

$$\beta = 100$$

$$V_{BE} = 0.7V$$

N.p.k. $\alpha \approx 1$ $C_1 = B_2$

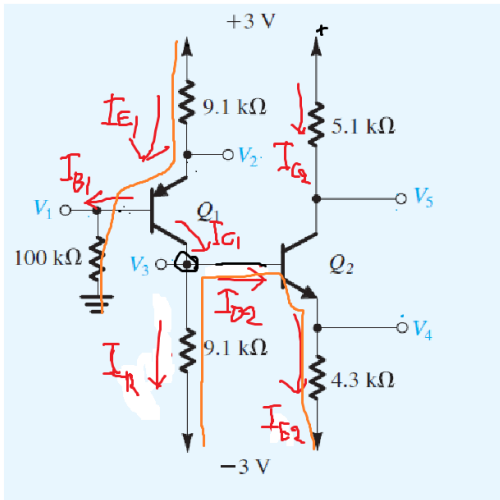
(1) $I_{C1} = I_{B1} + I_{B2}$

NTK A: $3 - (\beta + 1) \cdot \underline{I_{B1}} \cdot 9.1k - 0.7 - 100k \cdot \underline{I_{B1}} = 0 \Leftrightarrow$

$$\Rightarrow \underline{I_{B1} = 2.25 \mu A}$$

$$I_{C1} = \beta I_{B1} = \underline{0.225 mA} \quad I_{E1} = (\beta + 1) I_{B1} = \underline{0.228 mA}$$

$$V_1 = I_{B1} \cdot 100k = 0.225V \quad V_2 = V_1 + 0.7 = \underline{0.925V}$$



(NTK B) $-3 + I_R \cdot 9.1k - V_{BE2} - I_{E2} \cdot 4.3k = -3 \Leftrightarrow$

$$\Rightarrow \underline{I_R} \cdot 9.1k - \underline{I_{E2}} \cdot 4.3k = V_{BE2} \quad (2)$$

$(\beta + 1) I_{B2}$ $\uparrow 0.7V$

$$I_R = 0.229 mA$$

$$I_{B2} = 3 \mu A$$

$$V_3 = I_R \cdot 9.1k - 3 = \underline{-0.98V}$$

$$V_4 = V_3 - 0.7V = \underline{-1.68V}$$

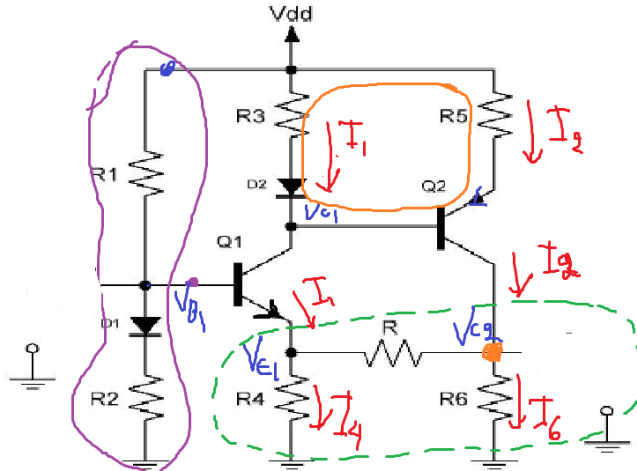
$$\frac{V_3 - (-3)}{9.1k} = I_R$$

$$V_5 = 3 - I_{C2} \cdot 5.1k = 3 - \beta I_{B2} \cdot 5.1k = \underline{1.455V}$$

Θέμα 2°

Το παρακάτω κύκλωμα είναι ένας ενισχυτής με ένα τρανζίστορ. Θεωρείστε ότι τα transistors βρίσκονται στην ορθή ενεργό περιοχή. Αγνοήστε το φαινόμενο Early ($V_A = \infty$), και το ρεύμα βάσης ($\beta = \infty$). Οι τιμές των παραμέτρων και των εξαρτημάτων είναι:

$V_D = V_{BE} = 0.7\text{ V}$	$R_1 = 10\text{ k}\Omega$	$R_2 = 5\text{ k}\Omega$	$R_3 = 1\text{ k}\Omega$	$R_4 = 1\text{ k}\Omega$
$V_{dd} = 10\text{ V}$	$R_5 = 3\text{ k}\Omega$	$R_6 = 1\text{ k}\Omega$	$R = 4\text{ k}\Omega$	



$$V_{c1} = f(V_{c2})$$

$$V_{c1} = V_{dd} - I_1 R_3 - 0.7 \quad (1)$$

$$V_{dd} - I_1 R_3 - 0.7 + 0.7 + I_2 R_5 = V_{dd}$$

$$I_1 R_3 = I_2 R_5 \quad (2)$$

$$I_1 + I_2 = I_4 + I_6$$

$$I_1 + I_2 = \frac{V_{E1}}{R_4} + \frac{V_{c2}}{R_6} \quad (3)$$

A. DC Ανάλυση:

Ερώτημα 1: Να υπολογιστεί η τάση V_{B1} .

Ερώτημα 2: Να υπολογιστεί η τάση V_{E1} : $V_{E1} = V_{B1} - 0.7$

Ερώτημα 3: Να υπολογιστεί η τάση συλλέκτη V_{C1} του Q1 συναρτήσει της τάσης συλλέκτη V_{C2} του Q2 μέσω του I_{C1} (Q1) στη μορφή $V_{C1} = A_1 + B_1 V_{C2}$.

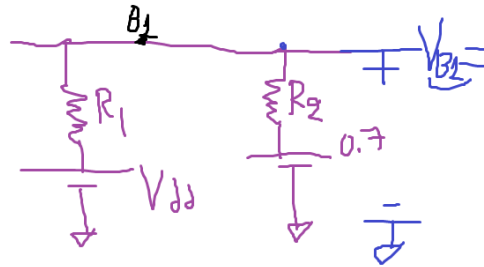
Ερώτημα 4: Να υπολογιστεί η τάση συλλέκτη V_{C2} του Q2 συναρτήσει της τάσης συλλέκτη V_{C1} του Q1 μέσω του I_{C2} (Q2) στη μορφή $V_{C2} = A_2 + B_2 V_{C1}$.

Ερώτημα 5: Με βάση τα ερωτήματα (2) & (3) υπολογίστε την τάση V_{C1} .

Ερώτημα 6: Με βάση τα ερωτήματα (2) & (3) υπολογίστε την τάση V_{C2} .

Ερώτημα 7: Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, υπολογίστε το ρεύμα I_{C1} .

Ερώτημα 8: Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, υπολογίστε το ρεύμα I_{C2} .



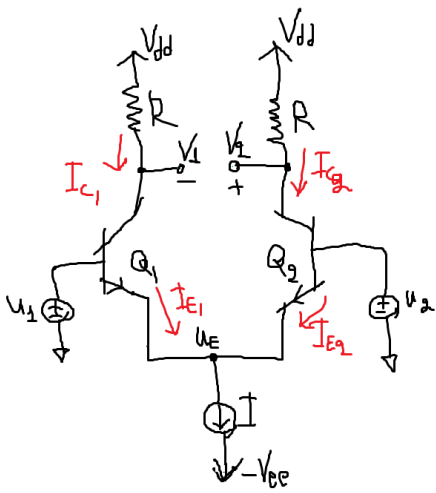
$$\text{Millman}$$
$$\frac{V_{dd}}{R_1} + \frac{0.7}{R_2} = \frac{V_{b1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$
$$V_{dd} G_1 + 0.7 G_2 = V_{b1} (G_1 + G_2)$$

Q_1, Q_2 idia $\beta \ll \infty, V_A = \infty$

α) I_{C2}/I_{C1} με εκθετικό μοντέλο

β) $I_{C2} = ?$ $V_2 - V_1 = f(u_1 - u_2)$

$V_{BE} \neq 0.7V$



$I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$

$$\begin{aligned} a) \quad I_{C1} &= I_S e^{\frac{u_1 - u_E}{V_T}} \\ I_{C2} &= I_S e^{\frac{u_2 - u_E}{V_T}} \end{aligned} \Rightarrow \frac{I_{C1}}{I_{C2}} = e^{\frac{u_1 - u_E - u_2 + u_E}{V_T}} = e^{\frac{u_1 - u_2}{V_T}} \quad (1)$$

$I_{C1} + I_{C2} = I \Rightarrow \frac{1}{\alpha} (I_{C1} + I_{C2}) = I \quad (2)$

$I_{C1} = I_{C2} e^{\frac{u_1 - u_2}{V_T}}$

$I_{C1} = \frac{I_S e^{\frac{u_1 - u_2}{V_T}}}{1 + e^{\frac{u_1 - u_2}{V_T}}} \quad (6)$

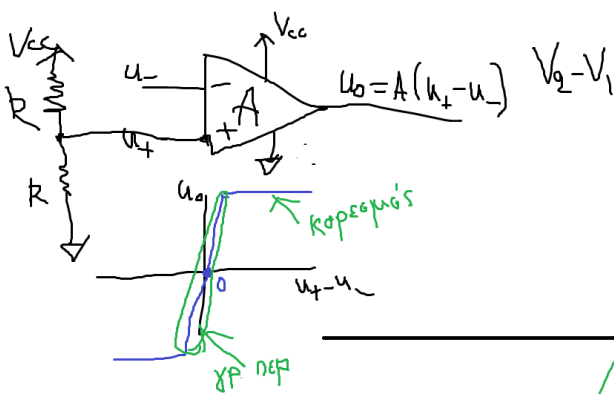
$\frac{1}{\alpha} I_{C2} \left(e^{\frac{u_1 - u_2}{V_T}} + 1 \right) = I \Rightarrow I_{C2} = \frac{\alpha I}{1 + e^{\frac{u_1 - u_2}{V_T}}} \quad (3)$

$\frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} = \tanh x$

γ) $V_1 = V_{CC} - I_{C1} R \quad (4)$

$V_2 = V_{CC} - I_{C2} R \quad (5)$

$$V_2 - V_1 = I_{C2} R \frac{e^{\frac{u_1 - u_2}{V_T}} - 1}{e^{\frac{u_1 - u_2}{V_T}} + 1} = I_{C2} R e^{\frac{u_1 - u_2}{2V_T}} \left[\frac{e^{\frac{u_1 - u_2}{2V_T}} - e^{-\frac{u_1 - u_2}{2V_T}}}{e^{\frac{u_1 - u_2}{2V_T}} + e^{-\frac{u_1 - u_2}{2V_T}}} \right] = I_{C2} R \tanh \left(\frac{u_1 - u_2}{2V_T} \right)$$



$\tanh x \approx x + O(x^3)$

