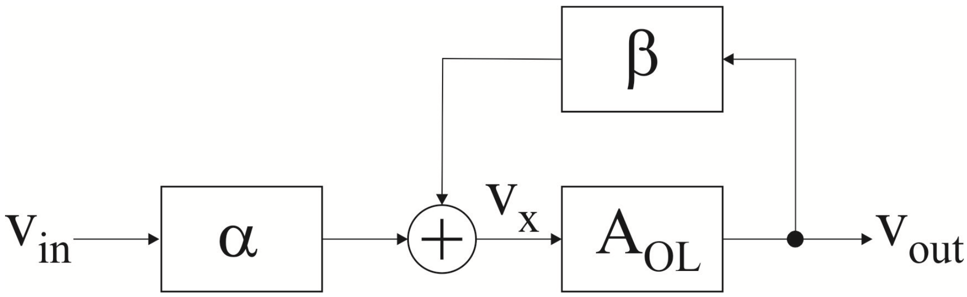
32 zadatak



Na ulazu osnovnog pojačavača, A_{OL}, postoje dve komponente signala:

- Komponenta signala koja se prenosi direktno od ulaza celog kola do ulaza osnovnog pojačavača, αVin.
- Komponenta signala koja se vraća sa izalaza osnovnog pojačvača na ulaz osnovnog pojačavača, βVout.

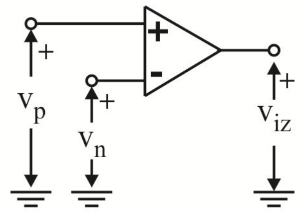
Sledi da se napon na izlazu pojačavača sa povratnom spregom može izraziti kao:

$$v_{out} = A_{OL} \cdot v_x = A_{OL} \cdot \left(\alpha \cdot v_{in} + \beta \cdot v_{out}\right)$$

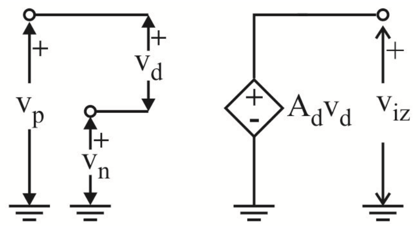
gde je: $\alpha = \left.\frac{v_x}{v_{in}}\right|_{v_{out}=0}$ $\beta = \left.\frac{v_x}{v_{out}}\right|_{v_{in}=0}$

Naponsko pojačanje pojačvača sa povratnom spregom može se izraziti na sledeći način:

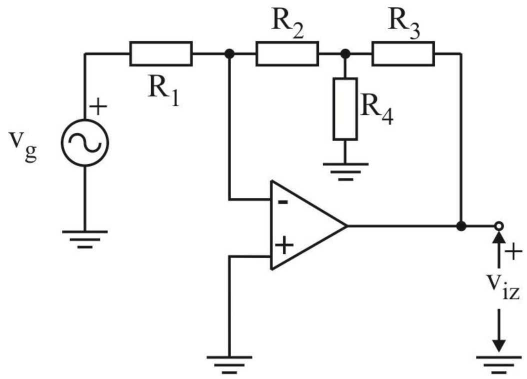
$$A_n = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{\alpha \cdot A_{OL}}{1 - A_{OL} \cdot \beta}$$



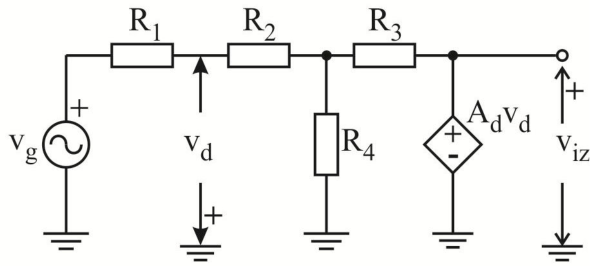
+
-
+
v_p
+
v_n
+
v_{iz}



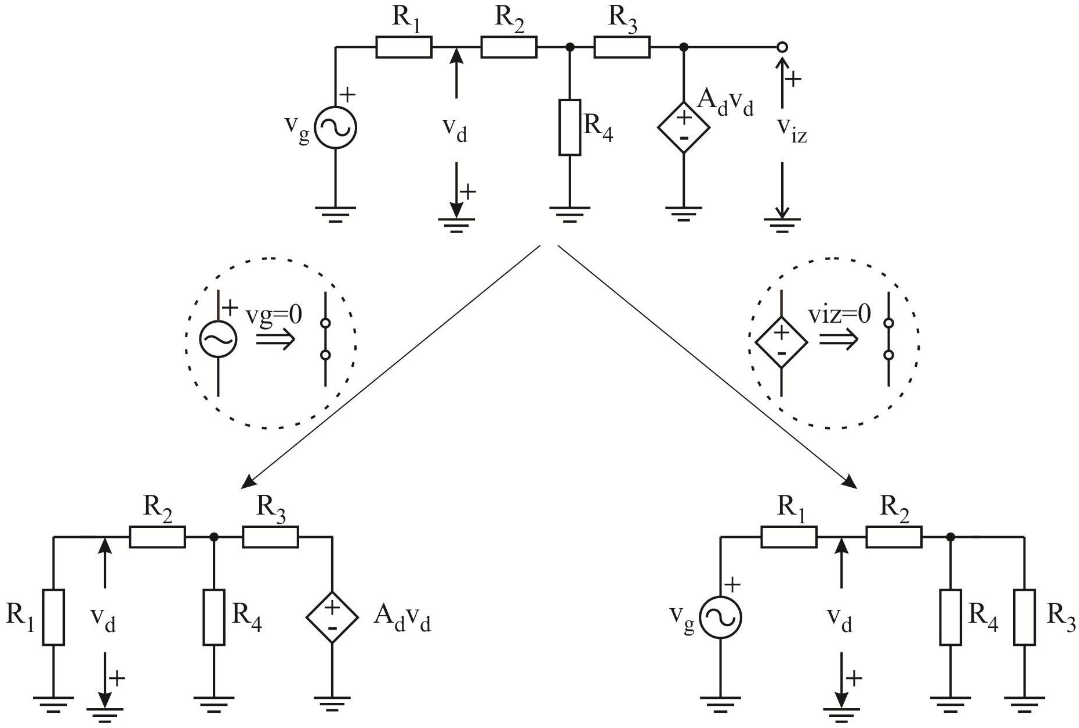
+
v_p
+
v_d
+
v_n
+
-
$A_d v_d$
+
v_{iz}



R_1
R_2
R_3
R_4
+
v_g
-
+
+
v_{iz}



R_1
R_2
R_3
R_4
+
v_g
v_d
+
+
-
$A_d v_d$
+
v_{iz}



$$\beta = -\frac{R_1 \cdot R_4}{R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_4 + R_2 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_4 + R_3 \cdot R_4} = -9{,}7 \cdot 10^{-3}$$

$$\alpha = -\frac{R_2 + R_3 \parallel R_4}{R_1 + R_2 + R_3 \parallel R_4} = -0{,}5$$

$$v_d = \frac{v_{iz}}{A_d} = \alpha \cdot v_g + \beta \cdot v_{iz}$$

$$A_n = \frac{v_{iz}}{v_g} = \frac{\alpha \cdot A_d}{1 - A_d \cdot \beta} = -52$$

38 zadatak

I Način analize oscilatora

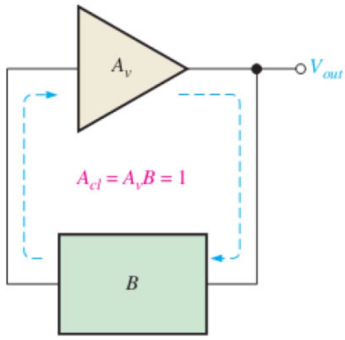
Sistem jednačina koji opisuje oscilator ima nulti slobodni vektor jer nema spoljne pobude. Odavde sledi da je u slučaju nastanka oscilacija na frekvenciji oscilovanja determinanta sistema jednačina koji opisuje oscilator jednaka nuli.

II način analize oscilatora

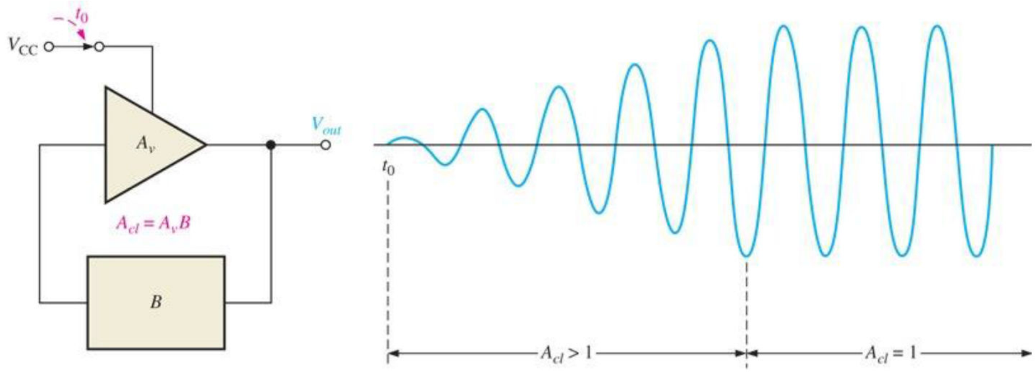
Pojačanje oscilatora se može izraziti kao: $A_r = \dfrac{A}{1 - A \cdot B}$

Da bi nastale oscilacije u odsustvu pobudnog signala potrebno je da pojačnje sa povratnom spregom, A_r, bude beskonačno. Odavde sledi Barkhauzenov uslov:

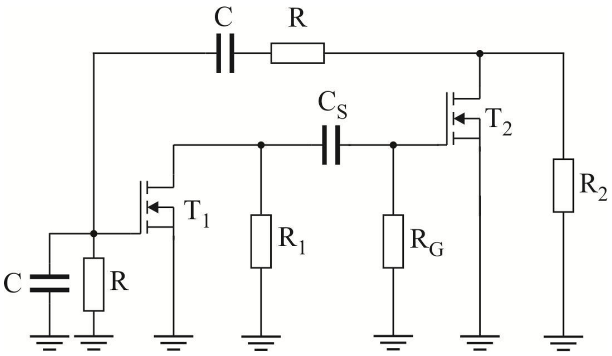
$B \cdot A = 1 + j \cdot 0$

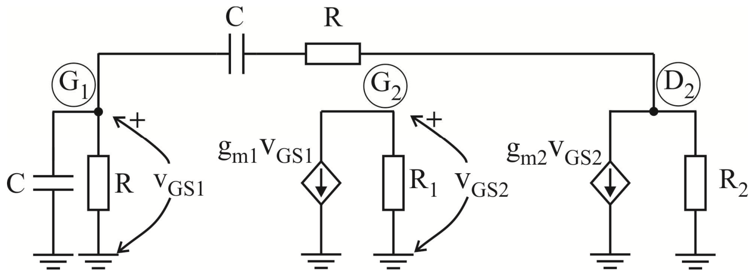


U stacionarnom stanju kružno pojačanje oscilatora je jednako jedinici $B \cdot A = 1$



I NAČIN





Sistem jednačina formulisan po metodu potencijala čvorova izražen u matričnom obliku:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{R}+j\omega C+\frac{j\omega C}{1+j\omega CR} & 0 & -\frac{j\omega C}{1+j\omega CR} \\ g_{m1} & \frac{1}{R_1} & 0 \\ -\frac{j\omega C}{1+j\omega CR} & g_{m2} & \frac{1}{R_2}+\frac{j\omega C}{1+j\omega CR} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_{G1} \\ v_{G2} \\ v_{D2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} \frac{1}{R}+j\omega C+\frac{j\omega C}{1+j\omega CR} & 0 & -\frac{j\omega C}{1+j\omega CR} \\ g_{m1} & \frac{1}{R_1} & 0 \\ -\frac{j\omega C}{1+j\omega CR} & g_{m2} & \frac{1}{R_2}+\frac{j\omega C}{1+j\omega CR} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{1}{R}+j\omega C & 0 & -\frac{j\omega C}{1+j\omega CR} \\ g_{m1} & \frac{1}{R_1} & 0 \\ \frac{1}{R_2} & g_{m2} & \frac{1}{R_2}+\frac{j\omega C}{1+j\omega CR} \end{vmatrix} = 0+j0$$

$$\Delta = \frac{1}{RR_1R_2}+\frac{j\omega C}{RR_1(1+j\omega CR)}+\frac{j\omega C}{R_1R_2}-\frac{\omega^2C^2}{R_1(1+j\omega CR)}+\frac{j\omega C}{R_1R_2(1+j\omega CR)}-\frac{j\omega C g_{m1}g_{m2}}{1+j\omega CR}=0 \Big/ RR_1R_2(1+j\omega CR)$$

$$-\omega^2C^2R^2+2j\omega CR+1-\omega^2C^2R_2R+j\omega CR_2+j\omega CR-j\omega CR_1R_2Rg_{m1}g_{m2}=0$$

Imaginarni deo

$$3j\omega CR+j\omega CR_2-j\omega CR_1R_2Rg_{m1}g_{m2}=j0$$

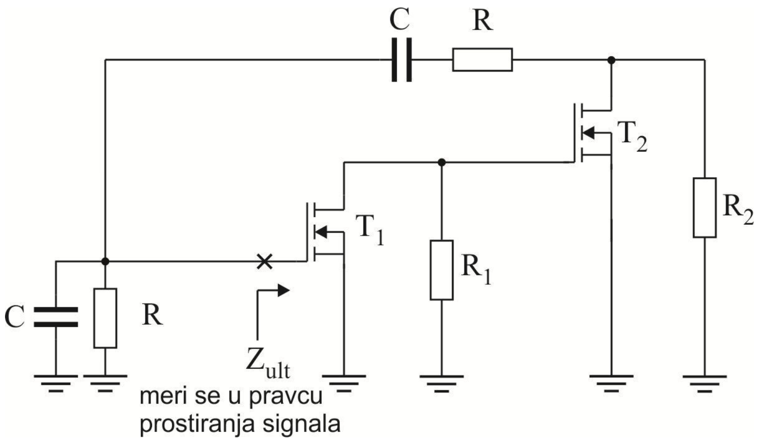
$$g_{m1}g_{m2}=\frac{3}{R_1R_2}+\frac{1}{RR_1}=16\cdot 10^{-6}\,S^2$$

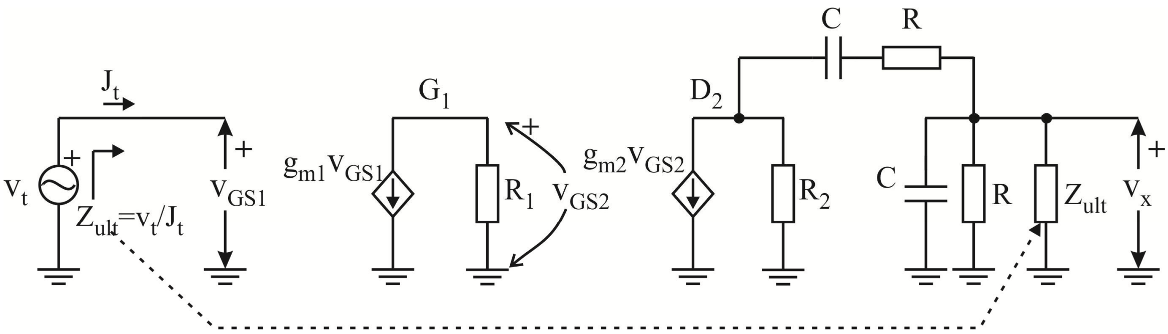
Realni deo

$$-\omega^2C^2R^2-\omega^2C^2R_2R+1=0$$

$$\omega_0=\frac{1}{CR\sqrt{1+\frac{R_2}{R}}}=500\ rad/S$$

II NAČIN





$$J_{ult}=0 \Rightarrow Z_{ult}\to\infty$$

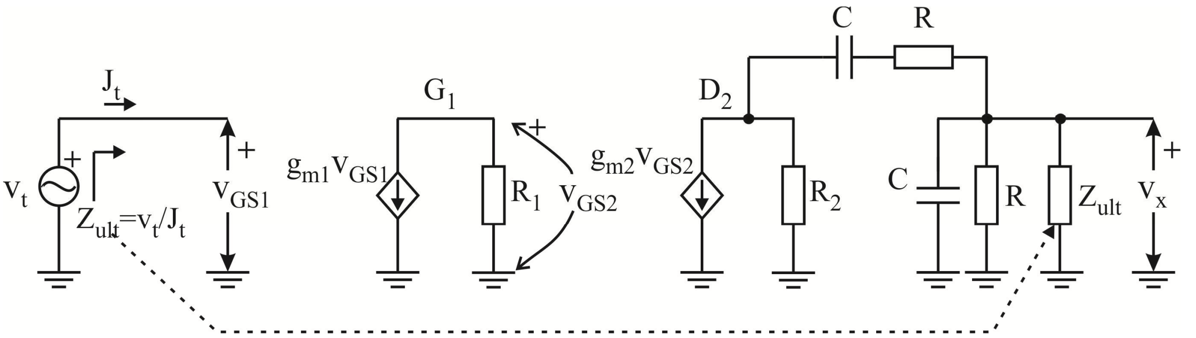
$$v_{G1}\frac{1}{R_1}+g_{m1}\cdot v_{GS1}=0$$

$$v_{D2}\cdot\frac{1}{R_2}+g_{m2}\cdot v_{GS2}+\left(v_{D2}-v_x\right)\frac{1}{\frac{1}{sC}+R}=0$$

$$v_{D2}\cdot\frac{1}{R}+v_{D2}\cdot sC+v_{D2}\cdot\frac{1}{Z_{ult}}+\left(v_x-v_{D2}\right)\frac{1}{\frac{1}{sC}+R}=0$$

$$AB=\frac{v_x}{v_t}=\frac{sC\cdot R\cdot R_1\cdot R_2\cdot g_{m1}\cdot g_{m2}}{1+s\left(3CR+CR_2\right)+s^2\left(C^2R^2+C^2RR_2\right)}$$

Barkhauzenov uslov: $AB = 1 + j0$



$$\frac{sC \cdot R \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot g_{m1} \cdot g_{m2}}{1+s(3CR+CR_2)+s^2(C^2R^2+C^2RR_2)} = 1 \quad / \cdot \left[1+s(3CR+CR_2)+s^2(C^2R^2+C^2RR_2)\right]$$

$$sC \cdot R \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot g_{m1} \cdot g_{m2} = 1+s(3CR+CR_2)+s^2(C^2R^2+C^2RR_2)$$

$$1+s(3CR+CR_2-g_{m1}g_{m2}CRR_1R_2)+s^2\left(C^2R^2+C^2RR_2\right)=0$$

$$1+j\omega(3CR+CR_2-g_{m1}g_{m2}CRR_1R_2)-\omega^2\left(C^2R^2+C^2RR_2\right)=0$$

Realni deo

$$1-\omega^2\left(C^2R^2+C^2RR_2\right)=0$$

$$\Downarrow$$

$$\omega_0=\frac{1}{CR\sqrt{1+\frac{R_2}{R}}}$$

Imaginarni deo

$$3CR+CR_2-g_{m1}g_{m2}CRR_1R_2=0$$

$$\Downarrow$$

$$g_{m1}g_{m2}=\frac{3}{R_1R_2}+\frac{1}{RR_1}$$

Kako ne treba raditi !

1. Racionalizacijom analitičkog izraza za kružno pojačanje komplikuje se rešavanje kola.

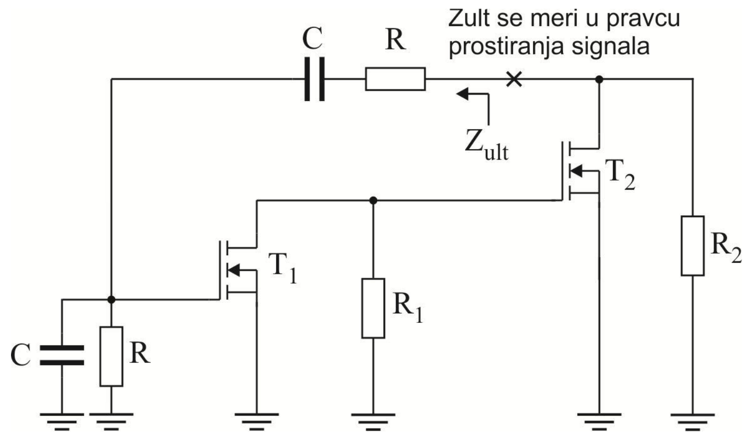
$$AB=\frac{v_x}{v_t}=\frac{j\omega g_{m1}g_{m2}CRR_1R_2}{1-\omega^2(C^2R^2+C^2RR_2)+j\omega(3CR+CR_2)}\cdot\frac{1-\omega^2(C^2R^2+C^2RR_2)-j\omega(3CR+CR_2)}{1-\omega^2(C^2R^2+C^2RR_2)-j\omega(3CR+CR_2)}=1+j\cdot 0$$

$$\mathrm{Im}\{AB\}=\frac{\omega CRR_1R_2g_{m1}g_{m2}-\omega^3C^3R^3R_1R_2g_{m1}g_{m2}-\omega^3C^3R^2R_2^2R_1g_{m1}g_{m2}}{1-2\omega^2C^2R^2-2\omega^2C^2RR_2+9\omega^2C^2R^2+6\omega^2C^2RR_2+\omega^2C^2R_2^2+\omega^4C^4R^4+2\omega^4C^4R^3R_2+\omega^4C^4R^2R_2^2}$$

$$\mathrm{Re}\{AB\}=\frac{3\omega^2C^2R^2R_1R_2g_{m1}g_{m2}+\omega^2C^2R_2^2RR_1g_{m1}g_{m2}}{1-2\omega^2C^2R^2-2\omega^2C^2RR_2+9\omega^2C^2R^2+6\omega^2C^2RR_2+\omega^2C^2R_2^2+\omega^4C^4R^4+2\omega^4C^4R^3R_2+\omega^4C^4R^2R_2^2}$$

Uslov oscilovanja se dobija iz jednačine $\mathrm{Re}\{AB\}=1$ dok se frekvencija oscilovanja dobija iz $\mathrm{Im}\{AB\}=0$. Ovaj način rešavanja nije neispravan ali se dobijaju mnogo kompleksniji izrazi i znatno je komplikovanije sređivanje izraza.

2. Kada se određuje kružno pojačanje potrebno je pažljivo odabrati mesto prekida. Potrebno je odabrati prekid za koji se dobija što jednostavniji izraz za ulazu impedansu. Ukoliko bi kružno pojačanje određivali iz ovog kola dobili bi:



$$Z_{ult}=\frac{v_t}{J_t}=\frac{sCR}{1+3sCR+s^2C^2R^2}$$

$$AB=\frac{v_x}{v_t}=\frac{sg_{m1}g_{m2}CRR_1R_2+3\cdot s^2g_{m1}g_{m2}C^2R^2R_1R_2+s^3g_{m1}g_{m2}C^3R^3R_1R_2}{1+s(6\cdot CR+CR_2)+s^2(11\cdot C^2R^2+4\cdot C^2RR_2)+s^3(4\cdot C^3R^2R_2+6\cdot C^3R^3)+s^4(C^4R^3R_2+C^4R^4)}=1$$

Ovaj način rešavanja nije neispravan ali se dobijaju mnogo kompleksniji izrazi. Sređivanje izraza je komplikovanije i veća je mogućnost da se naparavi greška.