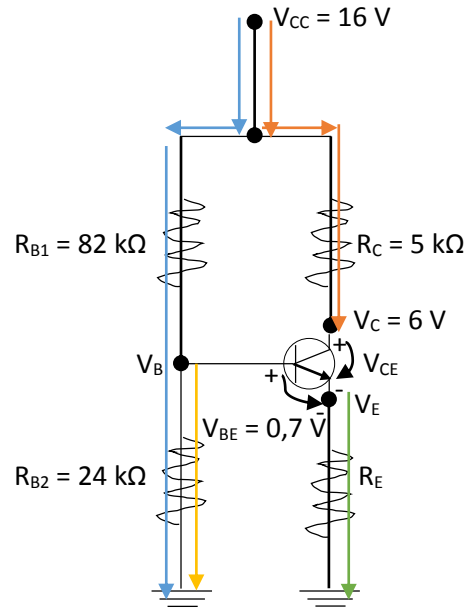


1)

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.

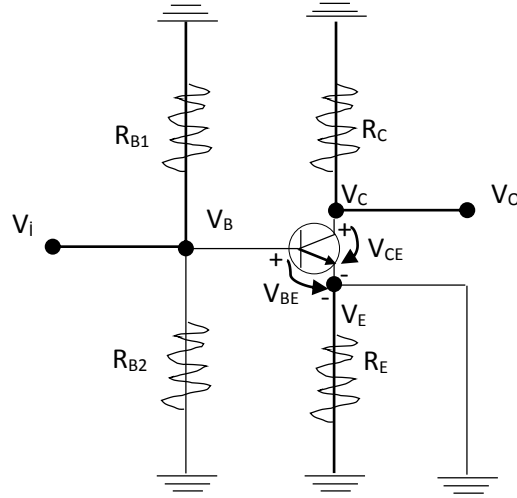
$$V_{CC} - V_C = I_C R_C \Rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C} = \frac{16 - 6}{5000} = 2 \text{ mA} = I_E$$

Gerekli tüm değerlere sahip olduğumuz için artık  $R_E$  değerini hesaplayabiliriz.

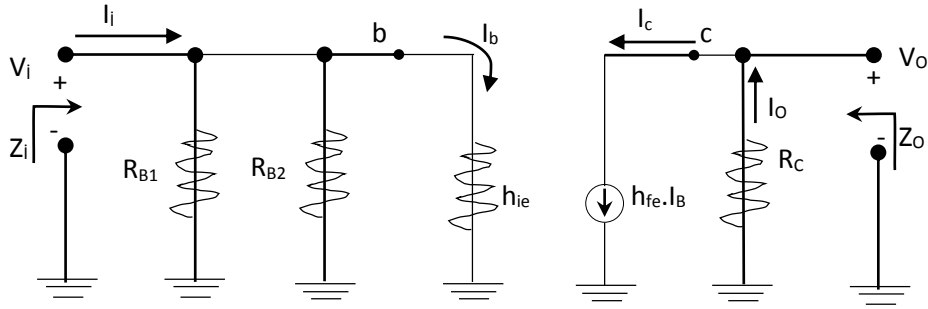
$$R_E = \frac{V_E}{I_E} = \frac{2,923}{0,002} = 1,4615 \text{ k}\Omega$$

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  $\beta r_e$  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.

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

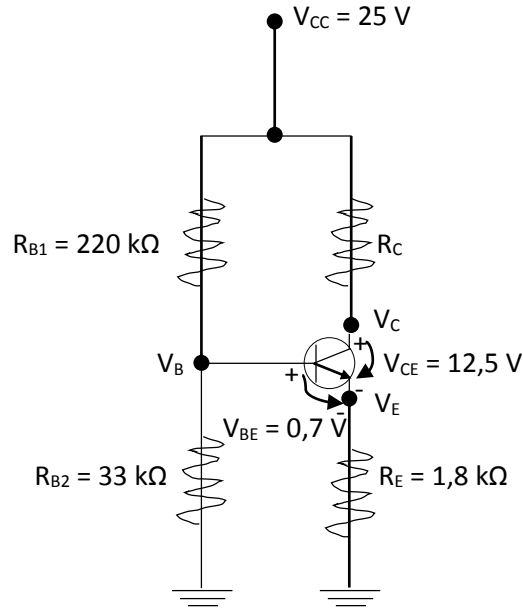
$A_i$  akım kazancı değeri giriş ve çıkış akımlarının oranına eşit olur.

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

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

2)

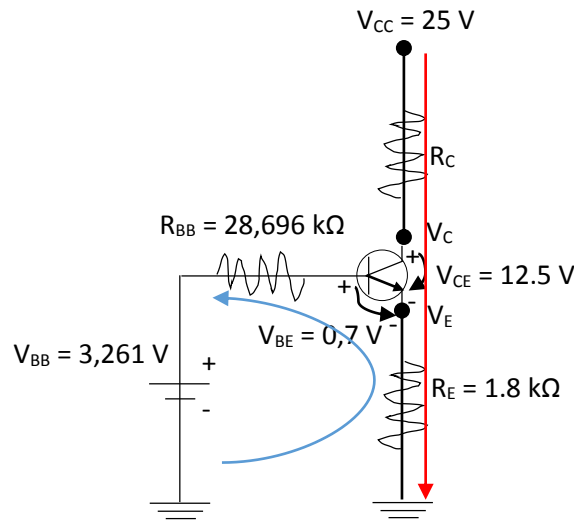
a)



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.

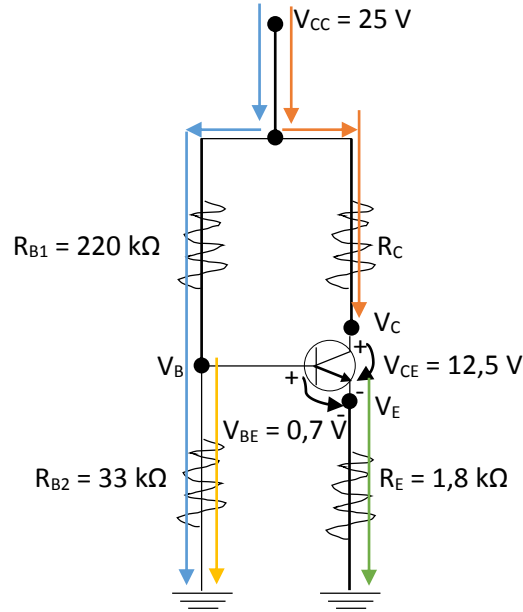
$$V_{BB} - I_E R_E - V_{BE} - I_B R_{BB} = 0 \Rightarrow I_E = I_B + I_C \Rightarrow I_C = \beta I_B \Rightarrow V_{BB} - V_{BE} = (1 + \beta) I_B R_E + I_B R_{BB}$$

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

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

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

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.

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

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

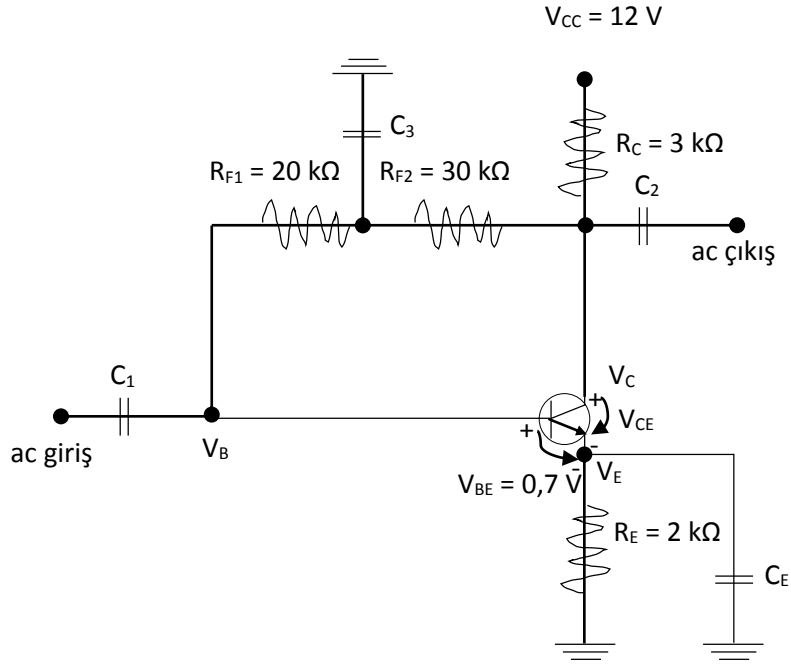
Artık  $R_C$  değerine ulaşmak için gereken iki değerden ( $V_C$  ve  $I_C$ ) birini bulduk. Sırada  $I_C$  değerini bulmak var.  $I_E$  ile  $I_C$  yaklaşık olarak aynı değere sahip oldukları için  $I_E = I_C$  diyebiliriz. Bu durumda  $I_E$  değerini bulmalıyız. Bunun için  $V_E$  gerilim değerini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

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

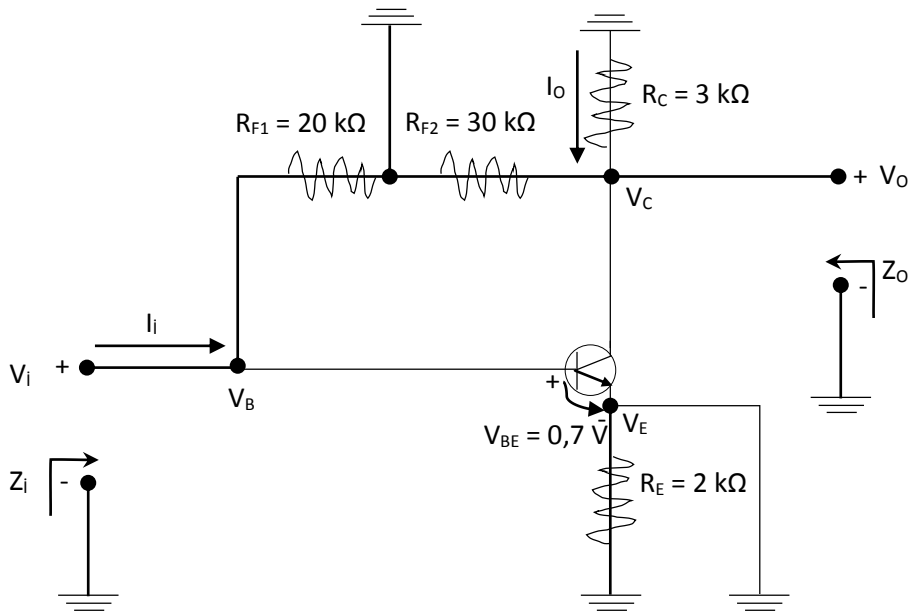
Gerekli tüm değerlere sahip olduğumuz için artık  $R_E$  değerini hesaplayabiliriz.

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

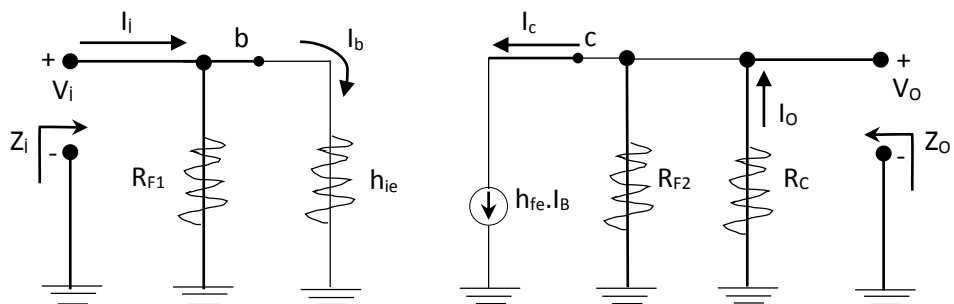
3)



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  $\beta r_e$  değerini alır. Bu nedenle öncelikle  $r_e$  değerini bulmalıyım.

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

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

$Z_i$  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.

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

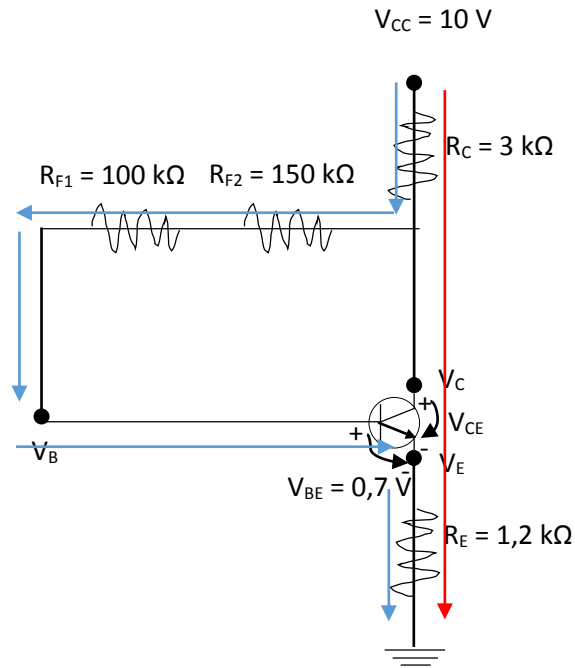
$A_i$  akım kazancı değeri giriş ve çıkış akımlarının oranına eşit olur.

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

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

4)

a)



Şekilde gösterildiği yönde denklemleri sırayla yazarsak:

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

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

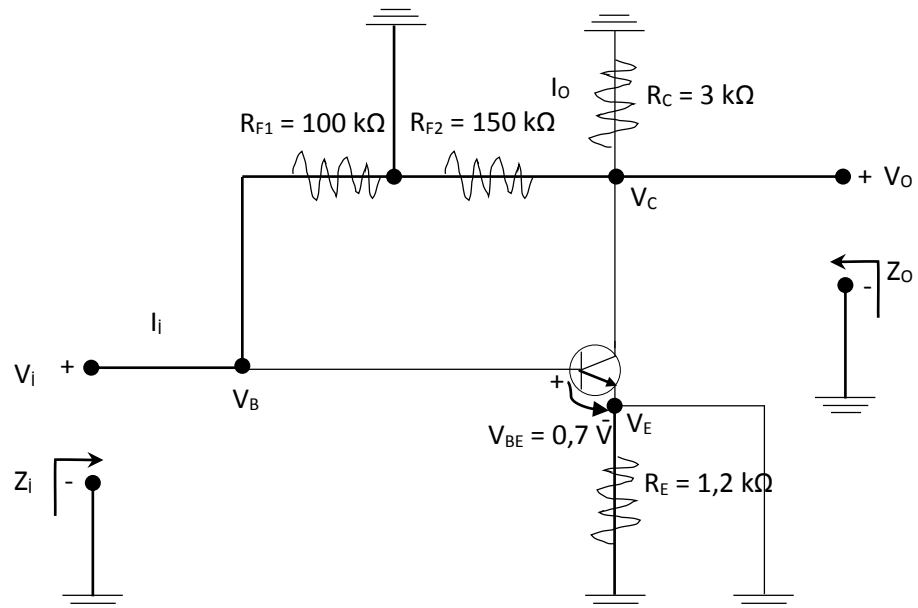
$$\frac{10 - 0,7}{250000 + 61.4200} = \frac{9,3}{506200} = 18,372 \mu A$$

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

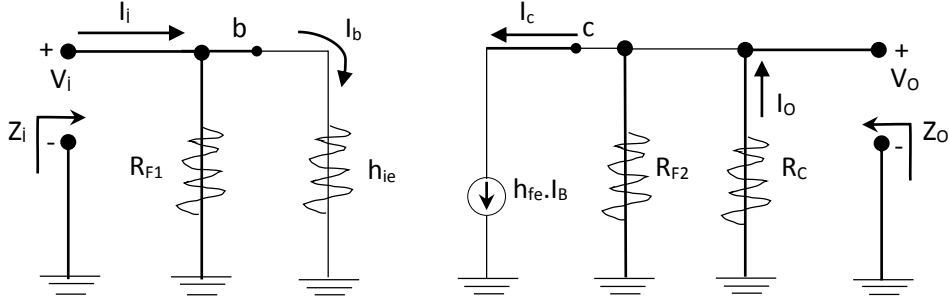
$$V_{CC} - I_C R_C - V_{CE} - I_E R_E = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - I_E R_E = 10 - 1,121.3 - 1,121.1,2 = 5,2918 V$$

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  $\beta r_e$  değerini alır. Bu nedenle öncelikle  $r_e$  değerini bulmalıyım.

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{(R_{F1} + R_{F2}) + (\beta + 1)(R_C + R_E)} = \frac{10 - 0,7}{250 + 614,2} = \frac{9,3}{506,2} = 18,372 \mu A \Rightarrow$$

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

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

$Z_i$  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.

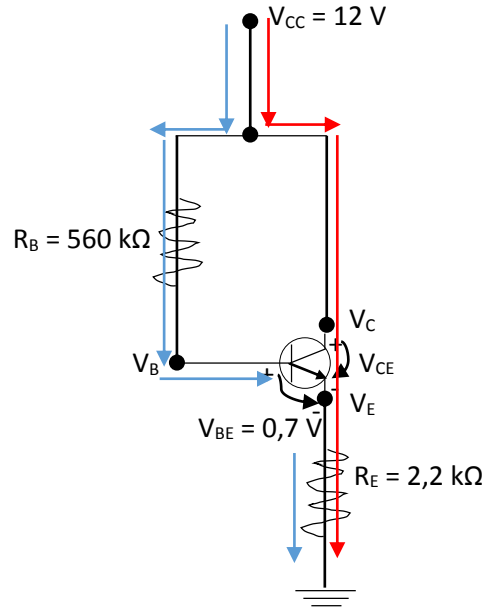
$$A_i = \frac{I_o}{I_i} \Rightarrow I_i = I_b \frac{R_{F1} + h_{ie}}{R_{F1}} \Rightarrow I_o = I_b \frac{R_{F2} h_{fe}}{R_{F2} + R_C} \Rightarrow$$

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



5)

a)



Şekilde gösterildiği yönde denklemleri sırayla yazarsak:

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

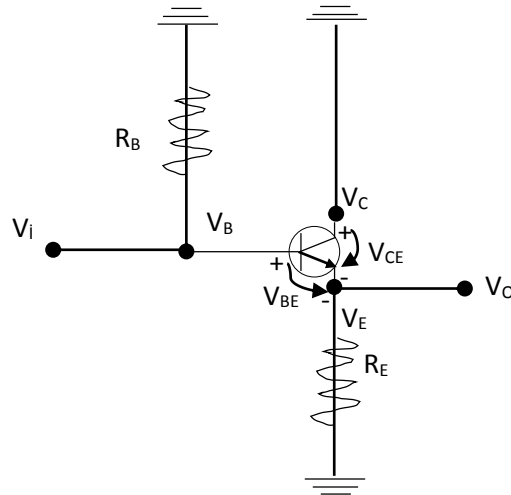
$$V_{CC} - V_{BE} = I_B R_B + (\beta + 1) I_B R_E \Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E} = \frac{12 - 0,7}{560000 + 101.2200} = \frac{11,3}{782200} = 14,464 \mu A$$

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

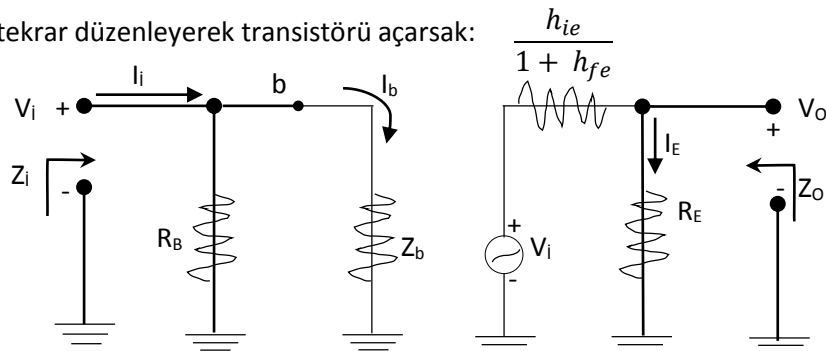
$$V_{CC} - V_{CE} - I_E R_E = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_E R_E = 12 - 1,461 \cdot 2,2 = 8,7792 \text{ V}$$

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  $\beta r_e$  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.

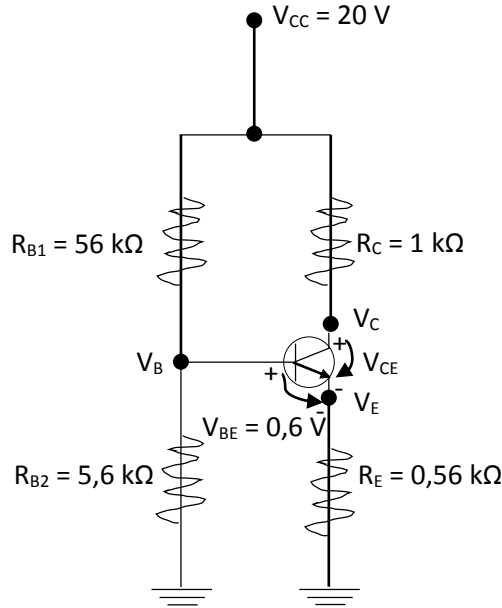
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{I_E R_E}{I_B Z_b} = \frac{(1 + h_{fe})I_B R_E}{I_B Z_b} = \frac{(1 + h_{fe})R_E}{Z_b} = \frac{101.2,2}{223,98} = 0,992$$

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

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

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

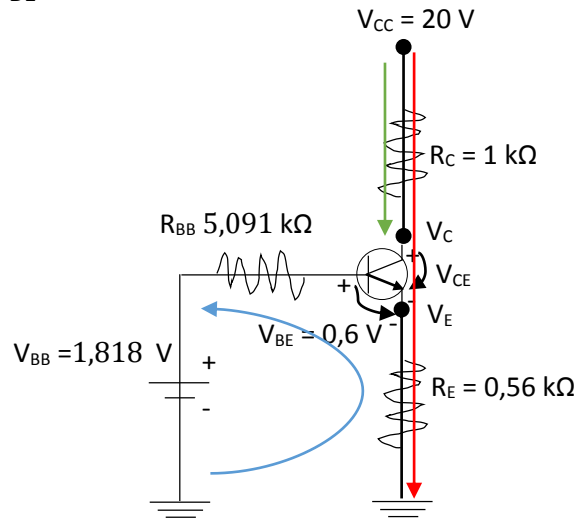
- 6) Devre şekli aslında ilk sorularda çözdüğümüz devrenin farklı bir gösterimi ilk iş olarak bildiğimiz şekline a) getirirsek şu şekilde olur.



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.

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

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

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

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

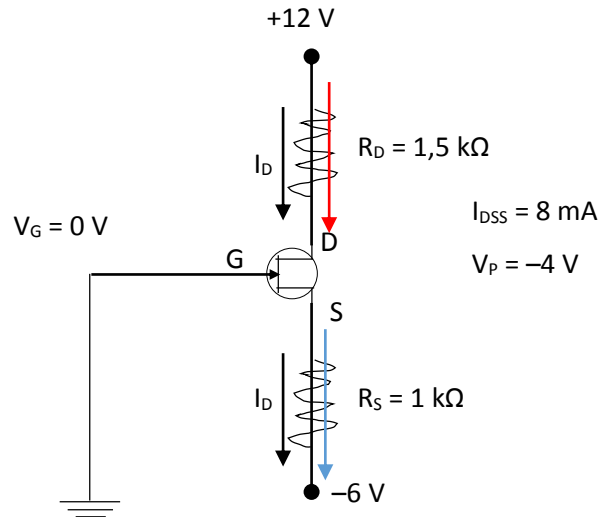
$$V_{CC} - V_C = I_C R_C \Rightarrow (\text{İki düğüm arasındaki gerilim farkı düğümler arasındaki elemanların gerilimine eşittir})$$

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

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

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

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

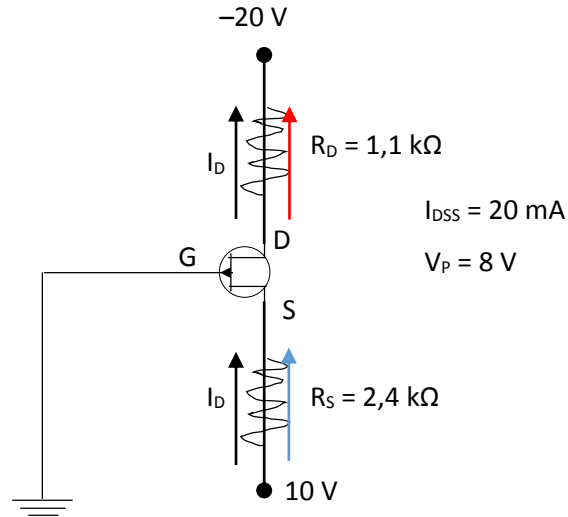
$$V_S = -V_{GS} = 0,417 \text{ V}$$

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

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

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

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

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

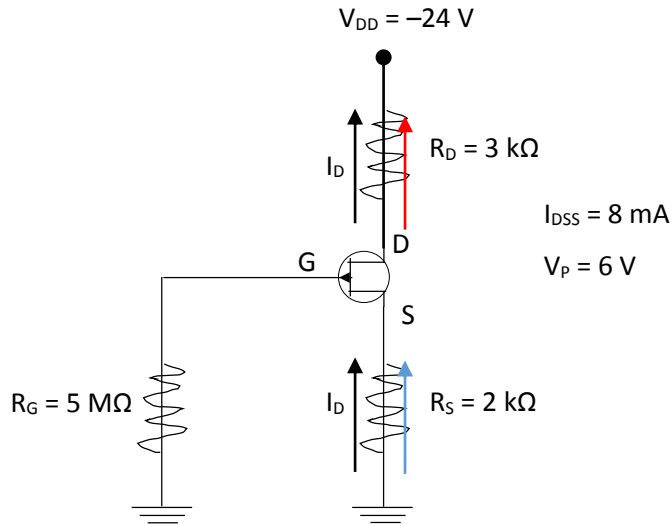
$$V_S = -V_{GS} = -3,7232 \text{ V}$$

$$V_D + 20 = I_D R_D \Rightarrow V_D + 20 = 5,718 \cdot 1,1 = 6,2898 \Rightarrow$$

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

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

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

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

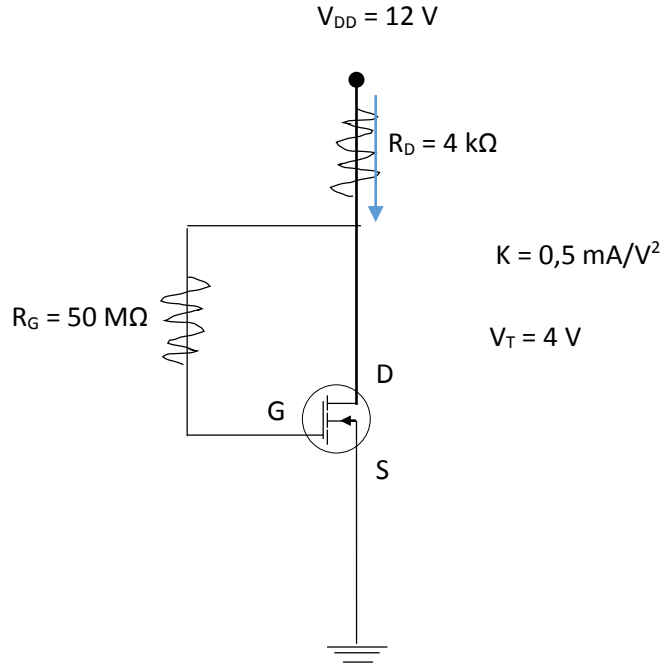
$$V_S = -V_{GS} = -3,282 \text{ V}$$

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

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

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

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.

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

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

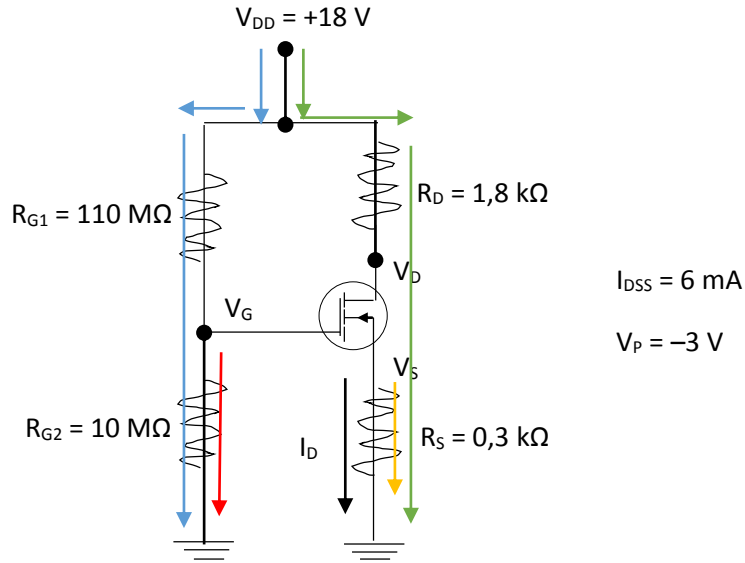
| $I_D$ (mA) | $V_{DS}$ (V) |
|------------|--------------|
| 0          | 12           |
| 3          | 0            |

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

| $V_{DS}$ (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.

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

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            |

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

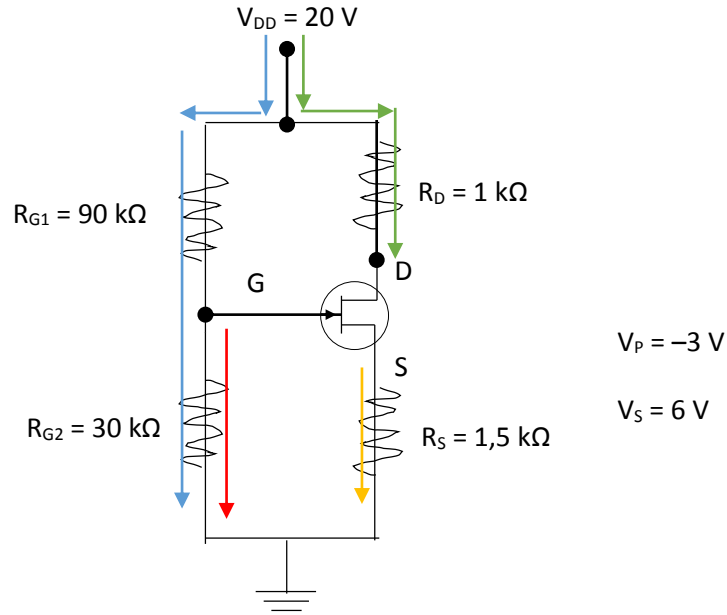
| $V_{GS}$ (V) | $I_D$ (mA) |
|--------------|------------|
| 1,2          | 12         |
| 0            | 6          |
| -0,9         | 3          |
| -1,5         | 1,5        |
| -3           | 0          |

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.

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

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