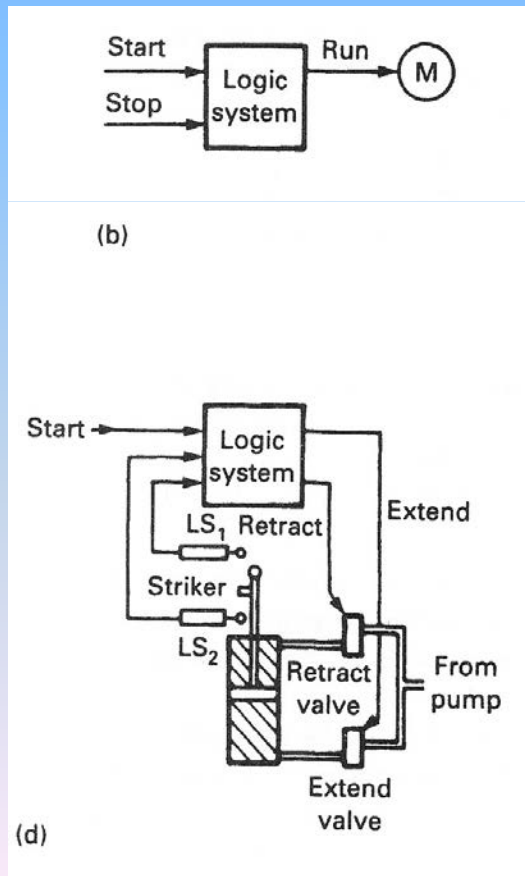


Redosljedna logika

- Mnogi logički sustavi pokreću se slučajno zbivajućim vanjskim događajima i slijede redosljed logičkih operacija
- U takvim sustavima izlazna stanja (izlazni signali) ne ovise samo u ulaznim signalima nego i o tome koju je operaciju ili radnju sustav radio posljednju



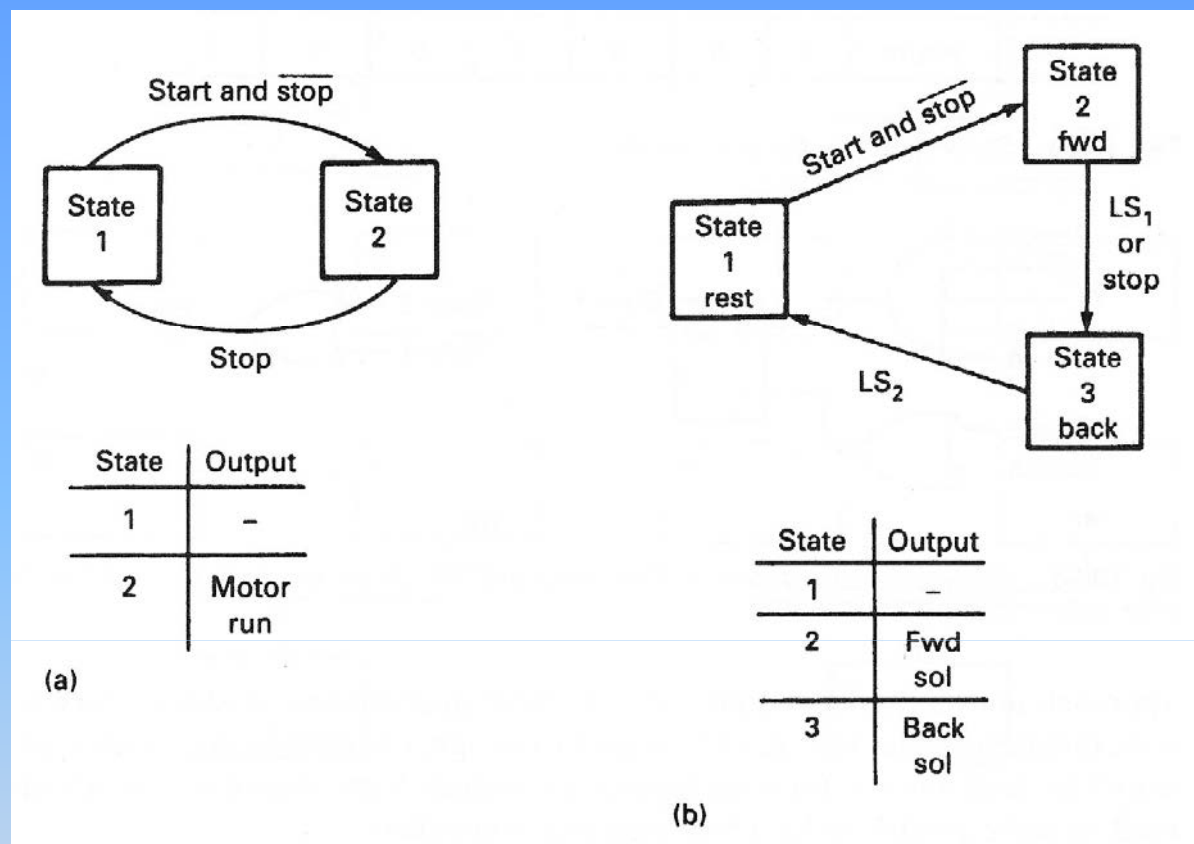
- Takvi sustavi se zovu redosljedni sustavi i prikazani su na slici 152.

*Slika 152. Jednostavni sustav redosljedne logike:
b) starter motora, d) redosljedni sustav*

- Sustavi redosljedne logike su projektirani korištenjem tzv. dijagrama stanja (*state diagram*)



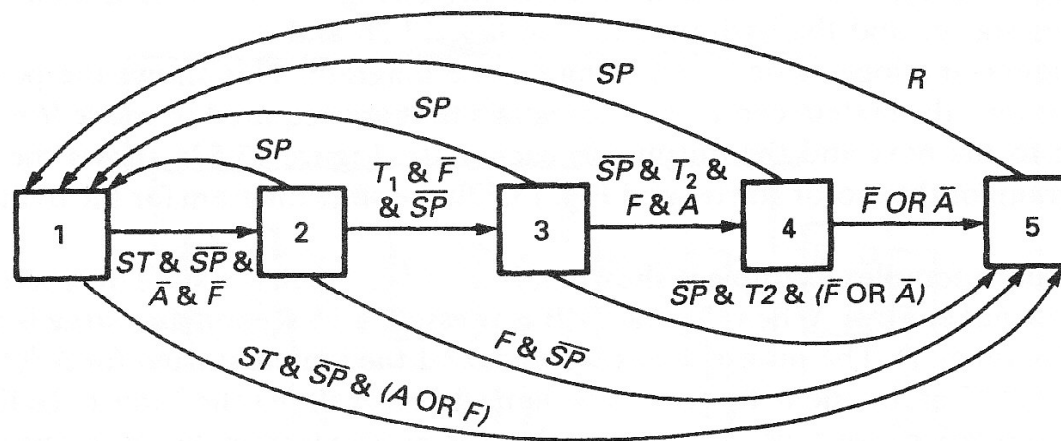
- Slika 153. prikazuje dijagrame stanja za starter motora i za hidraulični nosač sa slike 152.d)



Slika 153. Jednostavni dijagrami stanja: a) dijagram stanja za starter motora, b) dijagram stanja za hidraulički nosač s slike 152 d)

- Ulazni signal za start motora izaziva početak rada motora i motor će nastaviti raditi i u slučaju da više nema ulaznog signala za start motora
- Ulazni signal za zaustavljanje motora zaustavlja rad motora

- Ulazni signal za start izaziva produženje hidrauličnog nosača do dodira s graničnim prekidačem LS_1 (*limit switch*)
- Nakon toga hidraulični nosač se povlači dok ne dodirne prekidač LS_2 , te se zadržava u toj točki do primitka novog ulaznog signala za start
- Puno složeniji primjer dat je na slici 154. koja prikazuje dijagram stanja za regulaciju plinskog plamenika
- Kada je pritisnuta tipka start PB, prvo se obavlja propuhivanje zrakom trajanja 15 sekundi (*zadato vremenskim relejom – timerom 1*)
- Ventil uputnog goriva je otvoren i uređaj za paljenje počinje rad za 4 sekunde (*zadato vremenskim relejom – timerom 2*)
- Ako na kraju ovoga vremena od 4 sekunde detektor plamena registrira postojanje plamena, otvara se glavni ventil dovoda plina
- U bilo kojem trenutku pritiskom na tipku STOP može se zaustaviti postavljeni redosljed paljenja



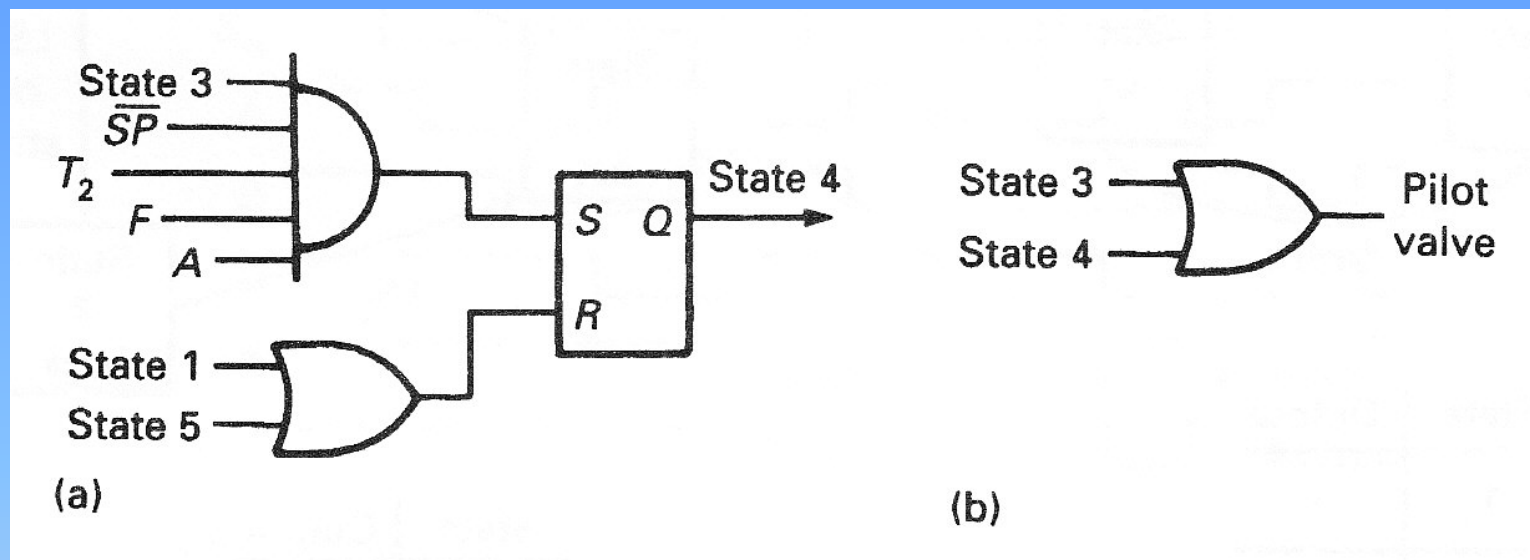
Inputs: Start PB (ST), Stop PB (SP), Flame present (F), Reset PB (R),
Timer 1 complete (T_1), Timer 2 complete (T_2), Air flow SW (A)

Outputs:

State	Description	Air	Pilot valve	Ignition	Gas valve	Start timer 1	Start timer 2	Alarm bell
1	Off	0	0	0	0	0	0	0
2	Air purge	1	0	0	0	1	0	0
3	Ignition	1	1	1	0	0	1	0
4	On	1	1	0	1	0	0	0
5	Alarm	1	0	0	0	0	0	1

Slika 154. Dijagram stanja za plinski plamenik

- Pogrešan signal iz detektora plamena (npr. signal prisustva plamena u stanjima 1 i 2 ili signal nepostojanja plamena u stanju 4) postavlja sustav u stanje alarma
- I pogrešan signal s ventila protoka zraka također postavlja sustav u stanje alarma
- Dijagram stanja na slici 154. je vrlo lako projektirati, razumjeti i mijenjati ako je potrebno, te je znatno pojednostavljeno održavanje ovakvih sustava i prolanaženje mogućih kvarova
- Redosljedna logika može se dizajnirati oko flip-flop logičkih prolaza, uobičajeno jednog za svako stanje
- Flip-flop logički prolaz koji se odnosi na stanje 4 prikazan je na slici 155.a) i definiran je traženim uvjetima iz stanja 3, te se može resetirati s mogućim slijedećim stanjima 1 i 5
- Izlazni signali se jednostavno postižu s funkcijom OR između potrebnih stanja pa je tako izlazni signal prikazan na slici 155.b) jednostavno $III \text{ stanje } 3 \vee III \text{ stanje } 4$



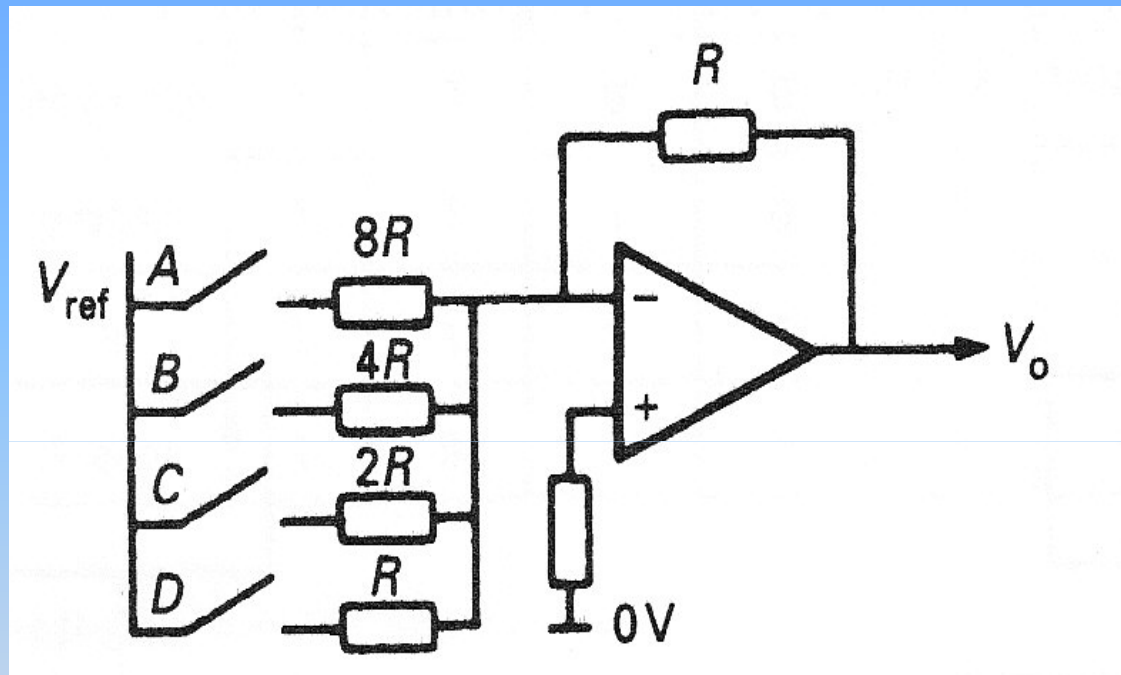
Slika 155. Implementacija dijagrama stanja u logički krug: a) logički krug za stanje 4, b) logički krug za izlazni signal ventila uputnog goriva

ANALOGNO SUČELJE

Pretvarači digitalnog u analogni signal (DAC - digital to analog converters)

- Binarni broj se može prikazati kao analogni napon
- Tako 8-bitni binarni broj predstavlja decimalni broj od 0 do 255
- 8-bitni broj također može predstavljati napon od 0 do 2.55 volti s rezolucijom od 10 mV
- Uređaji koji pretvaraju digitalne brojeve u analogni napon zovu se pretvarači digitalnog u analogni signal (eng. DAC)
- Najčešći oblik DAC električnih krugova prikazan je na slici 156.

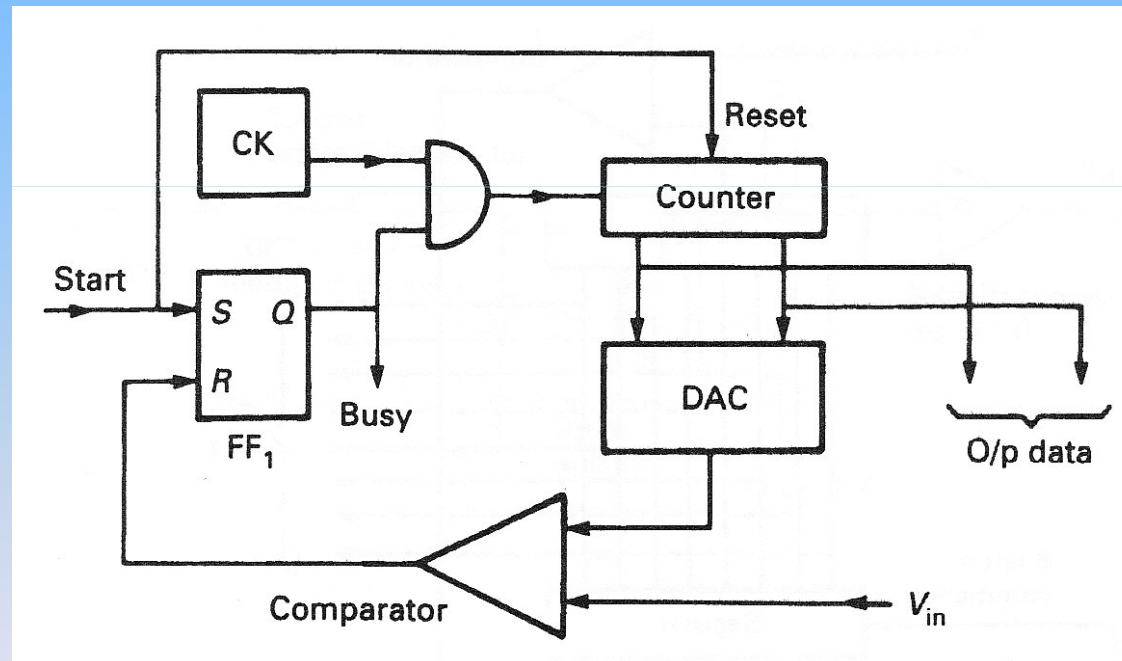
- U svakom slučaju izlazni napon je povezan s binarnim uzorkom na prekidačima



Slika 156. Jednostavni prikaz pretvarača digitalnog u analogni signal (DAC)

Pretvarači analognog u digitalni signal (ADC – analog to digital converters)

- Postoji nekoliko električkih krugova koji pretvaraju analogni napon u digitalni signal tj. u ekvivalentnu binarnu vrijednost
- Najčešći oblik prikazan je na slici 157. i temelji se na usporedbi izlaznog napona s DAC pretvarača s ulaznim naponom



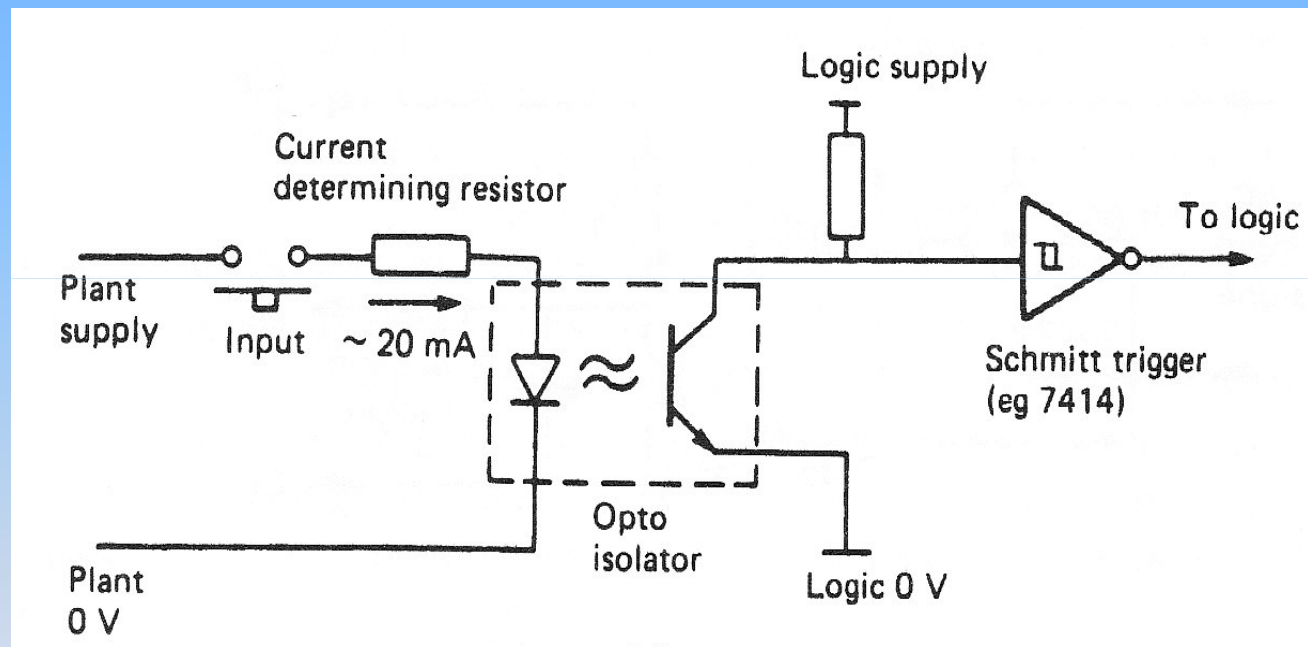
Slika 157. Blok dijagram ADC pretvarača

- Djelovanje ADC pretvarača počinje ulaznim signalom START koji aktivira logički prolaz flip-flip (FF_1) i postavlja brojač na nulu
- Nakon toga logički prolaz FF_1 daje signale na brojač koji pretvara analogni signal napona u digitalni binarni oblik
- Izlaz brojača je povezan s DAC pretvaračem čiji izlazni signal raste (izlazni napon) kako brojač prima signal s FF_1 logičkog prolaza
- Izlazni signal DAC pretvarača uspoređuje se s ulaznim naponom i kada su dva signala izjednačena, logički prolaz FF_1 se resetira, blokira daljnje signale i indicira da je pretvorba analognog u digitalni signal gotova
- Binarni broj u brojaču predstavlja digitalni oblik ulaznog napona

Praktični detalji

- U stvarnim digitalnim sustavima u industrijskim procesima postoje kontakti između digitalnog sustava i senzora i pretvornika signala te se tu mogu javiti praktični problemi u radu kao što su utjecaj šuma na prijenos signala i na pretvorbu signala iz analognog u digitalni oblik

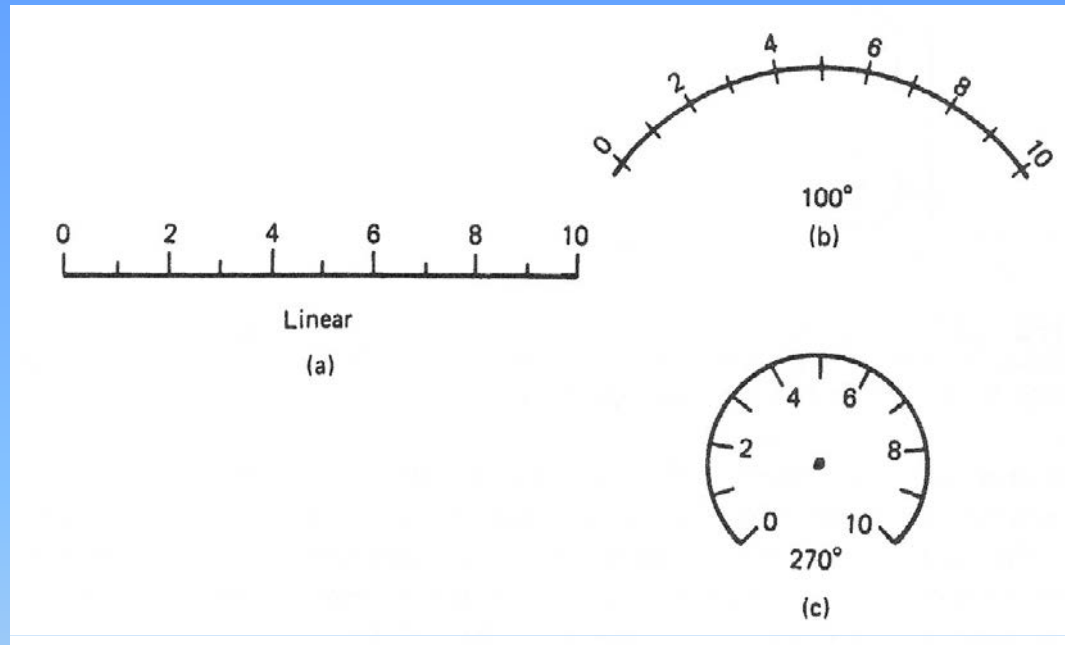
- Svi signali između logičkog sustava i senzora i pretvornika signala moraju koristiti tehniku tzv. opto-izolacije, ako su kabeli koji ih povezuju dulji od nekoliko metara
- Na slici 158. prikazani su jednostavni primjeri optoizolacije kod električkih krugova ulaznih signala



Slika 158. Optička izolacija ulaznog električkog kruga istosmjerne struje

UREĐAJI ZA PRIKAZ PODATAKA

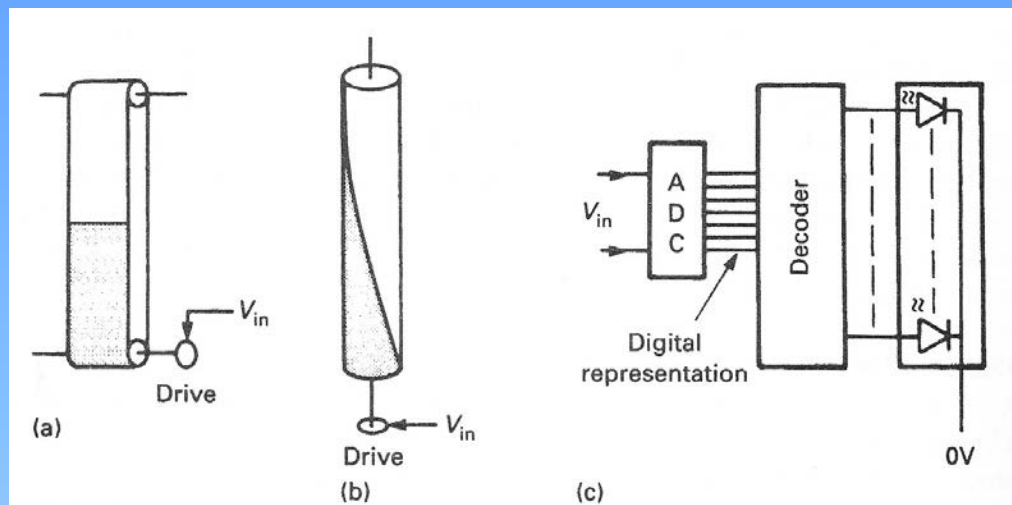
- Svaki proces zahtjeva određeni oblik sustava koji dopušta operatoru da nadzire proces
- Npr. elektromotor može imati dva svjetlosna pokazivača stanja (*running ili stopped*)
- Često postoji potreba za kontinuiranim nadzorom nekoga industrijskog procesa i takav nadzor se zove trend recording (*snimanje tijekom događaja*)
- Takvi podaci potrebni su za analizu tijekom procesa, planiranje održavanja i regulaciju proizvodnje
- U uređaje za prikaz podataka spada niz analognih uređaja, snimači karata i niz uređaja za digitalni prikaz (*digital display devices*)
- Od analognih instrumenata najpoznatiji su uređaji s metričkim pokazivačkim skalama
- Postoje različitih oblika a najčešći oblici prikazani su na slici 159.



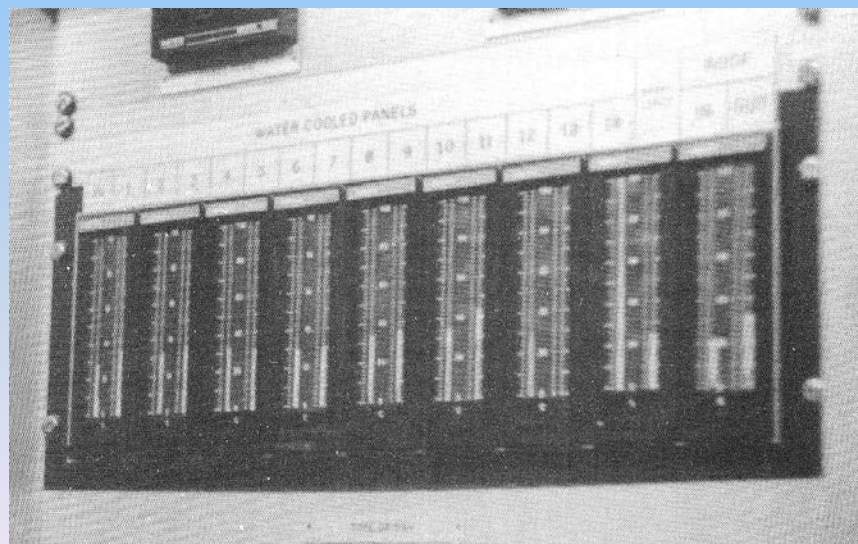
Slika 159. Različite metričke skale: a) linearna, b) pod kutom od 100°, c) pod kutom od 270°

- Alternativni način prikaza podataka od metričkih skala su pružni grafovi (bar graphs)
- Korisni su kad je potrebno prikazati niz sličnih podataka
- Nedostatak im je ne baš velika preciznost, a prednost laka vizualna uočljivost izlaznih podataka

- Mogu raditi na analognoj i digitalnoj osnovi kao što je prikazano na slici 160.



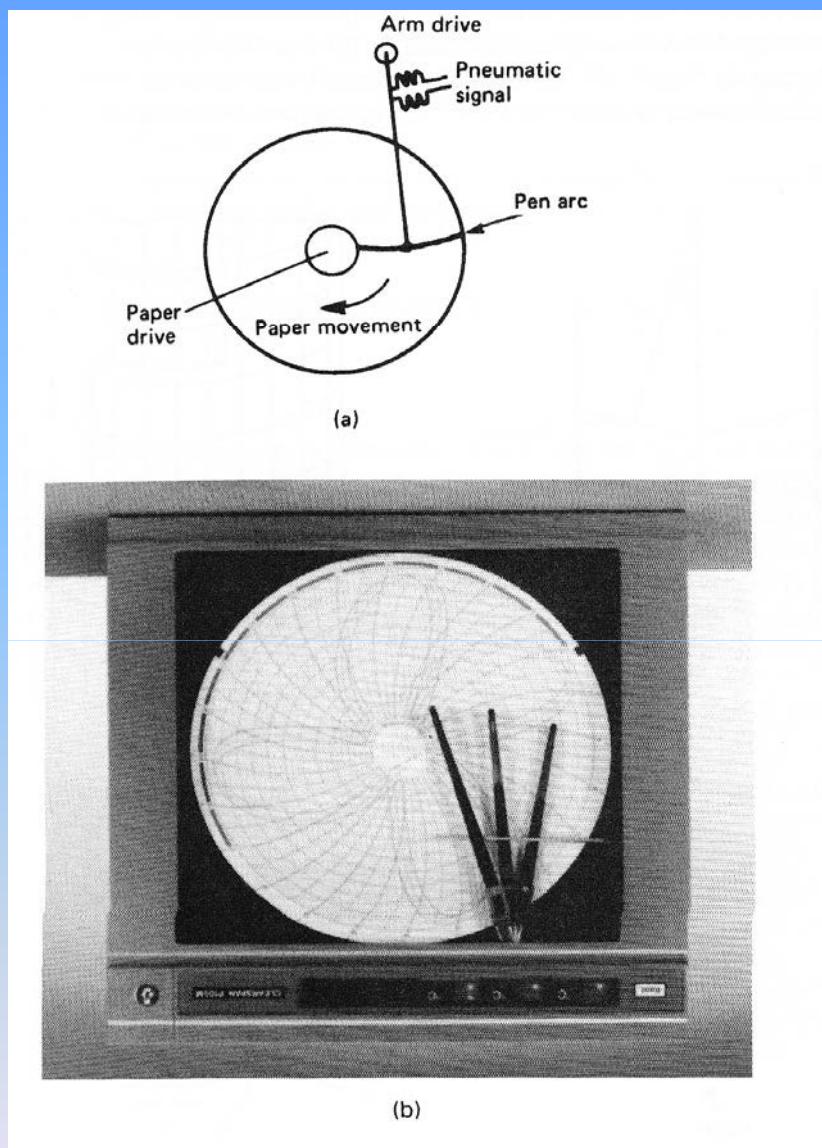
Slika 160. Indikatori u obliku pružnih grafova: a), b) analogni tip, c) digitalni tip



Slika 161. Prikaz temperatura rashladne vode na pružnim grafovima

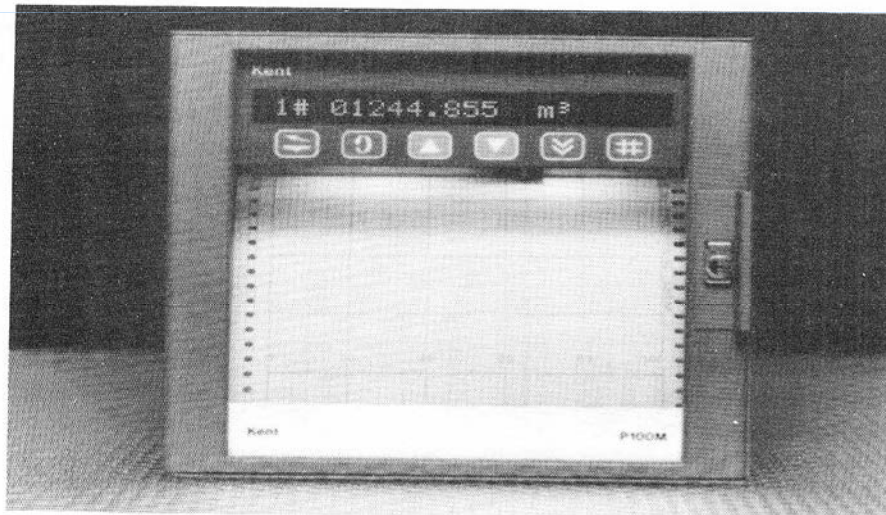
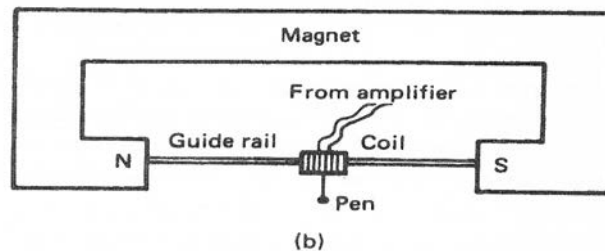
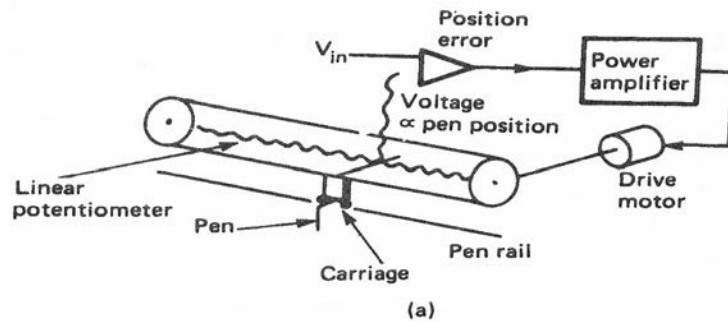
Snimači karata

- Mnogi industrijski procesi zahtjevaju izravan prikaz radnih parametara procesa da bi se sam proces održavao u granicama postavljenih parametara pogotovo procesi bez izravnog ljudskog nadzora
- Snimanje podataka omogućuje efikasnije nadziranje radnih parametara bez obzira na brzinu odvijanja procesa
- Najčešći instrument snimanja parametara procesa su snimači karata (*chart recorders*)
- Snimači karata proizvode kontinuirani graf s vrijednostima procesnih varijabli koje su u funkciji vremena
- Kod snimača karata treba biti oprezan s kojim brzinama oni rade, ako su brzine prevelike ne dobivaju se precizni podaci tj. teško je zamjetiti trend promjene procesnih varijabli, a ako su jako male brzine dobivaju se predetaljni podaci
- Brzine snimača karata mogu varirati od 1 mm dnevno pa do nekoliko desetina milimetara po sekundi
- Jedan oblik kružnog snimača karata prikazan je na slici 162.



- Ovaj tip koji je prikazan na slici 162. je najjednostavniji i najjeftiniji tip
- Ovdje je procesna varijabla signal tlaka koji pomiče pisač pomoću promjene duljine mjeha
- Snimljeni podaci s kružne karte su teži za očitavanje i interpretaciju jer se javljaju nelinearnosti i to zbog kružnog gibanja karte i stalne promjene luka pisača
- Prednosti su lako povezivanja ucrtanih linija procesnih varijabli s funkcijom vremena (*s protokom vremena*) i laka izmjena same kružne karte

Slika 162. Kružni snimač karata: a) konstrukcija, b) izvedba



- Pouzdaniji za rad su servo snimači karata prikazani na slici 163.
- Djeluju na temelju sustava regulacije s povratnom vezom (163.a)
- Ovakvi snimači daju brz, precizan i linearan odgovor i izbjegavaju greške koje se mogu javiti uslijed trenja pisača kao na uređaju sa slike 162.
- Procesna varijabla (ulazni signal) izražena je u obliku električnog napona i preko pojačala djeluje na kružni servo motor koji postavlja pisač u položaj za pisanje po karti koji odgovara procesnoj varijabli

Slika 163. Servo snimači karata

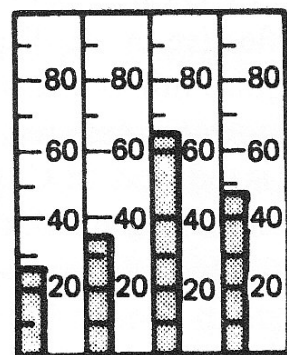
- Povratna veza se ostvaruje mjerenjem položaja pisača pomoću linearnog potencijometra
- Linearni potencijometar daje napon proporcionalan položaju pisača
- Ovaj napon uspoređuje se s naponom ulaznog signala (*s signalom procesne varijable*) u ispravljaču pogreške (*position error*), te se napon moguće greške pojačava u pojačalu i djeluje na kružni servo motor
- Kružni servomotor pomiče pisač sve do trenutka dok napon pogreške ne postane nula
- Pojačalo napona je važan segment u ovom krugu jer se pomoću njega pojačava napon i izbjegava greška uslijed trenja pisača
- Za razliku od uređaja sa slike 163.a) koji koristi kružni ili rotacijski servomotor neki snimači karata koriste linearni servomotor kao na slici 163.b)
- Pisač je smješten na zavojnici koja se linearno giba između polova trajnog magneta
- Prolaskom električnog napona kroz zavojnicu stvara se magnetsko polje koje će pisač privlačiti jednom polju magneta i odbijati ga od drugog pola odnosno obratno

- Stvaranje elektromagnetskog polja oko zavojnice na kojoj se nalazi pisač ovisi o smjeru i jakosti električnog napona koji protječe kroz zavojnicu
- Prema tome smjer pomicanja zavojnice s pisačem ovisit će o smjeru i jakosti električnog napona koji protječe kroz zavojnicu
- Uređaj na slici 163.b) ima prednosti zbog izvedbe sa samo jednim gibajućim dijelom i stoga je vrlo pouzdan i siguran u radu
- Na slici 163.c) prikazan je servo snimač karata koji se koristi u modernim industrijskim procesima tvrtke Kent Industrial Measurements
- Osim karte s snimljenim podacima, snimač ima i digitalni displej uređaj koji izravno očitava vrijednosti s pridruženim mjernim jedinicama

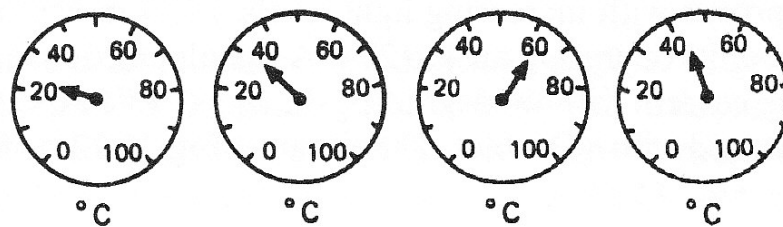
Uređaji za prikaz podataka (display devices)

- Najčešća funkcija displej uređaja je signaliziranje statusa procesa prema operatoru
- U displej uređaje s najčešćom upotrebom spadaju svjetlosni i brojčani indikatori
- Jednostavni svjetlosni indikator služi za prikaz ON/OFF statusa prema operatoru procesa i kao takvi su često služe za prikaz statusa graničnih prekidača, pumpa, elektromotora i sl.
- Svjetlosni indikatori izrađuju se različitih veličina, oblika i svjetlosnih inteziteta
- Najčešće su to LED diode i neonski izvori svjetla koji daju relativno niski intezitet svjetlosti i vrlo su pogodni za upravljačke panele i ploče
- Upotreba boja za svjetlosnu indikaciju definirana je međunarodnim standardima pa je tako općeprihvaćena definicija:
 - *CRVENA: upozorenje na potencijalnu opasnost ili situaciju koja zahtjeva djelovanje*
 - *ŽUTA (amber): oprez, promjena ili prijeteća promjena*
 - *ZELENA: indikacija sigurnog rada, dopuštenje za akciju*
 - *BIJELA i PLAVA: bilo koje značenje osim onih navedenih s crvenom, žutom i zelenom bojom*

- Brojčani indikatori ili digitalni displej uređaji koriste se kao alternativa analognim uređajima
- Glavna im je prednost znatno bolja preciznost nego kod analognih uređaja za prikaz
- Npr. kvalitetan analogni uređaj s pokazivačem ima preciznost od 1 % FSD (mjerne skale)
- S druge strane digitalni displej uređaj s prikazom 4 brojke (pokazuje od 0 do 9999) može imati preciznost od 0,01% FSD
- Digitalni displej uređaji također imaju i određene nedostatke
- Jedan od nedostataka je da su digitalni uređaji loši u prikazu jako brzih promjena vrijednosti procesnih varijabli
- Jako brza promjena procesnih varijabli uzrokuje bujicu promjena brojki na displej ekranu što je nemoguće pratiti i očitati
- Na slici 164. prikazana je usporedba metoda za prikaz podataka
- Može se uočiti da je analogni prikaz na slikama 164.a) i b) lakše fizički očitati, dok digitalni prikaz na slici 164.c) zahtjeva više pozornosti prilikom očitavanja



(a)



(b)

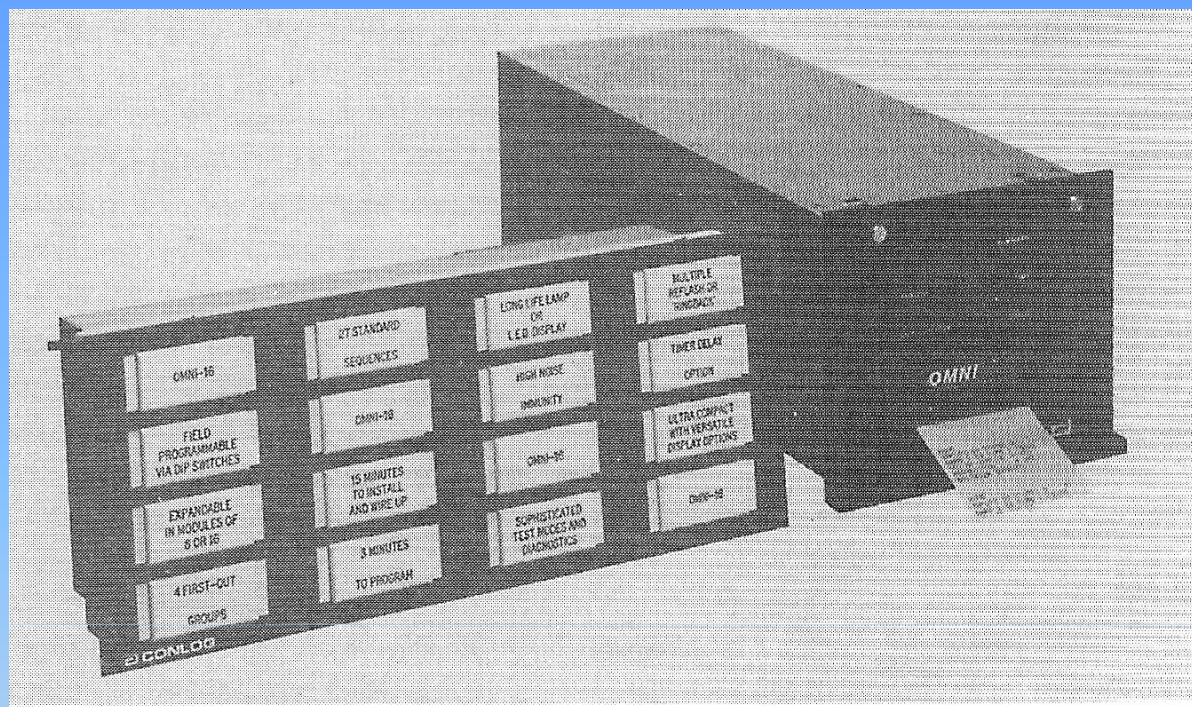


(c)

Slika 164. Usporedba načina za prikaz podataka: a) pružni grafovi, b) analogna temperaturna skala, c) digitalni displej

Alarmni uređaji

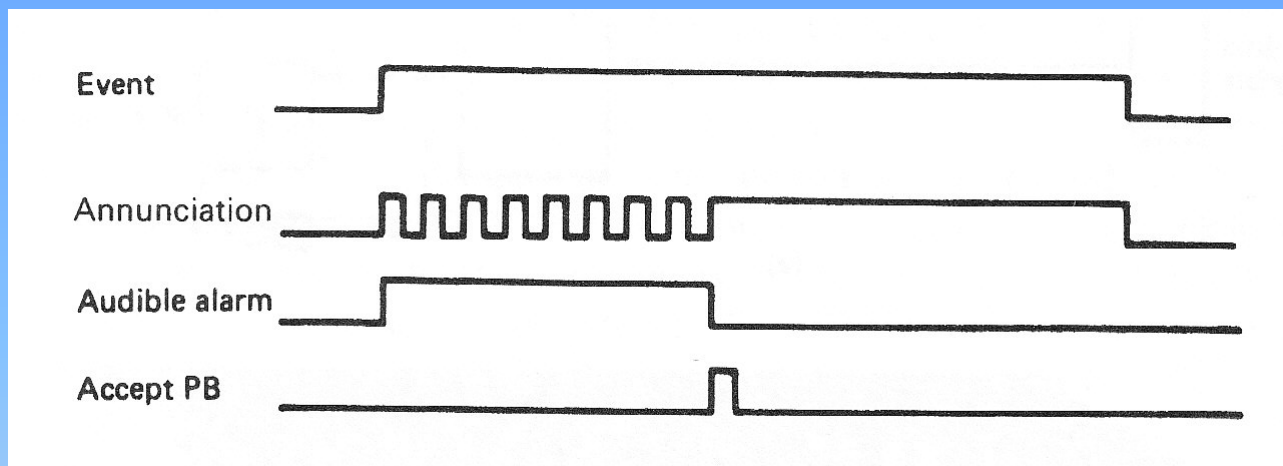
- Često se u industrijskim procesima automatske regulacije događaju pogreške
- Pogreške se moraju javiti operatoru procesa zbog potrebe njegove hitne i pravodobne reakcije
- Alarmni uređaji se često izvode u obliku alarmnih panela kao na slici 165.
- Svaki alarmni indikator signalizira određenu grešku ili stanje pogreške koje se dogodilo u reguliranom procesu
- Alarmni signali se mogu producirati iz električnih kontakata koji se otvore ili zatvore uslijed poremećaja
- Mogu se također producirati direktno iz analognih vrijednosti procesnih varijabli koje idu ispod ili iznad postavljenih parametara



Slika 165. Panel a alarmnim indikatorima i alarm printer

- Tipična reakcija alarmnih indikatora data je na slici 166.
- Svjetlosni i zvučni signali djeluju do trenutka pritiska prekidača PB koji signalizira prihvaćanje alarma
- Nakon toga svjetlosni signal zadržava svjetleće stanje svo do potpunog povlačenja alarma, ali bez žmirkajuće indikacije

- Zvučni signal nakon nakon prihvatanja alarma prestaje davati signale



Slika 166. Tipična reakcija alarmnog indikatora