

ELEKTRONİK- 1 SINAV SORULAR

– EK –



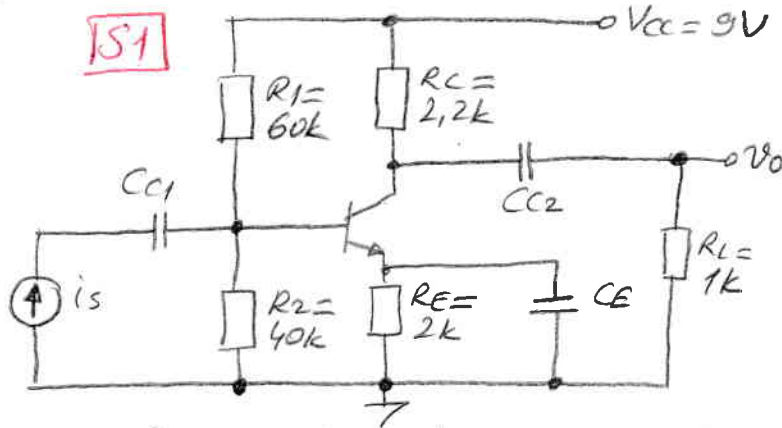
**ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

Ders Sorumlusu

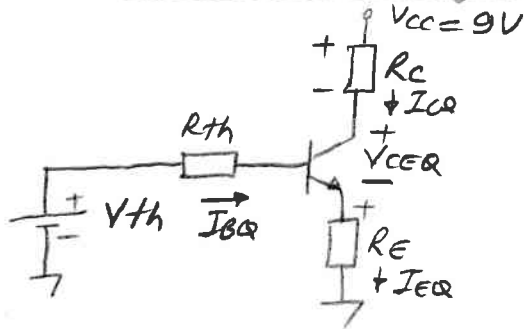
Prof. Dr. Eldar MUSA – Dr. İsmail TEKİN

Düzenleyen

Zafer ÖZTÜRK (MT)

ELEKTRONİK DEVRELER - I
VİZE

Devrenin DC esdeğeri:



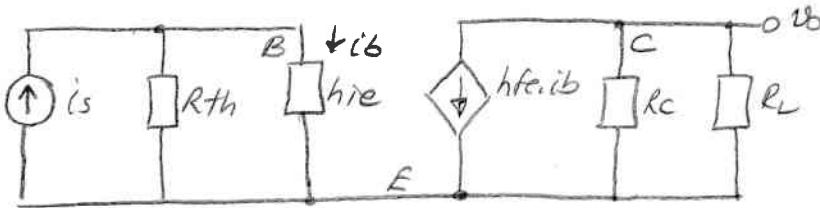
$$V_{CC} = V_{CEQ} + I_{CQ} \cdot (R_C + R_E)$$

$$\Rightarrow 9 = 3,75 + I_{CQ} \cdot (2,2 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^3)$$

$$\Rightarrow I_{CQ} = 1,25 \text{ mA} //$$

$$h_{ie} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{CQ}} = 120 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{1,25 \cdot 10^{-3}} = 2,5 \text{ k}\Omega //$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri:



$$\left. \begin{aligned} V_o &= -h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_C || R_L) \\ i_b &= i_s \cdot \frac{R_{th}}{R_{th} + h_{ie}} \end{aligned} \right\} \frac{V_o}{i_s} = \frac{V_o}{i_b} \cdot \frac{i_b}{i_s}$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{i_s} = -h_{fe} \cdot (R_C || R_L) \cdot \frac{R_{th}}{R_{th} + h_{ie}} = -120 \cdot (2,2 \cdot 10^3 || 1 \cdot 10^3) \cdot \frac{24 \cdot 10^3}{24 \cdot 10^3 + 2,5 \cdot 10^3}$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{i_s} = -75000 \text{ V/A} = -75 \text{ V/mA} //$$

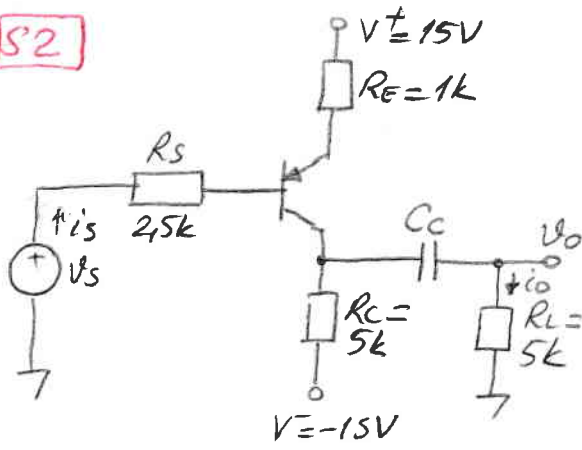
Sekilde gösterilen devrede transistör için $\beta = 120$, $V_{BE(on)} = 0,7 \text{ V}$ olarak veriliyor. Devrede kondensatörlerin değeri kısadevreye edilebilirerek kadar yüksek olup $V_{CEQ} = 3,75 \text{ V}$ 'dur. $V_T = 26 \text{ mV}$ ise V_o/i_s değerini hesaplayınız.

$$R_{th} = R_1 || R_2 = 60 \cdot 10^3 || 40 \cdot 10^3 = 24 \text{ k}\Omega$$

$$V_{th} = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

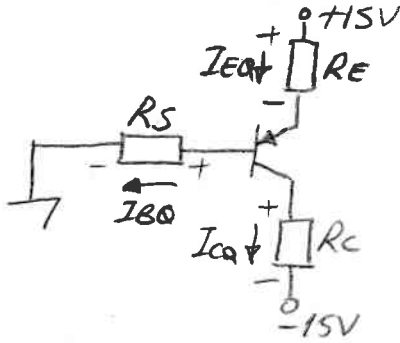
$$\Rightarrow V_{th} = 9 \cdot \frac{40 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^3} = 3,6 \text{ V} //$$

S2



Şekilde gösterilen devrede transistör için $\beta = 80$, $V_{BE(on)} = 0,7V$ olarak veriliyor. Devrede kondensatörün değeri kısadevre kabul edilebilecek kadar yüksektir. Devrenin küçük işaret gerilim kazancını (V_o/V_s) ve akım kazancını (i_o/i_s) hesaplayın $V_T = 26\text{ mV}$ olarak alınacak.

Devrenin DC esdeğeri



$$15 = I_{EQ} \cdot R_E + V_{BE(on)} + I_{BQ} \cdot R_S$$

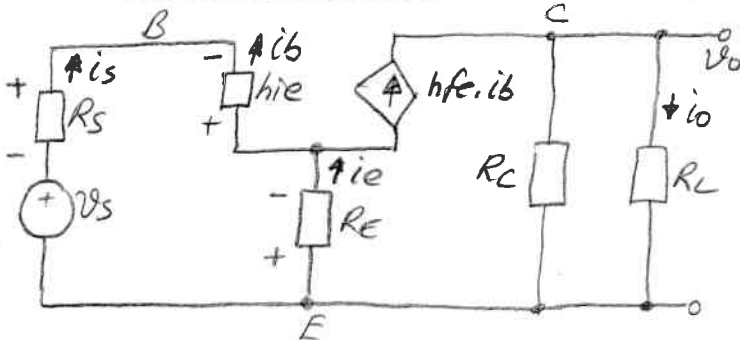
$$\Rightarrow 15 = (1+\beta) \cdot I_{BQ} \cdot 1 \cdot 10^3 + 0,7 + I_{BQ} \cdot 2,5 \cdot 10^3$$

$$\Rightarrow I_{BQ} = \frac{15 - 0,7}{(1+80) \cdot 1 \cdot 10^3 + 2,5 \cdot 10^3} = 171 \mu A //$$

$$I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ} = 80 \cdot 171 \cdot 10^{-6} = 13,7 \text{ mA} //$$

$$h_{ie} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{CQ}} = 80 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{13,7 \cdot 10^{-3}} = 151,8 \Omega //$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri



$$V_o = h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_C // R_L)$$

$$V_s + i_b \cdot R_s + i_b \cdot h_{ie} + (1+\beta) \cdot i_b \cdot R_E = 0$$

$$\Rightarrow V_s = -i_b \cdot [R_s + h_{ie} + (1+\beta) \cdot R_E]$$

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_C // R_L)}{-i_b \cdot [R_s + h_{ie} + (1+\beta) \cdot R_E]}$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_s} = - \frac{h_{fe} \cdot (R_C // R_L)}{R_s + h_{ie} + (1+\beta) \cdot R_E} = - \frac{80 \cdot (5 \cdot 10^3 // 5 \cdot 10^3)}{2,5 \cdot 10^3 + 151,8 + (1+80) \cdot 1 \cdot 10^3} = -2,4 //$$

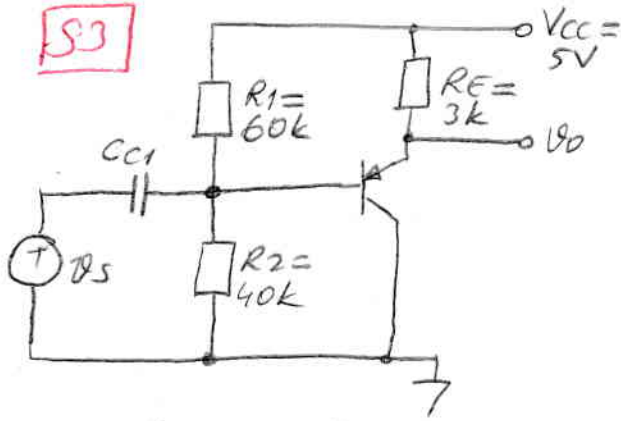
$$i_o = \frac{V_o}{R_L}$$

$$i_s = -i_b = \frac{V_s}{R_s + h_{ie} + (1+\beta) \cdot R_E}$$

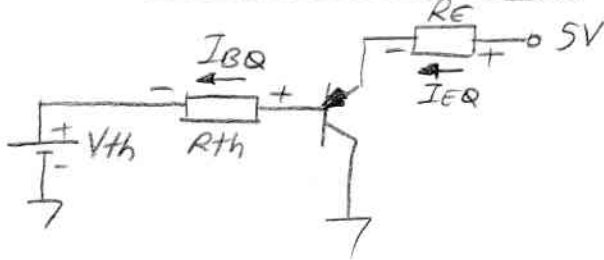
$$\frac{i_o}{i_s} = \frac{\frac{V_o}{R_L}}{\frac{V_s}{R_s + h_{ie} + (1+\beta) \cdot R_E}} = \frac{V_o}{V_s} \cdot \frac{R_s + h_{ie} + (1+\beta) \cdot R_E}{R_L}$$

$$\Rightarrow \frac{i_o}{i_s} = -2,4 \cdot \frac{2,5 \cdot 10^3 + 151,8 + (1+80) \cdot 1 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^3} = -49,15 //$$

S3



Devrenin DC esdeğeri:



Şekilde gösterilen devrede transistör için $\beta=80$ ve $V_{EB(on)}=0,7V$ olarak veriliyor. Devredeki kondansatörün değeri kısadevre kabul edilebilecek kadar yüksektir. Devrenin giriş (R_i) ve çıkış (R_o) dirençlerini bulunuz. $V_T=26mV$ olarak alınır.

$$R_{th} = R_1 // R_2 = 60 \cdot 10^3 // 40 \cdot 10^3 = 24 k\Omega //$$

$$V_{th} = 5 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 5 \cdot \frac{40 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^3} = 2V //$$

$$V_{cc} = I_{EQ} \cdot R_E + V_{EB(on)} + I_{BQ} \cdot R_{th} + V_{th}$$

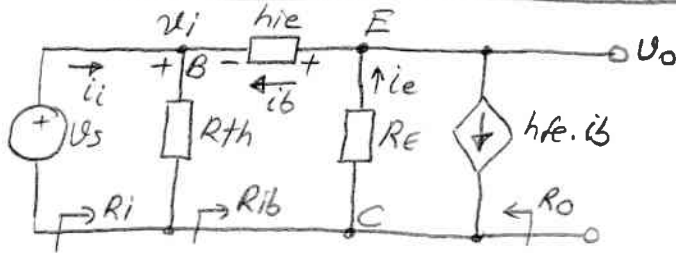
$$\Rightarrow 5 = (1 + \beta) \cdot I_{BQ} \cdot 3 \cdot 10^3 + 0,7 + I_{BQ} \cdot 24 \cdot 10^3 + 2$$

$$\Rightarrow I_{BQ} = 8,6 \mu A$$

$$I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ} = 80 \cdot 8,6 \cdot 10^{-6} = 0,69 mA //$$

$$h_{ie} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{CQ}} = 80 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{0,69 \cdot 10^{-3}} = 3 k\Omega //$$

Devrenin küçük iscret esdeğeri:



$$R_{ib} = \frac{V_i}{i_b} \quad R_i = \frac{V_i}{i_i}$$

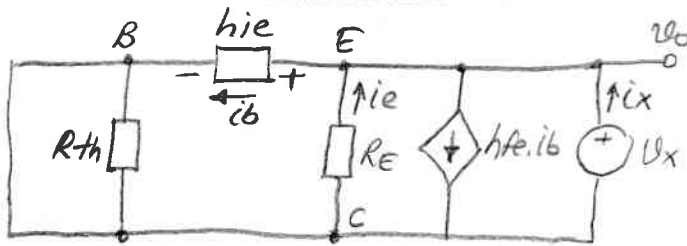
$$V_i = i_b \cdot h_{ie} + (1 + \beta) \cdot i_b \cdot R_E$$

$$R_{ib} = \frac{V_i}{i_b} = h_{ie} + (1 + \beta) \cdot R_E$$

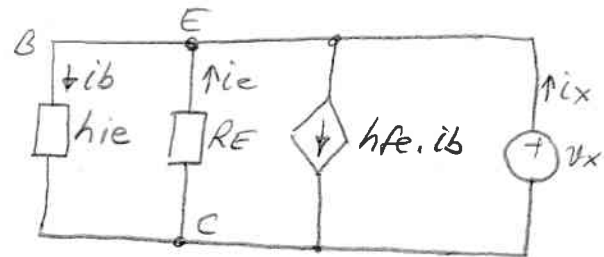
$$R_{ib} = 3 \cdot 10^3 + (1 + 80) \cdot 3 \cdot 10^3 = 246 k\Omega //$$

$$R_i = R_{ib} // R_{th} = 246 \cdot 10^3 // 24 \cdot 10^3 = 21,87 k\Omega //$$

Devrenin çıkış direncini bulmak:



$\Rightarrow$



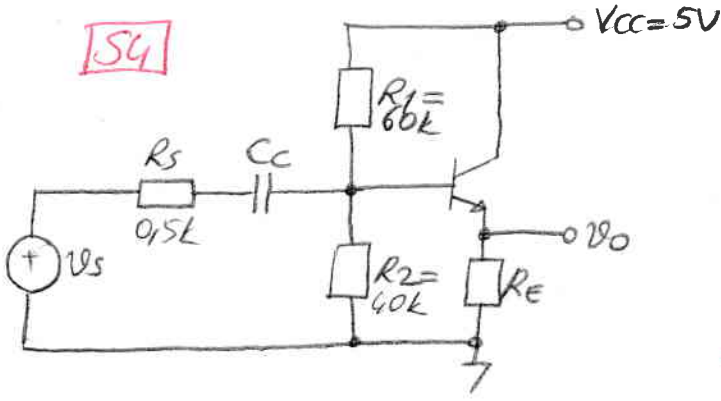
$$V_s = 0; R_o = \frac{V_x}{i_x}$$

$$i_x + i_e = i_b + h_{fe} \cdot i_b \Rightarrow i_x = i_b \cdot (1 + \beta) - i_e = \frac{V_x}{h_{ie}} \cdot (1 + \beta) - \frac{0 - V_x}{R_E}$$

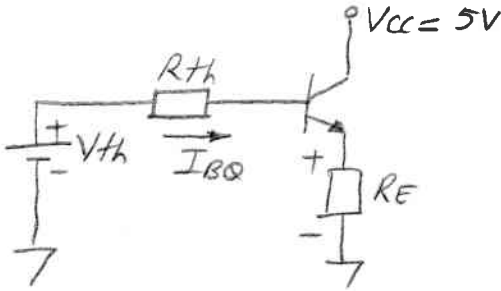
$$\Rightarrow i_x = V_x \cdot \left[\frac{1 + \beta}{h_{ie}} + \frac{1}{R_E} \right] \Rightarrow R_o = \frac{V_x}{i_x} = \frac{1}{\frac{1 + \beta}{h_{ie}} + \frac{1}{R_E}}$$

$$\Rightarrow R_o = \frac{1}{\frac{1 + 80}{3 \cdot 10^3} + \frac{1}{3 \cdot 10^3}} = \frac{3 \cdot 10^3}{82} = 35,58 \Omega //$$

154



Devrenin DC esdeğeri:



$$R_{th} = R_1 \parallel R_2 = 60 \cdot 10^3 \parallel 40 \cdot 10^3 = 24 \text{ k}\Omega //$$

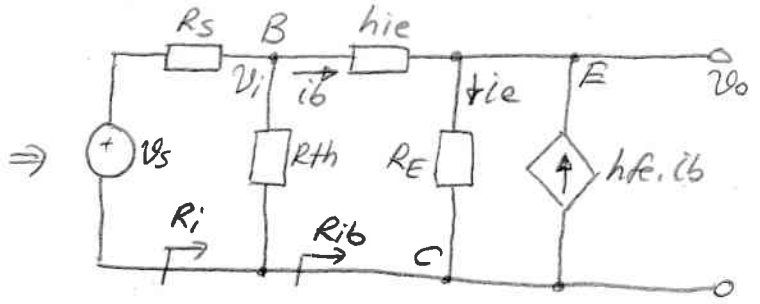
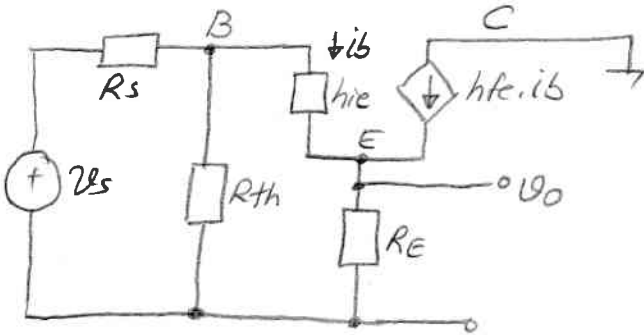
$$V_{th} = 5 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 5 \cdot \frac{40 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^3} = 2 \text{ V} //$$

$$V_{th} = I_{BQ} \cdot R_{th} + V_{BE(on)} + I_{EQ} \cdot R_E$$

$$\Rightarrow 2 = \frac{0,8 \cdot 10^{-3}}{100} \cdot 24 \cdot 10^3 + 0,7 + 0,8 \cdot 10^{-3} \cdot R_E$$

$$\Rightarrow R_E = 1,39 \text{ k}\Omega //$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri:



$$V_o = i_e \cdot R_E = (i_b + h_{fe} \cdot i_b) \cdot R_E = (1 + h_{fe}) \cdot i_b \cdot R_E$$

$$V_i = i_b \cdot h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot i_b \cdot R_E = i_b \cdot [h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_E] = i_b \cdot R_{ib}$$

$$h_{ie} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{CQ}} = 100 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 10^{-3}} = 3,25 \text{ k}\Omega //$$

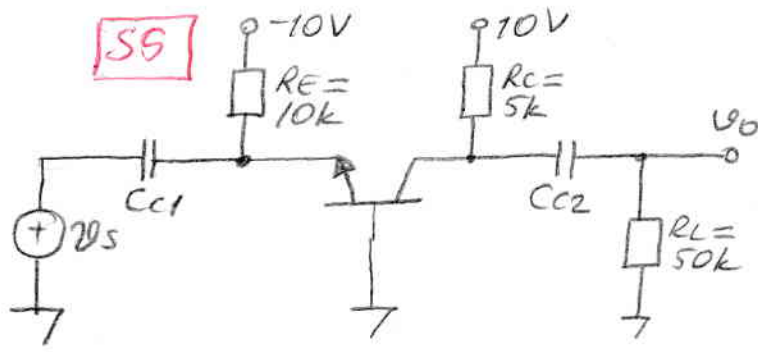
$$R_{ib} = h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_E = 3,25 \cdot 10^3 + (1 + 100) \cdot 1,39 \cdot 10^3 = 143,6 \text{ k}\Omega //$$

$$R_i = R_{th} \parallel R_{ib} = 24 \cdot 10^3 \parallel 143,6 \cdot 10^3 = 20,56 \text{ k}\Omega //$$

$$V_i = V_s \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s}$$

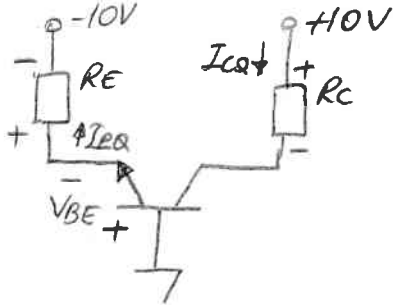
$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{V_i} \cdot \frac{V_i}{V_s} = \frac{(1 + h_{fe}) \cdot i_b \cdot R_E}{i_b \cdot R_{ib}} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s} = \frac{(1 + h_{fe}) \cdot R_E}{R_{ib}} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s}$$

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_s} = \frac{(1 + 100) \cdot 1,39 \cdot 10^3}{143,6 \cdot 10^3} \cdot \frac{20,56 \cdot 10^3}{20,56 \cdot 10^3 + 0,5 \cdot 10^3} = 0,95 //$$



Şekildeki devrede transistör için $\beta = 100$ ve $V_{BE(on)} = 0,7V$ olarak veriliyor. Devredeki kondansatörlerin değeri kısadevre kabul edilebilecek kadar yüksektir. $V_T = 26mV$ ise devrenin küçük işaret gerilim kazancını (V_O/V_S) bul.

Devrenin DC esdeğeri:



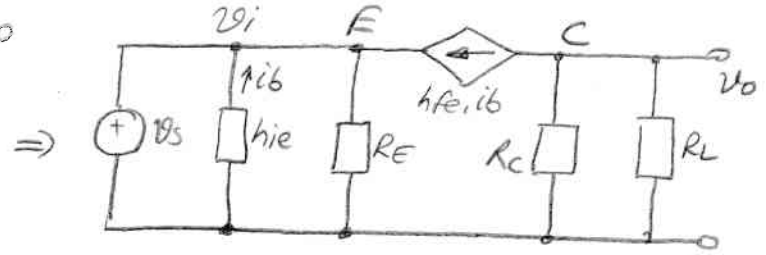
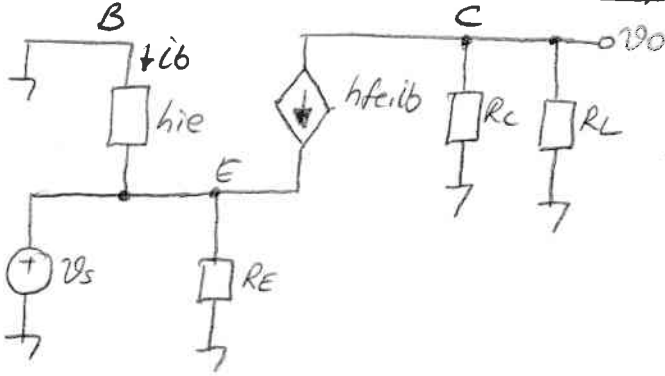
$$0 = V_{BE(on)} + I_{EQ} \cdot R_E - 10$$

$$\Rightarrow 0 = 0,7 + I_{EQ} \cdot 10 \cdot 10^3 - 10$$

$$\Rightarrow I_{EQ} = 0,93 \text{ mA} // \quad (I_{EQ} \approx I_{CQ})$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_{CQ}} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{0,93 \cdot 10^{-3}} \approx 28 \Omega //$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri:

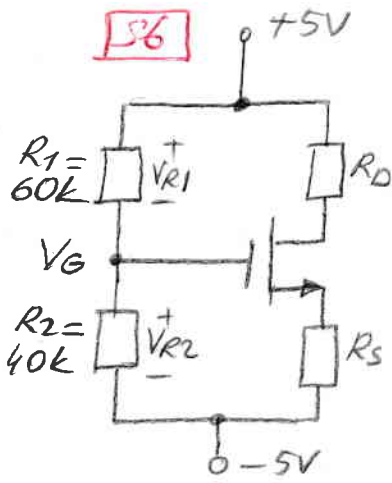


$$V_O = -h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_C // R_L)$$

$$V_S = V_i = -i_b \cdot h_{ie}$$

$$\frac{V_O}{V_S} = \frac{-h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_C // R_L)}{-h_{ie} \cdot i_b} = \frac{h_{fe} \cdot (R_C // R_L)}{h_{ie}} = \frac{R_C // R_L}{r_e}$$

$$\Rightarrow \frac{V_O}{V_S} = \frac{5 \cdot 10^3 // 50 \cdot 10^3}{28} = 162,3 //$$



Şekilde gösterilen n tipi MOSFET'li ortak kaynaklı devrede $k_n = 0,5 \text{ mA/V}^2$ ve $V_{TN} = 1 \text{ V}$ olarak veriliyor. Devrede $V_{DS0} = 5,92 \text{ V}$ ve $I_D = 1,36 \text{ mA}$ olması için R_S ve R_D dirençlerinin değerlerini hesaplayınız.

$$I_D = k_n \cdot (V_{GS} - V_{TN})^2$$

$$\begin{aligned} I_D &= k_n \cdot (V_{GS} - V_{TN})^2 \\ \Rightarrow 1,36 \cdot 10^{-3} &= 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot (V_{GS} - 1)^2 \\ \Rightarrow V_{GS} &= 2,64 \text{ V} // \end{aligned}$$

$$V_{R2} = (5 - (-5)) \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \cdot \frac{40 \cdot 10^3}{100 \cdot 10^3} = 4 \text{ V} //$$

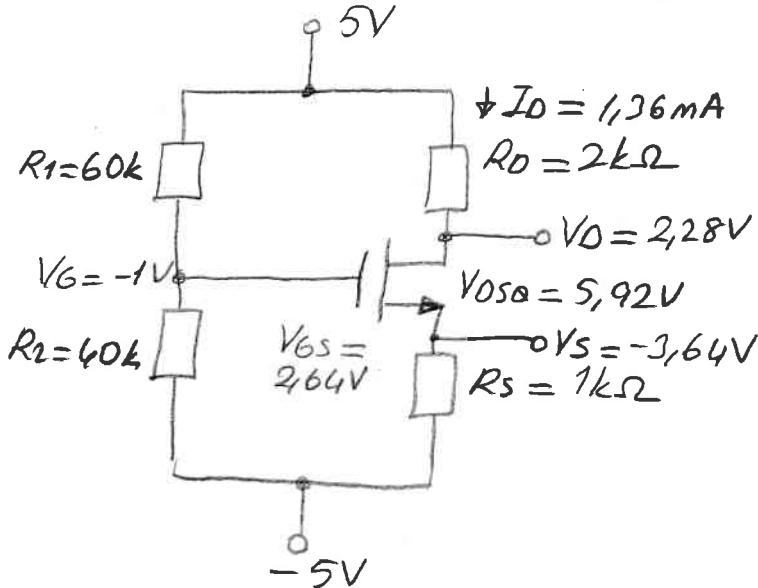
$$V_G = V_{R2} - 5 = 4 - 5 = -1 \text{ V} //$$

$$V_{GS} = V_G - V_S \Rightarrow V_S = V_G - V_{GS} = -1 - 2,64 = -3,64 \text{ V} //$$

$$R_S = \frac{V_S - (-5)}{I_D} = \frac{-3,64 + 5}{1,36 \cdot 10^{-3}} = 1 \text{ k}\Omega //$$

$$V_{DS} = V_D - V_S \Rightarrow V_D = V_{DS} + V_S = 5,92 - 3,64 = 2,28 \text{ V} //$$

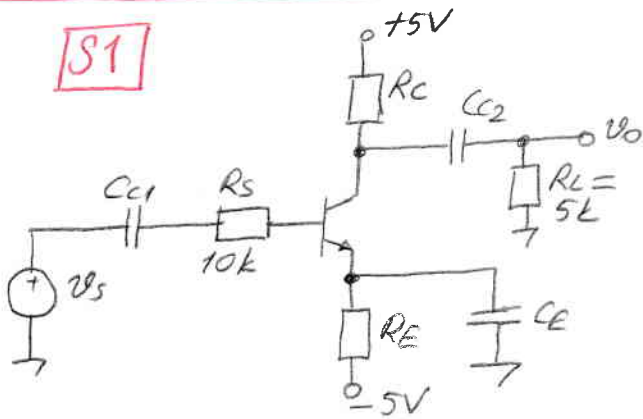
$$R_D = \frac{5 - V_D}{I_D} = \frac{5 - 2,28}{1,36 \cdot 10^{-3}} = 2 \text{ k}\Omega //$$



ELEKTRONİK DEVRELER - 1

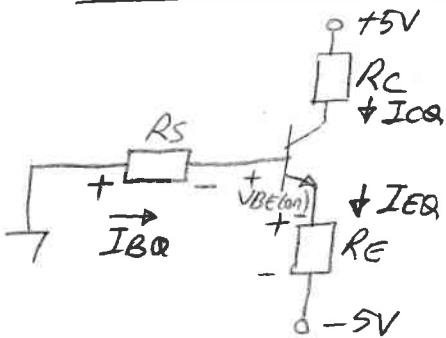
FİNAL

S1



Şekilde gösterilen devrede transistörün $\beta = h_{fe} = 120$ ve $V_{BE(on)} = 0,7V$ olarak veriliyor. Devrede kapasitörlerin değeri kısıdevre kabul edilebilecek kadar yüksektir. $I_{CQ} = 0,6mA$, $V_{CEQ} = 5V$ olması için R_c ve R_E dirençleri ne olmalıdır? $V_s = 5 \cdot 10^{-3} \sin(\omega t)$ ise çıkış işaretini hesaplayınız. Devredeki $V_T = 26mV$ alınacaktır.

Devrenin DC eşdeğeri:



$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = \frac{0,6 \cdot 10^{-3}}{120} = 5 \mu A //$$

$$-I_{BQ} \cdot R_s - V_{BE(on)} - I_{EQ} \cdot R_E - (-5) = 0$$

$$\Rightarrow R_E = \frac{5 - V_{BE(on)} - I_{BQ} \cdot R_s}{I_{EQ}}$$

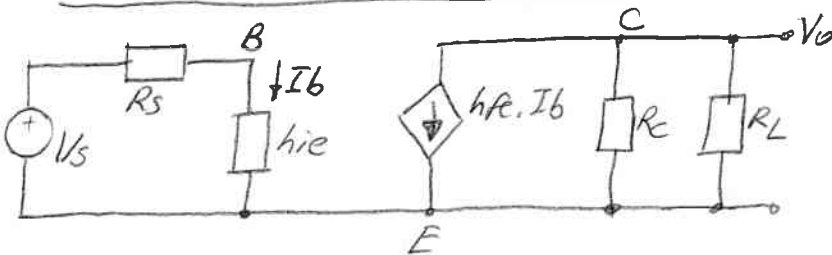
$$\Rightarrow R_E = \frac{5 - 0,7 - 5 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^{-6} \cdot (120 + 1)} \approx 7 k\Omega //$$

$$5 - (-5) = I_{CQ} \cdot R_c + V_{CEQ} + I_{EQ} \cdot R_E$$

$$\Rightarrow R_c = \frac{10 - V_{CEQ} - I_{EQ} \cdot R_E}{I_{CQ}} = \frac{10 - 5 - 5 \cdot 10^{-6} \cdot (120 + 1) \cdot 7 \cdot 10^3}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 1,26 k\Omega //$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_{CQ}} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 43,33 \Omega \Rightarrow h_{ie} = h_{fe} \cdot r_e = 120 \cdot 43,33 \approx 5,2 k\Omega //$$

Devrenin küçük işaret eşdeğer devresi:



$$V_o = -h_{fe} \cdot I_b \cdot (R_c // R_L)$$

$$V_s = I_b \cdot (R_s + h_{ie})$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = \frac{-h_{fe} \cdot I_b \cdot (R_c // R_L)}{I_b \cdot (R_s + h_{ie})}$$

$$A_v = \frac{-h_{fe} \cdot (R_c // R_L)}{R_s + h_{ie}} = - \frac{120 \cdot (1,26 \cdot 10^3 // 5 \cdot 10^3)}{10 \cdot 10^3 + 5,2 \cdot 10^3} = -7,95 //$$

$$V_o = A_v \cdot V_s = 7,95 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \sin(\omega t) = 39,7 \cdot 10^{-3} \sin(\omega t) (V) \quad (\text{Giriş işaretine zıt fazlı})$$

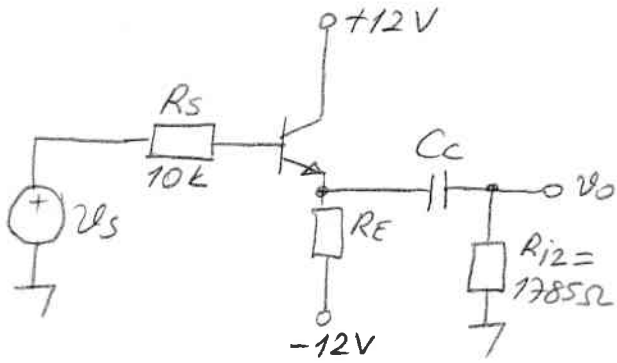
S2



Şekil-1

19 direnci $10k\Omega$ olan bir mikrofonun çıkış isareti Şekil-1'de gösterilen bipolar transistörlü kuvvetlendirici bloğu ile kuvvetlendirilmek isteniyor. Mikrofonun çıkış işaretinin %95'nin kuvvetlendiricinin birinci katına aktarılması isteniyor. Birinci kat için en uygun kuvvetlendirici tipi hangisidir? Neden? Birinci katın devresini tasarlayınız ve gerilim kazancını hesaplayınız. Burada kullanılacak transistör için $\beta = h_{fe} = 120$ ve $V_{BE(on)} = 0,7V$ olarak veriliyor. Devrede $I_{CQ} = 1mA$ olması ve devrenin $\pm 12V$ ile beslenmesi isteniyor. İkinci katın giriş direnci 1785Ω 'dur. ($V_T = 26mV$)

Giriş ve çıkış işaretleri gerilim olduğundan devre bir gerilim kuvvetlendirici olmalıdır. Bu kuvvetlendiricinin giriş direnci teorikte sonsuzdur. Transistörlü devreler içerisinde giriş direnci en yüksek olan bağlantı türü ortak kolektörlü devredir.



Mikrofonun çıkış işaretinin %95'nin girişe aktarılması

$$V_i = 0,95 \cdot V_s$$

$$V_i = V_s \cdot \frac{R_i}{R_s + R_i}$$

$$\Rightarrow 0,95 \cdot V_s = V_s \cdot \frac{R_i}{R_s + R_i}$$

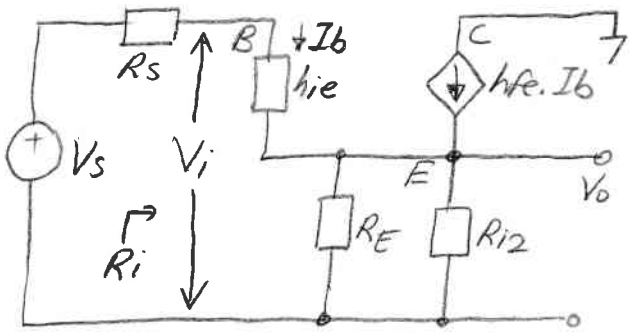
$$\Rightarrow 0,95 \cdot R_s + 0,95 \cdot R_i = R_i$$

$$\Rightarrow R_i = \frac{0,95 \cdot R_s}{0,05} = \frac{19 \cdot 10 \cdot 10^3}{0,05} = 190k\Omega$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{120} = 8,33 \mu A //$$

$$h_{ie} = h_{fe} \cdot \left(\frac{V_T}{I_{CQ}} \right) = 120 \cdot \left(\frac{26 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} \right) = 3,12k\Omega //$$

Devrenin küçük işaret eşdeğeri:



$$R_{E'} = R_E // R_{L2} = 1,54k\Omega //$$

$$V_i = I_b \cdot h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot I_b \cdot R_{E'}$$

$$R_i = \frac{V_i}{I_b} = h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_{E'}$$

$$\Rightarrow 190 \cdot 10^3 = 3,12 \cdot 10^3 + (1 + 120) \cdot R_{E'}$$

$$\Rightarrow R_{E'} = 1,54k\Omega //$$

$$R_{E'} = R_E // R_{L2} \Rightarrow 1,54 \cdot 10^3 = R_E // 1785 \Rightarrow R_E = 11,2k\Omega //$$

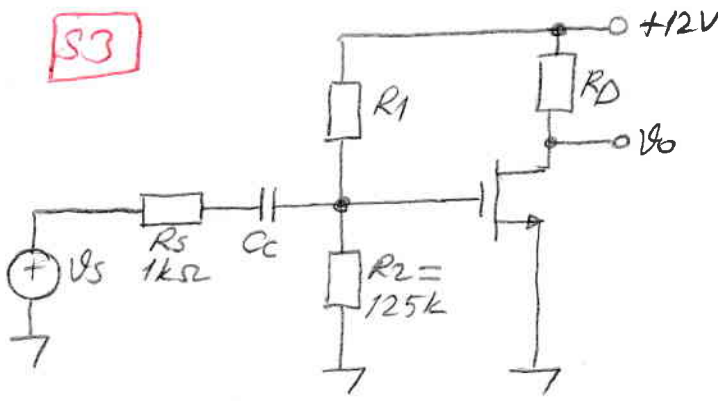
$$V_o = (1 + h_{fe}) \cdot I_b \cdot R_{E'}$$

$$V_i = 0,95 \cdot V_s$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{V_i} \cdot \frac{V_i}{V_s} = \frac{(1 + h_{fe}) \cdot I_b \cdot R_{E'}}{I_b \cdot h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot I_b \cdot R_{E'}} \cdot 0,95 = \frac{0,95 \cdot (1 + h_{fe}) \cdot R_{E'}}{h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_{E'}}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{0,95 \cdot (1 + 120) \cdot 1,54 \cdot 10^3}{3,12 \cdot 10^3 + (1 + 120) \cdot 1,54 \cdot 10^3} = 0,934 //$$

S3



Şekilde gösterilen n tipi MOSFET'li ortak kaynaklı devrede $k_n = 2 \text{ mA/V}^2$, $V_{TN} = 1 \text{ V}$, $\lambda = 0$ olarak veriliyor. Devrede $I_{DQ} = 2 \text{ mA}$ ve Q çalışma noktasının doyum bölgesinin tam ortasında olması için R_1 ve R_D dirençlerinin değerini hesaplayınız. Devrenin küçük işaret gerilim kazancını (V_o/V_s) hesaplayınız.

Kondansedörlerin değeri kısadevre kabul edilecek kadar büyüktür.

$$I_D = \frac{k_n}{2} \cdot (V_{GS} - V_{TN})^2$$

$$g_m = \sqrt{2 \cdot k_n \cdot I_{DQ}}$$

Q çalışma noktası, doyum bölgesinin tam ortasında olacağına göre doyum geçiş bölgesinde akış akımının değeri;

$$I_{DQt} = 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 4 \text{ mA} //$$

$$I_{Dt} = \frac{k_n}{2} \cdot (V_{Gst} - V_{TN})^2 \Rightarrow 4 \cdot 10^{-3} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (V_{Gst} - 1)^2 \Rightarrow V_{Gst} = 3 \text{ V} //$$

$$V_{Dst} = V_{Gst} - V_{TN} = 3 - 1 = 2 \text{ V} //$$

Q çalışma noktası doyum bölgesinin tam ortası;

$$V_{DSQ} = V_{Dst} + \left(\frac{12 - V_{Dst}}{2} \right) = 2 + \left(\frac{12 - 2}{2} \right) = 7 \text{ V} //$$

$$R_D = \frac{V_{DD} - V_{DSQ}}{I_{DQ}} = \frac{12 - 7}{2 \cdot 10^{-3}} = 2,5 \text{ k}\Omega //$$

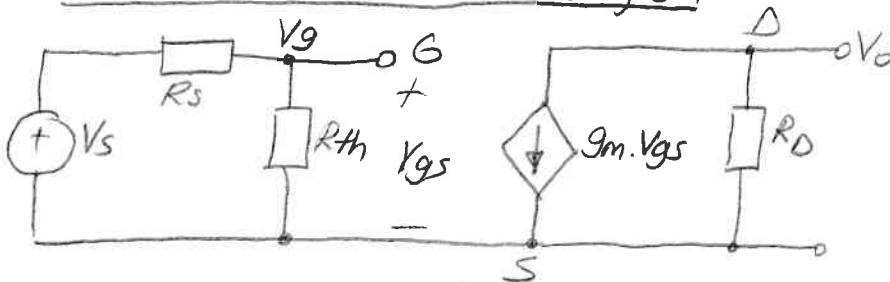
$$I_D = \frac{k_n}{2} \cdot (V_{GSQ} - V_{TN})^2 \Rightarrow 2 \cdot 10^{-3} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (V_{GSQ} - 1)^2 \Rightarrow V_{GSQ} = 2,41 \text{ V} //$$

$$V_G = V_{GSQ} = 2,41 \text{ V} \Rightarrow V_{GQ} = 12 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow 2,41 = 12 \cdot \frac{125 \cdot 10^3}{R_1 + 125 \cdot 10^3}$$

$$\Rightarrow R_1 = 498 \text{ k}\Omega //$$

$$g_m = \sqrt{2 \cdot k_n \cdot I_{DQ}} = \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 2,82 \text{ mA/V} //$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri;



$$V_o = -g_m \cdot V_{gs} \cdot R_D$$

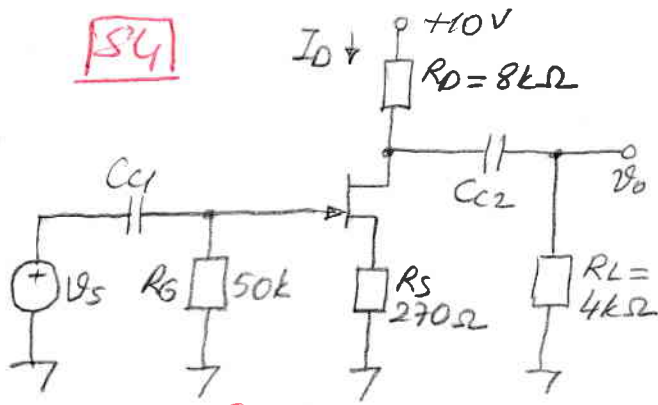
$$V_{gs} = V_s \cdot \frac{R_{th}}{R_s + R_{th}}$$

$$R_{th} = R_1 || R_2 = 100 \text{ k}\Omega //$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = - \frac{g_m \cdot V_{gs} \cdot R_D}{V_{gs} \cdot \left(\frac{R_s + R_{th}}{R_{th}} \right)} = - g_m \cdot R_D \cdot \left(\frac{R_{th}}{R_s + R_{th}} \right)$$

$$\Rightarrow A_v = - 2,82 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{100 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3 + 100 \cdot 10^3} \right) = - 6,98 //$$

S4



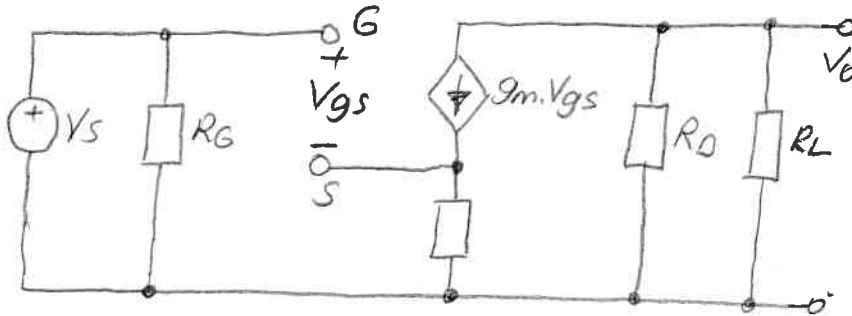
Sekil-4

$$I_{DQ} = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{V_{GSQ}}{V_P}\right)^2$$

$$\Rightarrow 1,23 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \left(1 - \frac{V_{GSQ}}{-2}\right)^2 \Rightarrow V_{GSQ} = -0,431 \text{ V} //$$

$$g_m = \frac{-2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{-2} \cdot \left(1 - \frac{-0,431}{-2}\right) = 1,57 \text{ mA/V} //$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri:



$$V_s = V_{gs} + g_m \cdot V_{gs} \cdot R_s$$

$$\Rightarrow V_s = V_{gs} \cdot (1 + g_m \cdot R_s)$$

$$V_o = -g_m \cdot V_{gs} \cdot (R_D // R_L)$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = \frac{-g_m \cdot V_{gs} \cdot (R_D // R_L)}{V_{gs} \cdot (1 + g_m \cdot R_s)}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{-g_m \cdot (R_D // R_L)}{1 + g_m \cdot R_s} = \frac{-1,57 \cdot 10^{-3} \cdot (8 \cdot 10^3 // 4 \cdot 10^3)}{1 + 1,57 \cdot 10^{-3} \cdot 270} = -9,85 //$$

S5

Bir fark kuvvetlendiricinin fark kazancı $A_d = 180$, ortak mod bastırma oranı $CMRR = 85 \text{ dB}$ dir. Fark kuvvetlendiricinin girişlerine $v_1 = 1999 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(\omega t) \text{ [V]}$ ve $v_2 = 2001 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(\omega t) \text{ [V]}$ işaretleri uygulanıldığında çıkışta elde edilen işaretin gerçek ve ideal değerlerini hesaplayınız.

Gıkış değerinin ideal değeri:

$$v_o = A_d \cdot (v_2 - v_1) = 180 \cdot (2001 - 1999) \cdot 10^{-3} \cdot \sin(\omega t) = 360 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(\omega t) \text{ [V]}$$

CMRR'den hareketle ortak mod kazancı:

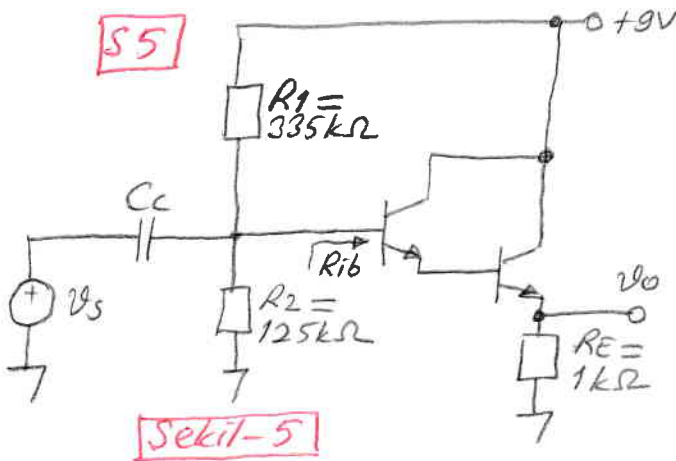
$$CMRR = 20 \cdot \log \left| \frac{A_d}{A_{cm}} \right| \Rightarrow 85 = 20 \cdot \log \left| \frac{180}{A_{cm}} \right| \Rightarrow A_{cm} = 0,01 //$$

Ortak mod işareti:

$$v_{cm} = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{(1999 + 2001) \cdot 10^{-3} \cdot \sin(\omega t)}{2} = 2 \cdot \sin(\omega t) \text{ [V]} //$$

Gerçek gıkış işareti:

$$v_o = A_d \cdot v_d + A_{cm} \cdot v_{cm} = 180 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(\omega t) + 0,01 \cdot 2 \cdot \sin(\omega t) = 380 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(\omega t) //$$

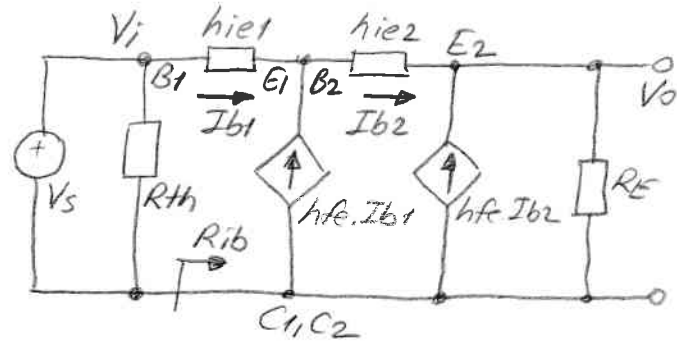
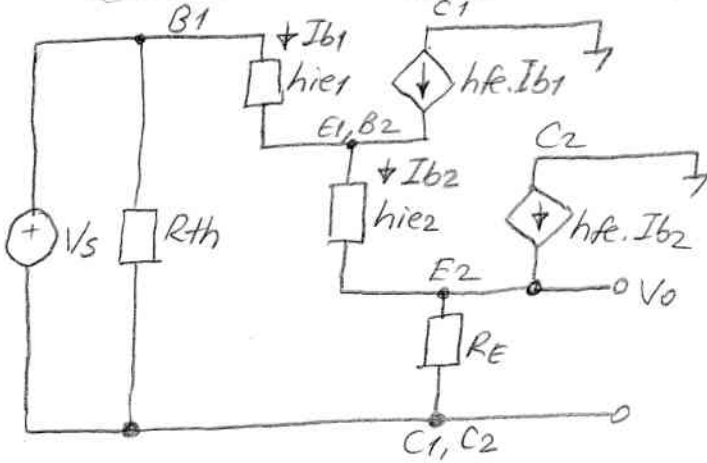


Sekil-5'de gösterilen darlington transistörünü devrede transistörler özdeş olup $\beta = 100$ ve $V_{BE(on)} = 0,7V$ olarak veriliyor. Devrede $I_{C1} = 12,8 \mu A$ ve $I_{C2} = 1,29 mA$ 'dır. Darlington transistörünün giriş direncini (R_{ib}) hesaplayınız. Devredeki kondansatörlerin değeri kısa devre kabul edilebilecek kadar büyüktür. $V_T = 26 mV$ alınacaktır.

$$h_{ie1} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{C1}} = 100 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{12,8 \cdot 10^{-6}} = 203,1 k\Omega //$$

$$h_{ie2} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{C2}} = 100 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{1,29 \cdot 10^{-3}} = 2 k\Omega //$$

Devrenin küçük işaret eşdeğeri:



$$V_i = h_{ie1} \cdot I_{B1} + h_{ie2} \cdot I_{B2} + V_o$$

$$\Rightarrow V_i = h_{ie1} \cdot I_{B1} + h_{ie2} \cdot I_{B2} + R_E \cdot (1 + h_{fe}) \cdot I_{B2}$$

$$I_{B2} = (1 + h_{fe}) \cdot I_{B1}$$

$$\Rightarrow V_i = h_{ie1} \cdot I_{B1} + [h_{ie2} + R_E \cdot (1 + h_{fe})] \cdot I_{B2}$$

$$\Rightarrow V_i = h_{ie1} \cdot I_{B1} + [h_{ie2} + R_E \cdot (1 + h_{fe})] \cdot (1 + h_{fe}) \cdot I_{B1}$$

$$\Rightarrow V_i = I_{B1} \cdot [h_{ie1} + [h_{ie2} + R_E \cdot (1 + h_{fe})] \cdot (1 + h_{fe})]$$

Devrenin giriş direnci:

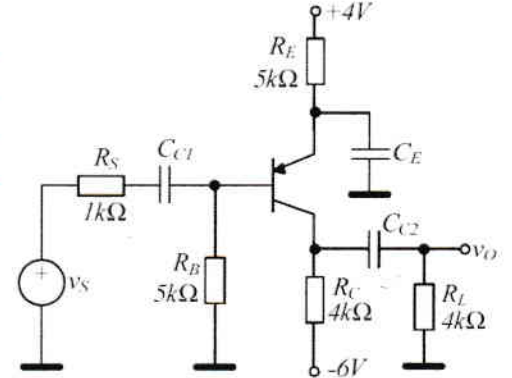
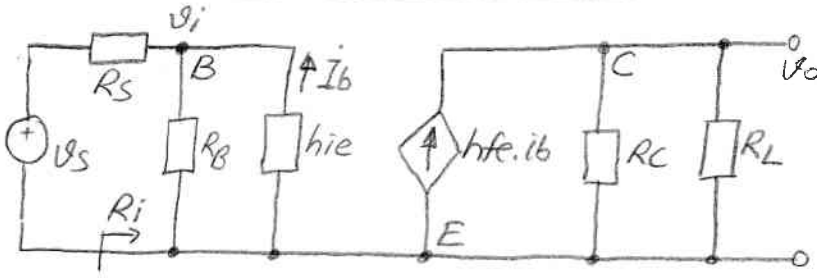
$$R_{ib} = \frac{V_i}{I_{B1}} = h_{ie1} + [h_{ie2} + R_E \cdot (1 + h_{fe})] \cdot (1 + h_{fe})$$

$$\Rightarrow R_{ib} = 203,1 \cdot 10^3 + [2 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^3 \cdot (1 + 100)] \cdot (1 + 100)$$

$$\Rightarrow R_{ib} \cong 10,6 m\Omega //$$

SORU 1: Şekil S1'de gösterilen devrede tranzistör için $\beta = h_{FE} = 100$, $V_{EB(on)} = 0,7V$ ve $V_{EC(sat)} = 0,2V$ olarak veriliyor. Devrede kullanılan kondansatörlerin değeri yeterince büyüktür ve kısa devre kabul edilebilir. Devrenin küçük işaret gerilim kazancını (v_o/v_s), giriş ve çıkış dirençlerini hesaplayınız. $V_T = 26mV$ olarak alınız (25P).

Devrenin küçük işaret esdeğeri:



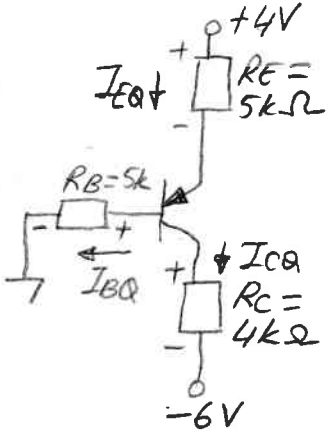
Şekil S1.

$$v_o = h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_C \parallel R_L)$$

$$\left. \begin{aligned} v_i &= v_s \cdot \frac{(R_B \parallel h_{ie})}{R_s + (R_B \parallel h_{ie})} \\ v_i &= -h_{ie} \cdot i_b \end{aligned} \right\} v_s = -h_{ie} \cdot i_b \cdot \frac{R_s + (R_B \parallel h_{ie})}{R_B \parallel h_{ie}}$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_i} \cdot \frac{v_i}{v_s} = \frac{h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_C \parallel R_L)}{-h_{ie} \cdot i_b} \cdot \frac{R_B \parallel h_{ie}}{R_s + (R_B \parallel h_{ie})} = -\frac{h_{fe} \cdot (R_C \parallel R_L)}{h_{ie}} \cdot \frac{R_B \parallel h_{ie}}{R_s + (R_B \parallel h_{ie})}$$

Devrenin DC esdeğeri:



$$4 = R_E \cdot I_{EQ} + V_{EB(on)} + R_B \cdot I_{BQ} \Rightarrow I_{BQ} = \frac{4 - V_{EB(on)}}{R_B + (1 + \beta) \cdot R_E} = \frac{4 - 0,7}{5 \cdot 10^3 + (1 + 100) \cdot 5 \cdot 10^3} = 6,47 \mu A //$$

$$h_{ie} = h_{fe} \cdot r_e = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{CQ}} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{\beta \cdot I_{BQ}} = \frac{V_T}{I_{BQ}}$$

$$\Rightarrow h_{ie} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{6,47 \cdot 10^{-6}} \approx 4 k\Omega //$$

$$A_v = -\frac{100 \cdot (4 \cdot 10^3 \parallel 4 \cdot 10^3)}{4 \cdot 10^3} \cdot \frac{5 \cdot 10^3 \parallel 4 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3 + (5 \cdot 10^3 \parallel 4 \cdot 10^3)} \approx -34,5 //$$

Devrenin giriş direnci:

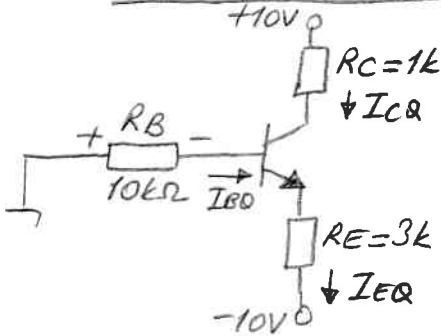
$$R_i = R_B \parallel h_{ie} = 5 \cdot 10^3 \parallel 4 \cdot 10^3 = 2,22 k\Omega //$$

Devrenin çıkış direnci:

$$R_o = R_C = 4 k\Omega //$$

The circuit diagram shows a common-emitter amplifier. A signal source i_s is connected to the base of a BJT through a resistor $R_S = 1\text{M}\Omega$. The base is biased by a voltage divider consisting of $R_B = 10\text{k}\Omega$ and $R_E = 3\text{k}\Omega$ connected to a -10V supply. The emitter is connected to ground through R_E . The collector is connected to a $+10\text{V}$ supply through a resistor $R_C = 1\text{k}\Omega$. The output voltage v_O is taken from the collector through a coupling capacitor C_{C2} and is connected to a load resistor $R_L = 1\text{k}\Omega$. A capacitor C_{C1} is connected between the signal source and the base. The output current i_O is indicated as flowing into the load resistor R_L .

Devrenin DC esdeğeri:

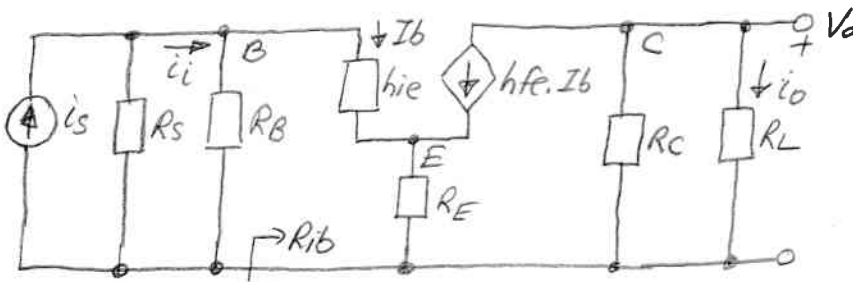


$$\Rightarrow I_{BQ} = \frac{10 - V_{BE(on)}}{R_B + (1 + \beta) \cdot R_E}$$

$$\Rightarrow I_{BQ} = \frac{10 - 0,7}{10 \cdot 10^3 + (1+100) \cdot 3 \cdot 10^3} = 29,7 \mu A //$$

$$h_{ie} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{CQ}} = \cancel{h_{fe}} \cdot \frac{V_T}{\cancel{h_{fe}} \cdot I_{BQ}} = \frac{V_T}{I_{BQ}} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{29,7 \cdot 10^{-6}}$$

Devrenin küçük izaret esdeğeri:



$$R_{ib} = h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_E$$

$$\Rightarrow Rib = 875 + (1+100) \cdot 3 \cdot 10^3$$

$$\Rightarrow R_{ib} = 303,875 \text{ k}\Omega //$$

$$i_b = i_s \cdot \frac{R_B}{R_B + R_{ib}} \Rightarrow i_s = i_b \cdot \frac{R_B + R_{ib}}{R_B} = i_b \cdot \frac{10 \cdot 10^3 + 303,875 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} = 31,39 \cdot i_b //$$

$$i_o = -h_{fe} \cdot i_b \cdot \frac{R_c}{R_c + R_L} = -100 \cdot i_b \cdot \frac{1 \cdot 10^3}{(1+1) \cdot 10^3} = -50 \cdot i_b //$$

$$A_i = \frac{i_0}{i_5} = \frac{31,39,16}{-50,16} \approx -1,6 //$$

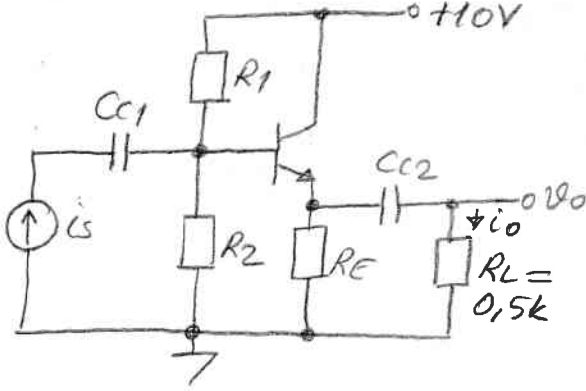
Devrenin giriş direnci:

$$R_i = R_B \parallel R_{ib} = 10 \cdot 10^3 \parallel 303,875 \cdot 10^3 = 9,68 \text{ k}\Omega //$$

$$i_i = i_s \cdot \frac{R_s}{R_s + R_i} = i_s \cdot \frac{1 \cdot 10^6}{1 \cdot 10^6 + 9,68 \cdot 10^3} = 0,99 \cdot i_s //$$

Kaynak isaretin yaklaşık % 99'u devrenin girişine aktarılır.

SORU 3: npn tranzistörlü ortak kolektörlü bir devre ile giriş akımı, 8 kat kuvvetlendirilmek ($i_o/i_s = 8$) isteniyor. Devrenin besleme gerilimi $V_{CC} = 10V$ ve yük direnci $R_L = 500\Omega$ 'dur. Devrede kullanılacak tranzistör için $\beta = h_{FE} = 80$, $V_{BE(on)} = 0,7V$ ve $V_{CE(sat)} = 0,2V$ 'dur. Bu devreyi çiziniz. Devrede kullanılacak olan dirençlerin değerlerini belirleyiniz. $V_T = 26mV$ olarak alınız (25P).



Devrede tranzistör yük doğrusunun tam ortasında olacak şekilde kutuplanırsa;

$$V_{CEQ} = \frac{V_{CC}}{2} = \frac{10}{2} = 5V \Rightarrow V_{EQ} = 5V$$

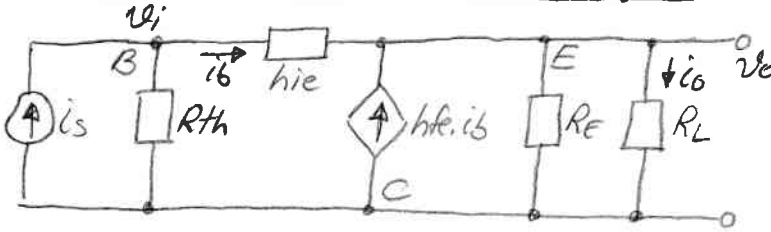
$$R_E = 1k\Omega \Rightarrow I_{EQ} = \frac{V_{EQ}}{R_E} = \frac{5}{1 \cdot 10^3} = 5mA$$

$$I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{\beta + 1} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{80 + 1} = 61,7 \mu A //$$

$$I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ} = 80 \cdot 61,7 \cdot 10^{-6} = 4,94 mA //$$

$$h_{ie} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{CQ}} = 80 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{4,94 \cdot 10^{-3}} = 421 \Omega //$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri:



$$i_b + h_{fe} \cdot i_b = i_o + \frac{v_o}{R_E}$$

$$\Rightarrow i_b \cdot (1 + h_{fe}) = i_o \cdot \left(1 + \frac{R_L}{R_E}\right)$$

$$i_b = \frac{v_i - v_o}{h_{ie}} = \frac{v_i - i_o \cdot R_L}{h_{ie}}$$

$$\Rightarrow v_i = i_b \cdot h_{ie} + i_o \cdot R_L$$

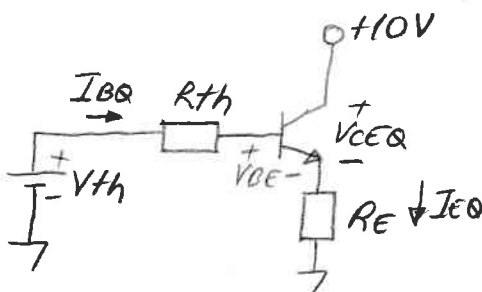
$$i_s = i_b + \frac{v_i}{R_{th}} = i_b + i_b \cdot \frac{h_{ie}}{R_{th}} + i_o \cdot \frac{R_L}{R_{th}} = i_b \cdot \left(\frac{h_{ie}}{R_{th}} + 1\right) + i_o \cdot \frac{R_L}{R_{th}}$$

$$\Rightarrow i_s = i_o \cdot \frac{1}{(1 + h_{fe})} \cdot \left(1 + \frac{R_L}{R_E}\right) \cdot \left(\frac{h_{ie}}{R_{th}} + 1\right) + i_o \cdot \frac{R_L}{R_{th}} = i_o \cdot \left[\frac{1}{(1 + h_{fe})} \cdot \left(1 + \frac{R_L}{R_E}\right) \cdot \left(\frac{h_{ie}}{R_{th}} + 1\right) + \frac{R_L}{R_{th}}\right]$$

$$\Rightarrow i_s = i_o \cdot \left[\frac{1}{1 + 80} \cdot \left(1 + \frac{500}{1 \cdot 10^3}\right) \cdot \left(\frac{421}{R_{th}} + 1\right) + \frac{0,5 \cdot 10^3}{R_{th}}\right] = i_o \cdot \left[0,0185 + \frac{507,8}{R_{th}}\right]$$

$$\frac{i_o}{i_s} = 8 = \frac{1}{0,0185 + \frac{507,8}{R_{th}}} \Rightarrow 0,148 + \frac{4062,4}{R_{th}} = 1 \Rightarrow R_{th} = 4768 \Omega //$$

Devrenin DC esdeğeri:



$$V_{th} = I_{BQ} \cdot R_{th} + V_{BE(on)} + R_E \cdot I_{EQ}$$

$$\Rightarrow V_{th} = 61,7 \cdot 10^{-6} \cdot 4768 + 0,7 + 1 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow V_{th} \approx 6V //$$

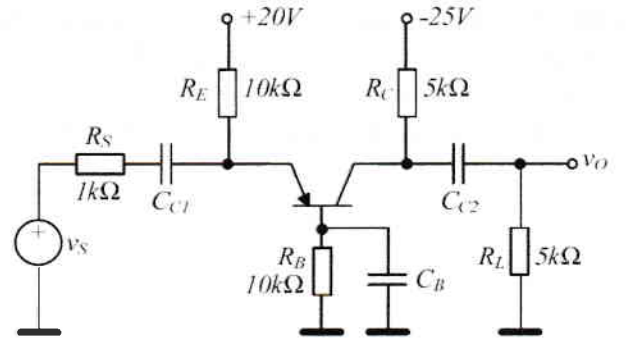
$$V_{th} = 10 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow 6 = \frac{10 \cdot R_1 \cdot R_2}{R_1 \cdot R_1 + R_1 \cdot R_2} = \frac{10 \cdot R_{th}}{R_1}$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{10}{6} \cdot R_{th} = \frac{10}{6} \cdot 4768 = 7,95 k\Omega //$$

$$R_{th} = R_1 // R_2 \Rightarrow 4768 = 7,95 \cdot 10^3 // R_2 \Rightarrow \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4768} - \frac{1}{7,95 \cdot 10^3}$$

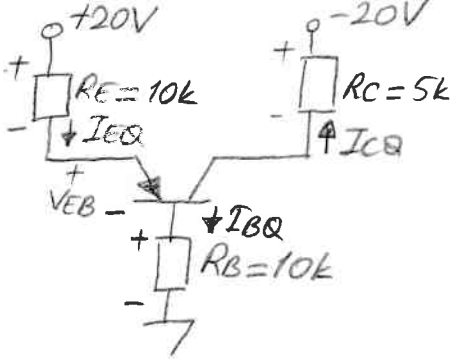
$$\Rightarrow R_2 = 10 k\Omega //$$

SORU 4: Şekil S4'de gösterilen devrede tranzistör için $\beta = h_{FE} = 80$, $V_{EB(on)} = 0,7V$ ve $V_{EC(sat)} = 0,2V$ olarak veriliyor. Devrede kullanılan kondansatörlerin değeri yeterince büyüktür ve kısa devre kabul edilebilir. Devrenin küçük işaret gerilim kazancını (v_o/v_s) ve giriş direncini hesaplayınız. $V_T = 26mV$ olarak alınız (25P).



Şekil S4.

Devrenin DC eşdeğeri:



$$20 = I_{EQ} \cdot R_E + V_{EB(on)} + I_{BQ} \cdot R_B$$

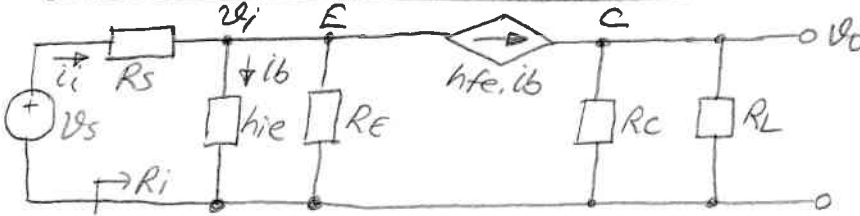
$$\Rightarrow I_{BQ} = \frac{20 - V_{EB(on)}}{(\beta + 1) \cdot R_E + R_B} = \frac{20 - 0,7}{(80 + 1) \cdot 10 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3}$$

$$\Rightarrow I_{BQ} = 23,5 \mu A //$$

$$I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ} = 80 \cdot 23,5 \cdot 10^{-6} \approx 1,88 \text{ mA} //$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_{CQ}} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{1,88 \cdot 10^{-3}} = 13,83 \Omega //$$

Devrenin küçük işaret eşdeğeri:



$$v_o = h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_C // R_L)$$

$$\frac{v_s - v_i}{R_S} = i_b + \frac{v_i}{R_E} + h_{fe} \cdot i_b$$

$$v_i = i_b \cdot h_{ie}$$

$$\Rightarrow v_s = (1 + h_{fe}) \cdot i_b \cdot R_S + i_b \cdot h_{ie} \cdot \left(\frac{R_S + R_E}{R_E} \right)$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{h_{fe} \cdot (R_C // R_L)}{(1 + h_{fe}) \cdot R_S + h_{ie} \cdot \left(\frac{R_S + R_E}{R_E} \right)} = \frac{R_C // R_L}{R_S + r_e \cdot \left(\frac{R_S + R_E}{R_E} \right)}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{5 \cdot 10^3 // 5 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3 + 13,83 \cdot \left(\frac{1 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} \right)} \approx 2,5 //$$

E noktası için KCL yazılırsa;

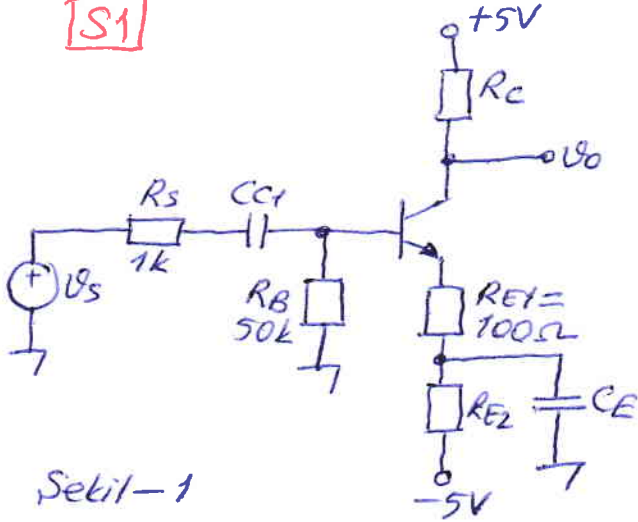
$$i_i = i_b + \frac{v_i}{R_E} + h_{fe} \cdot i_b = i_b \cdot (1 + h_{fe}) + \frac{v_i}{R_E} = \frac{v_i}{h_{ie}} \cdot (1 + h_{fe}) + \frac{v_i}{R_E}$$

$$\Rightarrow i_i = v_i \cdot \left(\frac{1}{r_e} + \frac{1}{R_E} \right) \Rightarrow \frac{v_i}{i_i} = \frac{1}{\left(\frac{1}{r_e} + \frac{1}{R_E} \right)}$$

Devrenin giriş direnci:

$$R_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{1}{\frac{1}{r_e} + \frac{1}{R_E}} = r_e // R_E = 13,83 // 10 \cdot 10^3 \approx 13,83 \Omega //$$

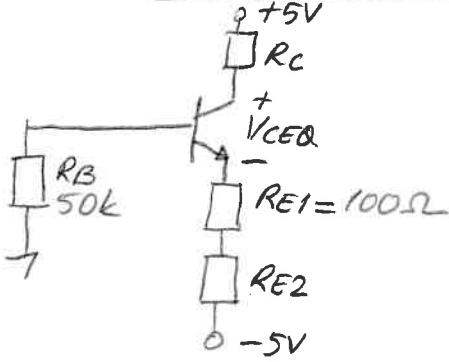
S1



Sekil-1

Sekil-1'de gösterilen devrede transistör için $\beta = h_{fe} = 100$ ve $V_{BE(on)} = 0,7V$ olarak veriliyor. Devrede kullanılan kondansatörlerin değeri yeterince büyüktür ve kısa devre kabul edilebilir. $I_{CQ} = 0,25mA$, $V_{CEQ} = 5V$ olması için R_C ve R_{E2} dirençlerinin değerleri ne olmalıdır? Devrenin küçük işaret gerilim kazancını (V_o/V_s) hesaplayınız. ($V_T = 26mV$) (25p)

Devrenin DC esdeğeri:



• Transistörü ileri aktif bölgede alalım.

$$I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ} \Rightarrow I_{BQ} = \frac{I_{CQ}}{\beta}$$

$$\Rightarrow I_{BQ} = \frac{0,25 \cdot 10^{-3}}{100} = 2,5 \mu A //$$

$$5 = R_B \cdot I_{BQ} + V_{BE(on)} + (R_{E1} + R_{E2}) \cdot I_{EQ}$$

$$\Rightarrow 5 = 50 \cdot 10^3 \cdot 2,5 \cdot 10^{-6} + 0,7 + (100 + R_{E2}) \cdot (1 + 100) \cdot 2,5 \cdot 10^{-6}$$

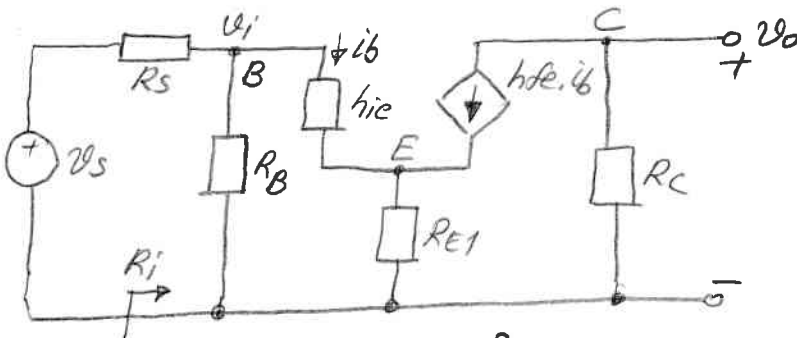
$$\Rightarrow R_{E2} = 16,4 k\Omega //$$

$$5 - (-5) = I_{CQ} \cdot (R_C + R_{E1} + R_{E2}) + V_{CEQ}$$

$$\Rightarrow 10 = 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot (R_C + 100 + 16,4 \cdot 10^3) + 5$$

$$\Rightarrow R_C = 3,5 k\Omega //$$

Devrenin küçük işaret esdeğer devresi:



$$V_i = i_b \cdot h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot i_b \cdot R_{E1}$$

$$V_o = -h_{fe} \cdot i_b \cdot R_C$$

$$R_i = R_B \parallel (h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_{E1})$$

$$h_{ie} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{CQ}} = 100 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 10^{-3}} = 10,4 k\Omega //$$

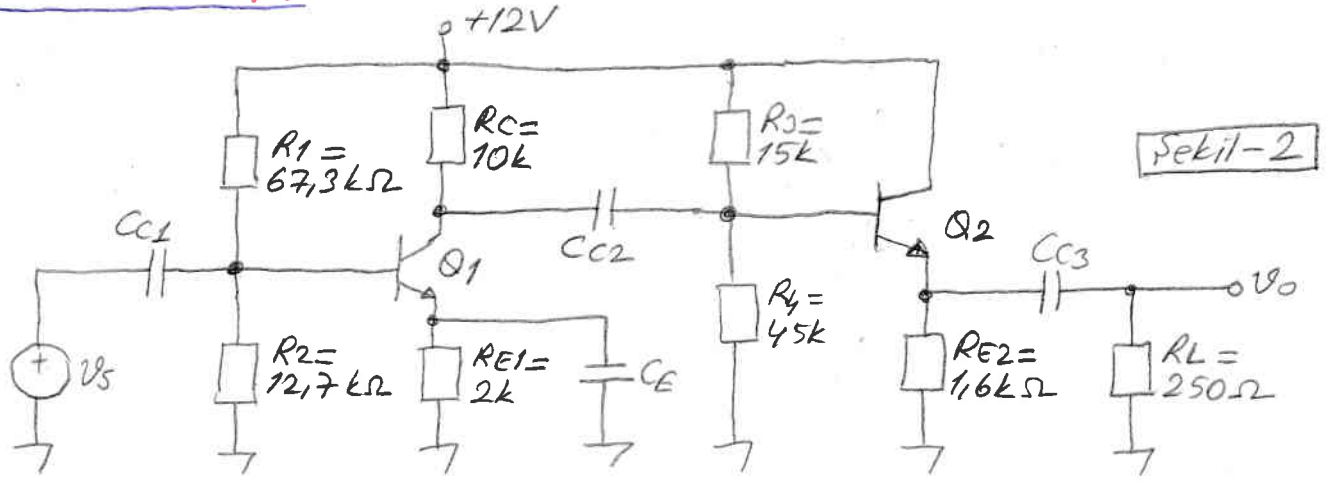
$$R_i = 50 \cdot 10^3 \parallel (10,4 \cdot 10^3 + (1 + 100) \cdot 100) = 16,67 k\Omega //$$

$$V_i = V_s \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s} \Rightarrow V_s = V_i \cdot \left(\frac{R_i + R_s}{R_i} \right)$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{V_i} \cdot \frac{V_i}{V_s} = \frac{-h_{fe} \cdot i_b \cdot R_C}{i_b \cdot (h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_{E1})} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s} = \frac{-R_C}{R_{E1} + r_e} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_s}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{-3,5 \cdot 10^3}{100 + \frac{26 \cdot 10^{-3}}{0,25 \cdot 10^{-3}}} \cdot \frac{16,67 \cdot 10^3}{(16,67 + 1) \cdot 10^3} \approx -16 //$$

S2 Şekil-2'de gösterilen çok katlı kuvvetlendiricide transistörler özdeş olup $\beta = h_{fe} = 120$ ve $V_{BE(on)} = 0,7 \text{ V}$ olarak veriliyor. Devrede $I_{CQ1} = 0,572 \text{ mA}$ ve $I_{CQ2} = 4,86 \text{ mA}$ 'dir. Devrenin küçük işaret gerilim kazancını (V_o/V_s) hesaplayınız. Devrede kullanılan kondansatörlerin değeri yeterince büyüktür ve kısadevre kabul edilebilir. ($V_T = 26 \text{ mV}$) (25p)



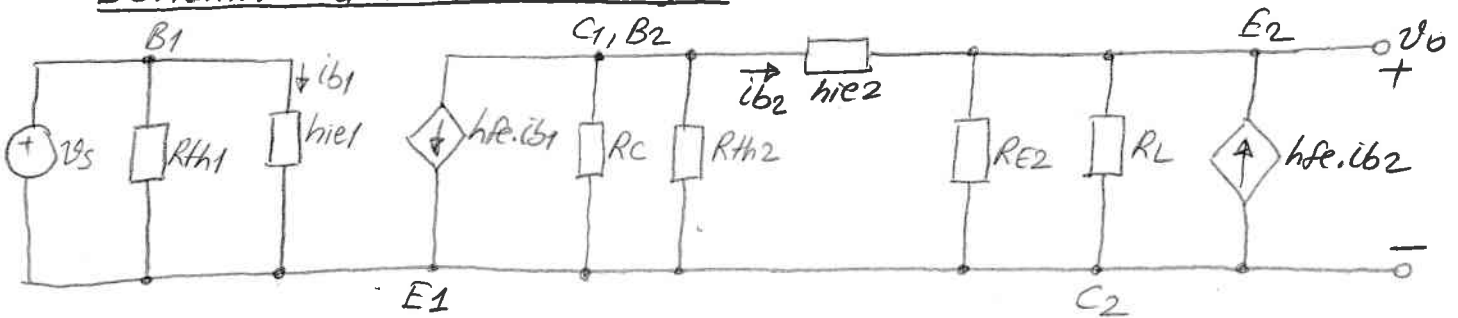
$$r_{e1} = \frac{V_T}{I_{CQ1}} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{0,572 \cdot 10^{-3}} = 45,45 \Omega //$$

$$h_{ie1} = h_{fe} \cdot r_{e1} = 120 \cdot 45,45 = 5454 \Omega //$$

$$r_{e2} = \frac{V_T}{I_{CQ2}} = \frac{26 \cdot 10^{-3}}{4,86 \cdot 10^{-3}} = 5,35 \Omega //$$

$$h_{ie2} = h_{fe} \cdot r_{e2} = 120 \cdot 5,35 = 642 \Omega //$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri:



$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{i_{b2}} \cdot \frac{i_{b2}}{i_{b1}} \cdot \frac{i_{b1}}{V_s}$$

$$R_{th1} = R_1 // R_2 = 10,68 \text{ k}\Omega$$

$$V_o = (1 + h_{fe}) \cdot i_{b2} \cdot (R_{E2} // R_L) = (1 + h_{fe}) \cdot i_{b2} \cdot R_L'$$

$$R_{th2} = R_3 // R_4 = 11,25 \text{ k}\Omega$$

$$V_{b2} = V_o + i_{b2} \cdot h_{ie2} = i_{b2} \cdot h_{fe} \cdot (r_{e2} + R_L')$$

B2 için KCL;

$$h_{fe} \cdot i_{b1} + \frac{V_{b2}}{R_c // R_{th2}} + i_{b2} = 0 \Rightarrow i_{b1} = -i_{b2} \cdot \frac{h_{fe} \cdot (r_{e2} + R_L') + (R_c // R_{th2})}{h_{fe} \cdot (R_c // R_{th2})}$$

$$V_s = h_{ie1} \cdot i_{b1}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{R_L' \cdot (1 + h_{fe})}{1} \cdot \frac{-h_{fe} \cdot (R_c // R_{th2})}{h_{fe} \cdot (r_{e2} + R_L') + (R_c // R_{th2})} \cdot \frac{1}{h_{ie1}}$$

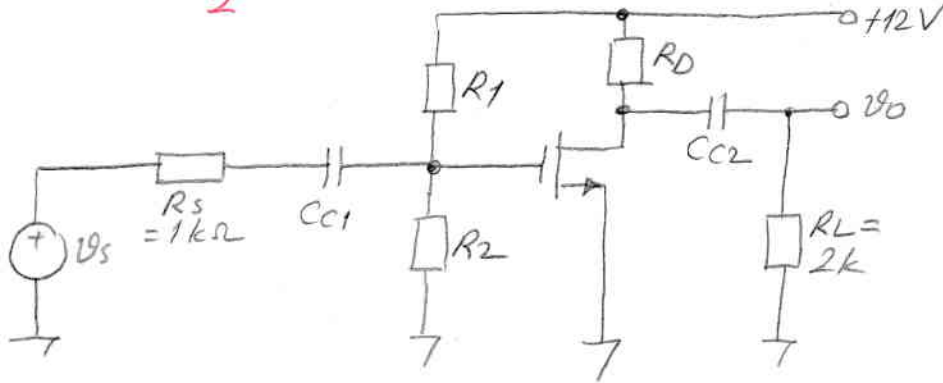
$$\Rightarrow A_v = \frac{(1,6 \cdot 10^3 // 250) \cdot (1 + 120)}{5454} \cdot \left(- \frac{120 \cdot (10 \cdot 10^3 // 11,25 \cdot 10^3)}{120 \cdot (5,35 + (1,6 \cdot 10^3 // 250)) + (10 \cdot 10^3 // 11,25 \cdot 10^3)} \right)$$

$$\Rightarrow A_v \approx -97,25 //$$

S3 n kanallı MOSFET'li kaynak direncisiz ortak kaynaklı bir devre ile giriş gerilimi, 4 kat kuvvetlendirilmek ($V_o/V_s = -4$) isteniyor. Devrenin besleme gerilimi $V_{cc} = 12V$ ve kaynak direnci $R_s = 1k\Omega$, yük direnci $R_L = 5k\Omega$ dir. MOSFET için $k_n = 2mA/V^2$, $V_{TN} = 1V$ ve $\lambda = 0$ olarak veriliyor. Devrede $I_{DQ} = 2mA$ ve Q çalışma noktasının doyum bölgesinin tam ortasında olacak şekilde devreyi tasarlayınız. Devrede kullanılacak olan dirençlerin değerlerini belirleyiniz. (25p)

$$I_D = \frac{k_n}{2} \cdot (V_{GS} - V_{TN})^2$$

$$g_m = \sqrt{2 \cdot k_n \cdot I_{DQ}}$$



Q çalışma noktası, doyum bölgesinin tam ortasında olacağına göre doyum geçiş bölgesinde MOSFET'in doyum akımının değeri;

$$I_{DQ} = 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 4mA //$$

Doyum geçiş bölgesinde MOSFET'in doyum akımı ifadesi;

$$I_{DQ} = \frac{k_n}{2} \cdot (V_{GSQ} - V_{TN})^2 \Rightarrow 4 \cdot 10^{-3} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (V_{GSQ} - 1)^2 \Rightarrow V_{GSQ} = 3V //$$

$$V_{DSQ} = V_{GSQ} - V_{TN} = 3 - 1 = 2V //$$

Q çalışma noktası, doyum bölgesinin tam ortası olduğundan;

$$V_{DSQ} = V_{GSQ} + \frac{12 - 2}{2} = 2 + \frac{10}{2} = 7V //$$

$$R_D = \frac{V_{DD} - V_{DSQ}}{I_{DQ}} = \frac{12 - 7}{2 \cdot 10^{-3}} = 2,5k\Omega //$$

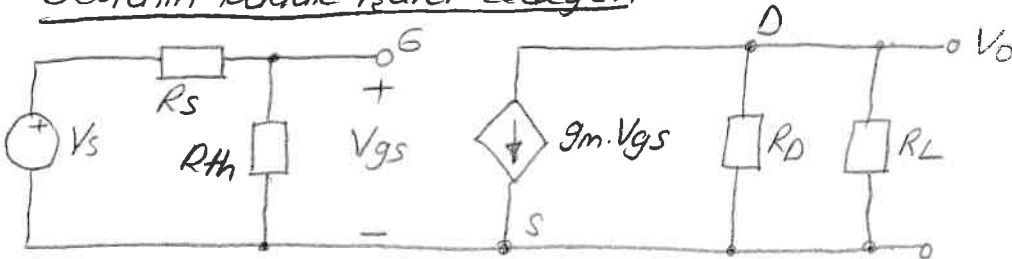
$$I_D = \frac{k_n}{2} \cdot (V_{GS} - V_{TN})^2 \Rightarrow 2 \cdot 10^{-3} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (V_{GSQ} - 1)^2 \Rightarrow V_{GSQ} = 2,41V //$$

$$V_{GSQ} = V_{GSQ} = 2,41V //$$

$$V_{GSQ} = 12 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 2,41 \Rightarrow \frac{R_1 + R_2}{R_2} = \frac{12}{2,41} \approx 5 \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = 4 \Rightarrow \boxed{R_1 = 4 \cdot R_2}$$

$$g_m = \sqrt{2 \cdot k_n \cdot I_{DQ}} = \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 2,82mA/V //$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri:



$$V_o = -g_m \cdot V_{GS} \cdot (R_D || R_L)$$

$$V_{GS} = V_s \cdot \frac{R_{Th}}{R_s + R_{Th}}$$

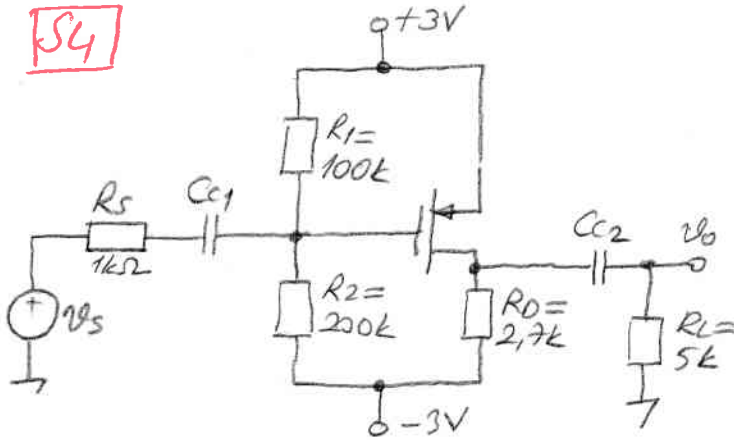
$$A_v = \frac{V_o}{V_s} \cdot \frac{V_{GS}}{V_s} = -g_m \cdot (R_D || R_L) \cdot \left(\frac{R_{Th}}{R_s + R_{Th}} \right)$$

$$-4 = -2,82 \cdot 10^{-3} \cdot (2,5 \cdot 10^3 // 2 \cdot 10^3) \cdot \frac{R_{th}}{1 \cdot 10^3 + R_{th}} \Rightarrow R_{th} = 5,71 k\Omega //$$

$$R_{th} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \cdot R_2 \cdot R_2}{4 \cdot R_2 + R_2} = 0,8 \cdot R_2 = 5,71 \cdot 10^3 \Rightarrow R_2 = 7,14 k\Omega //$$

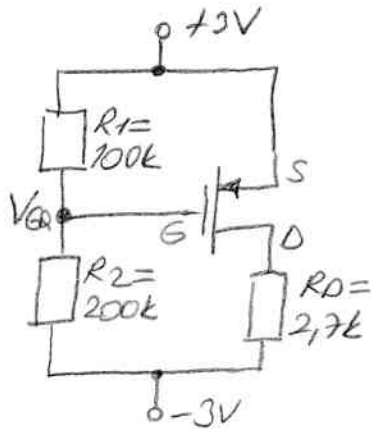
$$R_1 = 4 \cdot R_2 = 4 \cdot 7,14 \cdot 10^3 = 28,57 k\Omega //$$

S4



Şekilde gösterilen kuvvetlendiricide MOSFET için; $V_{TP} = -0,5V$, $k_p = 1mA/V^2$, $\lambda = 0$ olarak veriliyor. Devrede kullanılan kondansatörlerin değeri yeterince büyüktür ve kısadevre kabul edilebilir. Devrenin küçük işaret gerilimi kazancını (V_o/V_s) ve giriş direncini hesaplayınız.

Devrenin DC esdeğeri



$$V_{Go} = (3 - (-3)) \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} - 3 = 6 \cdot \frac{200 \cdot 10^3}{300 \cdot 10^3} - 3 = 1V //$$

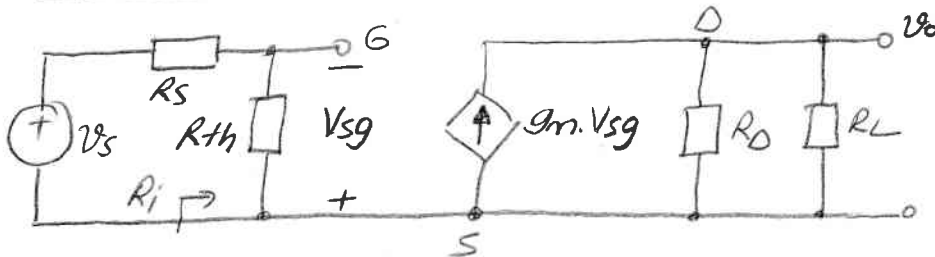
$$V_{SGQ} = 3 - V_{Go} = 3 - 1 = 2V //$$

$$I_{D,P(sat)} = \frac{k_p}{2} \cdot (V_{SG,P} + V_{TP})^2$$

$$\Rightarrow I_{D,P(sat)} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (2 - 0,5)^2 = 1,125 mA //$$

$$g_m = \sqrt{2 \cdot k_p \cdot I_{DQ}} = \sqrt{2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 1,125 \cdot 10^{-3}} = 1,5 mA/V //$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri



$$V_o = g_m \cdot V_{sg} \cdot (R_D // R_L)$$

$$V_{sg} = -V_s \cdot \frac{R_{th}}{R_s + R_{th}}$$

$$R_{th} = R_1 // R_2 = 66,7 k\Omega //$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = \frac{g_m \cdot V_{sg} \cdot (R_D // R_L)}{-V_{sg} \cdot \left(\frac{R_s + R_{th}}{R_{th}} \right)} = - \left(\frac{R_{th}}{R_s + R_{th}} \right) \cdot g_m \cdot (R_D // R_L)$$

$$\Rightarrow A_v = - \left(\frac{66,7 \cdot 10^3}{(1 + 66,7) \cdot 10^3} \right) \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot (2,7 \cdot 10^3 // 5 \cdot 10^3)$$

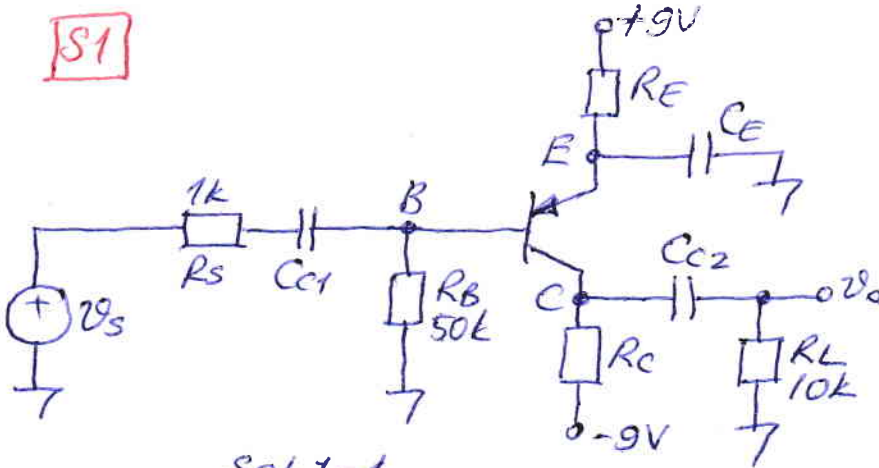
$$\Rightarrow A_v = -2,59 //$$

$$\text{Devrenin giriş direnci} \Rightarrow R_i = R_{th} = 66,7 k\Omega //$$

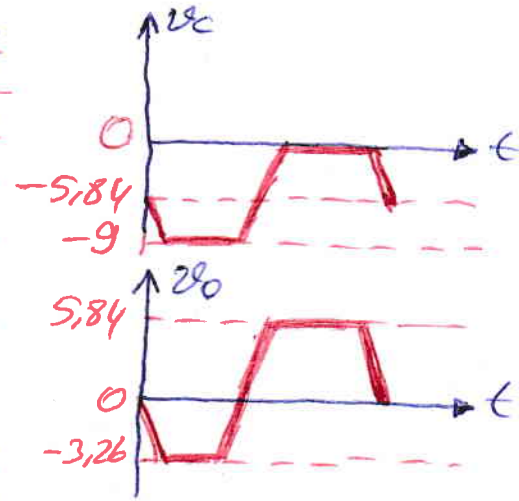
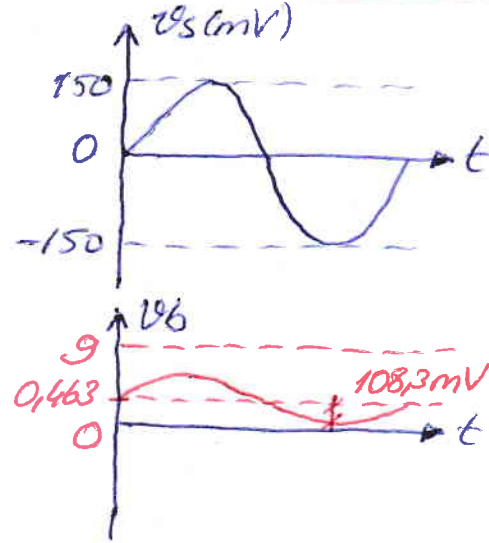
ELEKTRONİK DEVRELER-1

VİZE

S1



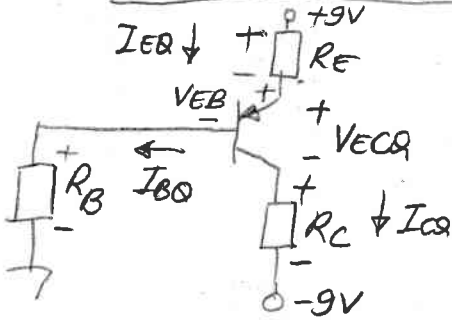
Sekil-1



Sekil-2

Sekil 1'de gösterilen devrede transistör için $\beta = h_{fe} = 80$ ve $V_{EB(on)} = 0,7V$ olarak veriliyor. Devrede kullanılan kondansatörlerin değeri yeterince büyüktür ve kısıt kabul edilebilir. $I_{EQ} = 0,75 mA$ ve $V_{CEQ} = 7V$ olması için R_C ve R_E dirençlerinin değerleri ne olmalıdır? Devrenin küçük işaret gerilim kazancını (v_o/v_s) hesaplayınız. Devrenin girişine Sekil 2'de gösterildiği gibi bir sinüzoidal işaret uygulandığında B ve C noktalarındaki ve çıkış işaretlerini çiziniz. ($V_T = 26 mV$ olarak alınır.)

Devrenin DC eşdeğerini çizelim.



$$9 = I_{EQ} \cdot R_E + V_{EB(on)} + I_{BQ} \cdot R_B$$

$$\Rightarrow R_E = \frac{9 - V_{EB(on)} - I_{BQ} \cdot R_B}{I_{EQ}}$$

$$\Rightarrow R_E = \frac{9 - 0,7 - \frac{0,75 \cdot 10^{-3}}{80+1} \cdot 50 \cdot 10^3}{0,75 \cdot 10^{-3}} = 10,45 k\Omega //$$

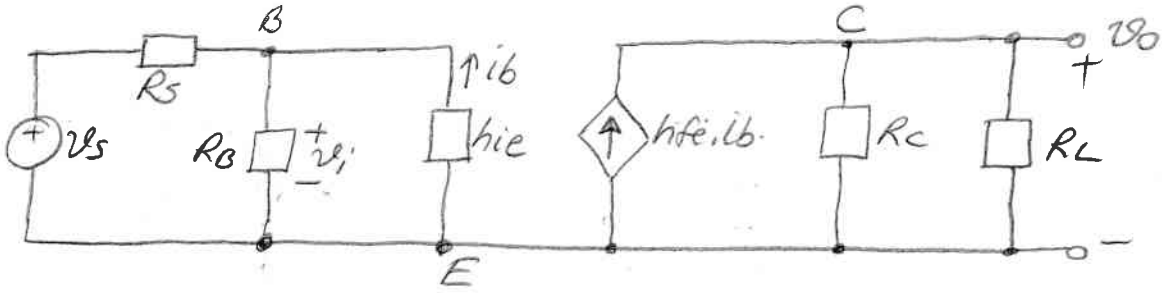
$$9 - (-9) = I_{EQ} \cdot R_E + V_{CEQ} + I_{CQ} \cdot R_C$$

$$\Rightarrow R_C = \frac{18 - V_{CEQ} - I_{EQ} \cdot R_E}{I_{CQ}} = \frac{18 - 7 - 0,75 \cdot 10^{-3} \cdot 10,45 \cdot 10^3}{\left(\frac{0,75 \cdot 10^{-3}}{80+1}\right) \cdot 80} = 4,27 k\Omega //$$

$$V_{BQ} = I_{BQ} \cdot R_B = \left(\frac{0,75 \cdot 10^{-3}}{80+1}\right) \cdot 50 \cdot 10^3 = 0,463 V //$$

$$V_{CQ} = I_{CQ} \cdot R_C - 9 = \left(\frac{0,75 \cdot 10^{-3}}{80+1} \cdot 80\right) \cdot 4,27 \cdot 10^3 - 9 = -5,84 V //$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri:



$$V_o = h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_c \parallel R_L)$$

$$h_{ie} = h_{fe} \cdot r_e = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{CQ}}$$

$$V_i = -h_{ie} \cdot i_b$$

$$h_{ie} = 80 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{0,74 \cdot 10^{-3}} \approx 2,81 \text{ k}\Omega //$$

$$V_i = V_s \cdot \frac{R_B \parallel h_{ie}}{R_s + (R_B \parallel h_{ie})}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{V_i} \cdot \frac{V_i}{V_s} = \frac{h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_c \parallel R_L)}{-h_{ie} \cdot i_b} \cdot \frac{R_B \parallel h_{ie}}{R_s + (R_B \parallel h_{ie})}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{80 \cdot (4,27 \cdot 10^3 \parallel 10 \cdot 10^3)}{-2,81 \cdot 10^3} \cdot \frac{(50 \cdot 10^3 \parallel 2,81 \cdot 10^3)}{1 \cdot 10^3 + (50 \cdot 10^3 \parallel 2,81 \cdot 10^3)}$$

$$\therefore \Rightarrow A_v = -62 //$$

$$V_i = V_B = 0,72 \cdot V_s //$$

S2 Şekil-3'te gösterilen n kanallı J-FET'li devrede JFET için;

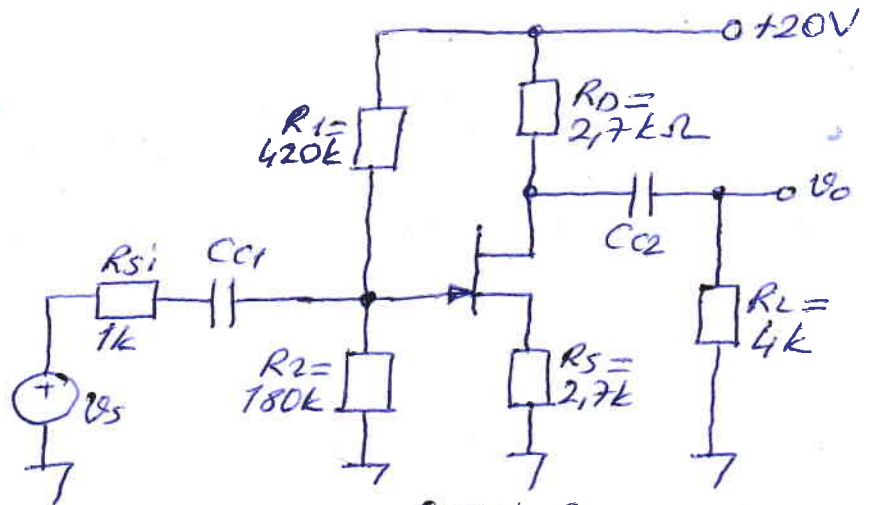
$$I_{DSS} = 12 \text{ mA}$$

$$V_p = -4 \text{ V}$$

$$\lambda = 0$$

$$V_{RS} = 8,1 \text{ V}$$

olarak veriliyor. Buna göre devrenin küçük işaret gerilim kazancını (V_o/V_s) hesaplayınız.



Şekil-3

$$I_{DQ} = I_{DSS} \cdot \left(1 - \frac{V_{GSQ}}{V_p}\right)^2$$

$$g_m = \frac{-2 \cdot I_{DSS}}{V_p} \cdot \left(1 - \frac{V_{GSQ}}{V_p}\right)$$

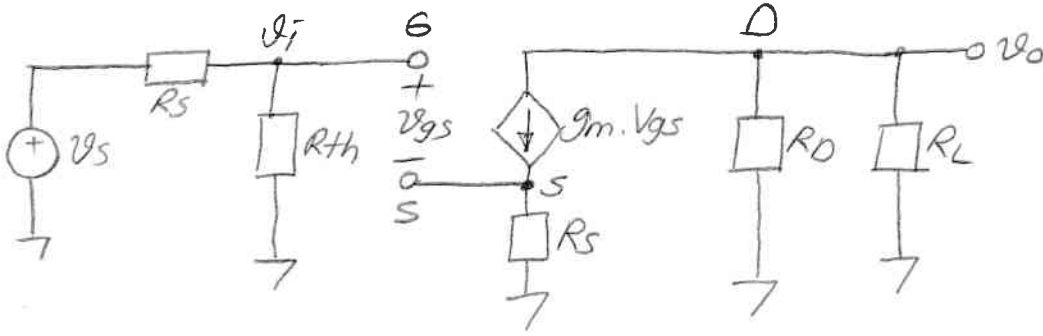
$$V_G = 20 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 20 \cdot \frac{180 \cdot 10^3}{(420 + 180) \cdot 10^3} = 6 \text{ V} //$$

$$V_{RS} = V_S = 8,1 \text{ V} \Rightarrow V_{GSQ} = V_G - V_S = 6 - 8,1 = -2,1 \text{ V} //$$

$$g_m = \frac{-2 \cdot I_{DSS}}{V_p} \cdot \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right) = \frac{-2 \cdot 12 \cdot 10^{-3}}{-4} \cdot \left(1 - \frac{-2,1}{-4}\right) = 2,85 \text{ mA/V} //$$

$$\lambda = 0 \Rightarrow r_o = \infty \text{ (ihmal edilir)}$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri:



$$V_o = -g_m \cdot V_{gs} \cdot (R_D \parallel R_L)$$

$$V_i = V_{gs} + g_m \cdot V_{gs} \cdot R_s = V_{gs} \cdot (1 + g_m \cdot R_s)$$

$$V_i = V_s \cdot \frac{R_{th}}{R_s + R_{th}}$$

$$R_{th} = R_1 \parallel R_2$$

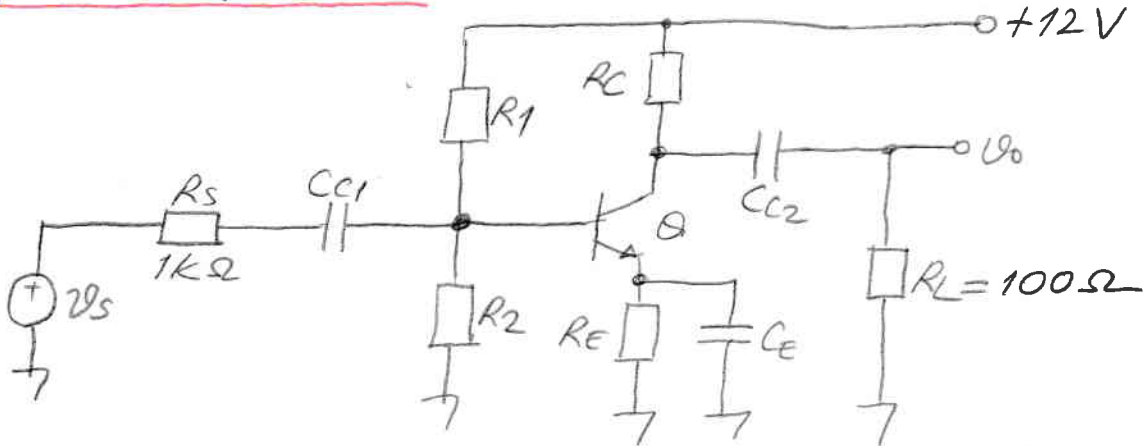
$$\Rightarrow R_{th} = 420 \cdot 10^3 \parallel 180 \cdot 10^3$$

$$\Rightarrow R_{th} = 126 \text{ k}\Omega \parallel$$

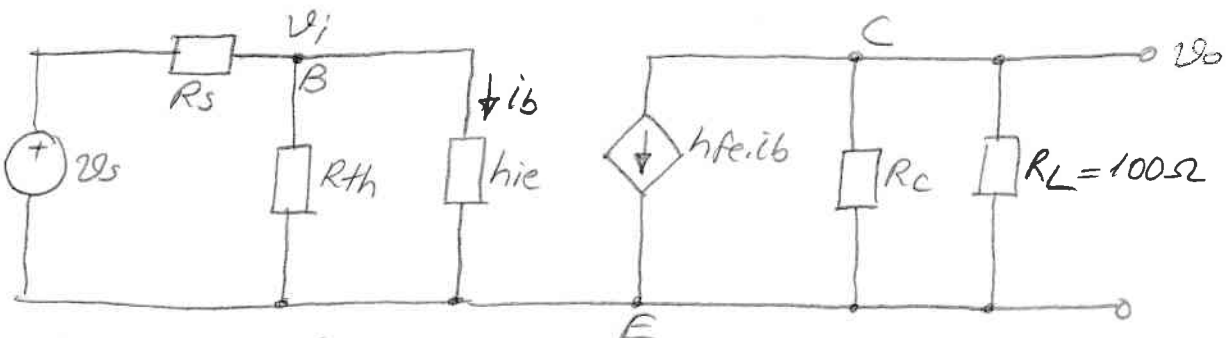
$$A_v = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{V_i} \cdot \frac{V_i}{V_s} = \frac{-g_m \cdot V_{gs} \cdot (R_D \parallel R_L)}{V_{gs} \cdot (1 + g_m \cdot R_s)} \cdot \frac{R_{th}}{R_s + R_{th}}$$

$$\Rightarrow A_v = - \frac{2,85 \cdot 10^{-3} \cdot (27 \cdot 10^3 \parallel 4 \cdot 10^3)}{1 + 2,85 \cdot 10^{-3} \cdot 27 \cdot 10^3} \cdot \frac{126 \cdot 10^3}{(1 + 126) \cdot 10^3} = -0,53 \parallel$$

[53] İç direnci $R_s = 100 \Omega$ olan bir gerilim kaynağının işareti, npn transistörlü ortak emetörlü devre ile 50 kat kuvvetlendirilerek $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ 'luk bir yüke veriliyor. Devrede kullanılacak transistör için $\beta = h_{fe} = 300$, $V_{BE(on)} = 0,7 \text{ V}$ ve $V_{CE(sat)} = 0,2 \text{ V}$, besleme gerilimi $V_{CC} = 12 \text{ V}$, $I_{CQ} = 2 \text{ mA}$ iştir. Kaynak işaretinin en az %90'nın devreye aktarılması isteniyor. Bu devreyi çizin ve devre elemanlarının değerini hesaplayınız.



Küçük işaret esdeğeri:



Kaynak işaretinin %90'ının devreye aktarılması:

$$v_i = 0,9 \cdot v_s$$

$$v_i = v_s \cdot \frac{R_i}{R_s + R_i} \Rightarrow 0,9 \cdot v_s = v_s \cdot \frac{R_i}{R_s + R_i} \Rightarrow R_i = 0,9 \cdot R_i + 0,9 \cdot R_s$$

$$\Rightarrow 0,1 \cdot R_i = 0,9 \cdot 1 \cdot 10^3 \Rightarrow R_i = 0,9 \text{ k}\Omega //$$

$$h_{ie} = h_{fe} \cdot r_e = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{CQ}} = 300 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 3,9 \text{ k}\Omega //$$

$$R_i = R_{th} // h_{ie} \Rightarrow \frac{1}{R_i} = \frac{1}{R_{th}} + \frac{1}{h_{ie}} \Rightarrow \frac{1}{R_{th}} = \frac{1}{R_i} - \frac{1}{h_{ie}}$$

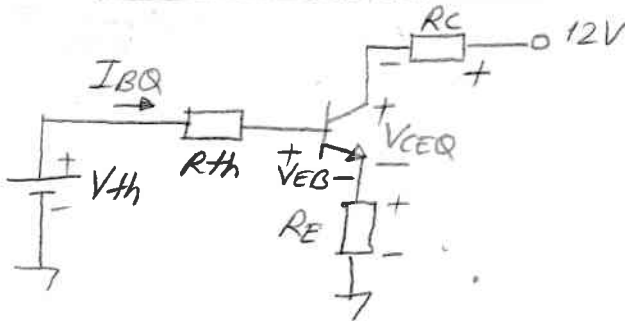
$$\Rightarrow \frac{1}{R_{th}} = \frac{1}{0,9 \cdot 10^3} - \frac{1}{3,9 \cdot 10^3} = \frac{3}{3,51 \cdot 10^3} \Rightarrow R_{th} = \frac{3,51 \cdot 10^3}{3} = 1,17 \text{ k}\Omega //$$

$$\left. \begin{array}{l} v_o = -h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_c // R_L) \\ v_i = h_{ie} \cdot i_b \\ v_i = v_s \cdot \frac{R_i}{R_s + R_i} \end{array} \right\} \Rightarrow A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_i} \cdot \frac{v_i}{v_s} \Rightarrow A_v = \frac{-h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_c // R_L)}{h_{ie} \cdot i_b} \cdot \frac{R_i}{R_s + R_i} \cdot 0,9$$

$$\Rightarrow -50 = \frac{-(R_c // R_L)}{r_e} \cdot \frac{R_i}{R_s + R_i} \Rightarrow -50 = -\frac{R_c // 100}{13} \cdot 0,9$$

$$\Rightarrow R_c // 100 = 722,22 \Rightarrow R_c = 2,6 \text{ k}\Omega //$$

Devrenin DC değerleri:



Devre kırılmaz simetrik kazanç elde etmek için Q çalışma noktası yük doğrusunun tam ortasında olmalıdır.

$$V_{CEQ} = \frac{12}{2} = 6V \text{ olmalıdır.}$$

$$12 = V_{CEQ} + I_{CQ} \cdot (R_c + R_E)$$

$$\Rightarrow 12 = 6 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot (2,6 \cdot 10^3 + R_E)$$

$$\Rightarrow R_E \cong 0,4 \text{ k}\Omega //$$

$$V_{th} = I_{BQ} \cdot R_{th} + V_{BE(on)} + I_{EQ} \cdot R_E$$

$$\Rightarrow V_{th} = \frac{I_{CQ}}{\beta} \cdot R_{th} + V_{BE(on)} + I_{EQ} \cdot R_E$$

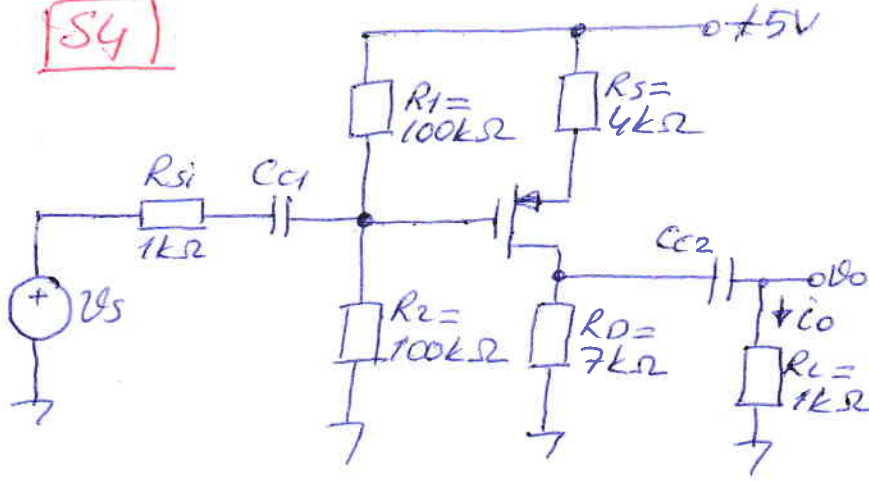
$$\Rightarrow V_{th} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{300} \cdot 1,17 \cdot 10^3 + 0,7 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 \cdot 10^3 \cong 1,5V //$$

$$V_{th} = 12 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 1,5 \Rightarrow 12 \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 1,5 \cdot R_1 \Rightarrow R_1 = \frac{12 \cdot R_{th}}{1,5}$$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{12 \cdot 1,17 \cdot 10^3}{1,5} = 9,36 \text{ k}\Omega //$$

$$12 \cdot \frac{R_2}{9,36 \cdot 10^3 + R_2} = 1,5 \Rightarrow R_2 = 1,34 \text{ k}\Omega //$$

[S4]



Şekil-4

Şekil-4'te gösterilen MOSFET için $V_{TP} = -1V$, $k_p = 2mA/V^2$, $\lambda = 0$ olarak veriliyor. Devrede $V_{RS} = 1V$ 'dir. Küçük işaret transconductance (i_o/V_s) kazancını hesaplayınız. Devredeki kondansatörlerin değeri kısadevreye kabul edilebilecek kadar yüksektir.

$$I_{DQ} = \frac{k_p}{2} \cdot (V_{SG} + V_{TP})^2 \quad g_m = \sqrt{2 \cdot k_p \cdot I_{DQ}}$$

$$V_{RS} = 1V \Rightarrow V_S = V_{DD} - V_{RS} = 5 - 1 = 4V //$$

$$V_{GQ} = 5 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 5 \cdot \frac{100 \cdot 10^3}{(100 + 100) \cdot 10^3} = 2,5V //$$

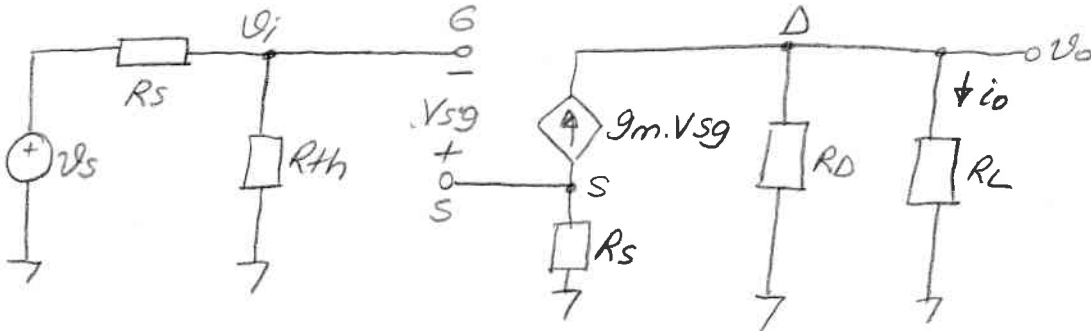
$$V_{SG} = V_S - V_G = 4 - 2,5 = 1,5V //$$

$$I_{DQ} = \frac{k_p}{2} \cdot (V_{SGQ} + V_{TP})^2 = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (1,5 - 1)^2 = 0,25mA //$$

$$g_m = \sqrt{2 \cdot k_p \cdot I_{DQ}} = \sqrt{2 \cdot (2 \cdot 10^{-3}) \cdot (0,25 \cdot 10^{-3})} = 1mA/V //$$

$$\lambda = 0 \Rightarrow r_o = \infty \text{ (ihmal edilir)}$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri:



$$V_i = -V_{sg} - g_m \cdot V_{sg} \cdot R_s$$

$$\Rightarrow V_i = -V_{sg} \cdot (1 + g_m \cdot R_s)$$

$$V_i = V_s \cdot \frac{R_{th}}{R_s + R_{th}} \Rightarrow V_s = V_i \cdot \frac{R_s + R_{th}}{R_{th}} = -V_{sg} \cdot (1 + g_m \cdot R_s) \cdot \frac{R_s + R_{th}}{R_{th}}$$

$$i_o = g_m \cdot V_{sg} \cdot \frac{R_D}{R_D + R_L}$$

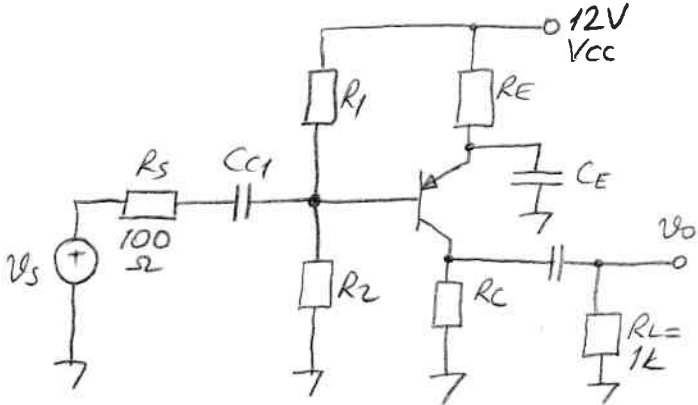
$$\frac{i_o}{V_s} = \frac{g_m \cdot V_{sg} \cdot \frac{R_D}{R_D + R_L}}{-V_{sg} \cdot (1 + g_m \cdot R_s) \cdot \left(\frac{R_s + R_{th}}{R_{th}} \right)} = - \frac{g_m}{(1 + g_m \cdot R_s)} \cdot \frac{R_D}{R_D + R_L} \cdot \frac{R_{th}}{R_s + R_{th}}$$

$$\Rightarrow \frac{i_o}{V_s} = - \frac{1 \cdot 10^{-3}}{(1 + 1 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^3)} \cdot \frac{7 \cdot 10^3}{(7 + 1) \cdot 10^3} \cdot \frac{(100 \cdot 10^3 / 100 \cdot 10^3)}{(1 + 50) \cdot 10^3} = -0,17mA/V //$$

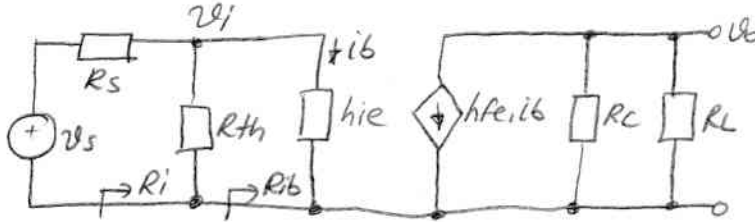
ELEKTRONİK DEVRELER I FİNAL SINAVI

7 Ocak 2013

SORU 1: İç direnci $R_S = 100\Omega$ olan bir gerilim kaynağının işareti, pnp tranzistörlü ortak emetörlü devre ile 50 kat kuvvetlendirilerek $R_L = 1k\Omega$ 'luk bir yüke veriliyor. Devrede kullanılacak tranzistör için $\beta = h_{FE} = 300$, $V_{EB(on)} = 0,7V$ ve $V_{EC(sat)} = 0,2V$, besleme gerilimi $V_{CC} = 12V$ ve $I_{CQ} = 2mA$ 'dir. Kaynak işaretinin en az %90'nın devreye aktarılması isteniyor. Bu devreyi çiziniz ve devre elemanlarının değerini hesaplayınız (25P).



Devrenin küçük işaret esdeğeri



$$h_{ie} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{CQ}} = 300 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 3,9 k\Omega // \quad r_e = \frac{V_T}{I_{CQ}} = 13 \Omega //$$

$$R_i = R_{th} // h_{ie} \Rightarrow 0,9 \cdot 10^3 = R_{th} // 3,9 \cdot 10^3 \Rightarrow R_{th} = 1,17 k\Omega //$$

$$\left. \begin{aligned} V_o &= -h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_C // R_L) \\ V_i &= h_{ie} \cdot i_b = V_s \cdot \frac{R_i}{R_i + R_S} \end{aligned} \right\} A_v = \frac{V_o}{V_s} = \frac{-h_{fe} \cdot i_b \cdot (R_C // R_L)}{h_{ie} \cdot i_b} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_S}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{-(R_C // R_L)}{r_e} \cdot \frac{R_i}{R_i + R_S} \Rightarrow -50 = \frac{-(R_C // 100)}{13} \cdot \frac{0,9 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 10^3 + 100} \Rightarrow R_C = 2,6 k\Omega //$$

Devreden kırılmaması simetrik maksimum kazanç elde etmek için Q çalışma noktası yük doğrusunun tam ortasında olmalıdır. $V_{ECQ} = 6V$ olmalıdır.

$$12 = V_{ECQ} + I_{CQ} \cdot (R_C + R_E) \Rightarrow 12 = 6 + 2 \cdot 10^{-3} \cdot (2,6 \cdot 10^3 + R_E)$$

$$\Rightarrow R_E \approx 0,4 k\Omega //$$

$$12 = I_{E Q} \cdot R_E + V_{EB(on)} + I_{B Q} \cdot R_{th} + V_{th}$$

$$\Rightarrow 12 = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 \cdot 10^3 + 0,7 + \frac{2 \cdot 10^{-3}}{300} \cdot 1,17 \cdot 10^3 + V_{th} \Rightarrow V_{th} \approx 1,5V //$$

$$V_{th} = 12 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{12}{R_1} \cdot R_{th} = \frac{12}{R_1} \cdot 1,17 \cdot 10^3 = 1,5 \Rightarrow R_1 = 9,36 k\Omega //$$

$$R_{th} = R_1 // R_2 \Rightarrow 1,17 \cdot 10^3 = 9,36 \cdot 10^3 // R_2 \Rightarrow R_2 = 1,34 k\Omega //$$

SORU 2: Şekil 2'de gösterilen devrede MOSFET'ler için $k_{N1} = k_{N2} = 1 \text{ mA/V}^2$, $V_{TN1} = V_{TN2} = 1,2 \text{ V}$ ve $\lambda_1 = \lambda_2 = 0$ olarak veriliyor. $V_{DSQ2} = 4 \text{ V}$ 'tur. $V_{DSQ1} = 4 \text{ V}$ olması için R_1 direncinin değerini ve devrenin küçük işaret gerilim kazancını hesaplayınız. Devredeki kondansatörün değeri kısa devre kabul edilebilecek kadar yüksektir. Bulduğunuz sonuçları aşağıdaki boşluklara yazınız (30P).

$$I_D = \frac{k_N}{2} (V_{GS} - V_{TN})^2$$

$$g_m = \sqrt{2k_n I_{DQ}}$$

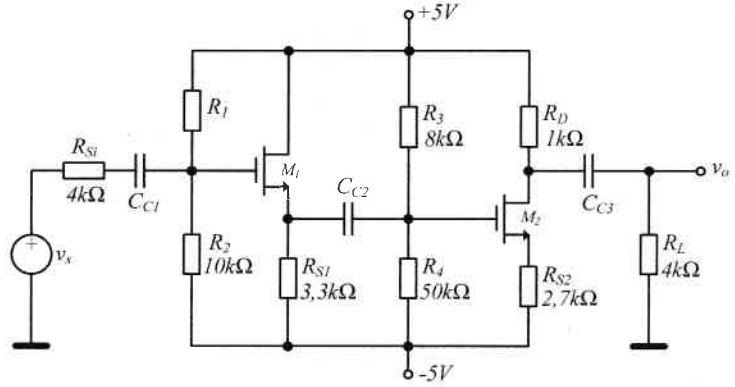
$$V_{GSQ1} = 3,1 \text{ V}$$

$$V_{GQ1} = 4,1 \text{ V}$$

$$R_1 = 14,3 \text{ k}\Omega$$

$$g_{m1} = 1,9 \text{ mA/V}$$

$$g_{m2} = 2,1 \text{ mA/V}$$



Şekil 2.

$$V_{DSQ1} = 4 \text{ V} \Rightarrow V_{S1} = V_{DD1} - V_{DSQ1} = 5 - 4 = 1 \text{ V}$$

$$I_{DQ1} = \frac{V_{S1} - (-5)}{R_{S1}} = \frac{1 + 5}{3,3 \cdot 10^3} = 1,82 \text{ mA}$$

$$I_{DQ1} = \frac{k_{N1}}{2} (V_{GSQ1} - V_{TN})^2 \Rightarrow 1,82 \cdot 10^{-3} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (V_{GSQ1} - 1,2)^2$$

$$\Rightarrow V_{GSQ1} = 3,1 \text{ V} // \quad V_{GQ1} = V_{GSQ1} + V_{S1} = 3,1 + 1 = 4,1 \text{ V}$$

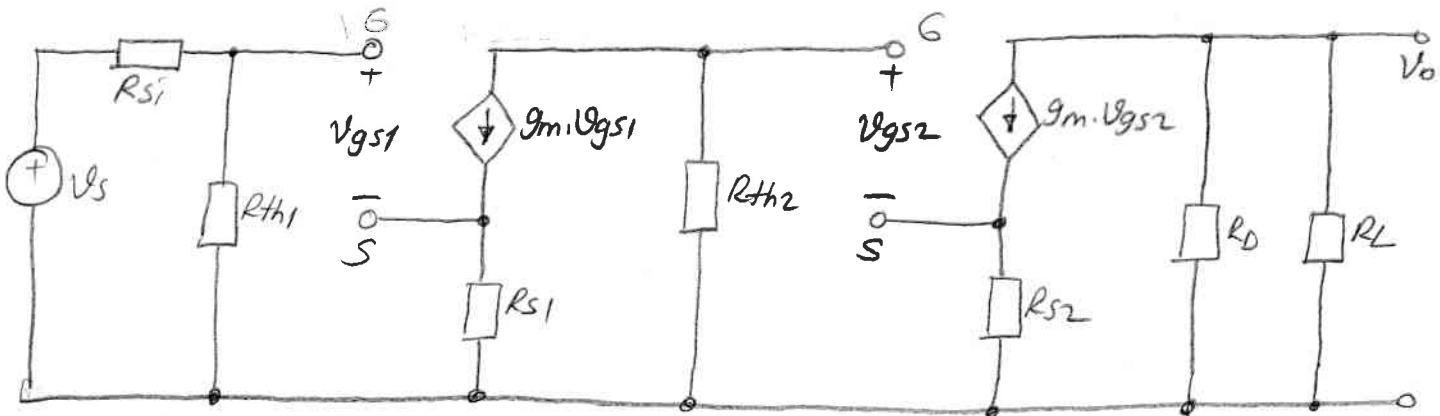
$$V_{G2} = (5 - (-5)) \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} = 10 \cdot \frac{50 \cdot 10^3}{58 \cdot 10^3} = 8,62 \text{ V}$$

$$V_{G1} = (5 - (-5)) \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow 4,1 = 10 \cdot \frac{10 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3 + R_1} \Rightarrow R_1 = 14,3 \text{ k}\Omega$$

$$I_{DQ2} = \frac{V_{S2} - (-5)}{R_{S2}} = \frac{1 + 5}{2,7 \cdot 10^3} = 2,22 \text{ mA}$$

$$g_{m1} = \sqrt{2 \cdot k_n \cdot I_{DQ1}} = \sqrt{2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 1,82 \cdot 10^{-3}} = 1,90 \text{ mA/V}$$

$$g_{m2} = \sqrt{2 \cdot k_n \cdot I_{DQ2}} = \sqrt{2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 2,22 \cdot 10^{-3}} = 2,1 \text{ mA/V}$$

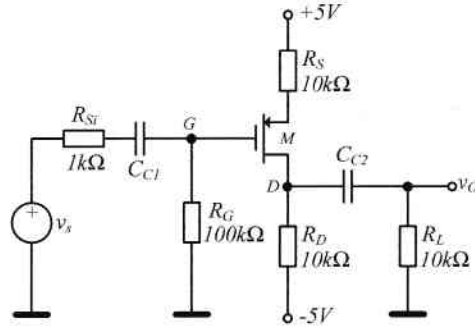


$$A_v = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_{gs2}} \cdot \frac{v_{gs2}}{v_{gs1}} \cdot \frac{v_{gs1}}{v_s}$$

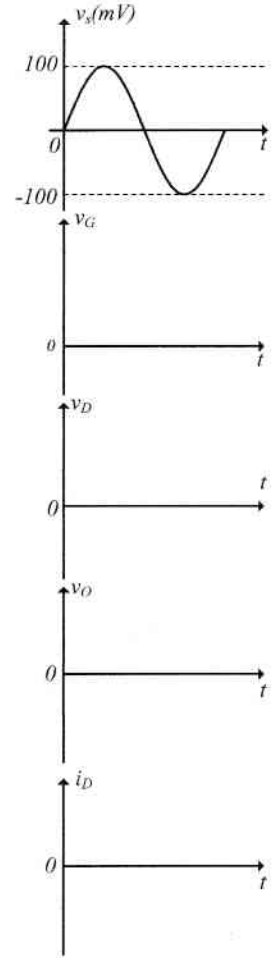
SORU 3: Şekil 3.1'de gösterilen devrede MOSFET için $k_p = 0,4 \text{ mA/V}^2$, $V_{TP} = -2\text{V}$ ve $\lambda = 0$ olarak veriliyor. $V_{SDQ} = 6\text{V}$ 'tur. Devredeki kondansatörün değeri kısa devre kabul edilebilecek kadar yüksektir. Devrenin girişine Şekil 3.2'de gösterildiği gibi sinüzoidal bir işaret uygulanmıştır. Kapı ve akçe uçlarındaki (v_G , v_D), çıkıştaki (v_O) gerilimlerin ve akçe akımının (i_D) zamanla değişimini Şekil 3.2 üzerinde çizerek gösteriniz (20P).

$$I_{DP} = \frac{k_p}{2} (V_{SG} + V_{TP})^2$$

$$g_m = \sqrt{2k_p I_{DQ}}$$

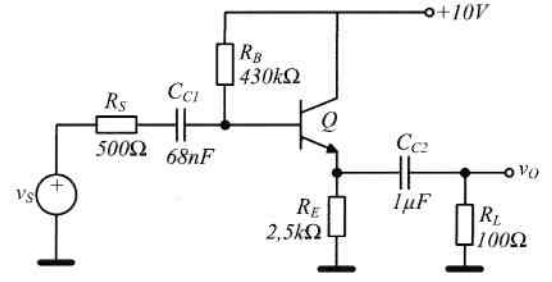


Şekil 3.1



Şekil 3.2

SORU 4: Şekil 4’de gösterilen devrede tranzistör için $\beta = h_{FE} = 200$, $V_{BE(on)} = 0,7V$ ve $V_{CE(sat)} = 0,7V$ olarak veriliyor. Her bir kuplaj kondansatöründen gelen kutup frekanslarını hesaplayınız (25P).



Şekil 4.

Süre 100 dakika, notlar kapalıdır. Başarılar.

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ELEKTRONİK DEVRELER I BÜTÜNLEME SINAVI

28 Ocak 2013

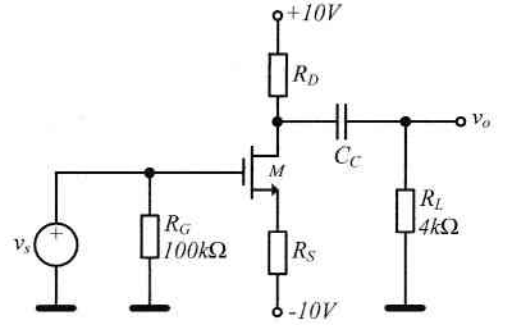
SORU 1: Şekil 1'de gösterilen devrede MOSFET için $k_N = 1 \text{ mA/V}^2$, $V_{TN} = 1 \text{ V}$ ve $\lambda = 0$ olarak veriliyor. Devrede $I_{DQ} = 1 \text{ mA}$ ve $V_{DSQ} = 3 \text{ V}$ olması için R_D ve R_S dirençlerinin değeri ne olmalıdır? Hesaplayınız. Devrenin alt kesim frekansının 10 Hz olması için C_C kondansatörünün değeri ne olmalıdır? Hesaplayınız. Bulduğunuz sonuçları aşağıdaki boşluklara yazınız (20P).

$$I_D = \frac{k_N}{2} (V_{GS} - V_{TN})^2$$

$$g_m = \sqrt{2k_N I_{DQ}}$$

$$R_D = \dots\dots \quad R_S = \dots\dots \quad V_{GSQ} = \dots\dots \quad V_{GQ} = \dots\dots$$

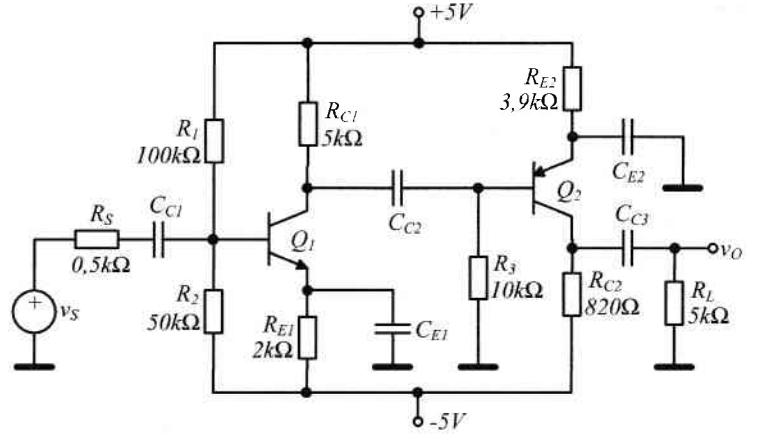
$$C_C = \dots\dots$$



Şekil 1.

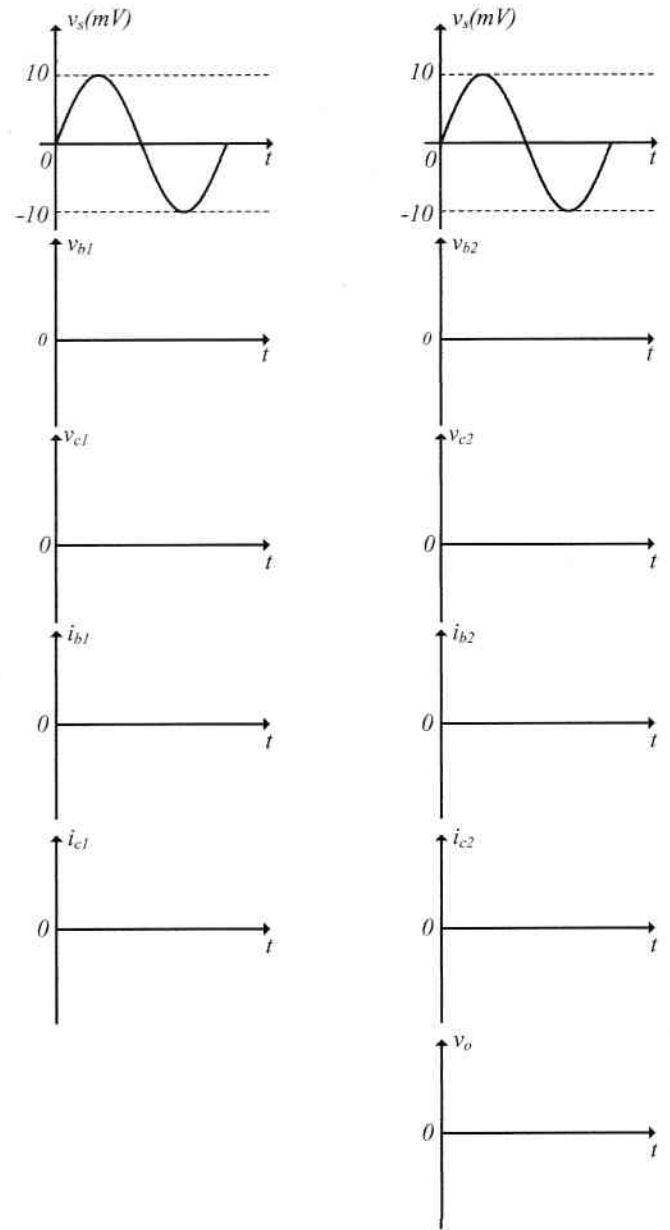
SORU 2: Şekil 2’de gösterilen devrede npn tranzistör $\beta = h_{FE} = 100$, $V_{BE}(on) = 0,7V$ ve $V_{CE}(sat) = 0,2V$, pnp tranzistör için $\beta = h_{FE} = 80$, $V_{EB}(on) = 0,7V$ ve $V_{EC}(sat) = 0,2V$ ’dur Devredeki kondansatörlerin değeri kısa devre kabul edilebilecek kadar yüksektir. Devrenin küçük işaret gerilim kazancını (v_o/v_s) hesaplayınız. Bulduğunuz sonuçları aşağıdaki boşluklara yazınız (35P).

$$\begin{array}{ll} I_{BQ1} = \dots\dots & I_{CQ1} = \dots\dots \\ I_{BQ2} = \dots\dots & I_{CQ2} = \dots\dots \\ r_{e1} = \dots\dots & h_{ie1} = \dots\dots \\ r_{e2} = \dots\dots & h_{ie2} = \dots\dots \end{array}$$



Şekil 2.

SORU 3: Şekil 2’de gösterilen devrenin aşağıda gösterilen noktalarındaki gerilimlerin ve akımların zamanla değişimini (dc ve ac bileşenlerini) Şekil 3’deki grafikler üzerinde çizerek gösteriniz (20P).



Şekil 3.

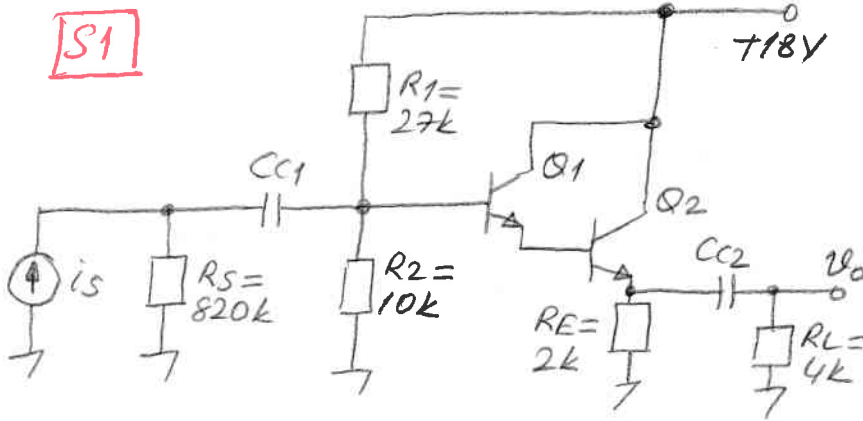
SORU 4: İç direnci $R_S = 100\Omega$ olan bir gerilim kaynağının işareti, n kanallı MOSFET’li kaynak dirençli ortak kaynaklı devre ile 5 kat kuvvetlendirilerek $R_L = 5k\Omega$ ’luk bir yüke veriliyor. Devrede kullanılacak MOSFET için $k_N = 4mA/V^2$, $V_{TN} = 1,2V$ ve $\lambda = 0$, besleme gerilimi $V_{CC} = 12V$ ve $I_{DQ} = 0,5mA$ ’dir. Kaynak işaretinin en az %90’nın devreye aktarılması isteniyor. Bu devreyi çizin ve devre elemanlarının değerini hesaplayınız. Bulduğunuz sonuçları aşağıdaki boşluklara yazınız (25P).

$$I_D = \frac{k_N}{2}(V_{GS} - V_{TN})^2 \quad g_m = \sqrt{2k_N I_{DQ}}$$

$$R_D = \dots\dots \quad R_S = \dots\dots \quad V_{GSQ} = \dots\dots \quad V_{GQ} = \dots\dots \quad g_m = \dots\dots \quad R_1 = \dots\dots \quad R_2 = \dots\dots$$

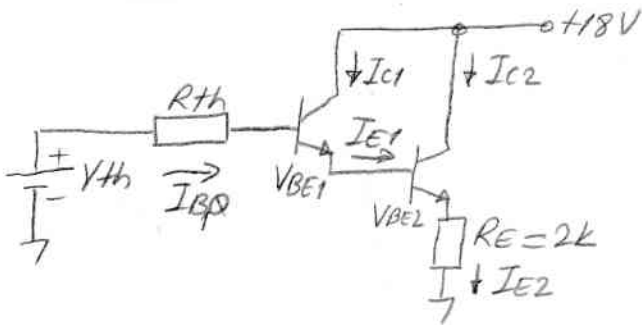
Süre 100 dakika, notlar kapalıdır. Başarılar.

S1



Sekildeki transistörler
özdeş olup $\beta = h_{fe} = 100$,
 $V_{BE(on)} = 0,7V$, $V_{CE(sat)} = 0,1V$,
devredeki kondansatörler
kısadevreye edilebilecek ka-
dar büyüktür. $V_T = 26mV$ dur.
Devrenin giriş direncini ve
kazancını (V_o/i_s) bulunuz.

Devrenin DC eşdeğeri:



$$R_{th} = R_1 \parallel R_2 = (27 \parallel 10) \cdot 10^3 = 7,3 k\Omega //$$

$$V_{th} = 18 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 18 \cdot \frac{10 \cdot 10^3}{37 \cdot 10^3} = 4,86 V //$$

$$I_{E1} = I_{B2} = (1 + \beta) \cdot I_{B1}$$

$$I_{E2} = (1 + \beta) \cdot I_{B2} = (1 + \beta)^2 \cdot I_{B1}$$

$$V_{th} = I_{B1} R_{th} + V_{BE1(on)} + V_{BE2(on)} + (1 + \beta)^2 \cdot I_{B1} R_E$$

$$\Rightarrow I_{B1Q} = \frac{V_{th} - V_{BE1(on)} - V_{BE2(on)}}{R_{th} + (1 + \beta)^2 \cdot R_E} = \frac{4,86 - 2 \cdot 0,7}{7,3 \cdot 10^3 + (1 + 100)^2 \cdot 2 \cdot 10^3} = 169,5 nA //$$

$$I_{C1Q} = \beta \cdot I_{B1Q} = 100 \cdot 169,5 \cdot 10^{-9} \cong 17 \mu A //$$

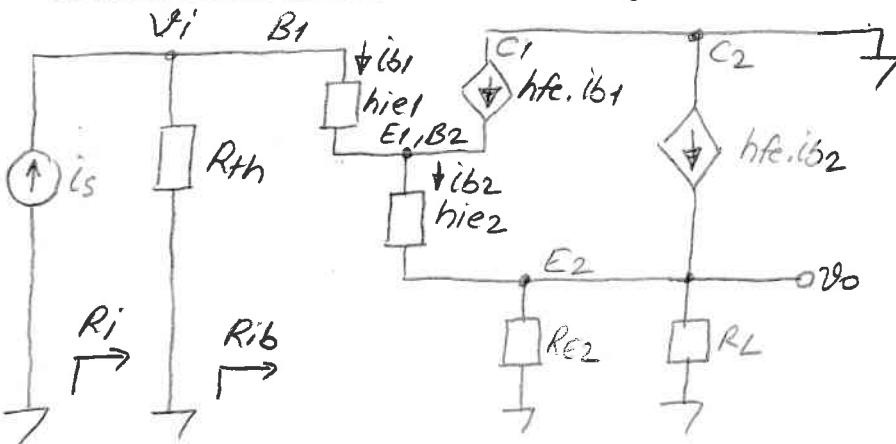
$$I_{B2Q} = (1 + \beta) \cdot I_{B1Q} = (1 + 100) \cdot 169,5 \cdot 10^{-9} = 17,12 \mu A //$$

$$I_{C2Q} = \beta \cdot I_{B2Q} = 100 \cdot 17,12 \cdot 10^{-6} \cong 1,7 mA //$$

$$h_{ie1} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{C1Q}} = 100 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{17 \cdot 10^{-6}} = 153 k\Omega //$$

$$h_{ie2} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{C2Q}} = 100 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{1,7 \cdot 10^{-3}} = 1,5 k\Omega //$$

Devrenin küçük işaret eşdeğeri:



Rs direnci ihmal edelim

$$R_L' = R_{E2} \parallel R_L$$

$$\Rightarrow R_L' = 2 \cdot 10^3 \parallel 4 \cdot 10^3$$

$$\Rightarrow R_L' = 1,33 k\Omega //$$

$$V_o = (1 + h_{fe}) \cdot i_{B2} \cdot R_L'$$

$$\Rightarrow V_o = (1 + h_{fe})^2 \cdot i_{B1} \cdot R_L'$$

$$V_i = h_{ie1} \cdot i_{B1} + h_{ie2} \cdot (1 + h_{fe}) \cdot i_{B1} + (1 + h_{fe})^2 \cdot i_{B1} \cdot R_L'$$

$$\Rightarrow V_i = i_{B1} \cdot [h_{ie1} + h_{ie2} \cdot (1 + h_{fe}) + (1 + h_{fe})^2 \cdot R_L']$$

$$R_{ib} = \frac{V_i}{i_{b1}} = h_{ie1} + (1+h_{fe}) \cdot h_{ie2} + (1+h_{fe})^2 \cdot R_L'$$

$$\Rightarrow R_{ib} = 153 \cdot 10^3 + (1+100) \cdot 1,5 \cdot 10^3 + (1+100)^2 \cdot 1,33 \cdot 10^3 \approx 13,9 \text{ k}\Omega //$$

$$R_i = R_{th} // R_{ib} = 7,3 \cdot 10^3 // 13,9 \cdot 10^3 \approx 4,78 \text{ k}\Omega //$$

$$i_{b1} = i_s \cdot \frac{R_{th}}{R_{th} + R_{ib}} \Rightarrow i_s = i_{b1} \cdot \frac{R_{th} + R_{ib}}{R_{th}} = i_{b1} \cdot \frac{4,78 \cdot 10^3 + 13,9 \cdot 10^3}{4,78 \cdot 10^3}$$

$$\Rightarrow i_s = 3907 \cdot i_{b1} //$$

$$V_o = (1+h_{fe})^2 \cdot i_{b1} \cdot R_L' = (1+100)^2 \cdot i_{b1} \cdot 1,33 \cdot 10^3 = 13567 \cdot 10^3 \cdot i_{b1}$$

$$\frac{V_o}{i_s} = \frac{13567 \cdot 10^3 \cdot i_{b1}}{3907 \cdot i_{b1}} = 3472 \text{ V/A} //$$

S2 Soru 1'deki devrenin girişine Şekil-2'deki işaret uygulanırsa V_{B1} , V_{E2} ve V_o işaretlerini çiziniz.

$$V_{B1} = V_{th} - I_{B10} \cdot R_{th}$$

$$\Rightarrow V_{B1} = 4,86 - 16915 \cdot 10^{-9} \cdot 7,3 \cdot 10^3 \approx 4,86 \text{ V} //$$

$$R_i \approx R_{th} \text{ olursa; } i_s = 1904 \cdot i_{b1}$$

$$\Rightarrow i_{b1} = \frac{100 \cdot 10^{-6} \cdot \sin(\omega t)}{1904} = 52,5 \cdot 10^{-9} \cdot \sin(\omega t) \text{ (A)}$$

$$V_{b1} = R_{ib} \cdot i_{b1} = 13,9 \cdot 10^3 \cdot 52,5 \cdot 10^{-9} \cdot \sin(\omega t)$$

$$\Rightarrow V_{b1} = 730 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(\omega t) \text{ [V]}$$

$$V_{e2} = V_o = 7141,8 \cdot i_s = 7141,8 \cdot 10^{-4} \cdot \sin(\omega t) \text{ [V]}$$

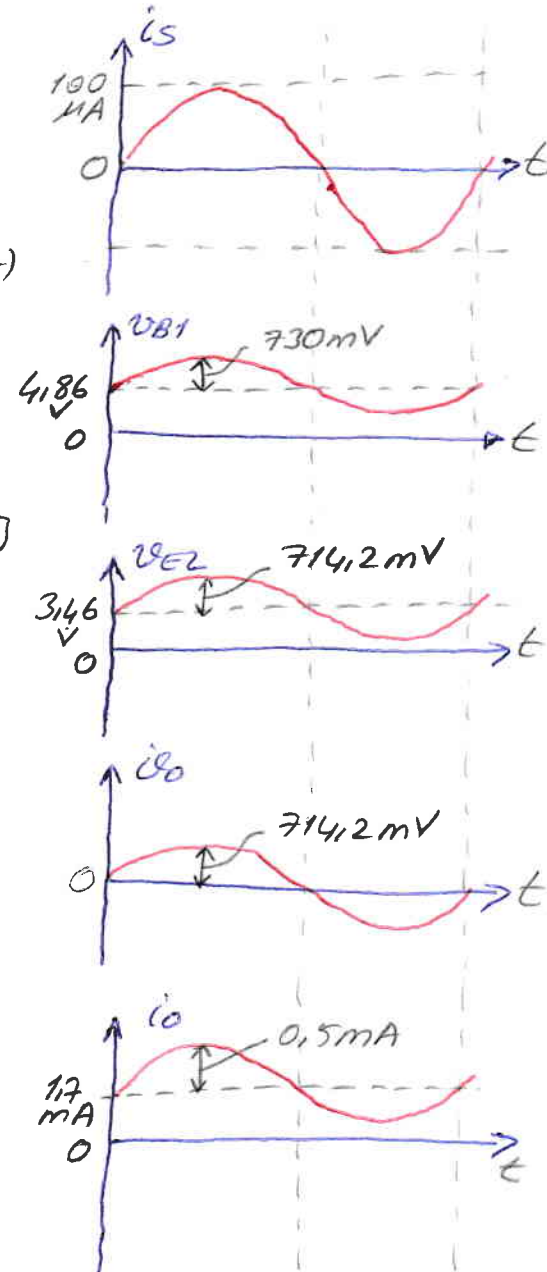
$$V_{E2} = R_E \cdot I_{E20} = 2 \cdot 10^3 \cdot (1+100) \cdot 17,12 \cdot 10^{-6}$$

$$\Rightarrow V_{E2} = 3,46 \text{ V} //$$

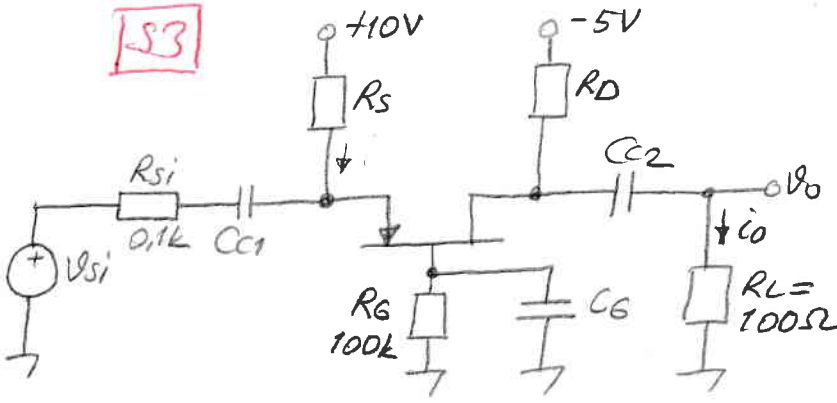
$$i_o = (1+h_{fe1}) \cdot i_{b1} \cdot h_{fe2}$$

$$\Rightarrow i_o = (1+100) \cdot 100 \cdot 52,5 \cdot 10^{-9} \cdot \sin(\omega t)$$

$$\Rightarrow i_o = 0,53 \cdot 10^{-3} \cdot \sin(\omega t) \text{ [A]}$$



S3



Şekilde gösterilen devrede MOSFET için $k_p = 2 \text{ mA/V}^2$, $V_{TP} = -1 \text{ V}$ ve $\lambda = 0$ olarak veriliyor. Devrede $V_{SD} = 7 \text{ V}$, $I_{DQ} = 9 \text{ mA}$ iştir. Devrenin i_o/V_{s_i} kazancını hesaplayınız.

$$I_{DQ} = \frac{k_p}{2} \cdot (V_{SG} + V_{TP})^2 \Rightarrow 9 \cdot 10^{-3} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (V_{SG} + (-1))^2 \Rightarrow V_{SG} = 4 \text{ V} //$$

$$V_G = 0 \Rightarrow V_{SG} = V_S - V_G \Rightarrow V_S = V_{SG} = 4 \text{ V} //$$

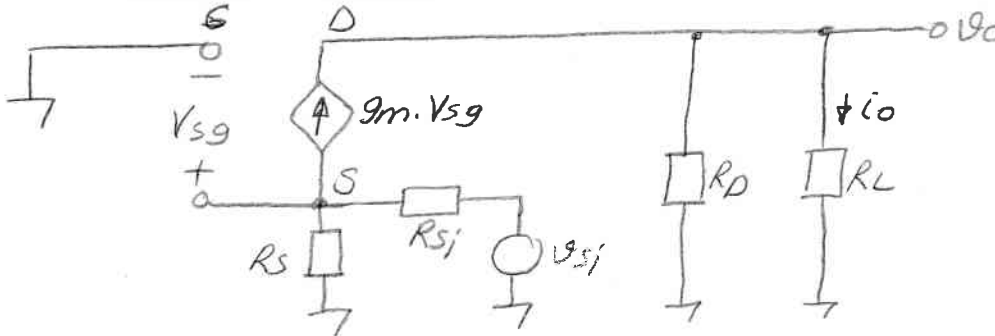
$$R_S = \frac{10 - V_S}{I_{DQ}} = \frac{10 - 4}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,66 \text{ k}\Omega //$$

$$V_{SD} = 7 \text{ V} \Rightarrow V_{SD} = V_S - V_D \Rightarrow V_D = V_S - V_{SD} = 4 - 7 = -3 \text{ V} //$$

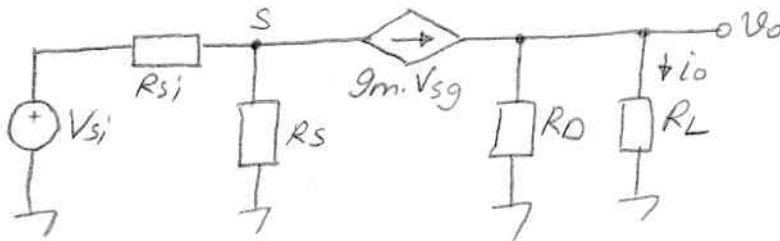
$$R_D = \frac{V_D - (-5)}{I_{DQ}} = \frac{-3 + 5}{9 \cdot 10^{-3}} = 0,22 \text{ k}\Omega //$$

$$g_m = \sqrt{2 \cdot k_p \cdot I_{DQ}} = \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 9 \cdot 10^{-3}} = 6 \text{ mA/V} //$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri;



Devreyi basitleştirirsek;



$$V_G = 0 \Rightarrow V_{SG} = V_S$$

$$i_o = g_m \cdot V_{SG} \cdot \frac{R_D}{R_D + R_L}$$

$$\Rightarrow i_o = 6 \cdot 10^{-3} \cdot V_S \cdot \frac{0,22 \cdot 10^3}{0,22 \cdot 10^3 + 100}$$

$$\Rightarrow i_o = 4,125 \cdot 10^{-3} \cdot V_S //$$

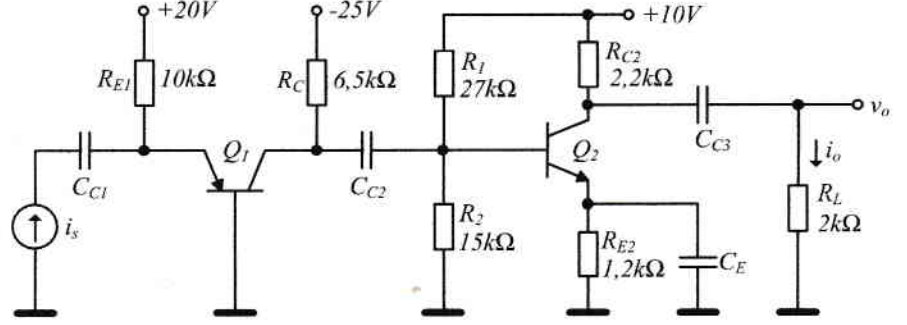
S noktası için KCL;

$$\frac{V_{s_i} - V_S}{R_{s_i}} = \frac{V_S}{R_S} + g_m \cdot V_{SG} \Rightarrow \frac{V_{s_i}}{R_{s_i}} = V_S \cdot \left(\frac{1}{R_S} + \frac{1}{R_{s_i}} + g_m \right)$$

$$\Rightarrow V_{s_i} = V_S \cdot \left(\frac{R_{s_i}}{R_S} + 1 + g_m \cdot R_{s_i} \right) = V_S \cdot \left(\frac{0,1 \cdot 10^3}{0,66 \cdot 10^3} + 1 + 6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 10^3 \right) = 1,75 \cdot V_S //$$

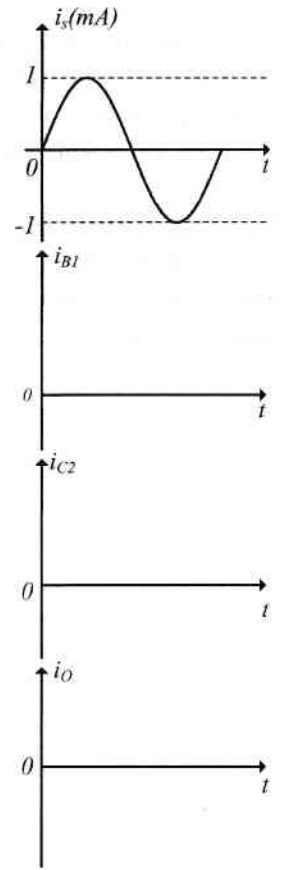
$$\frac{i_o}{V_{s_i}} = \frac{4,125 \cdot 10^{-3} \cdot V_S}{1,75 \cdot V_S} = 2,36 \text{ mA/V} //$$

SORU 1: Şekil 1’de gösterilen devrede npn tranzistör için $\beta = h_{FE} = 100$, $V_{BE(on)} = 0,7V$ ve $V_{CE(sat)} = 0,2V$, pnp tranzistör için ise $\beta = h_{FE} = 60$, $V_{EB(on)} = 0,7V$ ve $V_{EC(sat)} = 0,1V$ olarak veriliyor. Devrede kullanılan kondansatörlerin değeri yeterince büyüktür ve kısa devre kabul edilebilir. Devrenin küçük işaret akım kazancını (i_o/i_s) hesaplayınız. $V_T = 26mV$ olarak alınız (40P).



Şekil 1.

SORU 2: Şekil 1’de gösterilen devrenin girişine Şekil 2’de gösterildiği gibi bir sinüzoidal işaret uygulandığında devrenin çeşitli noktalarında akan akımları Şekil 2 üzerinde çizerek gösteriniz (20P).

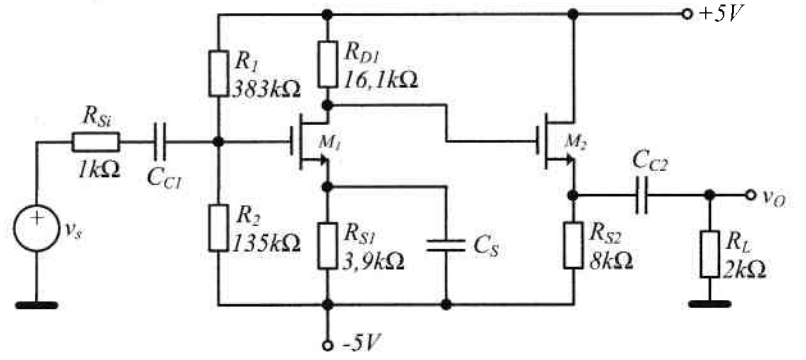


Şekil 2.

SORU 3: Şekil 3’de gösterilen devrede MOSFET’ler için $V_{TN1} = V_{TN2} = 1,2V$, $k_{n1} = 1\text{ mA/V}^2$, $k_{n2} = 0,4\text{ mA/V}^2$ ve $\lambda_1 = \lambda_2 = 0$ olarak veriliyor. Devrede $V_{DSQ1} = V_{DSQ2} = 6V$ ’dur. Devrenin küçük işaret gerilim kazancını ve çıkış direncini hesaplayınız (40P).

$$I_{DN} = \frac{k_N}{2} (V_{GS} - V_{TN})^2$$

$$g_m = \sqrt{2k_N I_{DQ}}$$

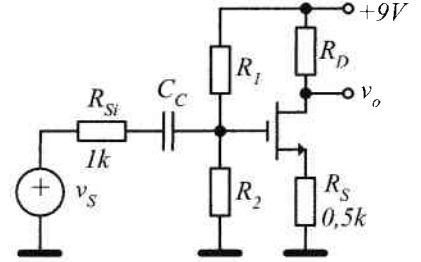


Şekil 3.

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

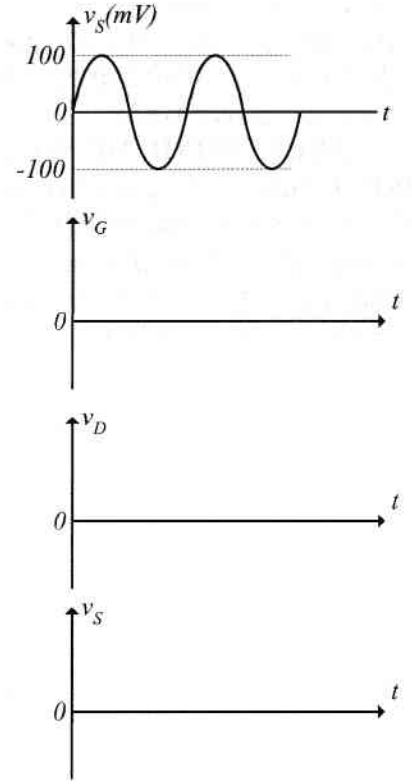
SORU 1: Şekil 1’de gösterilen devrede MOSFET için $V_{TN} = 1,5V$, $k_n = 0,4 mA/V^2$ ve $\lambda = 0$ olarak veriliyor. Devrede $I_{DQ} = 0,5mA$, $V_{DSQ} = 4,5V$, alt kesim frekansının $f_L = 20Hz$ ve devrenin giriş direncinin $R_{in} = 200k\Omega$ olması isteniyor. R_1 , R_2 ve R_D dirençlerinin ve C_C kapasitesinin değerini hesaplayınız. Devrenin orta frekans küçük işaret gerilim kazancını (v_o/v_s) hesaplayınız. Kazancın frekans ile değişimini çiziniz (40P).

$$I_{DN} = \frac{k_N}{2} (V_{GS} - V_{TN})^2$$
$$g_m = \sqrt{2k_N I_{DQ}}$$



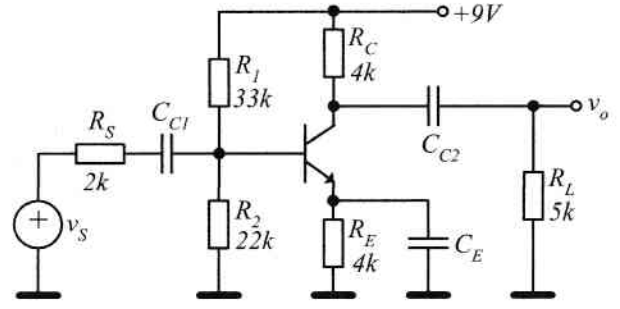
Şekil 1.

SORU 2: Şekil 1’de gösterilen devrenin girişine Şekil 2’de gösterildiği gibi bir sinüzoidal işaret uygulandığında devrenin MOSFET’in kapı, akaç ve kaynak uçlarındaki işaretleri Şekil 2 üzerinde çizerek gösteriniz (20P).



Şekil 2.

SORU 3: Şekil 3'de gösterilen devrede tranzistör için $\beta = h_{FE} = 120$, $V_{BE(on)} = 0,7V$ ve $V_{CE(sat)} = 0,2V$, $C_{\mu} = 1pF$, $C_{\pi} = 2,2pF$ ve $f_T = 600MHz$ olarak veriliyor. Devrenin üst kesim frekansını ve orta frekans küçük işaret gerilim kazancını (v_o/v_s) hesaplayınız. $V_T = 26mV$ olarak alınız (40P).



Şekil 1.

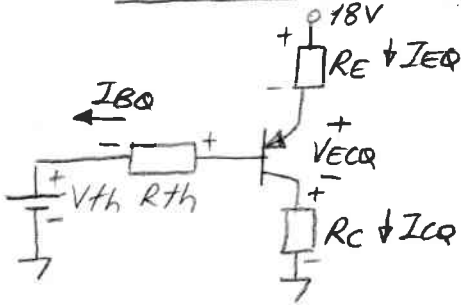
ELEKTRONİK DEVRELER I FİNAL SINAVI

9 Ocak 2014

SORU 1: Şekil 1'de gösterilen devrede tranzistör için $\beta = h_{FE} = 200$, $V_{EC(on)} = 0,7V$ ve $V_{EC(sat)} = 0,1V$ olarak veriliyor. Devre $I_{CQ} = 5mA$, $V_{ECQ} = 8V$, giriş direnci $R_i = 50k\Omega$ ve alt kesim frekansı $f_L = 10Hz$ olacak şekilde eleman değerlerini belirleyiniz. $V_T = 26mV$ olarak alınız (30P).

$$R_E = 1,5k \quad R_1 = 130k \quad R_2 = 111k \quad C_{C1} \approx 13nF$$

Devrenin DC eşdeğeri:

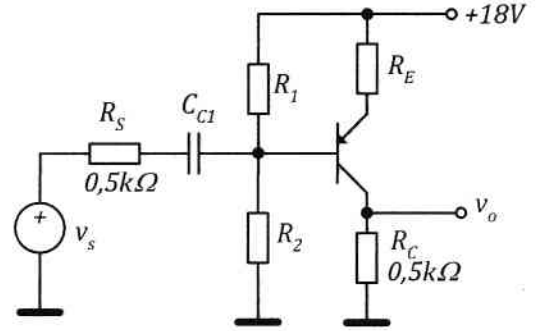


$$I_{EQ} = (\beta + 1) \cdot I_{BQ}$$

$$I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ}$$

$$h_{ie} = h_{fe} \cdot \frac{V_T}{I_{CQ}}$$

$$\Rightarrow h_{ie} = 200 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3}} = 1,04k\Omega //$$

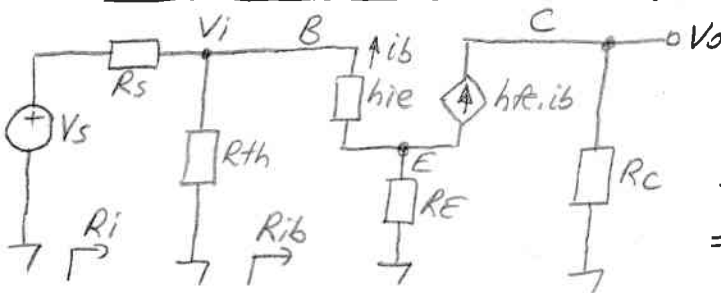


Şekil 1.

$$18 = V_{ECQ} + (R_C + R_E) \cdot I_{CQ} \Rightarrow R_C + R_E = \frac{18 - 8}{5 \cdot 10^{-3}} = 2k\Omega //$$

$$R_E = 2 \cdot 10^3 - 0,5 \cdot 10^3 = 1,5k\Omega //$$

Devrenin küçük işaret eşdeğeri



$$V_i = -h_{ie} \cdot i_b - (1 + h_{fe}) \cdot i_b \cdot R_E$$

$$R_{ib} = \frac{V_i}{-i_b} = h_{ie} + (1 + h_{fe}) \cdot R_E$$

$$\Rightarrow R_{ib} = 1,04 \cdot 10^3 + (1 + 200) \cdot 1,5 \cdot 10^3$$

$$\Rightarrow R_{ib} = 302,5k\Omega //$$

$$R_i = R_{ib} // R_{th} \Rightarrow 50 \cdot 10^3 = 302,5 \cdot 10^3 // R_{th}$$

$$\Rightarrow R_{th} \approx 60k\Omega //$$

$$18 = (\beta + 1) \cdot I_{BQ} \cdot R_E + V_{EB(on)} + I_{BQ} \cdot R_{th} + V_{th}$$

$$\Rightarrow 18 = (200 + 1) \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3}}{200} \cdot 1,5 \cdot 10^3 + 0,7 + \frac{5 \cdot 10^{-3}}{200} \cdot 60 \cdot 10^3 + V_{th}$$

$$\Rightarrow V_{th} = 8,3V //$$

$$V_{th} = 18 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow 8,3 = 18 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow \frac{8,3}{18} \cdot R_1 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = R_{th} = 60 \cdot 10^3$$

$$\Rightarrow R_1 \approx 130k\Omega //$$

$$R_{th} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow 60 \cdot 10^3 = \frac{130 \cdot 10^3 \cdot R_2}{130 \cdot 10^3 + R_2} \Rightarrow R_2 = 111k\Omega //$$

$$f_L = \frac{1}{2\pi \cdot C_{C1} \cdot (R_i + R_s)} \Rightarrow 20 = \frac{1}{2\pi \cdot C_{C1} \cdot (50 \cdot 10^3 + 0,5 \cdot 10^3)} = \frac{1}{2\pi \cdot C_{C1} \cdot 50,5 \cdot 10^3}$$

$$\Rightarrow C_{C1} = 157,6nF //$$

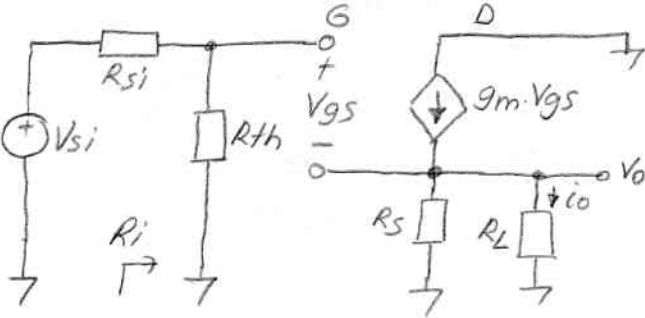
SORU 2: Şekil 2'de gösterilen devrede MOSFET için $k_N = 1 \text{ mA/V}^2$, $V_{TN} = 1 \text{ V}$ ve $\lambda = 0$ olarak veriliyor. Devrede $I_{DQ} = 5 \text{ mA}$ 'tur. Devrenin küçük işaret kazancını (i_o/v_{si}), giriş ve çıkış dirençlerini hesaplayınız. Devrede kullanılan kondansatörlerin değeri yeterince büyüktür ve kısa devre kabul edilebilir (25P).

$$I_{DN} = \frac{k_N}{2} (V_{GS} - V_{TN})^2 \quad g_m = \sqrt{2k_N I_{DQ}}$$

$$g_m = 3,16 \text{ mA/V} \quad R_i = 31 \text{ k}\Omega \quad R_o = 222,5 \Omega$$

$$\frac{i_o}{v_{si}} = 166,7 \mu\text{A/V}$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri:



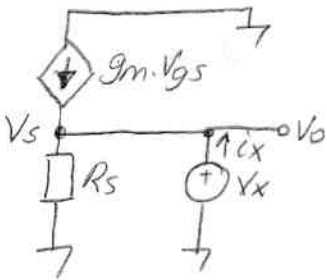
$$V_g = v_{si} \cdot \left(\frac{R_{th}}{R_{si} + R_{th}} \right)$$

$$\frac{i_o}{v_{si}} = \frac{i_o}{V_g} \cdot \frac{V_g}{v_{si}} = \frac{g_m V_{gs} \cdot \left(\frac{R_s}{R_s + R_L} \right)}{V_{gs} \cdot (1 + g_m \cdot R_L')} \cdot \frac{R_{th}}{R_{si} + R_{th}} = \frac{g_m}{1 + g_m \cdot R_L'} \cdot \frac{R_s}{R_s + R_L}$$

$$\Rightarrow \frac{i_o}{v_{si}} = \frac{3,16 \cdot 10^{-3}}{1 + 3,16 \cdot 10^{-3} \cdot 0,75 \cdot 10^3} \cdot \frac{0,75 \cdot 10^3}{(4 + 0,75) \cdot 10^3} = 166,7 \mu\text{A/V} //$$

$$R_i = R_{th} = 31 \text{ k}\Omega //$$

Çıkış direncini bulmak için $v_{si} = 0$ yapıp R_L yerine harici kaynak ekli



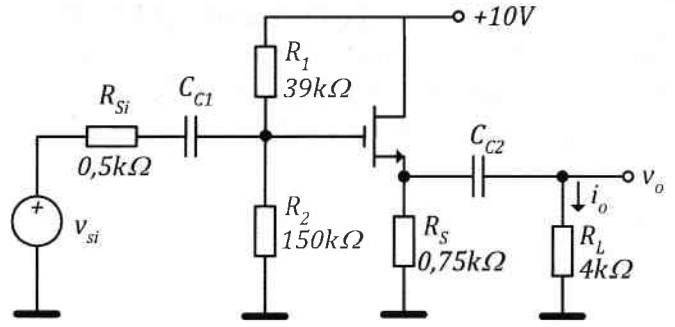
$$v_{si} = 0 \Rightarrow V_g = 0 \Rightarrow V_{gs} = V_g - V_s = -V_s = -V_x$$

$$i_x + g_m \cdot V_{gs} = \frac{V_x}{R_s} \Rightarrow i_x - g_m \cdot V_x = \frac{V_x}{R_s}$$

$$\Rightarrow i_x = V_x \cdot \left(\frac{1}{R_s} + g_m \right) = V_x \cdot \left(\frac{1 + g_m \cdot R_s}{R_s} \right)$$

$$\Rightarrow R_o = \frac{V_x}{i_x} = \frac{R_s}{1 + g_m \cdot R_s} = \frac{0,75 \cdot 10^3}{1 + 3,16 \cdot 10^{-3} \cdot 0,75 \cdot 10^3}$$

$$\Rightarrow R_o = 222,5 \Omega //$$



Şekil 2.

$$g_m = \sqrt{2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 3,16 \text{ mA/V} //$$

$$i_o = g_m \cdot V_{gs} \cdot \left(\frac{R_s}{R_s + R_L} \right)$$

$$V_g = V_{gs} + g_m \cdot V_{gs} \cdot (R_s // R_L)$$

$$\Rightarrow V_g = V_{gs} \cdot (1 + g_m \cdot R_L')$$

$$R_L' = R_s // R_L = 0,75 \cdot 10^3 // 4 \cdot 10^3 = 0,63 \text{ k}\Omega //$$

$$R_{th} = R_1 // R_2 = 39 \cdot 10^3 // 150 \cdot 10^3 = 31 \text{ k}\Omega //$$

SORU 3: Şekil 2’de gösterilen devrenin girişine Şekil 3’de gösterildiği gibi bir giriş işareti uygulanıyor. Devrenin Şekil 2’de gösterilen noktalarındaki işaretleri Şekil üzerinde çizerek gösteriniz (15P).

$$V_{GQ} = 10 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 10 \cdot \frac{150 \cdot 10^3}{(29 + 150) \cdot 10^3}$$

$$V_{GQ} = 7,94 \text{ V} // \quad I_{DQ} = 5 \text{ mA} //$$

$$V_g = V_{si} \cdot \underbrace{\frac{R_{th}}{R_{si} + R_{th}}}_{\approx 1} \approx V_{si}$$

$$\frac{I_o}{V_s} = 166 \mu\text{A/V} \Rightarrow I_o = 166 \cdot 10^{-6} \cdot V_s$$

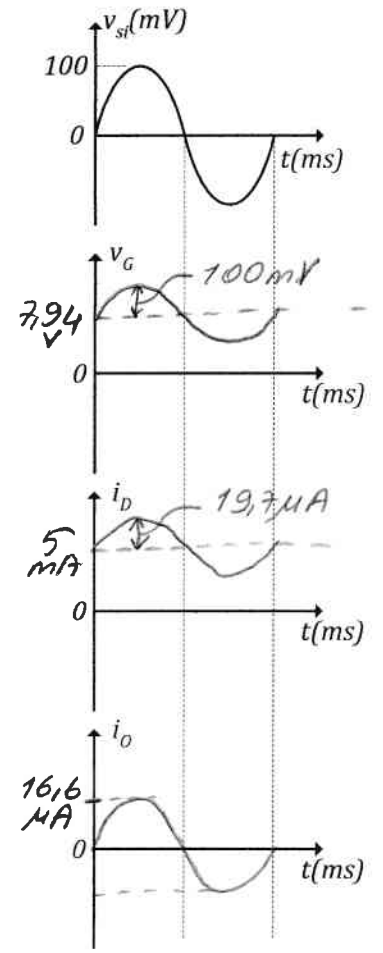
$$\Rightarrow I_o = 166 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 16,6 \mu\text{A} //$$

$$I_o = g_m \cdot V_{gs} \cdot \left(\frac{R_L}{R_s + R_L} \right)$$

$$\Rightarrow 16,6 \cdot 10^{-6} = g_m \cdot V_{gs} \cdot \frac{4 \cdot 10^3}{(4 + 0,75) \cdot 10^3}$$

$$\Rightarrow g_m \cdot V_{gs} = 19,7 \mu\text{A}$$

$$i_o = g_m \cdot V_{gs} = 19,7 \mu\text{A} //$$



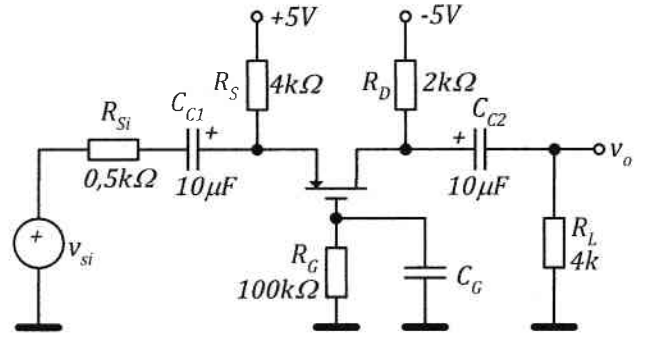
Şekil 3.

SORU 4: Şekil 4'de gösterilen devrede MOSFET için $k_p = 2 \text{ mA/V}^2$, $V_{TP} = -0,8 \text{ V}$, $\lambda = 0$, $C_{gs} = 40 \text{ pF}$ ve $C_{gd} = 1 \text{ pF}$ olarak veriliyor. Devrede $I_{DQ} = 6,25 \text{ mA}$ 'tur. Devrenin üst kesim frekansını hesaplayınız (25P).

$$I_{DP} = \frac{k_p}{2} (V_{GS} + V_{TP})^2 \quad g_m = \sqrt{2k_n I_{DQ}}$$

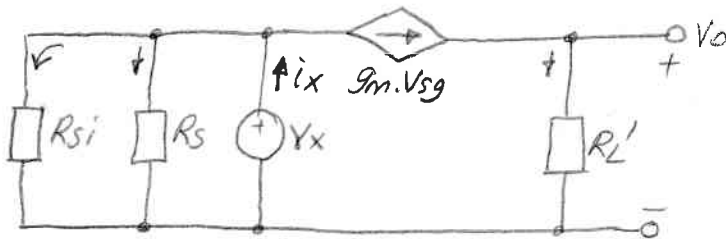
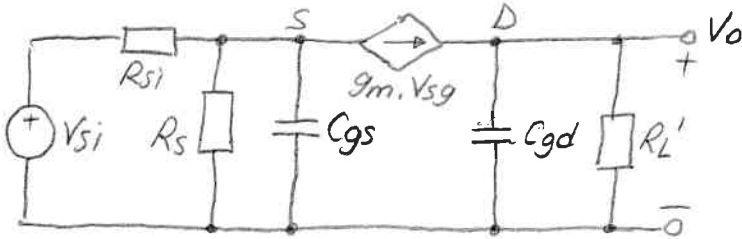
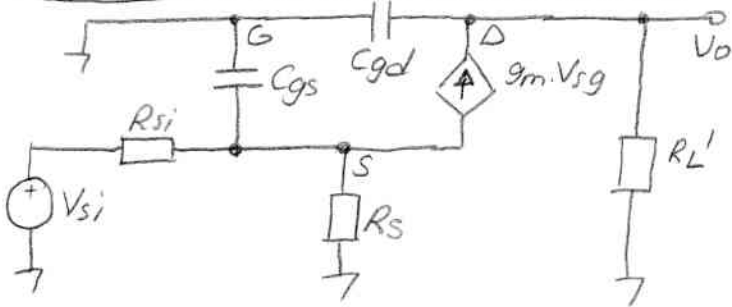
$$g_m = \sqrt{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 6,25 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow g_m = 4,5 \text{ mA/V} //$$



Şekil 4.

Devrenin yüksek frekans esdeğeri:



$$R_{es1} = \frac{V_x}{i_x} = \frac{1}{g_m + \frac{1}{R_{Si} \parallel R_S}} = \frac{1}{4,5 \cdot 10^{-3} + \frac{1}{0,5 \cdot 10^3 \parallel 4 \cdot 10^3}}$$

$$\Rightarrow R_{es1} = 148 \Omega //$$

$$f_{Hgs} = \frac{1}{2\pi \cdot 40 \cdot 10^{-12} \cdot 148} = 26,9 \text{ MHz} //$$

$C_{gd} \ll C_{gs}$ olduğundan C_{gd} 'den gelen kutup frekansı, C_{gs} 'den gelen kutup frekansından çok büyük olur.

$$f_{Hgs} = \frac{1}{2\pi \cdot C_{gs} \cdot R_{es1}}$$

$$i_x = \frac{V_x}{R_{Si} \parallel R_S} + g_m \cdot V_{sg}$$

$$\Rightarrow i_x = \frac{V_x}{R_{Si} \parallel R_S} + g_m \cdot (V_s - 0)$$

$$\Rightarrow i_x = \frac{V_x}{R_{Si} \parallel R_S} + g_m \cdot V_x$$

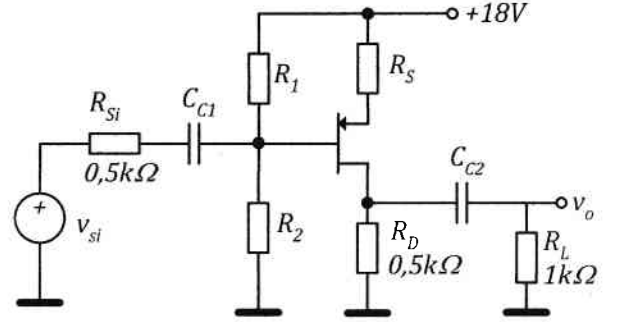
$$\Rightarrow i_x = V_x \cdot \left(\frac{1}{R_{Si} \parallel R_S} + g_m \right)$$

ELEKTRONİK DEVRELER I BÜTÜNLEME SINAVI

28 Ocak 2014

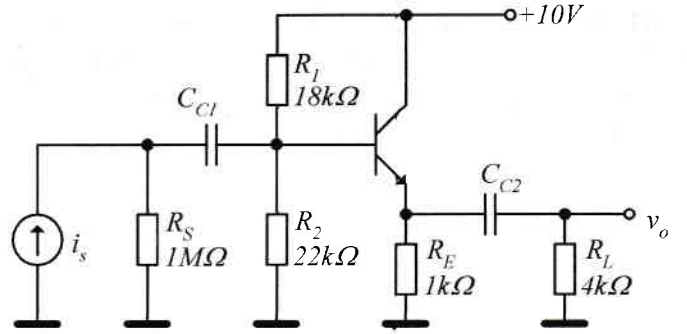
SORU 1: Şekil 1'de gösterilen devrede MOSFET için $k_p = 2 \text{ mA/V}^2$, $V_{TP} = -0,8 \text{ V}$ ve $\lambda = 0$ olarak veriliyor. $C_{C1} = \infty$ 'dur. Devrede $I_{DQ} = 6,25 \text{ mA}$, $V_{SDQ} = 8 \text{ V}$, giriş direnci $R_i = 100 \text{ k}\Omega$ ve alt kesim frekansı $f_L = 10 \text{ Hz}$ olacak şekilde eleman değerlerini belirleyiniz (30P).

$$I_{DP} = \frac{k_p}{2} (V_{SG} + V_{TP})^2$$



Şekil 1.

SORU 2: Şekil 2’de gösterilen devrede $\beta = h_{FE} = 100$, $V_{BE(on)} = 0,7V$ ve $V_{CE(sat)} = 0,1V$ olarak veriliyor. Devrede $I_{CQ} = 5mA$ ’tur. $I_{CQ} = 5mA$ için $C_{\mu} = 0,2pF$ ve $C_{\pi} = 1pF$ ’dır. Devrenin orta frekans küçük işaret kazancını (v_o/i_s), giriş ve çıkış dirençlerini ve tranzistörün C_{μ} ve C_{π} iç kapasitelerinden gelen kutup frekanslarını hesaplayınız. Devrede kullanılan kuplaj kondansatörlerinin değeri yeterince büyüktür ve kısa devre kabul edilebilir. $V_T = 26mV$ alınız (40P).



Şekil 2.

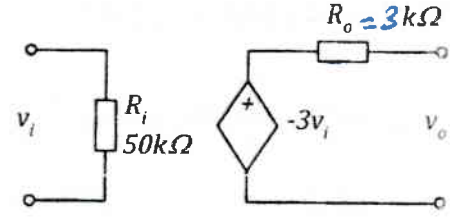
ELEKTRONİK DEVRELERİ I 2014 YAZOKULU VİZE SINAV

22 Temmuz 2014

SORU 1: Şekil 1'de eşdeğer şeması gösterilen kuvvetlendirici NMOS kullanılarak gerçekleştirilmek isteniyor. NMOS için $V_{TN} = 1V$ ve $k_N = 0,5 mA/V^2$ 'dir. Besleme gerilimi $10V$ 'dur. Devrede $I_{DQ} = 1mA$ olması isteniyor. Bu devreyi tasarlayınız. Devredeki elemanların eleman değerlerini hesaplayınız (30P).

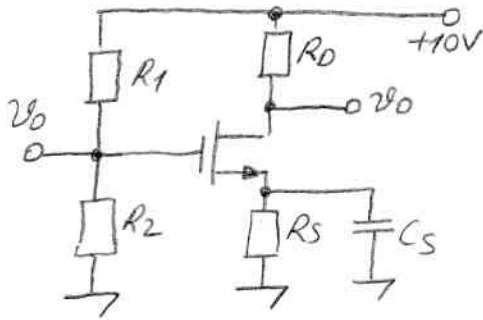
$$I_{DN}(SAT) = \frac{k_N}{2} (V_{GS} - V_{TN})^2$$

$$g_m = \sqrt{2k_N I_{DQ}}$$



Şekil 1

$A_v = -3$, $R_i = 50 k\Omega$, $R_o = 3 k\Omega \Rightarrow$ Çıkışta giriş işaretinin fazı döndüğünden devre ortak kaynaklı devredir.



$g_m = \sqrt{2 \cdot k_N \cdot I_{DQ}} = \sqrt{2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 1 mA/V //$
MOSFET'li kuvvetlendiricide Q çalışma noktası, doyum bölgesinin tam ortasında olmalıdır.

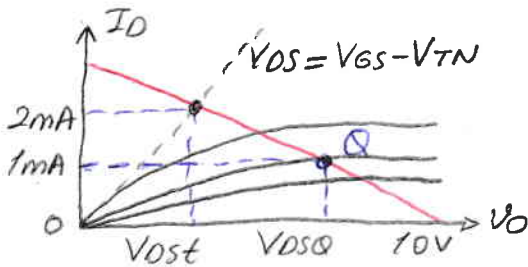
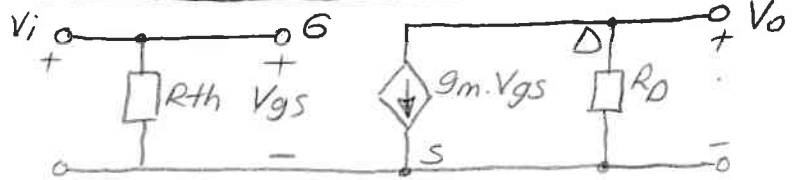
$$I_{Dt} = \frac{k_N}{2} \cdot (V_{Gst} - V_{TN})^2$$

$$\Rightarrow 2 \cdot 10^{-3} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (V_{Gst} - 1)^2 \Rightarrow V_{Gst} = 3,83 V //$$

$$V_{Dst} = V_{Gst} - V_{TN} = 3,83 - 1 = 2,83 V //$$

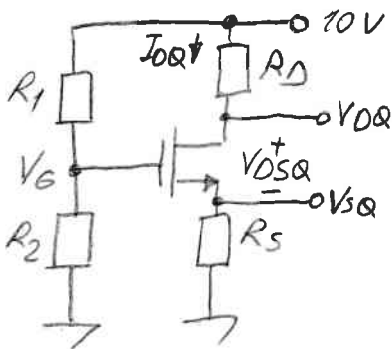
$$V_{DSQ} = V_{Dst} + \frac{10 - V_{Dst}}{2} = 2,83 + \frac{10 - 2,83}{2} = 6,4 V //$$

Devrenin küçük işaret eşdeğeri:



$$\left. \begin{aligned} V_o &= -g_m \cdot V_{gs} \cdot R_D \\ V_i &= V_{gs} \end{aligned} \right\}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-g_m \cdot V_{gs} \cdot R_D}{V_{gs}} = -g_m \cdot R_D = -3 \Rightarrow 1 \cdot 10^{-3} \cdot R_D = 3 \Rightarrow R_D = 3 k\Omega //$$



$$10 = V_{DSQ} + I_{DQ} \cdot (R_S + R_D)$$

$$\Rightarrow 10 = 6,4 + 1 \cdot 10^{-3} \cdot (R_S + 3 \cdot 10^3) \Rightarrow R_S = 0,6 k\Omega //$$

$$V_{SQ} = R_S \cdot I_{DQ} = 0,6 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,6 V //$$

$$I_{DQ} = \frac{k_N}{2} \cdot (V_{GSQ} - V_{TN})^2 \Rightarrow 1 \cdot 10^{-3} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (V_{GSQ} - 1)^2$$

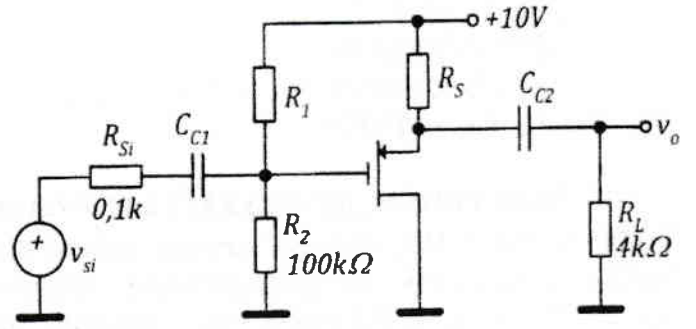
$$\Rightarrow V_{GSQ} = 3 V //$$

$$V_{GSQ} = V_{GQ} - V_{SQ} \Rightarrow V_{GQ} = 3 + 0,6 = 3,6 V //$$

$$V_{GQ} = 10 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow \frac{3,6}{10} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow 0,36 \cdot R_1 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = R_i = 50 \cdot 10^3 \Rightarrow R_1 \approx 139 k\Omega //$$

$$R_i = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow 50 \cdot 10^3 = \frac{139 \cdot 10^3 \cdot R_2}{139 \cdot 10^3 + R_2} \Rightarrow R_2 = 78 k\Omega //$$

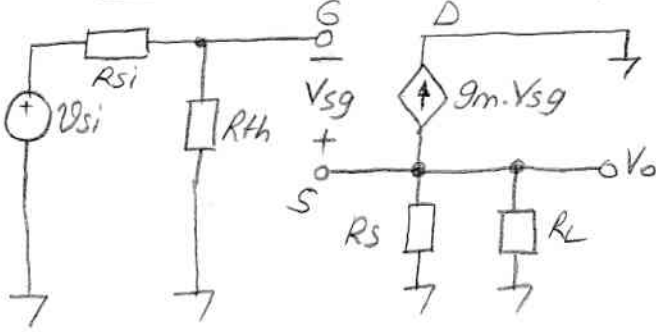
SORU 2: Şekil 2'de gösterilen devrede MOSFET için $V_{TP} = -2V$ ve $k_p = 4 \text{ mA/V}^2$ 'dir. Devrede $I_{DQ} = 2\text{mA}$ ve $V_{SDQ} = 5V$ 'dur. Devrenin gerilim kazancını (A_v), giriş direncini (R_i) ve çıkış direncini (R_o) hesaplayınız. Devrede kullanılan kondansatörlerin değeri yeterince büyüktür ve kısa devre kabul edilebilir. (30P).



Şekil 2.

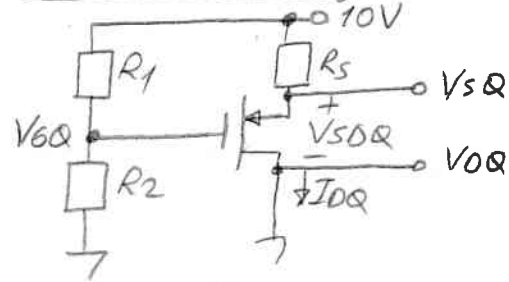
$$I_{DP}(SAT) = \frac{k_p}{2} (V_{SG} + V_{TP})^2 \quad g_m = \sqrt{2k_p I_{DQ}}$$

Devrenin küçük işaret esdeğeri:



$$g_m = \sqrt{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 4 \text{ mA/V}$$

Devrenin DC esdeğeri:



$$10 = I_{DQ} \cdot R_s + V_{SDQ} \Rightarrow R_s = \frac{10 - V_{SDQ}}{I_{DQ}} = \frac{10 - 5}{2 \cdot 10^{-3}} = 2.5 \text{ k}\Omega //$$

$$I_{DQ} = \frac{k_p}{2} \cdot (V_{SGQ} + V_{TP})^2 \Rightarrow 2 \cdot 10^{-3} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (V_{SGQ} - 2)^2 \Rightarrow V_{SGQ} = 3 \text{ V} //$$

$$V_{SQ} = 10 - R_s \cdot I_{DQ} = 10 - 2.5 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 5 \text{ V}$$

$$V_{SGQ} = V_{SQ} - V_{GQ} \Rightarrow V_{GQ} = V_{SQ} - V_{SGQ} = 5 - 3 = 2 \text{ V} //$$

$$V_{GQ} = 10 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow 2 = 10 \cdot \frac{100 \cdot 10^3}{R_1 + 100 \cdot 10^3} \Rightarrow R_1 = 400 \text{ k}\Omega //$$

$$R_i = R_{th} = R_1 // R_2 = 400 \cdot 10^3 // 100 \cdot 10^3 = 80 \text{ k}\Omega //$$

$$V_o = -g_m \cdot V_{sg} \cdot (R_s // R_L)$$

$$V_g = -V_{sg} - g_m \cdot V_{sg} \cdot (R_s // R_L)$$

$$V_g = V_{si} \cdot \left(\frac{R_{th}}{R_{si} + R_{th}} \right)$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_{si}} = \frac{V_o}{V_g} \cdot \frac{V_g}{V_{si}}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{-g_m \cdot V_{sg} \cdot (R_s // R_L)}{V_{sg} \cdot (1 + g_m \cdot (R_s // R_L))} \cdot \frac{R_{th}}{R_{si} + R_{th}}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot (2.5 \cdot 10^3 // 4 \cdot 10^3)}{1 + 4 \cdot 10^{-3} \cdot (2.5 \cdot 10^3 // 4 \cdot 10^3)} \cdot \frac{80 \cdot 10^3}{0.1 \cdot 10^3 + 80 \cdot 10^3} \approx 0.86 //$$

R_o 'ı bulmak için R_L yerine harici kaynak bağlayalım ve $V_s = 0$ yapalım.

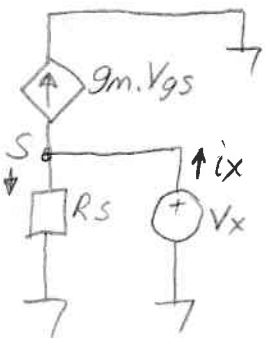
$$i_x = g_m \cdot V_{sg} + \frac{V_x}{R_s}$$

$$V_{sg} = V_s - V_g = V_s = V_x$$

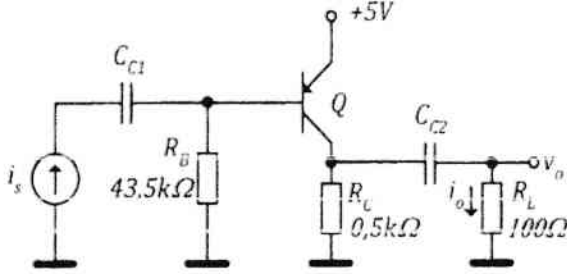
$$\Rightarrow i_x = g_m \cdot V_x + \frac{V_x}{R_s} = V_x \cdot \left(g_m + \frac{1}{R_s} \right) = V_x \cdot \left(\frac{1 + g_m \cdot R_s}{R_s} \right)$$

$$\Rightarrow R_o = \frac{V_x}{i_x} = \frac{R_s}{1 + g_m \cdot R_s} = \frac{2.5 \cdot 10^3}{1 + 4 \cdot 10^{-3} \cdot 2.5 \cdot 10^3}$$

$$\Rightarrow R_o = 227.3 \text{ k}\Omega //$$

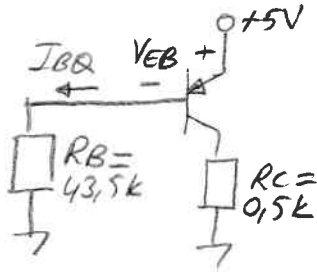


SORU 3: Şekil 3.1'de gösterilen devrenin akım kazancını (A_i), giriş direncini (R_i) ve çıkış direncini (R_o) hesaplayınız. Transistör için $V_{EB(on)} = 0,65V$, $V_{EC(sat)} = 0,1V$, $I_C(max) = 100mA$ ve $\beta = 50$ 'dir. Devrenin girişine Şekil 3.2'de gösterildiği gibi bir işaret uygulandığında i_B , i_C ve i_o akımlarını zamanla diyagramları üzerinde çizerek gösteriniz. $V_T = 25mV$ alınız. Devrede kullanılan kondansatörlerin değeri yeterince büyüktür ve kısa devre kabul edilebilir. (40P).



Şekil 3.1.

Devrenin DC eşdeğeri



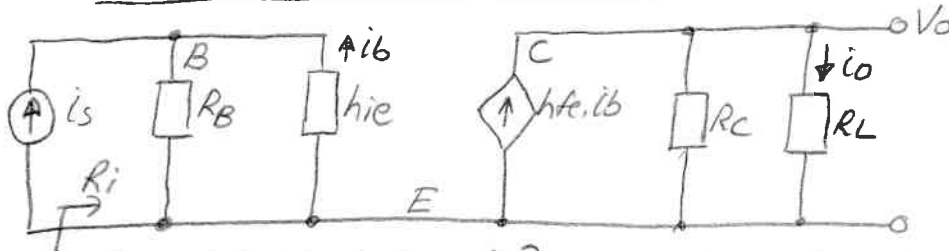
$$5 = V_{EB(on)} + I_{BQ} \cdot R_B$$

$$\Rightarrow I_{BQ} = \frac{5 - V_{EB(on)}}{R_B} = \frac{5 - 0,65}{43,5 \cdot 10^3}$$

$$\Rightarrow I_{BQ} \approx 0,1 \text{ mA} //$$

$$I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ} = 50 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} = 5 \text{ mA} //$$

Devrenin küçük işaret eşdeğeri:



$$h_{ie} = 50 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Rightarrow h_{ie} = 250 \Omega //$$

$$i_o = h_{fe} \cdot i_b \cdot \left(\frac{R_C}{R_C + R_L} \right) \quad \left. \begin{array}{l} A_i = \frac{i_o}{i_s} = \frac{i_o}{i_b} \cdot \frac{i_b}{i_s} \\ i_b = -i_s \cdot \left(\frac{R_B}{R_B + h_{ie}} \right) \end{array} \right\}$$

$$A_i = -h_{fe} \cdot \left(\frac{R_C}{R_C + R_L} \right) \cdot \left(\frac{R_B}{R_B + h_{ie}} \right)$$

$$\Rightarrow A_i = -50 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 10^3 + 0,1 \cdot 10^3} \right) \cdot \left(\frac{43,5 \cdot 10^3}{43,5 \cdot 10^3 + 0,25 \cdot 10^3} \right) = -41,4 //$$

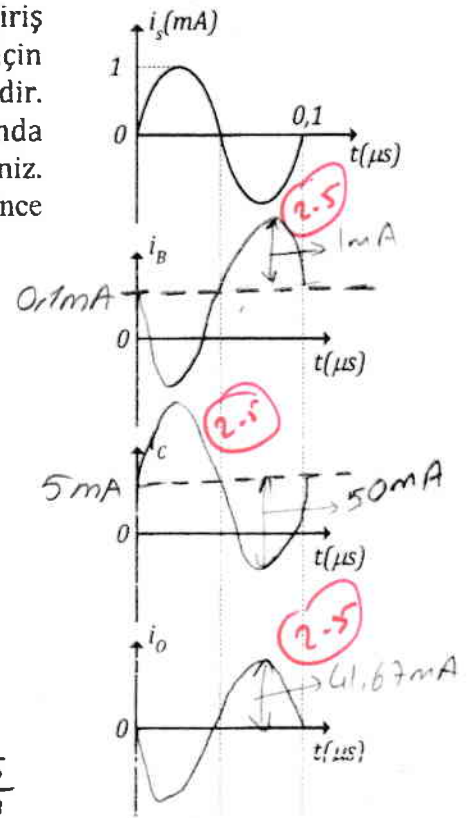
Giriş direnci:

$$R_i = R_B // h_{ie} = 43,5 \cdot 10^3 // 250 \approx 250 \Omega //$$

Çıkış direnci:

$$i_s \rightarrow \text{açık devre olursa } i_s = 0 \Rightarrow i_b = 0 \Rightarrow h_{fe} \cdot i_b = 0$$

$$i_x + h_{fe} \cdot i_b = \frac{V_x}{R_C} \Rightarrow R_o = \frac{V_x}{i_x} = R_C = 0,5k\Omega //$$



Şekil 3.2.

--	--	--	--	--	--	--	--	--

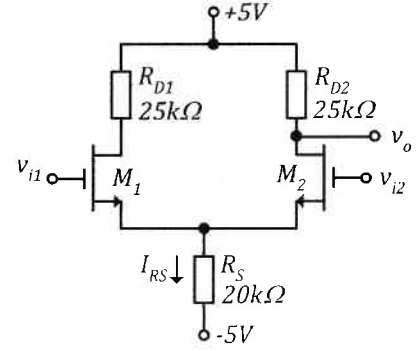
ELEKTRONİK DEVRELER I YAZOKULU FİNAL SINAVI

26 Ağustos 2014

SORU 1: Şekil 1'de gösterilen fark kuvvetlendiricide MOSFET'ler özdeş olup $k_N = 100 \mu A/V^2$, $\lambda = 0$ ve $V_{TN} = 1V$ olarak veriliyor. Devrede $v_{i1} = v_{i2} = 0$ iken $I_{RS} = 141 \mu A$ 'dir. Devrenin ortak mod bastırma oranını (CMRR) hesaplayınız (30P).

$$v_{cm} = \frac{v_{i1} + v_{i2}}{2} \quad v_d = v_{i1} - v_{i2} \quad g_m = \sqrt{2k_N I_{DQ}}$$

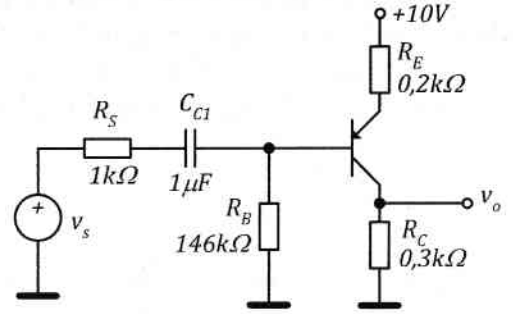
$$v_{i1} = v_{cm} + \frac{v_d}{2} \quad v_{i2} = v_{cm} - \frac{v_d}{2} \quad I_{DN}(SAT) = \frac{k_N}{2} (V_{GS} - V_{TN})^2$$



Şekil 1.

SORU 2: Şekil 2’de gösterilen devrede tranzistör için $\beta = h_{FE} = 200$, $V_{EB}(on) = 0,7V$, $V_{EC}(sat) = 0,1V$ ve $f_T = 300MHz$ olarak veriliyor. Devredeki I_{CQ} değeri için $C_\mu \cong 4pF$ ’dır. Devrenin frekans karakteristiğini çiziniz (devrenin alt ve üst kesim frekanslarını ve orta frekans kazancını hesaplayınız) $V_T = 26mV$ olarak alınız (70P).

$$f_T = \frac{1}{2\pi r_e (C_\pi + C_\mu)}$$



Şekil 2.

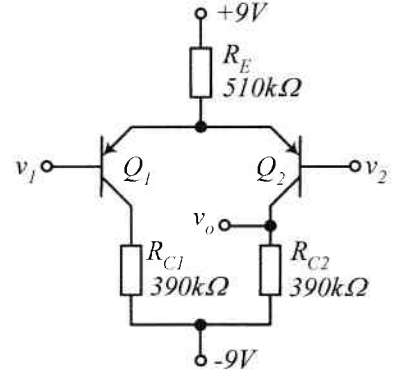
SORU 3: Şekil 3’de gösterilen fark kuvvetlendiricide BJT’ler özdeş olup $\beta = h_{FE} = 100$, $V_{EB}(on) = 0,7V$ ve $V_{EC}(sat) = 0,1V$ olarak veriliyor. Devrede $I_{RE} = 12\mu A$ ’tur. Devrenin fark kazancını hesaplayınız. $V_T = 26mV$ alınız (30P).

$$v_{cm} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$v_1 = v_{cm} + \frac{v_d}{2}$$

$$v_d = v_1 - v_2$$

$$v_2 = v_{cm} - \frac{v_d}{2}$$



Şekil 3.