
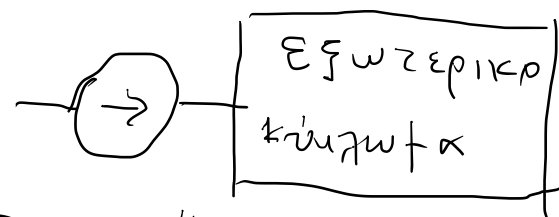


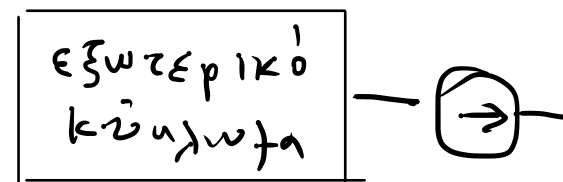
Τρανζίστορ ως πηγή ρεύματος


 ιδανική πηγή ρεύματος: κυβηλωματικό στοιχείο 2 ακροδευτών του οποίου το ρεύμα ΔΕΝ επηρεάζεται από την τάση ανάμεσα στους ακροδέκτες του

Διακρίνονται 2 είδη πηγών ρεύματος

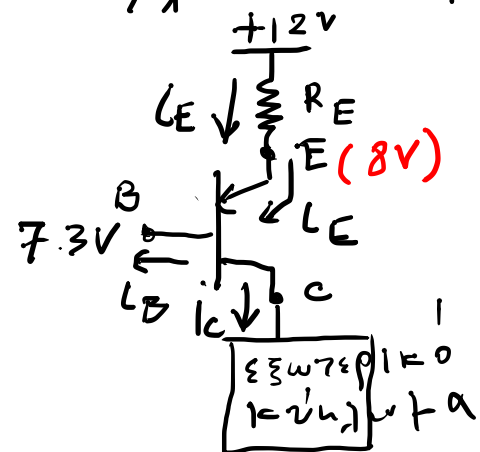


Πηγή: "Δίνει" ρεύμα στο εξωτερικό κύκλωμα



Καταβόθρα: "Τραβάει" ρεύμα από το εξωτερικό κύκλωμα

Υλοποίηση πηγής:



έστω ότι

$$V_B = 7.3V$$

$$\text{πρέπει } V_E = 8V$$

για να είναι το τρανζίστορ στην ενεργή περιοχή

$$\text{ώστε } V_{EB} \approx 0.7V$$

$$I_E = \frac{12V - 8V}{R_E} = \frac{4V}{R_E} \quad \text{Το } I_C = \alpha \cdot I_E \approx I_E$$

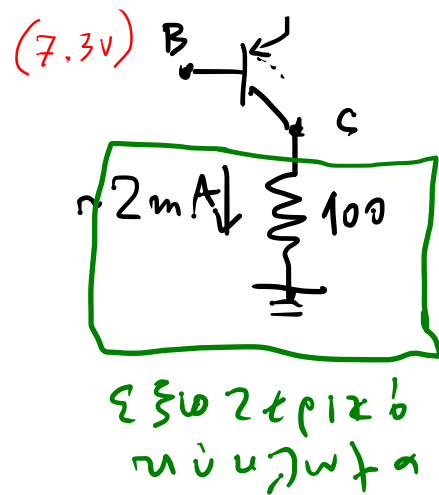
και το ρεύμα που δίνει το τρανζίστορ στο εξωτερικό κύκλωμα

είναι $I_C \approx \frac{4V}{R_E}$ το οποίο δεν κλαίει εφόσον η διαφορά BC δεν ποζώνεται,

ορθά, δηλ εφόσον το τρανζίστορ παραμένει στην ενεργή περιοχή.

π.χ αν $R_E = 2k\Omega$. Το $I_C = \frac{4V}{2k\Omega} = 2mA$.

Για παράδειγμα, αν το εξωτερικό μήκωμα είναι μια αντίσταση 100Ω προς την γη,



τότε:

$V_C = 100 \cdot 2mA = 0.2V$ ($V_{CB} = -7.1V$, το τρανζίστορ στην ενεργή περιοχή)

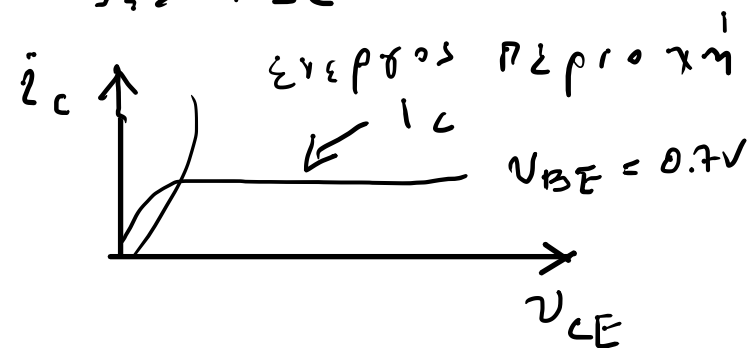
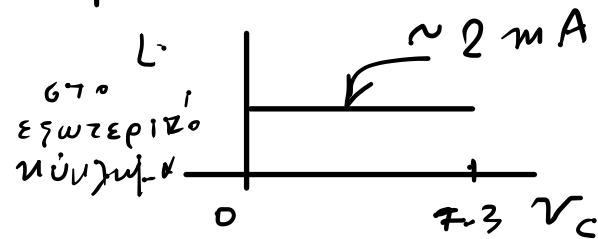
Αν το εξωτερικό μήκωμα γίνει $1k\Omega$ τότε

$V_C = 1k\Omega \cdot 2mA = 2V$ ($V_{CB} = -5.3V$, το τρανζίστορ παραμένει στην ενεργή περιοχή)

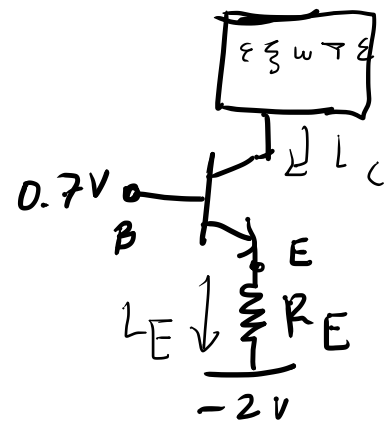
Για $4k\Omega$ το $4k\Omega \cdot 2mA = 8V$ αλλά το $V_{CB} = 0.7V$ δηλ.

το τρανζίστορ είναι στην περιοχή κορεσμού

Επομένως το ρεύμα είναι $2mA$ για αντίσταση εξωτερικό μήκωμα από 0Ω ως $3.5k\Omega$



Υψηλοίωση καταβόδρας ρεύματος



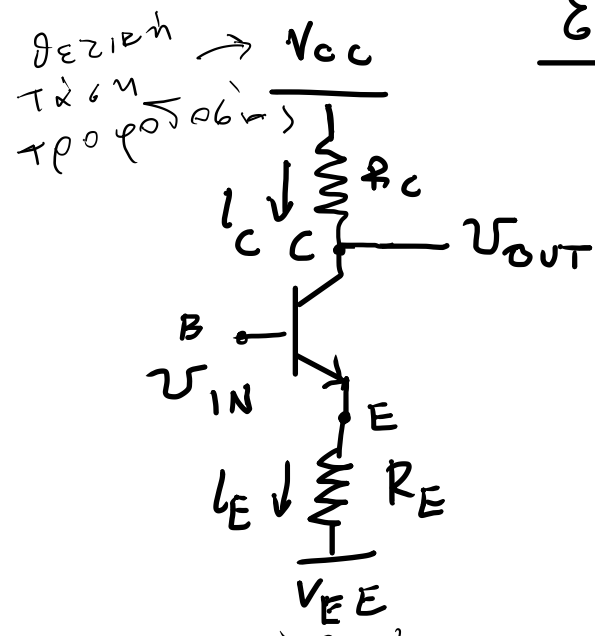
$V_{BE} \approx 0.7V$ και $V_E = 0V$ και $I_E = \frac{V_E - (-2V)}{R_E} = \frac{0 + 2V}{R_E}$

Το $I_C = \alpha \cdot I_E \approx I_E$ και I_C (Το ρεύμα που τραβάει το τρανζίστορ από το εξωτερικό κύκλωμα)

είναι περίπου $\frac{2V}{R_E}$ υπό την προϋπόθεση

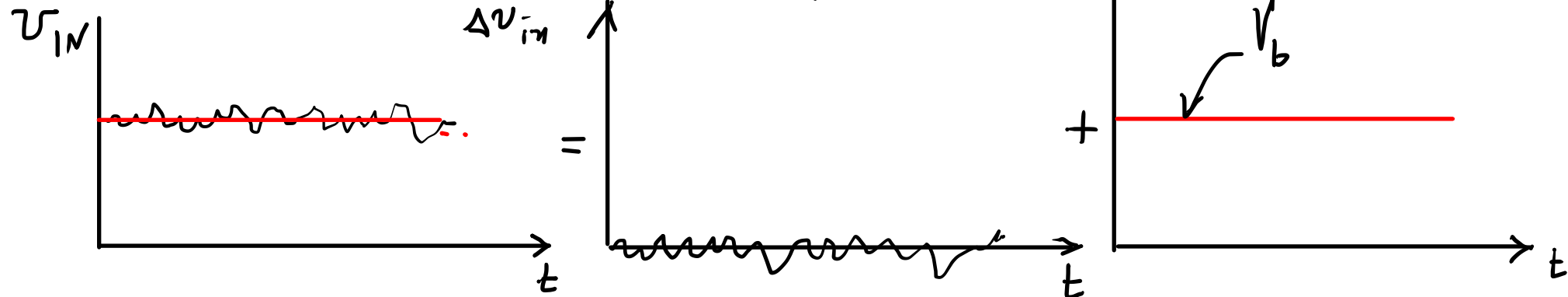
ότι η διόδος BC δεν ποζώνεται ορθά.

Ενισχυτής κοινού εκπομπού (Common Emitter Amplifier)



θετική τάση προφάσισ

Έστω ότι το V_{IN} έχει την μορφή:



0V ή αρνητική τάση προφάσισ

δηλ $V_{IN}(t) = \Delta V_{in}(t) + V_b$ Αν το τρανζίστορ είναι στην

ενεργό περιοχή το $V_{BE} \approx 0.6V$ άρα το

$V_E(t) = \Delta V_{in}(t) + V_b - 0.6V$ και το I_E θα είναι

$$I_E = \frac{V_E - V_{EE}}{R_E} = \frac{\Delta V_{in}(t) + V_b - 0.6V - V_{EE}}{R_E} = \frac{\Delta V_{in}(t)}{R_E} + \frac{V_b - 0.6V - V_{EE}}{R_E} \rightarrow \text{σταθερό}$$

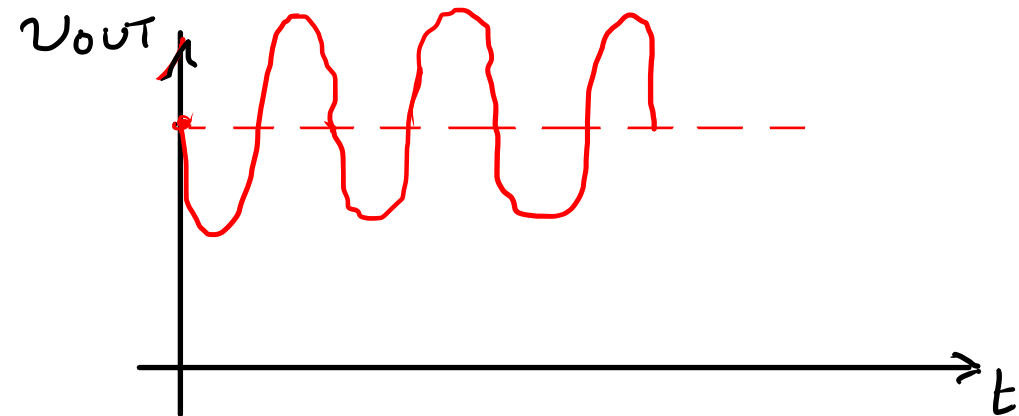
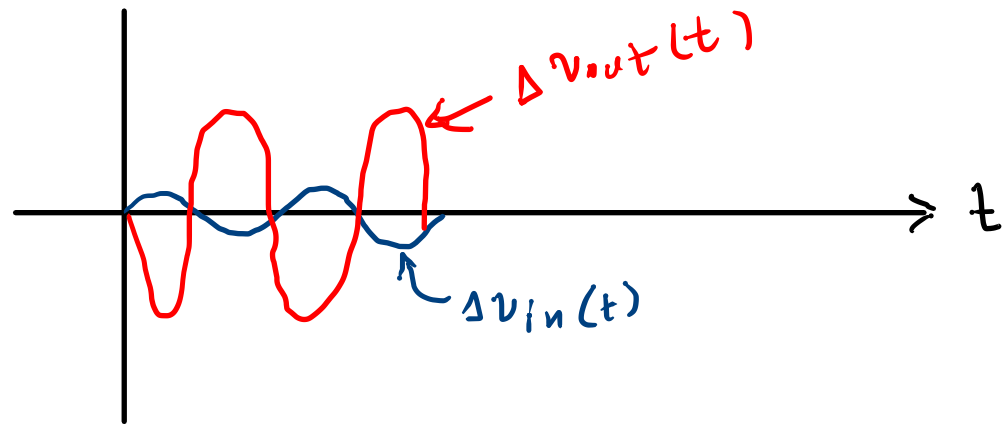
$$I_C = \alpha \cdot I_E \text{ άρα } I_C = \alpha \cdot \frac{\Delta V_{in}(t)}{R_E} + \alpha \cdot \frac{V_b - 0.6V - V_{EE}}{R_E}$$

$$V_{OUT} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = \underbrace{V_{CC}}_{\text{σταθερό}} - \alpha \cdot \underbrace{\Delta V_{in}(t)}_{\text{μεταβαλλόμενο}} \cdot \frac{R_C}{R_E} - \underbrace{\alpha \cdot (V_b - 0.6V - V_{EE})}_{\text{σταθερό}} \cdot \frac{R_C}{R_E}$$

Ο γόργος $\frac{\Delta V_{out}(t)}{\Delta V_{in}(t)} = \frac{-\alpha \cdot \cancel{\Delta V_{in}(t)} \cdot \frac{R_C}{R_E}}{\cancel{\Delta V_{in}(t)}} = -\alpha \cdot \frac{R_C}{R_E}$ αν $R_C > R_E$ π.χ 10 φορές

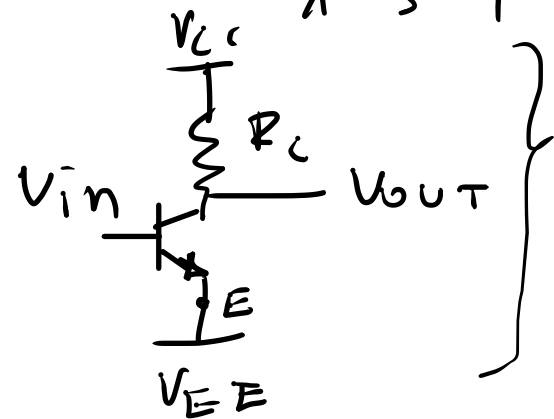
Τότε $\frac{\Delta V_{out}(t)}{\Delta V_{in}(t)} = -\overset{0.95}{a} \cdot 10 \Leftrightarrow \Delta V_{out} = -9.5 \cdot \Delta V_{in}$ δηλ αν $\Delta V_{in}(t) = 10 \text{ mV} \sin(\omega t)$ Το

$$\Delta V_{out}(t) = -9.5 \cdot (10 \text{ mV} \sin(\omega t)) = -95 \text{ mV} \sin(\omega t)$$



Μετακλήξατε ότι το κέρδος του ενισχυτή είναι

$$\frac{\Delta V_{out}}{\Delta V_{in}} = -a \cdot \frac{R_C}{R_E}$$



Για κύκλωμα αυτό το $R_E = 0$ και ο κέρδος \rightarrow δίνει $\frac{\Delta V_{out}(t)}{\Delta V_{in}(t)} = -\infty$!!

Αυτό συμβαίνει γιατί χρησιμοποιήσαμε το καλό μοντέλο για το τρανζίστορ

Στην πραγματικότητα το $I_c = I_s e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} \left(1 + \frac{V_{CE}}{V_A}\right)$ για $V_{BE} \gg V_T$

και έχουμε ότι $V_{BE} = V_{IN}(t) = V_b + \Delta V_{IN}(t)$ άρα το

$$e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} = e^{\frac{V_b + \Delta V_{IN}(t)}{V_T}} = e^{\frac{V_b}{V_T}} e^{\frac{\Delta V_{IN}(t)}{V_T}} \quad \text{Αν } \Delta V_{IN}(t) < V_T \text{ τότε το}$$

$$e^{\frac{\Delta V_{IN}(t)}{V_T}} \approx 1 + \frac{\Delta V_{IN}(t)}{V_T} \quad (e^x \approx 1+x, x < 1)$$

$$\text{Επομένως το } I_c = I_s e^{\frac{V_b}{V_T}} \left(1 + \frac{V_{CE}}{V_A}\right) \left(1 + \frac{\Delta V_{IN}(t)}{V_T}\right)$$

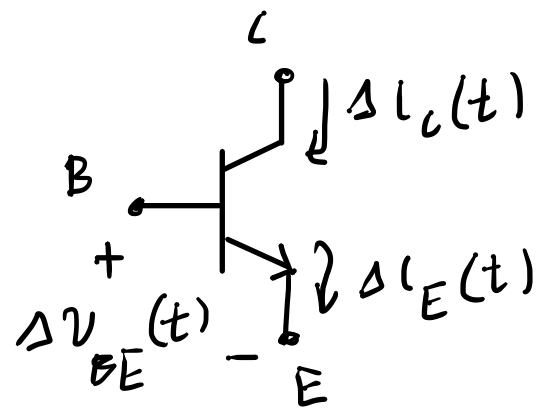
αυτό είναι το ρεύμα συλλέκτη όταν $\Delta V_{IN}(t) = 0$, δηλ το σταθερό κομμάτι του ρεύματος συλλέκτη. Το συμβολίζω I_c και έχω

$$I_c(t) = I_c \left(1 + \frac{\Delta V_{IN}(t)}{V_T}\right) = I_c + \frac{I_c}{V_T} \Delta V_{IN}(t)$$

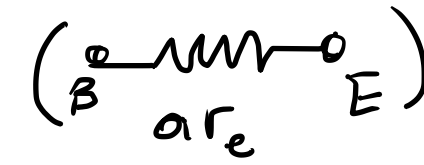
Το μεταβαλλόμενο μέρος του I_c είναι το $\frac{I_c}{V_T} \Delta V_{IN}(t)$

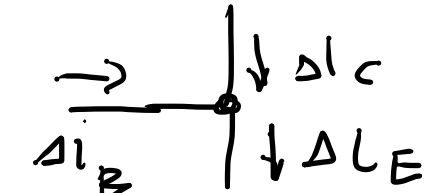
Το $\frac{I_c}{V_T}$ έχει διαστάσεις $S^{-1} = S'$ και είναι η διαγωγιμότητα του τρανζίστορ
 το $\frac{I_c}{V_T}$ συμβολίζεται και ως g_m ή $\frac{1}{r_e}$ αφού $r_e = \frac{V_T}{I_c}$ (π.χ. $V_T \approx 26 \text{ mV} @ 27^\circ \text{C}$
 αν $I_c = 1 \text{ mA}$ τότε $r_e = \frac{26 \text{ mV}}{1 \text{ mA}} = 26 \Omega$)

Μπορούμε να φτιάξουμε ένα μοντέλο για το τρανζίστορ που να εφαρμόζεται για τα μεταβαλλόμενα μεγέθη των τάσεων και των ρευμάτων:



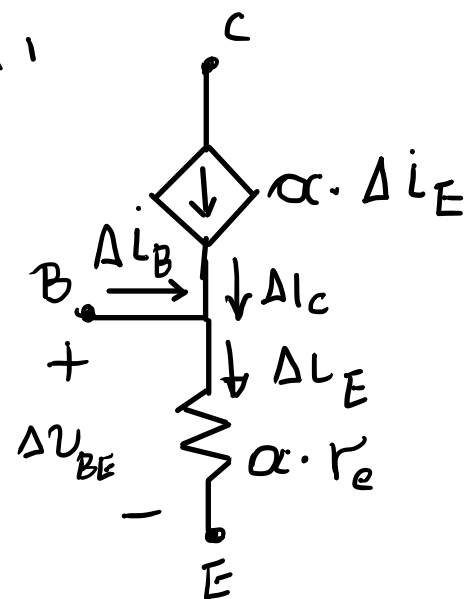
Το $\Delta I_E(t) = \frac{\Delta I_C(t)}{\alpha}$ ή μωλ $\Delta I_C(t) = \frac{1}{r_e} \Delta V_{BE}(t)$ κρκ

$\Delta I_E(t) = \frac{1}{\alpha} \frac{1}{r_e} \Delta V_{BE}(t) \Leftrightarrow \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_E} = \alpha \cdot r_e$ ()

Γεχόμενοι ότι $\Delta I_B(t) + \Delta I_C(t) = \Delta I_E(t)$ 

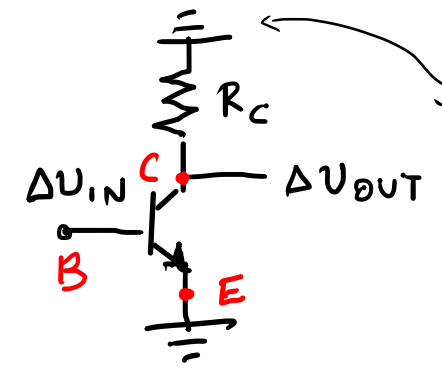
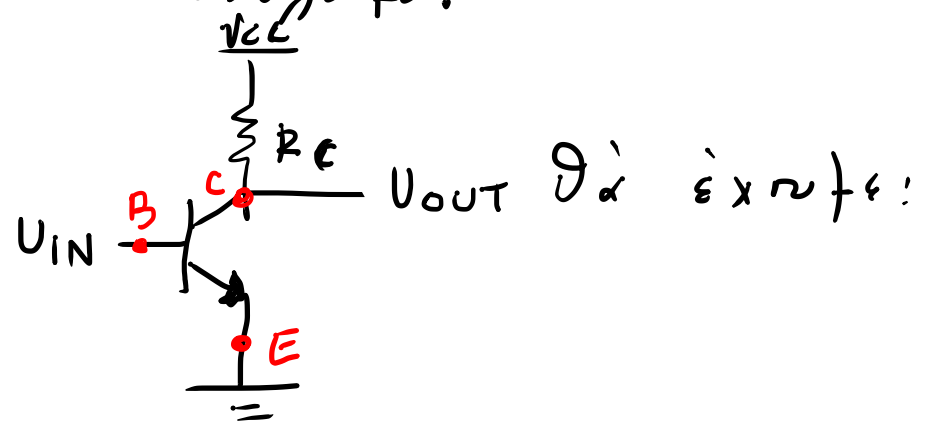
Επίσης $\Delta I_C(t) = \alpha \cdot \Delta I_E(t)$ ( : εξαρτημένη πηγή ρεύματος από ρεύμα)

Άρα το μοντέλο είναι



Αν υλοποιηθούμε μόνο τα μεταβληθόμενα τμήματα των τάσεων και των ρευμάτων, τότε

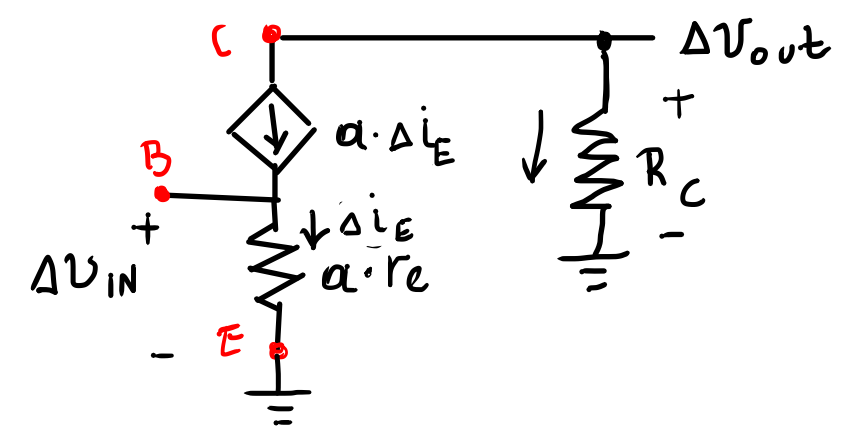
στο κύκλωμα:



γιατί τα μεταβληθόμενα τμήματα του V_{CC} , $\Delta V_{CC} = 0$ (V_{CC} : σταθερή τάση τροφοδοσίας)

και μπορούμε να αντιπροσωπεύσουμε το τρανζίστορ με το μοντέλο

που φαίνεται:

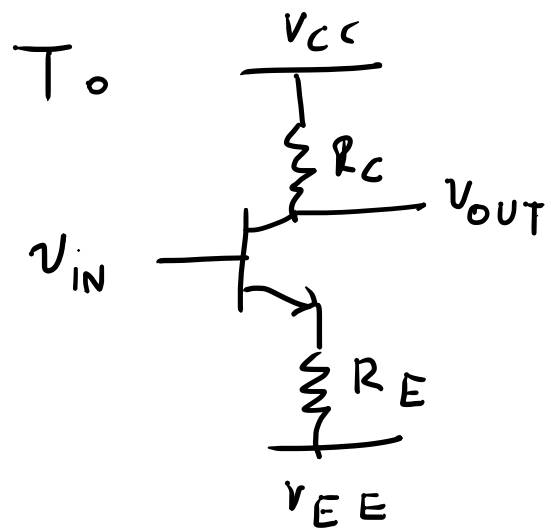


Εφαρμόζοντας τον ΚΚΛ στο (C) έχουμε $\alpha \cdot \Delta I_E + \frac{\Delta U_{OUT}}{R_C} = 0 \Leftrightarrow$

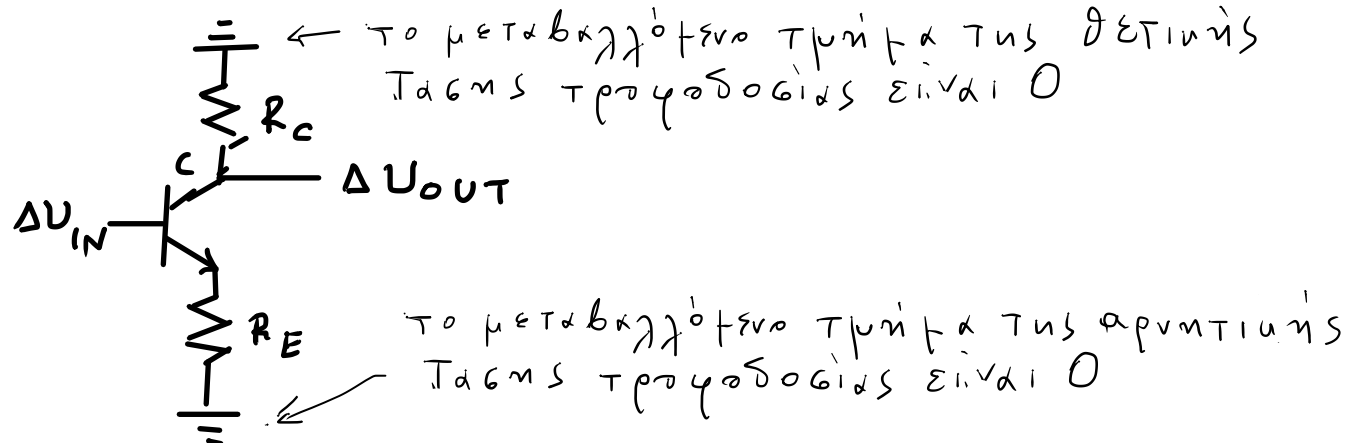
$$\Leftrightarrow \Delta U_{OUT} = -\alpha \Delta I_E \cdot R_C \quad \text{όμως} \quad \Delta I_E = \frac{\Delta U_{IN}}{\alpha \cdot r_e}$$

$$\alpha \cdot \Delta U_{OUT} = -\alpha \cdot \frac{\Delta U_{IN}}{\alpha \cdot r_e} \cdot R_C \Leftrightarrow$$

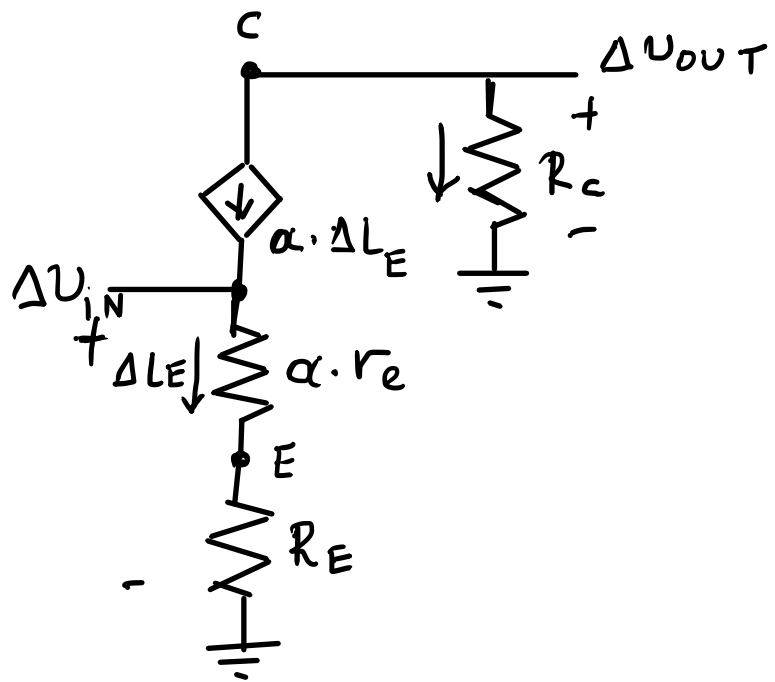
$$\Leftrightarrow \boxed{\frac{\Delta U_{OUT}}{\Delta U_{IN}} = -\frac{R_C}{r_e} \quad (!!)}$$



για τα μεταβλητότητα τμήματα των ρευμάτων και των τάσεων
γίνεται:



Αντικαθιστώντας με το μοντέλο του τρανζίστορ έχουμε:



Οπότε KCL(C): $\alpha \Delta I_E + \frac{\Delta V_{OUT}}{R_C} = 0 \Leftrightarrow$

$\Delta V_{OUT} = -\alpha \Delta I_E \cdot R_C$

και $\Delta I_E = \frac{\Delta V_{IN}}{\alpha r_e + R_E}$

$\Rightarrow \Delta V_{OUT} = -\alpha \frac{\Delta V_{IN}}{\alpha r_e + R_E} \cdot R_C$

οπότε

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}} = -\alpha \frac{R_C}{\alpha r_e + R_E}$$