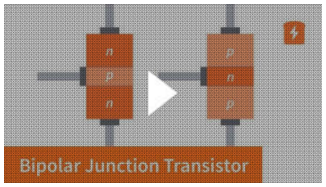
BJT - Bipolar Junction Transistor

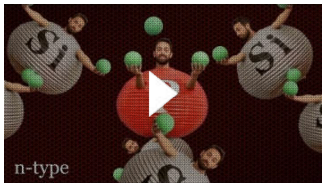
Sunday, November 7, 2021 7:09 PM

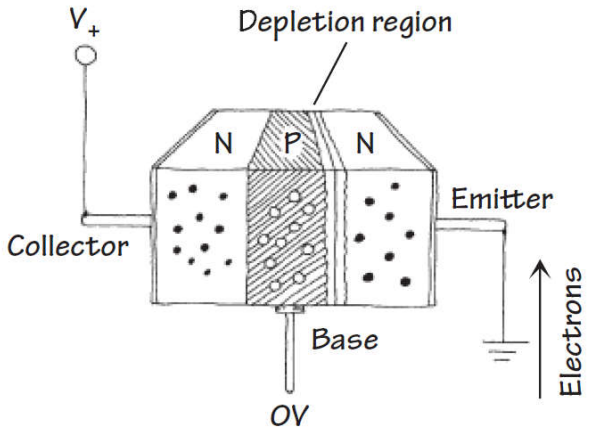
[Transistors, How do they work ?]

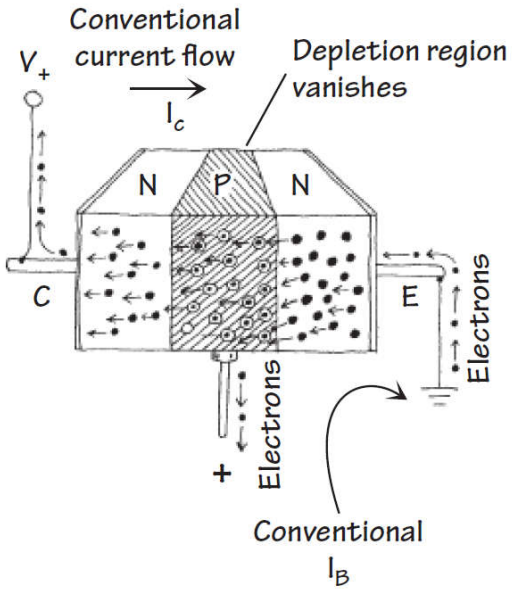
[Animated BJT – How a Bipolar Junction Transistor works | Intermediate Electronics]



[How Does a Transistor Work?]

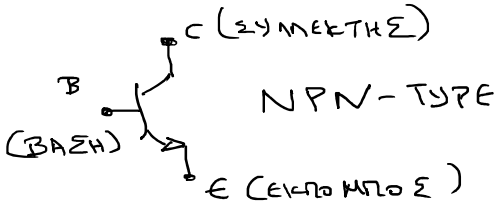


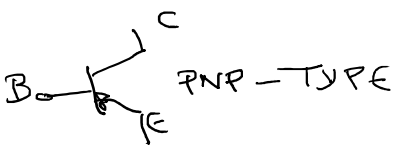


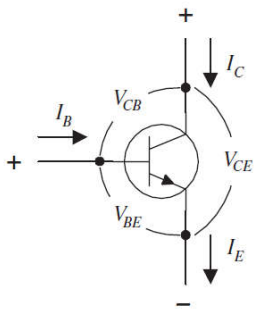


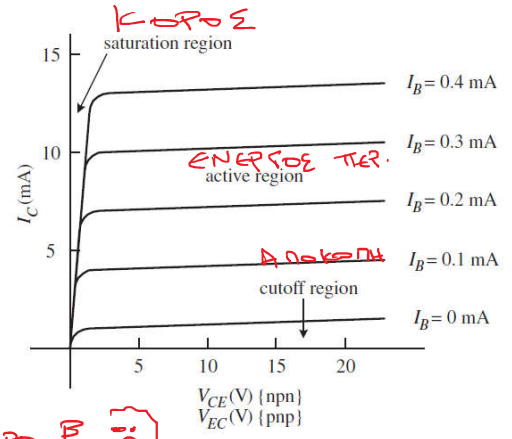
BIPOLAR JUNCTION TRANSISTORS

ΔΙΠΟΛΙΚΑ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ.









$I_C = \beta I_B =$

$\Rightarrow = h_{FE} I_B$

$I_C = \alpha I_E$

$\Downarrow$

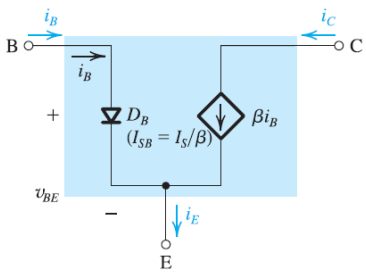
$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$

ΔΥΣΤΥΧΩΣ ΣΕ ΜΑΖΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

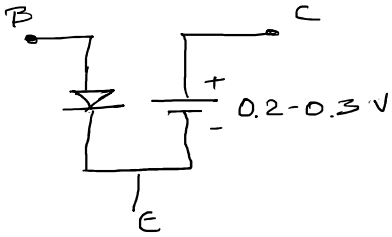
ΔΕΝ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΠΕΤΥΧΟΥΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ β ☹

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ $\alpha = 0.99 \Rightarrow \beta = 99$

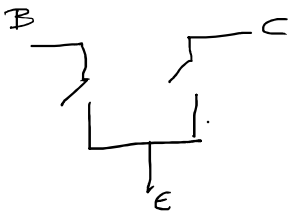
NPN-TYPE



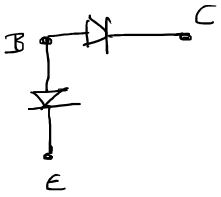
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΝΑΛΟΓΟ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΟ ΠΕΡΙΟΧΗ



ΚΟΡΕΣΜΟΣ



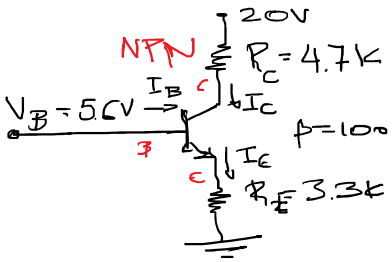
ΑΠΟΚΟΠΗ.



$V_{BE} > \Phi.7$

$V_{BC} > 0.7$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ.



$V_B > V_E$

$V_C > V_B$

ΤΟ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΔΟΥΛΕΥΕΙ ΣΤΗΝ "ΕΝΕΡΓΟ" ΠΕΡΙΟΧΗ Η ΣΤΟΝ "ΚΟΡΟ"

$V_E = V_B - 0.6 = 5.6 - 0.6 = 5V$

$I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{5V}{3.3k} = 1.5mA$

ΥΠΟΘΕΤΟΝΤΑΣ ΟΤΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΟ ΠΕΡΙΟΧΗ

$I_B = \frac{I_E}{\beta+1} = \frac{1.5mA}{101} \simeq 0.015mA$

$I_C = I_E - I_B \simeq I_E = 1.5mA$

$20V = V_C + I_C R_C = V_C + 1.5mA \times 4.7k\Omega \Rightarrow V_C = 13V \Rightarrow V_{CE} = 13 - 5 = 8V$

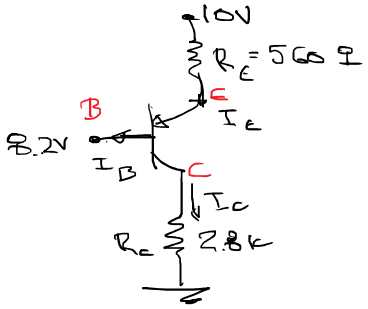
Η ΥΠΟΘΕΣΗ ΗΤΑΝ ΣΩΣΤΗ

ΠΟΣΗ ΕΙΝΑΙ Η ΙΣΧΥΣ ΠΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΕΤΑΙ ΤΟ BJT;

$P_{BJT} = V_{CE} I_C + V_{BE} I_B = 8V \times 1.5mA + 0.6 \times 0.015mA \simeq 12mW$

ΠΑΡΑ ΠΟΥ ΜΙΚΡΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ = 0.009mW

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ PNP



$V_E = V_B + 0.6 = 8.2 + 0.6 = 8.8\,V$

ΥΠΟΘΕΣΗ: BJT ΕΝΕΡΓΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗ

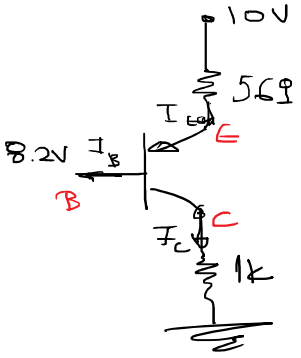
$I_E = \frac{10 - 8.8}{560}\,A = 2.1\,mA$

$I_B = \frac{I_E}{1+\beta} = \frac{2.1\,mA}{101} \simeq 0.02\,mA$ $\quad I_C = I_E - I_B = 2.1\,mA$

$V_C = 0V + R_C I_C = 2.1\,mA \times 2.8\,k\Omega \Rightarrow V_C = 5.9V$

$V_{EC} = V_E - V_C = 8.8 - 5.9 = 2.9\,V$ Η ΥΠΟΘΕΣΗ ΕΙΝΑΙ ΣΩΣΤΗ

$P_{BJT} \simeq V_{EC} \times I_C = 2.9V \times 2.1\,mA = 6.09\,mW$



$V_E = 8.2 + 0.6 = 8.8V$

ΥΠΟΘΕΣΗ: BJT ΕΝΕΡΓΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗ.

$I_E = \frac{10 - 8.8}{5.6} = 2.1\,mA = I_C$

$I_B = \frac{I_E}{1+\beta} = \frac{2.1\,mA}{101} \simeq 0.21\,mA = 210\,\mu A$

$V_C = 0V + R_C I_C = 2.1\,mA \times 1\,k\Omega = 2.1V$

ΑΔΥΝΑΤΟΝ Η ΥΠΟΘΕΣΗ ΕΙΝΑΙ ΛΑΘΟΣ

ΜΙΑ ΥΠΟΘΕΣΗ ΜΕΝΕΙ: ΤΟ PNP ΕΙΝΑΙ ΣΤΟΝ ΚΟΡΟ $V_{EC} = 0.2 - 0.3V$

$V_E = 8.2 + 0.6 = 8.8V$, $I_E = \frac{10 - 8.8}{5.6} = 2.1\,mA$, $\Rightarrow I_B = I_E - I_C = 2.1 - 8.6 \Rightarrow I_B = 12.4\,mA$

$V_C = V_E - 0.2 = 8.8 - 0.2 = 8.6V \Rightarrow I_C = \frac{V_C}{1k} = \frac{8.6V}{1k} = 8.6\,mA$

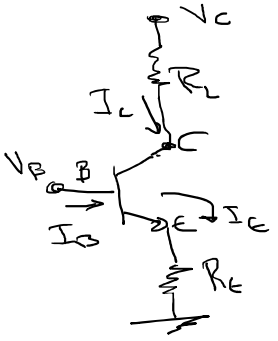
$\frac{I_C}{I_B} = \frac{8.6}{12.4} \simeq 0.7$

$P_{BJT} = V_{EC} \times I_C + V_{EB} \times I_B = 0.2V \times 8.6\,mA + 0.6V \times 12.4\,mA =$

$= 1.72\,mW + 7.44\,mW = 9.16\,mW$

ΒΑΣΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ

ΠΗΓΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ: ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕ ΤΟ ΡΕΥΜΑ I_C



ΠΟΛΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΟ ΠΕΡΙΟΧΗ

$V_E = V_B - 0.6$, $I_E = \frac{V_E}{R_E}$, $I_C = I_E$ (ΟΤΑΝ β ΜΕΓΑΛΟ)

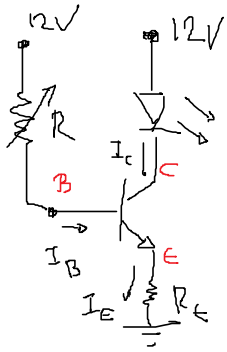
$I_C = I_C = \frac{V_E}{R_E} = \frac{V_B - 0.6}{R_E} \Rightarrow \boxed{I_C = \frac{V_B}{R_E} - \frac{0.6}{R_E}}$

ΤΟ ΡΕΥΜΑ I_C ΔΕΝ ΕΞΑΡΤΑΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ R_L κτλ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: ΘΕΛΩ ΝΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΩ ΕΝΑ

ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΙΜΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ R_L

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: ΘΕΛΩ ΝΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΩ ΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΥ ΘΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΕΙ ΤΗΝ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ ΕΝΟΣ LED ΙΣΧΥΟΣ (1A, 4V) → 4W



ΕΣΤΩ: $\beta = 100$. ΘΕΛΩ ΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΩ ΤΙΣ R_E ΚΑΙ R.

ΑΠΟ ΤΟ DATASHEET ΔΙΑΒΑΖΩ ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥ ΣΤΟ LED 1A. ΘΕΛΩ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ 10 mA.

ΓΙΑ ΝΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΩ ΤΟ I_C ΠΡΕΠΕΙ ΤΟ BJT ΝΑ ΔΟΥΛΕΥΕΙ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΟ ΠΕΡΙΟΧΗ.

ΑΝ $I_C = 1A \Rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1000\,mA}{100} = 10\,mA$

$I_E = I_B + I_C = 1000\,mA + 10\,mA = 1010\,mA \Rightarrow V_E = R_E I_E = R_E \times 1.01\,V$

ΣΤΗΝ ΜΕΓΙΣΤΗ ΙΣΧΥ ΘΕΛΩ ΤΟ V_{CE} ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΟΣΟ ΤΟ ΔΥΝΑΤΟΝ ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ. ΔΗΛ ΝΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΕΙ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ "ΚΟΡΟΣ"

$V_{CE} \simeq 0.5V$. ΟΠΟΤΕ ΕΧΩ $12V = V_{LED} + V_{CE} + V_E = 4V + 0.5V + R_E \times 1.01$

$\Rightarrow R_E = \frac{12 - 4.5}{1.01} \simeq 7.5\,\Omega \Rightarrow V_E = R_E \times 1.01 \simeq 7.5V$ $\boxed{R_E = 7.5\,\Omega}$

$V_B = V_E + 0.6 = 7.5 + 0.6 = 8.1V \Rightarrow R = \frac{12 - V_B}{I_B} = \frac{12 - 8.1}{10\,mA} = \boxed{390\,\Omega = R}$

ΓΙΑ ΝΑ ΕΧΩ ΡΕΥΜΑ $I_C = 10\,mA$ (ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ)

ΘΑ ΕΧΩ $I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{10\,mA}{100} = 0.1\,mA$

$I_C \simeq I_E = 10\,mA \Rightarrow V_E = R_E \cdot I_E = 7.5 \times 10\,mA = 75\,mV = 0.075\,V$

$V_B = V_E + 0.6 = 0.675\,V \Rightarrow R = \frac{12 - V_B}{I_B} = \frac{12 - 0.675}{0.1\,mA} = 113\,k\Omega \Rightarrow \boxed{R = 113\,k\Omega}$

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ (ΠΡΟΦΑΝΩΣ ΕΛΕΓΧΩ ΤΙ ΓΙΝΕΤΑΙ ΟΤΑΝ ΕΧΩ $I_C = 1A$.)

ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R_E: $P_{R_E} = V_E \cdot I_E = 7.5V \times 1A = 7.5W$ (ΘΕΛΩ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΙΣΧΥΟΣ)

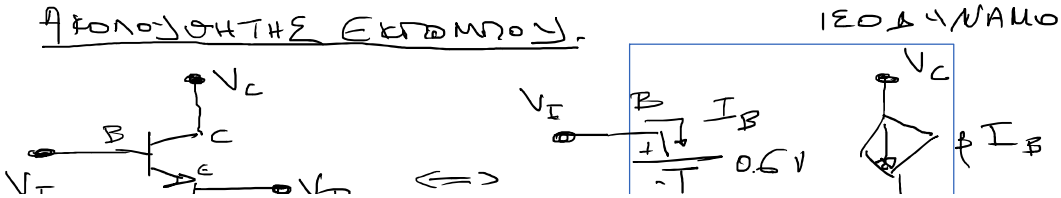
ΠΙΘΑΝΑ BJT NPN ΤΡΑΝΣΙΣΤΟΡ

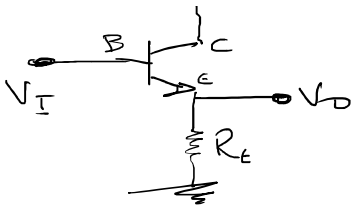
$P_{BJT} = V_{CE} \times I_C + V_{BE} \times I_B \simeq V_{CE} \times I_E = 0.5 \times 1A = 0.5W$

BD135
MJD2873

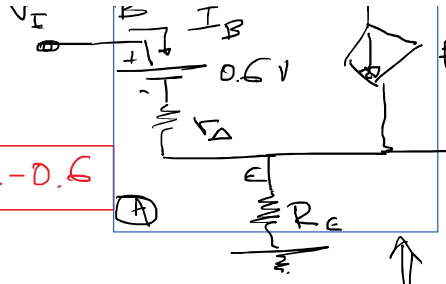
ΑΚΟΛΟΥΘΗΤΗΣ ΕΚΠΟΜΠΟΥ.

ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ.





$\Leftrightarrow$



$V_O = V_I - 0.6$

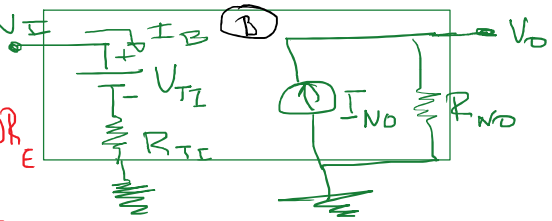
"ΕΝΤΟΣ" ΠΕΡΙΟΧΗ

ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ THEVENIN-NORTON

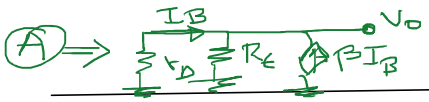
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ R_{TI}

$V_I = 0.6 + r_D I_B + R_E I_E = 0.6 + (r_D + (\beta+1) R_E) I_B$ (A)

$V_I = V_{TI} + R_{TI}(I_B)$ (B) $\Rightarrow$ $R_{TI} = r_D + (\beta+1) R_E$



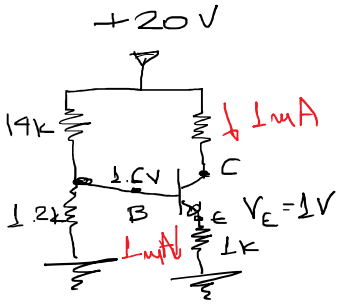
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ



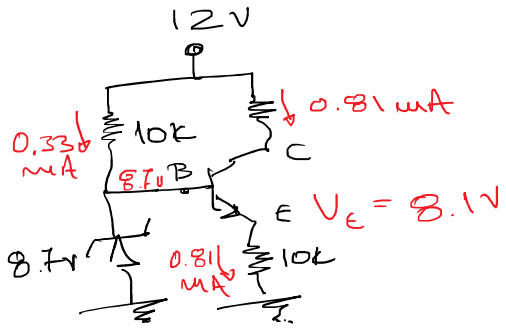
$I_{NO} = \beta I_B$

$R_{NO} = r_D \| R_E < r_D$

"ΚΑΛΥΤΕΡΗ" ΠΗΓΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

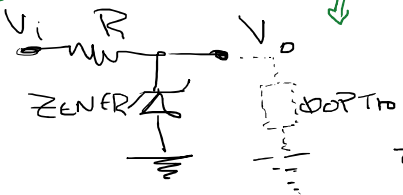


ΑΚΟΜΑ ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΠΗΓΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

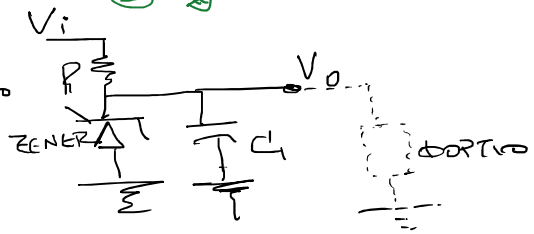


ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΗΣ ΤΑΣΗΣ

"ΑΠΛΗ" ΜΕΘΟΔΟΣ (1)

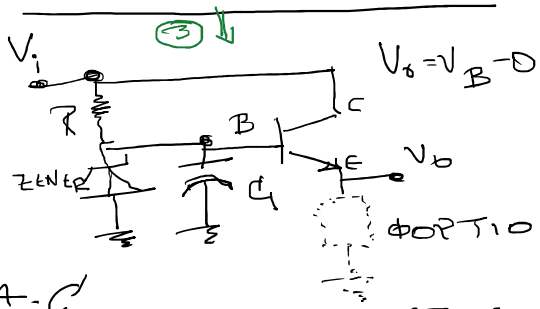


ΒΕΛΤΙΩΣΗ (2)



ΜΕΓΑΛΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ C

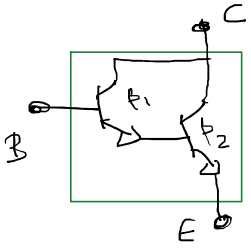
ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΜΕ BJT (3)



ΜΙΚΡΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ C

(ΜΕΤΑΛΛΑΓΗ ΤΟ R) :)

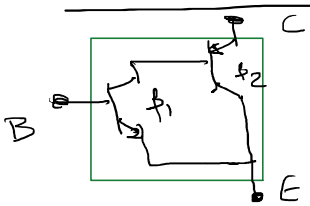
ΣΥΝΔΕΣΗ DARLINGTON



ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ BJT

$\beta_{CBE} = \beta_1 \cdot \beta_2$

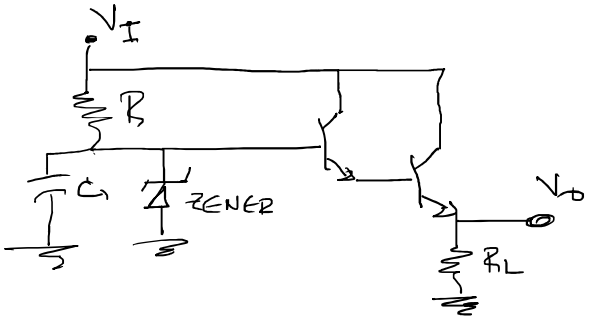
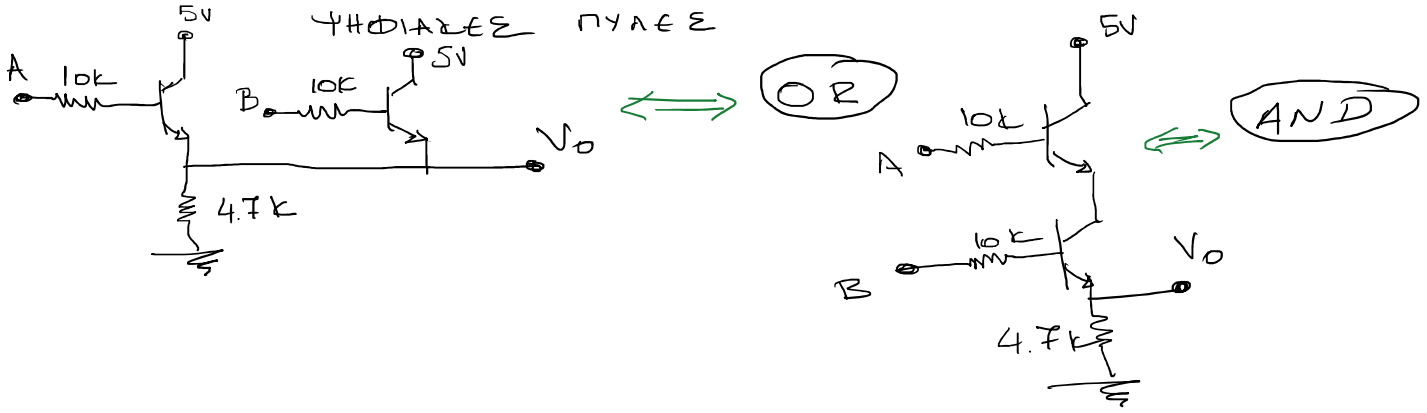
ΣΥΝΔΕΣΗ SZIKLAI



ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ BJT

$\beta_{CBE} = \beta_1 \cdot \beta_2$

V_-

ΤΙ ΚΑΝΕΙ ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

ΤΙ ΚΑΝΕΙ ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΤΟΥ ΣΧΗΜΑΤΟΣ;