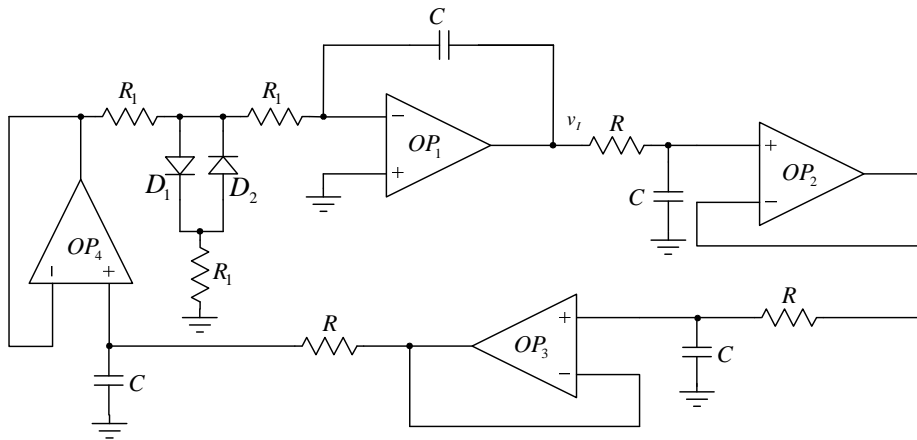


4. U oscilatoru sa slike 4 poznato je: $V_{CC} = 15 \text{ V}$, $R = 10 \text{ k}\Omega$ i $C = 10 \text{ nF}$. Diode su idealne sa $V_D = 0.7 \text{ V}$. Operacioni pojačavači su idealni i napajaju se sa $\pm V_{CC} = 15 \text{ V}$.

- a) [5] Odrediti kružnu učestanost oscilovanja ω_0 .
 b) [5] Odrediti maksimalnu vrednost otpornosti R_1 za koju se uspostavljaju oscilacije.
 c) [5] Ako je $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$, odrediti amplitudu oscilacija napona na izlazu kola.



Slika 4

Rešenje:

a)

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

$$A(s) = \frac{v_I(s)}{v_x(s)} = -\frac{1}{sC2R_1}$$

Jednačina iz koje se određuje učestanost oscilovanja:

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

$$\Rightarrow 1 - 3\omega_0^2 R^2 C^2 = 0 \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{3}RC}$$

$$\omega_0 = 5.77 \text{ krad/s}$$

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

$$\beta A(j\omega_0) = \frac{1}{\omega_0^2 R R_1 C^2 (3 - \omega_0^2 R^2 C^2)} = \frac{9R}{16R_1} > 1$$

$$R_1 < \frac{9R}{16}$$

$$R_{1\text{max}} = 5.625 \text{ k}\Omega$$

c)

Amplituda oscilacija određuje se iz uslova

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

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

$$A^* = \frac{dv_I}{v_x dt}$$

odnosno

$$A^*(s) = \frac{sv_I(s)}{v_x(s)} = sA(s),$$

kao i

$$\beta^* = \frac{v_x}{\frac{dv_I}{dt}},$$

odnosno

$$\beta^*(s) = \frac{v_x(s)}{sv_I(s)} = \frac{\beta(s)}{s}$$

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:

$$\frac{dv_I}{dt} = -\frac{1}{2R_1C}v_x = -10^5 v_x$$

Dioda D1 se uključuje kada

$$v_x = 2V_D = 1.4 \text{ V}$$
$$\left(\frac{dv_I}{dt}\right)_1 = -\frac{2V_D}{2R_1C} = -1.4 \cdot 10^5 \frac{\text{V}}{\text{s}}$$

Kada dioda D1 radi važi

$$\frac{dv_I}{dt} = -\frac{1}{3R_1C}(v_x + V_D) \quad (1)$$

Analogno važi za za diodu D2...

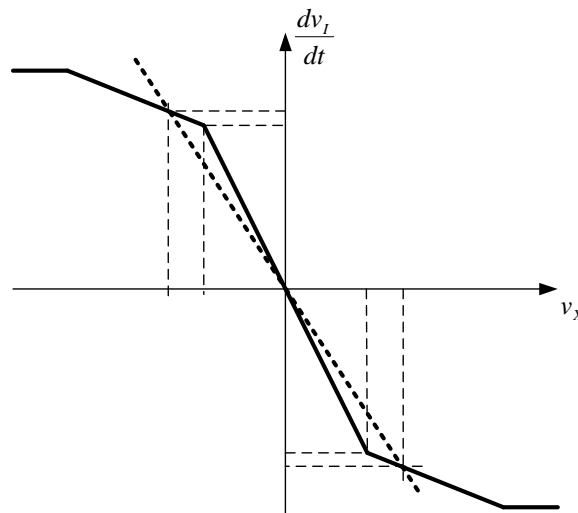
Frekventna karakteristika pozitivne povratne sprege je na učestanosti oscilovanja

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

Odnosno

$$\beta^* = -\frac{9RC}{8} = \frac{v_x}{\frac{dv_I}{dt}} = -1.125 \cdot 10^{-4} \quad (2)$$

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



Zamenom (2) u (1) se dobija, uz $v_x = V_x$

$$V_x = 3V_D = 2.1 \text{ V}$$

Amplituda napona na izlazu kola može se naći preko β mreže:

$$V_i = \frac{V_x}{|\beta(j\omega_0)|}$$

Kako je $\beta(j\omega_0) = -j\frac{3\sqrt{3}}{8}$, konačno se dobija

$$V_i = \frac{8\sqrt{3}}{3}V_D = 3.23 \text{ V}$$