

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 8: Ενισχυτής κοινού εκπομπού

Σύνοψη

Στο εργαστήριο αυτό χρησιμοποιείται ένα αμφιπολικό τρανζίστορ για την υλοποίηση ενός ενισχυτή κοινού εκπομπού. Σε επίπεδο προσομοίωσης και πρωτοτυποποίησης, δοκιμάζεται μια απλή συνδεσμολογία χωρίς αντίσταση στον εκπομπό (της οποίας ο ρόλος θα ήταν η αντιστάθμιση σε θερμικές μεταβολές για τη σταθεροποίηση του κέρδους). Ρυθμίζεται η DC πόλωση της βάσης, ώστε το κεντρικό σημείο λειτουργίας του τρανζίστορ να βρίσκεται στη μέση της γραμμικής του περιοχής και ο ενισχυτής τροφοδοτείται από ένα ημιτονοειδές σήμα πλάτους 50 mV και συχνότητας 1 kHz. Παρατηρείται το κέρδος τάσης και συγκρίνεται το αποτέλεσμα της προσομοίωσης με τις πειραματικές μετρήσεις.

Στόχος

Κατανόηση του φυσικού μηχανισμού με τον οποίο επιτυγχάνεται ενίσχυση σημάτων με τη χρήση τρανζίστορ.

Προαπαιτούμενη γνώση

Αγωγιμότητα ημιαγωγών, λειτουργία και πόλωση του αμφιπολικού τρανζίστορ, τεχνική ευθείας φόρτου.

8.1 Θεωρητική εισαγωγή

Η θεωρητική εισαγωγή αυτής της εργαστηριακής άσκησης περιλαμβάνει τη σύνοψη της αρχής λειτουργίας των ενισχυτών με τρανζίστορ και την παράθεση των βασικών αναλυτικών εξισώσεων του ενισχυτή κοινού εκπομπού.

Όπως αναφέρθηκε, μια από τις δύο βασικές εφαρμογές του τρανζίστορ είναι η διάδοση και ενίσχυση σημάτων. Στα κυκλώματα ενίσχυσης, χρησιμοποιείται η δυνατότητα του αμφοπολικού τρανζίστορ να ελέγχει την αντίσταση μεταξύ συλλέκτη και εκπομπού, μέσω της τάσης (και επομένως του ρεύματος) που εφαρμόζεται στη βάση του. Αν εφαρμοστεί ένα σήμα στη βάση, οι μεταβολές του μετατρέπονται σε μεταβολές της συμπεριφοράς I-V συλλέκτη-εκπομπού. Εφαρμόζοντας μια μεγαλύτερη, DC τάση V_{CC} στα άκρα συλλέκτη – εκπομπού μέσω μιας κατάλληλα επιλεγμένης αντίστασης R_C , αυτές οι μεταβολές μετατρέπονται πάλι σε μεταβολές τάσης, αλλά με εύρος και ισχύ που εξαρτώνται από τις τιμές V_{CC} , R_C και τις χαρακτηριστικές του τρανζίστορ.

Ένα συνηθισμένο κύκλωμα ενίσχυσης είναι ο ενισχυτής κοινού εκπομπού που φαίνεται στο Σχήμα 8.1. Περιλαμβάνει το τρανζίστορ, ένα κύκλωμα πόλωσης της βάσης, ώστε αυτό να λειτουργεί γύρω από το κέντρο της ενεργούς περιοχής του, καθώς και τροφοδοσία της εξόδου μέσω μιας αντίστασης στον συλλέκτη. Το σήμα εφαρμόζεται στη βάση και λαμβάνεται στον συλλέκτη, μέσω πυκνωτών σύζευξης που συνδέονται σε σειρά με τον ενισχυτή. Ο ρόλος των πυκνωτών αυτών, είναι η απομόνωση της εκάστοτε βαθμίδας ενίσχυσης από προηγούμενες και επόμενες βαθμίδες, σε ότι αφορά τις DC στάθμες τάσης. Αυτό επιτρέπει στη DC σχεδίαση της κάθε βαθμίδας να γίνεται ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες. Η τιμή των πυκνωτών σύζευξης επιλέγεται έτσι, ώστε να μην επιδρά στην πορεία του σήματος πληροφορίας και επομένως, εξαρτάται από τη συχνότητα του σήματος αυτού. Για το εύρος συχνοτήτων των σημάτων που χρησιμοποιούνται σε συνηθισμένα απλά κυκλώματα ηλεκτρονικής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τιμές μεταξύ 10 μF και 100 μF .

Αν g_m και r_{in} είναι η διαγωγιμότητα και η αντίστασης εισόδου του τρανζίστορ, τότε η αντίσταση εισόδου, η αντίσταση εξόδου και το κέρδος του ενισχυτή κοινού εκπομπού δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$R_{IN} = R_1 // R_2 // r_{in} \quad [8.1]$$

$$R_{OUT} = R_C \quad [8.2]$$

$$A_V = -g_m \cdot R_C \quad [8.3]$$

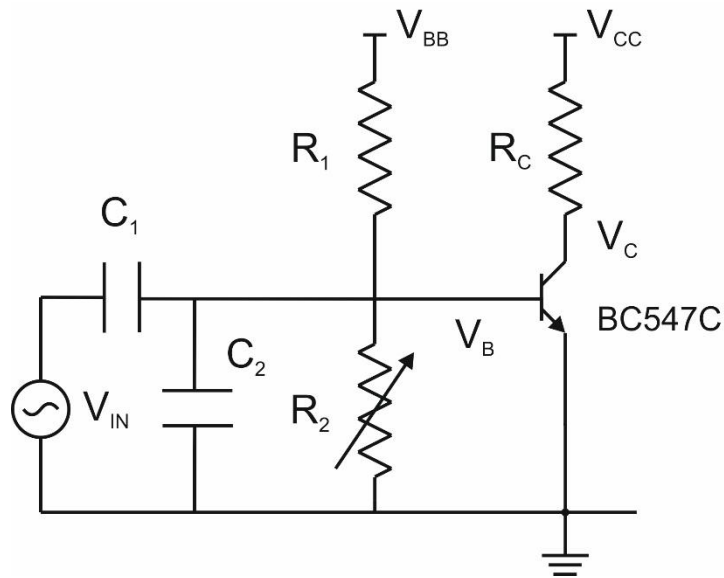
8.2 Προετοιμασία

Η προετοιμασία για το εργαστήριο αυτό περιλαμβάνει τη σχεδίαση και προσομοίωση ενός κυκλώματος ενισχυτή κοινού εκπομπού στο πρόγραμμα PSPICE.

8.2.1 Να σχεδιαστεί το κύκλωμα του Σχήματος 8.1, παραλείποντας τον πυκνωτή C_2 , στο PSPICE. Οι τάσεις V_{BB} και V_{CC} είναι 5 V και οι αντιστάσεις έχουν τιμές $R_1 = 4.7 \text{ k}\Omega$ και $R_C = 100 \Omega$. Ρυθμίζοντας προσωρινά την πηγή του σήματος V_{in} , έτσι ώστε να έχει πλάτος μηδέν, και δοκιμάζοντας διάφορες τιμές για την R_2 , να ρυθμιστεί η R_2 έτσι ώστε η τάση στον συλλέκτη να είναι 2.5 V (± 0.1 V). Να καταγραφεί η τιμή της αντίστασης και να μετρηθεί το δυναμικό στη βάση, το ρεύμα στη βάση και το ρεύμα στο συλλέκτη.

8.2.2 Να υπολογιστεί το κέρδος ρεύματος του τρανζίστορ που παρατηρείται ($\beta = I_C / I_B$).

8.2.3 Να ρυθμιστεί η V_{in} σε πλάτος 50 mV, συχνότητα 1 kHz και μηδενική DC συνιστώσα (V_{OFFSET}). Να προσομοιωθεί το κύκλωμα για διάρκεια 3 ms, να παρατηρηθούν και να σχεδιαστούν οι κυματομορφές στη βάση (είσοδος) και στον συλλέκτη (έξοδος) του ενισχυτή. Να υπολογιστεί το κέρδος τάσης που παρατηρείται: $A_V = v_{out}/v_{in}$.



Σχήμα 8.1: Ενισχυτής κοινού εκπομπού χωρίς αντιστάθμιση.

8.3 Βοηθητικές πληροφορίες

Ο εξοπλισμός και οι διατάξεις που θα χρησιμοποιηθούν στο εργαστήριο αυτό συνοψίζονται στον Πίνακα 8.1. Για τον τρόπο χρήσης και τα χαρακτηριστικά του ολοκληρωμένου τρανζίστορ BC547 μπορείτε να ανατρέξετε στις αντίστοιχες προδιαγραφές που είναι διαθέσιμες στο διαδίκτυο. Η αντιστοίχιση ακροδεκτών, καθώς και κάποιες βασικές πληροφορίες σχετικά με τη χρήση αυτού του ολοκληρωμένου κυκλώματος δίνονται στο Παράρτημα Β1 αυτού του συγγράμματος.

Τύπος	Σύμβολο /Τύπος	Τιμή	Ποσότητα
Αντίσταση	R_1	4.7 k Ω	1
Μεταβλητή αντίσταση	R_2	0 – 10 k Ω	1
Αντίσταση	R_C	100 Ω	1
Πυκνωτές	C_1, C_2	10 μ F	2
Αμφιπολικό Τρανζίστορ	BC547C	$\beta \sim 500$	1
Πινακίδα Προτυποποίησης	-	-	-
Παλμογράφος	-	-	-
Πολύμετρο	-	-	-

Πίνακας 8.1: Απαραίτητος εξοπλισμός και διατάξεις για την υλοποίηση της άσκησης.

8.4. Πειραματικό Μέρος

8.4.1 Να υλοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 7.1, με πηγή σήματος πλάτους 50 mV και συχνότητας 1 kHz . Να χρησιμοποιηθούν αντιστάσεις: $R_1 = 4.7 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 0 - 10 \text{ k}\Omega$, τροφοδοσία $V_{DC} = V_{CC} = V_{BB} = 5 \text{ V}$ και πυκνωτές $C_1 = C_2 = 10 \text{ }\mu\text{F}$.

8.4.2 Αποσυνδέοντας προσωρινά την πηγή σήματος, να ρυθμιστεί η R_2 , ώστε το τρανζίστορ να τοποθετηθεί στο μέσο της ενεργού περιοχής του ($V_C = 2.5 \text{ V}$). Να μετρηθεί το ρεύμα στη βάση και στον συλλέκτη και να υπολογιστεί το κέρδος ρεύματος ($\beta = I_C / I_B$). Να συγκριθεί το αποτέλεσμα με το αντίστοιχο της προσομοίωσης, καθώς και με την τιμή που δίνεται στις προδιαγραφές.

8.4.3 Να επανασυνδεθεί η πηγή σήματος, να παρατηρηθούν και να σχεδιαστούν οι κυματομορφές στη βάση (είσοδος) και στον συλλέκτη (έξοδος) του ενισχυτή. Να υπολογιστεί το κέρδος τάσης που παρατηρείται: $A_V = v_{out}/v_{in}$. Να συγκριθεί η τιμή που προκύπτει με το αντίστοιχο αποτέλεσμα της προσομοίωσης.

8.4.4 Να μετρηθεί το κέρδος τάσης για διάφορες τιμές της συχνότητας του σήματος εισόδου, από 1 Hz έως 1 MHz, δεκαπλασιάζοντας κάθε φορά την τιμή (1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, ...). Να σχεδιαστεί η τιμή του κέρδους συναρτήσει της συχνότητας, με λογαριθμική κλίμακα στον οριζόντιο άξονα και σε dB ($20\log A_V$) στον κατακόρυφο άξονα. Το διάγραμμα αυτό ονομάζεται διάγραμμα Bode και είναι ενδεικτικό της ισχύος ενίσχυσης (για τον σωστό προσδιορισμό της ισχύος ενίσχυσης, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι αντιστάσεις εισόδου και εξόδου).

8.4.5 Να τροποποιηθεί ο ενισχυτής, έτσι ώστε να δίνει διπλάσιο κέρδος τάσης. Πως μεταβάλλει αυτή η τροποποίηση την αντίσταση εξόδου και την μέγιστη ισχύ εξόδου του ενισχυτή;