

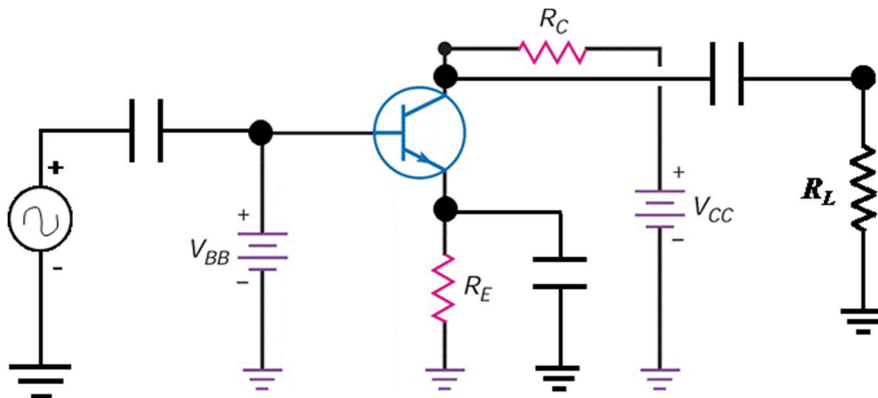


9^ο Φυλλάδιο Ασκήσεων (Ενισχυτές με διπολικά τρανζίστορ)

Άσκηση 1

Στο παρακάτω κύκλωμα ενισχυτή να υπολογίσετε την ενίσχυση καθώς επίσης και την τάση εξόδου V_{out} άκρα του της αντίστασης φορτίου.

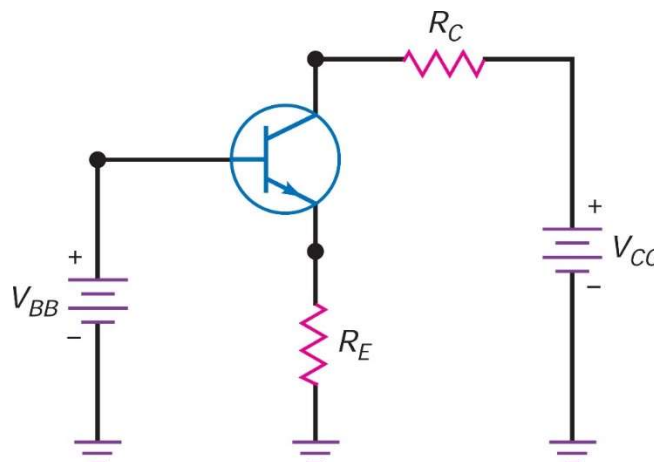
Δίνονται: $v_{in} = 5\text{mV}$, $V_{BB} = 10\text{V}$, $V_{CC} = 10\text{V}$, $R_E = 2\text{K}\Omega$, $R_C = 6\text{K}\Omega$, $R_L = 4\text{K}\Omega$,



Λύση

A. DC Ανάλυση

Ξεκινάμε με την DC ανάλυση του κυκλώματος. Για να λάβει χώρα η ανάλυση θα πρέπει να σχεδιάσουμε το DC ισοδύναμο κύκλωμα του ενισχυτή. Θα αφαιρέσουμε την πηγή του σήματος εισόδου και όλους του κλάδους του κυκλώματος που περιέχουν πυκνωτή (οι πυκνωτές είναι ανοιχτοί διακόπτες για DC κυκλώματα). Το ισοδύναμο κύκλωμα δίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Στο παραπάνω κύκλωμα αναγνωρίσουμε το κύκλωμα πόλωσης τρανζίστορ με πόλωση εκπομπού. Ακολουθώντας και την μεθοδολογία για την επίλυση ενός τέτοιου κυκλώματος προσδοκούμε στον υπολογισμό

του ρεύματος που διαρρέει τον εκπομπό. Για να βρούμε το ρεύμα του εκπομπού αρκεί να εφαρμόσουμε έναν 2^ο κΚ στο βρόχο εισόδου.

$$V_{BB} - V_{BE} - I_E \cdot R_E = 0 \Rightarrow 10.7V - 0.7V - 2K\Omega \cdot I_E = 0$$

$$\Rightarrow I_E = \frac{10V}{2K\Omega} = 5mA$$

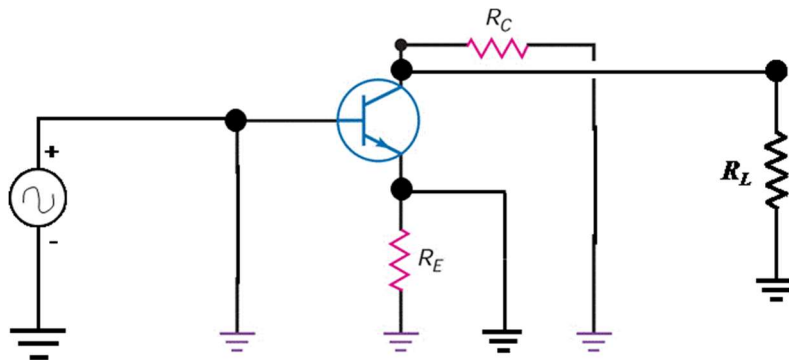
B. AC Ανάλυση

Στο σημείο αυτό ξεκινάει η AC ανάλυση υπολογίζοντας την εσωτερική δυναμική αντίσταση του εκπομπού r'_e . Αυτή δίνεται όπως γνωρίζουμε από την θεωρία ως εξής:

$$r'_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25mV}{5mA} = 5\Omega,$$

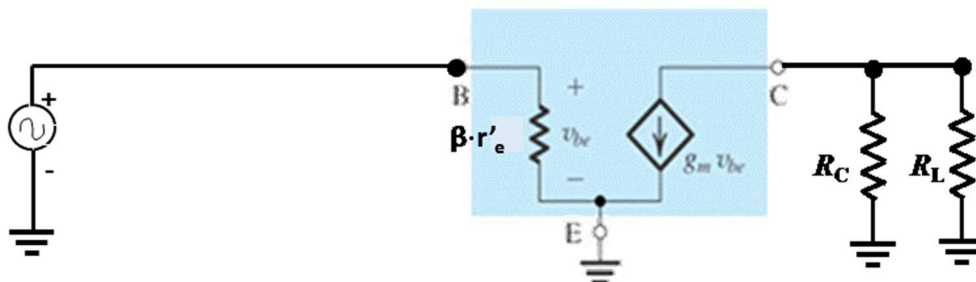
Όπου V_T είναι η τάση στις επαφές PN για θερμοκρασία δωματίου η οποία έχει υπολογιστεί πειραματικά ίση με 25mV

Για να συνεχίσουμε πρέπει να σχεδιάσουμε το AC ισοδύναμο κύκλωμα α) γειώνοντας τις πηγές συνεχούς τάσης και β) βραχυκυκλώνοντας του πυκνωτές



Στην συνέχεια σχεδιάζουμε το AC ισοδύναμο κύκλωμα σύμφωνα με το πρότυπο Π. Όπως βλέπουμε στο παραπάνω σχήμα η βάση δεν συνδέεται με αντιστάσεις. Ωστόσο στην είσοδο του προτύπου Π (βάση) πρέπει να τοποθετήσουμε την εσωτερική δυναμική αντίσταση του εκπομπού r'_e πολλαπλασιασμένη με β . Αυτή είναι η σύνθετη αντίσταση εισόδου βάσης Z_{inBase} . Η αντίσταση R_E δεν μετέχει στο κύκλωμα καθώς είναι βραχυκυκλωμένη λόγω του πυκνωτή παράκαμψης. Το AC ισοδύναμο φαίνεται παρακάτω.

$$Z_{inBase} = \beta \cdot r'_e$$



Θα υπολογίσουμε την τάση εισόδου με εφαρμογή του νόμου του Ohm στην εσωτερική αντίσταση του εκπομπού. Η αντίσταση αυτή είναι η σύνθετη αντίσταση βάσης Z_{inBase} του κυκλώματος:

$$v_{in} = i_b \cdot Z_{inBase} = i_b \cdot \beta \cdot r'_e$$

Για να κάνουμε το ίδιο στο σημείο του συλλέκτη ώστε να υπολογίσουμε το v_{out} , πρέπει πρώτα να βρούμε την ολική αντίσταση στην έξοδο r_C η οποία είναι η ίση με $R_C \parallel R_L$ (παράλληλη σύνδεση). Άρα η r_C είναι:

$$r_C = \frac{R_C \cdot R_L}{R_C + R_L} = \frac{6K\Omega \cdot 4K\Omega}{6K\Omega + 4K\Omega} = \frac{24K\Omega}{10K\Omega} = 2.4K\Omega$$

Προφανώς η τάση εξόδου θα είναι ίση με το ρεύμα συλλέκτη επί την αντίσταση r_C που υπολογίσαμε:

$$v_{out} = i_c \cdot r_C$$

Από την θεωρία όμως γνωρίζουμε ότι η ενίσχυση δίνεται από τον τύπο:

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{i_c \cdot r_C}{i_b \cdot \beta \cdot r'_e} = \frac{r_C}{r'_e} = \frac{2.4K\Omega}{5\Omega} = 480\Omega \text{ (Καθαρός αριθμός)}$$

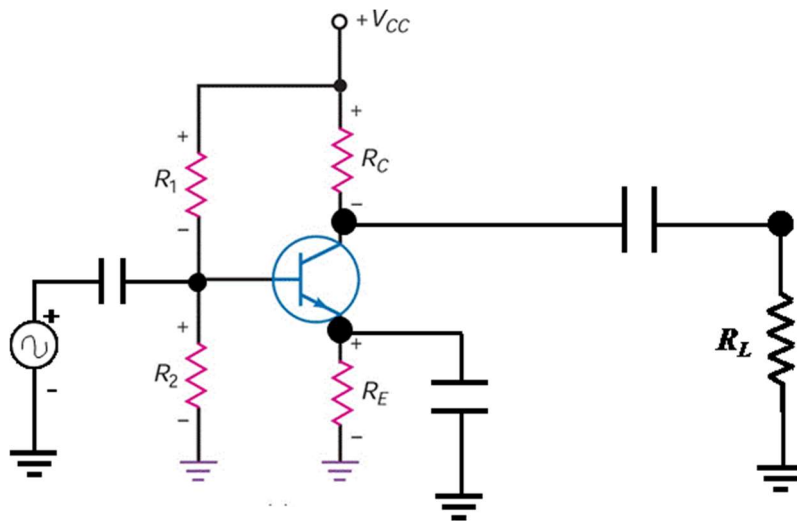
Άρα η τάση εξόδου είναι:

$$v_{out} = A_v \cdot v_{in} = 480\Omega \cdot 5mV = 2.4V \text{ (η } v_{in} \text{ δίνεται στα δεδομένα της άσκησης)}$$

Άσκηση 2

Στο παρακάτω κύκλωμα ενισχυτή να υπολογίσετε την ενίσχυση καθώς επίσης και την τάση εξόδου v_{out} άκρα του της αντίστασης φορτίου.

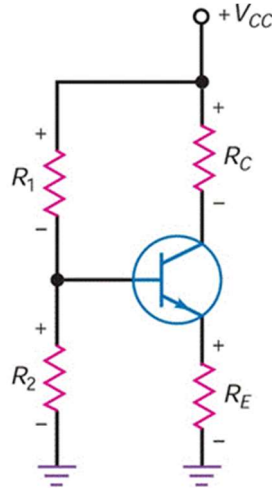
Δίνονται: $v_{in} = 2mV$, $V_{CC} = 10V$, $R_1 = 10K\Omega$, $R_2 = 2.2K\Omega$, $R_E = 1K\Omega$, $R_C = 4K\Omega$, $R_L = 4K\Omega$.



Λύση

A. DC Ανάλυση

Ξεκινάμε με την DC ανάλυση του κυκλώματος. Για να λάβει χώρα η ανάλυση θα πρέπει να σχεδιάσουμε το DC ισοδύναμο κύκλωμα του ενισχυτή. Θα αφαιρέσουμε την πηγή του σήματος εισόδου και όλους του κλάδους του κυκλώματος που περιέχουν πυκνωτή (οι πυκνωτές είναι ανοιχτοί διακόπτες για DC κυκλώματα. Το ισοδύναμο κύκλωμα δίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Στο παραπάνω κύκλωμα αναγνωρίζουμε το κύκλωμα πόλωσης τρανζίστορ με διαιρέτη τάσης. Ακολουθώντας και την μεθοδολογία για την επίλυση ενός τέτοιου κυκλώματος προσδοκούμε στον υπολογισμό του ρεύματος που διαρρέει τον εκπομπό. Αρχικά από τον τύπο του διαιρέτη τάσης μπορούμε να υπολογίσουμε το δυναμικό της βάσης V_B

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC} = \frac{2.2K\Omega}{10K\Omega + 2.2K\Omega} \cdot 10V = \frac{2.2K\Omega}{12.2K\Omega} \cdot 10V = 0.18V \cdot 10V = 1.8V$$

Στην συνέχεια εφαρμόζουμε 2^ο κΚ από την βάση μέχρι την γείωση του εκπομπού

Από 2^ο κΚ σε $V_B \rightarrow TR \rightarrow R_E \rightarrow GND$

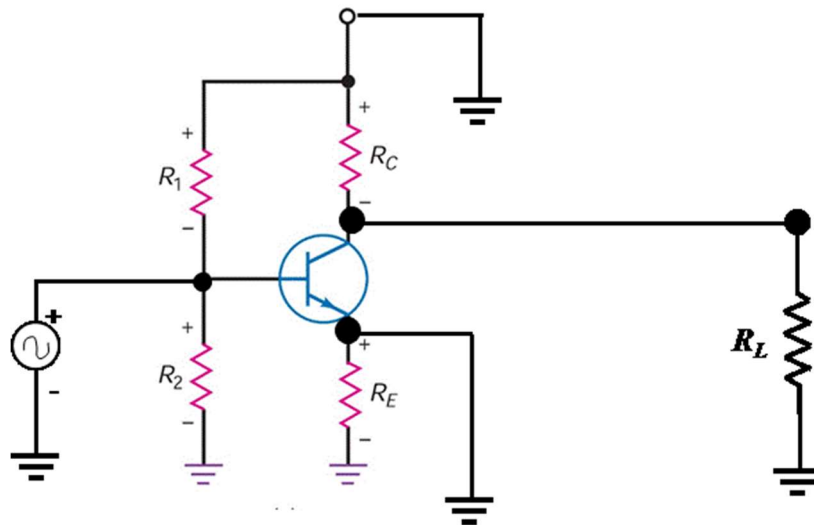
$$V_B - V_{BE} - I_E \cdot R_E = 0 \Rightarrow 1.8V - 0.7V - 1K\Omega \cdot I_E = 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow 1.1V - 1K\Omega \cdot I_E = 0 \Rightarrow I_E = \frac{1.1V}{1K\Omega} = 1.1mA$$

B. AC Ανάλυση

Στο σημείο αυτό ξεκινάει η AC ανάλυση υπολογίζοντας την εσωτερική δυναμική αντίσταση του εκπομπού r'_e . Αυτή δίνεται όπως γνωρίζουμε από την θεωρία ως εξής:

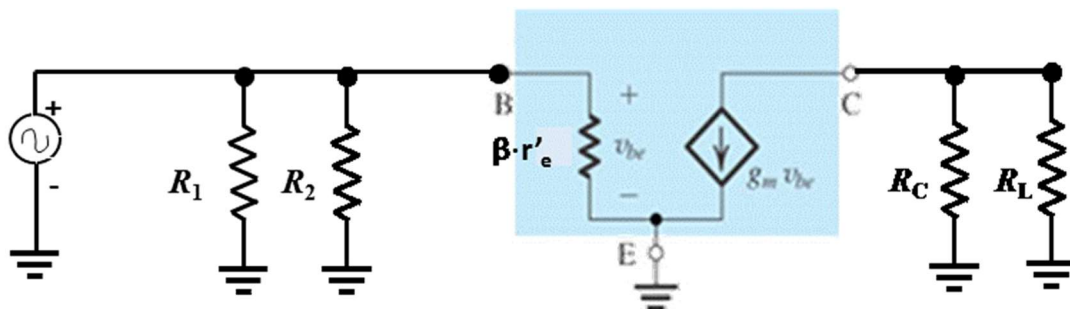
$$r'_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25mV}{1.1mA} = 22.7\Omega$$

Για να συνεχίσουμε πρέπει να σχεδιάσουμε το AC ισοδύναμο κύκλωμα α) γειώνοντας τις πηγές συνεχούς τάσης και β) βραχυκυκλώνοντας του πυκνωτές



Στην συνέχεια σχεδιάζουμε το AC ισοδύναμο κύκλωμα σύμφωνα με το πρότυπο Π. Όπως βλέπουμε στο παραπάνω σχήμα η βάση συνδέεται με της αντιστάσεις R_1 και R_2 . Στην είσοδο του προτύπου Π (βάση) τοποθετούμε αυτές τις αντιστάσεις καθώς επίσης και την εσωτερική δυναμική αντίσταση του εκπομπού r'_e πολλαπλασιασμένη με β . Η αντίσταση αυτή είναι η σύνθετη αντίσταση βάσης Z_{inBase} . Η αντίσταση R_E δεν μετέχει στο κύκλωμα καθώς είναι βραχυκυκλωμένη λόγω του πυκνωτή παράκαμψης. Το AC ισοδύναμο φαίνεται παρακάτω.

$$Z_{inBase} = \beta \cdot r'_e$$



Εφόσον όλες οι αντιστάσεις στην είσοδο είναι παράλληλα συνδεδεμένες, θα έχουν ίδια τάση στα άκρα τους ίση με την τάση εισόδου. Αν υπολογίσουμε την τάση αυτή με εφαρμογή του νόμου του Ohm στην εσωτερική αντίσταση του εκπομπού. Η αντίσταση αυτή είναι η σύνθετη αντίσταση βάσης Z_{inBase} του κυκλώματος:

$$v_{in} = i_b \cdot Z_{inBase} = i_b \cdot \beta \cdot r'_e$$

Για να κάνουμε το ίδιο στο σημείο του συλλέκτη ώστε να υπολογίσουμε το v_{out} πρέπει πρώτα να βρούμε την ολική αντίσταση στην έξοδο r_C η οποία είναι η ίση με $R_C \parallel R_L$ (παράλληλη σύνδεση). Άρα η r_C είναι:

$$r_C = \frac{R_C \cdot R_L}{R_C + R_L} = \frac{4K\Omega \cdot 4K\Omega}{4K\Omega + 4K\Omega} = \frac{16K\Omega}{8K\Omega} = 2K\Omega$$

Προφανώς η τάση εξόδου θα είναι ίση με το ρεύμα συλλέκτη επί την αντίσταση r_C που υπολογίσαμε:

$$v_{out} = i_c \cdot r_C$$

Από την θεωρία όμως γνωρίζουμε ότι η ενίσχυση δίνεται από τον τύπο:

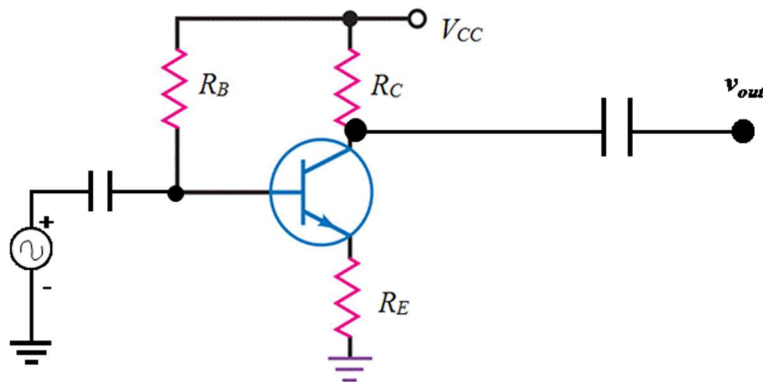
$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{i_c \cdot r_C}{i_b \cdot \beta \cdot r'_e} = \frac{r_C}{r'_e} = \frac{2K\Omega}{22.7\Omega} = 88.1$$

Άρα η τάση εξόδου είναι:

$$v_{out} = A_v \cdot v_{in} = 88.1 \cdot 2mV = 176.2mV$$

Άσκηση 3

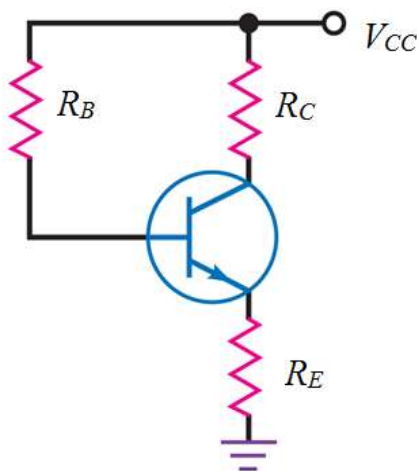
Στο παρακάτω κύκλωμα ενισχυτή να υπολογίσετε την ενίσχυση καθώς επίσης και την τάση εξόδου v_{out} . Δίνονται: $v_{in}=2mV$, $V_{CC}=20V$, $R_B=470K\Omega$, $R_E=560\Omega$, $R_C=2.2K\Omega$, $\beta=100$.



Λύση

A. DC Ανάλυση

Ξεκινάμε με την DC ανάλυση του κυκλώματος. Για να λάβει χώρα η ανάλυση θα πρέπει να σχεδιάσουμε το DC ισοδύναμο κύκλωμα του ενισχυτή. Θα αφαιρέσουμε την πηγή του σήματος εισόδου και όλους του κλάδους του κυκλώματος που περιέχουν πυκνωτή (οι πυκνωτές είναι ανοιχτοί διακόπτες για DC κυκλώματα). Το ισοδύναμο κύκλωμα δίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Στο παραπάνω κύκλωμα αναγνωρίζουμε το κύκλωμα πόλωσης τρανζίστορ με ανάδραση από τον εκπομπό. Ακολουθώντας και την μεθοδολογία για την επίλυση ενός τέτοιου κυκλώματος προσδοκούμε στον υπολογισμό του ρεύματος που διαρρέει τον εκπομπό. Για να βρούμε το ρεύμα του εκπομπού αρκεί να εφαρμόσουμε έναν 2^o κΚ στο βρόχο εισόδου.

$$V_{CC} - I_B \cdot R_B - V_{BE} - I_E \cdot R_E = 0$$

$$\stackrel{I_E = \beta \cdot I_B}{\Rightarrow} V_{CC} - V_{BE} - I_B (R_B + \beta R_E) = 0$$

$$\Rightarrow 20V - 0.7V - I_B (470K\Omega + 100 \cdot 560\Omega) = 0$$

$$\Rightarrow 19.3V - 526K\Omega \cdot I_B = 0$$

$$\Rightarrow I_B = \frac{19.3V}{526K\Omega} = 36.7\mu A$$

Άρα το ρεύμα του εκπομπού είναι:

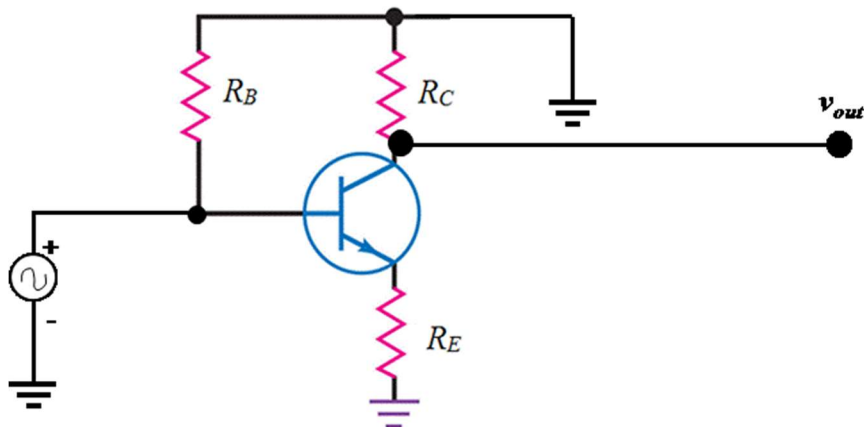
$$I_E = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 36.7\mu A = 3.67mA$$

B. AC Ανάλυση

Στο σημείο αυτό ξεκινάει η AC ανάλυση υπολογίζοντας την εσωτερική δυναμική αντίσταση του εκπομπού r'_e . Αυτή δίνεται όπως γνωρίζουμε από την θεωρία ως εξής:

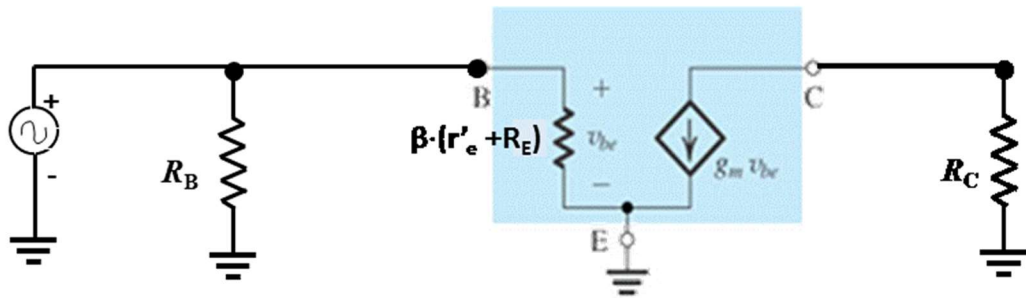
$$r'_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25mV}{3.67mA} = 6.8\Omega$$

Για να συνεχίσουμε πρέπει να σχεδιάσουμε το AC ισοδύναμο κύκλωμα α) γειώνοντας τις πηγές συνεχούς τάσης και β) βραχυκυκλώνοντας του πυκνωτές



Στην συνέχεια σχεδιάζουμε το AC ισοδύναμο κύκλωμα σύμφωνα με το πρότυπο Π. Όπως βλέπουμε στο παραπάνω σχήμα η βάση συνδέεται με την αντιστάση R_B . Στην είσοδο του προτύπου Π (βάση) τοποθετούμε λοιπόν την R_B καθώς επίσης και τις αντιστάσεις που υπάρχουν εκπομπό πολλαπλασιασμένες με β (σύνθετη αντίσταση βάσης Z_{inBase}). Στην προκειμένη περίπτωση στον εκπομπό έχουμε την εσωτερική δυναμική αντίσταση του εκπομπού r'_e και την αντίσταση R_E σε σειρά. Το AC ισοδύναμο φαίνεται παρακάτω. Στην έξοδο έχουμε μόνο την αντίσταση συλλέκτη.

$$Z_{inBase} = \beta \cdot (r'_e + R_E)$$



Θα υπολογίσουμε την τάση εισόδου με εφαρμογή του νόμου του Ohm στην αντίσταση $r'_e + R_E$:

$$v_{in} = i_b \cdot Z_{inBase} = i_b \cdot \beta \cdot (r'_e + R_E)$$

Η r_C είναι απευθείας όσο η R_C , άρα τάση εξόδου θα είναι:

$$v_{out} = i_c \cdot R_C$$

Από την θεωρία όμως γνωρίζουμε ότι η ενίσχυση δίνεται από τον τύπο:

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{\cancel{i_c} \cdot R_C}{\cancel{i_b} \cdot \beta \cdot (r'_e + R_E)} = \frac{R_C}{(r'_e + R_E)} = \frac{2.2K\Omega}{6.8\Omega + 560\Omega} = 3.88$$

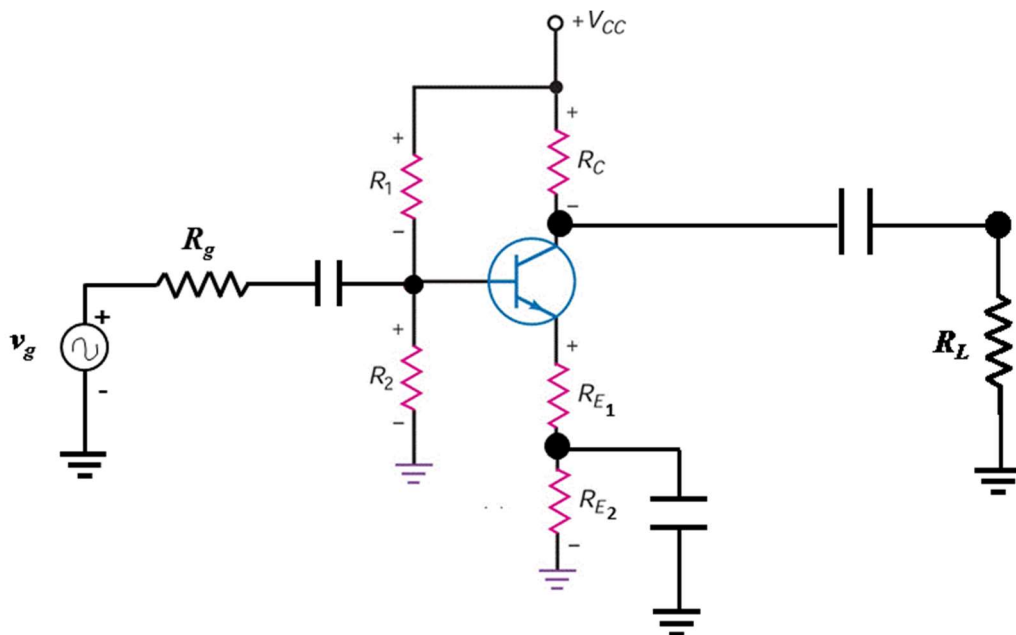
Άρα η τάση εξόδου είναι:

$$v_{out} = A_v \cdot v_{in} = 3.88 \cdot 2mV = 7.76mV$$

Άσκηση 4

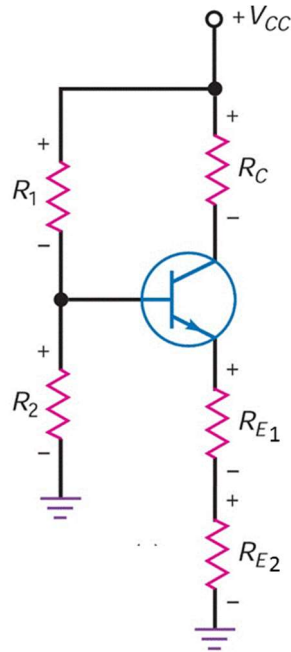
Στο παρακάτω κύκλωμα ενισχυτή να υπολογίσετε την ενίσχυση καθώς επίσης και την τάση εξόδου V_{out} στα άκρα της αντίστασης φόρτου R_L .

Δίνονται: $v_g = 50mV$, $V_{CC} = 10V$, $R_g = 600\Omega$, $R_1 = 10K\Omega$, $R_2 = 2.2K\Omega$, $R_C = 3.6K\Omega$, $R_{E1} = 180\Omega$, $R_{E2} = 820\Omega$, $R_L = 10K\Omega$, $\beta = 200$.



Λύση**A. DC Ανάλυση**

Ξεκινάμε με την DC ανάλυση του κυκλώματος. Παρατηρούμε ότι το παραπάνω κύκλωμα είναι αρκετά πολύπλοκο καθώς έχει αντίσταση R_g πριν τον πυκνωτή σύζευξης της εισόδου, έχει επίσης 2 αντιστάσεις στον εκπομπό η μία εκ των οποίων έχει παράλληλα συνδεδεμένο έναν πυκνωτή παράκαμψης. Για να λάβει χώρα η ανάλυση θα πρέπει να σχεδιάσουμε το DC ισοδύναμο κύκλωμα του ενισχυτή. Θα αφαιρέσουμε την πηγή του σήματος εισόδου και όλους του κλάδους του κυκλώματος που περιέχουν πυκνωτή (οι πυκνωτές είναι ανοιχτοί διακόπτες για DC κυκλώματα). Το ισοδύναμο κύκλωμα δίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Στο παραπάνω κύκλωμα αναγνωρίζουμε το κύκλωμα πόλωσης τρανζίστορ με διαιρέτη τάσης και με δύο αντιστάσεις σε σειρά στον εκπομπό. Ακολουθώντας και την μεθοδολογία για την επίλυση ενός τέτοιου κυκλώματος προσδοκούμε στον υπολογισμό του ρεύματος που διαρρέει τον εκπομπό. Αρχικά υπολογίζουμε το δυναμικό της βάσης απευθείας από τον τύπο του διαιρέτη τάσης.

$$V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC} = \frac{2.2K\Omega}{10K\Omega + 2.2K\Omega} \cdot 10V = \frac{2.2K\Omega}{12.2K\Omega} \cdot 10V = 0.18V \cdot 10V = 1.8V$$

Στην συνέχεια εφαρμόζουμε 2^ο κΚ από την βάση μέχρι την γείωση του εκπομπού

Από 2^ο κΚ σε $V_B \rightarrow TR \rightarrow R_E \rightarrow GND$

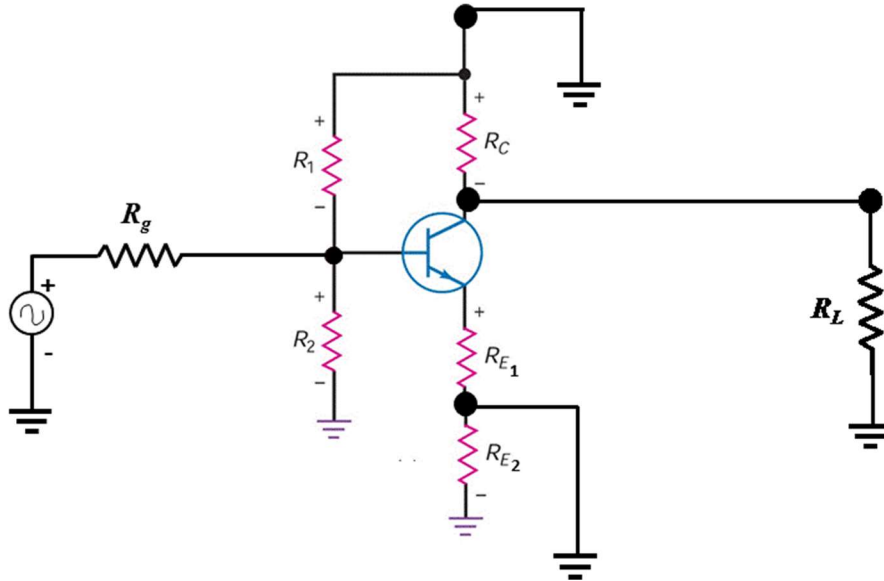
$$\begin{aligned} V_B - V_{BE} - I_E \cdot (R_{E1} + R_{E2}) &= 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow 1.8V - 0.7V - (180K\Omega + 820K\Omega) \cdot I_E &= 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow 1.8V - 0.7V - 1K\Omega \cdot I_E &= 0 \Rightarrow \\ \Rightarrow 1.1V - 1K\Omega \cdot I_E &= 0 \Rightarrow I_E = \frac{1.1V}{1K\Omega} = 1.1mA \end{aligned}$$

B. AC Ανάλυση

Στο σημείο αυτό ξεκινάει η AC ανάλυση υπολογίζοντας την εσωτερική δυναμική αντίσταση του εκπομπού r'_e . Αυτή δίνεται όπως γνωρίζουμε από την θεωρία ως εξής:

$$r'_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25mV}{1.1mA} = 22.7\Omega$$

Για να συνεχίσουμε πρέπει να σχεδιάσουμε το AC ισοδύναμο κύκλωμα α) γειώνοντας τις πηγές συνεχούς τάσης και β) βραχυκυκλώνοντας του πυκνωτές



Στην συνέχεια σχεδιάζουμε το AC ισοδύναμο κύκλωμα σύμφωνα με το πρότυπο Π. Όπως βλέπουμε στο παραπάνω σχήμα η βάση συνδέεται με τις αντιστάσεις R_1 και R_2 , ενώ μεταξύ του σήματος εισόδου και της πηγής υπάρχει και η αντίσταση R_g . Στην είσοδο του προτύπου Π (βάση) τοποθετούμε λοιπόν την αντίσταση R_g μετά την γεννήτρια, την R_1 και την R_2 παράλληλα, καθώς επίσης και τις αντιστάσεις που υπάρχουν εκπομπό πολλαπλασιασμένες με β (σύνθετη αντίσταση βάσης Z_{inBase}). Στην προκειμένη περίπτωση στον εκπομπό έχουμε την εσωτερική δυναμική αντίσταση του εκπομπού r'_e και την αντίσταση R_{E1} , ενώ την αντίσταση R_{E2} δεν την λαμβάνουμε υπόψη λόγω του πυκνωτή παράκαμψης. Όσον αφορά στις σύνθετες αντιστάσεις εκτός από την Z_{inBase} θα χρειαστούμε και την $Z_{inStage}$ η οποία αποτελείται από όλες τις αντιστάσεις της εισόδου εκτός της R_g (θα την χρειαστούμε επειδή υπάρχει η αντίσταση R_g και στον ενισχυτή δεν εισάγεται το αρχικό σήμα V_g).

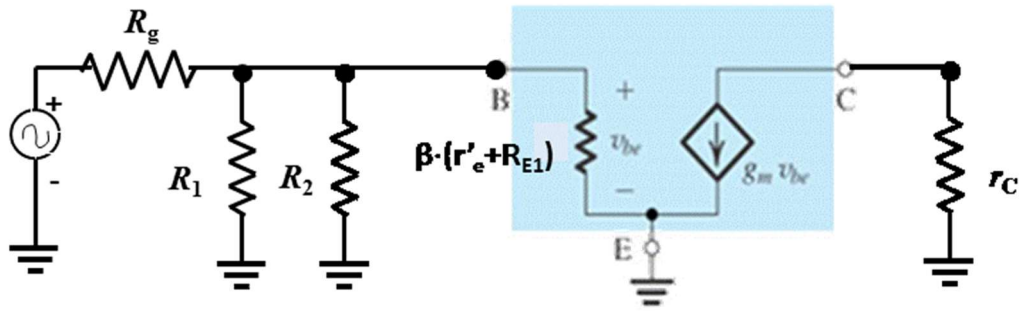
$$Z_{inBase} = \beta \cdot (r'_e + R_E) = 200 \cdot (180\Omega + 22.7\Omega) = 200 \cdot 202.7\Omega = 40.54K\Omega$$

$$Z_{inStage} = R_1 \parallel R_2 \parallel \beta \cdot (r'_e + R_E)$$

$$R_{1,2} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10K\Omega \cdot 2.2K\Omega}{10K\Omega + 2.2K\Omega} = \frac{22K\Omega^2}{12.2K\Omega} = 1.8K\Omega$$

$$Z_{inStage} = R_{1,2} \parallel \beta \cdot (r'_e + R_E) = \frac{R_{1,2} \cdot \beta \cdot (r'_e + R_E)}{R_{1,2} + \beta \cdot (r'_e + R_E)} = \frac{1.8K\Omega \cdot 40.54K\Omega}{1.8K\Omega + 40.54K\Omega} = 1.72K\Omega$$

Το AC ισοδύναμο φαίνεται παρακάτω. Στην έξοδο έχουμε μόνο την αντίσταση συλλέκτη.



Θα υπολογίσουμε την τάση εισόδου χρησιμοποιώντας την σύνθετη αντίσταση βάσης Z_{inBase} .

$$v_{in} = i_b \cdot Z_{inBase} = i_b \cdot \beta \cdot r'_e$$

Για να κάνουμε το ίδιο στο σημείο του συλλέκτη ώστε να υπολογίσουμε το v_{out} πρέπει πρώτα να βρούμε την ολική αντίσταση στην έξοδο r_C η οποία είναι η ίση με $R_C \parallel R_L$ (παράλληλη σύνδεση). Άρα η r_C είναι:

$$r_C = \frac{R_C \cdot R_L}{R_C + R_L} = \frac{3.6K\Omega \cdot 10K\Omega}{3.6K\Omega + 10K\Omega} = \frac{36K\Omega}{13.6} = 2.65K\Omega$$

Προφανώς η τάση εξόδου θα είναι ίση με το ρεύμα συλλέκτη επί την αντίσταση r_C που υπολογίσαμε:

$$v_{out} = i_c \cdot r_C$$

Από την θεωρία όμως γνωρίζουμε ότι η ενίσχυση δίνεται από τον τύπο:

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{i_c \cdot r_C}{i_b \cdot \beta \cdot (r'_e + R_{E1})} = \frac{r_C}{r'_e + R_{E1}} = \frac{2.65K\Omega}{202.7\Omega} = 13$$

Για να υπολογίσω την τάση εξόδου θα πρέπει να γνωρίζω την τάση εισόδου. Η τάση εισόδου στον ενισχυτή όμως δεν είναι τώρα αυτή που μας δίνεται στην άσκηση ως v_g καθώς υπάρχει πτώση τάση στην αντίσταση R_g . Θα πρέπει να εφαρμόσω διαιρέτη τάση μεταξύ R_g και $Z_{inStage}$ για να βρω την τιμή της τάσης που τελικά εισέρχεται στον ενισχυτή.

$$v_{in} = \frac{Z_{inStage}}{R_g + Z_{inStage}} \cdot v_g = \frac{1.72K\Omega}{0.6K\Omega + 1.72K\Omega} \cdot 50V = 37.14V$$

Έτσι η τάση εξόδου θα είναι:

$$v_{out} = A_v \cdot v_{in} = 13 \cdot 37.14mV = 485.55mV$$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Μεθοδολογία για ασκήσεις οι οποίες ζητούν να βρεθεί η ενίσχυση και η τάση εξόδου σε κυκλώματα ενισχυτών με τρανζίστορ.

A. DC Ανάλυση

- Σχεδιάζω το DC ισοδύναμο κύκλωμα (λογικά θα είναι ένα εκ των κυκλωμάτων πόλωσης)
- Οι πυκνωτές = ανοιχτοί διακόπτες
- Αναλύω το κύκλωμα με σκοπό να υπολογίσω το ρεύμα εκπομπού (Για παράδειγμα $2^{ος}$ κΚ στον βρόχο εισόδου)
- Συμβουλευόμαι και την μεθοδολογία για την DC ανάλυση του αντίστοιχου κυκλώματος πόλωσης

B. AC Ανάλυση

- Υπολογίζω την $r'_e = 25mV/I_E$
- Γειώνω όλες τις πηγές συνεχούς τάσης και βραχυκυκλώνω όλους τους πυκνωτές
- Σχεδιάζω το **πρότυπο Π** και τοποθετώ όλες τις αντιστάσεις που υπάρχουν στην είσοδο και την έξοδο. Στο τέλος της βάσης βάζω και τις αντιστάσεις που υπάρχουν στον εκπομπό πολλαπλασιασμένες με β . (**Προσοχή!** στους πυκνωτές παράκαμψης)
- Βρίσκω από το σχήμα τις τάσεις v_{in} και v_{out} (από Z_{inBase} και R_c)
- Υπολογίζω ενίσχυση διαιρώντας αυτές
- Υπολογίζω το v_{out} από το v_{in} που μας δίνει η άσκηση. Αν υπάρχει αντίσταση R_g κάνω διαιρέτη τάσης με την $Z_{inStage}$