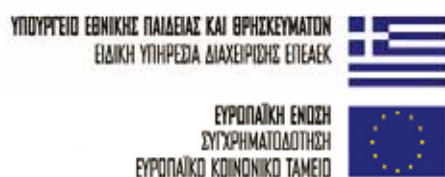


ΤΕΙ ΛΑΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΧΑΜΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΤΣΙΤΣΙΠΗ

ΛΑΜΙΑ 2007



Η εκτύπωση αυτή έγινε με δαπάνη του
Έργου «Αναμόρφωση Προπτυχιακών Προγραμμάτων Σπουδών του ΤΕΙ Λαμίας»,
Υποέργο 1 «Αναμόρφωση Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών Τμ.
Ηλεκτρονικής»



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΠΑΙΔΕΙΑ ΜΠΡΟΣΤΑ
2^ο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Εκπαίδευσης και Αρχικής
Επαγγελματικής Κατάρτισης

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Παρακάτω θα προσπαθήσουμε να δώσουμε κάποιες συνοπτικές οδηγίες χρήσης του προγράμματος εξομοίωσης DesignLab της εταιρίας MICROSIM.

Το πρόγραμμα χρησιμοποιείται για την εκτέλεση εργαστηριακών ασκήσεων στα πλαίσια του μαθήματος **Ηλεκτρονικά Χαμηλών Συχνοτήτων** του Τμήματος Ηλεκτρονικής του ΤΕΙ Λαμίας. Οι οδηγίες αυτές απευθύνονται στους σπουδαστές που για πρώτη φορά έρχονται σε επαφή με το πρόγραμμα και έχουν σκοπό να τους οδηγήσουν πολύ σύντομα και εύκολα στη δημιουργία και μελέτη ηλεκτρονικών κυκλωμάτων χωρίς να χρειαστεί η σχολαστική κατατριβή με λεπτομέρειες. Άλλωστε η χρησιμοποίηση του προγράμματος αυτού στο εργαστήριο έχει σα σκοπό την ευκολότερη και ταχύτερη μελέτη ηλεκτρονικών κυκλωμάτων χωρίς τα πρακτικά προβλήματα που εισάγουν τα πραγματικά κυκλώματα.

Το περιβάλλον εργασίας του προγράμματος είναι το λειτουργικό σύστημα Windows που παρέχει μεγάλη λειτουργικότητα και ευκολία στη χρήση. Αυτό όμως προϋποθέτει στοιχειώδεις γνώσεις πάνω στη χρήση Η/Υ και στον τρόπο λειτουργίας του περιβάλλοντος αυτού.

Στα επόμενα κεφάλαια θα γίνει μια καθοδήγηση στον τρόπο εργασίας με το πρόγραμμα και στη συνέχεια θα προταθεί η μελέτη κάποιων γνωστών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων με τη βοήθεια του προγράμματος. Εκείνο που θα πρέπει να γίνει καλά κατανοητό είναι ότι σε καμιά περίπτωση το πρόγραμμα δεν υποκαθιστά τη μελέτη της αντίστοιχης θεωρίας γεγονός που θεωρείται βασική προϋπόθεση για οποιαδήποτε παραπέρα απόπειρα.

Μετά από αυτά και με δεδομένο ότι οι δυνατότητες του προγράμματος δεν εξαντλούνται στο μάθημα «Ηλεκτρονικά Χαμηλών Συχνοτήτων» αλλά επεκτείνονται σε πάρα πολλά μαθήματα του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Ηλεκτρονικής, εύχομαι στους σπουδαστές μας καλή επιτυχία και εύκολη ανταπόκριση στη νέα αυτή προσπάθεια του Τμήματος που είναι βέβαιο ότι θα αναβαθμίσει τις σπουδές τους και θα τους εξοπλίσει με περισσότερες δεξιότητες.

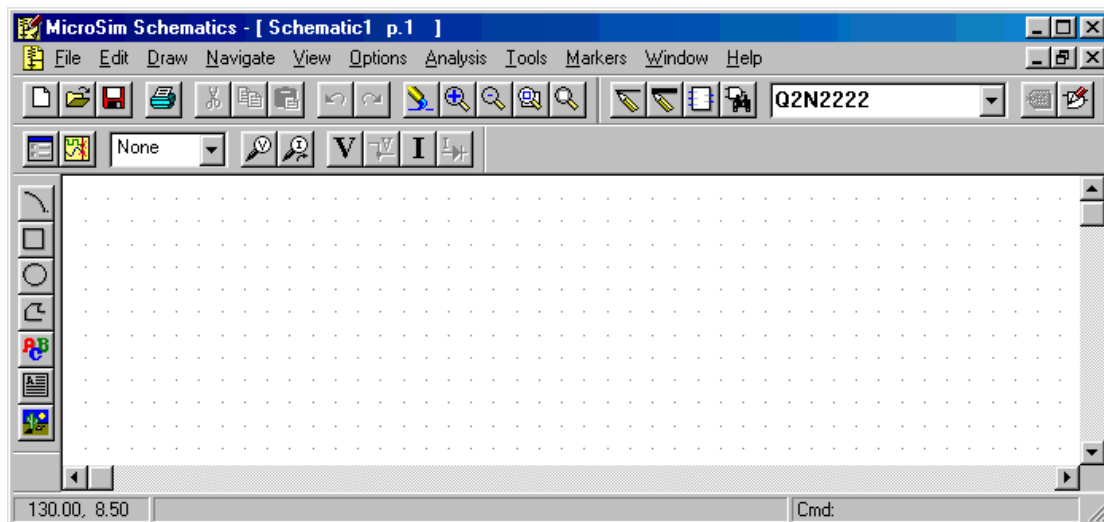
ΓΕΝΙΚΑ

Πριν από την έναρξη χρήσης του προγράμματος εξομοίωσης πρέπει ο κάθε χρήστης του προγράμματος να θέσει σε λειτουργία τον H/Y και εφόσον του ζητηθεί να εισέλθει με όνομα χρήστη **user** και κωδικό επίσης **user**.

Η έναρξη του προγράμματος γίνεται με πολλούς τρόπους. Ο πιο εύκολος όμως είναι με την εντολή

Εκκίνηση – Προγράμματα – DesignLab – Schematics

Με τον τρόπο αυτό φορτώνεται ο επεξεργαστής ηλεκτρονικών σχεδίων (Schematics) με τον οποίο μπορούμε να σχεδιάζουμε τα κυκλώματα. Στην οθόνη εμφανίζεται το περιβάλλον εργασίας που φαίνεται στο σχ.1.



Σχ.1 Το περιβάλλον εργασίας του Schematics.

Όλα τα άλλα προγράμματα θα τα τρέχουμε μέσα από αυτό. Θα πρέπει να σημειώσουμε εδώ ότι το "Schematics" τρέχει χωρίς να χρειάζεται άδεια χρήσης.

Στην πρώτη γραμμή της οθόνης εμφανίζεται το κύριο μενού με τις ομάδες των εντολών.

File Edit Draw Navigate View Options Analysis Tools Markers Window Help

Κάθε μια από τις ομάδες αυτές "ανοίγει" ένα δευτερεύον μενού με τις αντίστοιχες εντολές.

Ας γνωρίσουμε τις σπουδαιότερες από τις εντολές αυτές.

File	New	Ανοίγει νέο φύλλο για το σχεδιασμό ενός νέου κυκλώματος.
	Open...	Ανοίγει ένα υπάρχον αρχείο σχεδιασμού. Τα αρχεία αυτά έχουν όλα παρέκταμα .sch.
	Close	Κλείνει το ενεργό αρχείου σχεδίου.
	Export...	Δημιουργεί ένα αρχείο DFX που περιέχει το σχέδιο. (Πολύ χρήσιμο για πιστή μεταφορά του σχεδίου σε άλλα σχε-

	διαστικά προγράμματα).
Save	Σώζει το αρχείο σχεδίου στο δίσκο. Την πρώτη φορά ζητάει όνομα ενώ τις υπόλοιπες το σώζει κατ' ευθείαν με το υπάρχον όνομα.
Save As	Σώζει το αρχείο σχεδίου στο δίσκο με ένα νέο όνομα.
Print...	Τυπώνει το σχέδιο στον εκτυπωτή.
Printer Select...	Επιλογή εκτυπωτή από τους εγκατεστημένους στον Η/Υ.
View Messages	Ανοίγει το παράθυρο όπου έχουν καταχωρηθεί τα κάθε είδους μηνύματα για να τα δούμε.
Exit	Κλείνει το "Schematics".
Edit	
Undo	Αναιρεί την τελευταία ενέργεια.
Redo	Επαναλαμβάνει την τελευταία ενέργεια που έχει ακυρωθεί με την εντολή Undo.
Cut	Αποκόπτει τα αντικείμενα που έχουν σημειωθεί. Ταυτόχρονα όμως με την αποκοπή δημιουργούνται αντίγραφα των αντικειμένων αυτών ώστε να μη χαθούν εντελώς. Η σημείωση ενός αντικειμένου γίνεται με διπλοπάτημα σε οποιοδήποτε σημείο του αντικειμένου.
Copy	Δημιουργεί αντίγραφα των αντικειμένων που είναι σημειωμένα.
Paste	Προσθέτει ότι αντίγραφα έχει αποθηκευμένο.
Copy to Clipboard	Δημιουργεί αντίγραφα των σημειωμένων αντικειμένων στο Clipboard (ειδικά αντίγραφα που να μη σβήνουν με το κλείσιμο της εφαρμογής).
Delete	Σβήνει εντελώς τα σημειωμένα αντικείμενα.
Attributes	Διορθώνει τα χαρακτηριστικά του σημειωμένου εξαρτήματος.
Rotate	Περιστρέφει τα σημειωμένα αντικείμενα κατά 90° αριστερόστροφα.
Flip	Δημιουργεί το κατοπτρικό είδωλο του σημειωμένου αντικειμένου ως προς κατακόρυφο άξονα, με ταυτόχρονο σβήσιμο του παλιού αντικειμένου.
Align Horizontal	Ευθυγραμμίζει τα σημειωμένα αντικείμενα σε μια οριζόντια γραμμή.
Align Vertical	Ευθυγραμμίζει τα αντικείμενα σε μια κάθετη γραμμή.
Draw Repeat	Επαναλαμβάνει την τοποθέτηση στο σχέδιο του εξαρτήματος που τοποθετήθηκε πρόσφατα.
Place Part	Τοποθετεί εξαρτήματα στο σχέδιο. Πριν την τοποθέτηση ζητά το όνομα του εξαρτήματος από μια λίστα εξαρτημάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί πρόσφατα.
Text	Τοποθετεί κείμενο μέσα στο σχέδιο.
Wire	Συνδέει με αγωγούς τα εξαρτήματα.
Bus	Τοποθετεί διαδρόμους αγωγών μέσα στο σχέδιο.
Get New Part	Επιλέγει ένα νέο εξάρτημα από τις βιβλιοθήκες.

View Fit	Κάνει zoom ώστε το σχέδιο να χωράει στην οθόνη με τη μέγιστη μεγέθυνση.
In	Μεγεθύνει κατά ένα βήμα το σχέδιο. Πριν από αυτό ζητάει το νέο κέντρο της οθόνης.
Out	Σμικρύνει την οθόνη (αντίθετη της προηγούμενης).
Area	Κάνει zoom πάνω σε τμήμα του σχεδίου. Πριν από αυτό ζητάει τα όρια του τμήματος.
Previous	Εμφανίζει την προηγούμενη όψη του σχεδίου.
Entire Page	Εμφανίζει ολόκληρη τη σελίδα του σχεδίου.
Redraw	Ξαναζωγραφίζει το σχέδιο. Πολλές φορές αυτό είναι απαραίτητο για να καθαρίσει η οθόνη από κάποια "σκουπίδια".
Pan-New Center	Μετακινεί την οθόνη πάνω στο σχέδιο χωρίς να αλλάζει η κλίμακα.
Analysis Setup	Καθορίζεται το είδος της ανάλυσης που θα γίνει με την εξομοίωση, όπως επίσης και οι παράμετροι της ανάλυσης.
Simulate	Ξεκινάει την εξομοίωση.
Probe Setup	Καθορίζει τις παραμέτρους του προγράμματος ελέγχου αποτελεσμάτων.
Run Probe	Τρέχει το πρόγραμμα ελέγχου αποτελεσμάτων.
Markers Mark Voltage/Level	Τοποθετεί ένα σημείο ελέγχου δυναμικού σε σημείο του κυκλώματος.
Mark Differential	Τοποθετεί δυο σημεία για την παρατήρηση της διαφοράς δυναμικού σε δυο σημεία του κυκλώματος.
Current into Pin	Τοποθετεί ένα σημείο για τον έλεγχο του ρεύματος σε ένα σημείο του κυκλώματος.
Advanced	
Clear	Σβήνει όλα τα τοποθετημένα σημεία ελέγχου σ' ένα κύκλωμα.
Show All	Με το τρέξιμο του Probe, εμφανίζει γραφικές παραστάσεις για όλα τα σημεία ελέγχου που έχουν τοποθετηθεί στο κύκλωμα.
Show Selected	Με το τρέξιμο του Probe, εμφανίζει γραφικές παραστάσεις για όλα τα επιλεγμένα σημεία ελέγχου που έχουν τοποθετηθεί στο κύκλωμα.

Η ομάδα **Navigate** αφορά πολυσέλιδα σχέδια που με αυτά εμείς δεν θα ασχοληθούμε.

Η ομάδα εντολών **Options** αφορά διαμόρφωση του περιβάλλοντος, με το οποίο όχι μόνο δεν θα ασχοληθούμε αλλά **ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ ΑΥΣΤΗΡΑ** γιατί μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην ομοιογένεια των μηχανημάτων. Με αυτά τα σημεία του προγράμματος μπορούν να ασχοληθούν οι σπουδαστές κατ' ιδίαν σε δικά τους μηχανήματα.

Επίσης, κάποιες εντολές που εδώ δεν αναφέρονται είτε θα εξεταστούν στα πλαίσια άλλων μαθημάτων ή επαφίενται για παραπέρα εξερεύνηση στους σπουδαστές. Στην κατεύθυνση αυτή, οι σπουδαστές θα βρουν πολύ ωφέλιμη τη χρήση του **On line Help** που αναπτύσσεται μέσα από την ομάδα εντολών **Help**.

Κάτω από το κύριο μενού υπάρχει μια διπλή γραμμή από εικονίδια που ονομάζεται **γραμμή εργαλείων** (toolbar). Το πάτημα ενός εργαλείου εκτελεί και μια εντολή. Τα εργαλεία βλέπουμε παρακάτω.

-  Εκτελεί την εντολή **File New**
-  Εκτελεί την εντολή **File Open**
-  Εκτελεί την εντολή **File Save**
-  Εκτελεί την εντολή **File Print**
-  Εκτελεί την εντολή **Edit Cut**
-  Εκτελεί την εντολή **Edit Copy**
-  Εκτελεί την εντολή **Edit Paste**
-  Εκτελεί την εντολή **Edit Undo**
-  Εκτελεί την εντολή **Edit Redo**
-  Εκτελεί την εντολή **View Redraw**
-  Εκτελεί την εντολή **View In**
-  Εκτελεί την εντολή **View Out**
-  Εκτελεί την εντολή **View Area**
-  Εκτελεί την εντολή **View Fit**
-  Εκτελεί την εντολή **Draw Wire**
-  Εκτελεί την εντολή **Draw Bus**
-  Εκτελεί την εντολή **Draw Block**
-  Εκτελεί την εντολή **Draw Get New Part**
- Εκτελεί την εντολή **Draw PlacePart**
-  Εκτελεί την εντολή **Edit Attributes**
-  Ανοίγει το πρόγραμμα για τη διόρθωση των εξαρτημάτων
-  Εκτελεί την εντολή **Analysis Setup**
-  Εκτελεί την εντολή **Anallysis Simulate**

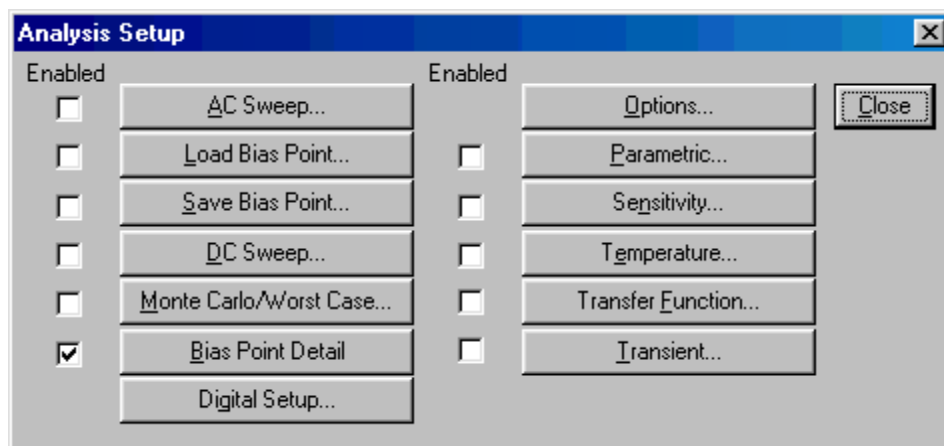
Η σχεδίαση ενός κυκλώματος είναι μια μάλλον απλή διαδικασία που συνίσταται κατά κύριο λόγο από τοποθέτηση στην κατάλληλη θέση εξαρτημάτων και καλωδιώσεων. Απαραίτητα μέσα στο κύκλωμα ένα σημείο θα πρέπει να γειώνεται.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Μπορούμε να μετακινήσουμε κάποια ετικέτα με κείμενο, αν επιλέξουμε το κείμενο αυτό (με ένα κλικ) και στη συνέχεια το σύρουμε στη θέση που θέλουμε.
- Όταν ένα εξάρτημα επιλεγεί το χρώμα του αλλάζει σε κόκκινο.
- Μπορούμε να διορθώσουμε τις τιμές των εξαρτημάτων ή τα ονόματα αναφοράς τους με διπλόπατημα πάνω στις ετικέτες τους. Έτσι ανοίγει ένα παράθυρο διαλόγου απ' όπου μπορούμε να διορθώσουμε τις τιμές αυτές.
- Μπορούμε να μετακινήσουμε οποιοδήποτε εξάρτημα, αν επιλέξουμε τα εξάρτημα αυτό (με ένα κλικ) και στη συνέχεια το σύρουμε στη θέση που θέλουμε.
- Μπορούμε να σβήσουμε οποιοδήποτε εξάρτημα, αν επιλέξουμε το εξάρτημα αυτό (με ένα κλικ) και στη συνέχεια πατήσουμε **Del**.
- Μπορούμε να διορθώσουμε οποιαδήποτε παράμετρο ενός εξαρτήματος με διπλόπατημα πάνω στο εξάρτημα.
- Μπορούμε να περιστρέψουμε ένα εξάρτημα κατά 90° αριστερόστροφα αν επιλέξουμε το εξάρτημα και πατήσουμε τον συνδυασμό πλήκτρων **Ctrl-R**.
- Μπορούμε να αντιστρέψουμε ένα εξάρτημα ώστε να σχηματιστεί το κατοπτρικό είδωλό του αν επιλέξουμε το εξάρτημα και πατήσουμε τον συνδυασμό πλήκτρων **Ctrl-F**.

Εξομοίωση

Αφού σχεδιαστεί το κύκλωμα είναι απαραίτητο να περιγραφεί ο τρόπος ανάλυσης του κυκλώματος. Αυτό γίνεται με την εντολή Analysis Setup. Με την εντολή αυτή ανοίγει ένα παράθυρο διαλόγου, όπως αυτό του σχ. 2

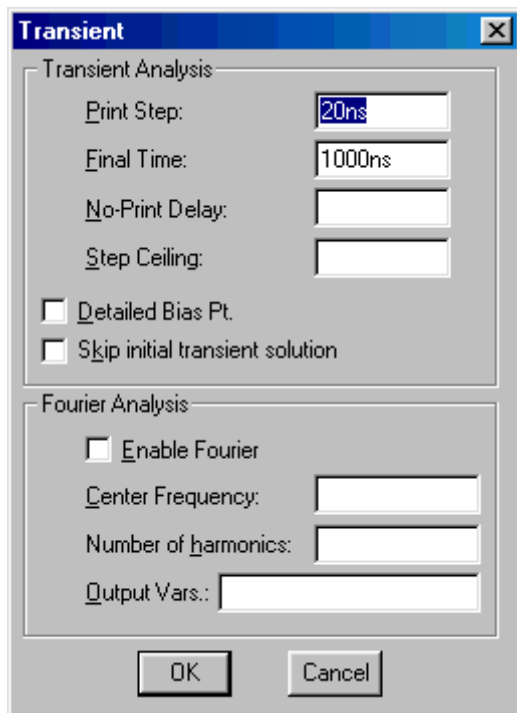


Από τις επιλογές που υπάρχουν εμείς θα ασχοληθούμε κυρίως με την **Transient Analysis** και την **DC Sweep Analysis**. Η ενεργοποίηση της αντίστοιχης ανάλυσης γίνεται με το πάτημα

στο αντίστοιχο check box. Για να διορθωθούν οι παράμετροι της Transient Analysis πατάμε το αντίστοιχο button οπότε ανοίγει το παράθυρο διαλόγου της εικ. 3.

Transient Analysis

Βασικές παράμετροι στην ανάλυση αυτή είναι το βήμα εκτόπωσης (Print Step) και ο τελικός χρόνος (Final Time). Εννοείται ότι ο χρόνος έναρξης είναι μηδέν. Η ανάλυση γίνεται για χρονικό διάστημα από μηδέν μέχρι Final Time σε βήματα των Print Step.



Η τιμή του Final Time προσδιορίζεται από τον αριθμό των περιόδων (n) που θέλουμε να βλέπουμε στην οθόνη παρατήρησης των κυματομορφών και από τη συχνότητα του σήματος (f). Δηλαδή

$$Final\ Time = n \cdot \frac{1}{f}$$

Η τιμή στο Print Step προσδιορίζεται από το πλήθος των σημείων (N) που θα καθορίσουν την κυματομορφή. Το πλήθος αυτό δεν πρέπει να είναι πολύ μικρό γιατί επιβαρύνει την ποιότητα της κυματομορφής αλλά ούτε και πολύ μεγάλο (μεγαλύτερο από την ανάλυση της οθόνης του H/Y) γιατί δεν βελτιώνει το αποτέλεσμα ενώ αυξάνει το χρόνο που απαιτείται για την εξομοίωση. Η τιμή του $N=100$ δίνει σχετικά καλά αποτελέσματα. Επομένως

$$Print\ Step = \frac{Final\ Time}{N}$$

Τέλος, συμπληρώνουμε την τιμή της παραμέτρου Step Ceiling με την ίδια τιμή του Print Step, ενέργεια η οποία βελτιώνει την εμφάνιση της κυματομορφής.

Παράδειγμα

Αν, για την ανάλυση ενός κυκλώματος χρησιμοποιήσουμε σήμα συχνότητας 1kHz, για να βλέπουμε στην οθόνη μας 3 περιόδους πρέπει να θέσουμε Final Time =3ms και για να έχουμε 100 σημεία στην κυματομορφή θα πρέπει να θέσουμε Print Step και Final Time =30μs.

Μετά τον προσδιορισμό της ανάλυσης, μπορούμε να ξεκινήσουμε την εξομοίωση με την εντολή Analysis Simulate.

DC Sweep Analysis

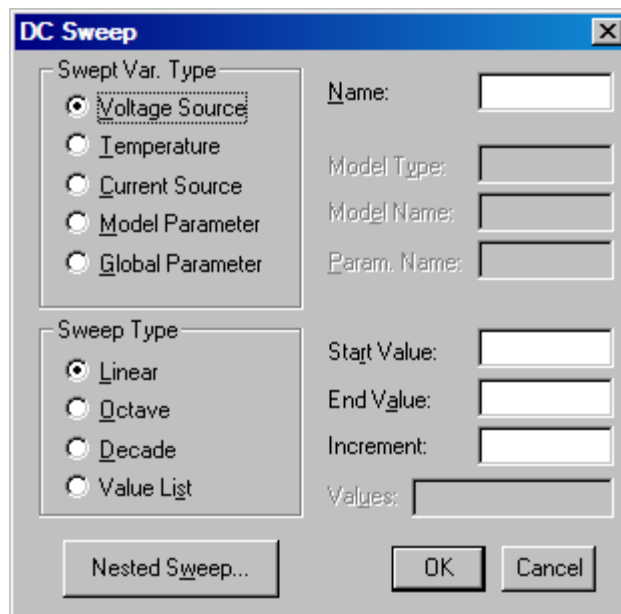
Οι παράμετροι της ανάλυσης αυτής είναι

Το είδος του μεγέθους που «σαρώνεται». Η επιλογή είναι μεταξύ τάσεων, ρευμάτων, θερμοκρασίας, και παραμέτρων γενικώς ή ειδικά ενός μοντέλου.

Το είδος της σάρωσης, με επιλογή ανάμεσα σε γραμμική σάρωση, λογαριθμική (Octave, Decade) ή με βάση μια λίστα τιμών.

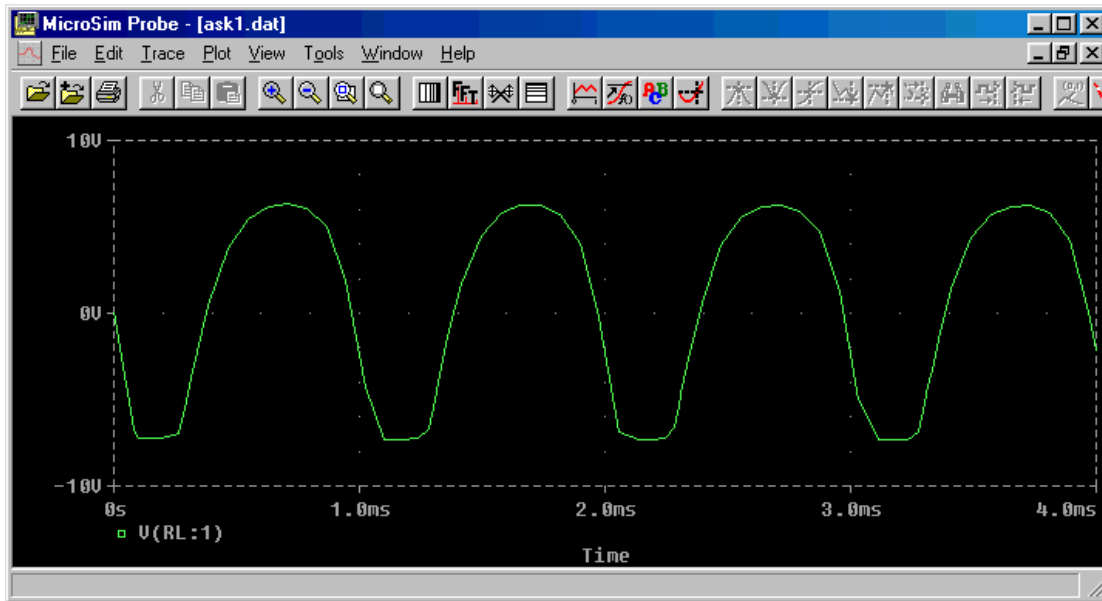
Το όνομα της μεταβλητής που σαρώνεται (πχ τάση V1).

Οι παράμετροι της σάρωσης, δηλαδή η αρχική τιμή (Start Value), η τελική τιμή (End Value) και το βήμα αύξησης (Increment).



Παρατήρηση κυματομορφών

Η εξομοίωση γίνεται αυτόματα και αμέσως μετά φορτώνεται το πρόγραμμα παρατήρησης των κυματομορφών (**probe**) και απεικονίζονται οι κυματομορφές στα σημεία ελέγχου. Τώρα το περιβάλλον εργασίας αλλάζει και εμφανίζεται η εικόνα που φαίνεται παρακάτω.



Βέβαια, εύκολα μπορεί να αναγνωρίσει κανείς, το κύριο μενού, τη γραμμή εργαλείων, πολλές εντολές αλλά και εργαλεία, που κάνουν την ίδια δουλειά όπως τα γνωρίσαμε.

Βέβαια η τοποθέτηση κυματομορφών και η επιλογή αξόνων γίνονται αυτόματα, αλλά καλό είναι να γνωρίσουμε τις δυνατότητες του προγράμματος στο σημείο αυτό.

Η προσθήκη μιας νέας γραφικής παράστασης γίνεται με την εντολή **Trace Add...** ή με το πάτημα του εργαλείου

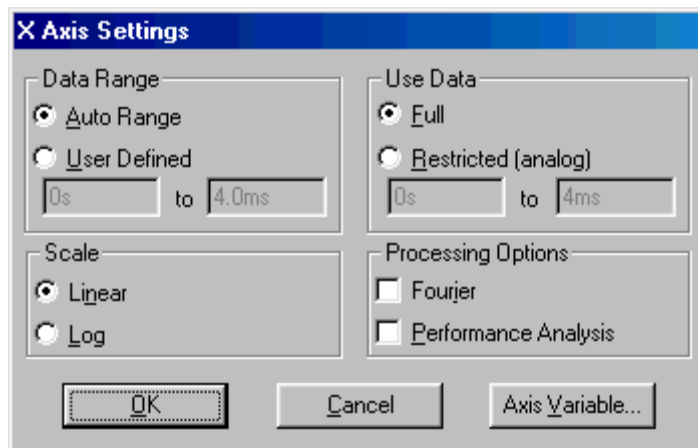


Η κίνηση αυτή ανοίγει ένα παράθυρο διαλόγου για την επιλογή ανάμεσα σε όλους τους διαθέσιμους κόμβους του κυκλώματος. Η επιλογή ενός απ' αυτούς προσθέτει μια επί πλέον κυματομορφή στο διάγραμμα. Ο αντίστοιχος κόμβος φαίνεται στο κάτω μέρος του διαγράμματος. Η διαγραφή του γίνεται με επιλογή της κυματομορφής και εκτέλεση της εντολής **Trace Delete**.

Μπορούμε να προσθέσουμε μια επιπλέον γραφική παράσταση πάνω από την πρώτη με την εντολή **Plot Add Plot**.

Μπορούμε να προσθέσουμε ένα νέο Y άξονα με την εντολή **Plot Add Y Axis**. Αυτό για την περίπτωση που πρέπει να απεικονιστούν στο ίδιο διάγραμμα δύο μεγέθη με τιμές που δεν είναι συγκρίσιμες.

Μπορούμε να κάνουμε διάφορες ρυθμίσεις στις παραμέτρους των δύο αξόνων. Αυτό γίνεται με τις εντολές **X Axis Settings** και **Y Axis Settings**. Οι ρυθμίσεις στους άξονες δίνονται μέσα από ένα παράθυρο διαλόγου που φαίνεται παρακάτω.



Από τις επιλογές που προσφέρονται εδώ είναι η βαθμονόμηση του κάθε άξονα (γραμμική – λογαριθμική) η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή του άξονα ή των δεδομένων καθώς και το μέγεθος ή ο συνδυασμός των μεγεθών που μεταβάλλονται στον άξονα αυτόν.

Βασικό μέρος του προγράμματος, εδώ, είναι η επεξεργασία των κυματομορφών που γίνεται με την εντολή **Tools – Cursor – Display** ή με το πάτημα του εργαλείου



Η κίνηση αυτή εμφανίζει δυο σταυρονήματα στο γράφημα, και ένα πλαίσιο όπου εμφανίζονται οι συντεταγμένες τους και η διαφοράς των συντεταγμένων. Η τοποθέτηση του ενός σταυρονήματος γίνεται με το αριστερό πάτημα και του άλλου με το δεξιό πάτημα. Η απόδοση του κάθε σταυρονήματος σε συγκεκριμένη κυματομορφή γίνεται με αριστερό ή δεξιό πάτημα στο σημείο ταυτότητας της κυματομορφής που βρίσκεται στο κάτω μέρος του γραφήματος.

 U(RL:1)

- Μπορούμε να προσθέσουμε κείμενο σε οποιαδήποτε σημείο του γραφήματος με το πάτημα του εργαλείου.



ΑΣΚΗΣΗ 1^Η

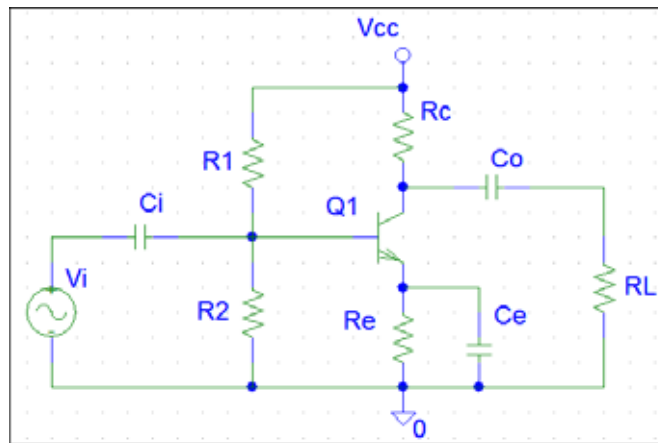
ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ ΜΕ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ

ΘΕΩΡΙΑ

Στην άσκηση αυτή θα μελετήσουμε τη συμπεριφορά των τριών τύπων ενισχυτή με τρανζίστορ, δηλαδή κοινού εκπομπού (CE), κοινής βάσης (CB) και κοινού συλλέκτη (CC). Ακολουθεί μια σύντομη θεωρητική ματιά στους τρεις αυτούς τύπους ενισχυτών.

Ενισχυτής κοινού εκπομπού (CE)

Είναι ενισχυτής όπως αυτός του παρακάτω σχήματος.



Το σήμα εισέρχεται από τη βάση του τρανζίστορ και εξέρχεται από το συλλέκτη. Από τη θεωρητική ανάλυση του κυκλώματος προκύπτουν τα χαρακτηριστικά του ενισχυτή αυτού που είναι, η ενίσχυση (απολαβή) τάσης $A_v = \frac{V_o}{V_i}$, η ενίσχυση (απολαβή ρεύματος) $A_I = \frac{I_o}{I_i}$,

η αντίσταση εισόδου $R_i = \frac{V_i}{I_i}$ και η αντίσταση εξόδου $R_o = \frac{V_o}{I_o}$ (με βραχυκυκλωμένη είσοδο). Από την ανάλυση προκύπτει

A_v	R_i	A_I	R_o
$g_m (r_o \parallel R_c \parallel R_L)$	$R_b \parallel r_\pi$	$A_v \frac{R_i}{R_L}$	$r_o \parallel R_c$

όπου R_c, R_L, R_1, R_2 στοιχεία του κυκλώματος, $R_b = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ και g_m, r_π, r_o

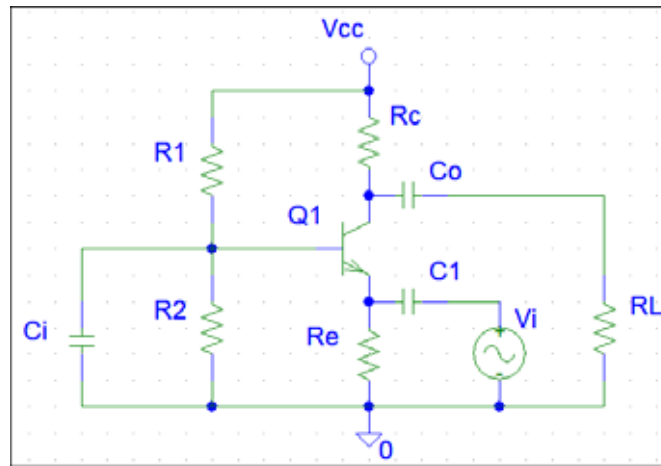
παράμετροι του τρανζίστορ που δίνονται από τους τύπους:

$$r_o = \frac{V_A}{I_C} \quad g_m = \frac{I_C}{V_T} \quad r_\pi = \frac{V_T}{I_B} = \frac{\beta}{g_m}$$

όπου $V_T = \frac{kT}{q_e} = 26mV$, $\beta=200$, I_B , I_C τα ρεύματα πόλωσης βάσης και συλλέκτη και V_A παράμετρος του τρανζίστορ που στην περίπτωση του 2N2222 είναι 98,5V

Ενισχυτής κοινής βάσης (CB)

Είναι ενισχυτής όπως αυτός του παρακάτω σχήματος.



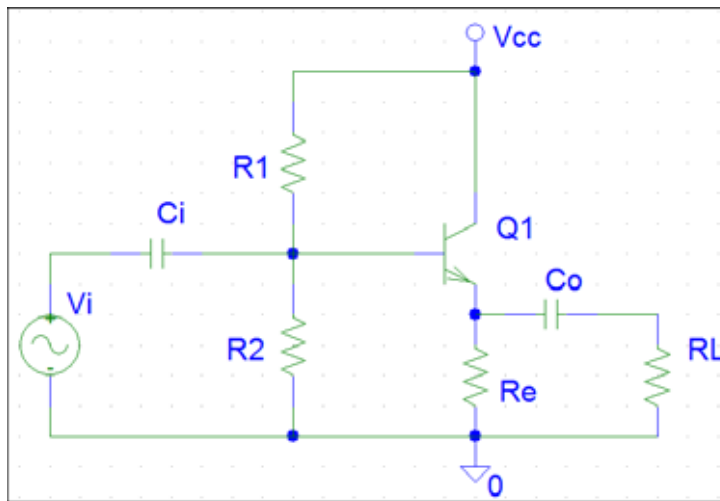
Το σήμα εισέρχεται από τον εκπομπό του τρανζίστορ και εξέρχεται από το συλλέκτη. Από τη θεωρητική ανάλυση του κυκλώματος προκύπτουν τα χαρακτηριστικά του ενισχυτή αυτού που είναι

A_V	R_i	A_I	R_o
$g_m (R_c \parallel R_L)$	$R_e \parallel r_e$	$A_V \frac{R_c}{R_L}$	R_c

όπου $r_e = \frac{\alpha}{g_m}$ και $\alpha = \frac{\beta}{\beta+1}$. Οι παράμετροι β και g_m προσδιορίζονται όπως προηγουμένως.

Ενισχυτής κοινού συλλέκτη (CC)

Είναι ενισχυτής όπως αυτός του παρακάτω σχήματος.



Το σήμα εισέρχεται από τη βάση του τρανζίστορ και εξέρχεται από τον εκπομπό. Από τη θεωρητική ανάλυση του κυκλώματος προκύπτουν τα χαρακτηριστικά του ενισχυτή αυτού που είναι

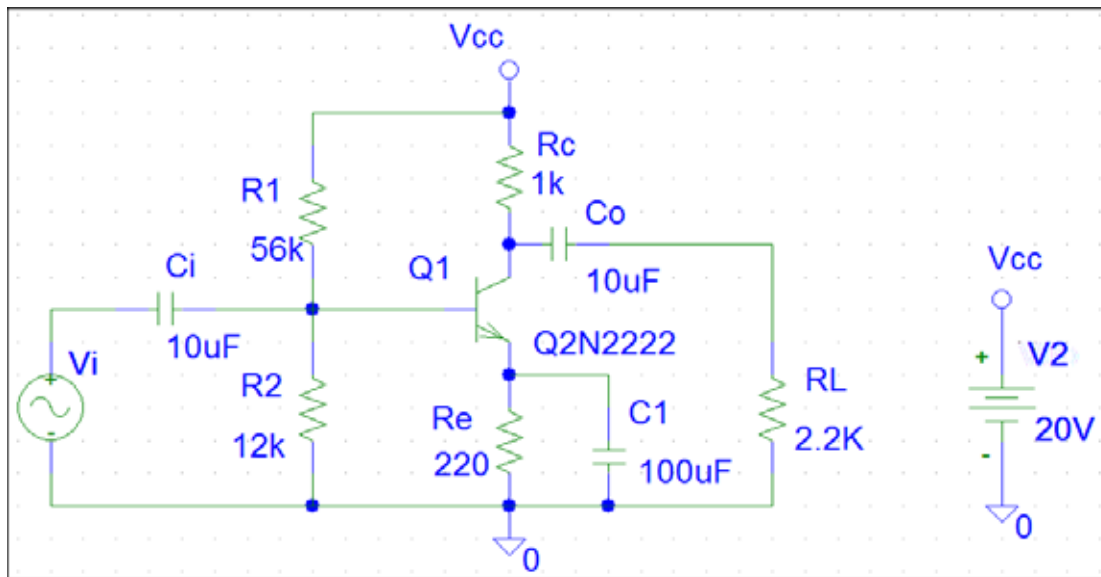
A_V	R_i	A_I	R_o
$\frac{(\beta+1)(r_o \parallel R_c \parallel R_L)}{r_\pi + (\beta+1)(r_o \parallel R_c \parallel R_L)}$	$R_b \parallel (\beta+1)(r_\pi + r_o \parallel R_c \parallel R_L)$	$A_V \frac{R_i}{R_L}$	$R_e \parallel r_o \parallel \frac{r_\pi}{\beta+1}$

ΑΣΚΗΣΗ

Θα σχεδιάσουμε τα κυκλώματα των ενισχυτών θα μετρήσουμε το σημείο λειτουργίας και στη συνέχεια θα “τρέξουμε” την transfer analysis στα κυκλώματα αυτά, για να μετρήσουμε έτσι τις ενισχύσεις τάσης και ρεύματος και τις αντιστάσεις εισόδου και εξόδου.

A

1. Σχεδιάστε το κύκλωμα του ενισχυτή CE.



2. Μετρήστε το σημείο λειτουργίας και καταχωρήστε το στον πίνακα

I_B	I_C	V_{BE}	V_{CE}

- Διορθώστε τη βαθμίδα διέγερσης (V_i) έτσι ώστε να δίνει ημιτονική τάση πλάτους 5mV συχνότητας 1kHz.
- Ρυθμίστε τις παραμέτρους στο Analysis Setup ώστε να γίνει η transient ανάλυση και να εμφανίζονται 3 περίοδοι του σήματος.
- Κάντε την εξομοίωση με την εντολή Analysis Simulate.
- Στο περιβάλλον του Probe που θα εμφανιστεί τοποθετείστε την κυματομορφή εισόδου (V(Vi:)) με την εντολή Trace Add.
- Προσθέτουμε και δεύτερο Y άξονα με την εντολή Plot Add Y Axis.
- Εμφανίστε και την κυματομορφή εξόδου (V(RL:2)) με την εντολή Trace Add.
- Μετρήστε τις τάσεις αυτές (εισόδου – εξόδου) και σημειώστε τις τιμές τους όπως και την ενίσχυση τάσης στα αντίστοιχα κελιά του πίνακα I.
- Καθαρίστε την οθόνη από τις δυο κυματομορφές και επαναλάβετε τα βήματα 6...8 για το ρεύμα εισόδου ($I(V_i)$) και το ρεύμα εξόδου ($I(RL)$). Σημειώστε τις τιμές που βρήκατε όπως και την ενίσχυση ρεύματος στα αντίστοιχα κελιά του πίνακα I.
- Υπολογίστε την αντίσταση εισόδου του ενισχυτή από την τάση και το ρεύμα εισόδου και σημειώστε την τιμή της στο αντίστοιχο κελί του πίνακα I.
- Αφαιρέστε την αντίσταση φορτίου, συνδέστε στην έξοδο του ενισχυτή τη γεννήτρια ημιτονικής τάσης και βραχυκυκλώστε την είσοδο του ενισχυτή. μετρήστε τώρα την τάση και το ρεύμα εξόδου και καταχωρήστε τις τιμές αυτές στον πίνακα I.
- Υπολογίστε την αντίσταση εξόδου του ενισχυτή από τις μετρήσεις του βήματος 12.
- Αντιγράψτε τις εργαστηριακές τιμές των A_v , A_b , R_i και R_o που βρήκατε, από τον πίνακα I στον πίνακα II. Συμπληρώστε τον πίνακα II με τις θεωρητικές τιμές των ίδιων μεγεθών που θα τις υπολογίσετε με τη βοήθεια των τύπων που παρατίθενται παραπάνω. Συγκρίνετε τις αντίστοιχες τιμές.

ΠΙΝΑΚΑΣ I

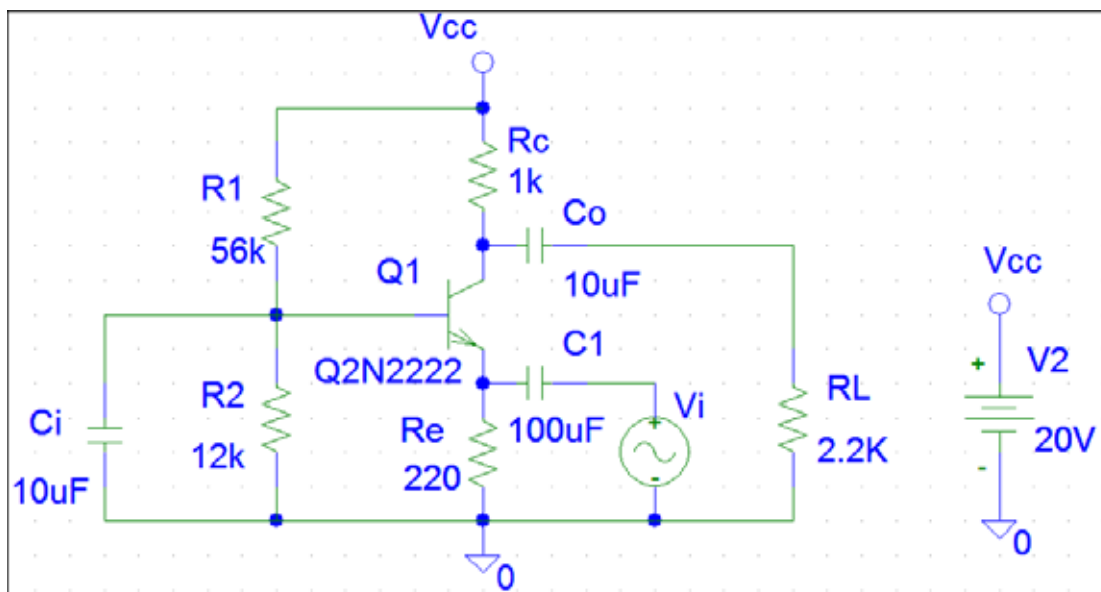
	CE	CB	CC
V_i			
V_o			
I_i			
I_o			
A_V			
A_I			
R_i			
V_o			
I_o			
R_o			

ΠΙΝΑΚΑΣ II

	CE		CB		CC	
	Πειρ.	Θεωρ.	Πειρ.	Θεωρ.	Πειρ.	Θεωρ.
A_V						
A_I						
R_i						
R_o						

B

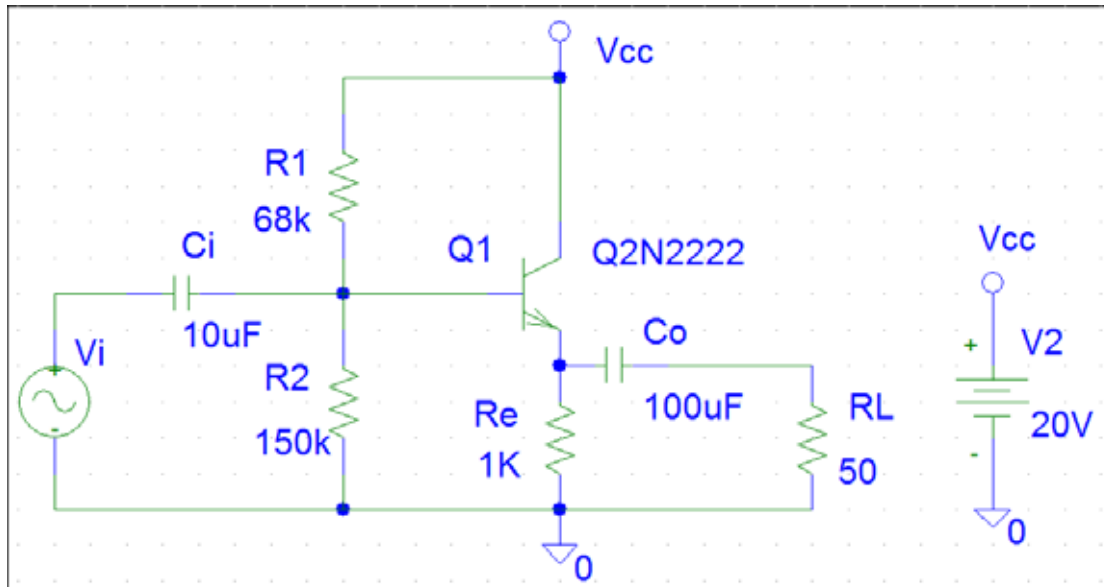
1. Σχεδιάστε το κύκλωμα CB



2. Εκτελέστε όλα τα βήματα της ενότητας A από 3 μέχρι 14 και σημειώστε τις τιμές που βρίσκετε ή υπολογίζετε, στα αντίστοιχα κελιά των πινάκων I και II.

Γ

1. Σχεδιάστε το κύκλωμα του ενισχυτή CC



2. Εκτελέστε όλα τα βήματα της ενότητας A από 3 μέχρι 14 και σημειώστε τις τιμές που βρίσκετε ή υπολογίζετε, στα αντίστοιχα κελιά των πινάκων I και II.

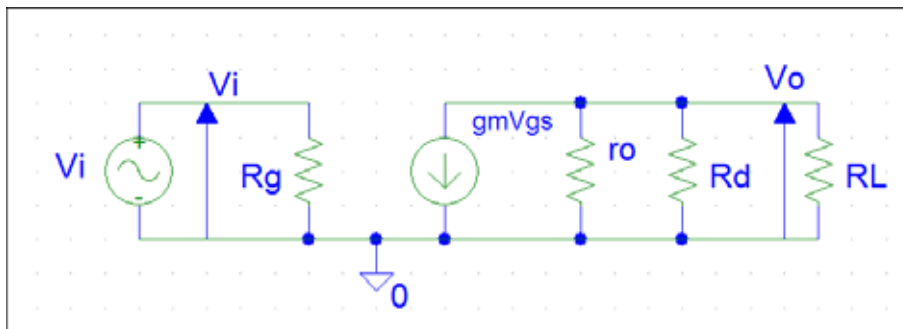
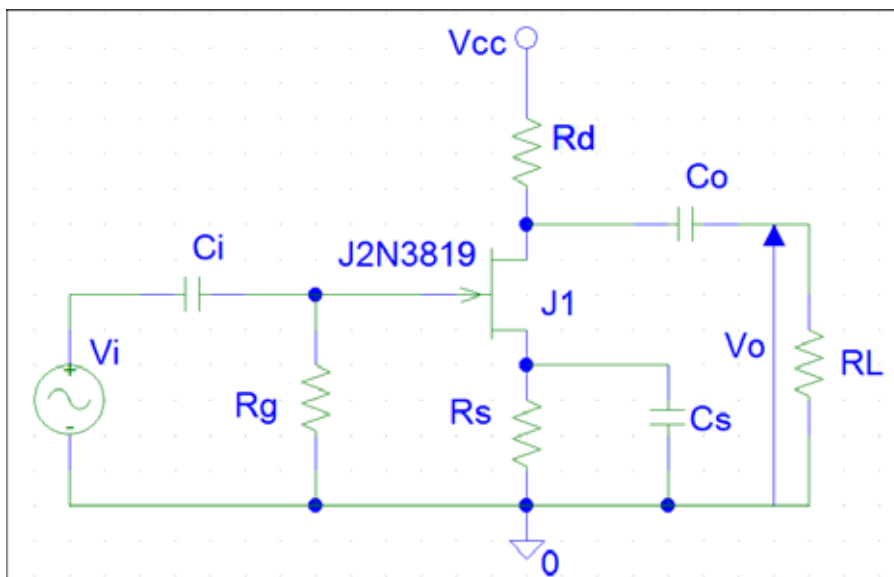
ΠΡΟΣΟΧΗ Προτιμείστε να δώσετε στην είσοδο τάση μεγαλύτερου πλάτους (=100mV).

ΑΣΚΗΣΗ 2^Η

ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ ΜΕ FET

ΘΕΩΡΙΑ

Στην άσκηση αυτή θα μελετήσουμε τα χαρακτηριστικά ενισχυτών με FET. Συγκεκριμένα θα εξετάσουμε τον ενισχυτή κοινής πηγής (CS) χρησιμοποιώντας το FET 2N3819 που είναι ένα FET επαφής n-καναλιού γενικής χρήσης. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε το βασικό κύκλωμα πόλωσης ενός ενισχυτή CS καθώς και το ισοδύναμο κύκλωμά του.



Από την ανάλυση προκύπτουν η ενίσχυση τάσης (A_V) και οι αντιστάσεις εισόδου (R_i) και εξόδου (R_o) του ενισχυτή οι οποίες και συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα

A_V	R_i	R_o
$g_m (r_o \parallel R_d \parallel R_L)$	R_g	$r_o \parallel R_d$

Εδώ το g_m δίνεται από τον τύπο:

$$g_m = g_{m0} \left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P} \right)$$

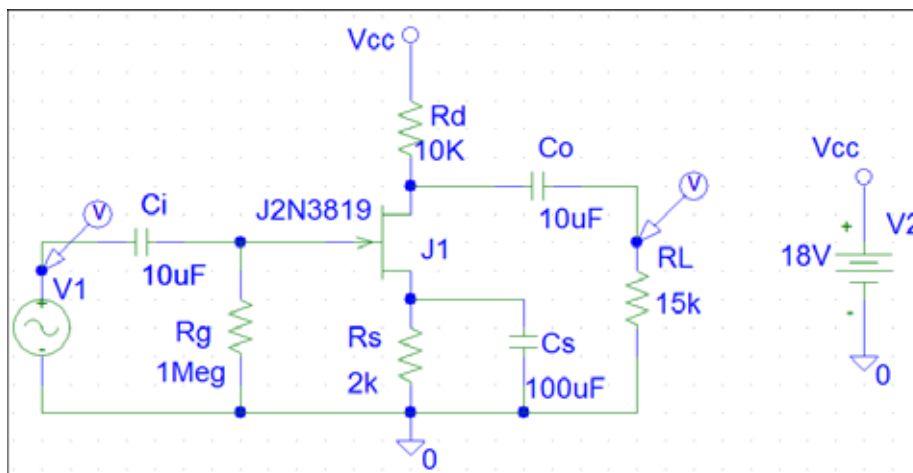
όπου $g_{m0}=7,867\text{mA/V}$ και δίνεται από τον κατασκευαστή για $27\text{ }^\circ\text{C}$, όπως επίσης και η τάση στραγγαλισμού $V_P=3\text{V}$. Η τάση V_{GS} είναι η τάση πόλωσης της πύλης του τρανζίστορ. Η αντίσταση r_o είναι παράμετρος του FET και δίνεται από τον κατασκευαστή. Για πόλωση στην περιοχή κόρου του FET: $r_o=86\text{K}\Omega$.

Αν από τον προηγούμενο ενισχυτή αφαιρεθεί ο πυκνωτής C_s προκύπτει μια παραλλαγή του ενισχυτή αυτού που λέγεται ενισχυτής κοινής πηγής με **αντίσταση στην πηγή**. Τα χαρακτηριστικά του ενισχυτή αυτού είναι

A_V	R_i	R_o
$\frac{R_d \parallel R_L}{R_s}$	R_g	R_d

ΑΣΚΗΣΗ

1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος. Ρυθμίστε τις παραμέτρους της γεννήτριας ημιτονικού σήματος ώστε να δίνει σήμα πλάτους 5mV και συχνότητας 1kHz .



2. Μετρήστε το ρεύμα πόλωσης εκροής και τις τάσεις πόλωσης V_{GS} και V_{DS} και συνοψίστε τις στον πίνακα I.

Πίνακας I

I_D	V_{GS}	V_{DS}	g_m

3. Με τη βοήθεια των τύπων που γνωρίζουμε από τη θεωρία και από τα δεδομένα του κατασκευαστή για το 2N3819 υπολογίστε την παράμετρο g_m και συμπληρώστε τον πίνακα I.
4. Μετρήστε τις τάσεις εισόδου και εξόδου του ενισχυτή καθώς και τα ρεύματα εισόδου και εξόδου.
5. Υπολογίστε την ενίσχυση τάσης (A_V) καθώς και τις αντιστάσεις εισόδου (R_i) και εξόδου (R_o) του ενισχυτή.
6. Αφαιρέστε την αντίσταση φορτίου R_L , στη θέση της συνδέστε την πηγή τάσης V_I , και βραχυκυκλώστε την είσοδο του ενισχυτή.
7. Μετρήστε την τάση (V_o) και το ρεύμα (I_o) στην έξοδο, καταχωρήστε τα στον πίνακα II και υπολογίστε την αντίσταση εξόδου (R_o) του ενισχυτή.
8. Αφαιρέστε τον πυκνωτή C_s και επαναλάβετε τα βήματα 4-7. Καταχωρήστε όλα στον πίνακα II.
9. Αντιγράψτε τα A_V , R_i , R_o στον πίνακα III. Υπολογίστε τις αντίστοιχες θεωρητικές τιμές και συμπληρώστε τον πίνακα III με αυτές. Κάντε τις συγκρίσεις σας.

ΠΙΝΑΚΑΣ II

	CS	CS με αντίσταση
V_i		
V_o		
I_i		
I_o		
A_V		
R_i		
V_o		
I_o		
R_o		

ΠΙΝΑΚΑΣ III

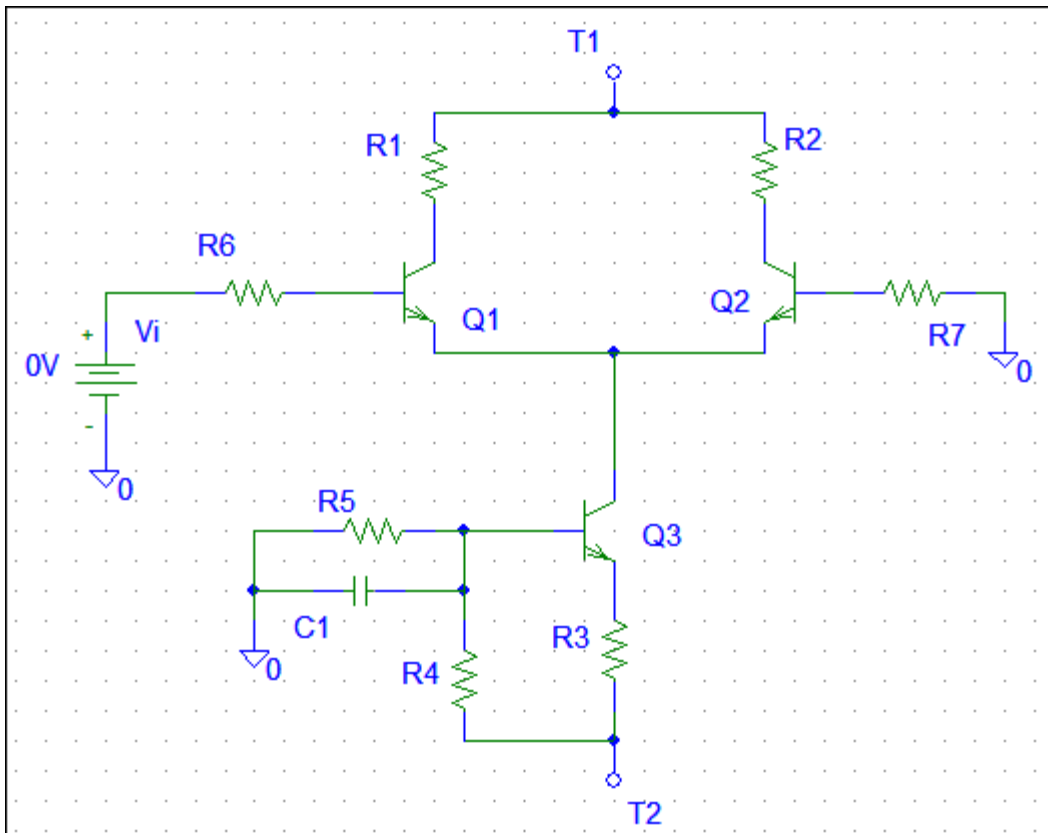
	πειραματική	θεωρητική
	CS	
A_V		
R_i		
R_o		
	CS με αντίσταση	
A_V		
R_i		
R_o		

ΑΣΚΗΣΗ 3^Η

ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ

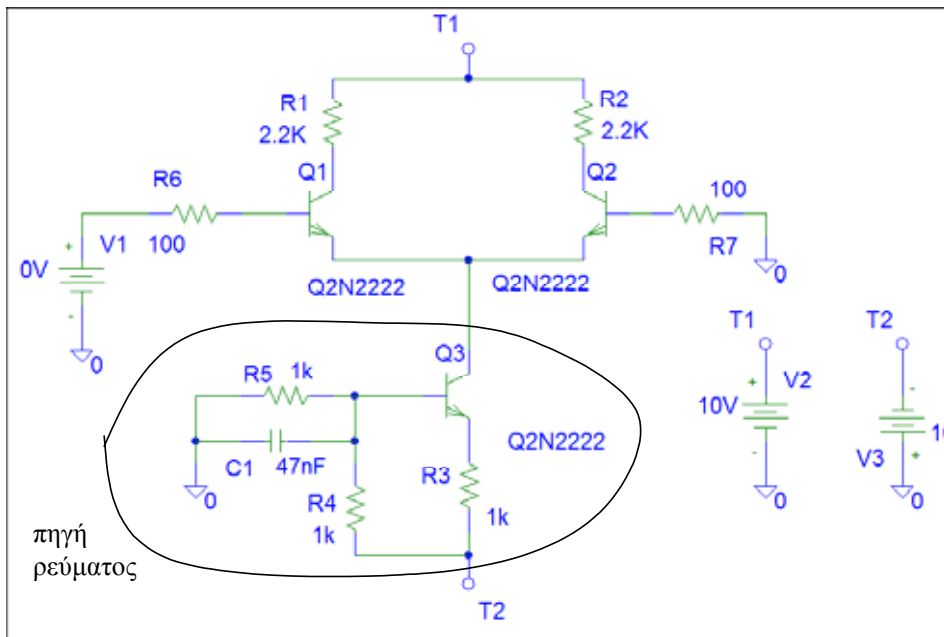
ΘΕΩΡΙΑ

Στην άσκηση αυτή θα μελετήσουμε τη συμπεριφορά του διαφορικού ενισχυτή. Θα πάρουμε τις χαρακτηριστικές καμπύλες μεταφοράς του διαφορικού ενισχυτή και στη συνέχεια θα μελετήσουμε το ρόλο της αντίστασης εκπομπού στη διαμόρφωση του CMRR.



ΑΣΚΗΣΗ

1. Σχεδιάστε το κύκλωμα του διαφορικού ενισχυτή και τοποθετήστε Markers στους συλλέκτες των τρανζίστορ του διαφορικού ενισχυτή (Q1, Q2).



2. Ρυθμίστε την ανάλυση του κυκλώματος ώστε η V1 να σαρώνει στο συνεχές, τιμές από -120mV ως $+120\text{mV}$ ανά 10mV .
3. Τρέξτε την εξομοίωση και παρατηρήστε το αποτέλεσμα που παρουσιάζεται αυτόματα. Γράψτε το όνομά σας και τυπώστε το αποτέλεσμα με την εντολή File Print .
4. Αντικαταστήστε την πηγή συνεχούς τάσης V1 με πηγή εναλλασσόμενης τάσης V1 πλάτους 1mV συχνότητας 1kHz και μετρήστε μόνο την μια έξοδο (πχ V_{01} = τάση στο συλλέκτη του Q1. Καταχωρείστε τη μέτρηση στον πίνακα I και υπολογίστε τη διαφορική ενίσχυση.
5. Συνδέστε τη V1 με "κοινό τρόπο", δώστε τάση πλάτους 200mV και μετρήστε έτσι την ενίσχυση κοινού τρόπου, καταχωρώντας επίσης τα αποτελέσματα στον πίνακα I.

ΠΙΝΑΚΑΣ I

	Με πηγή ρεύματος	$R_E = 10\text{K}\Omega$	$R_E = 1\text{K}\Omega$
V_1			
V_0			
A_d			
V_1			
V_0			
A_c			
CMRR			

6. Αντικαταστήστε την πηγή ρεύματος (τρανζίστορ Q3) με αντίσταση $R_E = 10\text{K}\Omega$ και επαναλάβετε τα ερωτήματα 4 και 5.
7. Αντικαταστήστε την R_E αντίσταση $1\text{K}\Omega$ και επαναλάβετε τα ερωτήματα 4 και 5.
8. Συγκρίνετε τους τρεις διαφορικούς ενισχυτές και βγάλτε τα συμπεράσματά σας.

ΑΣΚΗΣΗ 4^H

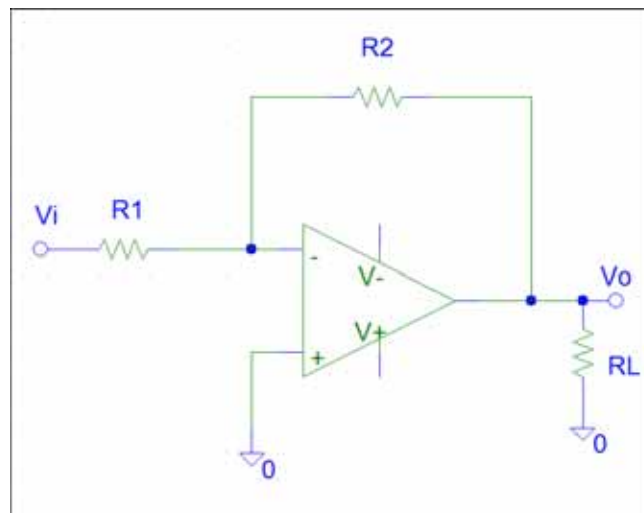
ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΜΕ ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΥΣ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ

ΘΕΩΡΙΑ

Στην άσκηση αυτή θα μελετήσουμε διάφορα γραμμικά κυκλώματα με ΤΕ. Συγκεκριμένα να μελετήσουμε τον αναστρέφοντα ενισχυτή, τον μη αναστρέφοντα ενισχυτή, τον αθροιστή, και τον αφαιρέτη. Σαν ΤΕ θα χρησιμοποιήσουμε ένα πολύ κοινό ΤΕ τον $\mu A741$. Ωστόσο η θεωρητική ανάλυση είναι ανεξάρτητη από το συγκεκριμένο μοντέλο.

Αναστρέφον ενισχυτής.

Το βασικό κύκλωμα του ενισχυτή αυτού φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



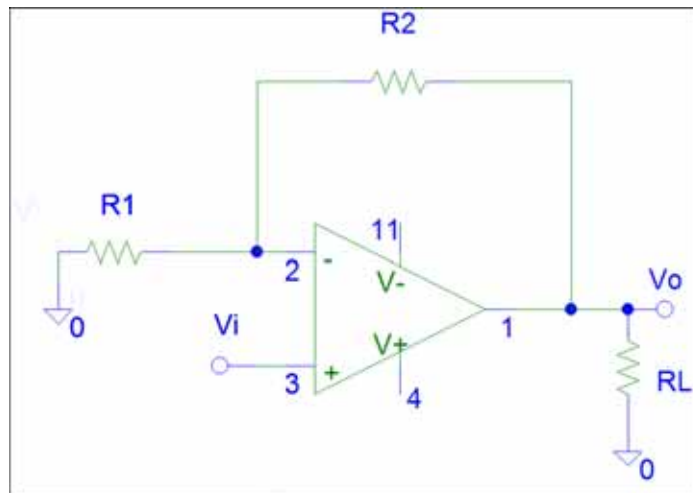
Όπως εύκολα αποδεικνύεται,¹ η ενίσχυση τάσης, η ενίσχυση ρεύματος του ενισχυτή αυτού, η αντίσταση εισόδου και η αντίσταση εξόδου, για ιδανικό ΤΕ δίνονται από τους τύπους

Ενίσχυση τάσης	Ενίσχυση ρεύματος	Αντίσταση εισόδου	Αντίσταση εξόδου
$\frac{R_2}{R_1}$	$\frac{R_2}{R_L}$	R_1	0

Μη αναστρέφον ενισχυτής.

Το βασικό κύκλωμα του ενισχυτή αυτού φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

¹ βιβλίο θεωρίας

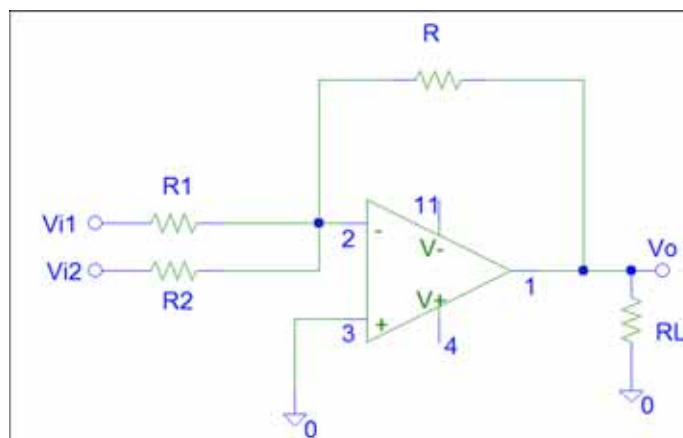


Αποδεικνύεται,² ότι η ενίσχυση τάσης, η ενίσχυση ρεύματος του ενισχυτή αυτού, η αντίσταση εισόδου και η αντίσταση εξόδου, για ιδανικό ΤΕ δίνονται από τους τύπους

Ενίσχυση τάσης	Ενίσχυση ρεύματος	Αντίσταση εισόδου	Αντίσταση εξόδου
$\frac{R_2}{R_1} + 1$	---	∞	0

Αθροιστής

Το βασικό κύκλωμα του αθροιστή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Αποδεικνύεται,³ ότι η τάση εξόδου είναι συνάρτηση των τάσεων εισόδου σύμφωνα με τον τύπο

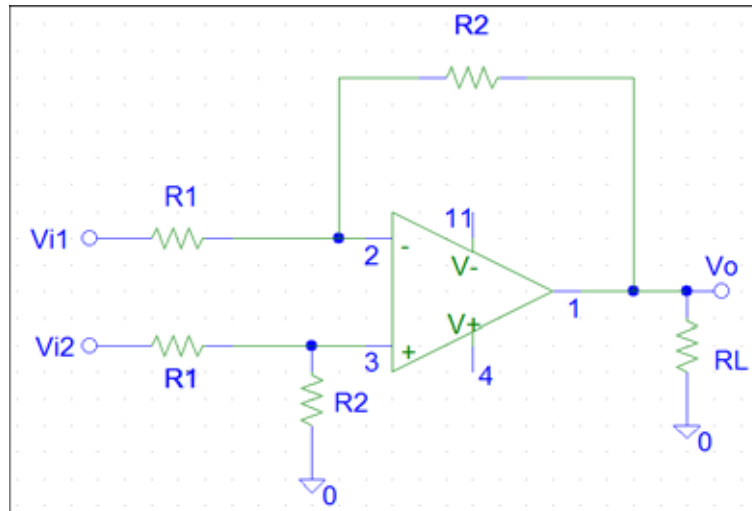
² βιβλίο θεωρίας

³ βιβλίο θεωρίας

$$V_o = -\left(\frac{R}{R_1}V_{i1} + \frac{R}{R_2}V_{i2}\right)$$

Αφαιρέτης

Το βασικό κύκλωμα του αφαιρέτη φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



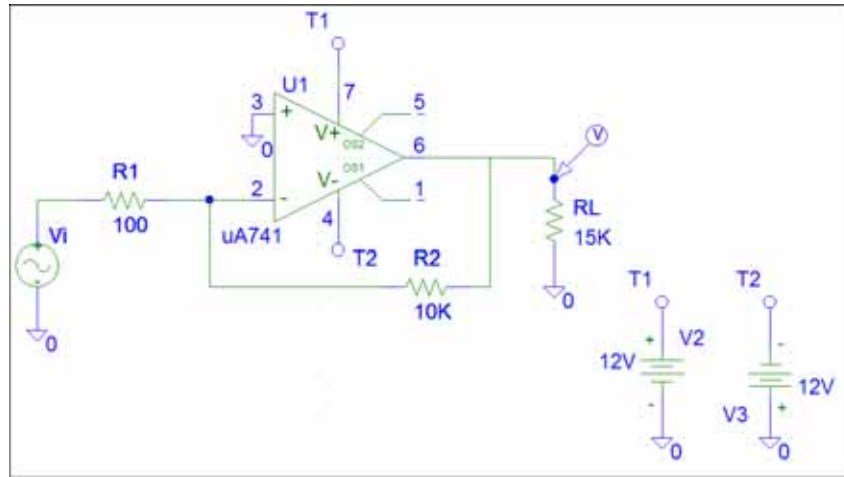
Αποδεικνύεται,⁴ ότι η τάση εξόδου είναι συνάρτηση των τάσεων εισόδου σύμφωνα με τον τύπο

$$V_o = \frac{R_2}{R_1}(V_{i2} - V_{i1})$$

ΑΣΚΗΣΗ

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος, οδηγήστε το κύκλωμα με ημιτονική τάση V_i πλάτους 10mV συχνότητας 1kHz και τρέξτε την transient ανάλυση.

⁴ βιβλίο θεωρίας

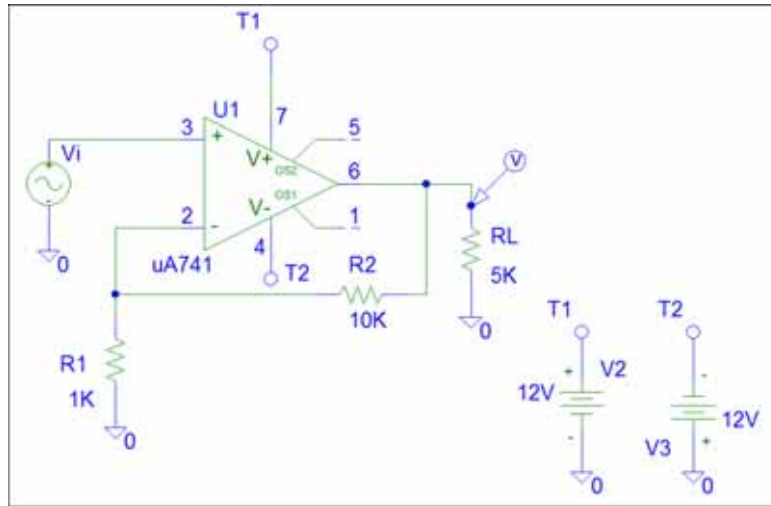


9. Στο περιβάλλον παρατήρησης κυματομορφών, μετρήστε και καταγράψτε τις τάσεις εισόδου (V_i), εξόδου (V_o) και τα ρεύματα εισόδου (I_i) και εξόδου (I_o).
10. Υπολογίστε την ενίσχυση τάσης (A_V) του ενισχυτή, την ενίσχυση ρεύματος (A_I) και την αντίσταση εισόδου (R_i), καταχωρώντας τα αποτελέσματα στον πίνακα I.
11. Αφαιρέστε τη γεννήτρια από την είσοδο του ενισχυτή και συνδέστε τη στην έξοδό του, χωρίς να αλλάξετε τις παραμέτρους της. Βραχυκυκλώστε την είσοδο του ενισχυτή και τρέξτε πάλι την εξομοίωση. Μετρήστε και καταγράψτε τις τιμές των V_o και I_o .
12. Υπολογίστε την τιμή της αντίστασης εξόδου (R_o) του ενισχυτή.
13. Υπολογίστε θεωρητικά τις τιμές των A_V , A_I , R_i , R_o και καταχωρήστε τις στον πίνακα I.

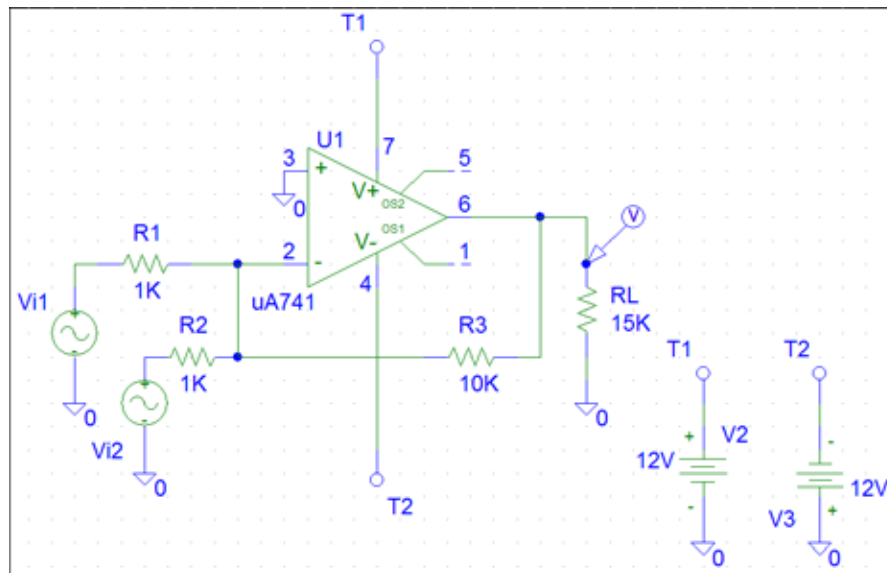
ΠΙΝΑΚΑΣ I

	Αναστρέφων	Μη Αναστρέφων
V_i		
V_o		
A_V		
$A_V(\text{θεωρ})$		
I_i		
I_o		
A_I		
$A_I(\text{θεωρ})$		
R_i		
$R_i(\text{θεωρ})$		
V_o		
I_o		
R_o		
$R_o(\text{θεωρ})$		

14. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος, οδηγήστε το κύκλωμα με την ίδια ημιτονική τάση V_i και τρέξτε πάλι την transient ανάλυση.



15. Πάρτε μετρήσεις επαναλαμβάνοντας τα βήματα 2-6 και συμπληρώστε τον πίνακα Ι.
 16. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος, οδηγήστε το κύκλωμα με ημιτονικές τάσεις V_{i1} με πλάτος 20mV και V_{i2} και πλάτος 30mV και τρέξτε πάλι την transient ανάλυση.



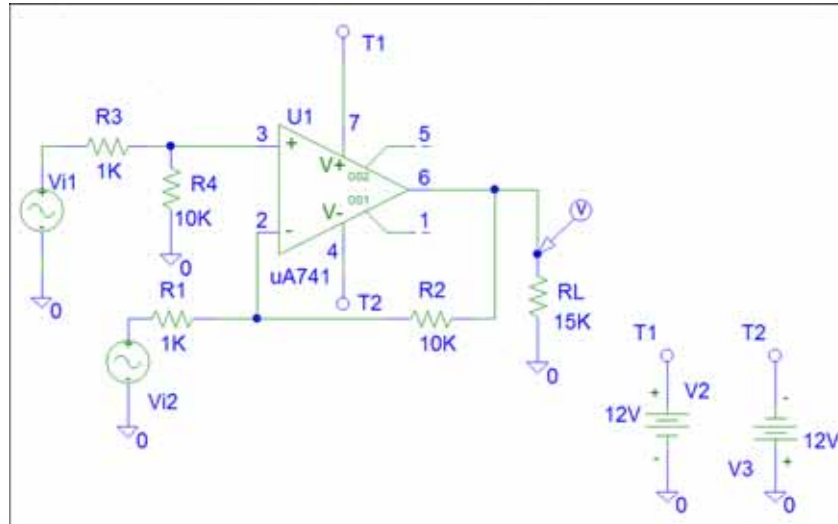
17. Μετρήστε τις τάσεις V_{i1} , V_{i2} και την τάση εξόδου V_o και καταχωρήστε τις στον πίνακα ΙΙ.
 18. Υπολογίστε θεωρητικά την τάση εξόδου V_o συμπληρώστε τον πίνακα ΙΙ.

Πίνακας ΙΙ

	V_{i1}	V_{i2}	V_o	V_o (θεωρ)
Αθροιστής				

Αφαιρέτης				
-----------	--	--	--	--

19. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος, οδηγήστε το κύκλωμα με ημιτονικές τάσεις V_{i1} με πλάτος 20mV και V_{i2} με πλάτος 30mV και τρέξτε πάλι την transient ανάλυση.



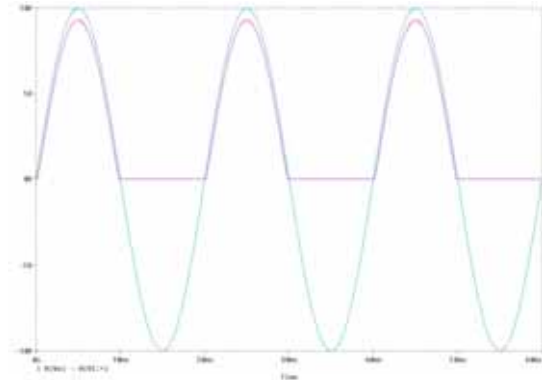
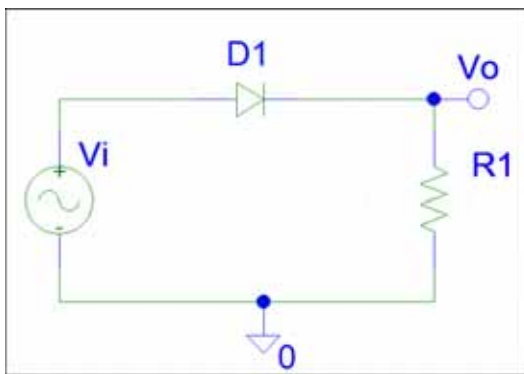
20. Μετρήστε τις τάσεις V_{i1} , V_{i2} και την τάση εξόδου V_o και καταχωρήστε τις στον πίνακα II.
21. Υπολογίστε θεωρητικά την τάση εξόδου V_o συμπληρώστε τον πίνακα II.

ΑΣΚΗΣΗ 5^Η

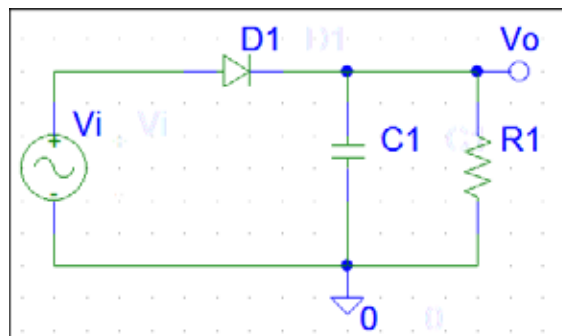
ΑΝΟΡΘΩΣΗ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ

ΘΕΩΡΙΑ

Ανόρθωση μιας εναλλασσόμενης τάσης (V_i) λέμε την αποκοπή των αρνητικών ή θετικών κορυφών της και επομένως την παραγωγή με αυτόν τον τρόπο μιας συνεχούς τάσης (V_o). Η πιο απλή μέθοδος ανόρθωσης είναι η απλή ανόρθωση και γίνεται με το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος.



Η παραγόμενη τάση είναι μεν συνεχής, όμως έχει πολύ μεγάλη κυμάτωση (ripple) σχεδόν όση το πλάτος της αρχικής τάσης. Η κυμάτωση αυτή μπορεί να μειωθεί με την προσθήκη ενός πυκνωτή (C_1) στο κύκλωμα (βλ. παρακάτω σχήμα).



Ως τάση κυμάτωσης (V_r) ορίζεται η peak-to-peak τιμή της τάσης εξόδου (V_o). Αποδεικνύεται ότι η τάση κυμάτωσης σχετίζεται με τη χωρητικότητα του πυκνωτή με τη σχέση

$$V_r = \frac{I_{dc}}{2fC}$$

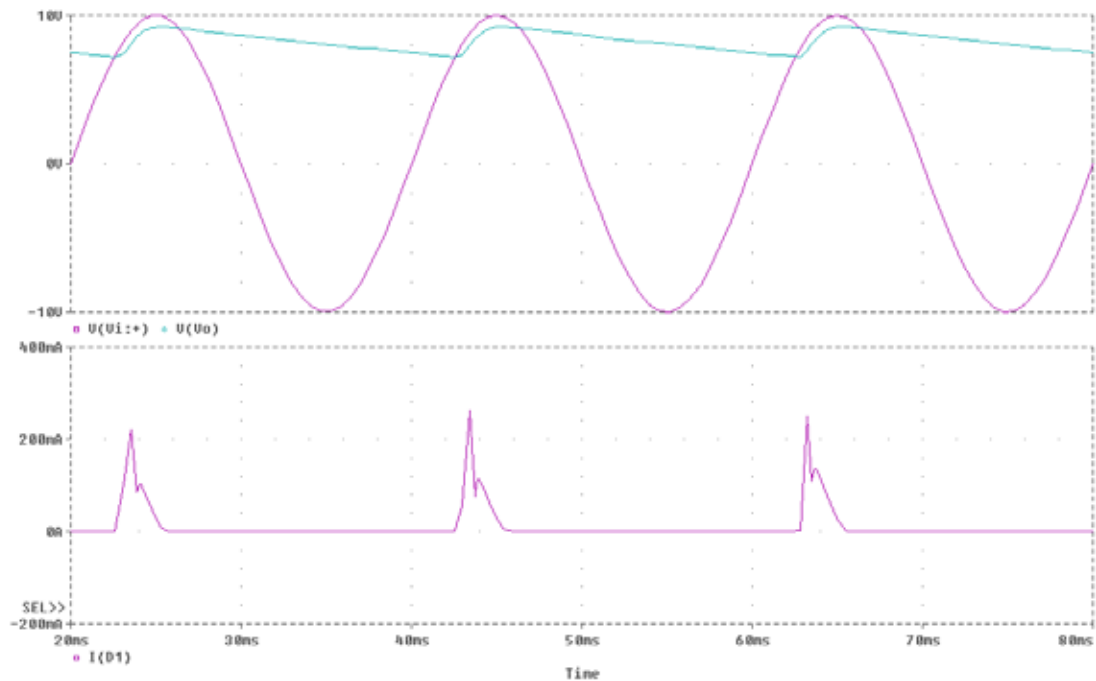
όπου I_{dc} είναι το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση (φορτίου) του κυκλώματος, f η συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης και C η χωρητικότητα του πυκνωτή.

Η τιμή της τάσης V_{dc} εξόδου βρίσκεται ως ο μέσος όρος της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής της τάσης εξόδου (V_o). Αποδεικνύεται ότι η τάση V_{dc} συνδέεται με την τάση κυμάτωσης με τη σχέση

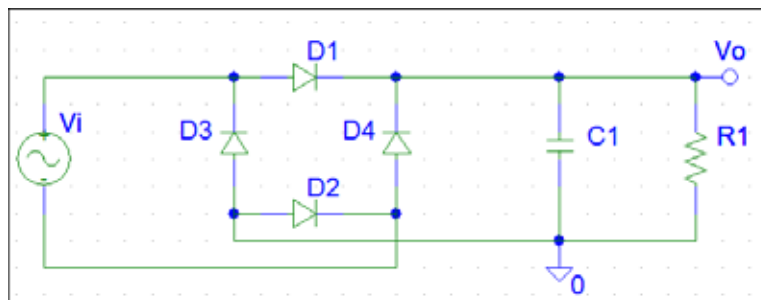
$$V_{dc} = V_m - \frac{V_r}{2}$$

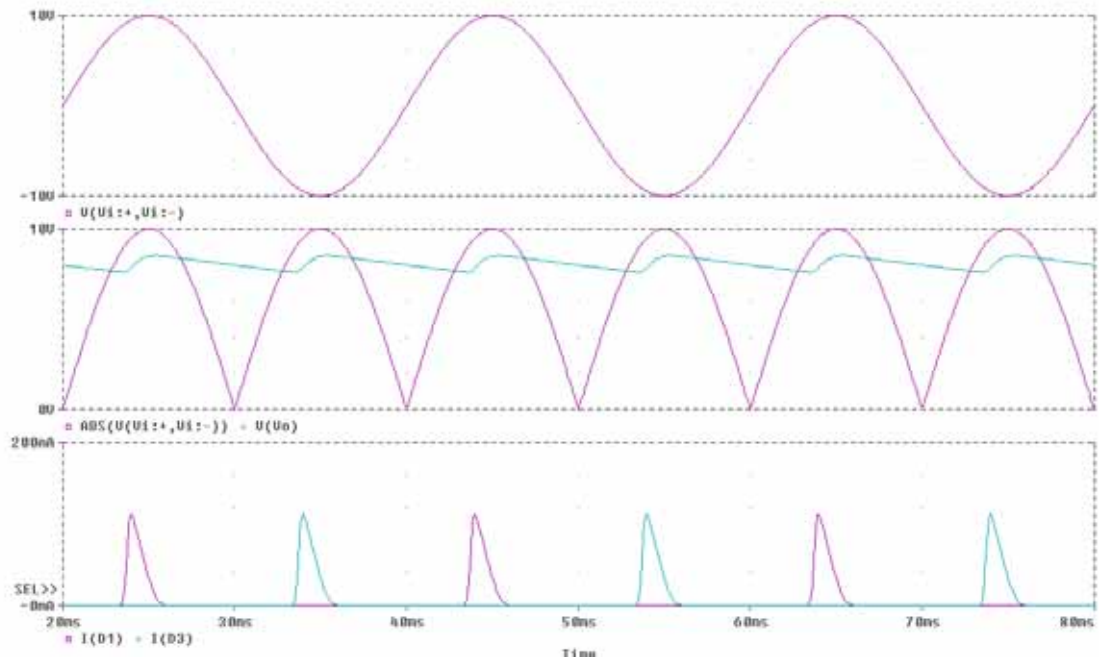
όπου V_m η μέγιστη τιμή της τάσης.

Οι δίοδοι ανόρθωσης διαρρέονται από ρεύμα μόνο στη φάση φόρτισης του πυκνωτή. Το ρεύμα αυτό είναι τόσο μεγαλύτερο όσο η χωρητικότητα του πυκνωτή όσο το ρεύμα I_{dc} είναι μεγαλύτερα (βλ. παρακάτω σχήμα).

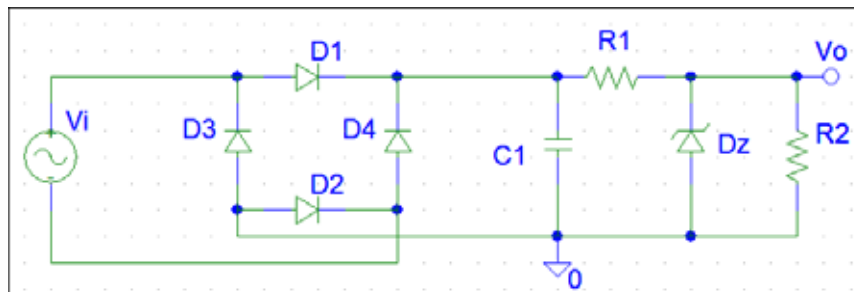


Α η μια δίοδος αντικατασταθεί από δικτύωμα τεσσάρων διόδων σε συνδεσμολογία γέφυρας, τότε προκύπτει κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης (βλ. παρακάτω σχήμα). Το κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης δίνει μικρότερη τάση κυμάτωσης (σχεδόν τη μισή) σε σχέση με το κύκλωμα απλής ανόρθωσης και μεγαλύτερη τάση V_{dc} χωρίς να φορτίζει περισσότερο μια δίοδο.



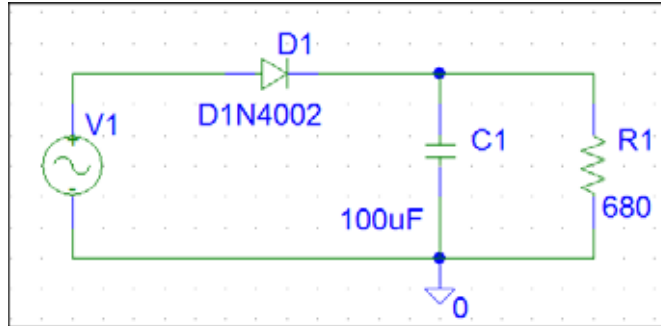


Η μείωση της κυμάτωσης με την αύξηση της χωρητικότητας του πυκνωτή έχει όρια γιατί οδηγεί ενίοτε σε υπερβολικά μεγάλες τιμές χωρητικότητας. Αντί αυτού συχνά χρησιμοποιείται συμπληρωματικά κύκλωμα με δίοδο zener (βλ. παρακάτω σχήμα) στο οποίο η κυμάτωση μειώνεται σημαντικά.



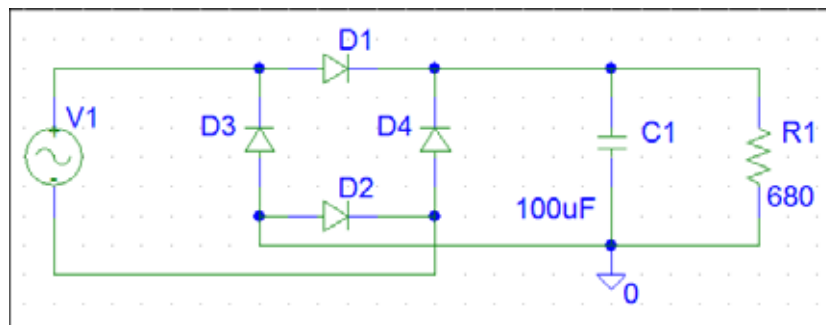
ΑΣΚΗΣΗ

1. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα απλής ανόρθωσης του σχήματος και τροφοδοτείτε την είσοδο του κυκλώματος με τάση 10V/50Hz.



2. Ρυθμίστε τις παραμέτρους τη εξομοίωσης ώστε να εμφανιστούν 4 περίοδοι της τάσης και τρέξτε την εξομοίωση. Στο περιβάλλον παρατήρησης (Probe), προσθέστε την τάση V_i :+ .Επίσης, προσθέστε ένα δεύτερο άξονα Y και προσθέστε επίσης την κυματομορφή του ρεύματος που διαρρέει τη δίοδο ($I(D1)$).
3. Σχεδιάστε τις κυματομορφές.
4. Μετρήστε τη μέση τιμή της τάσης εξόδου, την τάση κυμάτωσης και το ρεύμα κορυφής που διαρρέει τη δίοδο.

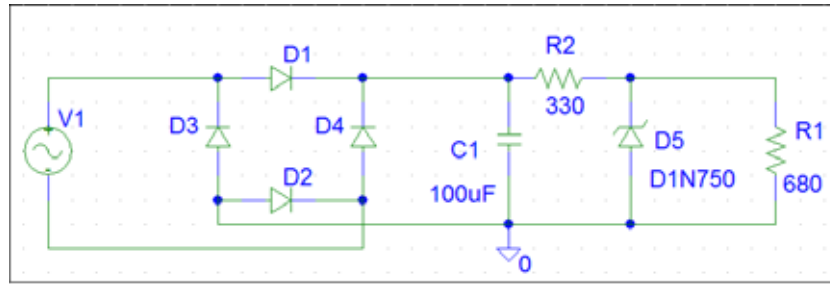
$V_{DC} =$	$V_{ripple} =$	$I_{peak} =$
------------	----------------	--------------



5. Πραγματοποιείτε το κύκλωμα διπλής ανόρθωσης του σχήματος και τροφοδοτείτε την είσοδο του κυκλώματος με τάση 10V/50Hz.
6. Επαναλάβετε τα βήματα 2,3,4, και για το νέο αυτό κύκλωμα. Εδώ χρειάζεται να προσθέσετε μόνο την κυματομορφή $I(D1)$.

$V_{DC} =$	$V_{ripple} =$	$I_{peak} =$
------------	----------------	--------------

7. Προσθέστε στο προηγούμενο κύκλωμα διπλής ανόρθωσης το κύκλωμα της διόδου zener. Το κύκλωμα που θα προκύψει φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Τροφοδοτείτε την είσοδο του κυκλώματος με τάση 10V/50Hz.



8. Επαναλάβετε τα βήματα 2,3,4, και για το νέο αυτό κύκλωμα. Εδώ χρειάζεται να προσθέσετε μόνο την κυματομορφή $I(D1)$.

$V_{DC} =$	$V_{ripple} =$	$I_{peak} =$
------------	----------------	--------------

9. Αντικαταστήστε το κύκλωμα εξομάλυνσης με ζένερ από το ολοκληρωμένο κύκλωμα 7805 και επαναλάβετε τα βήματα 2,3,4.

$V_{DC} =$	$V_{ripple} =$	$I_{peak} =$
------------	----------------	--------------

ΑΣΚΗΣΗ 6^H

ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ ΠΟΛΛΩΝ ΒΑΘΜΙΔΩΝ

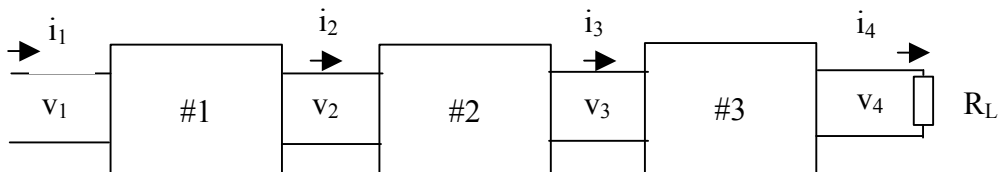
ΕΙΔΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ

ΘΕΩΡΙΑ

Στην άσκηση αυτή θα μελετήσουμε τις ιδιότητες δυο ή περισσότερων βαθμίδων ενισχυτών σε σύζευξη. Επίσης, θα μελετηθούν δυο χαρακτηριστικοί τύποι ενισχυτών που αποτελούνται από δυο βαθμίδες, δηλαδή τον ενισχυτή Darlington και τον ενισχυτή Cascode. Ακολουθεί μια σύντομη θεωρητική ματιά.

Ενισχυτές πολλών βαθμίδων

Έστω τρεις ενισχυτές σε σύζευξη (διατρέχονται διαδοχικά από αναλογικό σήμα). Έστω επίσης ότι οι απολαβές τάσης των ενισχυτών αυτών είναι A_{V1} , A_{V2} , A_{V3} και οι απολαβές ρεύματος A_{I1} , A_{I2} , A_{I3} .



Από τον ορισμό των απολαβών τάσης θα ισχύει:

$$A_{V1} = \frac{v_2}{v_1} \quad A_{V2} = \frac{v_3}{v_2} \quad A_{V3} = \frac{v_4}{v_3}$$

και συνεπώς

$$A_V = \frac{v_4}{v_1} = \frac{v_4}{v_1} \cdot \frac{v_2}{v_2} \cdot \frac{v_3}{v_3} = A_{V1} A_{V2} A_{V3}$$

επίσης από τον ορισμό των απολαβών ρεύματος θα ισχύει:

$$A_{I1} = \frac{i_2}{i_1} \quad A_{I2} = \frac{i_3}{i_2} \quad A_{I3} = \frac{i_4}{i_3}$$

και συνεπώς

$$A_I = \frac{i_4}{i_1} = \frac{i_4}{i_1} \cdot \frac{i_2}{i_2} \cdot \frac{i_3}{i_3} = A_{I1} A_{I2} A_{I3}$$

Επίσης, όπως εύκολα αντιλαμβανόμαστε, η αντίσταση εισόδου του ολικού ενισχυτή συμπίπτει με την αντίσταση της πρώτης βαθμίδας, ενώ η αντίσταση εισόδου των επομένων βαθμίδων λειτουργούν ως αντιστάσεις φορτίου των ακριβώς προηγούμενων τους βαθμίδων.

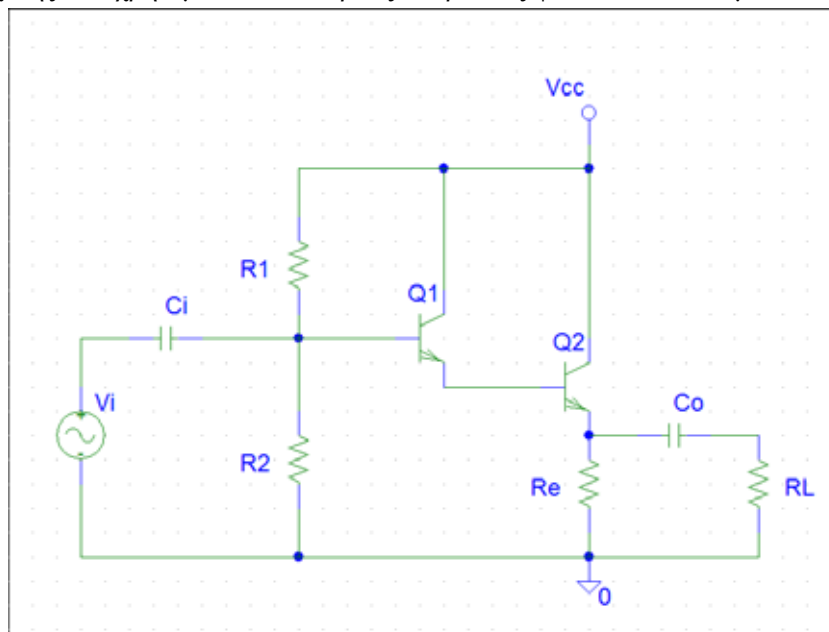
$$R_{i,n} = R_{L,n-1}$$

Επίσης, η αντίσταση εξόδου του ολικού ενισχυτή θα είναι η αντίσταση εξόδου της τελευταίας βαθμίδας, ενώ η αντίσταση εξόδου μιας βαθμίδας λειτουργεί ως η αντίσταση πηγής της επόμενης βαθμίδας

$$R_{o,n} = R_{s,n+1}$$

Ενισχυτής Darlington

Είναι ενισχυτής που χρησιμοποιεί δυο τρανζίστορ όπως φαίνεται στο επόμενο κύκλωμα.



Μπορεί να θεωρηθεί ως δυο βαθμίδες κοινού συλλέκτη με απ' ευθείας σύζευξη. Αυτό μπορούμε να το αντιληφθούμε αν θεωρήσουμε ως αντίσταση εκπομπού της πρώτης βαθμίδας μια άπειρη αντίσταση.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, η ανάλυση κάθε βαθμίδας μπορεί να γίνει με τους γνωστούς τύπους από την άσκηση 1 για τον ενισχυτή κοινού συλλέκτη και τα αποτελέσματα αυτά να συνδυαστούν με τη βοήθεια των παραπάνω σχέσεων.

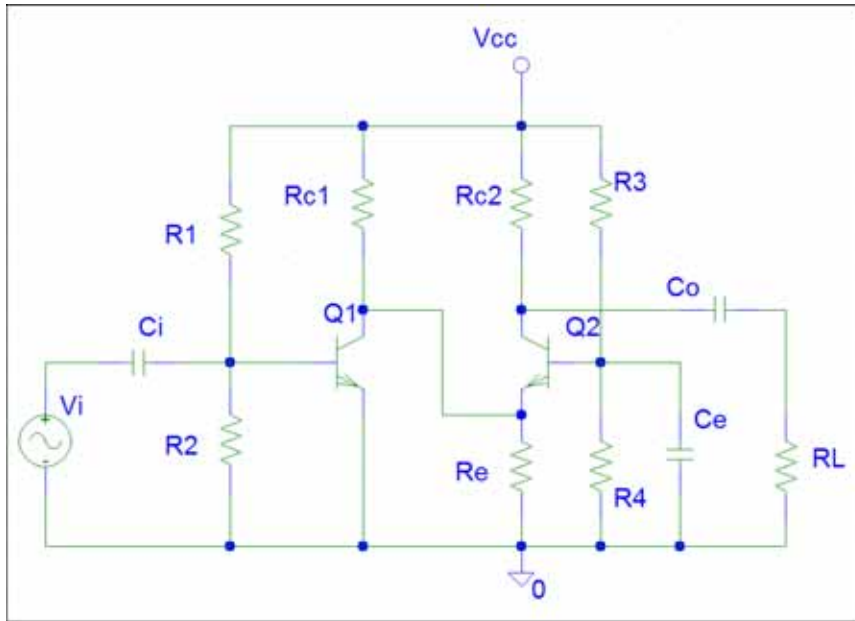
A_{V1}	A_{V2}
$\frac{(\beta_1 + 1)(r_{o1} \parallel R_{i2})}{r_{\pi 1} + (\beta_1 + 1)(r_{o1} \parallel R_{i2})}$	$\frac{(\beta_2 + 1)(r_{o2} \parallel R_e \parallel R_L)}{r_{\pi 2} + (\beta_2 + 1)(r_{o2} \parallel R_e \parallel R_L)}$

R_i	R_{i2}	A_1	R_o
$R_b \parallel (\beta_1 + 1)(r_{\pi 1} + r_{o1} \parallel R_{i2})$	$(\beta_2 + 1)(r_{\pi 2} + r_{o2} \parallel R_e \parallel R_L)$	$A_V \frac{R_i}{R_L}$	$R_e \parallel r_{o2} \parallel \frac{r_{\pi 2}}{\beta_2 + 1}$

όπου $R_b = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ ενώ τις παραμέτρους των δυο τρανζίστορ τις υπολογίζουμε από τους τύπους που αναφέρονται στην 1η άσκηση.

Ενισχυτής Cascode

Είναι ενισχυτής που χρησιμοποιεί δυο τρανζίστορ όπως φαίνεται στο επόμενο κύκλωμα.



Μπορεί να θεωρηθεί ως δυο βαθμίδες κοινού εκπομπού – κοινής βάσης με απ’ ευθείας σύζευξη.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, η ανάλυση κάθε βαθμίδας μπορεί να γίνει με τους γνωστούς τύπους από την άσκηση 1 για τους ενισχυτές κοινού εκπομπού και κοινής βάσης και τα αποτελέσματα αυτά να συνδυαστούν με τη βοήθεια των παραπάνω σχέσεων.

A_{V1}	A_{V2}
$g_{m1} (r_{o1} \parallel R_{c1} \parallel R_{i2})$	$g_{m2} (R_{c2} \parallel R_L)$

R_i	R_{i2}	A_1	R_o
$R_b \parallel r_{\pi 1}$	$R_e \parallel r_{e2}$	$A_v \frac{R_i}{R_L}$	R_{c2}

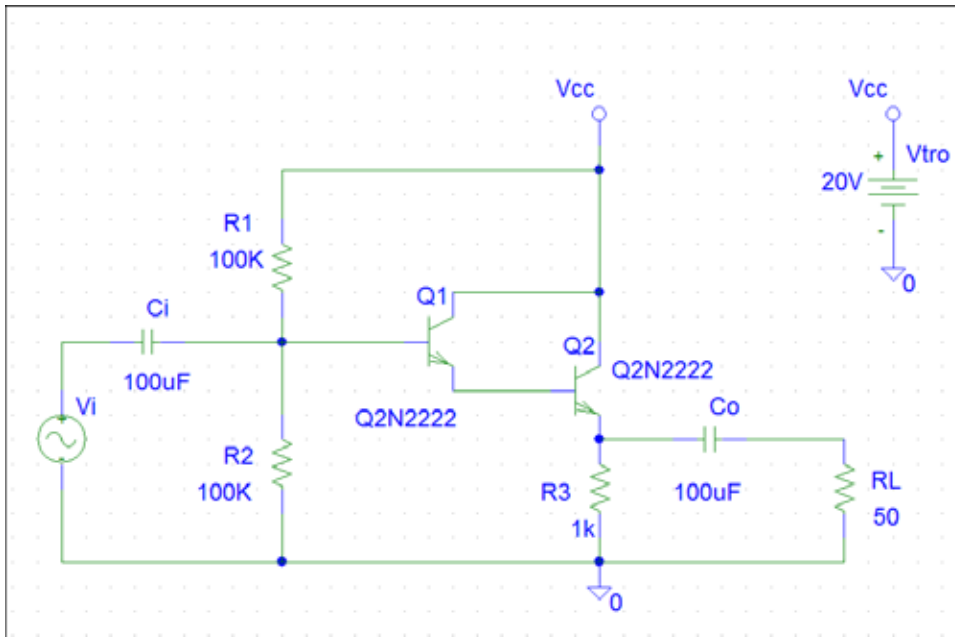
όπου $R_b = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ ενώ τις παραμέτρους των δυο τρανζίστορ τις υπολογίζουμε από τους τύπους που αναφέρονται στην 1η άσκηση.

ΑΣΚΗΣΗ

Θα σχεδιάσουμε τα κυκλώματα των ενισχυτών θα μετρήσουμε το σημείο λειτουργίας και στη συνέχεια θα “τρέξουμε” την transfer analysis στα κυκλώματα αυτά, για να μετρήσουμε έτσι τις ενισχύσεις τάσης και ρεύματος και τις αντιστάσεις εισόδου και εξόδου.

A

1. Σχεδιάστε το κύκλωμα του ενισχυτή Darlington.



2. Μετρήστε το σημείο λειτουργίας για κάθε τρανζίστορ και καταχωρήστε το στον πίνακα

	I_B	I_C	V_{BE}	V_{CE}
#1				
#2				

3. Διορθώστε τη βαθμίδα διέγερσης (V_i) έτσι ώστε να δίνει ημιτονική τάση πλάτους 100mV συχνότητας 1kHz.
4. Ρυθμίστε τις παραμέτρους στο Analysis Setup ώστε να γίνει η transient ανάλυση και να εμφανίζονται 3 περίοδοι του σήματος.
5. Κάντε την εξομοίωση με την εντολή Analysis Simulate.
6. Μετρείστε τις τάσεις εισόδου και εξόδου καθώς και τα ρεύματα εισόδου και εξόδου του ενισχυτή και σημειώστε τις τιμές που βρήκατε στα αντίστοιχα κελιά του πίνακα I.
7. Υπολογίστε τις απολαβές τάσης και ρεύματος καθώς και την αντίσταση εισόδου του ενισχυτή από την τάση και το ρεύμα εισόδου και σημειώστε τις τιμές αυτές στα αντίστοιχα κελιά του πίνακα I.

8. Αφαιρέστε την αντίσταση φορτίου, συνδέστε στην έξοδο του ενισχυτή τη γεννήτρια ημιτονικής τάσης και βραχυκυκλώστε την είσοδο του ενισχυτή. μετρήστε τώρα την τάση και το ρεύμα εξόδου και καταχωρήστε τις τιμές αυτές στον πίνακα I.
9. Υπολογίστε την αντίσταση εξόδου του ενισχυτή από τις μετρήσεις του βήματος 8.
10. Αντιγράψτε τις εργαστηριακές τιμές των A_V , A_I , R_i και R_o που βρήκατε, από τον πίνακα I στον πίνακα II. Συμπληρώστε τον πίνακα II με τις θεωρητικές τιμές των ίδιων μεγεθών που θα τις υπολογίσετε με τη βοήθεια των τύπων που παρατίθενται παραπάνω. Συγκρίνετε τις αντίστοιχες τιμές.

ΠΙΝΑΚΑΣ I

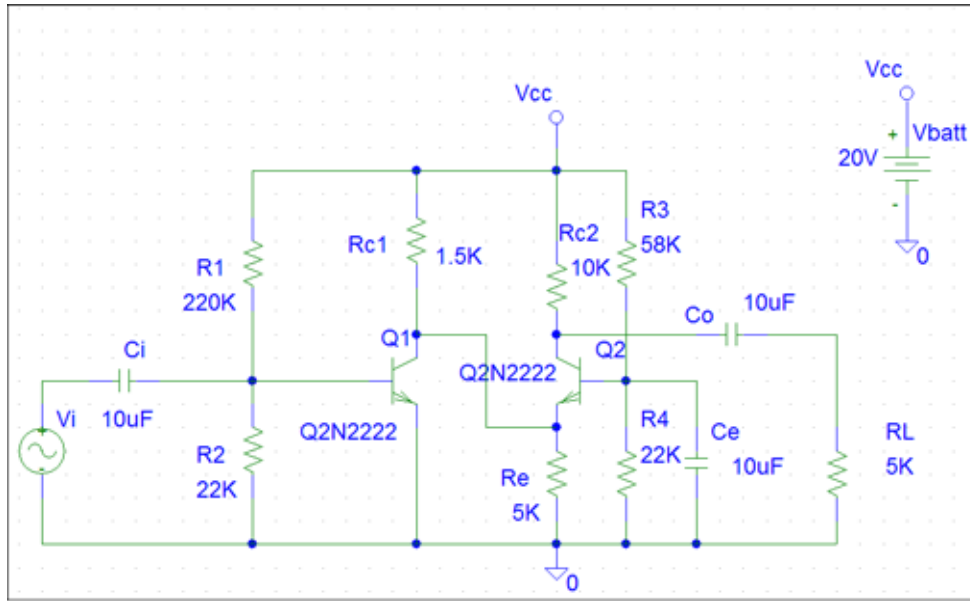
	Darlington	Cascode
V_i		
V_o		
I_i		
I_o		
A_V		
A_I		
R_i		
V_o		
I_o		
R_o		

ΠΙΝΑΚΑΣ II

	Darlington		Cascode	
	Πειρ.	Θεωρ.	Πειρ.	Θεωρ.
A_V				
A_I				
R_i				
R_o				

B

11. Σχεδιάστε το κύκλωμα του ενισχυτή Cascode



12. Μετρήστε το σημείο λειτουργίας για κάθε τρανζίστορ και καταχωρήστε το στον πίνακα

	I_B	I_C	V_{BE}	V_{CE}
#1				
#2				

13. Διορθώστε τη βαθμίδα διέγερσης (V_i) έτσι ώστε να δίνει ημιτονική τάση πλάτους 1mV συχνότητας 1kHz.
14. Εκτελέστε όλα τα βήματα της ενότητας Α από 4 μέχρι 10 και σημειώστε τις τιμές που βρίσκετε ή υπολογίζετε, στα αντίστοιχα κελιά των πινάκων Ι και ΙΙ.