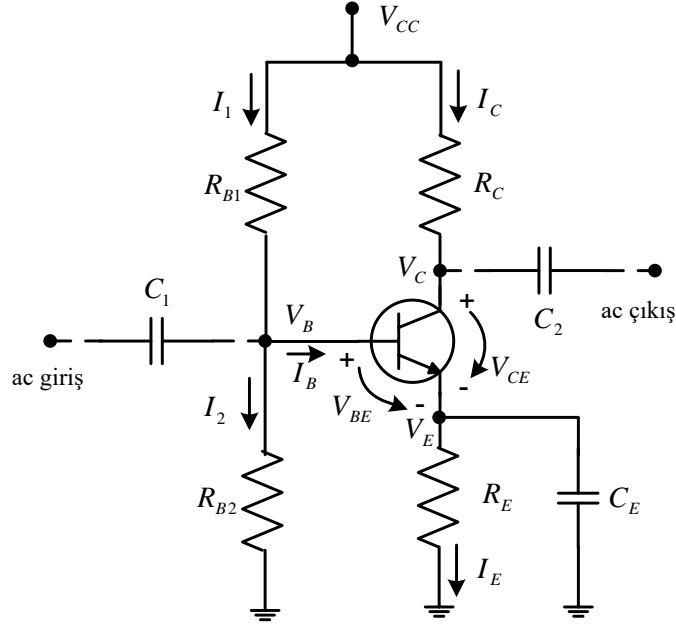


EDL Final Çalışma Soruları

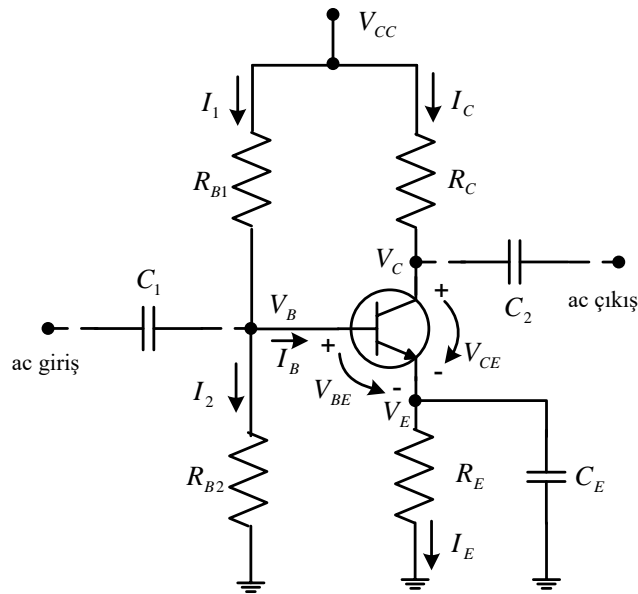
1.

- a) Aşağıdaki şekildeki devrede $V_C = 6V$ u sağlayacak R_E değerini yaklaşık analiz yapmak suretiyle bulunuz. ($V_{CC} = 16V$, $R_{B1} = 82k\Omega$, $R_{B2} = 24k\Omega$, $R_C = 5k\Omega$, $V_{BE} = 0.7V$, $\beta = 150$)
- b) Aynı devrenin küçük işaret analizini r_e eşdeğer devre modelini kullanmak suretiyle eşdeğer devreyi çizerek yapınız ve Z_i , Z_o , A_v ve A_i değerlerini bulunuz.

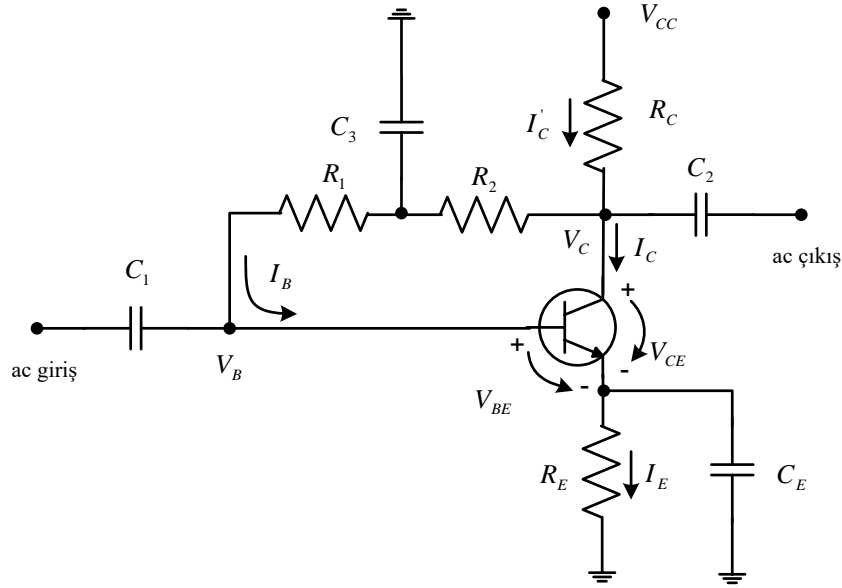


2. $V_{CC} = 25V$, $R_{B1} = 220k\Omega$, $R_{B2} = 33k\Omega$, $R_E = 1.8k\Omega$, $C_1 = C_2 = C_E = 1\mu F$, $V_{BE} = 0.7V$ ve $\beta = 180$ olmak üzere aşağıdaki devreyi $V_{CE} = 0.5V_{CC}$ de öngerilimleyecek R_C değerini,

- a) Tam analiz yapmak suretiyle bulunuz.
- b) Yaklaşık analiz yapmak suretiyle bulunuz.



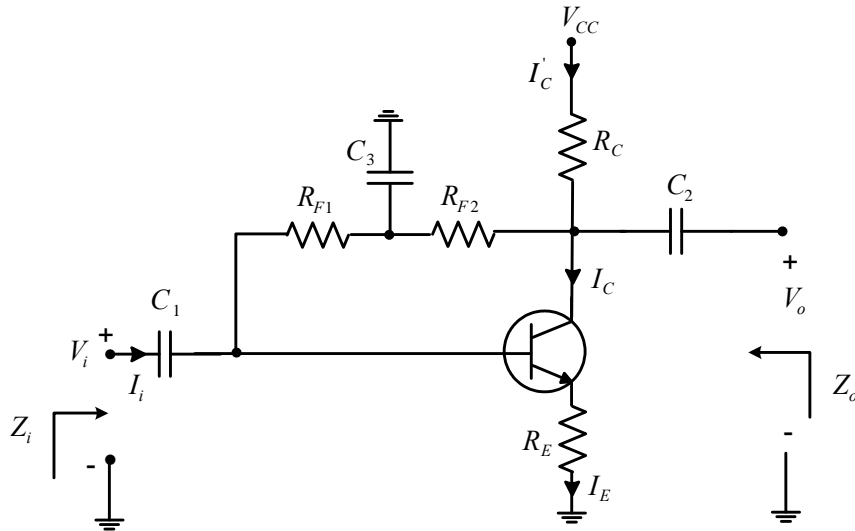
3. Aşağıdaki şekildeki BJT kuvvetlendirici devresinin küçük işaret analizini r_e eşdeğer devre modelini kullanmak suretiyle eşdeğer devreyi çizerek yapınız ve Z_i , Z_o , A_v ve A_i değerlerini bulunuz. ($V_{CC} = 12V$ $V_{BE} = 0.7V$, $R_{F1} = 20k\Omega$, $R_{F2} = 30k\Omega$, $R_C = 3k\Omega$, $R_E = 2k\Omega$, $\beta = 100$, $C_1 = C_2 = C_3 = C_E = 10\mu F$)



4. Aşağıdaki şekildeki BJT kuvvetlendirici devresinin;

a) Doğru akım analizini yaparak I_C akımını ve V_{CE} gerilimini hesaplayınız.

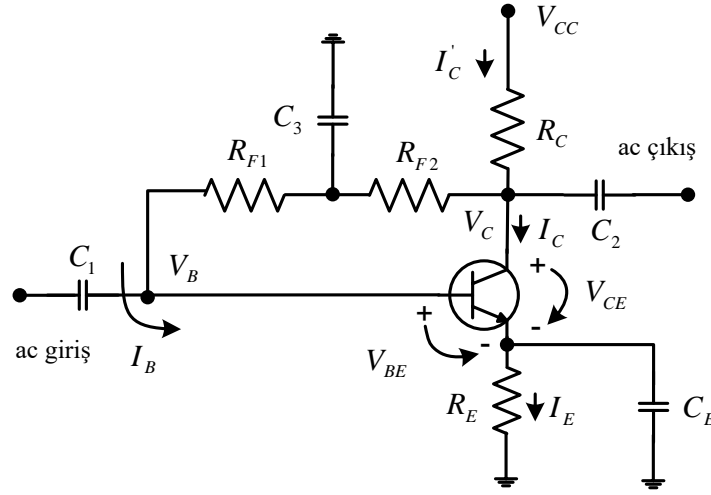
b) Küçük işaret analizini r_e eşdeğer devre modelini kullanmak suretiyle eşdeğer devreyi çizerek yapınız ve Z_i , Z_o , A_v ve A_i değerlerini bulunuz. ($V_{CC} = 12V$ $V_{BE} = 0.7V$, $R_{F1} = 20k\Omega$, $R_{F2} = 30k\Omega$, $R_C = 3k\Omega$, $R_E = 2k\Omega$, $\beta = 100$, $C_1 = C_2 = C_3 = C_E = 10\mu F$)



5. Aşağıdaki şekildeki BJT kuvvetlendirici devresinin;

a) Doğru akım analizini yaparak I_C akımını ve V_{CE} gerilimini hesaplayınız.

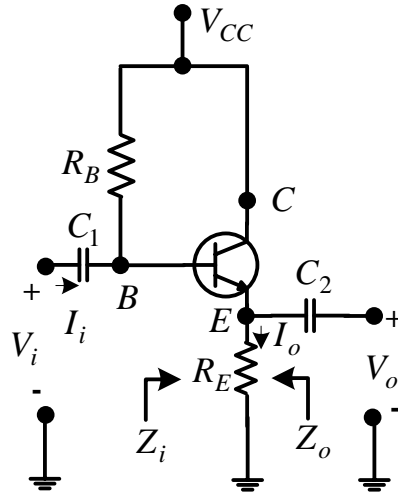
b) Devrenin küçük işaret analizini r_e eşdeğer devre modelini kullanmak suretiyle eşdeğer devreyi çizerek yapınız ve Z_i , Z_o , A_v ve A_i değerlerini bulunuz. ($V_{CC} = 10V$ $V_{BE} = 0.7V$, $R_{F1} = 100k\Omega$, $R_{F2} = 150k\Omega$, $R_C = 3k\Omega$, $R_E = 1.2k\Omega$, $C_1 = C_2 = C_3 = C_E = 10\mu F$, $\beta = 60$)



6. Aşağıdaki şekildeki BJT kuvvetlendirici devresinin;

(a) Doğru akım analizini yaparak I_C akımını ve V_{CE} gerilimini hesaplayınız.

(b) Aynı devrenin değişken işaret analizini r_e eşdeğer devre modelini kullanmak suretiyle eşdeğer devreyi çizerek yapınız ve Z_i , Z_o , A_v ve A_i değerlerini bulunuz. ($V_{CC} = 12 \text{ Volt}$, $R_E = 2.2 \text{ k}\Omega$, $R_B = 560 \text{ k}\Omega$, $V_{BE} = 0.7 \text{ Volt}$, $C_1 = C_2 = 100 \mu\text{F}$, $\beta = 100$)

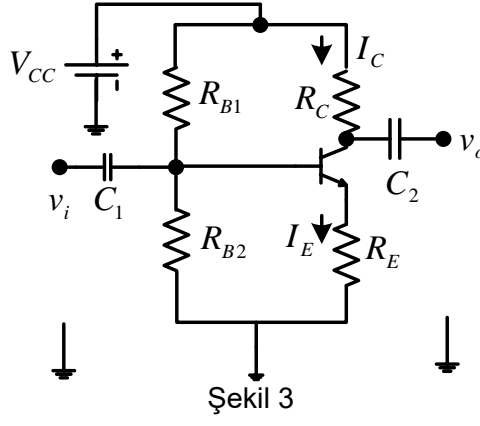


7.

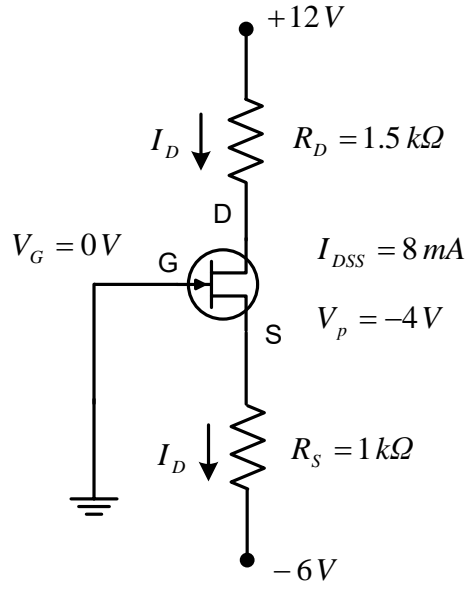
a) Aşağıdaki şekildeki devrenin DC analizini yaparak I_C , V_{CE} , V_C ve V_E değerlerini bulunuz

b) Devrenin küçük işaret analizini r_e eşdeğer devre modelini kullanarak yapınız ve Z_i , Z_o , A_v ve A_i değerlerini bulunuz.

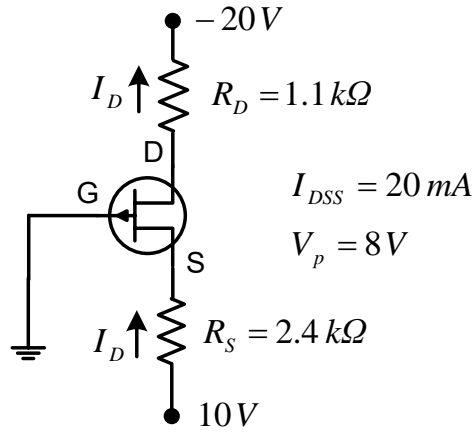
c) Devre, iç direnci 100Ω olan bir alternatif gerilim kaynağı ile beslenirken, $250 \text{ k}\Omega$ luk saf ohmik bir yükü beslediğinde, kaynak iç direncinin gerilim kazancına ve yükün de akım kazancına etkilerini bularak yorumlayınız. ($V_{CC} = 20 \text{ V}$, $R_{B1} = 56 \text{ k}\Omega$, $R_{B2} = 5.6 \text{ k}\Omega$, $R_E = 0.56 \text{ k}\Omega$, $R_C = 1 \text{ k}\Omega$, $C_E = 1 \mu\text{F}$, $C_1 = C_2 = 1 \mu\text{F}$, $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$ ve $\beta = 100$)



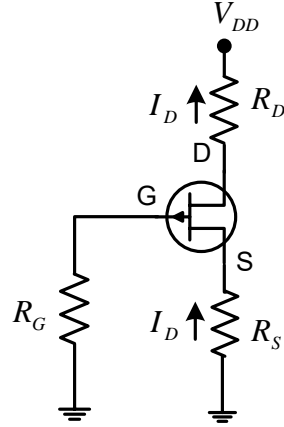
8. Aşağıdaki şekildeki n-kanallı JFET devresinde I_D , V_{GS} , V_D , V_S ve V_{DS} değerlerini hesaplayınız.



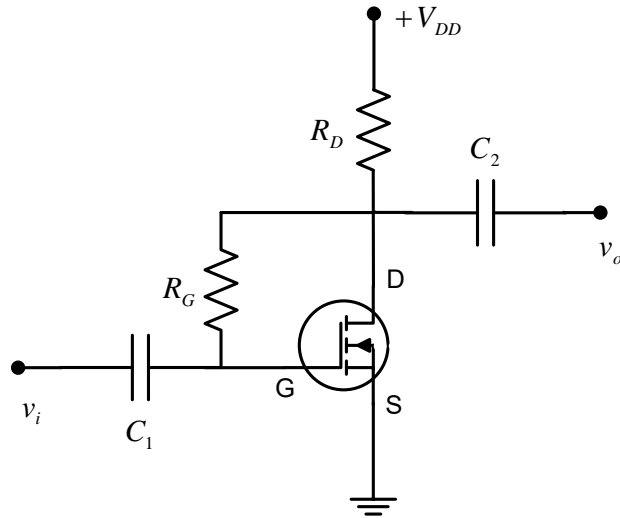
9. Aşağıdaki şekildeki p kanallı JFET devresinde I_D , V_{GS} , V_D , V_S ve V_{DS} değerlerini hesaplayınız.



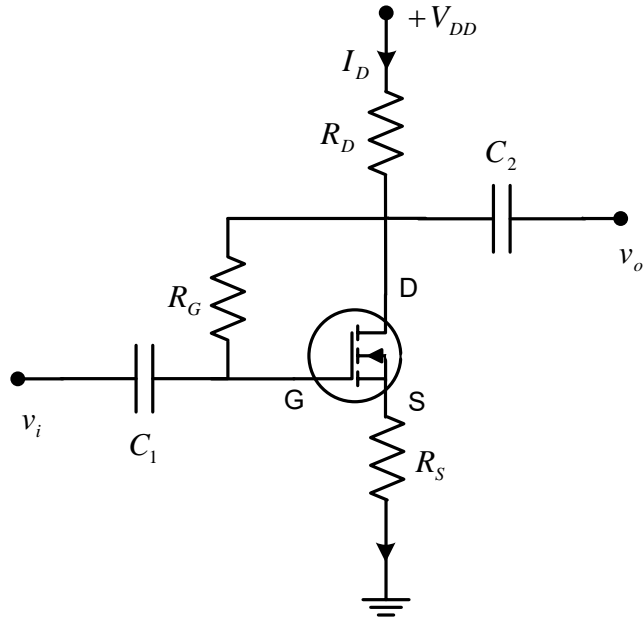
10. Aşağıdaki şekildeki p kanallı JFET devresinde I_D , V_{GS} , V_D , V_S ve V_{DS} değerlerini hesaplayınız. ($V_{DD} = -24V$, $R_D = 3k\Omega$, $R_S = 2k\Omega$, $R_G = 5M\Omega$, $V_p = 6V$, $I_{DSS} = 8mA$)



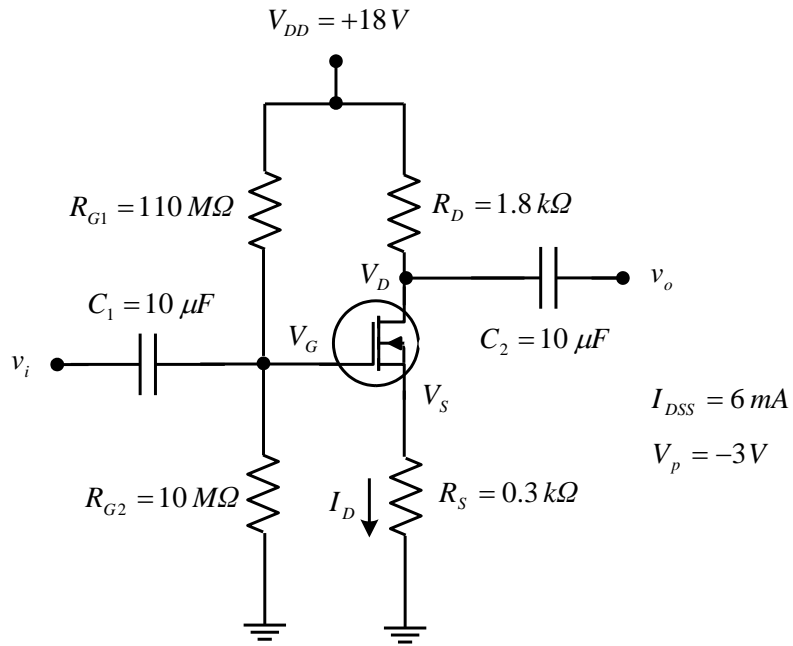
11. Aşağıdaki şekildeki n-kanallı kanal oluşturmali bir MOFSET kuvvetlendirici devresinde $V_{DD} = 12V$, $K = 0.5mA/V^2$, $R_D = 4k\Omega$, $R_G = 50M\Omega$, $C_1 = C_2 = 0.02\mu F$ ve $V_T = 4V$ olmak üzere I_D ve V_{DS} değerlerini bulunuz.



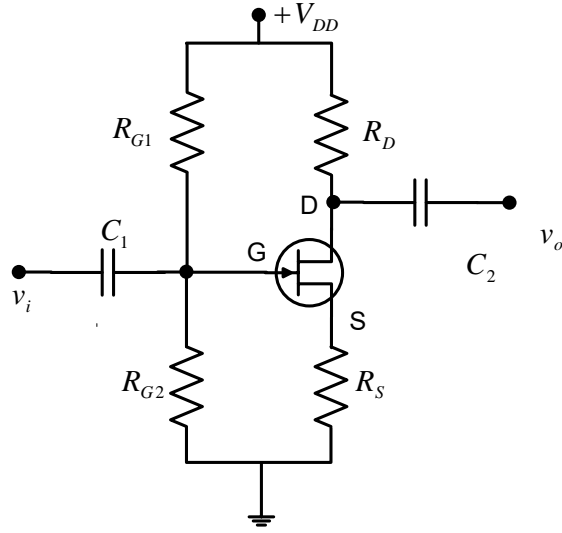
12. Aşağıdaki şekildeki n-kanallı kanal oluşturmali bir MOFSET kuvvetlendirici devresinde $V_{DD} = 8V$, $K = 0.4mA/V^2$, $R_D = 3k\Omega$, $R_S = 1k\Omega$, $R_G = 50M\Omega$, $C_1 = C_2 = 0.02\mu F$ ve $V_T = 2V$ olmak üzere I_D ve V_{DS} değerlerini bulunuz.



13. Aşağıdaki şekildeki n-kanallı kanal ayarlamalı MOSFET in transfer karakteristiğini çizerek V_{GS} , I_D ve V_{DS} değerlerini bulunuz.

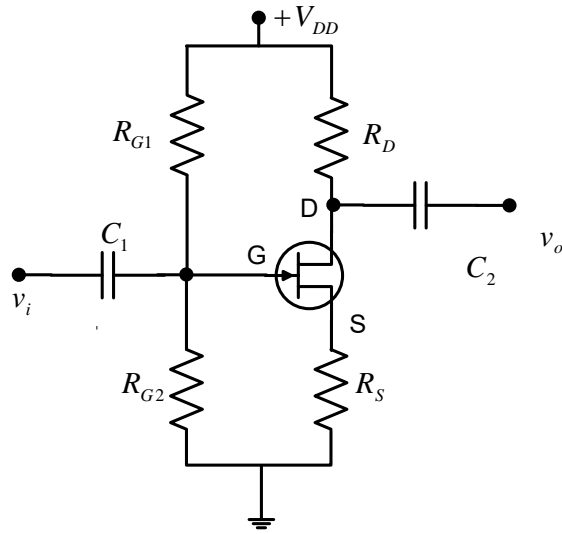


14. Aşağıdaki şekildeki n kanallı JFET devresinde I_{DSS} ve V_{DS} değerlerini bulunuz. ($V_{DD} = 20V$, $V_p = -3V$, $V_S = 6V$, $R_{G1} = 90 k\Omega$, $R_{G2} = 30 k\Omega$, $R_D = 1 k\Omega$, $R_S = 1.5 k\Omega$, $C_1 = C_2 = 10 \mu F$)



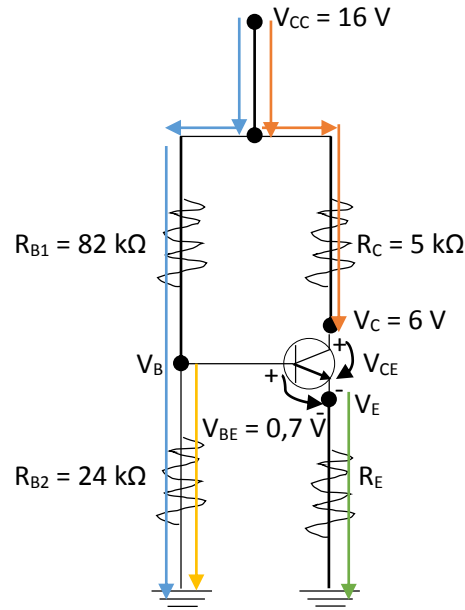
15. Aşağıdaki şekildeki n kanallı JFET devresinde ($V_{DD} = 20V$, $I_{DSS} = 10mA$, $V_p = -3.5V$, $R_{G1} = 910k\Omega$, $R_{G2} = 110k\Omega$, $R_D = 2.2k\Omega$, $R_S = 1.1k\Omega$, $C_1 = C_2 = 10\mu F$) olmak üzere;

- I_D ve V_{GS} değerlerini bulunuz.
- V_{DS} değerini bulunuz.
- Öngerilimleme noktasını $V_{GS} = -2V$ yapmak için R_S direncinin değeri ne olmalıdır?
- Akaç gerilimini 12 volta getirmek için R_D olmalıdır?



1)

a)



İlk olarak R_{B1} ve R_{B2} dirençleri üzerinden geçen akımı aynı akım olarak kabul ederek denklemleri yazmaya başlıyoruz.

$$V_{CC} = I(R_{B1} + R_{B2}) \quad \text{ve} \quad V_B = IR_{B2} \quad \Rightarrow$$

$$I = \frac{V_{CC}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{V_B}{R_{B2}} \Rightarrow \frac{16}{82 + 24} = \frac{V_B}{24} \Rightarrow V_B = 3,623 \text{ V}$$

Ardından V_{BE} değerini de bildiğimiz için V_E değerini bulabiliriz.

$$V_{BE} = V_B - V_E \Rightarrow V_E = V_B - V_{BE} = 3,623 - 0,7 = 2,923 \text{ V}$$

Artık R_E değerine ulaşmak için gereken iki değerden (V_E ve I_E) birini bulduk. Sırada I_E değerini bulmak var. I_E ile I_C yaklaşık olarak aynı değere sahip oldukları için $I_E = I_C$ diyebiliriz. Bu durumda I_C değerini bulmalıyız. Bunun için V_{CC} ve V_C arası gerilim değişimini kullanmalıyız.

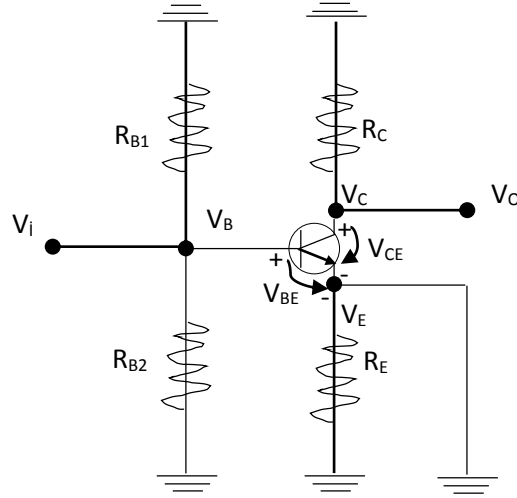
$$V_{CC} - V_C = I_C R_C \Rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C} = \frac{16 - 6}{5000} = 2 \text{ mA} = I_E$$

Gerekli tüm değerlere sahip olduğumuz için artık R_E değerini hesaplayabiliriz.

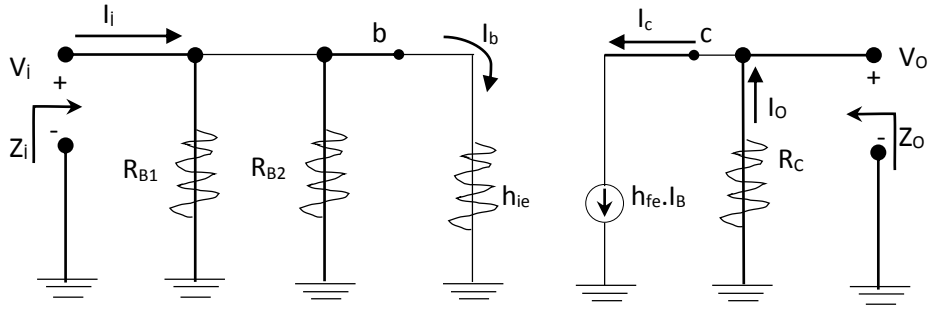
$$R_E = \frac{V_E}{I_E} = \frac{2,923}{0,002} = 1,4615 \text{ k}\Omega$$

b)

Öncelikle DC kaynakları ve kapasiteler devre dışı(kısa devre) kabul edilerek devre tekrar çizilir.



Devrenin son halinde E kısmındaki R_E direnci kısa devre olacağı için sonraki kısımlarda çıkartılır ve devrenin kalan kısmı çizilir. Devrenin yeni halini tekrar düzenleyerek transistörü açarsak:



h_{ie} direnç değeri r_e modelinde βr_e değerini alır. Bu nedenle öncelikle r_e değerini bulmalıyım.

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C} = \frac{16 - 6}{5000} = 2 \text{ mA} = I_E$$

$$r_e = \frac{26 \text{ mV}}{I_E} = \frac{26 \text{ mV}}{2 \text{ mA}} = 13 \Omega \Rightarrow h_{ie} = \beta r_e = 150.13 = 1950 \Omega = 1,95 \text{ k}\Omega$$

Z_i giriş empedansı R_{B1} R_{B2} ve h_{ie} dirençlerini görür ve bu dirençler birbirleri ile paraleldir. Bu nedenle Z_i empedansının değeri bu dirençlerin eş değer direnci olur.

$$R_{BB} = \frac{R_{B1} R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{82.24}{82 + 24} = \frac{1968}{106} = 18,566 \text{ k}\Omega$$

$$Z_i = \frac{R_{BB} h_{ie}}{R_{BB} + h_{ie}} = \frac{18,566 \cdot 1,95}{18,566 + 1,95} = \frac{36,2037}{20,516} = 1,765 \text{ k}\Omega$$

Z_o çıkış empedansı sadece R_C direncini görür. Bu nedenle Z_o empedansının değeri doğrudan R_C direncinin değerine eşit olur.

$$Z_o = R_C = 5 \text{ k}\Omega$$

A_v gerilim kazancı değeri giriş ve çıkış gerilimlerinin oranına eşit olur.

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{h_{fe} R_C}{h_{ie}} = -\frac{R_C}{r_e} = -\frac{5000}{13} = -384,615$$

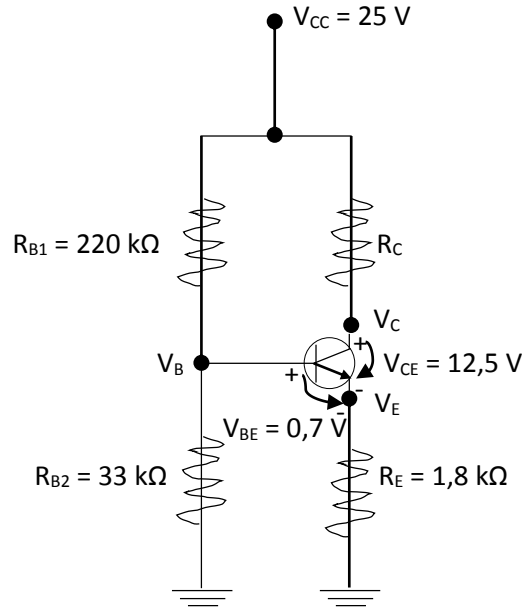
A_i akım kazancı değeri giriş ve çıkış akımlarının oranına eşit olur.

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} \Rightarrow I_i = I_b + I_{bb} = \frac{V_i}{h_{ie}} + \frac{V_i}{R_{BB}} = V_i \left(\frac{1}{h_{ie}} + \frac{1}{R_{BB}} \right) = h_{ie} I_b \left(\frac{h_{ie} + R_{BB}}{h_{ie} R_{BB}} \right) = I_b \left(\frac{h_{ie} + R_{BB}}{R_{BB}} \right) \Rightarrow I_o = I_C = h_{fe} I_b \Rightarrow$$

$$A_i = \frac{h_{fe} I_b}{I_b \left(\frac{h_{ie} + R_{BB}}{R_{BB}} \right)} = \frac{h_{fe} R_{BB}}{h_{ie} + R_{BB}} \Rightarrow R_{BB} \gg h_{ie} (R_{BB} \text{ } h_{ie}'den \text{ çok büyük bir değer}) \Rightarrow A_i = \frac{h_{fe} R_{BB}}{R_{BB}} = h_{fe} = \beta = 150$$

2)

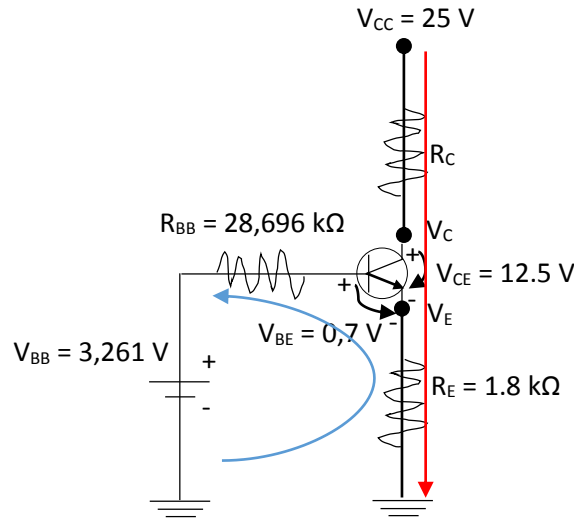
a)



İlk olarak R_{B1} ve R_{B2} dirençlerinin eşdeğer direncini (R_{BB}) ve eşdeğer gerilimini (V_{BB}) bularak başlıyoruz.

$$R_{BB} = \frac{R_{B1}R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{220 \cdot 33}{220 + 33} = \frac{7260}{253} = 28,696 \text{ k}\Omega$$

$$V_{BB} = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} = \frac{33}{220 + 33} 25 = \frac{825}{253} = 3,261 \text{ V}$$



Devremizi şekilde görüldüğü gibi çizdiğimiz zaman sırayla denklemleri yazıyoruz.

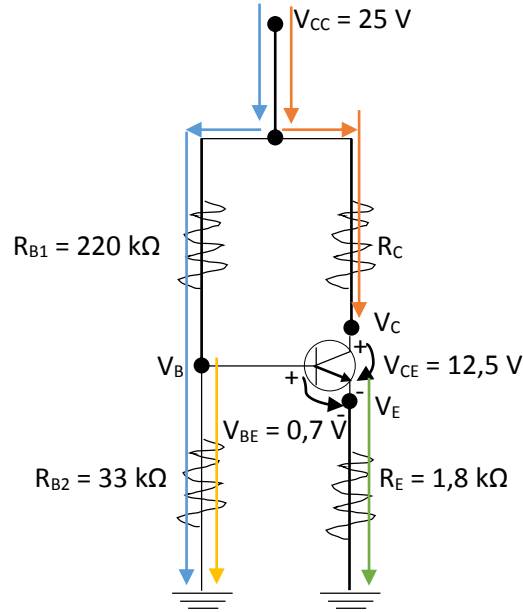
$$V_{BB} - I_E R_E - V_{BE} - I_B R_{BB} = 0 \Rightarrow I_E = I_B + I_C \Rightarrow I_C = \beta I_B \Rightarrow V_{BB} - V_{BE} = (1 + \beta) I_B R_E + I_B R_{BB}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{(1 + \beta) R_E + R_{BB}} = \frac{3,261 - 0,7}{(1 + 180) 1800 + 28696} = \frac{2,561}{354496} = 7,224 \mu A \quad I_C = \beta I_B = 180 \cdot 7,224 = 1300,32 \mu A = 1,30032 \text{ mA}$$

$$-V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E = 0 \Rightarrow (I_C \text{ ve } I_E \text{ nerdeyse birbirine eşit olduğu için } I_C \text{ alınır})$$

$$V_{CC} - V_{CE} = I_C (R_C + R_E) \Rightarrow 25 - 12,5 = 1,30032 (R_C + 1,8) \Rightarrow R_C + 1,8 = 9,613 \Rightarrow R_C = 7,813 \text{ k}\Omega$$

b)



İlk olarak R_{B1} ve R_{B2} dirençleri üzerinden geçen akımı aynı akım olarak kabul ederek denklemleri yazmaya başlıyoruz.

$$V_{CC} = I(R_{B1} + R_{B2}) \quad \text{ve} \quad V_B = IR_{B2} \quad \Rightarrow$$

$$I = \frac{V_{CC}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{V_B}{R_{B2}} \Rightarrow \frac{25}{220 + 33} = \frac{V_B}{33} \Rightarrow V_B = 3,261 \text{ V}$$

Ardından V_{BE} değerini de bildiğimiz için V_E değerini bulabiliriz. Ve devamında V_E değerini ve V_{CE} değerini kullanarak V_C değerini bulabiliriz.

$$V_{BE} = V_B - V_E \Rightarrow V_E = V_B - V_{BE} = 3,261 - 0,7 = 2,561 \text{ V}$$

$$V_{CE} = V_C - V_E \Rightarrow V_C = V_{CE} + V_E = 12,5 + 2,561 = 15,061 \text{ V}$$

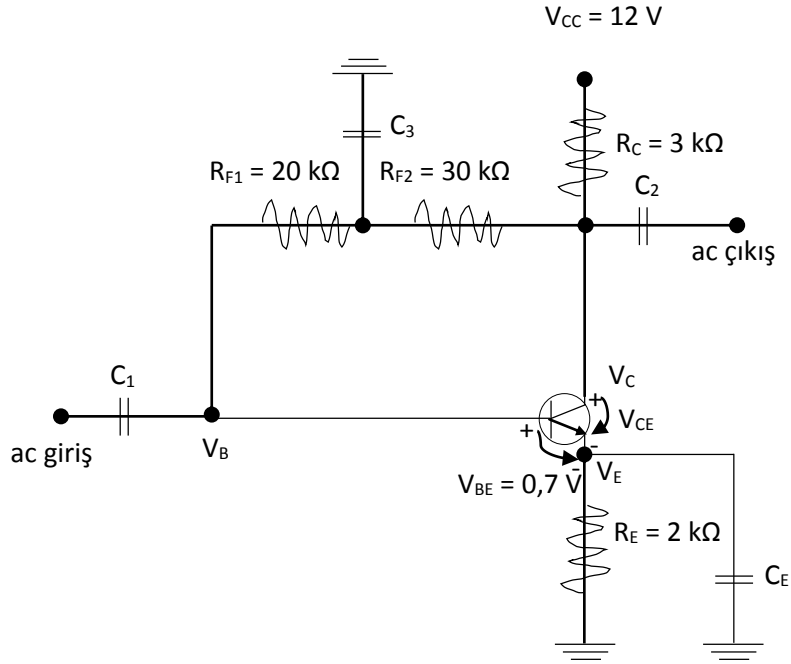
Artık R_C değerine ulaşmak için gereken iki değerden (V_C ve I_C) birini bulduk. Sırada I_C değerini bulmak var. I_E ile I_C yaklaşık olarak aynı değere sahip oldukları için $I_E = I_C$ diyebiliriz. Bu durumda I_E değerini bulmalıyız. Bunun için V_E gerilim değerini kullanmalıyız.

$$V_E = I_E R_E \Rightarrow I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{2,561}{1800} = 1,423 \text{ mA} = I_C$$

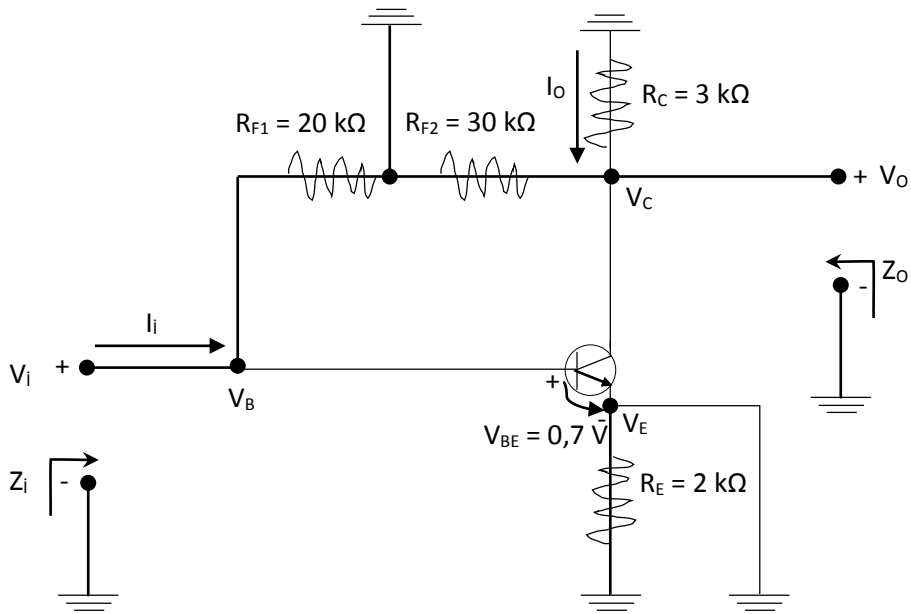
Gerekli tüm değerlere sahip olduğumuz için artık R_E değerini hesaplayabiliriz.

$$V_{CC} - V_C = I_C R_C \Rightarrow R_C = \frac{V_{CC} - V_C}{I_C} = \frac{25 - 15,061}{0,001423} = \frac{9,939}{0,001423} = 6,984 \text{ k}\Omega$$

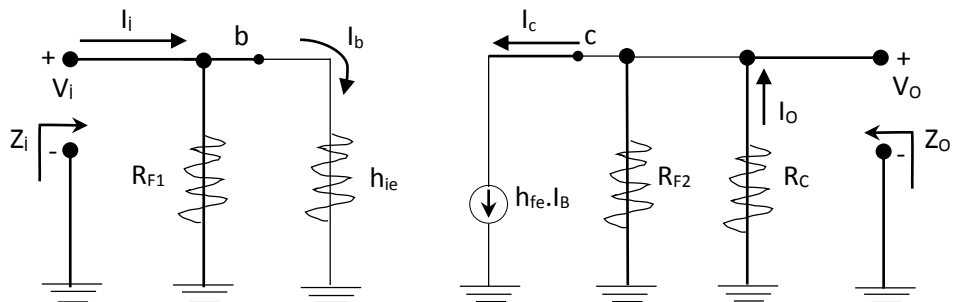
3)



Öncelikle DC kaynakları ve kapasiteler devre dışı(kısa devre) kabul edilerek devre tekrar çizilir.



Devrenin son halinde E kısmındaki R_E direnci kısa devre olacağı için sonraki kısımlarda çıkartılır ve devrenin kalan kısmı çizilir. Devrenin yeni halini tekrar düzenleyerek transistörü açarsak:



h_{ie} direnç değeri r_e modelinde βr_e değerini alır. Bu nedenle öncelikle r_e değerini bulmalıyım.

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{(R_{F1} + R_{F2}) + (\beta + 1)(R_C + R_E)} = \frac{12 - 0,7}{50 + 101,5} = \frac{11,3}{555} = 0,02 \text{ mA} \Rightarrow I_E = (\beta + 1)I_B = 101 \cdot 0,02 = 2,02 \text{ mA}$$

$$r_e = \frac{26 \text{ mV}}{I_E} = \frac{26 \text{ mV}}{2,02 \text{ mA}} = 12,871 \Omega \Rightarrow h_{ie} = \beta r_e = 100 \cdot 12,871 = 1287,1 \Omega = 1,2871 \text{ k}\Omega$$

Z_i giriş empedansı R_{F1} ve h_{ie} dirençlerini görür ve bu dirençler birbirleri ile paraleldir. Bu nedenle Z_i empedansının değeri bu dirençlerin eş değer direnci olur.

$$Z_i = \frac{R_{F1} h_{ie}}{R_{F1} + h_{ie}} = \frac{20 \cdot 1,287}{20 + 1,287} = \frac{25,74}{21,287} = 1,209 \text{ k}\Omega$$

Z_o çıkış empedansı sadece R_{F2} ve R_C dirençlerini görür ve bu dirençler birbirleri ile paraleldir. Bu nedenle Z_o empedansının değeri bu dirençlerin eş değer direnci olur.

$$Z_o = R' = \frac{R_{F2} R_C}{R_{F2} + R_C} = \frac{30 \cdot 3}{30 + 3} = \frac{90}{33} = 2,727 \text{ k}\Omega$$

A_v gerilim kazancı değeri giriş ve çıkış gerilimlerinin oranına eşit olur.

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{h_{fe} R'}{h_{ie}} = -\frac{R'}{r_e} = -\frac{2727}{12,871} = -211,872$$

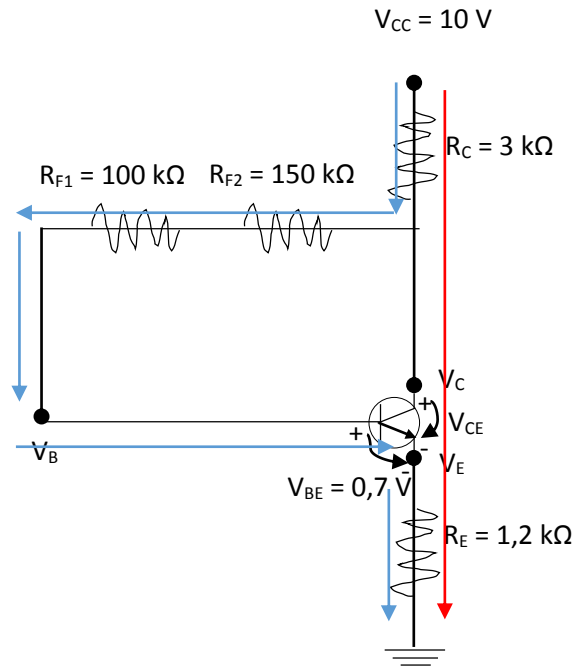
A_i akım kazancı değeri giriş ve çıkış akımlarının oranına eşit olur.

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} \Rightarrow I_i = I_b \frac{R_{F1} + h_{ie}}{R_{F1}} \Rightarrow I_o = I_b \frac{R_{F2} h_{fe}}{R_{F2} + R_C} \Rightarrow$$

$$A_i = \frac{\frac{R_{F2} h_{fe}}{R_{F2} + R_C}}{\frac{R_{F1} + h_{ie}}{R_{F1}}} = \frac{R_{F1} R_{F2} h_{fe}}{(R_{F2} + R_C)(R_{F1} + h_{ie})} = \frac{20 \cdot 30 \cdot 100}{33 \cdot 21,287} = \frac{60000}{702,471} = 85,413$$

4)

a)



Şekilde gösterildiği yönde denklemleri sırayla yazarsak:

$$V_{CC} - I_C R_C - I_B (R_{F1} + R_{F2}) - V_{BE} - I_E R_E = 0 \Rightarrow I_E = I_C = (\beta + 1) I_B \Rightarrow$$

$$V_{CC} - V_{BE} = (\beta + 1) I_B R_C + I_B (R_{F1} + R_{F2}) + (\beta + 1) I_B R_E \Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{(R_{F1} + R_{F2}) + (\beta + 1)(R_C + R_E)} =$$

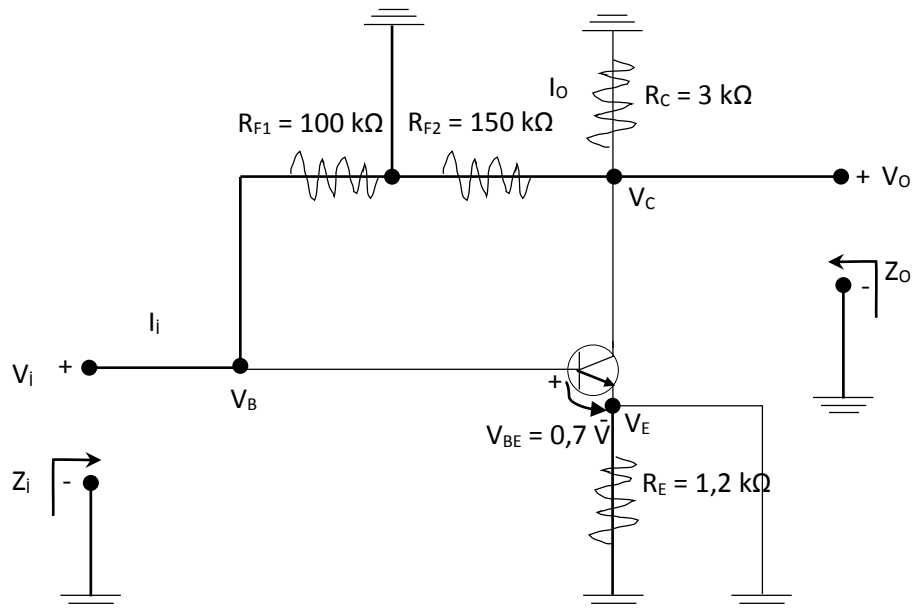
$$\frac{10 - 0,7}{250000 + 61.4200} = \frac{9,3}{506200} = 18,372 \mu A$$

$$I_C = I_E = (\beta + 1) I_B = 61.18,372 = 1120,692 \mu A = 1,120692 mA$$

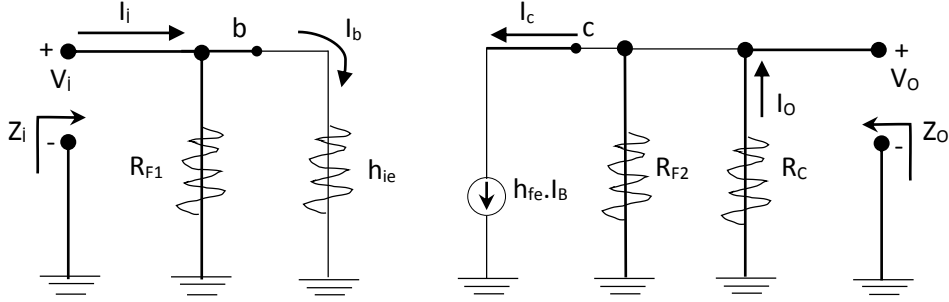
$$V_{CC} - I_C R_C - V_{CE} - I_E R_E = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E = 10 - 1,121.3 - 1,121.1,2 = 5,2918 V$$

b)

Öncelikle DC kaynakları ve kapasiteler devre dışı(kısa devre) kabul edilerek devre tekrar çizilir.



Devrenin son halinde E kısmındaki R_E direnci kısa devre olacağı için sonraki kısımlarda çıkartılır ve devrenin kalan kısmı çizilir. Devrenin yeni halini tekrar düzenleyerek transistörü açarsak:



h_{ie} direnç değeri r_e modelinde βr_e değerini alır. Bu nedenle öncelikle r_e değerini bulmalıyım.

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{(R_{F1} + R_{F2}) + (\beta + 1)(R_C + R_E)} = \frac{10 - 0,7}{250 + 61,4,2} = \frac{9,3}{506,2} = 18,372 \mu A \Rightarrow$$

$$I_E = (\beta + 1)I_B = 61.18,372 = 1120,692 \mu A = 1,121 mA$$

$$r_e = \frac{26mV}{I_E} = \frac{26mV}{1,121mA} = 23,194 \Omega \Rightarrow h_{ie} = \beta r_e = 60.23,194 = 1391,64 \Omega = 1,39164 k\Omega$$

Z_i giriş empedansı R_{F1} ve h_{ie} dirençlerini görür ve bu dirençler birbirleri ile paraleldir. Bu nedenle Z_i empedansının değeri bu dirençlerin eş değer direnci olur.

$$Z_i = \frac{R_{F1} h_{ie}}{R_{F1} + h_{ie}} = \frac{100 \cdot 1,392}{100 + 1,392} = \frac{139,2}{101,392} = 1,373 k\Omega$$

Z_o çıkış empedansı sadece R_{F2} ve R_C dirençlerini görür ve bu dirençler birbirleri ile paraleldir. Bu nedenle Z_o empedansının değeri bu dirençlerin eş değer direnci olur.

$$Z_o = R' = \frac{R_{F2} R_C}{R_{F2} + R_C} = \frac{150 \cdot 3}{150 + 3} = \frac{450}{153} = 2,941 k\Omega$$

A_v gerilim kazancı değeri giriş ve çıkış gerilimlerinin oranına eşit olur.

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{h_{fe} R'}{h_{ie}} = -\frac{R'}{r_e} = -\frac{2941}{23,194} = -126,757$$

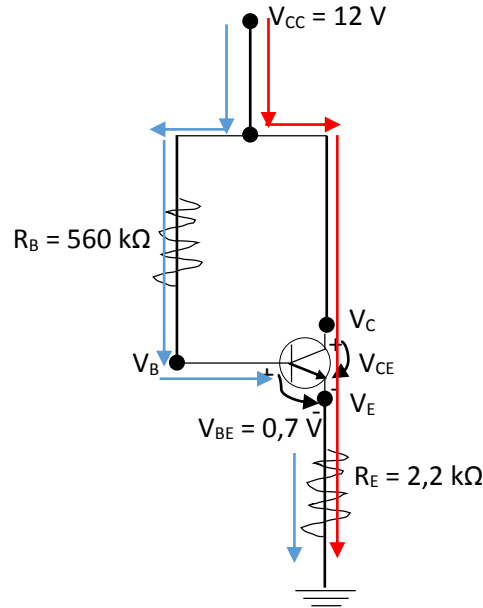
A_i akım kazancı değeri giriş ve çıkış akımlarının oranına eşit olur.

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} \Rightarrow I_i = I_b \frac{R_{F1} + h_{ie}}{R_{F1}} \Rightarrow I_o = I_b \frac{R_{F2} h_{fe}}{R_{F2} + R_C} \Rightarrow$$

$$A_i = \frac{\frac{R_{F2} h_{fe}}{R_{F2} + R_C}}{\frac{R_{F1} + h_{ie}}{R_{F1}}} = \frac{R_{F1} R_{F2} h_{fe}}{(R_{F2} + R_C)(R_{F1} + h_{ie})} = \frac{100.150.60}{153.101,392} = \frac{900000}{15512,976} = 58,016$$

5)

a)



Şekilde gösterildiği yönde denklemleri sırayla yazarsak:

$$V_{CC} - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E = 0 \Rightarrow I_E = I_C + I_B \Rightarrow I_C = \beta I_B$$

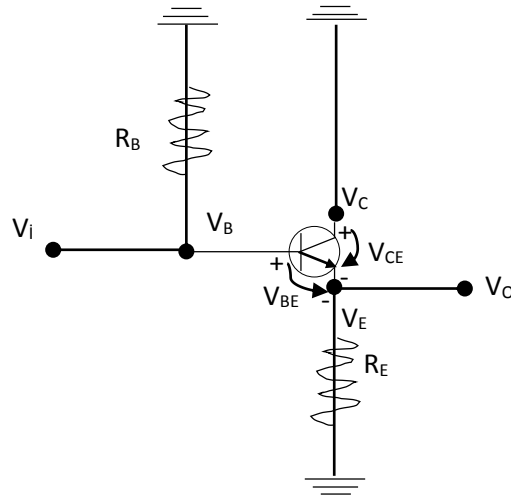
$$V_{CC} - V_{BE} = I_B R_B + (\beta + 1) I_B R_E \Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E} = \frac{12 - 0,7}{560000 + 101.2200} = \frac{11,3}{782200} = 14,464 \mu A$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \cdot 14,464 = 1,4464 \text{ mA} \Rightarrow I_E = (\beta + 1) I_B = 101 \cdot 14,464 = 1,460864 \text{ mA}$$

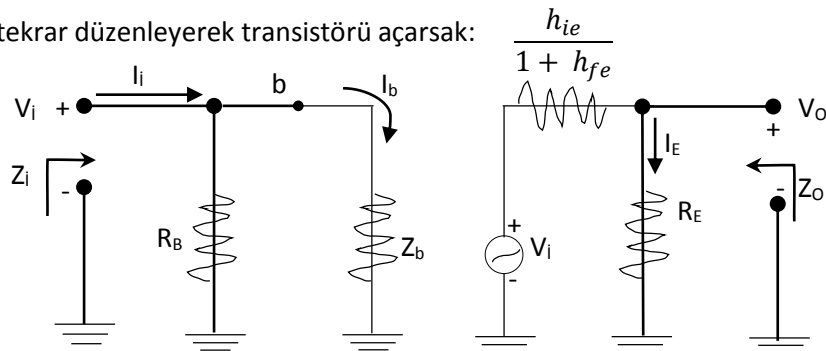
$$V_{CC} - V_{CE} - I_E R_E = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_E R_E = 12 - 1,461 \cdot 2,2 = 8,7792 \text{ V}$$

b)

Öncelikle DC kaynakları ve kapasiteler devre dışı(kısa devre) kabul edilerek devre tekrar çizilir.



Devrenin yeni halini tekrar düzenleyerek transistörü açarsak:



Burada gösterilen Z_b direncinin değeri h_{ie} ve R_E dirençlerinden geliyor ve şu şekilde ifade edilir:

$$Z_b = h_{ie} + (1 + h_{fe})R_E$$

h_{ie} direnç değeri r_e modelinde βr_e değerini alır. Bu nedenle öncelikle r_e değerini bulmalıyım.

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} = \frac{12 - 0,7}{560000 + 101.2200} = \frac{11,3}{782200} = 14,464 \mu A \Rightarrow$$

$$I_E = (\beta + 1)I_B = 101.14,464 = 1460,864 \mu A = 1,460864 mA$$

$$r_e = \frac{26mV}{I_E} = \frac{26mV}{1,461mA} = 17,796\Omega \Rightarrow h_{ie} = \beta r_e = 100.17,796 = 1779,6 \Omega = 1,7796 k\Omega$$

$$Z_b = 1,78 + 101.2,2 = 223,98 k\Omega$$

Z_i giriş empedansı R_B ve Z_b dirençlerini görür ve bu dirençler birbirleri ile paraleldir. Bu nedenle Z_i empedansının değeri bu dirençlerin eş değer direnci olur.

$$Z_i = \frac{R_B Z_b}{R_B + Z_b} = \frac{560 \cdot 223,98}{560 + 223,98} = \frac{125428,8}{783,98} = 159,99 k\Omega$$

Z_o çıkış empedansı sadece R_E ve $h_{ie}/(1+h_{fe})$ dirençlerini görür ve bu dirençler birbirleri ile paraleldir. Bu nedenle Z_o empedansının değeri bu dirençlerin eş değer direnci olur.

$$Z_o = \frac{R_E \frac{h_{ie}}{1 + h_{fe}}}{R_E + \frac{h_{ie}}{1 + h_{fe}}} = \frac{2,2 \cdot \frac{1,78}{101}}{2,2 + \frac{1,78}{101}} = \frac{0,038772}{2,217623} = 0,017484 k\Omega = 17,484 \Omega$$

A_v gerilim kazancı değeri giriş ve çıkış gerilimlerinin oranına eşit olur.

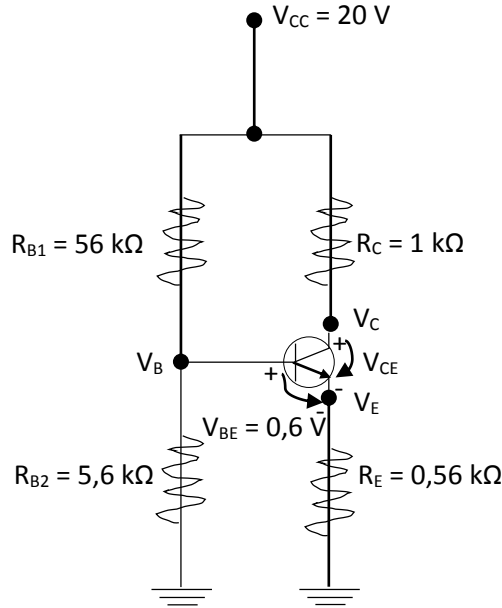
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{I_E R_E}{I_B Z_b} = \frac{(1 + h_{fe})I_B R_E}{I_B Z_b} = \frac{(1 + h_{fe})R_E}{Z_b} = \frac{101.2,2}{223,98} = 0,992$$

A_i akım kazancı değeri giriş ve çıkış akımlarının oranına eşit olur.

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} \Rightarrow I_i = I_b \frac{R_B + Z_b}{R_B} \Rightarrow I_o = I_E = (1 + h_{fe})I_b \Rightarrow$$

$$A_i = \frac{1 + h_{fe}}{\frac{R_B + Z_b}{R_B}} = \frac{R_B(1 + h_{fe})}{R_B + Z_b} = \frac{560.101}{560 + 223,98} = \frac{56560}{783,98} = 72,145$$

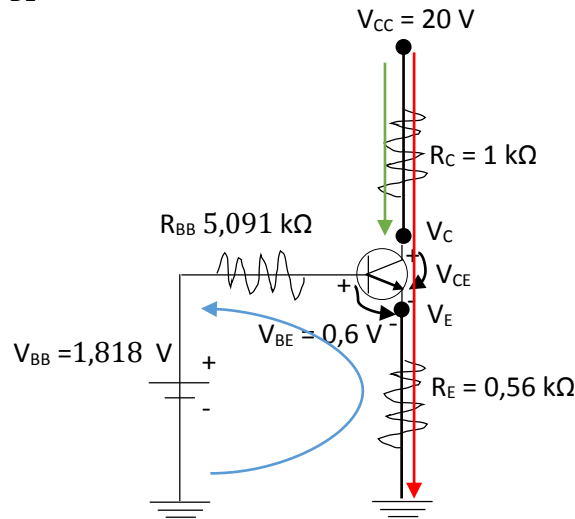
- 6) Devre şekli aslında ilk sorularda çözdüğümüz devrenin farklı bir gösterimi ilk iş olarak bildiğimiz şekline a) getirirsek şu şekilde olur.



Bu soruyu yaklaşık analiz veya tam analiz yaparak çözebiliriz. Ben sorularda tam analiz örneği olarak sadece bir soru olduğu için tam analiz yapmayı tercih ettim. İlk olarak R_{B1} ve R_{B2} dirençlerinin eşdeğer direncini (R_{BB}) ve eşdeğer gerilimini (V_{BB}) bularak başlıyoruz.

$$R_{BB} = \frac{R_{B1}R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{56 \cdot 5,6}{56 + 5,6} = \frac{313,6}{61,6} = 5,091 \text{ k}\Omega$$

$$V_{BB} = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} = \frac{5,6}{56 + 5,6} 20 = \frac{112}{61,6} = 1,818 \text{ V}$$



Devremizi şekilde görüldüğü gibi çizdiğimiz zaman sırayla denklemleri yazıyoruz.

$$V_{BB} - I_E R_E - V_{BE} - I_B R_{BB} = 0 \Rightarrow I_E = I_B + I_C \Rightarrow I_C = \beta I_B \Rightarrow V_{BB} - V_{BE} = (1 + \beta) I_B R_E + I_B R_{BB}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{(1 + \beta) R_E + R_{BB}} = \frac{1,818 - 0,6}{(1 + 100) 560 + 5091} = \frac{1,218}{61651} = 19,756 \mu A \quad I_C = \beta I_B = 100 \cdot 19,756 = 1975,6 \mu A = 1,9756 \text{ mA}$$

$$-V_{CC} + I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E = 0 \Rightarrow (I_C \text{ ve } I_E \text{ nerdeyse birbirine eşit olduğu için } I_C \text{ alınır})$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E) \Rightarrow V_{CE} = 20 - 1,9756(1 + 0,56) \Rightarrow V_{CE} = 16,918 \text{ V}$$

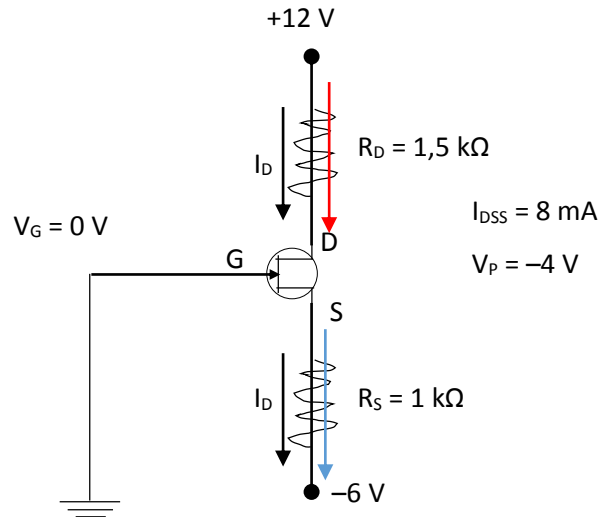
$$V_{CC} - V_C = I_C R_C \Rightarrow (\text{İki düğüm arasındaki gerilim farkı düğümler arasındaki elemanların gerilimine eşittir})$$

$$V_C = V_{CC} - I_C R_C \Rightarrow V_C = 20 - 1,9756 \cdot 1 = 18,0244 \text{ V}$$

$$V_{CE} = V_C - V_E \Rightarrow V_E = V_C - V_{CE} \Rightarrow V_E = 18,0244 - 16,918 = 1,1064 \text{ V}$$

(Bu soruda I_B ve I_C akımlarını bulduktan sonra gerilim değerleri farklı sora ve formüller ile bulunabilir. Ben bunlardan sadece birini

7)



$$V_S + 6 = I_D R_S \Rightarrow V_{GS} = V_G - V_S = 0 - V_S = -V_S \Rightarrow$$

$$V_{GS} = 6 - I_D R_S = 6 - I_D$$

I_D (mA)	V_{GS} (V)
0	6
6	0

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 = 8 \left(1 + \frac{V_{GS}}{4} \right)^2$$

V_{GS} (V)	I_D (mA)
0	8
-1,2	4
-2	2
-4	0

Kesişme noktaları alındığında: $I_{DQ} = 6,417 \text{ mA}$ $V_{GSQ} = -0,417 \text{ V}$

$$V_S + 6 = I_D R_S \Rightarrow V_S + 6 = 6,417 \Rightarrow$$

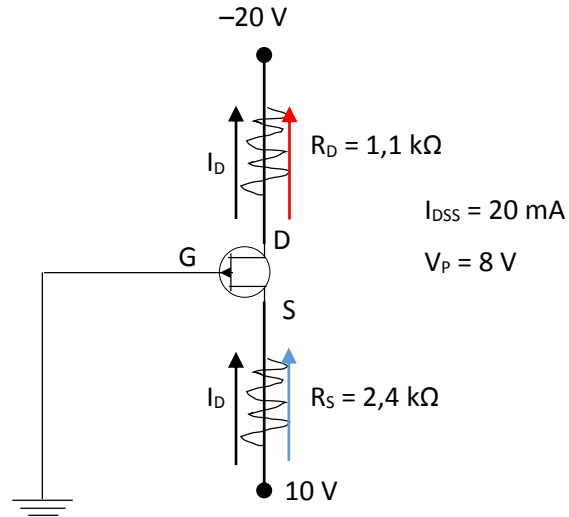
$$V_S = -V_{GS} = 0,417 \text{ V}$$

$$12 - V_D = I_D R_D \Rightarrow 12 - V_D = 6,417 \cdot 1,5 = 9,6255 \Rightarrow$$

$$V_D = 2,3745 \text{ V}$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = 2,3745 - 0,417 = 1,9575 \text{ V}$$

8)



$$10 - V_S = I_D R_S \Rightarrow V_{GS} = V_G - V_S = 0 - V_S = -V_S \Rightarrow$$

$$V_{GS} = I_D R_S - 10 = 2.4 \cdot I_D - 10$$

I_D (mA)	V_{GS} (V)
0	-10
4,167	0

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 = 20 \left(1 - \frac{V_{GS}}{8}\right)^2$$

V_{GS} (V)	I_D (mA)
0	20
2,4	10
4	5
8	0

Kesişme noktaları alındığında: $I_{DQ} = 5,718 \text{ mA}$ $V_{GSQ} = 3,7232 \text{ V}$

$$10 - V_S = I_D R_S \Rightarrow 10 - V_S = 2.4 \cdot 5,718 \Rightarrow$$

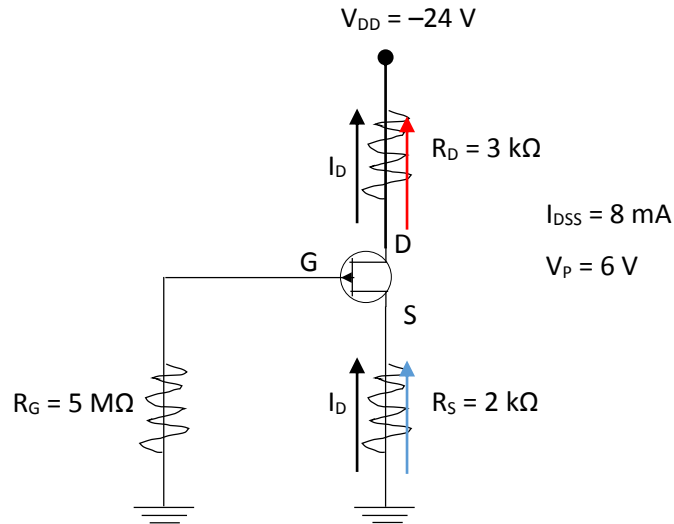
$$V_S = -V_{GS} = -3,7232 \text{ V}$$

$$V_D + 20 = I_D R_D \Rightarrow V_D + 20 = 5,718 \cdot 1.1 = 6,2898 \Rightarrow$$

$$V_D = -13,7102 \text{ V}$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = -13,7102 + 3,7232 = -9,987 \text{ V}$$

9)



Devre üzerinde görülen R_G direncinin üzerinden direnç değeri çok büyük olduğu için akım geçmediği kabul edilir. Bu nedenle V_G gerilimi tekrardan 0 olur. Önceki sorularda yaptığımız işlemleri tekrarlayalım.

$$-V_S = I_D R_S \Rightarrow V_{GS} = V_G - V_S = 0 - V_S = -V_S \Rightarrow$$

$$V_{GS} = I_D R_S = 2 \cdot I_D$$

I_D (mA)	V_{GS} (V)
0	0
3	6

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 = 8 \left(1 - \frac{V_{GS}}{6}\right)^2$$

V_{GS} (V)	I_D (mA)
0	8
1,8	4
3	2
6	0

Kesişme noktaları alındığında: $I_{DQ} = 1,641 \text{ mA}$ $V_{GSQ} = 3,282 \text{ V}$

$$-V_S = I_D R_S \Rightarrow -V_S = 2,1,641 \Rightarrow$$

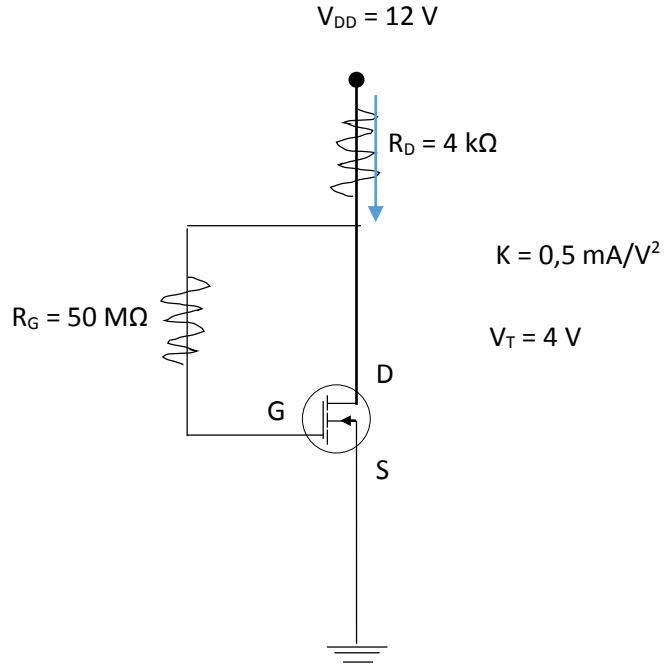
$$V_S = -V_{GS} = -3,282 \text{ V}$$

$$V_D + 24 = I_D R_D \Rightarrow V_D + 24 = 1,641 \cdot 3 = 4,923 \Rightarrow$$

$$V_D = -19,077 \text{ V}$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = -19,077 + 3,282 = -15,795 \text{ V}$$

10)



Devre üzerinde görülen R_G direncinin üzerinden direnç değeri çok büyük olduğu için akım geçmediği kabul edilir. Bu nedenle V_G gerilimi arada bir gerilim değişimi olmadığı için V_D değerine eşit olur. Yani $V_D = V_G$ ve $V_S = 0$ olduğu için $V_{DS} = V_{GS}$ olur.

$$V_{DD} - V_D = I_D R_D \Rightarrow V_{DS} = V_D - V_S = V_D - 0 = V_D \Rightarrow$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D = 12 - 4 \cdot I_D$$

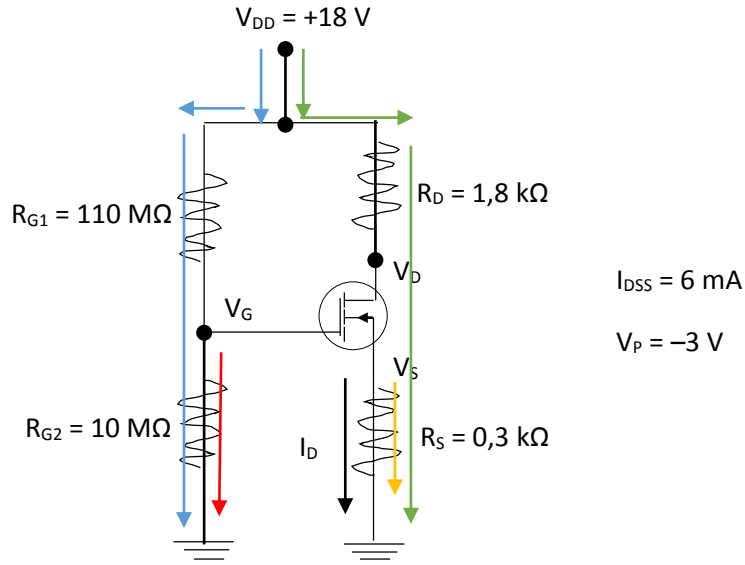
I_D (mA)	V_{DS} (V)
0	12
3	0

$$I_D = K(V_{GS} - V_T)^2 = K(V_{DS} - V_T)^2 = 0,5(V_{DS} - 4)^2$$

V_{DS} (V)	I_D (mA)
4	0
6	2
8	8
10	18

Kesişme noktaları alındığında: $I_{DQ} = 1,559 \text{ mA}$ $V_{DSQ} = 5,766 \text{ V}$

11)



Öncelikle devre üzerinde görülen V_G gerilimini hesaplamalıyız. Bunun için şekilde gösterilen denklemler yazılmalıdır.

$$\frac{V_{DD}}{R_{G1} + R_{G2}} = I_G \Rightarrow \frac{V_G}{R_{G2}} = I_G \Rightarrow \frac{V_{DD}}{R_{G1} + R_{G2}} = \frac{V_G}{R_{G2}} \Rightarrow V_G = \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} V_{DD} = \frac{10}{110 + 10} 18 = 1,5 V$$

Buradan sonra önceki sorularda yaptığımız işlemleri tekrarlayalım.

$$V_S = I_D R_S \Rightarrow V_{GS} = V_G - V_S \Rightarrow V_{GS} = V_G - I_D R_S = 1,5 - 0,3 I_D$$

I_D (mA)	V_{GS} (V)
0	1,5
5	0

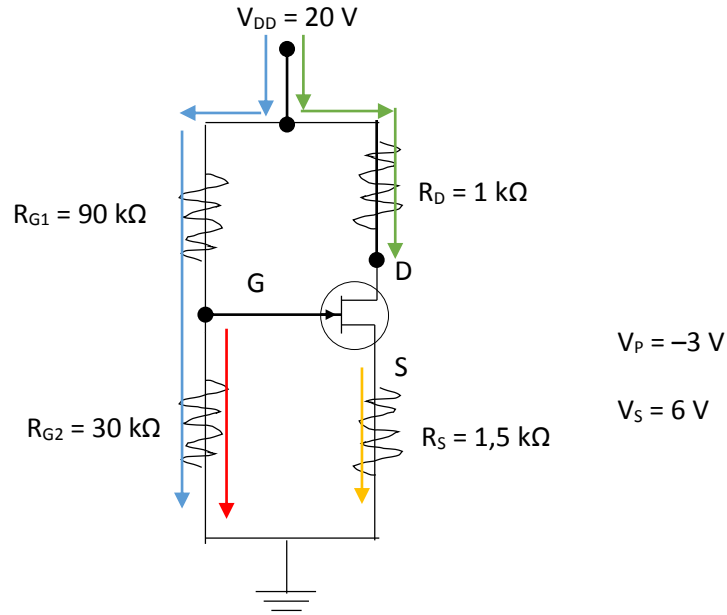
$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)^2 = 6 \left(1 + \frac{V_{GS}}{3} \right)^2$$

V_{GS} (V)	I_D (mA)
1,2	12
0	6
-0,9	3
-1,5	1,5
-3	0

Kesişme noktaları alındığında: $I_{DQ} = 5,5 \text{ mA}$ $V_{GSQ} = -0,15 \text{ V}$

$$V_{DD} - I_D R_D - V_{DS} - I_D R_S = 0 \Rightarrow V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D - I_D R_S = 18 - 5,5 \cdot 1,8 - 5,5 \cdot 0,3 \Rightarrow V_{DS} = 6,45 \text{ V}$$

12)



Öncelikle I_{DSS} değerini hesaplayabilmek için bana V_{GS} ve I_D değerleri gerekiyor ve V_{GS} değerini hesaplamak için V_G ile V_S gerilimlerini bilmemiz gerekiyor. Bu nedenle ilk olarak devre üzerinde görülen V_G gerilimini hesaplamalıyız. Bunun için şekilde gösterilen denklemler yazılmalıdır.

$$\frac{V_{DD}}{R_{G1} + R_{G2}} = I_G \Rightarrow \frac{V_G}{R_{G2}} = I_G \Rightarrow$$

$$\frac{V_{DD}}{R_{G1} + R_{G2}} = \frac{V_G}{R_{G2}} \Rightarrow V_G = \frac{R_{G2}}{R_{G1} + R_{G2}} V_{DD} = \frac{30}{90 + 30} 20 = 5 V$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = 5 - 6 = -1 V$$

Artık değerlerden birini bulduk. I_D akımını bulmak için şekilde gösterilen denklem yazılır.

$$V_S = I_D R_S \Rightarrow 6 = 1.5 \cdot I_D \Rightarrow$$

$$I_D = 4 mA$$

Tüm değerlere sahip olduğum için artık I_{DSS} değerini bulabilirim.

$$I_D = I_{DSS} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2 \Rightarrow I_{DSS} = \frac{I_D}{\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2} = \frac{4}{\left(1 - \frac{1}{3}\right)^2} = \frac{4}{\left(\frac{2}{3}\right)^2} = \frac{4}{\frac{4}{9}} = 9 mA$$

Soruda istenen son değerim V_{DS} değeri ve onu bulmak için V_D ile V_S gerilimlerini bilmemiz gerekiyor.

$$V_{DD} - V_D = I_D R_D \Rightarrow V_D = V_{DD} - I_D R_D = 20 - 4.1 = 16 V$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = 16 - 6 = 10 V$$