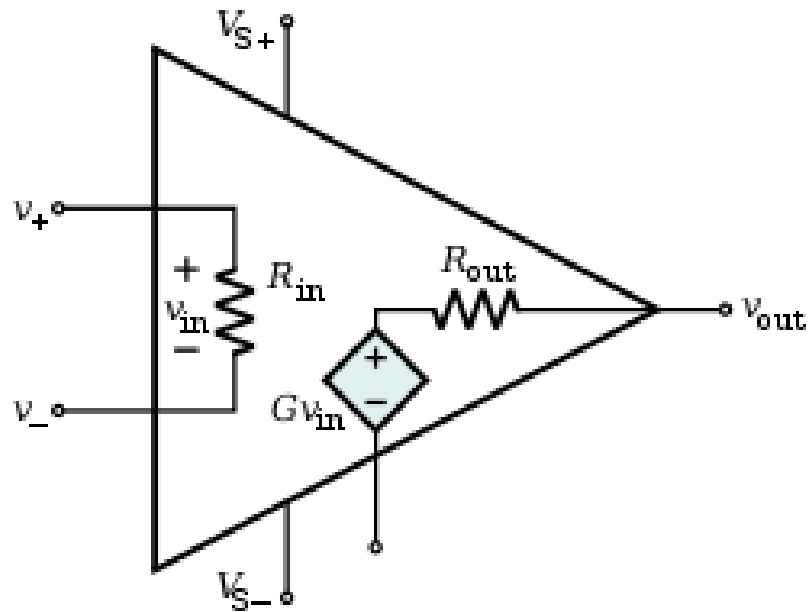


Mehatronika - Metode i Sklopovi za Povezivanje Senzora i Aktuatora

Sadržaj predavanja:

1. Operacijsko pojačalo

Operacijsko Pojačalo



Operacijsko pojačalo

Kod operacijsko pojačala izlazni napon je proporcionalan diferencijalu ulaznog napona:

$$(1) V_{out} = V_{in}A_d$$

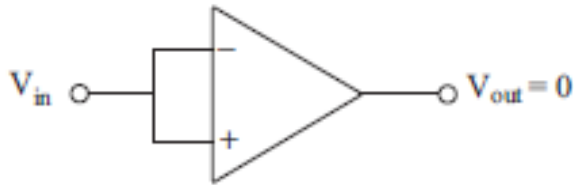
gdje je A_d diferencijalno pojačanje pojačala (eng. *differential voltage gain*) ako nema povratne veze. Kod dobrog pojačala $A_d \approx 10^6$.

Kod operacijskog pojačala za ulazni otpor R_{in} je poželjno da bude što veći (kod idealnog pojačala se smatra da je $R_{in} = \infty$).

Izlazni otpor je poželjno da bude što manji te se kod idealnog operacijskog pojačala uzima $R_{out} = 0$

Operacijsko Pojačalo

Jedan od parametara operacijskog pojačala je *common mode voltage gain*.



Common mode voltage gain je pojačanje pojačala kada se ulazi kratko spoje. Kod idealnog pojačala *common mode voltage gain* napon V_{out} na izlazu je jednak 0.

Kod realnih pojačala postoji određeno pojačanje čak i kad su ulazi pojačala kratko spojeni i takvo pojačanje označavamo sa A_{cm} .

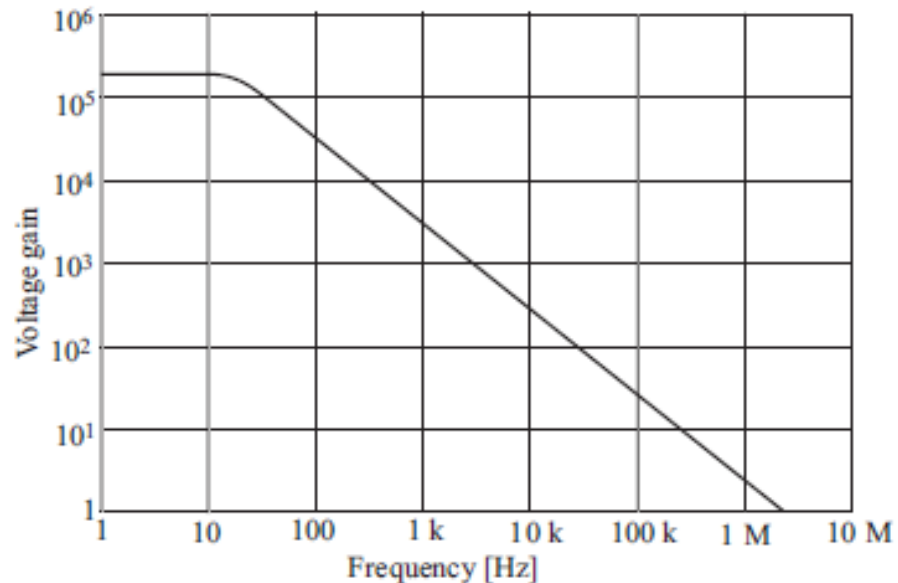
U specifikacijama pojačala se češće koristi parametar CMRR (*common mode rejection ratio*) te se definira izrazom:

$$(2) \text{ CMMR} = \frac{A_d}{A_{cm}}$$

Što je CMMR veći to je pojačalo kvalitetnije. Kod idealnog pojačala je CMMR beskonačan.

Operacijsko Pojačalo

Bandwidth pojačala je također bitan parametar operacijskog pojačala. Na slici se može vidjeti da je *bandwidth* obrnuto proporcionalan pojačanju pojačala.



Specifikacija proizvođača pojačala često puta definiraju produkt pojačanja i *bandwidtha*. Iz takvih specifikacija može se zaključiti na kojoj frekvenciji pojačanje pojačala toliko padne da je jednako jedinici.

Frekvencija na kojoj je pojačanje 1 se naziva još i *unity gain frequency*.

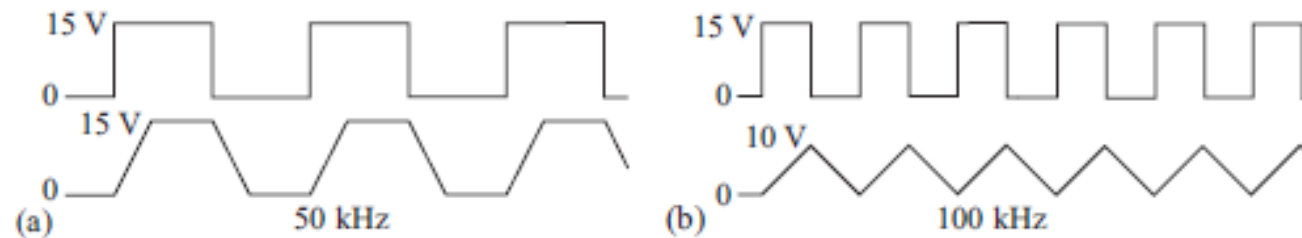
Na pojačalu sa slike je *unity gain frequency* otprilike 5 MHz dok je pojačanje 1000 na frekvenciji od 2.5 kHz.

Operacijsko Pojačalo

Slew rate je brzina povećanja nivoa outputa (izlaza pojačala) kao odgovor na step funkciju te se tipično specificira u voltima po mikrosekundi ($V/\mu s$).

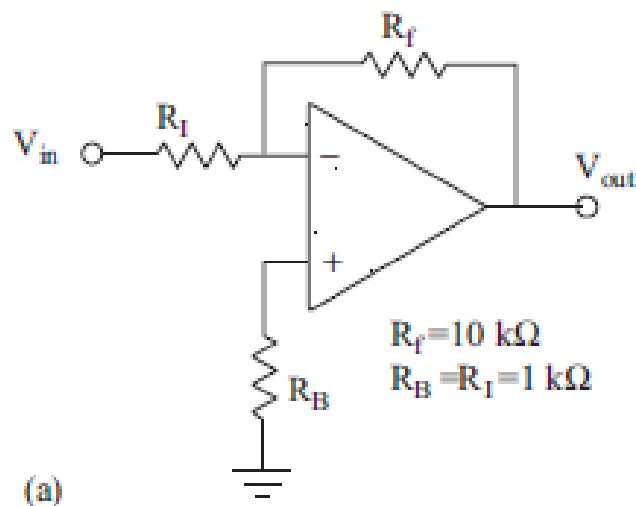
Ako se signal na ulazu pojačala mijenja brzinom većom od brzine porasta (*slew rate*) izlaz pojačala će kasniti za ulazom te će se na izlazu pojaviti distorzirani signal.

Ovaj parametar najviše limitira frekvencijski opseg operacijskog pojačala.



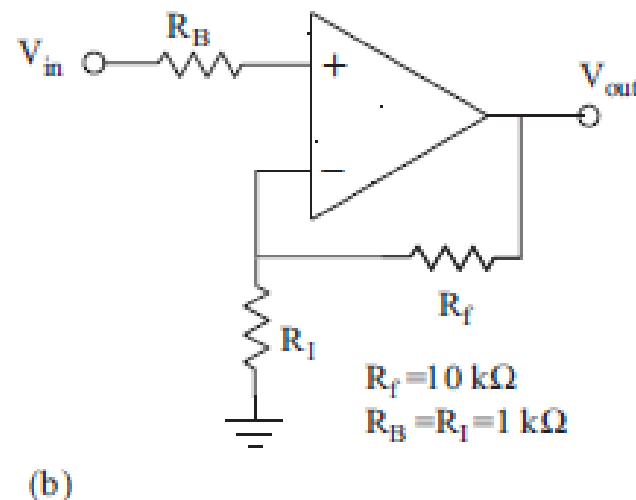
Distorzija signala uslijed brzine porasta (*slew rate*) signala

Invertirajuće i Neinvertirajuće Pojačalo



Invertirajuće pojačalo

$$(3) A = -\frac{R_f}{R_I}$$



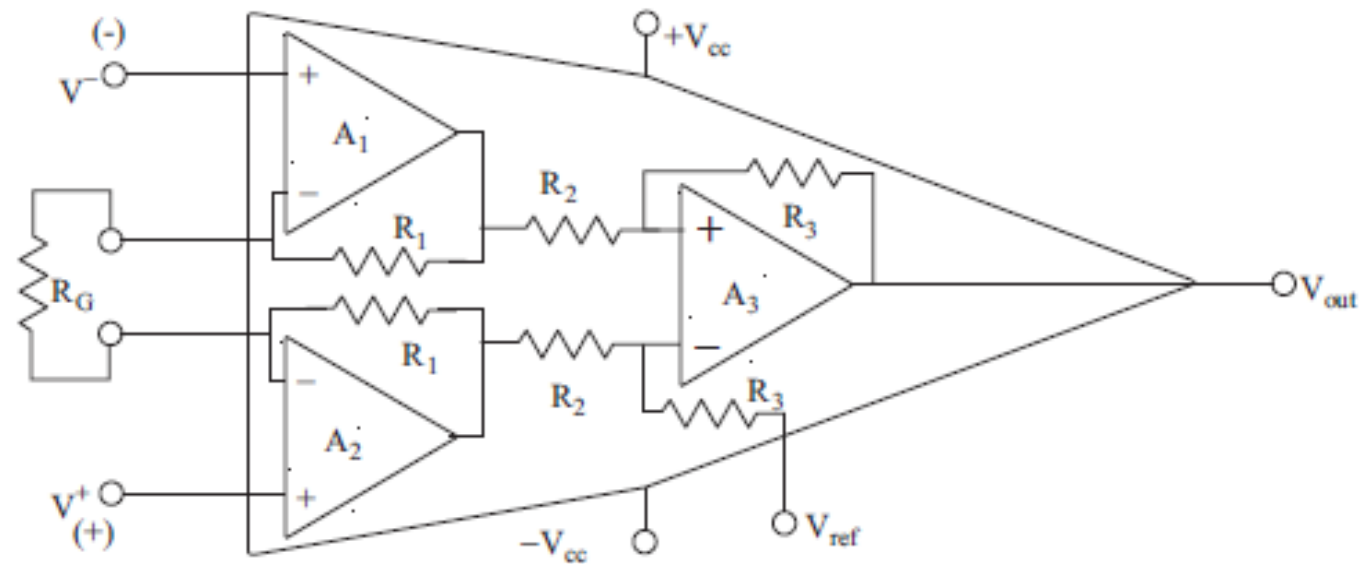
Neinvertirajuće pojačalo

$$(4) A = 1 + \frac{R_f}{R_I}$$

Kada je $R_f = 0$ onda imamo naponsko sljedilo jer tada $A = 1$

Instrumentacijsko Pojačalo

Kod instrumentacijskog pojačala pojačanje se uzima da je konačno. Iako ovakvi uređaji dolaze u IC izvedbi, da bi se razumio rad ovog pojačala treba proučiti shemu na slici koja se sastoji od tri pojačala:



Instrumentacijsko Pojačalo

Pojačanje instrumentacijskog pojačala je definirano izrazom:

$$(5) A_v = \left(1 + \frac{2R_1}{R_G}\right) \left(\frac{R_3}{R_2}\right)$$

Kod instrumentacijskih pojačala u monolitnoj izvedbi otpori R_1 , R_2 , R_3 su interni te na njih ne možemo uticati. Kod većine instrumentacijskih pojačala imamo $R_3 = R_2$ te kod mnogih instrumentacijskih pojačala svi unutarnji otpori su jednaki $R_1 = R_2 = R_3$.

Kao rezultat takve izvedbe pojačala, pojačanje je u potpunosti definirano **eksternim** otporom R_G .

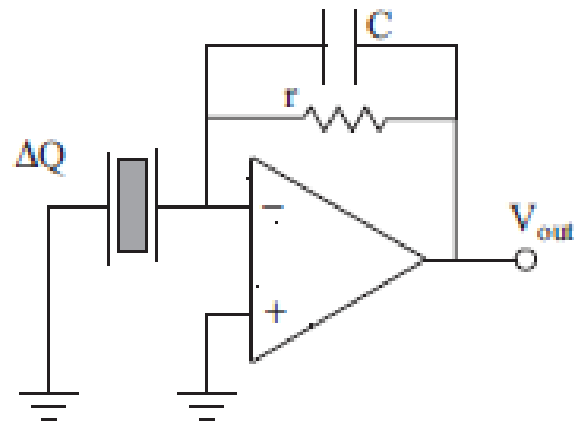
Najvažnija primjena ovakvih pojačala je da se osigura da je izlaz pojačala proporcionalan ulazu pojačala:

$$(6) V_o = (V_+ - V_-)A_v$$

Najvažnija primjena im je kod diferencijalnih senzora.

Charge Amplifier

Naboj (*charge*) se naravno ne može pojačati ali se pojačalo može konstruirati tako da je napon na izlazu proporcionalan naboju na ulazu. Kod charge amplifiera se otpor povratne veze zamijeni sa kondenzatorom kapaciteta C .



U tom slučaju pojačanje A_v postaje jednak omjeru impedancije povratne veze i impedancije na invertirajućem ulazu:

$$(7) A_v = -\frac{Z_f}{Z_I} = -\frac{1/j\omega C}{1/j\omega C_0} = -\frac{C_0}{C}$$

gdje je C_0 kapacitet na invertirajućem ulazu. Ako uzmemo da se promjena naboja događa na kondenzatoru tada je promjena naboja jednaka $\Delta Q = C_0 \Delta V$. Tada je napon na izlazu:

$$(8) V_{out} = A_v V_{in} = -\Delta V \frac{C_0}{C} = -\frac{\Delta Q}{C}$$

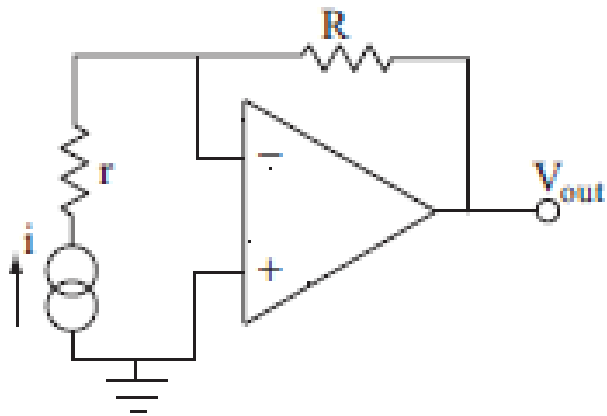
Charge Amplifier

- Ako je kapacitet C mali onda mala promjena naboja ΔQ na ulazu proizvodi veliku promjenu napona na izlazu
- Ovakav sklop operacijskog pojačala je koristan kod kapacitivnih senzora
- Otpor r na slici se dodaje radi RC konstante koja mora biti takva da se kondenzator C na slici puni ili prazni u skladu sa promjenom naboja na ulazu

Strujno Pojačalo

Kod strujnog pojačala napon na invertirajućem ulazu je jednak $V_i = i r$. Zbog toga se napon na izlazu može naći iz izraza za pojačanje invertirajućeg pojačala:

$$(9) V_{out} = A_v V_{in} = -\frac{R}{r} i r = -iR$$



Ovakav sklop se najčešće koristi u kombinaciji sa sensorima niske impedancije, kao na primjer kod termopara (*thermocouple*). Kod termopara je promjena napona sa porastom temperature neznatna, ali promjena struje sa temperaturom je izraženija.