

Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΙΣΧΥΤΗ ΤΥΠΟΥ
COMBO ΓΙΑ ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΜΟΥΣΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ*



ΦΟΙΤΗΤΗΣ: Ανδρέας Γαβριήλ
Α.Μ.: 848
ΕΠΙΒΛΕΠΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: κ. Καραδελόγλου Πρόδρομος

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2009

Αυτή η πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα «Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής».

Θερμές Ευχαριστίες στους:

Επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Καραδελόγλου Πρόδρομο για την βοήθεια του κατά την διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής αυτής, καθώς και για την εμπιστοσύνη την οποία μου έδειξε.

κ. Πιοτογιαννάκη Στέλιο για την βοήθεια του όσον αφορά την εύρεση των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που χρειάστηκα.

Καθώς και σε όλους εκείνους που με τον τρόπο τους έμμεσα ή άμεσα με στήριξαν για να φέρω εις πέρας την εργασία αυτή.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Πρόλογος.....	4
2. Εισαγωγή	5
3. Σχεδιασμός και ανάλυση της κατασκευής	10
3.1 Διάγραμμα ροής	10
3.2 Προ-ενισχυτής (Preamplifier)	10
3.3 Ισοσταθμιστής συχνοτήτων (Equalizer).....	14
3.4 Τελικός ενισχυτής (Power amplifier).....	17
3.5 Φίλτρο διαχωρισμού συχνοτήτων (Crossover filter).....	23
3.6 Μεγάφωνα.....	28
3.7 Τροφοδοσία.....	31
4. Σύνδεση των βαθμίδων – Έλεγχος του rack.....	32
5. Σχεδιασμός και κατασκευή της καμπίνας.....	35
6. Παράρτημα.....	42
7. Βιβλιογραφία.....	45

1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ:

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι να σχεδιάσω και να κατασκευάσω ένα ενισχυτή τύπου combo ο οποίος θα αυξάνει την ισχύ του σήματος που θα δέχεται στη είσοδο του. Για να λειτουργεί θα χρησιμοποιεί ηλεκτρικό ρεύμα 220 Volt με την χρήση κατάλληλου μετασχηματιστή.

Στην βαθμίδα εισόδου θα δέχεται σήματα τύπου line και τύπου mic. Θα αποτελείται από βαθμίδα προ-ενίσχυσης (gain). Ενώ το σήμα ακολούθως θα περνά από σειρά φίλτρων τα οποία θα δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να αυξάνει ή να ελαττώνει την διέλευση συγκεκριμένων περιοχών συχνοτήτων.

Η βαθμίδα εξόδου θα αποτελείται από ενισχυτή ισχύος ο οποίος θα οδηγεί τα δύο μεγάφωνα τα οποία θα καλύπτουν το συχνοτικό φάσμα των ακουστικών μουσικών οργάνων. Επίσης θα σχεδιάσω και θα κατασκευάσω το κύκλωμα crossover το οποίο θα συμβάλλει στο σωστό διαχωρισμό των συχνοτήτων στα δύο μεγάφωνα. Ακόμη θα έχει έξοδο η οποία θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε το σήμα να οδηγηθεί σε μια κονσόλα και ο ενισχυτής να δουλεύει σαν monitor παράλληλα.

Όλα αυτά θα περικλείονται σε μια ξύλινη κατασκευή-κουτί για να παρέχεται προστασία στον ενισχυτή και να μπορεί να μεταφέρεται από τον μουσικό.

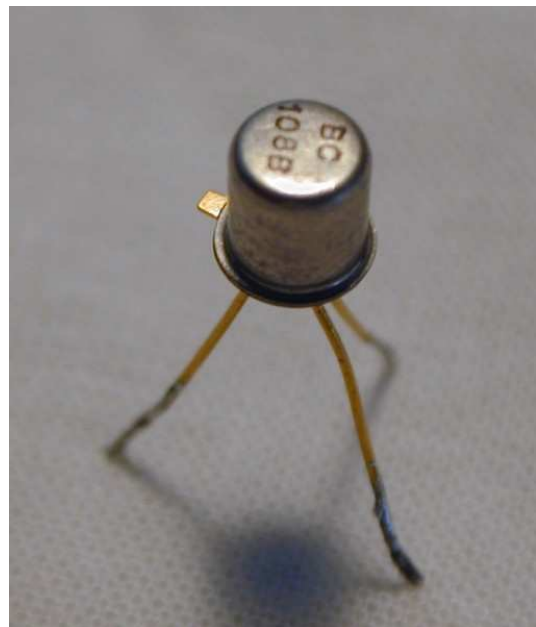
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Ενισχυτής ονομάζεται κάθε διάταξη με ενεργά στοιχεία, η οποία δέχεται στην είσοδο της ένα ηλεκτρικό σήμα και το εμφανίζει στην έξοδο της με την ίδια μορφή, αλλά με ισχύ μεγαλύτερη από αυτήν της εισόδου. Ένας ενισχυτής είναι μια σύνθετη συσκευή που αποτελείται από έναν αριθμό ενισχυτικών βαθμίδων τοποθετημένων σε σειρά, μέσα από τις οποίες το σήμα περνάει διαδοχικά, ώστε να αυξηθεί η ισχύς του. Τα δύο βασικά στάδια που απαρτίζουν ένα ενισχυτή είναι ο προ-ενισχυτής (preamplifier) και ο τελικός ενισχυτής ή ενισχυτής ισχύος (power amplifier).

Οι ενισχυτές αρχικά βασίστηκαν στις λυχνίες κενού (βλ. Σχήμα 1), οι οποίες αποτέλεσαν για αρκετές δεκαετίες και το μοναδικό εξάρτημα ενίσχυσης που είχε στη διάθεση της η τεχνολογία. Η εμπορική εξάπλωση των transistors (βλ. Σχήμα 2), αρχικά με την μορφή διπολικών transistor (B.J.T bipolar junction transistor) και στην συνέχεια με τη μορφή των transistor επίδρασης πεδίου (F.E.T. : field effect transistors), μείωσε το κόστος κατασκευής, αύξησε την αξιοπιστία και βοήθησε στην εξάπλωση των καταναλωτικών ηλεκτρονικών και κατ' επέκταση των στερεοφωνικών ενισχυτών. Τις τρεις τελευταίες δεκαετίες έγινε ένα ακόμα βήμα εξέλιξης στους ενισχυτές, με την καθιέρωση της ευρείας χρήσης των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (βλ. Σχήμα 3), τα οποία μείωσαν ακόμα περισσότερο το κόστος και πρόσφεραν ακόμα μεγαλύτερη αξιοπιστία με ταυτόχρονη θεαματική μείωση του μεγέθους των συσκευών.



Σχήμα 1. Vacuum tube



Σχήμα 2. Transistor



Σχήμα 3. Chip

Ο ενισχυτής τύπου combo πήρε την ονομασία του από την σύμπτυξη της αγγλικής λέξης combination που σημαίνει συνδυάζω, ενώνω. Οι πρώτοι ενισχυτές combo σχεδιάστηκαν για ηλεκτρικές κιθάρες. Τα πρώτα παραδείγματα combo ενισχυτών εμφανίστηκαν στις αρχές του 1930 τότε που πρωτοκατασκευάστηκαν οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές οι οποίοι βοήθησαν στην κατασκευή οικονομικότερων και πιο εύχρηστων τροφοδοτικών (power supply) τα οποία τοποθετήθηκαν στους combo ενισχυτές. Συνεπώς δεν χρειαζόταν να μετακινούν τεράστιες μπαταρίες για να παρέχουν στις λάμπες κενού (vacuum tubes) την απαιτούμενη ισχύ, αλλά την είχαν μέσω του ενσωματωμένου τροφοδοτικού που είχε ο ενισχυτής και ήταν συνδεδεμένο με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Παρ' όλο που οι πρώτοι ενισχυτές σχεδιάστηκαν για ηλεκτρικές κιθάρες το 1940 έγιναν πολύ δημοφιλείς αφού άρχισαν να χρησιμοποιούνται και στις ακουστικές κιθάρες οι οποίες έπαιζαν χαβανέζικη μουσική.

Στα μέσα του 1950, τα μεγάφωνα που χρησιμοποιούνταν καθώς και η χαμηλή ισχύς των ενισχυτών (<15 watts) είχαν σαν αποτέλεσμα μια φτωχή απόκριση στις χαμηλές και στις υψηλές συχνότητες. Επίσης κάποια μοντέλα που θεωρούνταν καλύτερα παρείχαν ενσωματωμένες μονάδες reverb και tremolo.

Το 1960 ξεκίνησαν τα πρώτα πειράματα από τους κιθαρίστες για την δημιουργία distortion (παραμόρφωσης), υπέρ-οδηγώντας (overdrive) σκόπιμα τους ενισχυτές. Ο κιθαρίστας των The Kinks, Dave Davies, παρήγαγε ένα πρώιμο είδος distortion effect συνδέοντας την έξοδο ενός ενισχυτή στην είσοδο κάποιου άλλου κάτι το οποίο δεν είχαν φανταστεί μέχρι τότε οι σχεδιαστές ενισχυτών. Αργότερα οι περισσότεροι ενισχυτές είχαν ενσωματωμένες μονάδες distortion οι οποίες παρείχαν ασφάλεια, στα κυκλώματα και στα μεγάφωνα, και αξιοπιστία στους παραγόμενους ήχους.



Σχήμα 4. Μοντέλο 3-HGA ενισχυτή στα τέλη του 1940

Οι ενισχυτές combo συνεχώς εξελίσσονταν αφού παρατηρούσαν ότι οι πρώτοι ενισχυτές κιθάρων δεν μπορούσαν να αντεπεξέλθουν στις απαιτήσεις που είχαν άλλα μουσικά όργανα όπως το μπάσο και τα πλήκτρα. Έτσι ξεκίνησαν να χρησιμοποιούν μεγάφωνα που να αναπαράγουν και άλλες συχνοτικές περιοχές καθώς επίσης κατασκεύαζαν τους ενισχυτές να παράγουν μεγαλύτερη ισχύ.

Σήμερα είναι διαθέσιμοι πολλοί τύποι ενισχυτών μεταξύ των οποίων υπάρχουν ενισχυτές για γενική χρήση, άλλοι σχεδιασμένοι για συγκεκριμένα μουσικά όργανα και άλλοι για συγκεκριμένα μουσικά ηχοχρώματα.

Μερικοί εξ' αυτών των τύπων είναι:

1) Παραδοσιακοί ενισχυτές κιθάρας: έχουν ένα καθαρό, ζεστό ήχο, ένα αισθητό treble και συνήθως συμπεριλαμβάνουν μονάδες reverb και tremolo. Αυτοί οι ενισχυτές συνήθως χρησιμοποιούνται στο παραδοσιακό rock, blues και από μουσικούς της country.

2) Ενισχυτές κιθάρας για hard rock: συνηθίζεται να περιλαμβάνουν έλεγχο της προ-ενίσχυσης, αυξομείωση συχνοτικών περιοχών και distortion effect το οποίο χαρακτηρίζει τον τύπο του ενισχυτή.

3) Ενισχυτές μπάσου: περιλαμβάνουν compressors και limiters τα οποία βοηθούν στο να μην παραμορφώνει ο ήχος που παράγει ο ενισχυτής σε υψηλές στάθμες έντασης, καθώς επίσης παρέχουν

balanced έξοδο για κατευθείαν σύνδεση στην κονσόλα. Ακόμη διαθέτουν ανεμιστήρα ο οποίος προστατεύει τον ενισχυτή από υπερθέρμανση.

4) Ενισχυτές πλήκτρων (keyboards): έχουν πολύ χαμηλή παραμόρφωση και επίπεδη συχνотική απόκριση.

5) Ακουστικός ενισχυτής: είναι παρόμοιος με τον ενισχυτή των πλήκτρων αλλά είναι ειδικά σχεδιασμένος για να παράγει ένα καθαρό, διάφανο ακουστικό ήχο όταν χρησιμοποιείται από ακουστικά μουσικά όργανα από τα οποία ο ήχος λαμβάνεται είτε από μαγνήτες, είτε από μικρόφωνο.

Υπάρχουν δύο εκδόσεις ενισχυτών τύπου combo (βλ. Σχήμα 5). Στην μια έκδοση η κεφαλή του ενισχυτή, που εμπεριέχει όλα τα ηλεκτρονικά κυκλώματα, και τα μεγάφωνα εμπερικλείονται μαζί σε μια ενιαία κατασκευή. Στην άλλη περίπτωση η κεφαλή του ενισχυτή είναι ξεχωριστή από την καμπίνα των μεγαφώνων και όταν χρησιμοποιούνται η κεφαλή τοποθετείται πάνω από την καμπίνα των μεγαφώνων και μεταξύ τους ενώνονται με καλώδια.



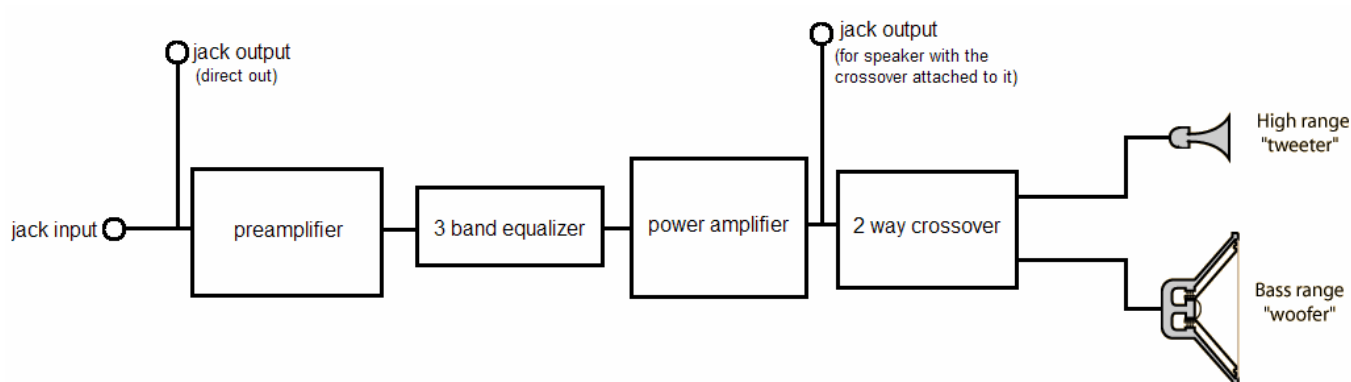
Σχήμα 5. Οι δύο εκδόσεις ενισχυτών combo.

Δεν διαθέτουν όλοι οι ενισχυτές τις ίδιες βαθμίδες απ' όπου περνάει το σήμα μέχρι την τελική του έξοδο. Οι βαθμίδες που έχουν όλοι είναι το κύκλωμα προ-ενίσχυσης, το κύκλωμα τελικού ενισχυτή ή ενισχυτή ισχύος και κάποιου είδους συγκεκριμένα φίλτρα που δίνουν την δυνατότητα διαφοροποίησης του ηχοχρώματος. Τώρα σε άλλους ενισχυτές είναι δυνατό να συναντήσουμε κάποιες μονάδες distortion, reverb, delay και γενικότερα κάποια effects.

3. Σχεδιασμός και ανάλυση της κατασκευής:

3.1 Διάγραμμα Ροής:

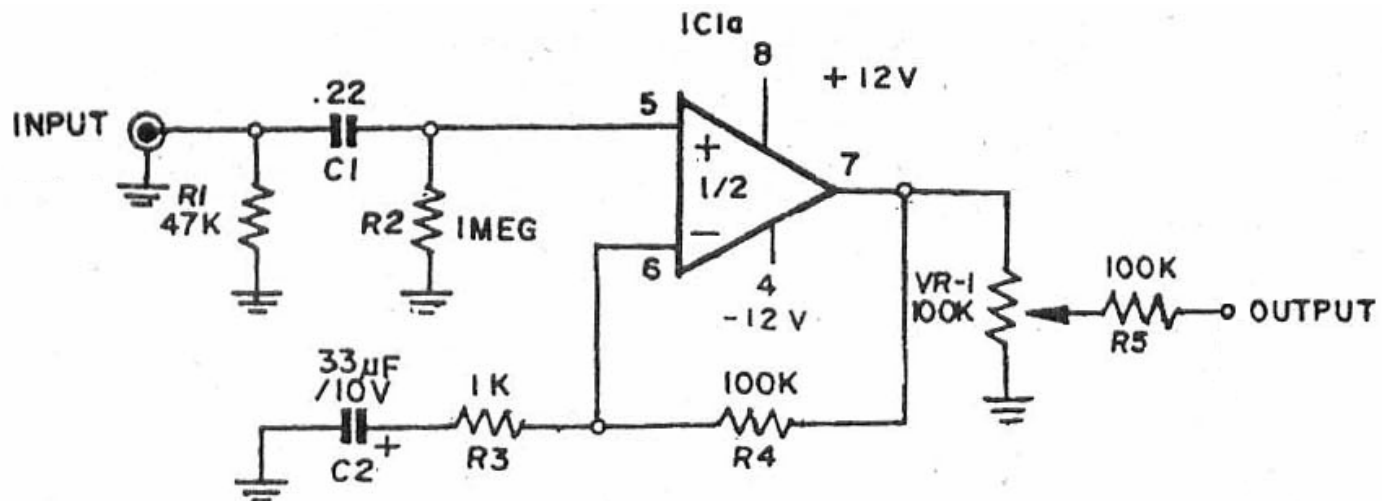
Το σήμα που θα έρχεται από το μουσικό όργανο και θα δέχεται ο ενισχυτής στην είσοδο του θα ακολουθεί το διάγραμμα ροής όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.



Σχήμα 6. Το διάγραμμα ροής του ενισχυτή.

3.2 Προ-ενισχυτής (preamplifier):

Το κύκλωμα προ-ενίσχυσης (βλ. Σχήμα 7) προσδίδει στο σήμα που δέχεται στην είσοδο του κάποια μικρή ενίσχυση έτσι ώστε αυτό να μπορεί δεχθεί επεξεργασία και να μπορεί να διέρχεται μέσα από τα υπόλοιπα κυκλώματα χωρίς να επηρεάζεται από τις αντιστάσεις που πιθανόν να του παρουσιαστούν. Το συγκεκριμένο που χρησιμοποιήσα είναι ένα κύκλωμα ενός τελεστικού ενισχυτή (TL082CN) με μη αναστρέφουσα ανάδραση τάσης. Ο όρος ανάδραση τάσης χρησιμοποιείται επειδή στην αναστρέφουσα είσοδο επιστρέφει ένα μέρος της τάσης εξόδου. Ένα ενισχυτής με μη αναστρέφουσα ανάδραση τάσης έχει άπειρη σύνθετη αντίσταση εισόδου, μηδενική σύνθετη αντίσταση εξόδου και σταθερό κέρδος τάσης.



Σχήμα 7. Το κύκλωμα προ-ενίσχυσης.

C1: Πυκνωτής σύζευξης ο οποίος επιτρέπει την διέλευση της ac συνιστώσας και εμποδίζει την διέλευση της dc συνιστώσας εάν υπάρχει. Αυτό συμβαίνει γιατί η συχνότητα του συνεχές ρεύματος είναι μηδέν και βάση του τύπου $X_C = 1 / (2\pi fC)$ η X_C γίνεται άπειρη για κάθε dc σήμα και επομένως δεν περνά.

C2: Πυκνωτής απόζευξης ή παράκαμψης. Αποτελεί βραχυκύκλωμα για ένα ac σήμα και έτσι με την τοποθέτηση του ελαχιστοποιείτε η παραμένουσα τάση εξόδου. Η παραμένουσα τάση εξόδου εμφανίζεται εάν τα dc ρεύματα των εκπομπών των τρανζίστορ που βρίσκονται στο ολοκληρωμένο δεν είναι ίσα.

R1: Αντίσταση εισόδου. Η οποία πρέπει να είναι τουλάχιστον δέκα φορές μεγαλύτερη από την αντίσταση εξόδου του κυκλώματος που θα δώσει στον προ-ενισχυτή το ac σήμα για να το ενισχύσει.

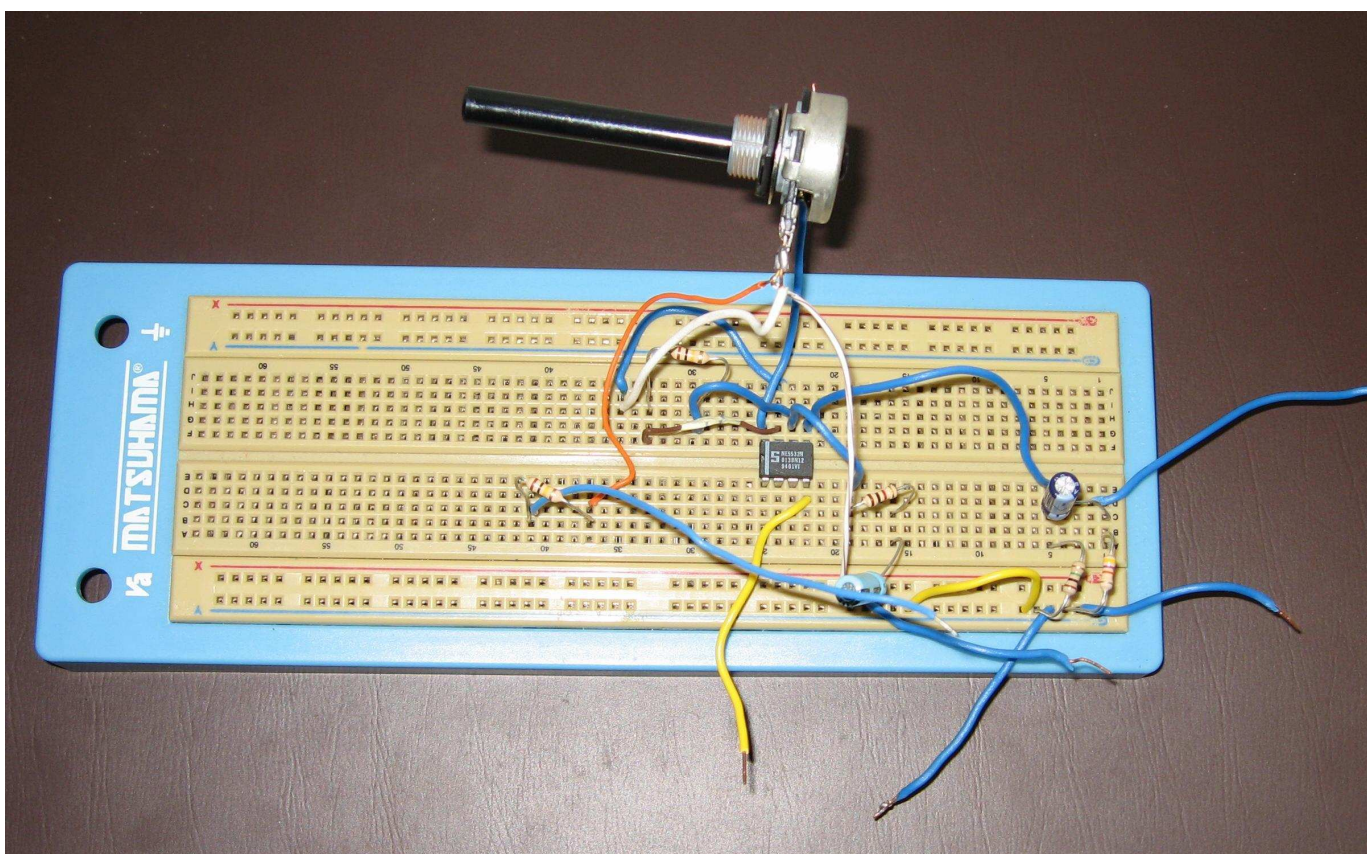
R3: Χρησιμοποιείται σαν διαιρέτης τάσης και έτσι ένα δείγμα της τάσης εξόδου γίνεται η τάση ανάδρασης.

R4: Αντίσταση ανάδρασης η οποία είναι βασική για την ρύθμιση του κέρδους τάσης.

R5: Αντίσταση εξόδου του κυκλώματος όπου με βάση το $10Z_{out} \leq Z_{in}$ θα γίνει η σύζευξη του με την είσοδο του κυκλώματος που ακολουθεί.

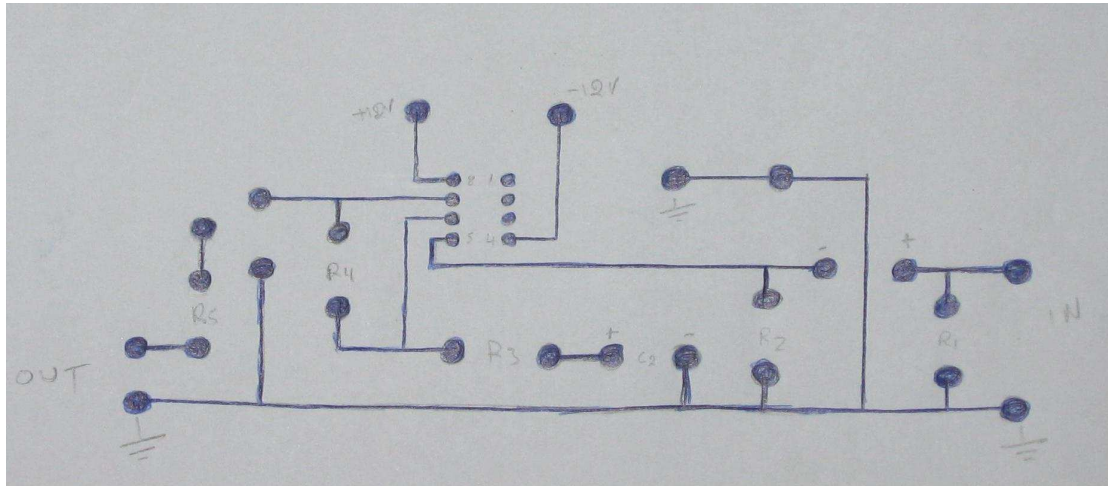
VR-1: Μεταβλητή αντίσταση η οποία καθορίζει πόσο από το ενισχυμένο σήμα θα περάσει στην έξοδο του προ-ενισχυτή.

Αρχικά το παραπάνω κύκλωμα το υλοποίησα πάνω στο breadboard (βλ. Σχήμα 8) βάζοντας στην είσοδο του σήμα από την γεννήτρια, παρατηρούσα την έξοδο του στον παλμογράφο για να δω πώς συμπεριφέρεται στο φάσμα συχνοτήτων. Αφού έκρινα ότι έχει ικανοποιητική απόκριση προχώρησα στην μόνιμη υλοποίηση του, δηλαδή πάνω σε πλακέτα χαλκού.

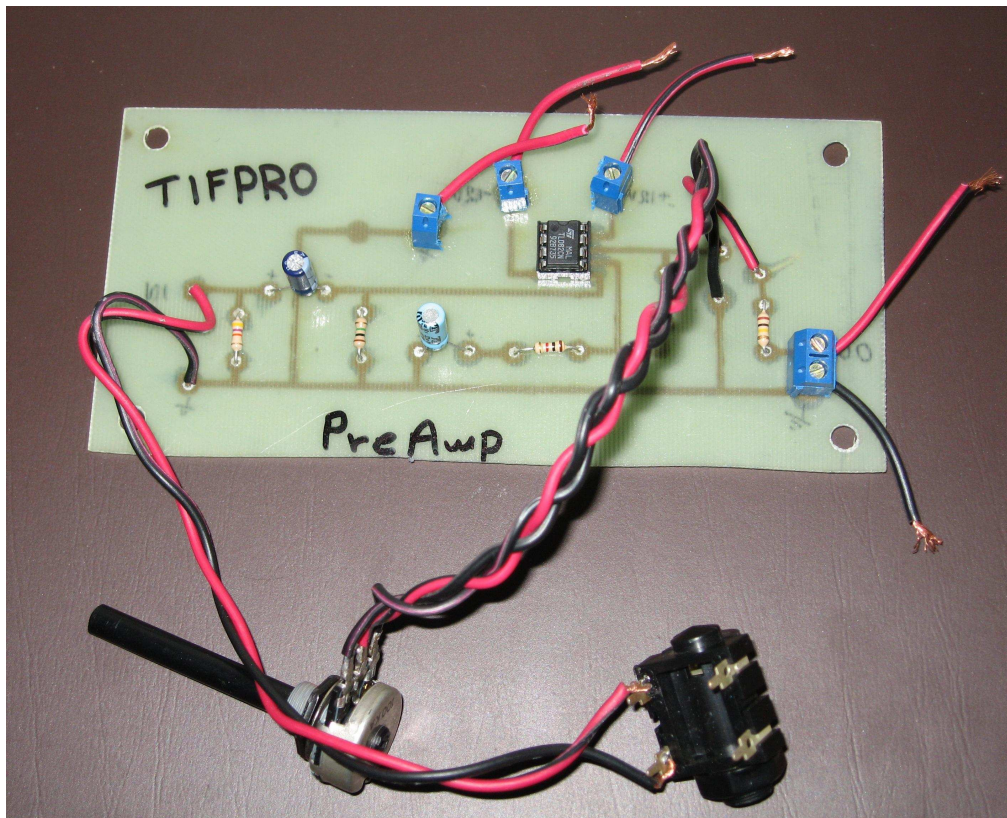


Σχήμα 8. Το κύκλωμα προ-ενίσχυσης υλοποιημένο πάνω στο breadboard.

Σαν πρώτο στάδιο ζωγράφισα πάνω σε χαρτί το PCB του κυκλώματος (βλ. Σχήμα 9) το οποίο θα εκτύπωνα πάνω στην πλακέτα έτσι ώστε να εμφανιστεί τυποποιημένο το κύκλωμα. Αργότερα προχώρησα σε αποχάλκωση της πλακέτας και πάνω σ' αυτή με το κολλητήρι και το καλάι κόλλησα τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα(βλ. Σχήμα 10).

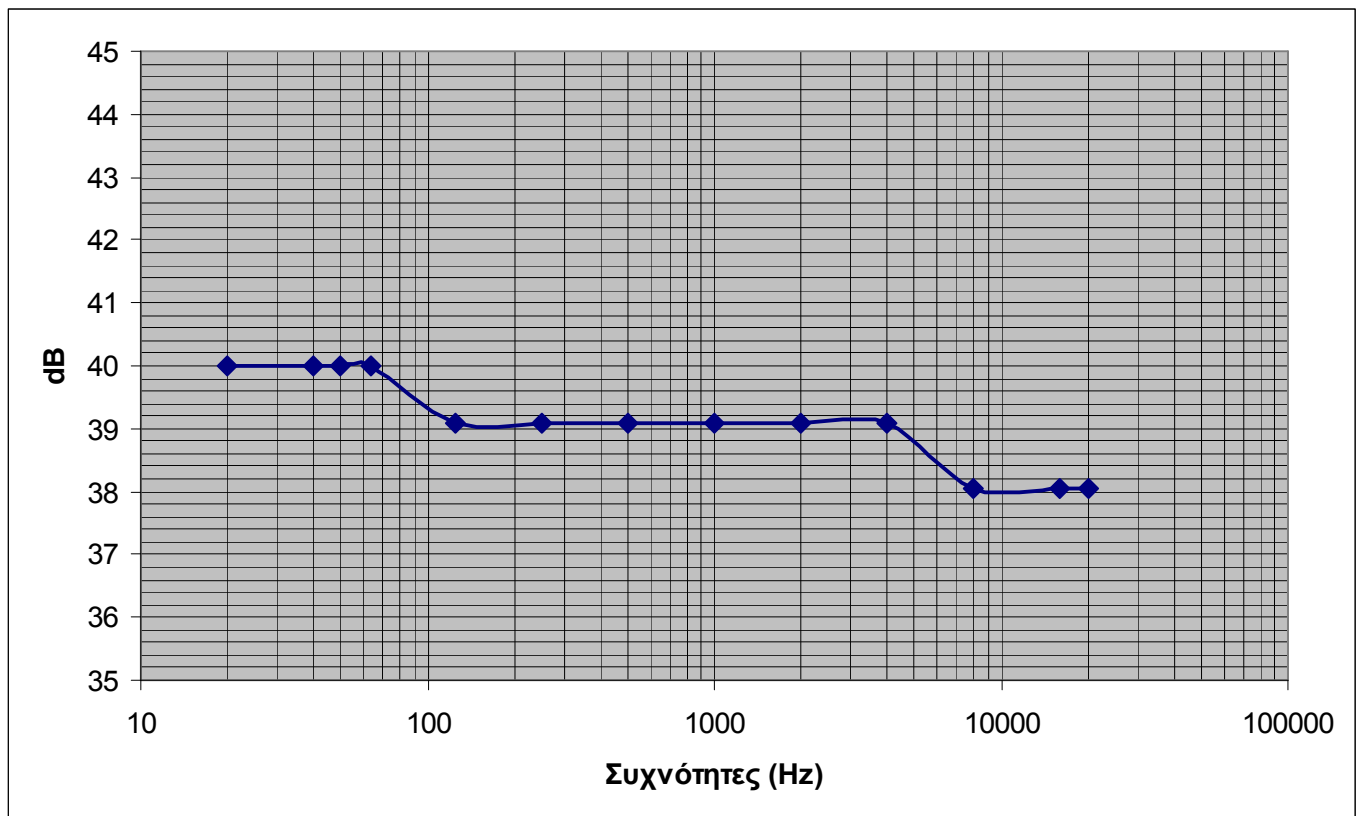


Σχήμα 9. Το PCB του κυκλώματος προ-ενίσχυσης.



Σχήμα 10. Το κύκλωμα προ-ενίσχυσης στην τελική του μορφή.

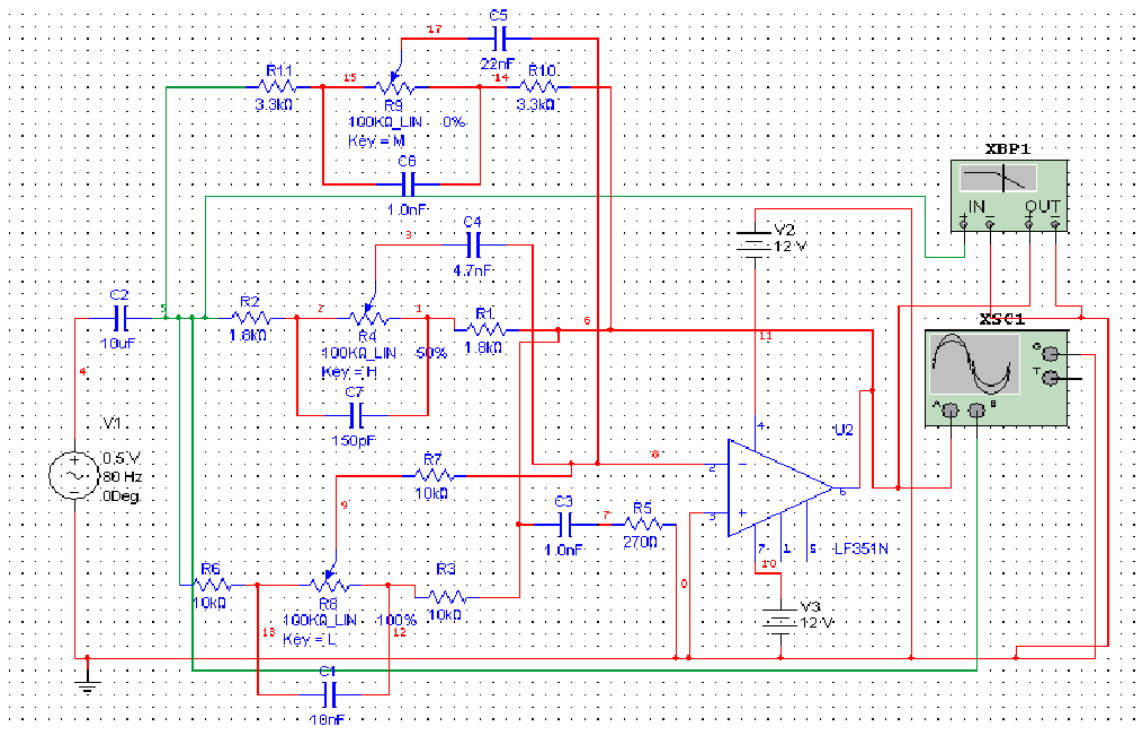
Μετά την κατασκευή του, συνέδεσα ξανά γεννήτρια συχνοτήτων στην είσοδο του και παλμογράφο στην έξοδο του και πραγματοποίησα συχνοτική απόκριση τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στο Σχήμα 11.



Σχήμα 11. Η συχνотική απόκριση του προ-ενισχυτή ($\pm 2\text{dB}$ 20Hz-20KHz).

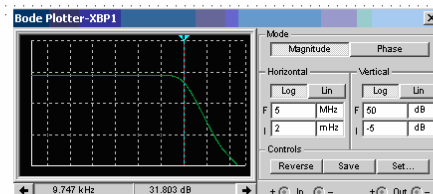
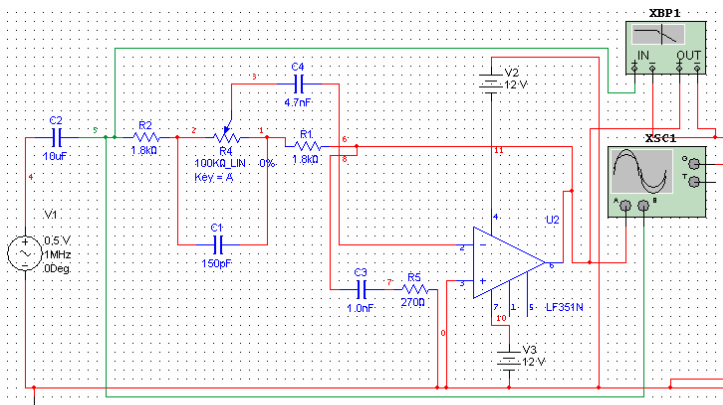
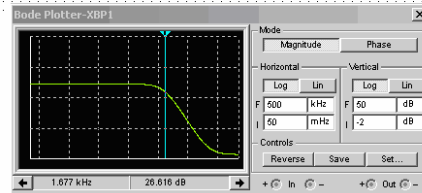
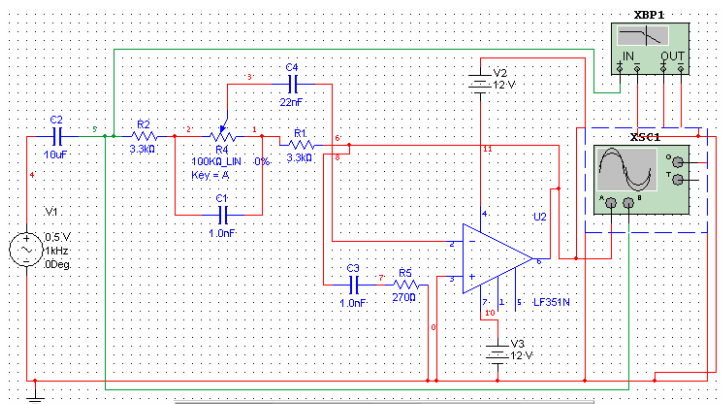
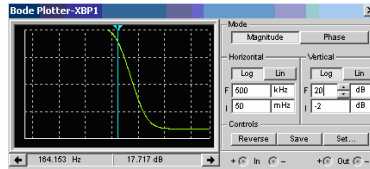
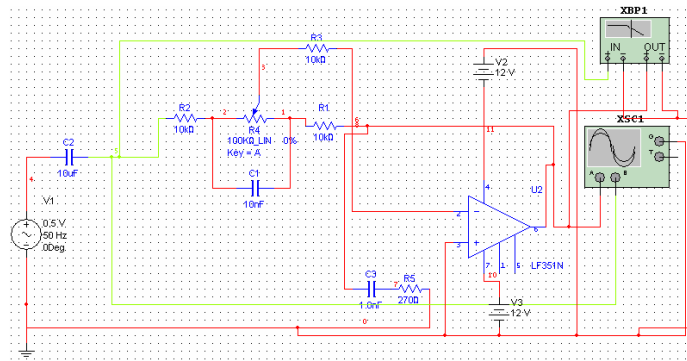
3.3 Ισοσταθμιστής Συχνοτήτων (Equalizer):

Το κύκλωμα του equalizer (βλ. Σχήμα 12) αποτελείται από φίλτρα. Δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να αυξάνει ή να ελαττώνει την διέλευση συγκεκριμένων περιοχών συχνοτήτων. Το κύκλωμα που συνέδεσα στην κατασκευή μου προκαλεί μέγιστη ενίσχυση ή εξασθένιση ± 20 dB σε τρεις περιοχές συχνοτήτων τις οποίες καθόρισα στα 160 Hz, στα 1.6 KHz και στα 9.6 KHz. Η καρδιά του κυκλώματος είναι το ολοκληρωμένο LF351 του οποίου η τροφοδοσία μπορεί να κυμαίνεται από 6 – 30 Volt, με την μέγιστη ενίσχυση ή εξασθένιση (± 20 dB) να επιτυγχάνεται όταν η τάση τροφοδοσίας είναι μέγιστη. Στο κύκλωμα χρησιμοποιώ συμμετρική τάση τροφοδοσίας ± 12 Volt.

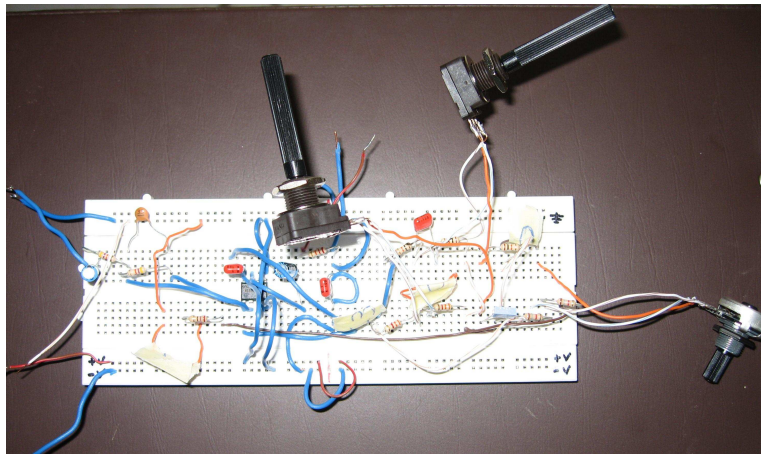


Σχήμα 12. Το κύκλωμα equalizer.

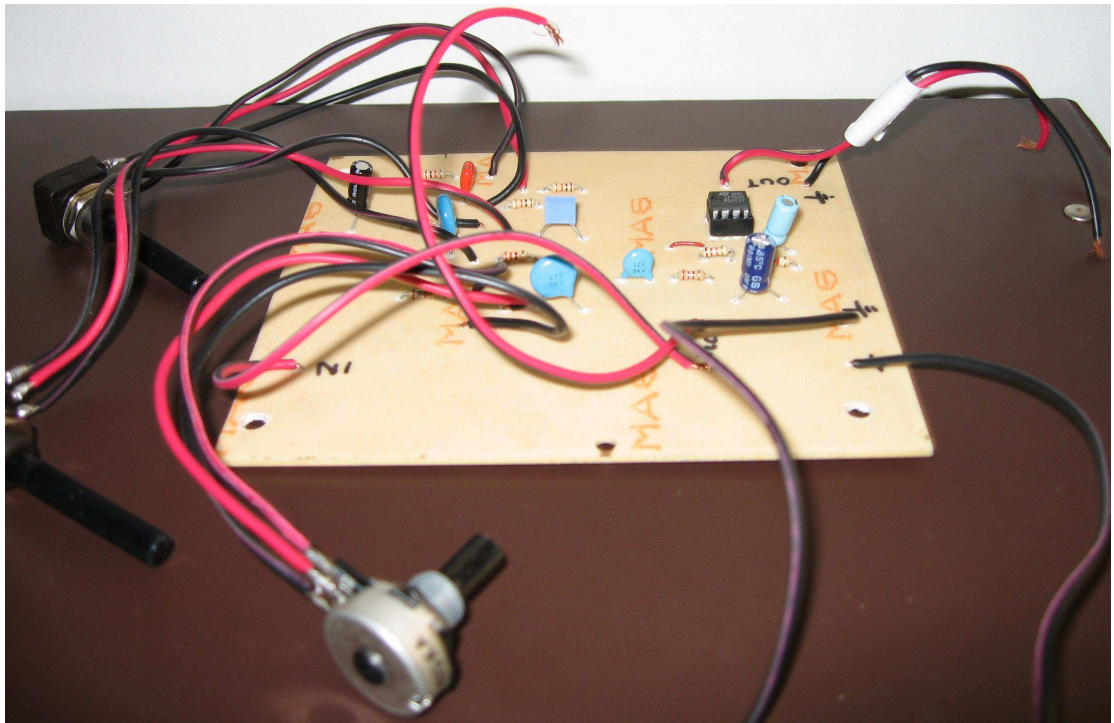
Συγκεκριμένα το κύκλωμα equalizer αποτελείται από τρία διαφορετικά φίλτρα (βλ. Σχήμα 13) τα οποία συνδέονται στον τελεστικό ενισχυτή LF351. Η λειτουργία του κυκλώματος γίνεται μέσω των τριών ποτενσιόμετρων με τα οποία προκαλούμε ενίσχυση ή εξασθένηση στις τρεις περιοχές συχνοτήτων που καθορίστηκαν. Όταν τα ποτενσιόμετρα είναι στην μέση το σήμα περνάει ως έχει και δεν δέχεται καμιά επεξεργασία. Μετακινώντας τα ποτενσιόμετρα αριστερά ή δεξιά έχουμε εξασθένηση ή ενίσχυση αντίστοιχα.



Σχῆμα 13. Τα τρία διαφορετικά κυκλώματα των φίλτρων και οι συχνωτικές τους αποκρίσεις ὡπως προέκυψαν ἀπὸ ἐξομοίωση στο Multisim.



Σχήμα 14. Το κύκλωμα equalizer υλοποιημένο στο brade board.

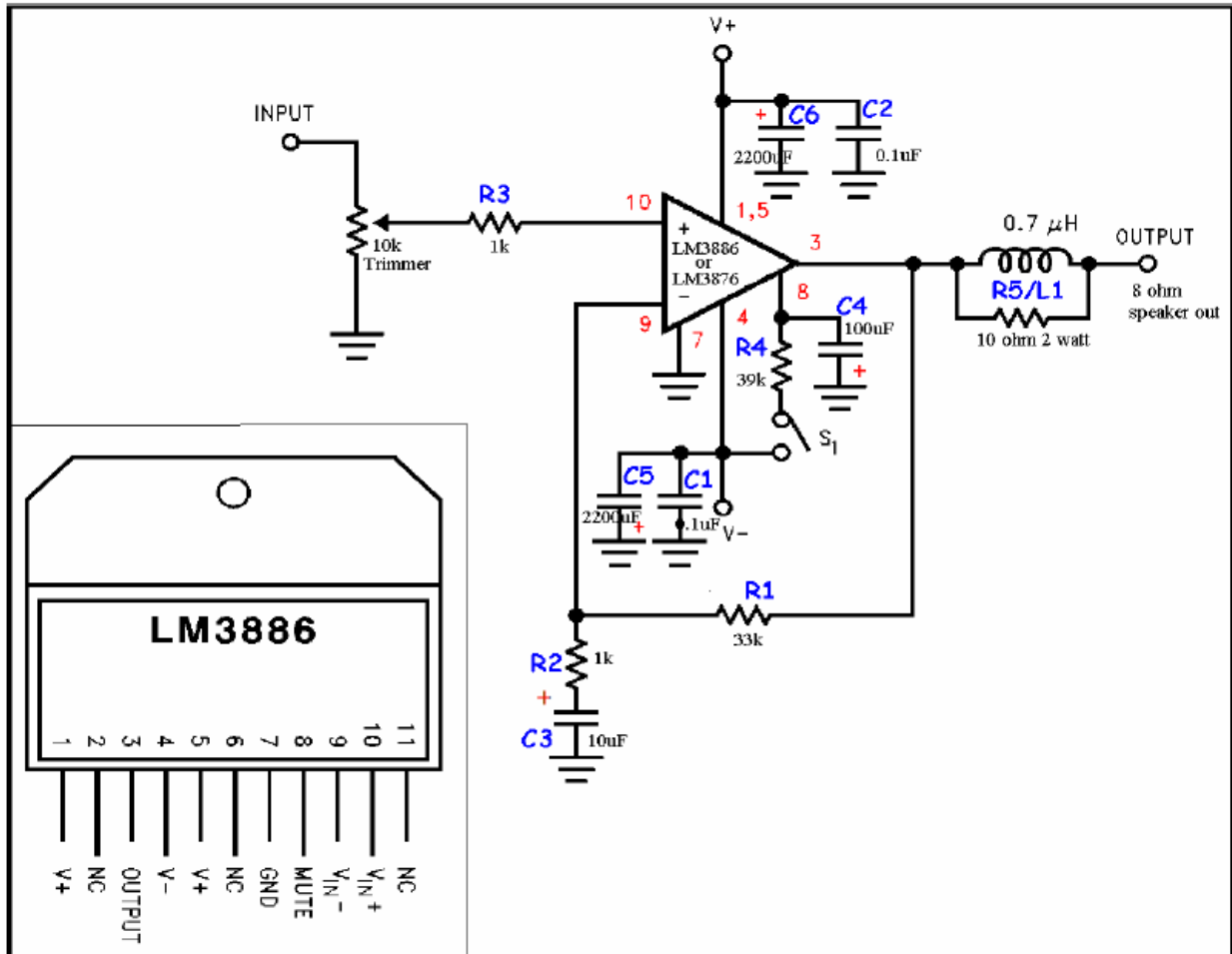


Σχήμα 15. Το κύκλωμα equalizer στην τελική του μορφή.

3.4 Τελικός Ενισχυτής (Power Amplifier):

Ο τελικός ενισχυτής αποτελεί την τελευταία βαθμίδα στον combo ενισχυτή. Αφού το σήμα περάσει απ' όλες τις διατάξεις ο τελικός ενισχυτής παίρνει το σήμα και του προσδίδει ισχύ έτσι ώστε αυτό το σήμα να αναπαραχθεί από τα ηχεία και να μετατραπεί σε ακουστικό κύμα. Η καρδιά της ενισχυτικής διάταξης είναι το ολοκληρωμένο LM3886 της national semiconductors. Το LM3886 κατάφερε να ξεχωρίσει ανάμεσα σε πολλά ολοκληρωμένα. Τα ηλεκτρικά

χαρακτηριστικά του καθώς και η ακουστική του χροιά είναι εξαιρετικά. Συγκεκριμένα το κύκλωμα ενίσχυσης ισχύος (βλ. Σχήμα 16) είναι ένας τελεστικός ενισχυτής που δουλεύει με μη αναστρέφουσα ανάδραση τάσης όπως και ο προ-ενισχυτής που χρησιμοποίησα.



Σχήμα 16. Το κύκλωμα του τελικού ενισχυτή ισχύος.

Trimmer: Μεταβλητή αντίσταση η οποία καθορίζει πόσο σήμα θα περάσει προς τον ενισχυτή για να ενισχυθεί.

R1: Αντίσταση ανάδρασης για την παροχή κέρδους AC (μαζί με την R2).

R2: Αναστρέφουσα αντίσταση εισόδου για την παροχή κέρδους AC (σε συνδυασμό με την R1).

R3: Εμποδίζει το ρεύμα να εισέλθει στην μη αναστρέφουσα είσοδο του ενισχυτή το οποίο ίσως να περνά στο φορτίο σε περίπτωση πτώσης τάσης στο σύστημα εξαιτίας της χαμηλής αντίστασης εισόδου του κυκλώματος. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει όταν οι τάσεις τροφοδοσίας πέσουν κάτω από 1,5 Volt.

R4: Αντίσταση η οποία επιτρέπει σε ρεύμα 0,5mA να εξέλθει από το pin 8 του LM3886 και να τεθεί σε λειτουργία (mute off) ο ενισχυτής.

L1, R5 : Το πηνίο παρέχει υψηλή αντίσταση στις υψηλές συχνότητες, έτσι ώστε να μπορεί να κάνει αποσύζευξη ενός μεγάλου χωρητικού φορτίου και να μειώσει το Q του κυκλώματος συντονισμού. Επίσης παρέχει χαμηλή αντίσταση σε χαμηλές συχνότητες για να βραχυκυκλώσει την αντίσταση και να περάσει το audio σήμα στο φορτίο.

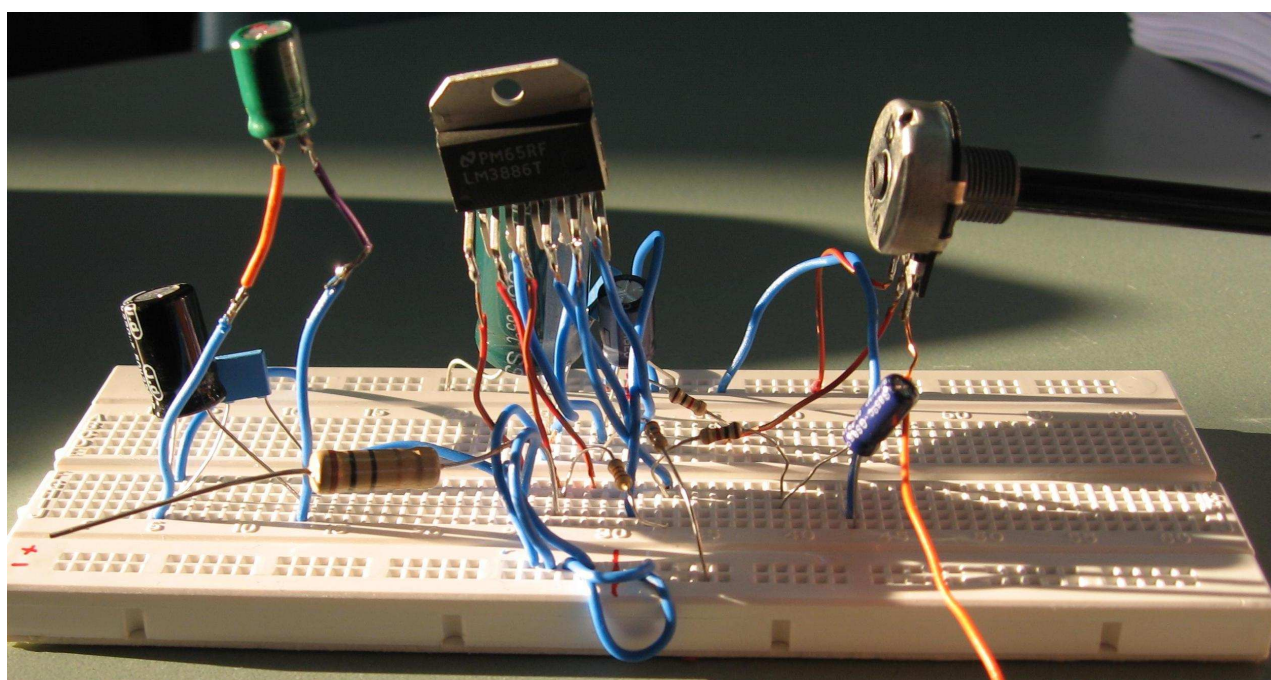
C1, C2, C5, C6: Λειτουργούν σαν φίλτρα στην γραμμή τροφοδοσίας.

C3: Πυκνωτής ανάδρασης. Εξασφαλίζει κέρδος 1 στο DC. Επίσης κάνει high pass roll off με συχνότητα αποκοπής $f_c = 1 / (2*\pi*R2*C3)$.

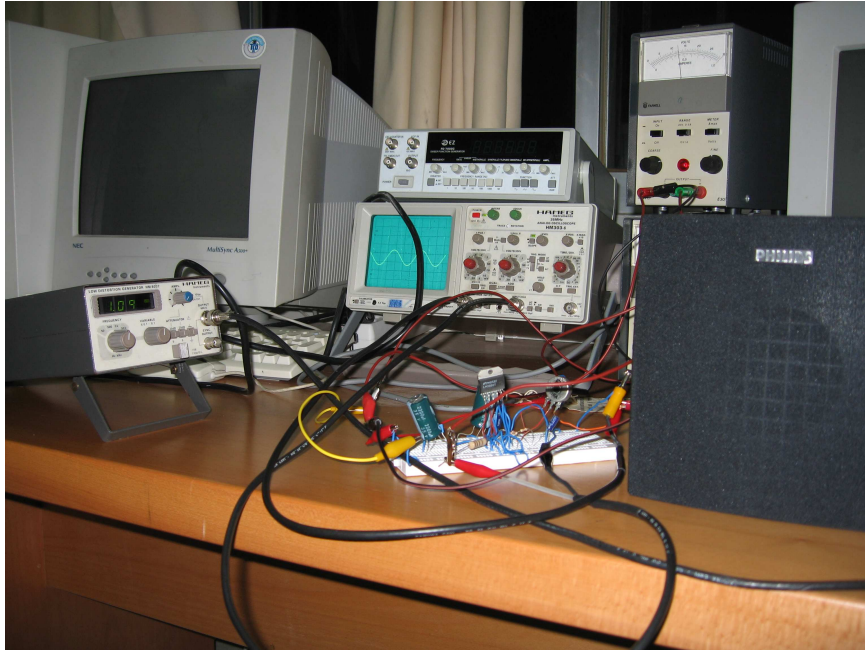
C4: Πυκνωτής ο οποίος φορτίζεται και από-φορτίζεται με την μεταβολή του διακόπτη S1 έτσι ώστε να υπάρχει κάποιο χρονικό περιθώριο μέχρι να τεθεί σε λειτουργία ο ενισχυτής και αντίστροφα.

S1: Διακόπτης ο οποίος θέτει σε κατάσταση mute ή όχι τον ενισχυτή.

Το κύκλωμα του τελικού ενισχυτή το υλοποίησα πρώτα σε brade board (βλ. Σχήμα 17) και συνδέοντας του διάφορες τάσεις εισόδου, συχνότητες και τροφοδοσίες παρατηρούσα την συμπεριφορά του συνδέοντας την έξοδο του στον παλμογράφο(βλ. Σχήμα 18).



Σχήμα 17. Το κύκλωμα του τελικού ενισχυτή υλοποιημένο στο bradeboard.



Σχήμα 18. Το κύκλωμα του τελικού ενισχυτή σε λειτουργία.

Ενδεικτικά αναφέρω μερικές από τις τιμές που έβαλα στον ενισχυτή και τα αποτελέσματα που πήρα.

1^η περίπτωση:

με τροφοδοσία $\pm 20\text{V}$

$$V_{\text{inp-p}} = 0,6 \text{ Volt} \rightarrow V_{\text{outp-p}} = 19 \text{ Volt}$$

$$P = 45 \text{ W}_{\text{p-p}} \rightarrow P = 6 \text{ W}_{\text{rms}}$$

2^η περίπτωση:

με τροφοδοσία $\pm 30\text{V}$

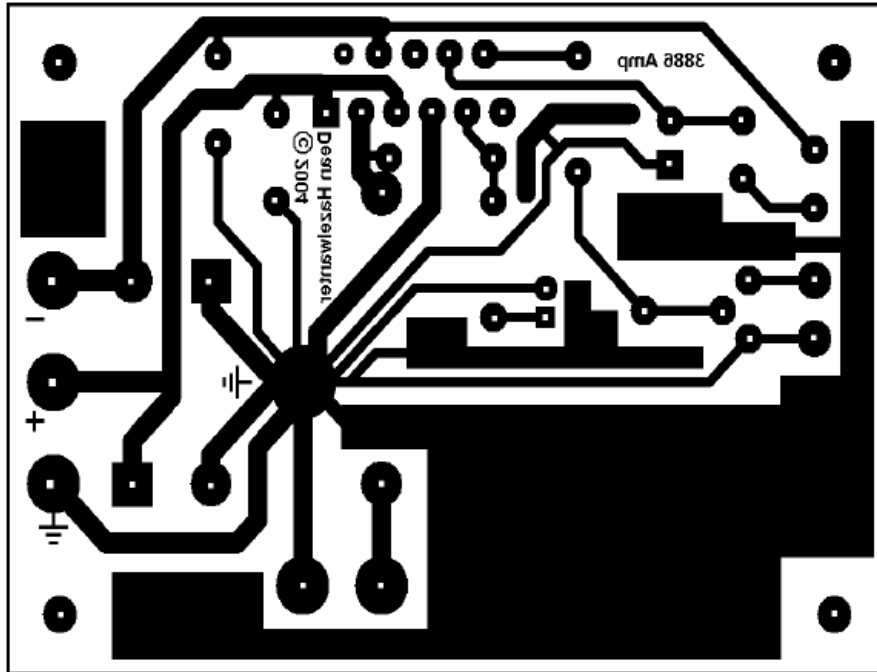
λίγο πριν παραμορφώσει στα 1KHz:

$$V_{\text{inp-p}} = 1,7 \text{ Volt} \rightarrow V_{\text{outp-p}} = 56 \text{ Volt}$$

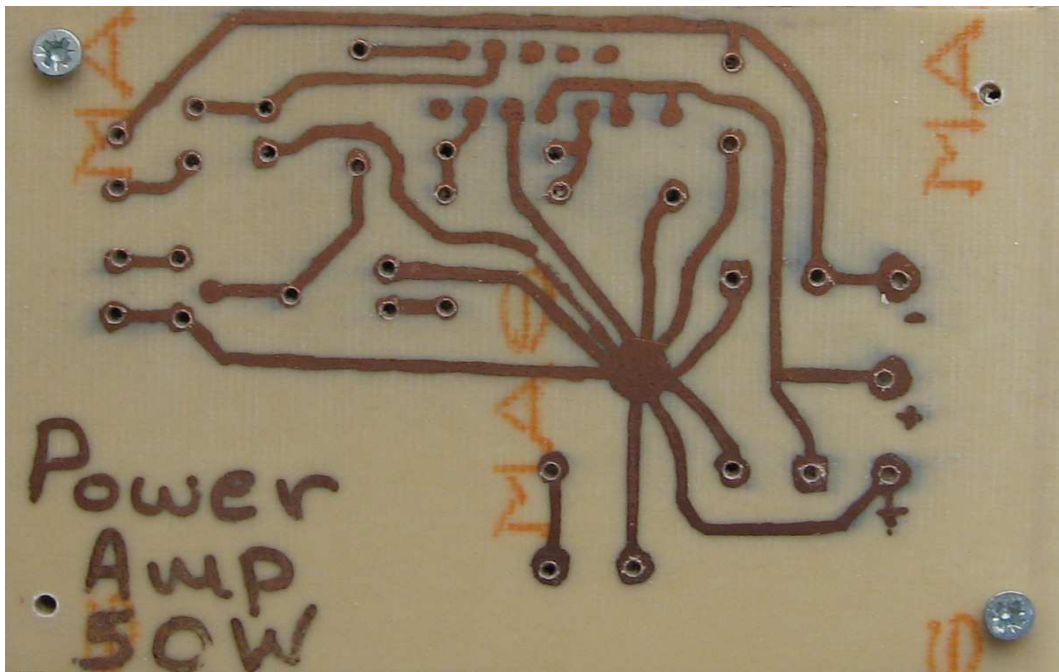
$$P = 392 \text{ W}_{\text{p-p}} \rightarrow P = 49 \text{ W}_{\text{rms}}$$

Αφού αξιολόγησα τα χαρακτηριστικά του ενισχυτή και κατέληξα στο συμπέρασμα ότι είναι κατάλληλος για βαθμίδα ενίσχυσης ισχύος προχώρησα στον σχεδιασμό του PCB (βλ. Σχήμα 19) για να με βοηθήσει στην τυποποίηση του κυκλώματος πάνω στην πλακέτα χαλκού. Ακολούθως πραγματοποίησα την αποχάλκωση (βλ. Σχήμα 20) και

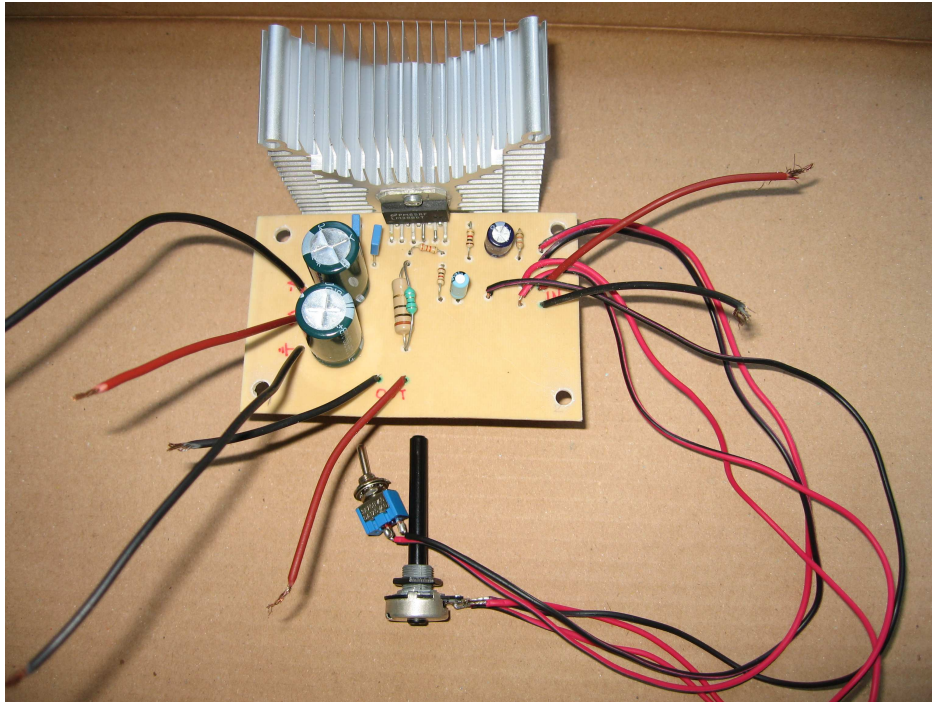
συνέδεσα τα εξαρτήματα στην πλακέτα (βλ. Σχήμα 21). Επίσης πραγματοποίησα συχνотική απόκριση του συγκεκριμένου κυκλώματος και τα αποτελέσματα αυτής φαίνονται στο σχήμα 22.



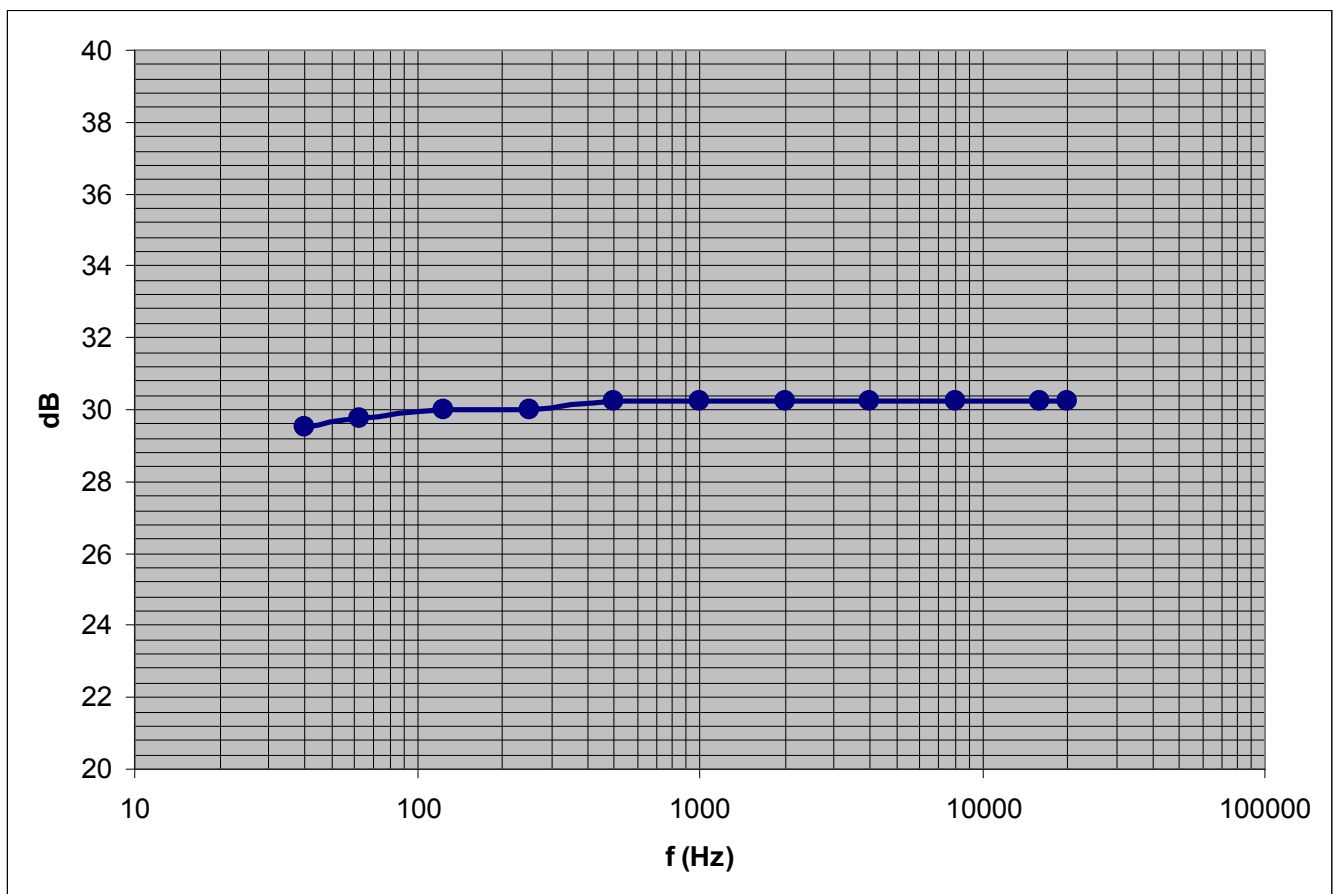
Σχήμα 19. Το PCB του τελικού ενισχυτή.



Σχήμα 20. Το τυποποιημένο κύκλωμα του τελικού ενισχυτή πάνω στην πλακέτα.



Σχήμα 21. Ολοκληρωμένο το κύκλωμα του ενισχυτή ισχύος.



Σχήμα 22. Η συχνωτική απόκριση του τελικού ενισχυτή (με τροφοδοσία $\pm 30\text{Volt}$).

3.5 Φίλτρο Διαχωρισμού Συχνοτήτων (Crossover Filter):

Προκειμένου να λειτουργήσει σωστά το σύνθετο ηχείο που εμπερικλείεται στην κατασκευή είναι πολύ σημαντικό να διασφαλιστεί ότι ο κάθε οδηγός-μεγάφωνο θα τροφοδοτείται αποκλειστικά και μόνο από την συχνοτική περιοχή του σήματος την οποία και μπορεί να αναπαράγει καλύτερα. Για να επιτευχθεί αυτό, πριν τα μεγάφωνα εισάγουμε ένα κύκλωμα το οποίο ονομάζεται crossover circuit και είναι υπεύθυνο για αυτό τον σωστό διαχωρισμό. Τα φίλτρα διαχωρισμού συχνοτήτων μπορεί να είναι χαμηλοπερατά, ζωνοπερατά και υψιπερατά.

Τα κυκλώματα των φίλτρων διαχωρισμού συχνοτήτων διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες, τα παθητικά, τα κρυσταλλικά και τα ενεργά. Τα παθητικά αποτελούνται από άεργα στοιχεία (πηνία, πυκνωτές) σε διάφορους συνδυασμούς. Τα κρυσταλλικά φίλτρα αποτελούνται από κρυστάλλους και τα ενεργά από λυχνίες, τρανζίστορ και ολοκληρωμένα.

Υπάρχουν τέσσερα είδη crossover και τα οποία χωρίζονται σε διάφορες τάξεις-orders ανάλογα με την κλίση-εξασθένιση που προσφέρουν (1^{ης} τάξης, 2^{ης} τάξης κ.τ.λ). Τα 1^{ης} τάξης έχουν κλίση 6dB/οκτάβα, τα 2^{ης} τάξης έχουν κλίση 12dB/οκτάβα, τα 3^{ης} τάξης έχουν κλίση 18dB/οκτάβα και τα 4^{ης} τάξης 24dB/οκτάβα) :

1) Butterworth: Το crossover point είναι 3dB κάτω από εκεί όπου ξεκινά η ευθεία να παίρνει κλίση. Η απόκριση του crossover δίνει μία αύξηση 3dB στο crossover point.

2) Bessel: Το crossover point βρίσκεται 5dB κάτω. Η καμπύλη απόκρισης του crossover που σχηματίζεται μας δίνει μια πολύ μικρή αύξηση στο crossover point.

3) Linkwitz Riley: Το crossover point βρίσκεται 6dB κάτω και δεν προσφέρεται καμία ενίσχυση στο crossover point όπως συμβαίνει με τα άλλα είδη crossover.

4) Chebychev: Στα crossover τύπου Chebychev το crossover point βρίσκεται στην ίδια στάθμη έντασης που βρίσκεται και η στάθμη έντασης της μπάντας που περνάει και αυτό συμβαίνει γιατί το 'Q' = 1 και τονίζεται περισσότερο η περιοχή γύρω από την συχνότητα αποκοπής. Αυτό έχει και σαν αποτέλεσμα να προσδίδεται αύξηση 6dB στο crossover point.

Βασική διαφορά των τεσσάρων ειδών crossover είναι το 'Q' το οποίο καθορίζει το περίγραμμα που θα έχει η κλίση του φίλτρου. Κάθε ένα από τα τέσσερα είδη crossover έχει διαφορετικό 'Q'. Το 'Q' είναι παράγοντας ο οποίος τονίζει την περιοχή γύρω από την συχνότητα αποκοπής. Για τα 2^{ης} τάξης το 'Q' μπορεί να υπολογιστεί από τον τύπο:

$$Q = [(R^2C)/L]^{1/2}$$

Όπου R είναι η αντίσταση του μεγαφώνου. Όπου C είναι η χωρητικότητα του πυκνωτή που χρησιμοποιείται στο φίλτρο και το L η επαγωγή του πηνίου.

Σύγκριση και ιδιότητες των τεσσάρων ειδών φίλτρων:

- ✓ Στο Butterworth η stop-band περιοχή έχει διαφορά φάσης 90° σε σχέση με την pass-band περιοχή κάτι που δεν κάνουν τα υπόλοιπα τρία φίλτρα εκτός από το Linkwitz Riley που έχει μια ομαλή αλλαγή φάσης.
- ✓ Το Butterworth μπορεί να κατασκευαστεί είτε αναλογικά, είτε μηχανικά.
- ✓ Το Bessel φίλτρο έχει αργή μετάβαση από την stop-band στην pass-band περιοχή.
- ✓ Ένα Linkwitz Riley συμπεριφέρεται σαν ένα all pass φίλτρο.
- ✓ Το Chebychev μπορεί να κατασκευαστεί είτε αναλογικά, είτε ψηφιακά.

- ✓ Το Chebychev δεν είναι flat ούτε στην pass-band αλλά και ούτε στην stop-band περιοχή.
- ✓ Το Linkwitz Riley χρειάζεται δύο διαφορετικά φίλτρα για την κατασκευή του.

Για την πτυχιακή μου εργασία επέλεξα να κατασκευάσω και να χρησιμοποιήσω ένα παθητικό φίλτρο crossover τύπου Linkwitz Riley το οποίο να έχει crossover point στα 2700Hz και εξασθένιση 6dB/οκτάβα. Κατέληξα σε αυτές τις τιμές αφού πρώτα μελέτησα τις συχνοτικές περιοχές που μπορούν να αναπαράγουν τα μεγάφωνα, που θα τοποθετήσω στην κατασκευή μου, με βέλτιστη απόδοση. Για την κατασκευή ενός τέτοιου φίλτρου απαιτούνται πυκνωτές, πηνία και σπάνια αντιστάσεις. Οι πυκνωτές τοποθετούνται σε σειρά με το tweeter γιατί παρουσιάζουν υψηλή αντίσταση στις χαμηλές συχνότητες και επιτρέπουν να περάσουν μόνο οι υψηλές. Αυτό προκύπτει από τον τύπο:

$$X_C = 1 / (2 * \pi * f * C)$$

X_C : η σύνθετη αντίσταση του πυκνωτή.

f: συχνότητα σε Hz.

C: η χωρητικότητα του πυκνωτή σε Farad.

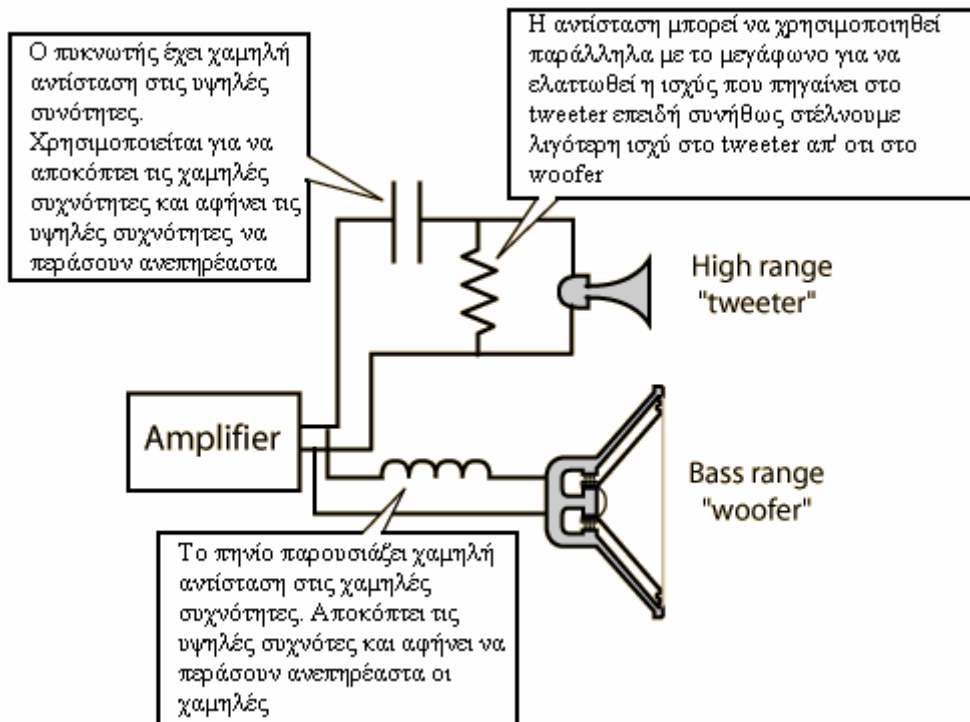
Τα πηνία τοποθετούνται σε σειρά με το woofer γιατί παρουσιάζουν υψηλή αντίσταση στις υψηλές συχνότητες και αφήνουν να περάσουν ανεπηρέαστες οι χαμηλές συχνότητες. Αυτό προκύπτει από τον τύπο:

$$X_L = 2 * \pi * f * L$$

X_L : η σύνθετη αντίσταση του πηνίου.

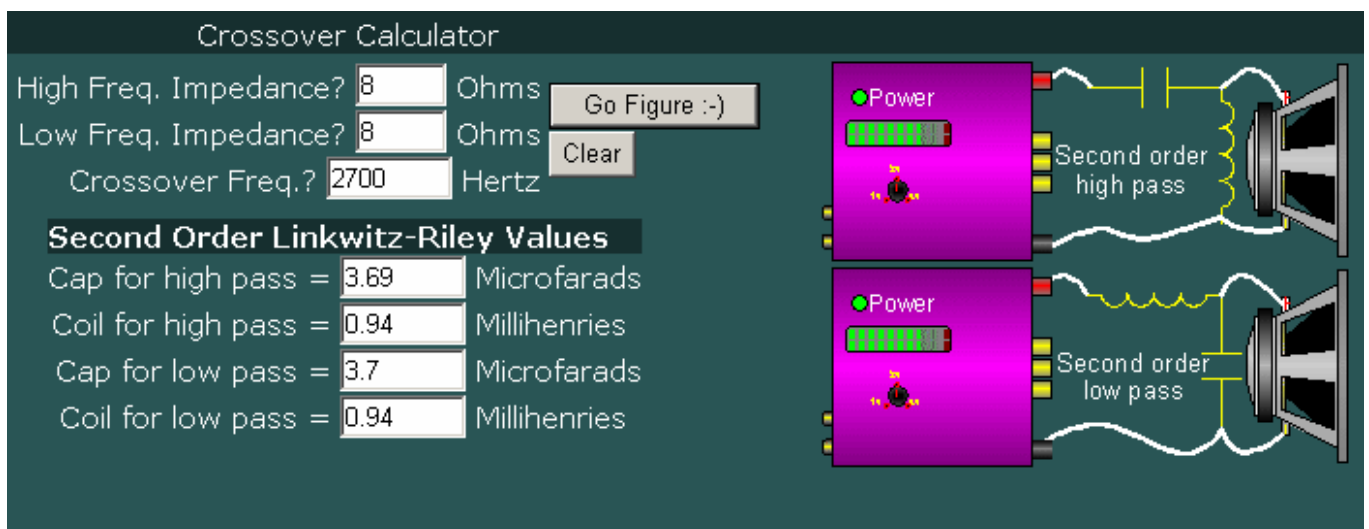
f: συχνότητα σε Hz.

L: η επαγωγή του πηνίου σε Henry.

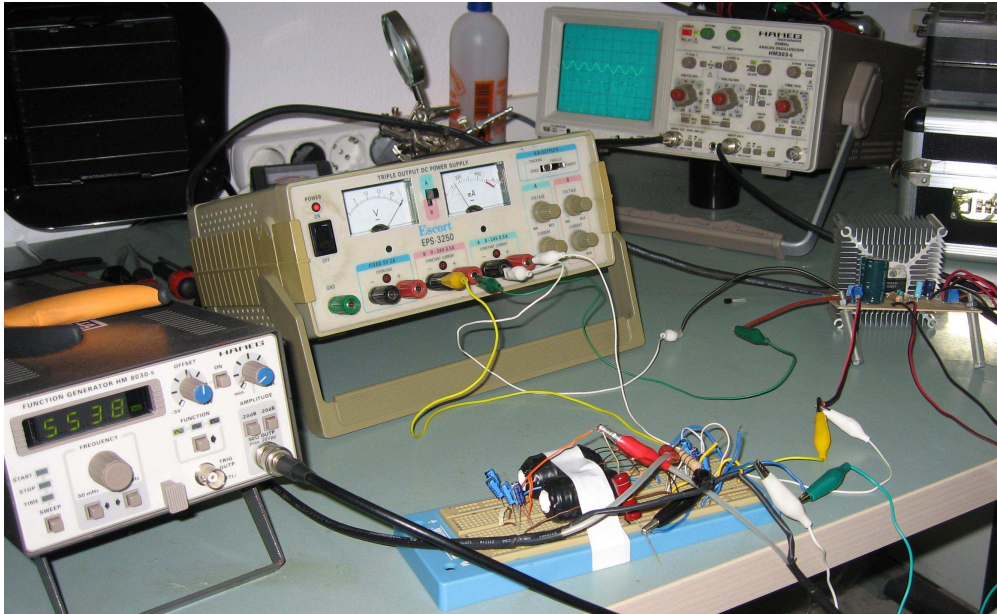


Σχήμα 23. Στοιχειώδης μορφή παθητικού φίλτρου διαχωρισμού συχνοτήτων.

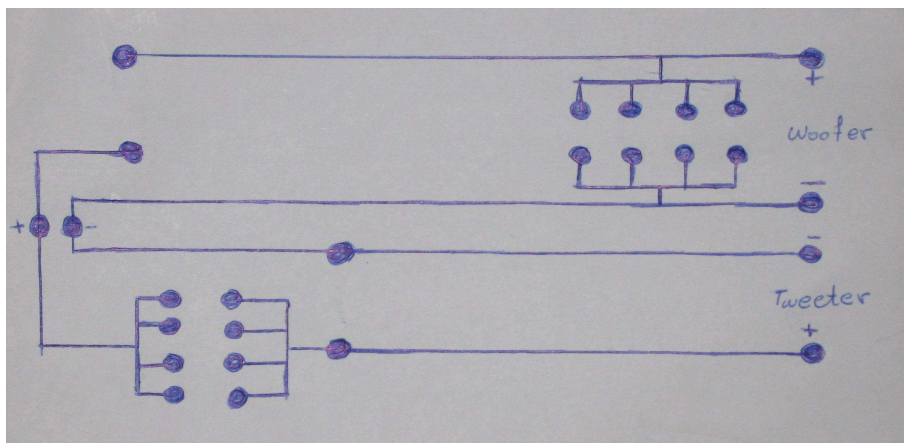
Στο σχήμα 24 φαίνεται το κύκλωμα crossover που υλοποίησα για να συμβάλει στο σωστό διαχωρισμό του σήματος στα 2 μεγάφωνα καθώς και οι τιμές των πυκνωτών και των πηνίων. Αφού δημιούργησα το κύκλωμα στο bradeboard (βλ. Σχήμα 25) και λειτούργησε σωστά, προχώρησα στην τυποποίηση του κυκλώματος πάνω στην πλακέτα χαλκού (βλ. Σχήμα 27) με την βοήθεια του PCB (βλ. Σχήμα 26).



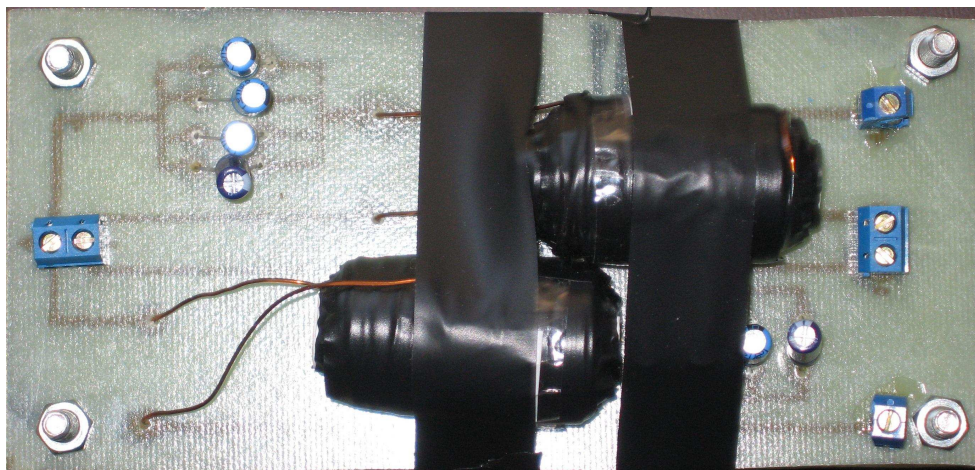
Σχήμα 24. Το κύκλωμα crossover.



Σχήμα 25. Έλεγχος του κυκλώματος crossover όταν υλοποιήθηκε στο brade board.

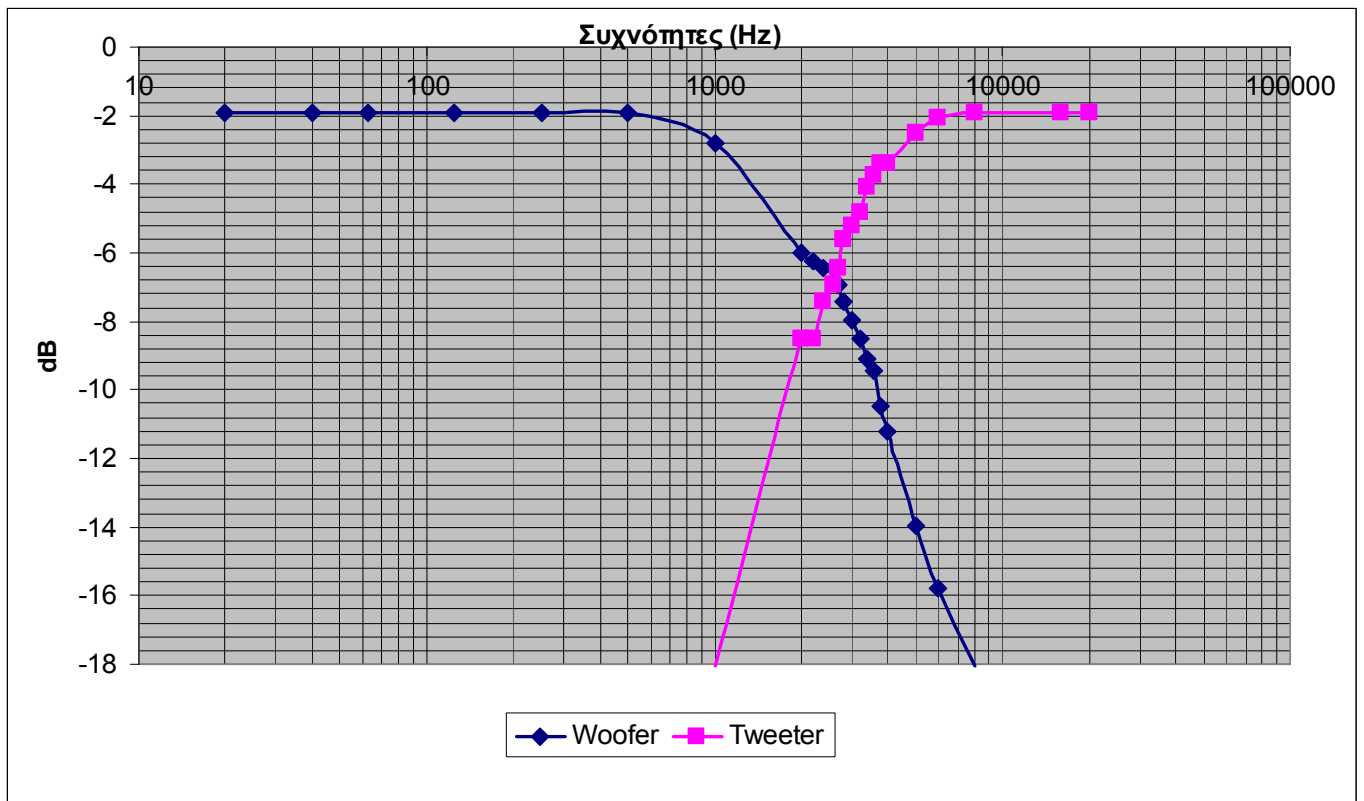


Σχήμα 26. Το PCB του κυκλώματος crossover.



Σχήμα 27. Το κύκλωμα του crossover έτοιμο να διαχωρίσει τις συχνότητες .

Αφού ολοκληρώθηκε η κατασκευή του κυκλώματος του crossover προχώρησα στην πραγματοποίηση μετρήσεων έτσι ώστε να σχεδιάσω την συχνотική του απόκριση σαν φίλτρο συχνотήτων.



Σχήμα 28. Η συχνотική απόκριση του crossover.

3.6 Μεγάφωνα:

Τα μεγάφωνα αποτελούν την τελευταία βαθμίδα ενός συστήματος. Στην είσοδο τους λαμβάνουν το ηλεκτρικό σήμα και το μετατρέπουν σε ηχητική ενέργεια. Ανάλογα με τον τρόπο που γίνεται η μετατροπή αυτή τα μεγάφωνα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Ηλεκτροδυναμικά: Αποτελούνται από ένα πηνίο το οποίο βρίσκεται ανάμεσα σε μαγνητικό πεδίο και πάνω σ' αυτό είναι αναρτημένο το διάφραγμα. Ενώ το πηνίο διέρχεται από ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργείται μαγνητικό πεδίο το οποίο αλληλεπιδρά με το πεδίο του μόνιμου μαγνήτη και έτσι τίθεται σε κάθετη κίνηση το πηνίο. Με την σειρά του τίθεται σε κίνηση και το διάφραγμα αφού είναι στερεωμένο στο

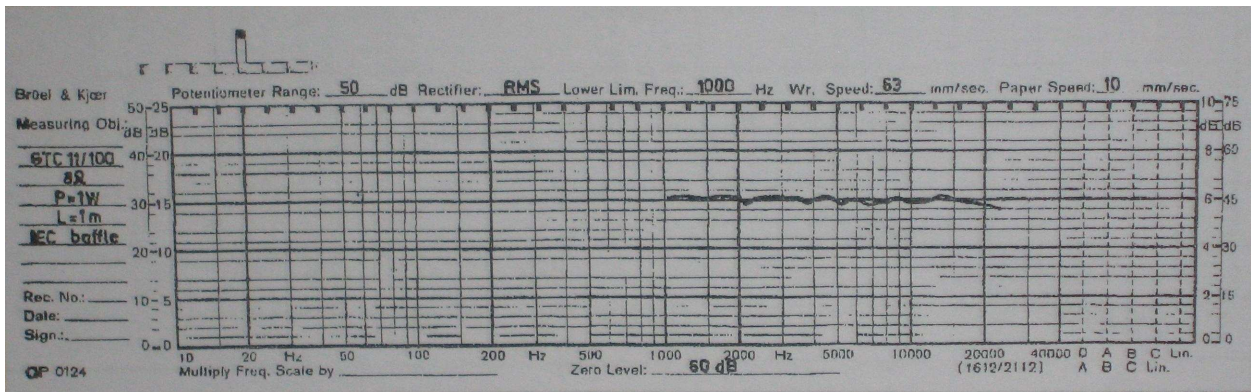
πηνίο. Έτσι η κίνηση του διαφράγματος μεταφέρεται στα μόρια του αέρα και το ηλεκτρικό σήμα μετατράπηκε σε ηχητική ενέργεια.

2. Ηλεκτροστατικά: Αποτελούνται από λεπτό διάφραγμα που είναι τοποθετημένο μεταξύ δύο αγώγιμων πλεγμάτων. Το διάφραγμα πολώνεται από μια πηγή και αναπτύσσει υψηλό στατικό φορτίο. Το προς αναπαραγωγή ηλεκτρικό σήμα διοχετεύεται στα δύο πλέγματα με αντίθεση φάση ούτως ώστε να αναπτυχθεί ηλεκτροστατικό φορτίο μεταξύ τους. Έτσι υπό την επίδραση αυτού του πεδίου τίθεται σε κίνηση το διάφραγμα και αυτό με την σειρά του κινεί τα μόρια του αέρα.

3. Τύπου Ταινίας: Αποτελούνται από μια ταινία αλουμινίου η οποία βρίσκεται ανάμεσα στους πόλους ενός μαγνήτη. Το ηλεκτρικό σήμα διοχετεύεται στην ταινία αλουμινίου και η ταλάντωση της προκαλεί την εκπομπή ηχητικής ενέργειας.

4. Τύπου Μεμβράνης: Σ' αυτού του τύπου η ηχητική ενέργεια παράγεται από μια μεμβράνη η οποία τίθεται σε ταλάντωση με ένα ηλεκτροδυναμικό διεγέρτη-μοτέρ. Ο ηλεκτροδυναμικός διεγέρτης τοποθετείται σε σημείο όπου να διεγείρει όσο το δυνατό περισσότερα στάσιμα κύματα της μεμβράνης. Η κίνηση της μεμβράνης είναι αυτή που κινεί τα μόρια του αέρα.

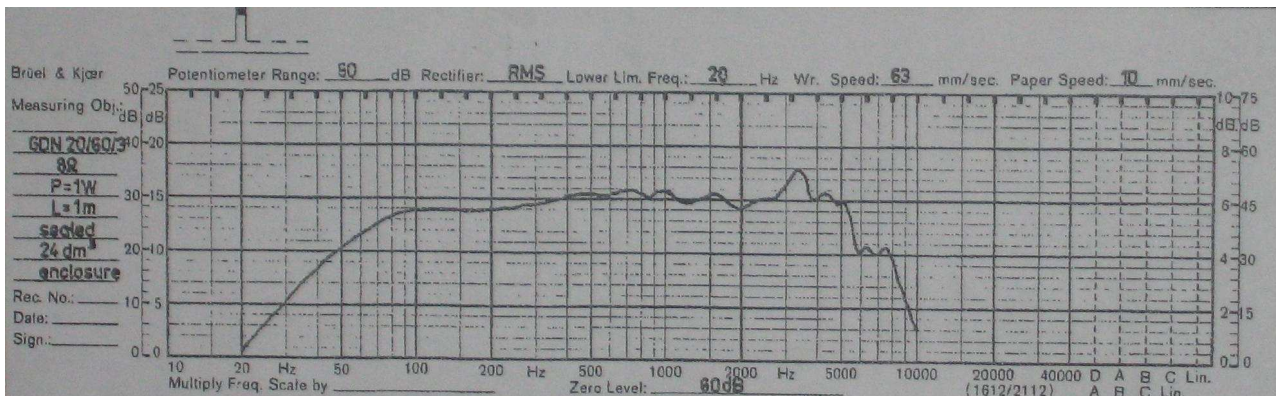
Στην πτυχιακή μου εργασία τοποθέτησα ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα. Συγκεκριμένα χρησιμοποίησα ένα μεγάφωνο woofer (8") το οποίο θα αναπαράγει τις συχνότητες μέχρι 2700 Hz και ένα μεγάφωνο tweeter (3/4") το οποίο αναπαράγει τις συχνότητες από 2700 Hz και πάνω. Την συγκεκριμένη συχνότητα την επέλεξα αφού μελέτησα τα χαρακτηριστικά των δύο μεγαφώνων και συγκεκριμένα τις συχνοτικές τους αποκρίσεις και οι οποίες φαίνονται παρακάτω.



Technische Daten

Nenn-/Musikbelastbarkeit:	120 / 180*	Watt
Impedanz:	8	Ohm
Gleichstrom-Widerstand / Re:	6,3	Ohm
Übertragungsbereich:	2000 - 25000	Hz
Mittl. Kennschalldruck 1W/1m:	90	dB
Resonanzfrequenz:	1200	Hz
Schwingspulenträger Material:	Al	
Material für Membrane:	Gewebe	
Magnetische Induktion:	1,16	T
Spaltenergie:	95,6	mJ
Spulenausgang:	Litze	

Σχήμα 29. Τα χαρακτηριστικά του tweeter.



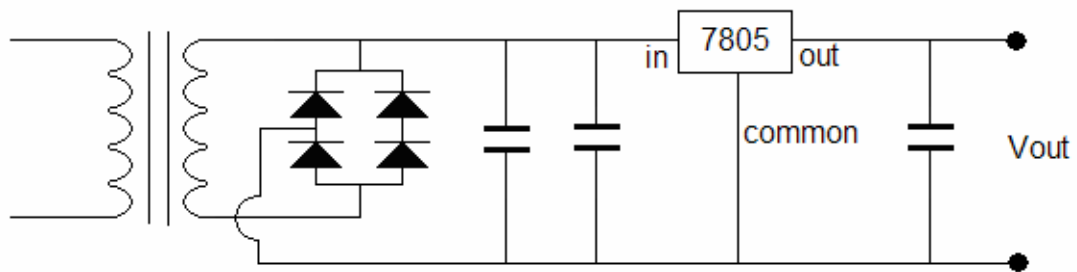
Technical Data

Nominal impedance	8	Ohm
Voice coil resistance	6,5	Ohm
Input power / Max. power	80 / 120	Watt
Frequency range	45 - 4000	Hz
Sensitivity 1W/1m:	88	dB
Resonance frequency	36	Hz
Voice coil diameter	35,92	mm
Voice coil height	12	mm
Voice coil former material	Alu	
Membrane material	paper	
Flux density	0,82	T
Energy in air gap	240	mJ

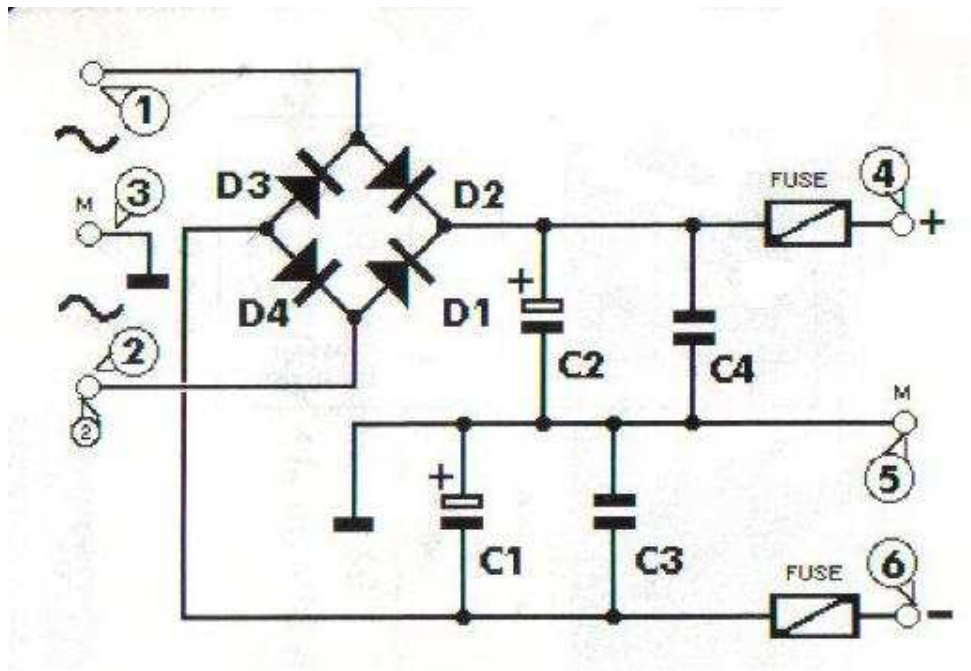
Σχήμα 30. Τα χαρακτηριστικά του woofer.

3.7 Τροφοδοσία:

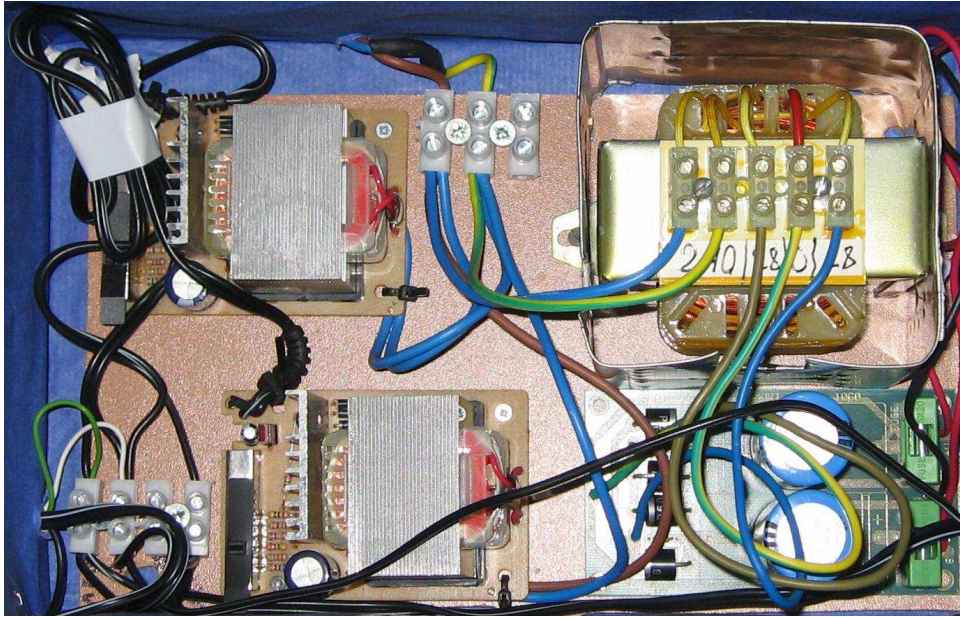
Ο ενισχυτής τροφοδοτείται με τάση 220 Volt, 13 Ampere, 50 Hz. Με την χρήση κατάλληλων μετασχηματιστών τροφοδοτώ τις βαθμίδες με την τάση που χρειάζονται. Η τάση 220 Volt δίδεται σε ένα μετασχηματιστή για την παροχή +/- 35 Volt που χρειάζεται ο ενισχυτής ισχύος καθώς επίσης και σε δύο μετασχηματιστές +12 Volt για την δημιουργία συμμετρικής τροφοδοσίας για τα κυκλώματα του προ-ενισχυτή και του equalizer. Τα κυκλώματα για την τροφοδότηση φαίνονται παρακάτω.



Σχήμα 31. Το κύκλωμα για την δημιουργία τάσης +12Volt.



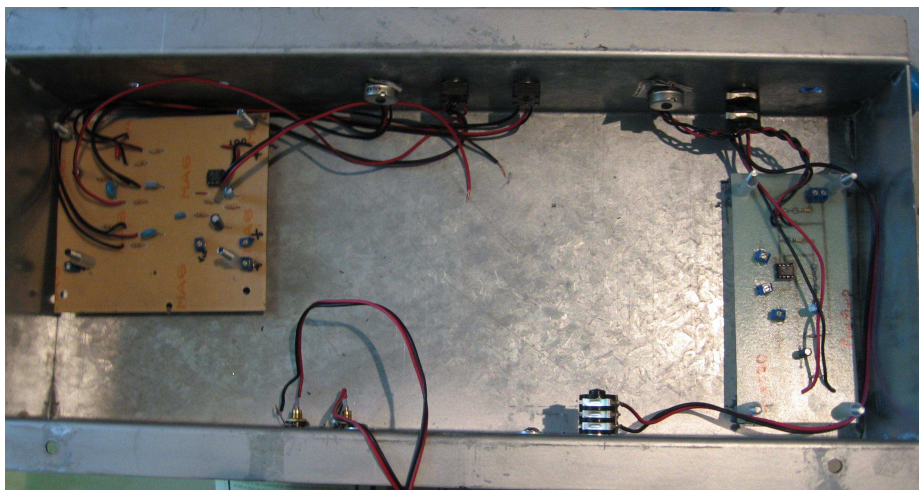
Σχήμα 32. Το κύκλωμα για την δημιουργία τάσης +/- 35Volt.



Σχήμα 33. Τα κυκλώματα τροφοδοσίας στην τελική τους μορφή.

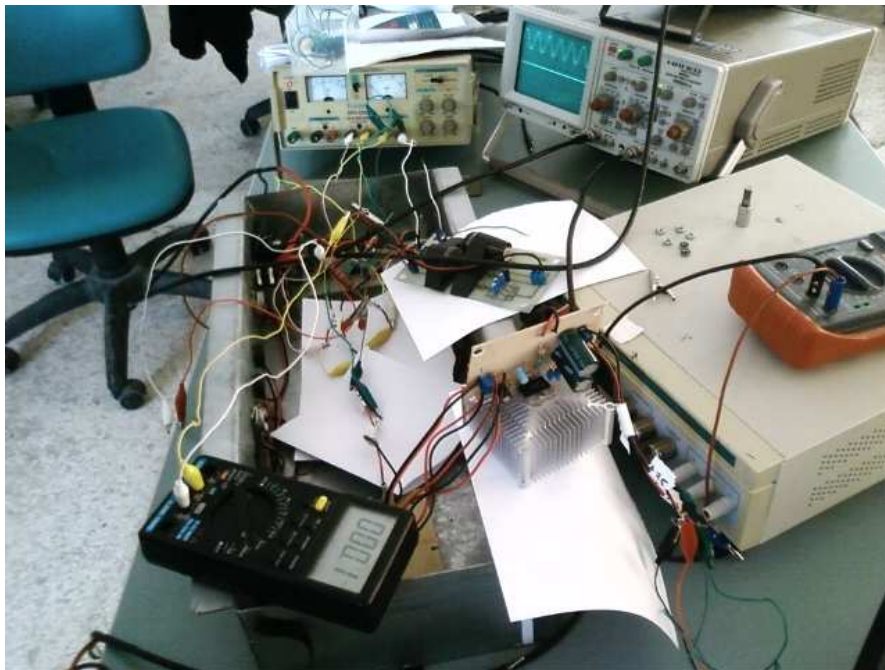
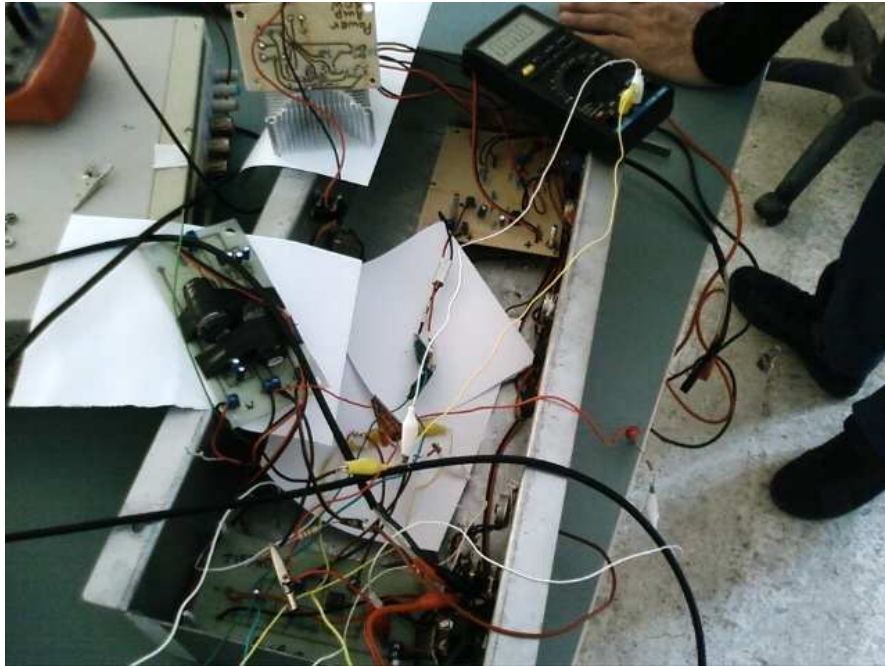
4. Σύνδεση των βαθμίδων - Έλεγχος του rack:

Αφού κατασκεύασα όλες τις βαθμίδες και τις έλεγα την κάθε μια ξεχωριστά βάζοντας σήμα στην είσοδο τους και παρατηρώντας την έξοδο τους στον παλμογράφο, σειρά είχε να τις συνδέσω μεταξύ τους. Αρχικά επέλεξα ότι όλα τα κυκλώματα θα τα τοποθετούσα σε ένα μεταλλικό κουτί (από γαλβανιζέ) το οποίο ως ένα βαθμό προσφέρει κάποια μόνωση από εξωτερικές παρεμβολές (βλ. Σχήμα 34). Ακολούθως σχεδίασα το πως θα μπόυνε μέσα οι πλακέτες έτσι ώστε να γίνει κάποια σωστή κατανομή του βάρους. Επέλεξα τα τροφοδοτικά λόγο βάρους να τοποθετηθούν στην μέση.



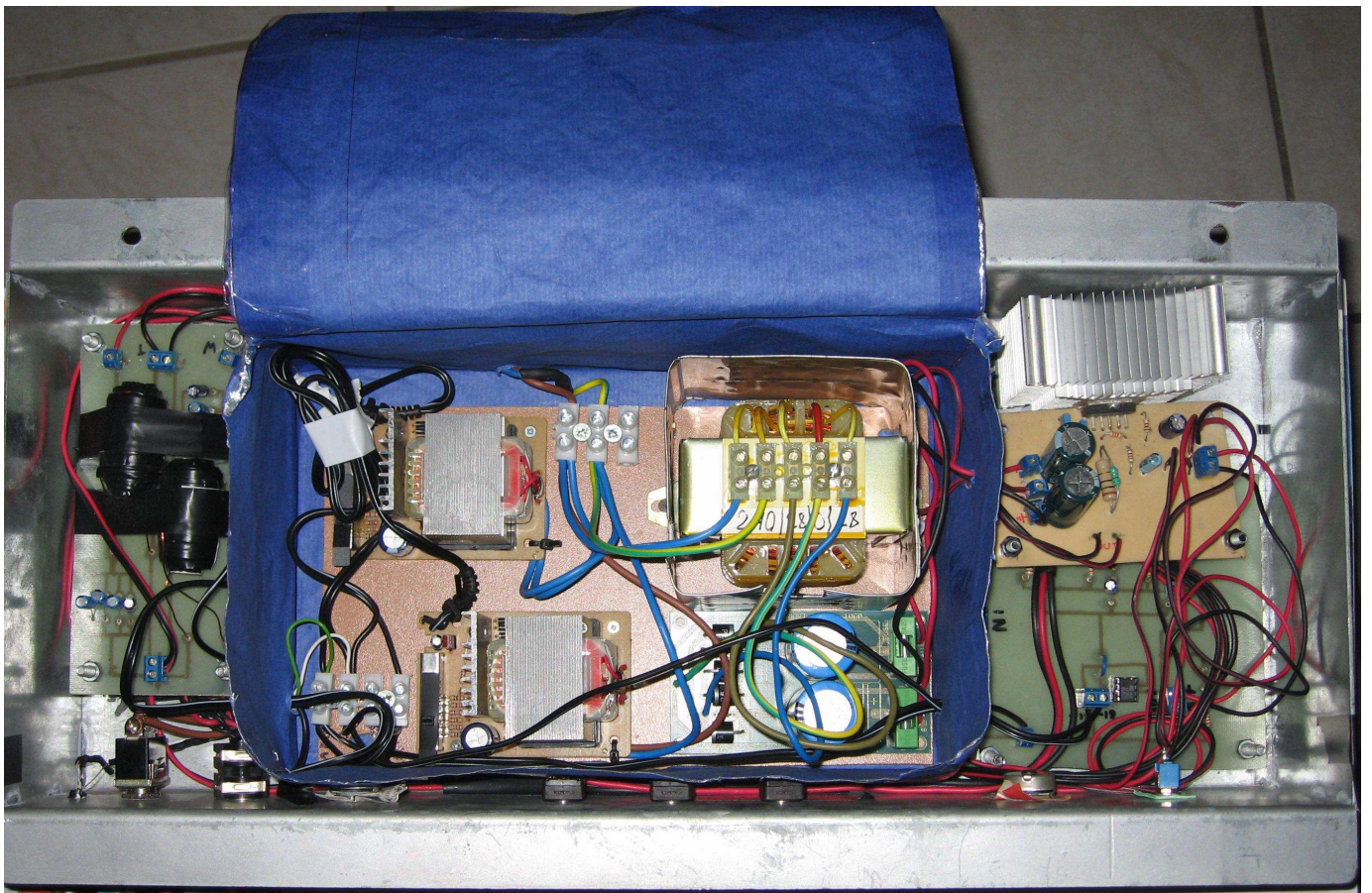
Σχήμα 34. Η τοποθέτηση των πρώτων βαθμίδων.

Ξεκινώντας από τον προ-ενισχυτή άρχισα να τοποθετώ τα κυκλώματα ένα-ένα μέσα και να τα συνδέω μεταξύ τους. Σαν πρώτο στάδιο επέλεξα να μην τοποθετήσω τους μετασχηματιστές αλλά να δώσω τροφοδοσία από εξωτερικά τροφοδοτικά και έτσι να κάνω τον έλεγχο τους (βλ. Σχήμα 35 & 36).



Σχήμα 35 & 36. Ο έλεγχος όλων των βαθμίδων μεταξύ τους.

Αφού έκανα τον έλεγχο όλων των βαθμίδων μεταξύ τους και όλα λειτούργησαν ικανοποιητικά προχώρησα και στην τοποθέτηση των τροφοδοτικών καθώς και στην σύνδεση αυτών με τα κυκλώματα. Έπειτα προχώρησα σε ένα δεύτερο έλεγχο όπου διαπίστωνα ότι λόγω των επαγωγών υπήρχε αρκετός θόρυβος οποίος έβρισκε διέξοδο στο ηχείο. Σαν λύση επέλεξα να απομονώσω ηλεκτρομαγνητικά τα υπόλοιπα κυκλώματα από τα τροφοδοτικά. Μια λύση η οποία φάνηκε λειτουργική. Συγκεκριμένα τοποθέτησα τα τροφοδοτικά μέσα σε ένα χάρτινο κουτί το οποίο μέσα έχει φύλλα από αλουμίνιο, έτσι κατά ένα μεγάλο ποσοστό περιόρισα τον θόρυβο. Παρακάτω φαίνονται όλα τα κυκλώματα να είναι τοποθετημένα μέσα στην κεφαλή του ενισχυτή, διακρίνεται το κουτί που απομονώνει ηλεκτρομαγνητικά τα κυκλώματα μεταξύ τους.



Σχήμα 37. Όλα τα κυκλώματα είναι τοποθετημένα μέσα στην κεφαλή του ενισχυτή.

5. Σχεδιασμός και κατασκευή της καμπίνας:

Πρώτο στάδιο για την κατασκευή της καμπίνας ήταν να σχεδιάσω το κατασκευαστικό σχέδιο το οποίο να εμπεριέχει όλες τις πληροφορίες όσον αφορά τις διαστάσεις της. Στις διαστάσεις κατέληξα αφού μελέτησα αρκετές εκδόσεις combo ενισχυτών και διαφόρων εταιρειών.

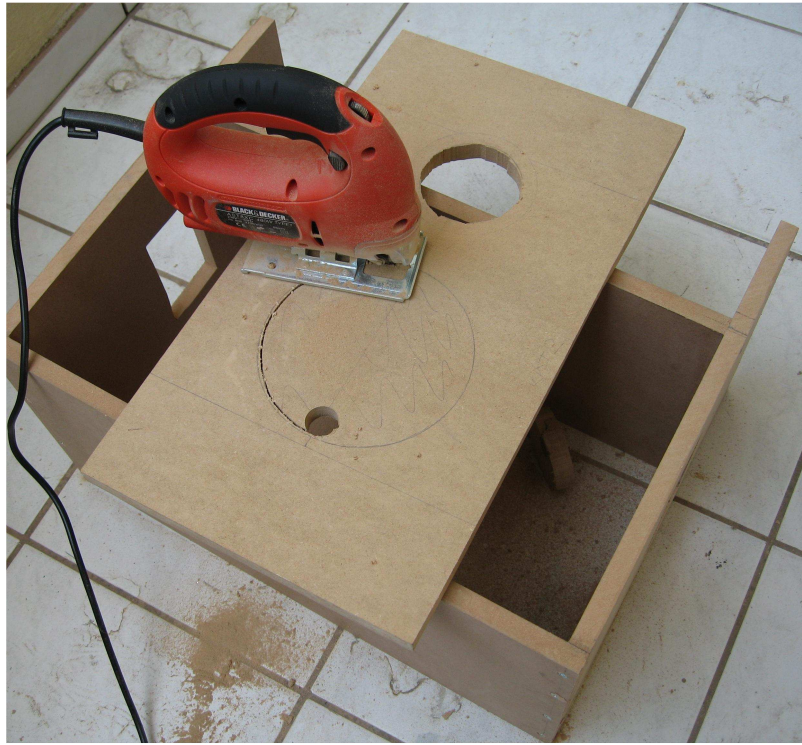
Όσον αφορά το είδος του ξύλου που χρησιμοποίησα αυτό είναι MDF. Κατέληξα σ' αυτό γιατί είναι ξύλο το οποίο έχει την δυνατότητα να αποσβένει γρήγορα και να μην συντονίζει παραμορφώνοντας το τελικό αποτέλεσμα. Αρκετές εταιρείες χρησιμοποιούν το MDF για κατασκευή combo ενισχυτών, ακόμη και για την κατασκευή ηχείων. Μια φθηνότερη λύση θα ήταν να χρησιμοποιήσω μελαμίνη. Τα ξύλα συνδέθηκαν μεταξύ τους με ξυλόκολλα και με ξυλόβιδες. Στην τελική κατασκευή τοποθέτησα μοκέτα καθώς επίσης και τρία χερούλια για να γίνεται εύκολα η μεταφορά του ενισχυτή. Επίσης στην μπροστινή όψη τοποθέτησα μεταλλικό πλέγμα έτσι ώστε να προστατεύονται τα μεγάφωνα από τυχόν χτυπήματα. Παρακάτω σε μια σειρά φωτογραφιών φαίνεται η πορεία από το κατασκευαστικό σχέδιο στην τελική μορφή που πήρε ο ενισχυτής.



Σχήμα 39. Κατασκευή του κυρίως σκελετού.



Σχήμα 40. Η ολοκλήρωση του κυρίως μέρους.



Σχήμα 41. Άνοιγμα τρυπών για τα μεγάφωνα.



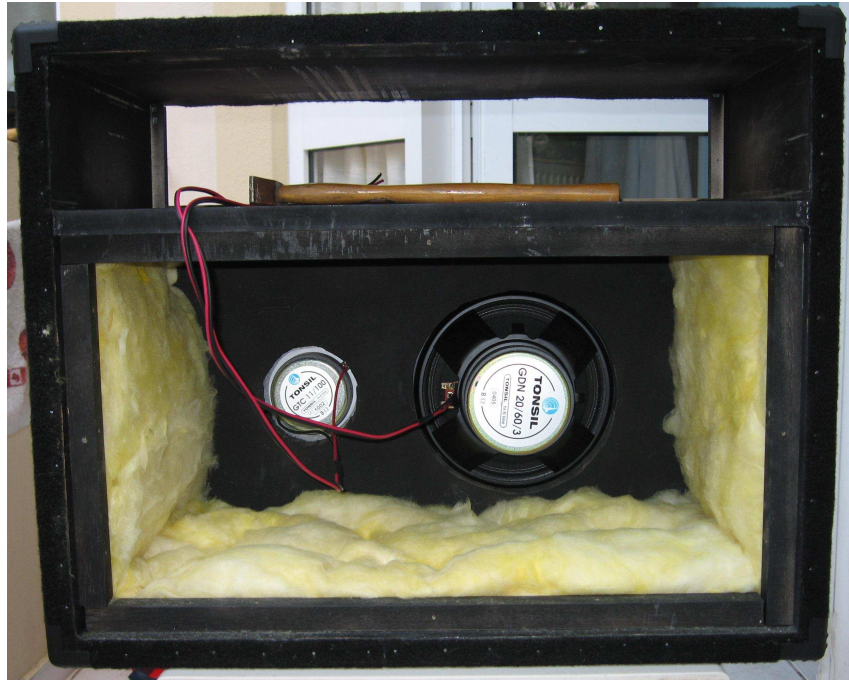
Σχήμα 42. Τοποθέτηση του ξύλου που θα δεχθεί τα μεγάφωνα καθώς και της μοκέτας.



Σχήμα 43. Τοποθετήθηκαν χερούλια και γωνίες.



Σχήμα 44. Τα μεγάφωνα μπήκαν στην θέση τους.



Σχήμα 45. Τοποθέτηση υαλοβάμβακα μέσα στην κλειστή καμπίνα.



Σχήμα 46. Η τελική μορφή που πήρε ο ενισχυτής.



Σχήμα 47 & 48. Ο τελικός έλεγχος του ενισχυτή.

6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κατασκευή πλακετών:

Οι πλέον διαδεδομένοι τρόποι για την εμφάνιση του τυπωμένου κυκλώματος σε μια πλακέτα είναι δύο. Στην πρώτη μέθοδο χρησιμοποιούμε πλακέτες με φωτοευαίσθητη αρνητική επίστρωση ενώ για την εκφώτιση μεταχειριζόμαστε αρνητικά φιλμ. Η εκφώτιση γίνεται σε μια συσκευή κενού με λαμπτήρες φθορισμού υπεριωδών ακτινών (UV). Η δημιουργία κενού επιτρέπει ομοιόμορφη πίεση του αρνητικού στην πλακέτα και έτσι εξασφαλίζεται καθαρή εκτύπωση και υψηλή καθαρότητα στα περιγράμματα του τυπωμένου.

Η δεύτερη μέθοδος είναι η αποχάλκωση η οποία γίνεται με προθερμασμένο διάλυμα τριχλωριούχου σιδήρου. Η διαδικασία γίνεται σε μια διάταξη ψεκασμού και έτσι ο χρόνος της αποχάλκωσης περιορίζεται στο ελάχιστο.

Για τις πλακέτες που χρησιμοποιήθηκαν στον ενισχυτή εργάστηκα με μια παραπλήσια μέθοδο της αποχάλκωσης. Τοποθετούσα σε δοχείο τριχλωριούχο σίδηρο τον οποίο διέλυα με νερό. Ακολούθως μέσα στο διάλυμα τοποθετούσα τις πλακέτες πάνω στις οποίες προηγουμένως σχεδιάζα το κύκλωμα με ανεξίτηλο μαρκαδόρο. Έτσι το στρώμα χαλκού έφευγε εκτός από απ' τα σημεία που υπήρχε μελάνι. Μετά έπλενα με νερό την πλακέτα και αφαιρούσα με καθαρό οινόπνευμα το μελάνι του μαρκαδόρου. Ακολούθως τρυπούσα όπου χρειαζόταν και τοποθετούσα τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα με κολλητήρι και καλάι.

Συμμετρική Τροφοδοσία:

Θετικός πόλος 1^{ης} πηγής → V+

Αρνητικός πόλος 1^{ης} πηγής → Γείωση

Θετικός πόλος 2^{ης} πηγής → Γείωση

Αρνητικός πόλος 2^{ης} πηγής → V-

LM 3886:

General Description

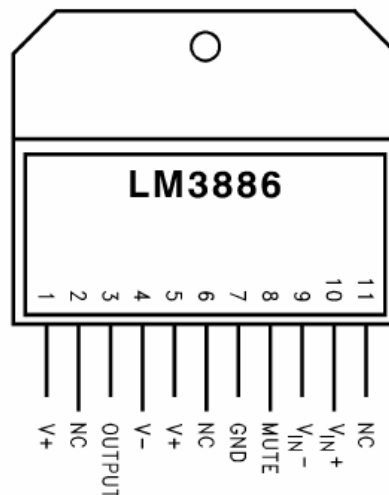
The LM3886 is a high-performance audio power amplifier capable of delivering 68W of continuous average power to a 4Ω load and 38W into 8Ω with 0.1% THD+N from 20Hz–20kHz.

The performance of the LM3886, utilizing its Self Peak Instantaneous Temperature (°Ke) (SPiKe™) protection circuitry, puts it in a class above discrete and hybrid amplifiers by providing an inherently, dynamically protected Safe Operating Area (SOA). SPiKe protection means that these parts are completely safeguarded at the output against overvoltage, undervoltage, overloads, including shorts to the supplies, thermal runaway, and instantaneous temperature peaks.

The LM3886 maintains an excellent signal-to-noise ratio of greater than 92dB with a typical low noise floor of 2.0μV. It exhibits extremely low THD+N values of 0.03% at the rated output into the rated load over the audio spectrum, and provides excellent linearity with an IMD (SMPTE) typical rating of 0.004%.

Features

- 68W cont. avg. output power into 4Ω at $V_{CC} = \pm 28V$
- 38W cont. avg. output power into 8Ω at $V_{CC} = \pm 28V$
- 50W cont. avg. output power into 8Ω at $V_{CC} = \pm 35V$
- 135W instantaneous peak output power capability
- Signal-to-Noise Ratio $\geq 92dB$
- An input mute function
- Output protection from a short to ground or to the supplies via internal current limiting circuitry
- Output over-voltage protection against transients from inductive loads
- Supply under-voltage protection, not allowing internal biasing to occur when $|V_{EE}| + |V_{CC}| \leq 12V$, thus eliminating turn-on and turn-off transients
- 11-lead TO-220 package
- Wide supply range 20V - 94V



TL 082:

Wide Bandwidth Dual JFET Input Operational Amplifier

General Description

These devices are low cost, high speed, dual JFET input operational amplifiers with an internally trimmed input offset voltage (BI-FET II™ technology). They require low supply current yet maintain a large gain bandwidth product and fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The TL082 is pin compatible with the standard LM1558 allowing designers to immediately upgrade the overall performance of existing LM1558 and most LM358 designs.

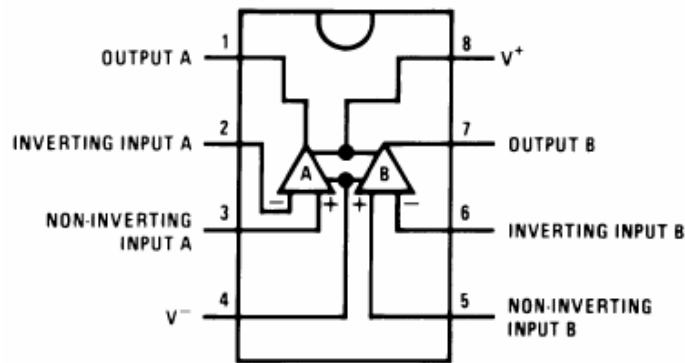
These amplifiers may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample and hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth. The devices also exhibit low noise and offset voltage drift.

Features

- Internally trimmed offset voltage: 15 mV
- Low input bias current: 50 pA
- Low input noise voltage: 16nV/√Hz
- Low input noise current: 0.01 pA/√Hz
- Wide gain bandwidth: 4 MHz
- High slew rate: 13 V/μs
- Low supply current: 3.6 mA
- High input impedance: $10^{12}\Omega$
- Low total harmonic distortion: $\leq 0.02\%$
- Low 1/f noise corner: 50 Hz
- Fast settling time to 0.01%: 2 μs

Connection Diagram

DIP/SO Package (Top View)



LF 351:

Description

The LF351 is JFET input operational amplifier with an internally compensated input offset voltage. The JFET input device provides wide bandwidth, low input bias currents and offset currents.

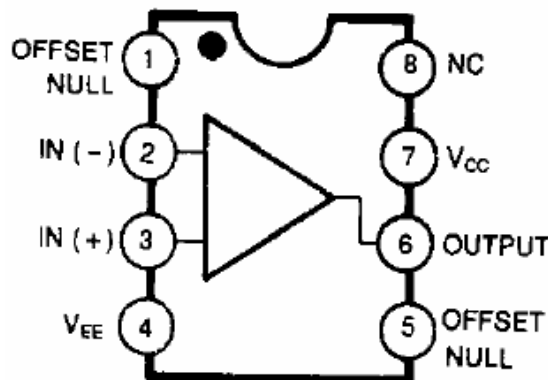
Features

- Internally trimmed offset voltage: 10mV
- Low input bias current : 50pA
- Wide gain bandwidth : 4MHz
- High slew rate : 13V/ μ s
- High input impedance : $10^{12}\Omega$

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	V _{CC}	± 18	V
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	30	V
Input Voltage Range	V _I	± 15	V
Output Short Circuit Duration	-	Continuous	-
Power Dissipation	P _D	500	mW
Operating Temperature	T _{OPR}	0 ~ +70	$^{\circ}$ C
Storage Temperature Range	T _{STG}	-65 ~ +150	$^{\circ}$ C

Internal Block Diagram



7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Εγκυκλοπαίδεια Επιστήμη & Ζωή. Εκδοτικές και εμπορικές επιχειρήσεις Χατζηϊακώβου Α.Ε.
- Βασική Ηλεκτρονική, Albert Paul Malvino, τέταρτη έκδοση. Εκδόσεις Α. Τζιόλας Θεσσαλονίκη.
- Ηλεκτρονικές κατασκευές, Δημήτριος Ρήγας. Εκδόσεις Α. Τζιόλας Θεσσαλονίκη.
- Σημειώσεις εφαρμοσμένης ακουστικής Ι, Μηνάς Κ. Σηφάκης, Έκδοση 1.0.
- Περιοδικό Elector
- Smart Kits, Κώστας Νόστης & ΣΙΑ Ο.Ε.
- Ραδιοθεωρία / ΣΕΤΤΗΛ, Πύργος 1975

INTERNET:

- http://en.wikipedia.org/wiki/Guitar_amplifier
- http://en.wikipedia.org/wiki/Instrument_amplifier
- http://apache.ece.arizona.edu/~ece220/Course_Notes/transistor.JPG
- <http://www.pw-electronics.co.uk/ICs%20and%20Semi/ICs%20and%20Semi%20Photos/LM386N-1.jpg>
- http://virlab.virginia.edu/VL/Semiconductor_science/IC_process/bitmaps/IC_process_intro.jpg
- http://www1.istockphoto.com/file_thumbview_approve/1296830/2/istockphoto_1296830_vacuum_tube.jpg
- <http://www.musanim.com/mam/transistor.jpg>
- <http://hem.passagen.se/ekabjan/Amps/Pre-WWII.htm>
- <http://www.carvinmuseum.com/playersgallery/kiesel.html>
- http://www.guitarampsonline.com/Marshall_AVT_50.jpg
- <http://my.pclink.com/~rlovgren/mg100hdfx.jpg>
- www.national.com/ds/LM/LM3886.pdf
- http://diyaudioprojects.com/Chip/LM3886_CA/index.htm

- http://www.generalguitargadgets.com/pdf/ggg_lm3886_amp.pdf
- http://users.otenet.gr/~athsam/3_band_eq.htm
- <http://www.mitedu.freemove.co.uk/Circuits/Audio/3band.htm>
- <http://www.bcae1.com/xoorder.htm>
- www.electronics-lab.com/projects/audio/002/index_gr.htm