

OSNOVE ELEKTRONSKIH KOMPONENTI I KOLA

Biomedicinski inženjering

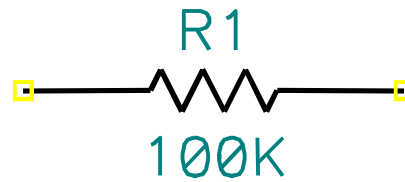


PONOVIDI!

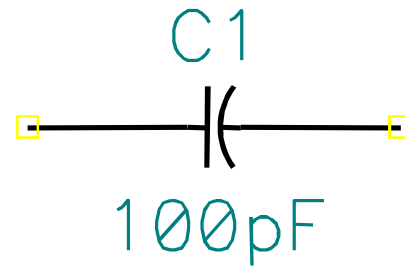
- Omov zakon
- I i II Kirhofov zakon
- Tevenenovu teoremu
- Naponski i strujni razdelnik
- Teoremu superpozicije
- Bodeove dijagrame i preteke stabilnosti

Pasivni elementi u elektronici

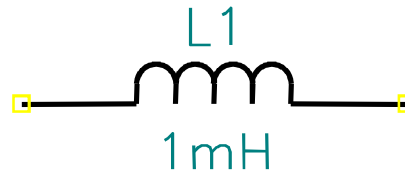
- Otpornik



- Kondenzator

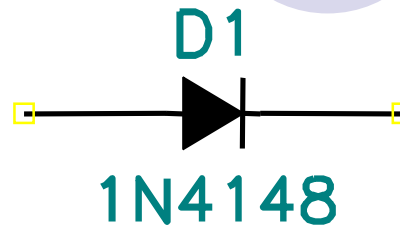


- Prigušnica

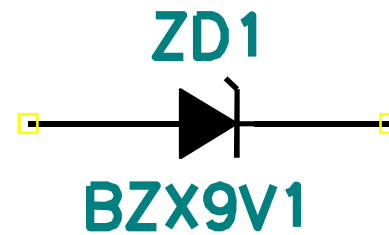


Diode

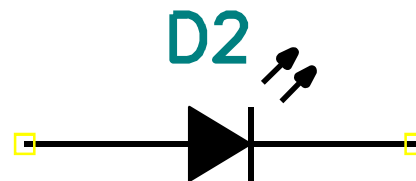
- Dioda



- Zener dioda

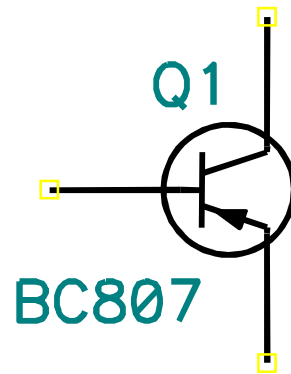


- LED

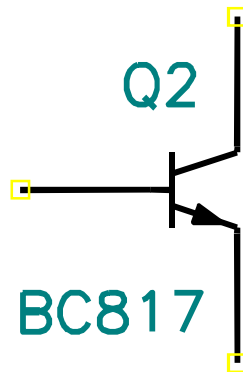


Bipolarni tranzistori

● PNP

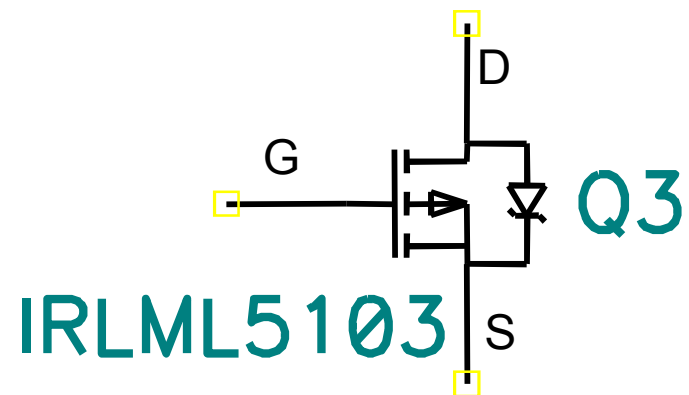


● NPN

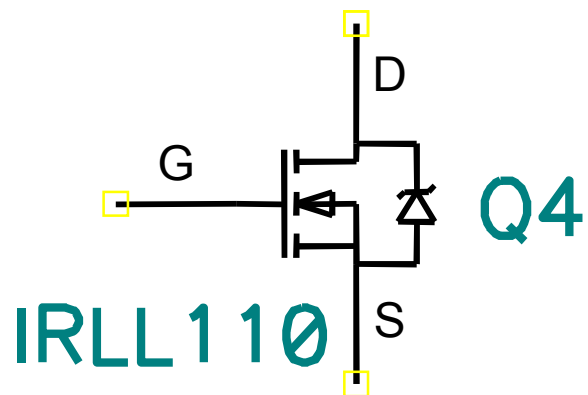


MOSFET tranzistori

● P kanalni



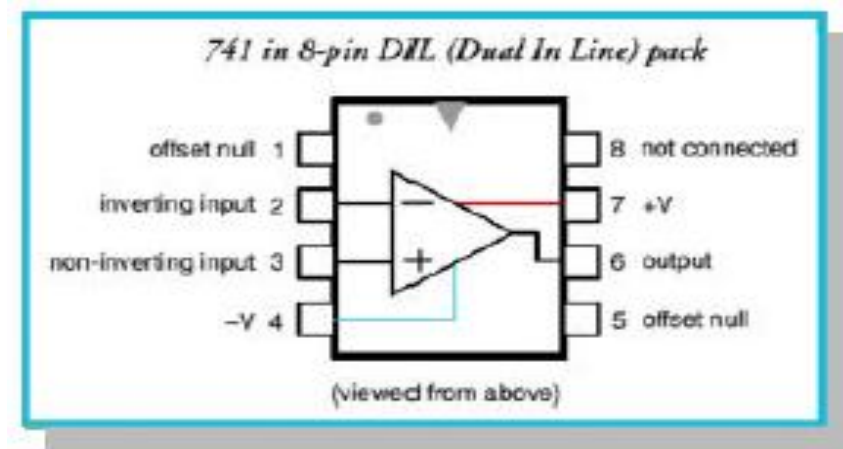
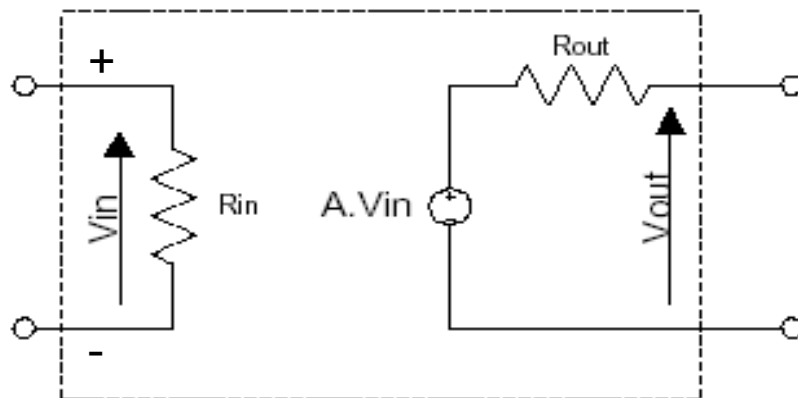
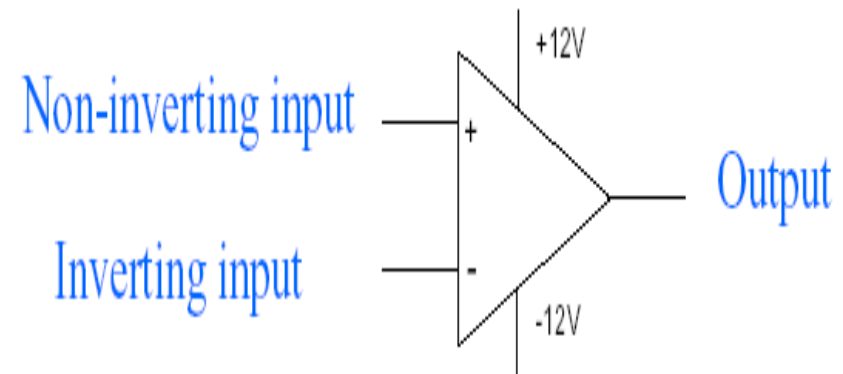
● N kanalni



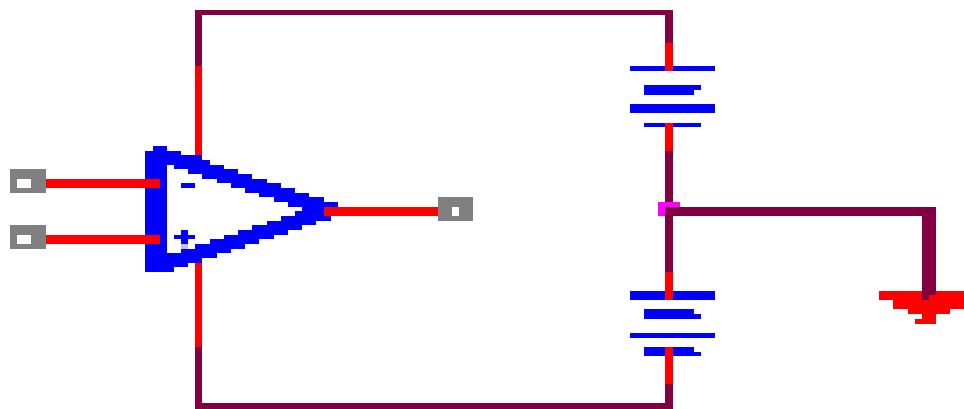
OPERACIONI POJAČAVAČ

OP.AMP.

Izgled, model i šematska oznaka operacionog pojačavača



Napajanje operacionog pojačavača



- Uvek mora postojati napajanje OP.AMP.-a
- Uobičajene vrednosti su $\pm 12V$ ili $\pm 15V$
- Priključci za napajanje OP.AMP.-a se na šemama najčešće izostavljaju, napajanje se podrazumeva.



Idealan operacioni pojačavač

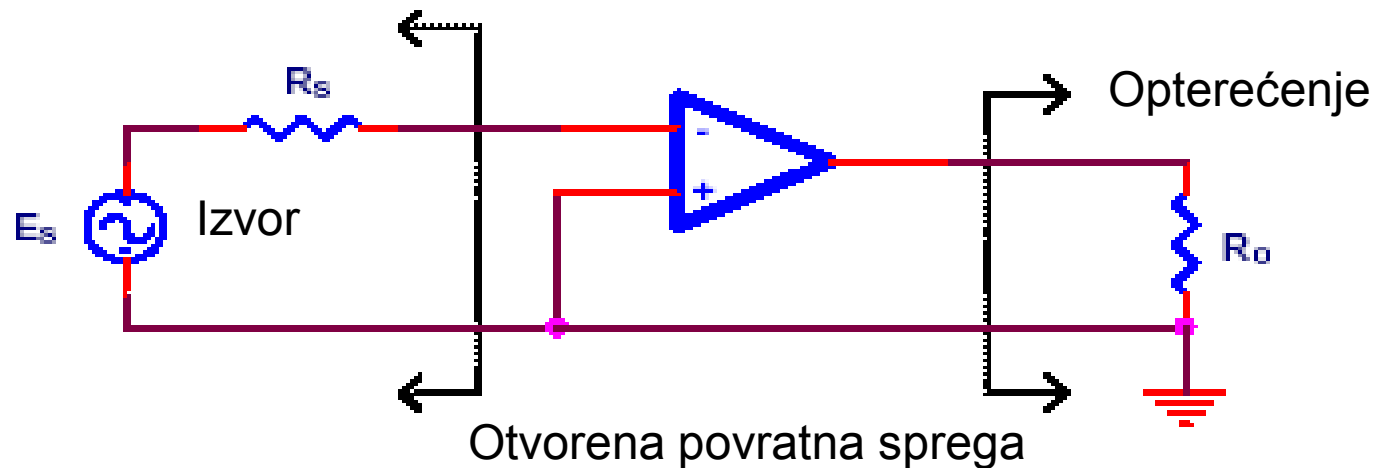
- Fikcija koja nam olakšava analizu elektronskih kola baziranih na OP.AMP.
- Karakteristike realnog OP.AMP.-a teže ka karakteristikama idealnog
- U mnogim slučajevima tačnost analize kola modelovanog idealnim OP.AMP.-ovima je sasvim zadovoljavajuća
- Problemi nastaju kad OP.AMP. radi u režimu bliskom graničnim vrednostima parametara

Karakteristike idealanog operacionog pojačavača

- Beskonačno diferencijalno pojačanje
- Beskonačna ulazna impedansa
- Nulta izlazna impedansa
- Beskonačan faktor CMRR
- Beskonačno širok propusni opseg
- Beskonačan ulazni i izlazni dinamički opseg

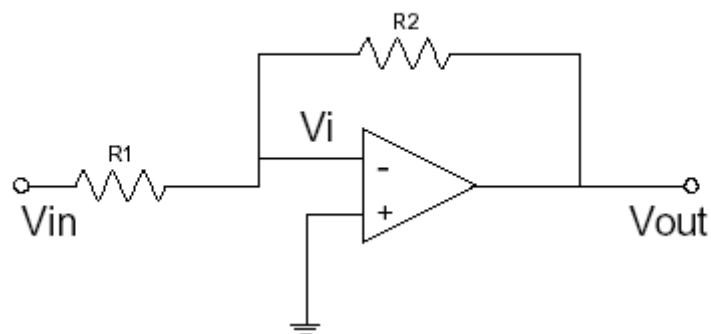


Virtualna masa



- Da bi se dobio konačan napon na izlazu, pri beskonačnom pjačanju OP.AMP.-a, neophodno je da ulazni napon teži nuli
- Pri analizi se smatra da se ulazi OP.AMP.-a nalaze na istom potencijalu koji se naziva **virtuelna masa**
- **Virtuelna masa** ne mora biti na potencijalu mase kola

Invertujući pojačavač



$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R2}{R1}$$

Pošto je ulazna impedansa OP.AMP. beskonačna nema struje koja ulazi u OP.AMP. te važi:

$$\frac{V_{in} - V_i}{R1} = \frac{V_i - V_{out}}{R2}$$

$$V_i - V_{out} = \frac{R2}{R1}(V_{in} - V_i)$$

$$V_{out} = -AV_i$$

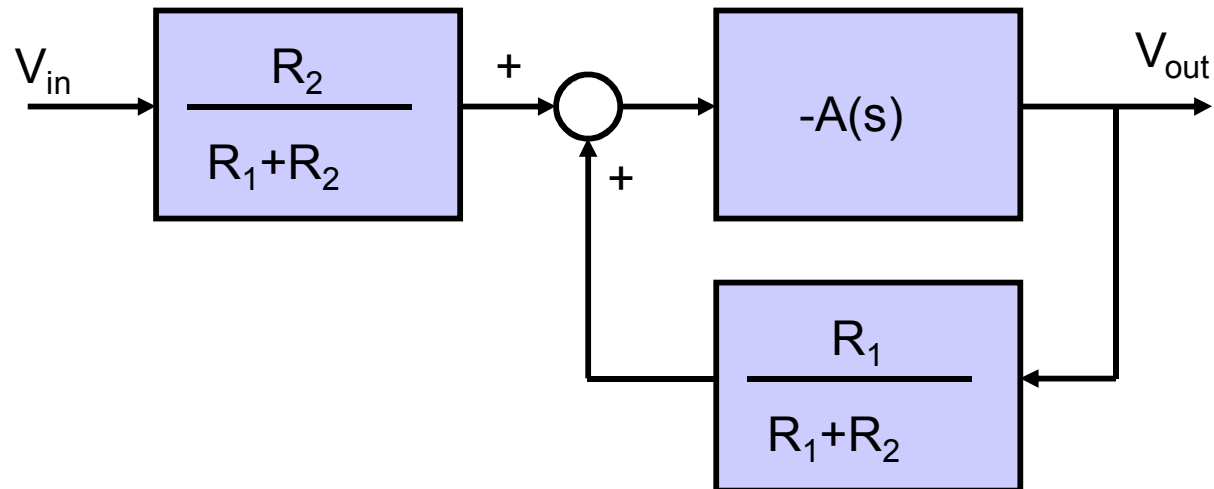
$$-\left(\frac{1}{A} + 1\right)V_{out} = \frac{R2}{R1}\left(V_{in} + \frac{V_{out}}{A}\right)$$

$$-\left(\frac{1}{A} + 1 + \frac{R2}{A \cdot R1}\right)V_{out} = \frac{R2}{R1}V_{in}$$

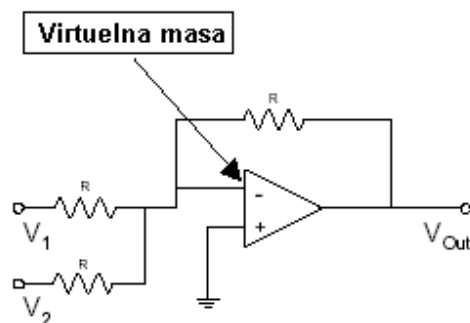
Za A koje teži beskonačnosti:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R2}{R1}$$

Funkcija prenosa invertujućeg pojačavača



Sabirač



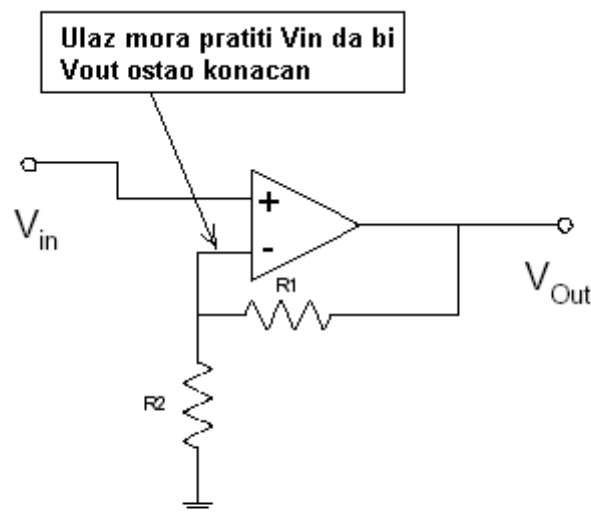
$$V_{out} = -(V_1 + V_2)$$

Suma struja u čvoru virtuelne mase mora biti nula, a zbog beskonačne ulazne impedanse OP.AMP.-a struja prema OP.AMP.-u je nula te važi:

$$\frac{V_1}{R} + \frac{V_2}{R} + \frac{V_{out}}{R} = 0$$
$$V_{out} = -(V_1 + V_2)$$

Primetite negativan predznak izlaznog napona!

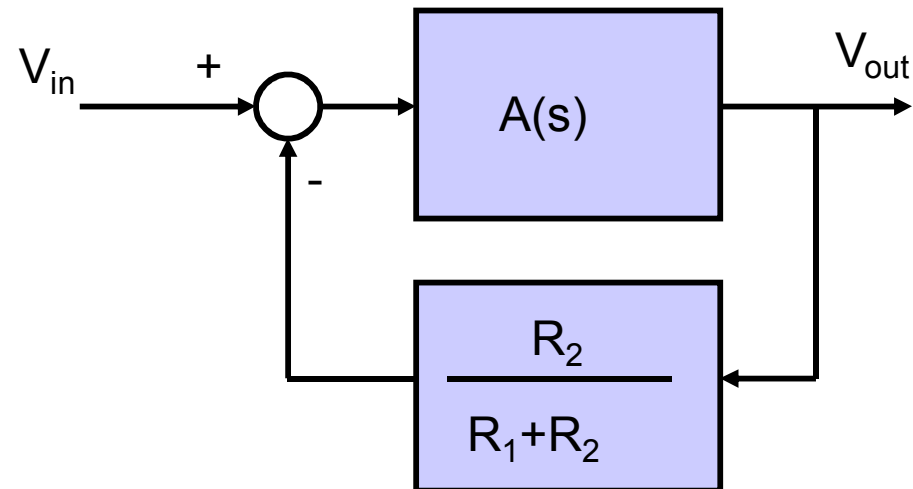
Neinvertujući pojačavač



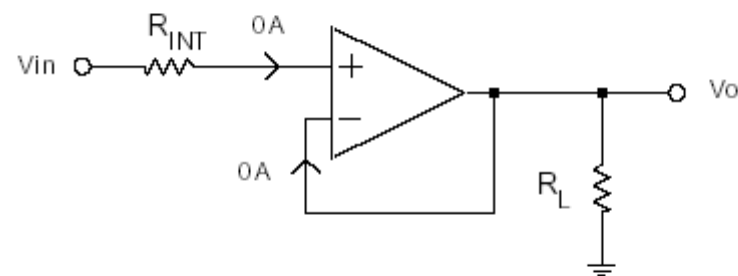
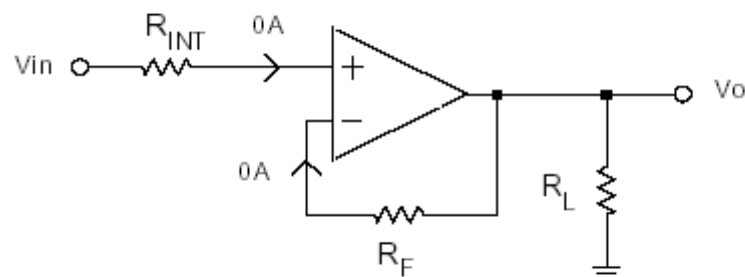
$$\frac{R2}{R1 + R2} V_{out} = V_{in}$$
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R1 + R2}{R2}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R1 + R2}{R2}$$

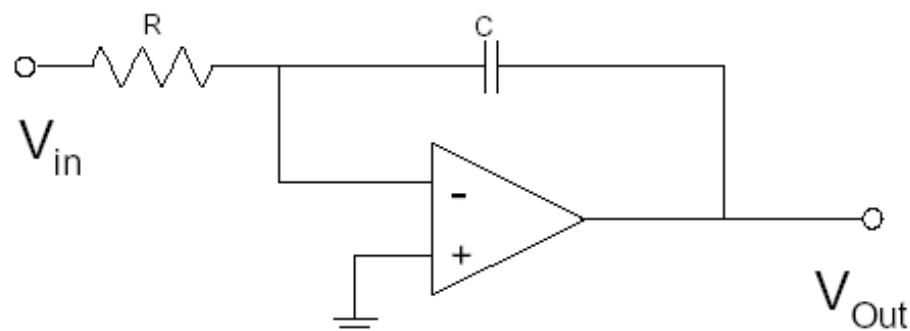
Funkcija prenosa neinvertujućeg pojačavača



Bafer sa jediničnim pojačanjem



Integrator



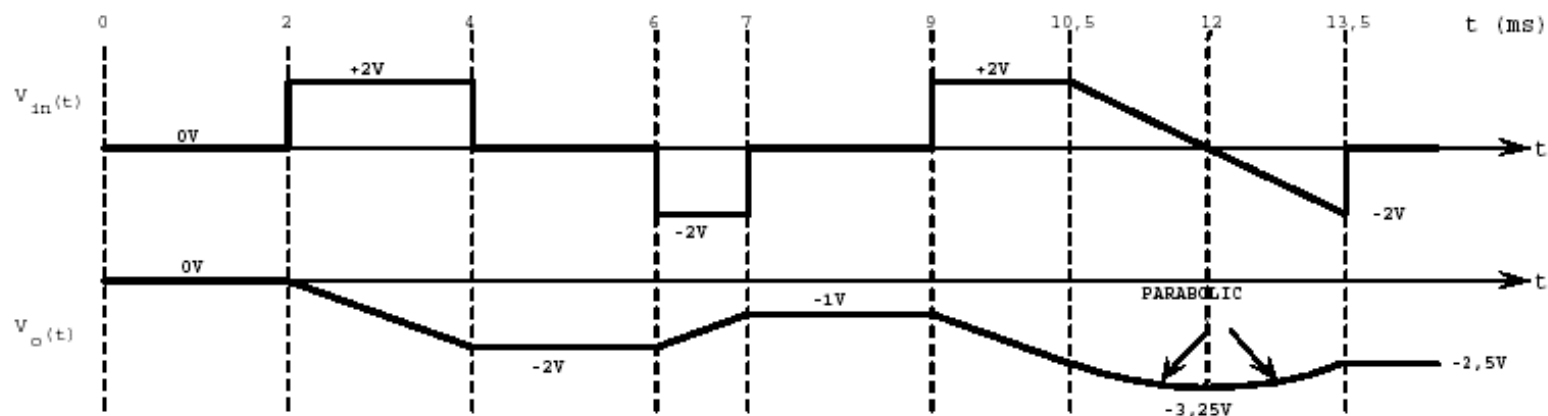
$$\frac{V_{in}}{R} + C \frac{dV_{out}}{dt} = 0$$

$$\frac{dV_{out}}{dt} = -V_{in} \frac{1}{RC}$$

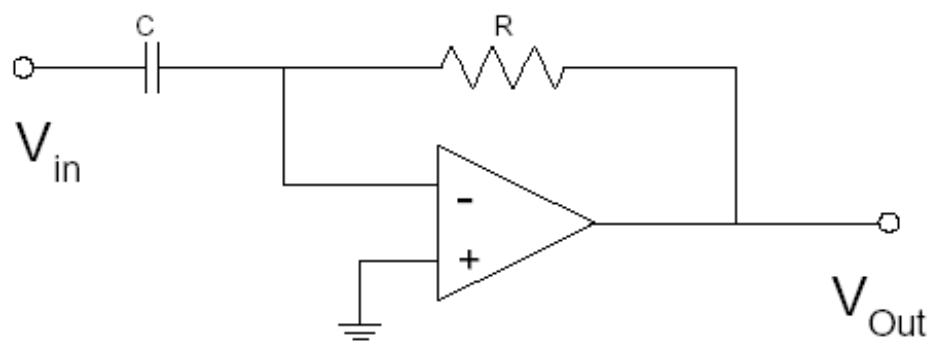
$$V_{out} = -\frac{1}{RC} \int V_{in} dt$$

$$V_{out} = -\frac{1}{RC} \int V_{in} dt$$

Primetite negativan predznak izlaznog napona!



Diferencijator



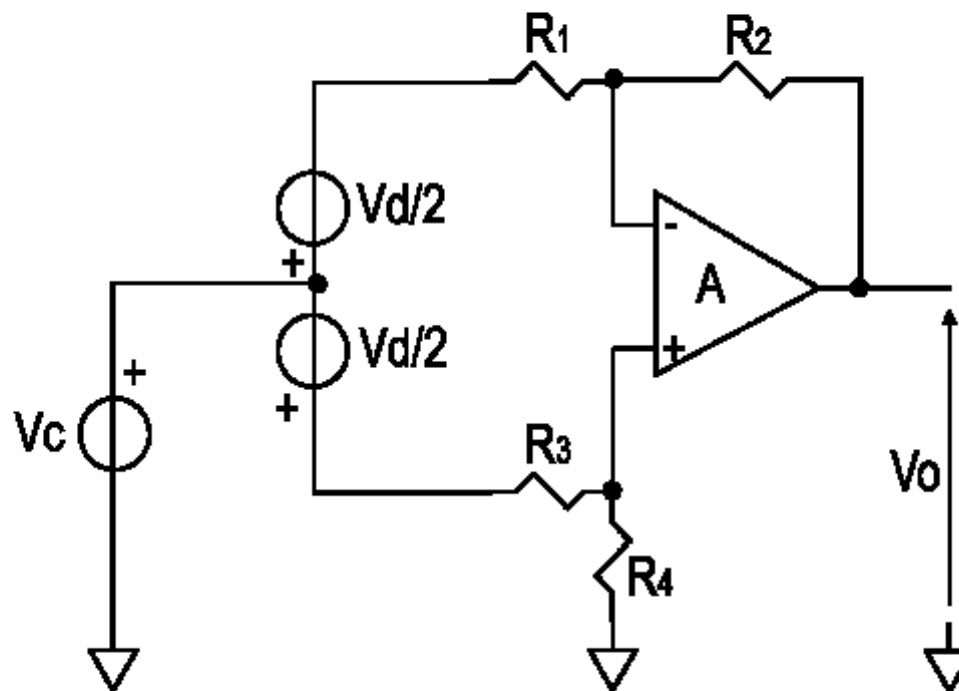
$$\frac{V_{out}}{R} + C \frac{dV_{in}}{dt} = 0$$

$$V_{out} = -RC \frac{dV_{in}}{dt}$$

$$V_{out} = -RC \frac{dV_{in}}{dt}$$

Primetite negativan predznak
izlaznog napona!

Diferencijalni pojačavač



$$\frac{V_o}{V_d} = \frac{R_2}{R_1}$$

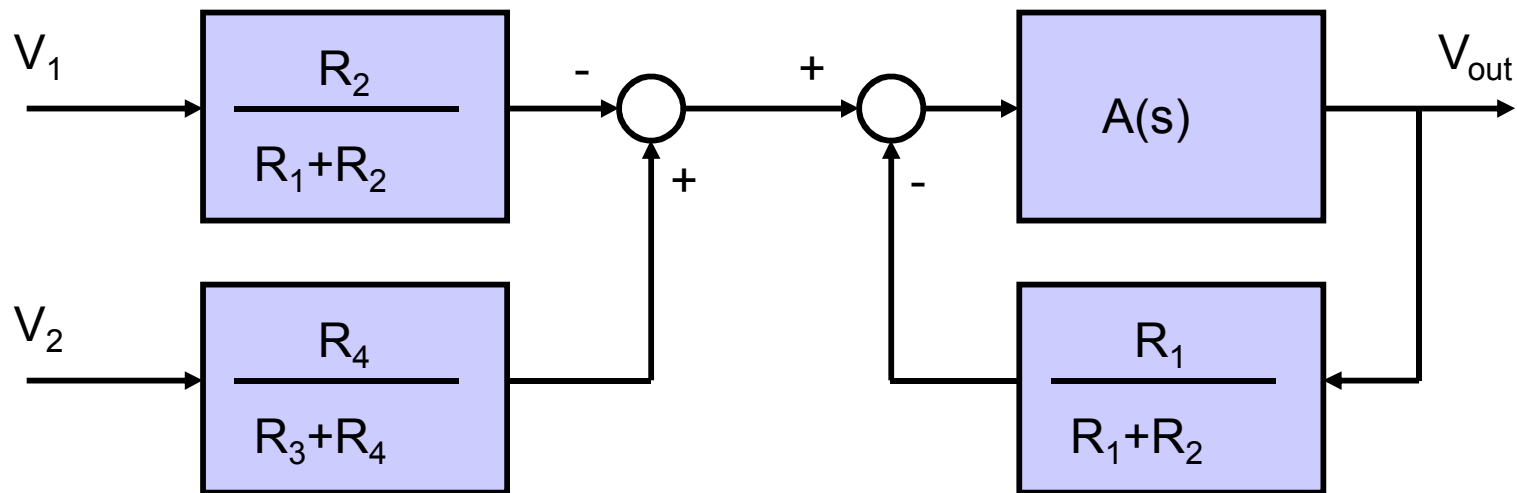
Za:

$$R_3 = R_1$$

$$R_4 = R_2$$

$$A_d = \frac{V_o}{V_d} \quad \text{za } V_c = 0; \quad A_c = \frac{V_o}{V_c} \quad \text{za } V_d = 0; \quad CMRR = 20 \log \frac{A_d}{A_c}$$

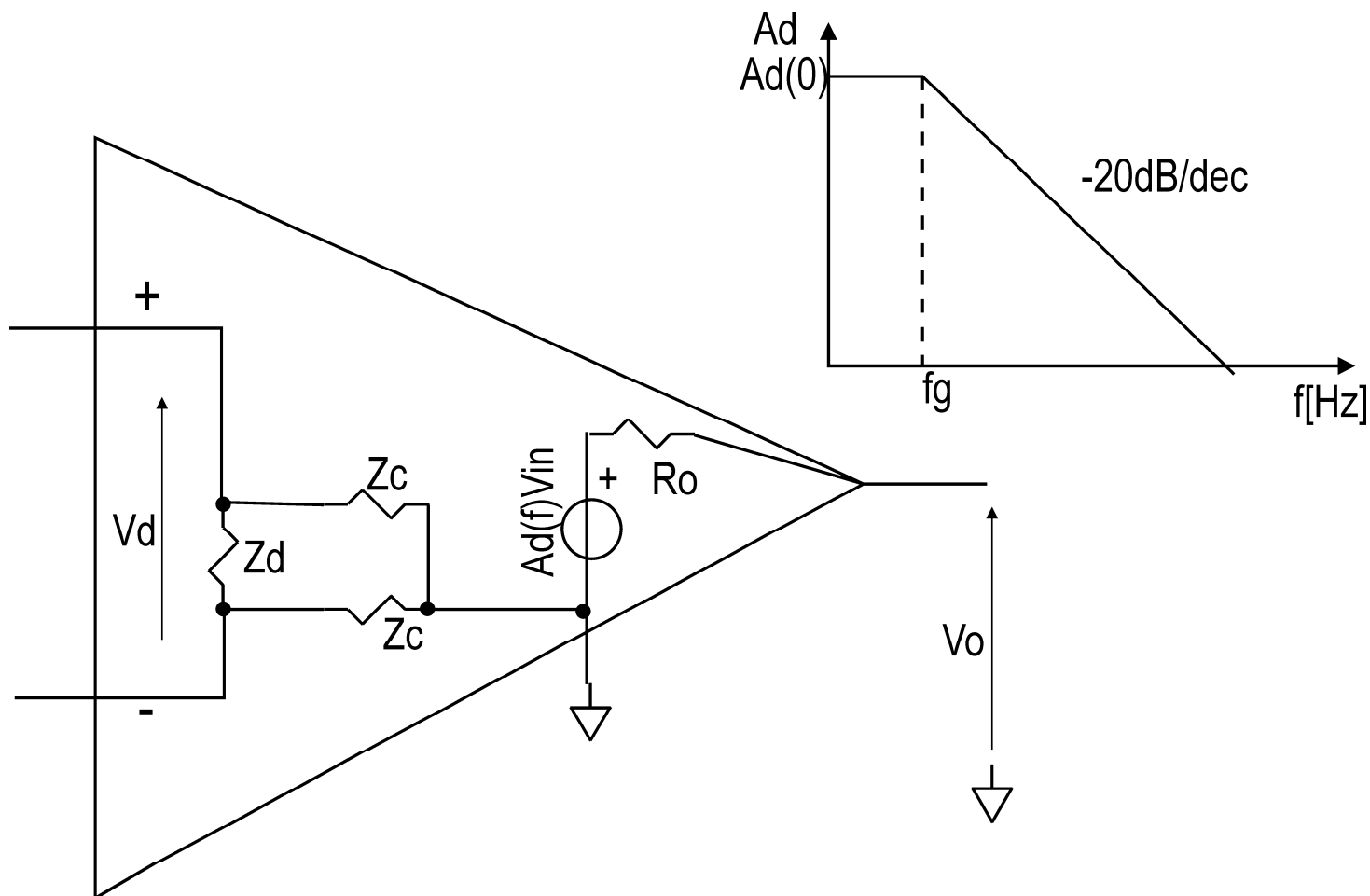
Funkcija prenosa diferencijalnog pojačavača



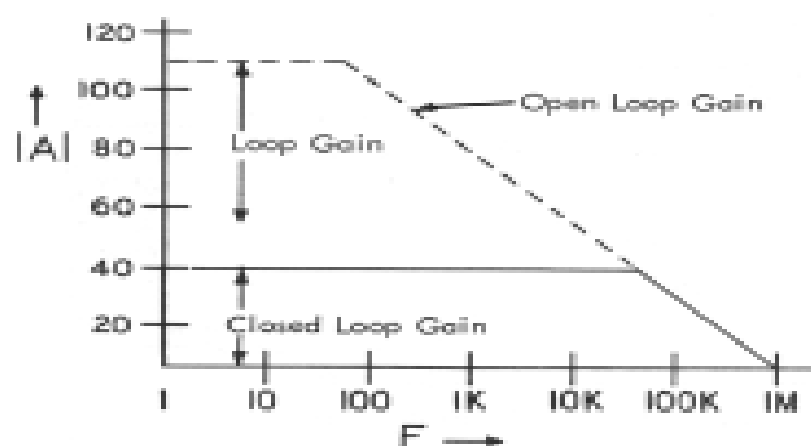
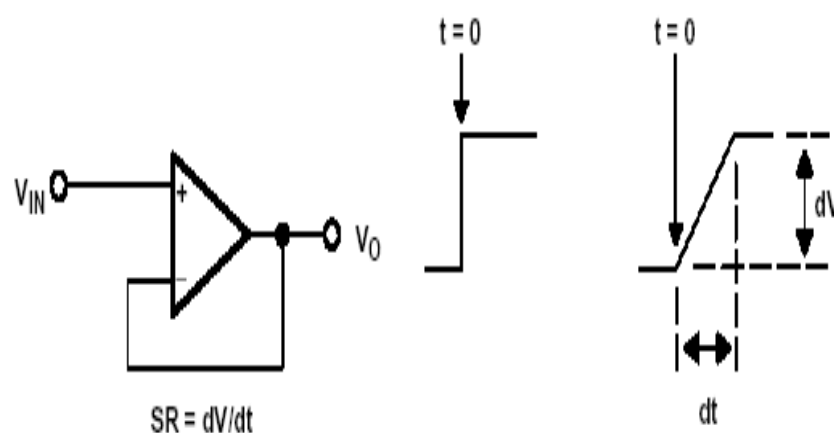
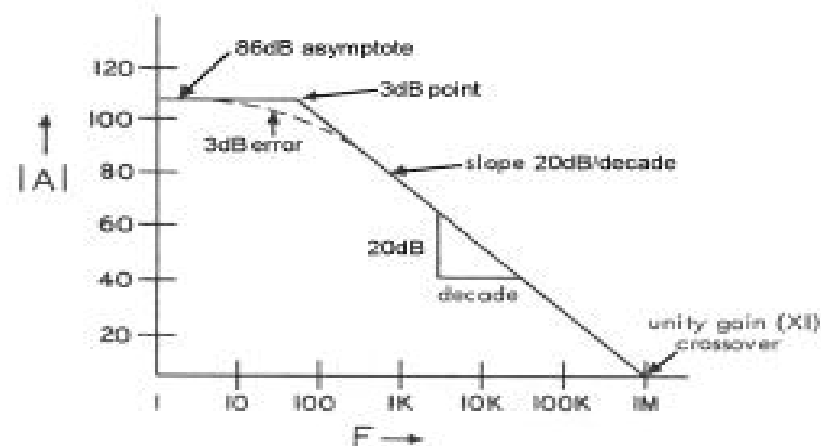
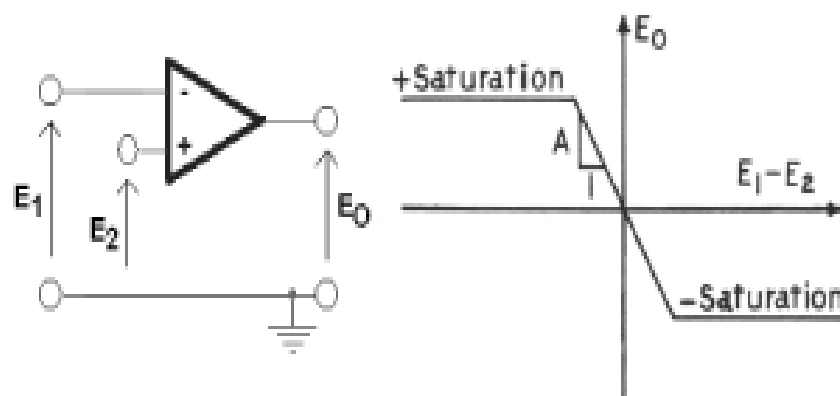
Realan operacioni pojačavač

- Diferencijalno pojačanje konačno; preko 100dB
- $\text{CMRR} = 20\log(A_{\text{dif}}/A_{\text{cm}})$ oko 100dB
- Propusni opseg konačan
- Ulazne impedanse i do više $\text{G}\Omega$
- Izlazna impedansa nekoliko Ω
- Dinamički opseg ograničen naponom napajanja
- Ofset različit od nule; od μV naviše
- Struja polarizacije različita od nule; od pA naviše
- Vreme uspostave izlaznog signala veće od nule

Realan operacioni pojačavač



Prikaz nekih karakteristika realnih operacionih pojačavača

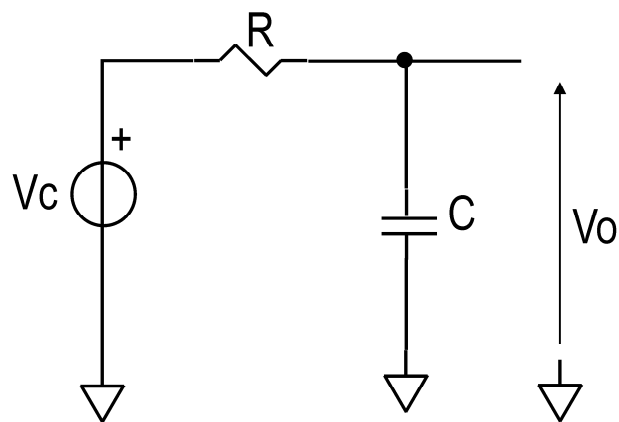


The slide features five light purple circles arranged in two rows. The top row contains three circles, and the bottom row contains two circles. The title text is centered over the top row, and the subtitle text is positioned to the right of the bottom row.

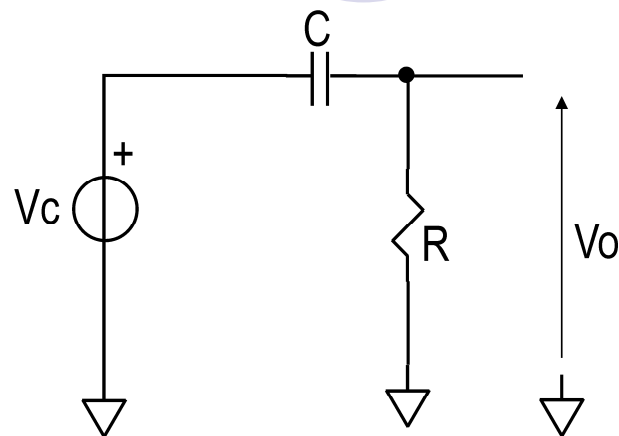
ANALOGNI FILTRI

Pasivni i aktivni

Pasivni filtri



$$V_o = V_c \frac{1}{1 + sRC}$$



$$V_o = V_c \frac{sRC}{1 + sRC}$$

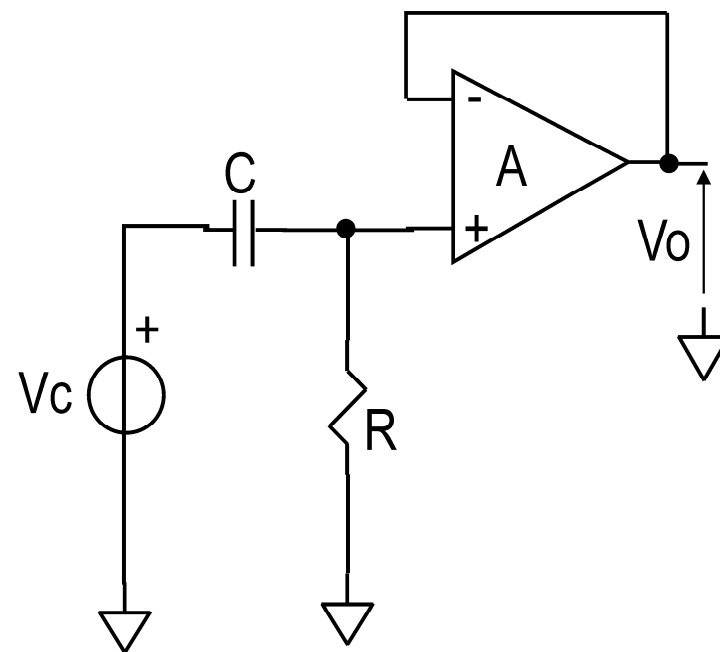
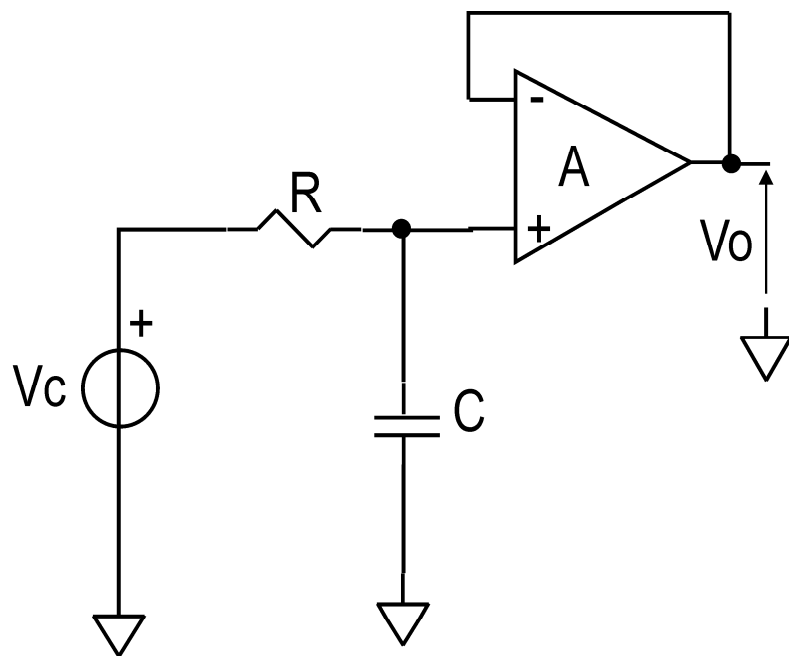
- Izlazna impedansa
- Ulazna impedansa
- Vrednosti pasivnih komponenti za niske granične učestanosti postaju nepraktično velike

Aktivni filtri



- Pored pasivnih komponenti sadrže i operacione pojačavače
- Visoke ulazne impedanse filtra
- Niske izlazne impedanse filtra
- Prihvatljive vrednosti pasivnih komponenti i za ekstremno niske granične frekvencije
- Pojačanje u propusnom opsegu može biti veće od 0dB

Aktivni filtri prvog reda



Aktivni filtri prvog reda II

