



Funded by  
the European Union

# Vrste regulacije: P, PD, PI i PID regulatori

Edin Šemić  
Univerzitet „Džemal Bijedić“ u Mostaru  
Mašinski fakultet

Automatizacija / 15.04.2025.

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."

**Partnership for Promotion and Popularization of Electrical Mobility through  
Transformation and Modernization of WB HEIs Study Programs/PELMOB**

Call: ERASMUS-EDU-2022-CBHE-STRAND-2

Project Number: 101082860

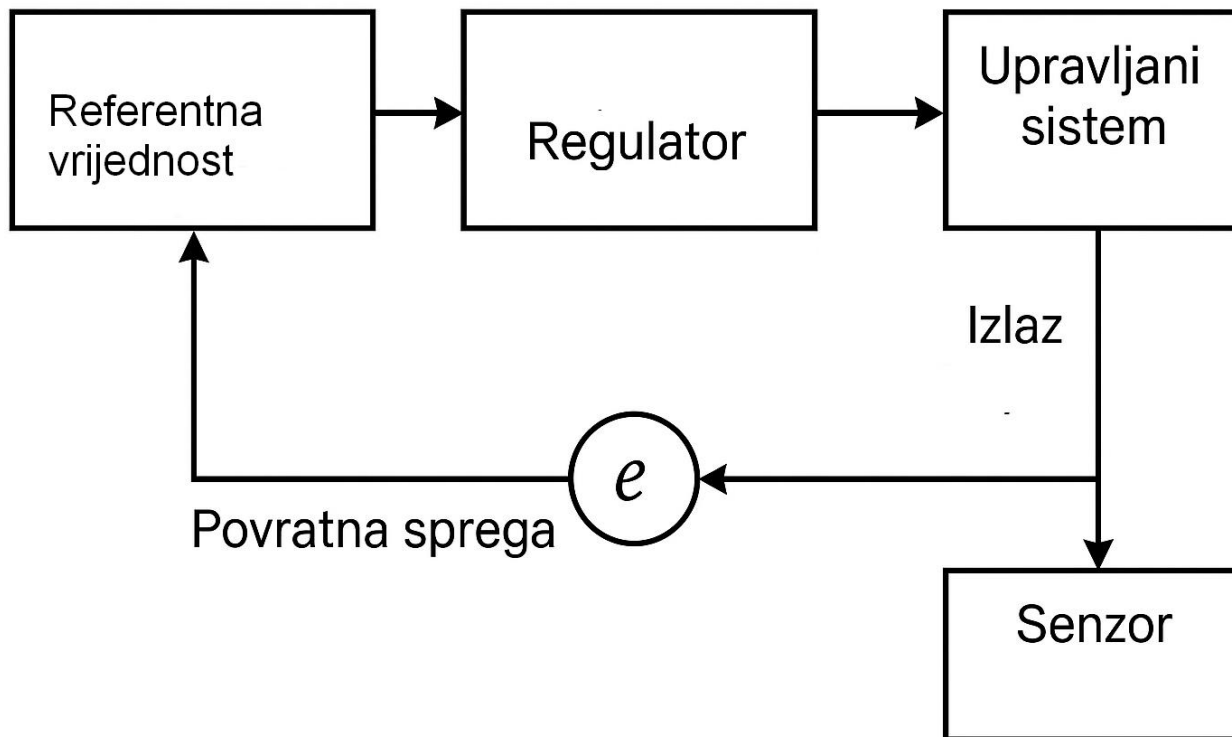
# UVOD U REGULACIJU

- **Regulacija** je proces automatskog upravljanja sistemima kako bi se postigla i održala željena vrijednost izlaza.
- **Važnost regulacije:**
  - Povećava tačnost i stabilnost sistema
  - Omogućava automatsko prilagođavanje promjenama
  - Ključna za moderne tehnološke procese i uređaje
- **Primjeri korištenja:**
  - Industrijska automatizacija (temperatura, pritisak, ...)
  - Robotika i mehatronika
  - Vozila – naročito **električni automobili**
  - Kućanski aparati

# OSNOVNI POJMOVI U REGULACIJI

- **Upravljeni sistem** je onaj sistem na koji djelujemo da bismo dobili željeni rezultat (npr. motor u automobilu).
- **Ulazni signal** je signal koji direktno utiče na upravljeni sistem kako bi se postigla željena izlazna vrijednost. Pomoću njega se vrši kontrola nad procesom.
- **Izlazna veličina** je veličina koja predstavlja stvarno stanje ili ponašanje upravljanog sistema i nju sistem pokušava održavati na željenom nivou pomoću regulacije.
- **Greška (e)** je razlika između željene (referentne) vrijednosti i stvarne izlazne vrijednosti:

$$e(t) = \text{željena vrijednost} - \text{stvarna vrijednost}$$



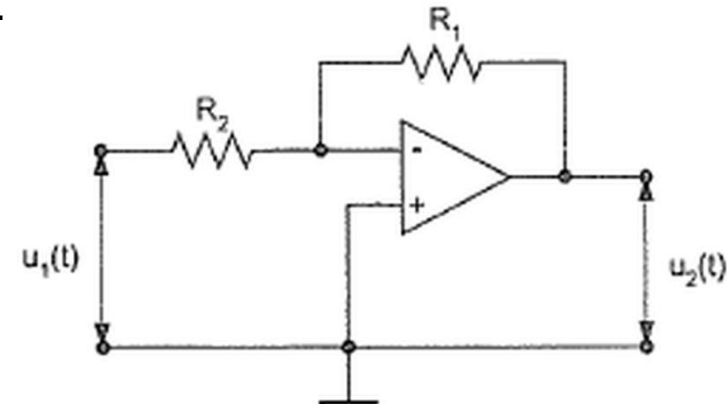
Jednostavna povratna sprega

# PROPORCIONALNI (P) REGULATOR

- P regulator generiše upravljački signal proporcionalno trenutnoj razlici između željene i stvarne vrijednosti sistema. Opisuje se jednačinom:

$$Y(t) = K_p \cdot u(t)$$

- **Primjena u praksi (npr. Kod električnih automobila):**
  - P regulacija brzine motora: povećava napon kad je brzina manja od željene i obrnuto.
- Fizički se realizuje pomoću operacionog pojačala:

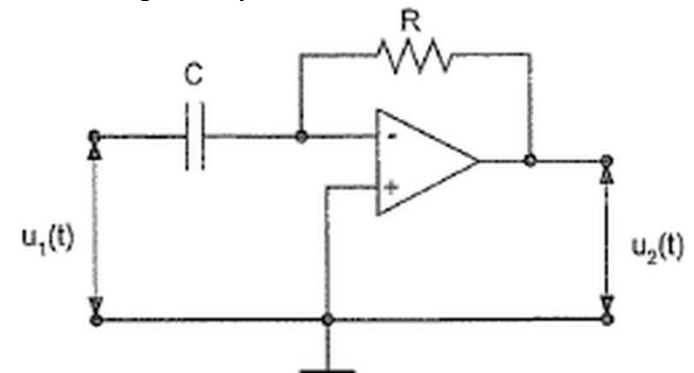


# PD REGULATOR

- Derivativni član diferencira ulazni signal i opisuje se jednačinom:

$$Y(t) = du(t) / dt$$

- **Primjena u praksi (npr. Kod električnih automobila):**
  - Kontrola upravljanja (steering control) – precizniji odziv na promjene smjera
- Ovaj regulator poboljšava odziv i smanjuje oscilacije u sistemu. Fizički se realizuje pomoću operacionog pojačala (idealni diferencijator):

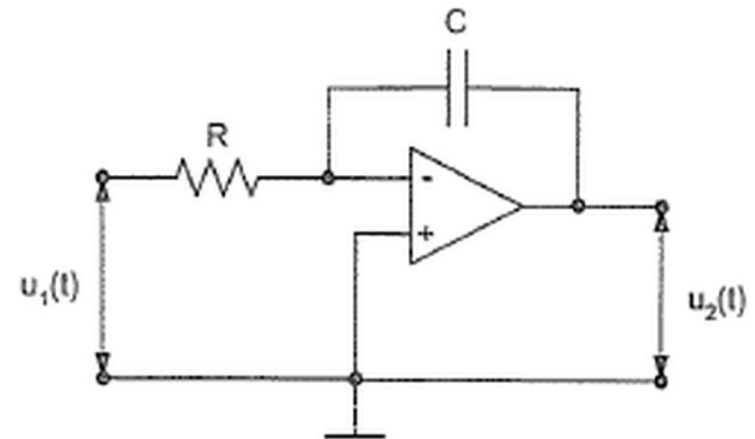


# PI REGULATOR

- Integralni član vrši integriranje ulaznog signala i opisuje se jednačinom:

$$y(t) = \int_{-\infty}^t u(t) dt$$

- **Primjena u praksi (npr. kod električnih automobila):**
  - Punjenje baterije – održavanje konstantnog napona i jačine struje
- Ovaj regulator smanjuje stacionarnu grešku. Fizički se realizuje pomoću operacionog pojačala:

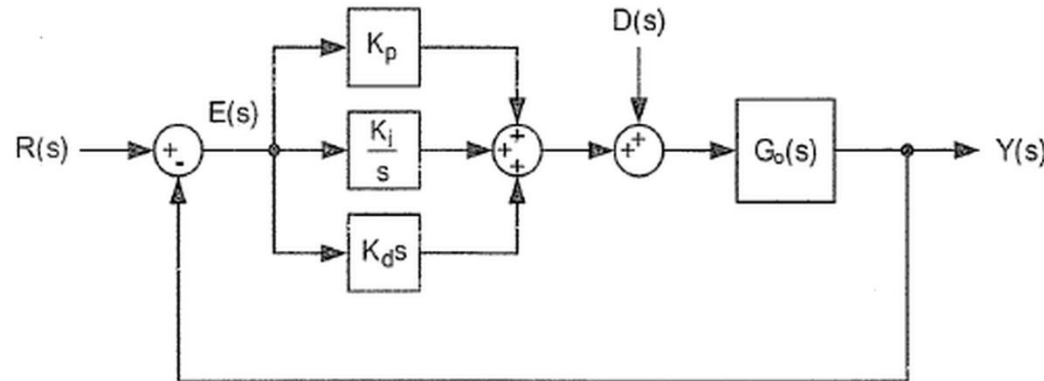


# PID REGULATOR

- PID regulator je kombinacija proporcionalnog, integrativnog i derivativnog člana i koristi se i za poboljšanje tranzijentnog odziva, kao i za eliminaciju greške ustaljenog stanja.

$$G(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s$$

- **Primjena u praksi (npr. kod električnih automobila):**
  - Kontrola brzine motora (električni pogon) – glatko i precizno ubrzavanje
- Ovaj regulator daje najbolju stabilnost, bez odziv i najveću preciznost.



# POREĐENJE OSOBINA REGULATORA

Regulator	Nivo greške	Stabilnost	Brzina odziva	Složenost
<b>P</b>	srednji	dobra	brza	niska
<b>PD</b>	srednji	odlična	vrlo brza	srednja
<b>PI</b>	niski	dobra	srednja	srednja
<b>PID</b>	vrlo niski	odlična	vrlo brza	visoka

# PID REGULATORI U ELEKTRIČNIM VOZILIMA

- **Prednosti korištenja PID regulatora:**
  - Veća udobnost vožnje
  - Manja potrošnja energije
  - Bolje upravljanje u realnom vremenu
- **Primjena u praksi (npr. kod električnih automobila):**
  - Kontrola brzine motora (električni pogon) – glatko i precizno ubrzavanje
- Ovaj regulator daje najbolju stabilnost, bez odziv i najveću preciznost.

# ZIEGLER–NICHOLS METODA ZA PODEŠAVANJE PID REGULATORA

- Ova metoda je klasična eksperimentalna metoda.
- Postavlja se  $K_i = K_d = 0$ , povećava se  $K_p$  dok sustav ne osciluje, tada se računaju  $K_i$  i  $K_d$  prema tabeli.
- $K_{kr}$  – vrijednost proporcionalnog pojačanja pri kojoj sustav počinje oscilovati ( $K_i = K_d = 0$ )
- $T_{kr}$  – period oscilovanja pri vrijednosti  $K_{kr}$
- $T_i$  – integracijsko vrijeme
- $T_d$  – derivacijsko vrijeme

Tip regulatora	$K_p$	$K_i$ ( $T_i$ )	$K_d$ ( $T_d$ )
PID	$0,6 \times K_{kr}$	$0,5 \times T_{kr}$	$0,125 \times T_{kr}$

# ZIEGLER–NICHOLS METODA

## - primjer -

- Vrijeme kašnjenja  $L = 0,2$  s
- Vremenska konstanta  $T = 0,8$  s
- Iz tabele sa prethodnog slajda dobićemo:

$$K_p = 4,8$$

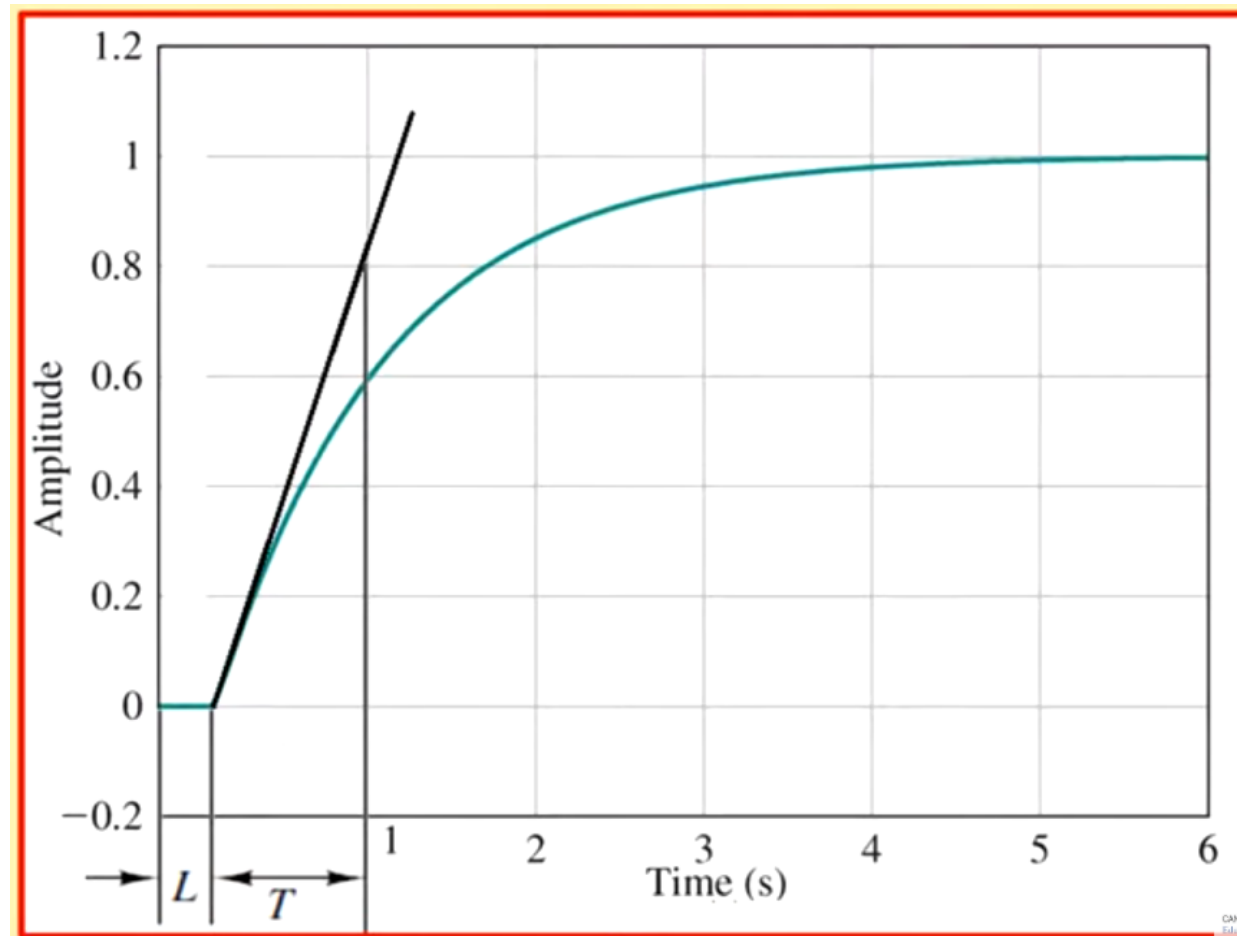
$$T_i = 0,4$$
 s

$$T_d = 0,1$$
 s

- Prenosna funkcija je data izrazom:

$$G(s) = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

$$G(s) = 0,48 \frac{(s + 5)^2}{s}$$



Dijagram prenosne funkcije

# COHEN-COON-OVE PREPORUKE ZA PODEŠAVANJE PID REGULATORA

- Cohen-Coon (C-C) procedura koristi parametre modela koji se dobiju iz Ziegler Nichols-ove procedure, tj. pretpostavlja se model procesa u formi:

$$G(s) = K_o \frac{e^{-\tau s}}{T_S + 1}$$

- Parametri *PID* regulatora se biraju iz sljedeće tabele:

Tip regulatora	K	Ti	Td
PID	$\frac{1}{K} \left( 0,25 + \frac{1,35}{\mu} \right)$	$\frac{2,5 + 0,46\mu}{1 + 0,61\mu} \tau$	$\frac{0,37}{1 + 0,19\mu} \tau$



Program: ERASMUS-EDU-2022-CBHE-STRAND-2  
Project number: 101082860



Funded by  
the European Union

**HVALA NA PAŽNJI!**