

OSNOVE AUTOMATIZACIJE

Osnovne definicije

Automatizacija je tehnička disciplina koja obuhvaća sve mjere s kojima se smanjuje udio ljudskog rada u proizvodnji i s kojima se postiže viši stupanj ekonomične i rentabilne proizvodnje u pogledu utroška sirovine, energije i vremena.

Automatika (engl. Automatic control) je znanstveno-tehnička disciplina čija su područja teorija vođenja, istraživanje i analiza uvjeta djelovanja i zakonitosti vođenja različitih sustava te sinteza i gradnja sustava za automatsko vođenje.

Automatizacija broda

- - smanjenje **brojnosti** posade,
- - smanjenje **troškova** za posadu,
- - smanjenje **vremena** operacija s teretom,
- - smanjenje **kvarova**,
- - smanjenje **utroška goriva**,

- - poboljšanje **održavanja**,
- - poboljšanje **radnih uvjeta**.

Automatizacija broda

Automatizacija se provodi:

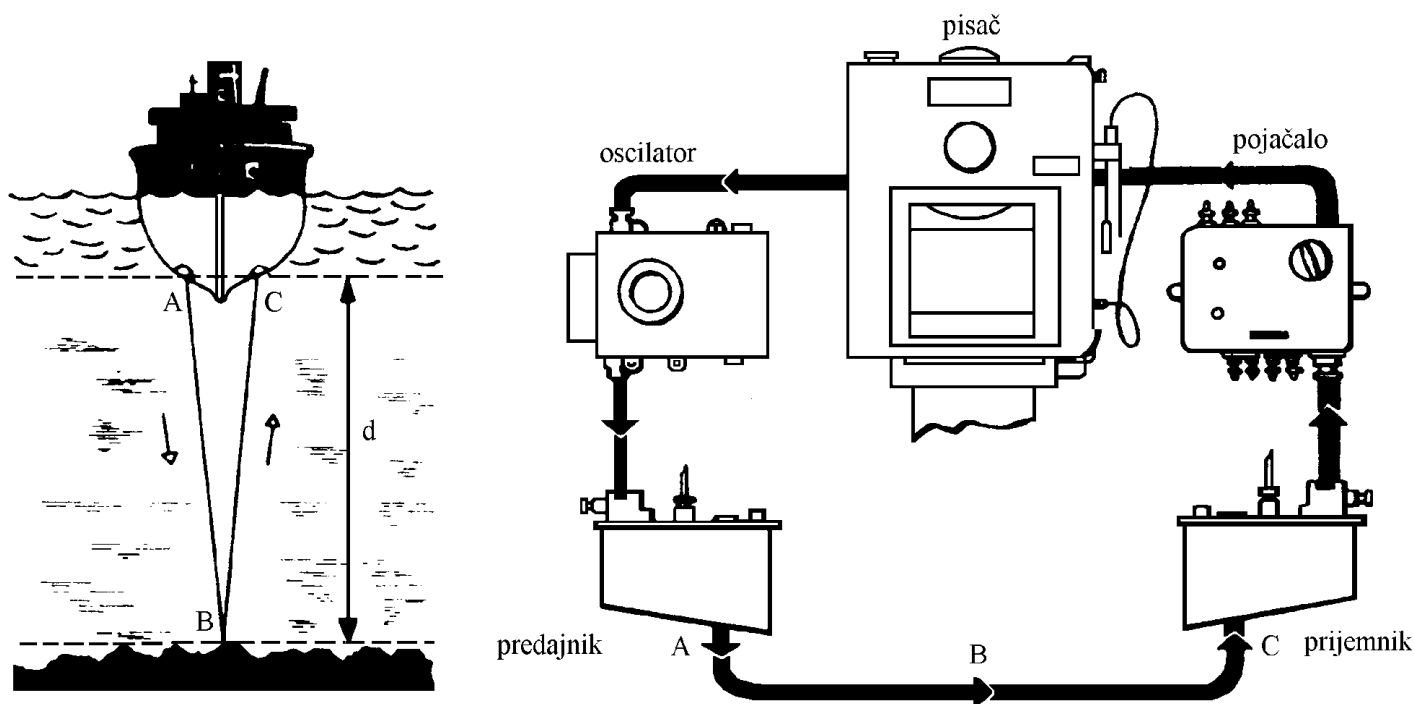
- **daljinskim upravljanjem** brodskih uređaja,
- **regulacijom** brodskih uređaja,
- **daljinskim mjerenjima**,
- **signalizacijom**,
- **centralizacijom** dobivenih informacija o procesima,
- **predočavanjem i registracijom informacija** u obliku najpogodnijem čovjeku,
- **automatskom obradom** dobivenih informacija,
- **- programiranjem** izvođenja važnijih i složenijih operacija, itd.

Primjeri sustava automatizacije na brodu

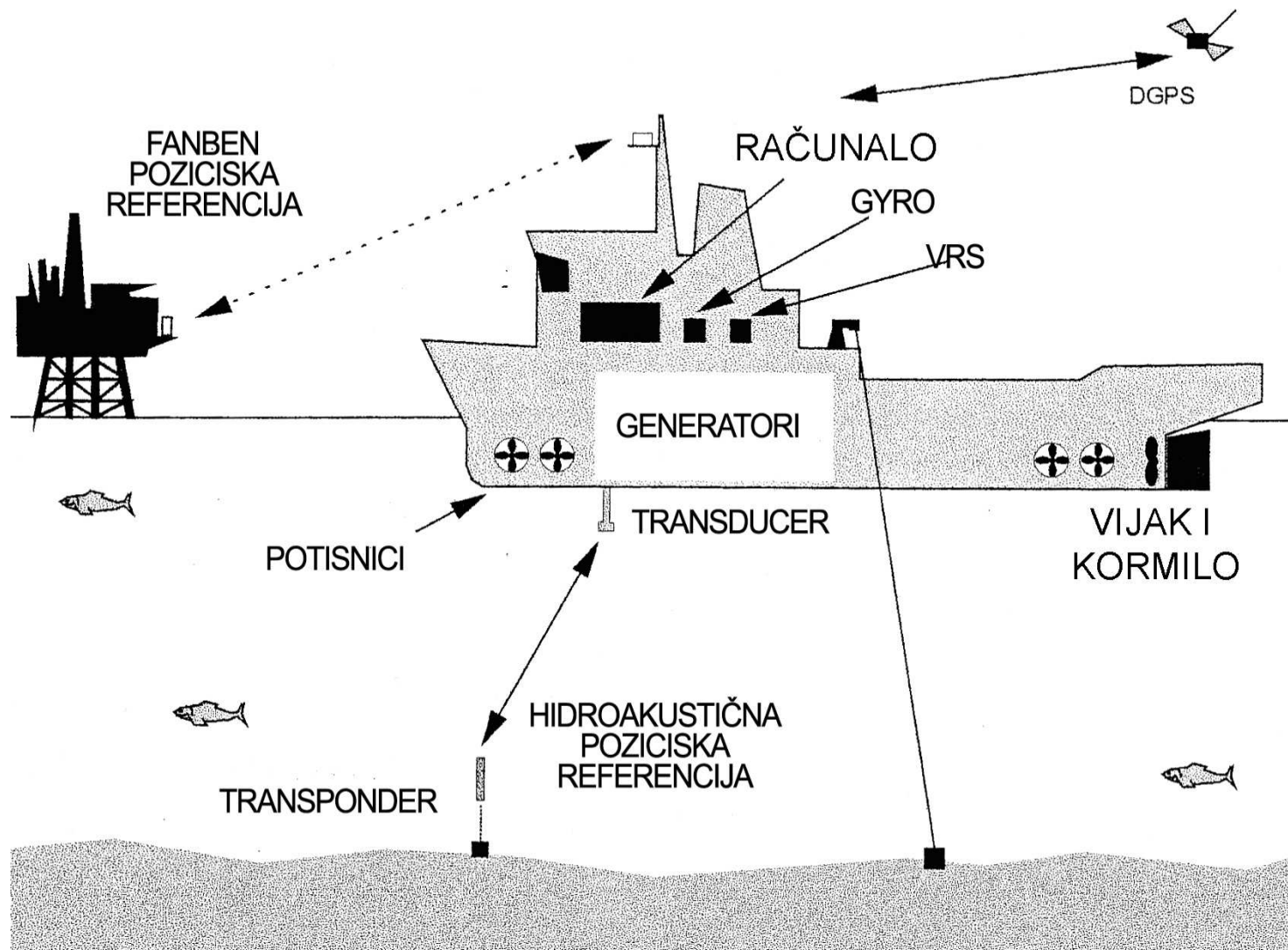
- **protusudarni sustavi,**
- **određivanje položaja pomoću satelita,**
- **izračunavanje položaja zbrajanjem kurseva,**
- **navigacijski proračuni,**
- **upravljanje ukrcavanjem i iskrcavanjem tereta,**
- **nadzor strojarnice,**
- **registriranje podataka o strojevima u strojarnici,**
- **upravljanje zakretnim momentom glavnog stroja,**
- **dojava požara, automatsko gašenje**

Osnovne definicije

Mjerenje (engl. monitoring) je kad se određuje stanje neke fizikalne veličine, primjerice da li je nešto npr. vruće ili hladno, a mjerenje kad se određuje kolika je temperatura, npr. 22°C .



Primjer sustava dinamičkog pozicioniranja sustav automatizacije



Osnovne definicije

Pod pojmom **automat** podrazumijeva se tehnički uređaj koji samostalno izvršava rad kojeg je zamislio njegov konstruktor.

S motrišta upravljanja sva sredstva rada i strojevi koji se upravljaju nazivaju se **objektima upravljanja**, a onaj sustav kojim se ostvaruje to upravljanje naziva se **sustav upravljanja**.

Objekt upravljanja - proces

Stanje objekta upravljanja određeno je:

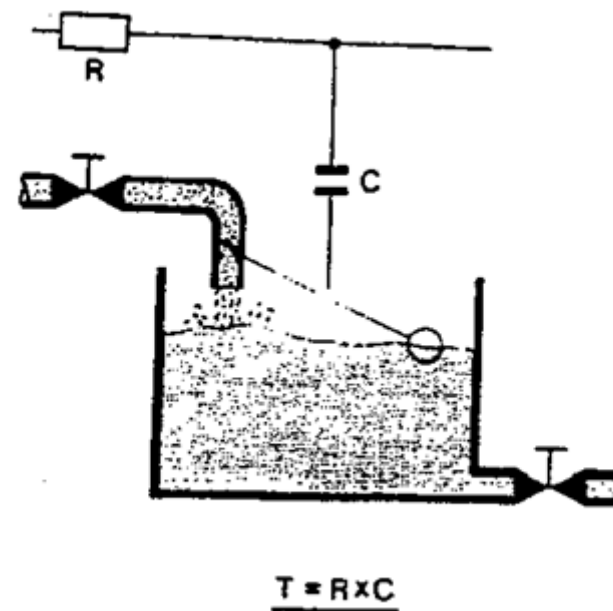
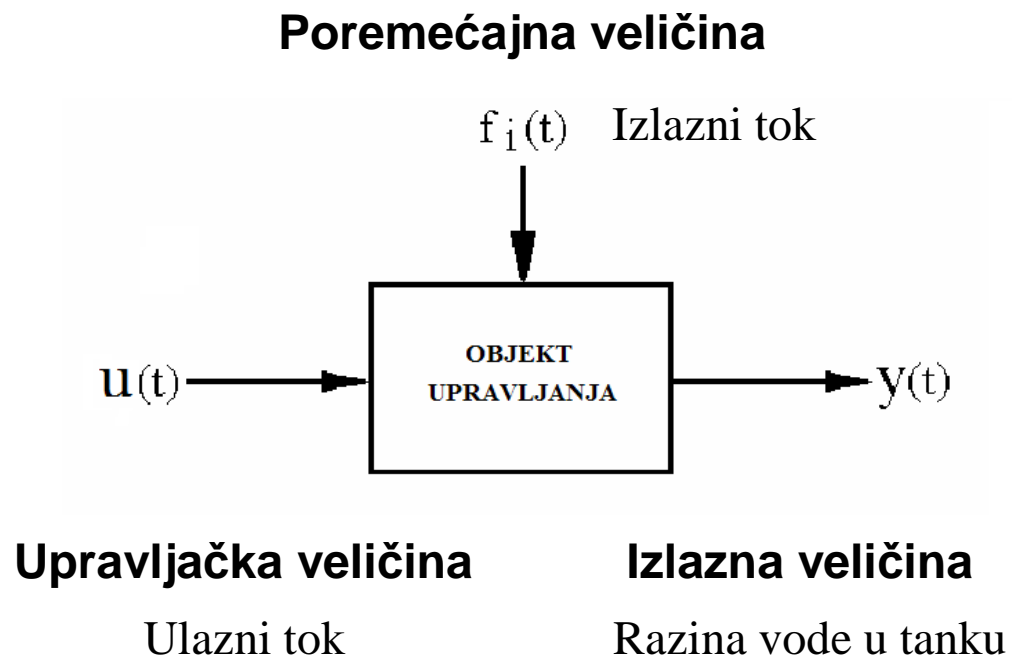
- unutarnjim svojstvima objekta**
- vanjskim djelovanjima na objekt.**

U **vanjska djelovanja** na objekt upravljanja ubrajaju se:

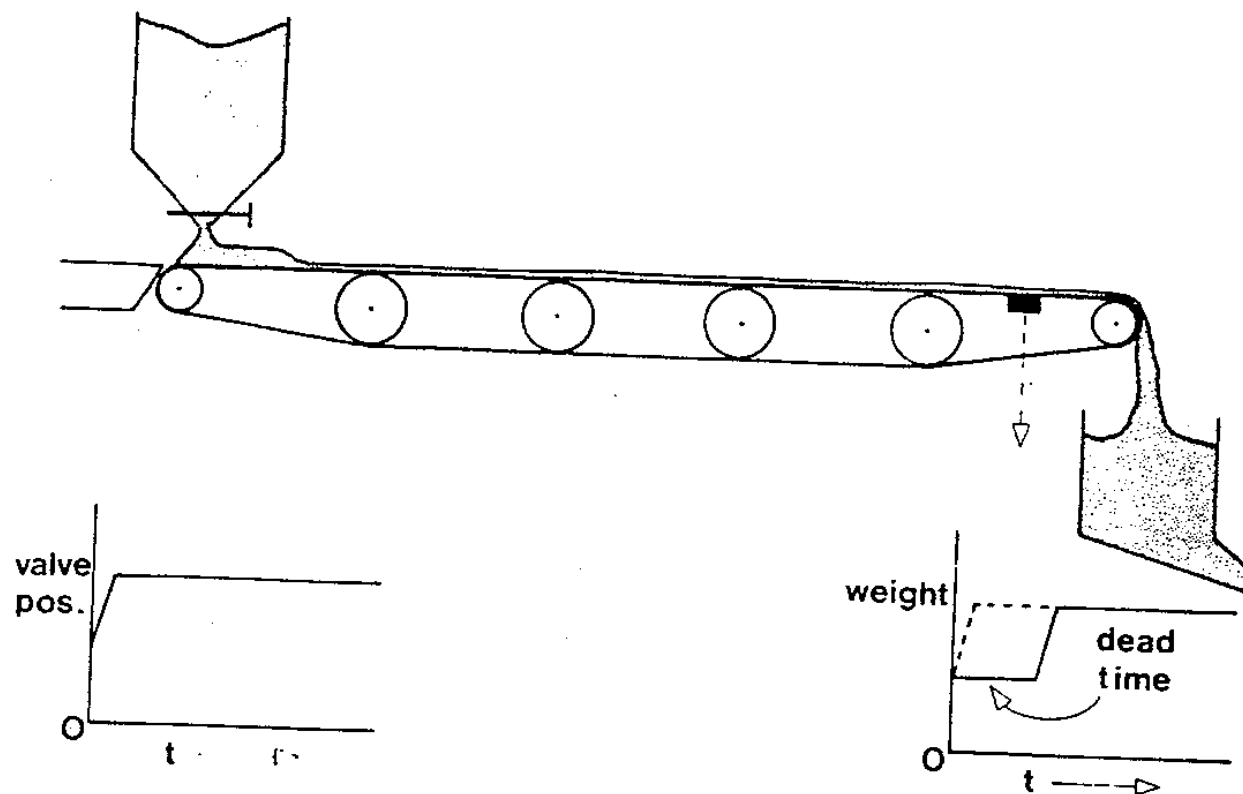
- poremećajne veličine i upravljačke veličine.**

Poremećajne veličine općenito su slučajnog karaktera.

Objekt upravljanja - proces

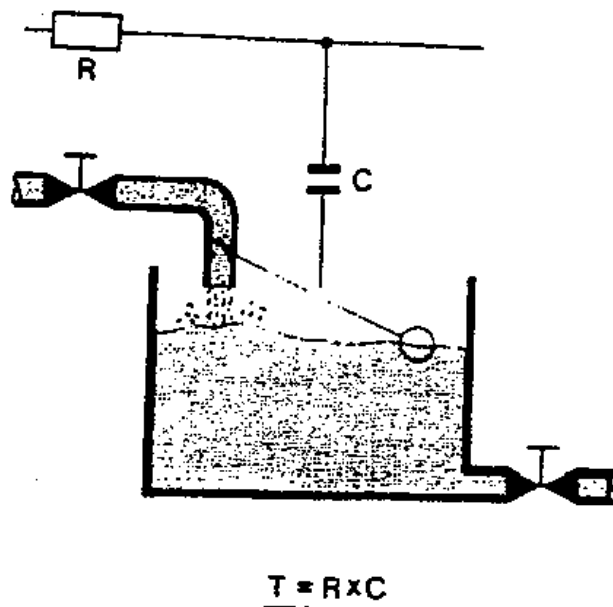


Primjer procesa sa mrtvim vremenom



Izlazna veličina se mijenja nakon kašnjenja Δt

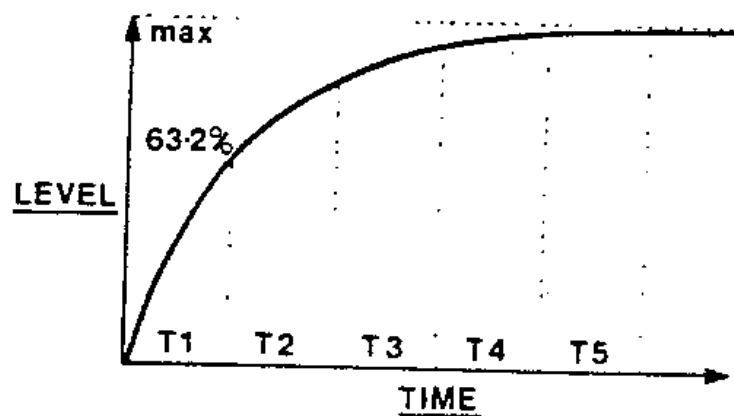
Primjer procesa sa kašnjenjem prvog reda



Tank se puni po eksponencijalnom Zakonu (zatvoren izlazni ventil):

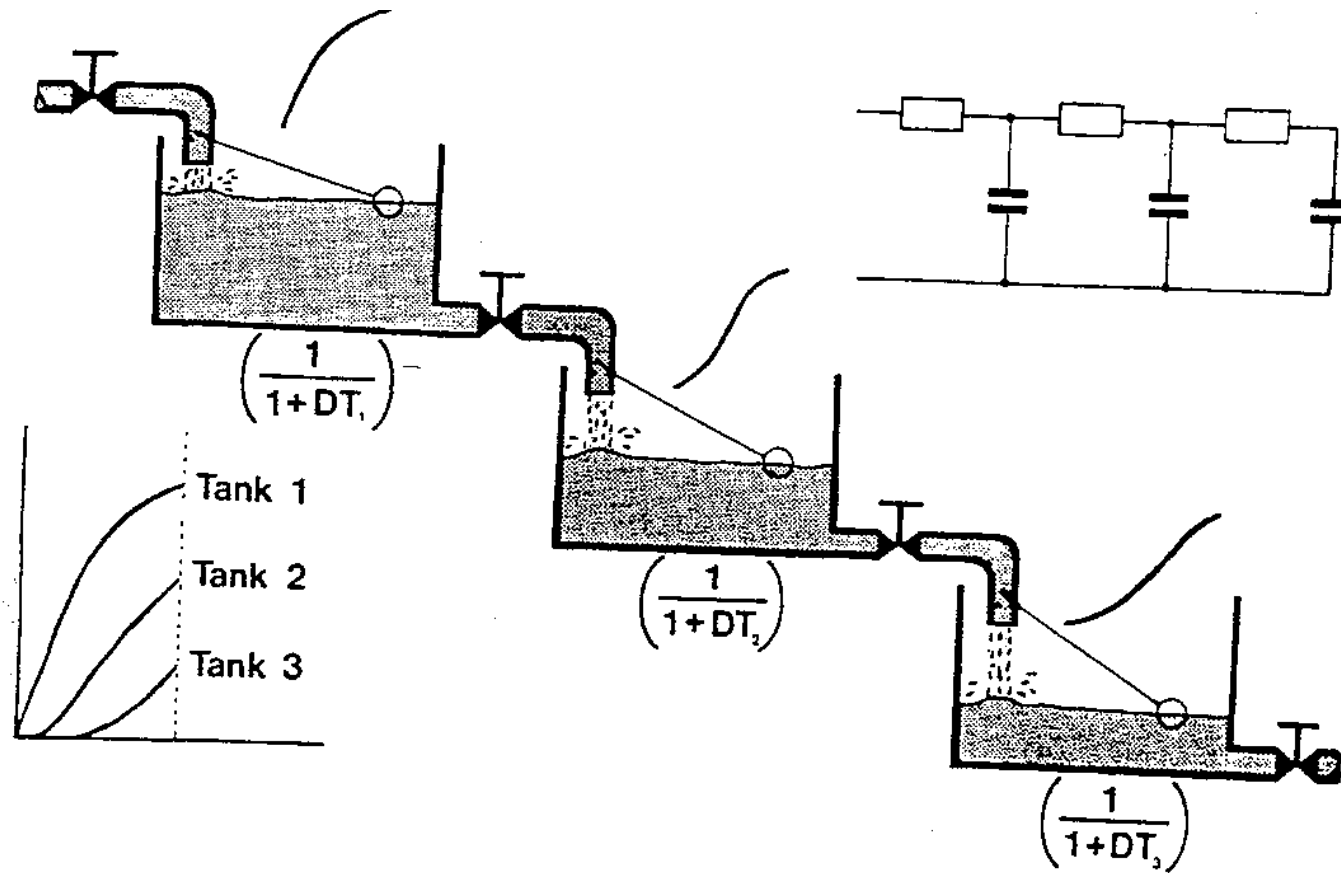
$$L = L_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)$$

$$T = RC$$



T- vremenska konstanta sustava

Primjer procesa sa kašnjenjem višeg reda



Zadaci sustava upravljanja

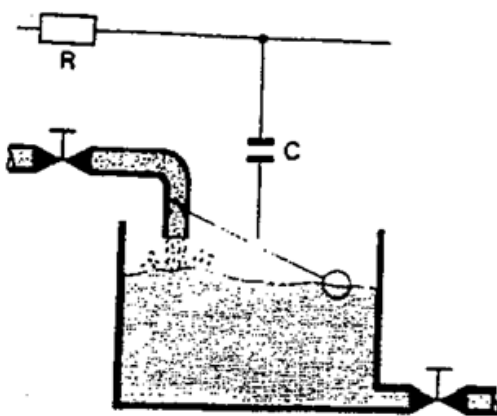
Regulirana ili izlazna veličina sustava $y(t)$ je fizikalna veličina koja se regulira.

Algoritam funkcioniranja sustava su zahtjevi kojima trebaju udovoljiti izlazne veličine sustava.

Algoritam upravljanja sustava je zakonitost djelovanja automatskog uređaja na objekt upravljanja.

Zadaci sustava upravljanja

Sustav automatskog upravljanja osigurava da se izlazna veličina sustava mijenja prema algoritmu funkcioniranja bez obzira na vanjske poremećaje.



$$T = R \times C$$

$f_i(t)$

Izlazni tok

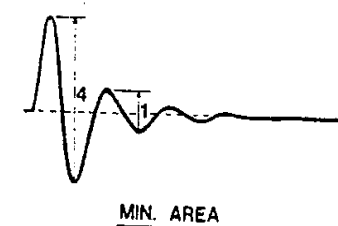
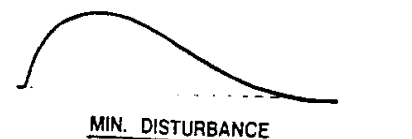
$u(t)$

**OBJEKT
UPRAVLJANJA**

$y(t)$

Ulazni tok

Razina vode u tanku



TEMELJNA NAČELA SUSTAVA UPRAVLJANJA

Temeljna načela sustava upravljanja

Temeljna su načela sustava upravljanja:

1. načelo otvorenog sustava,

2. načelo kompenzacije

3. načelo povratne veze.

NAČELO OTVORENOG SUSTAVA

Načelo otvorenog sustava

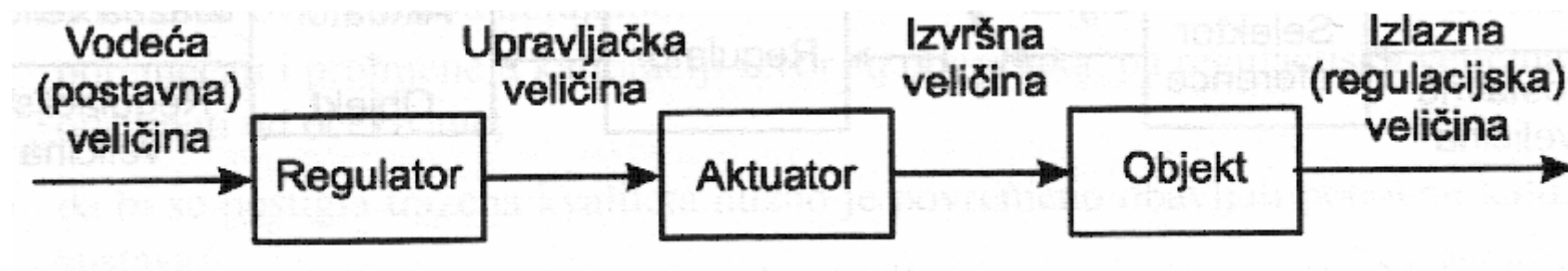
Izvršna veličina formira se isključivo na temelju zadanog **algoritma funkcioniranja (vodeće veličina)** bez obzira na **poremećajne veličine** koje mogu djelovati na objekt. Ne nadziru se izlazne veličine.

Primjeri: *automatska signalizacija, blokada, zaštita, upuštanje, zaustavljanje, upravljanje elektrohidrauličkim i elektropneumatskim ventilima, logički elementi, itd.*

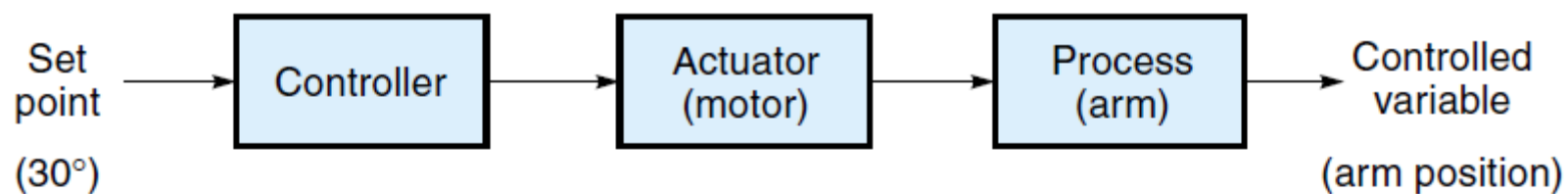
Načelo otvorenog sustava

Regulator na temelju vodeće veličine generira upravljačku veličinu koja se pojačava u aktuatoru i stvara se izvršna veličina kojom se djeluje na objekt upravljanja.

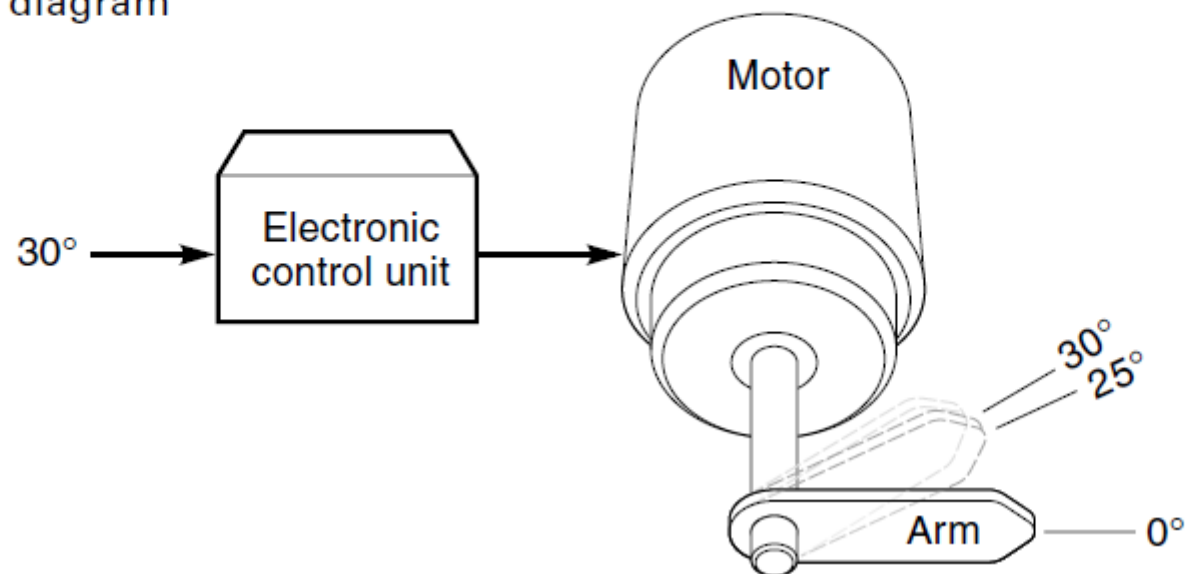
Zeleno, žuto i crveno svijetlo na semaforu mijenjaju se naizmjenično prema unaprijed utvrđenim vremenskim intervalima, a bez obzira na gustoću saobraćaja.



Primjer otvorenog sustava



(a) Block diagram



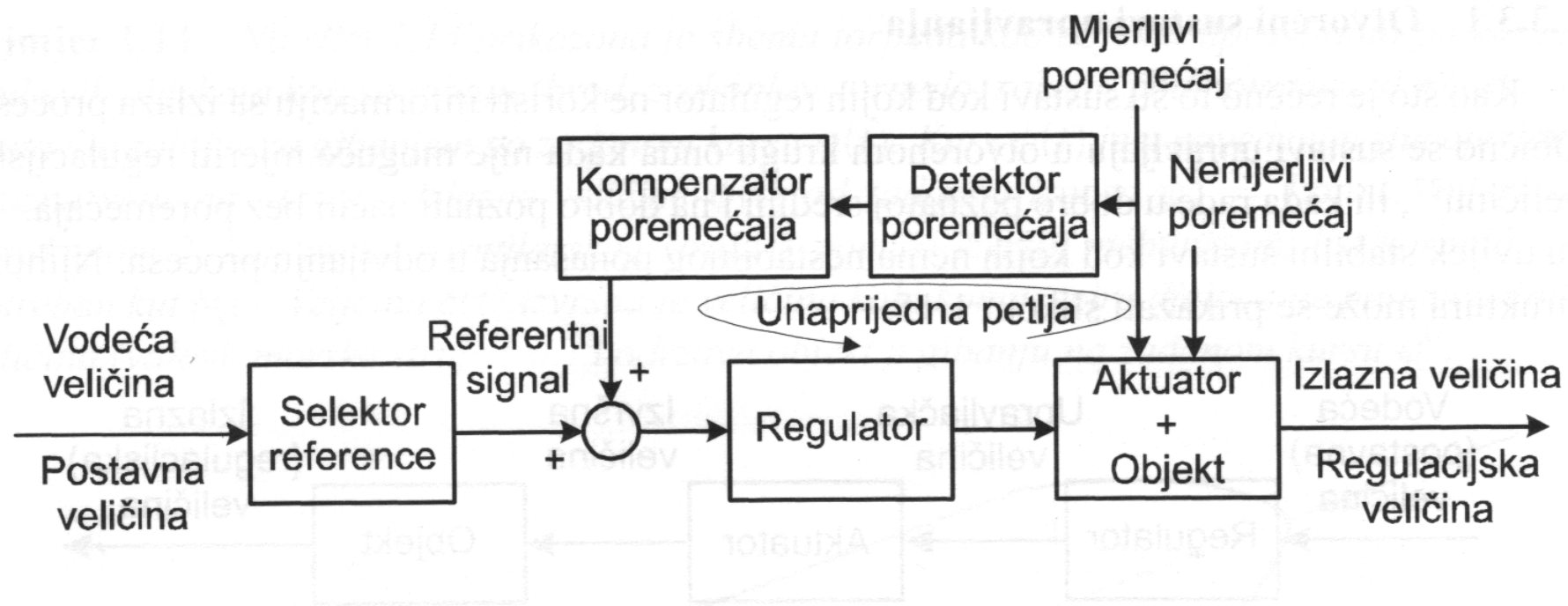
NAČELO KOMPENZACIJE

Načelo kompenzacije

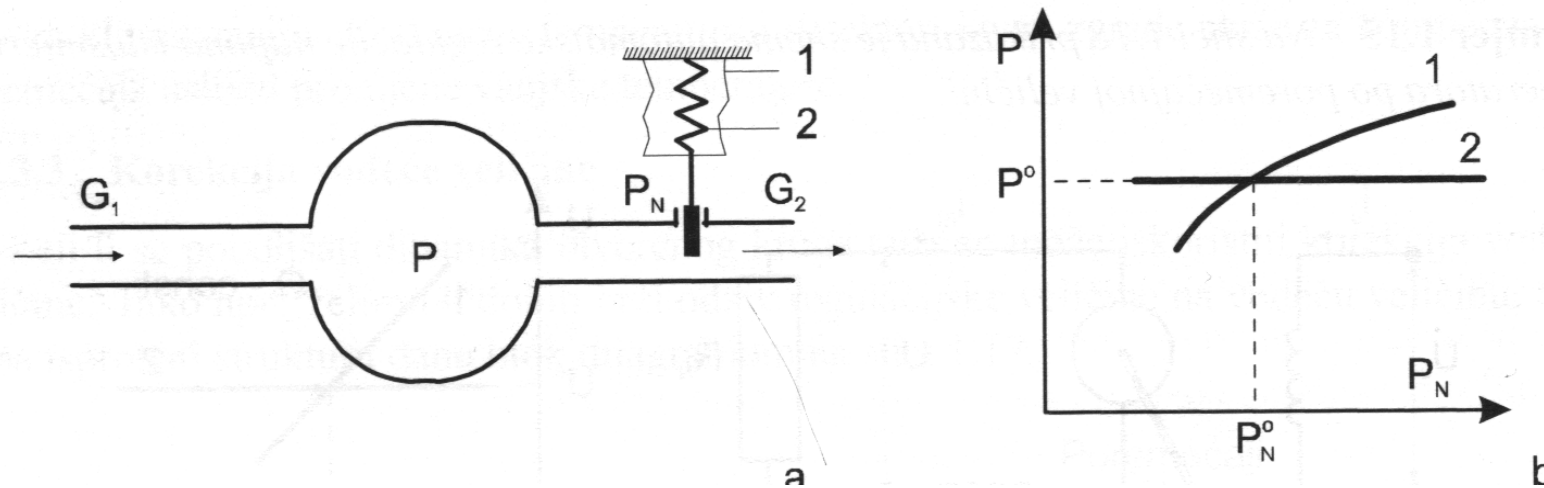
Suština načela kompenzacije je u mjerenju poremećajnih veličina, te, ovisno o rezultatima mjerenja, formiranja izvršnog djelovanja na objekt regulacije.

Namjera je osiguranje promjene izlazne veličine prema zadanoj vodećoj veličini uz poništavanje mjerljivih poremećaja.

Načelo kompenzacije



Načelo kompenzacije



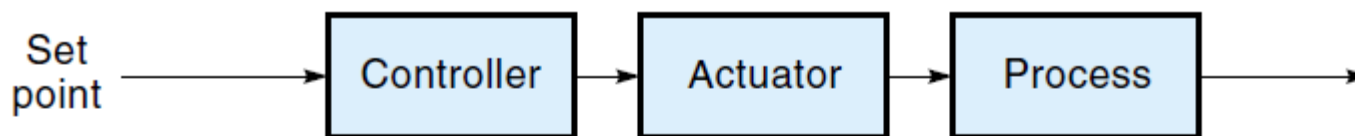
Ako se želi održati konstantan pritisak u posudi P (krivulja bez obzira na promjenu na pritiska vanjskog zraka (krivulja 1) tada treba pomicati zasun i regulirati protok zraka G_2

Povećanjem pritiska vanjskog zraka stišće se posuda i pritisak zraka u posudi teži ka povećanju, međutim pritisak vanjskog zraka pritiska također i mijeh 2 te oprugu 1 i diže zasun.

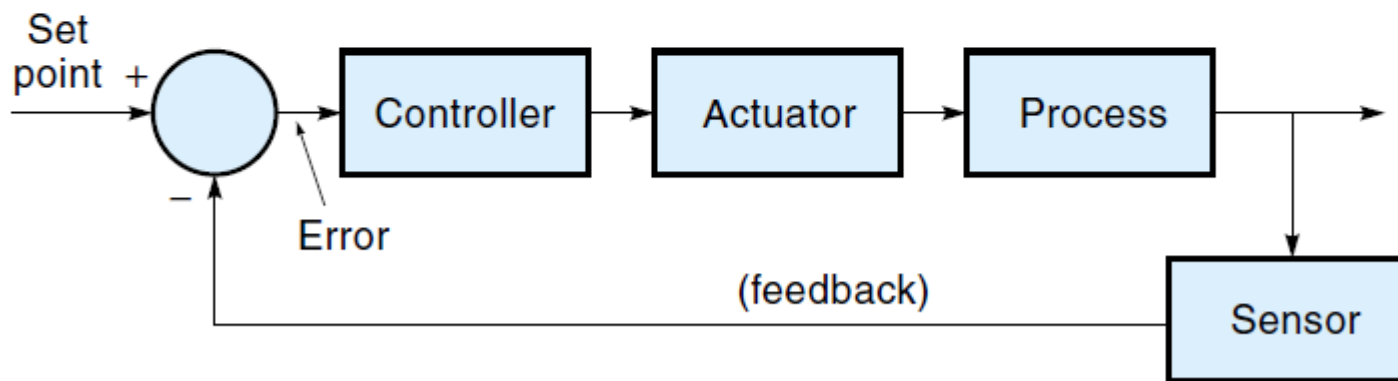
Opruga koja otvara zasun, povećava se protok G_2 . Pritisak zraka u posudi ostaje konstantan

NAČELO POVRATNE VEZE

Blok shema otvorenog sustava i sustava s povratnom vezom



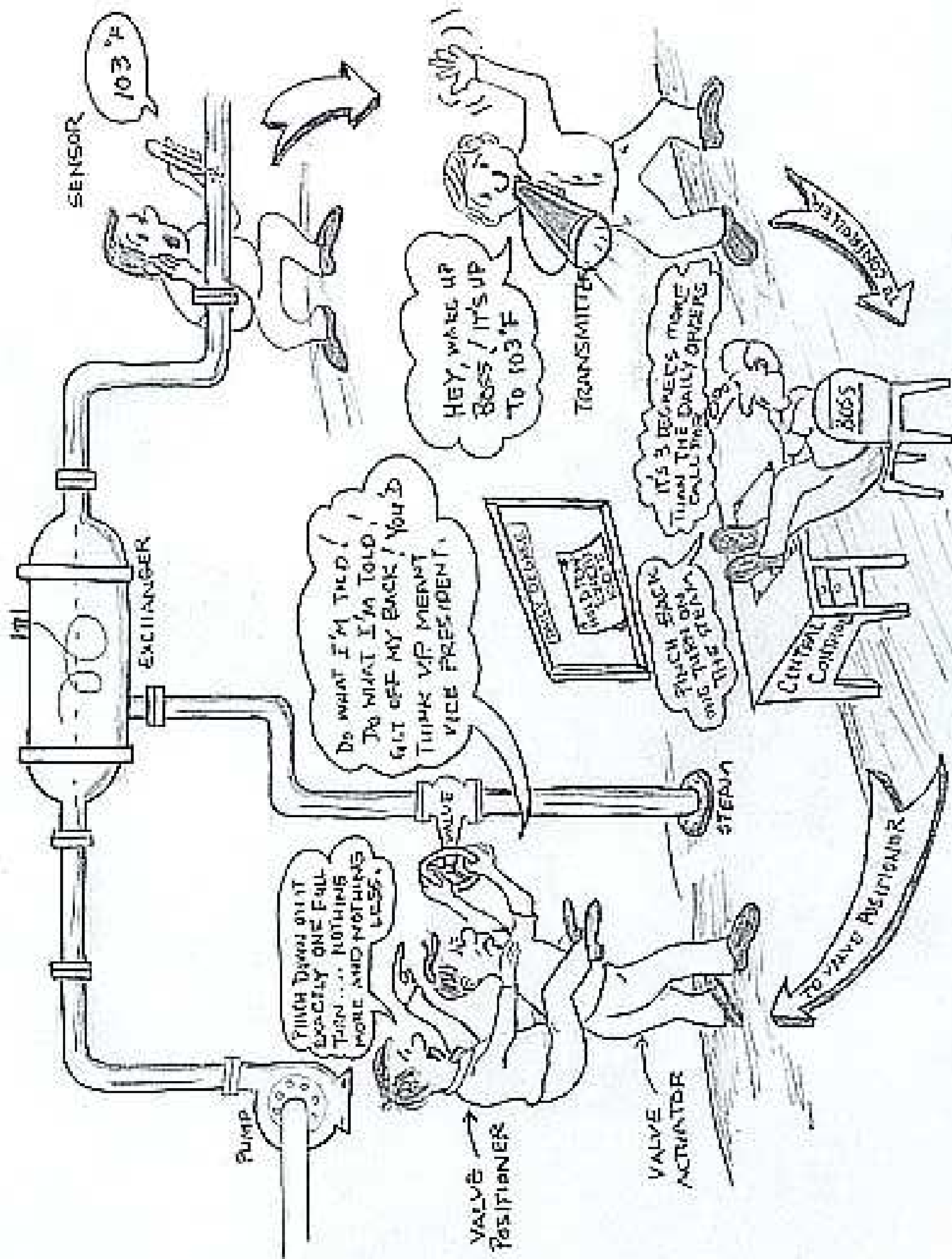
(a) Open-loop control system



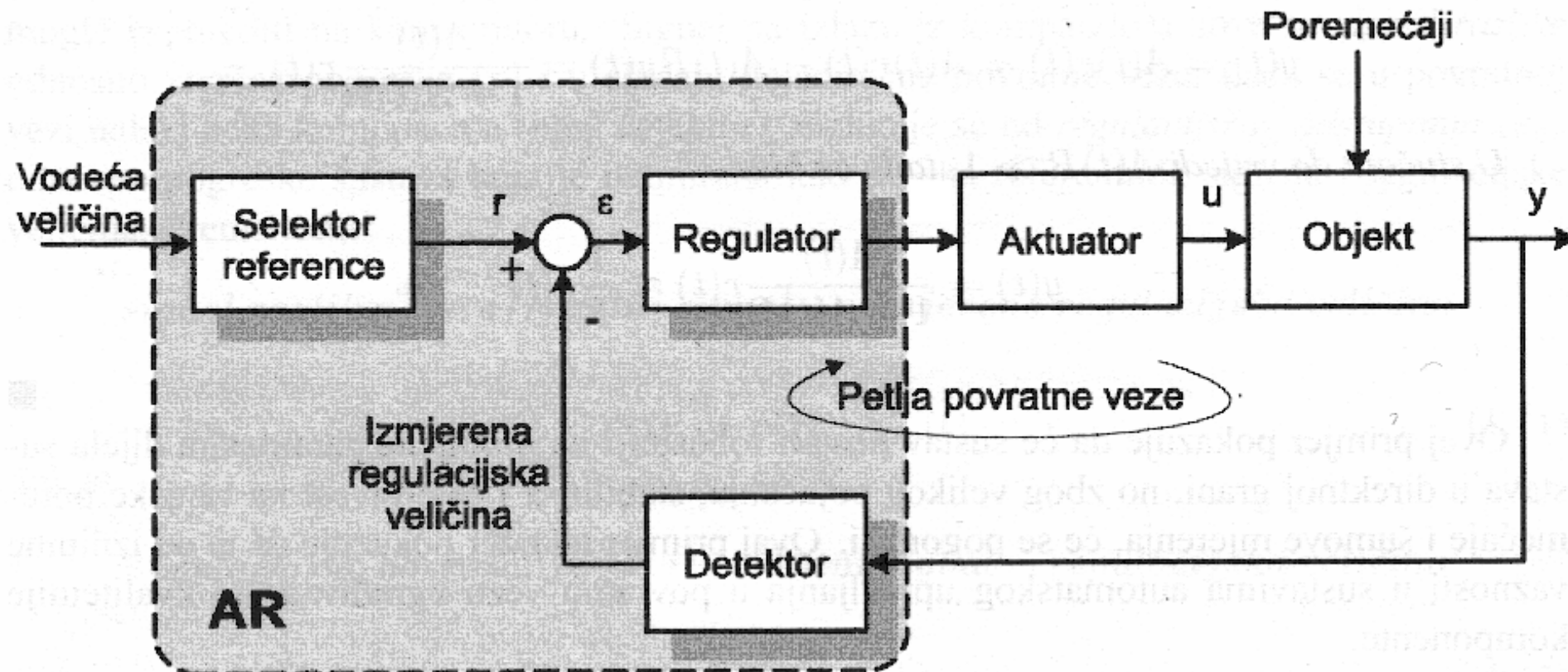
(b) Closed-loop control system

Primjeri povratne veze

- *Primjer: zatvoreni sustav upravljanja automobilom. Pri vožnji automobilom potrebno je uočiti četiri osnovne radnje:*
 - *1) vozač **prati položaj automobila** u odnosu na put - tu oči imaju funkciju detektora informacije o ostvarenom rezultatu upravljanja, ta se informacija prenosi u mozak;*
 - *2) **mozak** vozača vrši **usporedbu i analizu primljenih informacija** o putu (to je referentna ili vodeća veličina) i o trenutnom položaju automobila (to je regulirana veličina); mozak donosi **odluku** o aktiviranju **izvršnog organa**, to su ruke, tj. stvara izvršnu veličinu $y_r(t)$;*
 - *3) **izvršenje** odluke na objektu reguliranja: to je upravljač automobila kojega vozač rukama pomiče.*

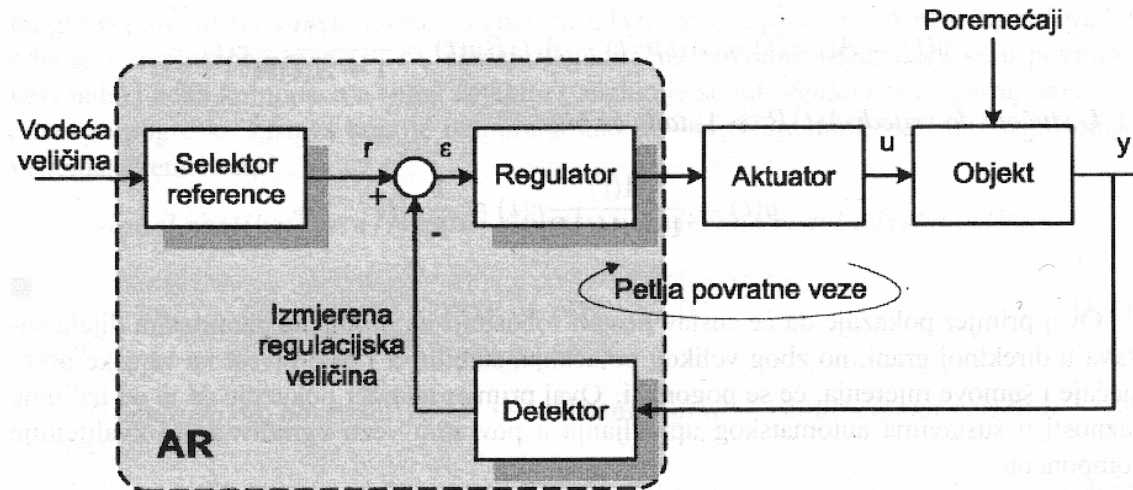


Blok shema povratne veze



Bitno je uočiti da se kod načela zatvorenog sustava **ne mjere poremećajne veličine**.

Načelo povratne veze

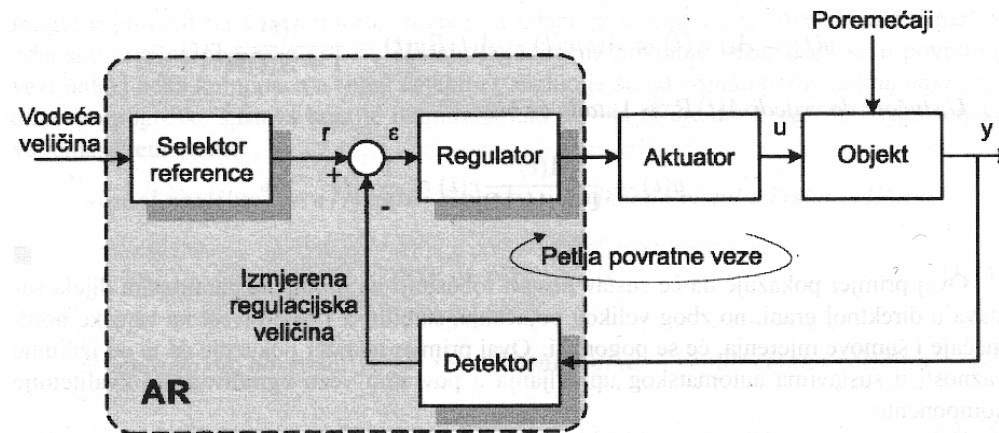


Zadatak sustava automatske regulacije je ostvarivanje uvjeta:

$$y(t) = r(t)$$

Informacija o stanju na izlazu $y(t)$ stalno se mjeri pomoću senzora, te se dovodi u komparator gdje se uspoređuje s referentnom veličinom $r(t)$.

Načelo povratne veze

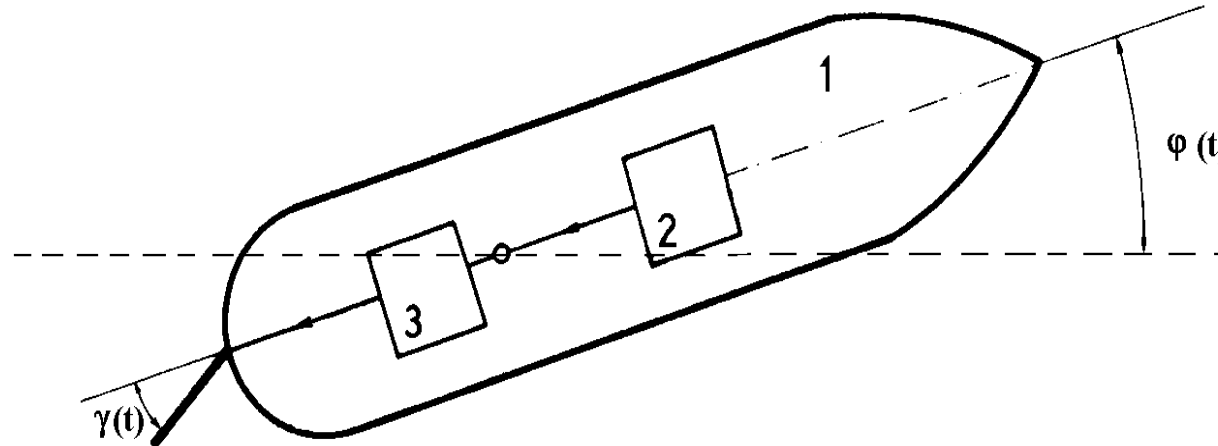


- Razlika između referentne $r(t)$ i regulirane veličine $y(t)$ naziva se **regulacijsko odstupanje** sustava automatske regulacije.

$$\varepsilon(t) = r(t) - y(t)$$

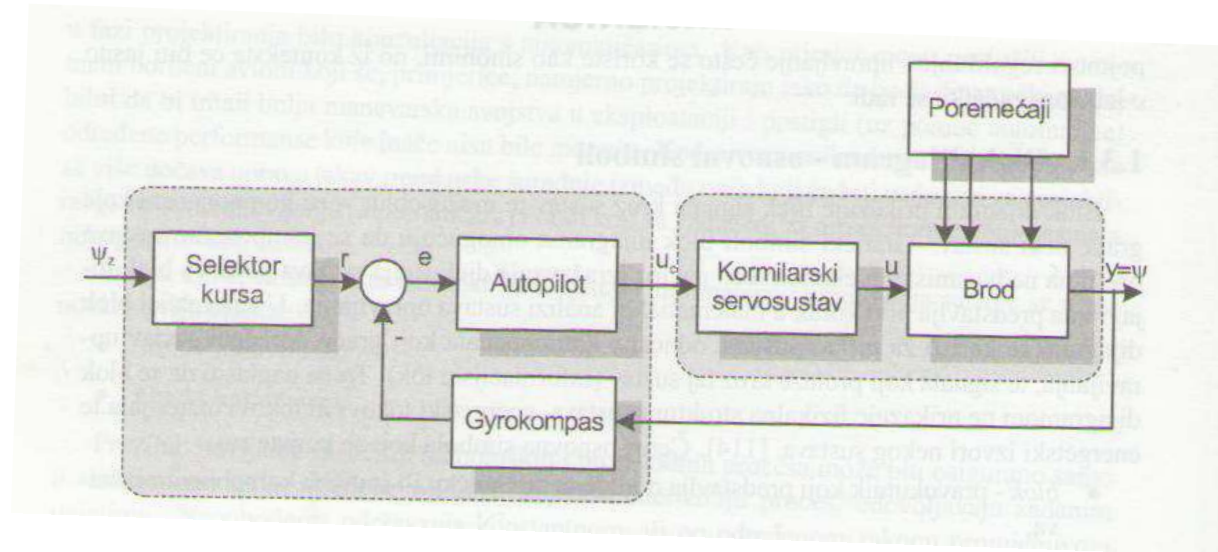
- Signal regulacijskog odstupanja ε se dovodi na ulaz regulatora.
- Zadatak **regulatora je da generira signal $u(t)$** koji će upravljati pomoću aktuatora sa objektom regulacije na način **da što više smanji regulacijsko odstupanje ($\varepsilon \approx 0$)**.

Kormilarski sustav



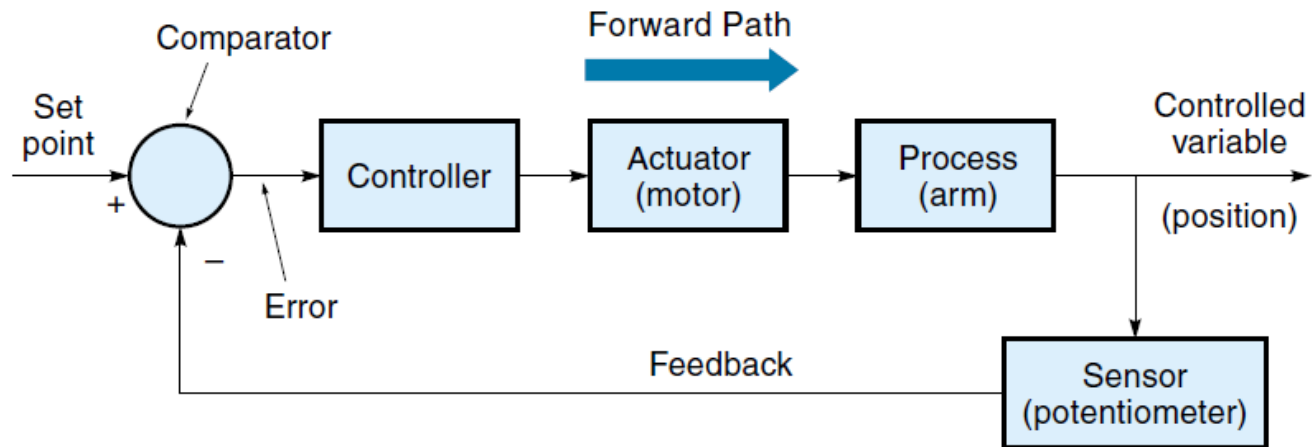
U sustavu sa slike izlazna veličina je kurs $\varphi(t)$. Odstupanje izlazne veličine $\varphi(t)$ od zadanog kursa $\varphi_0 = \text{konst.}$ registrira se (mjeri) žiroskopom (2). Uz pomoć kormilarskog stroja (3) pomiče se regulacijski uređaj (list kormila) za potreban kut γ . Izvršna je veličina $\chi(t)$ i ona kompenzira djelovanje poremećajnih veličina (valovi, morske struje, vjetar, itd.) te zadržava brod na zadanom kursu φ_0 .

Kormilarski sustav

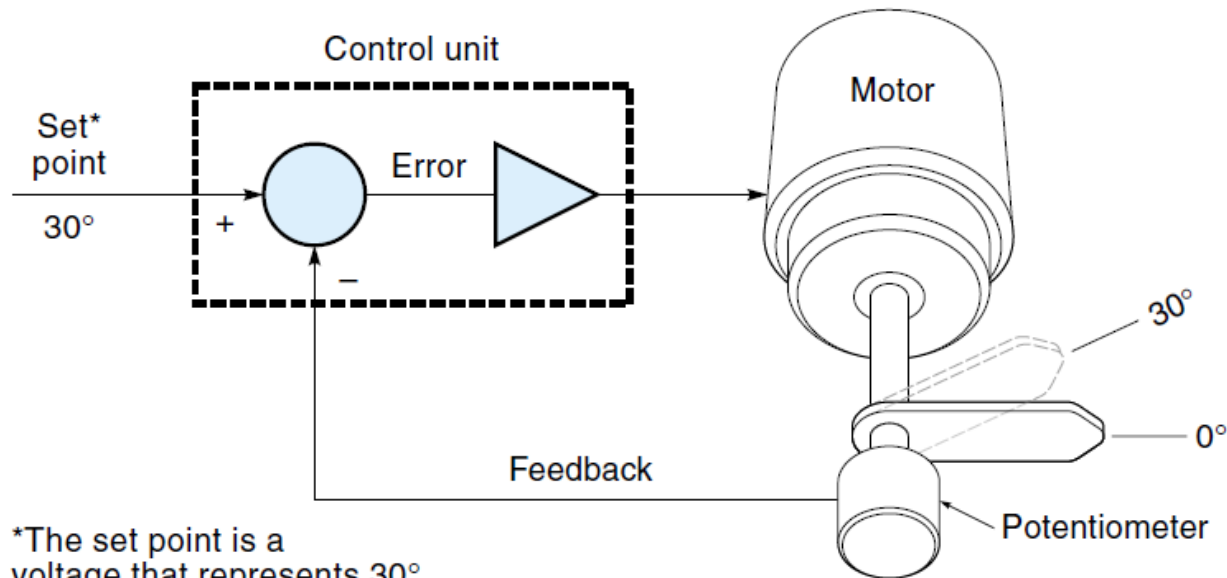


*U sustavu sa slike izlazna veličina je kurs $\varphi(t)$. Odstupanje izlazne veličine $\varphi(t)$ od zadanog kursa $\varphi_0 = \text{konst.}$ registrira se (mjeri) **žiroskopom** (2). **Autopilot** (regulator), na temelju signala greške **upravlja** kormilarskim strojem (3) pomiče (list kormila) za potreban kut γ . **Izvršna je veličina $\chi(t)$** kompenzira djelovanje poremećajnih veličina (valovi, morske struje, vjetar, itd.) te zadržava brod na zadanom kursu φ_0 .*

Servomechanism

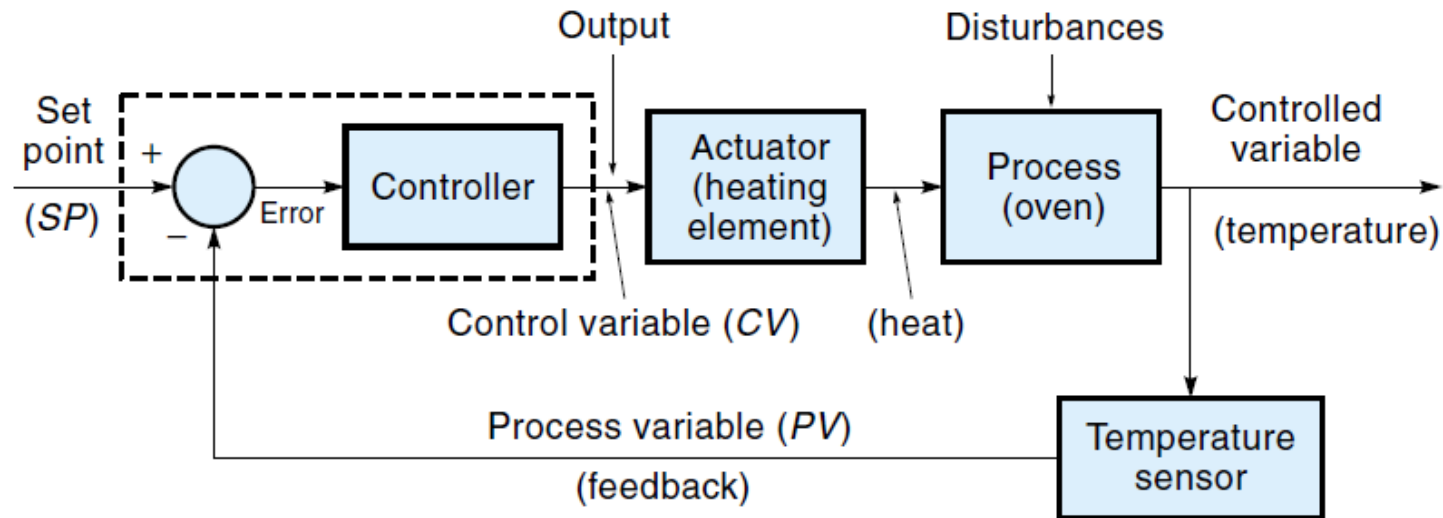


(a) Block diagram

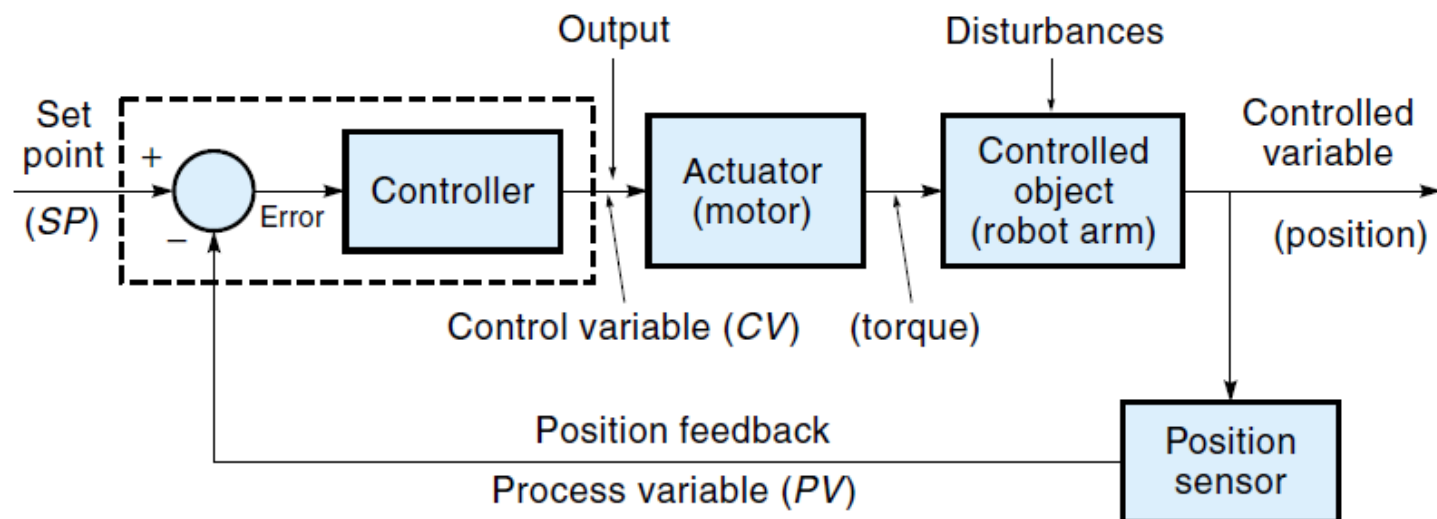


*The set point is a voltage that represents 30°

Upravljanje procesom i servomehanizmom

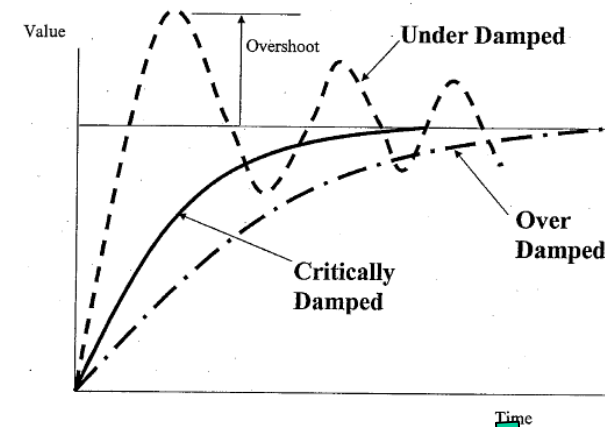
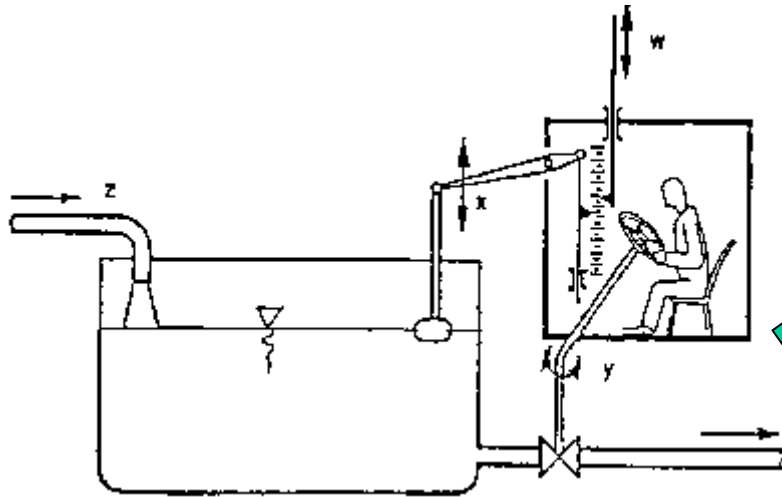


(a) Process control system (heating system)

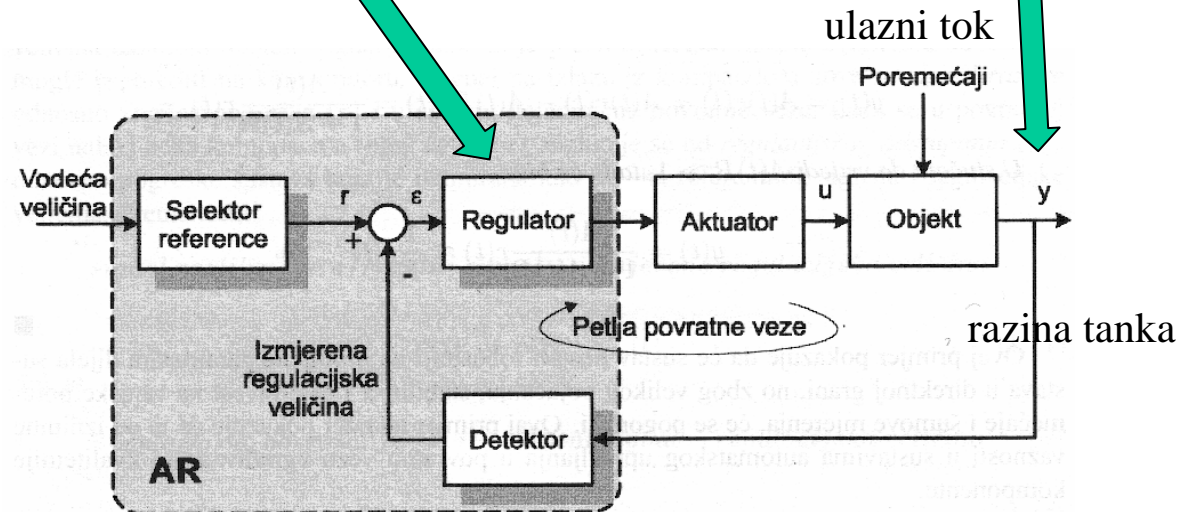


REGULATORI

Primjer održavanja konstantne razine tanka regulacijom izlaznog toka



Zadana razina



Tipovi regulatora

Postoje različite vrste regulatora:

P regulator

D regulator

I regulator

Moguće su i kombinacije

P

PI

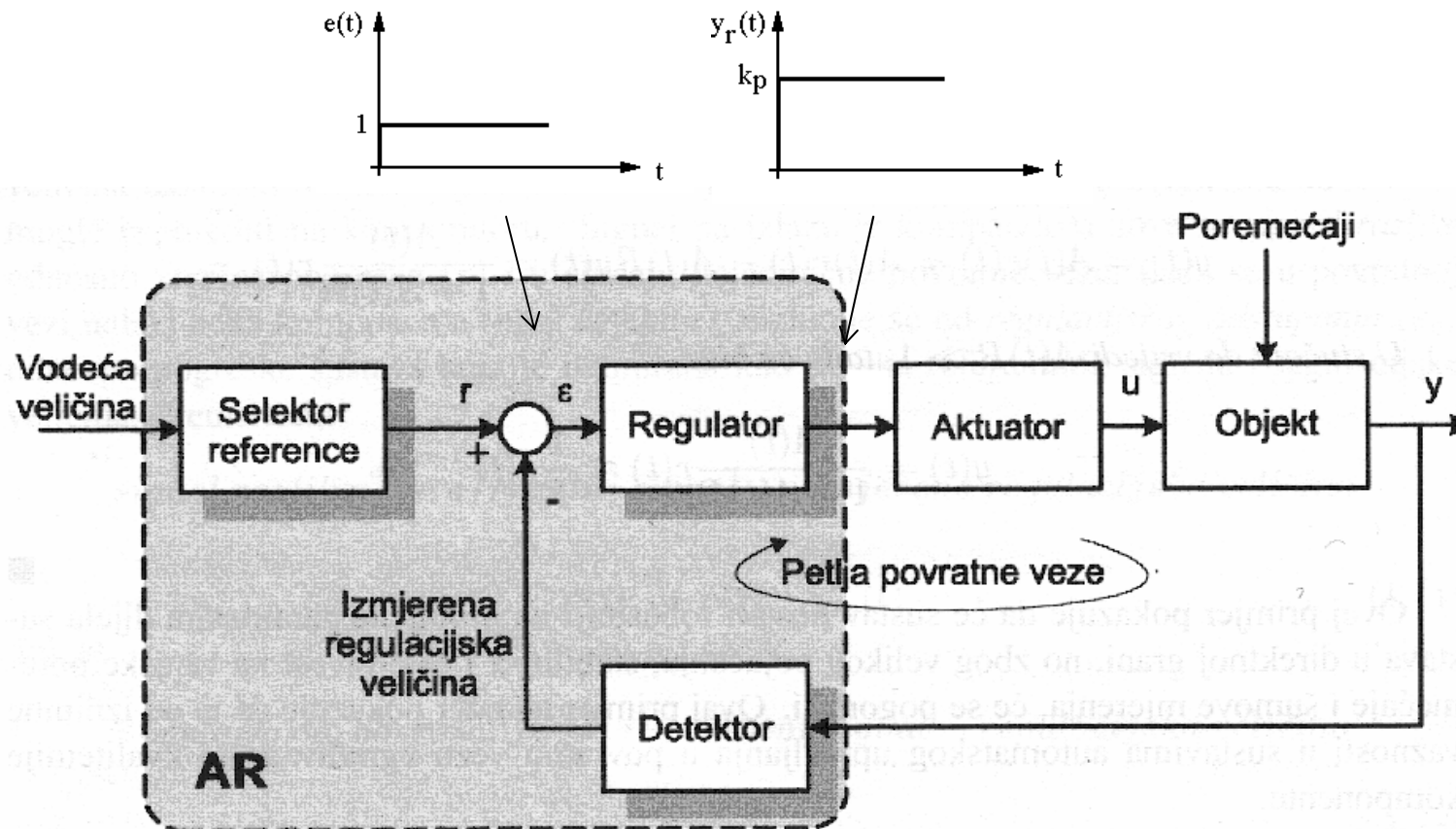
PID

PD se ne koristi

P-REGULATOR

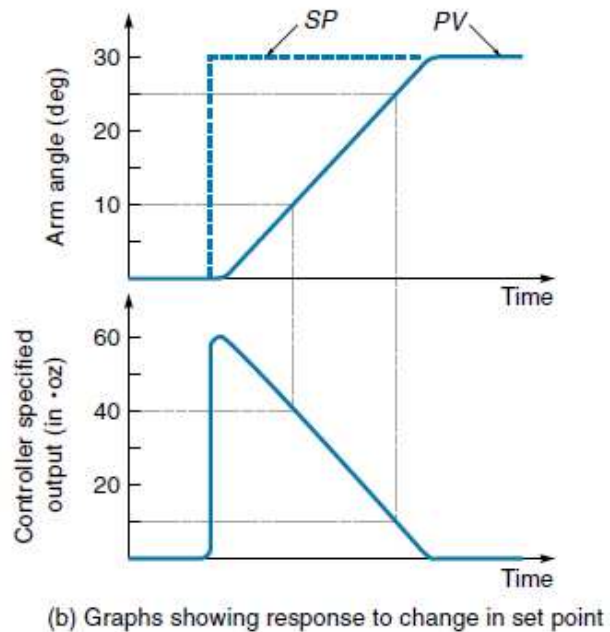
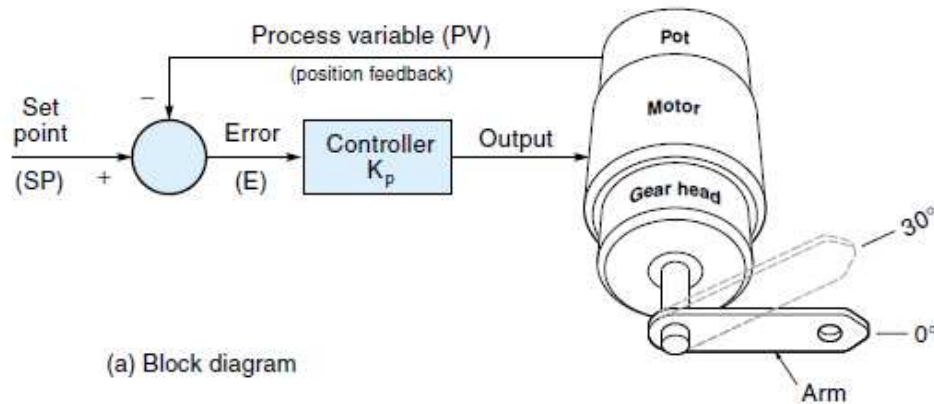
$k_p = \text{pojaćanje}$

$$PB(\text{proportional_band}) = \frac{100}{k_p}$$



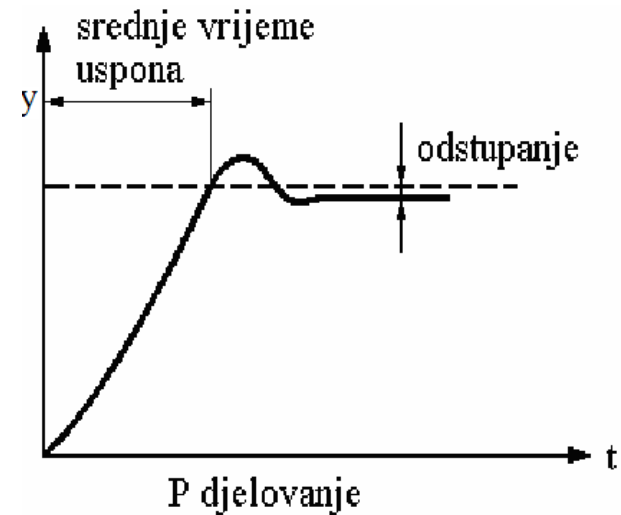
Primjer P regulatora

Idealan sustav



Realan sustav — mora postojati **odstupanje** od par stupnjeva

- veće pojačanje manje odstupanje
- veće pojačanje manje vrijeme uspona
- veće pojačanje veće oscilacije



Zadatak

Proporcionalni kontroler se koristi za regulaciju pritiska zraka u cjevovodu, i podešen je na 80% PB. Senzor pritiska koji je spojen na kontroler je opsega 10 bara i registrira pritisak 6,5 bara (izmjerena regulacijska veličina). Vodeća veličina (set point) je 7 bara.

Ako se kontroler odspoji od aktuatora, kolika će biti promjena signala na izlazu iz kontrolera (izraziti u postotcima). Izlazna struja kontrolera je u rasponu 4-20 mA. Struja na izlazu kontrolera je 12 mA u slučaju nema signala greške.

$$e[\%] = \frac{0,5bar \cdot 100}{10bar} = 5\% \qquad G = \frac{100}{PB} = \frac{100}{80} = 1,25$$

Na izlazu kontrolera greška e se pojačava: $e \cdot G = 5\% \cdot 1,25 = 6,25\%$

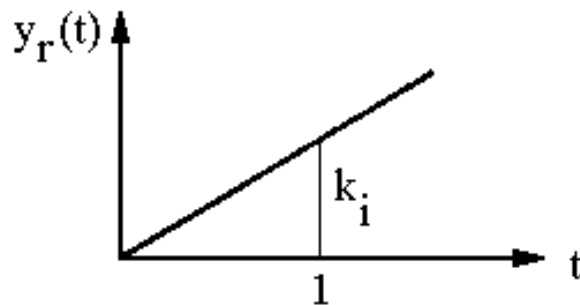
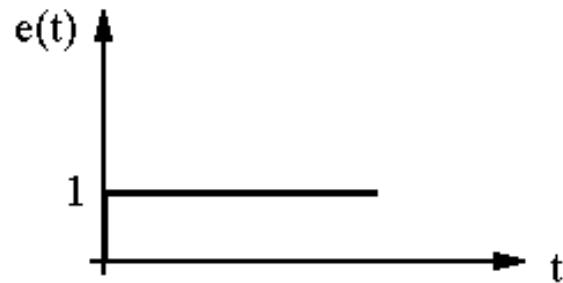
Raspon izlazne struje kontrolera je $20 - 4 = 16mA$

Postotna promjena izlaza kontrolera je $\frac{16 \cdot 6,25}{100} = 1mA$

Izlazna struja iz kontrolera $12 + 1 = 13mA$

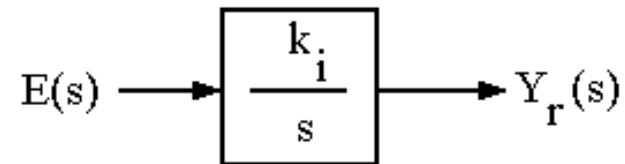
I-REGULATOR

Integracijsko djelovanje regulatora



$$y_r(t) = k_i \int e(t) dt$$

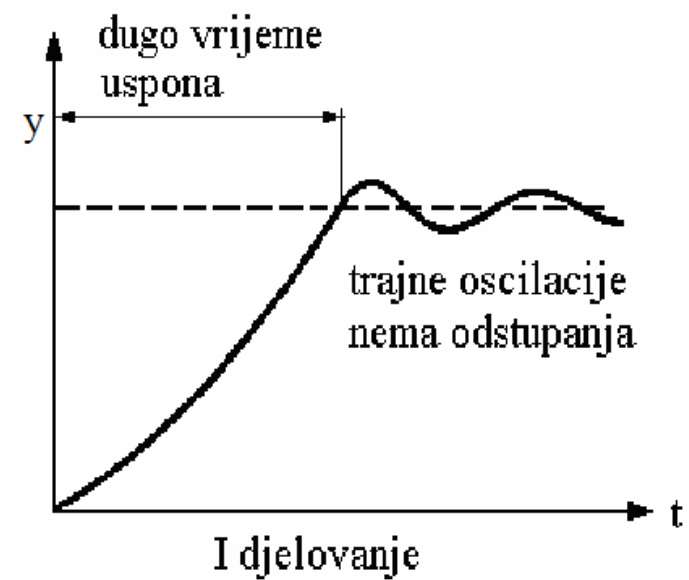
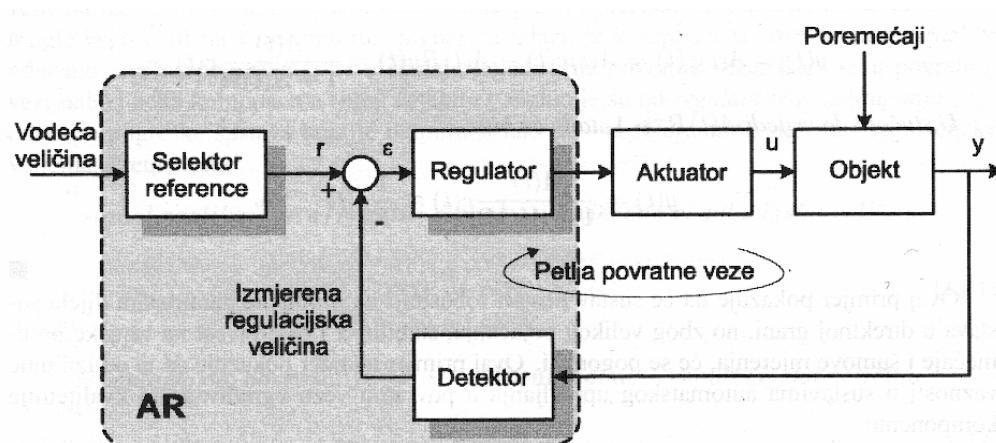
$$G_R(s) = \frac{k_i}{s}$$



$e(t)$ - regulacijsko odstupanje

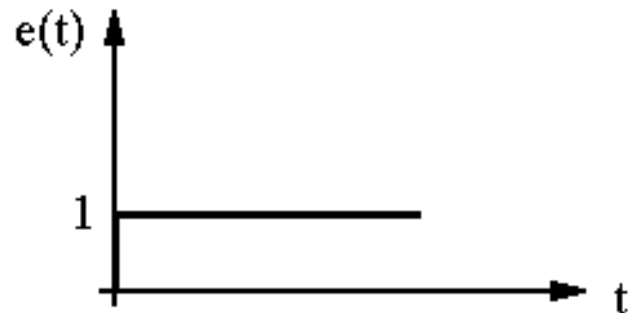
$y_r(t)$ -izlazni signal iz regulatora

I-REGULATOR



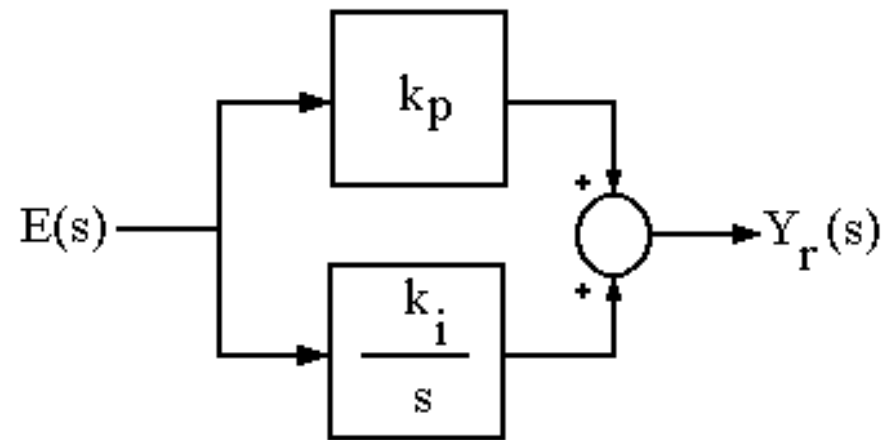
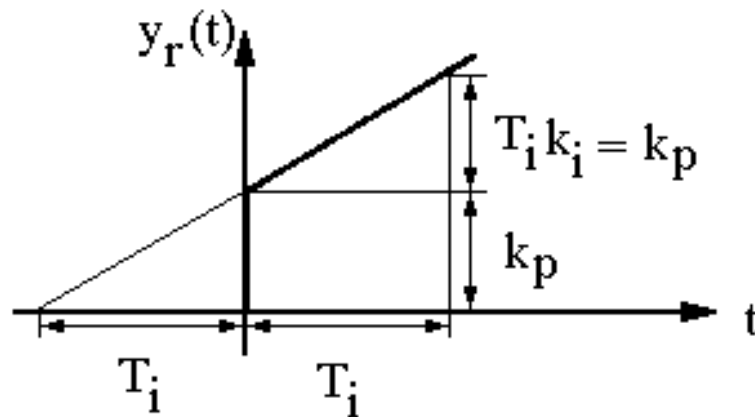
PI-REGULATOR

Proporcionalno – integracijsko djelovanje



$$y_r(t) = k_p e(t) + k_i \int e(t) dt$$

$$G_R(s) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

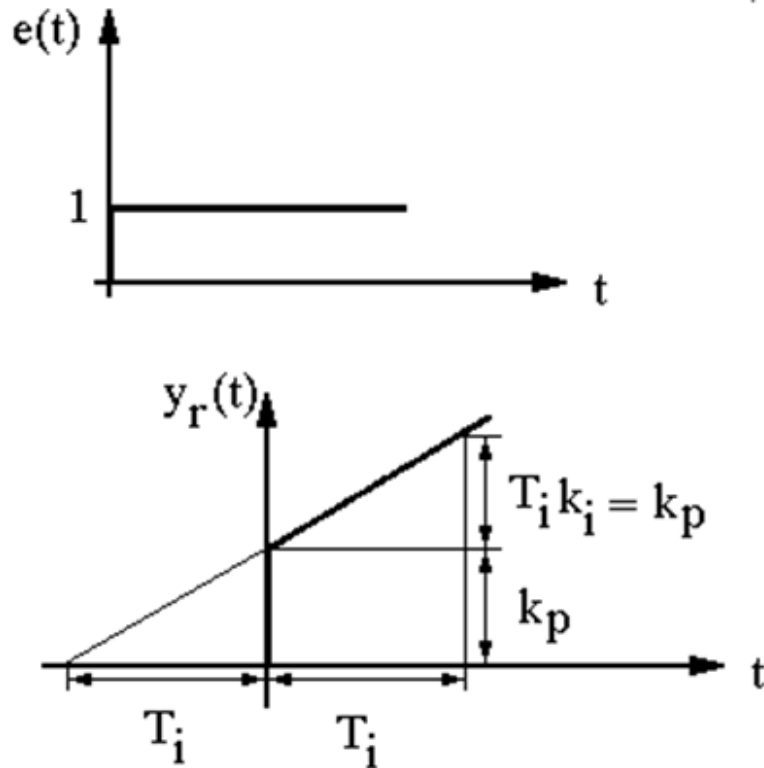


k_p – proporcionalno pojačanje sustava

k_i – integracijsko pojačanje sustava

T_i – integracijsko vrijeme [s, min]

PI-REGULATOR



Vrijeme potrebno da izlazni signal iz regulatora postigne dvostruko veću vrijednost od “početnog skoka” (koji je posljedica proporcionalnog djelovanja) se naziva integracijsko vrijeme T_i izražava se u sekundama, minutama ili u broju ponavljanja u minuti

Zadatak

PI kontroler je u otvorenoj petlji (nije spojen na aktuator) sa podešenim PB 50% i integracijskim vremenom od $T_i=10$ s. Izlazna struja kontrolera je 20% od maksimalne struje.

Ako se vodeća veličina (set point) iznenada poveća za 10%, treba odrediti za koliko će vremena izlazna struja kontrolera postići svoju maksimalnu vrijednost?

$$e[\%] = 10\%$$

$$G = \frac{100}{PB} = \frac{100}{50} = 2$$

Na izlazu kontrolera greška e se pojačava: $e \cdot G = 10\% \cdot 2 = 20\%$

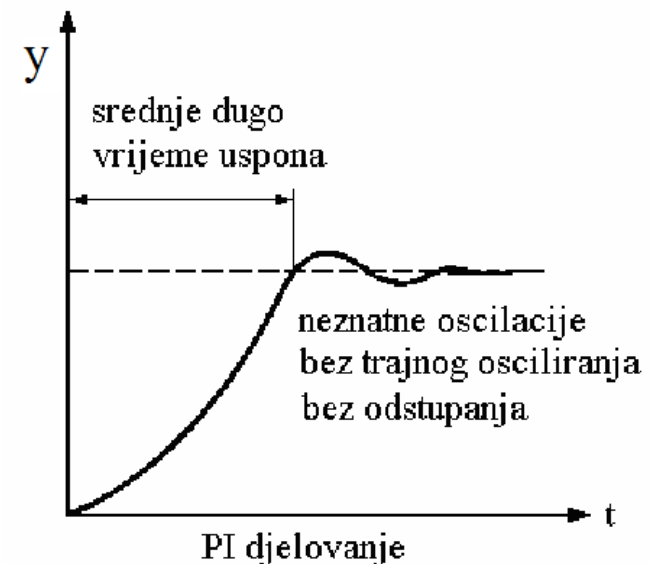
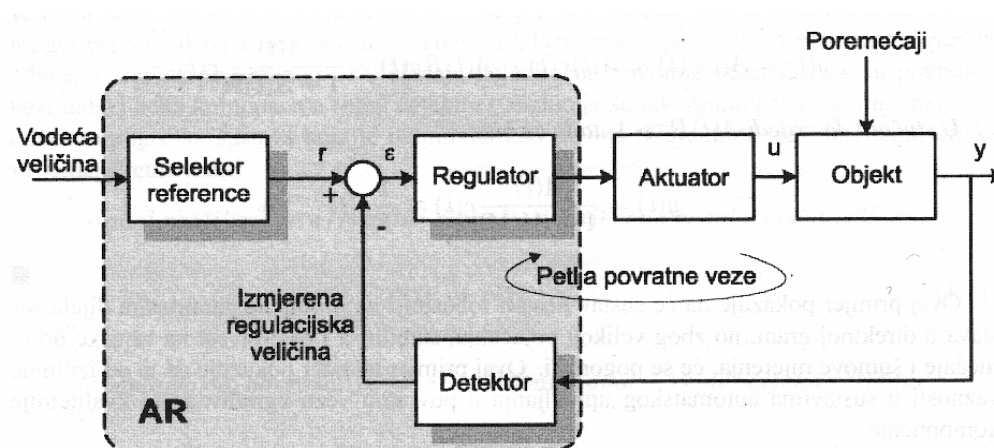
Postotak od maksimalne izlazne struje u $t=0$ $20\%(\text{originalno}) = 20\% (\text{nakon pobude}) = 40\%$

Da bi se postigla maksimalna struja potrebno je još 60% izlazne struje ili 3 puta veći proporcionalni efekt ($3 \cdot 20\% = 60\%$)

60% signala se postiže za $3 \cdot T_i = 3 \cdot 10 = 30s$

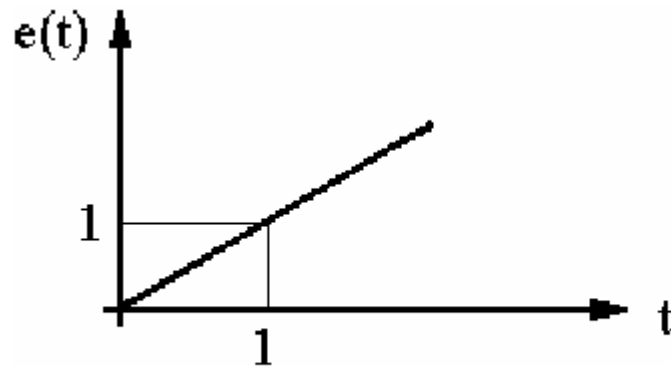
TEMELJNE ZNAČAJKE PI REGULATORA

- **Proporcionalno djelovanje** daje neposrednost i stabilnost djelovanja, dok **integracijsko djelovanje** otklanja odstupanje.
- Postoje oscilacije za vrijeme prijelaznih pojava.



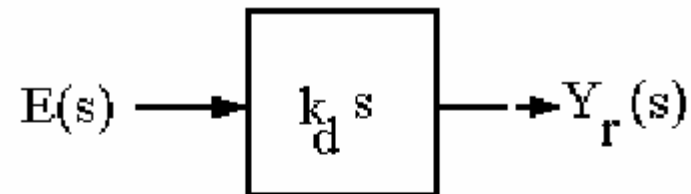
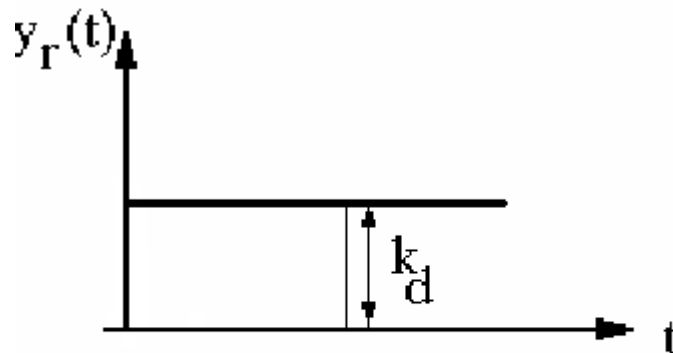
D-REGULATOR

Derivacijsko djelovanje regulatora



$$y_r(t) = k_d \frac{de(t)}{dt}$$

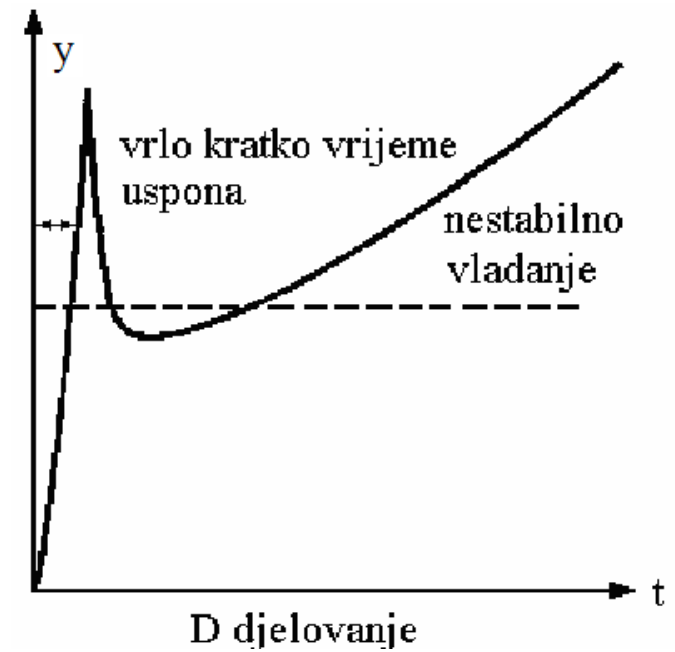
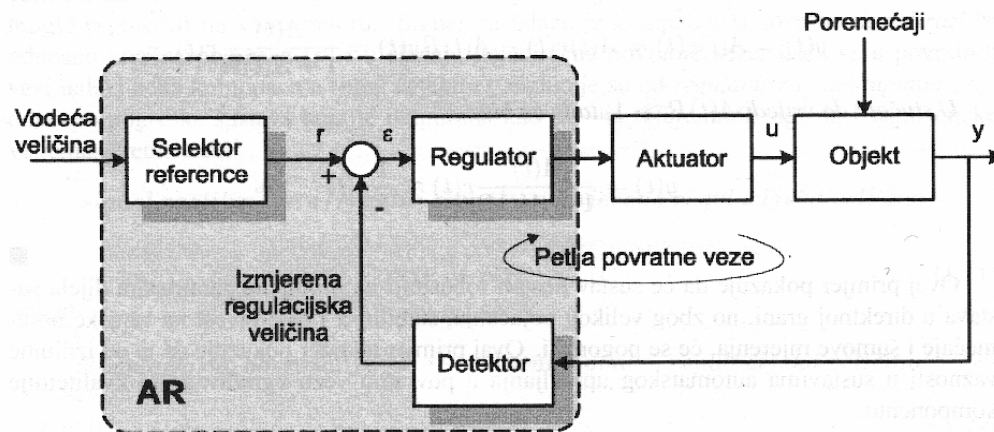
$$G_R(s) = k_p T_d s$$



$e(t)$ - regulacijsko odstupanje
 $y_r(t)$ -izlazni signal iz regulatora

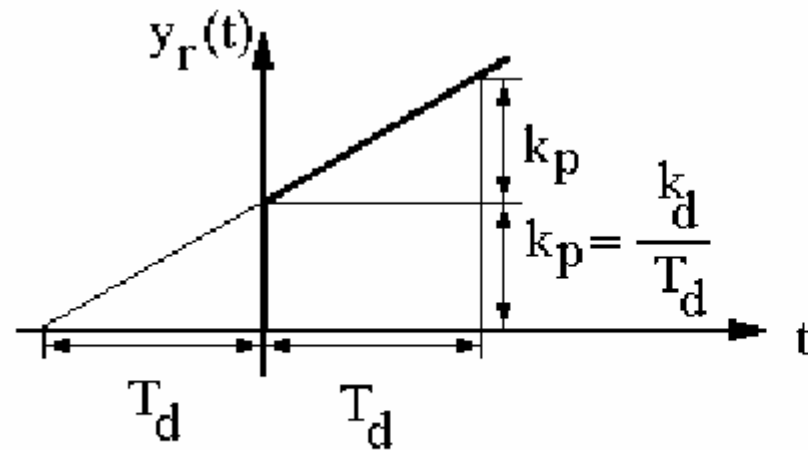
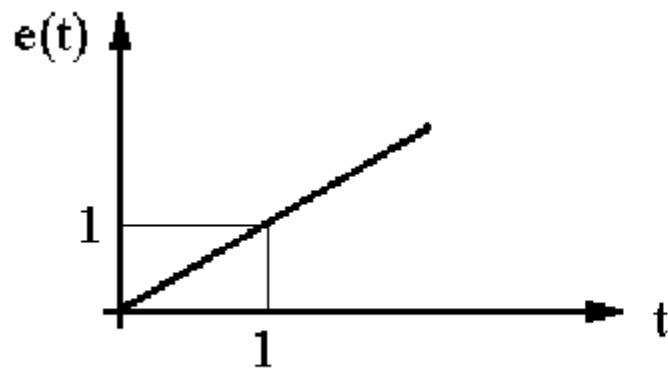
k_d – derivacijsko pojačanje sustava
 T_d – derivacijsko vrijeme [s, min]

D-REGULATOR



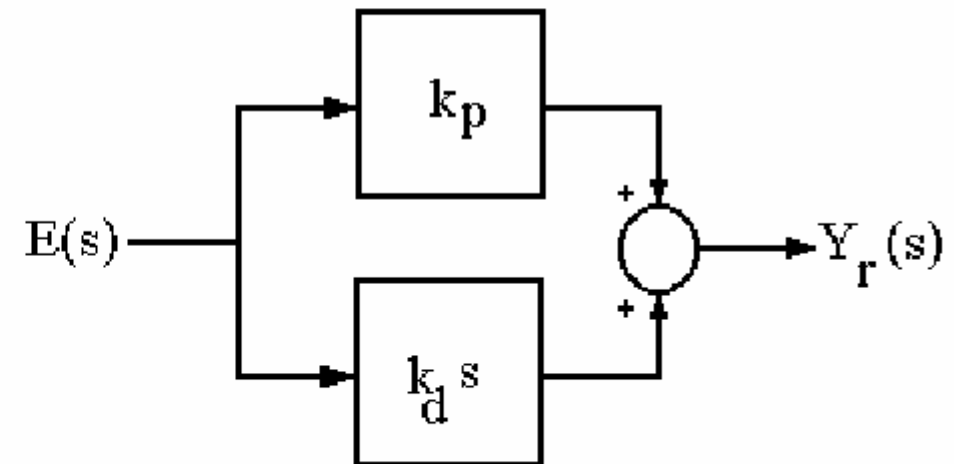
PD-REGULATOR

Proporcionalno – derivacijsko djelovanje

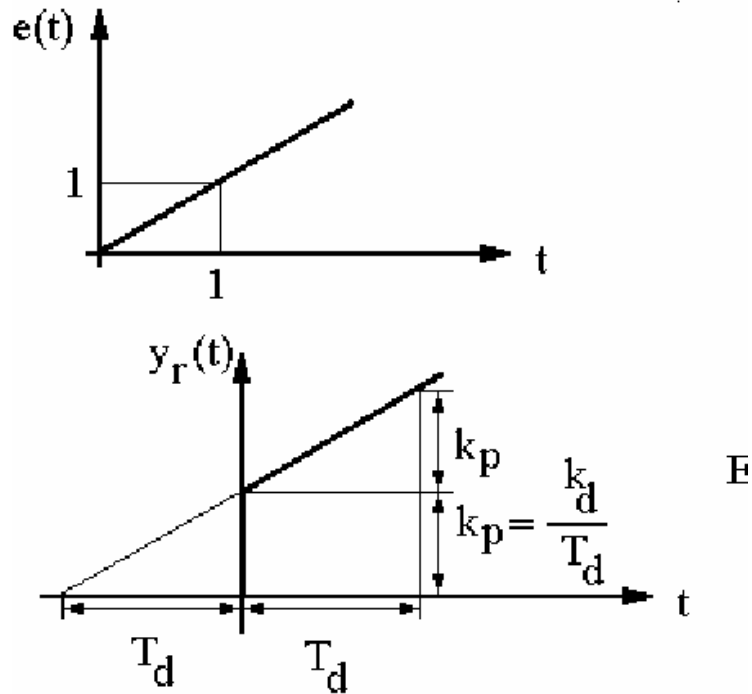


$$y_r(t) = k_p e(t) + k_d \frac{de(t)}{dt}$$

$$G_R(s) = k_p (1 + T_d s)$$



PD-REGULATOR



Vrijeme potrebno da izlazni signal iz regulatora postigne vrijednost proporcionalnog pojačanja k_p koji je jednak “početnom skoku” (koji je posljedica derivacijskog djelovanja) se naziva derivacijsko vrijeme T_d izražava se u sekundama, minutama ili u broju ponavljanja u minuti

Zadatak

PD kontroler je u otvorenoj petlji (nije spojen na aktuator). Izlazna struja kontrolera je 40% od maksimalne struje. Signal mjerene temperature se povećava brzinom 1% u sekundi. Ako je pojačanje kontrolera $PB=200\%$ te derivacijsko vrijeme $T_d=40\text{ s}$, odredi za koliko će vremena izlazna struja kontrolera postići svoju maksimalnu vrijednost?

$$e = 1 \frac{\%}{s} \qquad G = \frac{100}{PB} = \frac{100}{200} = 0,5$$

Na izlazu kontrolera greška e se pojačava: $e \cdot G = 1 \frac{\%}{s} \cdot 0,5 = 0,5 \frac{\%}{s}$

Za vrijeme $T_d = 40\text{ s}$ izlazni signal jednak je $e \cdot G \cdot T_d = 0,5 \frac{\%}{s} \cdot 40\text{ s} = 20\%$

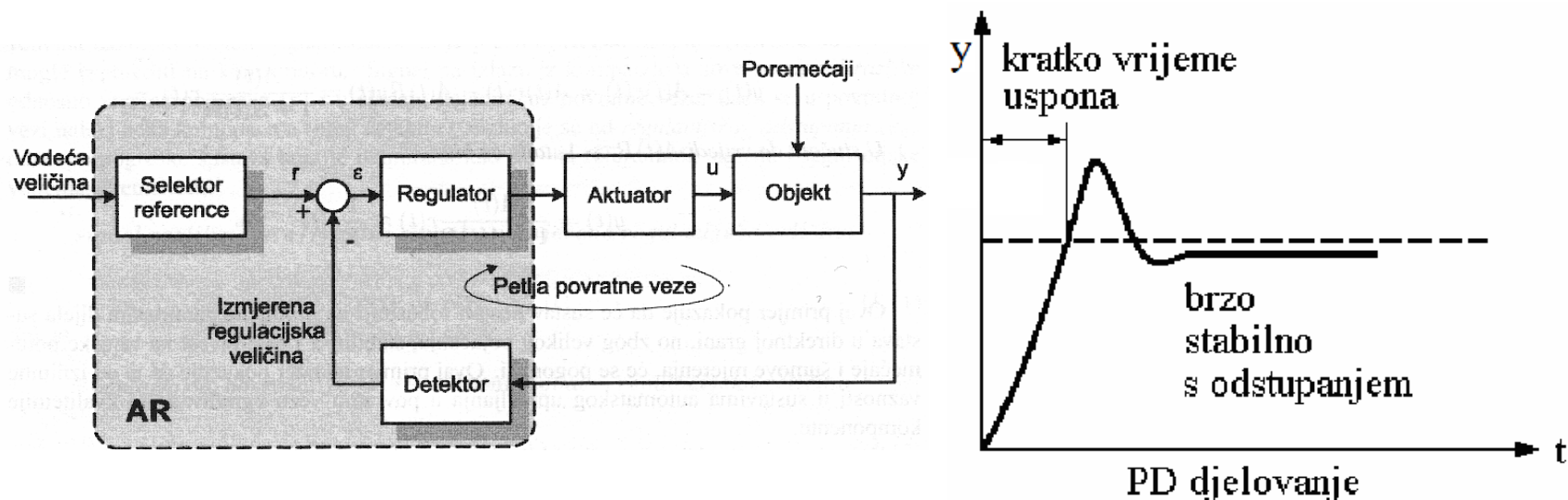
Inicijalni D efekt dakle iznosi 20%

Izlaz = 40% (originalno) + 20% (D efekt) = 60% (dakle ostaje 40%)

Za ostalih 40% signala potrebno je $\frac{40\%}{0,5 \frac{\%}{s}} = 80\text{ s}$

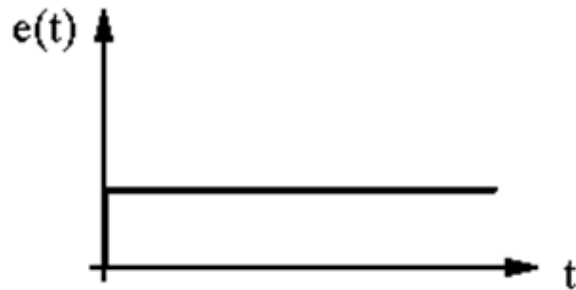
TEMELJNE ZNAČAJKE PD REGULATORA

- Proporcionalno djelovanje daje neposrednost i stabilnost djelovanja te otklanja veća odstupanja, dok se derivacijsko djelovanje daje brzinu odziva.
- Preostaje odstupanje regulirane i vođene veličine.



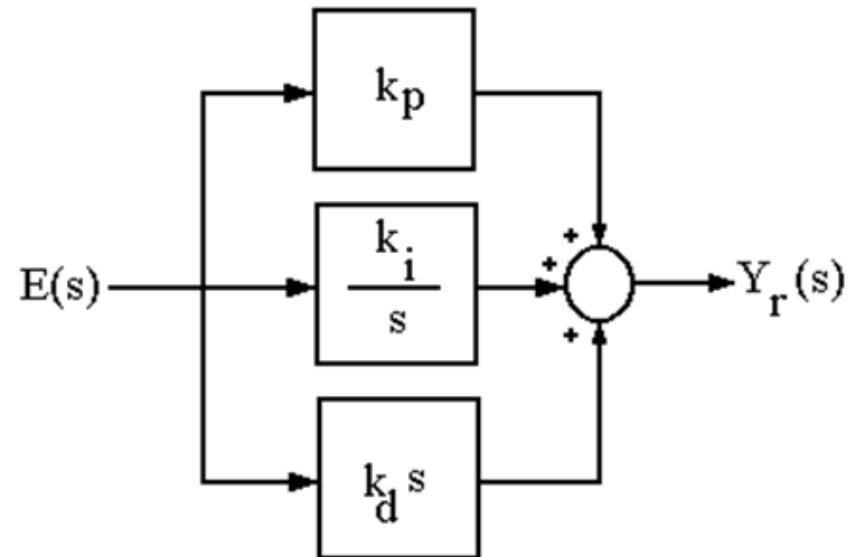
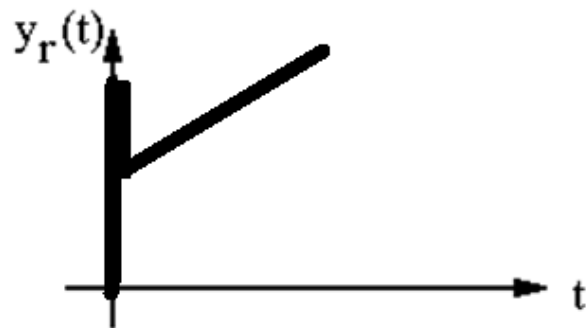
PID-REGULATOR

Proporcionalno – integracijsko – derivacijsko djelovanje



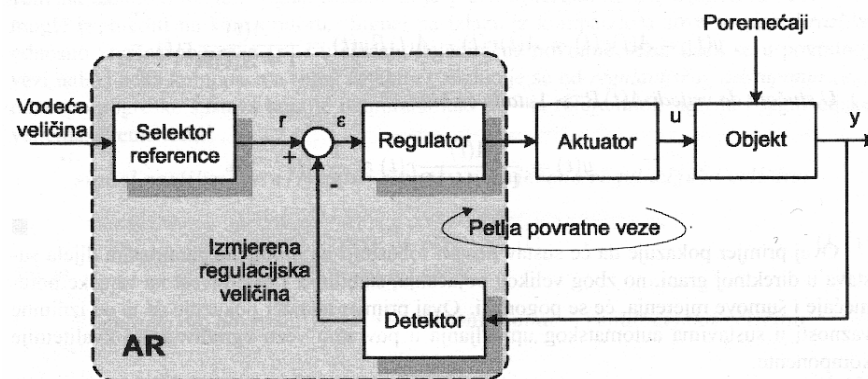
$$y_r(t) = k_p e(t) + k_i \int e(t) dt + k_d \frac{de(t)}{dt} =$$
$$= k_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

$$G_R(s) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$



TEMELJNE ZNAČAJKE PID REGULATORA

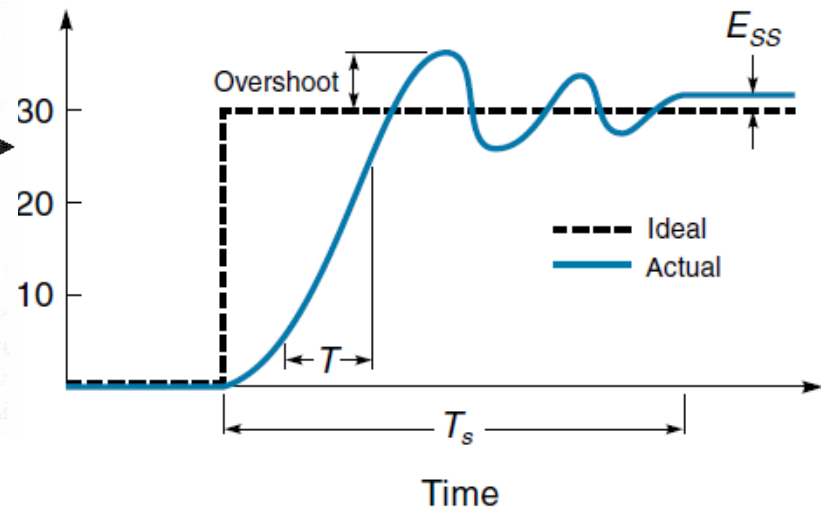
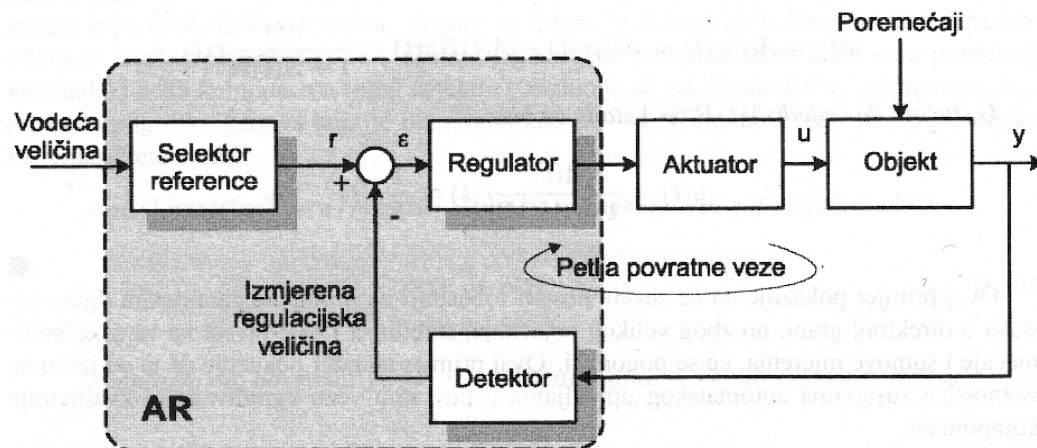
Proporcionalno djelovanje mu osigurava stabilnost, integracijsko otklanja odstupanje, a derivacijsko poboljšava brzinu odziva i prigušuje eventualnu sklonost sustava k osciliranju.



PODEŠAVANJE REGULATORA

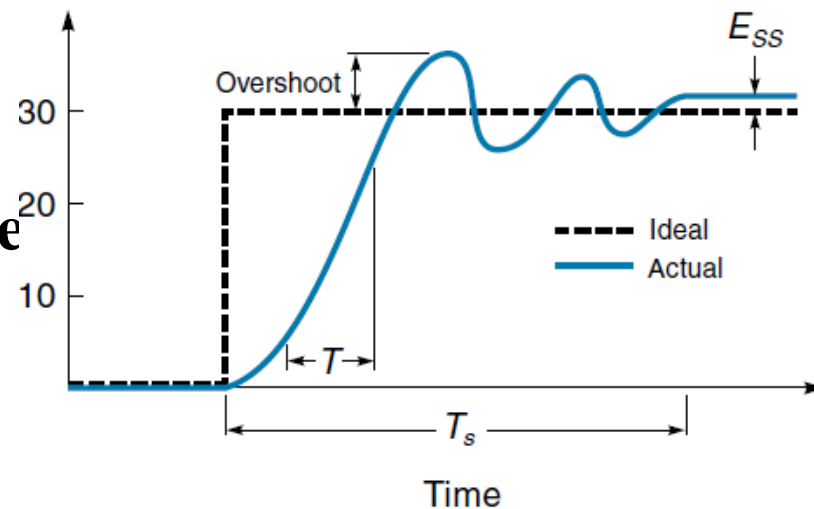
Dobro podešen regulator:

- Kratko vrijeme uspona T
- Kratko vrijeme smirivanja T_s
- Mali offset E_{ss}



Utjecaj P, I i D pojačanja na ponašanje regulatora

Najbolji odziv **proporcionalnog regulatora** se dobije kada je **proporcionalno pojačanje što je više moguće** (preveliko pojačanje može dovesti do nestabilnosti sustava)

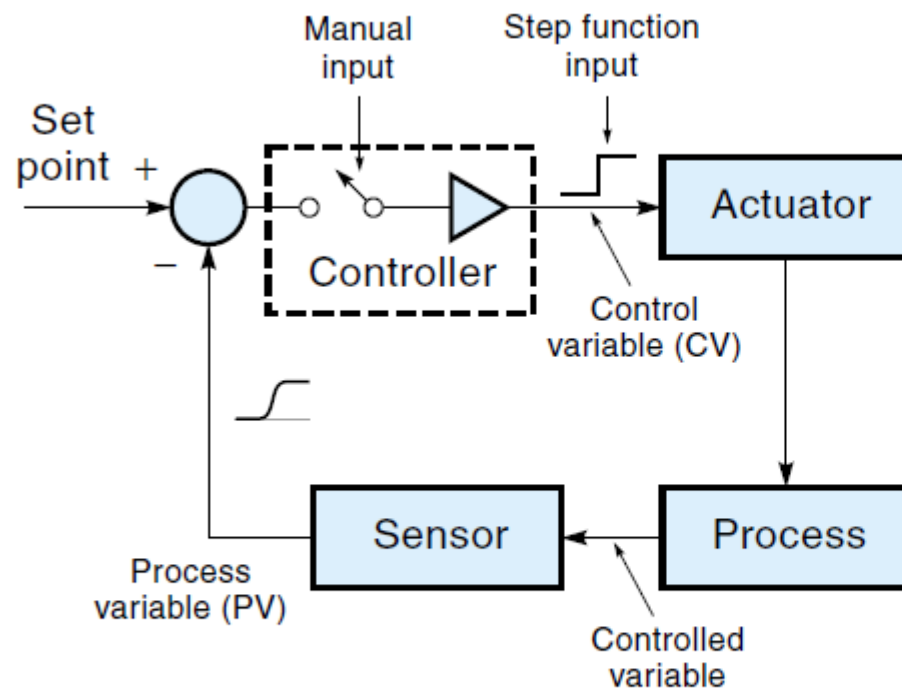


Integracijsko djelovanje eliminira odstupanje (offset), takođe može prouzrokovati i nestabilnost sustava (integracijsko djelovanje unosi pozitivnu povratnu vezu). *Ukoliko se proporcionalnom djelovanju dodaje integracijsko djelovanje, proporcionalno pojačanje se mora smanjiti.*

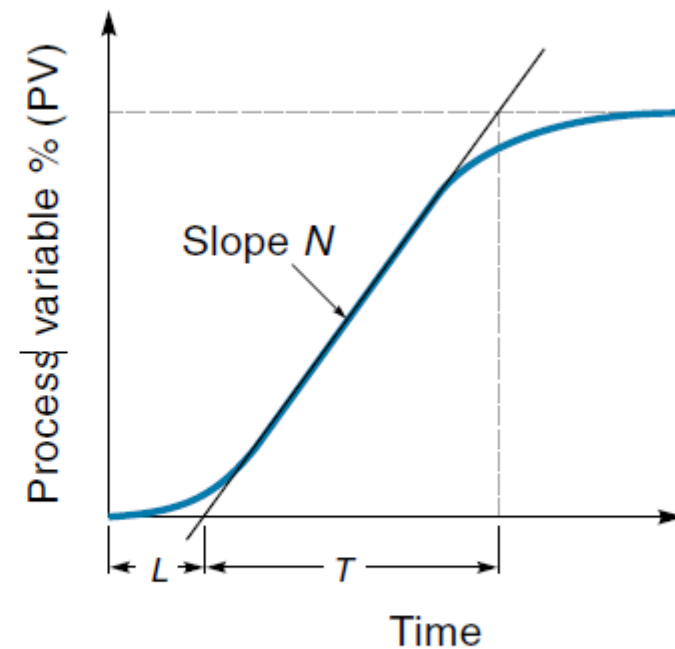
Derivacijsko djelovanje smanjuje vrijeme smirivanja i vrijeme porasta te dodatno stabilizira sustav (derivacijsko djelovanje unosi negativnu povratnu vezu). *Ukoliko se proporcionalnom djelovanju dodaje derivacijsko djelovanje, proporcionalno pojačanje se može malo pojačati.*

Ziegler-Nicholls metoda otvorene petlje

Koristi se za određivanje parametara regulatora kod otvorene petlje



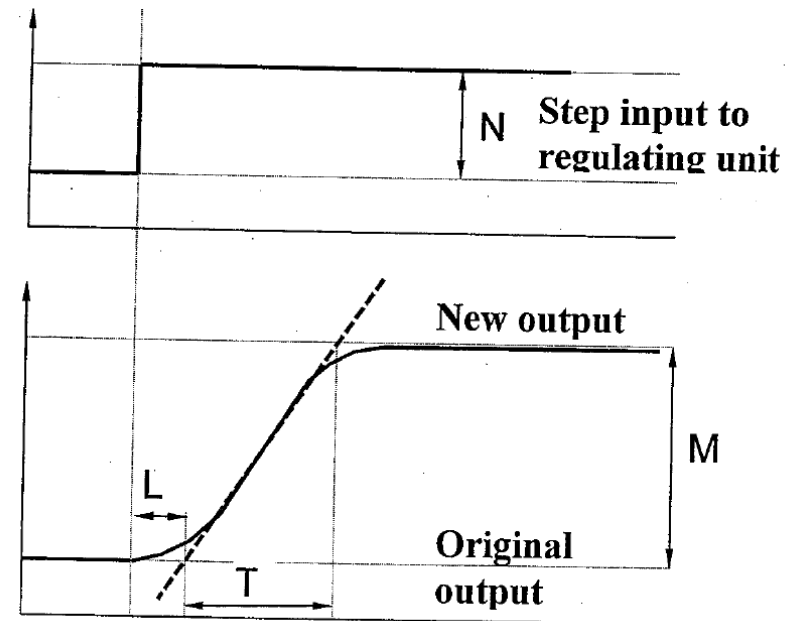
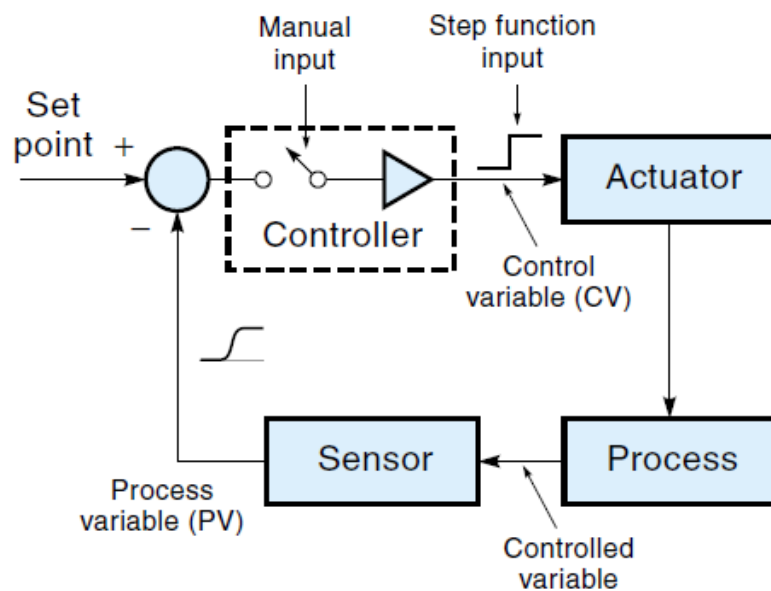
(a) Block diagram of test setup



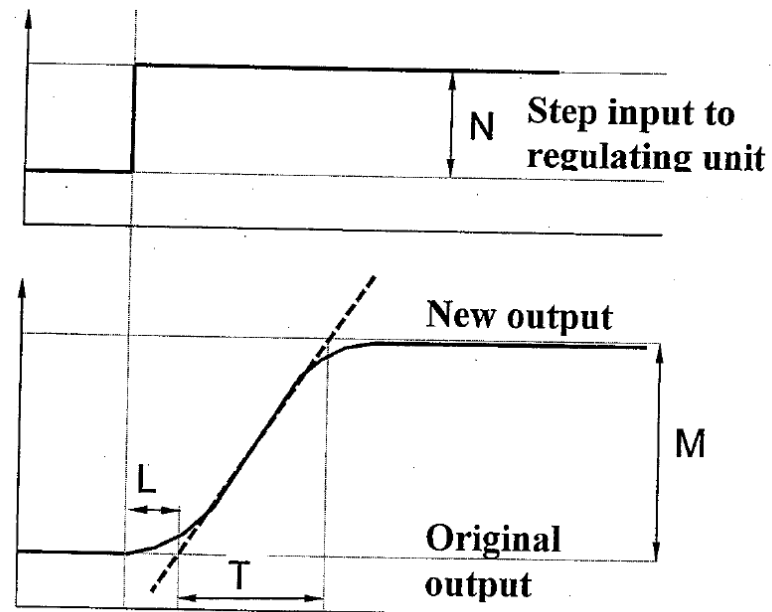
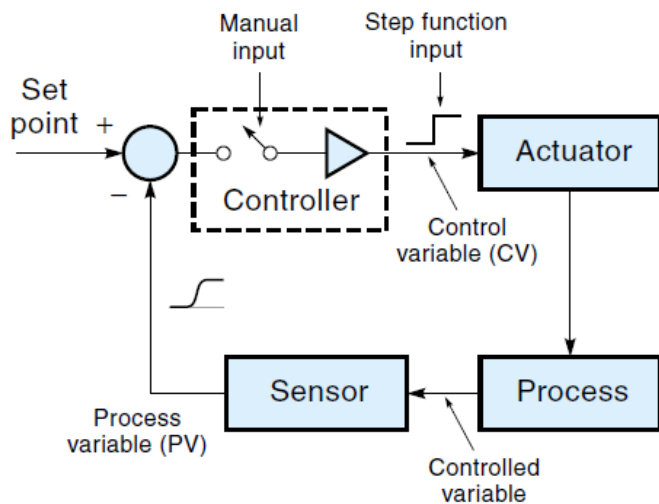
(b) Graph of response to step input

Ziegler-Nicholls metoda otvorene petlje

1. Ručno narini step signal na ulaz regulatora (pomoću potenciometra)
2. Snimaj promjenu izmjerene regulacijske veličine (PV)
3. Nacrtaj tangentu na odzivu PV u točki najveće derivacije
4. Izmjeri se $G=M/N$, L i T



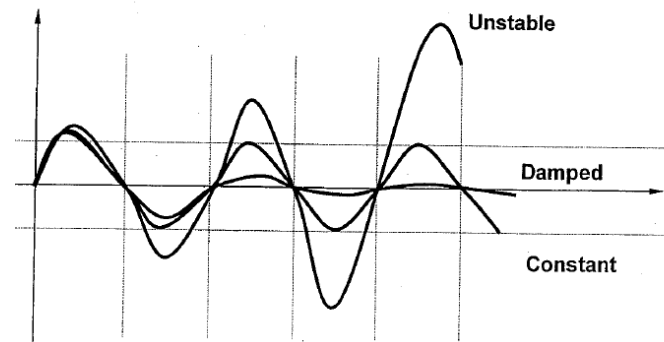
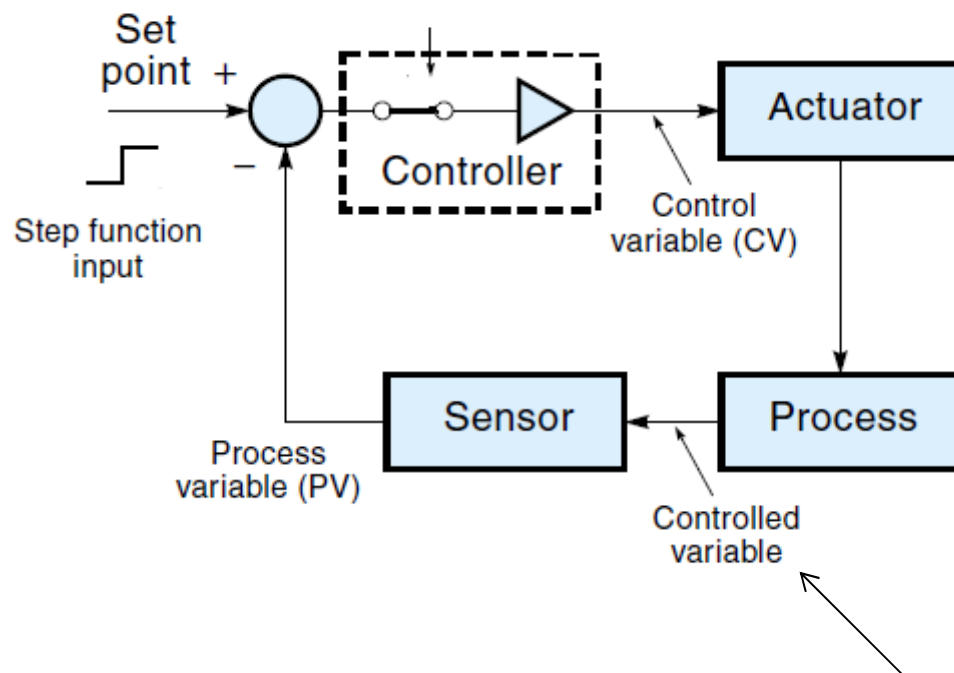
Ziegler-Nicholls metoda otvorene petlje



Regulator	Pojačanje	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L G}$		
P+I	$\frac{0.9 T}{L G}$	3.3 L secs	
P+I+D	$\frac{1.2 T}{L G}$	2 L secs	0.5L secs

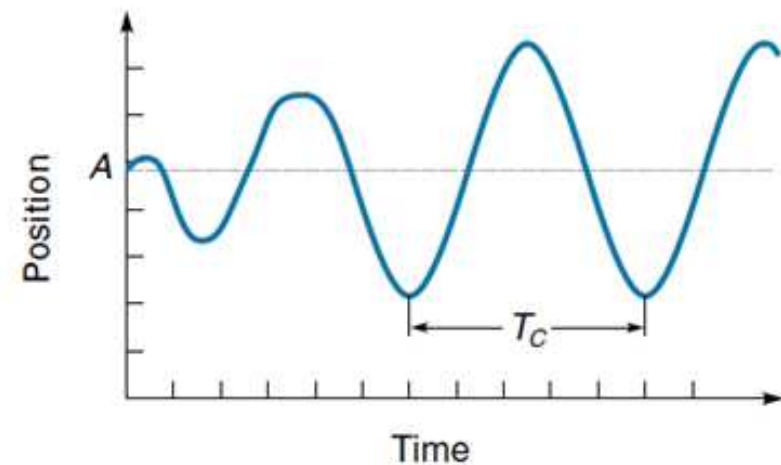
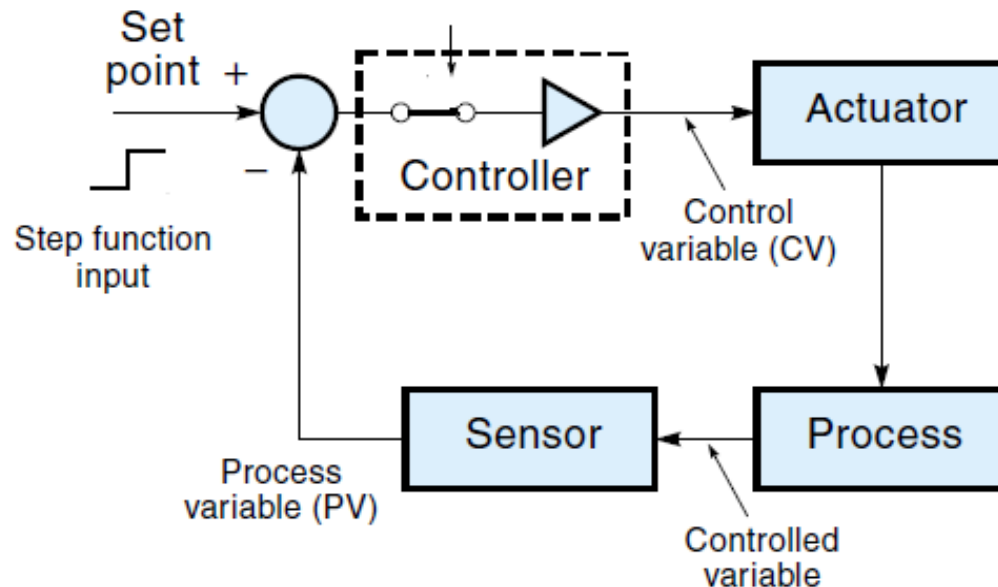
Ziegler-Nicholls metoda zatvorene petlje

Koristi se za određivanje parametara regulatora kod zatvorene petlje



Ziegler-Nicholls metoda zatvorene petlje

1. Isključi se integracijsko i derivacijsko djelovanje ($T_i = \infty$ $T_d = 0$)
2. Povećeva se proporcionalno pojačanje do granice stabilnosti (do kritičnog pojačanja G)
2. Mjeri se T_c



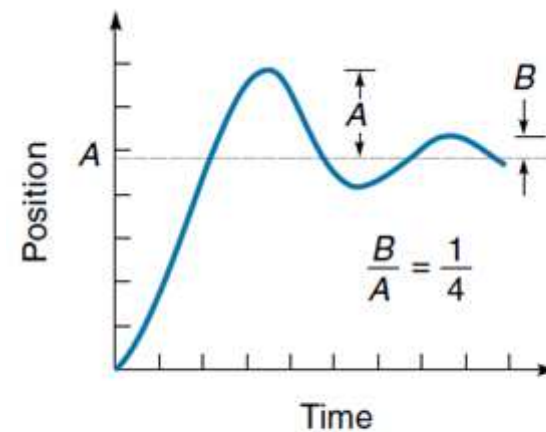
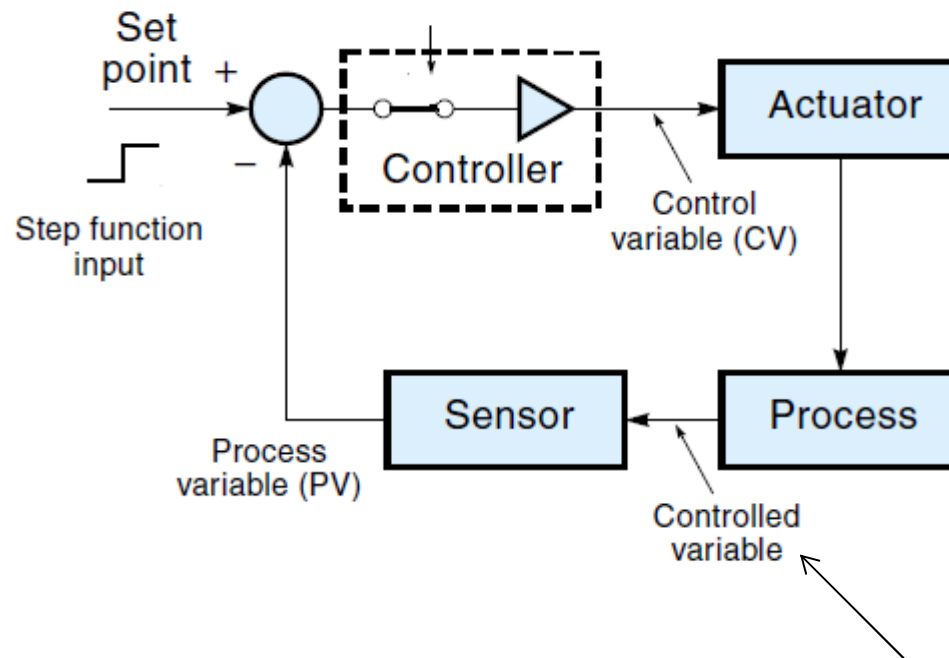
(a) System as forced into oscillation

Ziegler-Nicholls metoda zatvorene petlje

Regulator	Pojačanje	T_i	T_d
P	0.5 G		
P+I	0.45 G	0.8 T secs	
P+I+D	0.6 G	0.5 T secs	0.125 T secs

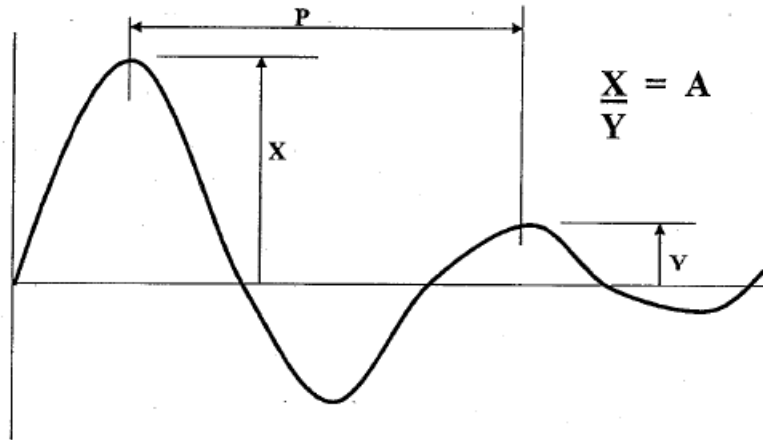
Modificirana metoda Ziegler-Nicholls zatvorene petlje (quarter decay)

Koristi se za određivanje parametara regulatora kod otvorene petlje.
Nije potrebno sustav donjeti na rub stabilnosti.



(b) Resulting response after tuning

Modificirana metoda Ziegler-Nicholls zatvorene petlje (quoter decay)



1. X/Y mora biti oko 4
2. Očitati period P

Regulator	Pojačanje	T_i	T_d
P	G		
P+I	$(0.5+2.27\Delta)G$	$\frac{P}{1.2\sqrt{(1+\Delta^2)}} \text{ secs}$	
P+I+D	$(0.5+2.27\Delta)G$	$\frac{P}{2\sqrt{(1+\Delta^2)}} \text{ secs}$	$\frac{P}{8\sqrt{(1+\Delta^2)}} \text{ secs}$

$$\Delta = \frac{1}{2\pi} \ln(A)$$

KASKADNA REGULACIJA

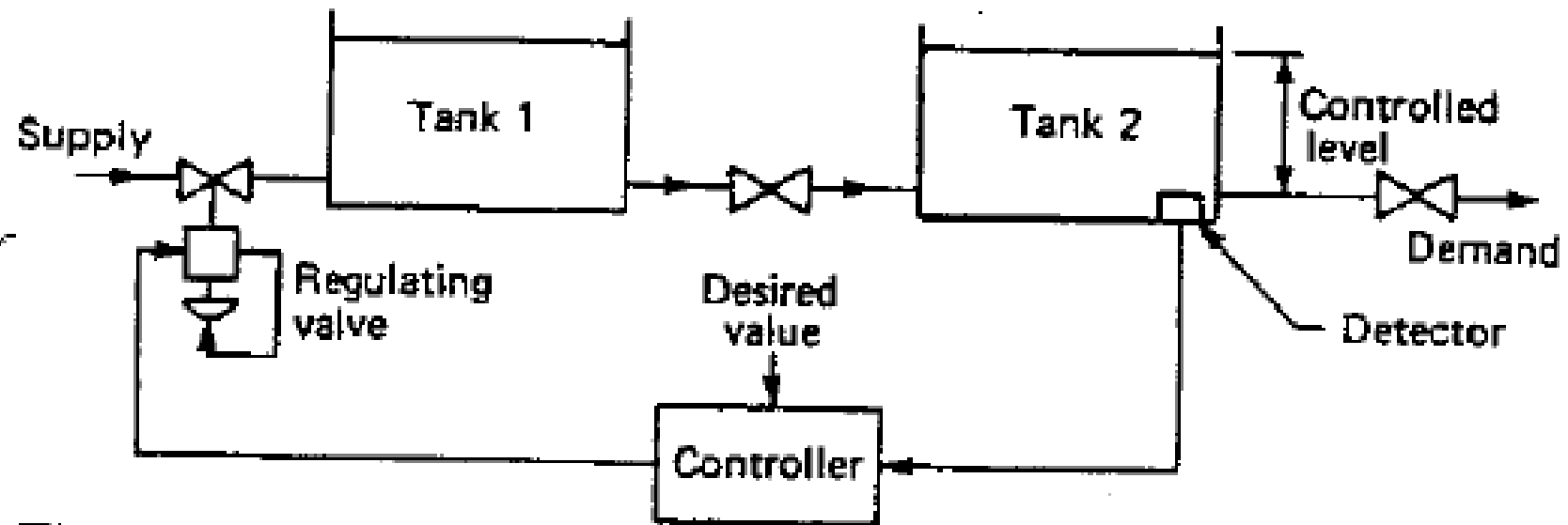


Fig 1

Ventil za regulaciju će moći vrlo teško regulirati razinu u tanku 2 radi vremenskog kašnjenja u sustavu – **veliko odstupanje razine tanka 2**

Kaskadno spojeni kontroleri

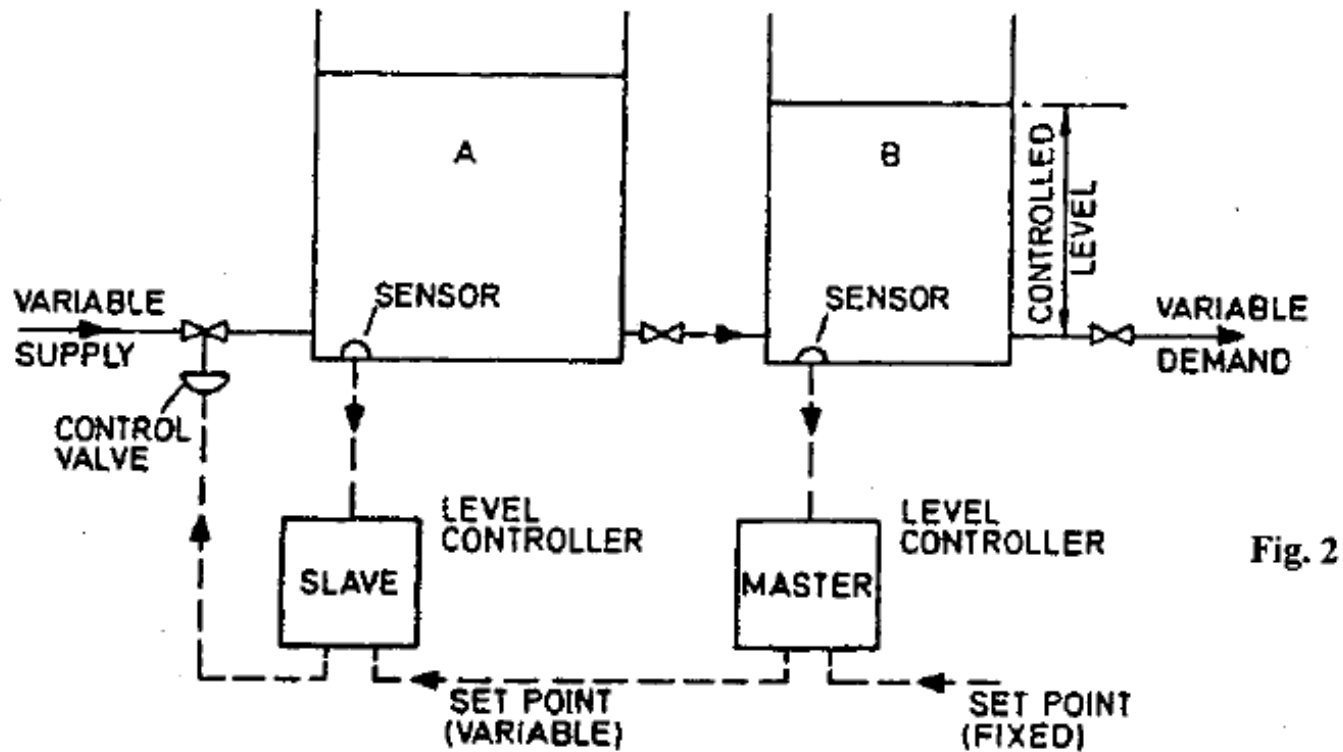


Fig. 2

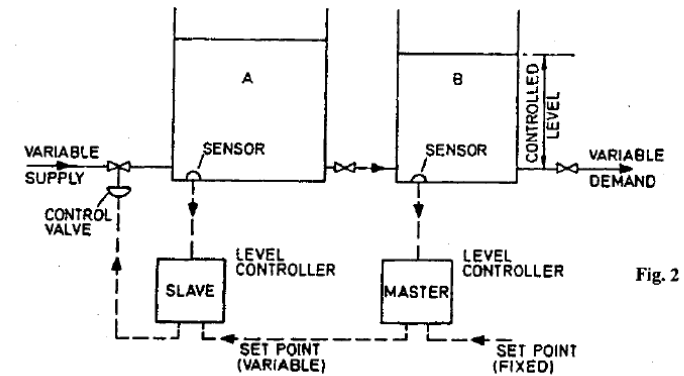
Puno bolja regulacija razine tanka 2.

Poništava se efekt vremenskog kašnjenja tanka 1.

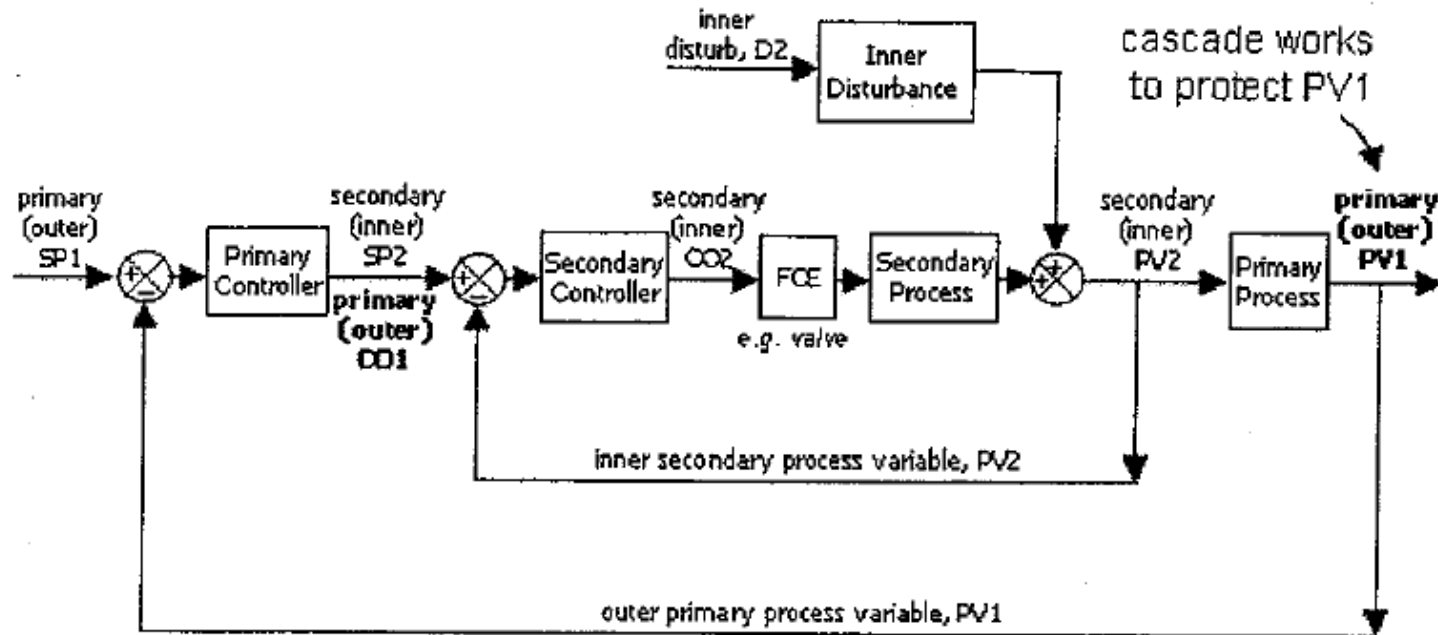
SLAVE – P ili PI

MASTER - PID

Podešavanje kaskadno spojenih kontrolera



Podešavanje regulatora se vrši tako da se **prvo podešava SLAVE kontroler** (unutrašnja petlja) uz isključeni MASTER, a **tek onda MASTER kontroler** (vanjska petlja) uz uključeni SLAVE kontroler



Kaskadna regulacija temperature rashladne vode

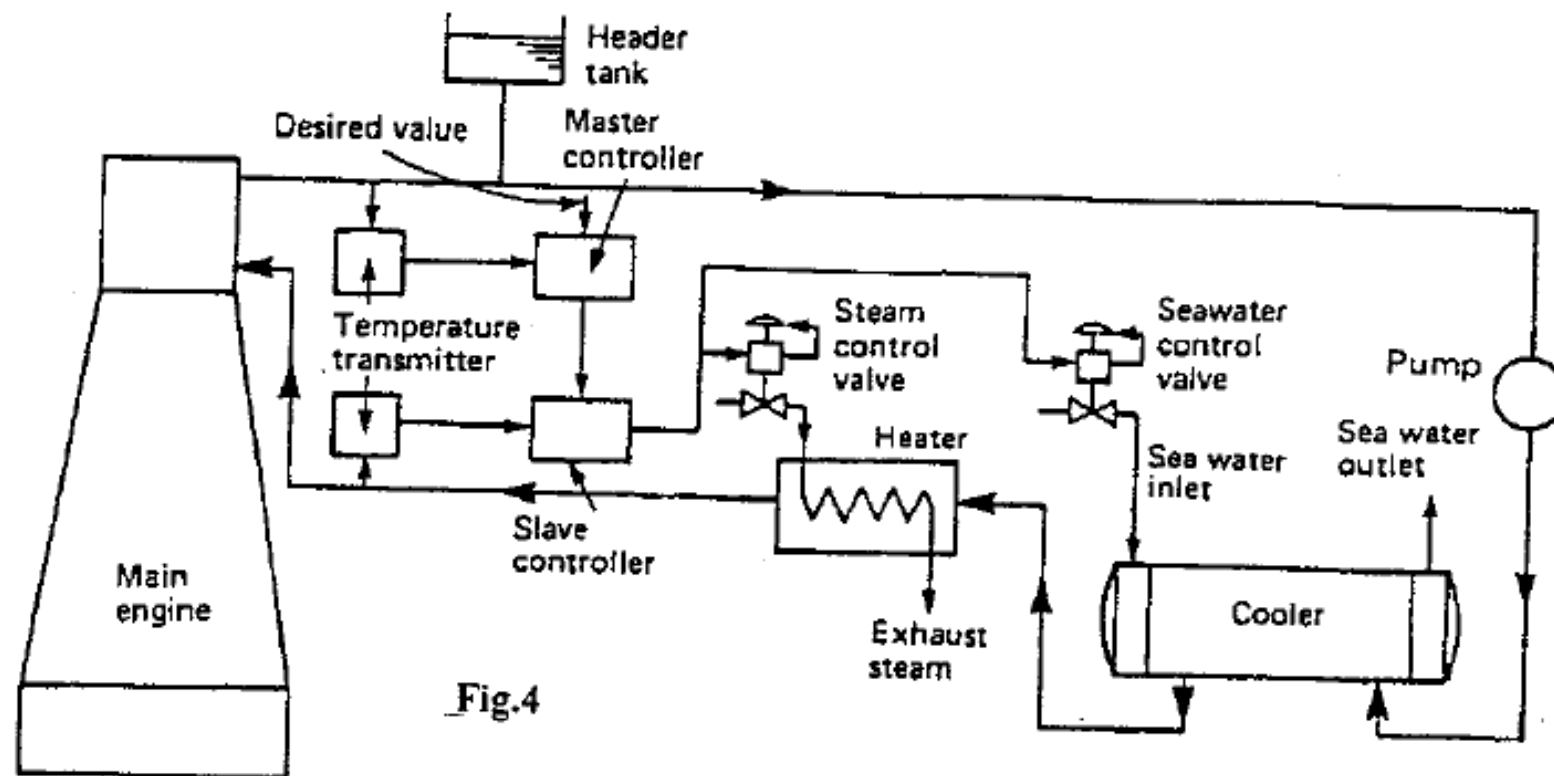


Fig.4

DISKRETNİ SUSTAVI

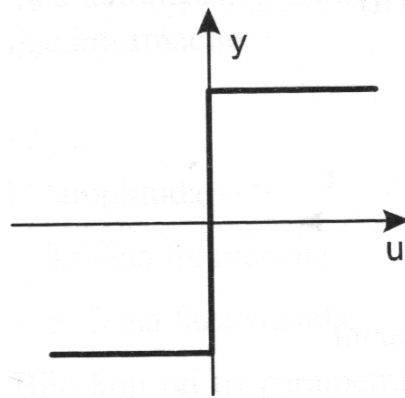
Izvršni mehanizmi (aktuatori) su u praksi ostvareni kao elementi s **kontinuiranim djelovanjem**. To su najčešće motori (električki, pneumatski, hidraulički).

Regulatori mogu biti diskretni - najčešće su elektronička računala koji mogu obrađivati digitalne brojeve (diskretne veličine).

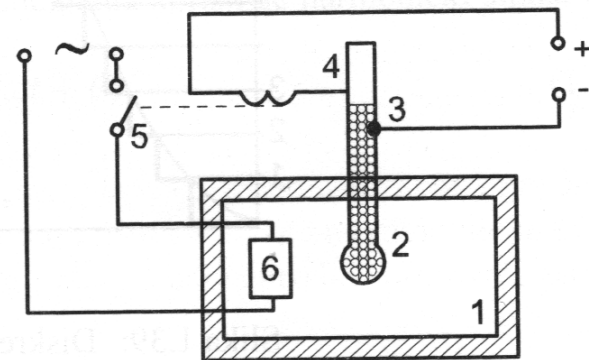
Kako su prisutne i kontinuirane i diskretne veličine nužni su **A/D (analogno-digitalni) i D/A (digitalno-analogni) pretvornici.**

Jednostavni diskretni sustav

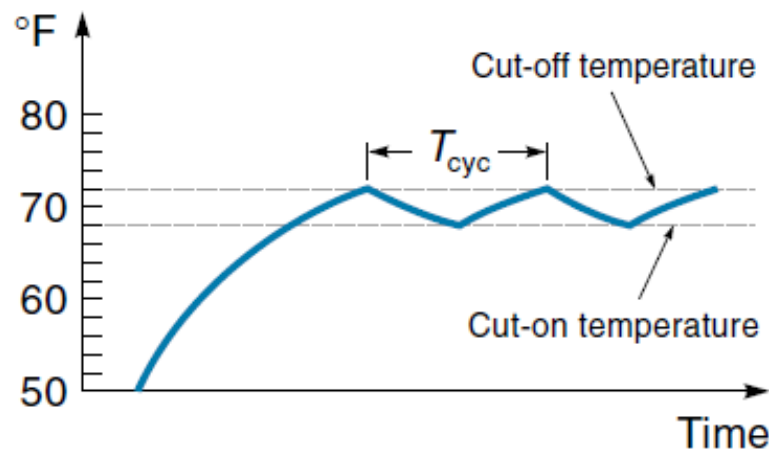
Regulacija temperature prostorije



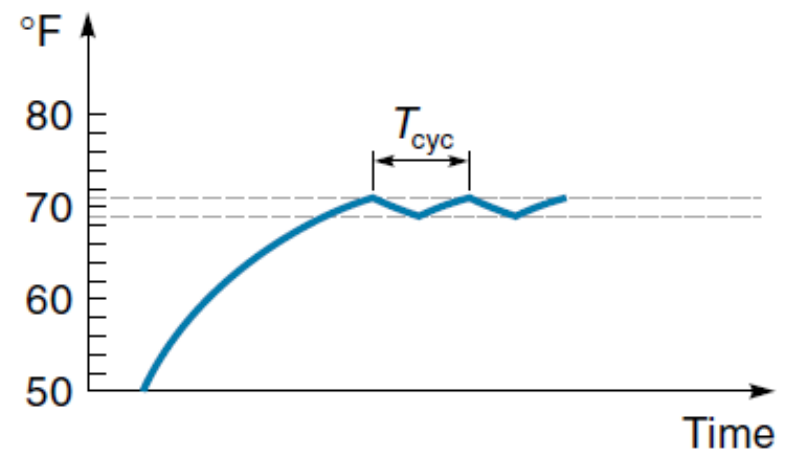
a



b

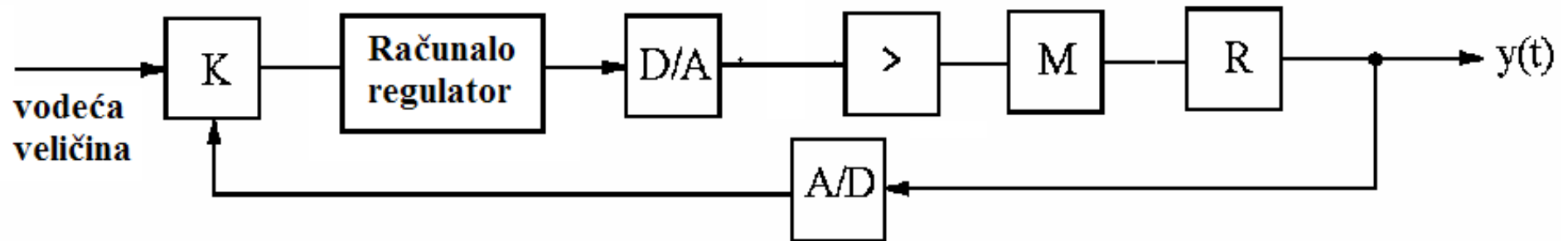


(a) Cut-on = 68°; cut-off = 72°



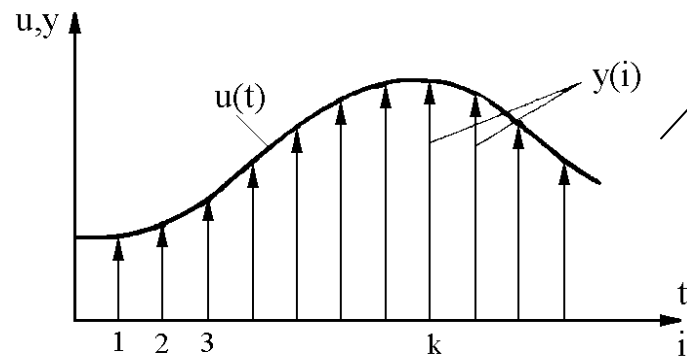
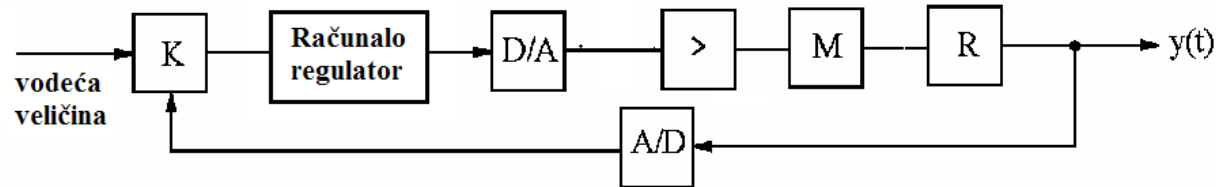
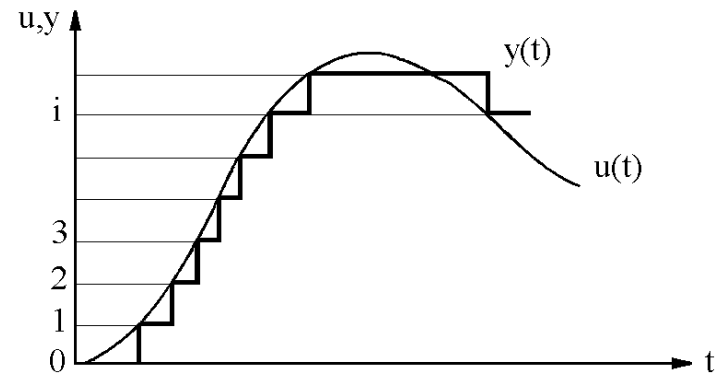
(b) Cut-on = 69°; cut-off = 71°

Sustav s pretvorbom diskretnog u kontinuirani signal

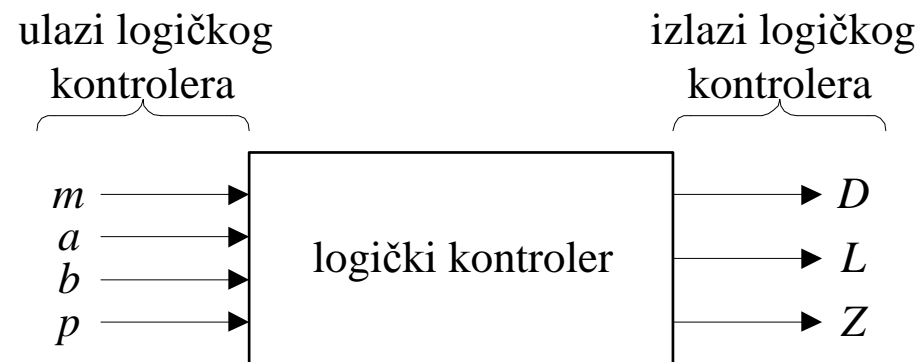
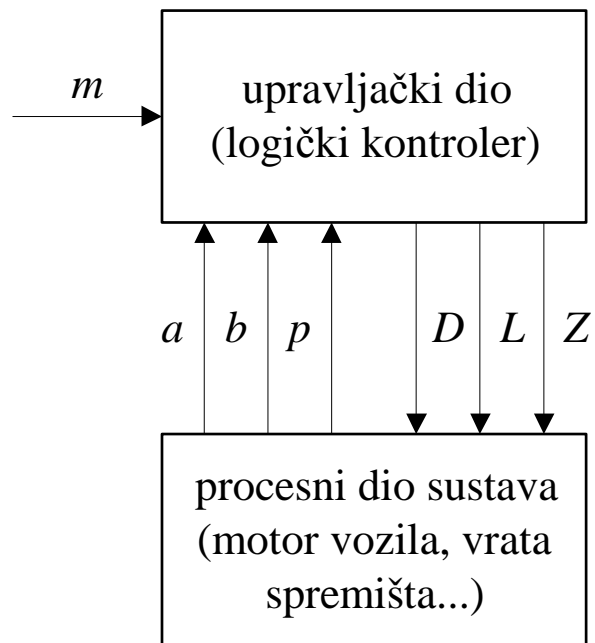


U sustavu se mogu uočiti tri diskretna elementa: D/A pretvornik, komparator i A/D pretvornik te tri analogna elementa: pojačalo K, motor M i reduktor R.

Amplitudno vremenska diskretizacija konzinuiranog signala A/D- D/A pretvorba



Logički kontroler – može upravljati sustavima sa diskretnim događajima



Što je to PLC?

Programabilni

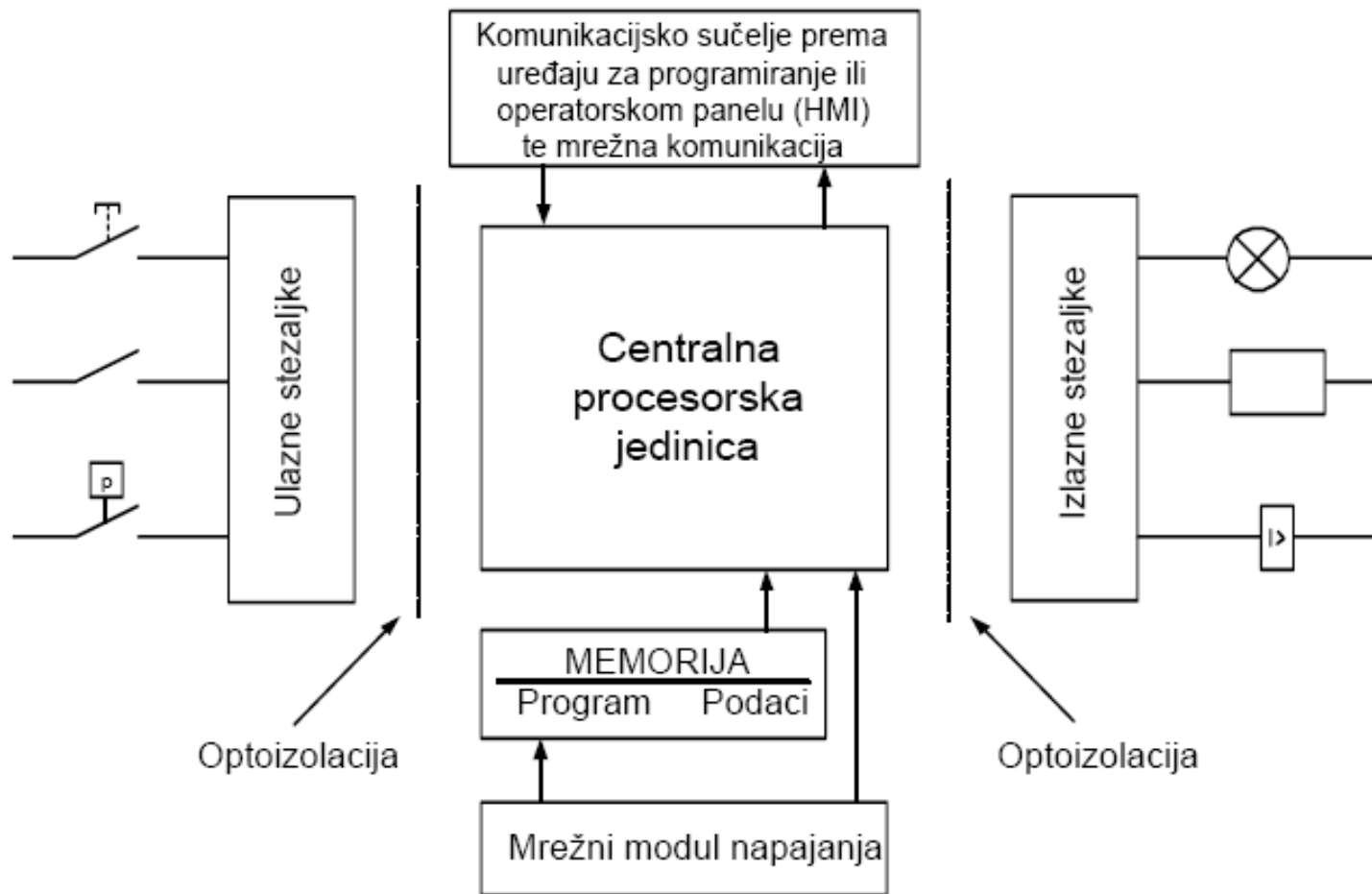
Logički

Controler (Regulator)



- je univerzalna programibilna upravljačka jedinica, razvijen kao zamjena za složene relejne upravljačke sklopove

Osnovne cjeline PLC-a



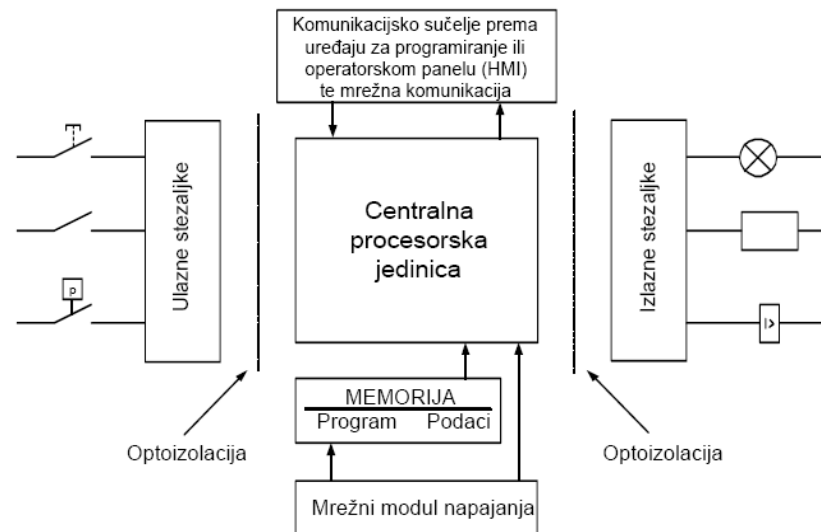
Podjela PLC uređja

- **Prema broju ulaznih i izlaznih stezaljki** (povećanjem broja ulazno/izlaznih stezaljki povećava se i složenost uređaja, snaga procesora i kapacitet memorije)
- S obzirom na **tip signala s kojim rade uređaji**, tj. imaju li **digitalne i analogne ulaze/izlaze**
- Pri podijeli na jednosavnije i složenije uređaje treba uzeti u obzir mogućnost izvođenja matematičkih operacija nad realnim brojevima (**floating point**), **PID regulaciju**, **mogućnost proširenja**, itd.

Prednosti korištenja PLC-a u odnosu na druge (npr. relejne) upravljačke sklopove

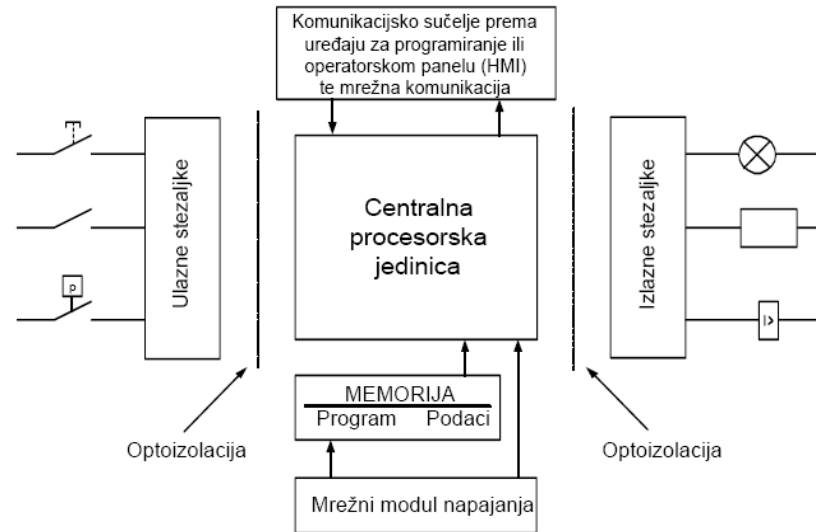
- **Pouzdanost** – nema mehaničkih pokretnih dijelova, otporan na pogonske uvjete rada (temperaturu, vlagu, udarce,...).
- **Adaptivnost** - kad se napiše i testira, PLC program za upravljanje nekog uređaja može se bez problema prenijeti na drugi PLC u drugom uređaju.
- **Fleksibilnost** – jedan PLC uređaj može izmjenom programa obavljati funkciju sasvim novog, različitog upravljačkog sklopa. Za izmjenu programa potrebno je vrlo malo vremena.
- **Brzina** – brojne aplikacije na automatiziranim strojevima zahtijevaju vrlo brzu reakciju na pojavu signala. Takve aplikacije jednostavno su izvedive uz pomoć PLC-a

Ulazni dio



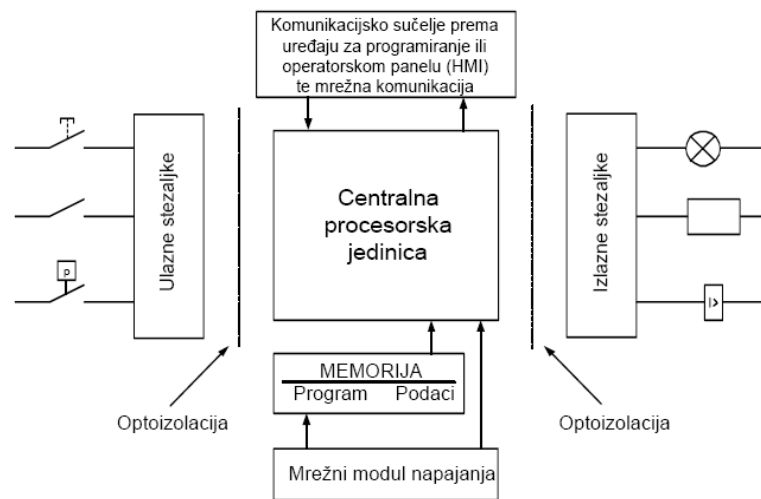
- Priključne vijčane stezaljke na koje se spajaju signali iz okoline (dojavni signali iz procesa kojim se upravlja)
- Mjesto početka prilagodbe signala
- **Digitalna** ulazna informacija su sklopke, tipkala, senzori
- **Analogna** ulazna informacija npr. naponski signal od 0 do 10 V s mjernog pretvornika tlaka, temperature i sl.

Izlazni dio



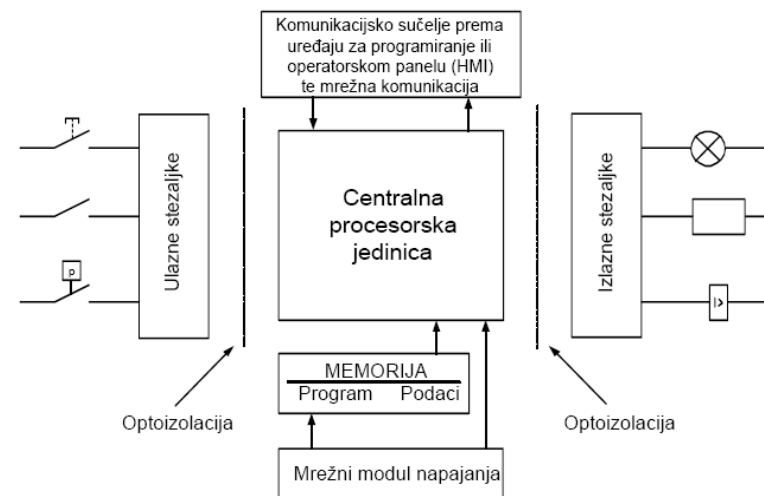
- Priključne vijčane stezaljke na koje se spajaju izvršni uređaji iz procesa kojima PLC šalje upravljačke signale
- Na **digitalne izlaze** spajaju se magnetni svici, releji, sklopnici, motorske sklopke, signalne lampe, pneumatski razvodnici i sl.
- **Analogni izlazi** daju strujne signale za prikaz neke veličine na pokaznom instrumentu, služe kao referenca brzine za frekvencijski pretvarač, predstavljaju PID upravljački signal i sl.

Centralna procesorska jedinica (CPU)

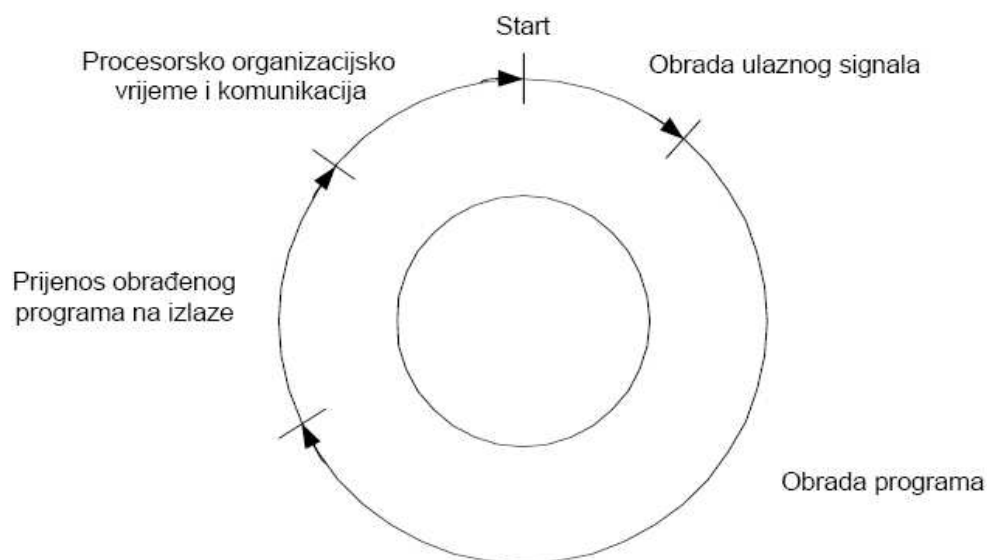


- Centralna procesorska jedinica s memorijom glavna je jedinica PLC uređaja.
- Procesorska jedinica **čita stanja svih ulaza** PLC uređaja (analognih i digitalnih), logički ih **obrađuje** u skladu s programom izrađenim od strane korisnika, te **upravlja izlazima** prema rezultatima dobivenim nakon logičke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

Rad uređaja



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.



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

Programiranje i komunikacija

Program za PLC se piše na računalu, a potom snima na PLC. Računalo i PLC povezani su komunikacijskim kabelom (RS 232 standard).



Programiranje PLC-a

- **Pisanje programa** *najčešće se izvodi preko nadređenog PC računala* na kojem je instaliran softver za korišteni PLC.
- Svaki proizvođač uz svoj PLC daje softver koji je u stvari kombinacija programskog **editora, prevodioca (compilera), te komunikacijskog softvera.**
- U **editoru se napiše programski kod** u nekom od programskih jezika te se zatim provjeri sintaksa (compiler). Ako program nema sintaksnih grašaka softver ga šalje u RAM memoriju PLC-a (komunikacijski softver), koji je tada spreman za rad.

Programiranje PLC-a

Proizvođači PLC-a nude razne *tehnike programiranja*.

Najčešće uporabljivane tehnike su :

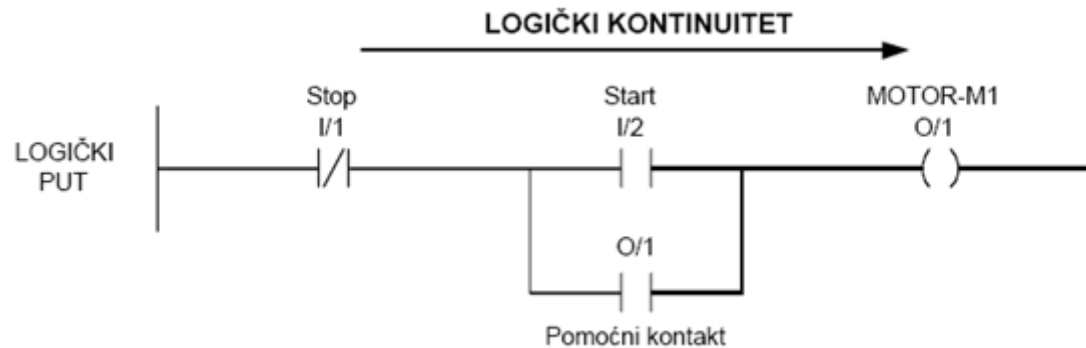
- **ljestvičasti dijagrami** (eng. ladder diagram, njem. kontakt plan),
- **funkcijsko blokovski dijagrami** (grafičko programiranje),
- **STL** (eng. statement list) instrukcijske liste.
- **Grafcet**

Programiranje PLCa- Ljestvičasti dijagram

Ljestvičasti dijagrami (eng. ladder diagram)

nastali su na bazi **strujnih upravljačkih shema** kojima se prikazuje protok struje u strujnom krugu i koje služe električarima kao podloga za ožičenje istog

Programiranje PLCa - Ljestvičasti dijagram



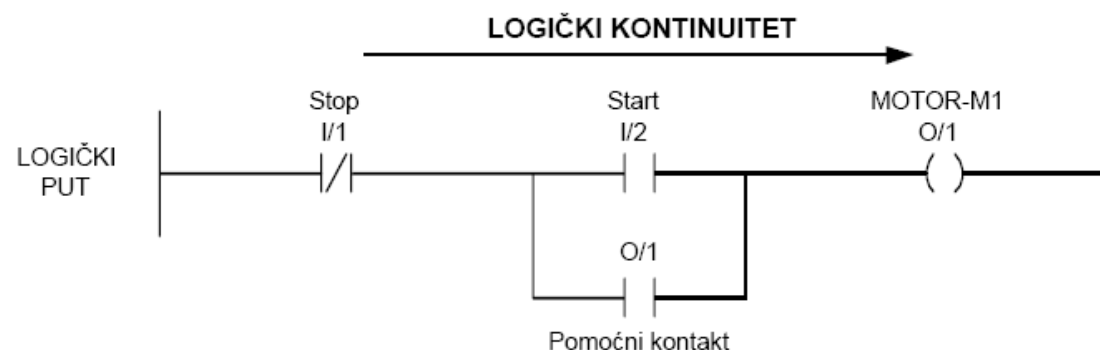
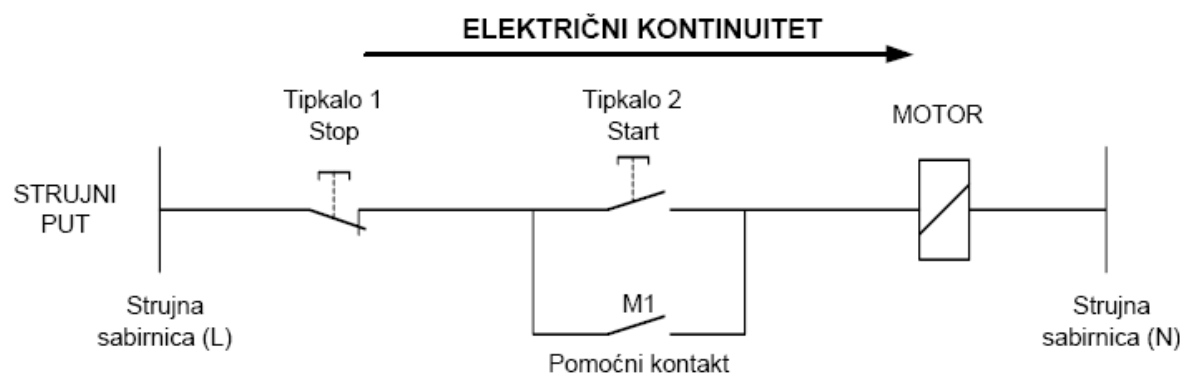
Svaki programski **logički put** u ljestvičastom dijagramu mora **imati najmanje jednu izlaznu naredbu**, a obično sadrži **jedan ili više uvjeta** koji moraju biti zadovoljeni da bi se izvršila izlazna naredba.

Uvjeti su najčešće signali koji dolaze sa uređaja priključenih na ulaz PLC-a u kombinaciji sa statusom izlaza, pomoćnih memorijskih varijabli, vremenskih i brojačkih članova.

Na desnoj strani svakog logičkog puta nalazi se **izlazna naredba** koja se aktivira/deaktivira s obzirom na stanje uvjeta. Izlazne naredbe su npr. 'uključi izlaz' .

Programiranje PLCa - Ljestvičasti diagram

Usporedba **strujnog puta** (električnog kontinuiteta) u strujnoj shemi i **logičkog puta**, tj. jedne linije programskog koda (logičkog kontinuiteta) u ljestvičastom dijagramu.



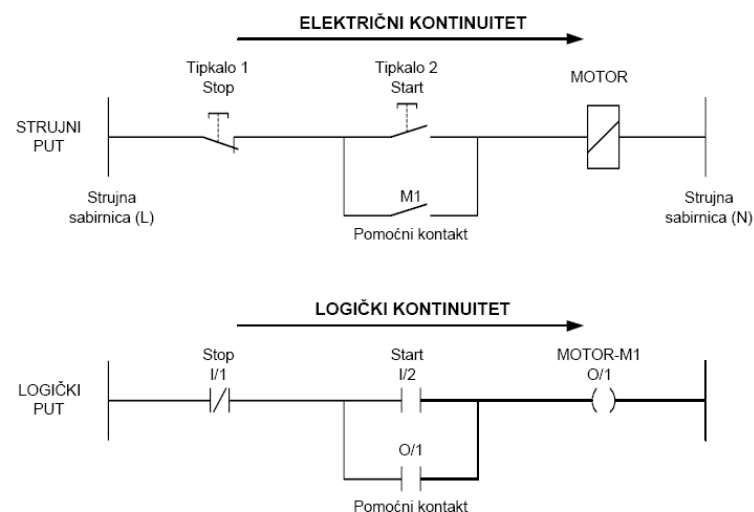
Ekvivalencije:

Stanje kontakta ~
istinitost naredbe

Strujni put ~ logički
put

Izvršni uređaj ~
izlazna naredba

Programiranje PLCa - Ljestvičasti dijagram -

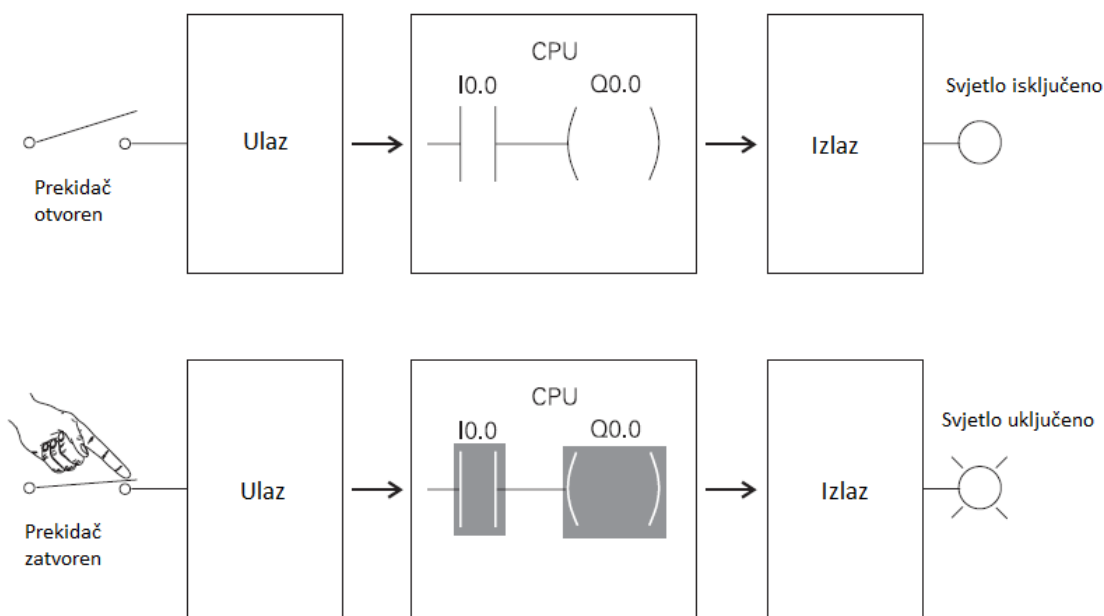
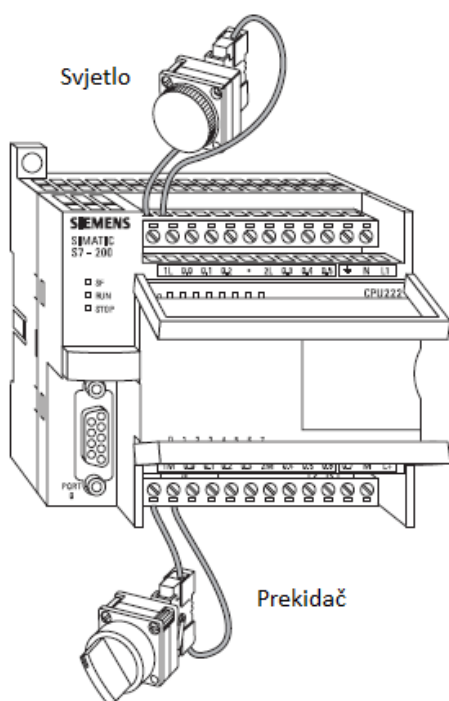


Razlika između ljestvičastog dijagrama i strujne sheme je što **strujna shema** prikazuje stanje kontakata (otvoreno ili zatvoreno) i tako ostvaruje **električni kontinuitet**, dok se u **ljestvičastom dijagramu** ispituje je li naredba istinita '1' ili neistinita '0' i tako ostvaruje **logički kontinuitet**.

Strujni put (električni kontinuitet) u strujnoj shemi završava izvršnim (upravljanim) uređajem, a logički put u ljestvičastom dijagramu izlaznom naredbom.

Programiranje PLCa - Ljestvičasti dijagram

Svaki strujni krug u strujnoj shemi prikazan je kao zaseban **strujni put**, a svaki strujni put sadrži minimalno jedan **upravljani uređaj** (npr. motor, relej, žarulja ili slično). Iz strujnog puta može se uočiti da je rad upravljanog uređaja određen **uvjetima** (npr. tipkala, pomoćni kontakti i slično) za njegovo uključenje.



Programiranje PLCa - Ljestvičasti dijagram -

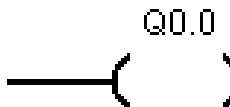
Osnovne naredbe za programiranje PLC-a

❖ Naredba **NO** - **N**ormally **O**pen : 

Ova naredba ispituje je li adresirani bit (stanje na ulazu I0.1) u stanju logičke jedinice. Ako je uvjet je zadovoljen ostvaruju se logički kontinuitet.

❖ Naredba **NC** - **N**ormally **C**losed : 

Ova naredba ispituje je li adresirani bit (stanje na ulazu I0.2) u stanju logičke nule. Ako je uvjet je zadovoljen ostvaruju se logički kontinuitet.

❖ Naredba **Output** – uključi izlaz: 

Naredba Output koristi se za promjenu stanja (0/1) adresirane lokacije (izlaza Q0.0) kada stanje kruga (logički kontinuitet) poprimi vrijednost '1' / '0'.

Programiranje PLCa - Ljestvičasti dijagram -

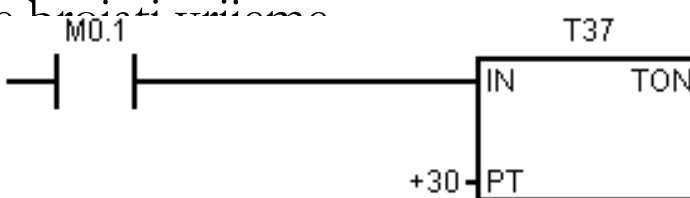
Osnovne naredbe za programiranje PLC-a

❖ TON – timer, on-delay

TON vremensko brojilo počinje brojiti vrijeme

kada se stanje pripadajućeg kruga

Sve dok je stanje kruga visok
akumulatora se pove



Kada vrijednost akumulatora dostigne predefinirano vrijeme (eng. preset time = PT) vremensko brojilo završi s radom i na izlazu daje '1', u međuvremenu je na izlazu '0'.

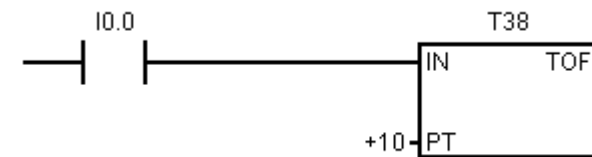
Ovaj bit, da bi bio iskorišten, je potrebno adresirati.

Programiranje PLCa - Ljestvičasti dijagram -

Osnovne naredbe za programiranje PLC-a

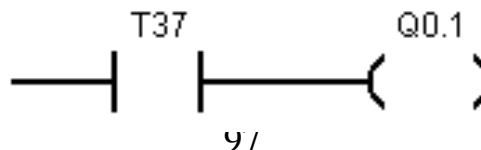
❖ TOFF – timer, off-delay

TOFF vremensko brojilo počinje brojati vrijeme kada se stanje pripadajućeg kruga postavi u '1'. Sve dok je stanje kruga visoko, vrijednost akumulatora se povećava.



Kada vrijednost akumulatora dostigne predefinirani vrijeme (PT) vremensko brojilo završi s radom i na izlazu daje '0', u međuvremenu je na izlazu '1'. Ovaj bit, da bi bio iskorišten, je potrebno adresirati.

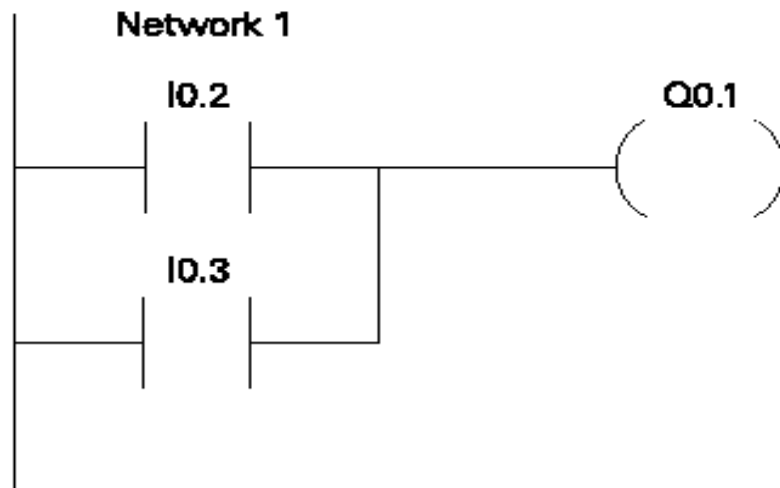
Ovi bitovi se koriste na način da se pozove na stanje izlaza vremenskog brojila naredbom NO ili NC .



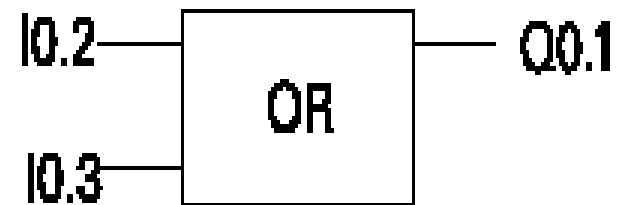
Programiranje PLCa - Funkcijski dijagram -

- Kod programiranja u funkcijskom blok dijagramu ulazi, izlazi i **naredbe su predstavljene blokovima**, tako da se programiranje PLC-a svodi na povezivanje blokova.
- Na ulaz bloka dovode se uvjeti koji se ispituju (ulazi u PLC ili izlaz iz prethodnog bloka). U skladu s funkcijom koju predstavlja na izlazu iz bloka generira se izlazni signal.

Programiranje PLCa

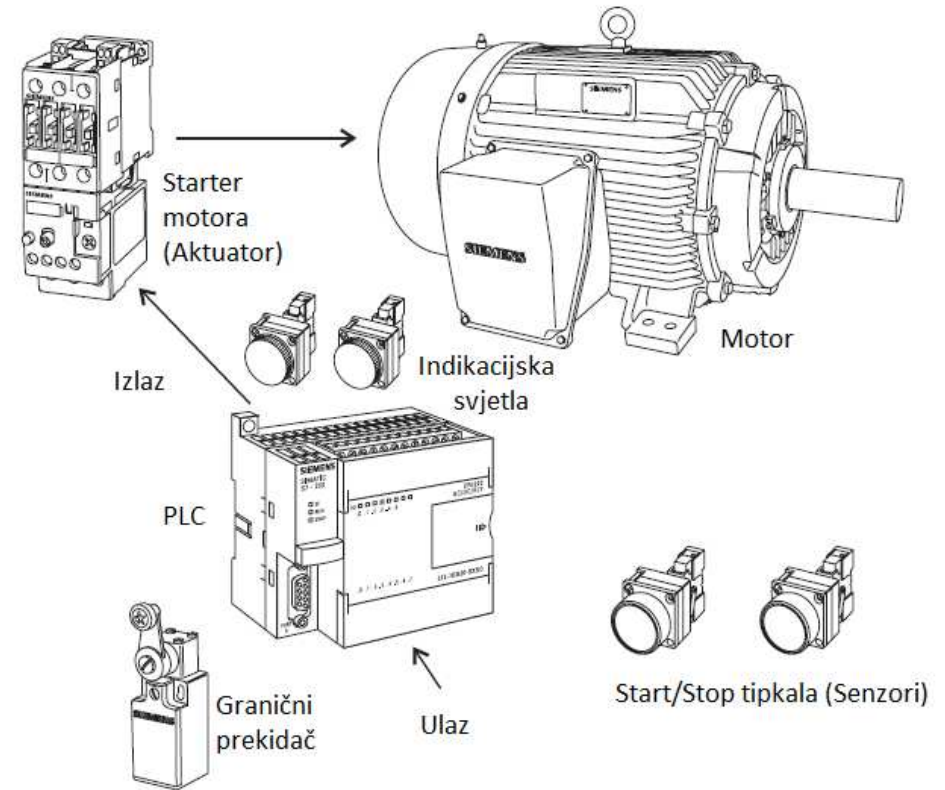
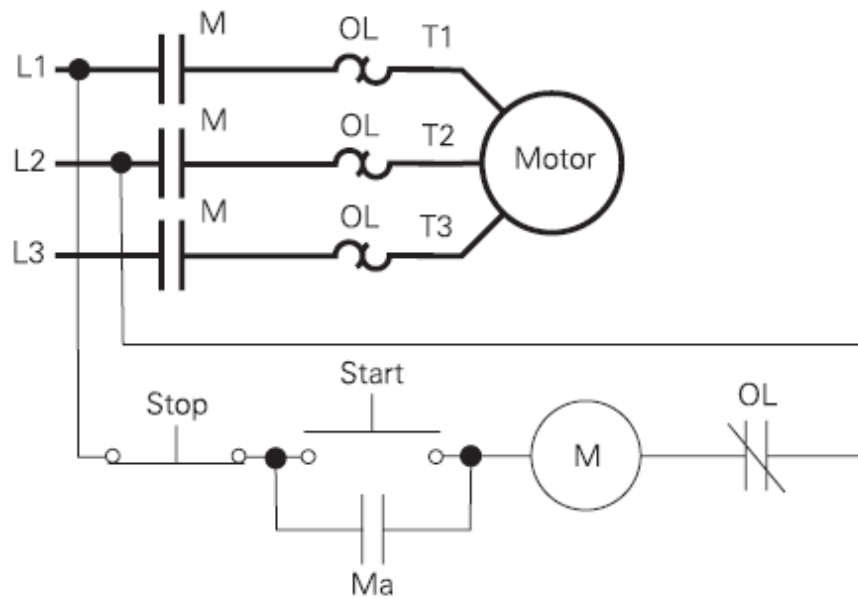


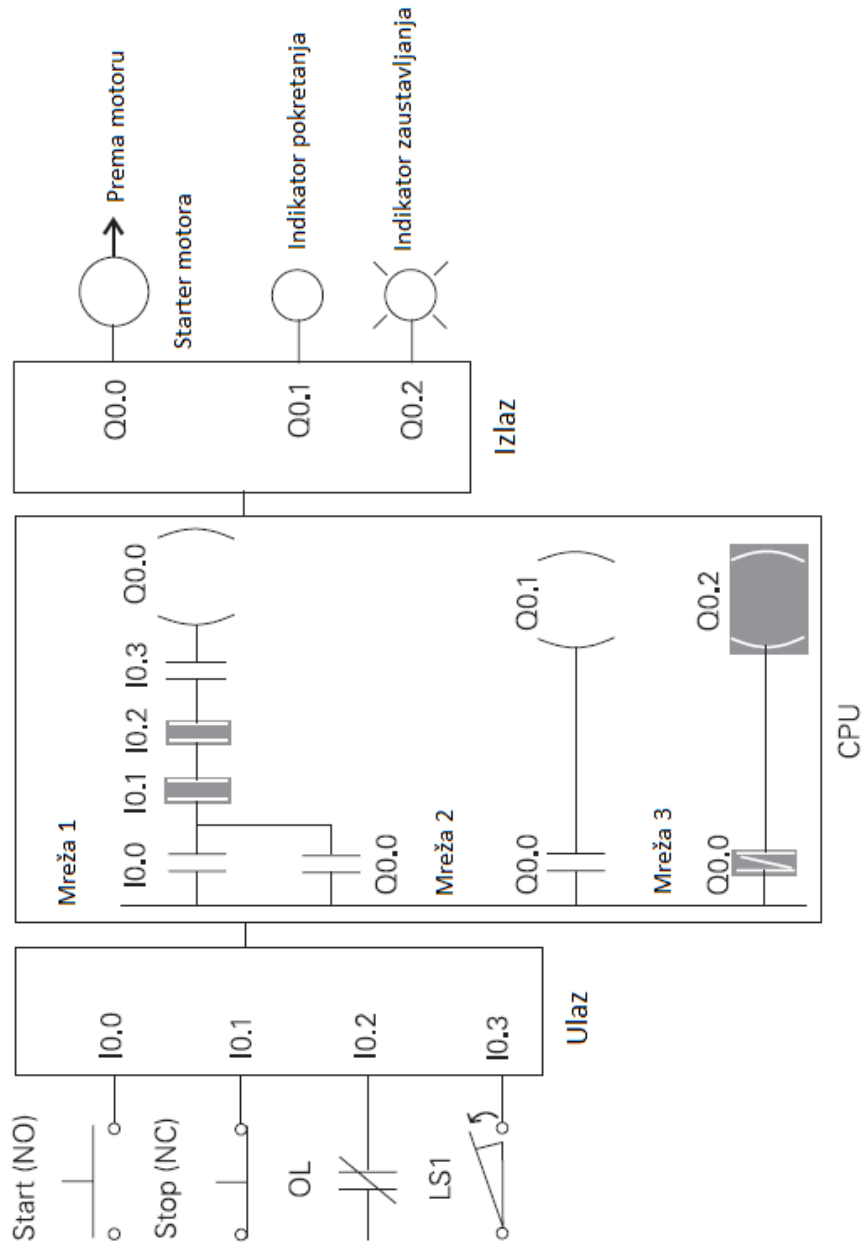
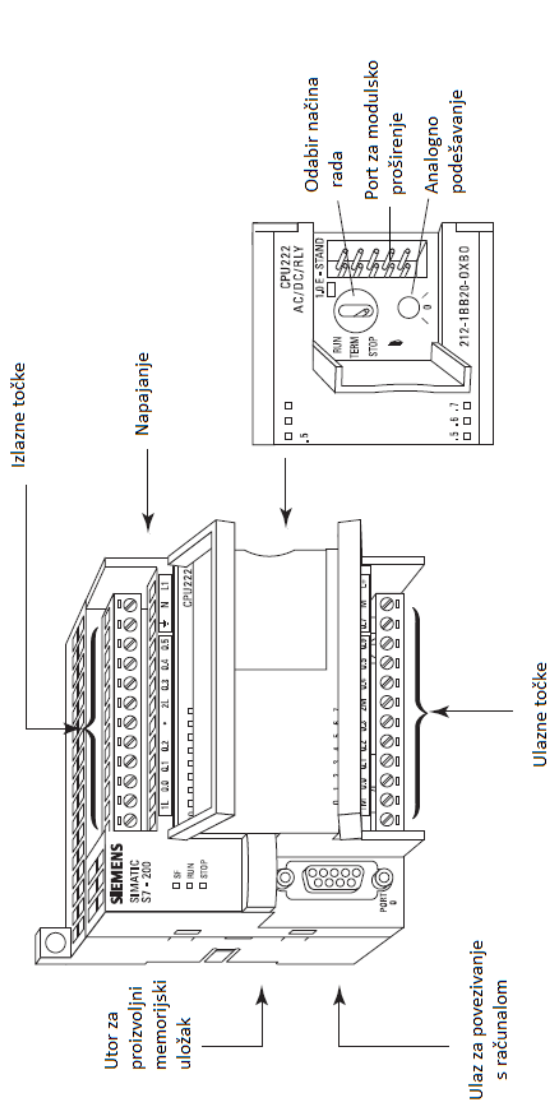
Network 1



Primjer logičke funkcije ILI u ljestvičastom i funkcijskom dijagramu

Primjer startera motora





The screenshot displays the SIMATIC Manager interface for a PLC project. The top menu bar includes 'STEP 7-Micro/WIN - Project1 - [SIMATIC LAD]'. The left sidebar contains various tool icons and a 'View' section with options like 'Tools', 'Instruction Wizard', 'Text Display Wizard', 'Position Control Wizard', 'EM 253 Control Panel', 'Modem Expansion Wizard', 'Ethernet Wizard', 'AS-i Wizard', and 'Internet Wizard'.

The main workspace shows a ladder logic network diagram. At the top, a table lists variables and their data types:

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		
	TEMP		

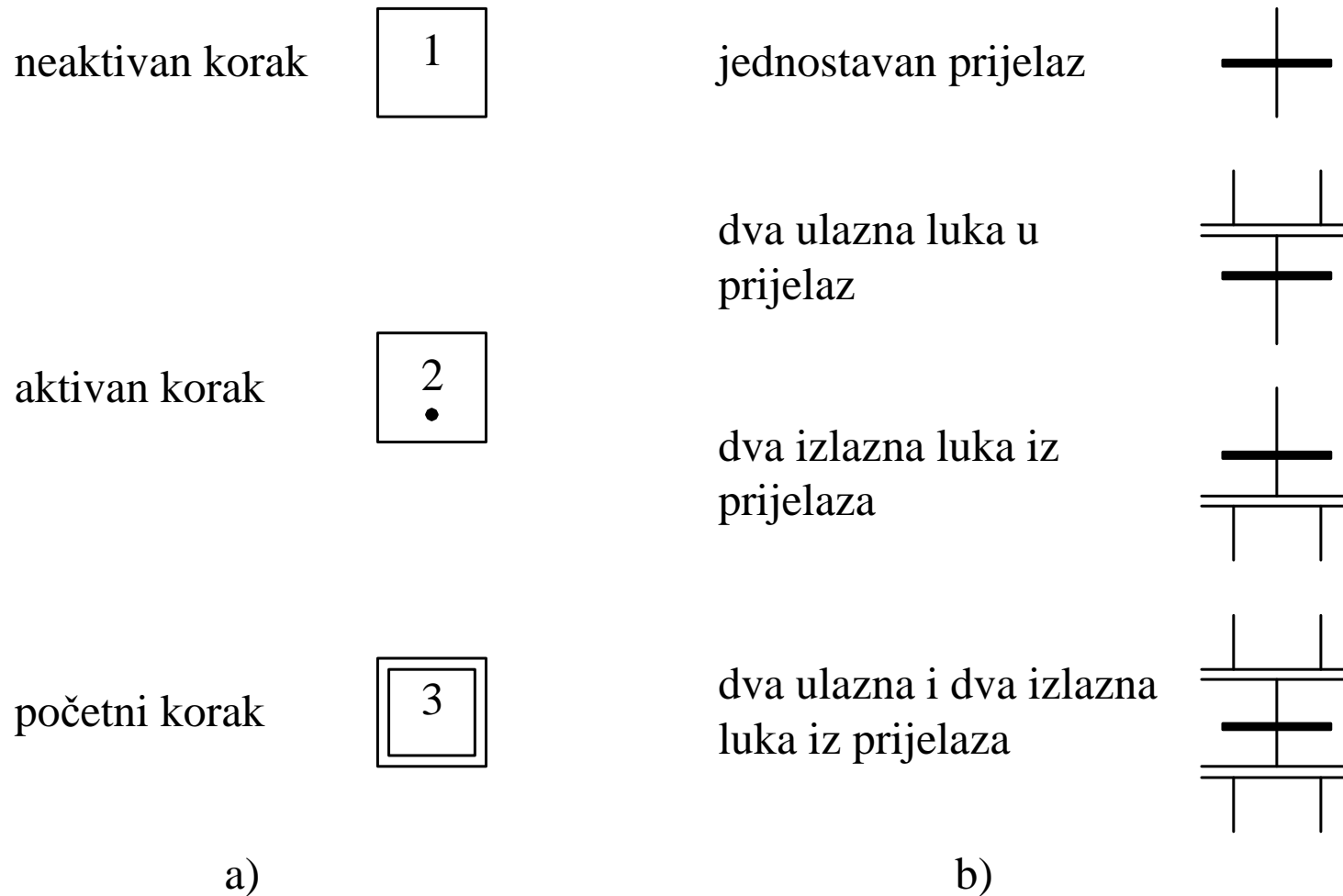
Below this, the network diagram is shown. It includes a 'PROGRAM COMMENTS' section with 'Network 1' and 'Network 2'. The logic involves a series of steps: 'SM0.0=ON', 'POS0_CTRL', 'EN', 'MOD_EN', and a final step with multiple outputs: 'DONE:M0.0-2#1', 'ERROR:MB1-0', 'POSITION:MD4-0.0', 'SPEED:MD8-0.0', and 'DIRECTION:M0.2-2#0'.

On the right side, another table lists addresses and comments:

Symbol	Address	Comment
DIRECTION	M0.2	
DONE	M0.0	
ERROR	MB1	
POSITION	MD4	
SPEED	MD8	

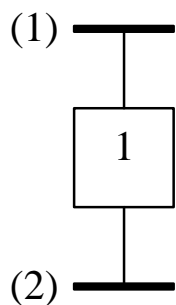
At the bottom right, a status bar shows 'Total Errors: 0' and 'Ready'. The bottom of the window displays system information: 'PC/PPI cable (PPI) 9.6 kbps', 'Local: 0, COM1', and 'Remote: 2, Port 0'.

Grafcet – grafički alat za programiranje PLC-a

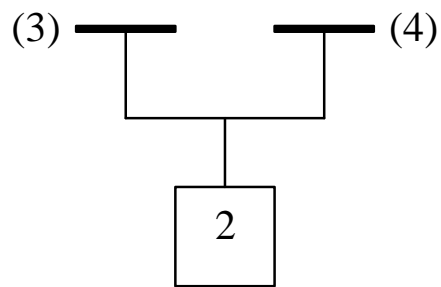


Grafički prikaz koraka i prijelaza u Grafcetu

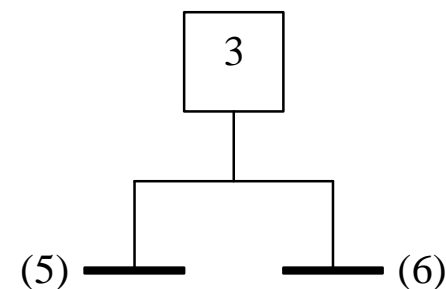
Grafcet – grafički alat za programiranje PLC-a



a)



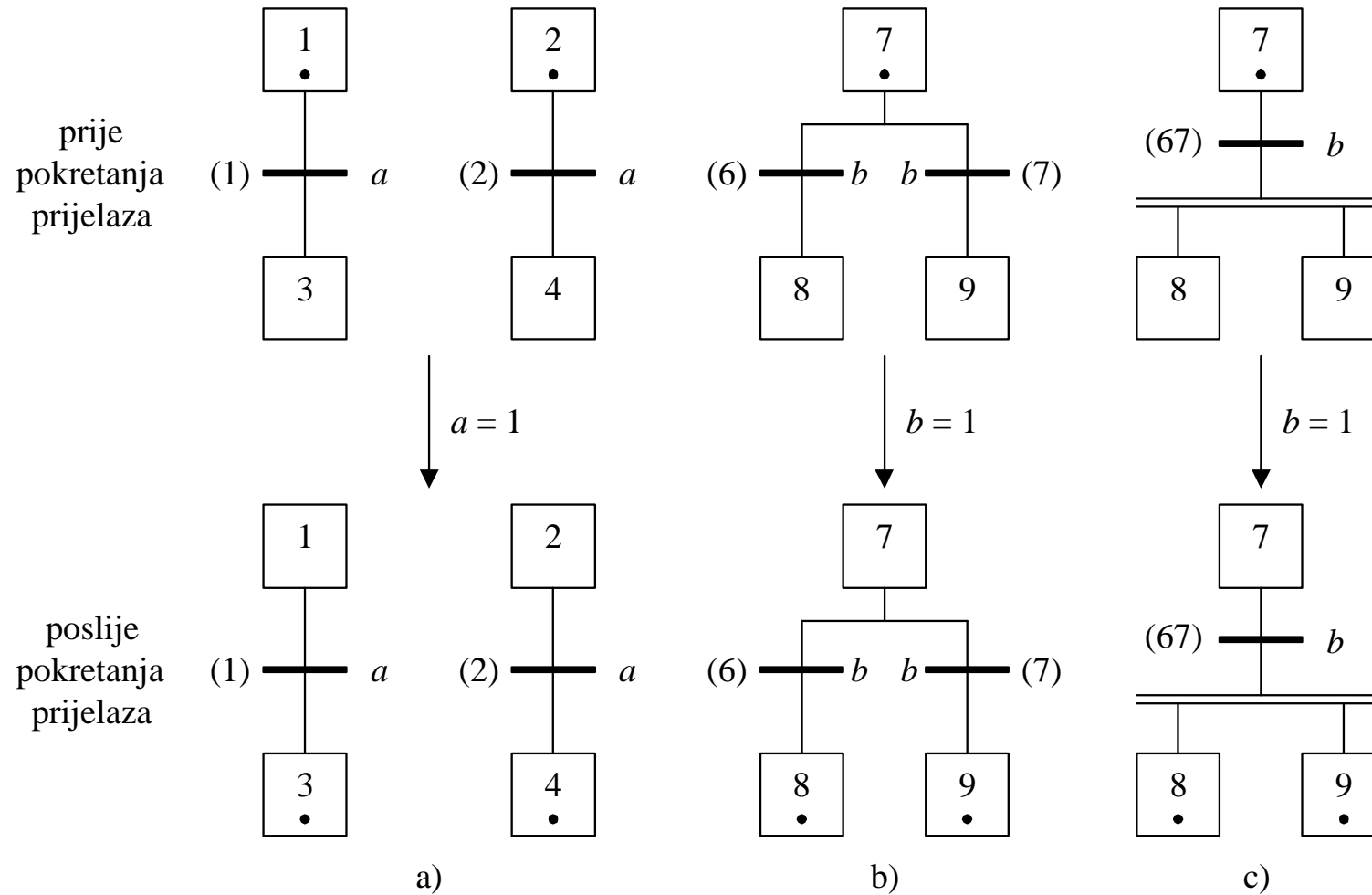
b)



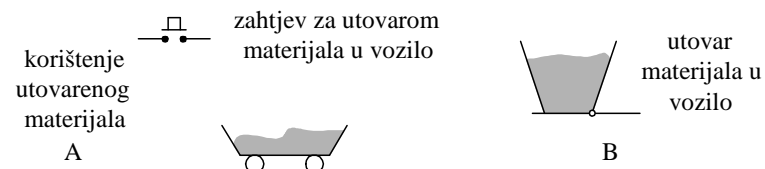
c)

Prikazivanje orijentiranih lukova u Grafcet

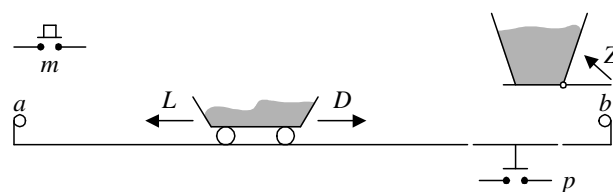
Grafcet – grafički alat za programiranje PLC-a



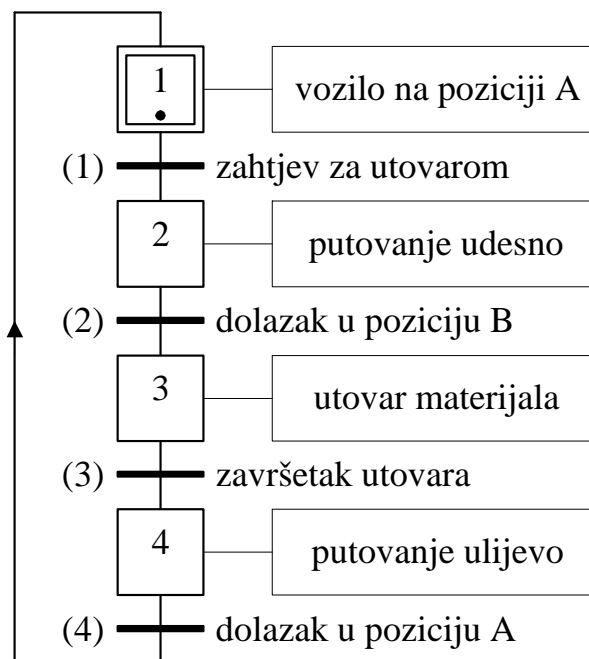
Grafcet – primjer



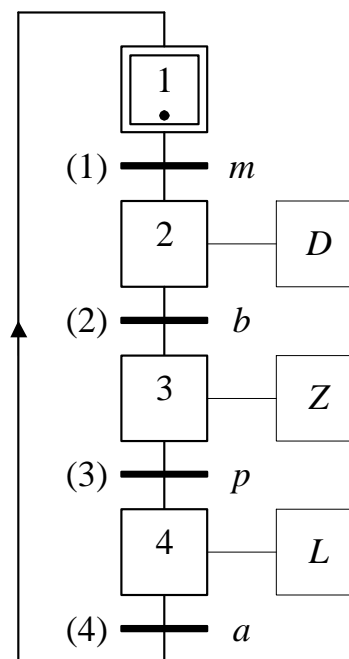
a)



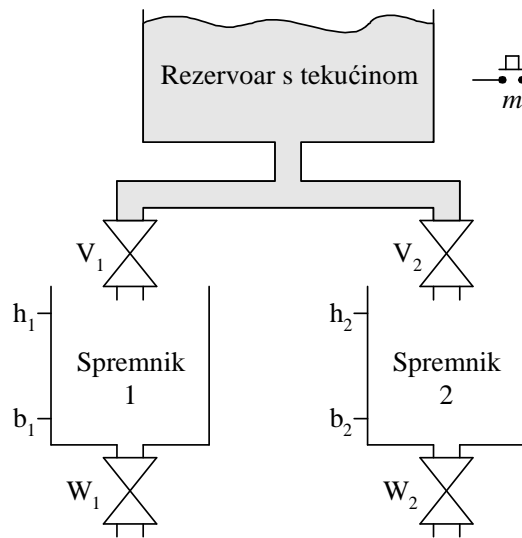
b)



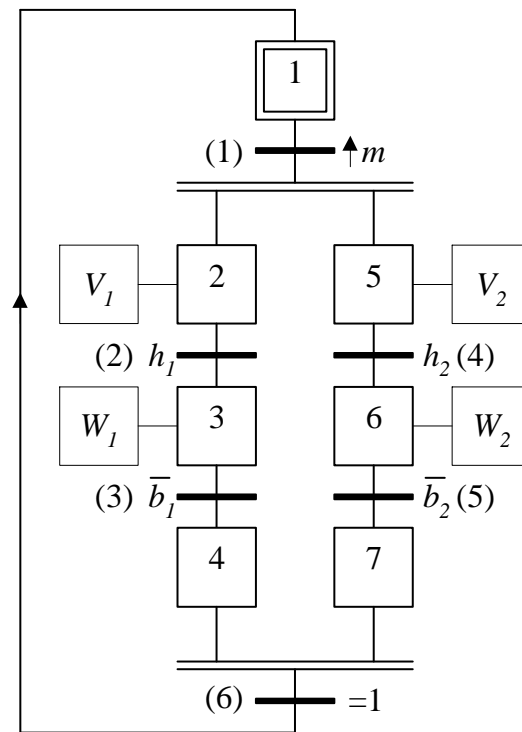
a)



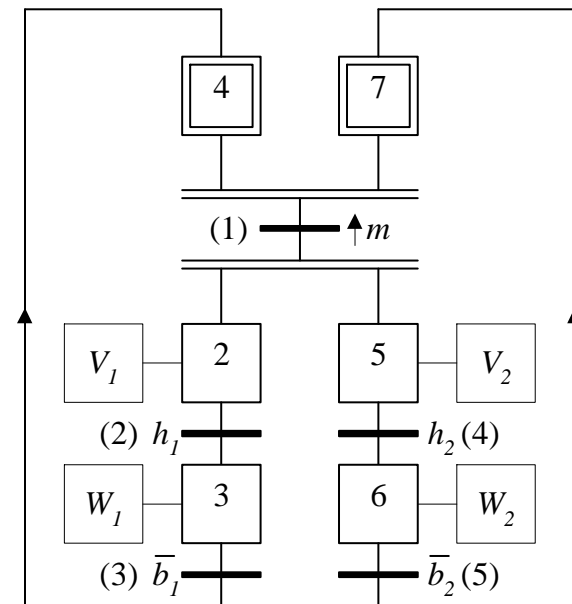
b)



Grafcet – kompleksniji primjer



a)



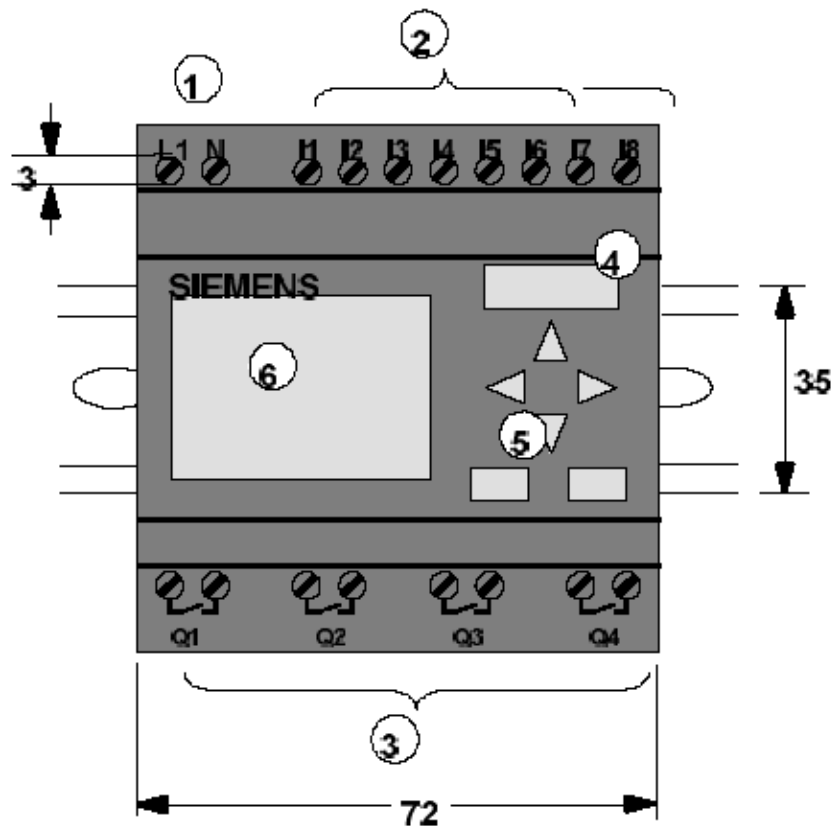
b)

PLC 'LOGO' – primjer jednostavnog PLC-a

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
- strojeva i raznih uređaja (upravljanje vratima, crpkama, ventilacijom)
- u upravljačkim ormarima

PLC 'LOGO'



Izgled i osnovni dijelovi
PLC-a LOGO Basic

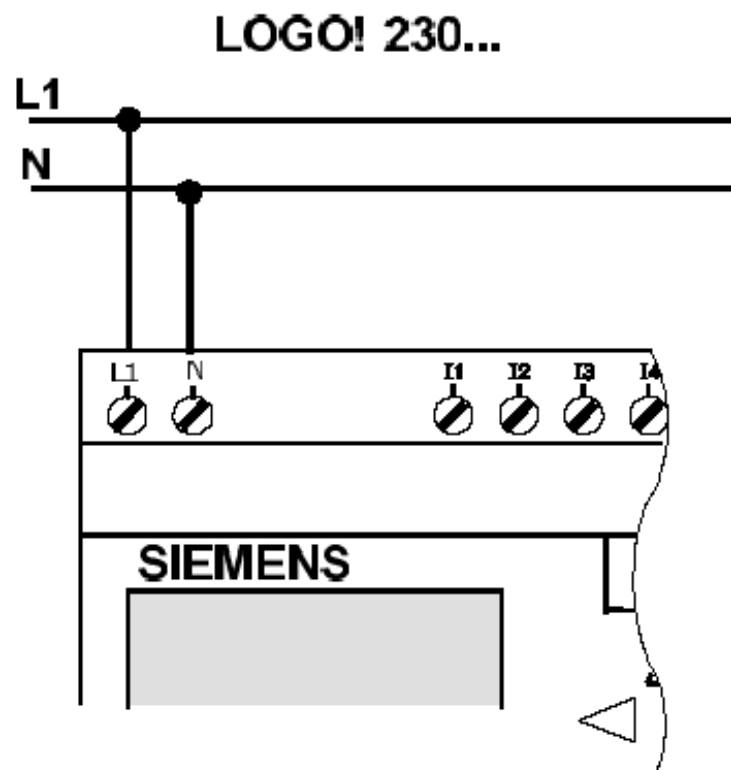
- Napajanje
- Ulazi
- Izlazi
- Priključak za PC
- Tipkovnica
- Display

PLC 'LOGO'

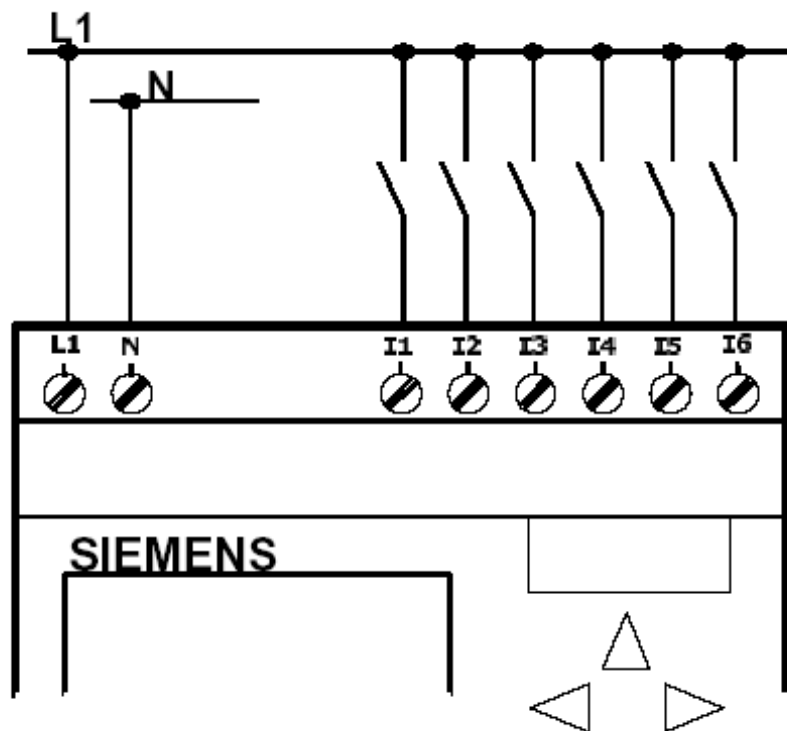
- LOGO nosi oznaku koja daje informaciju o njegovim karakteristikama
- Koristit ćemo LOGO! 230RC

Ova oznaka znači da se PLC priključuje na mrežni napon 230V AC, da ima relejne izlaze a na izlazu 230V i 10A, te da ima integrirani sat realnog vremena (timer)

Spajanje napajanja LOGO! PLCa



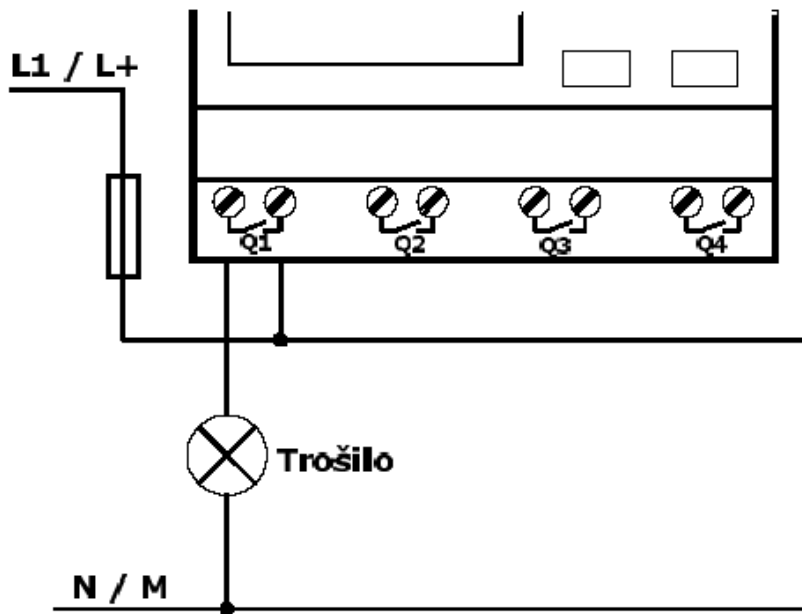
Spajanje ulaza PLCa LOGO! 230RC



Ovaj tip PLCa ima samo digitalne ulaze na koje se dovode dojavni signali sa senzora (iz procesa) ili se taj signal može simulirati spajanjem sklopke na ulazu.

- log 0 < 40V (0.03 mA)
- log 1 > 79V (0.08 mA)

Spajanje izlaza PLCa LOGO! 230RC



Izlazi ovog PLCa su digitalni što znači da stanje na izlazu može biti uključeno ili isključeno, tj. log '0' ili log '1'

Pri tom u uključenom stanju smije kod omskog opterećenja teći struja od maksimalno 10A, a kod induktivnog opterećenja maksimalno 3A.

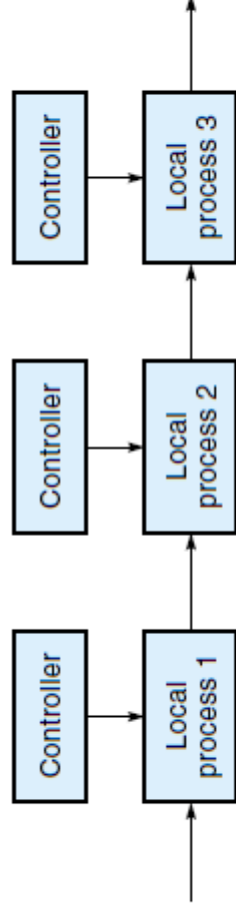
LOGO! – modovi rada

Postoje dva moda rada :

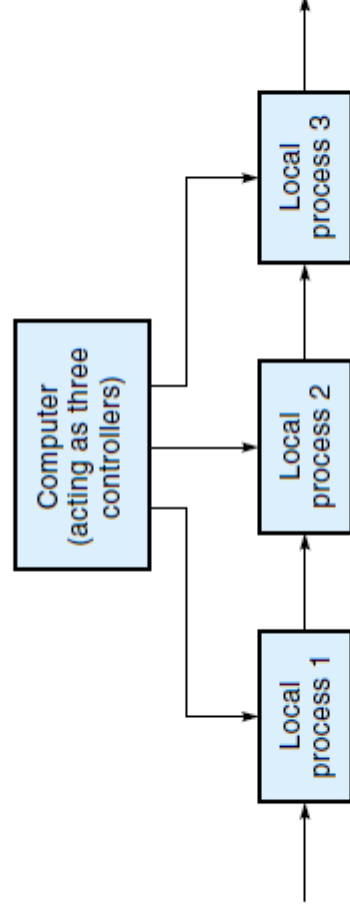
- **Stop** (kada želimo da LOGO prestane s izvođenjem programa ili za promjene programa)
- **Run** (za izvođenje već učitano programa)

Izvođenje vježbi u laboratoriju

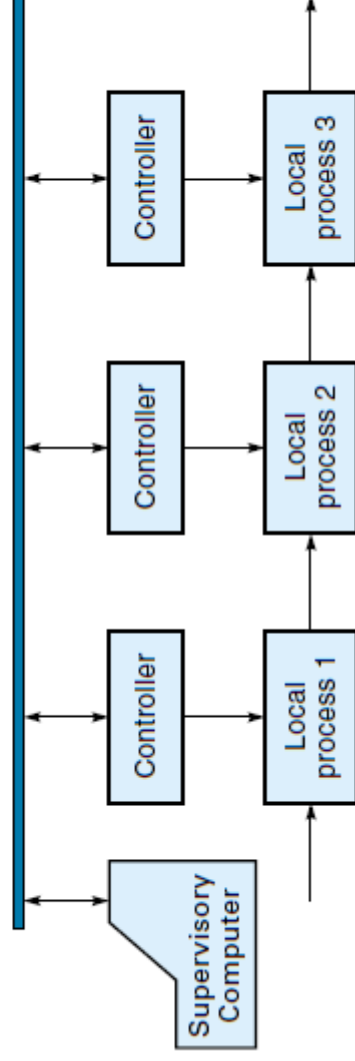
- Zadatak/problem je zadan električnom shemom ili u obliku scenarija
- Potrebno je napisati program na računalu, u SiemensLOGO!Soft: LOGOComfort_V3 programskom jeziku, specializiranom za programiranje Siemensovog PLC-a “LOGO”
- Programi se pišu u Ladder dijagramu i Funkcijskom dijagramu
- Učitati program u PLC
- Testirati program



(a) Individual local controllers



(b) Direct computer control of three processes



(c) Distributed computer control using local controllers

HIJERARHIJSKI SUSTAV AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA

