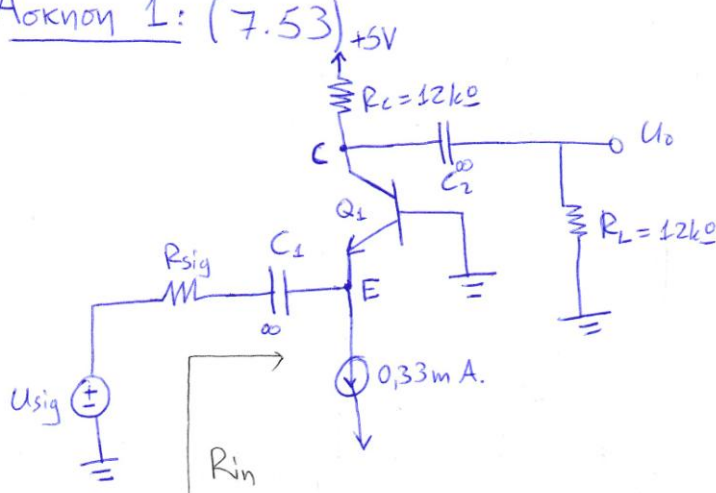


Αναστάσιος Πατατζαρόπουλος 03118079

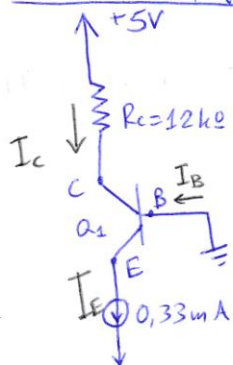
3η σειρά ασκήσεων.

Άσκηση 1: (7.53)



Αφού θεωρούμε ότι οι πυκνωτές έχουν πολύ μεγάλη χωρητικότητα, αυτοί στην DC ανάλυση συμπεριφέρονται ως ανοιχτοκυκλώματα ενώ στην AC ως βραχυκυκλώματα.

DC ανάλυση



Ισχύουν:  $I_E = 0,33 \text{ mA}$  και  $I_C + I_B = I_E$   
 $I_C = \beta I_B$  }  $\Rightarrow$

$$I_E = (\beta + 1) I_B \Rightarrow I_C = \alpha I_E \Rightarrow$$

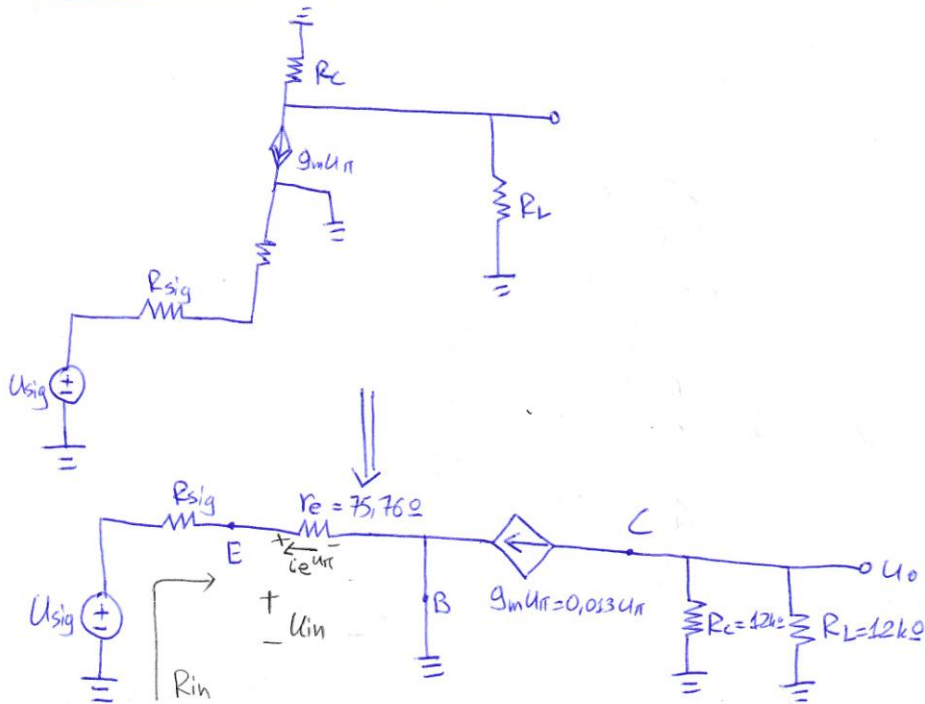
$$I_C = (0,99) \cdot (0,33) \text{ mA} \Rightarrow I_C = 0,3267 \text{ mA}.$$

Επομένως, οι παράμετροι του μοντέλου ασθενούς σήματος, είναι:

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0,3267}{25} \approx 0,013 \text{ S}.$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25}{0,33} = 75,76 \Omega.$$

## AC Analysis: (T model)



$$\text{Είπα: } R_{in} = \frac{U_{in}}{I_{in}} = \frac{-I_e r_e}{-I_e} \Rightarrow R_{in} = r_e = 75,76 \Omega.$$

$$\text{Είπα: } U_o = -I_c (R_C \parallel R_L) = -g_m U_{\pi} (R_C \parallel R_L) = -g_m r_e I_e (R_C \parallel R_L)$$

από διαίρεση τάσης, έχουμε:

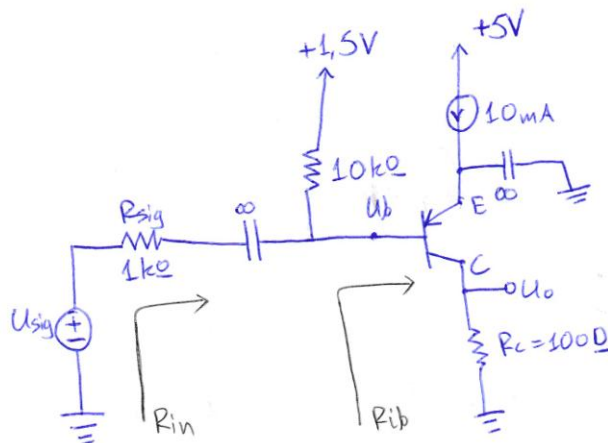
$$U_{EB} = \frac{r_e U_{sig}}{R_{sig} + r_e}$$

$$\text{όπως: } U_{BE} = r_e I_e \Rightarrow U_o = g_m (R_C \parallel R_L) \cdot U_{EB} \Rightarrow$$

$$U_o = g_m \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \cdot U_{sig} \cdot \frac{r_e}{R_{sig} + r_e} \quad \text{οπότε:}$$

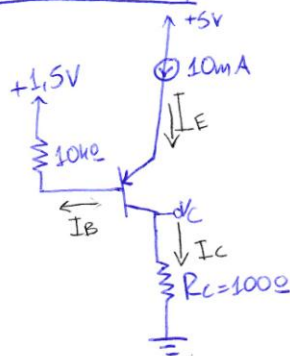
$$\frac{U_o}{U_{sig}} = g_m \frac{r_e}{R_{sig} + r_e} \cdot \frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \Rightarrow \frac{U_o}{U_{sig}} \approx 39.$$

## Άσκηση 2: (7.54)



Από θεωρούμε ότι οι πυκνωτές έχουν πολύ μεγάλη χωρητικότητα, αυτοί στην DC ανάλυση συμπεριφέρονται ως ανοιχτοκυκλώματα ενώ στην AC ως βραχυκυκλώματα.

### DC Ανάλυση:



10x000V:  $I_E = 10 \text{ mA}$

$$\begin{cases} I_B + I_C = I_E \\ I_C = \beta I_B \end{cases} \Rightarrow I_E = (\beta + 1) I_B \Rightarrow$$

$$I_E = \frac{\beta + 1}{\beta} I_C \Rightarrow I_C = \frac{\beta}{\beta + 1} I_E \Rightarrow$$

$$I_C = 9,95 \text{ mA}$$

$$\text{και: } I_B = 0,05 \text{ mA}$$

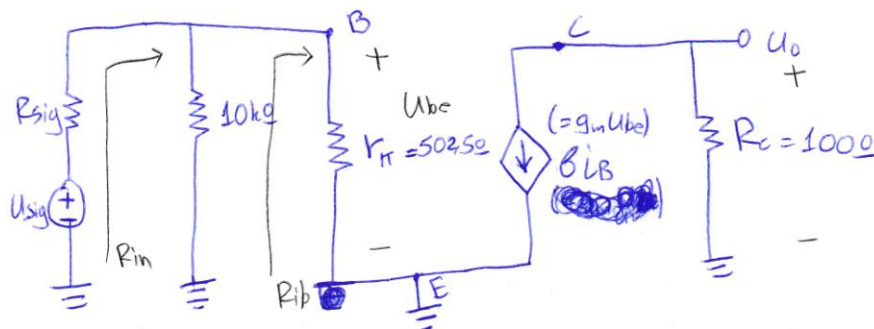
Είναι:  $V_C - 0 = I_C \Rightarrow V_C = 100 \cdot 9,95 \cdot 10^{-3} \text{ V} \Rightarrow V_C = 0,995 \text{ V}$

Επομένως, οι παράμετροι του μοντέλου αδρανούς σήματος,

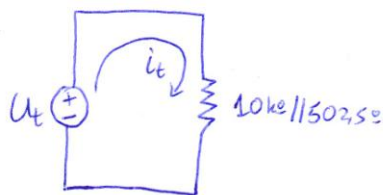
είναι:

$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m}, \text{ όπου: } g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{9,95}{25} \Rightarrow g_m = 0,398 \text{ S, άρα: } r_{\pi} = \frac{200}{0,398} \Rightarrow r_{\pi} = 502,5 \frac{\Omega}{3}$$

## AC Ανάλυση: ("Π" μοντέλο)



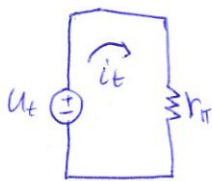
Για τον υπολογισμό της  $R_{in}$ : (Thevenin απίστηρά της  $10k\Omega$ )



$$\text{οπότε: } R_{in} = \frac{U_t}{i_t} = \frac{10 \cdot 502,5 \cdot 10^3}{10^4 + 502,5} \Omega$$

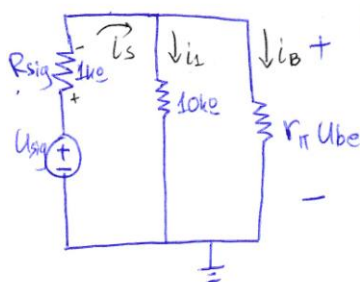
$$\Rightarrow R_{in} \approx 478,45 \Omega$$

Για τον υπολογισμό της  $R_{ib}$ : (Thevenin απίστηρά της  $r_{\pi}$ ):



$$\text{οπότε: } R_{ib} = \frac{U_t}{i_t} = r_{\pi}, \text{ άρα: } R_{ib} = 502,5 \Omega$$

$$\text{Είναι: } U_o = -g_m U_{be} R_c \quad (1)$$



$$\text{Από NTK: } U_{sig} = 1000i_s + 10.000i_s \cdot (2)$$

$$\text{NTK: } U_{be} = 10.000i_s \quad (3)$$

$$\text{NPK: } i_s = i_1 + i_B \quad (4)$$

$$(2), (4) \Rightarrow U_{sig} = 11000i_1 + 1000i_B$$

$$\text{όπως } i_B = \frac{U_{be}}{r_{\pi}} \quad (5)$$

$$A_{\text{нб}} \text{ NTK: } U_{\text{sig}} = 1000 I_s + U_{be} \stackrel{(4)}{=} 1000 I_s + 1000 I_s + U_{be} =$$

$$\frac{B)}{E)} \frac{U_{be}}{10} + \frac{U_{be}}{r_{\pi}} + U_{be} \Rightarrow U_{be} = U_{\text{sig}} \left( \frac{1}{\frac{1}{10} + 1 + \frac{1000}{r_{\pi}}} \right) \quad (6)$$

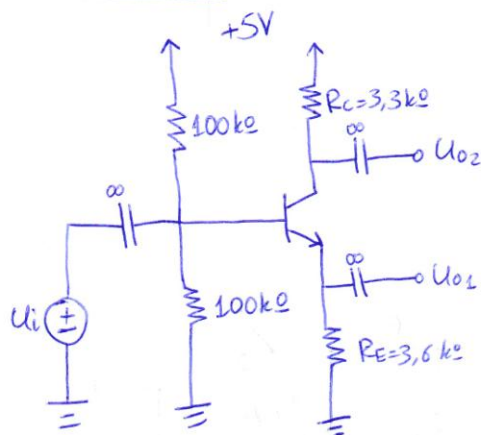
$$(1), (6) \Rightarrow \frac{U_o}{U_{\text{sig}}} = -g_m R_c \frac{1}{\frac{1}{10} + 1 + \frac{1000}{r_{\pi}}} \Rightarrow$$

$$\frac{U_o}{U_{\text{sig}}} \approx -12,88.$$

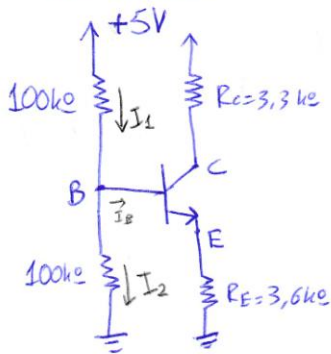
$$A_v \quad U_o = \pm 0,4 \text{ V, } r_{\text{оте}}: U_{\text{sig}} = 0,031 \text{ V на}$$

$$U_b = U_{\text{sig}} \left( \frac{1}{\frac{1}{10} + 1 + \frac{1000}{r_{\pi}}} \right) \rightarrow U_b = 0,01 \text{ V. } (= U_{be}).$$

Асхнон 3: (7.58)



### DC Analysis:



Ο ποτε μεγάλος  $\Rightarrow I_B = 0$ .

Επομένως, ισχύει:  $I_E = I_C$

NPK(B):  $I_1 - I_2 = I_B \Rightarrow I_1 = I_2 \Rightarrow$

$$\frac{5 - V_B}{100k\Omega} = \frac{V_B}{100k\Omega} \Rightarrow V_B = 5 - V_B \Rightarrow$$

$$V_B = 2,5V$$

Είναι:  $V_{BE} = 0,7V$  (εξαιρετικά προσέγγιση).

άρα:  $V_E = V_B - V_{BE} \Rightarrow V_E = 1,8V$

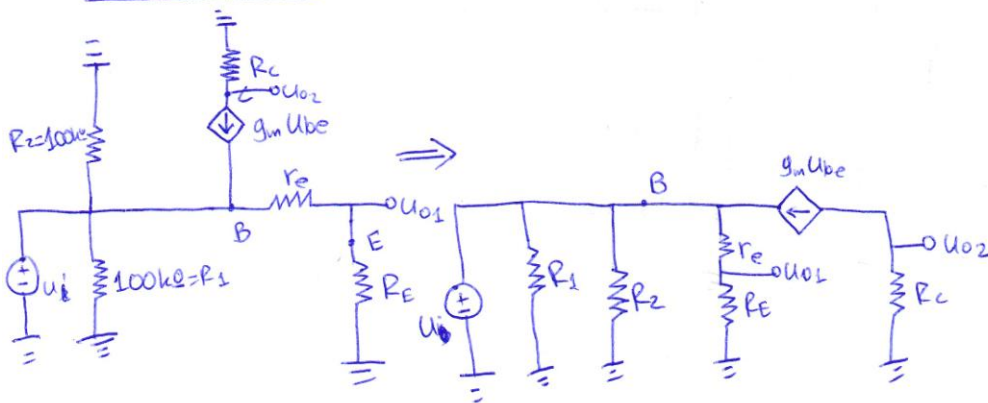
ΟΠΩΣΤΕ:  $I_E = \frac{V_E - 0}{3,6k\Omega} \Rightarrow I_E = \frac{1,8}{3,6} mA \Rightarrow I_E = 0,5mA$ .

ΟΠΩΣΤΕ και:  $I_C = 0,5mA$ .

Είναι:  $r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25mV}{0,5mA} \Rightarrow r_e = 50\Omega$  και:  $g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0,5}{25} \Rightarrow$

$$g_m = 0,02S$$

### AC Analysis:



Αproximá ισχύει:  $U_B = U_i$ , οπότε από διαίρεση τάσης:  $U_{o1} = \frac{R_E U_b}{r_e + R_E} \Rightarrow$

$$\frac{U_{o1}}{U_i} = \frac{R_E}{r_e + R_E}$$



Είναι:  $U_{o2} = -i_c R_c \Rightarrow U_{o2} = -a i_E R_c$  (1)

όπως:  $U_{B1} = i_E (r_e + R_E) \Rightarrow U_{i1} = i_E (r_e + R_E)$  (2).

Από:  $\frac{(1)}{(2)} \Rightarrow \frac{U_{o2}}{U_{i1}} = \frac{-a R_c}{r_e + R_E}$

οπότε,  $\frac{U_{o1}}{U_{i1}} = \frac{3,6 \cdot 10^3}{50 + 3,6 \cdot 10^3} \Rightarrow \frac{U_{o1}}{U_{i1}} \approx 0,986$

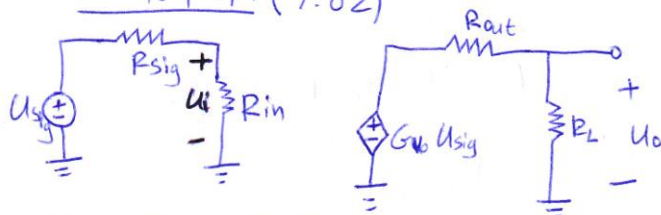
και:  $\frac{U_{o2}}{U_{i1}} \approx -1 \cdot \frac{3,3 \cdot 10^3}{3,6 \cdot 10^3 + 50} \Rightarrow \frac{U_{o2}}{U_{i1}} \approx -0,904$

Αν ο αμφοδύτης  $U_{o1}$  συνδεθεί στη γείωση, τότε:

$U_{B1} = i_E r_e \Rightarrow U_{i1} = i_E r_e$  (3).

Από:  $\frac{(1)}{(3)} \Rightarrow \frac{U_{o2}}{U_{i1}} = \frac{-a R_c}{r_e} \Rightarrow \frac{U_{o2}}{U_{i1}} = -1 \cdot \frac{3,3 \cdot 10^3}{50} \Rightarrow \frac{U_{o2}}{U_{i1}} \approx -66$

#### Άσκηση 4: (7.62)



Από διαγράμμι τριών:

$U_{i1} = \frac{R_{in}}{R_{sig} + R_{in}} U_{sig}$  (1)

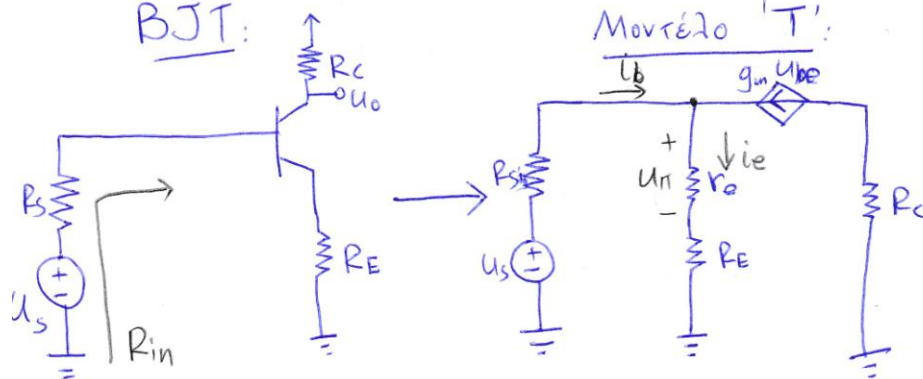
Είναι:  $G_{u0} = \frac{U_o}{U_{sig}} \Big|_{R_L = \infty}$  (2)  $A_{u0} = \frac{U_o}{U_{i1}} \Big|_{R_L = \infty}$  (3)  $U_o = \frac{R_L G_{u0} U_{sig}}{R_L + R_{out}}$  (4)

ΟΠΩΣ:  $G_{u0} = \frac{U_o}{U_{sig}} = \frac{U_o}{U_{i1}} \cdot \frac{U_{i1}}{U_{sig}} \stackrel{(1)}{=} A_{u0} \frac{R_{in}}{R_{sig} + R_{in}} \stackrel{R_L = \infty}{\Rightarrow} G_{u0} = A_{u0} \frac{R_i}{R_{sig} + R_i}$

και:  $G_u = \frac{U_o}{U_{sig}} \stackrel{(4)}{=} \frac{R_L \cdot G_{u0}}{R_L + R_{out}} \Rightarrow G_u = G_{u0} \frac{R_L}{R_L + R_{out}}$

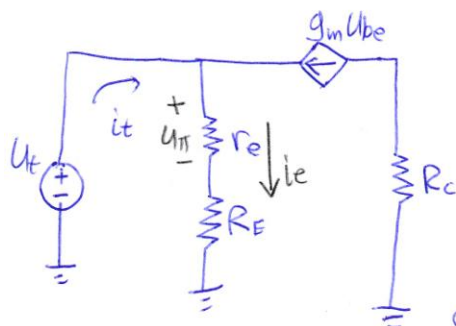
# Άσκηση 5: (7,75)

BJT:



Ισχύουν:  $R_{in} = 15\text{ k}\Omega$ ,  $\beta = 74$ ,  $\hat{U}_S = 0,15\text{ V}$  και  $R_{SB} = 30\text{ k}\Omega \rightarrow U_{\pi} = 5\text{ mV}$ .

Για την  $R_{in}$ , ισχύει:



Προφανώς είναι:  $I_C = I_B$ .

και:  $I_C = \beta I_B$   
 $I_E = I_B + I_C \Rightarrow I_E = (\beta + 1) I_B \rightarrow$

$$I_E = (\beta + 1) I_t \quad (1)$$

$$\text{ΟΤΟΤΕ: } R_{in} = \frac{U_t}{I_t} = \frac{I_E (R_E + r_e)}{I_t} \quad (2)$$

$$R_{in} = (\beta + 1)(R_E + r_e) \Rightarrow R_E + r_e = \frac{R_{in}}{\beta + 1} \quad (2)$$

$$\text{Από διαίρεση τάσης: } U_B = \frac{R_{in} U_S}{R_{in} + R_{SB}} \quad (3)$$

$$\text{ΝΤΚ: } U_S = I_B R_{SB} + U_B \Rightarrow I_B = \frac{U_S (1 - \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{SB}})}{R_{SB}} \Rightarrow I_B \approx 0,003\text{ mA}$$

$$\text{ΟΤΟΤΕ: } I_E = (\beta + 1) I_B \Rightarrow I_E = 0,225\text{ mA}$$

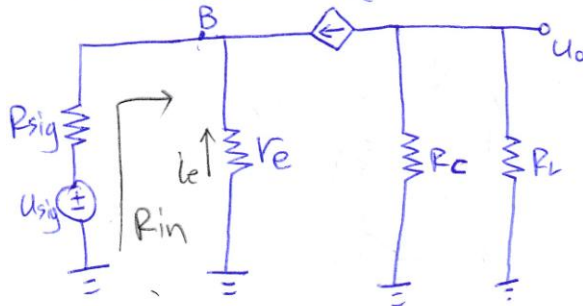
$$\text{και: } U_{\pi} = I_E r_e \Rightarrow r_e = \frac{U_{\pi}}{I_E} \Rightarrow r_e \approx 22,2\Omega \text{ και:}$$

$$(2) \Rightarrow R_E = \frac{R_{in}}{\beta + 1} - r_e \Rightarrow R_E \approx 200 - 22,2 \Rightarrow R_E \approx 177,8\Omega$$



## Άσκηση 6: (7.79)

Αν πάρουμε κατευθείαν το "T" ~~ισοδύναμο~~ μοντέλο για το τρανζίστορ, έχουμε:



Με αυτήν οπτική εξέταση του ισοδύναμου κυκλώματος μπορούμε να δώσουμε:  $R_{in} = R_e$ , οπότε:  $R_{in} = R_{sig} \Rightarrow R_e = R_{sig} \Rightarrow$

$$a \frac{V_T}{I_c} = R_{sig} \Rightarrow I_c = \frac{a V_T}{R_{sig}} \Rightarrow I_c \approx \frac{1 \cdot 25}{50} \text{ mA} \Rightarrow$$

$$I_c \approx 0,5 \text{ mA.}$$

Είναι:  $U_b = -I_e R_e$ , όπου:  $U_b = \frac{R_e U_{sig}}{R_{sig} + R_e}$  (από διαίρεση τάσης)

άρα:  $-I_e R_e = \frac{R_e U_{sig}}{R_{sig} + R_e} \Rightarrow I_e = -\frac{U_{sig}}{R_{sig} + R_e} \quad (1)$

Ενώ:  $U_o = -a I_e (R_c \parallel R_L) \xrightarrow{(1)} U_o = \frac{a (R_c \parallel R_L) U_{sig}}{R_{sig} + R_e}$

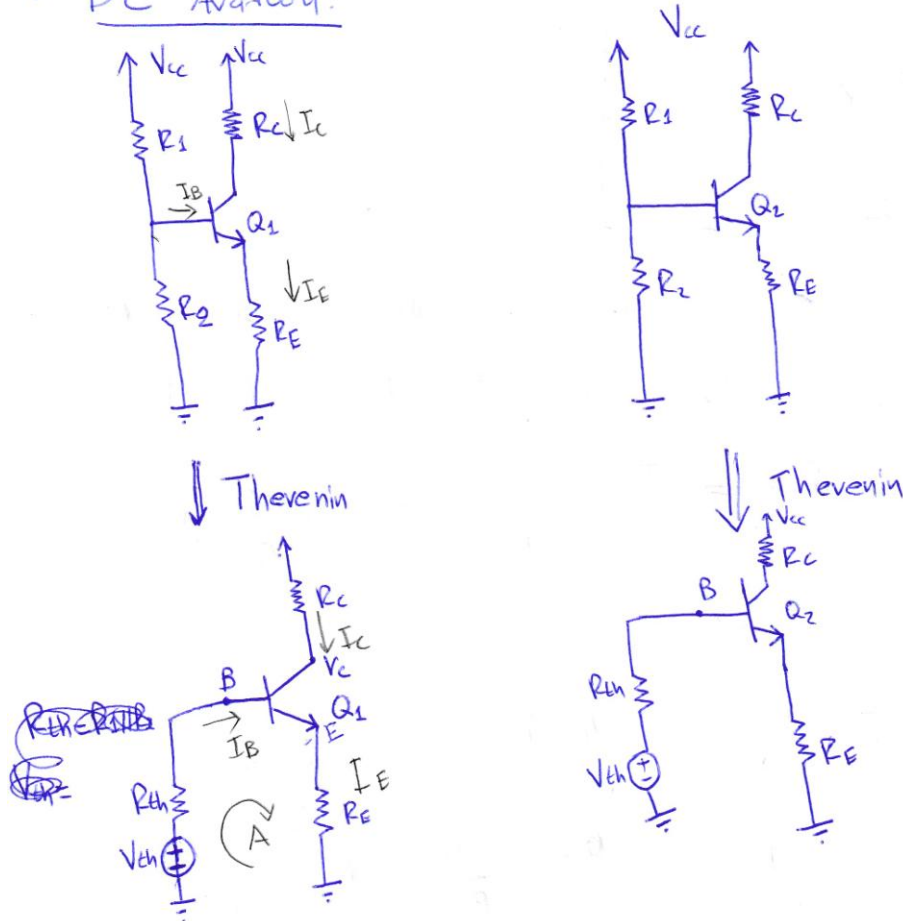
Επομένως:  $G_u = \frac{U_o}{U_{sig}} \Rightarrow G_u = a \frac{R_c \parallel R_L}{R_{sig} + R_e}$  ή  $G_u \approx \frac{1 \cdot 5 \cdot 10^3}{0,1}$

$$\Rightarrow G_u = 5 \cdot 10^4$$

# Άσκηση 7: (7.13)

Δοθέν:  $V_{CC} = 15V$ ,  $R_1 = 100k\Omega$ ,  $R_2 = 47k\Omega$ ,  $R_E = 3,9k\Omega$ ,  
 $R_C = 6,8k\Omega$ ,  $\beta = 100$ .

a) DC Analysis:



Αποίμα για  $Q_1, Q_2$ , είναι:  $V_{th} = \frac{R_2 V_{CC}}{R_1 + R_2} \Rightarrow V_{th} = \frac{47 \cdot 15}{147} V \Rightarrow$   
 $V_{th} \approx 4,8V$ ,  $R_{th} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \approx 32k\Omega$ . ~~από:  $V_{th} = 4,8V$ ,  $R_{th} = 32k\Omega$~~   
 ~~$V_E = 4,8 - 0,7 \Rightarrow V_E = 4,1V$~~   
 ~~$I_E = \frac{V_E - 0}{R_E} \Rightarrow I_E = \frac{4,1}{3,9} \Rightarrow I_E \approx 1,05mA$~~

Από ΝΤΚΑ:  $V_{th} - I_B R_{th} - V_{BE} - I_E R_E = 0 \Rightarrow$

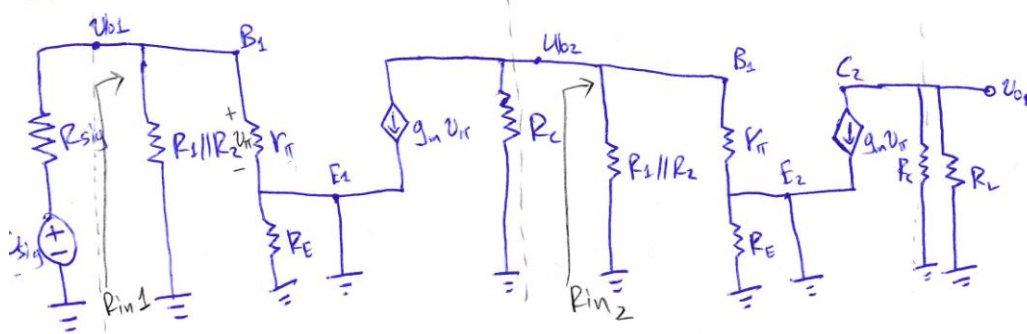
$$V_{th} - V_{BE} = I_B R_{th} + I_E R_E \Rightarrow V_{th} - V_{BE} = \frac{I_C}{\beta} R_{th} + \frac{I_C}{\alpha} R_E \Rightarrow$$

$$I_C = \frac{V_{th} - V_{BE}}{\frac{R_{th}}{\beta} + \frac{R_E}{\alpha}} \Rightarrow I_C = \frac{4,8 - 0,7}{\frac{0,312}{\beta} + \frac{0,087}{\alpha}} \Rightarrow I_C \approx 0,96 \text{ mA}$$

Οπότε:  $V_C = V_{CC} - I_C \cdot R_C \Rightarrow V_C = 15 - 0,96 \cdot 6,8 \Rightarrow$

~~$V_C = 8,472 \text{ V}$~~   $V_C = 8,472 \text{ V}$

β)



$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} \quad \text{όπου: } g_m = \frac{I_C}{V_T} \Rightarrow g_m = \frac{0,96}{25} \Rightarrow g_m = 0,0384 \text{ S}$$

όρα:  $r_{\pi} = 2,6 \text{ k}\Omega$

α) Είπα:  $R_{in1} = \frac{U_{b1}}{i_{sig}} = \frac{U_{\pi}}{i_{sig}} \Rightarrow R_{in1} = R_1 \parallel R_2 \parallel r_{\pi} \Rightarrow R_{in1} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{r_{\pi}}}$

$\Rightarrow R_{in1} \approx 2,4 \text{ k}\Omega$

Είπα:  $U_{b1} = R_{in1} i_{sig}$  (1) και:  $U_{sig} = i_{sig} \cdot R_{sig}$  (2)

Από (1)  $\Rightarrow \frac{U_{b1}}{U_{sig}} = \frac{R_{in1}}{R_{sig}} \Rightarrow \frac{U_{b1}}{U_{sig}} = 0,48$

δ) Από οπτική εξέταση του ισοδυναμικού AC κυκλώματος, προκύπτει:

$$R_{in2} = R_1 \parallel R_2 \parallel R_{\pi} \Rightarrow R_{in2} = 2,4 \text{ k}\Omega$$

Είναι:  $v_{b1} = v_{\pi}$  και  $v_{b2} = v_{\pi}$ , άρα:  $\frac{v_{b2}}{v_{b1}} = 1$ .

ε) Είναι:  $v_o = -g_m v_{\pi} (R_c \parallel R_L)$

$v_{b2} = v_{\pi}$ .

Άρα:  $\frac{v_o}{v_{b2}} = -g_m (R_c \parallel R_L) \Rightarrow \frac{v_o}{v_{b2}} = -0,0384 \cdot \frac{6,8 \cdot 2}{8,8} \Rightarrow$

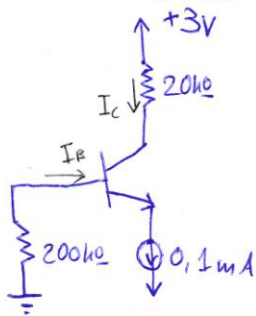
$\frac{v_o}{v_{b2}} \approx -0,06$

στ) Είναι:  $G_v = \frac{v_o}{v_{sig}} = \frac{v_o}{v_{b2}} \cdot \frac{v_{b2}}{v_{sig}} = \frac{v_o}{v_{b2}} \cdot \frac{v_{b1}}{v_{b2}} \cdot \frac{v_{b1}}{v_{sig}} \Rightarrow$

$\Rightarrow G_v = -0,06 \cdot 1 \cdot 0,48 \Rightarrow G_v \approx -0,0288$

Άσκηση 8: (7.31)

DC Ανάλυση:



$I_E = 0,1 \text{ mA}$ , άρα:  $I_C = \alpha I_E \Rightarrow$

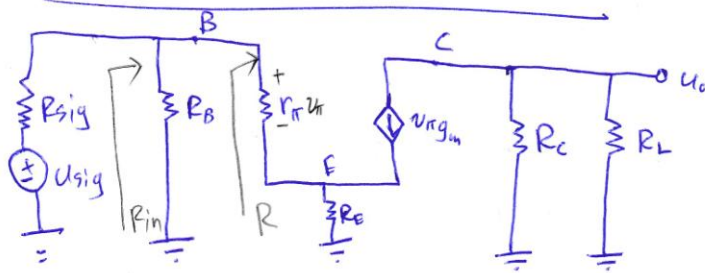
$I_C = 0,099 \text{ mA}$ .

άρα:  $g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{0,099}{25} \Rightarrow g_m = 3,96 \cdot 10^{-3} \text{ S}$

$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} \Rightarrow r_{\pi} = \frac{100}{3,96 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow r_{\pi} = 25,25 \text{ k}\Omega$ .

$r_e = \frac{0,99}{g_m} \Rightarrow r_e = 250 \Omega$ .

# AC Analysis με το $\pi$ μοντέλο:



Είναι:  $R_{in} = R_B \parallel R$

όπου:  $R = (\beta + 1)(R_E + r_e) \Rightarrow R = 50,5 \text{ k}\Omega$

και:  $R_B = 200 \text{ k}\Omega$

άρα:  $R_{in} = \frac{R \cdot R_B}{R + R_B} \Rightarrow R_{in} = \frac{200 \cdot 50,5}{250,5} \Rightarrow R_{in} = 40,32 \text{ k}\Omega$

Είναι:  $U_o = -g_m U_{\pi} (R_C \parallel R_L)$

$U_B = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} \cdot U_{sig}$

$U_{\pi} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} \cdot \frac{r_e}{r_e + R_E} \cdot U_{sig}$

άρα:  $\frac{U_o}{U_{sig}} = -g_m \frac{R_{in} (R_C \parallel R_L)}{R_{in} + R_{sig}} \cdot \frac{r_e}{r_e + R_E} \Rightarrow \frac{U_o}{U_{sig}} = -13,23$

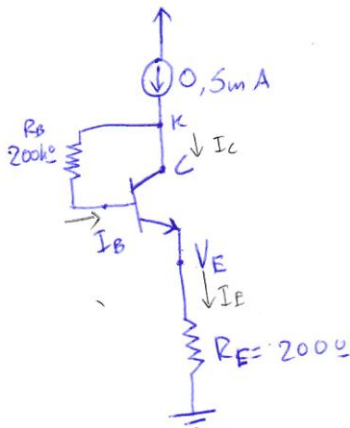
Για  $U_{be} = 5 \text{ mV}$ ,  $U_{sig} = \frac{R_{in} + R_{sig}}{R_{in}} \cdot U_{be} \Rightarrow U_{sig} = 1,496 \text{ V}$

και:  $U_o = -13,23 \cdot (1,496) \Rightarrow U_o = -19,7925 \text{ V}$



## Asignacion 9: (7.132)

### a) DC Analisis:



$$I_E = I_B + I_C \text{ (BJT)}$$

datos: NPN  $\beta = 100$

$$I_B + I_C = 0,5 \text{ mA} \Rightarrow I_E = 0,5 \text{ mA}$$

$$\frac{V_E - 0}{R_E} = I_E \Rightarrow V_E = I_E \cdot R_E \Rightarrow$$

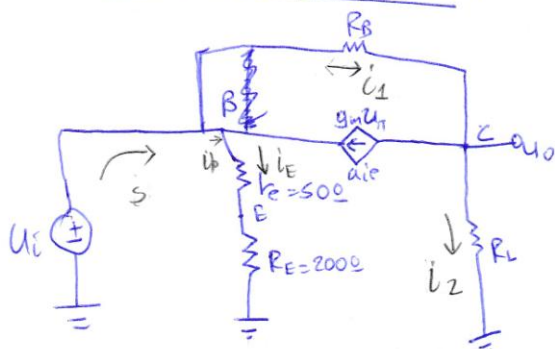
$$V_E = 0,1 \text{ V}$$

$$V_B = V_E + |V_{BE}| \Rightarrow V_B = 0,8 \text{ V}$$

$$\text{para: } V_C = V_B + I_B \cdot R_B \Rightarrow V_C = V_B + \frac{I_E}{\beta} R_B \Rightarrow V_C = 1,79 \text{ V}$$

$$\text{Ejemplo: } g_m = \frac{I_C}{V_T} = 0,0198 \text{ S}, r_e = \frac{\alpha}{g_m} = 50 \Omega$$

### b) AC Analisis, T model:



$$U_o = i_L R_L \quad (1)$$

$$\text{NPN: } i_L = \alpha i_E + i_2 \quad (2)$$

$$i_E = \frac{U_i}{r_e + R_E} \quad (3)$$

$$\text{datos: } U_o + U_{CB} = U_i \Rightarrow$$

$$U_o = U_i - U_{CB} \Rightarrow U_o = U_i - i_L R_B$$

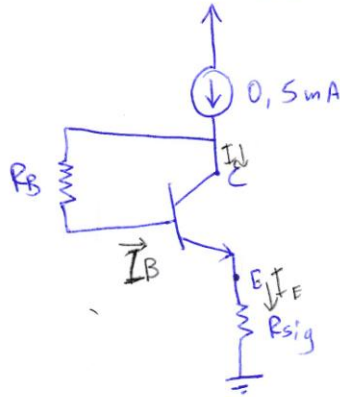
$$\Rightarrow U_o = U_i - (\alpha i_E + i_2) R_B \Rightarrow U_o = U_i - \left( \alpha \frac{U_i}{r_e + R_E} + \frac{U_o}{R_L} \right) R_B \Rightarrow$$

$$U_o = U_i - \frac{\alpha U_i R_B}{r_e + R_E} - \frac{U_o}{R_L} R_B \Rightarrow U_o \left( 1 + \frac{R_B}{R_L} \right) = U_i \left( 1 - \frac{\alpha R_B}{r_e + R_E} \right) \Rightarrow$$

$$\frac{U_o}{U_i} = \frac{1 - \alpha \frac{R_B}{r_e + R_E}}{1 + \frac{R_B}{R_L}} \Rightarrow \frac{U_o}{U_i} \approx -71,91$$

## Άσκηση 10: (7.133)

### DC Ανάλυση:



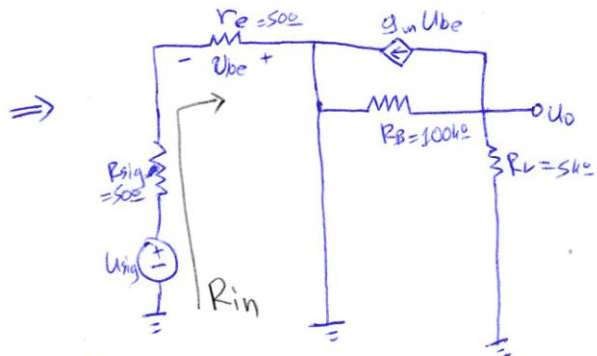
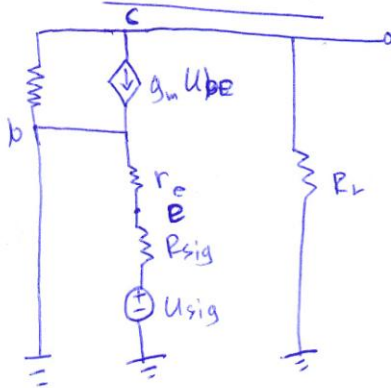
$$\text{NPK: } I_C + I_B = 0,5 \text{ mA}$$

$$\text{όπως: } I_E = I_C + I_B \Rightarrow I_E = 0,5 \text{ mA}$$

$$\text{άρα: } g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{\alpha I_E}{V_T} \Rightarrow g_m = 0,0198 \text{ S}$$

$$\text{οπότε και: } r_e = \frac{\alpha}{g_m} \Rightarrow r_e = 50 \Omega$$

### AC Ανάλυση:



Από οπτική εξέταση του ισοδύναμου κυκλώματος, προκύπτει:

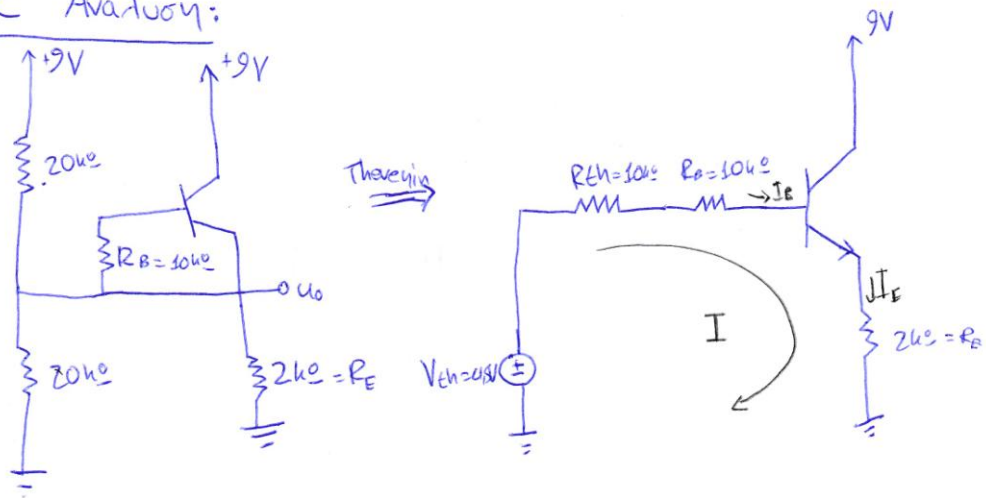
$$R_{in} = r_e \Rightarrow R_{in} = 50 \Omega$$

$$U_o = -g_m U_{be} (R_B \parallel R_L), \text{ όπου: } U_{be} = \frac{-R_{in} \cdot U_{sig}}{R_{in} + R_{sig}}$$

$$\text{άρα: } \frac{U_o}{U_{sig}} = \frac{+g_m (R_B \parallel R_L) R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} \Rightarrow \frac{U_o}{U_{sig}} = 47,619$$

## Άσκηση 11: (7.136)

a) DC Analysis:



NTK:  $V_{th} - V_{BE} = I_B (R_{th} + R_B) + I_E R_E \Rightarrow$

$$V_{th} - V_{BE} = \frac{I_E}{\beta + 1} (R_{th} + R_B) + I_E R_E \Rightarrow$$

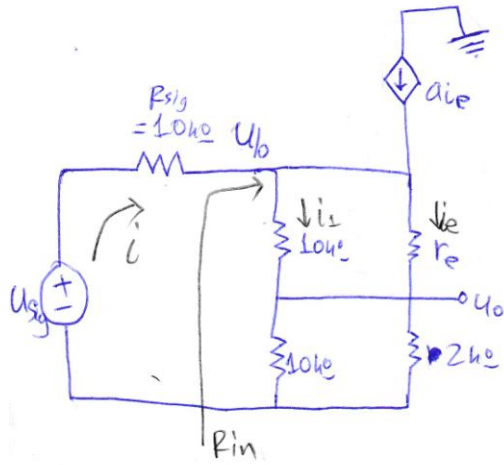
$$I_E = \frac{V_{th} - V_{BE}}{\frac{R_{th} + R_B}{\beta + 1} + R_E} \Rightarrow I_E = \frac{4.5 - 0.7}{\frac{20}{101} + 2} \text{ mA} \Rightarrow I_E \approx 1.73 \text{ mA}$$

άρα:

$$g_m = \frac{\alpha I_E}{V_T} = \frac{0.99 \cdot 1.73}{25} \approx 0.06855$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{a}{g_m} \Rightarrow r_e \approx 14.45 \Omega, \quad r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = 1.46 \text{ k}\Omega$$

## β) AC Ανάλυση με T μοντέλο:



$$\text{Eval: } R_{in} = \frac{U_b}{i} \quad (1)$$

$$U_b - U_o = i_e r_e \quad (2)$$

$$U_o = (i_L + i_e)(10k\Omega + 2k\Omega) \Rightarrow$$

$$U_o = (i_L + i_e)(1,667k\Omega) \quad (3)$$

$$i_L \cdot 10k\Omega = i_e r_e \quad (4)$$

$$i = i_B + i_L \quad (5)$$

$$i_B = \frac{i_e}{\beta + 1} = (1 - a)i_e \quad (6)$$

$$\text{Από: } \{(1), (2), (3), (4), (5), (6)\} \Rightarrow R_{in} = 148,3 k\Omega$$

$$\text{Eval: } \left. \begin{aligned} U_b &= \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} \cdot U_{sig} \\ i &= \frac{U_b}{R_{in}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow i = \frac{U_{sig}}{R_{in} + R_{sig}}$$

$$U_{sig} = i R_{sig} + i_e r_e + U_o \quad (7)$$

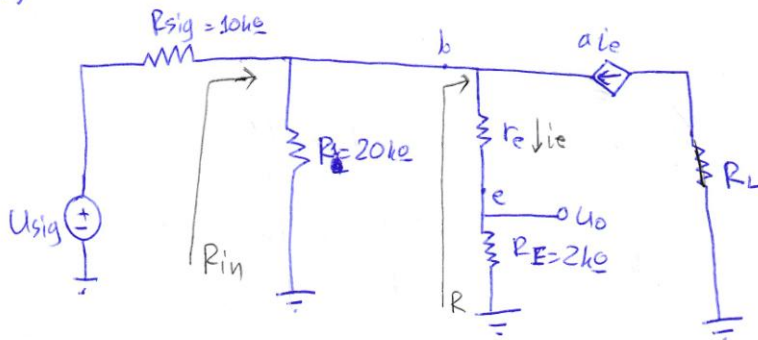
$$(3) \Rightarrow U_o = (i_L + i_e)(1,667 k\Omega) \Rightarrow U_o = i_e \left( \frac{r_e + 10}{10} \right) \cdot (1,667 k\Omega)$$

$$(7) \Rightarrow U_{sig} = \frac{U_{sig} \cdot R_{sig}}{R_{in} + R_{sig}} + \frac{10}{(r_e + 10)(1,667 k\Omega)} U_o + U_o \Rightarrow$$

$$U_{sig} \left( 1 - \frac{10 k\Omega}{10 k\Omega + 148,3} \right) = U_o \left( 1 + \frac{10}{(r_e + 10)(1,667)} \right) \Rightarrow$$

$$\frac{U_o}{U_{sig}} = 0,9366$$

γ)



Είναι:  $R = \beta + 1)(r_e + R_E) \approx 203,46 \text{ k}\Omega$

οπότε:  $R_{in} = R_1 // R \Rightarrow R_{in} = \frac{20 \cdot 203,46}{223,46} \Rightarrow R_{in} \approx 18,21 \text{ k}\Omega$

Είναι:  $U_b = \frac{R_{sig} U_{th}}{R_{sig} + R_{in}}$  (8) (από διαίρεση τάσης) ενώ:  $U_b = i_e r_e + U_o$

όμως:  $i_e = \frac{U_o}{R_E}$ , άρα:  $U_b = \frac{U_o}{R_E} r_e + U_o \Rightarrow U_b = U_o \left( \frac{r_e}{R_E} + 1 \right)$  (9)

{8}, {9}  $\Rightarrow U_o \left( \frac{r_e}{R_E} + 1 \right) = \frac{R_{sig} U_{th}}{R_{sig} + R_{in}} \Rightarrow \left( \frac{U_o}{U_{sig}} \right)^{-1} = \frac{\frac{r_e}{R_E} + 1}{\frac{R_{sig}}{R_{sig} + R_{in}}} \Rightarrow$

$\left( \frac{U_o}{U_{sig}} \right)^{-1} = \frac{\frac{14,46}{2k} + 1}{\frac{18,21}{28,21}} \Rightarrow \frac{U_o}{U_{sig}} \approx 0,64$

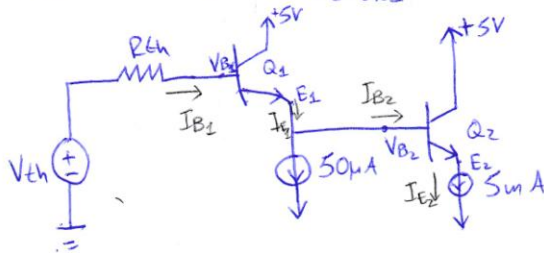
Το σωληνο κέρδος τάσης στην περίπτωση του γ) είναι μικρότερο από αυτό του β). Αυτό συμβαίνει διότι η αντίσταση εισόδου  $R_{in}$  είναι μικρότερη όταν ανοιχτοκυλάνεται ο πυκνωτής  $C_B$ . Επομένως το πλεονέκτημα που παρέχει η συζητημένη συνδεολογία είναι η αύξηση της τιμής της  $R_{in}$  (και κατ'επέκταση και τη μείωση του σωληνο κέρδος τάσης).



## Άσκηση 12: (7.137)

a) DC Ανάλυση:  $\beta_1 = 50$ ,  $\beta_2 = 100$

Μετά από Thevenin στο κύκλωμα απέναντί του  $Q_1$ , προκύπτει:  
( $V_{th} = 2,5V$ ,  $R_{th} = 0,5M\Omega$ ).  
 $= 500k\Omega$



$$\text{Είναι: } I_{B2} = \frac{I_{E2}}{\beta_2 + 1} \Rightarrow I_{B2} \approx 0,0495 \mu A$$

$$\text{NPK: } I_{E1} = I_{B2} + 50 \mu A \Rightarrow I_{E1} \approx 0,0995 \mu A \rightarrow I_{E1} \approx 0,1 \mu A$$

$$\text{άρα: } I_{B1} = \frac{I_{E1}}{\beta_1 + 1} \Rightarrow I_{B1} \approx 1,96 \mu A$$

$$\text{ΟΤΟΤΕ: } \frac{-V_{B1} + V_{th}}{R_{th}} = I_{B1} \Rightarrow V_{B1} = V_{th} - I_{B1} \cdot R_{th} \Rightarrow$$

$$V_{B1} = 2,5 - 0,98 \Rightarrow V_{B1} = 1,52 V$$

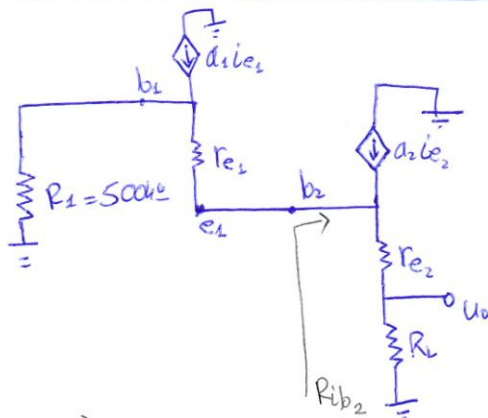
$$V_{B2} = V_{B1} - |V_{BE1}| \Rightarrow V_{B2} \approx 1,52 - 0,7 \Rightarrow V_{B2} \approx 0,82 V$$

$$\text{ΟΤΟΤΕ, Έχουμε: } g_{m1} = \frac{I_{E1} \cdot a_1}{V_T} \Rightarrow g_{m1} \approx 3,92 \cdot 10^{-3} S$$

$$g_{m2} = \frac{I_{E2} \cdot a_2}{V_T} \Rightarrow g_{m2} \approx 0,198 S$$

$$r_{e1} \approx \frac{a_1}{g_{m1}} \Rightarrow r_{e1} \approx 2500 \quad r_{e2} = \frac{a_2}{g_{m2}} \Rightarrow r_{e2} \approx 500$$

β) AC Analysis με T μοντέλο:



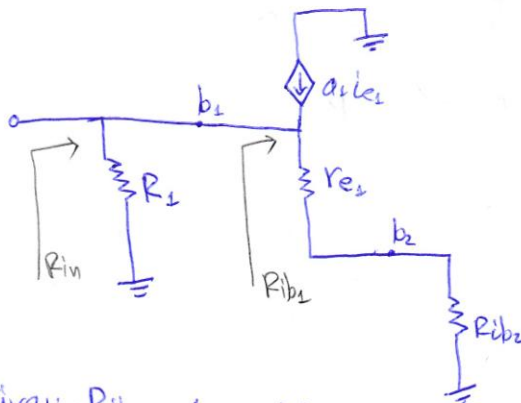
Από διαίρεση τάσης:

$$U_o = \frac{U_{b2} R_L}{r_{e2} + R_L} \Rightarrow$$

$$\frac{U_o}{U_{b2}} = \frac{R_L}{r_{e2} + R_L} \Rightarrow \frac{U_o}{U_{b2}} \approx 0,995.$$

Είναι:  $R_{ib2} = (\beta_2 + 1)(r_{e2} + R_L) \Rightarrow R_{ib2} = 101(5 + 1000) \Rightarrow R_{ib2} = 101,505k\Omega$

8)



Είναι:  $U_{e1} = U_{b2}$ , άρα:

$$\frac{U_{e1}}{U_{b1}} = \frac{U_{b2}}{U_{b1}}$$

Είναι:  $R_{ib1} = (\beta_1 + 1)(r_{e1} + R_{ib2}) \Rightarrow R_{ib1} = 51(250 + 101,505) \Rightarrow$   
 ~~$R_{ib1} = 5189,505k\Omega$~~   $R_{ib1} = 5189,505k\Omega$

$$R_{in} = R_{ib1} \parallel R_1 \Rightarrow R_{in} = 456,06k\Omega.$$

Από διαίρεση τάσης:  $U_{b2} = \frac{U_{b1} R_{ib2}}{r_{e1} + R_{ib2}} \Rightarrow \frac{U_{b2}}{U_{b1}} = \frac{R_{ib2}}{r_{e1} + R_{ib2}} \Rightarrow$

$$\frac{U_{e1}}{U_{b1}} \approx 0,9975$$

όπου:  $R_{sig} = 100 \text{ k}\Omega$ .

Από διαίρεση τάσης, είναι:  $U_{b1} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{s1g}} \cdot U_{s1g} \Rightarrow \frac{U_{b1}}{U_{s1g}} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{s1g}}$

$$\Rightarrow \frac{U_{b1}}{U_{sig}} = \frac{456,06}{456,06 + 100} \Rightarrow \frac{U_{b1}}{U_{sig}} \approx 0,82.$$

e) Elval:  $\frac{U_0}{U_{sig}} = \frac{U_0}{U_{b2}} \cdot \frac{U_{b2}}{U_{sig}} = \frac{U_0}{U_{b2}} \cdot \frac{U_{b2}}{U_{b1}} \cdot \frac{U_{b1}}{U_{sig}} \xrightarrow{U_{b2}=U_{b1}}$

$$\frac{U_o}{U_{sig}} = \frac{U_o}{U_{b2}} \cdot \frac{U_{b2}}{U_{b1}} \cdot \frac{U_{b1}}{U_{sig}} \Rightarrow \frac{U_o}{U_{sig}} \approx 0,995 \cdot 0,9975 \cdot 0,82 \Rightarrow$$

$$\frac{U_0}{U_{sig}} \approx 0,814.$$