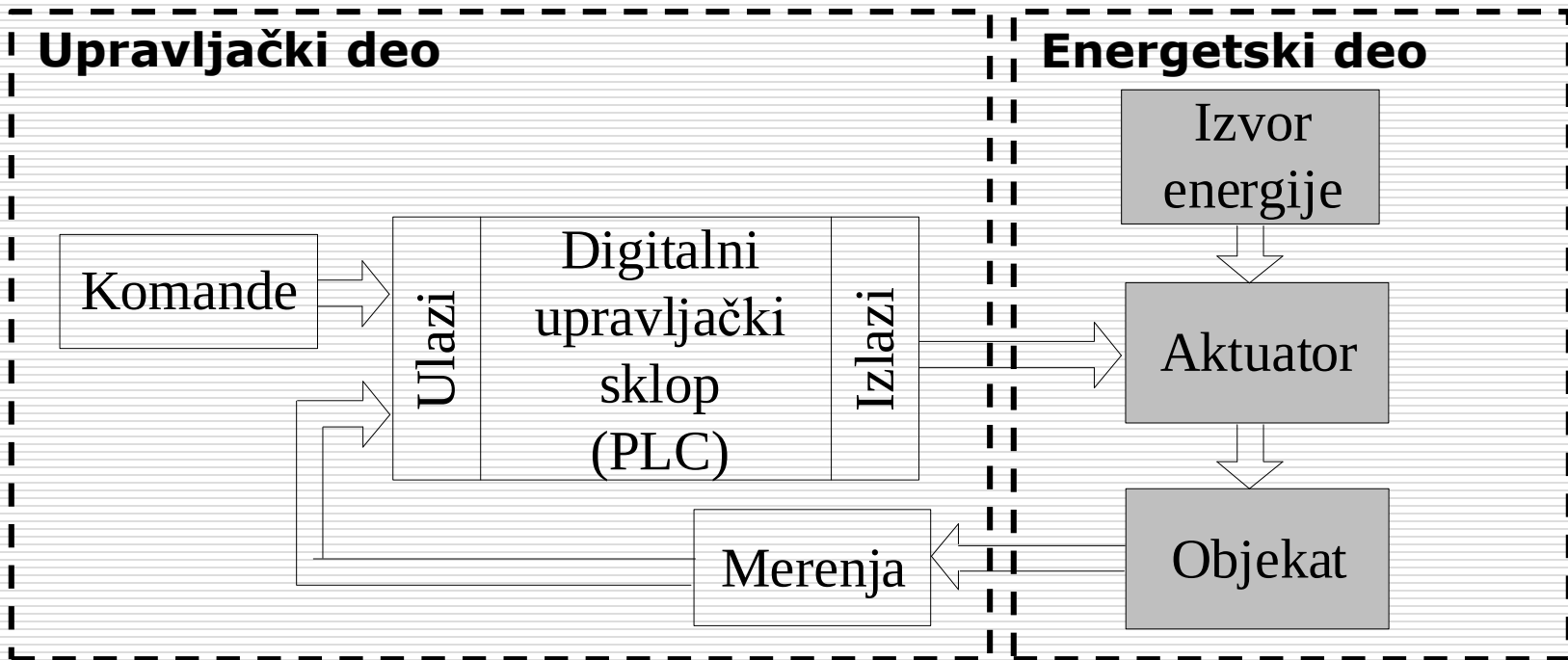


Rele je naprava koja se koristi za prekidanje ili uspostavljanje strujnog kola putem elektromagneta koji otvara i zatvara strujne kontakte.

Potreban nam je upravljački sklop koji će u potrebnom trenutku da pobudi elektromagnet releja strujom, koji svojim delovanje privlači kontakte releja i zatvara glavno kolo.

PLC je idealno rešenje za ovu primenu !

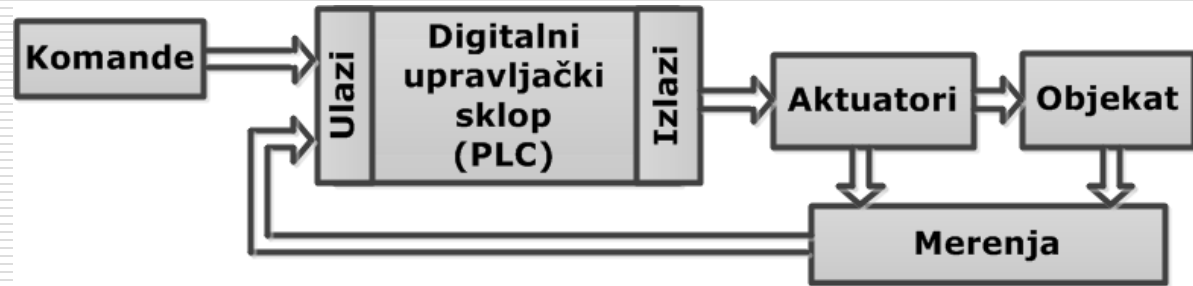
1.1. Tipična struktura automatizovanog sistema



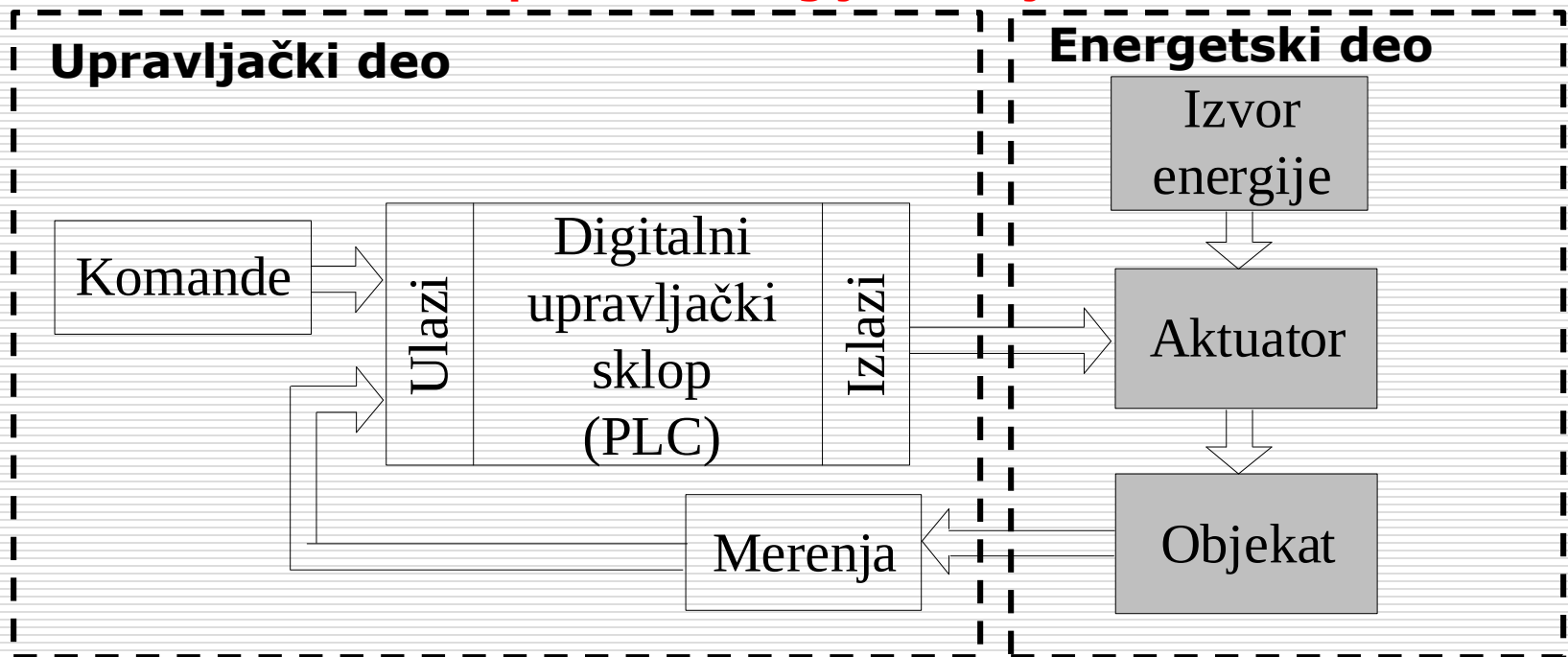
- ❑ **Objekat vrši rad, njime treba upravljati,**
- ❑ **Ulazi upravljačkog sklopa su komande i merni signali,**
- ❑ **Izlazi iz upravljačkog sklopa su upravljački signali,**
- ❑ **Aktuator pojačava upravljačke signale i upravlja objektom,**
- ❑ **Upravljački sklop se danas realizuju SAMO u digitalnoj tehnici,**
- ❑ **Najprostije rešenje upravljačkog dela je pomoću PLC (*Programmable Logic Controller*)**

1.1. Tipična struktura automatizovanog sistema

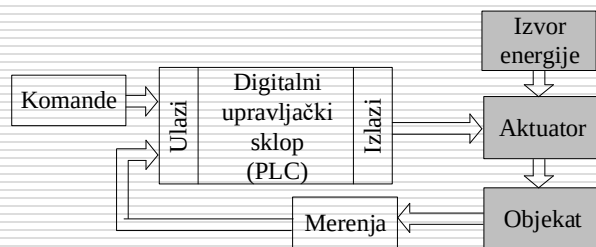
- Ova šema je iz knjige, ona ilustruje tok signala, ali nije dobra.



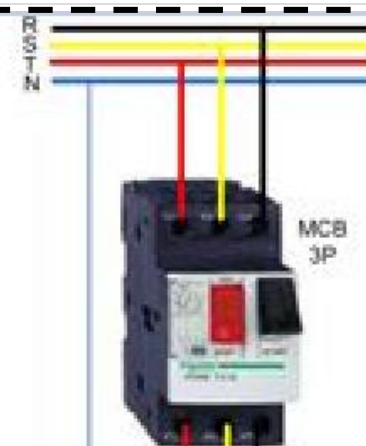
- Ova šema je jasnija: **PLC kontroliše tok energije ali ne prenosi energiju ka objektu !**



1.1. Primer strukture automatizovanog sistema



**3. Mreža
(Izvor energije)**



**2. Kontaktor
kao aktuator**



**Signal za
uključenje**

**4. PLC kao centar
upravljačkog dela**



**6. Merenja
(npr. enkoder)**

**1. Motor
(objekat)**



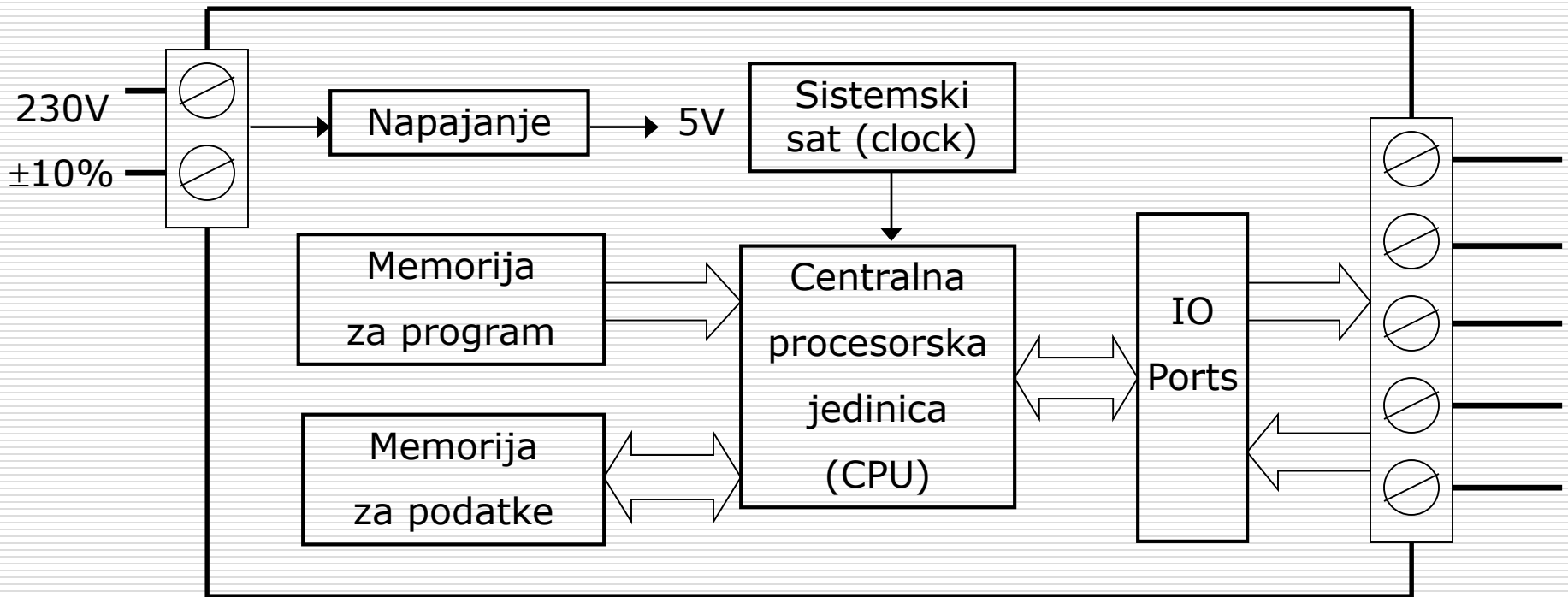
**Start
taster**



Potenciometar

**5. Unos
komandi**

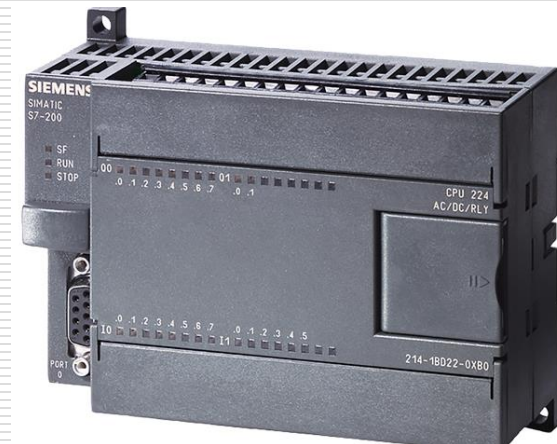
1.2. Neophodni elementi upravljačkog uređaja



Upravljačke komponente su digitalne i programabilne. Delovi:

- ☐ Napajanje
- ☐ Programska memorija da čuva program
- ☐ Memorije za podatke čuva podatke
- ☐ CPU da izvršava program vodjena clock signalom
- ☐ Ulazni/izlaznih portovi su veza PLC sa spoljnim svetom.

Kleme, robusna veza:



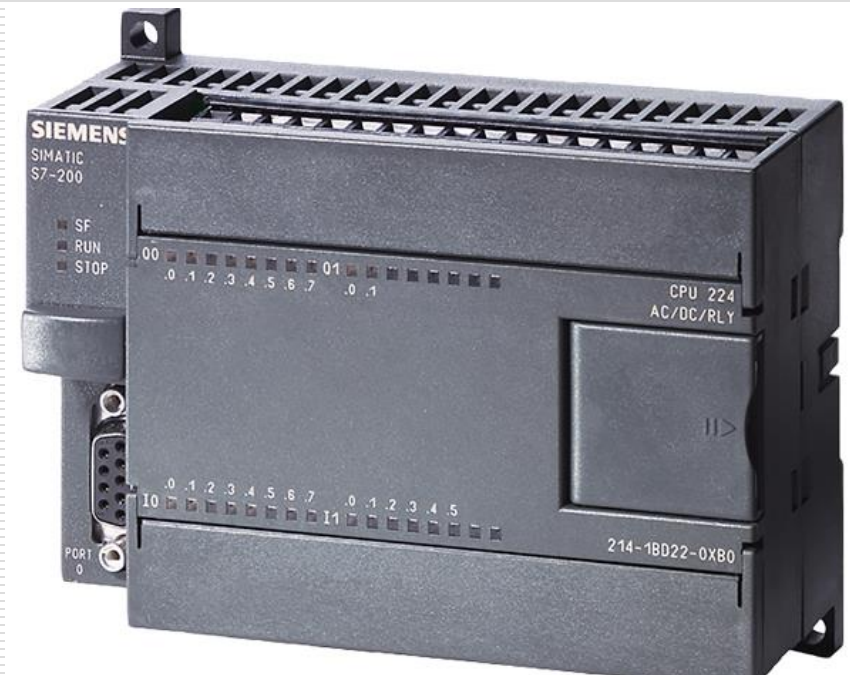
1.2. Neophodni elementi upravljačkog uređaja

PLC obuhvata sve potrebne elemente, ali koji PLC odabrati

- ☐ Koliko ima ulazni i izlaznih portova, kojeg su tipa ?
- ☐ Kakvo mu je napajanje ?
- ☐ Koliko ima programske memorije?
- ☐ Koliko ima memorije za podatke i kakve tipove podataka?
- ☐ Koliko brzo se naredbe izvršavaju ?

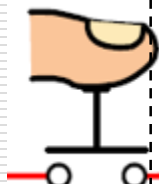
Realno, radićete sa onim PLC sa kojim već radi vaša nova firma

U svakom slučaju, odluka je doneta, PLC će zasad biti naš digitalni upravljački uređaj



1.3. Kako povezati PLC sa okolinom ?

Operater



+24V

Zadavanje komandi

**Upravljački deo
(mala snaga)**

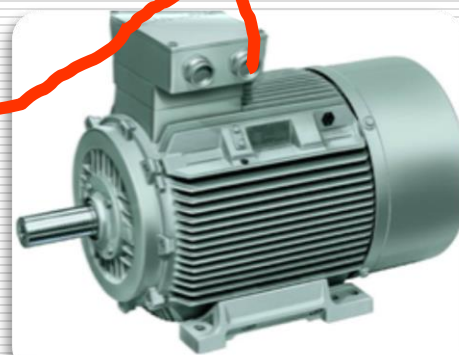
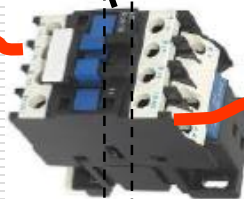
ulaz

izlaz



**Mali naponi (24V) i
struje (do 1A)**

**Energetski deo
(velika snaga)**



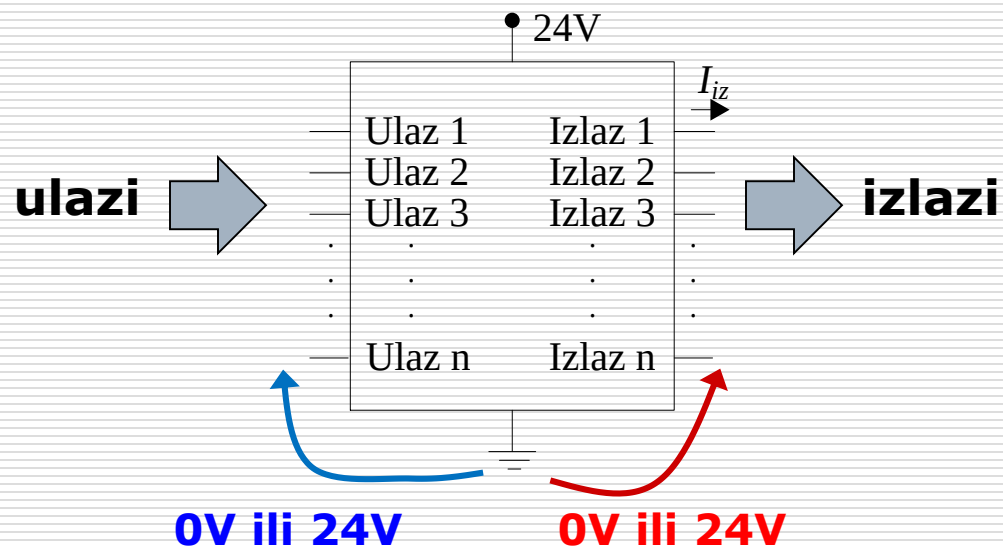
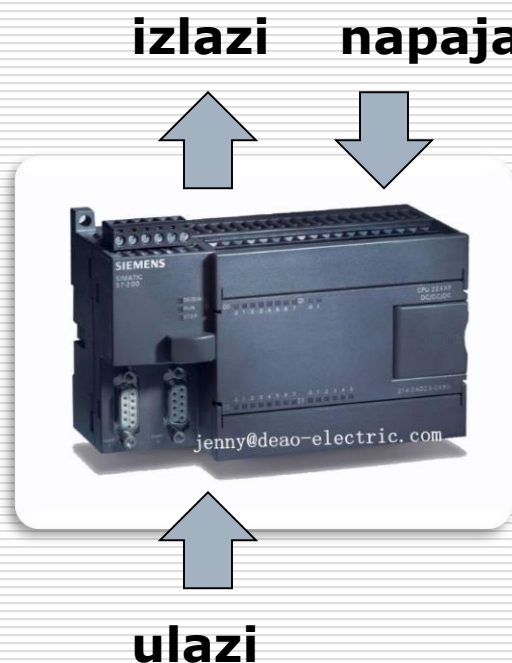
**Veliki naponi (230V i
više) i struje (1A-1kA)**

Za povezivanje PLC sa okolinom se uglavnom koriste standardni ulazno/izlazni uređaji

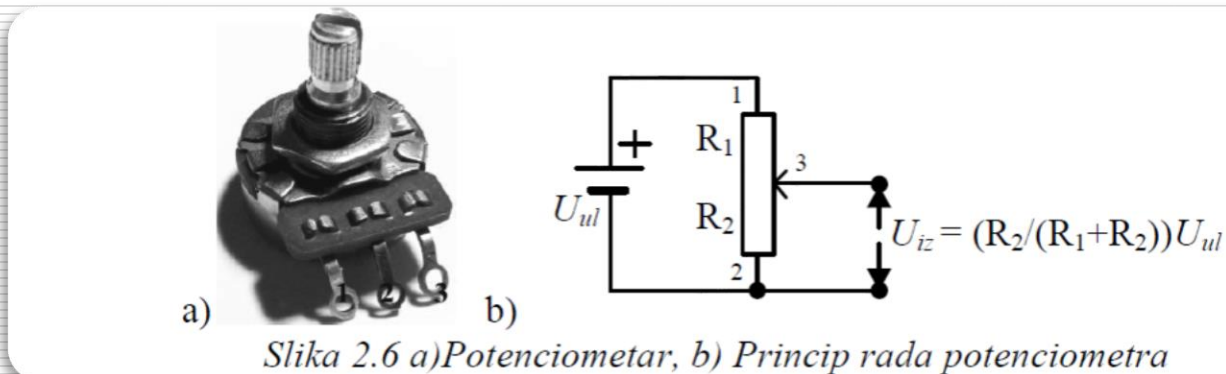
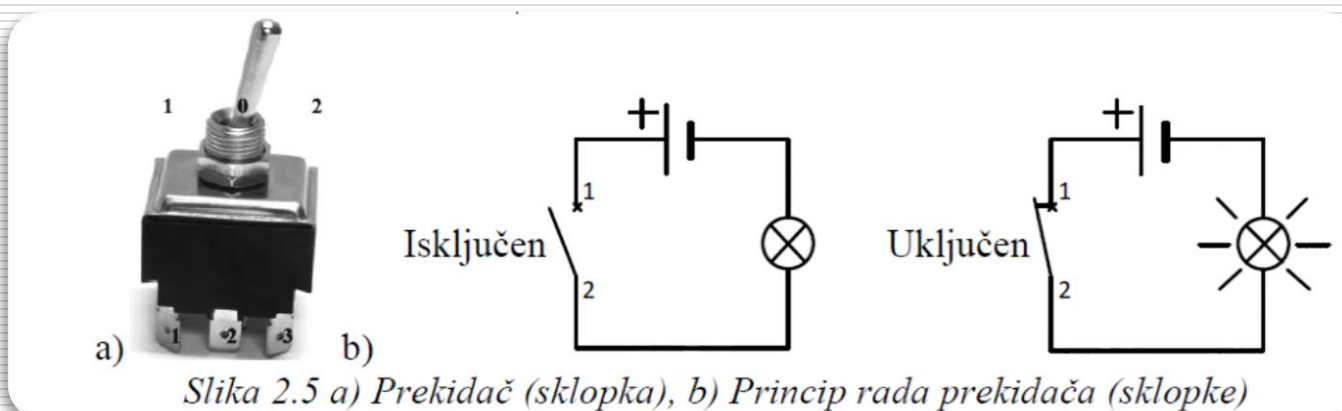
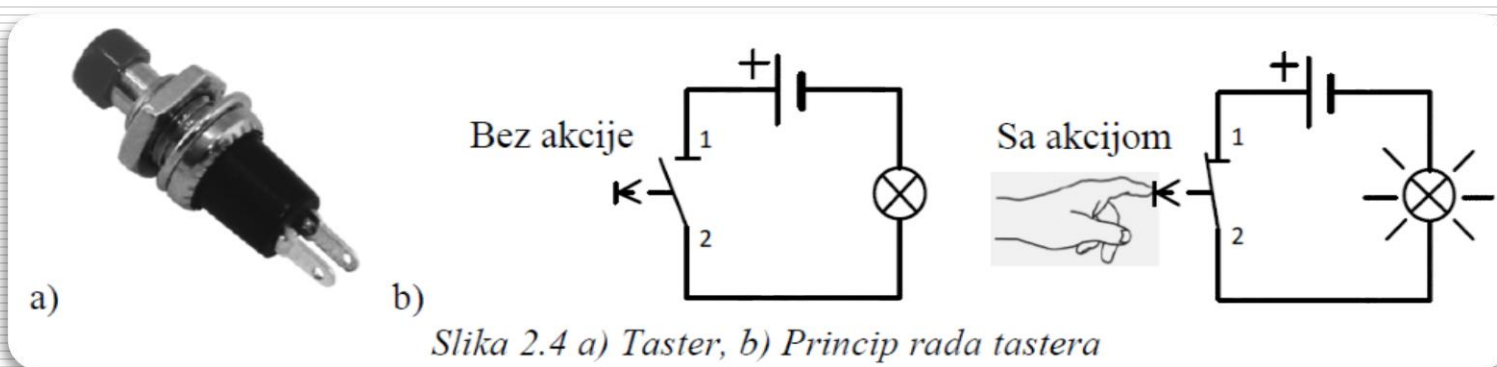
1.3. Kako povezati PLC sa okolinom ?

Kada povezujemo digitalni upravljački sklop (PLC) se okolinom posmatramo ga kao običnu kutiju koja

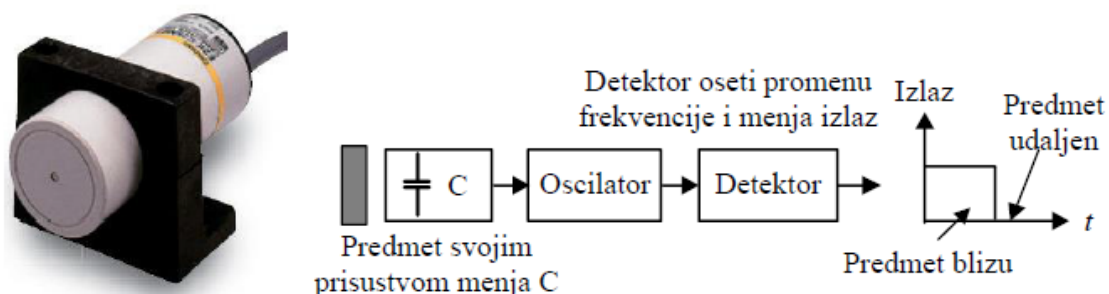
- ima više ulaza i izlaza
- radi na niskim naponima, **industrijski standardi su**
 - **24V za digitalne signale,**
 - **0 do +10V za analogne signale,**
- Na svojim ulazima očekuje informacije preko niskih napona
- Isto niskim naponima preko svojih izlaza upravlja objektima



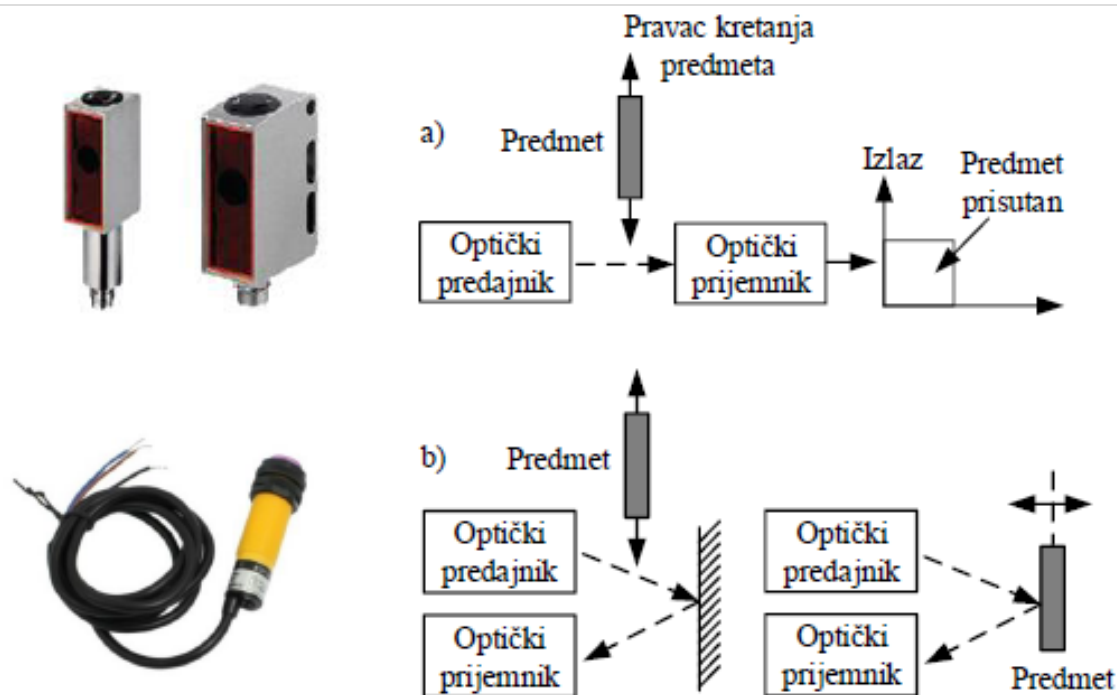
1.3.1. Ulazni uređaji za lokalno zadavanje komandi



1.3.2. Digitalni senzora kao ulazni uređaji

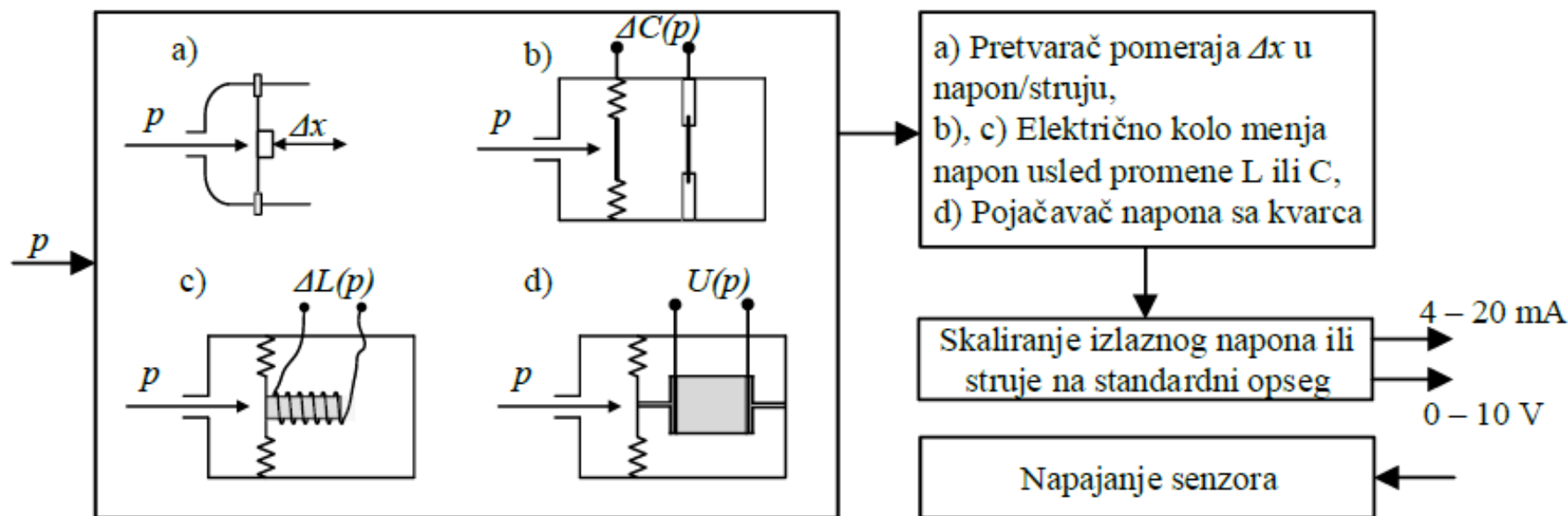


Slika 2.8 Kapacitivni senzor za rastojanje: a) slika , b) princip rada



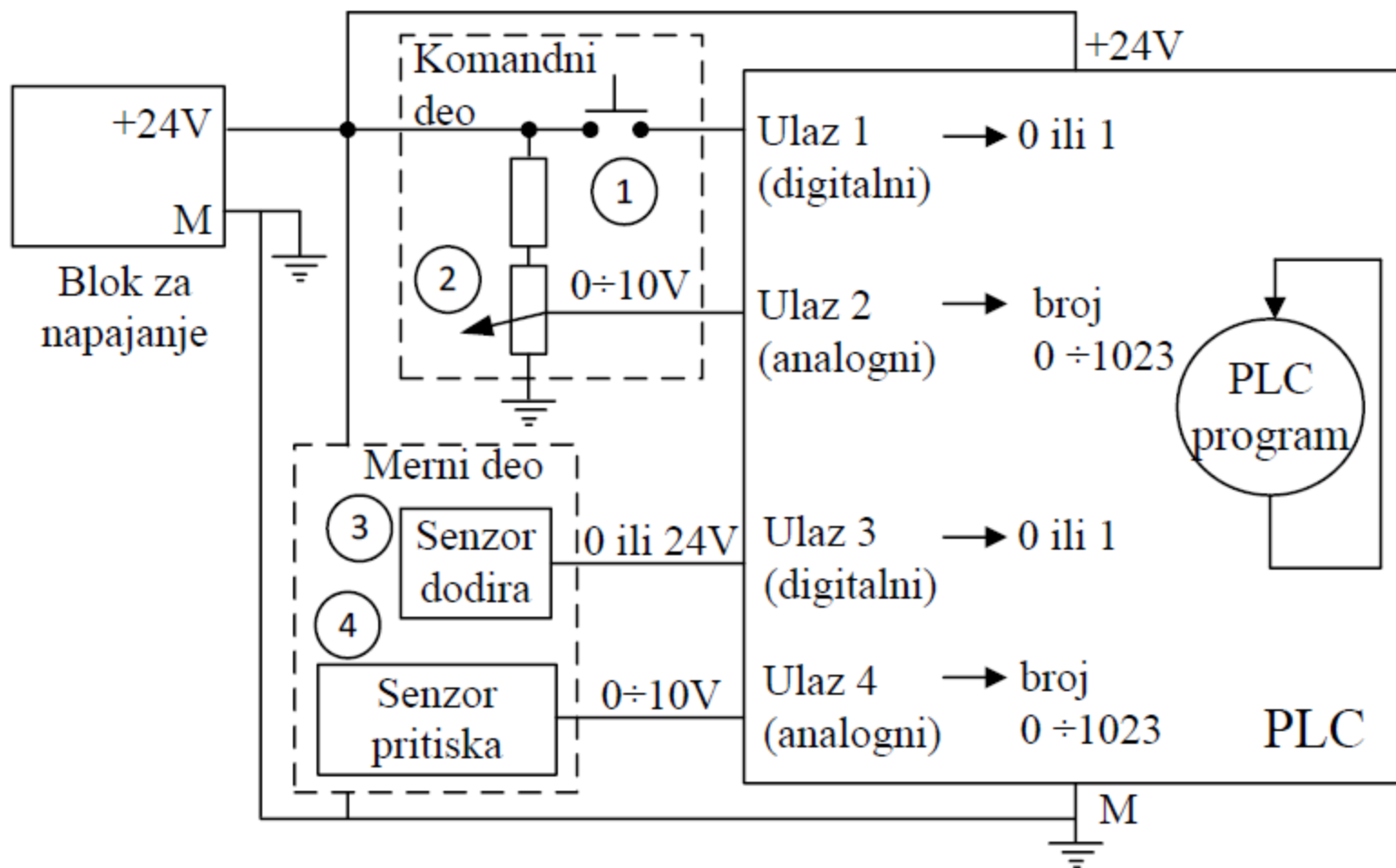
Slika 2.9 Slika i princip rada dva optoelektronska senzora za rastojanje, a) varijanta sa predajnikom i prijemnikom, b) varijanta sa primopredajnikom i refleksijom na objektu

1.3.3. Analogni senzora kao ulazni uređaji



Slika 2.12 Blok dijagram i princip rada senzora pritiska: a) pritisak izaziva pomak koji se na neki način pretvara u električnu veličinu, b) c) pritisak izaziva promenu L ili C u električnom kolu i utiče na izlazni napon ili struju, d) pritisak izaziva napon na piezo elementu od kvarca

1.3.4. Primeri povezivanja ulaznih uređaja i PLC



1. Taster

2. Potencijometar

3. Senzor dodira

4. Senzor temperature

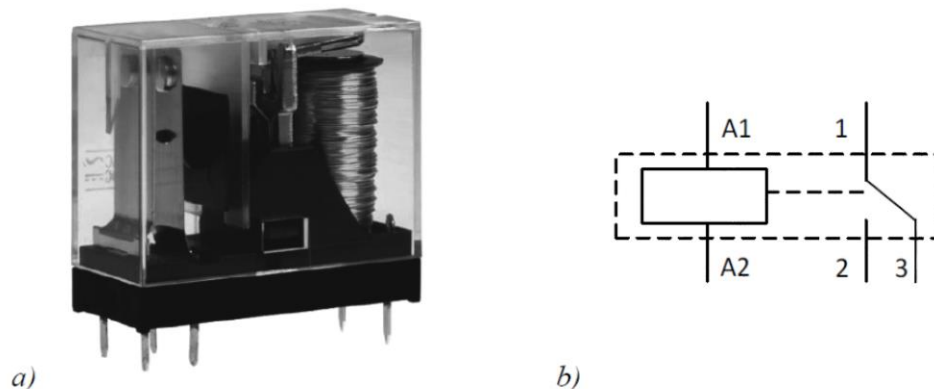
1.3.5. Primeri izlaznih uređaja za upravljanje

Relej

Elektronska sprava koja prekida i uspostavlja strujno kolo putem elektromagneta

Podela po napajanja:

- obični(neutralni)
- polarizovani



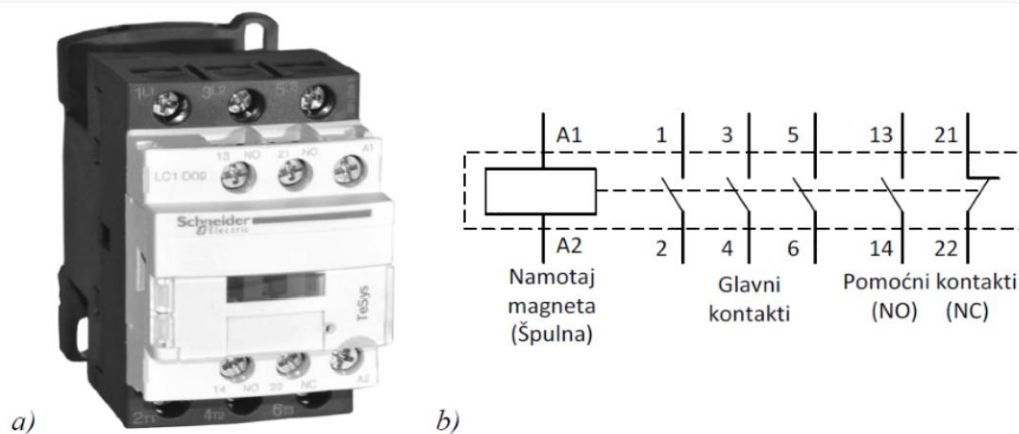
Slika 2.13 a) Relej, b) blok šema releja

Kontaktor

Sklopka za daljinsko uključenje i držanje u uključenom stanju pomoću elektromagneta

Podela po napajanja:

- Jednosmerni (24V, 48V, 110V)
- Naizmenični (65V, 110V, 220V, 380V)



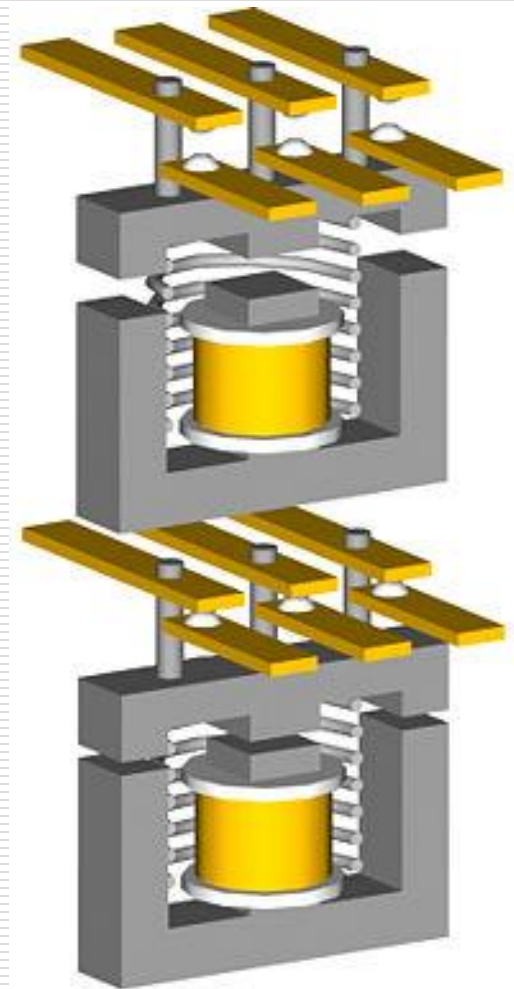
Slika 2.14 a) Kontaktor, b) blok šema kontaktora

1.3.5. Primeri izlaznih uređaja za upravljanje

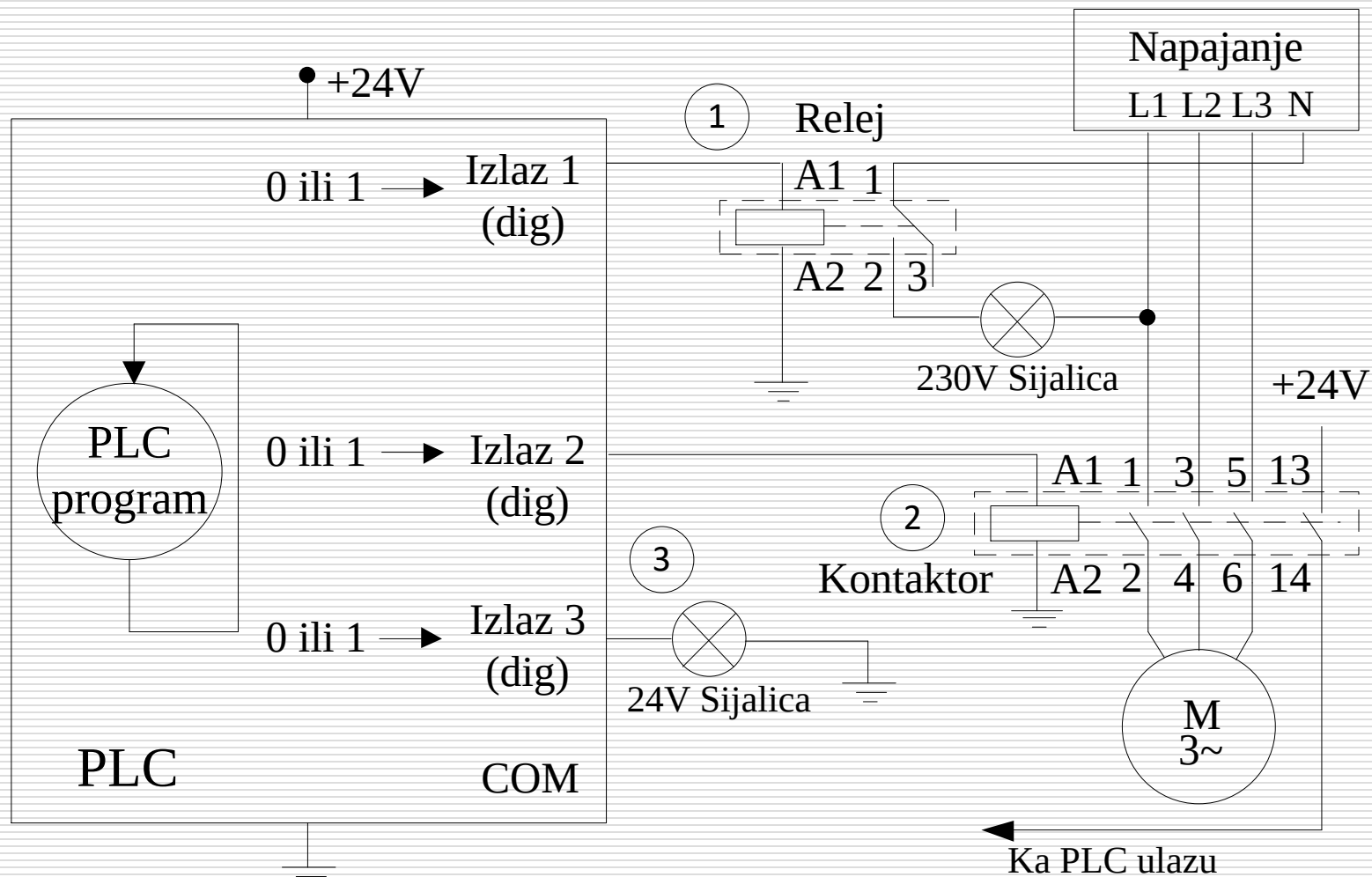
1.3.5.1. Princip rada kontaktora

Nema napona na namotaju, el. magnet ne radi, nema privlačenja kotve, kontakti razdvojeni.

Napon na namotaju ,elmagnet
Privlači se kotva, kontakti zatvoreni



1.3.6. Primeri povezivanja izlaznih uređaja i PLC



Aktuatori:

1. Releј

2. Kontaktor

Signalni deo:

3. Sijalica

2. PLC - Osnovne osobine

PLC je oklopljeni i testiran mikroprocesorski sistem koji je lako programirati

Sadržaj

- 1. Osnovne osobine PLC**
- 2. Siemens PLC serija**
- 3. Siemens PLC S7-200**

2.1. Šta su PLC i čemu su namenjeni?

Programabilni logički kontroler (**Programmable Logic Controller**) je mikrokontrolerski sistem u kome su hardver i softver specifično adaptirani industrijskom okruženju.

PLC je oklopljen mikrokontroler sa svakim delom dobro proverim, vreme razvoja aplikacije se značajno umanjuje.

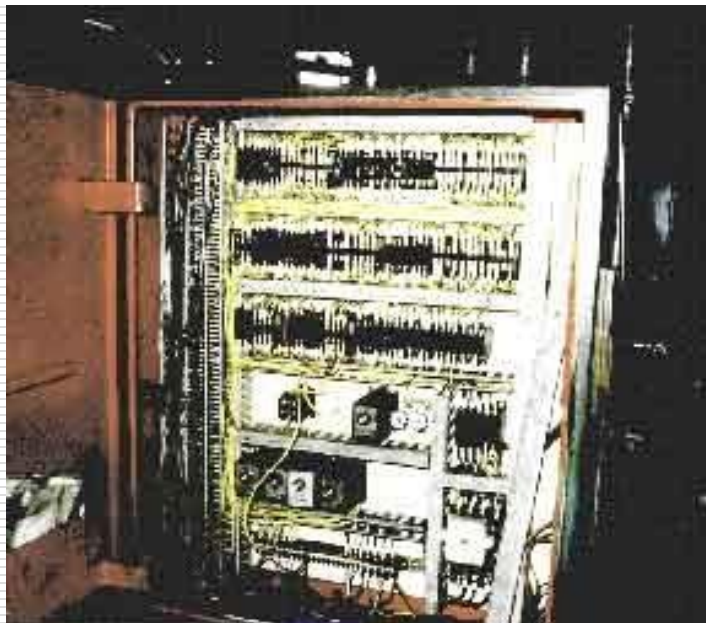
PLC je originalno namenjen kao zamena za relejne šeme. PLC se bazira na programu koji se može menjati tako da omogućava brze izmene i proširenja.

Savremeni PLC kontroleri su sposobni za sve vrste komunikacija, RS485, MODBUS, PROFIBUS, Ethernet , IT (internet TCP/IP)

PLC koristi "ladder" lestvičaste dijagrame za programiranje.

PLC ima odvojene ulaza i izlaze.

2.1.1. PLC počinje kao zamena relejnih šema



Orman bez PLC



Orman sa PLC

1. Broj žica umanjen za 80%
2. Umanjena potrošnja snage u odnosu na relejnu šemu
3. Dijagnostičke PLC funkcije omogućuju laku detekciju greške
4. Promena operacione sekvence celog sistema upravljanog sa PLC je veoma Jednostavna, treba samo promeniti i upisati novi program.
5. treba manje rezervnih delova
6. mnogo je jeftiniji
7. PLC je mnogo pouzdaniji u odnosu na elektromehaničke releje.

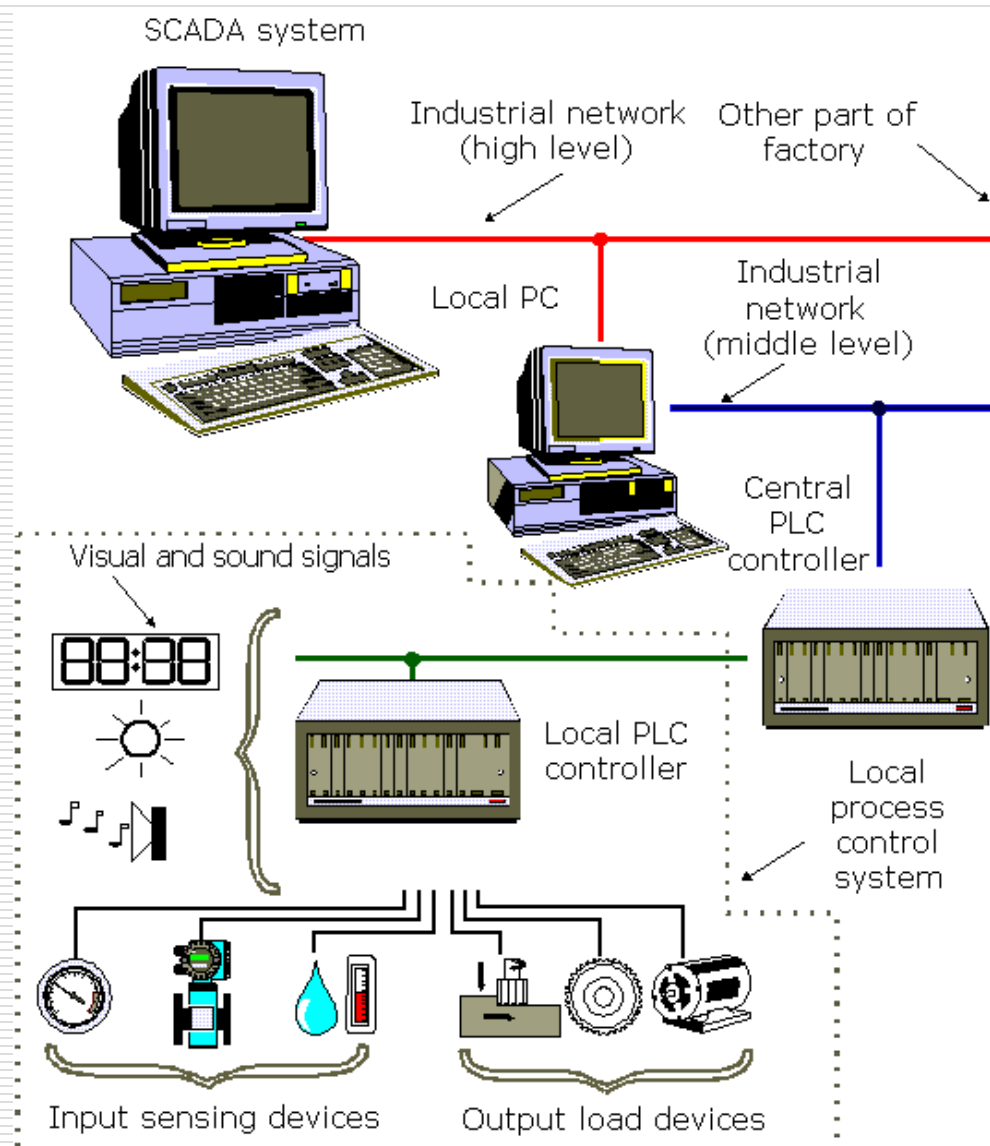
2.1.2. Danas PLC ima višestruku ulogu

Kontrolu procesa čini čitava grupa elektronskih uređaja

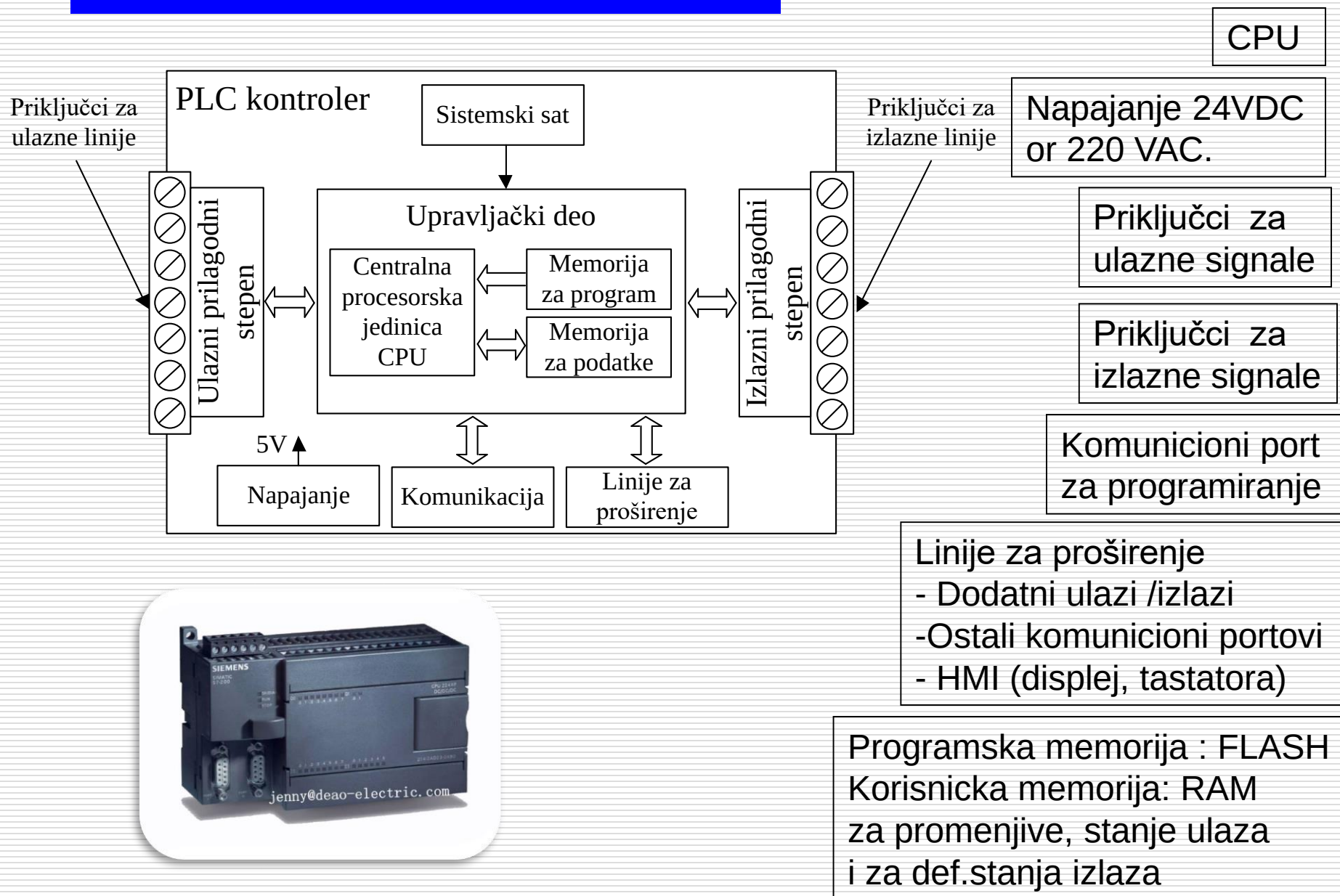
Konekcija PLC kontrolera ka centralno kompjuteru ili internetu

Konekcija više distribuiranih PLC između sebe

Konekcija PLC sa senzorima, Aktuatorima kao i sa raznim komandama i HMI



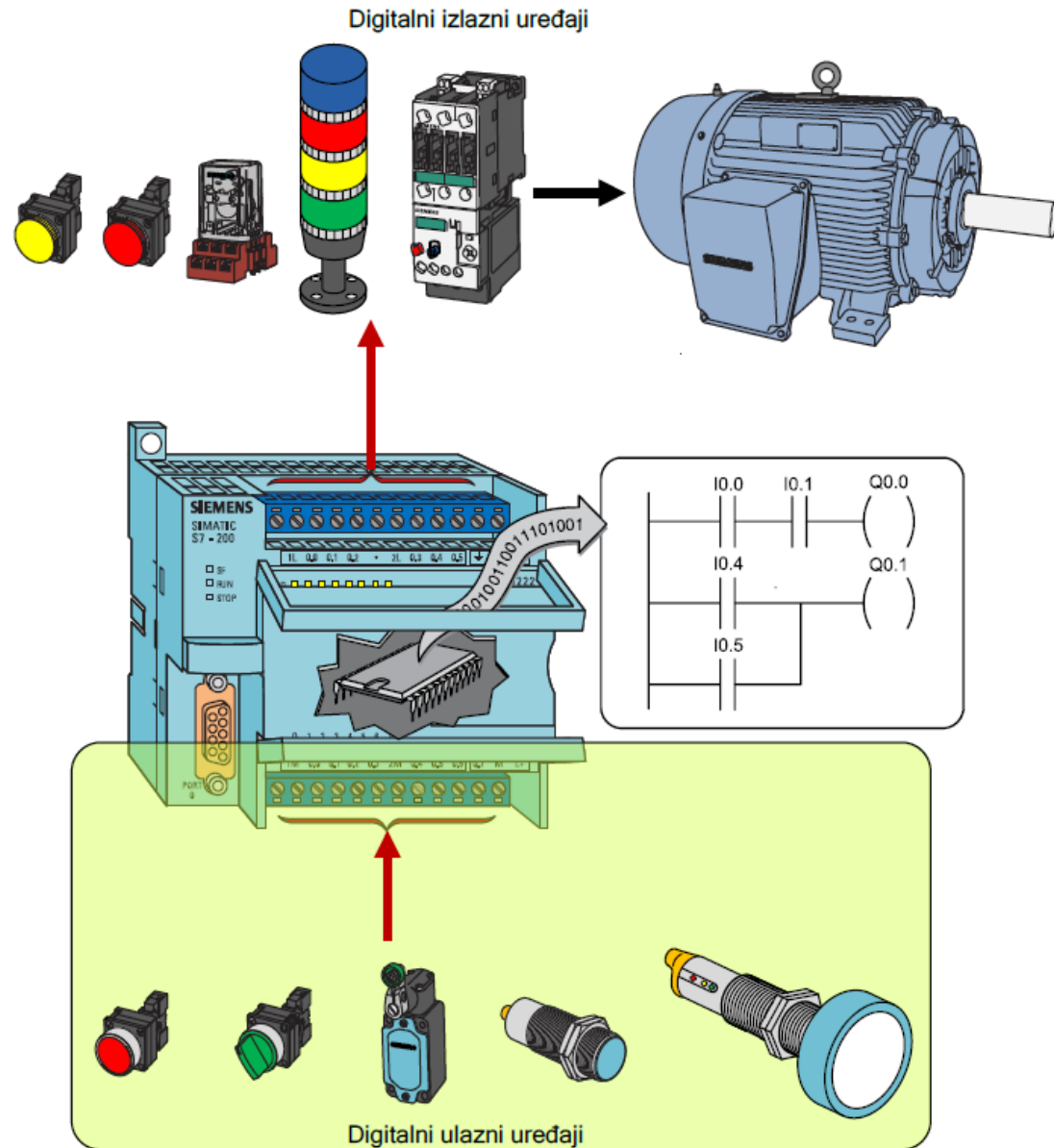
2.2. Osnovni elementi PLC kontrolera



2.2.1. PLC digitalni ulazi / izlazi

Razmenu informacija PLC sa okolinom se uglavnom vrši preko digitalnih portova.

Knjiga: Distribuirani sistemi upravljanja sa programabilnim logičkim kontrolerima, Slobodan Lubura Milica Ristović Krstić, dr Dejan Jokić



2.2.1. PLC digitalni ulazi / izlazi

Razmena informacija se uglavnom vrši preko digitalnih portova.



Ako je port ulazni, njegov zadatak je da

- 1. Galvanski odvoji CPU od ulaza**
- 2. prilagodi ulazni signal (24V) CPU naponu (3V ili 5V)**

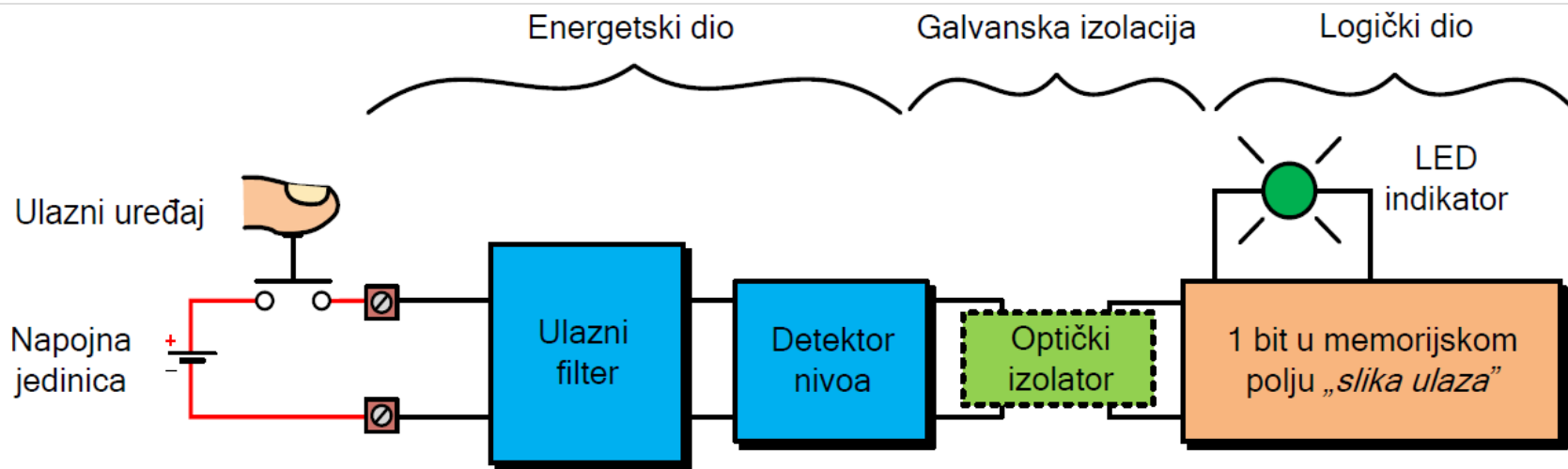
Ako je port izlazni, njegov zadatak je da

- 1. Galvanski odvoji CPU od izlaza**
- 2. pojača izlazni CPU signal (3V ili 5V) na 24V**
- 3. Obezbedi izlaznu struju od nekoliko stotina mA**

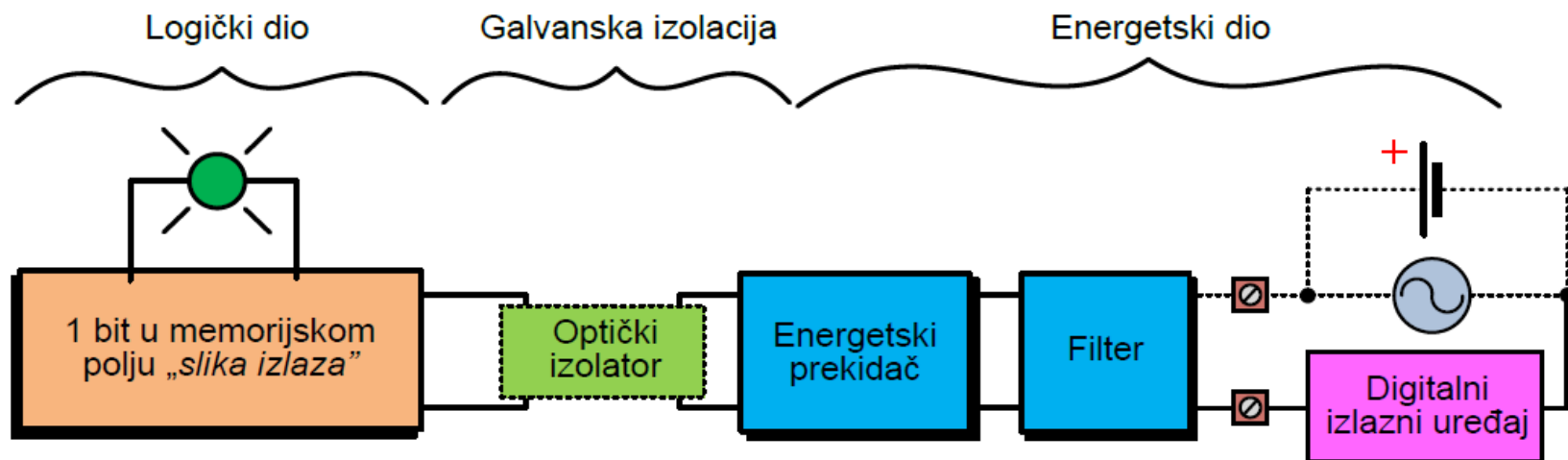
2.2.1. PLC digitalni ulazi / izlazi

Blok šema ulaznog porta

Knjiga: Distribuirani sistemi upravljanja sa programabilnim logičkim kontrolerima, Slobodan Lubura Milica Ristović Krstić, dr Dejan Jokić



Blok šema izlaznog porta

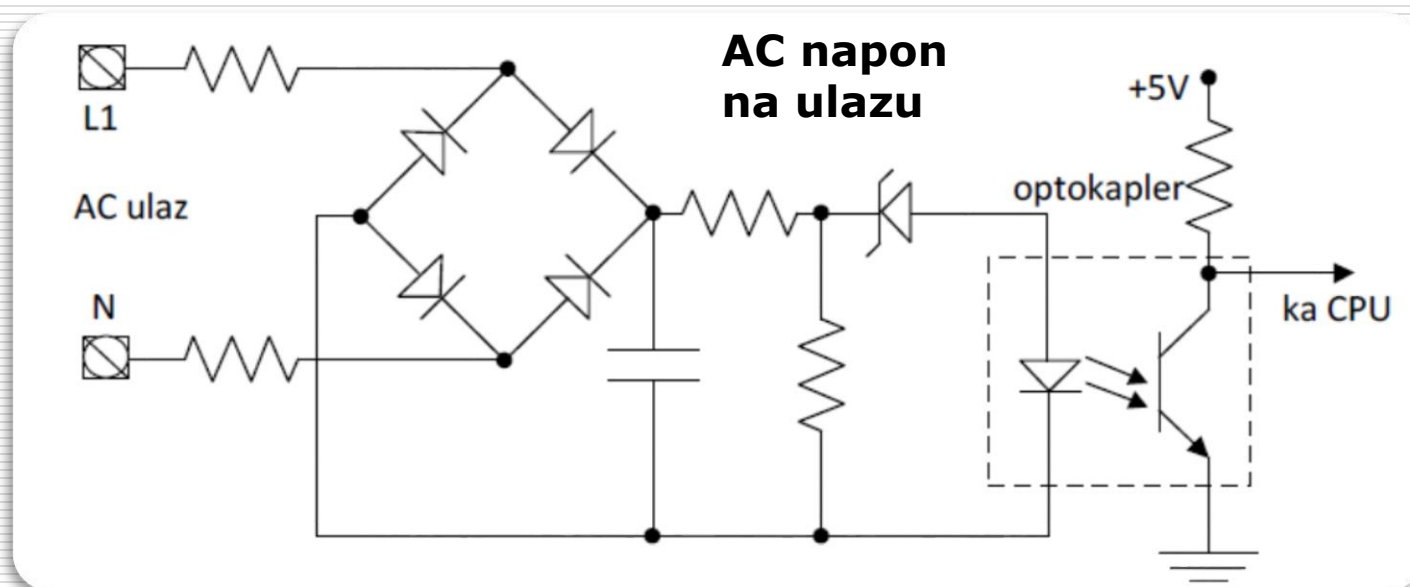
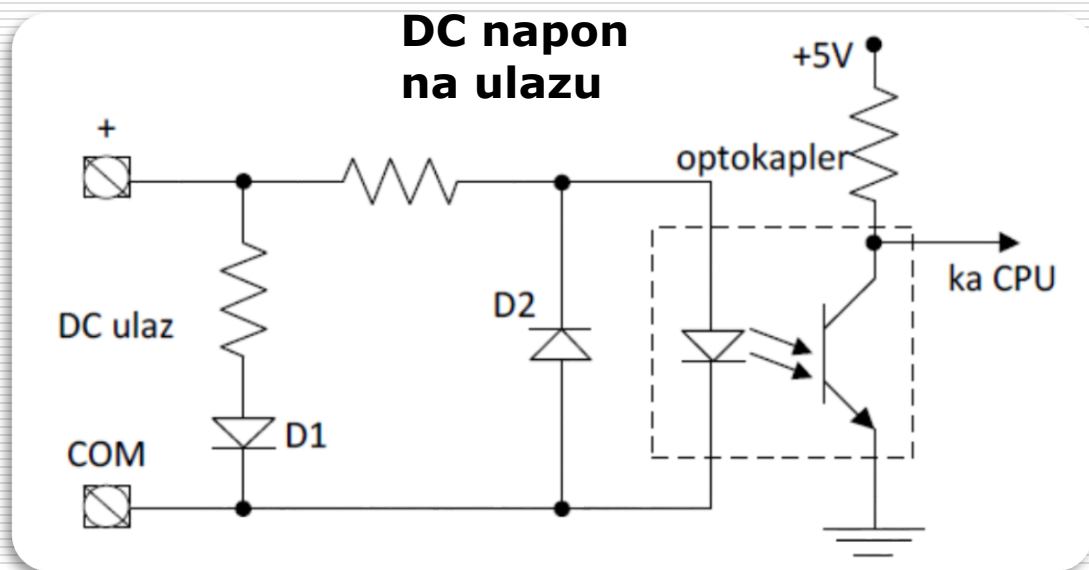


2.2.1.1. PLC digitalni ulazi

**Galvanski odvajaju
PLC od okoline**

Smanjuju nivo signala

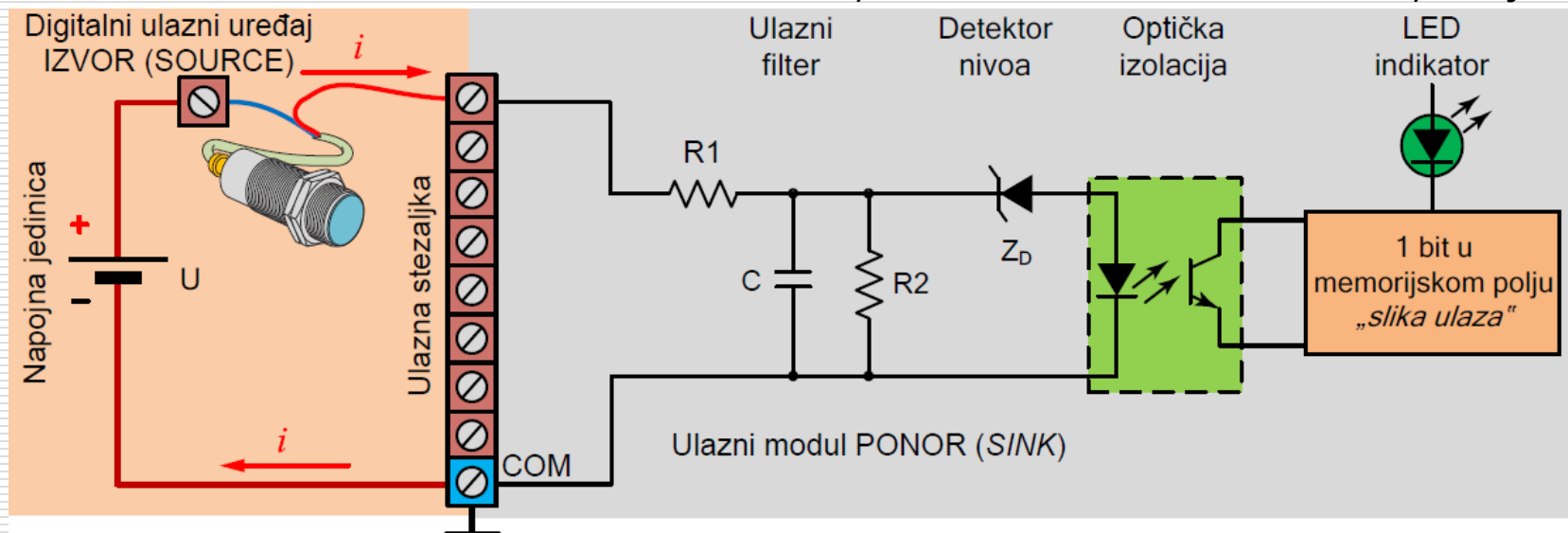
**Na ulazne kleme se
dovodi 24V DC napon
ili 220V AC napon.**



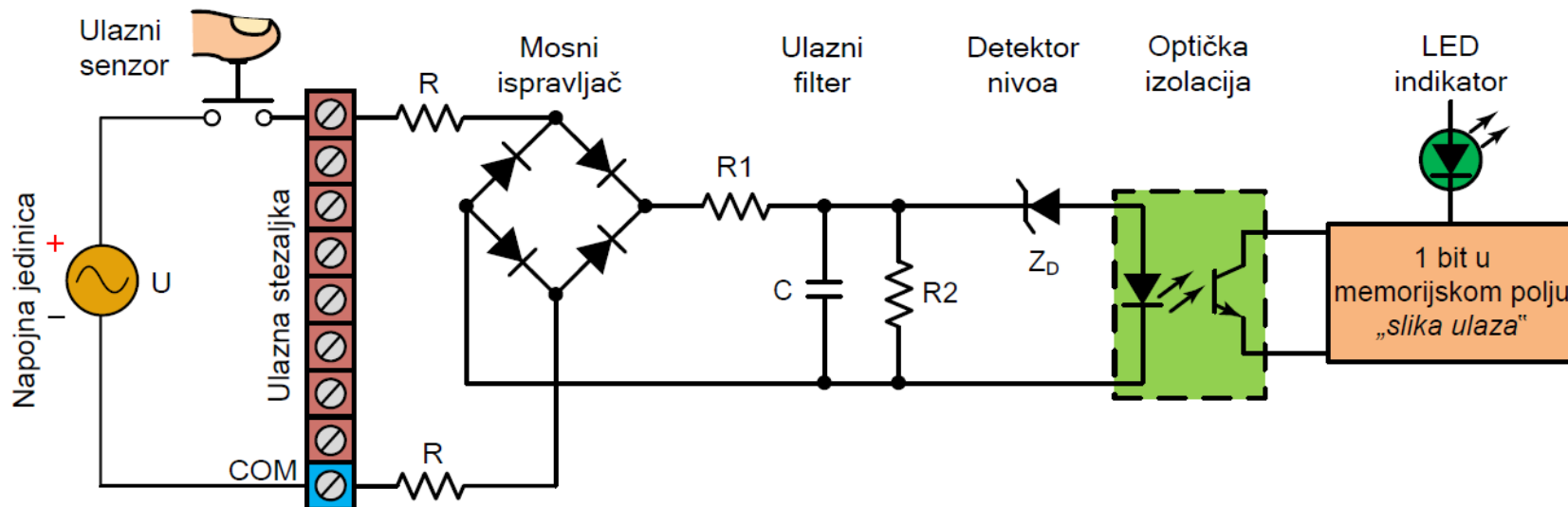
2.2.1. PLC digitalni ulazi

PLC DC ulaz

Knjiga: Distribuirani sistemi upravljanja sa programabilnim logičkim kontrolerima, Slobodan Lubura Milica Ristović Krstić, dr Dejan Jokić



PLC AC ulaz



2.2.1.2. PLC digitalni izlazi

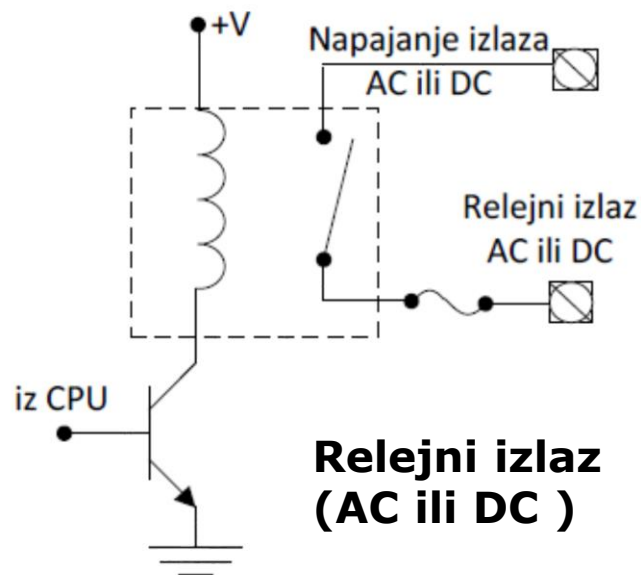
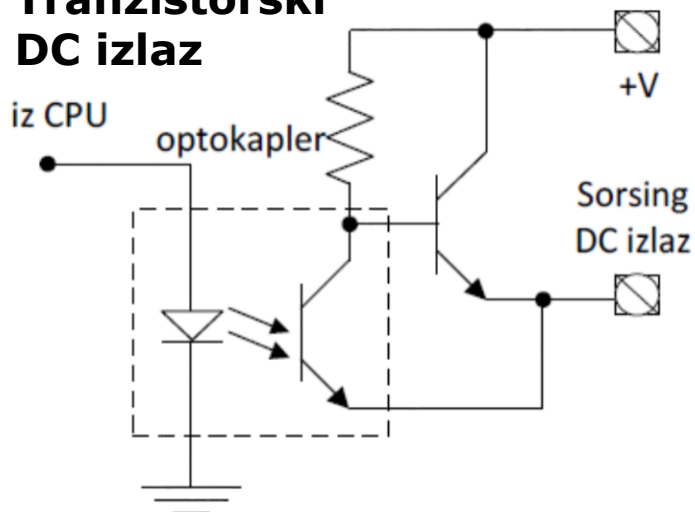
**Galvanski odvajaju
PLC od okoline**

**Pojačavaju signal da
bi PLC izlaz mogao da
uključi barem rele ili
signalnu sijalicu**

**Imaju ograničene
strujne mogućnosti**

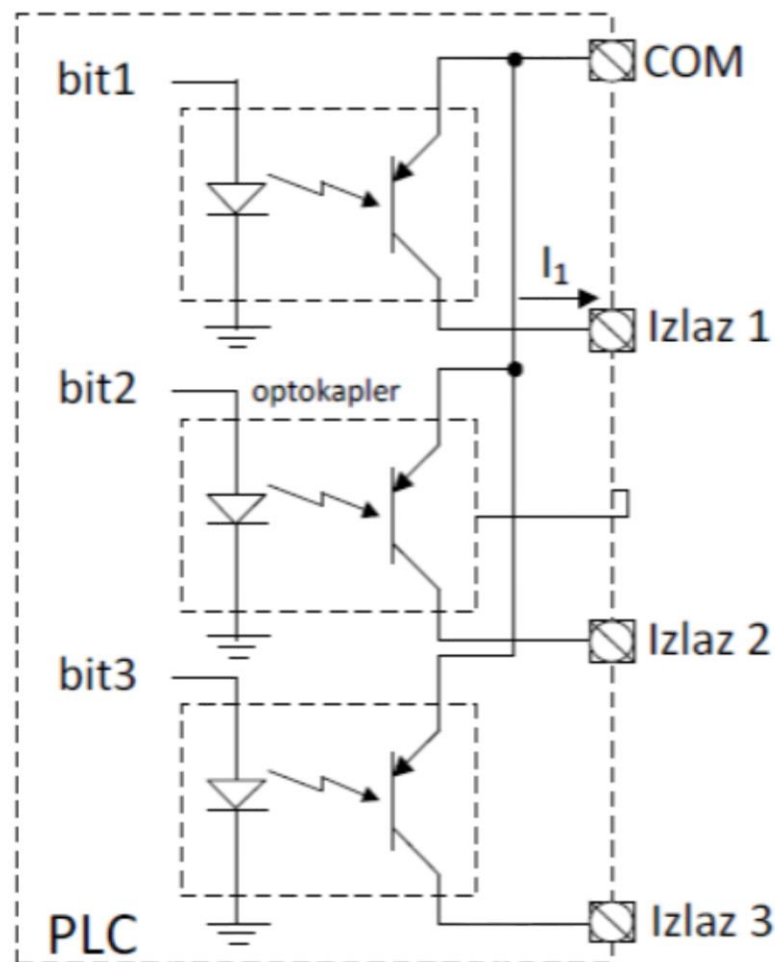
**Mogu biti relejni ili
tranzistorski**

Tranzistorski DC izlaz

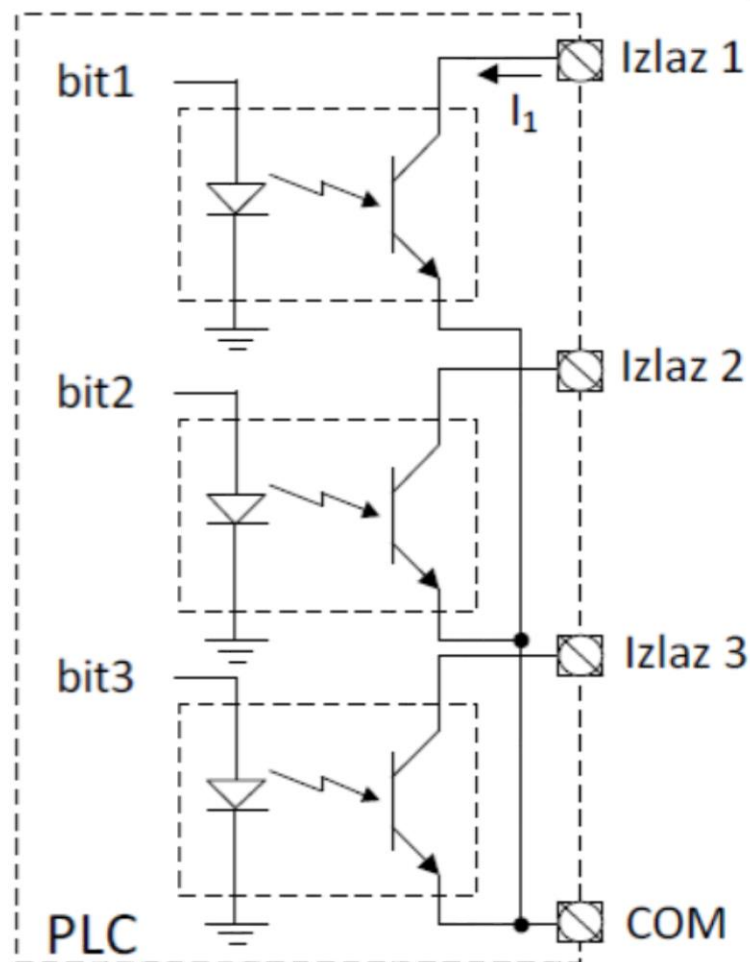


Relejni izlaz (AC ili DC)

Tipovi i vezivanje tranzistorskih dig. izlaza

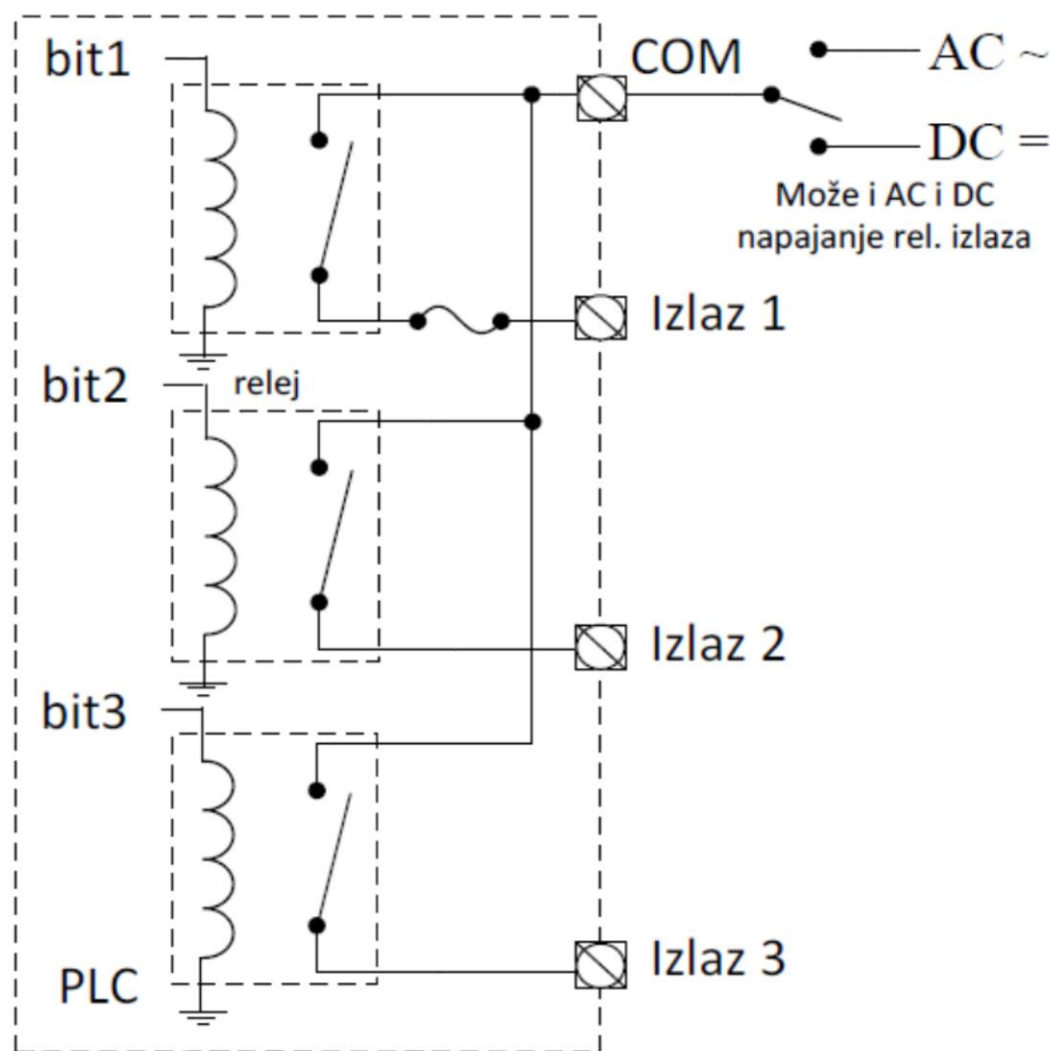


sourcing



sinking

Tipovi i vezivanje relejnih digitalnih izlaza

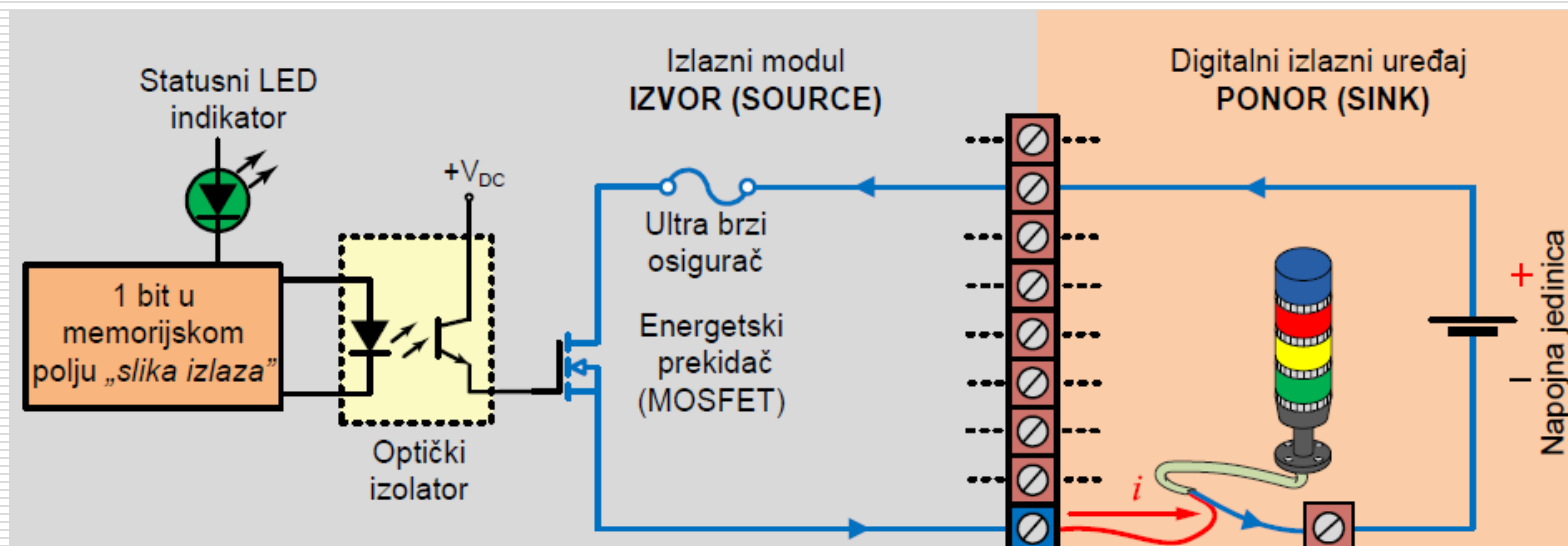


DC ili AC izlazi

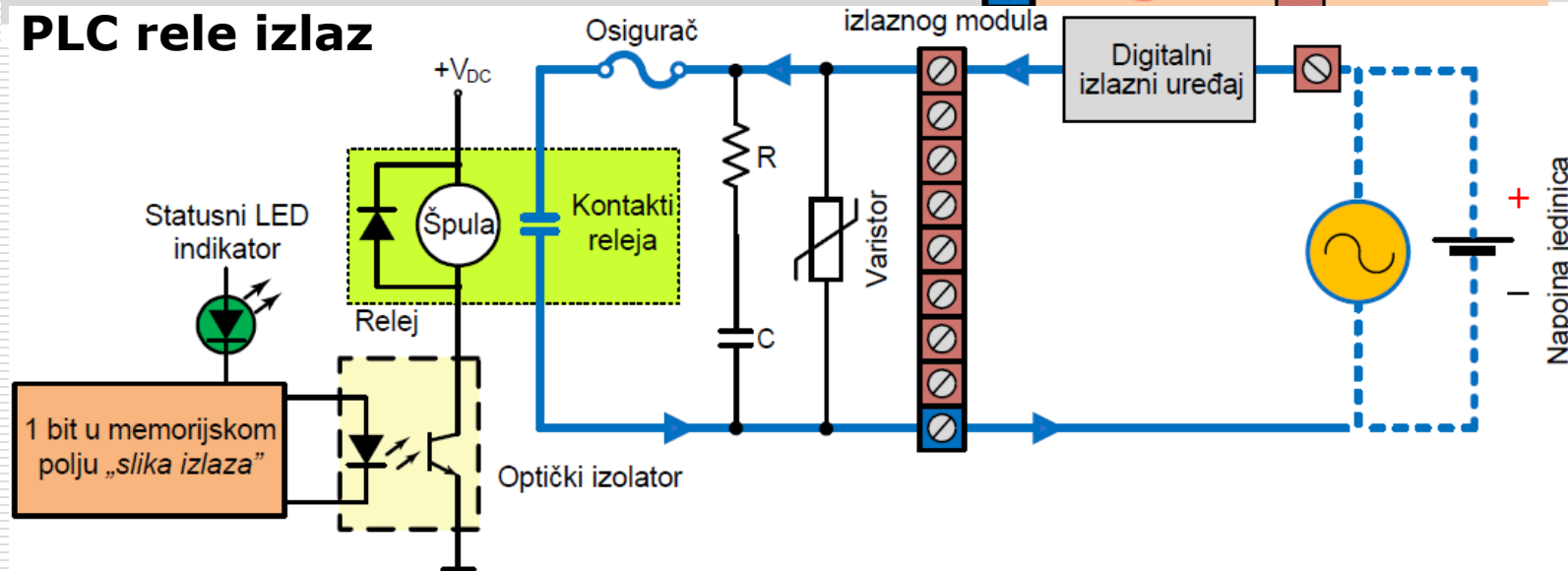
2.2.1. PLC digitalni izlazi

PLC tranzistor izlaz

Knjiga: Distribuirani sistemi upravljanja sa programabilnim logičkim kontrolerima, Slobodan Lubura Milica Ristović Krstić, dr Dejan Jokić

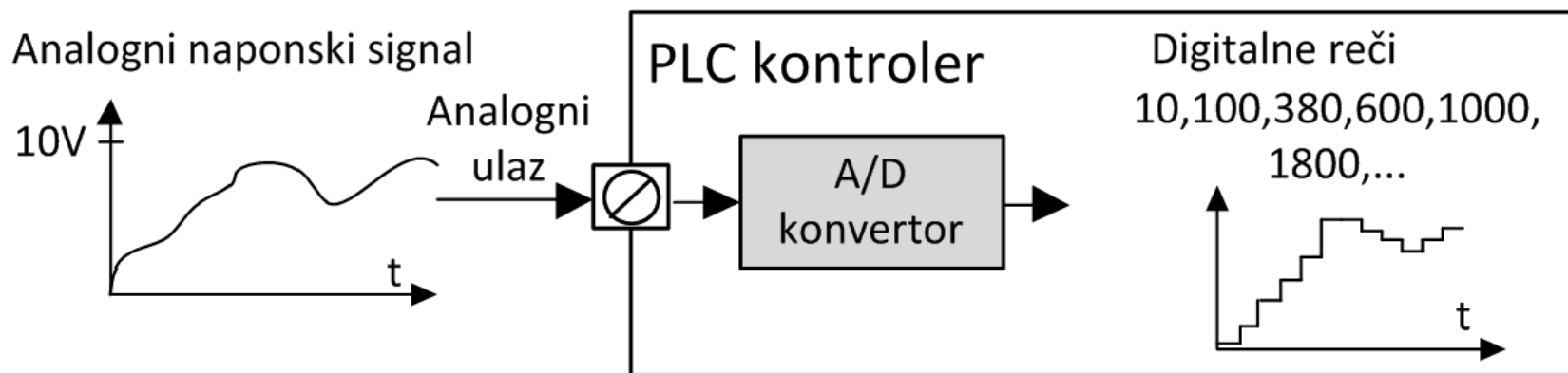


PLC rele izlaz



2.2.2. PLC analogni ulazi/izlazi

Analogni ulazi su povezani na analogno-digitalni konvertor (ADC)



ADC konvertuje kontinualni električni naponski signal na analognom portu u digitalnu reč pogodnu za dalju obradu u PLC programu.

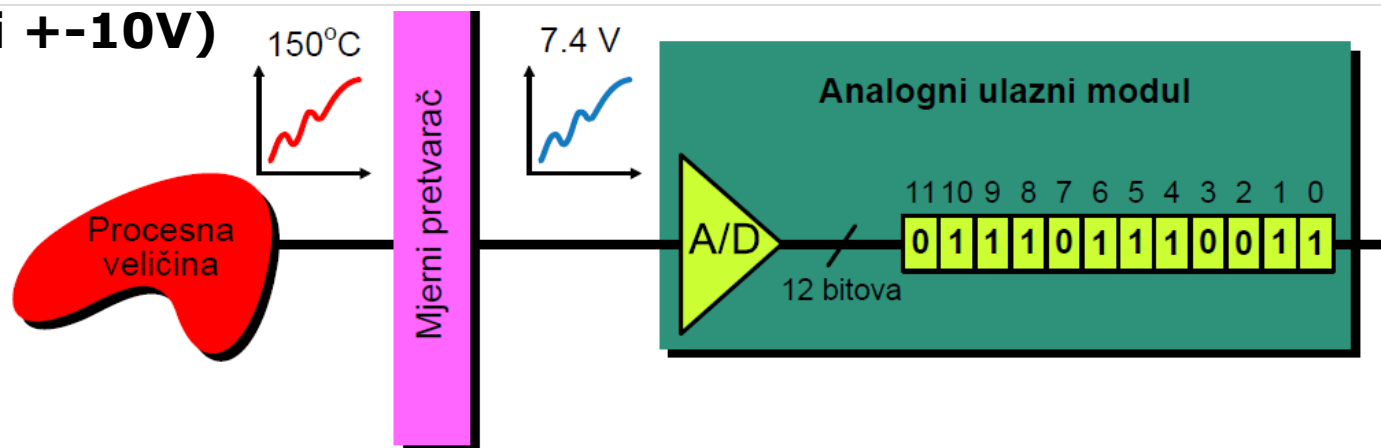
ADC može da radi sa 8 , 10 i 12 bitova (primena u industriji). Dva osnovna tipa ADC su FLASH AD konvertor i SAR AD konvertor (sukcesivne aproksimacije).

Primena PLC analognog ulaza je višestruka, 1. prijem kontinualnog signala sa senzora koji je proporcionalan mvelični koja se meri, 2. unos kontinualnih komandi ...

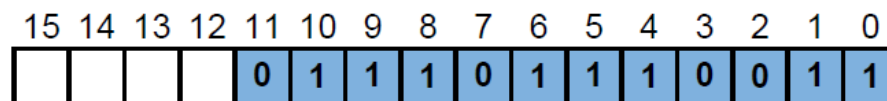
2.2.1. PLC analogni ulazi / izlazi

PLC analogni ulaz (napon 0-10V ili +-10V)

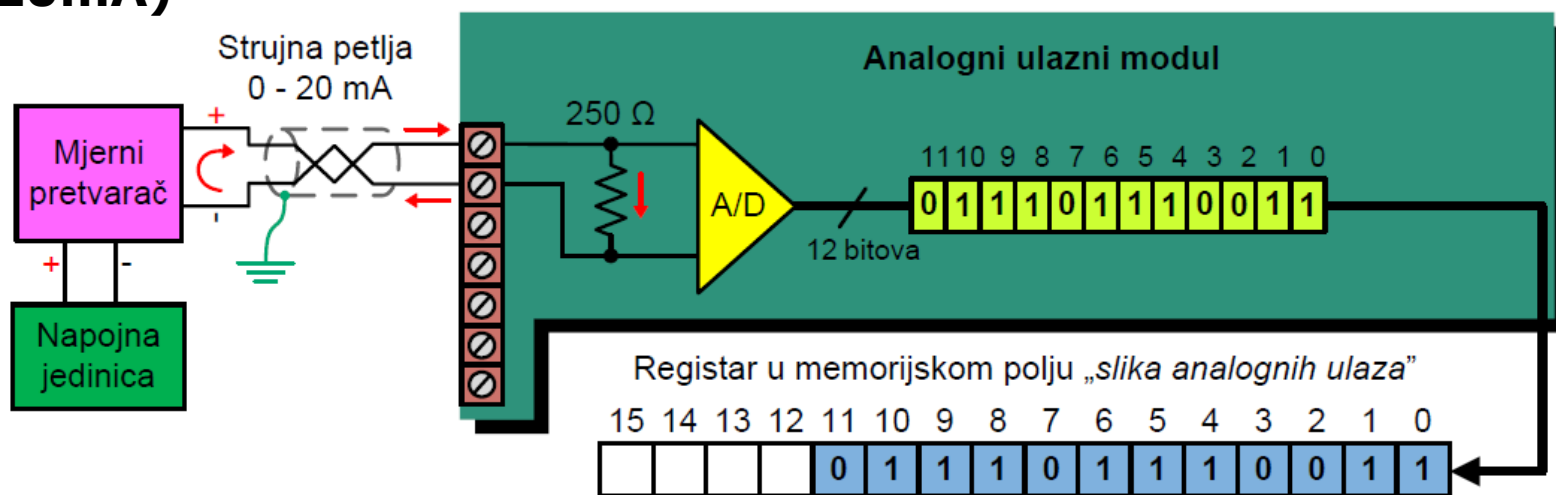
Knjiga: Distribuirani sistemi upravljanja sa programabilnim logičkim kontrolerima, Slobodan Lubura Milica Ristović Krstić, dr Dejan Jokić



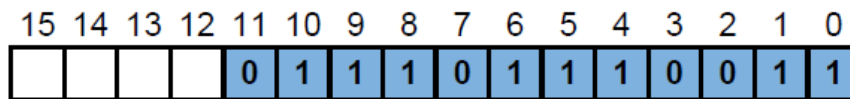
Registar u memorijskom polju „slika analognih ulaza”



PLC analogni ulaz (struja 0 -20mA)

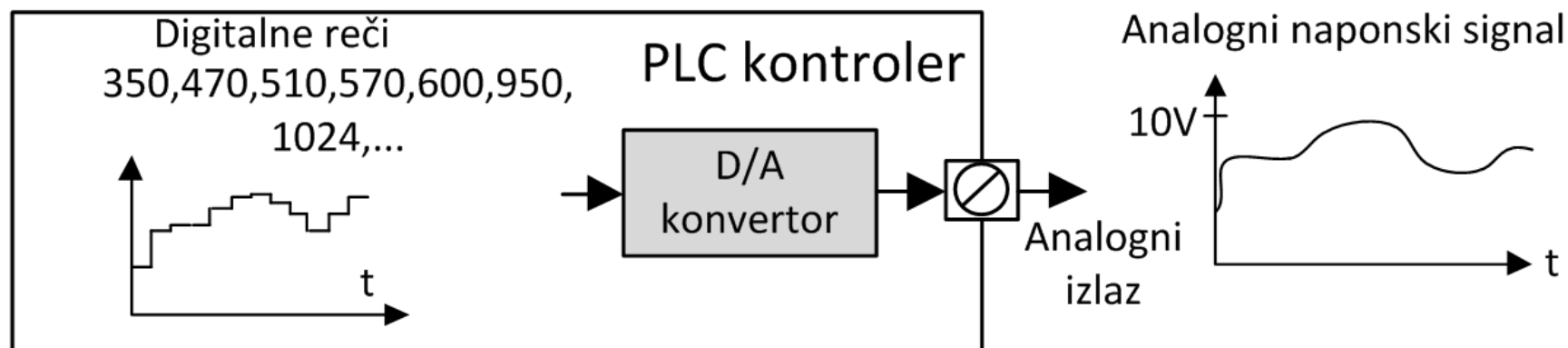


Registar u memorijskom polju „slika analognih ulaza”



2.2.2. PLC analogni ulazi/izlazi

Analogni izlazi daju napon na izlazu digitalno-analognog konvertora (DAC)



DAC konvertuje digitalnu reč u nekom registru u kontinualni elektični naponski signal na analognom izlaznom portu.

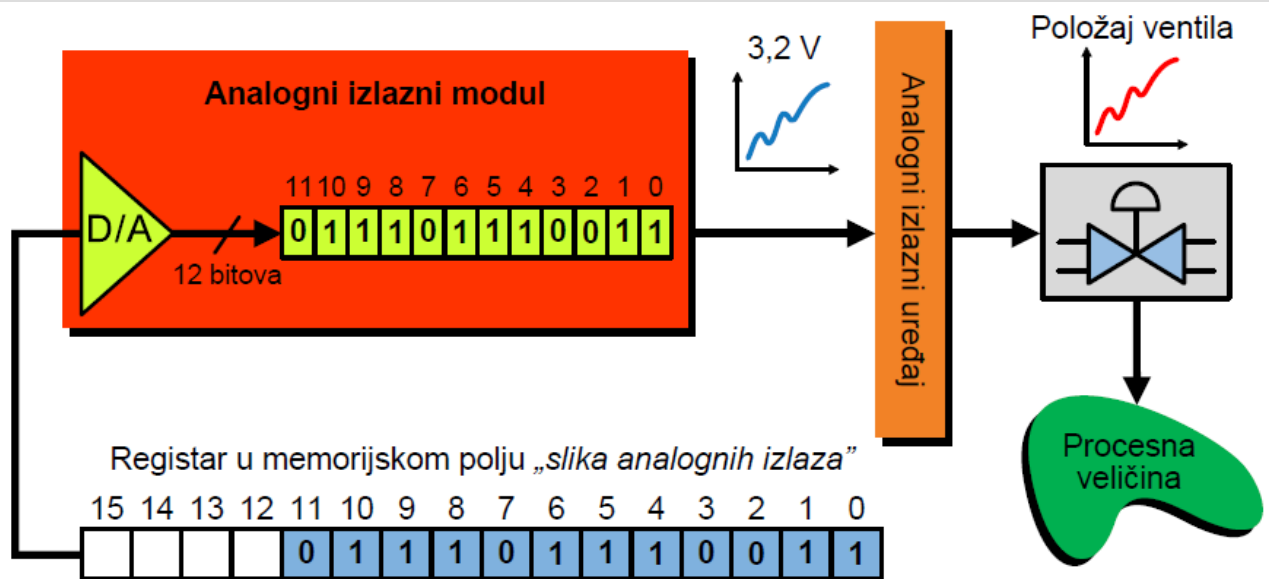
DAC može da radi sa 8 , 10 i 12 bitova (primena u industriji). Osnovna tipovi DAC su lestvičasta, težinska mreža, PWM ...

Primena PLC analognog izlaza je višestruka, 1. zadavanje kontinualnih komandi ka nekom aktuatoru (brzine motoru, ugla zakretanja ventilu..), 2. ispis rezultata na analognom instrumentu.

2.2.1. PLC analogni ulazi / izlazi

PLC analogni izlaz (napon 0-10V ili +-10V)

Knjiga: Distribuirani sistemi upravljanja sa programabilnim logičkim kontrolerima, Slobodan Lubura Milica Ristović Krstić, dr Dejan Jokić



Tipovi analognih signala koje PLC obično podržavaju

Naponski signali	0 -10V	+ -10V	0-5V
Strujni signali	0-20mA	4mA – 20mA	+ -20mA

2.2.2. Primer korišćenja analogni ulaza/izlaza

Analogni ulazi

Ulazi sa raznih senzora (temper, protok, pritisak..)

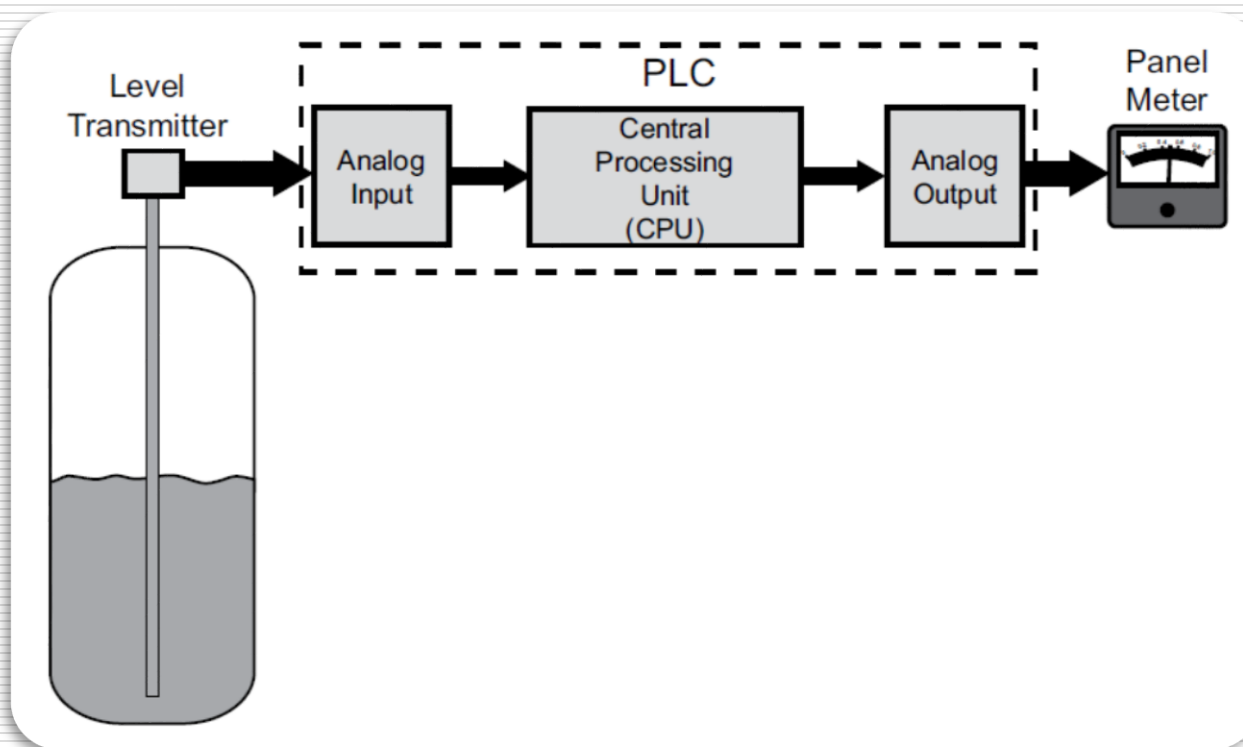
Uglavnom podržavaju dva indust. standarda

- strujni ulaz 4mA – 20mA
- naponski mV ulaz

Analogni izlazi

Generišu promenjivi analogni signal za regulaciju na primer ugla zakretanja ventila, kazaljke ...

Uglavnom podržavaju ista dva indust. standarda



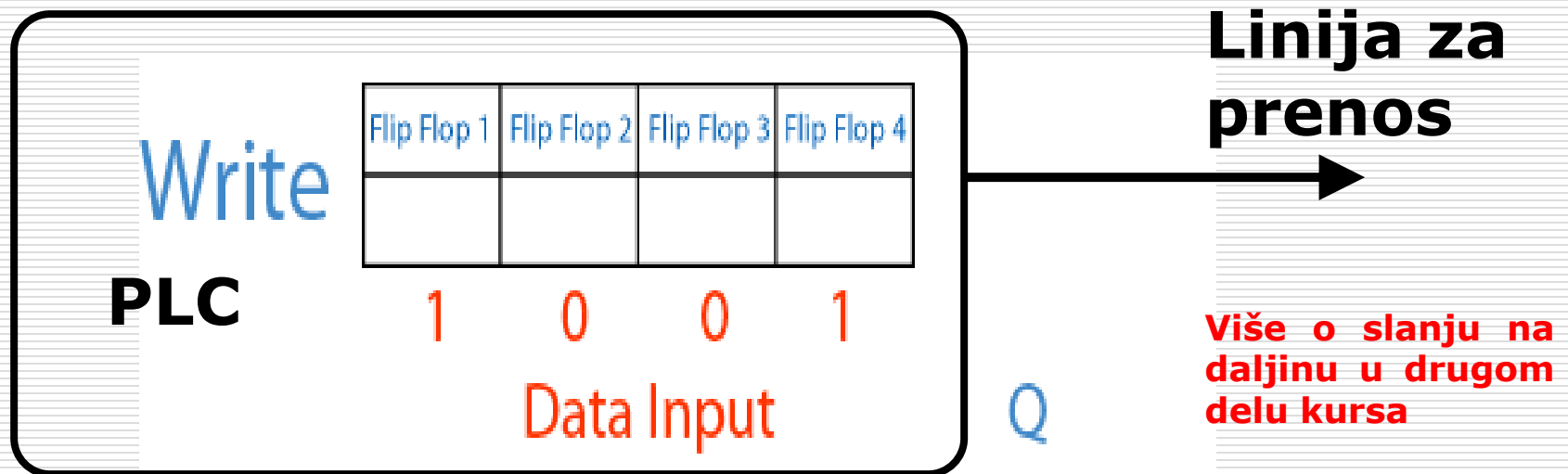
2.2.3. PLC komunikacioni portovi

Moderne sisteme čine distribuirane (udaljene) komponente. Između njih treba ostvariti komunikaciju.

Paralelna komunikacija se koristi samo interno. Nije dobra za prenos digitalnih reči na daljinu.

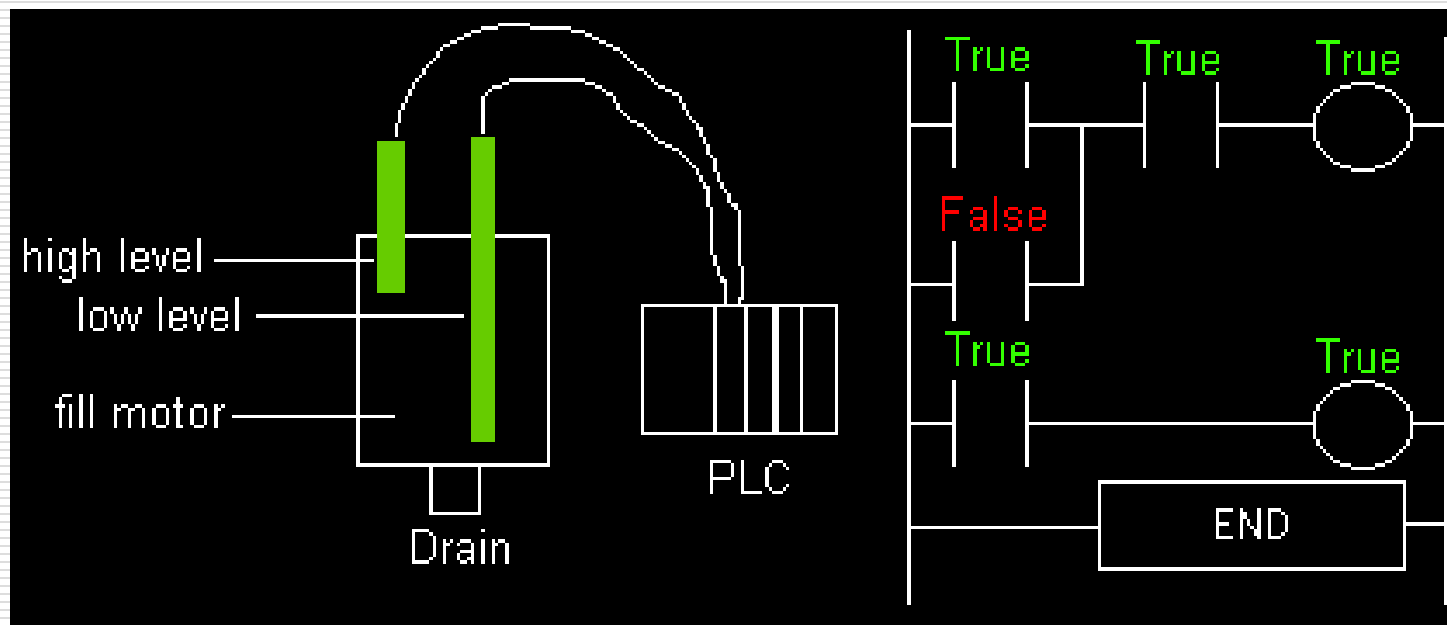
Digitalne reči se na daljinu prenose serijski , bit po bit. Osnova prenosa je serijski port koji radi paralelno –serijsku konverziju (i obrnuto) preko pomeračkog (shift) registra.

Primer rada 4-bitnog pomeračkog registra:



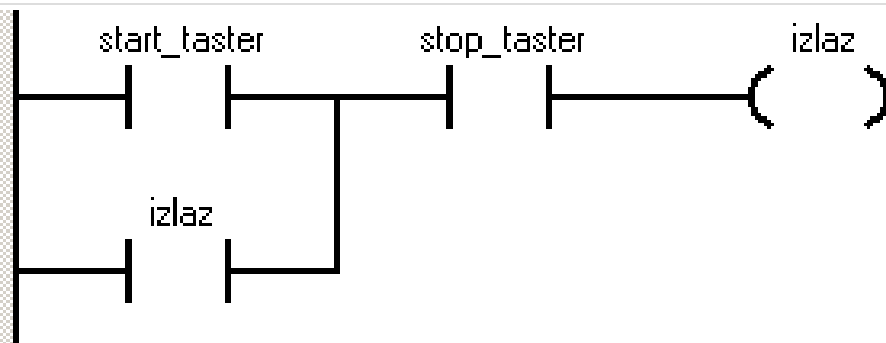
2.3. Programiranje PLC

- Programiranje PLC prilagođeno korisniku
- Programski jezik višeg nivoa - Lestvičasti dijagrami (Ladder)
- Korisnik rešava kontrolnu logiku koja je bliska logici relejnih šema, koje se često koriste da se dokumentuje kontrolna logika nekon industrijskog sistema
- Kompajler i linker tu logiku pretvaraju u izvršni kod



2.3. Programiranje PLC

Lestvičasta logika (ladder logic) je način crtanja el. logičkih šema. To je grafički jezik, veoma popular kod PLC. Originalno je izmišljen da zameni relejnu logiku. Ime je dobio jer program podseća na merdevine.



Program se sastoji od uslova koji definisu da li ce se neka instukcija izvorsiti !

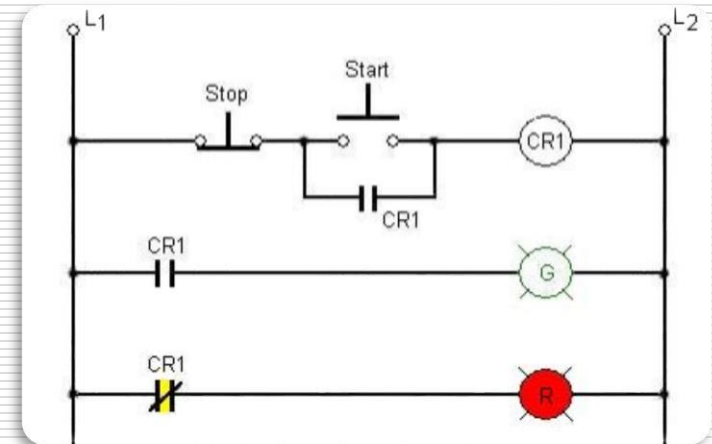
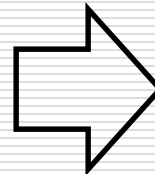
Alternativa

STL (statment list) - Instruction List language

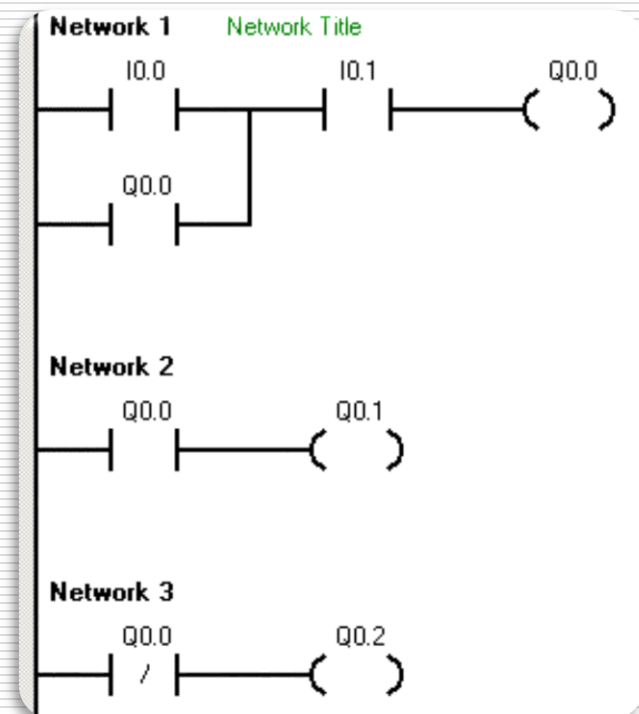
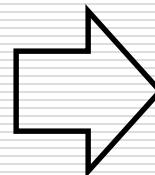
LD	start_taster
O	izlaz
A	stop_taster
=	izlaz

2.3. Programiranje PLC

Stara relejna šema
(napajanje, žice, špulne,
mirni i radni kontakti releja)



Lestvičasti PLC program
koji zamenjuju ovu šemu



2.4. Izvršenje PLC programa



Tri osnovna koraka (faze) koja se ponavljaju:

Korak 1.

Testiranje ulaza. Koji ima status ON ili status OFF. Svi ovi ulazi se upisuju u odgovarajuće memorijske lokacije. Te vrednosti se koriste tokom celog sledećeg koraka.

Korak 2.

Izvršenje programa, instrukciju po instrukciju. Na osnovu programa, i na osnovu stanja u programu korišćenih ulaza odgovarajuća akcija se vrši. Akcija može biti definisana i na osnovu rezultata sačuvanog od ranije u internoj memoriji.

Korak 3.

Provera i korekcija izlaza. Izlazi dobijaju stanje u zavisnosti od stanja ulaza iz koraka 1 i izvršenog programa iz stanja 2.

Nakon koraka 3 PLC počinje da izvršava ponovo korak 1.

Vreme skeniranja zavisi od programa i od tipa PLC.

2.4. Izvršenje PLC programa

Dodatna dva koraka koje program u modernim PLC izvršava ciklično

Korak 4.
opsluživanje serijskih
portova

Korak 5.
samotestiranje

