

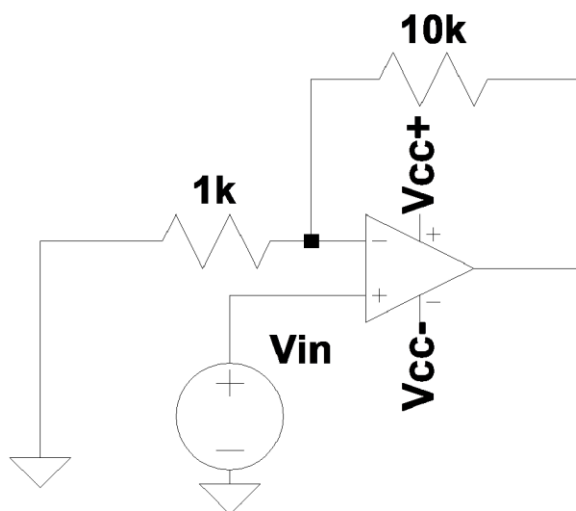
Zadaci za vežbu

Napomena - za neke zadatke su data krajnja rešenja i/ili komentari kao pomoć u rešavanju.

Zadatak 1: Na ulaz neinvertujućeg pojačavača sa slike doveden je signal:

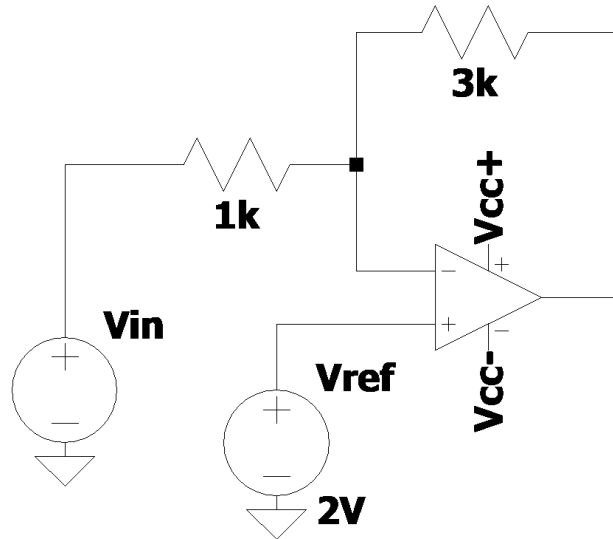
- a) $v_{in} = 1V\sin(100\pi t)$
- b) $v_{in} = 1V\sin(100\pi t + \frac{\pi}{2})$

Skicirati dve periode signala na izlazu i obeležiti trajanje signala na grafiku. Naponi napajanja kola su +/- 10 V.



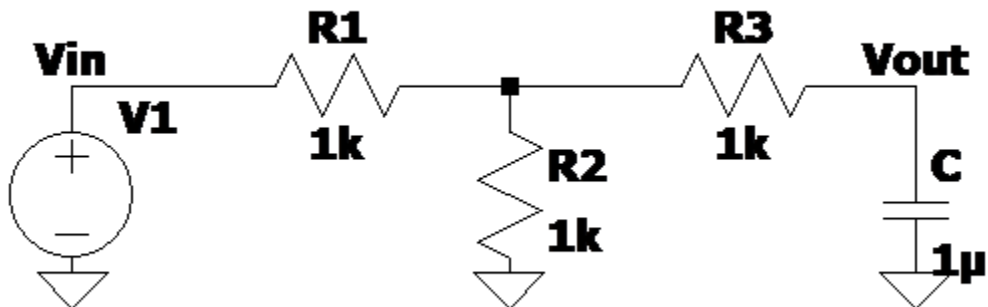
Zadatak 2: Signal sa senzora izlazne otpornosti $1k\Omega$ ima vrednosti u opsegu od 0 do 20mV. U cilju prilagođenja ulazu A/D konvertora, ovaj signal je potrebno pojačati 1000 puta. Realizovati prilagodno kolo i odrediti sve otpornosti u kolu.

Zadatak 3: Skicirati prenosnu karakteristiku kola sa slike. Obeležiti granične vrednosti ulaznog napona za linearni režim i vrednost izlaznog napona u režimu zasićenja. Naponi napajanja kola su +/- 5 V.



Zadatak 4: Na ulaz idealnog filtra propusnika visokih učestanosti granične frekvencije 10Hz doveden je signal $v_{in} = 1V\sin(100\pi t) + 10V\sin(2\pi t - \frac{\pi}{2}) + 0.2V\sin(200\pi t + \frac{\pi}{2}) + 3V$. Imajući u vidu da ovaj filter ne menja početnu fazu ulaznih signala, koliko iznosi signal na izlazu iz filtra?

Zadatak 5: Izraziti amplitudsku i faznu karakteristiku kola sa slike. Koje je pojačanje, a koji je fazni pomak koji kolo unosi u ulazni signal ako je on na frekvenciji 10 Hz?



- Kolo treba rešiti primenom 1. i 2. Kirhofovog zakona, ili ga uprostiti primenom Tevenenove teoreme, nakon čega se svodi na naponski razdelnik. Nakon toga se može izračunati funkcija prenosa kola.

$$G(j\omega) = \frac{V_{out}(j\omega)}{V_{in}(j\omega)} = \frac{\frac{1}{2}}{1 + \frac{3j\omega CR}{2}} = \frac{\frac{1}{2}}{1 + \frac{j\omega}{\frac{2}{3 \cdot CR}}}$$

- Da je bilo potrebno odrediti prelomnu učestanost amplitudske karakteristike, ona bi bila:

$$\omega_{gr} = \frac{2}{3 \cdot CR},$$

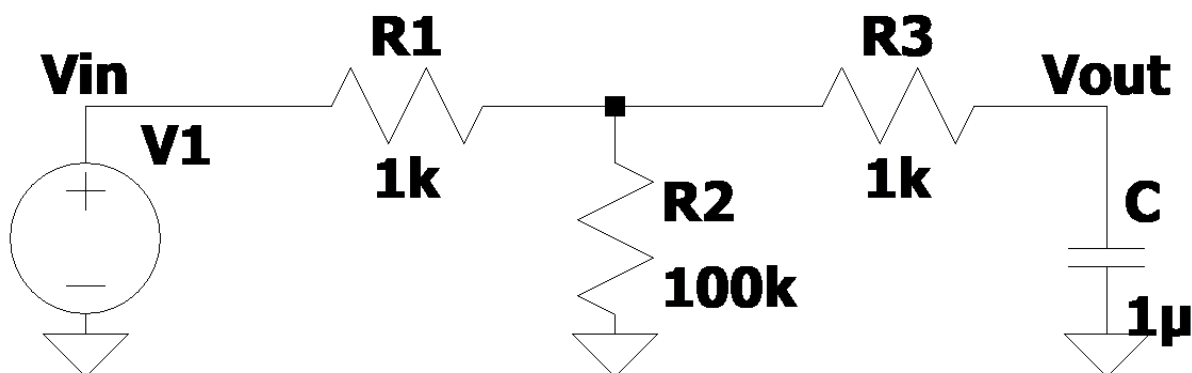
- Dok je pojačanje u propusnom opsegu jednako $\frac{1}{2}$.
- Pojačanje na frekvenciji $2 \cdot \pi \cdot 10 \text{ Hz} = 125.6 \text{ rad/s}$ se računa prema izrazu:

$$\left| \frac{V_{out}}{V_{in}}(j 125.6 \text{ rad/s}) \right| = \frac{0.5}{\sqrt{1 + \left(\frac{125.6 \text{ rad/s}}{\frac{2}{3RC}} \right)^2}} = 0.5 \frac{V}{V}$$

- Pomeraj faze na istoj frekvenciji je:

$$\varphi(125.6 \text{ rad/s}) = \arctan\left(\frac{\text{Im}(G(j\omega))}{\text{Re}(G(j\omega))}\right) = -5^\circ.$$

Zadatak 6: Za kolo sa slike odrediti koji tip filtra predstavlja, zatim izračunati koliko iznosi pojačanje u propusnom opsegu i koliko iznosi kružna granična učestanost amplitudske karakteristike.



- Kolo se rešava na isti način kao u prethodnom zadatku. Nakon uprošćavanja primenom Tevenenove teoreme, izlaz je:

$$V_{out}(j\omega) = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + \frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2) + R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in}(j\omega)$$

- Pa je normalizovana funkcija prenosa:

$$\frac{V_{out}(j\omega)}{V_{in}(j\omega)} = \frac{1}{1 + j\omega C \frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2) + R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

- Na osnovu čega se granična frekvencija propusnog opsega dobija kao:

$$\omega_{gr} = \frac{1}{C \frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2) + R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}$$

- Za $\omega \ll \omega_{gr}$ (smatrati da $\omega \rightarrow 0$)

$$\left| \frac{V_{out}}{V_{in}}(j\omega) \right| = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \approx 1,$$

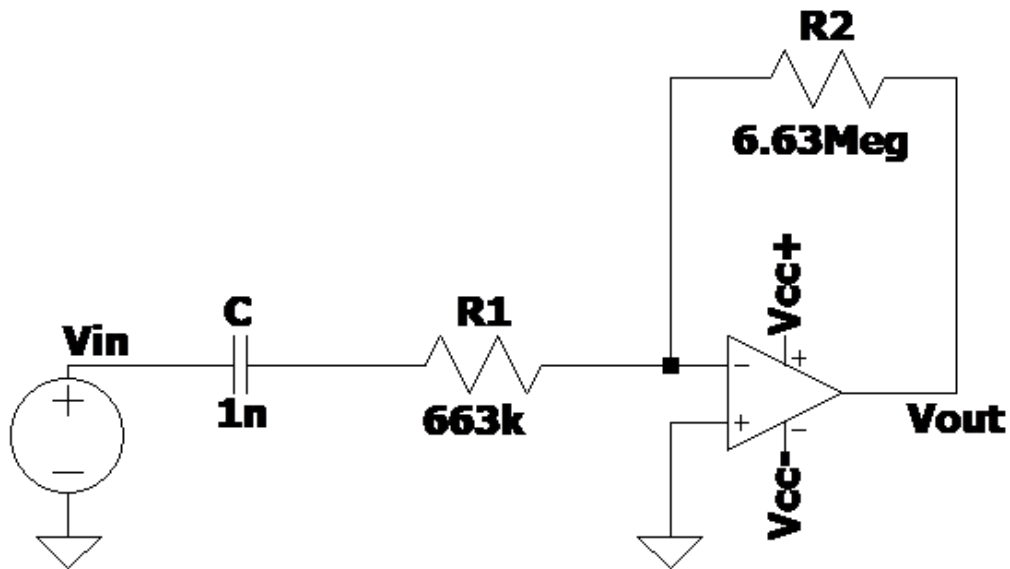
- Što je i pojačanje u propusnom opsegu.

- Za $\omega \gg \omega_{gr}$ (smatrati da $\omega \rightarrow \infty$)

$$\left| \frac{V_{out}}{V_{in}}(j\omega) \right| = 0.$$

- Na osnovu prethodna dva izvođenja zaključuje se da se kolo ponaša kao filter propusnik niskih učestanosti.

Zadatak 7: Izraziti signal na izlazu kola sa slike u vremenskom domenu ukoliko je na ulazu signal $V_{in} = 1V\sin(2000t)$.



- Na Vežbama 5 izračunat je fazni pomak na frekvenciji od 2000 rad/s, tj. 318.5 Hz:

$$\varphi\left(2000\frac{rad}{s}\right) = \arctan\left(\frac{1507.2\frac{rad}{s}}{2000\frac{rad}{s}}\right) = \arctan(0.7536) = -143^\circ.$$

- Izraženo u radijanima:

$$\varphi\left(2000\frac{rad}{s}\right) = -2.49\text{ rad}$$

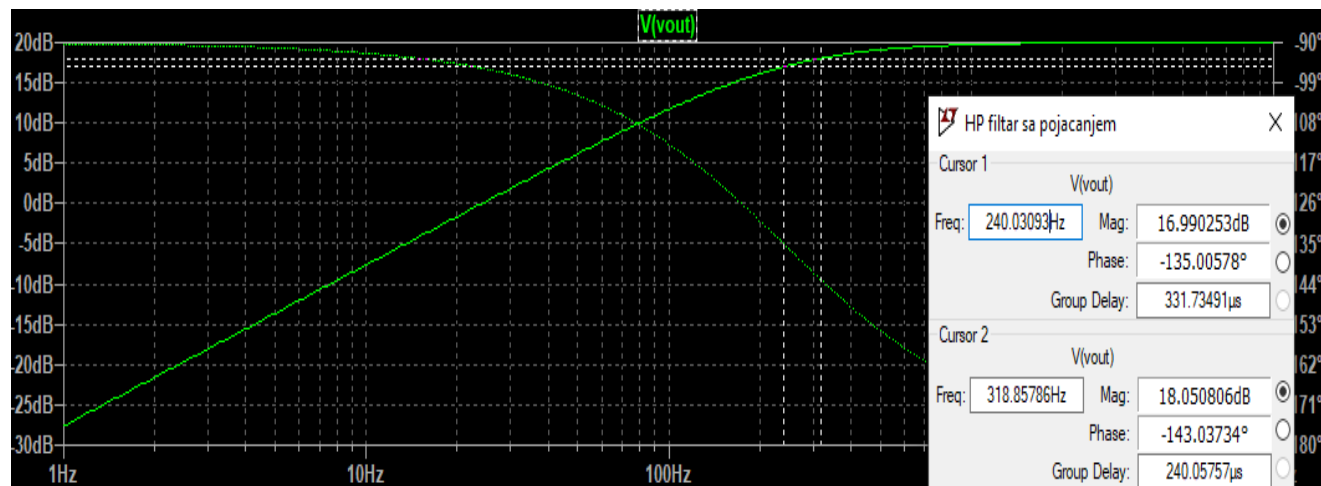
- Pojačanje na istoj frekvenciji dobija se na sledeći način:

$$\left| \frac{V_{out}}{V_{in}} (j 2000 \text{ rad/s}) \right| = R_2 C \frac{2000 \text{ rad/s}}{\sqrt{\left(\frac{2000 \text{ rad/s}}{\frac{1}{R_1 C}} \right)^2 + 1}} = 8 \frac{V}{V}$$

- Ako je ulazni signal predstavljen izrazom:
- $v_{in}(t) = V_{in} \sin(\omega t + \varphi_{in})$, gde je $V_{in} = 1V$, $\omega = 2000 \text{ rad/s}$, a $\varphi_{in} = 0 \text{ rad}$
- Izazni signal se u vremenskom domenu može izraziti kao:
- $v_{out}(t) = V_{in} \cdot |G(j\omega)| \sin(\omega t + \varphi_{in} + \varphi(\omega)) =$
 $V_{in} \cdot \left| G\left(j2000 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right) \right| \sin\left(2000 \frac{\text{rad}}{\text{s}} t + 0 + \varphi\left(2000 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)\right)$
- Pa je izlazni signal jednak:
- $v_{out}(t) = 1V \cdot 8 \frac{V}{V} \sin\left(2000 \frac{\text{rad}}{\text{s}} t - 2.49 \text{ rad}\right) = 8V \sin\left(2000 \frac{\text{rad}}{\text{s}} t - 2.49 \text{ rad}\right).$

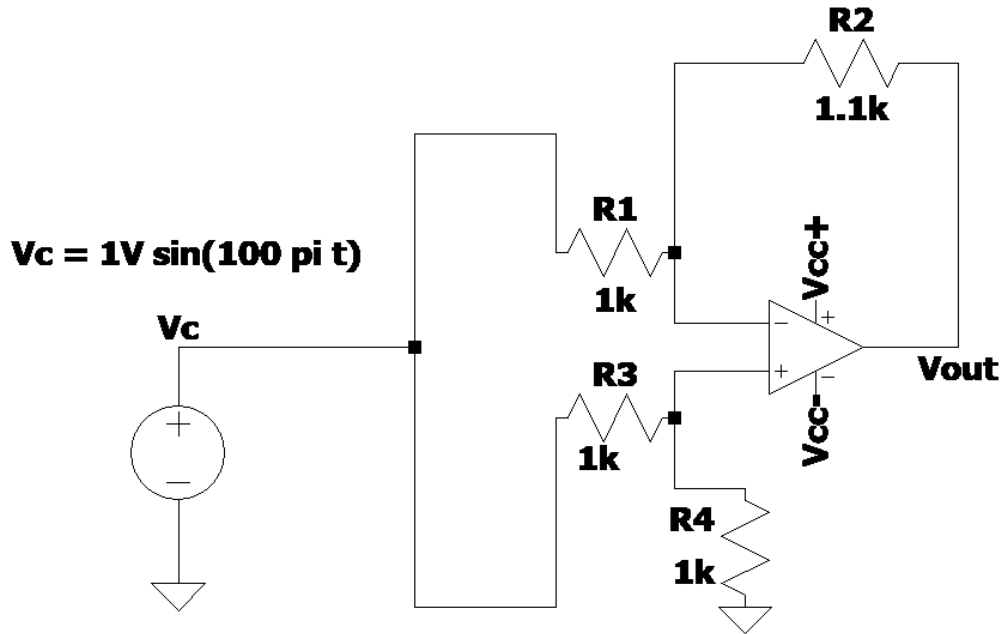
Zadatak 8: Napisati kakav se signal dobija na izlazu kola čija je amplitudska karakteristika prikazana na slici ispod, ukoliko se na ulaz dovodi signal

$v_{in} = 1V \sin(2000 t) + 1V \sin(1507 t - \frac{\pi}{2})$. Naponi napajanja kola su +/- 10 V.

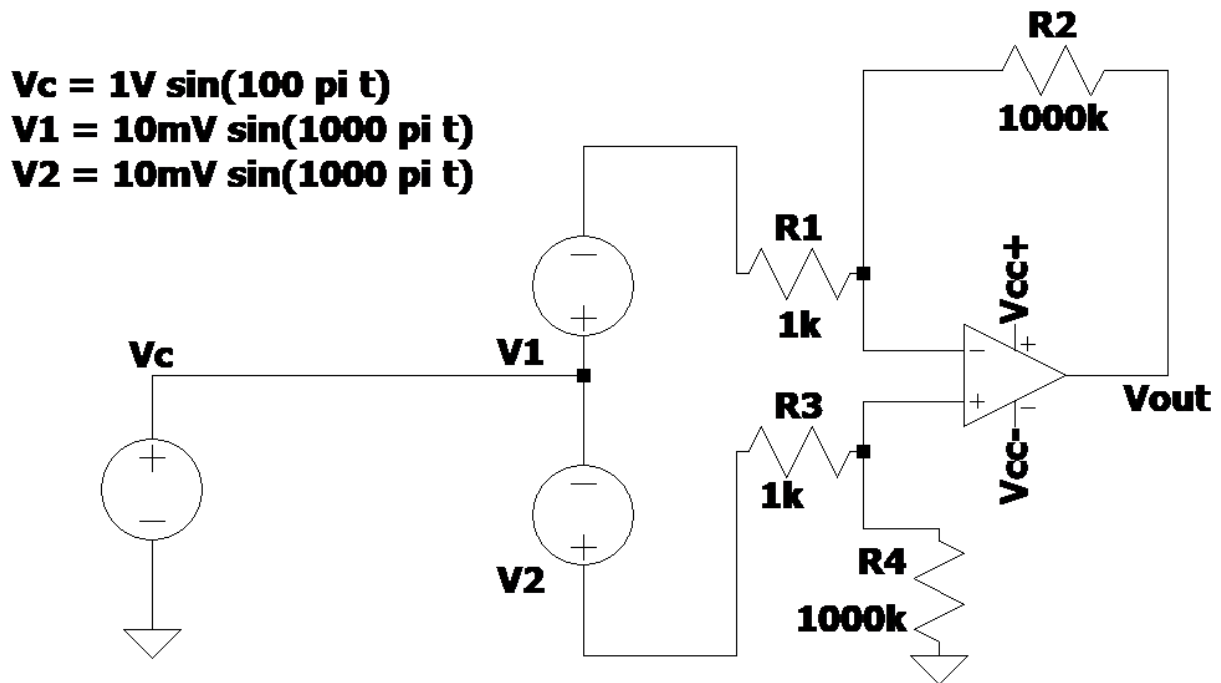


- Po istom principu, amplituda izlaznog signala jednaka je proizvodu pojačanja na datoj frekvenciji i amplitude ulaznog signala, a početna faza izlaznog signala jednaka je zbiru početne faze ulaznog i vrednosti fazne karakteristike na datoj frekvenciji. Vrednost fazne karakteristike izraziti u rad, a pojačanje u apsolutnim jedinicama - V/V.
- Pošto se na ulaz dovodi suma sinusoida, i izlaz će biti jednak sumi sinusoida, od kojih je svaka dobijena na prethodni način.

Zadatak 9: Skicirati dve periode signala na izlazu diferencijalnog pojačavača sa slike ukoliko su naponi napajanja kola $\pm 10\text{V}$. Označiti trajanje prikazanog signala na apscisi, maksimalnu i minimalnu vrednost na ordinati. Koliki napon na izlazu se očekuje kada je pojačavač balansiran?

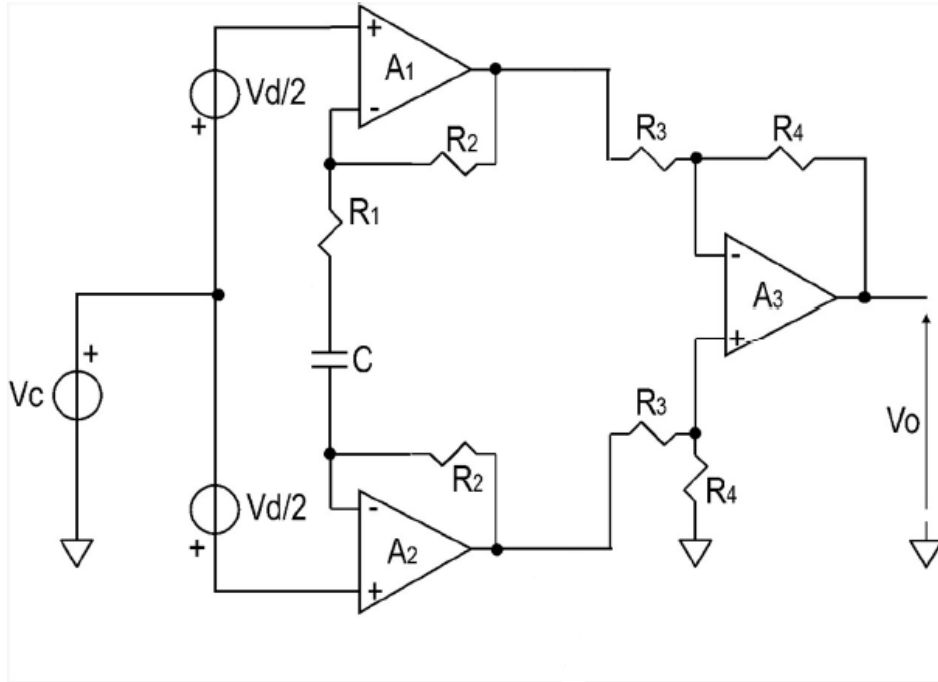


Zadatak 10: Skicirati dve periode signala na izlazu diferencijalnog pojačavača sa slike ukoliko su naponi napajanja kola $\pm 10\text{V}$. Označiti trajanje prikazanog signala na apscisi, maksimalnu i minimalnu vrednost na ordinati.



- Obratiti pažnju da pojačavač može raditi i u režimu zasićenja.

Zadatak 11: Za AC pojačavač sa slike odabrati vrednosti komponenti tako da pojačanje jednosmerne komponente bude jedinično, a da pojačanje u propusnom opsegu bude jednako 1000. Uzeti u obzir da je $R_1 < R_2$. Neka je $R_1 = 1k\Omega$.



- Pod pojačanjem se misli na pojačanje diferencijalnog signala. Pojačanje signala zajedničkog moda jednako je nuli.
- Potrebno je izvesti funkciju prenosa kola, na osnovu nje naći prelomne učestanosti amplitudske karakteristike. Pojačanje jednosmerne komponente je isto kao i pojačanje svih komponenti koje su manje od donje granične učestanosti kola. Pojačanje u propusnom opsegu isto je kao i pojačanje svih frekvencijskih komponenti većih od gornje granične učestanosti kola.
- Krajnji izraz za funkciju prenosa i prelomne učestanosti amplitudske karakteristike:

$$G(j\omega) = \frac{V_{out}(j\omega)}{V_{in}(j\omega)} = \frac{R_4}{R_3} \frac{(1 + j\omega C (R_1 + 2R_2))}{(1 + j\omega C R_1)} = \frac{R_4}{R_3} \frac{(1 + \frac{j\omega}{\frac{1}{C(R_1 + 2R_2)}})}{(1 + \frac{j\omega}{\frac{1}{C R_1}})}$$

$$R_1 < R_2 \rightarrow \frac{1}{C R_1} > \frac{1}{C (R_1 + 2R_2)}$$

- Iz prethodnog sledi da je donja granična učestanost određena sledećim izrazom:

$$\omega_{gr1} = \frac{1}{C (R_1 + 2R_2)}$$

- A gornja granična učestanost je:

$$\omega_{gr2} = \frac{1}{CR_1}$$

- Amplitudska karakteristika je:

$$|G(j\omega)| = \frac{R_4}{R_3} \frac{\sqrt{1^2 + (\omega C(R_1 + 2R_2))^2}}{\sqrt{1^2 + (\omega CR_1)^2}}$$

- Kada se usvoji aproksimacija da za $\omega < \omega_{gr1} \rightarrow \omega \ll \omega_{gr1}$ sigurno važi da je $\omega \ll \omega_{gr2}$
- Pa se pojačanje svodi na

$$|G(j\omega)|_{\omega \ll \omega_{gr1}} = \frac{R_4}{R_3}$$

- Koja god da je vrednost donje granične učestanosti, pojačanje ispod ove učestanosti će se računati prema prethodno izvedenom izrazu. To znači da se prema ovom izrazu računa i pojačanje za jednosmernu frekvencijsku komponentu (0 rad/s). Da bi se zadovoljio uslov u zadatku, R_3 i R_4 mogu imati bilo koje vrednosti, bitno je da su međusobno jednake.
- Kada se usvoji aproksimacija da za $\omega > \omega_{gr2} \rightarrow \omega \gg \omega_{gr2}$ sigurno važi da je $\omega \gg \omega_{gr1}$
- Pa se pojačanje svodi na

$$|G(j\omega)|_{\omega \gg \omega_{gr2}} = \frac{R_4}{R_3} \left(1 + 2 \frac{R_2}{R_1}\right)$$

- Prema ovom izrazu će se računati pojačanje u propusnom opsegu (opseg frekvencija od interesa, tj. onih koje želimo da pojačamo velikim pojačanjem). Da bi se zadovoljio uslov dat u zadatku, R_2 mora biti jednako 499.5 k Ω .