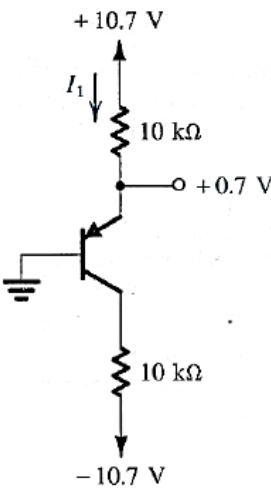
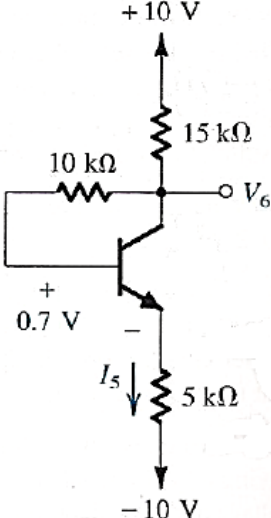
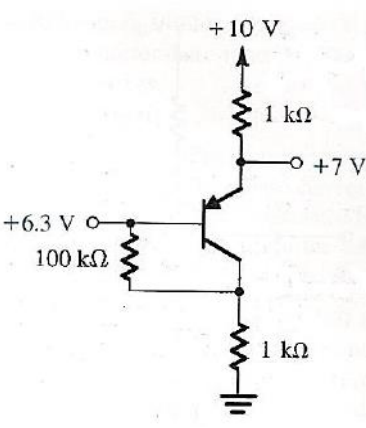
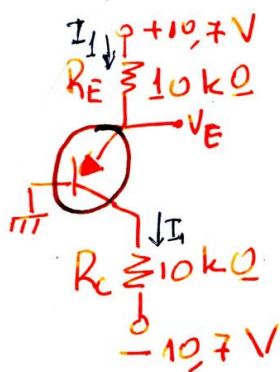


Πρόβλημα 3.γ.1

(α)  Υπολογίστε το ρεύμα I_1 και το δυναμικό στον συλλέκτη (Απ: 1mA, -0,7V)	(β)  Υπολογίστε το ρεύμα I_5 και το δυναμικό V_6. (Απ: $I_5=0,965\text{mA}$, $V_6=-4,475\text{V}$)	(γ)  Υπολογίστε το β, (Απ: $\beta=90$)
---	---	--

Λύση: α)



$$V_{BE} = V_B - V_E = 0 - 0,7 = V_B - V_E \Rightarrow$$

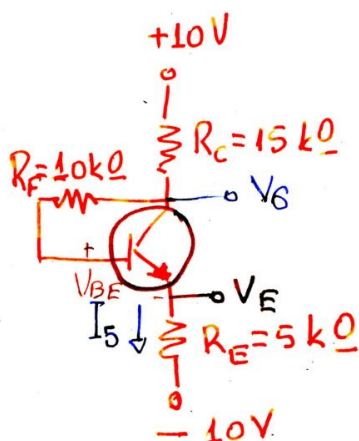
$$V_E = V_B + 0,7 = 0,7 \text{ Volt}$$

(το transistor είναι pnp*)

Συν αντίσταση R_E :

$$I_1 = I_E = I_C = \frac{10,7 - 0,7}{10 \text{ k}\Omega} = 1 \text{ mA}$$

β)



Συν αντίσταση R_C :

$$I_C = I_5 = \frac{10 - V_6}{15} \quad (1)$$

Συν αντίσταση R_E :

$$I_5 = \frac{V_E - (-10)}{5} \quad (2)$$

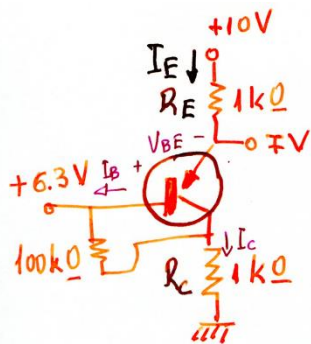
Υπολογισμός του V_E : $V_{BE} = V_B - V_E \Rightarrow V_E = V_B - V_{BE}$
 $\Rightarrow V_E = V_B - 0,7$. Αλλά το ρεύμα που μπαίνει στα
 βάση δηλ το $I_B \rightarrow 0$ οπότε $V_B = V_G$!
 $V_E = V_G - 0,7$

Αντικαθιστούμε στην (2) : $I_S = \frac{(V_G - 0,7) + 10}{5}$ (3)

Από (1), (3) $\Rightarrow \frac{10 - V_G}{15} = \frac{V_G - 0,7 + 10}{5} \Rightarrow$

$V_G = -4,5 \text{ Volt}$, (1) $\Rightarrow I_S = \frac{10 - (-4,5)}{15} \approx 1 \text{ mA}$

γ)



$$I_E = \frac{10 - 7}{1} = 3 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C \Rightarrow V_C = 3 \times 1 = 3 \text{ Volt}$$

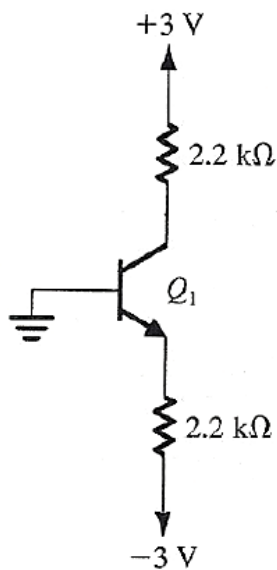
Το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση των $100 \text{ k}\Omega$ είναι το I_B

$$I_B = \frac{6,3 - 3}{100} = \frac{3,3}{100} = 33 \mu\text{A} \text{ (με κατεύθυνση}$$

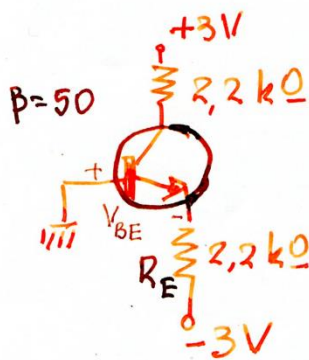
από την βάση προς την R_C)

$$\beta + 1 = \frac{I_E}{I_B} \Rightarrow \beta = \frac{I_E}{I_B} - 1 \approx 90.$$

Πρόβλημα 3.γ.2



Δίνεται ότι $\beta=50$ και $V_{BE}=0,8V$.
Υπολογίστε τα V_B , V_E και V_C .



$$V_{BE} = 0,8V \Rightarrow V_B - V_E = 0,8 \Rightarrow 0 - V_E = 0,8 \Rightarrow V_E = -0,8 \text{ Volt}$$

Συντάσσοντας R_E :

$$I_E = \frac{-0,8 - (-3)}{2,2} = 1 \mu A$$

αλλά $\beta=50$, οπότε $I_B = \frac{I_E}{\beta+1} = 19,6 \mu A$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 50 \cdot 19,6 \mu A = 0,98 \mu A$$

$$V_B = 0, \quad I_E = \frac{V_E - (-3)}{2,2} \Rightarrow 1 = \frac{V_E + 3}{2,2} \Rightarrow V_E = -0,8V$$

$$I_C = \frac{3 - V_C}{2,2} \Rightarrow 0,98 = \frac{3 - V_C}{2,2} \Rightarrow V_C = 0,84 \text{ Volt}$$

$V_{BC} = 0 - 0,84 = -0,84$. Η επαφή BC είναι ανάστροφα πολωμένη. Άρα ενεργός περ.

Το τρανζίστορ λειτουργεί στον κορό. Δεχόμαστε ότι

$$V_{CE} = 0,2 \text{ Volt.}$$

Στο κύκλωμα εξόδου: $V_{CC} - V_{CE} = I_C (R_C + R_E) \Rightarrow$

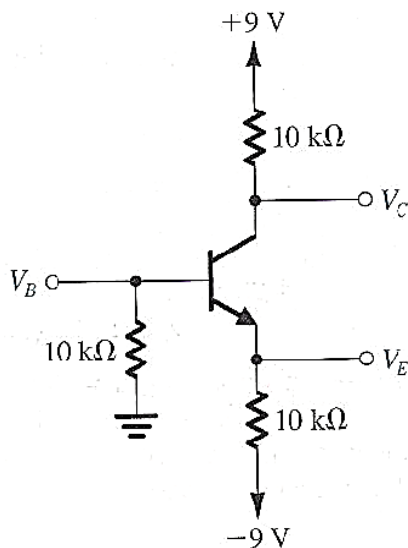
$$I_C = \frac{5 - 0,2}{2} = 2,4 \text{ mA}$$

$$V_E = 1 \cdot 2,4 = 2,4 \text{ Volt}, \quad V_{CE} = V_C - V_E \Rightarrow V_C = V_{CE} + V_E$$

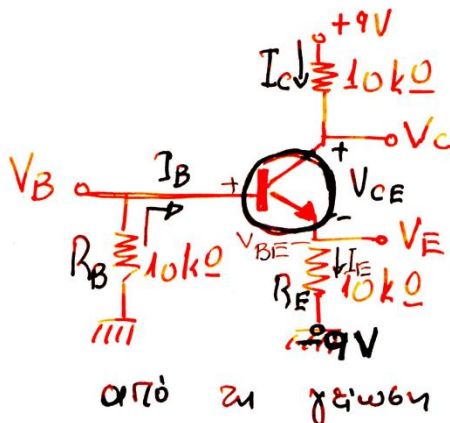
$$\Rightarrow V_C = 0,2 + 2,4 = 2,6 \text{ Volt}$$

$$V_B = V_{BE} + V_E = 0,7 + 2,4 = 3,1 \text{ Volt.}$$

Πρόβλημα 3.γ.3



Δίνεται ότι $V_B = -1,5V$ και $V_{BE} = 0,7V$. α) Υπολογίστε τα α , β , V_E και V_C . β) Υπολογίστε τα V_E και V_C εάν η τιμή του β τείνει στο άπειρο.



Σεχν αντίσταση R_B :

Στο κάτω άκρο το δυναμικό είναι μηδέν (γείωση)

Στο επάνω άκρο το δυναμικό δίνεται $V_B = -1,5V$

Αρα το ρεύμα I_B πηγαινει

προς τη βάση του τρανζίστορ

$$I_B = \frac{0 - (-1,5)}{10} = 150 \mu A.$$

$$V_{BE} = V_B - V_E \Rightarrow 0,7 = -1,5 - V_E \Rightarrow \underline{V_E = -2,2 V}$$

$$\text{Συν ανάσφαση } R_E: I_E = \frac{-2,2 - (-9)}{10} = 0,68 \text{ mA}$$

$$I_C = I_E - I_B = 0,68 - 0,15 = 0,53 \text{ mA}$$

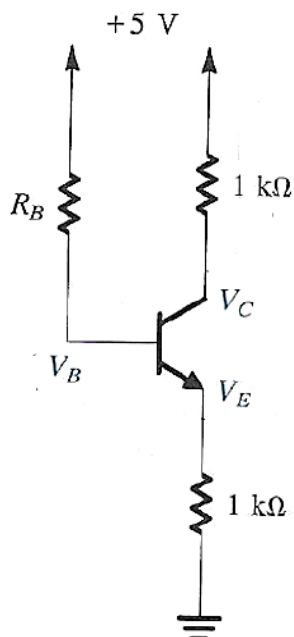
$$\text{Συν ανάσφαση } R_C: I_C = \frac{9 - V_C}{10} \Rightarrow 0,53 = \frac{9 - V_C}{10}$$

$$\Rightarrow \underline{V_C = 3,7 \text{ Volt.}}$$

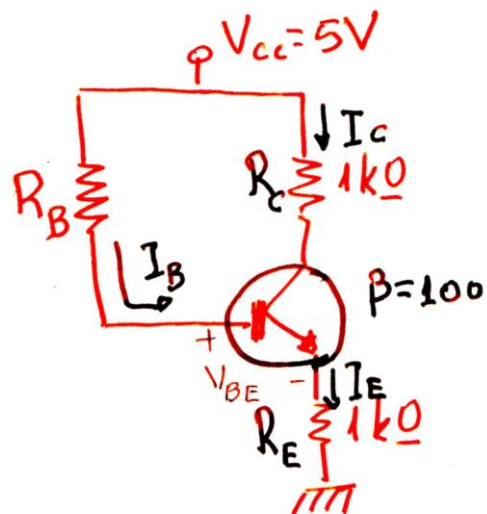
$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = 3,5 \quad \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} = 0,78$$

Όταν $\beta = \infty$, $I_B = 0 \Rightarrow V_B = 0 \Rightarrow V_E = -0,7 \text{ Volt}$
 και $V_C = 0,7 \text{ Volt}$

Πρόβλημα 3.γ.4



Δίνεται ότι $\beta = 100$ Υπολογίστε τα V_E , V_B και V_C όταν α) $R_B = 100 \text{ k}\Omega$, β) $R_B = 10 \text{ k}\Omega$ και γ) $R_B = 1 \text{ k}\Omega$.



α) $R_B = 100\text{ k}\Omega$, δεχόμαστε ότι λειτουργεί στην εν
 ζήτο κύκλωμα εισόδου: ενεργό

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B R_B + I_E R_E \Rightarrow \text{πείραξη: } I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E} = \frac{4,3}{201} = 20\text{ }\mu\text{A}$$

$$V_{CC} - V_{BE} = I_B R_B + (\beta + 1) I_B R_E = 0$$

$$I_E = (\beta + 1) I_B = 101 \cdot 20 = 2,02\text{ mA}$$

$$\left. \begin{array}{l} V_{BE} = V_B - V_E \\ V_E = I_E \cdot R_E \end{array} \right\} \Rightarrow V_B = V_{BE} + V_E = 0,7 + 2,02 = 2,72\text{ Volt}$$

$$V_E = 2,02\text{ Volt}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C} ; \beta \cdot I_B = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C} \Rightarrow V_C = V_{CC} - \beta \cdot I_B \cdot R_C$$

$$V_C = 5 - 100 \cdot 20\text{ }\mu\text{A} \cdot 1\text{ k} = 3\text{ Volt}$$

$$V_{BC} = V_B - V_C = 2,72 - 3 = -0,28\text{ V} \text{ άρα πράγματι είναι στην ενεργό περιοχή.}$$

β) $R_B = 10\text{ k}\Omega$, δεχόμαστε ότι το transistor είναι
 στην ενεργό περιοχή. Χρησιμοποιούμε ως εξίσωση
 από το φώτιστα (α).

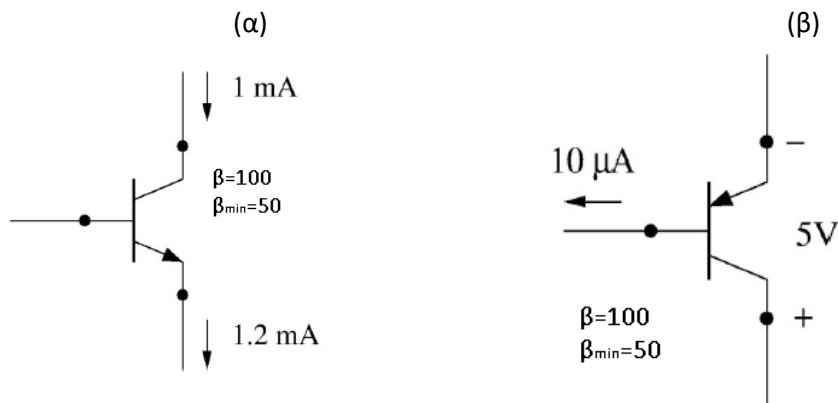
$$I_B = \frac{4,3}{10 + 101} = \frac{4,3}{111} = 39\text{ }\mu\text{A}, I_E = 101 \cdot 39\text{ }\mu\text{A} = 3,9\text{ mA}$$

$$V_E = I_E \cdot R_E = 3,9\text{ Volt}, V_B = 0,7 + 3,9 = 4,6\text{ Volt}$$

$$V_C = 5 - 100 \cdot 39\text{ }\mu\text{A} \cdot 1\text{ k} = 1,1\text{ Volt},$$

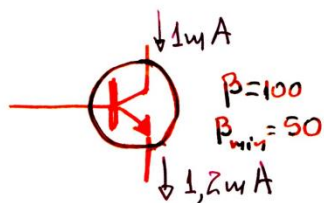
$$V_{BC} = 4,6 - 1,1 = 3,5\text{ Volt} \text{ άρα λειτουργεί στην ενεργό περιοχή του κόρου.}$$

Πρόβλημα 3.γ.5



Βρείτε την περιοχή λειτουργίας των transistor

α)



$I_C = 1 \text{ mA} > 0$ άρα δεν είναι σε
αποκοπή.

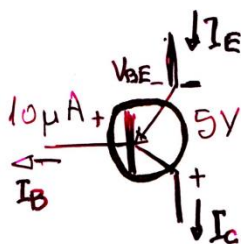
$I_E = 1.2 \text{ mA}$ οπότε $I_B = 0.2 \text{ mA}$.

Παρατηρούμε ότι $\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{1}{0.2} = 5 < \beta_{\min}$
Άρα δεν είναι στην ενεργό περιοχή

Το transistor είναι στον κόπο.

Συνθήκες για κόπο $\begin{cases} V_{CE} = V_{\text{sat}} \approx 0.2 \text{ Volt} \\ V_{BE} = 0.7 \text{ Volt} \end{cases}$

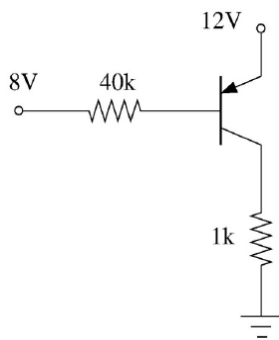
β)



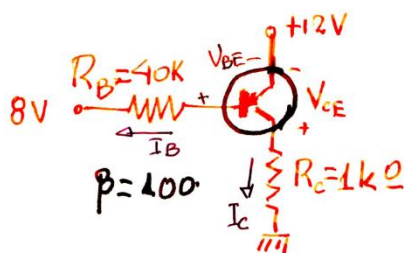
$I_B = 10 \mu\text{A} > 0$ κατεύθυνση ρεύματος:
από την βάση έξω από το
transistor. Δεν είναι σε αποκοπή.
 $V_{BE} < 0$, $V_{CE} < 0$.

Συνθήκες για ενεργό περιοχή $\begin{cases} I_C = \beta \cdot I_B \\ V_{BE} = 0.7 \text{ V} \end{cases}$

Πρόβλημα 3.γ.6



Υπολογίστε το ρεύμα στον συλλέκτη και την τάση συλλέκτη-εκπομπού. Βρείτε την περιοχή λειτουργίας.



κύκλωμα βάσης - εκπομπού

$$12 - 8 + V_{BE} = I_B \cdot R_B \quad \text{ή}$$

$$4 + V_{BE} = I_B \cdot 40$$

κύκλωμα εκπομπού - συλλέκτη

$$12 + V_{CE} = I_C \cdot R_C$$

α. Έστω ότι το τρανζίστορ είναι στην αποκοπή.

Τότε $I_B = 0$ οπότε η εξίσωση βάσης-εκπομπού γίνεται: $4 + V_{BE} = 0$ ή $V_{BE} = -4,7 \text{ Volt}$

οπότε δεν είναι στην αποκοπή.

β. Έστω ότι η επαφή βάσης-εκπομπού είναι ορθά πολωμένη. Τότε $V_{BE} = -0,7 \text{ Volt}$.

και η εξίσωση βάσης-εκπομπού γίνεται:

$$4 - 0,7 = I_B \cdot 40 \Rightarrow I_B = 82,5 \mu\text{A} > 0.$$

Έστω ότι το τρανζίστορ είναι στην ενεργό περιοχή.

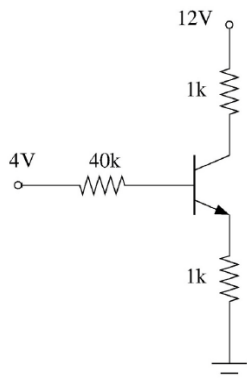
$$\text{Τότε } I_C = \beta \cdot I_B \Rightarrow I_C = 100 \cdot 82,5 = 8,25 \text{ mA}$$

Η εξίσωση συλλέκτη-εκπομπού θα γίνει

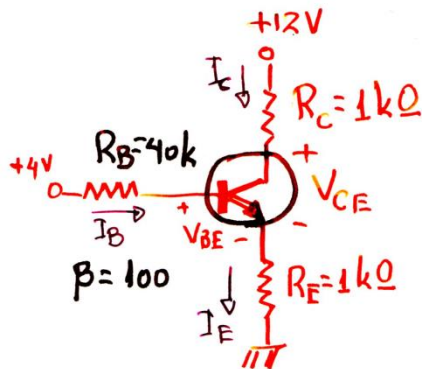
$$12 + V_{CE} = 8,25 \cdot 1 \Rightarrow V_{CE} = -3,75 \text{ Volt}$$

οπότε η τιμή είναι αρνητική για λειτουργία στην ενεργό περιοχή.

Πρόβλημα 3.γ.7



Υπολογίστε το ρεύμα στον συλλέκτη και την τάση συλλέκτη-εκπομπού. Βρείτε την περιοχή λειτουργίας.



κύκλωμα βάσης-εκπομπού:

$$4 - V_{BE} = 40 \cdot I_B + 1 \cdot I_E \quad (1)$$

κύκλωμα συλλέκτη-εκπομπού:

$$12 - V_{CE} = 1 \cdot I_C + 1 \cdot I_E \quad (2)$$

α) Έστω ότι είναι στην κατάσταση αποκοπή $\begin{cases} I_B = 0 \\ V_{BE} = 0,7V \end{cases}$

$I_B = 0$ οπότε $I_C = 0$ αφού $I_E = I_B + I_C = 0$.

Η εξίσωση (1) δίνει $V_{BE} = 4V > 0,7V$
αρα δεν είναι στην κατάσταση αποκοπή.

β) Έστω ότι είναι στην ενεργή περιοχή $\begin{cases} I_C = \beta \cdot I_B \\ V_{CE} > 0,7V \end{cases}$

$$(1) \Rightarrow 4 - 0,7 = 40 \cdot I_B + 101 \cdot I_B \Rightarrow I_B = 23,4 \mu A$$

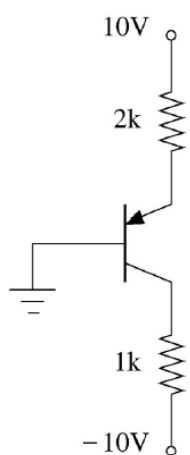
$$I_C = \beta \cdot I_B = 2,34 mA$$

$$I_E = I_B + I_C = 2,36 mA$$

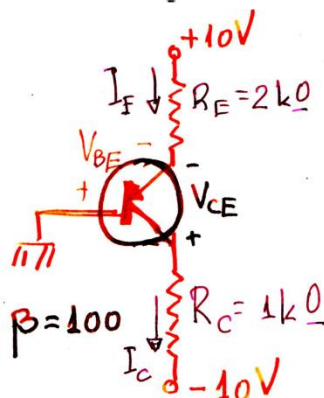
$$\text{Από την εξίσωση (2)} \Rightarrow V_{CE} = 12 - I_C - I_E = 0$$

$V_{CE} = 7,3V > 0,7V$. Πράγματι λειτουργεί στην ενεργή περιοχή.

Πρόβλημα 3.γ.8



Υπολογίστε το ρεύμα στον συλλέκτη και την τάση συλλέκτη-εκπομπού. Βρείτε την περιοχή λειτουργίας.



Κύκλωμα βάσης-εκπομπού:

$$10 + V_{BE} = I_E \cdot R_E \quad \text{ή} \quad 10 + V_{BE} = 2 I_E \quad (1)$$

Κύκλωμα βάσης-συλλέκτη:

$$10 + V_{CE} = 2 \cdot I_E + 1 \cdot I_C \quad (2)$$

Αφού εφαρμόζονται +10V στον εκπομπού η επαφή εκπομπού-βάσης θα είναι ορθά πολωμένη οπότε θα έχει τάση 0,7Volt με υψηλό δυναμικό σαν εκπομπού. Άρα $V_{BE} = -0,7V$

Υποθέτουμε ότι λειτουργεί στην ενεργή περιοχή.

$$(1) \Rightarrow 10 - 0,7 = 2 \cdot I_E \Rightarrow I_E = 4,65 \text{ mA}$$

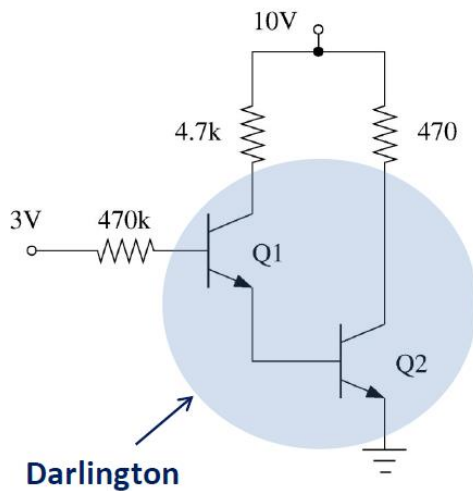
$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1} = \frac{4,65}{101} = 46 \mu\text{A}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 4,60 \text{ mA}$$

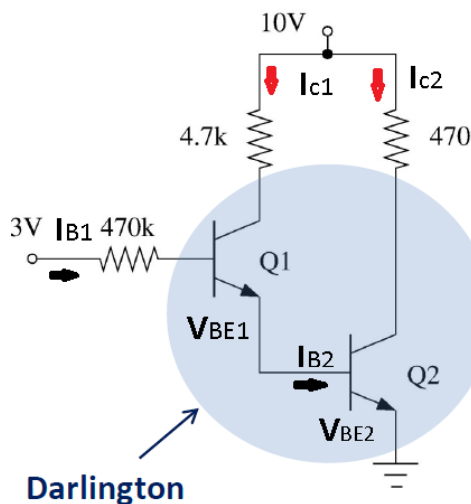
Από των (2) $\Rightarrow -V_{CE} = 10 - 2 \cdot 4,65 - 1 \cdot 4,6 = 0$

$V_{CE} = -6,1$ Volt ορα πράγματι λειτουργεί
σαν ενεργό περιοχή.

Πρόβλημα 3.γ.9



Υπολογίστε το ρεύμα στον συλλέκτη του τρανζίστορ Q2. Δίνεται ότι $\beta_1=100$ και $\beta_2=50$.



Στην συνδεσμολογία Darlington ο εκπομπός του πρώτου τρανζίστορ συνδέεται στην βάση του δεύτερου transistor. Εάν το πρώτο τρανζίστορ άγει (δηλαδή εάν είναι στην ενεργό περιοχή ή στην περιοχή κόρου) τότε και το δεύτερο τρανζίστορ θα άγει. Είναι προφανές ότι η συνολική ενίσχυση του ρεύματος της βάσης του πρώτου τρανζίστορ είναι: $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$.

Τα 3V, που εφαρμόζονται στη βάση του Q1, κατανέμονται επάνω σαν αντίσταση 470kΩ και στις τάσεις βάσης-εκπομπής των Q1 και Q2.

Δηλαδή: $3 = 470 \cdot I_{B1} + V_{BE1} + V_{BE2}$ ή
 $I_{B1} = 3,4 \mu A$

Λόγω του δυναμικού των 3V στην είσοδο του Q_1 είναι προφανές ότι το Q_1 δεν βρίσκεται σε αποκοπή οπότε $V_{BE1} = 0,7V$. Άρα στο Q_1 αδειάρα θα αδειάσει στο Q_2 , επομένως $V_{BE2} = 0,7V$.

Q_1 : $I_{C1} = I_{B1} \cdot \beta_1 = 3,4 \mu A \cdot 100 = 0,34 \mu A$.

Από το κύκλωμα συλλέκτη - εκπομπής του Q_1 προκύπτει ότι: $10 = 47 \cdot I_{C1} + V_{CE1} \Rightarrow$

$V_{CE1} = 7,7V > 0,7V$ οπότε το Q_1 βρίσκεται με βεβαιότητα στην ενεργό περιοχή

Q_2 : $I_{C2} = \beta_2 \cdot I_{B2} = \beta_2 \cdot I_{E1} = \beta_2 \cdot I_{C1} = 17,2 \mu A$

Από το κύκλωμα συλλέκτη - εκπομπής του Q_2 προκύπτει ότι:

$10V = I_{C2} \cdot 0,470 + V_{CE2} \Rightarrow V_{CE2} = 1,94V$