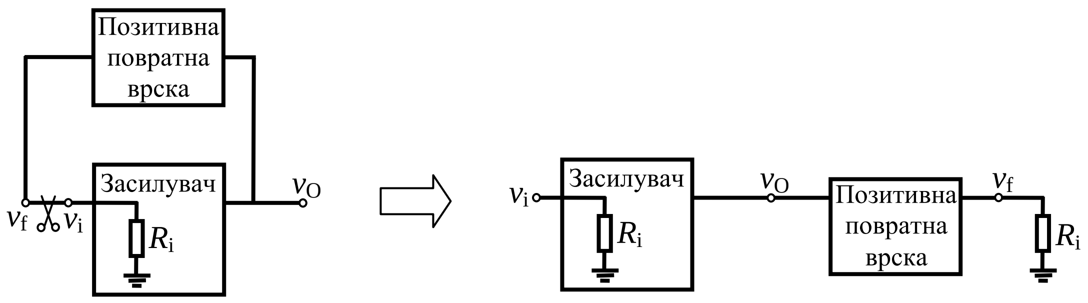
ОСЦИЛАТОРИ

Воведни забелешки:

Метод на сечење на повратната врска:



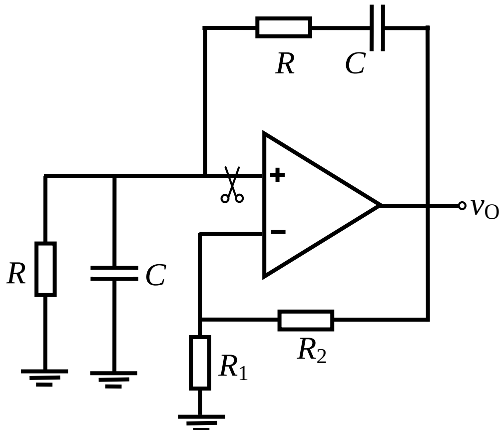
За да постојат осцилации, кружното засилување треба да изнесува 1:

$$\beta A = \frac{v_f}{v_O} \cdot \frac{v_O}{v_i} = 1$$

$$\left.\begin{aligned} \mathrm{Re}\{\beta A\} &= 1 \\ \mathrm{Im}\{\beta A\} &= 0 \end{aligned}\right\}$$

Од едната равенка се добива фреквенцијата на осцилирање, а од другата условот за појава на осцилации.

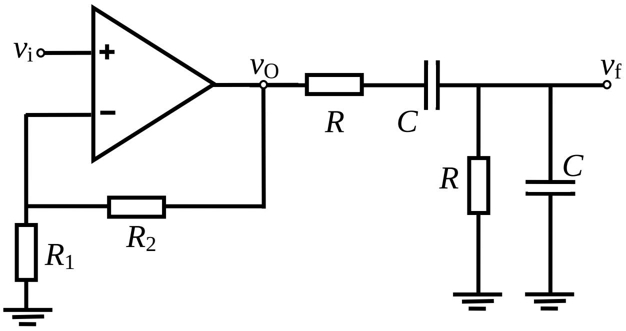
1. На сликата е прикажан осцилатор со Винов мост. Да се одредат фреквенцијата на осцилирање и условот за осцилирање.



R = 10 kΩ
C = 20 μF
R_1 = 500 Ω

Решение:

При сечењето на повратната врска, згодно е да се одбере место каде отпорноста $R_i \to \infty$:



$$Z_1 = R + \frac{1}{j\omega C}$$

$$Z_2 = \frac{R \cdot \frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{R}{1 + j\omega CR}$$

$$v_i = v_O \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$v_f = v_O \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$\beta A = \frac{v_f}{v_i} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \frac{R_1 + R_2}{R_1} = \frac{\frac{R}{1 + j\omega CR}}{\frac{R}{1 + j\omega CR} + R + \frac{1}{j\omega C}} \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

$$\beta A = \frac{j\omega CR}{j\omega CR + j\omega CR - \omega^2 C^2 R^2 + 1 + j\omega CR} \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1$$

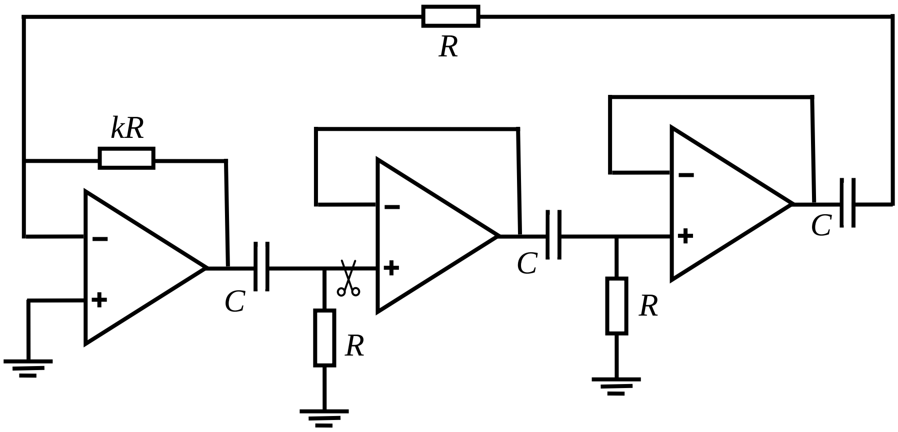
$$\mathrm{Re}\{\text{лево}\} = \mathrm{Re}\{\text{десно}\} \quad \Rightarrow \quad 0 = 1 - \omega^2 C^2 R^2 \quad \Rightarrow \quad \omega = \frac{1}{CR} \qquad (1)$$

$$\mathrm{Im}\{\text{лево}\} = \mathrm{Im}\{\text{десно}\} \quad \Rightarrow \quad j\omega CR \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 3 j\omega CR \quad \Rightarrow \quad \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 3 \qquad (2)$$

Од равенка (1) се добива фреквенцијата на осцилирање ω = 5 rad/s

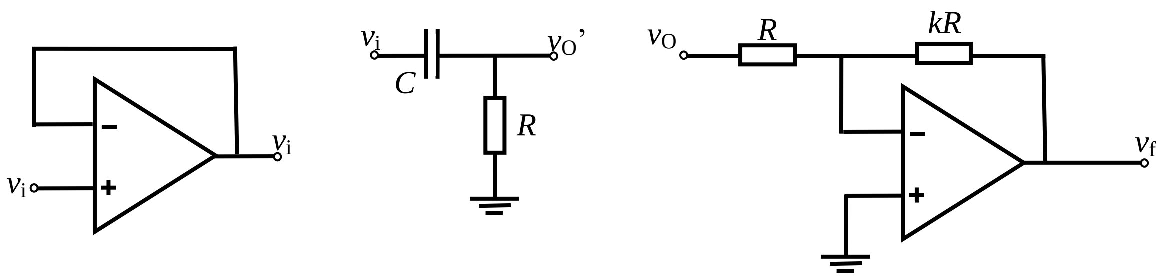
Од равенка (2) се добива условот за осцилирање $R_2 = 2R_1$ = 1000 Ω

2. На сликата е прикажан осцилатор со фазно поместување. Да се одредат фреквенцијата на осцилирање и условот за осцилирање.



Решение:

Овој осцилатор се состои од два единечни засилувачи (слика а), три RC келии (слика б), и еден инвертирачки засилувач (слика в)



а) б) в)

Засилувањето на секоја од RC келиите е:

$$\frac{v_O'}{v_i} = \frac{v_O''}{v_O'} = \frac{v_O'''}{v_O''} = \frac{R}{R + \dfrac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega CR}{1 + j\omega CR}\,\frac{1 - j\omega CR}{1 - j\omega CR} = \frac{\omega^2 C^2 R^2 + j\omega CR}{1 + \omega^2 C^2 R^2} = A_{vRC}(j\omega)$$

$$\arg\{A_{vRC}\} = arctg\frac{\mathrm{Im}\{A_{vRC}\}}{\mathrm{Re}\{A_{vRC}\}} = arctg\frac{\omega CR}{\omega^2 C^2 R^2} = arctg\frac{1}{\omega CR}$$

$$\left|A_{vRC}\right| = \sqrt{\left(\frac{\omega^2 C^2 R^2}{1 + \omega^2 C^2 R^2}\right)^2 + \left(\frac{\omega CR}{1 + \omega^2 C^2 R^2}\right)^2} = \frac{\omega CR}{1 + \omega^2 C^2 R^2}\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}$$

Засилувањето на инвертирачкиот засилувач е:

$$\frac{v_f}{v_O} = -\frac{kR}{R} = -k = A_{vINV} \qquad \arg\{A_{vINV}\} = \pi \qquad \left|A_{vINV}\right| = k$$

Вкупното кружно засилување βA изнесува:

$$\beta A = 1 \qquad \arg\{\beta A\} = 0 \ (2\pi) \qquad |\beta A| = 1$$

Од друга страна, кружното засилување е производ од поединечните засилувања на деловите:

$$\beta A = (A_{vRC})^3 A_{vINV} = \left(\frac{\omega^2 C^2 R^2 + j\omega CR}{1+\omega^2 C^2 R^2}\right)^3 (-k) = 1$$

Споредувајки ги аргументите, ја добиваме фреквенцијата на осцилирање:

$$\arg\{\beta A\} = 3 \cdot \arg\{A_{vRC}\} + \arg\{A_{vINV}\}$$

$$2\pi = 3 \cdot \arg\{A_{vRC}\} + \pi \qquad \Rightarrow \qquad \arg\{A_{vRC}\} = arctg\frac{1}{\omega CR} = \frac{\pi}{3} \qquad \Rightarrow \qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{3}CR}$$

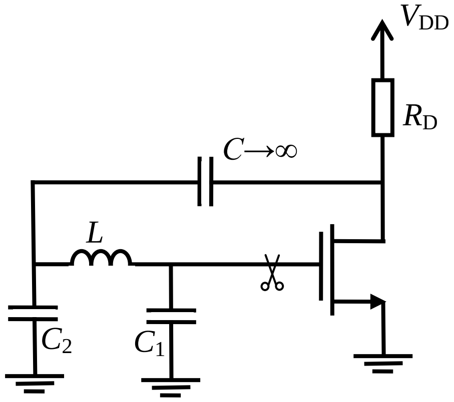
Споредувјки ги модулите на засилувањата, и употребувајки ја добиената фреквенција, го добиваме и условот за појава на осцилации:

$$|\beta A| = |A_{vRC}|^3 |A_{vINV}|$$

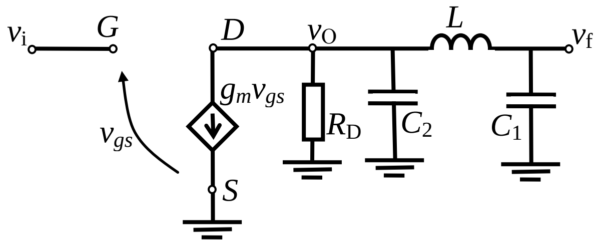
$$1 = \left(\frac{\omega CR}{1+\omega^2 C^2 R^2}\sqrt{1+\omega^2 C^2 R^2}\right)^3 k \qquad \left\{\omega = \frac{1}{\sqrt{3}CR}\right\}$$

$$1 = \left(\frac{\frac{1}{\sqrt{3}}}{1+\frac{1}{3}}\sqrt{1+\frac{1}{3}}\right)^3 k = \left(\frac{1}{2}\right)^3 k \qquad \Rightarrow \qquad k = 8$$

3. На сликата е прикажан Колпицов осцилатор. Да се одредат фреквенцијата на осцилирање и условот за осцилирање.



Решение:



$$\beta A = \frac{v_f}{v_i} = \frac{v_f}{v_O}\frac{v_O}{v_i} \qquad\qquad v_i = v_{gs}$$

$$\frac{v_f}{v_O} = \frac{\frac{1}{j\omega C_1}}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C_1}}$$

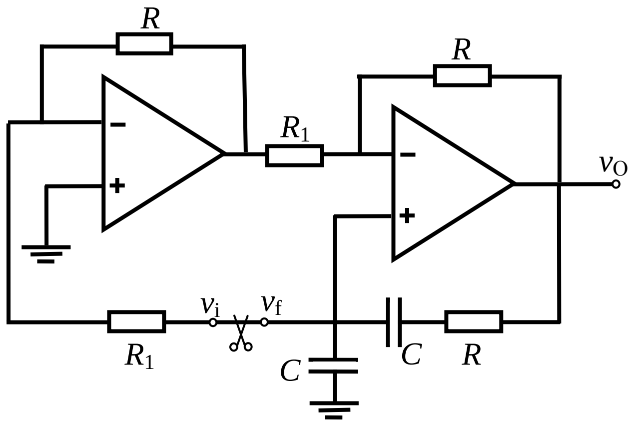
$$\frac{v_O}{v_i} = -g_m Z_{EKV} = -g_m\left[R_D \,||\, \frac{1}{j\omega C_2} \,||\left(\frac{1}{j\omega C_1} + j\omega L\right)\right]$$

$$\beta A = \frac{v_f}{v_i} = -g_m \frac{\frac{1}{j\omega C_1}}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C_1}}\left[R_D \,||\, \frac{1}{j\omega C_2} \,||\left(\frac{1}{j\omega C_1} + j\omega L\right)\right] = 1$$

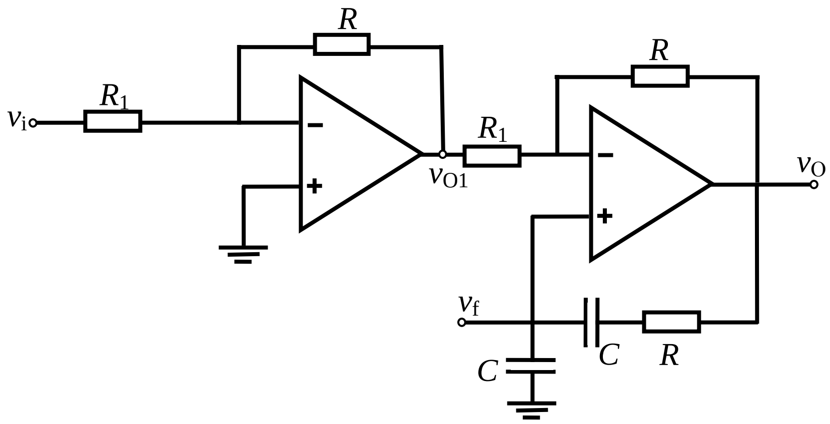
$\mathrm{Re}\{\beta A\} = 1 \qquad \Rightarrow \qquad g_m R_D = \omega C_1 L - 1$ (1) Услов за осцилации

$\mathrm{Im}\{\beta A\} = 0 \qquad \Rightarrow \qquad \omega = \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L C_1 C_2}}$ (2) Фреквенција

4. За осцилаторот прикажан на сликата да се одредат фреквенцијата на осцилирање и условот за осцилирање. R = 2 kΩ; C = 1 μF.



Решение:



$$\beta A = \frac{v_f}{v_i} = \frac{v_f}{v_O}\frac{v_O}{v_{O1}}\frac{v_{O1}}{v_i}$$

$$\frac{v_f}{v_O} = \frac{\dfrac{R_1}{1+j\omega CR_1}}{R+\dfrac{1}{j\omega C}+\dfrac{R_1}{1+j\omega CR_1}} = \frac{R_1}{2R_1+R+j\omega(CRR_1-\dfrac{1}{\omega^2 C})}$$

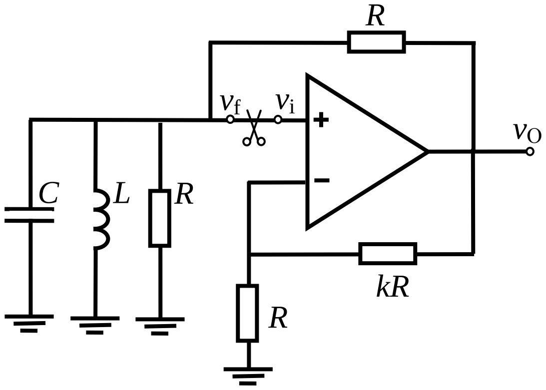
$$\frac{v_{O1}-v_f}{R_1} = \frac{v_f-v_O}{R} \qquad \Rightarrow \qquad \frac{v_{O1}}{v_O} = \frac{R_1}{R}+\left(1+\frac{R_1}{R}\right)\frac{v_f}{v_O}$$

$$v_{O1} = -\frac{R}{R_1}v_i$$

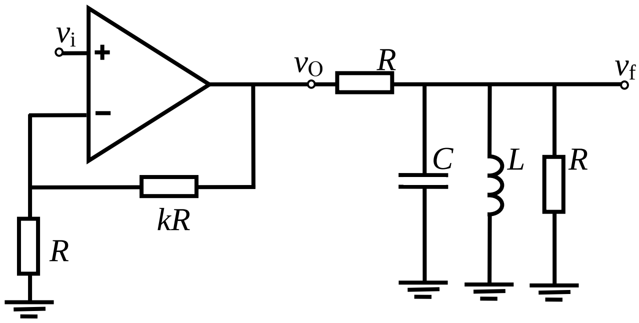
$$\mathrm{Re}\{\beta A\}=1 \qquad \Rightarrow \qquad R_1 = R \qquad (1)$$

$$\mathrm{Im}\{\beta A\}=0 \qquad \Rightarrow \qquad \omega = \frac{1}{C\sqrt{R_1 R}} = \frac{1}{RC} = 500\ \mathrm{rad/s} \qquad (2)$$

5. За осцилаторот прикажан на сликата да се одредат фреквенцијата на осцилирање и условот за осцилирање. R = 2 kΩ; L = 10 mH; C = 1 μF.



Решение:



$$\beta A = \frac{v_f}{v_i} = \frac{v_f}{v_O}\frac{v_O}{v_i}$$

$$\frac{v_f}{v_O} = \frac{R \parallel j\omega L \parallel \dfrac{1}{j\omega C}}{R + R \parallel j\omega L \parallel \dfrac{1}{j\omega C}} = \frac{2\omega^2 R^2 L^2 + j\omega RL(R^2 - \omega^2 R^2 CL)}{(R^2 - \omega^2 R^2 CL)^2 + 4\omega^2 R^2 L^2} = \beta$$

$$\frac{v_O}{v_i} = 1 + k = A$$

$$\beta A = \frac{2\omega^2 R^2 L^2 + j\omega RL(R^2 - \omega^2 R^2 CL)}{(R^2 - \omega^2 R^2 CL)^2 + 4\omega^2 R^2 L^2}\left(1 + k\right) = 1$$

$$\mathrm{Re}\{\beta A\} = 1 \qquad \Rightarrow \qquad k = 1 \qquad (1)$$

$$\mathrm{Im}\{\beta A\} = 0 \qquad \Rightarrow \qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 10000 \text{ rad/s} \qquad (2)$$