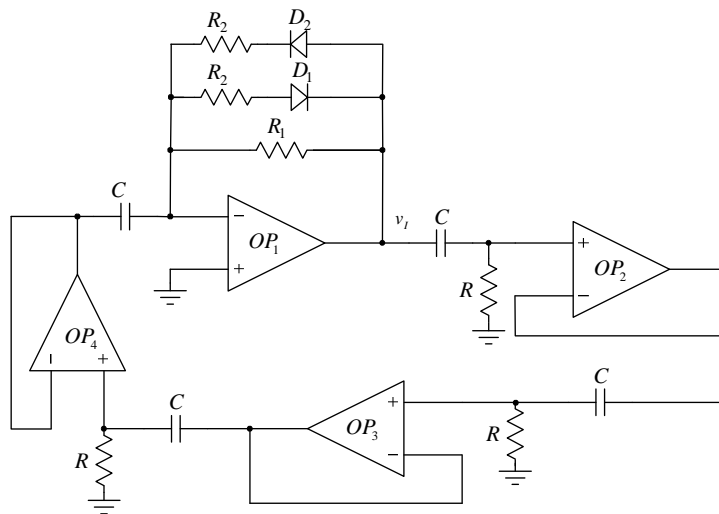


4. U oscilatoru sa slike 4 poznato je: $V_{CC} = 15V$, $R = 10k\Omega$ i $C = 10nF$. Diode su idealne sa $V_D = 0.7V$. Operacioni pojačavači su idealni i napajaju se sa $\pm V_{CC}$.

a) [5] Odrediti kružnu učestanost oscilovanja ω_0 .

b) [5] Odrediti minimalnu vrednost otpornosti R_1 za koju se uspostavlja oscilacije.

c) [5] Ako je $R_1 = 1.125 R_{1min}$ odrediti R_2 tako da amplituda oscilacija na izlazu kola bude $V_i = 10V$.



Slika 4

Rešenje:

a)

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

$$A(s) = \frac{v_I(s)}{v_x(s)} = -sCR_1$$

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

$$\beta A(j\omega_0) = -\frac{\omega_0^4 C^4 R^3 R_1}{1 - 3\omega_0^2 C^2 R^2} = \frac{9R_1}{8R} > 1$$

$$R_1 > \frac{8R}{9}$$

$$R_{1min} = 8.89 \text{k}\Omega$$

c)

Amplituda oscilacija određuje se iz uslova

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

S obzirom da se u A delu kruga povratne sprege nalazi diferencijator, kako bi se odredila amplituda oscilacija pogodno je posmatrati prenosnu karakteristiku

$$A^* = \frac{v_I}{\frac{dv_x}{dt}}$$

odnosno

$$A^*(s) = \frac{v_I(s)}{sv_X(s)} = \frac{A(s)}{s},$$

kao i

$$\beta^* = \frac{dv_X}{v_I},$$

odnosno

$$\beta^*(s) = \frac{sv_X(s)}{v_I(s)} = s\beta(s)$$

Formalno gledano sve je ostalo isto, jer je

$$\beta^*(s)A^*(s) = \beta(s)A(s)$$

Potrebno je odrediti karakteristiku pojačanja pojačavača.

Kada ne vode diode:

$$v_I = -R_1 C \frac{dv_X}{dt} = -10^{-4} \frac{dv_X}{dt}$$

Dioda D1 se uključuje kada

$$v_{I1} = -V_D$$

$$\left(\frac{dv_X}{dt} \right)_1 = \frac{V_D}{R_1 C} = 7000 \frac{V}{s}$$

Kada dioda D1 radi važi

$$C \frac{dv_X}{dt} = -\frac{v_I}{R_1} - \frac{V_D + v_I}{R_2}$$

$$v_I = -(R_1 \parallel R_2) C \frac{dv_X}{dt} - \frac{(R_1 \parallel R_2)}{R_2} V_D \quad (1)$$

Analogno važi za za diodu D2...

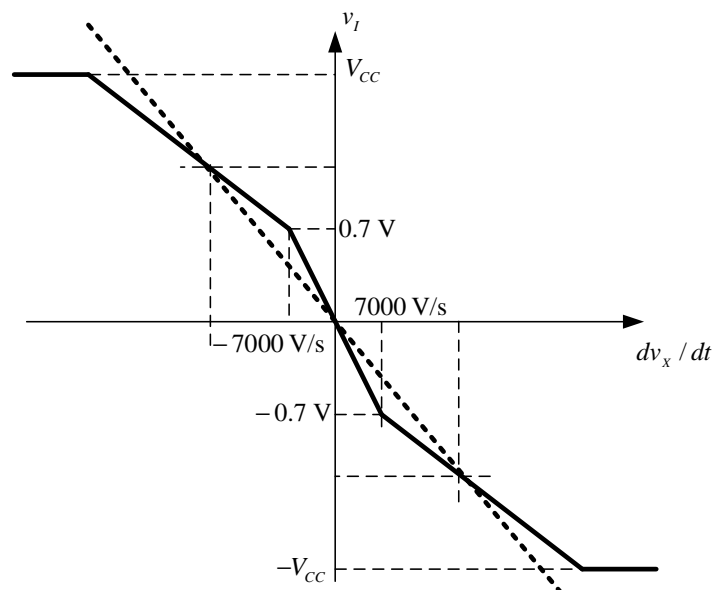
Frekventna karakteristika pozitivne povratne sprege je na učestanosti oscilovanja

$$\beta^*(j\omega_0) = -\frac{9}{8RC}$$

odnosno

$$\beta^* = -\frac{9}{8RC} = \frac{dv_X}{v_I} = 11250 \quad (2)$$

Prenosna karakteristika A^* prikazana je na sledećoj slici, zajedno sa karakteristikom pozitivne povratne sprege β^* .



Presek ove dve krive daje amplitudu oscilacija na sledeći način...

Zamenom (2) u (1) se dobija, uz $v_i = -V_i$

$$V_i = \frac{9}{8R} \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} V_i + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_D$$
$$R_2 = \frac{R_1 (V_i - V_D)}{\left(\frac{9R_1}{8R} - 1\right) V_i} = 74.4 \text{ k}\Omega$$