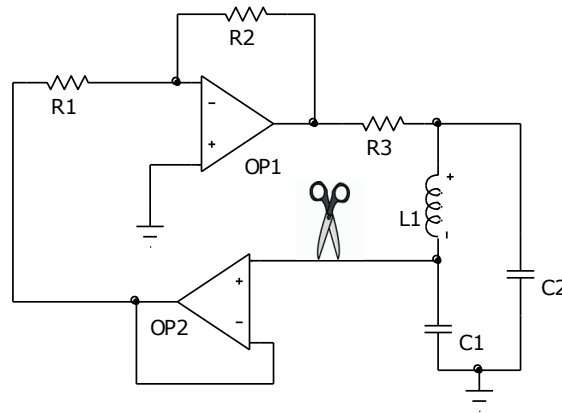


**ZADATAK 2.**

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

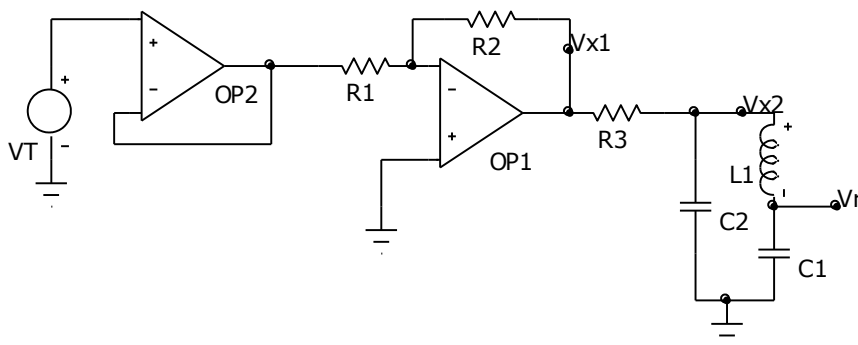
- Frekvenciju na kojoj kolo osciluje,
- Minimalni odnos otpornika  $R_1$  i  $R_2$  tako da bi oscilacije mogle da nastanu i održe se.



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. Opređelićemo 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<sub>2</sub> je da služi kao razdvojni stepen. Invertujući pojačavač ima konačnu ulaznu otpornost. Postavljanjem bafera (izvedenog pomoću OP<sub>2</sub>) 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

$$V_{x1} = -\frac{R_2}{R_1} V_T \quad (1)$$

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

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

Naponi  $V_{x2}$  i  $V_r$  se tada mogu izraziti pomoću naponskih razdelnika kao:

$$V_{x2} = \frac{Z_e}{R_3 + Z_e} V_{x1} \quad (3)$$

$$V_r = \frac{1/sC_1}{sL_1 + 1/sC_1} V_{x2} \quad (4)$$

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

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

Zamenom  $s \rightarrow j\omega$  dobijamo:

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

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:

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

Time smo našli frekvenciju oscilovanja oscilatora. Da bi oscilacije započele kružno pojačanje na frekvenciji  $f_0$  mora biti barem jedinično. Zamenom  $\omega_0$  iz (7) u (6) uz pomenuti uslov dobijamo:

$$A\beta(\omega_0) = \frac{R_2/R_1}{\omega_0^2L_1C_1 - 1} \geq 1 \Rightarrow \frac{R_2/R_1}{\frac{C_1+C_2}{L_1C_1C_2}L_1C_1 - 1} \geq 1 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} \geq \frac{C_1}{C_2} \quad (8)$$

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