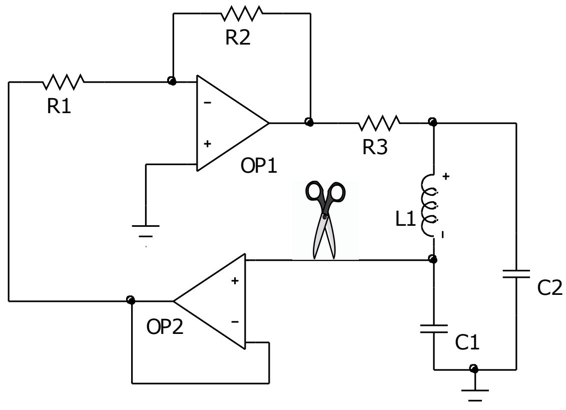
ZADATAK 2.

Na slici 1 dat je harmonijski oscilator. Operacioni pojačavači su idelani. Odrediti

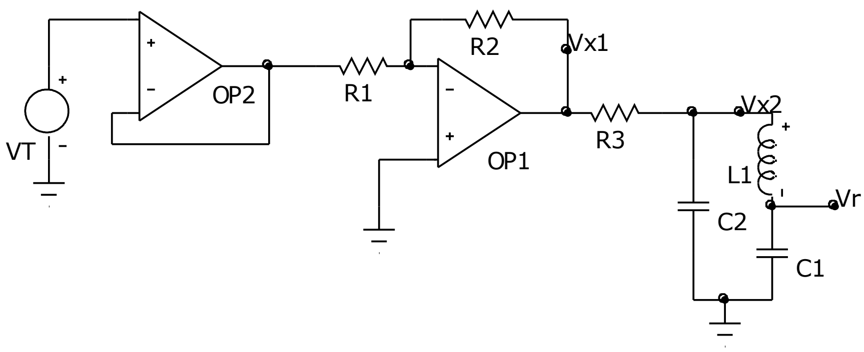
a) Frekvenciju na kojoj kolo osciluje,
b) Minimalni odnos otpornika R_1 i R_2 tako da bi oscilacije mogle da nastanu i održe se.



Slika 1

REŠENJE:

Potrebno je naći kružno pojačanje kola. Za to je potrebno preseći kolo na putanji signala na što je moguće pogodnijem mestu. U ovom kolu ima više pogodnih mesta za to – dva izlaza operacionih pojačavača i jedno mesto sa beskonačnom ulaznom otpornošću. Opredelićemo se za ovo poslednje – makaze na slici 1. Slika kola sa presečenom putanjom signala prikazana je na slici 2.



Slika 2

Kružno pojačanje će se dobiti rešavanjem kola sa slike 2 kao $A\beta=V_r/V_T$. Uloga OP_2 je da služi kao razdvojni stepen. Invertujući pojačavač ima konačnu ulaznu otpornost. Postavljanjem bafera (izvedenog pomoću OP_2) dobijamo efektivno invertujući pojačavač beskonačne ulazne otpornosti (zbog toga mesto sečenja nismo morali da zatvaramo nekom dodatnom otpornošću). Na osnovu do sada rečenog jasno je da

$$V_{x1}=-\frac{R_2}{R_1}V_T \quad . \tag{1}$$

Paralelnu vezu C_2 sa rednom vezom L_1 i C_1 obeležićemo ekvivalentnom impedansom Z_e:

$$Z_e=\frac{\frac{1}{sC_2}\left(sL_1+\frac{1}{sC_1}\right)}{\frac{1}{sC_2}+sL_1+\frac{1}{sC_1}}=\frac{\frac{1+s^2L_1C_1}{s^2C_1C_2}}{\frac{C_1+C_2+s^2L_1C_1C_2}{sC_1C_2}}=\frac{1+s^2L_1C_1}{s(C_1+C_2)+s^3L_1C_1C_2}\quad . \tag{2}$$

Naponi Vx2 i Vr se tada mogu izraziti pomoću naponskih razdelnika kao:

$$V_{x2}=\frac{Z_e}{R_2+Z_e}V_{x1}\quad , \tag{3}$$

$$V_r=\frac{1/sC_2}{sL_2+1/sC_2}V_{x2}\quad . \tag{4}$$

Zamenom (1) u (3), a potom (3) u (4), zamenom impedanse (2) u izraz i sređivanjem, dobija se:

$$A\beta(s)=\frac{-R_2/R_1}{s^3R_3L_1C_1C_2+s^2L_1C_2+sR_3(C_1+C_2)+1}\quad . \tag{5}$$

Zamenom s→jω dobijamo:

$$A\beta(j\omega)=\frac{-R_2/R_1}{-j\omega^3R_3L_1C_1C_2-\omega^2L_1C_2+j\omega R_3(C_1+C_2)+1}\quad . \tag{6}$$

Na kružnoj frekvenciji na kojoj oscilator osciluje kružno pojačanje je čisto realno. Izraz (6) je realan kada su oba imaginarna sabirka u imeniocu jednaka nuli. Odtale sledi:

$$-j\omega_0^3R_3L_1C_1C_2+j\omega_0R_3(C_1+C_2)=0\Rightarrow\omega_0=\sqrt{\frac{C_1+C_2}{L_1C_1C_2}};\ f_0=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C_1+C_2}{L_1C_1C_2}}\quad . \tag{7}$$

Time smo našli frekvenciju oscilovanja oscilatora. Da bi oscilacije započele kružno pojačanje na frekvenciji f_0 mora biti barem jedinično. Zamenom ω_0 iz (7) u (6) uz pomenuti uslov dobijamo:

$$A\beta(\omega_0)=\frac{R_2/R_1}{\omega_0^2L_1C_2-1}\geqslant1\Rightarrow\frac{R_2/R_1}{\frac{C_1+C_2}{L_1C_1C_2}L_1C_2-1}\geqslant1\Rightarrow\frac{R_2}{R_1}\geqslant\frac{C_2}{C_1} \tag{8}$$

što je ujedno i traženi minimalni odnos otpornika (pojačanje pojačavača).