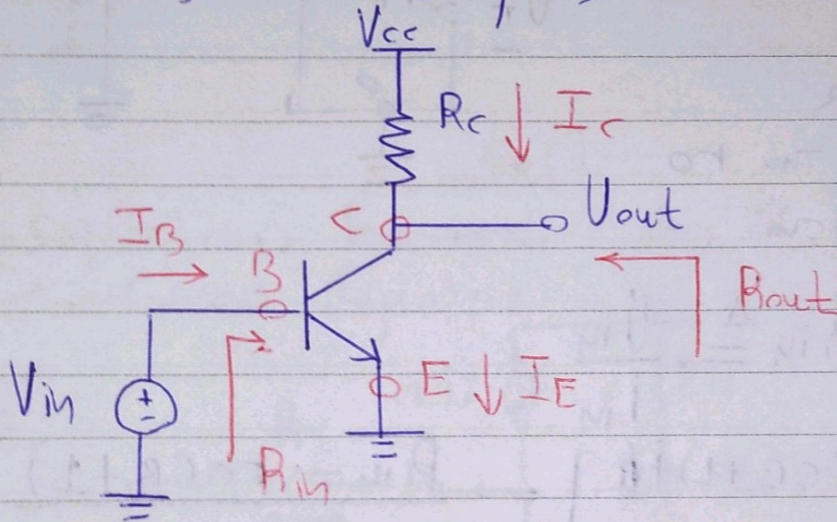Κωνσταντίνος Ιωάννου (2021-2022)
0319840
Ηλεκτρονική ΙΙ - 1ᵘ Σειρα Ασκήσεων

Άσκηση 1 Ενισχυτής CE

$R_c = 20 K\Omega$, $I_c = 250 \mu A$, $B = 100$, $V_A = 100V$, $V_T = 25m$

Λύση · DC Ανάλυση

Έστω ότι είμαστε στην ενεργό περιοχή
του BJT τότε $I_E = \dfrac{B+1}{B} I_c$

Άρα $I_E = 252,5 \mu A$ και $I_B = \dfrac{I_c}{B} = 2,5 \mu A$

Παράμετροι ισοδύναμου Μοντέλου - T

$r_e = \dfrac{V_T}{I_E} = 99,001 \Omega$ Παρατηρούμε
$r_o > > r_e$

$r_o = \dfrac{|V_A|}{I_c} \Rightarrow r_o = 400 K\Omega$

Διαγωγημότητα $g_m \overset{\Delta}{=} \dfrac{I_c}{V_T} \Rightarrow \boxed{g_m = 0,01 \left(\dfrac{1}{\Omega}\right)}$

Ac Ανάλυση (απαλείφουμε DC πηγές)

ΙΚΑ 2

T-μοντέλο
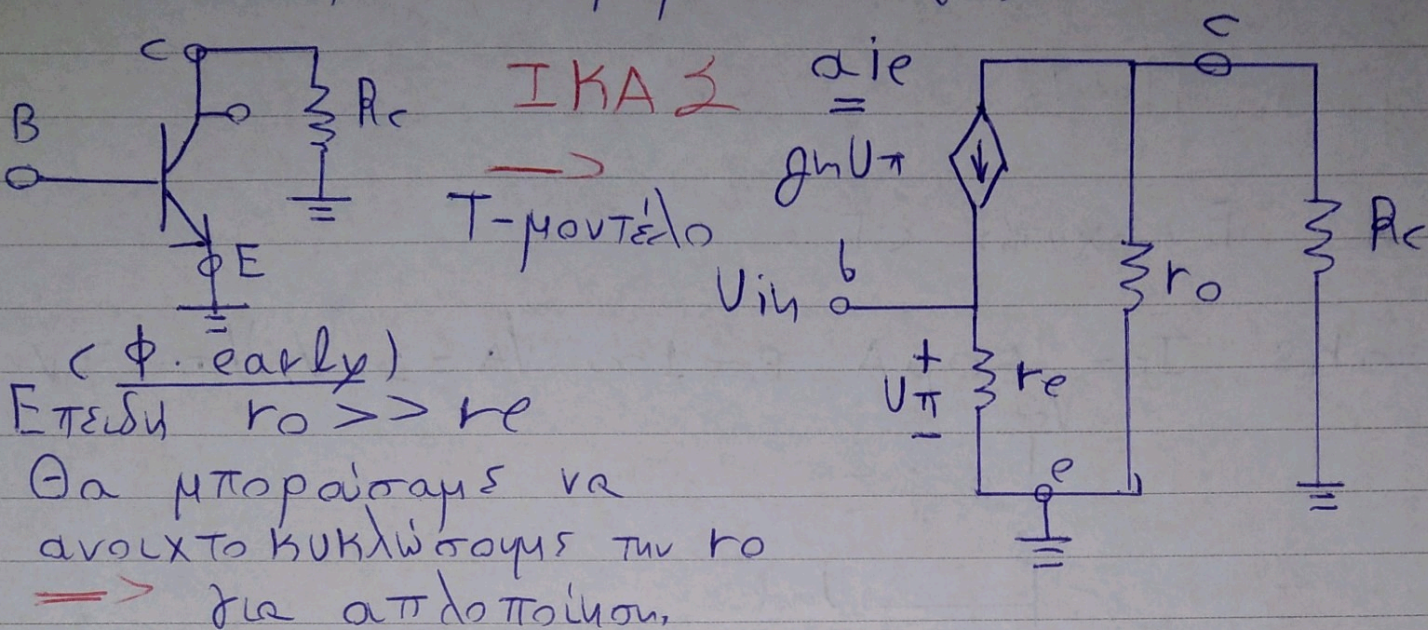
(φ. early)
Επειδή $r_o \gg r_e$
Θα μπορούσαμε να
ανοιχτο κυκλώσουμε την r_o
=> για απλοποίηση.

Αντίσταση εισόδου $R_{in} \overset{\Delta}{=} \dfrac{U_{in}}{i_{in}}$

$\left.\begin{array}{l} U_{in} = V_{be} = r_e \, i_e = r_e (\beta+1) i_b \\ i_{in} = i_b \end{array}\right\} \longrightarrow \underline{R_{in} = r_e(\beta+1)}$

=> $\boxed{R_{in} = 9,999101 \; K\Omega}$

Αντίσταση εξόδου $R_{out} = \left.\dfrac{U_x}{i_x}\right|_{\substack{U_{in}=0 \\ R_L \to +\infty}}$
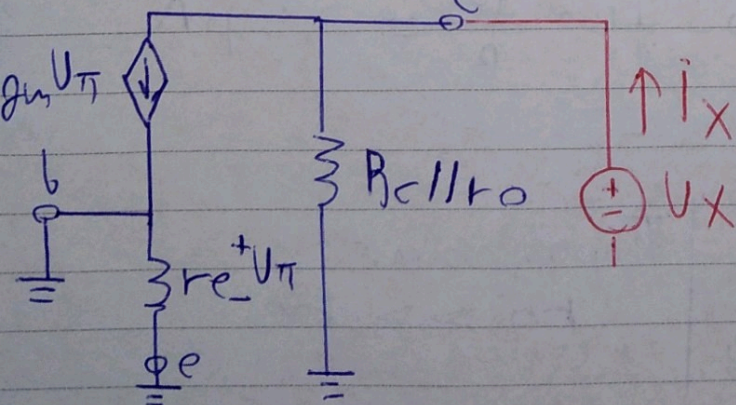
Βλέπουμε ότι Βραχυκυκλώνουμε
την r_e, δλδ $U_\pi = 0$
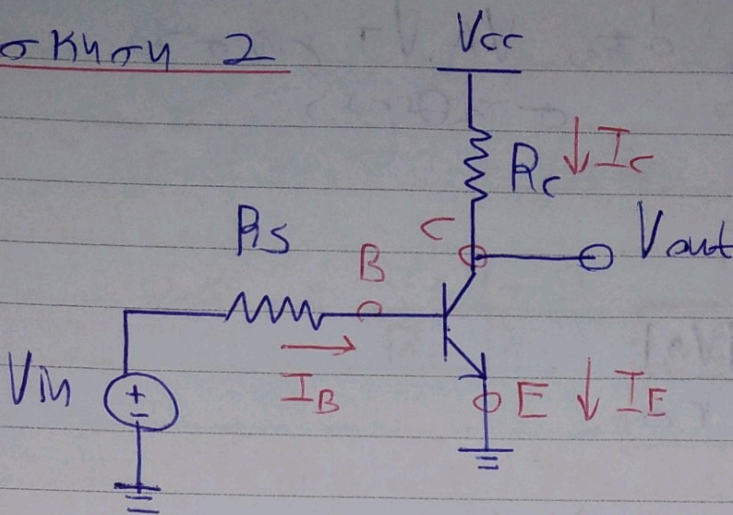με $U_{in} = 0$ οπότε
$g_m U_\pi = 0 \longrightarrow$
Μηδενίζουμε εξ. Πηγή Ρεύματος
Άρα την ανοιχτο κυκλώνουμε

$R_{out} = \dfrac{U_x}{i_x} = \dfrac{R_c \cdot r_o}{R_c + r_o} \longrightarrow \boxed{R_{out} = 19,0476 \; K\Omega}$

Αν $r_o \to +\infty$, $R_{out} \approx R_c = 20 K\Omega$.

Άσκηση 2

Λύση

Συνολικό

Κέρδος Τάσης Ενισχυτή $A_U \triangleq \dfrac{V_{out}}{V_{in}}$

(ασθενούς Σήματος)

IKAS
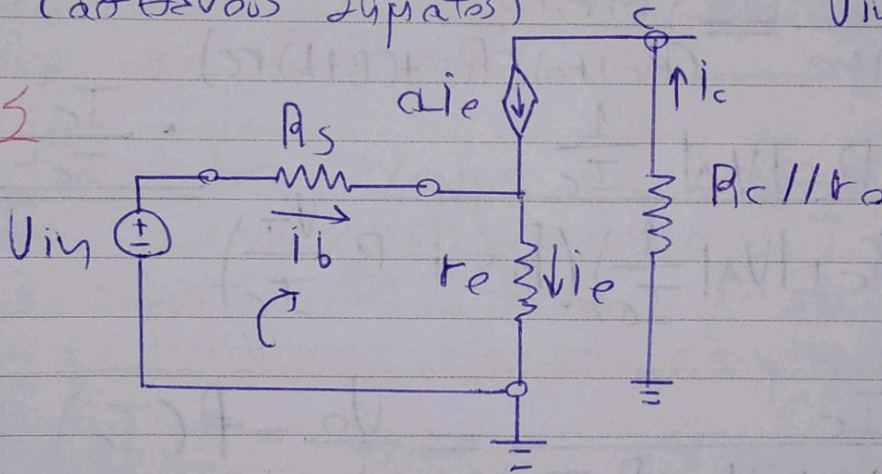
$V_{out} = -i_c (R_c // r_o) = -\alpha i_e (R_c // r_o)$

NTK $\quad V_{in} = -[R_s i_b + r_e i_e] = -i_e \left(\dfrac{R_s}{\beta+1} + r_e \right)$

$$\boxed{\dfrac{V_{out}}{V_{in}}} = \alpha \dfrac{(R_c // r_o)}{\dfrac{R_s}{\beta+1} + r_e} \qquad \alpha = \dfrac{\beta}{\beta+1} \qquad \boxed{\dfrac{\beta (R_c // r_o)}{R_s + (\beta+1) r_e}}$$

Ρεύμα Συλλέκτη I_c (από Τυπολόγιο - T μοντέλο)

$$r_e = \dfrac{\beta}{\beta+1} \dfrac{V_T}{I_c} \quad \longrightarrow \quad I_c = \dfrac{\beta}{\beta+1} \dfrac{V_T}{r_e}$$

Ακόμη $r_o = \dfrac{|V_A|}{I_C}$, όταν V_A, V_T γνωστές σταθερές

$\implies I_C = \dfrac{|V_A|}{r_o}$

Οπότε

$$\boxed{I_C = \dfrac{B}{B+1}\dfrac{V_T}{re} = \dfrac{|V_A|}{r_o}}$$

Να βρεθεί η I_C (dc ρεύμα) ώστε να έχουμε μέγιστο κέρδος ασθενούς σήματος $\dfrac{V_{out}}{V_{in}}$.

$$\dfrac{V_{out}}{V_{in}} = B\,\dfrac{\dfrac{R_C\cdot r_o}{R_C+r_o}}{R_S+(B+1)re} = \dfrac{(BR_C)r_o}{(R_C+r_o)(R_S+(B+1)re)}$$

$$= \dfrac{r_o=\frac{|V_A|}{I_C}}{re=\frac{B}{B+1}\frac{V_T}{I_C}}\cdot \dfrac{B\,R_C\,|V_A|\,\frac{1}{I_C}}{\left(R_C+|V_A|\frac{1}{I_C}\right)\left(R_S+B\frac{V_T}{I_C}\right)}\cdot\dfrac{I_C^2}{I_C^2}$$

$$= \boxed{\dfrac{B\,R_C\,|V_A|\cdot I_C}{(R_C\cdot I_C+|V_A|)\circledast(B V_T+R_S I_C)} = \dfrac{V_o}{V_{in}}=f(I_C)}$$

όπου $V_T \simeq 25\,mV$ σε θερ δωματίου

$$\boxed{\dfrac{V_o}{V_{in}} = \dfrac{B\,R_C\,V_A\cdot I_C}{(R_C\cdot I_C+V_A)(B V_T+R_S I_C)}} = f(I_C)$$

$$\dfrac{V_o}{V_{in}} = \dfrac{B\,R_C\,V_A}{\left[I_C(R_S R_C)+(R_C V_T B+R_S V_A)+\dfrac{V_A V_T B}{I_C}\right]}$$

$$\dfrac{d\,f(I_C)}{d I_C}=0 \implies \dfrac{B\,R_C\,V_A}{[\ldots]^2}\cdot-\dfrac{d}{dI_C}[\ldots]=0 \implies$$

$$+\dfrac{d}{dI_C}[\ldots]=0$$

Άρα $R_S R_C + 0 + \dfrac{V_A V_{TB}}{-I_C^2} = 0 \Rightarrow$

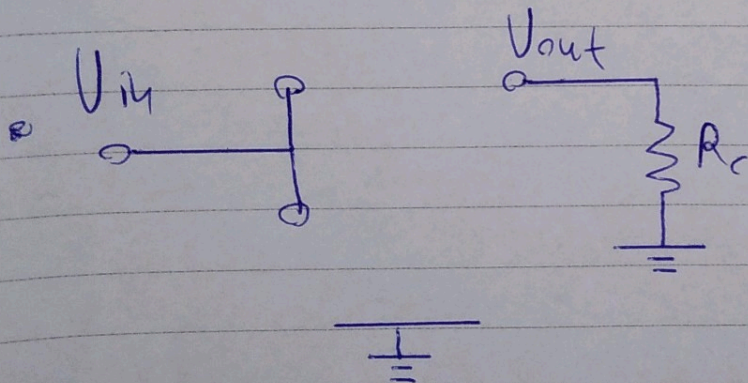$-I_C^2 (R_C R_S) + V_A V_{TB} = 0 \Rightarrow$

$I_C^2 = \dfrac{V_A V_T \cdot B}{R_C R_S} \Rightarrow \boxed{|I_C| = \dfrac{V_A V_T \cdot B}{R_C R_S}}$

Ρεύμα I_C που έχουμε μέγιστο $\dfrac{V_o}{V_{in}}$
μικρού σήματος

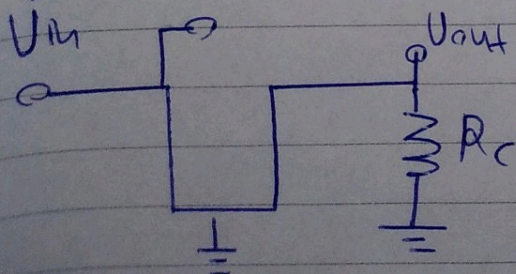Παρατηρούμε ότι $I_C \rightarrow +\infty$, $\dfrac{V_o}{V_{in}} \longrightarrow 0$

Και ότι $I_C \rightarrow 0$, $\dfrac{V_o}{V_{in}} \longrightarrow 0$

· Για $I_C \rightarrow +\infty$ έχουμε ότι $r_o \simeq 0$ και $r_e \simeq 0$
Δηλαδή ανοιχτοκυκλώνουμε στο T-μοντέλο
μικρού σήματος AC. Ακόμη $i_e = 0$ οπότε $\alpha i_e = 0$
ανοιχτοκυκλώνουμε και την εξαρτημένη πηγή.

V_{in} V_{out} Προφανώς η $V_{out} = 0$

            R_C

· Για $I_C \rightarrow 0$ $r_o \rightarrow +\infty$ και $r_e \rightarrow +\infty$
Δηλαδή βραχυκυκλώνουμε τις αντιστάσεις στο AC
μοντέλο μικρού σήματος. Όμως $V_\pi = V_{be} = 0$, $g_m V_\pi = 0$

V_{in} V_{out} Σαν να γειώνουμε την τάση
         R_C εξόδου.