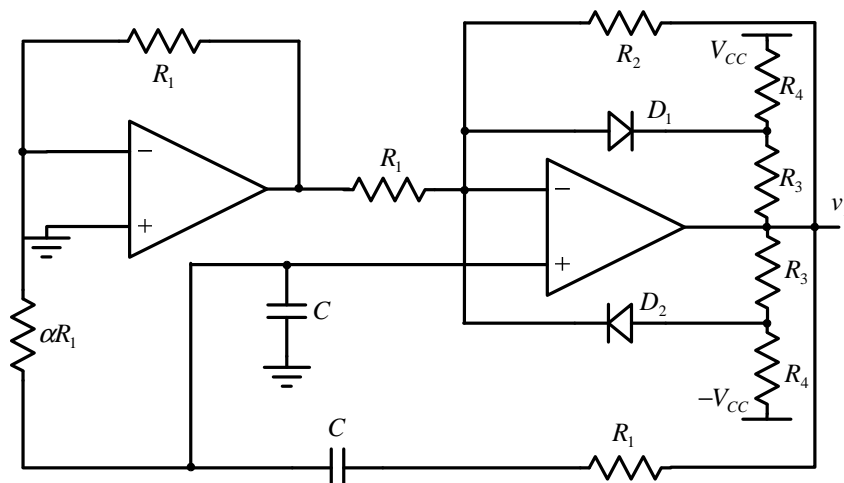


4. U oscilatoru sa slike 4 poznato je: $V_{CC} = 15 \text{ V}$, $V_D = 0.6 \text{ V}$, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 2 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \text{ nF}$, $\alpha = 0.25$. Operacioni pojačavači su idealni i napajaju se sa $\pm V_{CC}$.

- a) [7] Odrediti kružnu učestanost oscilovanja.
 b) [5] Odrediti minimalnu vrednost otpornosti R_2 za koju se uspostavljaju oscilacije.
 c) [8] Ako je $R_2 = 2R_{2\min}$, odrediti amplitudu oscilacija na izlazu kola.



Slika 4

Rešenje:

a)

$$\beta(s) = \frac{\frac{1}{sC} \parallel \alpha R_1}{\frac{1}{sC} \parallel \alpha R_1 + \frac{1}{sC} + R_1} = \dots = \frac{\alpha s C R_1}{\alpha R_1^2 s^2 C^2 + (2\alpha + 1)s C R_1 + 1}$$

Jednačina iz koje se određuje učestanost oscilovanja:

$$\text{Im}\{\beta A(j\omega_0)\} = 0$$

$$\Rightarrow 1 - \alpha R_1^2 \omega_0^2 C^2 = 0 \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{R_1 C \sqrt{\alpha}} = 20 \text{ krad/s}$$

b) Potrebno je da bude $\text{Re}\{\beta A(j\omega_0)\} > 1$ da bi se uspostavile oscilacije

$$\beta A(j\omega_0) = \frac{\alpha}{2\alpha + 1} A = \frac{A}{6} > 1$$

$$A > 6$$

Pojačanje iz gornjeg izraza je pojačanje prilikom uspostavljanja oscilacija, tj. kada ne radi kolo za smanjenje amplitude oscilacija (diode).

$$A = 1 + \frac{1 + \alpha}{\alpha} \frac{R_2}{R_1} > A_{\min}$$

$$R_2 > R_1 (A_{\min} - 1) \frac{\alpha}{1 + \alpha} = R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

c)

Amplituda oscilacija određuje se iz uslova

$$\beta A(j\omega_0) = 1$$

Pojačanje u gornjoj jednačini je pojačanje kada radi kolo za smanjenje amplitude, tako da je potrebno odrediti karakteristiku pojačanja pojačavača.

Kada ne vode diode:

$$v_I = \left(1 + \frac{1 + \alpha}{\alpha} \frac{R_2}{R_1}\right) v_X = 11 v_X$$

Dioda D1 se uključuje kada

$$v_{X1} - \left(\frac{R_3}{R_3 + R_4} V_{CC} + \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_{I1}\right) = V_D$$

$$v_{X1} - \left(\frac{1}{3} V_{CC} + \frac{2}{3} 11 v_{X1}\right) = V_D$$

$$v_{X1} = -0.88 \text{ V}$$

$$v_{I1} = -9.73 \text{ V}$$

Kada dioda D1 radi važi

$$\frac{-\frac{v_X}{\alpha} - v_X}{R_1} = \frac{v_X - v_I}{R_2} + \frac{v_X - V_D - V_{CC}}{R_4} + \frac{v_X - V_D - v_I}{R_3}$$

$$v_I \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = v_X \left(\left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) - \frac{V_{CC}}{R_4} - V_D \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right)$$

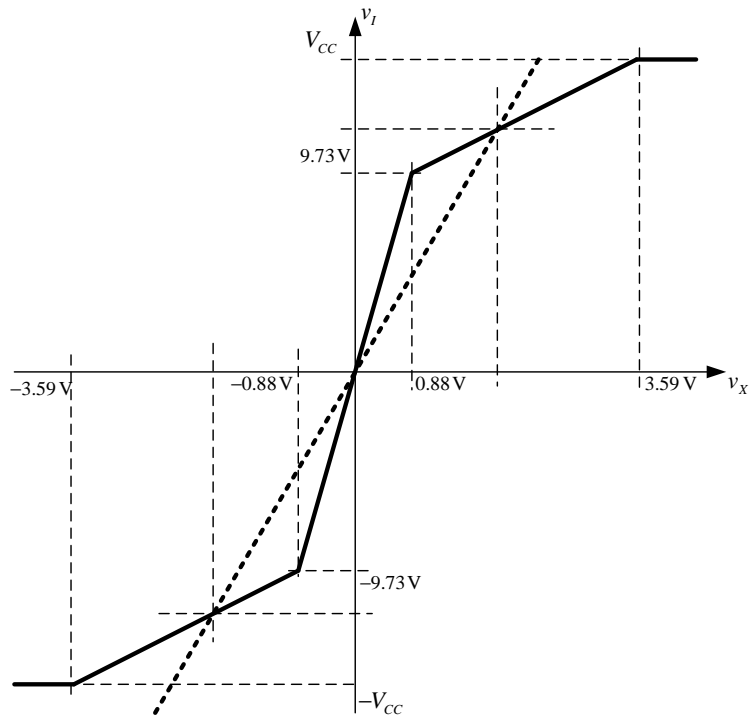
$$v_I = \frac{v_X \left(\left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) - \frac{V_{CC}}{R_4} - V_D \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right)}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$v_I = 1.95v_X - 8$$

Analogno važi za drugu diodu, kada se dobija.

$$v_I = 1.95v_X + 8$$

Prenosna karakteristika pojačavača prikazana je na sledećoj slici, zajedno sa karakteristikom pozitivne povratne sprege



Preko grane pozitivne povratne sprege je

$$v_I = \frac{v_X}{\beta} = 6v_X$$

Presek ove dve krive daje amplitudu oscilacija

$$V_i = 11.85 \text{ V}$$