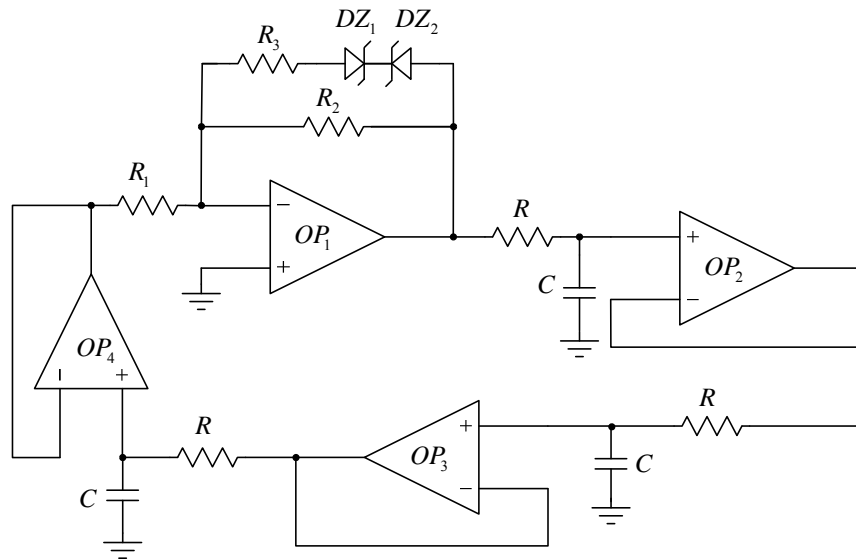


3. U oscilatoru sa slike 3 poznato je: $V_{CC} = 15V$, $R_1 = 1k\Omega$, $R_3 = 5k\Omega$, $R = 10k\Omega$ i $C = 10nF$. Zener diode su idealne sa $V_D = 0.7V$. Operacioni pojačavači su idealni i napajaju se sa $\pm V_{CC}$.

a) [5] Odrediti kružnu učestanost oscilovanja ω_0 .

b) [5] Odrediti minimalnu vrednost otpornosti R_2 za koju se uspostavljaju oscilacije.

c) [5] Ako je $R_2 = 10k\Omega$ odrediti V_Z tako da amplituda oscilacija na izlazu kola bude $V_i = 10V$.



Slika 3

Rešenje:

a)

$$\beta(s) = \frac{v_x(s)}{v_i(s)} = \left(\frac{1}{sC} \right)^3 = \left(\frac{1}{R + \frac{1}{sC}} \right)^3 = \frac{1}{1 + 3sRC + 3s^2R^2C^2 + s^3R^3C^3}$$

Jednačina iz koje se određuje učestanost oscilovanja:

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

$$\Rightarrow 3\omega_0 RC - \omega_0^3 R^3 C^3 = 0 \Rightarrow \omega_0 = \frac{\sqrt{3}}{RC}$$

$$\omega_0 = 17.32 \text{krad/s}$$

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

$$\beta A(j\omega_0) = \frac{A}{1 - 3\omega_0^2 R^2 C^2} = -\frac{A}{8} > 1$$

$$A < -8$$

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

$$-\frac{R_2}{R_1} < -8$$

$$R_2 > 8R_1$$

$$R_{2\text{min}} = 8k\Omega$$

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:

$$v_I = -\frac{R_2}{R_1} v_X = -10v_X$$

Dioda DZ1 se uključuje kao zener dioda a dioda DZ2 kao obična dioda kada

$$v_{I1} = V_Z + V_D$$

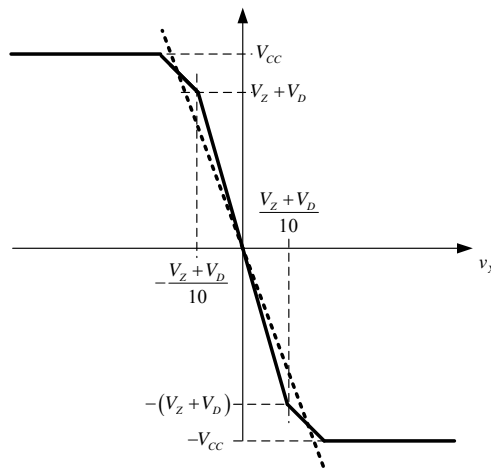
$$v_{X1} = -\frac{R_1}{R_2} (V_Z + V_D) = -\frac{V_Z + V_D}{10}$$

Kada dioda DZ1 radi kao zener dioda i dioda DZ2 radi kao obična dioda važi

$$\begin{aligned} \frac{v_X}{R_1} &= -\frac{v_I}{R_2} - \frac{v_I - (V_D + V_Z)}{R_3} \\ v_I \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) &= -\frac{v_X}{R_1} + \frac{(V_D + V_Z)}{R_3} \\ v_I &= -v_X \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1} + (V_D + V_Z) \frac{R_2 \parallel R_3}{R_3} \\ v_I &= -3.33v_X + 0.67(V_D + V_Z) \end{aligned}$$

Analogno važi za suprotan smer struje kroz zener diode...

Prenosna karakteristika pojačavača prikazana je na slici 4.a, zajedno sa karakteristikom pozitivne povratne sprege



Slika 4.a

Preko grane pozitivne povratne sprege je

$$v_I = \frac{1}{\beta} v_X$$

$$v_{X \max} = \beta V_i$$

$$V_i = -\beta V_i \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1} + (V_D + V_Z) \frac{R_2 \parallel R_3}{R_3}$$

$$V_i \left(1 + \beta V_i \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1} \right) = (V_D + V_Z) \frac{R_2 \parallel R_3}{R_3}$$

$$V_i \left(1 + \beta \frac{R_2 R_3}{(R_2 + R_3) R_1} \right) = (V_D + V_Z) \frac{R_2}{(R_2 + R_3)}$$

$$(V_D + V_Z) = V_i \frac{R_1 (R_2 + R_3) + \beta R_2 R_3}{R_1 R_2}$$

$$V_Z = V_i \frac{R_1 (R_2 + R_3) + \beta R_2 R_3}{R_1 R_2} - V_D = 8.05 \text{V}$$