

# Tema:

## Operacijska pojačala

Nastavni sat predmeta *Osnove elektrotehnike*, siječanj 2016.

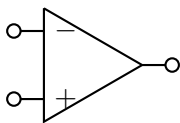
### Operacijska pojačala

**Operacijsko pojačalo** je elektronički sklop s 3 priključka

- sklop s mogućnošću povezivanja izmjeničnog i istosmjernog napona
- Služi za pojačavanje ulaznog napona
- Alternativa je ugraditi određeni broj tranzistora i otpornika, no zbog jednostavnosti i cijene ćemo rađe ugraditi operacijsko pojačalo

OP.1

- [-] Invertirajući ulaz,  
napon  $V_-$
- [+] Neinvertirajući ulaz,  
napon  $V_+$



Slika prikazuje simbol operacijskog pojačala

OP.2

### Vrste operacijskih pojačala

- *Diferencijalno pojačalo*: ulazni otpor i pojačanje jednaki su za oba ulaza
- *Pojačalo s asimetričnim ulazom u neinvertirajućem spoju*: Ulazni otpor sklopa vrlo velik, ulazni signal na izlazu pojačan i nepromijenjene faze
- *Pojačalo s asimetričnim ulazom u invertirajućem spoju*: Ulazni otpor možemo prilagoditi po potrebi; izlazni signal fazno pomaknut za  $180^\circ$

OP.3

### Idealna pojačala

- Beskonačno pojačanje otvorene petlje ( $A = \infty$ )
- Beskonačni ulazni otpor ( $R_i = \infty$ )
- Izlazni otpor jednak nuli ( $R_o = 0$ )
- Naponski pomak na ulazu (offset) jednak nuli
- Gornja granična frekvencija u beskonačnosti ( $f_g = \infty$ )

U praksi:

- Veliko, ali ne beskonačno pojačanje
- Naponski pomak različit je od nule,
- a gornja granična frekvencija ima konačan iznos

I dalje ih zovemo idealnima s obzirom na relativno male razlike.

OP.4

## Rješavanje krugova – metode

**Razlog:** potreba za računanjem i procjenom pojedinih djelova sklopa

**Metode** uključuju Kirchoffove zakone, Ohmov zakon, djelitelj napona, Théveninov teorem. . .

**Ohmov zakon**  $I = \frac{U}{R}$

**Kirchhoffovi zakoni**

**Struje:** U svakom čvoru zbroj struja koje ulaze = zbroju struja koje izlaze.

**Naponi:** Unutar zatvorene petlje suma napona je jednaka nuli.

**Djelitelj napona:** dva napona i dva otpora

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

To povlači sljedeće:

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

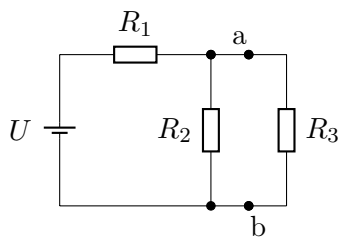
**Theveninov teorem (metoda praznog hoda)**

Ova metoda omogućava da se odredi struja i pad napona samo na nekom određenom mjestu mreže

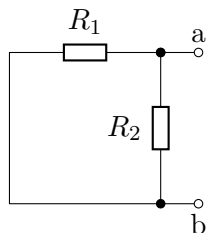
1. Odvojimo od mreže element na kojem računamo napon i struju i na tom mjestu računamo Théveninov napon  $U_t$
2. Na dijelu mreže koji je preostao kratko spojimo naponski izvor i računamo Theveninov otpor  $R_t$
3. Novi nadomjesni izvor ima EMS  $U_t$  i unutrašnji otpor  $R_t$ .
4. Nadomjesnom otporu i izvoru mreže "vratimo" dio mreže koji smo prije odvojili, struju računamo izravno.

OP.5

## Primjer računanja primjenom Théveninovog teorema



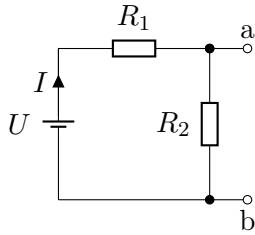
*Zadatak:* izračunati struju kroz  $R_3$  i pad napona na njemu.



Postupak:

1. na mjestu **a-b** odvojimo otpornik  $R_3$ .
2. Na ostatku mreže, *izvor napona kratko spojimo*, a na izvodima **a-b** računamo *nadomjesni otpor*  $R_t$

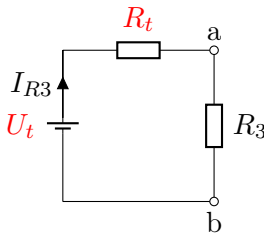
$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$



3. *izvor napona* vratimo na njegovo mjesto, a na izvodima **a-b** računamo *napon praznog hoda*  $U_t$

$$U_{ab} = U_t = IR_2$$

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2}$$



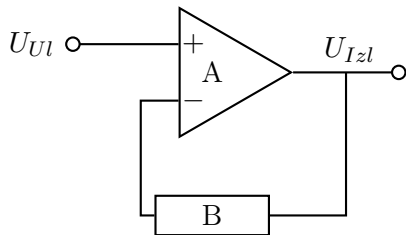
4. Cijelu mrežu s *lijeve strane* točaka **a-b** zamijenimo ranije izračunatim nadomjesnim vrijednostima: nadomjesnim (Théveninovim) naponskim izvorom  $U_t$  i nadomjesnim (Théveninovim) otporom  $R_t$ . S *desne strane* točaka **a-b** vratimo element koji smo izdvojili u točki 1.

$$I_{R3} = \frac{U_t}{R_3 + R_t}$$

$$U_{R3} = I_{R3}R_3$$

### Operacijska pojačala – pojačanje

- Često ulaz povezujemo s izlazom, time ostvarujemo *povratnu vezu*



Ako pojačanje označimo s  $G$ , vrijedi:

$$G = \frac{1}{\frac{1}{A} + B}$$

$$G = \frac{A}{1 + AB};$$

$$G \approx \frac{1}{B}, A \gg$$

Povratna veza, općenito:

$$U_{Izl} = (U_{Ul} - B \cdot U_{Izl}) \cdot A$$

$$\frac{U_{Izl}}{U_{Ul}} = \frac{A}{1 + B \cdot A} \approx \frac{1}{B}, A \gg$$

### Prijenosna funkcija s povratnom vezom

**A** – pojačanje direktne grane

**B** – pojačanje povratne grane

- Kada je  $AB < 0 \Rightarrow G > A$ , povratna veza je *pozitivna*; nedostaci poput nestabilnosti, oscilacija, smetnji...
- Pri  $AB > 0 \Rightarrow G < A$ , povratna veza je *negativna*: smanjeno je pojačanje, no povećana stabilnost i imunost na smetnje

OP.8

### Primjena

Operacijska pojačala su ekonomičnija i lakša za implementaciju od sklopova s tranzistorima.

Brojne primjene, uz odgovarajuće komponente možemo ih koristiti kao niz korisnih pomagala:

- Audio i video pojačala,
- komparatori napona,
- diferencijalna pojačala,
- diferencijatori i integratori,
- aktivni i elektronički filtri,
- vrlo točni ispravljači,
- naponski i strujni regulatori,
- oscilatori,
- generatori valnih funkcija
- ...

OP.9