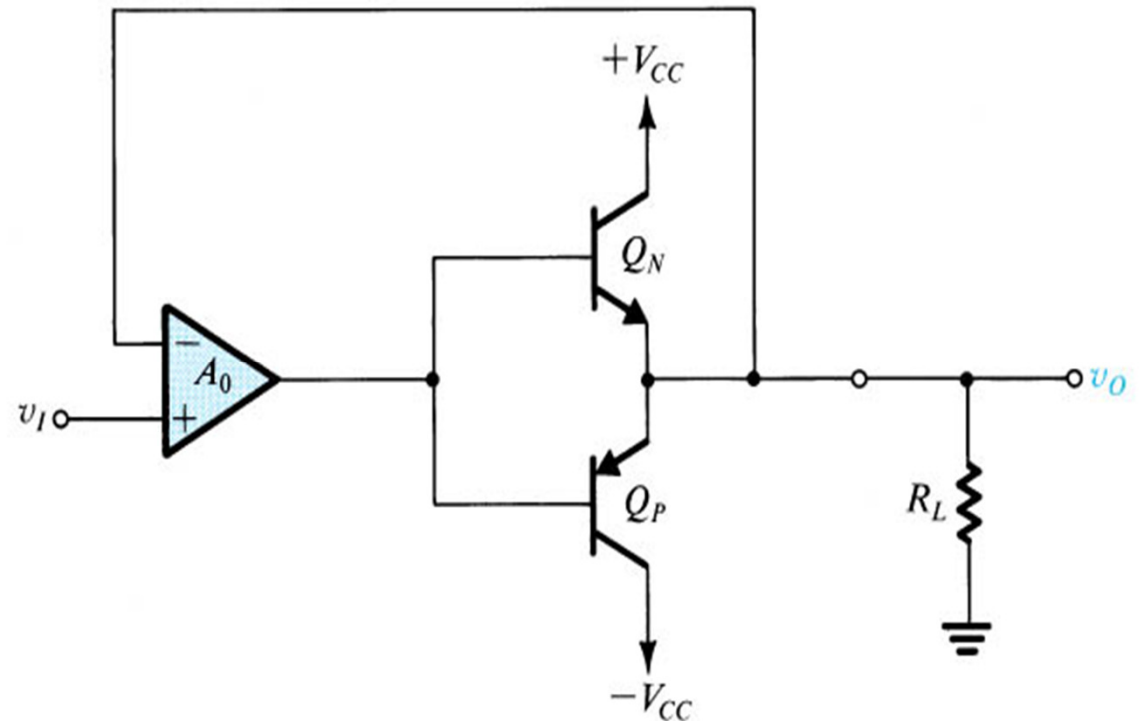


## Εξάλειψη παραμόρφωσης περάσματος τάξης Β

- Η παραμόρφωση περάσματος μπορεί να ελαττωθεί αν χρησιμοποιηθεί ΤΕ στην είσοδο, με απολαβή dc  $A_0$ .
- Η νεκρή ζώνη των  $\pm 0.7V$  μειώνεται στα  $\pm 0.7V / A_0$
- Το μειονέκτημα είναι ότι ο πεπερασμένος ρυθμός ανόδου του ΤΕ θα προκαλέσει παρατηρήσιμη μεταγωγή μεταξύ των καταστάσεων ON-OFF του κάθε τρανζίστορ, γεγονός που θα μεγιστοποιηθεί στις υψηλές συχνότητες

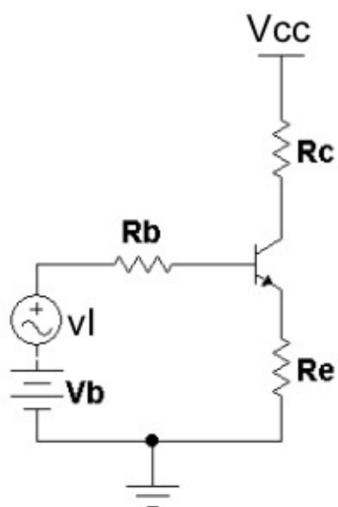


## Στάδιο Εξόδου σε Τάξη AB

Ο ενισχυτής άγει όταν για θετικές  $v_I$  + μέρος αρνητικής  $v_I$ , δηλαδή:

$$v_I + V_B \geq 0.7V \quad V_B < \max(v_I)$$

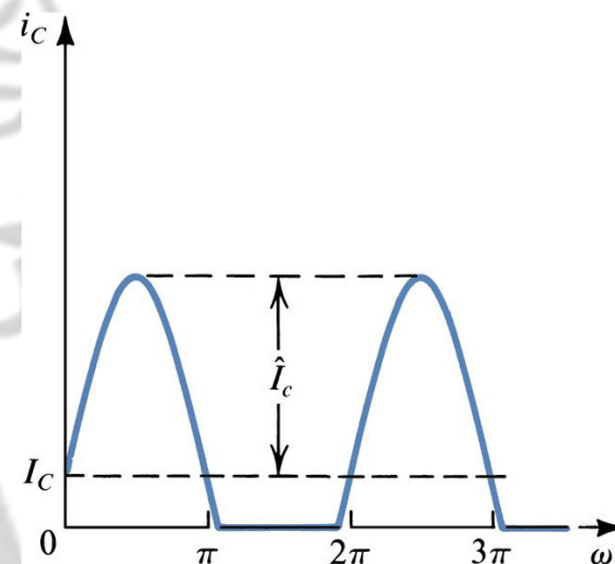
Αγωγή για  $v_I \geq 0.7 - V_B$       Αποκοπή για τις αρνητικότερες  $v_I$



Το τρανζίστορ στην αποκοπή ( $i_c=0$ ) όταν

$$v_I + V_B < 0.7V$$

- Όταν  $v_I=0$ ,  $i_C = I_C$
- Απαιτείται ένα επιπλέον στάδιο AB το οποίο θα επιτρέπει και την λειτουργία του ενισχυτή κατά τη διάρκεια του υπολοίπου της αρνητικής ημιπεριόδου

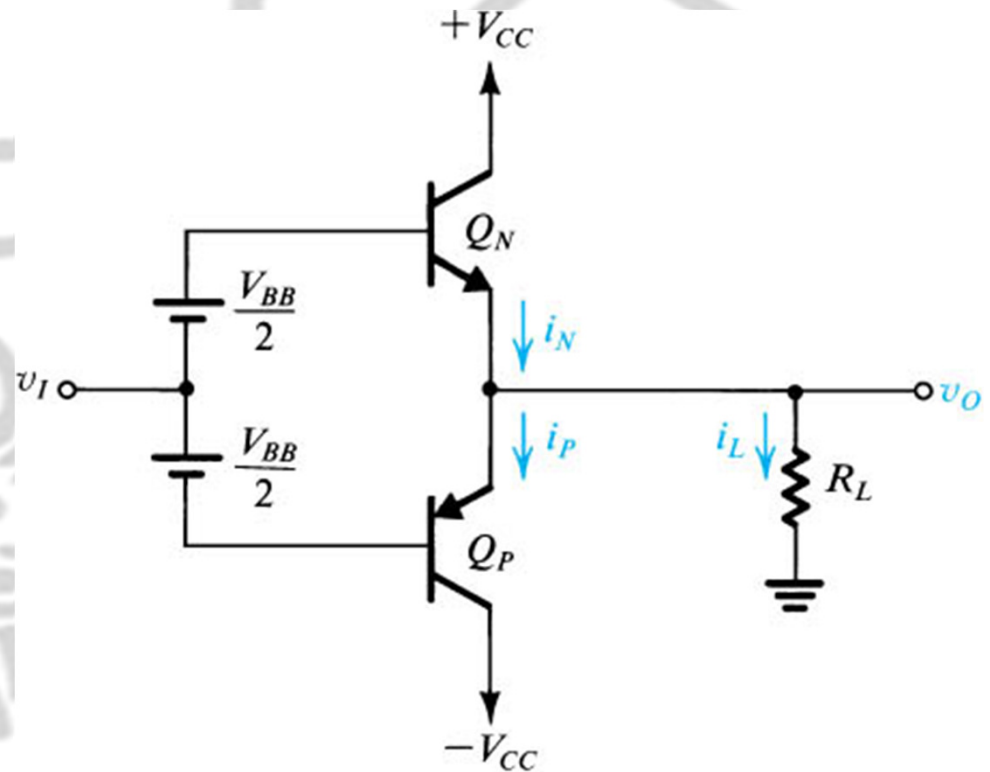


## Στάδιο Εξόδου σε Τάξη AB (συν.)

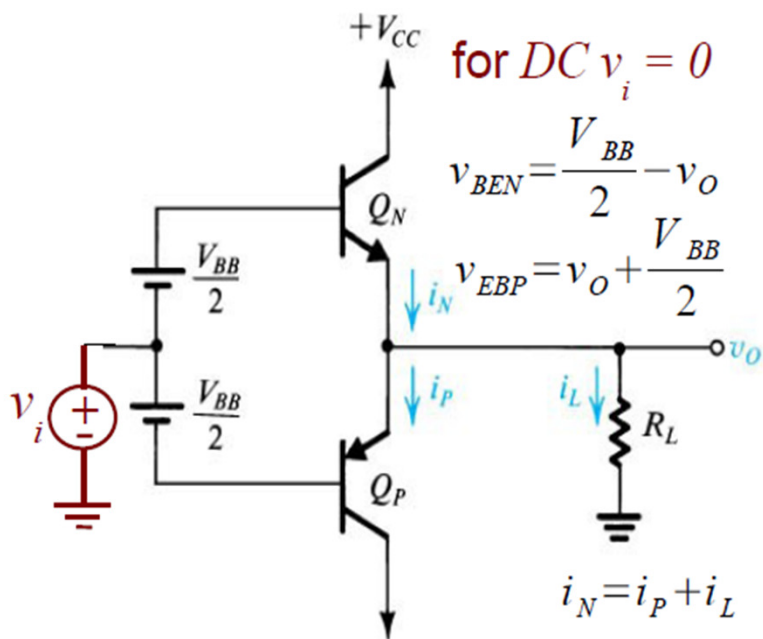
- Αν πολώσουμε τις βάσεις των τρανζίστορ με ένα μικρό, μη μηδενικό ρεύμα, μπορούμε να θέσουμε το  $Q$  λίγο πάνω από την αποκοπή

$$\frac{V_{BB}}{2} \approx 0.7 \text{ V.}$$

- Για μικρές τιμές της τάσης εισόδου (εκεί όπου εμφανιζόταν η νεκρή ζώνη), τα τρανζίστορ θα άγουν
- Το αποτέλεσμα είναι η λειτουργία σε τάξη AB
- Ιδανικά, θα πρέπει τα  $Q_N$  &  $Q_P$  να:
  - Είναι ταιριασμένα
  - Να λειτουργούν στη ίδια θερμοκρασία περιβάλλοντος



# Λειτουργία κυκλώματος σε τάξη AB



for DC  $v_i = 0$

$$v_{BEN} = \frac{V_{BB}}{2} - v_o$$

$$v_{EBP} = v_o + \frac{V_{BB}}{2}$$

Τάση εξόδου για  $v_i \neq 0$ :

$$\text{for } v_i > 0 \quad v_o = v_i + \frac{V_{BB}}{2} - v_{BEN} \Rightarrow v_o \approx v_i$$

$$\text{for } v_i < 0 \quad v_o = v_i - \frac{V_{BB}}{2} + v_{EBP} \Rightarrow v_o \approx v_i$$

Η τάση μεταξύ των βάσεων παραμένει σταθερή

$$v_{BEN} + v_{EBP} = V_{BB} \quad \text{Για κάθε } v_i$$

Υπάρχει σχέση μεταξύ των  $i_N$  &  $i_P$  η οποία υπολογίζεται ως :

$$V_T \ln \left( \frac{i_N}{I_S} \right) + V_T \ln \left( \frac{i_P}{I_S} \right) = 2 V_T \ln \left( \frac{I_Q}{I_S} \right)$$

Πόλωση ( $Q_N$  &  $Q_P$  ταιριασμένα)

$$I_N = I_P = I_Q = I_S e^{\frac{V_{BB}}{2V_T}}$$

Επίσης  $i_N = I_S e^{\frac{v_{BEN}}{V_T}}$  &  $i_P = I_S e^{\frac{v_{EBP}}{V_T}}$

Υπομονή! Ακολουθούν αποδείξεις →

## Λειτουργία κυκλώματος σε τάξη AB (συν.)

$$\begin{aligned} \text{for } v_i > 0 \quad v_o &= v_i + \frac{V_{BB}}{2} - v_{BEN} \Rightarrow v_{BEN} = v_i - v_o + \frac{V_{BB}}{2} \\ \text{for } v_i < 0 \quad v_o &= v_i - \frac{V_{BB}}{2} + v_{EBP} \Rightarrow v_{EBP} = v_o - v_i + \frac{V_{BB}}{2} \end{aligned}$$

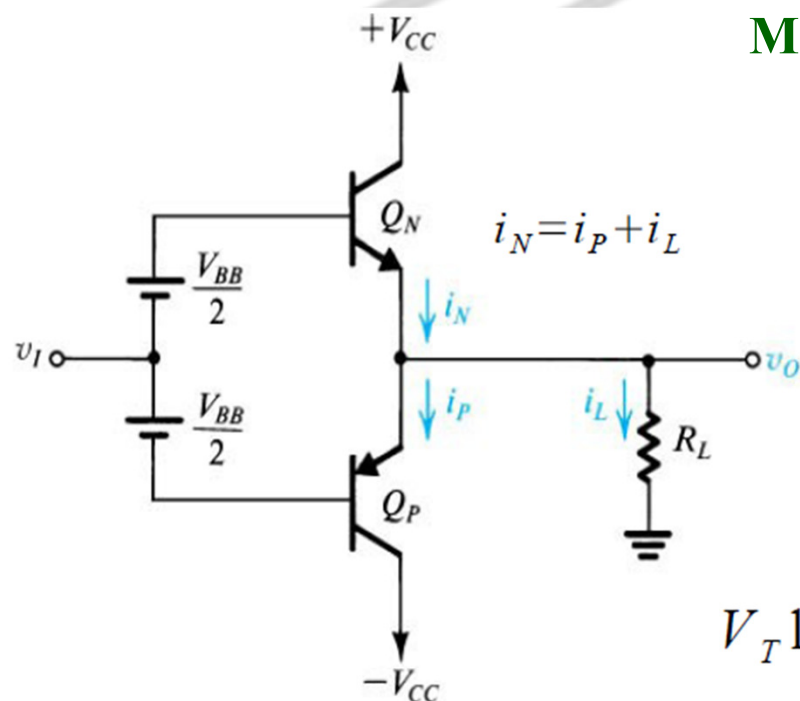
**Προσθέτω  
κατά μέλη**

$$v_{BEN} + v_{EBP} = V_{BB} \quad \text{Για κάθε } v_I$$

**Για τα ρεύματα έχουμε:**

$$\begin{aligned} i_N &= I_S e^{\frac{v_{BEN}}{V_T}} \Rightarrow v_{BEN} = V_T \ln \left( \frac{i_N}{I_S} \right) & i_P &= I_S e^{\frac{v_{EBP}}{V_T}} \Rightarrow v_{EBP} = V_T \ln \left( \frac{i_P}{I_S} \right) \\ I_N &= I_P = I_Q = I_S e^{\frac{V_{BB}}{2V_T}} \Rightarrow V_{BB} = 2V_T \ln \left( \frac{I_Q}{I_S} \right) \\ V_T \ln \left( \frac{i_N}{I_S} \right) &+ V_T \ln \left( \frac{i_P}{I_S} \right) &= 2V_T \ln \left( \frac{I_Q}{I_S} \right) & \text{Για κάθε } v_I \end{aligned}$$

# Λειτουργία κυκλώματος σε τάξη AB (συν.)



Με βάση τα προηγούμενα έχουμε:

$$V_T \ln\left(\frac{i_N}{I_S}\right) + V_T \ln\left(\frac{i_P}{I_S}\right) = 2V_T \ln\left(\frac{I_Q}{I_S}\right)$$

$$V_T \ln\left(\frac{i_N i_P}{I_S^2}\right) = 2V_T \ln\left(\frac{I_Q}{I_S}\right)$$

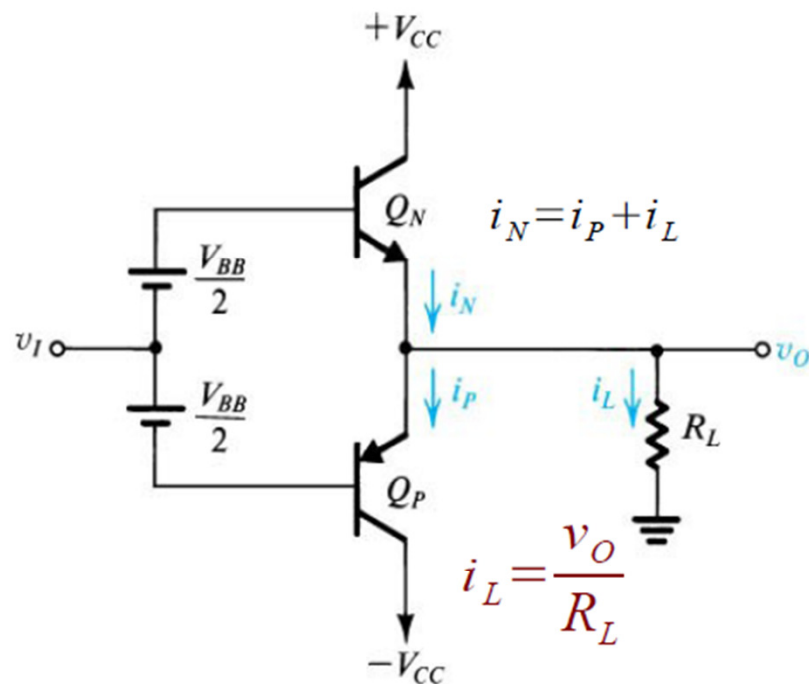
$$V_T \ln(i_N i_P) - V_T \ln(I_S^2) = 2V_T \ln(I_Q) - 2V_T \ln(I_S)$$

$$\ln(i_N i_P) = \ln(I_Q^2) \quad \text{or} \quad i_N i_P = I_Q^2$$

Συνθήκη σταθερής τάσης βάσης

$$v_{BEN} + v_{EBP} = V_{BB} \Rightarrow i_N i_P = I_Q^2$$

# Λειτουργία κυκλώματος σε τάξη AB (συν.)



Συνθήκη σταθερής τάσης βάσης

$$i_N i_P = I_Q^2$$

Νόμος Kirchhoff

$$i_N = i_P + i_L \Rightarrow i_P = i_N - i_L$$

Συνδυάζοντας τα ανωτέρω, έχουμε

$$i_N (i_N - i_L) = I_Q^2 \quad \text{or} \quad i_P (i_P + i_L) = I_Q^2$$

$$\text{Για } v_I > 0V$$

$$\text{Για } v_I < 0V$$

Συνεπώς

$$i_N^2 - i_N i_L - I_Q^2 = 0 \quad \text{or} \quad i_P^2 + i_P i_L - I_Q^2 = 0$$

$$\text{Για } v_I > 0V$$

$$\text{Για } v_I < 0V$$

## Συμπεράσματα - Παρατηρήσεις

$$i_L = i_N - i_P \quad i_N i_P = I_Q^2$$

- ✓ Έχοντας σταθερή τάση βάσης  $V_{BB}$ : το ανωτέρω γινόμενο πρέπει να παραμένει σταθερό. Συνεπώς, αύξηση του  $i_N$  προκαλεί μείωση του  $i_P$  και αντίστροφα
- ✓ Για  $v_O > 0$ , το ρεύμα φορτίου  $i_L$  παρέχεται από το συμπληρωματικό ζεύγος ακολούθων εκπομπού  $Q_N$  &  $Q_P$ . Όσο αυξάνεται η  $v_O$ , το  $i_P$  μειώνεται. Για μεγάλες τιμές  $v_O$  θα έχουμε

$$i_P = i_N - i_L = i_N - \frac{v_O}{R_L} \quad \text{Συνεπώς} \quad v_O \rightarrow V_{CC} - V_{CENsat} \Rightarrow i_P \rightarrow 0$$

- ✓ Για  $v_O < 0$ , το ρεύμα φορτίου  $i_L$  παρέχεται από το συμπληρωματικό ζεύγος ακολούθων εκπομπού  $Q_N$  &  $Q_P$ . Όσο μειώνεται (αρνητικές τιμές) η  $v_O$ , το  $i_N$  γίνεται αρνητικότερο. Για πολύ αρνητικές τιμές  $v_O$  θα έχουμε

$$i_N = i_P + i_L = i_P + \frac{v_O}{R_L} \quad \text{Συνεπώς} \quad -v_O \rightarrow -V_{CC} + V_{ECPsat} \Rightarrow i_N \rightarrow 0$$

## Συμπεράσματα – Παρατηρήσεις (συν)

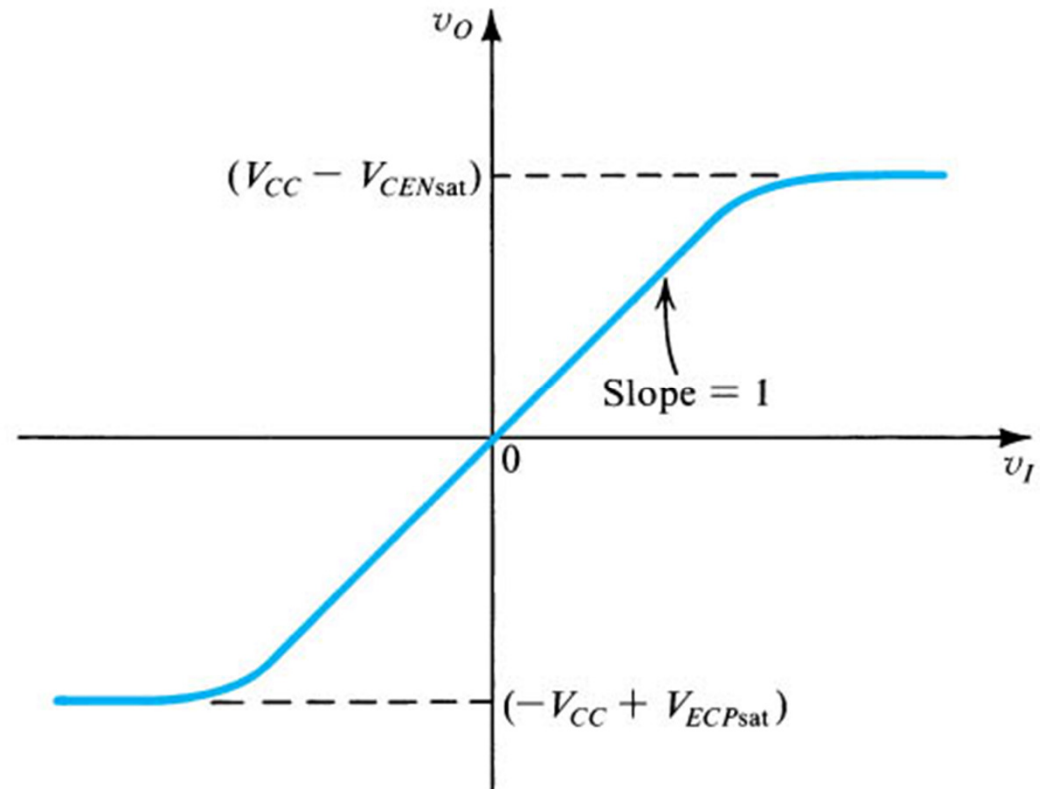
- ✓ Από συνθήκη σταθερής τάσης βάσης έχω:  $i_P i_N = I_Q^2$  Το  $I_Q$  είναι μικρό, οπότε αν έχω π.χ.  $I_Q = 1\text{mA}$  και  $i_N = 10\text{mA}$

$$i_P = \frac{I_Q^2}{i_N} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^{-3}} = 0.1 \text{mA} = \frac{1}{100} i_N$$

- ✓ Το στάδιο εξόδου τάξης AB λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως το στάδιο εξόδου τάξης B έχοντας όμως μια σημαντική διαφορά: Για μικρές τιμές της τάσης εισόδου άγουν και τα δύο τρανζίστορ ενώ καθώς η τάση εισόδου αυξάνει ή μειώνεται, αναλαμβάνει το ένα από τα δύο τρανζίστορ.,
- ✓ Εφόσον η μετάβαση από την ενεργό λειτουργία τους ενός τρανζίστορ στο άλλο γίνεται ομαλά, η παραμόρφωση περάσματος ουσιαστικά μηδενίζεται

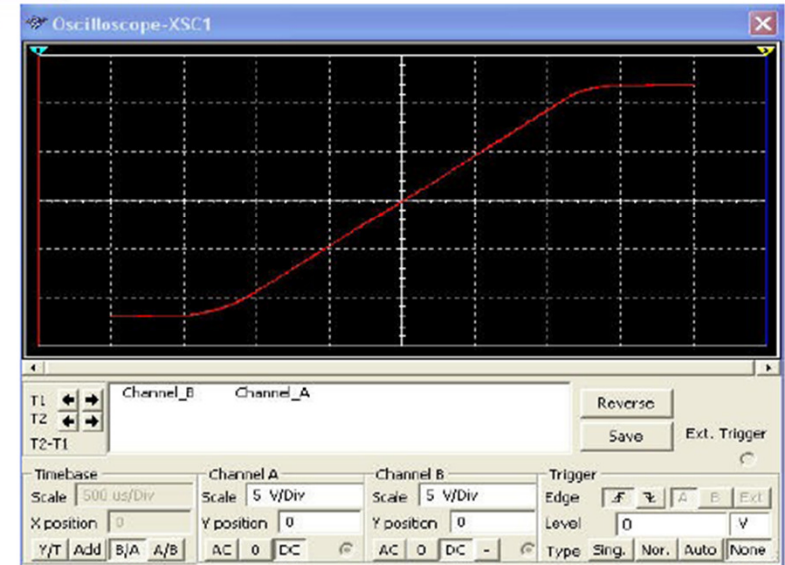
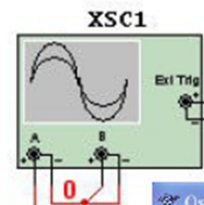
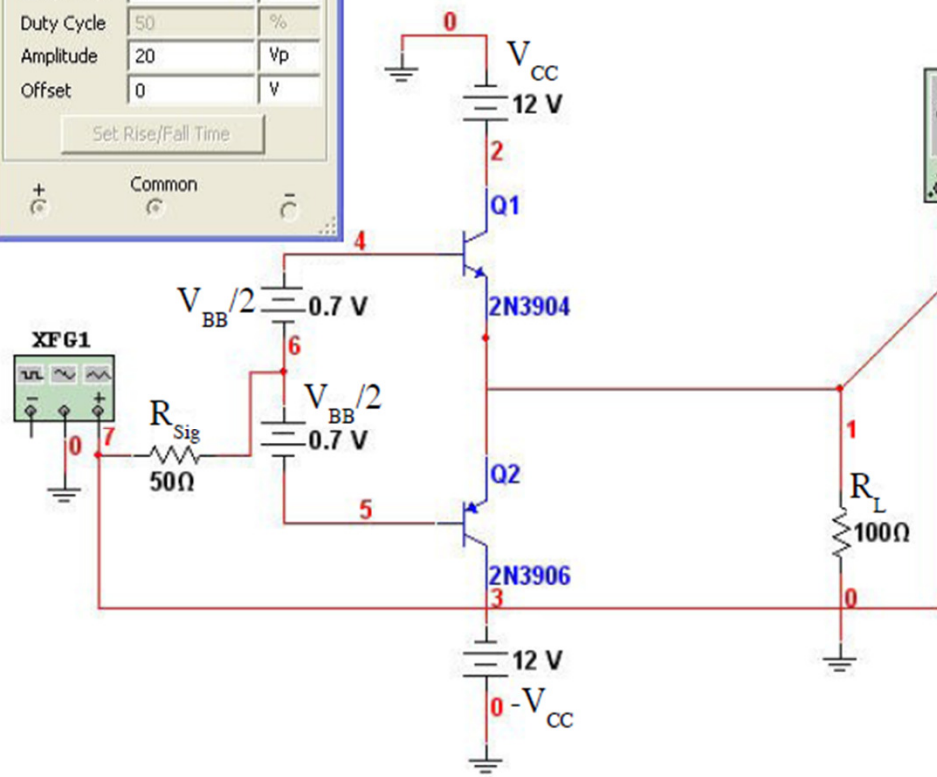
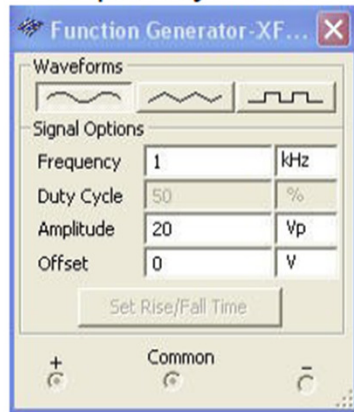
# Χαρακτηριστική μεταφοράς τάξης AB

- ✓ Το στάδιο εξόδου AB συμπεριφέρεται σχεδόν όπως το στάδιο εξόδου τάξης B χωρίς όμως την ύπαρξη νεκρής ζώνης
- ✓ Υπενθύμιση: Πρέπει να έχουμε και προσαρμοσμένες πηγές  $V_{BB}$  ώστε  $V_{BB}/2 = 0.7V$
- ✓ Οι υπολογισμοί ισχύος που κάναμε για την τάξη B ισχύουν και εδώ με τη διαφορά ότι πρέπει να λάβουμε υπόψη και την απώλεια ισχύος από την ύπαρξη του ρεύματος  $I_{CQ}$



# Παράδειγμα I (εξομοίωση)

Amplitude: 20 V<sub>p</sub>  
 Frequency: 1 kHz

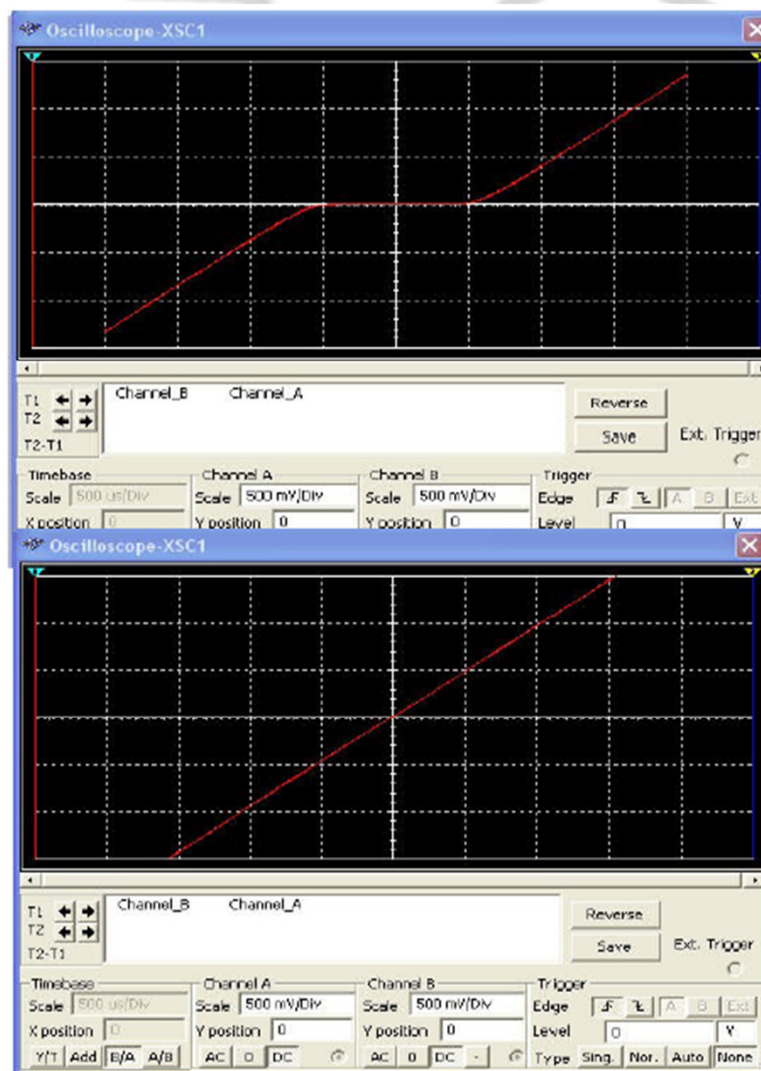
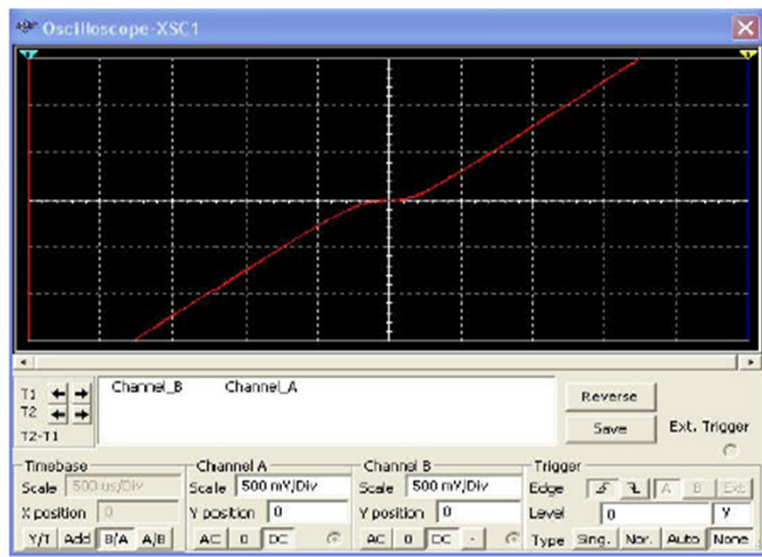


# Παράδειγμα I (εξομοίωση)



Amplitude: 2 V<sub>p</sub>  
Frequency: 1 kHz

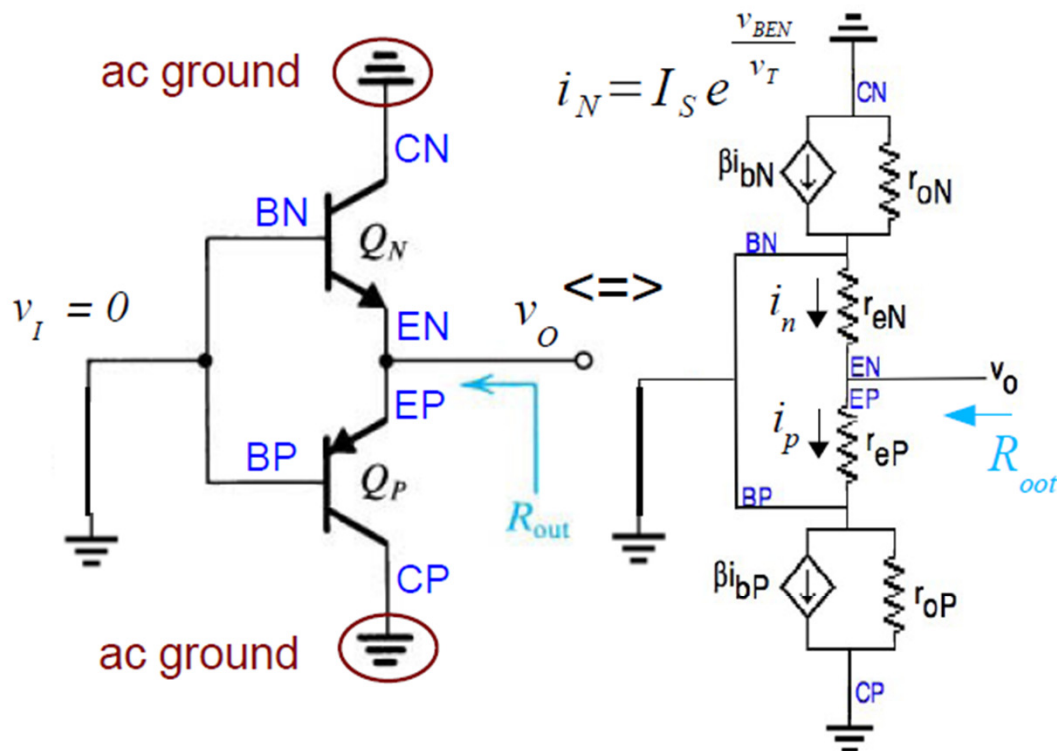
$$\frac{V_{BB}}{2} = 0.5V$$



$$\frac{V_{BB}}{2} = 0.1V$$

$$\frac{V_{BB}}{2} = 0.7V$$

# Αντίσταση εξόδου ασθενούς σήματος



Αντίσταση για το τρανζίστορ  $Q_N$   
(υποθέτοντας  $\alpha=1$ )

$$\frac{di_N}{dv_{BEN}} = \frac{I_S e^{\frac{v_{BEN}}{V_T}}}{V_T} = \frac{i_N}{V_T}$$

Αντίσταση για το τρανζίστορ  $Q_P$

$$\frac{di_P}{dv_{EBP}} = \frac{i_P}{V_T}$$

Οπότε

$$r_{eN} = \frac{V_T}{i_N} \quad \text{και} \quad r_{eP} = \frac{V_T}{i_P}$$

$$R_{out} = r_{eN} \parallel r_{eP}$$

για  $v_I > 0 V$ :  $R_{out} \approx r_{eN}$

για  $v_I < 0 V$ :  $R_{out} \approx r_{eP}$

## Αντίσταση εξόδου ασθενούς σήματος (συν)

Οι δύο αντιστάσεις εκπομπού είναι παράλληλες, οπότε

$$R_{out} = r_{eN} \parallel r_{eP} = \frac{\frac{V_T^2}{i_N i_P}}{\frac{V_T}{i_N} + \frac{V_T}{i_P}} = \frac{V_T}{i_N i_P \left( \frac{1}{i_N} + \frac{1}{i_P} \right)} = \frac{V_T}{i_N + i_P} \quad \text{και} \quad i_L = \frac{v_O}{R_L} = i_N - i_P$$

Όταν  $i_N = i_P$  (π.χ συνθήκη απουσίας σήματος εισόδου,  $v_O = 0 \rightarrow i_L = 0$ ):  $i_N = i_P = I_Q$

$$R_{out} = \frac{V_T}{2 I_Q}$$

Άρα, για ασθενή σήματα, ένα μικρό ρεύμα φορτίου,  $I_Q$ , υφίσταται  $\rightarrow$  εξάλειψη νεκρής ζώνης