

PROBLEM-1

Şekildeki sabit kutuplama devresinde; I_B , I_C , I_E akımları ile V_B , V_C ve V_{CB} gerilimlerini bulunuz. Doyma akımının yaklaşık değerini bulunuz. Transistörün DC akım kazancı $\beta_{dc} = 50$ ve $V_{BE} = 0.7V$ değerindedir.

ÇÖZÜM:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12V - 0.7V}{240k\Omega} = 47.08\mu A$$

$$I_C = \beta_{dc} I_B = 50 \times 47.08\mu A = 2.35mA$$

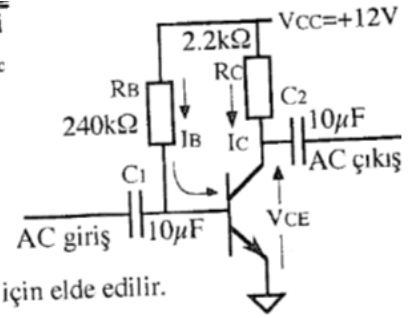
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 12V - 2.35mA \times 2.2k\Omega = 6.83V$$

$$V_{CB} = V_C - V_B = 6.83V - 0.7V = 6.13V$$

Transistörün doyma akımı $V_{CE} \approx 0V$ için elde edilir.

$$I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{12V}{2.2k\Omega} = 5.45mA \text{ olur.}$$

Devredeki $I_C = 2.35mA$ 'lik kollektör akımı doyma akımından azdır.

**PROBLEM-3**

Şekildeki emetör dirençli kutuplama devresinde; I_B , I_C , V_{CE} , V_C , V_E , V_B , V_{BC} değerlerini bulunuz. Kollektör doyma akımının yaklaşık değerini hesaplayınız. Transistörün DC akım kazancı $\beta_{dc} = 50$ ve $V_{BE} = 0.7V$ değerindedir.

ÇÖZÜM:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta_{dc})R_E} = \frac{20V - 0.7V}{430k\Omega + (1 + 50) \times 1k\Omega} = 40.1\mu A$$

$$I_C = \beta_{dc} I_B = 50 \times 40.1\mu A = 2.01mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E) = 20 - 2.01 \times (2 + 1) = 13.97V$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 20 - 2.01 \times 2 = 15.98V$$

$$V_E = V_C - V_{CE} = 15.98 - 13.97 = 2.01V \text{ veya}$$

$$V_E = I_E R_E \approx I_C R_E = 2.01 \times 1 = 2.01V$$

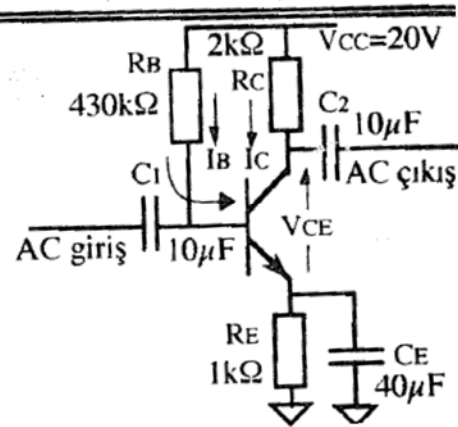
$$V_B = V_{BE} + V_E = 0.7 + 2.01 = 2.71V$$

$$V_{BC} = V_B - V_C = 2.71 - 15.98 = -13.27V$$

Kollektör doyma akımının yaklaşık değeri,

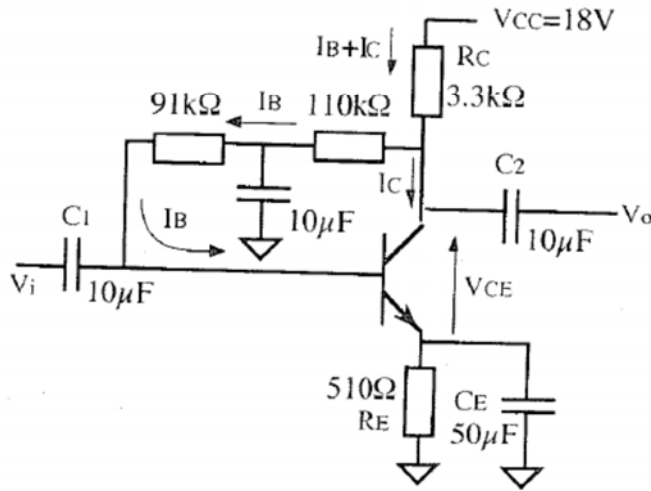
$$I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \frac{20}{2 + 1} = 6.67mA \text{ olur.}$$

Bu akım değeri, yük doğrusunun düşey eksenini kestiği noktadır.



PROBLEM-5

Şekilde gösterilmiş olan gerilim geribeslemeli DC kutuplama devresinde; I_B , I_C , I_E akımları ile V_C ve V_{CE} gerilimlerini hesaplayınız. Transistörün DC akım kazancı $\beta_{dc}=74$ ve $V_{BE}=0.7V$ değerindedir.

**ÇÖZÜM:**

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta_{dc})(R_C + R_E)} = \frac{18 - 0.7}{(91 + 110) + 75(3.3 + 0.51)} = \frac{17.3}{486.75} = 35.5 \mu A$$

$$I_C = \beta_{dc} I_B = 74 \times 35.5 \mu A = 2627 \mu A = 2.63 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B = 2.63 + 0.035 = 2.66 \text{ mA}$$

$$V_C = V_{CC} - I_E R_C = 18 - 2.66 \times 3.3 = 9.22 \text{ V}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_E (R_C + R_E) = 18 - 2.66 \times (3.3 + 0.51) = 7.86 \text{ V}$$

PROBLEM-6

Şekilde gösterilmiş olan DC kutuplama devresinde; I_B , I_C akımları ile V_C , V_B ve V_{CE} gerilimlerini hesaplayınız. Transistörün DC akım kazancı $\beta_{dc}=45$ ve $V_{BE}=0.7V$ değerindedir.

ÇÖZÜM:

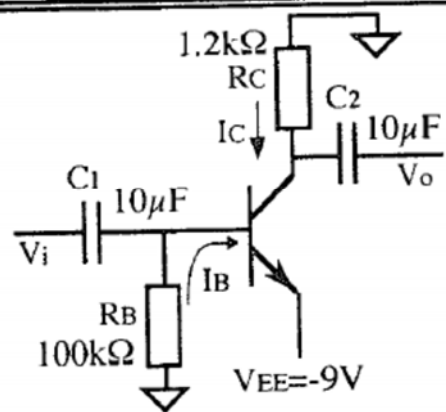
$$I_B = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_B} = \frac{9 - 0.7}{100} = 0.083 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta_{dc} I_B = 45 \times 0.083 = 3.735 \text{ mA}$$

$$V_C = -I_C R_C = -3.735 \text{ mA} \times 1.2 \text{ k}\Omega = -4.48 \text{ V}$$

$$V_B = -I_B R_B = -0.083 \text{ mA} \times 100 \text{ k}\Omega = -8.3 \text{ V}$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = -4.48 - (-9) = 4.52 \text{ V}$$



PROBLEM-7

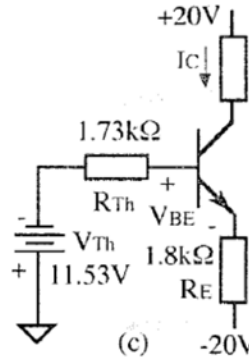
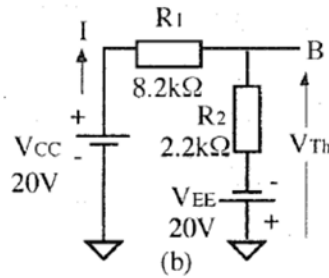
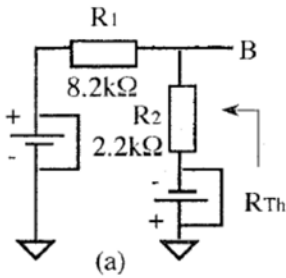
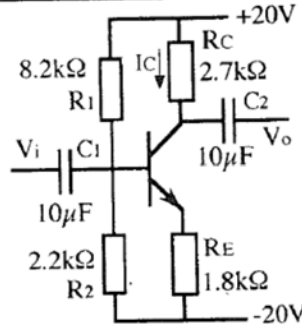
Şekilde gösterilmiş olan DC kutuplama devresinde; I_B , I_C akımları ile V_C , V_B , V_E ve V_{CE} gerilimlerini hesaplayınız. Transistörün DC akım kazancı $\beta_{dc}=120$ ve $V_{BE}=0.7V$ değerindedir.

ÇÖZÜM:

$$R_{Th} = 8.2 \parallel 2.2 = 1.73k\Omega$$

$$I = \frac{V_{CC} + V_{EE}}{R_1 + R_2} = \frac{20 + 20}{8.2 + 2.2} = 3.85mA$$

$$V_{Th} = IR_{Th} - V_{EE} = 3.85 \times 2.2 - 20 = -11.53V$$



$$I_B = \frac{V_{EE} - V_{Th} - V_{BE}}{R_{Th} + (1 + \beta_{dc})R_E} = \frac{20 - 11.53 - 0.7}{1.73 + 121 \times 1.8} = 0.03539mA = 35.39\mu A$$

$$I_C = \beta_{dc} I_B = 120 \times 0.03539 = 4.25V$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C = 20 - 4.25 \times 2.7 = 8.53V$$

$$V_B = -V_{Th} - I_B R_{Th} = -11.53 - 0.03539 \times 1.73 = -11.59V$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = -11.59 - 0.7 = -12.29V$$

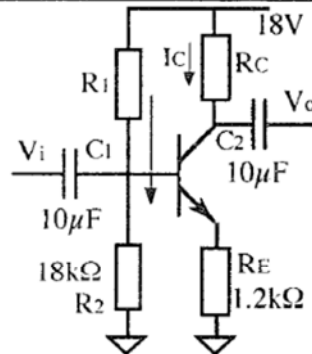
$$V_{CE} = V_C - V_E = 8.53 - (-12.29) = 20.82V$$

PROBLEM-8

Şekilde gösterilmiş olan DC kutuplama devresinde; $I_C=3mA$, $V_C=10V$ 'luk bir çalışma noktası için R_1 ve R_C dirençlerini hesaplayınız. Transistörün DC akım kazancı $\beta_{dc}=300$ ve $V_{BE}=0.7V$ değerindedir.

ÇÖZÜM:

Bu devrede; $\beta_{dc} R_E \geq 10 R_2$ şartı, $300 \times 1.2 \geq 10 \times 18$, $360 \geq 180$ olarak sağlandığı için $I_B=0$ kabul edilerek de çözüm yapılabilir. Bu kabule göre,



$$V_E = I_E R_E \approx I_C R_E = 3 \times 1.2 = 2.4V$$

$$V_B = V_{BE} + V_E = 0.7 + 2.4 = 3.1V$$

$$V_B = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} = \frac{18 \times 18}{R_1 + 18} = 3.1 \rightarrow R_1 = 86.52k\Omega$$

PROBLEM-9

Şekilde gösterilmiş olan DC kutuplama devresinde: $I_C = I_{Csat}/2 = 4\text{mA}$, $V_C = 18\text{V}$, $\beta_{dc} = 110$ ve $V_{BE} = 0.7\text{V}$ olduğuna göre; R_C , R_E ve R_B dirençlerini hesaplayınız.

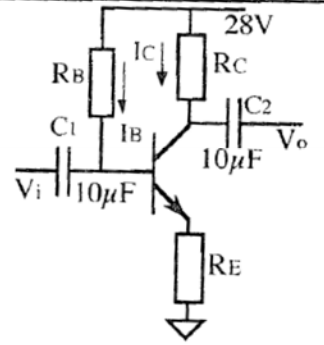
ÇÖZÜM:

$$R_C = \frac{V_{RC}}{I_C} = \frac{V_{CC} - V_C}{I_C} = \frac{28 - 18}{4} = 2.5\text{k}\Omega$$

$$I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} \rightarrow R_C + R_E = \frac{V_{CC}}{I_{Csat}} = \frac{28}{8} = 3.5\text{k}\Omega$$

$$R_E = 3.5\text{k}\Omega - R_C = 3.5\text{k}\Omega - 2.5\text{k}\Omega = 1\text{k}\Omega$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta_{dc}} = \frac{4\text{mA}}{110} = 0.03636\text{mA} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B - (1 + \beta_{dc})R_E} = \frac{28 - 0.7}{R_B - 111 \times 1} \rightarrow R_B = 639.8\text{k}\Omega$$

**PROBLEM-27**

- a) Şekildeki JFET $I_{DSS} = 12\text{mA}$, $I_G = -2\text{nA}$ ve $V_p = -3\text{V}$ karakteristiklerine sahiptir. I_D , V_{GS} ve V_{DS} değerlerini bulunuz.
b) Kapı (G) ile V_{DD} (K) arasına $850\text{k}\Omega$ 'luk bir direnç bağlandığına göre I_D , V_{GS} ve V_{DS} 'yi bulunuz.

ÇÖZÜM:

$$a) I_{DSS} = 12\text{mA}, I_G = -2\text{nA}, V_p = -3\text{V}$$

$$V_{R2} = 2 \times 10^{-9} \times 5 \times 10^4 = 10^{-4}\text{V} \text{ (çok küçük)}$$

$$I_D = \frac{12}{9}(V_{GS} + 3)^2 \text{ ve } V_{GS} + 0.3I_D = 0 \text{ ile}$$

$$\rightarrow I_D = 4.13\text{mA}, V_{GS} = -1.240\text{V} \text{ elde edilir.}$$

$$V_{DS} = 22.5 - 2.8I_D = 10.93\text{V}$$

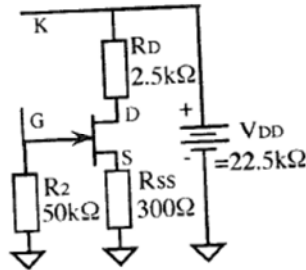
$$b) I_D = \frac{12}{9}(V_{GS} + 3)^2 \text{ ve}$$

$$V_G = 22.5 \times \frac{50}{900} = 1.25 = V_{GS} + 0.3I_D \text{ bağıntılarından,}$$

$$\rightarrow I_D = 6.70\text{mA}$$

$$\rightarrow V_{GS} = -0.759\text{V}$$

$$\rightarrow V_{DS} = 22.5 - (2.5 + 0.3)I_D = 3.75\text{V} \text{ eld edilir.}$$



$$\begin{aligned} (-0.759 + 3)^2 &= 2.7510 \\ 0.109I_D^2 + 1.85I_D + 3 &= 2.7510 \\ 0.109I_D^2 - 2.55I_D + 3 &= 0 \\ I_D &= 6.13 \quad I_D = 4.13 \end{aligned}$$

PROBLEM-28

Şekildeki devrede $I_D=4\text{mA}$ olduğuna göre; a) $I_G=0$ ise V_{DS} ve V_{GS} 'yi bulunuz. b) 0.3V 'luk kaynak 0.2V 'ta düşürülürse $I_D=6\text{mA}$ oluyor. V_p ve I_{DSS} 'yi bulunuz.

ÇÖZÜM:

a) $I_D=4\text{mA}$, $I_G=0$

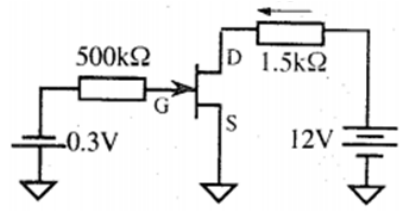
$$V_{DS}=12 - 4 \times 1.5 = 6\text{V}$$

$$V_{GS}=-0.3\text{V}$$

$$b) I_D = 4 = \frac{I_{DSS}}{V_p^2} (-0.3 - V_p)^2$$

$$6 = \frac{I_{DSS}}{V_p^2} (-0.2 - V_p)^2$$

$$\rightarrow V_p = -0.745\text{V}, I_{DSS} = 11.21\text{mA}$$

**PROBLEM-29**

Şekildeki MOSFET'te $I_{DSS}=-15\text{mA}$, $V_p=2.5\text{V}$, $I_G=0$, $I_D=-12\text{mA}$, $V_{DS}=0.5V_{DD}$ ve harcanan güç $P=150\text{mW}$ olduğuna göre; V_{DS} , V_{DD} , R_D , V_{GS} ve V_G değerlerini bulunuz.

ÇÖZÜM:

$$P = V_{DS} I_D = 150 = V_{DS} (-12)$$

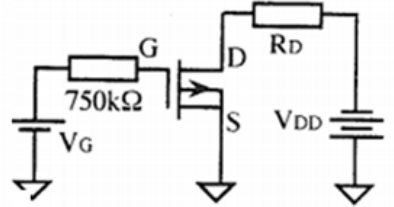
$$\rightarrow V_{DS} = -12.5\text{V}$$

$$\rightarrow V_{DD} = 2 \times (-12.5) = -25\text{V}$$

$$\rightarrow R_D = 12.5 / 12 = 1.042\text{k}\Omega$$

$$I_D = \frac{-15}{2.5^2} (V_{GS} - 2.5)^2 = -12\text{mA}$$

$$\rightarrow V_{GS} = V_G = 0.264\text{V} \approx V_G$$

**PROBLEM-29**

Gösterilmiş olan sabit kutuplamalı JFET'li amplifikatör devresinde; V_{GS} , I_D , V_{DS} , V_D , V_G , V_{GS} ve V_S büyüklüklerini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

FET'in kapı akımının ihmal edilecek kadar küçük olduğu kabul edilirse,

$$V_{GS} = -V_{GG} = -2\text{V}$$

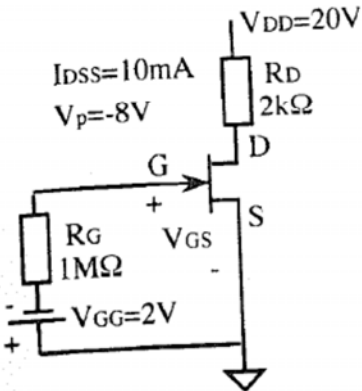
$$I_D = \frac{I_{DSS}}{V_p^2} (V_{GS} - V_p)^2 = \frac{10}{8^2} (-2+8)^2 = 5.625\text{mA}$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D = 20 - 5.625 \times 2 = 20 - 11.25 = 8.75\text{V}$$

$$V_D = 8.75\text{V}$$

$$V_G = V_{GS} = -2\text{V}$$

$$V_S = 0\text{V}$$

**PROBLEM-34**

Şekilde gösterilmiş olan gerilim bölücü kutuplamalı artırlı MOSFET'li ortak emetörlü amplifikatör devresinde; V_G , V_{GS} , I_D , V_D , V_{DS} ve V_{DG} büyüklüklerini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

$$V_G = \frac{R_2 V_{DD}}{R_1 + R_2} = \frac{270\text{k}\Omega \times 16\text{V}}{2.1\text{M}\Omega + 270\text{k}\Omega} = 1.82\text{V}$$

$$V_{GS} = V_G - R_S I_D = 1.82 - 1.5 I_D$$

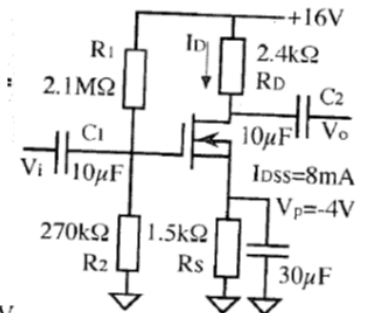
$$I_D = 2.4\text{mA} \text{ ve } V_{GS} = -1.8\text{V} \text{ elde edilir.}$$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D = 16 - 2.4 \times 2.4 = 10.24\text{V}$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S) = 16 - 2.4 \times (2.4 + 1.5) = 6.64\text{V}$$

$$V_{DG} = V_D - V_G = 10.24 - 1.82 = 8.42\text{V}$$

$$I_D = \frac{I_{DSS}}{V_p^2} (V_{GS} - V_p)^2 = \frac{8}{4^2} (1.82 - 1.5 I_D + 4)^2 \text{ bağıntısından,}$$



PROBLEM-30

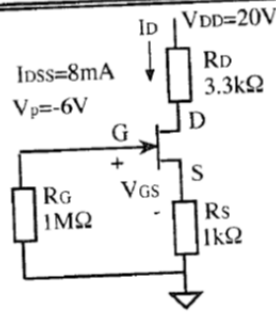
Şekilde gösterilmiş olan kendinden kutuplamalı JFET'li amplifikatör devresinde; V_{GS} , I_D , V_{DS} , V_S , V_G ve V_D büyüklüklerini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

Bu devrede kapı akımı akmadığı için $1M\Omega$ 'daki gerilimi düşümü 0V olacağından kapı gerilimi 0V'tur. V_{GS} gerilimi ise,

$$V_{GS} = -R_S I_D = -1 \times I_D$$

olur. Bu sonuç FET'in lineer olmayan akım bağıntısında kullanılırsa,



$$I_D = \frac{I_{DSS}}{V_p^2} (V_{GS} - V_p)^2 = \frac{8}{6^2} (-I_D + 6)^2 \text{ eşitliği elde edilir.}$$

Bu denklemin çözümünden, $I_D = 2.6\text{mA}$ değeri elde edilir.

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_S + R_D) = 20 - 2.6(1 + 3.3) = 8.82\text{V}$$

$$V_S = I_D R_S = 2.6\text{mA} \times 1\text{k}\Omega = 2.6\text{V}$$

$$V_G = 0\text{V}$$

$$V_{GS} = -V_S = -R_S I_D = -1 \times 2.6 = -2.6\text{V}$$

$$V_D = V_{DS} + V_S = 8.82 + 2.6 = 11.42\text{V} \text{ veya}$$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D = 20 - 2.6 \times 3.3 = 11.42\text{V}$$

$$\begin{aligned} I_D^2 - 16.5 I_D + 36 &= 0 \\ I_D &= 13.91 \\ I_D &= 2.587 \end{aligned}$$

PROBLEM-31

Gösterilmiş olan kendinden kutuplamalı JFET'li ortak kapılı-amplifikatör devresinde; V_{GS} , I_D , V_{DS} , V_G , V_S , V_{DS} ve V_D büyüklüklerini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

Bu devre ortak kapılı (CG) bir amplifikatör olup, bu devrenin yukarıda belirtilen DC akım ve gerilimleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$V_{GS} = -R_S I_D = -0.680 \times I_D$$

$$I_D = \frac{I_{DSS}}{V_p^2} (V_{GS} - V_p)^2 = \frac{12}{6^2} (-0.68 I_D + 6)^2$$

Bu denklemin çözümünden, $I_D = 3.8\text{mA}$ değeri elde edilir.

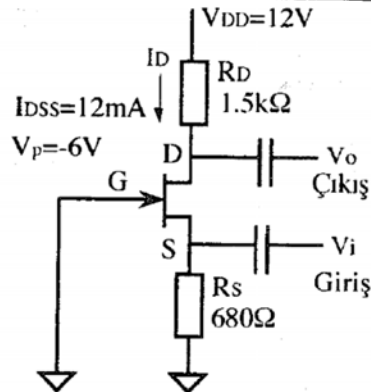
$$V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_S + R_D) = 12 - 3.8(3.3 + 1.5) = 6.3\text{V}$$

$$V_G = 0\text{V}$$

$$V_{GS} = V_S = -R_S I_D = -0.680 \times 3.8 = -2.58\text{V}$$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D = 12 - 3.8 \times 1.5 = 6.3\text{V}$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = 6.3 - 2.58 = 3.72\text{V}$$



$$\begin{aligned} I_D &= 0.46 I_D^2 - 2.16 I_D + 36 \\ 0.46 I_D^2 - 11.16 I_D + 36 &= 0 \\ I_D &= 3.83 \end{aligned}$$

PROBLEM-32

Gösterilmiş olan kendinden kutuplamalı devrede; V_{GS} , I_D , V_{DS} , V_D ve V_S büyüklüklerini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

$$V_{GS} = V_G - V_S = V_G - (V_{SS} + I_D R_S) = 0 + 10 - 1.5 I_D$$

$$I_D = \frac{I_{DSS}}{V_P^2} (V_{GS} - V_P)^2 = \frac{8.72}{3^2} (10 - 1.5 I_D + 3)^2$$

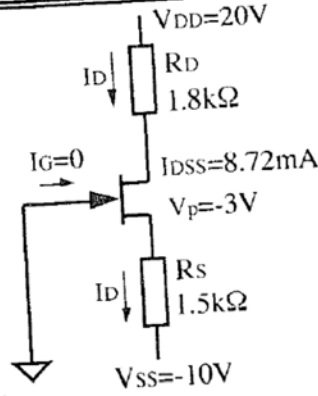
Bu denklemin çözümünden,

$I_D = 6.9 \text{ mA}$ değeri elde edilir.

$$V_{DS} = V_{DD} + V_{SS} - I_D (R_S + R_D) \\ = 20 + 10 - 6.9(1.8 + 1.5) = 7.23 \text{ V}$$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D = 20 - 6.9 \times 1.5 = 7.58 \text{ V}$$

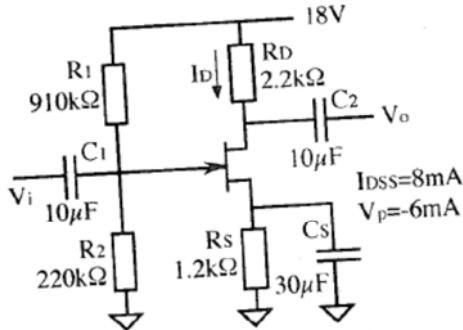
$$V_S = V_D - V_{DS} = 7.58 - 7.23 = 0.35 \text{ V}$$



~ kontrol
0) $V_{GS} > V_P$
0) $10 - 1.5 I_D > -3$
0 $\leq 1.5 I_D - 13$
1 $\leq 1.5 I_D < 13$
6.666 $\leq I_D < 8.666$

PROBLEM-33

Gösterilmiş olan gerilim bölücü kutuplamalı JFET'li ortak emetörlü amplifikatör devresinde; V_G , I_D , V_{GS} , V_D , V_{DS} ve V_{DG} büyüklüklerini hesaplayınız.

**ÇÖZÜM:**

$$V_G = \frac{R_2 V_{DD}}{R_1 + R_2} = \frac{220 \text{ k}\Omega \times 18 \text{ V}}{910 \text{ k}\Omega + 220 \text{ k}\Omega} = 3.5 \text{ V}$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = 3.5 - 1.2 I_D$$

$$I_D = \frac{I_{DSS}}{V_P^2} (V_{GS} - V_P)^2 = \frac{8}{6^2} (3.5 - 1.2 I_D + 6)^2 \rightarrow I_D = 4.24 \text{ mA}$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = 3.5 - 1.2 \times 4.24 = -1.588 \text{ V}$$

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D = 18 - 4.24 \times 2.2 = 8.67 \text{ V}$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S) = 18 - 4.24 \times (2.2 + 1.2) = 3.58 \text{ V}$$

$$V_{DG} = V_D - V_G = 8.67 - 3.5 = 5.17 \text{ V}$$

PROBLEM-35

Gösterilmiş olan gerilim bölücü kutuplamalı arttırılmış MOSFET'li ortak emetörlü amplifikatör devresinde; V_G , I_D , V_{GS} , ve V_{DS} büyüklüklerini hesaplayınız.

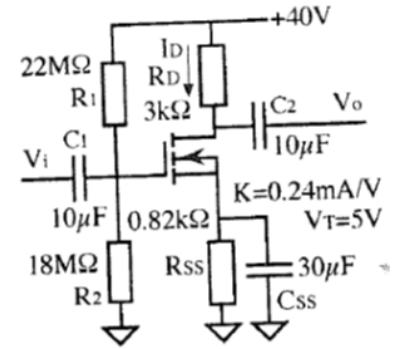
ÇÖZÜM:

$$V_G = \frac{R_2 V_{DD}}{R_1 + R_2} = \frac{18\text{M}\Omega \times 40\text{V}}{22\text{M}\Omega + 18\text{M}\Omega} = 18\text{V}$$

$$V_{GS} = V_G - R_S I_D = 18 - 0.84 I_D$$

$$I_D = \frac{K}{2} (V_{GS} - V_T)^2 = \frac{0.24\text{mA/V}}{2} (18 - 0.84 I_D - 5)^2 \rightarrow I_D = 6.7\text{mA}, V_{GS} = 12.5\text{V}$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_D + R_S) = 40 - 6.7 \times (0.82 + 3) = 14.5\text{V} \text{ elde edilir.}$$

**PROBLEM-39**

Gösterilmiş olan ortak kapılı JFET'li devrede; $V_D = 12\text{V}$ ve $V_{GS} = -2\text{V}$ değerlerinde olduğuna göre; V_G , V_S , V_{DS} gerilimleri ile I_D akımını ve R_S direncini hesaplayınız.

ÇÖZÜM:

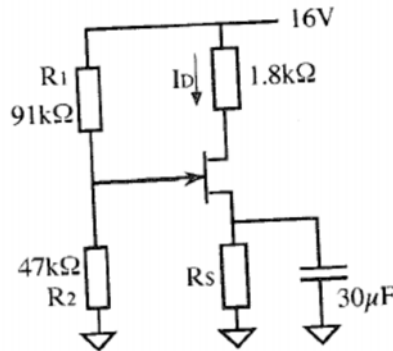
$$V_G = \frac{47 \times 16}{47 + 91} = 5.44\text{V}$$

$$V_S = V_{SG} + V_G = 2 + 5.44 = 7.44\text{V}$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = 12 - 7.44 = 4.56\text{V}$$

$$I_D = \frac{16 - 12}{1.8} = 2.22\text{mA}$$

$$R_S = \frac{V_S}{I_D} = \frac{7.44}{2.22} = 3.35\text{k}\Omega$$

**PROBLEM-52**

Şekildeki ortak kolektörlü devrede $I_D = 6\text{mA}$, $R_1 + R_2 = 1\text{M}\Omega$, $V_{DD} = 15\text{V}$ ve FET'in tükettiği toplam güç 54mW 'tır. R_1 , R_2 ve R_{SS} dirençlerini aşağıdaki şartlar için hesaplayınız.

- Şekilde gösterildiği gibi transfer karakteristiği $I_D = 1.28(V_{GS} - 2.5)^2$ mA olan n kanallı arttırılmış bir MOSFET,
- Transfer karakteristiği $I_D = 1.28(V_{GS} + 2.5)^2$ mA olan bir n kanallı JFET.

ÇÖZÜM:

$$a) V_{DS} = P_D / I_D = 54 / 6 = 9\text{V}$$

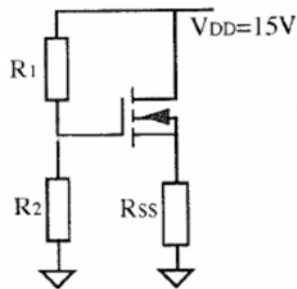
$$V_{RSS} = 15 - 9 = 6\text{V} \rightarrow R_{SS} = 6 / 6 = 1\text{k}\Omega$$

$$6 = 1.28(V_{GS} - 2.5)^2 \rightarrow V_{GS} = 4.67\text{V}$$

$$V_{R2} = V_{GS} + V_{RSS} = 10.67 = 15R_2 / 1000$$

$$\rightarrow R_2 = 711\text{k}\Omega \rightarrow R_1 = 1000 - 711 = 289\text{k}\Omega$$

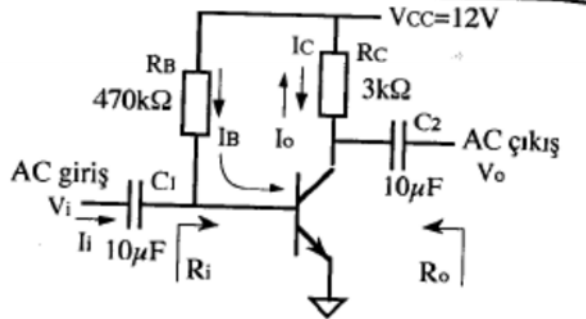
$$b) V_{DS} = 9\text{V}, V_{RSS} = 6\text{V}, R_{SS} = 1\text{k}\Omega \text{ değerleri aynıdır.}$$



TRANSİSTÖRLÜ DEVRELERİN AC ANALİZİ VE TASARIMI

PROBLEM-1

Şekildeki sabit kutuplama devresinin, a) DC analizini yaparak; I_B ve I_C akımları ile transistörün g_m eğimi ve r_π giriş direncini bulunuz. b) AC analizini yaparak; devrenin giriş ve çıkış dirençleri ile gerilim ve akım kazançlarını bulunuz. Transistörün DC ve AC akım kazancı $\beta_{dc}=\beta_o=100$ ve $V_{BE}=0.7V$ değerindedir.



ÇÖZÜM:

a) DC analiz:

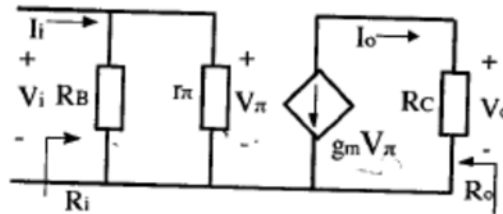
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12V - 0.7V}{470k\Omega} = 24.04\mu A$$

$$I_C = \beta_{dc} I_B = 100 \times 24.04\mu A = 2.4mA$$

$$g_m = 38.92 \times I_C = 38.92 \times 2.4 = 93.4mS$$

$$r_\pi = \frac{\beta_o}{g_m} = \frac{100}{2.4} = 1.07k\Omega$$

Orta frekans eşdeğer devresi:



$$R_o = R_C = 3k\Omega$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-g_m V_\pi R_C}{V_\pi} = -g_m R_C = -93.4 \times 3 = -280.02$$

b) AC analiz:

$$A_i = \frac{V_o/R_C}{V_i/R_i} = A_v \frac{R_i}{R_C} = -280.02 \times \frac{1.07}{3} = -99.87$$

$$R_i = R_B || r_\pi = 470k\Omega || 1.07k\Omega = 1.07k\Omega$$

PROBLEM-3

Şekildeki gerilim bölücülü kutuplama devresinin, a) DC analizini yaparak; I_B ve I_C akımları ile transistörün g_m eğimi ve r_π giriş direncini bulunuz. b) AC analizini yaparak; devrenin giriş ve çıkış dirençleri ile gerilim ve akım kazançlarını bulunuz. Transistörün DC ve AC akım kazancı $\beta_{dc}=\beta_o=90$ ve $V_{BE}=0.7V$ değerindedir.

ÇÖZÜM:

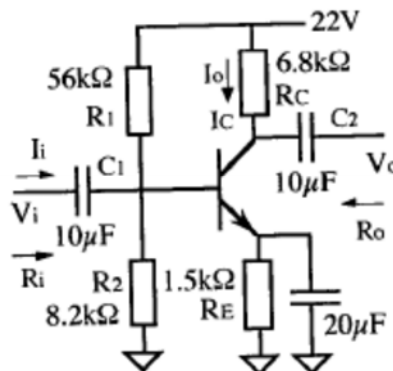
a) $\beta_{dc} R_E > 10 R_2$ şartı, $90 \times 1.5k\Omega > 10 \times 8.2k\Omega$, $135k\Omega > 82k\Omega$ olarak sağlandığı için $I_B = 0$ kabul edilerek aşağıdaki değerler elde edilir.

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} = \frac{8.2 \times 22}{56 + 8.2} = 2.81V$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 2.81 - 0.7 = 2.11V$$

$$I_E \approx I_C = V_E / R_E = 2.11 / 1.5 = 1.41mA$$

$$g_m = 38.92 \times I_C = 38.92 \times 1.41 = 54.23mS$$



$$r_{\pi} = \beta_o / g_m = 90 / 54.23 \text{ mS} = 1.66 \text{ k}\Omega$$

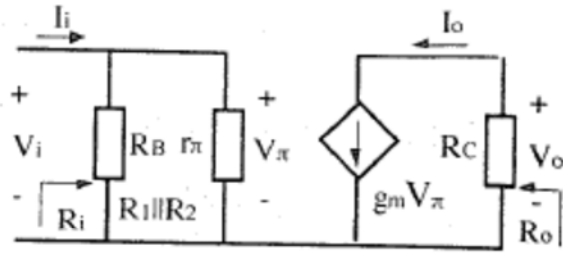
b) AC eşdeğer devre yanda gösterilmiştir.

$$R_i = R_B \parallel r_{\pi} = 56 \parallel 1.66 = 1.35 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = R_C = 6.8 \text{ k}\Omega$$

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-g_m V_{\pi} R_C}{V_{\pi}} = -g_m R_C = -54.23 \times 6.8 = -368.76$$

$$A_i = \frac{-V_o / R_C}{V_i / R_i} = -A_V \frac{R_i}{R_C} = 368.76 \times \frac{1.35}{6.8} = 73$$



PROBLEM-4

Şekildeki emetör direnci köprülenmemiş sabit kutuplama devresinin, a) DC analizini yaparak; I_B ve I_C akımları ile transistörün g_m eğimi ve r_{π} giriş direncini bulunuz. b) AC analizini yaparak; devrenin giriş ve çıkış dirençleri ile gerilim ve akım kazançlarını bulunuz. Transistörün DC ve AC akım kazancı $\beta_{dc} = \beta_o = 120$ ve $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ değerindedir.

ÇÖZÜM:

a) DC analiz:

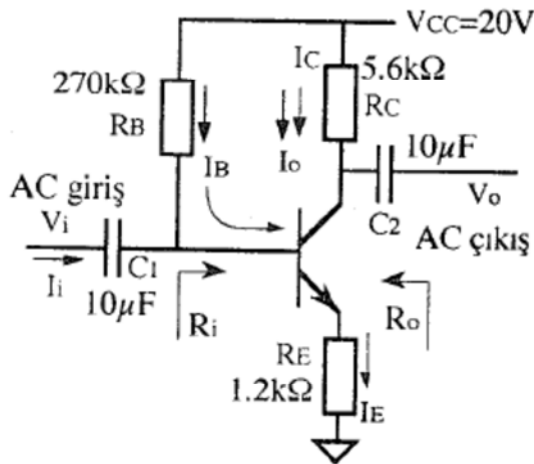
$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1 + \beta_{dc}) R_E} = \frac{20 - 0.7}{270 + 121 \times 1.2} = 46.4 \mu\text{A}$$

$$I_C = \beta_{dc} I_B = 120 \times 46.4 \mu\text{A} = 5.6 \text{ mA}$$

$$g_m = 38.92 \times I_C = 38.92 \times 5.6 = 217.9 \text{ mS}$$

$$r_{\pi} = \beta_o / g_m = 120 / 217.9 \text{ mS} = 551 \Omega$$

b) AC analiz:



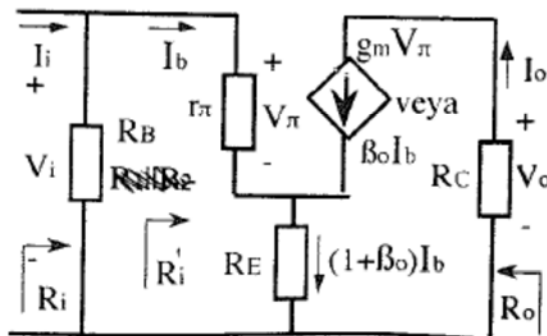
Eşdeğer devre:

$$R_B' = \frac{V_i}{I_b} = \frac{r_{\pi} I_b + (1 + \beta_o) I_b R_E}{I_b} = r_{\pi} + (1 + \beta_o) R_E$$

$$= 0.551 + 121 \times 1.2 = 145.75 \text{ k}\Omega$$

$$R_i' = \frac{V_i}{I_i} = R_B \parallel R_B' = 270 \parallel 145.75 = 94.65 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = \frac{V_{ad}}{I_{kd}} = \frac{-\beta_o I_b R_C}{-\beta_o I_b} = R_C = 5.6 \text{ k}\Omega$$



$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-\beta_o I_b R_C}{r_{\pi} I_b + (1 + \beta_o) I_b R_E} = \frac{-\beta_o R_C}{R_B} = \frac{-120 \times 5.6}{145.75} = -4.61$$

$$A_I = \frac{-V_o / R_C}{V_i / R_i} = -A_V \frac{R_i}{R_C} = 4.61 \times \frac{94.65}{5.6} = 77.92$$

PROBLEM-11

Şekildeki kollektör geri beslemeli kutuplama devresinde, a) DC analizini yaparak; I_B ve I_C akımları ile transistörün g_m eğimi ve r_{π} giriş direncini bulunuz. b) AC analizini yaparak; devrenin giriş ve çıkış dirençleri ile gerilim ve akım kazançlarını bulunuz. Transistörün DC ve AC akım kazancı $\beta_{dc} = \beta_o = 139$ ve $V_{BE} = 0.7V$ değerindedir.

ÇÖZÜM:

DC analiz:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{(R_{B1} + R_{B2}) + (1 + \beta_o) R_C}$$

$$= \frac{12 - 0.7}{(120 + 68) + 140 \times 3} = \frac{11.3}{608} = 0.0186 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta_{dc} I_B = 139 \times 0.0186 \text{ mA} = 2.58 \text{ mA}$$

$$g_m = 38.92 I_C = 38.92 \times 2.58 = 100.4 \text{ mS}$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta_o}{g_m} = \frac{139}{100.4} = 1.38 \text{ k}\Omega$$

AC analiz:

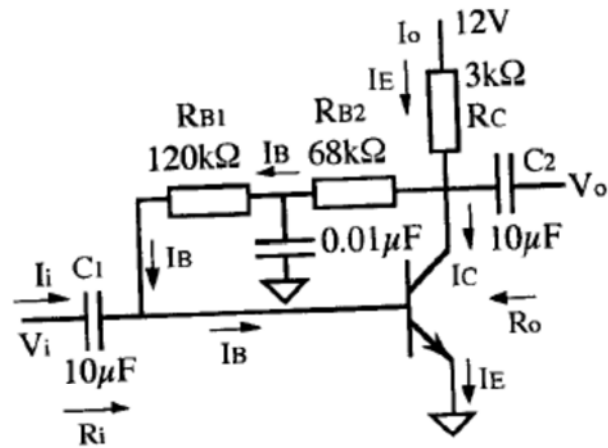
$$R_i = R_{B1} \parallel r_{\pi} = 120 \parallel 1.39 = 1.37 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = R_{B2} \parallel R_C = 68 \parallel 3 = 2.87 \text{ k}\Omega$$

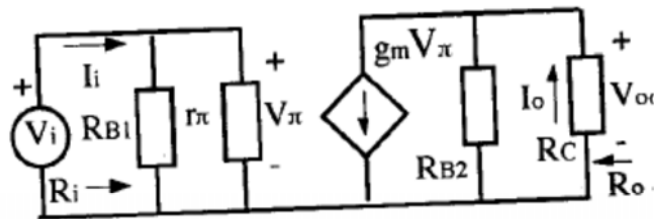
$$A_V = -g_m (R_{B2} \parallel R_C)$$

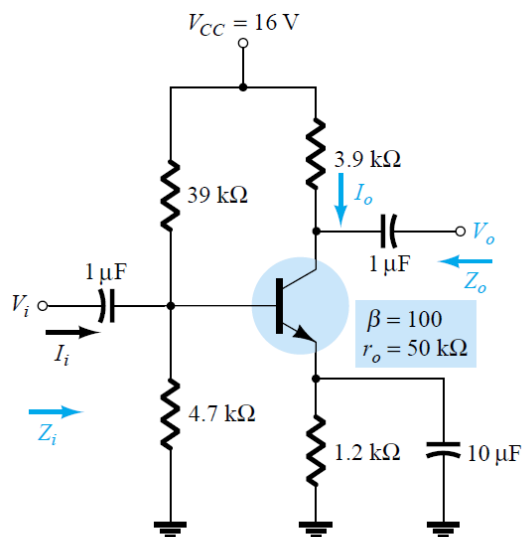
$$= -100.4 \times (68 \parallel 3) = -288.15$$

$$A_I = \frac{-V_o / R_C}{V_i / R_i} = -A_V \frac{R_i}{R_C} = 288.15 \times \frac{1.37}{3} = 131.58$$



AC eşdeğer devre:





4. For the network of Fig. 8.67:
- Determine r_e .
 - Calculate Z_i and Z_o .
 - Find A_v and A_i .
 - Repeat parts (b) and (c) with $r_o = 25 \text{ k}\Omega$.

Figure 8.67 Problem 4

4. (a) Test $\beta R_E \geq 10 R_2$

$$(100)(1.2 \text{ k}\Omega) \geq 10(4.7 \text{ k}\Omega)$$

$$120 \text{ k}\Omega > 47 \text{ k}\Omega \text{ (satisfied!)}$$

Use approximate approach:

$$V_B = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} = \frac{4.7 \text{ k}\Omega (16 \text{ V})}{39 \text{ k}\Omega + 4.7 \text{ k}\Omega} = 1.721 \text{ V}$$

$$V_E = V_B - V_{BE} = 1.721 \text{ V} - 0.7 \text{ V} = 1.021 \text{ V}$$

$$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{1.021 \text{ V}}{1.2 \text{ k}\Omega} = 0.8507 \text{ mA}$$

$$r_e = \frac{26 \text{ mV}}{I_E} = \frac{26 \text{ mV}}{0.8507 \text{ mA}} = 30.56 \Omega$$

$$(b) Z_i = R_1 \parallel R_2 \parallel \beta r_e$$

$$= 4.7 \text{ k}\Omega \parallel 39 \text{ k}\Omega \parallel (100)(30.56 \Omega)$$

$$= 1.768 \text{ k}\Omega$$

$$r_o \geq 10 R_C \therefore Z_o \approx R_C = 3.9 \text{ k}\Omega$$

$$(c) A_v = -\frac{R_C}{r_e} = -\frac{3.9 \text{ k}\Omega}{30.56 \Omega} = -127.6$$

$$A_i = -A_v Z_i / R_C = -(-127.6)(1.768 \text{ k}\Omega) / 3.9 \text{ k}\Omega$$

$$= 57.85$$

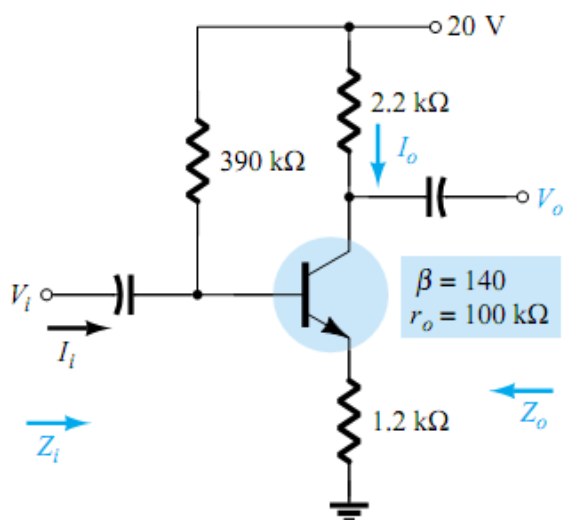


Figure 8.70 Problems 7 and 9

7. For the network of Fig. 8.70:

- Determine r_e .
- Find Z_i and Z_o .
- Calculate A_v and A_i .

$$7. (a) I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} = \frac{20V - 0.7V}{390k\Omega + (141)(1.2k\Omega)}$$

$$= \frac{19.3V}{559.2k\Omega} = 34.51\mu A$$

$$I_E = (\beta + 1)I_B = (140 + 1)(34.51\mu A) = 4.866mA$$

$$r_e = \frac{26mV}{I_E} = \frac{26mV}{4.866mA} = 5.34\Omega$$

$$(b) Z_b = \beta r_e + (\beta + 1)R_E$$

$$= (140)(5.34\Omega) + (140 + 1)(1.2k\Omega) = 747.6\Omega + 169.2k\Omega$$

$$= 169.95k\Omega$$

$$Z_i = R_B \parallel Z_b = 390k\Omega \parallel 169.95k\Omega = 118.37k\Omega$$

$$Z_o = R_C = 2.2k\Omega$$

$$(c) A_v = -\frac{\beta R_C}{Z_b} = -\frac{(140)(2.2k\Omega)}{169.95k\Omega} = -1.81$$

$$A_i = -\frac{A_v Z_i}{R_C} = -\frac{(-1.81)(118.37k\Omega)}{2.2k\Omega}$$

$$= 97.39$$

9. Repeat Problem 7 with R_E bypassed. Compare results.

$$\therefore r_e = 5.34\Omega \text{ (as in \#7)}$$

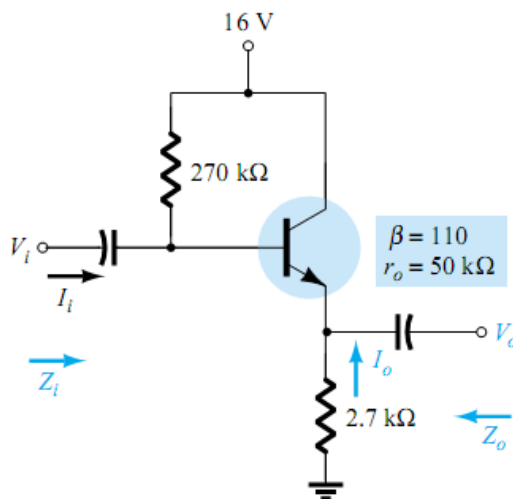
$$(b) Z_i = R_B \parallel Z_b = R_B \parallel (\beta r_e) = 390k\Omega \parallel (140)(5.34\Omega) = 746.17\Omega$$

$$\text{vs. } 118.37k\Omega \text{ in \#7}$$

$$Z_o = R_C = 2.2k\Omega \text{ (as in \#7)}$$

$$(c) A_v = -\frac{R_C}{r_e} = -\frac{2.2k\Omega}{5.34\Omega} = -411.99 \text{ vs } -1.81 \text{ in \#7}$$

$$A_i = \frac{(\beta R_B)}{R_B + Z_b} = \frac{(140)(390k\Omega)}{390k\Omega + 0.746k\Omega} = 139.73 \text{ vs. } 97.39 \text{ in \#7}$$



11. For the network of Fig. 8.73:

- Determine r_e and βr_e .
- Find Z_i and Z_o .
- Calculate A_v and A_i .

Figure 8.73 Problem 11

11. (a)

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} = \frac{16V - 0.7V}{270k\Omega + (111)(2.7k\Omega)}$$

$$= \frac{15.3V}{569.7k\Omega} = 26.86\mu A$$

$$I_E = (\beta + 1)I_B = (110 + 1)(26.86\mu A)$$

$$= 2.98mA$$

$$r_e = \frac{26mV}{I_E} = \frac{26mV}{2.98mA} = 8.72\Omega$$

$$\beta r_e = (110)(8.72\Omega) = 959.25\Omega$$

$$(b) Z_b = \beta r_e + (\beta + 1)R_E$$

$$= 959.25\Omega + (111)(2.7k\Omega)$$

$$= 300.66k\Omega$$

$$Z_i = R_B \parallel Z_b = 270k\Omega \parallel 300.66k\Omega$$

$$= 142.25k\Omega$$

$$Z_o = R_E \parallel r_e = 2.7k\Omega \parallel 8.72\Omega = 8.69\Omega$$

$$(c) A_v = \frac{R_E}{R_E + r_e} = \frac{2.7k\Omega}{2.7k\Omega + 8.69\Omega} \approx 0.997$$

$$A_i = -A_v Z_i / R_L = -(0.997)(142.25k\Omega) / 2.7k\Omega$$

$$= -52.53$$

19. For the network of Fig. 8.80:

- Determine Z_i and Z_o .
- Find A_v and A_i .

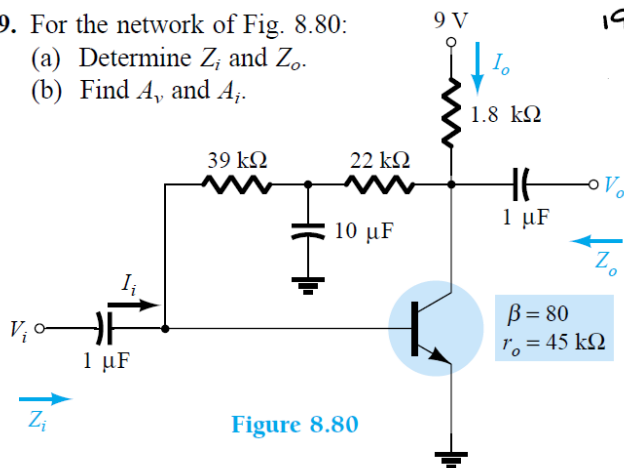


Figure 8.80

19. (a)

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_F + \beta R_E} = \frac{9V - 0.7V}{(39k\Omega + 22k\Omega) + (80)(1.8k\Omega)}$$

$$= \frac{8.3V}{61k\Omega + 144k\Omega} = \frac{8.3V}{205k\Omega} = 40.49\mu A$$

$$I_E = (\beta + 1)I_B = (80 + 1)(40.49\mu A) = 3.28mA$$

$$r_e = \frac{26mV}{I_E} = \frac{26mV}{3.28mA} = 7.93\Omega$$

$$Z_i = R_F \parallel \beta r_e = 39k\Omega \parallel (80)(7.93\Omega)$$

$$= 39k\Omega \parallel 634.4\Omega = 0.62k\Omega$$

$$Z_o = R_C \parallel R_F = 1.8k\Omega \parallel 22k\Omega = 1.66k\Omega$$

$$(b) A_v = -\frac{R'_C}{r_e} = -\frac{R_C \parallel R_F}{r_e} = -\frac{1.8k\Omega \parallel 22k\Omega}{7.93\Omega}$$

$$= -\frac{1.664k\Omega}{7.93\Omega} = -209.82$$

$$A_i = -\frac{A_v Z_i}{R_C} = -\frac{(-209.82)(0.62k\Omega)}{1.8k\Omega} = 72.27$$