

Nastavni sat

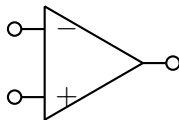
Operacijska pojačala

Predmet *Osnove elektrotehnike*, siječanj 2016.

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

- Invertirajući ulaz,
napon V_-
- + Neinvertirajući ulaz,
napon V_+



Slika prikazuje
simbol operacijskog
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°

- ▶ 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.

Razlog: potreba za računanjem i procjenom pojedinih dijelova sklopa

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

Rješavanje krugova – metode (nast.)

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:

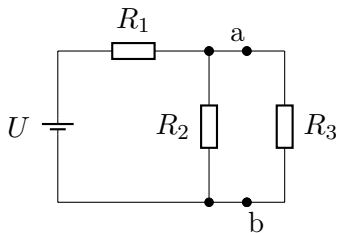
$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

Thevéninov teorem (metoda praznog hoda)

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

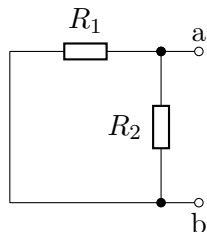
1. Odvojimo od mreže element na kojem računamo napon i struju i na tom mjestu računamo Théveninov napon U_t
2. Na dijelu mreže koji je preostao kratko spojimo naponski izvor i računamo Thevéninov otpor R_t
3. Novi nadomjesni izvor ima EMS U_t i unutrašnji otpor R_t .
4. Nadomjesnom otporu i izvoru mreže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

Primjer računanja primjenom Théveninovog teorema



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

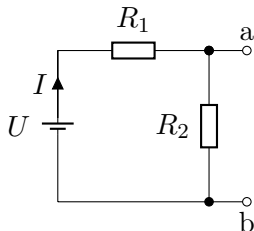
Postupak:



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**

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

Primjer računanja primjenom Théveninovog teorema (nast.)

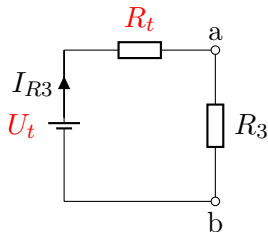


3. **izvor napona** vratimo na njegovo mjesto, a na izvodima **a-b** računamo **napon praznog hoda U_t**

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

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

Primjer računanja primjenom Théveninovog teorema (nast.)



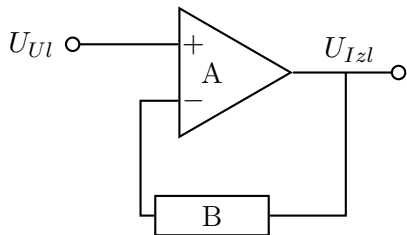
4. Cijelu mrežu s **lijeve strane** točaka **a-b** zamijenimo ranije izračunatim nadomjesnim vrijednostima: nadomjesnim (Théveninovim) naponskim izvorom U_t i nadomjesnim (Théveninovim) otporom R_t . S **desne strane** točaka **a-b** vratimo element koji smo izdvojili u točki 1.

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

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

Operacijska pojačala – pojačanje

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



Ako pojačanje označimo s G , vrijedi:

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

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

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

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

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
- ▶ ...