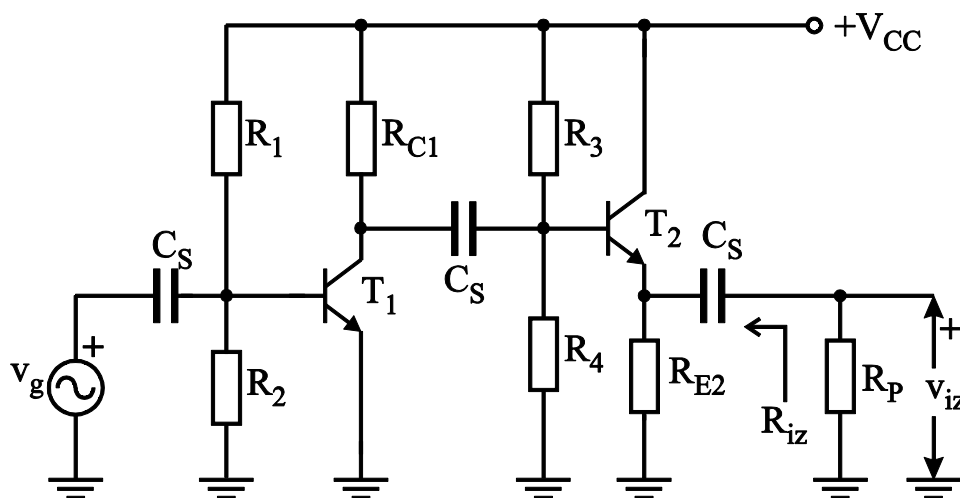


**OSNOVI ELEKTRONIKE** studijska grupa EKM  
**ELEKTRONIKA** studijska grupa MIM

**1. Zadatak**

Na slici je prikazan dvostepeni pojačavač sa bipolarnim tranzistorima. Upotrebljeni tranzistori su identični, poznatih parametara:  $\beta = 50$ ;  $V_{BE} = 0,7 V$ . Poznato je:  $R_{C1} = R_{E2} = 2 k\Omega$ ;  $R_p = 1 k\Omega$ ;  $R_1 = R_3 = 150 k\Omega$ ;  $R_2 = R_4 = 100 k\Omega$ ;  $V_{CC} = 12 V$ ;  $C_S \rightarrow \infty$ . Smatrati da je:  $R_1, R_2 \gg h_{11E}$  kao i da je  $R_3, R_4 \gg R_{C1}$ . Odrediti:

- Nepoznate parametre „h“ modela ukoliko je usvojeno  $h_{12E} = 0$  i  $h_{22E} = 0 S$ ;
- Naponsko pojačanje  $A_n = \frac{v_{iz}}{v_g}$ ;
- Izlaznu otpornost pojačavača  $R_{iz}$  (bez  $R_p$ ).

**Rešenje:**

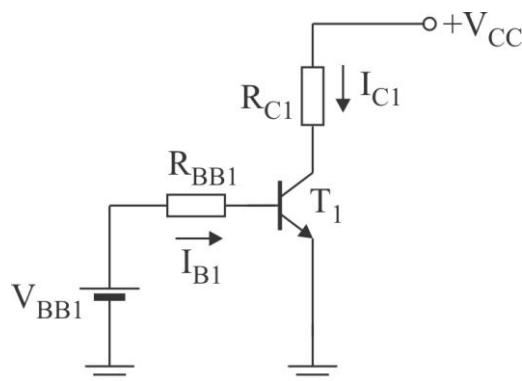
a) Primenom Theveninove teoreme dobija se ekvivalentna šema prikazana na sledećoj slici. Parametri Theveninovog generatora su:

$$V_{BB1} = V_{CC} \cdot R_1 / (R_1 + R_2) = 4,8 V,$$

$$R_{BB1} = R_1 \parallel R_2 = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = 60 k\Omega.$$

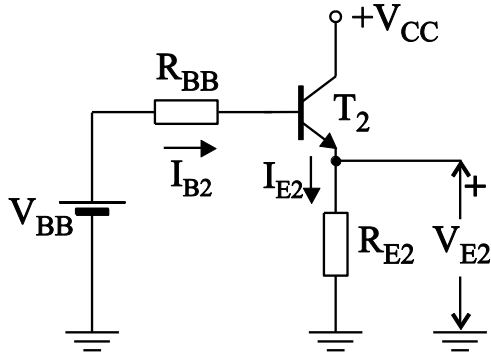
$$V_{BB1} - I_{B1} \cdot R_{BB1} - V_{BE} = 0$$

$$I_{B1} = \frac{V_{BB1} - V_{BE1}}{R_{BB1}} = 68,3 \mu A$$



$$h_{11E1} = \frac{V_T}{I_{B1}} = \frac{26mV}{I_{B1}} = 380 \Omega$$

Istim postupkom za drugi pojačavački stepen dobija se:



Parametri Theveninovog generatora su:

$$V_{BB} = V_{CC} \cdot R_4 / (R_3 + R_4) = 4,8 \text{ V} ,$$

$$R_{BB} = R_3 \parallel R_4 = R_3 \cdot R_4 / (R_3 + R_4) = 60 \text{ k}\Omega .$$

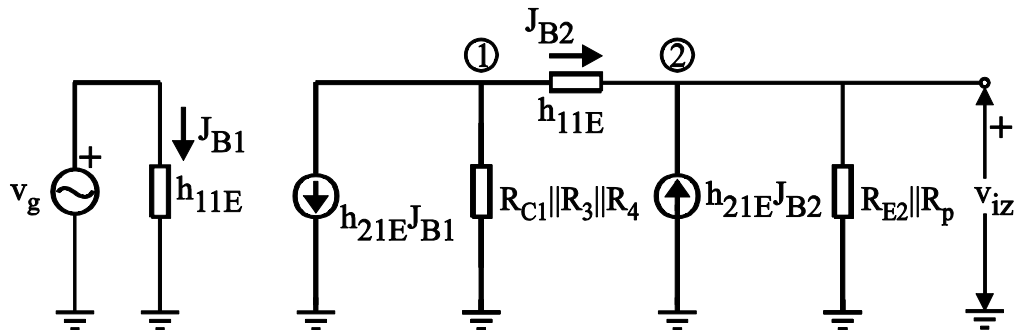
Primenom modela za aktivni režim u kolo sa slike dobija se sledeći sistem jednačina

$$V_{BB} - I_{B2} \cdot R_{BB} - V_{BE2} - I_{E2} \cdot R_{E2} = 0$$

$$I_{B2} = \frac{V_{BB} - V_{BE2}}{R_{BB} + (1 + \beta)R_{E2}} = 25,6 \mu\text{A}$$

$$h_{11E2} = \frac{V_T}{I_{B2}} = 1 \text{ k}\Omega$$

b) Električna šema kola za naizmenični režim rada data je na sledećoj slici.



$$v_1 \left( \frac{1}{R_{C1}} + \frac{1}{h_{11E}} \right) - v_2 \frac{1}{h_{11E}} + h_{21E} J_{B1} = 0$$

$$v_2 \left( \frac{1}{R_{E2} \parallel R_p} + \frac{1}{h_{11E}} \right) - v_1 \frac{1}{h_{11E}} - h_{21E} J_{B2} = 0$$

$$J_{B1} = \frac{v_g}{h_{11E}}$$

$$J_{B2} = \frac{v_1 - v_2}{h_{11E}}$$

$$A_n = \frac{v_{iz}}{v_g} = - \frac{(1 + h_{21E}) \cdot h_{21E} \cdot R_{C1} \cdot (R_{E2} \parallel R_p)}{(1 + h_{21E}) \cdot h_{11E1} \cdot (R_{E2} \parallel R_p) + h_{11E1} \cdot h_{11E2} + h_{11E1} \cdot R_{C1}} = -240$$

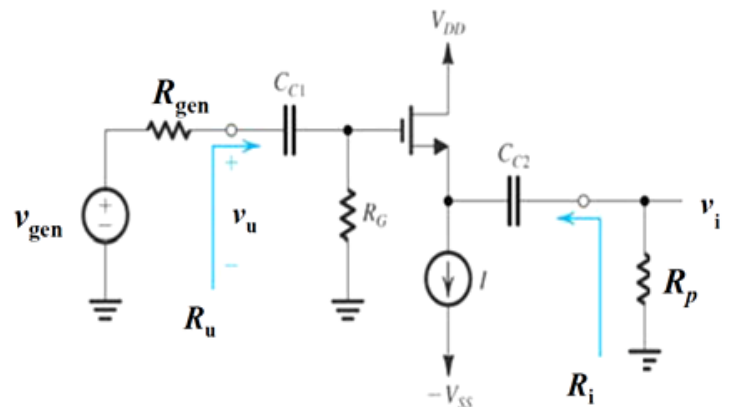
## 2. Zadatak

U kolu sa slike 2 upotrebljen je tranzistor sa:  $V_t = 1,5 \text{ V}$  ( $\mu_n C_{ox} W/L$ ) =  $1 \text{ mA/V}^2$  i  $V_A = 75 \text{ V}$ . Poznato je:

$V_{DD} = V_{SS} = 10 \text{ V}$ ;  $R_G = 4,7 \text{ M}\Omega$ ;

$I_D = 0,5 \text{ mA}$ ;  $R_p = 15 \text{ k}\Omega$ .

- Odrediti vrednosti jednosmernih napona  $V_G$  i  $V_S$ .
- Odrediti: naponsko pojačanje neopterećenog pojačavača ( $A_0$ ), ulaznu i izlaznu otpornost pojačavača ( $R_u$ ,  $R_i$ ), kao i ukupno naponsko pojačanje  $A_V = v_i/v_{gen}$ , ukoliko je  $R_{gen} = 1 \text{ M}\Omega$ .



Slika 2

## Rešenje:

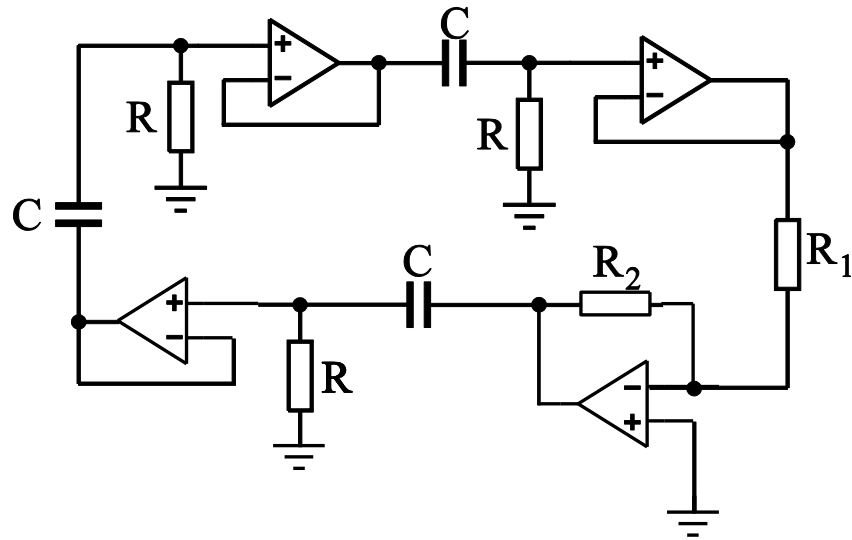
Domaći zadatak 5.3.

## 3. Zadatak

Za oscilator prikazan na slici 3 odrediti:

- Analitički izraz kružnog pojačanja;
- Vrednost otpornika  $R_2$  pri kojoj je ispunjen uslov oscilovanja;
- Frekvenciju oscilovanja.

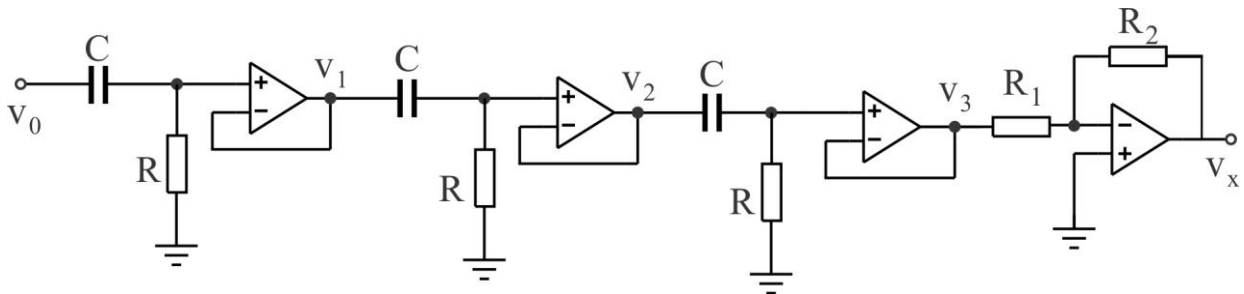
Poznato je:  $C = 10 \text{ nF}$ ;  $R = 10 \text{ k}\Omega$ ;  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ . Operacioni pojačavači su idealani.



Slika 3

**Rešenje:**

a) Posle raskidanja kola povratne sprege dobija se sledeće kolo



$$\frac{v_3}{v_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{v_1}{v_0} = \frac{R}{R + \frac{1}{sC}} = \frac{sCR}{1 + sCR}$$

$$\frac{v_x}{v_3} = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$A \cdot B = \frac{v_x}{v_0} = \frac{v_x}{v_3} \cdot \frac{v_3}{v_2} \cdot \frac{v_2}{v_1} \cdot \frac{v_1}{v_0}$$

$$AB = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{(sCR)^3}{(1 + sCR)^3} = 1 + j \cdot 0$$

b) Uslov oscilovanja je  $AB = 1 + j \cdot 0$ . Smenom izraza za kružno pojačanje u izraz za uslov oscilovanja dobijamo frekvenciju oscilovanja:

$$AB = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{(sCR)^3}{(1 + sCR)^3} = 1 + j \cdot 0$$

$$1 + 3(sCR) + 3(sCR)^2 + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(sCR)^3 = 0$$

$$1 - 3\omega_0^2(CR)^2 = 0$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{3}CR} = 5,77 \cdot 10^3 \text{ rad/s}$$

Uslov oscilovanja dobija se iz izraza

$$3(sCR) + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)(sCR)^3 = 0$$

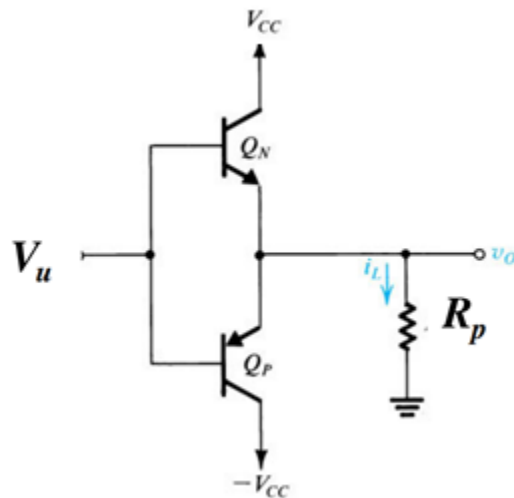
$$3 - \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)\omega_0^2(CR)^2 = 0$$

$$R_2 = 8 \cdot R_1 = 80 \text{ k}\Omega$$

#### **4. Zadatak**

Za pojačavač sa slike 4, koji radi u klasi B, odrediti:

- vrednost  $V_{CC}$ , tako da bude za 5V veći od maksimalnog napona na potrošaču od  $8\Omega$ , kada se na njemu ostvaruje korisna snaga od 20W;
- maksimalnu struju svakog tranzistora;
- ukupnu snagu izvora napajanja;
- stepen korisnog dejstva  $\eta$
- maksimalnu disipiranu snagu na svakom tranzistoru.



Slika 4.

**Rešenje:**

Domaći zadatak 11.2.