

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μελέτη και κατασκευή προενισχυτή, vu meter,
equalizer, και ενισχυτή ισχύος 60 Watt»



Του φοιτητή
Τσελεπή Αναστάσιου
Αρ. Μητρώου: 516142

Επιβλέπων
Όνοματεπώνυμο: Βασίλειος Βάσσιος
Βαθμίδα: Ακαδημαϊκός Υπότροφος

Ημερομηνία 26/05/2024

Τίτλος Δ.Ε. Μελέτη και κατασκευή προενισχυτή, vu meter, equalizer, και ενισχυτή ισχύος 60 Watt

Κωδικός Δ.Ε. 23268

Όνοματεπώνυμο φοιτητή Αναστάσιος Τσελεπής

Όνοματεπώνυμο εισηγητή Βασίλειος Βάσσιος

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 10/10/2023

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 26/05/2024

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Αναστάσιου Τσελεπή που την εκπόνησε/. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

«Αφιέρωση»

Πρόλογος

Η συγκεκριμένη εργασία επιλέχθηκε λόγω της αρέσκειας αλλά της περιέργειας για το πως λειτουργούν οι ενισχυτές ακουστικών συχνοτήτων.

Περίληψη

Ένα ηχητικό σύστημα αποτελείται από μία ή περισσότερες πηγές και ένα σύστημα μετατροπής του ηλεκτρικού σήματος σε ακουστικό, που είναι τα ηχεία. Ωστόσο, επειδή το σήμα από την πηγή δεν είναι αρκετά ισχυρό ώστε να τροφοδοτήσει αποτελεσματικά τα ηχεία, υπάρχει μία ακόμη βαθμίδα, αυτή της δρομολόγησης, επεξεργασίας και ενίσχυσης του ηλεκτρικού σήματος που πραγματοποιείται από διατάξεις που γενικώς ονομάζουμε ενισχυτές. Το σύνολο των συσκευών σε ένα τέτοιο σύστημα διασυνδέεται με γραμμές μεταφοράς των οποίων η αρχιτεκτονική και οι προδιαγραφές ποικίλλουν ανάλογα με την θέση και τα σήματα που καλούνται να μεταφέρουν. Το τυπικό ηχοσύστημα χρησιμοποιεί δυο πανομοιότυπα κανάλια (που καταλήγουν σε δύο ηχεία) προκειμένου να δημιουργήσει την ψευδαίσθηση του χώρου. Ένα τέτοιο σύστημα ονομάζεται stereo. Όλες οι πηγές έχουν ένα ζεύγος εξόδων αφού μιλάμε για στερεοφωνικές συσκευές όπου εμφανίζεται το ηλεκτρικό σήμα που προέρχεται από την ανάγνωση του αντίστοιχου μέσου.

Στην παρούσα εργασία θα μελετήσουμε την κατασκευή ενός συστήματος ενίσχυσης που θα αποτελείται από ένα τροφοδοτικό, έναν προενισχυτή, και τον τελικό ενισχυτή.

Ειδικότερα, στον προενισχυτή, θα πραγματοποιείται η προσαρμογή της αντίστασης εξόδου μεταξύ της πηγής και του τελικού ενισχυτή, η ρύθμιση της στάθμης αλλά και ισορροπίας μεταξύ των καναλιών. Στον τελικό ενισχυτή θα γίνεται η απαιτούμενη ενίσχυση του ετοιμού σήματος από της προηγούμενες βαθμίδες για την οδήγηση των ηχείων.

Τελική αποστολή ενός ενισχυτή είναι η παροχή ισχύος ώστε να λειτουργήσουν τα ηχεία σε ικανοποιητικές στάθμες. Η παροχή της ισχύος αυτής είναι μία διαδικασία που θέτει τελείως διαφορετικές απαιτήσεις από έναν ενισχυτή. Ένας καλός διαχωρισμός των ενισχυτών που χρησιμοποιούνται σε ένα ηχοσύστημα είναι σε ενισχυτές χαμηλού σήματος ή προενισχυτές, ενισχυτές ισχύος ή τελικούς ενισχυτές και σε ενισχυτές που περιλαμβάνουν και τις δύο κατηγορίες σε ένα περίβλημα και είναι οι περισσότερο διαδεδομένοι από όλους, ολοκληρωμένοι ενισχυτές.

«Study and construction of a preamplifier, VU meter, equalizer, and 60 Watt power amplifier»

«Anastasios Tselepis»

Abstract

An audio system consists of one or more sources and a system for converting the electrical signal into sound, which are the speakers. However, since the signal from the source is not strong enough to effectively drive the speakers, there is another stage involved: the routing, processing, and amplification of the electrical signal, which is carried out by devices generally known as amplifiers. All the devices in such a system are interconnected with transmission lines whose architecture and specifications vary depending on their location and the signals they are required to carry. A typical audio system uses two identical channels (ending in two speakers) to create the illusion of space. Such a system is called stereo. All sources have a pair of outputs since we are dealing with stereophonic devices where the electrical signal from reading the corresponding medium appears.

In this project, we will study the construction of an amplification system that will consist of a power supply, a preamplifier, and the final amplifier. Specifically, in the preamplifier, the output impedance matching between the source and the final amplifier, as well as the adjustment of the level and balance between the channels, will take place. In the final amplifier, the necessary amplification of the ready signal from the previous stages for driving the speakers will be performed.

The ultimate mission of an amplifier is to provide power so that the speakers operate at satisfactory levels. Providing this power is a process that places completely different demands on an amplifier. A good classification of the amplifiers used in an audio system is into low-signal amplifiers or preamplifiers, power amplifiers or final amplifiers, and amplifiers that include both categories in one enclosure and are the most widespread of all, integrated amplifiers.

Ευχαριστίες

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	iv
Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Ευχαριστίες	vii
Περιεχόμενα	viii
Κατάλογος Σχημάτων	x
Συντομογραφίες.....	xii
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Ταξινόμηση των ενισχυτών.....	2
1.3 Τάξεις λειτουργείας.....	2
1.4 Οργάνωση ενισχυτών ακουστικών συχνοτήτων	5
1.5 Χαρακτηριστικά ενισχυτών ακουστικών σημάτων	5
1.5.1 Επίδραση της πόλωσης στην παραμόρφωση	6
Κεφάλαιο 2ο: Ο προενισχυτής.....	8
2.1 Εισαγωγή.....	8
2.2 Κύκλωμα προενισχυτή	8
2.2.1 Πρώτη βαθμίδα ενίσχυσης	8
2.2.2 Balance and volume control	9
2.2.3 Δεύτερη βαθμίδα ενίσχυσης.....	10
2.3 Υπολογισμός ολικής απολαβής σε (db)	10
2.4 Κυματομορφές εισόδου-εξόδου με το Pspice	10
Κεφάλαιο 3ο: Ο ενισχυτής ισχύος.....	12
3.1 Εισαγωγή.....	12
3.2 Η αρχιτεκτονική των ενισχυτών.....	12
3.2.1 Στάδιο εισόδου	13
3.2.2 Διαφορικός ενισχυτής.....	14
3.2.3 Πηγή ρεύματος (current mirror).....	15
3.2.4 Προστασία από RF συνιστώσες	15
3.2.5 Στάδιο ενίσχυσης τάσης	16
3.2.6 Πηγή ρεύματος	16
3.3 Λειτουργία του κυκλώματος	16

3.3.1	Στάδιο εξόδου.....	17
3.3.2	Κύκλωμα εξόδου	17
3.3.3	Σύνδεση συμπληρωματικής Darlington	17
3.3.4	Ρύθμιση bias servo	18
3.4	Κύκλωμα ενισχυτή	20
3.5	Κυματομορφές εισόδου-εξόδου με το Pspice	21
Κεφάλαιο 4ο: Το τροφοδοτικό		22
4.1	Εισαγωγή.....	22
4.2	Λειτουργίες του τροφοδοτικού.....	22
4.3	Ρυθμιστές τάσης.....	23
4.4	Υπολογισμός στοιχείων κυκλώματος.....	23
4.5	Κύκλωμα τροφοδοτικού.....	24
Κεφάλαιο 5ο: Σχεδίαση των pcb		25
5.1	Το τροφοδοτικό	25
5.2	Ο προενισχυτής	26
5.3	Ο τελικός ενισχυτής	28
Κεφάλαιο 6ο: Τελική κατασκευή και μετρήσεις.....		30
6.1	Εισαγωγή.....	30
6.2	Οι όψεις του ενισχυτή	31
6.3	Πειραματικές μετρήσεις.....	31
6.3.1	Μέτρηση προενισχυτή.....	31
6.3.2	Μέτρηση τελικού ενισχυτή	33
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		36

Κατάλογος Σχημάτων

Εικόνα 1.1 Έξοδος ενισχυτή τάξης A	2
Εικόνα 1.2 Έξοδος ενισχυτή τάξης B.....	3
Εικόνα 1.3 Έξοδος ενισχυτή τάξης AB.....	3
Εικόνα 1.4 Έξοδος ενισχυτή τάξης C.....	4
Εικόνα 1.5 Διάγραμμα τυπικής ενίσχυσης ακουστικών σημάτων	5
Εικόνα 1.6 Διάγραμμα εισόδου-εξόδου ενός ακουστικού σήματος.....	7
Εικόνα 2.1 Διάγραμμα ενίσχυσης προενισχυτή	8
Εικόνα 2.2 Σχηματικό πρώτης βαθμίδας ενίσχυσης	9
Εικόνα 2.3 Σχηματικό ελέγχου ισορροπίας και έντασης.....	9
Εικόνα 2.4 Σχηματικό δεύτερης βαθμίδας ενίσχυσης.....	10
Εικόνα 2.5 Η είσοδος του συστήματος	10
Εικόνα 2.6 Η έξοδος σε χρονικό συσχετισμό με την είσοδο.....	11
Εικόνα 3.1 Τυπική δομή ενός τελικού ενισχυτή ισχύος.....	13
Εικόνα 3.2 Στάδιο εισόδου ενός ενισχυτή ισχύος	14
Εικόνα 3.3 Πηγή εισόδου ενός ενισχυτή ισχύος	15
Εικόνα 3.4 Επιθυμητή διάταξη για προστασία από RF συνιστώσες.....	16
Εικόνα 3.5 Τυπικό κύκλωμα εξόδου ενός ενισχυτή ισχύος	17
Εικόνα 3.6 Σχηματικό συμπληρωματικής Darlington.....	18
Εικόνα 3.7 Σχηματικό ρύθμισης bias servo	19
Εικόνα 3.8 Σχηματικό τελικού ενισχυτή	20
Εικόνα 3.9 Η έξοδος του ενισχυτή ισχύος σε χρονικό συσχετισμό με την είσοδο	21
Εικόνα 4.1 Σχηματικό τροφοδοτικού	22
Εικόνα 4.2 Σχηματικό ρυθμιστή τάσης 1m7815.....	23
Εικόνα 4.3 Τελικό κύκλωμα τροφοδοτικού	24
Εικόνα 5.1 Κύκλωμα τροφοδοτικού στο EasyEDA.....	25
Εικόνα 5.2 Άνω όψη πλακέτας τροφοδοτικού	25
Εικόνα 5.3 Κάτω όψη πλακέτας τροφοδοτικού	26
Εικόνα 5.4 Κύκλωμα προενισχυτή στο EasyEDA	26
Εικόνα 5.5 Άνω όψη πλακέτας προενισχυτή	27
Εικόνα 5.6 Κάτω όψη πλακέτας προενισχυτή.....	27
Εικόνα 5.7 Κύκλωμα τελικού ενισχυτή στο EasyEDA.....	28
Εικόνα 5.8 Άνω όψη πλακέτας τελικού ενισχυτή	28
Εικόνα 5.9 Κάτω όψη πλακέτας τελικού ενισχυτή	29
Εικόνα 6.1 Περιβάλλον εργασίας.....	30
Εικόνα 6.2 Πρόχειρη τοποθέτηση των πλακετών	30
Εικόνα 6.3 Πίσω όψη ενισχυτή.....	31
Εικόνα 6.4 Εμπρός όψη ενισχυτή.....	31
Εικόνα 6.5 Είσοδος προενισχυτή	32
Εικόνα 6.6 Έξοδος προενισχυτή	32
Εικόνα 6.7 Είσοδος προενισχυτή	33
Εικόνα 6.8 Έξοδος ενισχυτή χωρίς φορτίο	33
Εικόνα 6.9 Είσοδος προενισχυτή	34
Εικόνα 6.10 Έξοδος ενισχυτή με φορτίο 8 Ω.....	34

Συντομογραφίες

Δ.Ε.	Διπλωματική Εργασία
ΔΙΠΑΕ	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
Π.Ε.	Πτυχιακή Εργασία

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Αυτό είναι το πρώτο κεφάλαιο του προτύπου συγγραφής διπλωματικών εργασιών του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων.

Ένα ηχητικό σύστημα αποτελείται από μία ή περισσότερες πηγές και ένα σύστημα μετατροπής του ηλεκτρικού σήματος σε ακουστικό, που είναι τα ηχεία. Ωστόσο, επειδή το σήμα από την πηγή δεν είναι αρκετά ισχυρό ώστε να τροφοδοτήσει αποτελεσματικά τα ηχεία, υπάρχει μία ακόμη βαθμίδα, αυτή της δρομολόγησης, επεξεργασίας και ενίσχυσης του ηλεκτρικού σήματος που πραγματοποιείται από διατάξεις που γενικώς ονομάζουμε ενισχυτές. Το σύνολο των συσκευών σε ένα τέτοιο σύστημα διασυνδέεται με γραμμές μεταφοράς των οποίων η αρχιτεκτονική και οι προδιαγραφές ποικίλλουν ανάλογα με την θέση και τα σήματα που καλούνται να μεταφέρουν. Το τυπικό ηχοσύστημα χρησιμοποιεί δυο πανομοιότυπα κανάλια (που καταλήγουν σε δύο ηχεία) προκειμένου να δημιουργήσει την ψευδαίσθηση του χώρου. Ένα τέτοιο σύστημα ονομάζεται stereo.

Οι πηγές ακολουθούν τον βασικό διαχωρισμό όντας αναλογικές και ψηφιακές, με τις αναλογικές να περιλαμβάνουν τα συστήματα ανάγνωσης βινυλίου (κεφαλές, βραχίονες και τράπεζες περιστροφής), τις συσκευές ανάγνωσης μαγνητικών ταινιών και τους ραδιοφωνικούς δέκτες που δεν χρησιμοποιούν κάποιο συγκεκριμένο μέσο αποθήκευσης αλλά το διαμορφωμένο σήμα από τους ραδιοφωνικούς σταθμούς. Στις ψηφιακές πηγές περιλαμβάνονται εκείνες που δεν χρησιμοποιούν σήματα που έχουν υποστεί απωλεστική συμπίεση κατά την κωδικοποίησή τους, όπως είναι τα CD players.

Όλες οι πηγές έχουν ένα ζεύγος εξόδων αφού μιλάμε για στερεοφωνικές συσκευές όπου εμφανίζεται το ηλεκτρικό σήμα που προέρχεται από την ανάγνωση του αντίστοιχου μέσου. Οι εξόδοι αυτές ονομάζονται αναλογικές για να τις ξεχωρίζουμε από τις ψηφιακές εξόδους που είναι δυνατόν να συναντήσουμε σε πολλές ψηφιακές συσκευές.

Αν και μία ενισχυτική διάταξη έχει ως βασική αποστολή να ενισχύει τα σήματα που εφαρμόζονται στην είσοδό της, ο ενισχυτής σε ένα σύστημα κάνει συνήθως πολύ περισσότερα πράγματα. Κατ' αρχήν αποτελεί τον δρομολογητή των σημάτων από και προς τις διάφορες πηγές, έτσι ώστε να μπορούμε να ακούμε αυτό που επιθυμούμε και να πραγματοποιούμε τις εγγραφές που θέλουμε. Στην συνέχεια, μέσω των κυκλωμάτων που περιλαμβάνει, αν είναι ενεργός, απομονώνει τις πηγές από τον τελικό ενισχυτή. Ο ενισχυτής, ακόμη, επιτρέπει την ρύθμιση της στάθμης και της ισορροπίας των καναλιών μέσω του αντίστοιχου ρυθμιστικού και εκτελεί μία συγκεκριμένη ισοστάθμιση στα σήματα που προέρχονται από το βινύλιο, την γνωστή απόεμφαση κατά RIAA. Με εξαίρεση την τελευταία λειτουργία, όλες τις υπόλοιπες τις εκτελούν οι ενισχυτές που είναι γνωστοί ως "γραμμικοί" (ή line).

Η ισοστάθμιση RIAA είναι η αντίστροφη αυτής που χρησιμοποιείται κατά την χάραξη του δίσκου, και που έχει σαν στόχο την αύξηση της χωρητικότητάς του (εξασθενώντας τις χαμηλές συχνότητες) και την μείωση του θρύβου επιφανείας (ενισχύοντας τις υψηλές συχνότητες).

Άξια αναφοράς λεπτομέρεια, το ότι η αντίστοιχη είσοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για φωνογραφική κεφαλή. Ως διάταξη, ο ενισχυτής είναι η μοναδική σε ένα σύστημα που δέχεται και αποδίδει ηλεκτρικά σήματα χωρίς να κάνει κάποια μετατροπή ενέργειας.

Η τελική αποστολή ενός ενισχυτή είναι η παροχή ισχύος ώστε να λειτουργήσουν τα ηχεία σε ικανοποιητικές στάθμες. Η παροχή της ισχύος αυτής είναι μία Η διαδικασία που θέτει τελείως διαφορετικές απαιτήσεις από έναν ενισχυτή. Ένας καλός διαχωρισμός των ενισχυτών που

χρησιμοποιούνται σε ένα ηχοσύστημα είναι σε ενισχυτές χαμηλού σήματος ή προενισχυτές, ενισχυτές ισχύος ή τελικούς ενισχυτές και σε ενισχυτές που περιλαμβάνουν και τις δύο κατηγορίες σε ένα περίβλημα και είναι οι περισσότερο διαδεδομένοι από όλους, ολοκληρωμένοι ενισχυτές.

1.2 Ταξινόμηση των ενισχυτών

1 . Ανάλογα με το μέγεθος του σήματος εισόδου που ενισχύουν:

- Ενισχυτές τάσης.
- Ενισχυτές ρεύματος.
- Ενισχυτές ισχύος.

2. Ανάλογα με τη συχνότητα των σημάτων που μπορούν να ενισχύσουν:

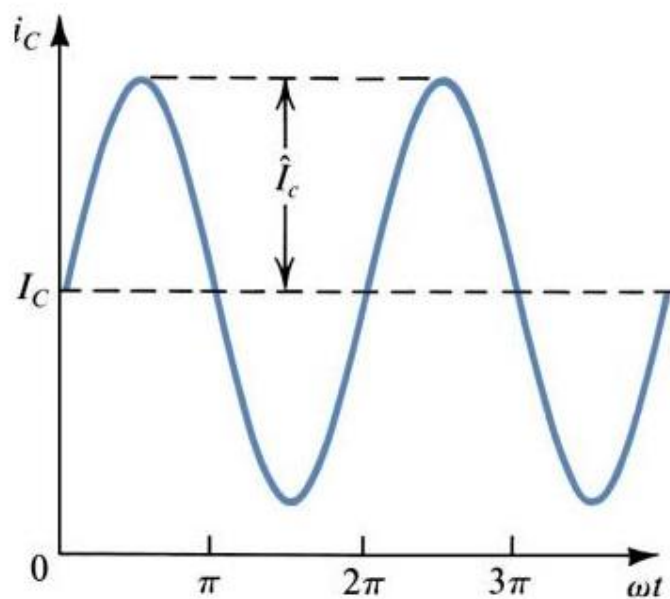
- Ενισχυτές ακουστικής συχνότητας (20Hz-20KHz).
- Ενισχυτές ραδιοφωνικών συχνοτήτων (100KHz-100MHz).
- Ενισχυτές video, buffers κ.λ.π.

3. Ανάλογα με την παραμόρφωση του σήματος εξόδου

- Τάξη A.
- Τάξη B.
- Τάξη AB.
- Τάξη C.

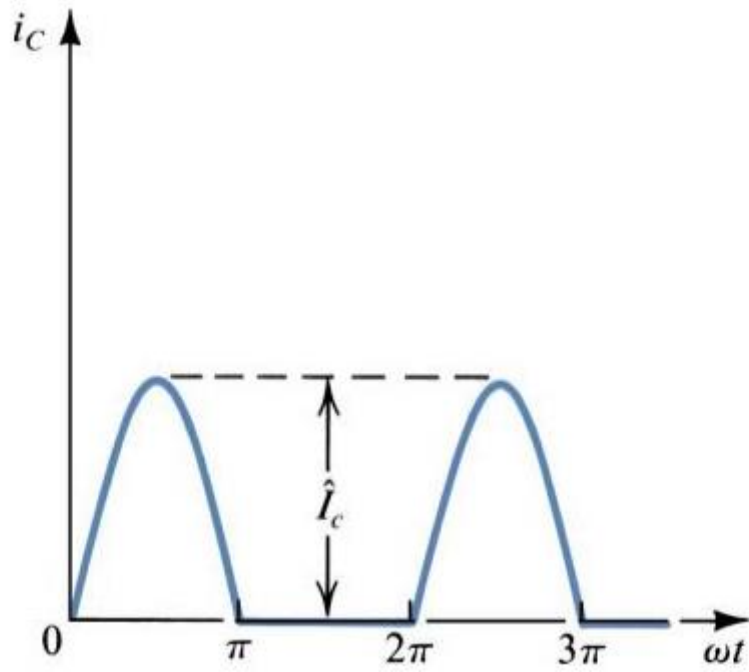
1.3 Τάξεις λειτουργίας

Τάξη A : το σήμα που λαμβάνεται στην έξοδο είναι της ίδιας χρονικής διάρκειας με το σήμα εισόδου



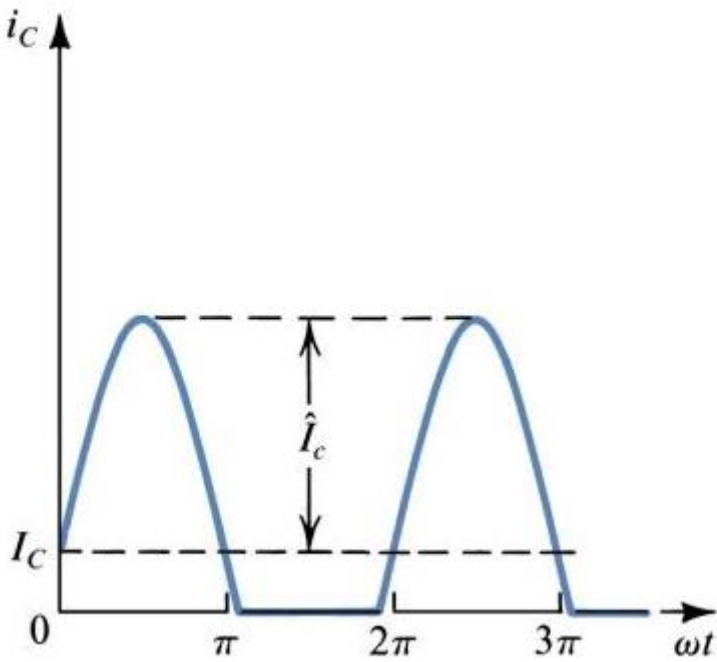
Εικόνα 1.1 Έξοδος ενισχυτή τάξης A

Τάξη B : το σήμα εξόδου είναι η μίση χρονική διάρκεια του σήματος εισόδου



Εικόνα 1.2 Έξοδος ενισχυτή τάξης B

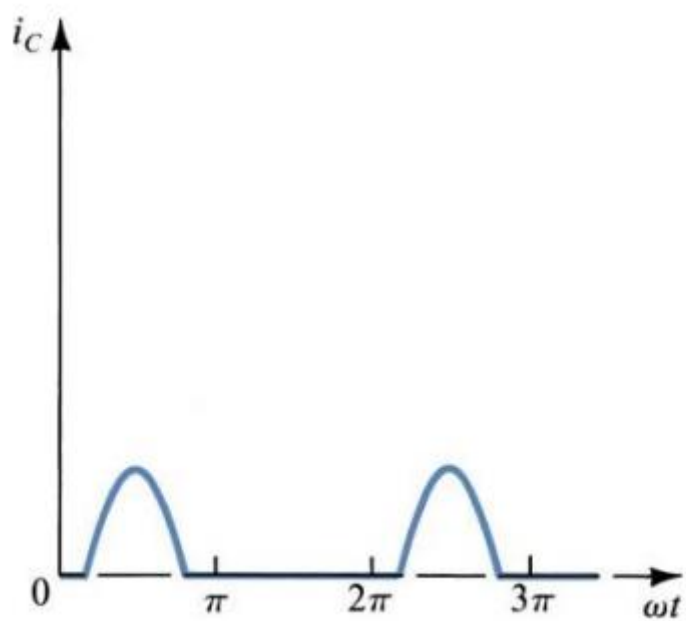
Τάξη AB : το σήμα εξόδου έχει ολόκληρη την μια ημιπερίοδο και ένα μέρος της άλλης του σήματος εισόδου



Εικόνα 1.3 Έξοδος ενισχυτή τάξης AB

Κεφάλαιο 1

Τάξη C : το σήμα εξόδου είναι μέρος της ημιπεριόδου του σήματος εισόδου.



Εικόνα 1.4 Έξοδος ενισχυτή τάξης C

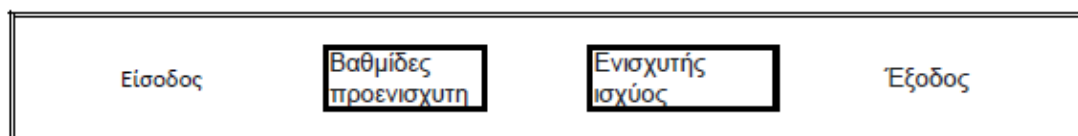
1.4 Οργάνωση ενισχυτών ακουστικών συχνοτήτων

Οι ενισχυτές ανάλογα με την θέση τους στο κύκλωμα και το ποσοστό ενίσχυσης που προσφέρουν χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

Προενισχυτές

Ενισχυτές ισχύος

Ένα σύστημα ενίσχυσης ακουστικών σημάτων φαίνεται στο πιο κάτω μπλοκ διάγραμμα.



Εικόνα 1.5 Διάγραμμα τυπικής ενίσχυσης ακουστικών σημάτων

Ο προενισχυτής προορίζεται για την ενίσχυση της τάσεως του ακουστικού σήματος που προέρχεται από οποιαδήποτε ηλεκτροακουστική συσκευή. Εκτός από τις ενισχυτικές βαθμίδες του περιέχει και μια σειρά από άλλες διατάξεις που ρυθμίζουν ποσοτικά και ποιοτικά το ενισχυόμενο σήμα. Η τάση εξόδου του προενισχυτή πρέπει να είναι ικανή να διεγείρει τον επόμενο ενισχυτή ισχύος. Ο ενισχυτής ισχύος προορίζεται για την ενίσχυση κατά ισχύ του σήματος εξόδου του προενισχυτή έτσι ώστε να φτάσει τη στάθμη που χρειάζεται για να λειτουργήσει το μεγάφωνο.

1.5 Χαρακτηριστικά ενισχυτών ακουστικών σημάτων

Τα βασικά χαρακτηριστικά των ενισχυτικών διατάξεων είναι τα ακόλουθα:

Η απολαβή είναι ο συντελεστής ενισχύσεως ενός ενισχυτή προσδιορίζεται από το λόγο της τάσεως εξόδου προς την τάση εισόδου ή από το λόγο της ισχύος εξόδου προς την ισχύ εισόδου. Η απολαβή εκφράζεται σε decibel (db) και συμβολίζεται με το γράμμα G (Gain).

$$G = 20 \log A_v, \text{ όπου } A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} \text{ για ενισχυτές τάσεως.} \quad 1.1$$

$$G = 10 \log A_w, \text{ όπου } A_w = \frac{P_{out}}{P_{in}} \text{ για ενισχυτές ισχύος.} \quad 1.2$$

Απόκριση ονομάζεται η συμπεριφορά του ενισχυτή ως προς την απολαβή σε όλες τις συχνότητες του ενισχυόμενου ακουστικού σήματος. Η απόκριση του ενισχυτή επηρεάζεται από τη συμπεριφορά των στοιχείων του και δίνεται από μια καμπύλη που ονομάζεται καμπύλη αποκρίσεως του ενισχυτή.

Κεφάλαιο 1

Οι συχνότητες F_x και F_u ονομάζονται συχνότητες αποκοπής και ο συντελεστής ενισχύσεως υποβιβάζεται στα 70,7% της συνολικής ενίσχυσης. Η διαφορά των δυο συχνοτήτων ονομάζεται εύρος ζώνης (BW).

$$BW = (F_u - F_x) \quad 1.3$$

Στις συχνότητες αυτές η απολαβή γίνεται:

$$20 \log(0,707) = -3db \quad 1.4$$

Η ωφέλιμη ισχύς εξόδου είναι η ισχύς του σήματος που εμφανίζεται στην αντίσταση φορτίου του ενισχυτή και δίνεται από τη σχέση.

$$P_o = \frac{V_{rms}^2}{R_L} = \frac{V_o^2}{2R_L} \quad 1.5$$

Ο βαθμός απόδοσης ορίζεται από το λόγο της ωφέλιμης ισχύος εξόδου προς τη συνεχή ισχύ που παρέχει στον ενισχυτή το τροφοδοτικό και δίνεται από την σχέση

$$n = \frac{P_o}{P} 100\% \quad 1.6$$

$$n = \frac{P_o}{P} 100\%$$

Ο βαθμός απόδοσης έχει μεγαλύτερη σημασία στον υπολογισμό των ενισχυτών που απορροφούν μεγάλη ισχύ από το δίκτυο.

Οι παραμορφώσεις είναι η κάθε αλλοίωση που προκαλεί ένας ενισχυτής στα χαρακτηριστικά του σήματος που εφαρμόζεται στην είσοδο του. Υπάρχουν δυο ειδών παραμορφώσεις:

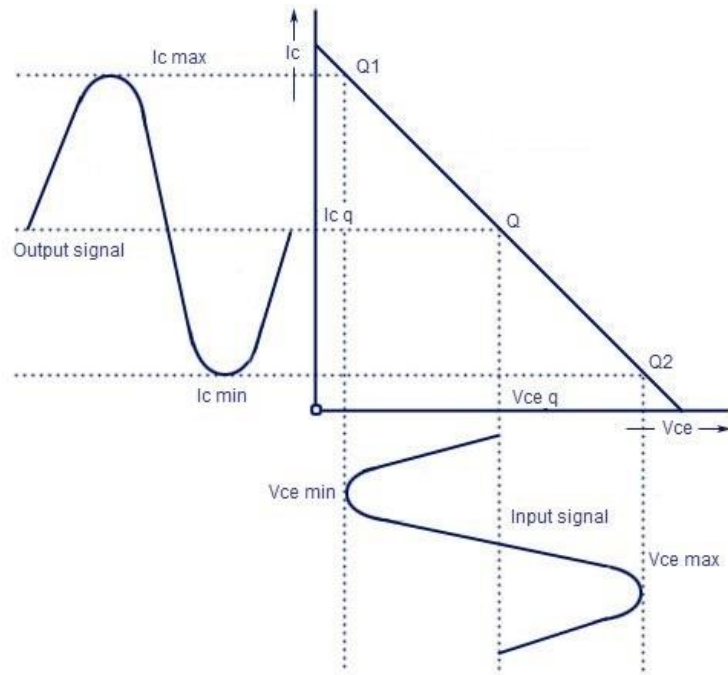
α) Η αρμονική παραμόρφωση που προκαλείται από την μη γραμμικότητα των χαρακτηριστικών των ενισχυτικών στοιχείων.

β) Η παραμόρφωση συχνότητας που προκύπτει από την αδυναμία του ενισχυτή να έχει την ίδια απόκριση σε όλες τις συχνότητες του σήματος.

1.5.1 Επίδραση της πόλωσης στην παραμόρφωση

Μόλις το Q βρεθεί σε κόρο ή αποκοπή δημιουργείται παραμόρφωση στο σήμα εξόδου. Για να αποτελεί η τάση εξόδου πίστη απόδοση του σήματος εισόδου θα πρέπει οι διακυμάνσεις της V_{CE} να μην υπερβαίνουν τη μέγιστη τιμή $V_{CEmax} \approx V_{CC}$ ούτε την ελάχιστη $V_{CEmin} = 0$.

Οι θέσεις των Q_1 και Q_2 που αντιστοιχούν στα σημεία της μέγιστης και ελάχιστης μεταβολής του ρεύματος IC προσδιορίζονται πάνω στην ευθεία φόρτου πριν τον κόρο και την αποκοπή αντίστοιχα και ορίζουν τα όρια που θα κινηθεί η μεταβολή της V_{CE} .



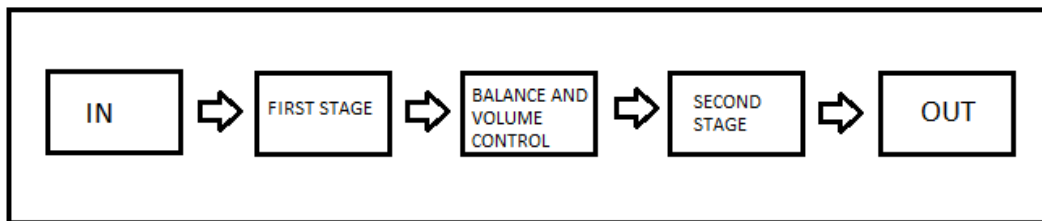
Εικόνα 1.6 Διάγραμμα εισόδου-εξόδου ενός ακουστικού σήματος

Κεφάλαιο 2ο: Ο προενισχυτής

2.1 Εισαγωγή

Ο προενισχυτής σε ένα σύστημα είναι πολύ περισσότερο από ένας απλός router διότι επιτελεί δύο πολύ σημαντικές λειτουργίες. Πρώτον, την προσαρμογή της αντίστασης εξόδου της πηγής με αυτήν του τελικού ενισχυτή και την σωστή οδήγηση του τελευταίου και δεύτερον την ρύθμιση της στάθμης. Πέραν των λειτουργιών αυτών βέβαια προσφέρει και μία σειρά από άλλες υπηρεσίες: Η ρύθμιση της ισορροπίας των καναλιών και η δρομολόγηση των σημάτων προς εγγραφή είναι μερικές από αυτές.

Ένας προενισχυτής μπορεί να είναι από εξαιρετικά απλός μέχρι εξαιρετικά πολύπλοκος με βάση την εσωτερική του δομή. Ωστόσο, εξαιρώντας τις διάφορες εξεζητημένες επιλογές και λύσεις, ένας προενισχυτής αποτελείται, κατά βάση, από τις βαθμίδες που φαίνονται στο σχήμα.



Εικόνα 2.1 Διάγραμμα ενίσχυσης προενισχυτή

Τα δύο ενισχυτικά στάδια επιτρέπουν στα ρυθμιστικά στάθμης και ισορροπίας να παρεμβληθούν και να απομονωθούν τόσο από την πηγή όσο και από τον τελικό. Το δεύτερο στάδιο, αυτό πριν την έξοδο του προενισχυτή, είναι στην πράξη ένα buffer/driver, που έχει σαν στόχο να κάνει τον προενισχυτή ανθεκτικό στα καλώδια σύνδεσης και στις ιδιοτροπίες του τελικού ενισχυτή ένα στοιχείο που διαφοροποιεί τους συνήθεις από τους παθητικούς προενισχυτές. Ο παθητικός προενισχυτής φέρνει στην επιφάνεια την αρκετά ενδιαφέρουσα αν και κάπως σκοτεινή υπόθεση των εξασθενητών (attenuators) ένα κομμάτι ιδιαίτερα σημαντικό στην προενίσχυση.

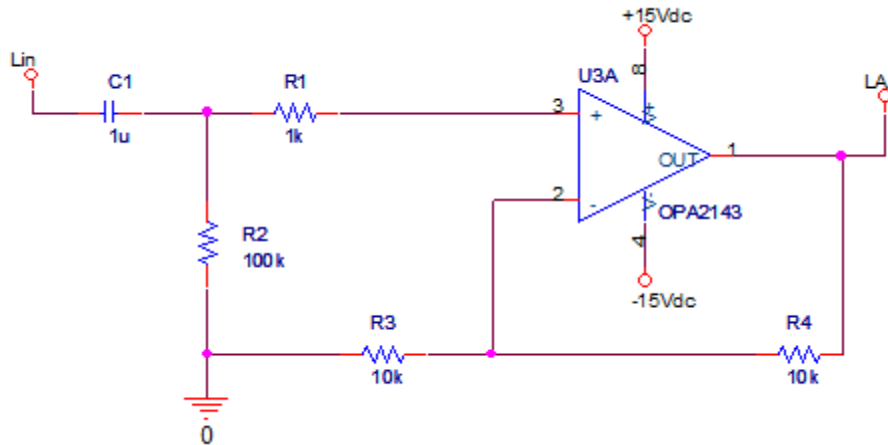
2.2 Κύκλωμα προενισχυτή

2.2.1 Πρώτη βαθμίδα ενίσχυσης

Στο κύκλωμα του προενισχυτή χρησιμοποιήθηκε ο τελεστικός ενισχυτής OPA2134 ο οποίος είναι εξειδικευμένος για εφαρμογές Audio.

Στην πρώτη βαθμίδα το κύκλωμα υπολογίστηκε για κέρδος 6db όποτε η $A_v=2$. Θέτουμε την αντίσταση $R_3 = 10k$ και υπολογίζουμε την R_4 .

$$A_v = \frac{R_3 + R_4}{R_3} \Rightarrow 2 = \frac{10k + R_4}{10k} \Rightarrow R_4 = 10k \quad 2.1$$



Εικόνα 2.2 Σχηματικό πρώτης βαθμίδας ενίσχυσης

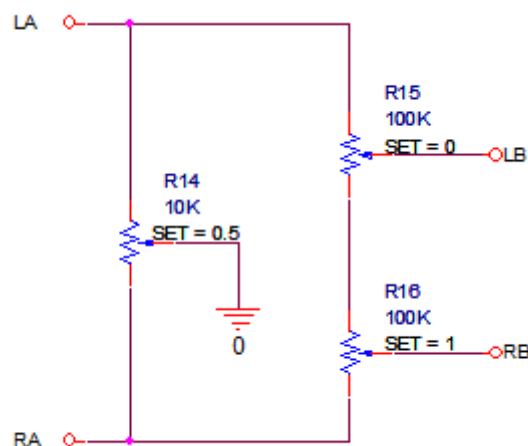
Η αντίσταση R_2 είναι η αντίσταση εισόδου του κυκλώματος και είναι απαραίτητη γιατί το κύκλωμα χρειάζεται μια τάση αναφοράς. Στην περίπτωση του κυκλώματος μας η τάση αναφοράς είναι 0 Volt. Η R_2 πρέπει να έχει αρκετά μεγάλη τιμή έτσι επιλέγουμε να είναι στα 100k.

Η R_1 παρέχει στο κύκλωμα προστασία από παρασιτικές συνιστώσες.

Χρησιμοποιούμε ακόμα μια ίδια βαθμίδα εισόδου για το δεύτερο κανάλι.

2.2.2 Balance and volume control

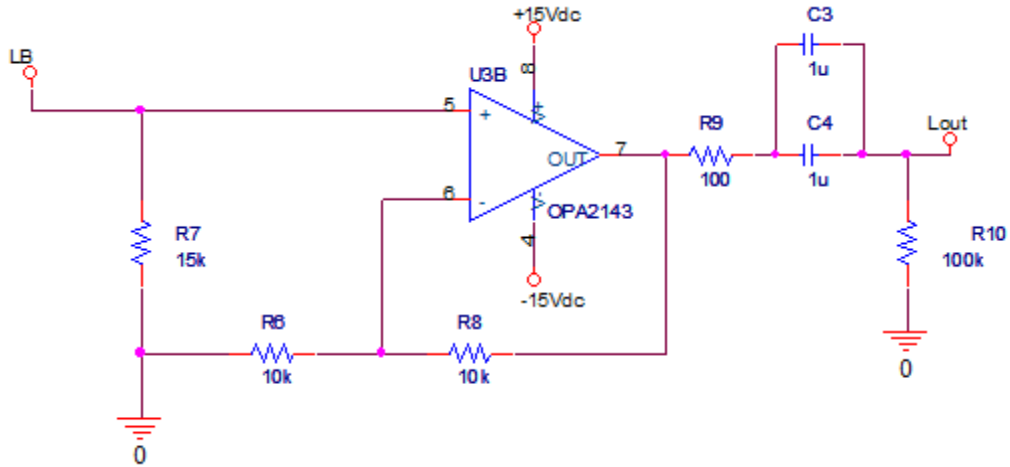
Η ένταση του ήχου που παράγεται από ένα μεγάφωνο εξαρτάται από την ισχύ που παρέχει ο ενισχυτής στο μεγάφωνο και αυξομειώνεται με ρύθμιση του συντελεστή ενίσχυσης, δηλαδή της απολαβής του ενισχυτή. Η ρύθμιση της απολαβής και συνεπώς της εντάσεως του ήχου γίνεται με ποτενσιόμετρο που συνδέεται ανάμεσα στην πρώτη και στην δεύτερη βαθμίδα του προενισχυτή. Στο κύκλωμα του παρουσιάζεται μια εξασθένιση του σήματος της τάξης των 3db λόγω των ποτενσιόμετρων. Χρησιμοποιήθηκε ένα ποτενσιόμετρο 10K για την ρύθμιση του Balance και ένα στερεοφωνικό ποτενσιόμετρο 100K για την ρύθμιση του volume.



Εικόνα 2.3 Σχηματικό ελέγχου ισορροπίας και έντασης

2.2.3 Δεύτερη βαθμίδα ενίσχυσης

Η δεύτερη βαθμίδα ενίσχυσης είναι όμοια με την πρώτη με την διάφορα ότι στην έξοδο προστέθηκαν δυο πυκνωτές σε παράλληλη συνδεσμολογία για αποκοπή των παρασιτικών συνιστωσών. Το κύκλωμα παρουσιάζει απολαβή 2.



Εικόνα 2.4 Σχηματικό δεύτερης βαθμίδας ενίσχυσης

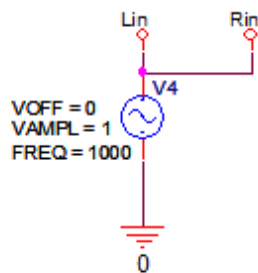
2.3 Υπολογισμός ολικής απολαβής σε (db)

$$Av_{ολ} = Av_1 - 3db - Av_2 = 6db - 3db + 6db = 9db$$

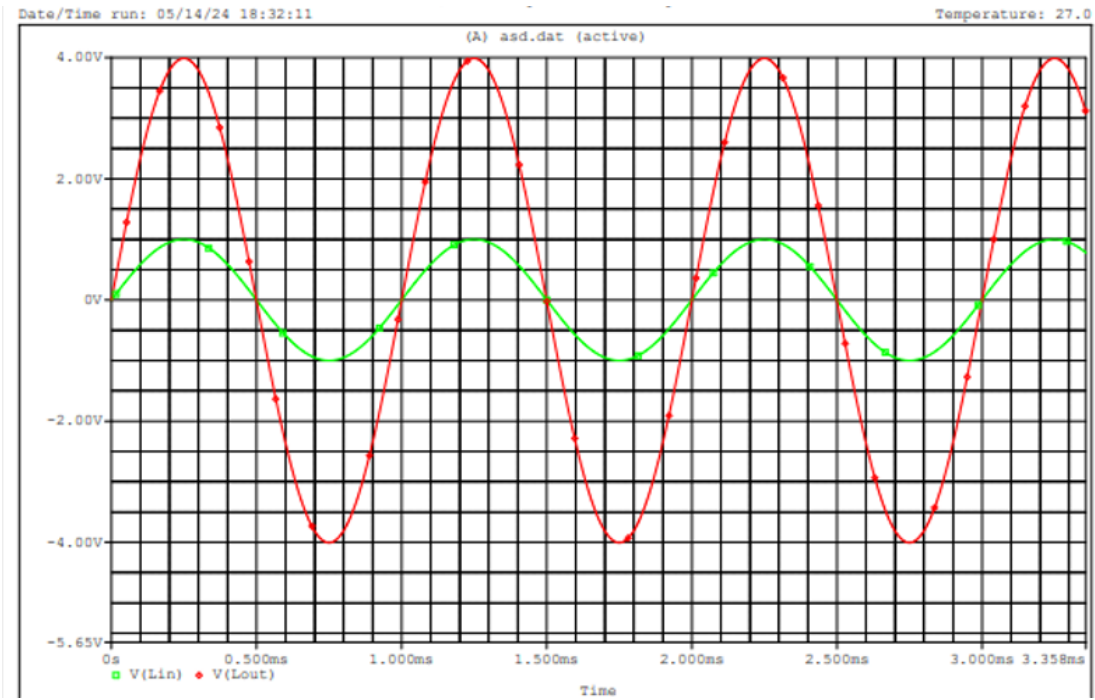
2.2

2.4 Κυματομορφές εισόδου-εξόδου με το Pspice

Για είσοδο 2V(p-p)



Εικόνα 2.5 Η είσοδος του συστήματος



Εικόνα 2.6 Η έξοδος σε χρονικό συσχετισμό με την είσοδο

Κεφάλαιο 3ο: Ο ενισχυτής ισχύος

3.1 Εισαγωγή

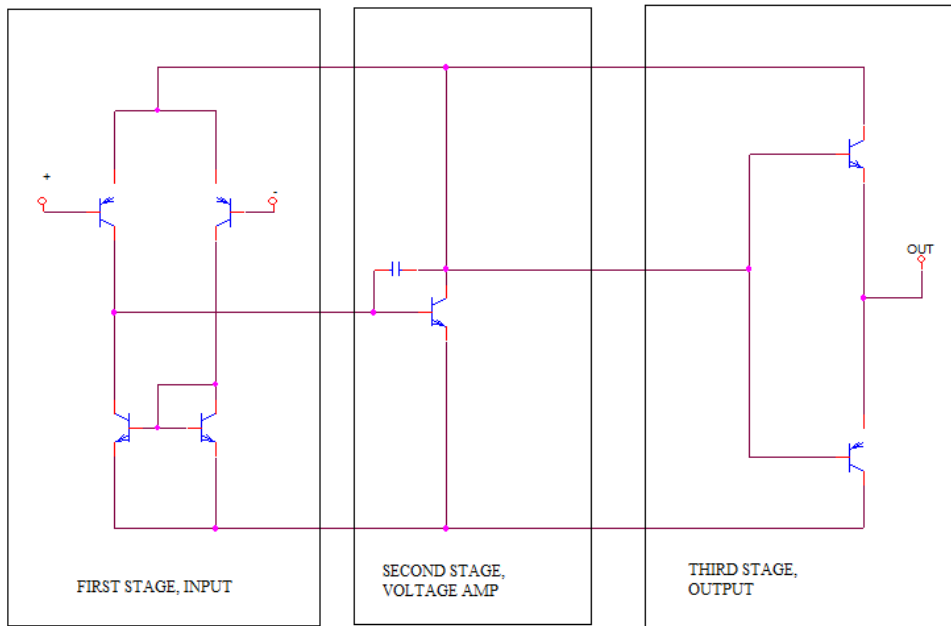
Ο τελικός ενισχυτής είναι μια μονάδα που παίρνει το σήμα σε μια συγκεκριμένη στάθμη από τον προενισχυτή και το ενισχύει ώστε να επαρκεί για την οδήγηση των ηχείων. Ένας ενισχυτής ονομάζεται ισχύος όταν η ισχύς που αποδίδει στο φορτίο είναι $> 2 \text{ Watt}$. Ένας καλά σχεδιασμένος ενισχυτής ισχύος πρέπει:

1. Να αποδίδει στο φορτίο όσον το δυνατόν μεγαλύτερο ποσοστό ισχύος.
2. Να μην παραμορφώνει το σήμα εξόδου σε σχέση με το σήμα εισόδου.

3.2 Η αρχιτεκτονική των ενισχυτών

Η μεγάλη πλειοψηφία των ακουστικών ενισχυτών χρησιμοποιεί τη συμβατική αρχιτεκτονική, που παρουσιάζεται στο σχήμα . Υπάρχουν τρία στάδια, το πρώτο είναι ένας διαφορικός ενισχυτής που αποτελεί και το στάδιο εισόδου, το δεύτερο στάδιο είναι ένας ενισχυτής τάσης, και το τρίτο είναι το στάδιο εξόδου που παρέχει την απαραίτητη ισχύ. Το δεύτερο στάδιο πρέπει σαφώς να παρέχει όλο το κέρδος τάσης και επομένως ονομάζεται στάδιο ενίσχυσης τάσης (voltage amplifier stage, VAS). Αυτή η αρχιτεκτονική τριών σταδίων έχει αρκετά πλεονεκτήματα, γιατί η αλληλεπίδραση μεταξύ των σταδίων είναι αμελητέα. Παραδείγματος χάριν, υπάρχει πολύ λίγη ενίσχυση σήματος από το πρώτο στάδιο στο δεύτερο, λόγω της εικονικής γείωσης , και επομένως ελαχιστοποιείται η παρουσία του φαινομένου Miller (μετατόπιση φάσης).

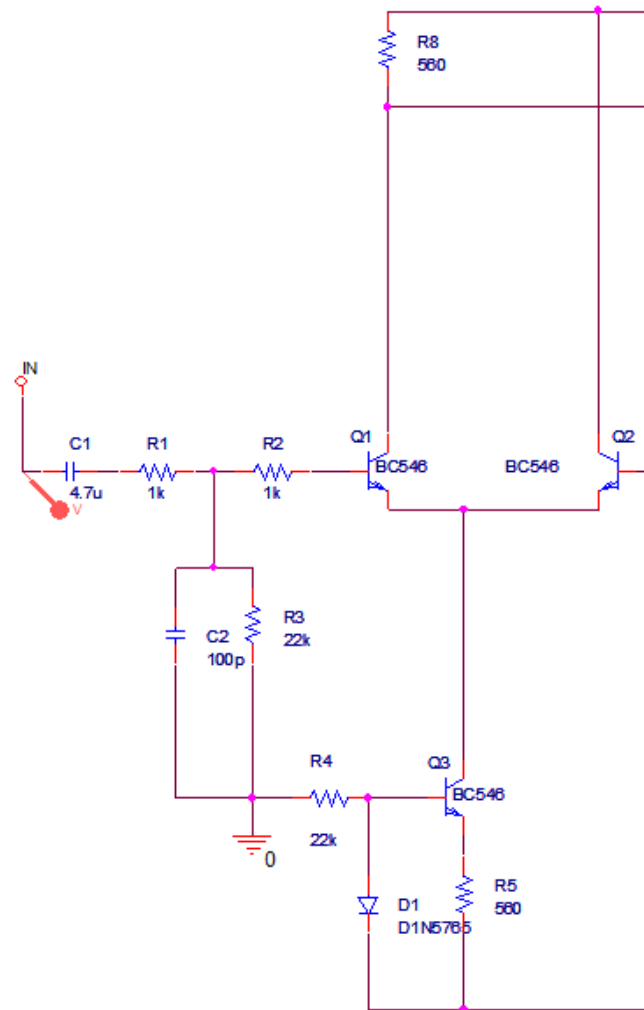
Ομοίως, ο πυκνωτής αντιστάθμισης μειώνει τη σύνθετη αντίσταση του δεύτερου σταδίου, έτσι ώστε η μη γραμμική σύνθετη αντίστασης εισόδου του τρίτου σταδίου



Εικόνα 3.1 Τυπική δομή ενός τελικού ενισχυτή ισχύος

3.2.1 Στάδιο εισόδου

Το στάδιο εισόδου ενός ενισχυτή αποτελείται από ένα διαφορικό ενισχυτή μια πηγή ρεύματος και ένα κύκλωμα προστασίας από RF συνιστώσες.



Εικόνα 3.2 Στάδιο εισόδου ενός ενισχυτή ισχύος

3.2.2 Διαφορικός ενισχυτής

Χρησιμοποιώντας το διαφορικό ζευγάρι σε ένα ενισχυτή σημαίνει ότι ο ενισχυτής θα λειτουργεί με ανάδραση τάσης.

Η ανάδραση εισάγεται σαν μια τάση επειδή η σύνθετη αντίσταση και των δυο εισόδων είναι ψηλή και το ρεύμα εισόδου είναι αμελητέο.

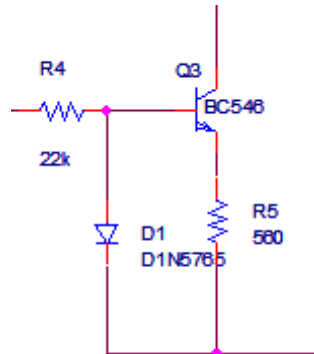
Η αντίσταση ανάδρασης και ο πυκνωτής επιλέγονται έτσι ώστε να επιτρέπουν στο κύκλωμα να λειτουργεί σε πλήρες κέρδος ανοιχτού βρόχου για το εφαρμοζόμενο AC σήμα αλλά και συνεχές χωρίς αποκλίσεις κέρδος DC για να επιτρέπουν στο κύκλωμα να σταθεροποιείτε ορθά με ρεύμα συλλέκτη 0 Volt.

Το AC σήμα λαμβάνεται από τον συλλέκτη στην αριστερή πλευρά του κυκλώματος. Η αντίσταση συλλέκτη στην δεξιά πλευρά δεν υπάρχει γιατί δεν χρησιμεύει σε τίποτα.

3.2.3 Πηγή ρεύματος (current mirror)

Χρησιμοποιώντας πηγή ρεύματος στην ουρά του διαφορικού ενισχυτή μπορούμε να βελτιώσουμε την γραμμικότητα το κέρδος τάσης και τον CMRR ενός διαφορικού ενισχυτή.

Μια απλή πηγή ρεύματος παρουσιάζεται στο σχήμα



Εικόνα 3.3 Πηγή εισόδου ενός ενισχυτή ισχύος

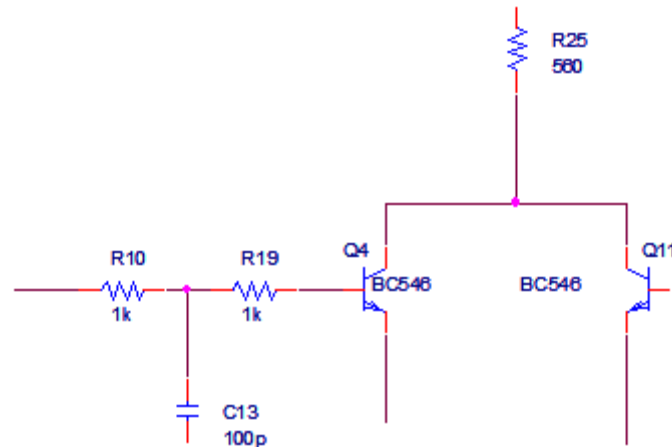
και το ρεύμα του υπολογίζεται από την σχέση

$$i_o = \frac{V_{led} - V_{be}}{R_2} \quad 3.1$$

3.2.4 Προστασία από RF συνιστώσες

Πόλοι σχεδιαστές συνδέουν ένα μικρό πυκνωτή όπως φαίνεται στην εικόνα 3.4 στην βάση του τρανζίστορ εισόδου. Αυτό υποτίθεται ότι θα αποτρέψει την είσοδο των RF συνιστωσών στον ενισχυτή. Ως ένα βαθμό αυτό ισχύει αφού ο συνδυασμός RC δημιουργεί ένα χαμηλοπερατό φίλτρο το οποίο μειώνει το ποσοστό των RF συνιστωσών που εφαρμόζονται στην είσοδο.

Όταν τα επίπεδα ενέργειας των RF είναι πολύ υψηλά τότε κάποιο ποσοστό θα κατορθώσει να περάσει στον ενισχυτή. Η εικόνα 3.4 παρουσιάζει την λύση αλλά για να έχει κάποιο αποτέλεσμα η αντίσταση πρέπει να είναι όσο πιο κοντά γίνεται στην βάση του τρανζίστορ. Η επαφή βάσης-εκπομπού είναι μια διόδος και παρουσιάζει μη γραμμικότητα. Αυτό είναι επαρκές για να επιτρέψει στο στάδιο εισόδου να λειτουργεί σαν ανιχνευτής AM που είναι αρκετά αποτελεσματικός στα υψηλά επίπεδα RF.



Εικόνα 3.4 Επιθυμητή διάταξη για προστασία από RF συνιστώσες

3.2.5 Στάδιο ενίσχυσης τάσης

Το στάδιο ενισχύσεις Τάσης είναι υπεύθυνο για το κέρδος τάσης σε έναν ενισχυτή. Ο ενισχυτής τάσης λαμβάνει ένα ενισχυμένο σήμα ρεύματος από το στάδιο εισόδου και το μετατρέπει σε ένα σήμα ενισχυμένο σήμα τάσης.

Είναι ένας ενισχυτής τάσης σε συνδεσμολογία κοινού εκπομπού με σήμα εισόδου στην βάση του τρανζίστορ.

Ο πυκνωτής αντιστάθμισης C_{dom} όπως φαίνεται και στο σχήμα μειώνει την αντίσταση εξόδου του σταδίου ενισχυτή τάσης στις υψηλές συχνότητες.

Ακόμα μειώνει τις παραμορφώσεις από το μη γραμμικό φορτίο στο στάδιο εξόδου.

3.2.6 Πηγή ρεύματος

Υπάρχουν ουσιαστικά δυο τρόποι για να δημιουργήσουμε μια σταθερή πηγή ρεύματος σε ένα ενισχυτή.

Η ενετός πηγή ρεύματος και το κύκλωμα bootstrap όπου ένας πυκνωτής συνδέεται στην έξοδο για να διατηρεί μια σχετικά σταθερή τάση στα άκρα μιας αντίστασης. Αν η τάση στην αντίσταση είναι σταθερή τότε και το ρεύμα που την διαρρέει πρέπει να είναι σταθερό.

3.3 Λειτουργία του κυκλώματος

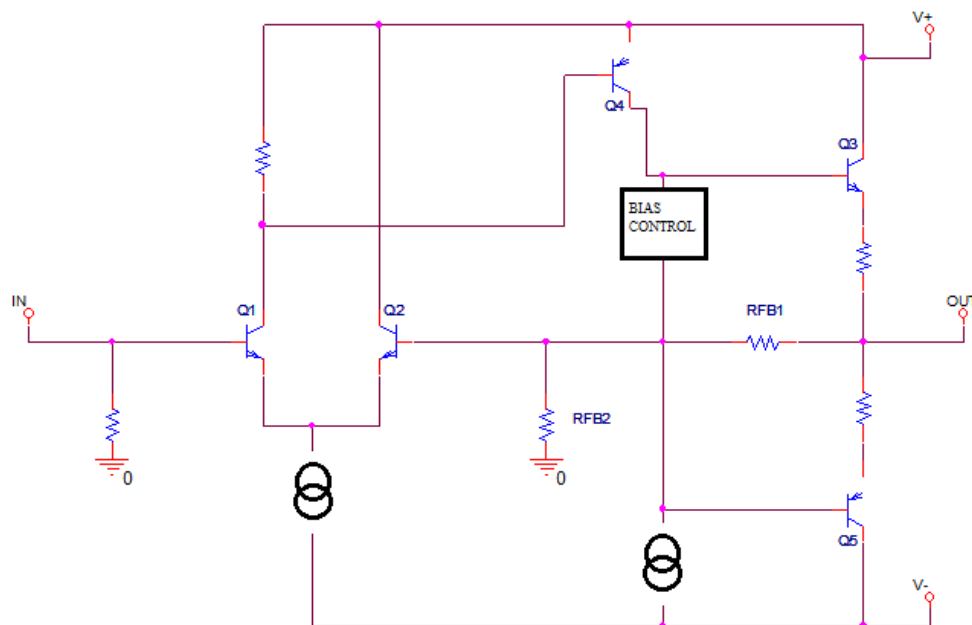
Υπό συνθήκες ηρεμίας η τάση εξόδου είναι 0 Volt, και η θετική τροφοδοσία διαιρείται από την R1 και την R2. Η βάση του τρανζίστορ εξόδου θα έχει τάση περίπου 0,7 Volt ακριβώς όση χρειάζεται για να πολωθεί το τρανζίστορ. Καθώς αρχίζουν οι ταλαντώσεις του σήματος ο C διαρρέεται από ρεύμα διατηρώντας έτσι την τάση στα άκρα της R2 σταθερή. αυτό ισχύει μόνο στο εναλλασσόμενο ρεύμα, δεδομένου ότι ο πυκνωτής θα φορτιστεί εάν υπάρξει μια DC τάση.

3.3.1 Στάδιο εξόδου

Ο σκοπός του σταδίου εξόδου σε ένα ενισχυτή ισχύος είναι να λαμβάνει το υψηλής τάσης σήμα από το στάδιο ενίσχυσης τάσης και να το προσαρμόζει στο χαμηλής αντίστασης φορτίο (μεγάφωνο). Με άλλα λόγια το στάδιο εξόδου είναι ένας ενισχυτής ρεύματος.

3.3.2 Κύκλωμα εξόδου

Το στάδιο εξόδου τυπικά είναι ένα ζεύγος από συμπληρωματικά κυκλώματα ακόλουθου εκπομπού οι οποίοι πρέπει να πολωθούν σωστά για να εξασφαλιστεί ότι το σήμα περνά από ο ενισχυτής σε τάξη Α για τα πολύ χαμηλά σήματα και μετά αλλάζει σε τάξη Β στα υψηλότερα σήματα. Οι αντιστάσεις στους εκπομπούς των τρανζίστορ εξόδου βοηθούν στην διατήρηση της σταθερής πόλωσης και εισάγουν ορισμένη τοπική ανάδραση για να διατηρηθεί το στάδιο εξόδου γραμμικό.



Εικόνα 3.5 Τυπικό κύκλωμα εξόδου ενός ενισχυτή ισχύος

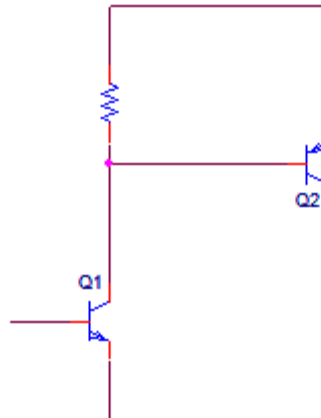
Η απολαβή του κυκλώματος εξαρτάται ολοκληρωτικά από τις αντιστάσεις R_{fb1} και R_{fb2} και υπολογίζεται ως εξής :

$$A_v = \frac{R_{fb1} + R_{fb2}}{R_{fb2}} = \frac{22k + 1k}{1k} = 23 \quad 3.2$$

3.3.3 Σύνδεση συμπληρωματικής Darlington

Η συμπληρωματική Darlington είναι μια σύνδεση δυο τρανζίστορ n_{pn} και pnp των οποίων το συνολικό ρεύμα τους ισούται με το γινόμενο των επιμέρους κερδών ρεύματος. Αφού το κέρδος ρεύματος της

είναι πολύ μεγαλύτερο μπορεί να έχει πολύ υψηλή σύνθετη αντίσταση εισόδου και να δημιουργήσει πολύ μεγάλα ρεύματα εξόδου.



Εικόνα 3.6 Σχηματικό συμπληρωματικής Darlington

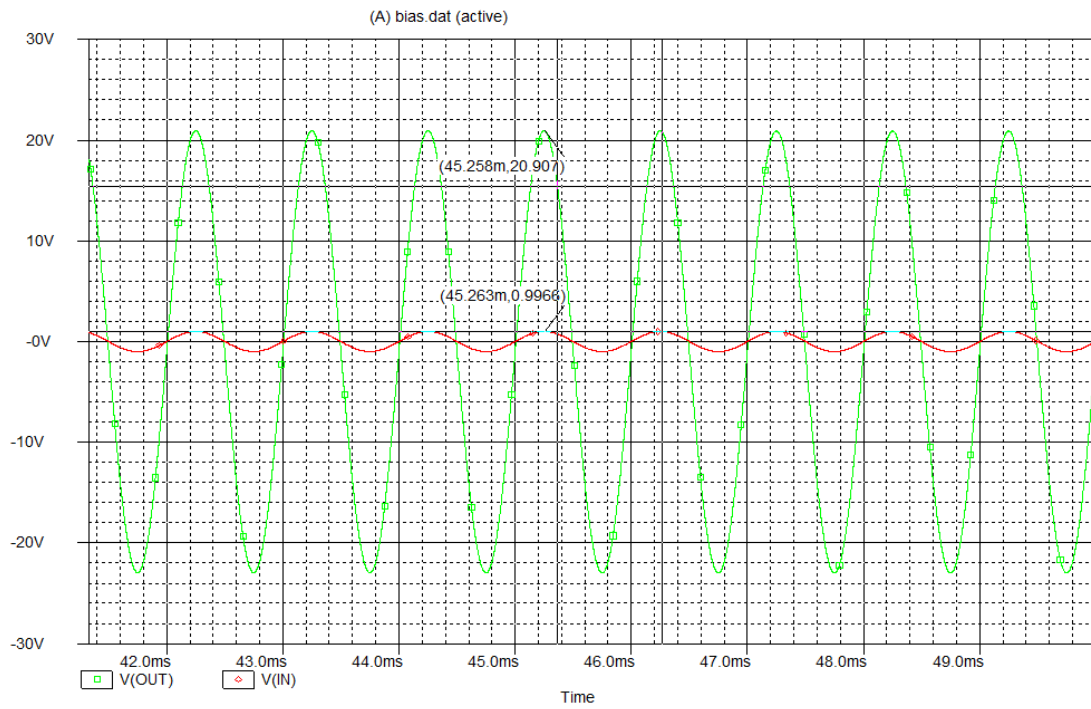
Η αντίσταση προστίθεται για να αποτρέψει την διαρροή ρεύματος στο συλλέκτη των τρανζίστορ χωρίς την άδεια της συσκευής για να διεγερθούν, και επιταχύνει επίσης το χρόνο που χρειάζεται για να κλείσει η επαφή. Η παράλειψη αυτού του αντιστάτη έχει ως αποτέλεσμα τις διαστρεβλώσεις του σήματος ειδικά στις υψηλές συχνότητες και φτωχή θερμική σταθερότητα. Οι τιμές μεταξύ 100 Ω μέχρι 1k είναι ικανοποιητικές για τους περισσότερους ενισχυτές, με τις χαμηλότερες τιμές να χρησιμοποιούνται για αύξηση της ισχύος, οι οποίες δημιουργούν υψηλότερα ρεύματα σε όλο το στάδιο εξόδου.

3.3.4 Ρύθμιση bias servo

Οι περισσότεροι ενισχυτές ισχύος απαιτούν μια μεταβλητή ρύθμιση bias servo για να ισοσταθμίζουν τις διαφορές μεταξύ των χαρακτηριστικών των τρανζίστορ. Ένα τέτοιο κύκλωμα είναι ο πολλαπλασιαστής V_{be} που παρουσιάζεται στο πιο κάτω σχήμα.

3.5 Κυματομορφές εισόδου-εξόδου με το Pspice

Παρακάτω βλέπουμε την έξοδο του ενισχυτή σε χρονικό συσχετισμό με την είσοδο 2 Volt(p-p), 1Khz.



Εικόνα 3.9 Η έξοδος του ενισχυτή ισχύος σε χρονικό συσχετισμό με την είσοδο

Κεφάλαιο 4ο: Το τροφοδοτικό

4.1 Εισαγωγή

Τα περισσότερα ηλεκτρονικά κυκλώματα χρειάζονται συνεχές ρεύμα. το δίκτυο παροχής ρεύματος μας παρέχει εναλλασσόμενο ρεύμα. Ο σκοπός του τροφοδοτικού είναι να μετατρέψει την εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή, μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται ανόρθωση. Το ιδανικό τροφοδοτικό πρέπει να παρέχει σταθερή τάση, μηδενική κυμάτωση και απεριόριστη δυνατότητα παροχής ρεύματος ανάλογα με τις ανάγκες.

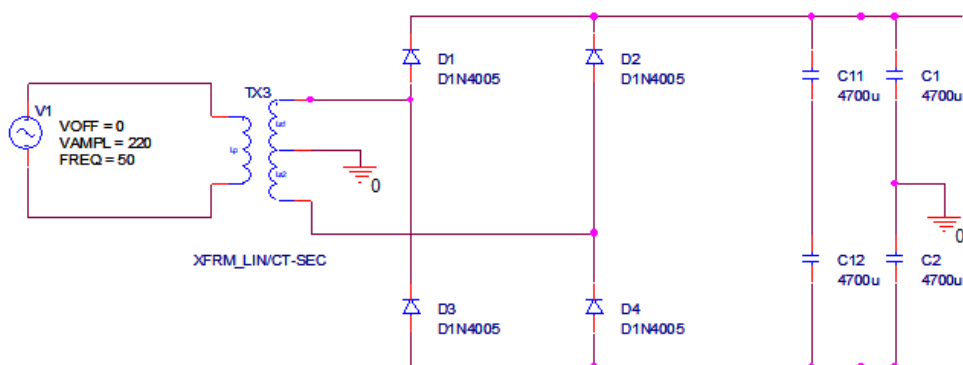
Τα βασικά εξαρτήματα που αποτελούν ένα απλό τροφοδοτικό είναι ο μετασχηματιστής, ο ανορθωτής, οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές και ο σταθεροποιητής τάσης.

4.2 Λειτουργίες του τροφοδοτικού.

Μία από τις λειτουργίες που επιτελεί ένα τροφοδοτικό είναι η μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης του δικτύου των 220 Volt σε συνεχή τάση dc. Οι υπόλοιπες λειτουργίες συμπεριλαμβάνουν την απομόνωση της συσκευής από το δίκτυο, την αλλαγή της στάθμης της τάσης και την αποθήκευση ενέργειας.

Για να λειτουργήσουν οι διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές χρειάζονται τάσεις που κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 5 Volt και 35 Volt. Πρέπει λοιπόν να αλλάξει η τιμή της τάσης του δικτύου και τη λειτουργία αυτή σε ένα τροφοδοτικό την επιτελεί ο μετασχηματιστής. Ο μετασχηματιστής όμως παρέχει εναλλασσόμενη τάση, ενώ αυτή που χρειάζονται οι συσκευές είναι συνεχής. Έτσι το τροφοδοτικό αναλαμβάνει τη μετατροπή της εναλλασσόμενης τάσης του μετασχηματιστή σε συνεχή με εξάρτημα που ονομάζεται ανορθωτής και μπορεί να είναι μία δίοδος ή γέφυρα διόδων. Η συνεχής τάση που παρέχει ο ανορθωτής παρουσιάζει μεγάλη κυμάτωση, είναι δηλαδή στην πραγματικότητα μια σχεδόν συνεχής τάση. Έτσι απαιτείται η χρησιμοποίηση ενός πυκνωτή που εξομαλύνει την κυμάτωση, γι' αυτό και ονομάζεται πυκνωτής εξομάλυνσης. Επίσης ο πυκνωτής αυτός αποθηκεύει την ενέργεια που λαμβάνεται από το δίκτυο ώστε να παρέχεται συνεχώς στο φορτίο.

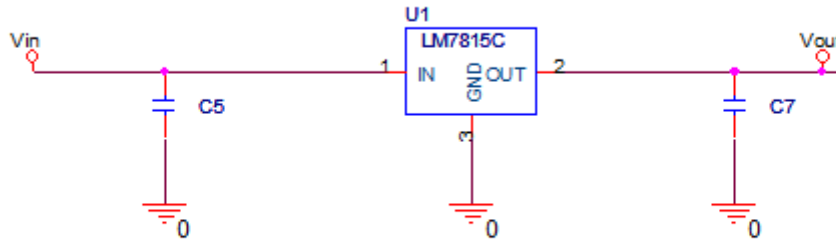
Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνονται τα εξαρτήματα που αποτελούν ένα τροφοδοτικό.



Εικόνα 4.1 Σχηματικό τροφοδοτικού

4.3 Ρυθμιστές τάσης

Μια κατηγορία τέτοιων ρυθμιστών είναι αυτοί με τρεις ακροδέκτες. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η βασική μορφή κυκλώματος για τους ρυθμιστές με τρεις ακροδέκτες.



Εικόνα 4.2 Σχηματικό ρυθμιστή τάσης lm7815

Οι πυκνωτές στην είσοδο και στην έξοδο του ολοκληρωμένου ρυθμιστή τάσης είναι για να αντισταθμίζουν την τάση που έχει ο ρυθμιστής να ταλαντώνει. Ονομάζονται πυκνωτές αντιστάθμισης, είναι κυρίως πυκνωτές τανταλίου και τοποθετούνται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σταθεροποιητή.

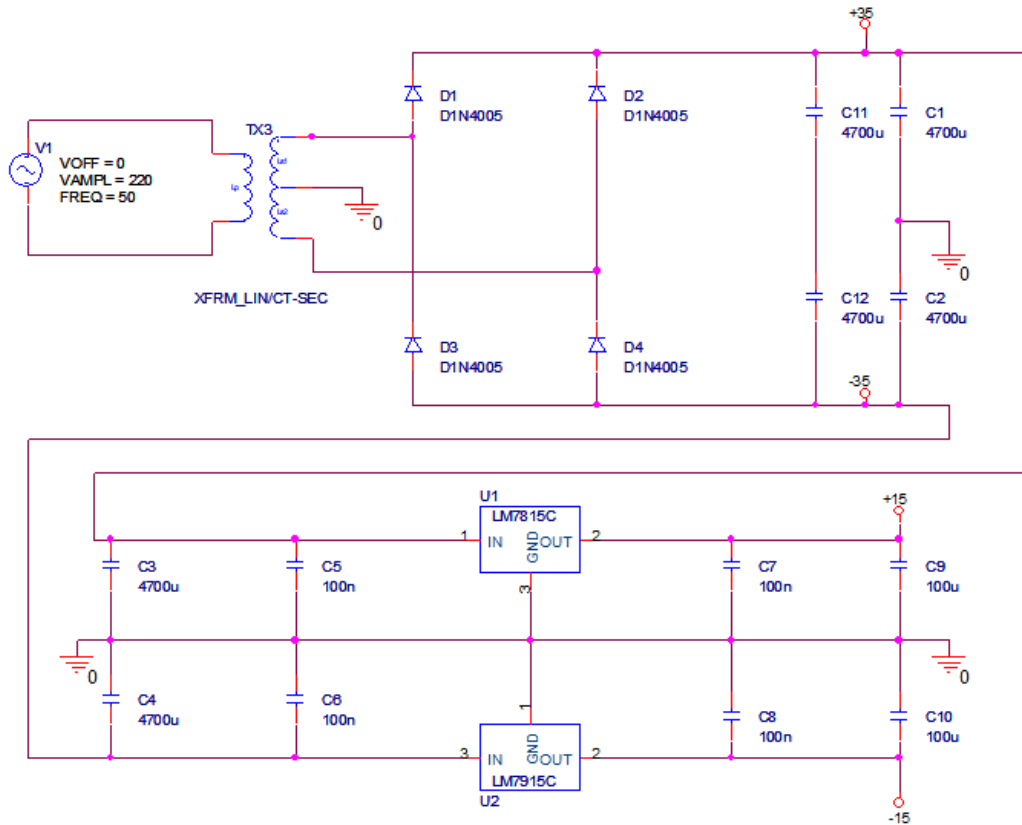
Η τάση εισόδου των σταθεροποιητών δίνεται από τον κατασκευαστή τους και δεν πρέπει σε καμία περίπτωση η τάση του κυκλώματός μας να είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από αυτή που δίνει ο κατασκευαστής.

Συνηθισμένοι στη χρήση είναι οι σταθεροποιητές της σειράς 78xx ή 79xx. Τα δύο xx δείχνουν την τάση σταθεροποίησης. Η σειρά 78xx δίνει θετική τάση εξόδου ενώ η σειρά 79xx δίνει αρνητική τάση εξόδου. Η τάση εισόδου αυτών των σταθεροποιητών σύμφωνα με τον κατασκευαστή τους πρέπει να είναι τουλάχιστον κατά 3 V μεγαλύτερη από την ονομαστική τάση στην έξοδό τους.

4.4 Υπολογισμός στοιχείων κυκλώματος

Αφού βρούμε την AC τάση που θέλουμε από το δευτερεύον του μετασχηματιστή που είναι 25 Volt , εκλέγουμε πυκνωτή εξομάλυνσης που να αντέχει στην τάση κορυφής του μετασχηματιστή που είναι $U_{AC} * 1.41 = 35 \text{ Volt}$. Ο πυκνωτής εξομάλυνσης τυπικά πρέπει να έχει χωρητικότητα 2200 μF ανά Ampere.

4.5 Κύκλωμα τροφοδοτικού



Εικόνα 4.3 Τελικό κύκλωμα τροφοδοτικού

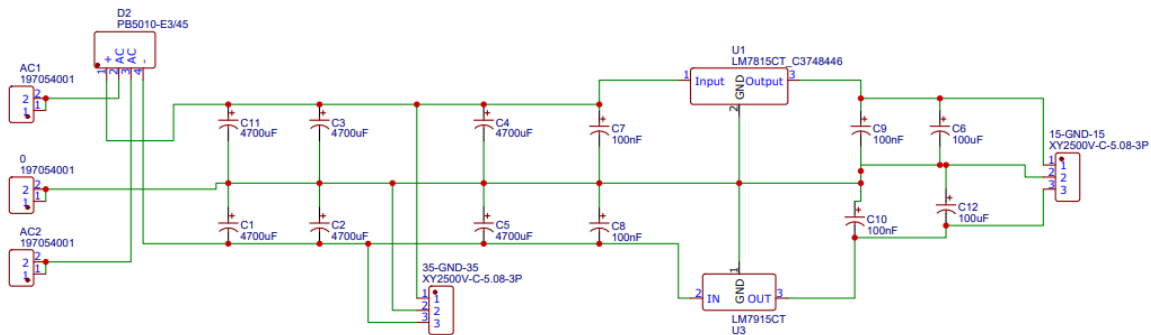
Κεφάλαιο 5ο: Σχεδίαση των pcb

Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε είναι το EasyEDA. Το EasyEDA είναι ένα δωρεάν πρόγραμμα σχεδίασης και προσομοίωσης που επιτρέπει στους μηχανικούς υλικού να μοιράζονται - δημόσια και ιδιωτικά - και να συζητούν σχηματικά, προσομοιώσεις και πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων.

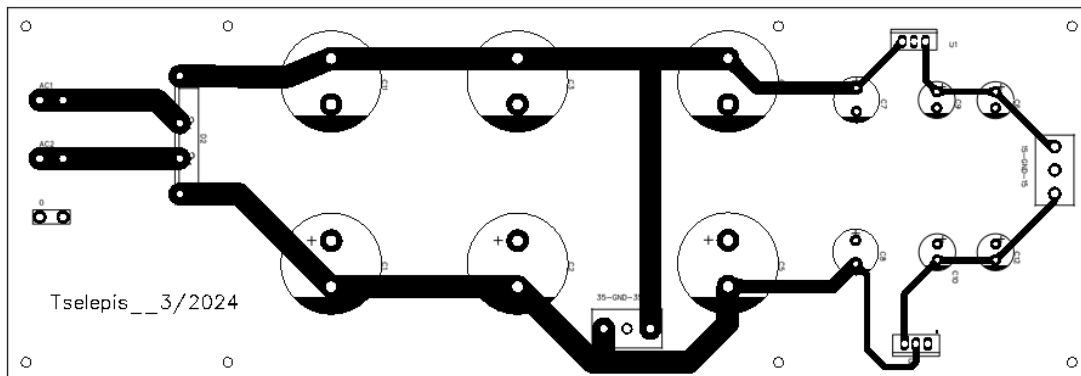
Για την κατασκευή του ενισχυτή προτιμήθηκε να κατασκευαστούν ξεχωριστά 3 πλακέτες για τον ευκολότερο έλεγχο των επιμέρων συστημάτων.

5.1 Το τροφοδοτικό

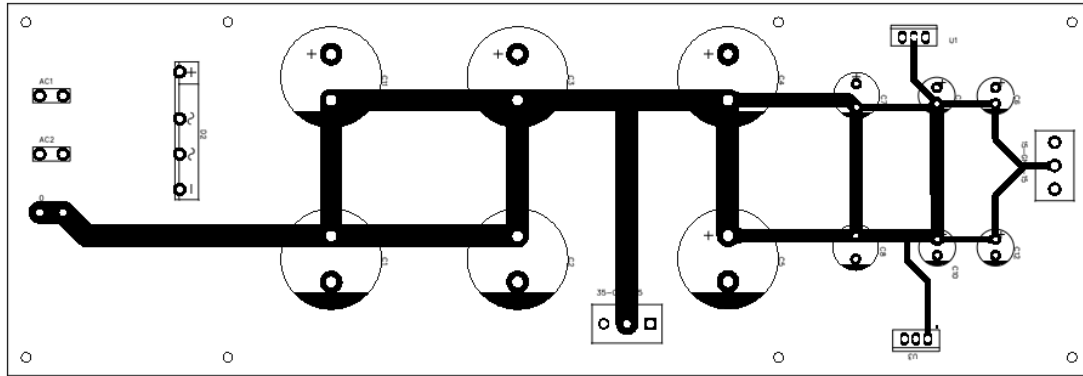
Η πλακέτα έχει διαστάσεις 236mm X 80mm και είναι δυο όψεων. Οι κύριοι δρόμοι είναι 5mm. Παρατηρώντας την εικόνα 5.2 βλέπουμε αριστερά την είσοδο AC του κυκλώματος.



Εικόνα 5.1 Κύκλωμα τροφοδοτικού στο EasyEDA



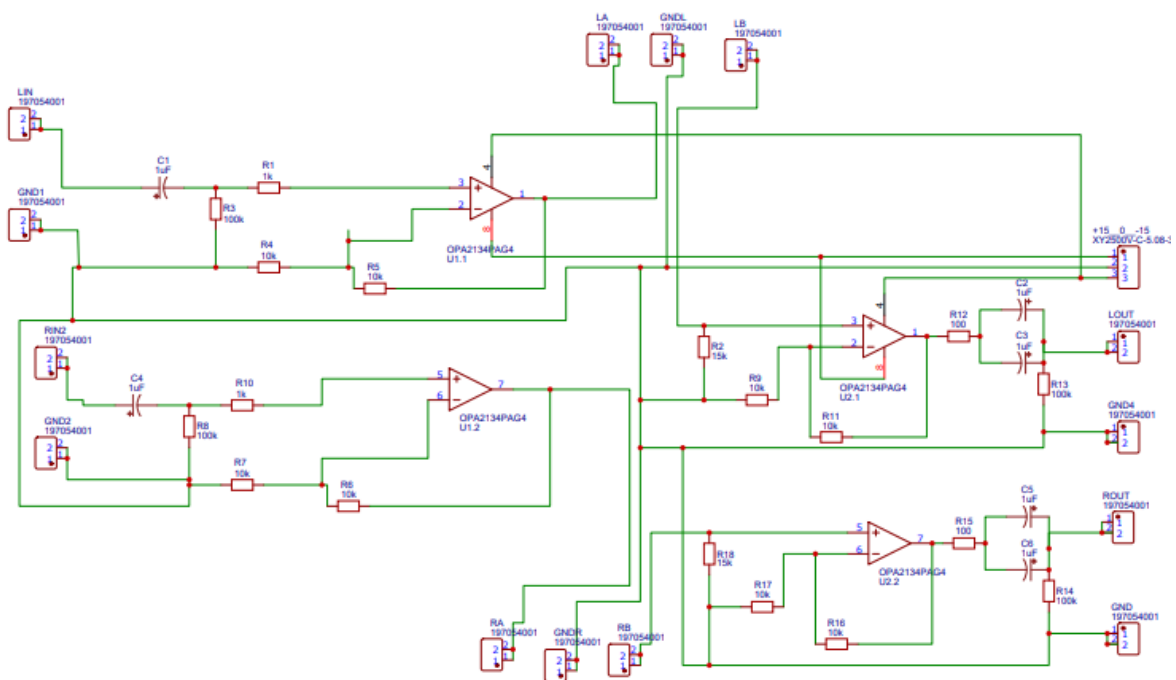
Εικόνα 5.2 Άνω όψη πλακέτας τροφοδοτικού



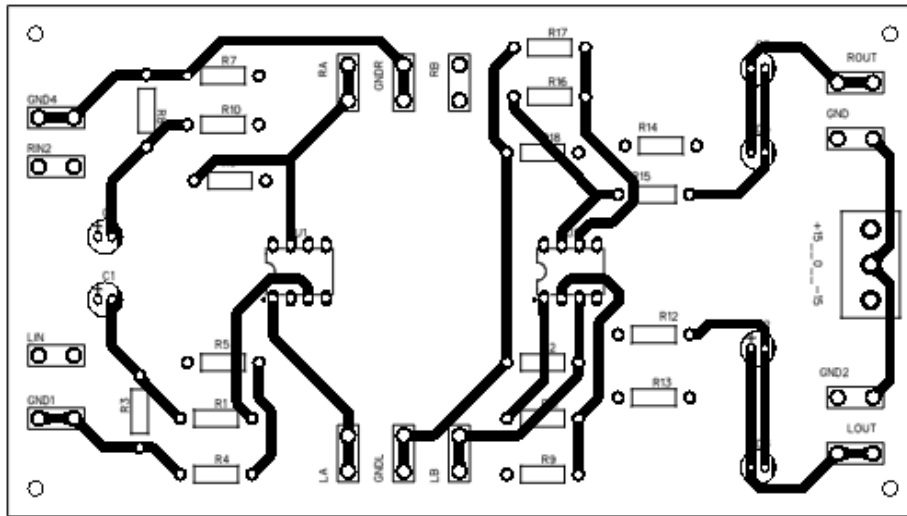
Εικόνα 5.3 Κάτω όψη πλακέτας τροφοδοτικού

5.2 Ο προενισχυτής

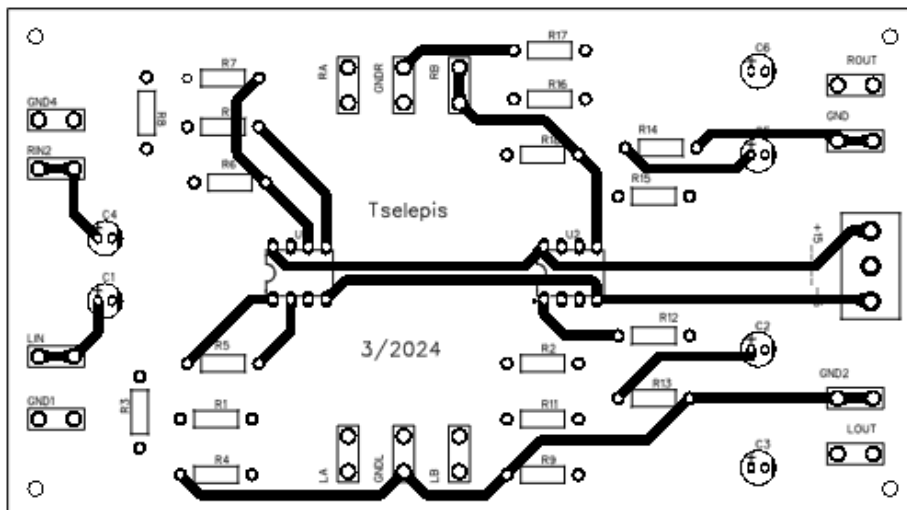
Η πλακέτα του προενισχυτή ενσωματώνει δυο στάδια ενίσχυσης για τα δυο κανάλια σήματος, μιας και κατασκευάσαμε έναν στερεοφωνικό ενισχυτή. Οι διαστάσεις της είναι 132mm X 70mm και είναι δύο όψεων. Ανάμεσα στο πρώτο και στο δεύτερο στάδιο ενίσχυσης γίνεται ο έλεγχος της έντασης και της ισορροπίας του σήματος (balance and volume control). Για την ευκολότερη τοποθέτηση στο τελικό κουτί επιλέξαμε αυτός ο έλεγχος να γίνεται απομακρυσμένα σε ξεχωριστή πλακέτα.



Εικόνα 5.4 Κύκλωμα προενισχυτή στο EasyEDA



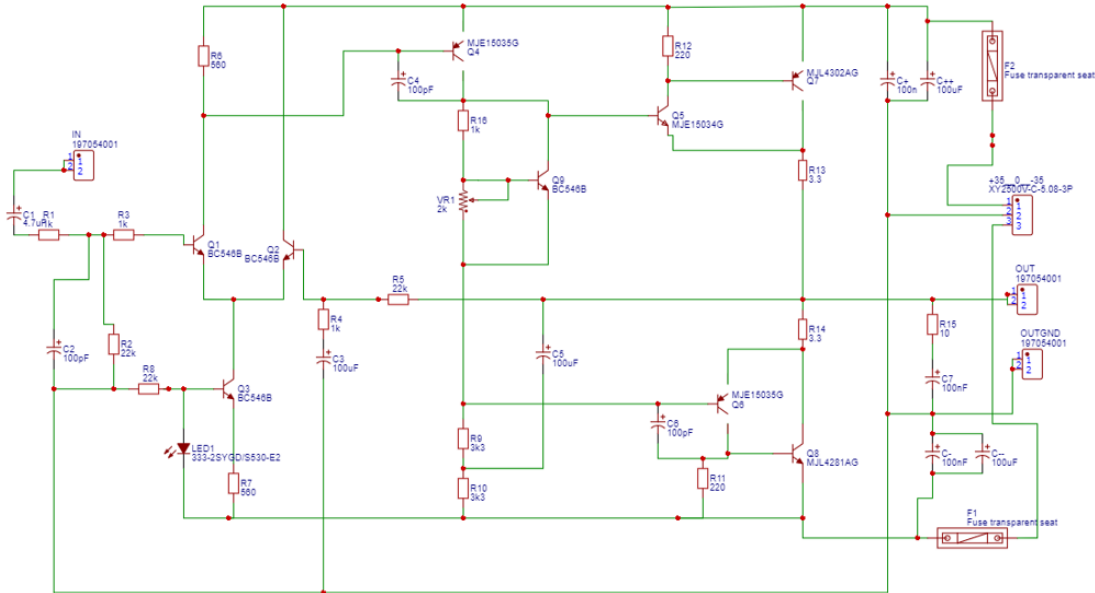
Εικόνα 5.5 Άνω όψη πλακέτας προενισχυτή



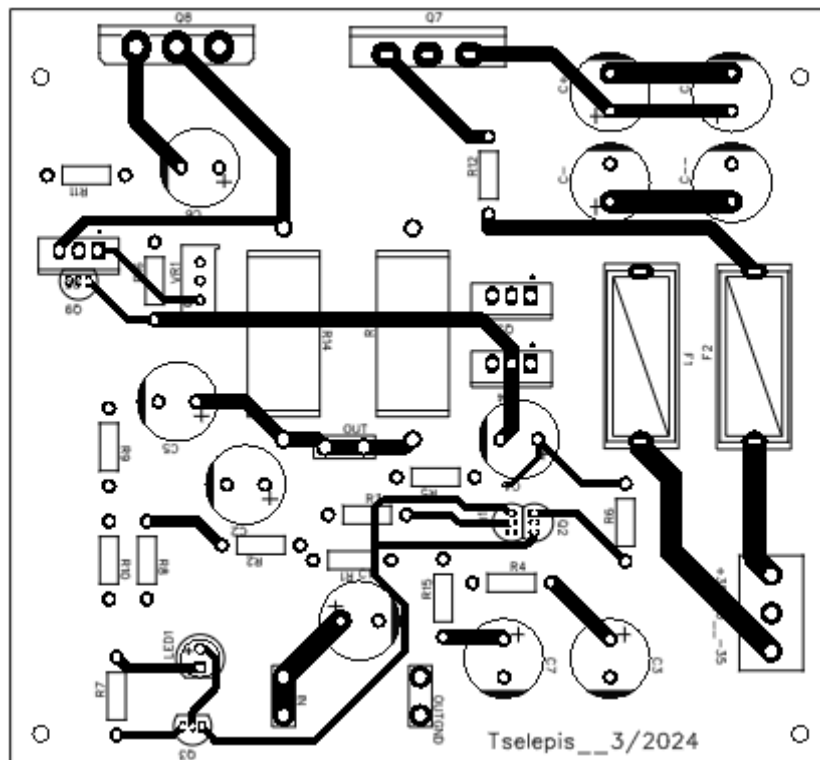
Εικόνα 5.6 Κάτω όψη πλακέτας προενισχυτή

5.3 Ο τελικός ενισχυτής

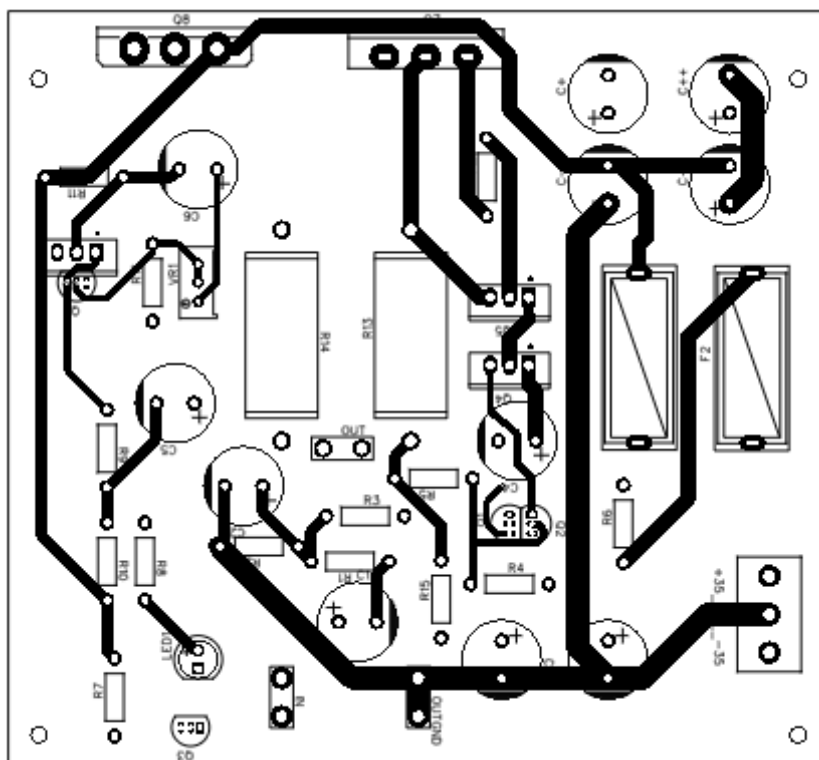
Η πλακέτα του τελικού ενισχυτή έχει διαστάσεις 110mm X 100mm και είναι δύο όψεων. Λόγω της πολυπλοκότητας του τελικού ενισχυτή κατασκευάστηκε ένα κανάλι αν πλακέτα. Για μεγαλύτερη ασφάλεια έχουν τοποθετηθεί δυο γυάλινες ασφάλειες των 2Α.



Εικόνα 5.7 Κύκλωμα τελικού ενισχυτή στο EasyEDA



Εικόνα 5.8 Άνω όψη πλακέτας τελικού ενισχυτή

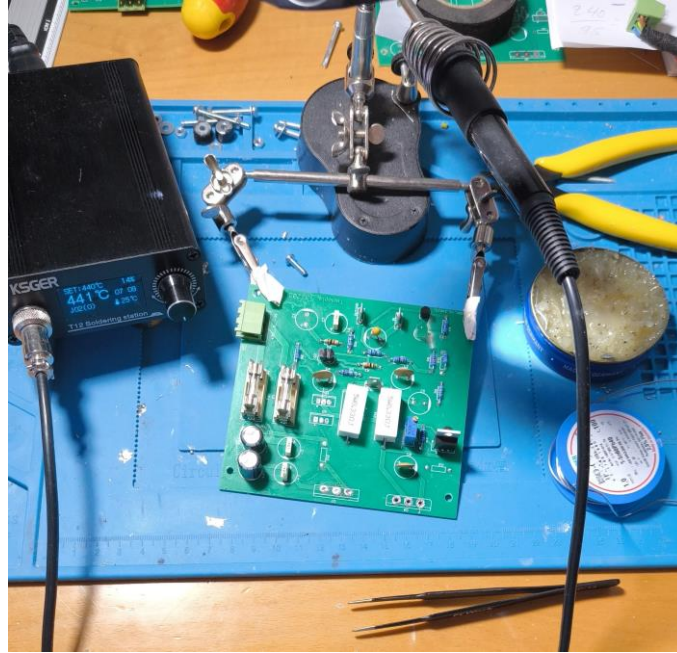


Εικόνα 5.9 Κάτω όψη πλακέτας τελικού ενισχυτή

Κεφάλαιο 6ο: Τελική κατασκευή και μετρήσεις

6.1 Εισαγωγή

Η ποριά της τελικής κατασκευής του ενισχυτή είχε ως εξής. Αρχικά στάλθηκαν τα απαιτούμενα αρχεία σε γνωστό site παραγωγής τυπωμένων κυκλωμάτων. Έπειτα αφότου βρέθηκαν όλα τα υλικά ξεκίνησε η κόλληση αυτών. Χρησιμοποιήθηκε υψηλής ποιότητας καλάι 1mm περιεκτικότητας 2.5% Flux.



Εικόνα 6.1 Περιβάλλον εργασίας

Για ελαχιστοποίηση του κόστους χρησιμοποιήθηκε το κουτί ενός παλιού ενισχυτή στο οποίο μετά της αφαίρεση όλων των κουμπιών και πλακετών βάφτηκε και ξεκίνησε η τοποθέτηση όλων των απαιτούμενων συστημάτων του ενισχυτή μας. Οι πλακέτες τοποθετήθηκαν πάνω σε ξύλο τύπου μελαμίνης πάχους 15 mm όπως στην εικόνα 6.2. Τέλος για την σύνδεση της τροφοδοσίας και του σήματος σε όλες τις επιμέρους πλακέτες χρησιμοποιήθηκαν χάλκινα καλώδια ηλεκτρολογικού τύπου διατομής 1,5mm.



Εικόνα 6.2 Πρόχειρη τοποθέτηση των πλακετών

6.2 Οι όψεις του ενισχυτή

Όπως προαναφέρθηκε για κουτί της κατασκευής χρησιμοποιήθηκε ένας παλιός ενισχυτής. Στην πίσω όψη (εικόνα 6.3) τοποθετήθηκαν στις θέσεις:

1. η στερεοφωνική είσοδος του σήματος του ενισχυτή με βύσματα τύπου RCA
2. γυάλινη ασφάλεια 2A για τα 220 Volt που αναλαμβάνει ρόλο γενικής ασφάλειας της κατασκευής
3. είσοδος ρεύματος 220 Volt AC
4. έξοδος σήματος προς ηχεία με βύσματα τύπου speakon



Εικόνα 6.3 Πίσω όψη ενισχυτή

Στην εμπρός όψη (εικόνα 6.4) τοποθετήθηκαν στις θέσεις:

1. γενικός διακόπτης όλου του ενισχυτή
2. διακόπτης ενεργοποίησης των ανεμιστήρων
3. διακόπτης ενεργοποίησης του φωτισμού led
4. ποτενσιόμετρο ελέγχου ισορροπίας(balance)
5. ποτενσιόμετρο ελέγχου έντασης(volume)

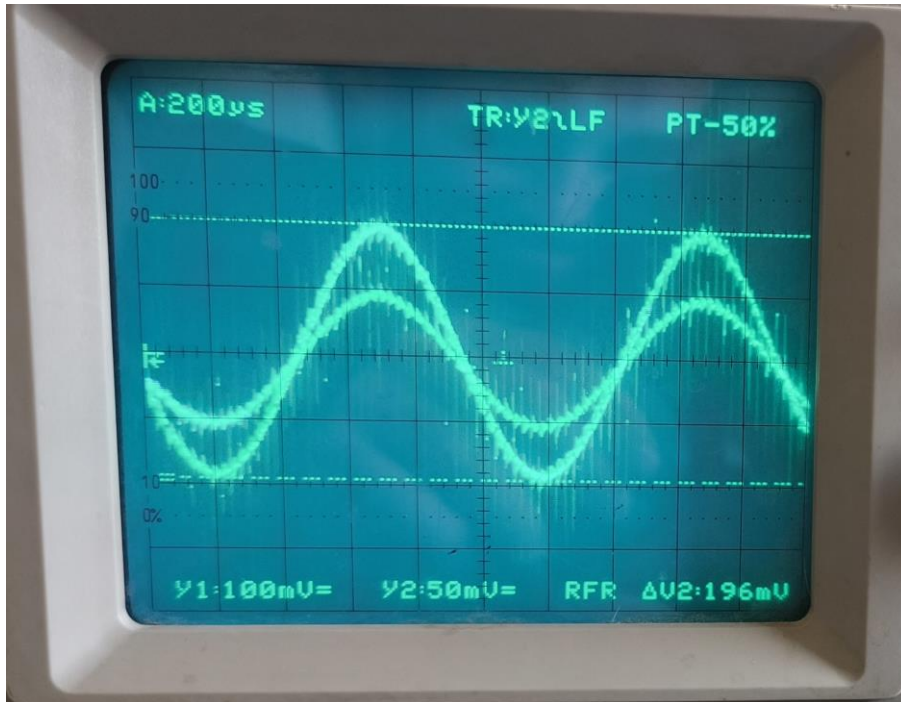


Εικόνα 6.4 Εμπρός όψη ενισχυτή

6.3 Πειραματικές μετρήσεις

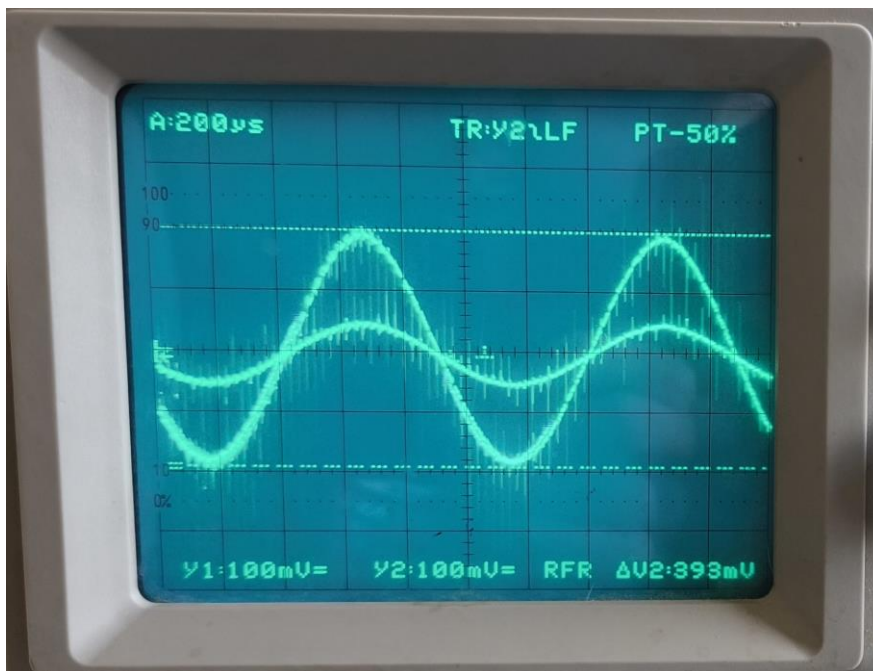
6.3.1 Μέτρηση προενισχυτή

Αρχικά εφαρμόστηκε στην είσοδο του προενισχυτή ημιτονικό σήμα 196 mVolt(p-p) (εικόνα 6.5).



Εικόνα 6.5 Είσοδος προενισχυτή

Μετρήθηκε στην έξοδο ημιτονικό σήμα 393 mVolt(p-p) (εικόνα 6.6).



Εικόνα 6.6 Έξοδος προενισχυτή

Το κέρδος του προενισχυτή είναι:

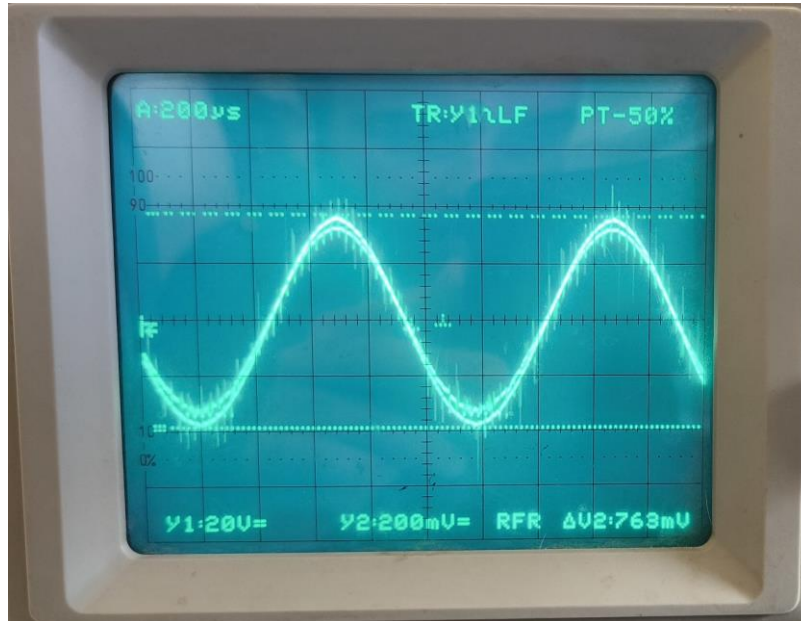
$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{393}{196} = 2,005$$

6.1

Από τους υπολογισμούς περιμέναμε ένα κέρδος περίπου 2 οπότε είναι πολύ κοντά.

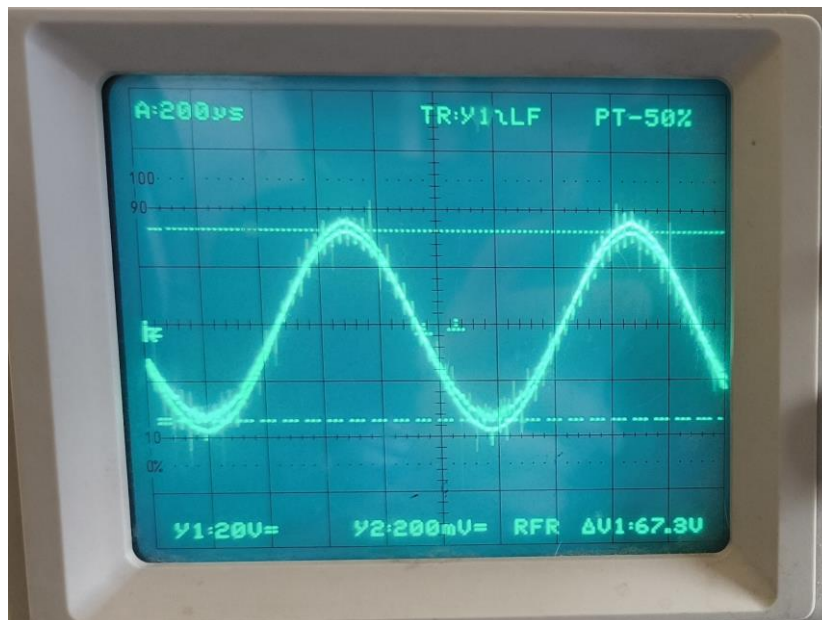
6.3.2 Μέτρηση τελικού ενισχυτή

Για την μέτρηση του τελικού ενισχυτή πραγματοποιήσαμε 2 μετρήσεις, μια χωρίς φορτίο και μία με φορτίο $8\ \Omega$. Εφαρμόζοντας στην είσοδο του προενισχυτή ημιτονικό σήμα πλάτους $763\ \text{mV}$ (p-p) (Εικόνα 6.7)



Εικόνα 6.7 Είσοδος προενισχυτή

μετρήσαμε χωρίς φορτίο στην έξοδο του τελικού ενισχυτή $67.3\ \text{V}$ (p-p) (Εικόνα 6.8).

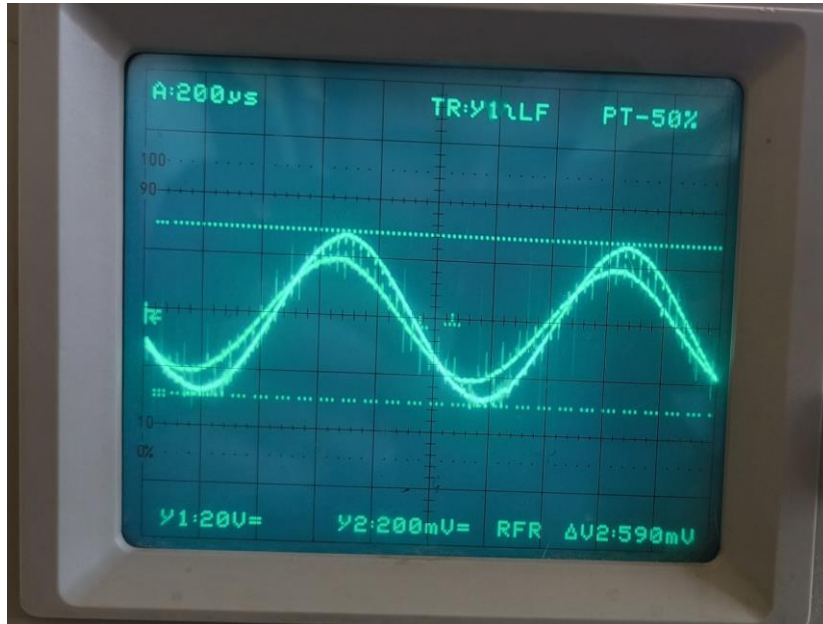


Εικόνα 6.8 Έξοδος ενισχυτή χωρίς φορτίο

Το κέρδος του τελικού ενισχυτή χωρίς φορτίο είναι:

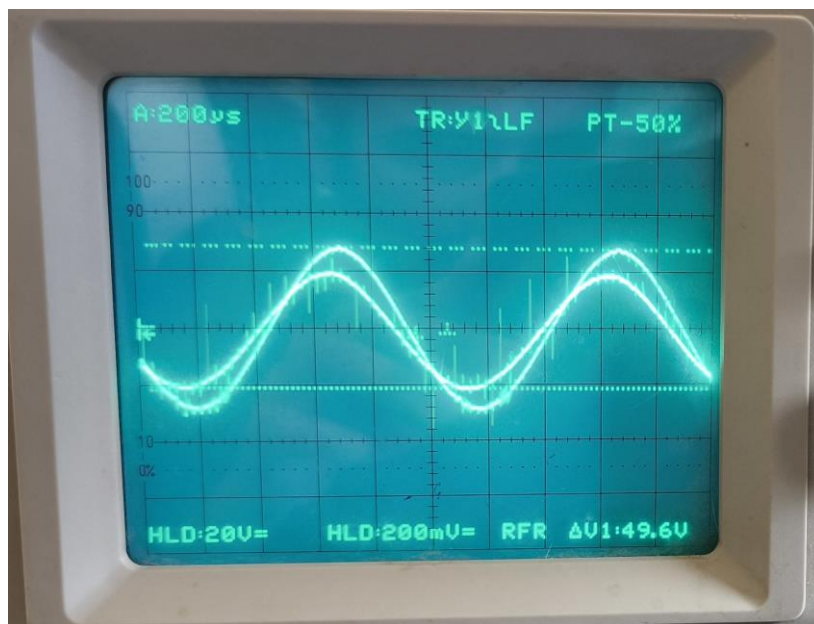
$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{67,3}{0,763} = 88,2 \quad 6.2$$

Έπειτα συνδέθηκε στην έξοδο του τελικού ενισχυτή ηχείο αντίστασης 8 Ω. Εφαρμόζοντας στην είσοδο του προενισχυτή ημιτονικό σήμα πλάτους 590 mV (p-p) (Εικόνα 6.9) .



Εικόνα 6.9 Είσοδος προενισχυτή

μετρήσαμε στην έξοδο του τελικού ενισχυτή 49.6 Volt (p-p) (Εικόνα 6.10).



Εικόνα 6.10 Έξοδος ενισχυτή με φορτίο 8 Ω

Το κέρδος του τελικού ενισχυτή με φορτίο είναι:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{49,6}{0,590} = 84,06 \quad 6.3$$

Η απόδοση σε watt για φορτίο 8 Ω του ενισχυτή είναι:

$$P = \frac{V_{RMS}^2}{R} = \frac{17.53^2}{8} = \frac{307.3}{8} = 38Watt \quad 6.4$$

Αν και η απόδοση σε Watt μπορεί να μοιάζει μικρή ο ενισχυτής μετρήθηκε με πολύ μικρό bias current για να αποφύγουμε τις μεγάλες θερμοκρασίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Χρήστου Ε. Παπακίτσου *Ραδιοφωνία (ραδιοεπικοινωνία)* Ηλεκτρονικού- εκπαιδευτικού.
- [2] Νίκος Τουσουνής-Σωτήρης Κόρδας *Ηλεκτρονικές ηχητικές διατάξεις Θεωρία και Πράξη* Εκδόσεις Ίων.
- [3] Κων/νου Κουλούρη-Αντώνη Πετρίδη *Ηχοτεχνία* Εκδόσεις Ίων.
- [4] Malvino *Ηλεκτρονική* 6^η έκδοση Εκδόσεις Τζιόλα
- [5] Παντέλη Χρ. Βαφειάδη *Βασική θεωρία και εφαρμογές των Τρανζίστορ και ολοκληρωμένων κυκλωμάτων* Δεύτερη έκδοση.
- [6] John C. Morris *Applied Electronics* Edward Arnold,
- [7] John C. Morris *Analogue Electronics* Butterworth-Heinemann