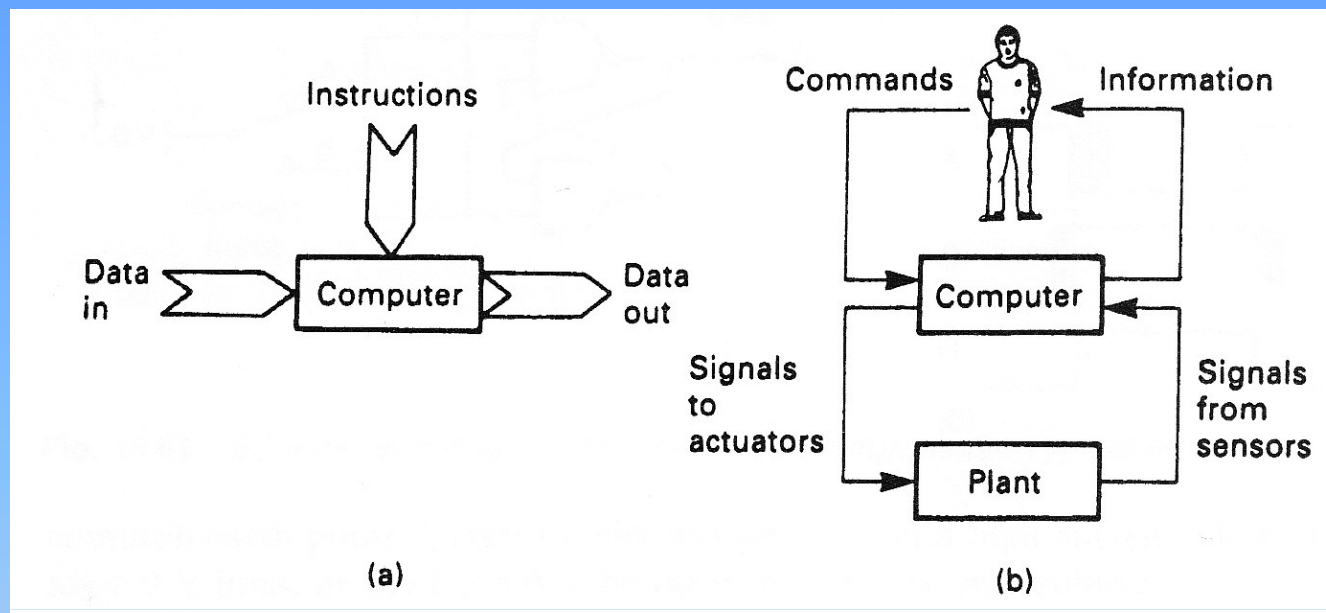


PLC UREĐAJI (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS)

- Računalo je uređaj koji slijedi zadane instrukcije u obradi ulaznih podataka (signala) da bi proizveo nove izlazne podatke (signale)
- Računalni uređaj može biti predstavljen kao na slici 167.a)
- Ako npr. računalo koristimo za obračun plaća zaposlenika, ulazni podaci biti će imena zaposlenika, platni razredi i radni sati
- Navedeni ulazni podaci biti će obrađeni s instrukcijama programiranim da uključe sva porezna i mirovinska davanja na te ulazne podatke
- Izlazni podaci biti će konačan obračun plaće po pojedinom radniku
- Opisani primjer pripada ranim upotrebama računala pretežno u financijskim operacijama
- Na slici 167.b) prikazana je upotreba računala kao integralnog dijela sustava regulacije određenog industrijskog procesa



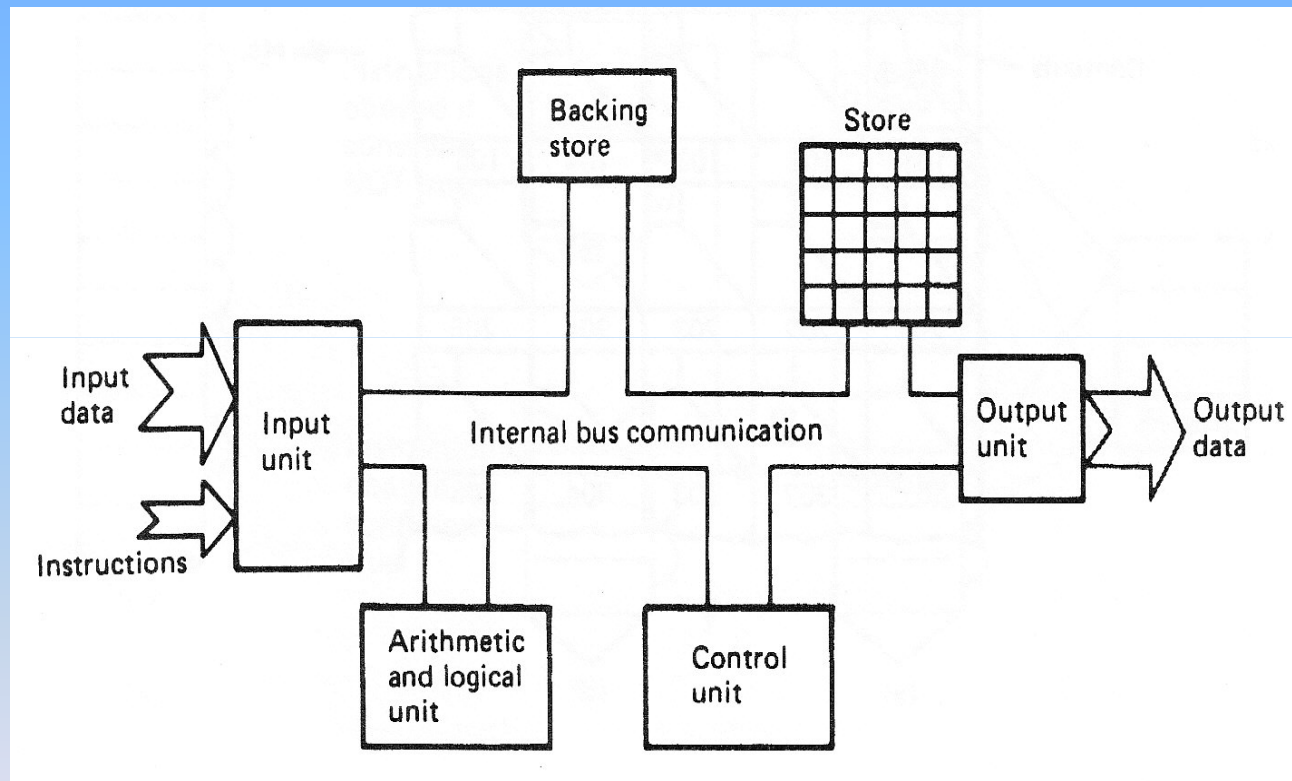
Slika 167. Računala u industrijskim sustavima regulacije: a) jednostavan opis računalnog uređaja, b) računalo kao dio regulacijskog sustava

- Bitno je napomenuti kod slike 167.b) da djelovanje operatora (čovjeka) na računalo nisu programirane instrukcije nego dio ulaznih podataka
- Programirane instrukcije (*računalni software*) definiraju kakve će se operacije poduzimati proporcionalno promjenama ulaznih podataka (promjene uslijed promjena u procesu i djelovanja operatora)

- Izlazni podaci su ustvari signali regulacijskog djelovanja na proces i podaci koji se na displej uređaju prikazuju operatoru a odnose se na trenutni status regulacijskog procesa
- Rane izvedbe računala su bile vrlo glomazne, skupe i jako spore u radu
- Brzina rada nije od presudne važnosti u npr. obradi nekih finansijskih ili komercijalnih podataka ali je od velike važnosti u sustavima automatske regulacije, gdje se obrada podataka mora izvoditi u tzv. stvarnom vremenu (real time processing)
- Mnoge hitne situacije i stanja alarma zahtijevaju djelovanje koje se mora obaviti u djelićima sekunde
- Također postoji i problem okolišnih uvjeta koji nesmiju imati utjecaja na rad računala u industrijskim procesima (takva računala nazivat ćemo *industrijskim računalima* za razliku od običnih tzv. komercijalnih računala)
- Obična odnosno komercijalna računala projektirana su za rad u gotovo sterilnim uvjetima s malim oscilacijama okolišne temperature i atmosferi bez prašine, dok to nije slučaj s primjenom industrijskim računalima u pojedinim industrijskim procesima

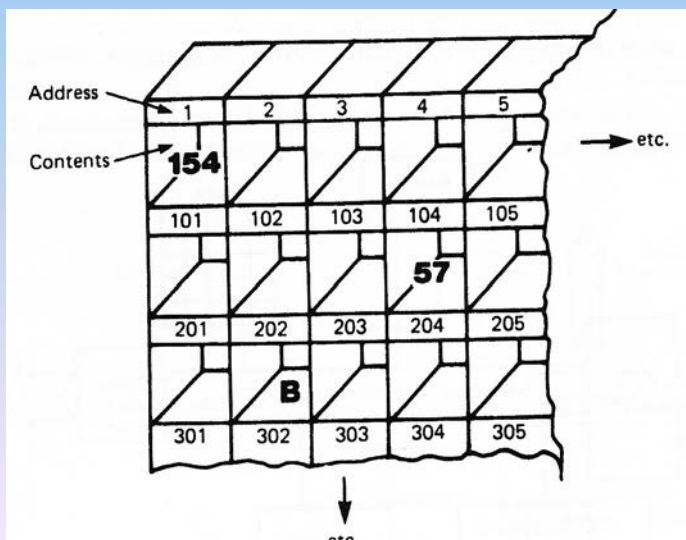
Računalna arhitektura

- Podaci sa slike 167.a) mogu se proširiti na puno detaljniji i složeniji prikaz računalne arhitekture na slici 168.



Slika 168. Blok dijagram računalne arhitekture

- Blok dijagram prikazan na slici 168. sadrži 6 dijelova i jednak je za tipove računala od najmanjeg računala za kućnu upotrebu pa do najvećih industrijskih računala
- (1) dio: **Ulazna jedinica** (*input unit*) kroz koju računalno prima ulazne podatke i signale iz procesa i od operatora na daljnju obradu
- (2) dio: **Memorija** (*store*) koja se koristi da pamti instrukcije koje računalno mora slijediti i podatke s kojima računalno radi (ovi podaci mogu biti ili ulazni podaci s ulazne jedinice ili međurezultati koje je računalno u međuvremenu obradilo)
- Memorija je organizirana u obliku brojnih polica a svaka polica se može indentificirati s svojom adresom te može sadržavati jedan broj (slika 169.)



Slika 169. Memorija u obliku polica, lokacija 104 sadrži "57", a lokacija 202 sadrži "B"

- (3) dio: **Potporna memorija** (*backing store*) je dodatna ili vanjska memorija na koju se pohranjuju podaci koji nisu hitno potrebni, ali se koriste s vremena na vrijeme
- Moderna računala koriste vanjske hard diskove (USB) s memorijom od nekoliko GB ili CD diskove kao oblik vanjske ili dodatne memorije za pohranu podataka
- (4) dio: **Izlazna jedinica** (*output unit*) iz koje izlaze izlazni podaci u okoliš odnosno u proces
- (5) dio: **Aritmetička i logička jedinica** (*arithmetic and logic unit - ALU*) koja izvodi operacije na podacima smještenima u memoriji a u skladu s programiranim instrukcijama koje računalo slijedi
- (6) dio: **Kontrolna jedinica** (*control unit*) povezuje zajedno operacije svih prethodno navedenih 5 jedinica
- Često su aritmetička i logička jedinica i kontrolna jedinica zajedno poznatije pod imenom **središnja procesorska jedinica** (*Central Processor Unit – CPU*)
- Mikroprocesor je također CPU jedinica u jednostrukom integriranom krugu

- Programirane instrukcije gotovo uvijek zahtjevaju da se operacije izvode na podacima koji se nalaze u memoriji, pa će kontrolna jedinica dovesti podatke iz memorije u ALU jedinicu i izvesti traženu instrukciju
- Ne postoji puno programiranih instrukcija i većina se temelji na:
 - premještanju podataka u memoriju i iz memorije u ALU jedinicu
 - operacijama između dva podatka u ALU jedinici i između podatka u ALU jedinici i podatka u memoriji
 - ALU operacije pretežito koriste logičke funkcije AND, OR.....
- Primjeri jednostavnih programiranih instrukcija date su na slici 170.

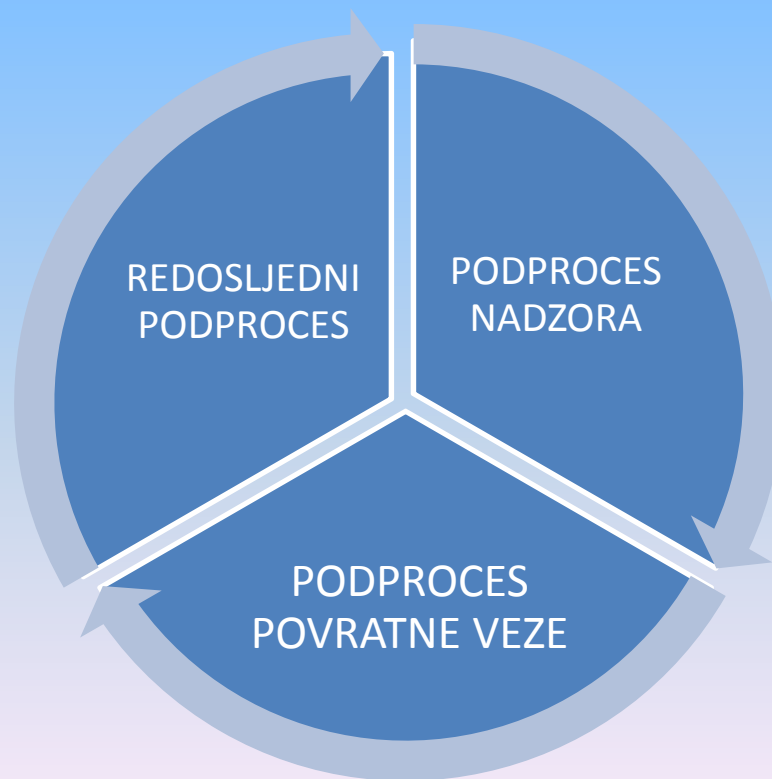
```
IF    (some condition) THEN
        Perform some instructions
ELSE
        Perform some other instructions
```

```
IF    Temperature is less than 75 °C THEN
        Turn healthy light on
        Turn fault light off
ELSE
        Turn healthy light off
        Turn fault light on
```

Slika 170. Primjer računalnih instrukcija

Vrste regulacijskih strategija

- Kada se računalo koristi u regulaciji industrijskih procesa, moraju se odrediti područja u kojima se računalo može koristiti
- Složenost velikih industrijskih procesa može izazvati konfuziju pa se gotovo svi složeni procesi mogu pojednostavniti promatrajući ih kao da su sastavljeni od mnogo manjih podprocesa



Podproces nadzora

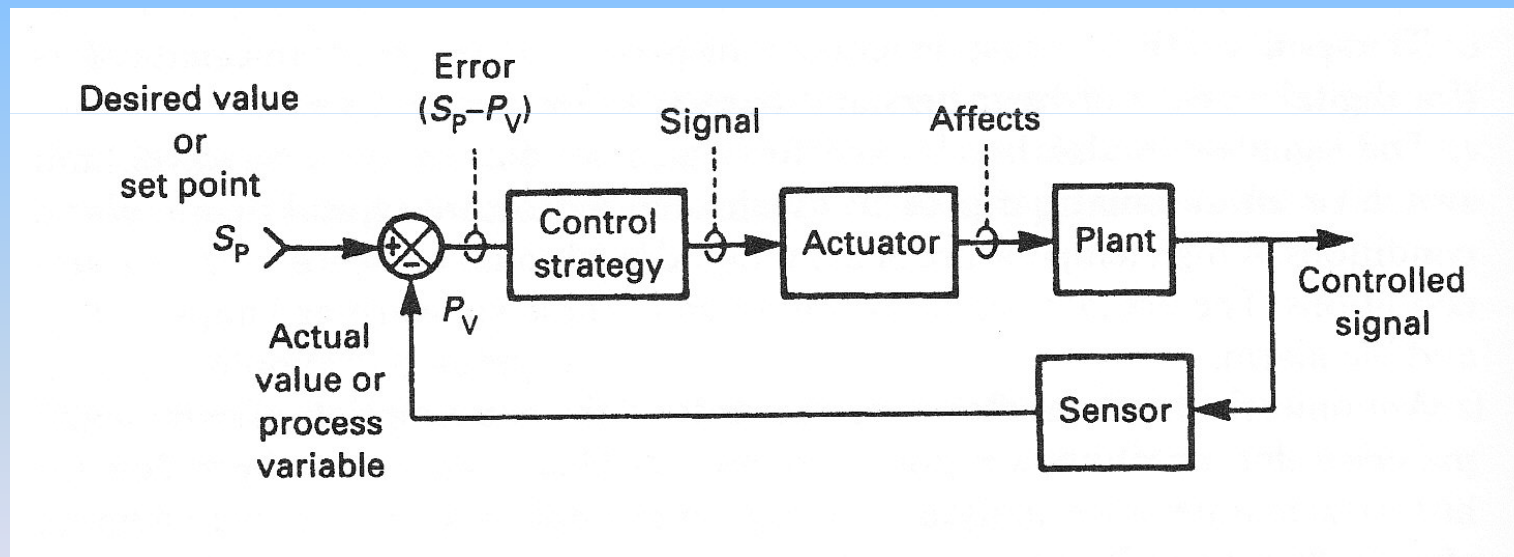
- Ovaj sustav prikazuje stanje procesa operatoru i daje upozorenja na stanja greške i izvanrednih situacija na koje se mora obratiti pozornost
- Stanja procesa mjere se pomoću senzora koji su spojeni na ulaze podataka
- Primjeri stanja procesa su podaci: *Running/Stopped, Forward/Off/Reverse, Fault/Healthy, HIGH Level/Normal/Low Level*
- Ovakvi podaci mjere se digitalnim sustavima
- Analognim sustavim se mjere i prikazuju podaci o temperaturi, tlaku, protoku, razini fluida i sl.
- Rezultati ovih mjerenja prikazuju se pomoću indikatora operatoru
- Podproces nadzora također može prikupljati podatke o potrošnji energije nadziranog uređaja ili procesa ili o broju sati rada poslije kojih je potrebno obaviti redovito održavanje nadziranog stroja ili dijela procesa

Redosljedni podproces

- Mnogi procesi slijede prethodno definirani redosljed
- Tako npr. za uključivanje plamenika u kotlu postoji redosljed postupaka
- 1. uključena tipka START, i ako senzori pokazuju normalno stanje (nema protoka zraka i nema plamena) kreće redosljed uključivanja
- 2. uključuje se ventilator zraka, ako ventilator radi i uspostavljen je protok zraka slijedi
- 3. pričekajte 2 minute (da se ložište provjetri) i onda
- 4. otvara se ventil uputnog goriva i uključuje se elektroda za potpaljivanje,
- 5. ako je prisutan plamen (provjera s detektorom plamena) otvara se glavni ventil goriva
- 6. redosljed postupaka je dovršen, plamenik je u pogonu i ostaje u tome stanju dok se ne pritisne tipka STOP ili **(OR)** prestane protok zraka ili **(OR)** detektor signalizira da nema plamena u ložištu
- Navedeni redosljed radi potpuno na digitalnim signalima

Podproces povratne veze

- Kao što je već razmatrano razne procesne varijable kao što je tlak, temperatura ili protok moraju se održavati na konstantnoj vrijednosti ili moraju slijediti zadanu promjenu vrijednosti
- Procesne varijable održavaju se na zadanim vrijednostima pomoću sustava povratne veze kakav je prikazan blok dijagramom na slici 171.



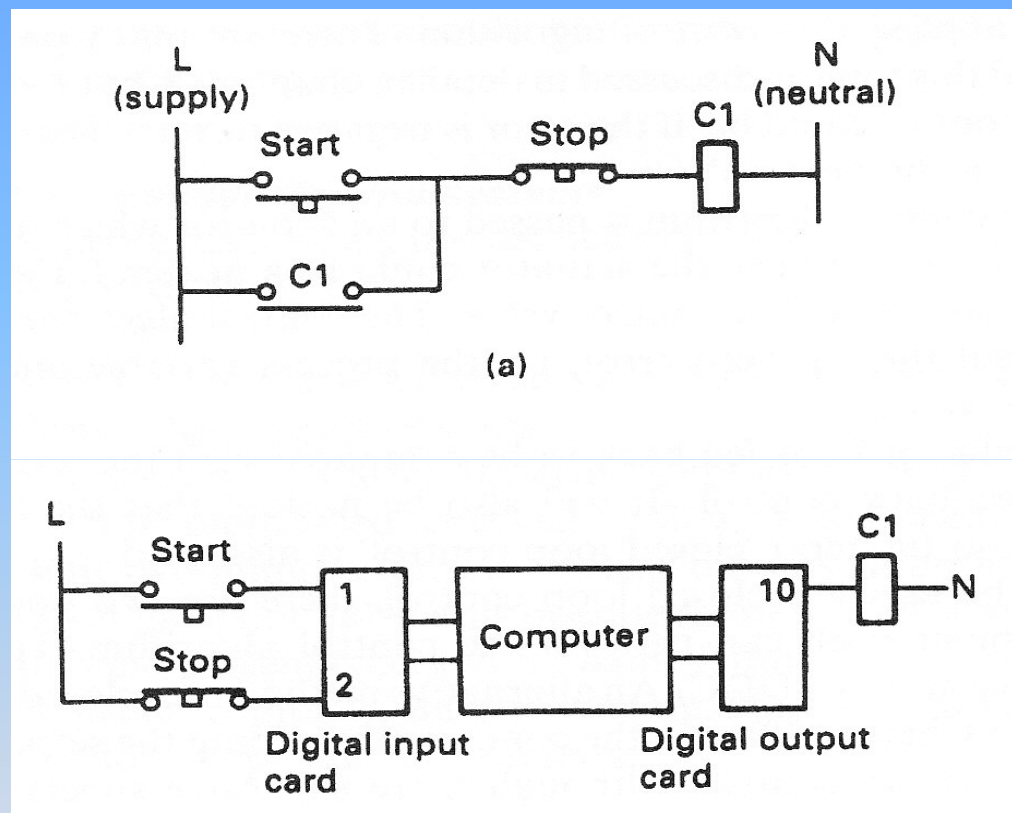
Slika 171. Blok dijagram podprocesa povratne veze

- U ovom slučaju procesna varijabla je označena s P_v i zahtjeva se da se vrijednost procesne varijable održava na zadanoj vrijednosti S_p (*set point*)
- Procesna varijabla P_v mjeri se pomoću prikladnog senzora i uspoređuje se s S_p te u slučaju odstupanja javlja se *signal pogreške (error signal)*
- Npr. ako je vrijednost $P_v = 78^\circ\text{C}$ a $S_p = 80^\circ\text{C}$, pogreška je 2°C
- Signal pogreške dovodi se u *kontrolni algoritam* koji daje korekciju signala pogreške
- Korekcija signala pogreške ide u *izvršni element (actuator)* koji djeluje na proces
- Kontrolni algoritam će djelovati na izvršni element tako dugo dok signal pogreške ne bude nula, tj, dok vrijednost procesne varijable i zadane vrijednosti ne bude jednaka
- Pri upotrebi računala u petlji povratne veze postoje dva načina upotrebe računala
- U prvoj samo računalo može djelovati kao kontrolni algoritam i ovakva izvedba se zove *DDC (direct digital control)*
- Druga metoda koristi kontrolere povratne petlje s računalom koje postavlja zadanu vrijednost (metoda se zove *supervisory control*)

Zahtjevi regulacije industrijskih procesa

- Regulacija industrijskih procesa ima drugačije zahtjeve nego neke druge aplikacije
- Obično komercijalno računalo uobičajeno dobiva podatke s tipkovnice, a izlazne podatke prikazuje na ekranu ili printeru
- Računalo u industrijskoj regulaciji je dosta različito
- Ulazni podaci dolaze iz velikog broja uređaja (senzora) te će neki podaci (signali) biti u analognom obliku a neki će biti u digitalnom obliku
- Shodno velikom broju ulaznih signala biti će također veliki broj i izlaznih signala i u analognom i u digitalnom obliku
- Tako npr. vrlo mali regulacijski sustav može imati spoj na dvadesetak ulaznih i izlaznih signala, pa do nekoliko stotina kod srednje velikih regulacijskih sustava
- Iako je moguće priključiti sve ulazne i izlazne signale na komercijalno računalo, to zahtjeva posebne nestandardne konektore pa se stoga koriste posebna industrijska računala razvijena namjenski za tu svrhu

- Na slici 172. prikazan je jednostavni uputnik (starter) motora koji može biti izveden pomoću elektromagnetskih releja ili pomoću računalno kontroliranih krugova

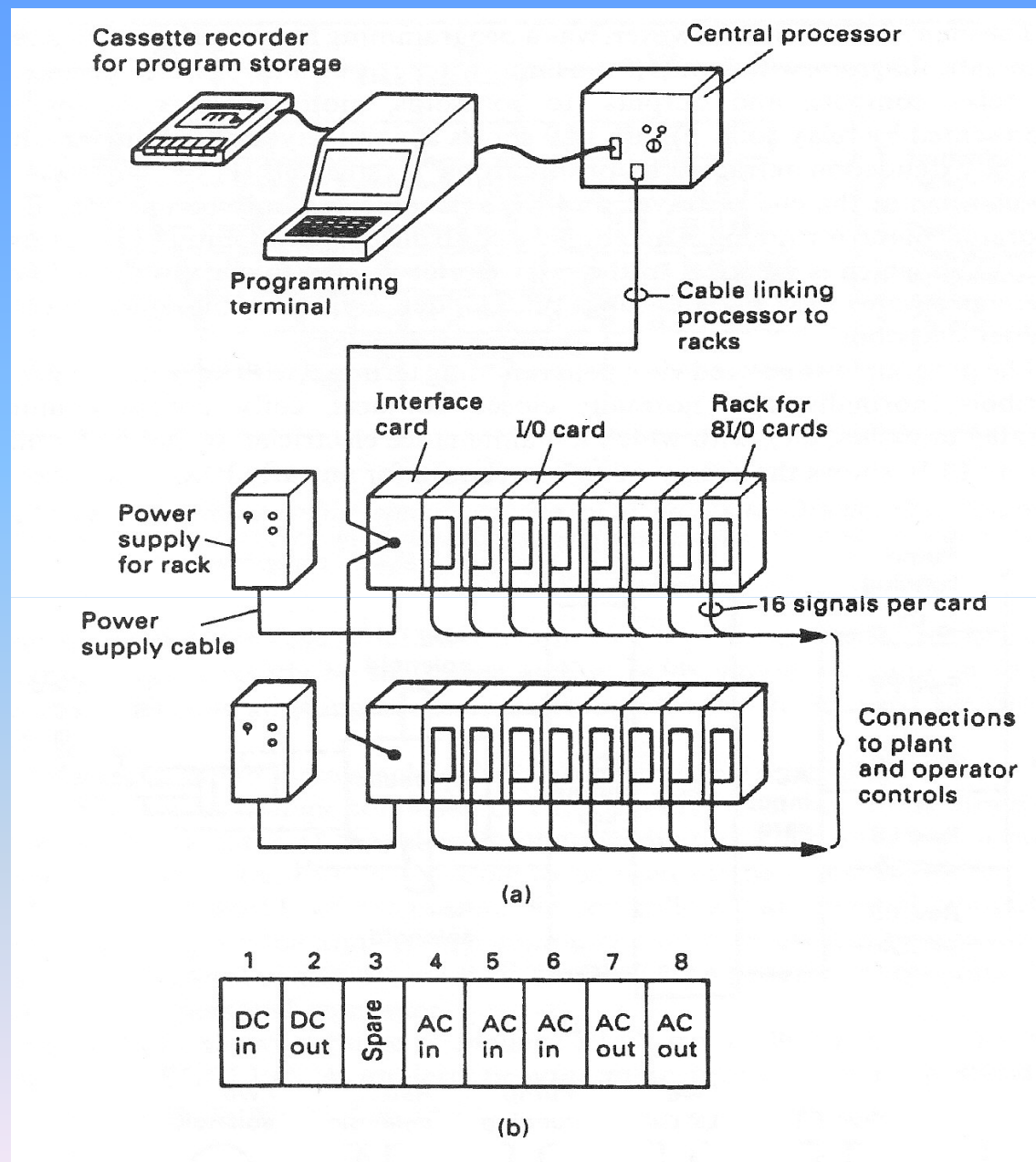


Slika 172. Izvedba startera motora: a) pomoću releja,
b) pomoću računala

Programmable logic controller (PLC)

- Prvi PLC uređaji javljaju se kasnih 60-ih godina u Americi
- Javljaju se kao zamjena za relejne uređaje u automatizaciji proizvodnih procesa
- Kompanije Bedford Associates i Allen Bradley proizvode prve PLC uređaje za potrebe tvrtke General Motors
- Prvi uređaji su bili dosta glomazni i izgledali su kao ja slici 173.a)
- 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*

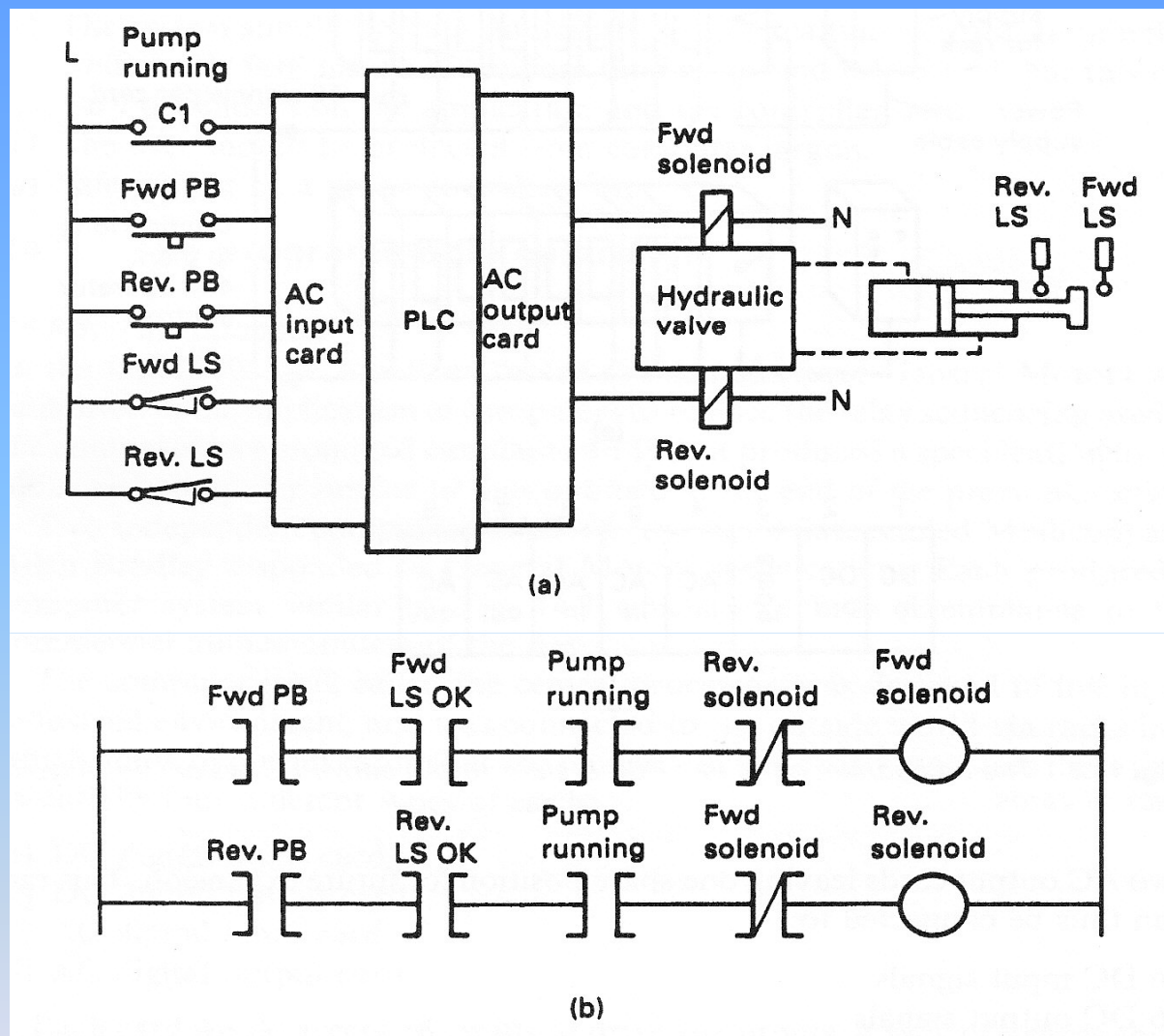
- Svaka kartica je mogla primiti 16 ulaznih signala ili također 16 izlaznih signala
- Tzv. stalak (*rack*) je najčešće sadržavao 8 kartica i stoga je jedan stalak mogao biti spojen na ukupno 128 uređaja (16 signala po kartici x 8 kartica po stalku)
- U kasnijim verzijama te kartice se nazivaju **ulazni/izlazni moduli**
- Na slici 173.b) prikazan je smještaj kartica u jednom stalku na PLC uređaju
- U ovom slučaju u stalku se nalaze 1 DC ulazna i 1 DC izlazna kartica, 3 AC ulazne i 2 AC izlazne kartice, te još je jedno mjesto ostavljeno prazno za neko buduće širenje
- Prema rasporedu kartica/modula na slici 173.b) ovaj stalak može biti spojen na:
 - 16 DC ulaznih signala (*ulazni signali istosmjerne struje*)
 - 16 DC izlaznih signala (*izlazni signali istosmjerne struje*)
 - 48 AC ulaznih signala (*ulazni signali izmjenične struje*)
 - 32 AC izlazna signala (*izlazni signali izmjenične struje*)
- Smještaj kartica/modula u stalku može biti određen prema želji korisnika, što omogućava veliku fleksibilnost i prilagodbu u radu



Slika 173. Sastavni dijelovi ranog PLC sustava:

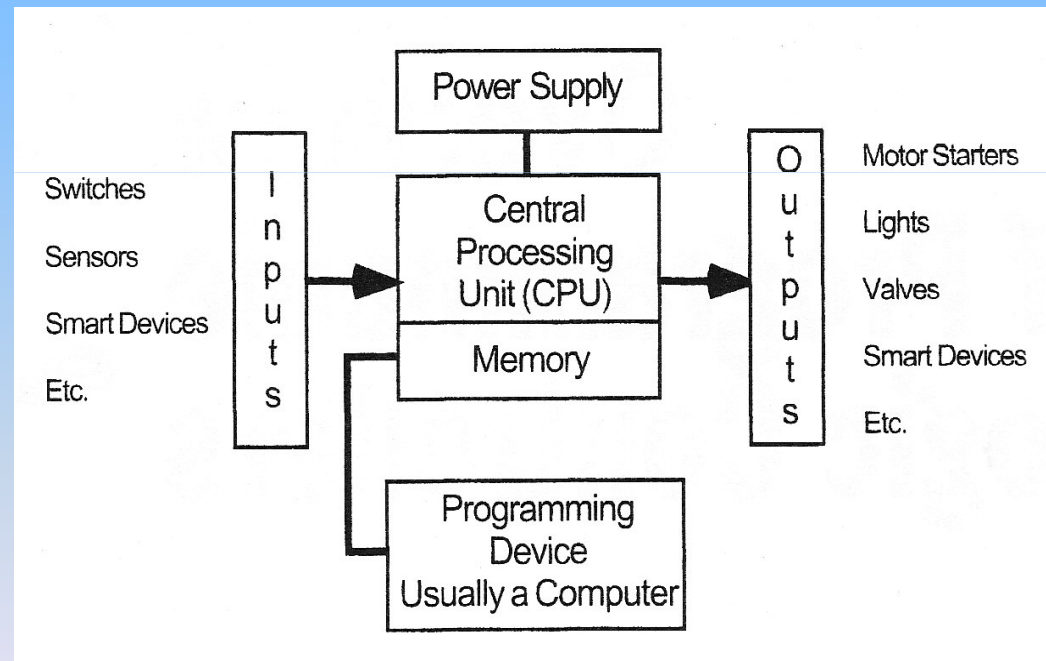
- a) blok dijagram ranog sustava*
- b) tipični stalak s rasporedom kartica/modula*

- Ideja koja je napravila radikalan proboj u širokoj upotrebi PLC uređaja je ideja upotrebe programskih jezika temeljenih na shematskim dijagramima relejne logike
- U ovakvom pristupu ulazni signali (od graničnih prekidača, tipki i sl.) predstavljeni su relejnim kontaktima, a izlazni signali (starteri motora, lampe, ventili i sl.) predstavljeni su relejnim zavojnicama
- Na slici 174.a) prikazan je jednostavan hidraulički cilindar koji se može produživati ili skupljati pritiskom na tipke
- Njegov hod limitiran je graničnim prekidačima, a solenoid ventili (*ventili sa zavojnicom*) mogu raditi jedino ako je uključena hidraulička pumpa
- Ovakav proces može se kontrolirati računalnim programom prikazanim na slici 174.b) koji je identičan relejnim krugovima koji bi bili potrebni da se upravlja hidrauličkim cilindrom
- Dijagram računalnog programa na slici 174.b) sliči na **skale (ljestve)** pa se stoga ovakvi računalni programi zovu **ljestve-dijagrami (ladder diagrams)** i djeluju kao **logika ljestve (ladder logic)**



Slika 174. Jednostavna primjena PLC uređaja : a) jednostavni hidraulički cilindar, b) program "ljestve dijagrama" upotrijebljen za regulaciju cilindra

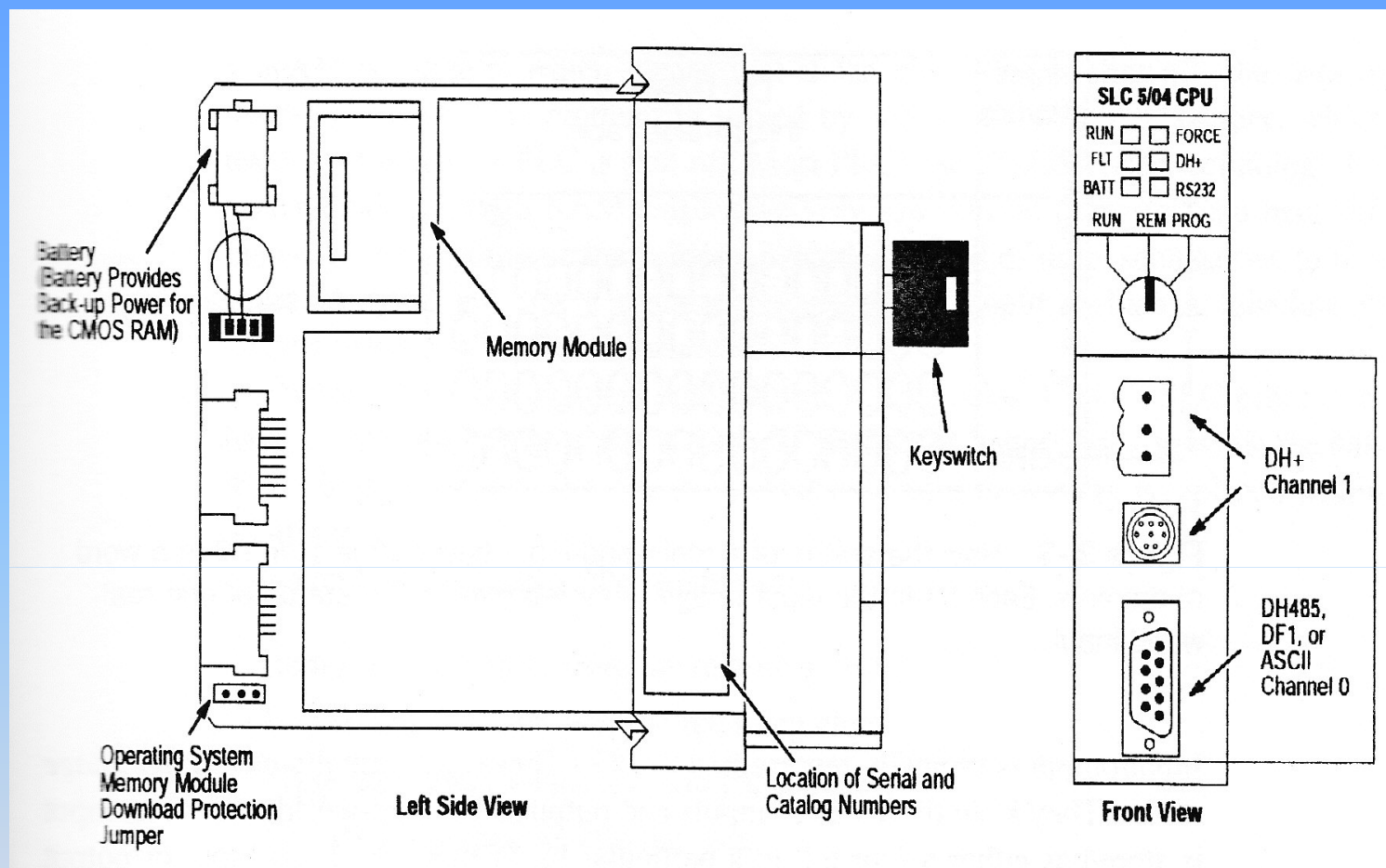
- Simboli na slici 174.b) temelje se na američkim simbolima releja gdje simbol **-]** [- znači da je signal prisutan, a simbol **-]/[-** znači da signal nije prisutan
- Najjednostavnije PLC uređaj se može opisati kao industrijsko računalo čiji je hardware i software prilagođen specifičnim industrijskim primjenama
- Jednostavni shematski prikaz funkcijskih komponenti PLC uređaja prikazan je na slici 175.



Slika 175. Blok dijagram tipičnih komponenti od kojih se sastoji PLC uređaj

Središnja procesorska jedinica (CPU – central processing unit)

- CPU sadrži jedan ili više mikroprocesora i smatra se mozgom svakoga PLC uređaja
- CPU također održava komunikaciju i interakciju između ostalih komponenta sustava
- CPU sadrži istu vrstu mikroprocesora u mikroračunalu s izuzetkom da je računalni program u PLC mikroprocesoru napisan da podržava logiku ljestve (ladder logic) umjesto drugih programerskih jezika
- Također CPU upravlja s izvršnim sustavom PLC uređaja, upravlja memorijom, nadzire ulazne signale, procjenjuje korisničku logiku (ladder diagram) i kreira prikladne izlazne signale iz uređaja
- PLC uređaji su vrlo zaštićeni od različitih električnih šumova jer npr. tvornička postrojenja su vrlo bučni okoliš s jako puno električnih šumova
- Elektromotori, starteri motora, električne žice i vodovi, strojevi za varenje i čak fluorescentne cijevi i žarulje proizvode električni šum



Slika 176. CPU jedinica jednog PLC uređaja

- Bitno je napomenuti da PLC uređaji imaju *memory-checking* procedure (procedure za provjeru memorije) koje osiguravaju da PLC memorija ne bude ugrožena šumovima različitih izvora ili nekim drugim problemima
- **Memory –checking** je sigurnosna procedura koja osigurava da PLC uređaj neće prestati raditi ako je njegova memorija ugrožena zbog nekoga razloga
- Većina komercijalnih računala ne nudi opcije pojačane zaštite od električnih šumova ili procedure memory-checkinga, dok industrijska računala uključujući i PLC uređaje najčešće nude ovakve opcije