

ΑΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ

**<<ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΡΑΦΙΚΟΥ
EQUILIZER>>**



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ. ΠΙΟΤΟΓΙΑΝΝΑΚΗΣ ΣΤΕΛΙΟΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΚΟΥΝΙΟΣ ΦΩΤΗΣ

A.M: 584

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 2/11/2010

Πίνακας περιεχομένων

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1 Τι είναι η ισοστάθμιση	4
1.2 Τι είναι το Equalizer	4
1.3 Κατηγορίες Φίλτρων	4
1.4 Τύποι Equalizer	8
2.ΤΟ ΓΡΑΦΙΚΟ EQUALIZER	10
2.1Τι είναι ο γραφικός ισοσταθμιστής	10
2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά γραφικού ισοσταθμιστή.	10
2.3 Τρόποι συνδεσμολογίας	11
3. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ EQUILIZER	12
3.1 Λίγα λόγια για την κατασκευή.	12
3.2 Γενική περιγραφή	12
3.3 Ανάλυση κυκλώματος	15
3.4 Τα υλικά κατασκευής	27
3.5 Κατασκευή πλακετών	29
3.6 Κατασκευή κουτιού.	31
3.7 Μοντάρισμα συσκευής	32
4. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ- ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	35
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ	47
6. DATASHEET	48
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-WEBGRAPHY	54

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή εργασία αφορά την κατασκευή στερεοφωνικού γραφικού ισοσταθμιστή 2x10 περιοχών. Για την υλοποίηση της θα ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τι είναι ισοστάθμιση, κατηγορίες φίλτρων, καθώς και τύποι ισοσταθμιστών που υπάρχουν.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Εισαγωγή. (Τι είναι ο γραφικός ισοσταθμιστής, τι περιλαμβάνει και που χρησιμοποιείται).

Σχεδιασμός και ανάλυση ηλεκτρονικού κυκλώματος της συσκευής.

Σχεδιασμός κουτιού συσκευής

ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

Αναζήτηση και προμήθεια υλικών.

Κατασκευή των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και μοντάρισμα της συσκευής.

Έλεγχος ορθής λειτουργίας συσκευής.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Μετρήσεις των τεχνικών χαρακτηριστικών της ολοκληρωμένης συσκευής.

Χρήση της συσκευής σε πραγματικές συνθήκες.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ / ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Τι είναι η ισοστάθμιση

Η πράξη της αλλαγής της έντασης των συχνοτήτων καλείται Equalization. Ο όρος αυτός προέρχεται από τις εποχές που πλέον είχε εδραιωθεί το τηλεφωνικό σύστημα στην Αμερική. Η διαδικασία που ονομαζόταν "equalizing" και διόρθωνε τις απώλειες στις συχνότητες που εμφανίζονταν στις τηλεφωνικές κλήσεις που περνούσαν από γραμμές μεγάλου μήκους. Σήμερα πλέον η λέξη equalizing (ισοστάθμιση) αναφέρεται για όλα τα είδη τονικού ελέγχου. Πρόκειται για μια διαδικασία όπου χρησιμοποιούμε ένα όργανο που ονομάζεται ισοσταθμιστής. Μας επιτρέπει να εντοπίσουμε και να ρυθμίσουμε την ένταση της κάθε συχνότητας σε οποιοδήποτε σημείο του φάσματος συχνοτήτων, δημιουργώντας τις αλλαγές στο ηχόχρωμα των μουσικών οργάνων και των ήχων που ζητάμε. Η ανάγκη που οδήγησε στην ισοστάθμιση των συχνοτήτων του φάσματος γεννήθηκε από το γεγονός ότι οι ηχογραφήσεις δεν είναι τέλειες, με δεδομένο τις στρεβλώσεις στη συχνότητα που προκαλούνται από τη διαδικασία της αναπαραγωγής. Η ακουστική του δωματίου ακρόασης κ' η φύση της ακοής, μας έκανε να χρησιμοποιήσουμε τον ισοσταθμιστή για να αποκατασταθεί η ισορροπία μεταξύ των ήχων.

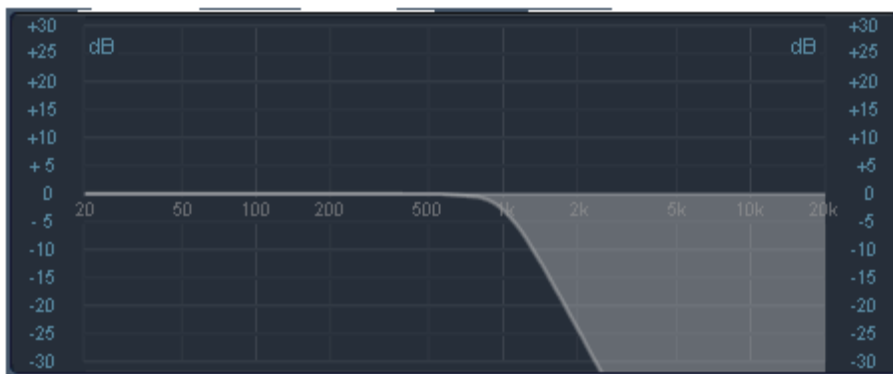
1.2 Τι είναι το Equalizer

Ο ισοσταθμιστής είναι ένας επεξεργαστής που έχει σχεδιαστεί για να αλλάξει σκόπιμα την τονική ποιότητα του ήχου που διέρχεται από αυτό. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση διαφόρων φίλτρων (κυκλώματα), με τα οποία παρεμβαίνει στο ηχητικό σήμα και σε συγκεκριμένες περιοχές συχνοτήτων. Ανάλογα με τις ρυθμίσεις υπάρχει το θετικό κέρδος (ενίσχυση) και το αρνητικό κέρδος, που αναφέρεται ως (εξασθένηση). Όπως αναφέρθηκε, τα equalizer αποτελούνται από διάφορα κυκλώματα, φίλτρα τα οποία είναι υπεύθυνα για την λειτουργία της συσκευής. Οι κατηγορίες που χωρίζονται αυτά είναι οι εξής.

1.3 Κατηγορίες Φίλτρων

Low Pass [LPF]

Αυτού του είδους τα φίλτρα είναι χρήσιμα γιατί μας επιτρέπουν να ορίσουμε από ποιο σημείο και μετά θα κοπούν ορισμένες συχνότητες. Αν θέλουμε να κρατήσουμε μόνο τις χαμηλές συχνότητες από κάποιον ήχο, τότε χρησιμοποιούμε ένα φίλτρο **Low Pass**. Ένα παράδειγμα είναι το παρακάτω, στο οποίο έχουμε "κόψει" τις συχνότητες που υπάρχουν από τα **1000 Hz** (1 K Hz) και πάνω.

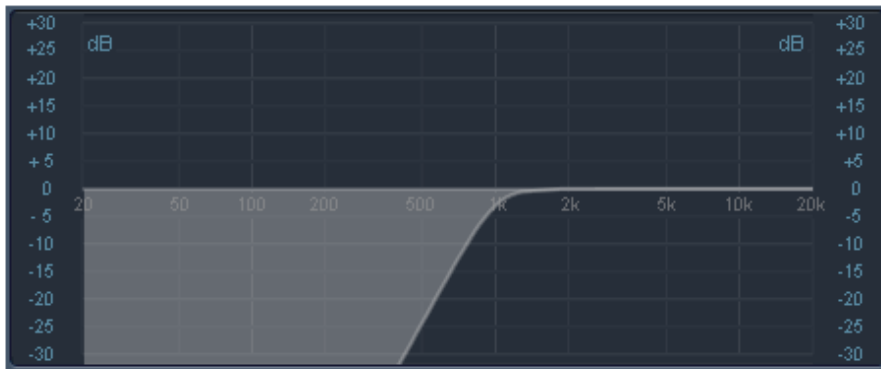


Σχήμα:1,1 Lowpass filter, 1Khz

Εκτός από **low pass**, αυτά τα φίλτρα λέγονται και **high cut**. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε ηχογράφηση κάποιου μπάσου όργανο η ένα kick από κρουστά και θέλουμε να "κόψουμε" τις υψηλές συχνότητες ώστε να ακούμε μόνο τις μπάσες.

High Pass [HPF]

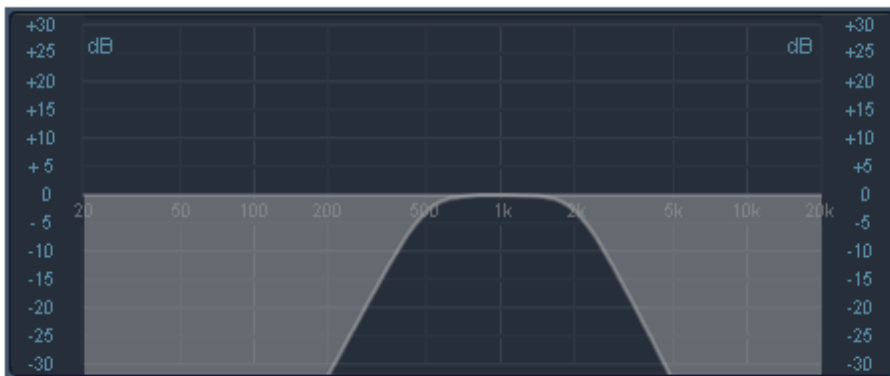
Η δράση του **high pass** είναι η ακριβώς αντίθετη από αυτή του low pass. Επιλέγουμε μία συχνότητα και ο ισοσταθμιστής “κόβει” τις συχνότητες που υπάρχουν κάτω από την επιλεγμένη. Χρήση του φίλτρου αυτού βρίσκουμε σε πρίμα όργανα, στα οποία θέλουμε να κρατήσουμε τις υψηλές συχνότητες και να διώξουμε τις μπάσες. Μπορεί να είναι μια ηχογράφιση από πιατίνια κρουστών ή κάποια πρίμα πνευστά. Αρκετά συχνά χρησιμοποιούμε το high pass στις φωνές, για να απομακρύνουμε συχνότητες που υπάρχουν κάτω από τα **150hz**. Όπως και στο προηγούμενο φίλτρο, το **high pass** μπορούμε να το συναντήσουμε και ως **low cut**.



Σχήμα:1,2 High pass, 1kHz

Band Pass

Τα φίλτρα **Band Pass** είναι από τα πιο δραστικά όσον αφορά την επίδραση τους επάνω στον ήχο. Τα φίλτρα Band Pass είναι χρήσιμα στο να “περάσουμε” συχνότητες μεταξύ συχνοτήτων. Οπότε με λίγα λόγια, είναι ένα φίλτρο που του ορίζουμε δυο συχνότητες και μεταξύ αυτών θα περνάει ο ήχος.



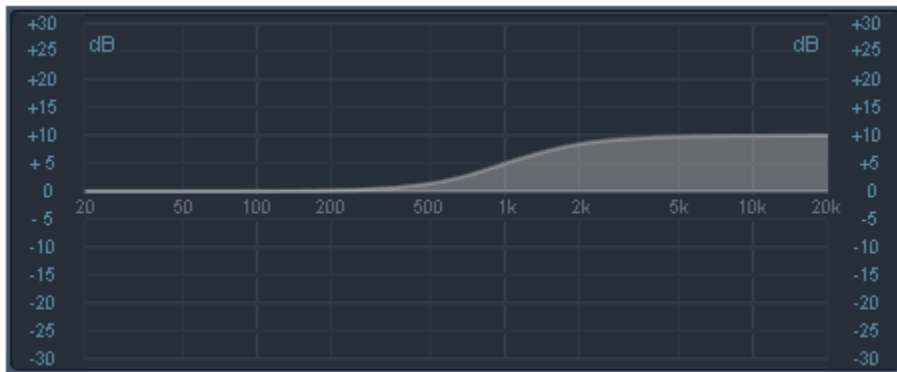
Σχήμα:1,3 Band Pass

Σε ψηφιακούς ισοσταθμιστές μπορούμε να δημιουργήσουμε band pass φίλτρο με την χρήση ενός High Pass και ενός Low Pass. Σε κάποιους μίκτες μπορούμε να συναντήσουμε φίλτρο με δράση παρόμοια με αυτή του Band Pass αλλά συνήθως με το όνομα **Sweep Equalizer**.

Shelving Bands

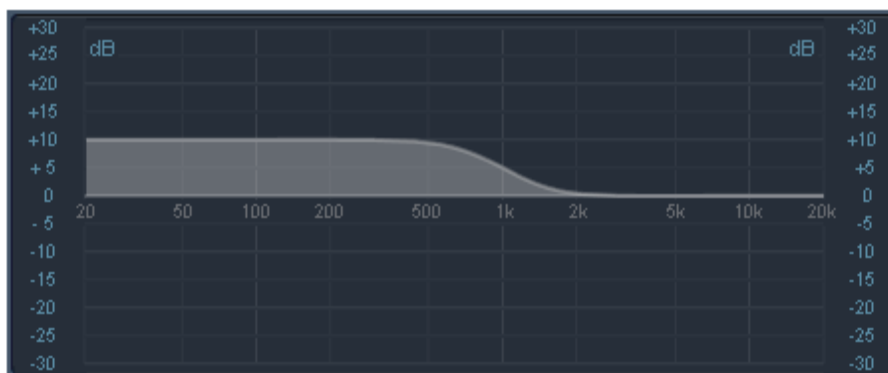
Στους παραμετρικούς ισοσταθμιστές, εκτός από τα φίλτρα **HP** και **LP** (High Pass και Low Pass) συναντούμε και τα **Shelving Filters**. Σε **High Shelving Band**, δίνουμε στον ισοσταθμιστή μια τιμή σε Hertz, όπως 1KHZ και μέσω της επιλογής gain μπορούμε να αυξήσουμε ή να ελαττώσουμε την δράση του φίλτρου.

Σε **High Shelving Filter**, έχοντας δώσει μια τιμή, ο ισοσταθμιστής αυξομειώνει ομοιόμορφα τις συχνότητες που βρίσκονται στα **1000 Hz** και πάνω.



Σχήμα:1,4 High Shelving Filter

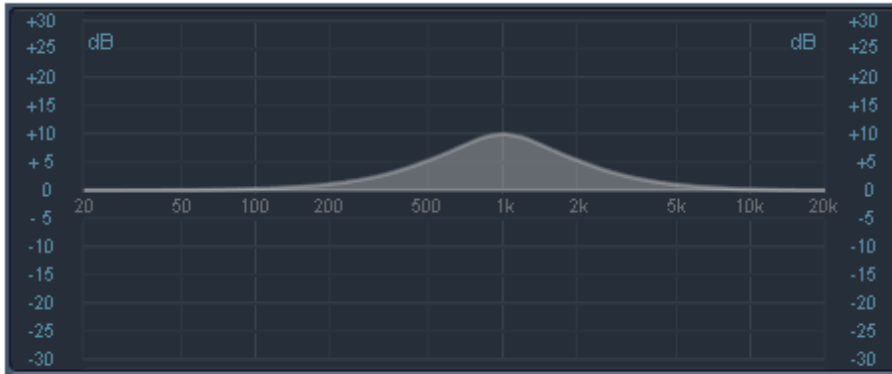
Σε αντίθεση με τα **Low Shelving filter**, που ο ισοσταθμιστής αυξομειώνει ομοιόμορφα τις συχνότητες που βρίσκονται κάτω από 1000 HZ.



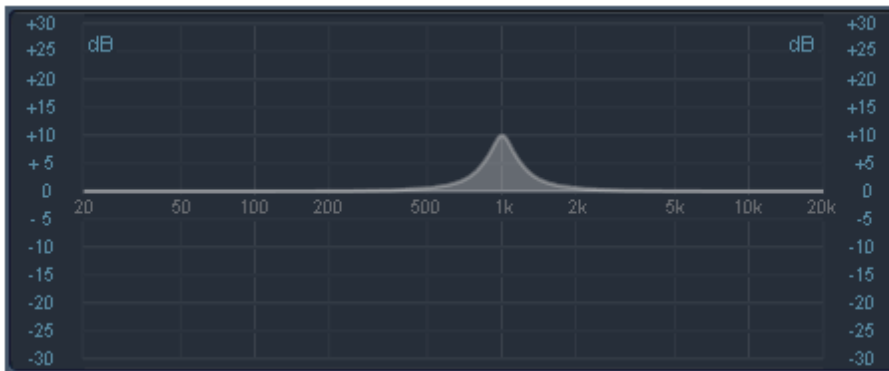
Σχήμα:1,5 Low Shelving Filter

Peaking Bands

Σε αυτό το είδος του φίλτρου, έχουμε να κάνουμε με την χρήση του “Q”. Έχοντας επιλέξει μια συχνότητα, μπορούμε να αυξομειώσουμε την ένταση της, με ελεγχόμενη την δυνατότητα επηρεασμού κοντινών συχνοτήτων ή όχι (εδώ είναι που αποκτάει νόημα το Q).



Σχήμα:1.6 Peaking band - μεγάλο bandwidth με χαμηλό Q



Σχήμα:1.7 Peaking band - μικρό bandwidth με υψηλό Q

1.4 Τύποι Equalizer

1. Γραφικοί ισοσταθμιστές (graphic equalizers)
2. Ισοσταθμιστές απόρριψης ζωνών (band-reject equalizers)
3. Ισοσταθμιστές αποκοπής και ενίσχυσης (cut & boost equalizers)
4. Ισοσταθμιστές συνεργασίας (synergistic equalizers)
5. Παραμετρικοί (parametric equalizers)
6. Προγραμματιζόμενοι (programmable equalizers)

1) Γραφικοί ισοσταθμιστές (graphic equalizers)

Γραφικοί ισοσταθμιστές είναι οι ισοσταθμιστές που επιτρέπουν μόνο τη ρύθμιση της στάθμης κάθε φίλτρου και έχουν πάρει το όνομά τους από τη συνηθισμένη μορφή του πίνακα με τα ποτενσιόμετρα ελέγχου τους, η σχετική θέση των οποίων δίνει λίγο-πολύ τη μορφή της απόκρισης πλάτους κατά συχνότητα που εμφανίζουν.

2) Ισοσταθμιστές απόρριψης ζωνών (band-reject equalizers)

Οι ισοσταθμιστές απόρριψης ζωνών είναι συνήθως ειδικά σχεδιασμένοι για βέλτιστη ισοστάθμιση του ακουστικού φάσματος, με φίλτρα που απέχουν ένα τρίτο της οκτάβας, έχουν χαμηλό συντελεστή ποιότητας, είναι φίλτρα ελάχιστης (αλλαγής) φάσης, είναι συνδυαζόμενα, δεν υπερβαίνουν τα -14dB σε βήματα του 1dB. Ο κυματισμός του πλάτους της τελικής απόκρισης κατά συχνότητα του ισοσταθμισμένου ηχητικού πεδίου, κάτω από αυτές τις προϋποθέσεις είναι μη ακουστός, αφού έχει αποδειχθεί ότι το εύρος ζώνης των ζωνοαπορριπτικών φίλτρων που χρησιμοποιούνται προκειμένου να μην παρατηρείται κωδωνισμός (το οποίο αντιστοιχεί, βέβαια, σε χαμηλές τιμές του Q), συμπίπτει με το κρίσιμο εύρος ζώνης, τη διαφορά δηλαδή μεταξύ συχνοτήτων που είναι δυνατό να διακρίνει το ανθρώπινο αυτί.

3) Ισοσταθμιστές αποκοπής και ενίσχυσης (cut & boost equalizers)

Στους ισοσταθμιστές αποκοπής και ενίσχυσης έχουμε συνδυασμό ζωνοαπορριπτικών και ζωνοπερατών φίλτρων.

4) Ισοσταθμιστές συνεργασίας (synergistic equalizers)

Στους ισοσταθμιστές συνεργασίας έχουμε πρώτα μια βαθμίδα bass-treble και στη συνέχεια μια βαθμίδα ισοσταθμιστή με ρυθμιζόμενες κεντρικές συχνότητες.

5) Παραμετρικοί (parametric equalizers)

Ένας παραμετρικός ισοσταθμιστής, όπως άλλωστε δηλώνει και το όνομά του, επιτρέπει τον καθορισμό από το χρήστη των παραμέτρων του κάθε φίλτρου ισοστάθμισης, όπως τις κεντρικές συχνότητες, την ενίσχυση ή την απόσβεση και τον συντελεστή ποιότητας. Τυπικά τα φίλτρα ισοστάθμισης ενός τέτοιου ισοσταθμιστή είναι δεύτερης τάξης και τέσσερα με πέντε στον αριθμό, (δηλαδή τέσσερις με πέντε περιοχές ισοστάθμισης). Τυπικά, η κεντρική συχνότητα κάθε περιοχής είναι ρυθμιζόμενη σε ένα εύρος 10:1 ή 25:1, με τα κέντρα των περιοχών σε διαφορετικές συχνότητες. Συνήθως εμφανίζονται ενισχύσεις της τάξης των 15dB και αποσβέσεις της τάξης των +25 dB έως -40dB. Το Q είναι τυπικά ρυθμιζόμενο σε ένα εύρος 10:1 (συνήθως από 0.29 έως 2.9).

6) Προγραμματιζόμενοι (programmable equalizers)

Προγραμματιζόμενοι ισοσταθμιστές είναι οι γραφικοί ισοσταθμιστές που χρησιμοποιούν ψηφιακά ρυθμιζόμενα αναλογικά φίλτρα και μια τυπική τέτοια μονάδα είναι ικανή να «θυμάται» 128 προεπιλεγμένες καμπύλες ισοστάθμισης, αποθηκευμένες στη μνήμη της και έτοιμες για ανάκληση ανά πάσα στιγμή.

2.ΤΟ ΓΡΑΦΙΚΟ EQUALIZER

2.1 Τι είναι ο γραφικός ισοσταθμιστής

Η διαδικασία της ισοστάθμισης ενός σήματος συνίσταται στην ενίσχυση και στην εξασθένηση ορισμένων περιοχών συχνοτήτων του σήματος. Οι γραφικοί ισοσταθμιστές επιτυγχάνουν τη διαίρεση του φάσματος ενός σήματος σε διάφορες περιοχές συχνοτήτων χρησιμοποιώντας ένα σύνολο από ζωνοδιαβατά φίλτρα. Ένα ιδανικό ζωνοδιαβατό φίλτρο επιτρέπει τη διέλευση των συχνοτήτων που βρίσκονται γύρω από μια κεντρική συχνότητα, ενώ αποκόπτει πλήρως τις υπόλοιπες συχνότητες. Η απόκριση των φίλτρων που χρησιμοποιούνται σε έναν γραφικό ισοσταθμιστή καθορίζεται από τον συντελεστή ποιότητας Q που θα αναλυθεί παρακάτω.

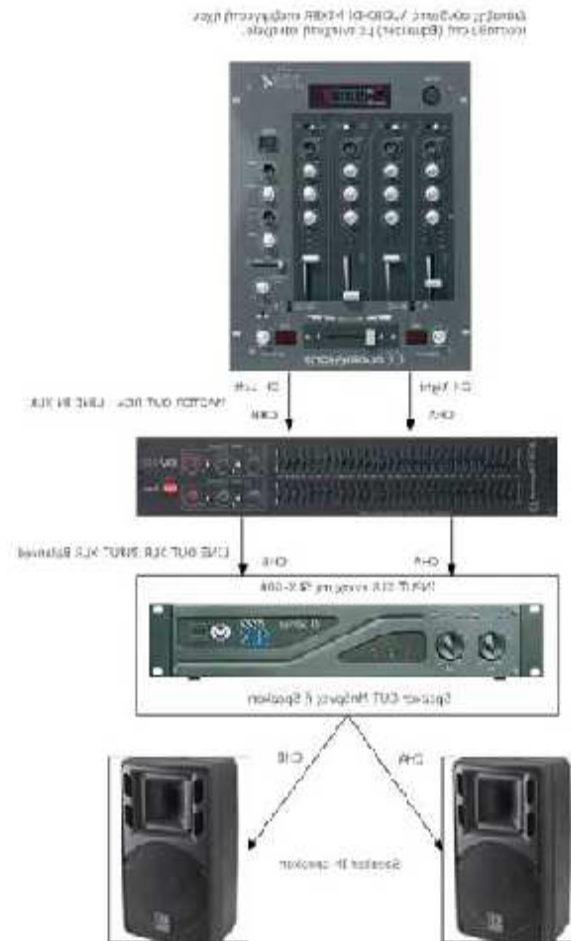
2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά γραφικού ισοσταθμιστή.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός τυπικού γραφικού ισοσταθμιστή είναι τα εξής:

1. Αριθμός περιοχών. Πχ 2 X 15, που σημαίνει ότι σε κάθε κανάλι έχει 15 περιοχές συχνοτήτων.
2. Balanced συνδέσεις και unbalanced συνδέσεις. Πχ τύπου XLR, RCA αντίστοιχα.
3. Frequency Response - Απόκριση συχνότητας. Το εύρος συχνοτήτων που μπορεί να λειτουργήσει κανονικά η συσκευή. Πχ 10-20.000 HZ.
4. Ελεγχόμενες συχνότητες. Οι κεντρικές συχνότητες των φίλτρων που μπορούν να ρυθμιστούν. Πχ. 25/40/63/100/160/250/400/630 Hz και 1/1,6/2,5/4/6,3/10/16 Khz.
5. Control range. Μετρίεται σε dB και δείχνει πόσο μπορεί να κόψει ή να ενισχύσει κάθε περιοχή συχνοτήτων. Π χ +/- 6dB.
6. Low Cut Filter: Σε περίπτωση που διαθέτει φίλτρο αποκοπής χαμηλών συχνοτήτων. Π. χ. 20Hz / -12dB.
7. THD. Ολική Αρμονική Παραμόρφωση : Πόσο επί τοις εκατό δημιουργείται παραμόρφωση στη συσκευή από τις αρμονικές συχνότητες. Π.χ. 0,1% 1KHz, +0dBu.
8. S/N Ratio : Αναλογία σήματος προς θόρυβο. Πόση δυνατώτερη στάθμη έχει το σήμα σε σχέση με το θόρυβο. Π.χ. 66dB - 1KHz.
9. Τροφοδοσία: AC 230 VOLT, 50Hz.
10. Διαστάσεις: 482 X 44 X 165 mm.
11. Βάρος: 2,5 K gr.

2.3 Τρόποι συνδεσμολογίας

Η παρακάτω εικόνα δείχνει έναν κλασικό τρόπο συνδεσμολογίας ενός ισοσταθμιστή. Πηγή ήχου μίκτης ή κονσόλα, ισοσταθμιστής, ενισχυτής και ηχεία.



Σχήμα:2,1 Τρόπος συνδεσμολογίας EQ

3. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ EQUALIZER



3.1 Λίγα λόγια για την κατασκευή.

Το equalizer που θα κατασκευάσω είναι στερεοφωνικό με 10 περιοχές συχνοτήτων ανά κανάλι και με ρύθμιση της στάθμης του σήματος εξόδου, έτσι ώστε να μην υπάρξει υπεροδήγηση, παραμόρφωση και ψαλιδισμός του σήματος από τον τελικό ενισχυτή.

Η συσκευή αυτή έχει τη δυνατότητα όταν είναι κλειστή να οδηγεί το σήμα από την είσοδο κατευθείαν στην έξοδο, χωρίς να περάσει από ενεργά ή παθητικά στοιχεία και έτσι είναι σαν να μην υπάρχει καθόλου το equalizer. Όταν πατηθεί ο κεντρικός διακόπτης και ανοίξει η συσκευή τότε στην διαδρομή του σήματος από την είσοδο παρεμβάλλεται το equalizer και διαμορφώνει τον ήχο όπως θέλουμε.

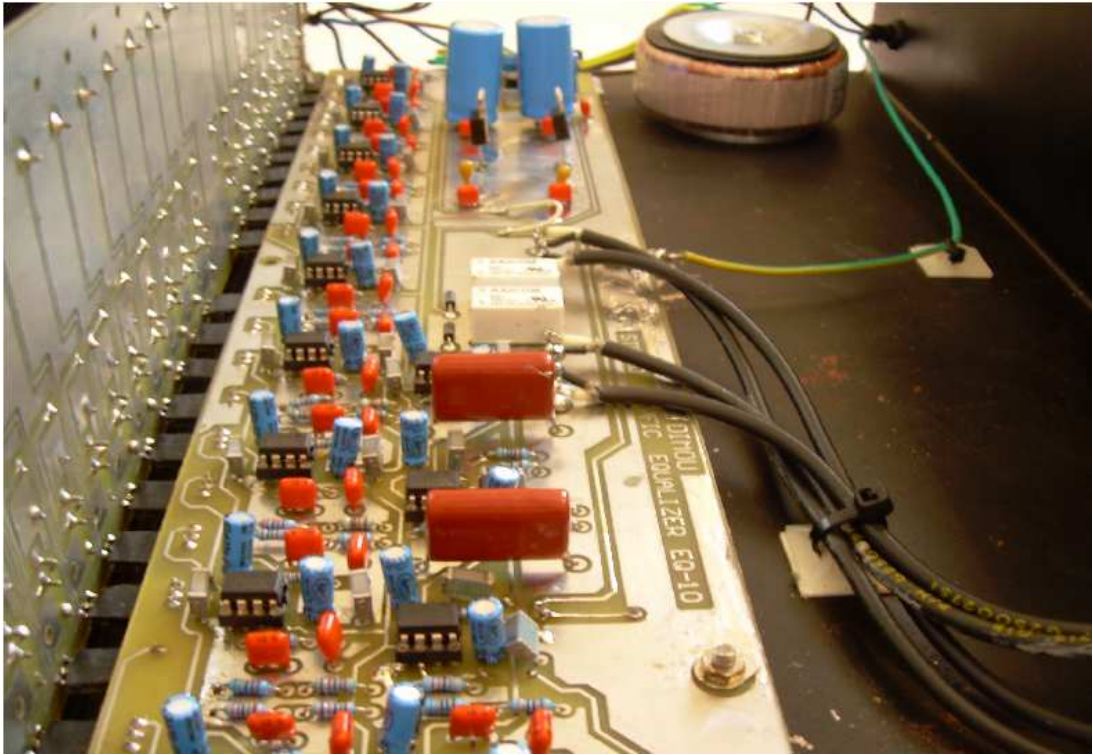
Η κατασκευή αυτή είναι υψηλής ποιότητας και έχει σχεδιαστεί με τυπωμένα κυκλώματα διπλής όψης, θωρακισμένα από τον θόρυβο και τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία και το σημαντικότερο χωρίς καλώδια σύνδεσης με τα ποτενσιόμετρα ρύθμισης.

3.2 Γενική περιγραφή

Το equalizer που θα κατασκευάσω θα στηρίζεται σε δυο μεγάλες πλακέτες διπλής όψης, όπου η μία είναι η πλακέτα των φίλτρων και του τροφοδοτικού (εικ. 1) και η άλλη η πλακέτα των ποτενσιόμετρων (εικ. 2).

Οι δύο πλακέτες αυτές είναι σχεδιασμένες και κατασκευασμένες να κουμπώνουν μεταξύ τους με ακιδοσειρές σύνδεσης, σχηματίζοντας ορθή γωνία, έτσι ώστε να μην χρησιμοποιηθούν καθόλου καλώδια σύνδεσης (εικ 3).

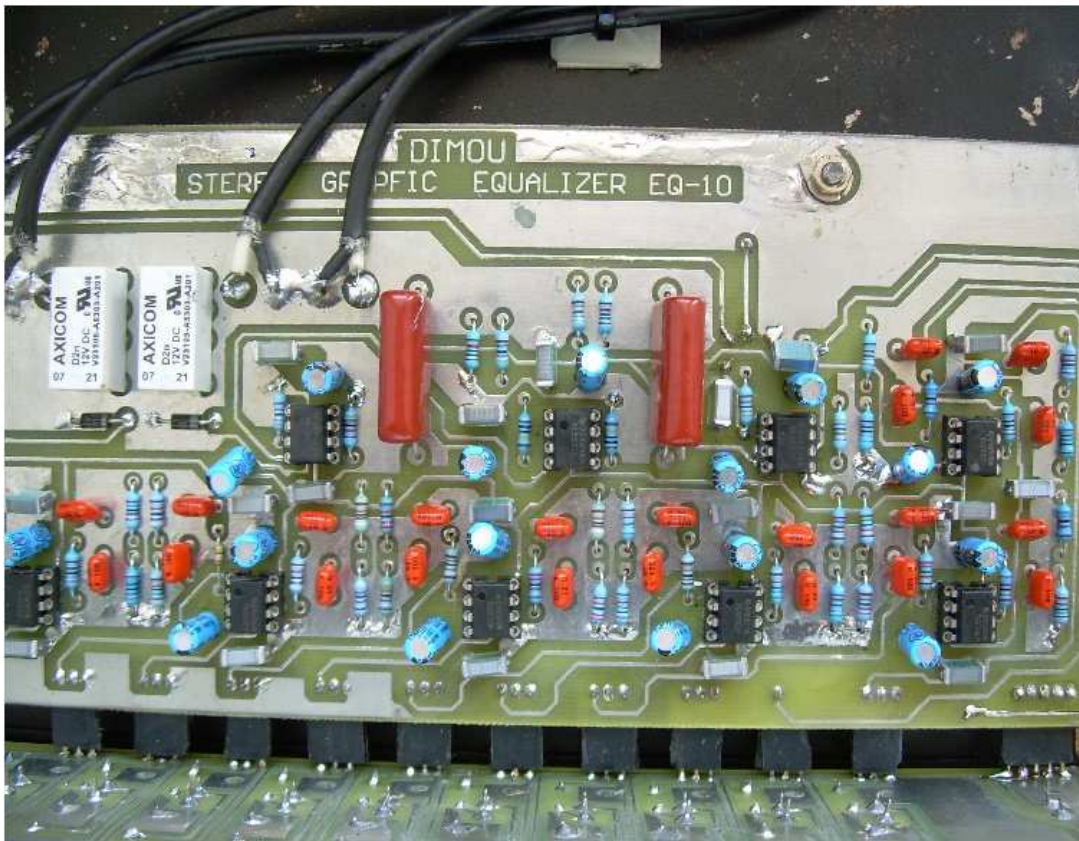
Όπως ανέφερα και στην εισαγωγή, το Equalizer είναι 10 περιοχών συχνοτήτων ανά κανάλι. Η κάθε κεντρική συχνότητα είναι η διπλάσια της προηγούμενης. Το εύρος ζώνης του κάθε φίλτρου είναι τέτοιο, ώστε να καλύπτεται ολόκληρο το φάσμα από 20Hz έως 20KHz. Όταν είναι κλειστός ο κεντρικός διακόπτης, τα σήματα των δύο καναλιών οδηγούνται κατευθείαν στην έξοδο μέσω των ηλεκτρονόμων, ενώ όταν ενεργοποιηθεί η συσκευή τα σήματα οδηγούνται μέσω buffer στις εισόδους των φίλτρων.



Εικόνα 1. Η πλακέτα των φίλτρων και του τροφοδοτικού



Εικόνα 2. Η πλακέτα των ποτενσιόμετρων



Εικόνα 3. Ακιδοδοσειρές σύνδεσης

3.3 Ανάλυση κυκλώματος

Στα σχήματα που ακολουθούν (1,2,3) βλέπετε το ηλεκτρονικό σχέδιο του equalizer. Τα σήματα της εισόδου των δυο καναλιών, οδηγούνται στο IC1, όπου είναι ένας διπλός τελεστικός ενισχυτής σε συνδεσμολογία απομονωτή. Οι αντιστάσεις R1 και R56 προσαρμόζουν την αντίσταση εισόδου της συσκευής στα 47KΩ. Το κύκλωμα των φίλτρων είναι ακριβώς το ίδιο και στα δυο κανάλια, οπότε περιγράφοντας ένα φίλτρο καταλαβαίνετε και την λειτουργία των υπολοίπων.

Τα σήματα του αριστερού και του δεξιού καναλιού, μετά τους απομονωτές οδηγούνται στις εισόδους των 10 φίλτρων διέλευσης του κάθε καναλιού. Οι κεντρικές συχνότητες για το κάθε κανάλι είναι. 31Hz, 63Hz, 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1KHz, 2KHz, 4KHz, 8KHz, 16KHz.

Παρατηρώ ότι ξεκινώντας από την χαμηλότερη συχνότητα των 31Hz, κάθε επόμενη συχνότητα είναι διπλάσια της προηγούμενης. Οι αντιστάσεις R2,R3,R4 και οι πυκνωτές C5,C6, μαζί με τον IC2-A, συνθέτουν το φίλτρο των 31Hz του αριστερού καναλιού.

Είναι ένα φίλτρο ζώνης διέλευσης με απολαβή 1 και το εύρος ζώνης το επέλεξα κατά τρόπο, ώστε εκεί που η απόκριση συχνότητας του πρώτου φίλτρου πέφτει, ξεκινάει να ανεβαίνει η χαμηλότερη συχνότητα του δεύτερου φίλτρου και ομοίως με τα υπόλοιπα φίλτρα. Έτσι καλύπτεται όλο το ακουστικό φάσμα από 20Hz έως 20KHz. Το εύρος ζώνης του κάθε φίλτρου καθορίζεται από τον **ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ Q**. Όρισα για τα 7 πρώτα φίλτρα τιμή Q1=1,8 και για τα τρία τελευταία Q2=1,7. Η σχέση που συνδέει το εύρος ζώνης με το συντελεστή ποιότητας Q είναι η εξής:

$$Q = f_0 / B_w$$

Q: συντελεστής ποιότητας

f₀: κεντρική συχνότητα

B_w: εύρος ζώνης.

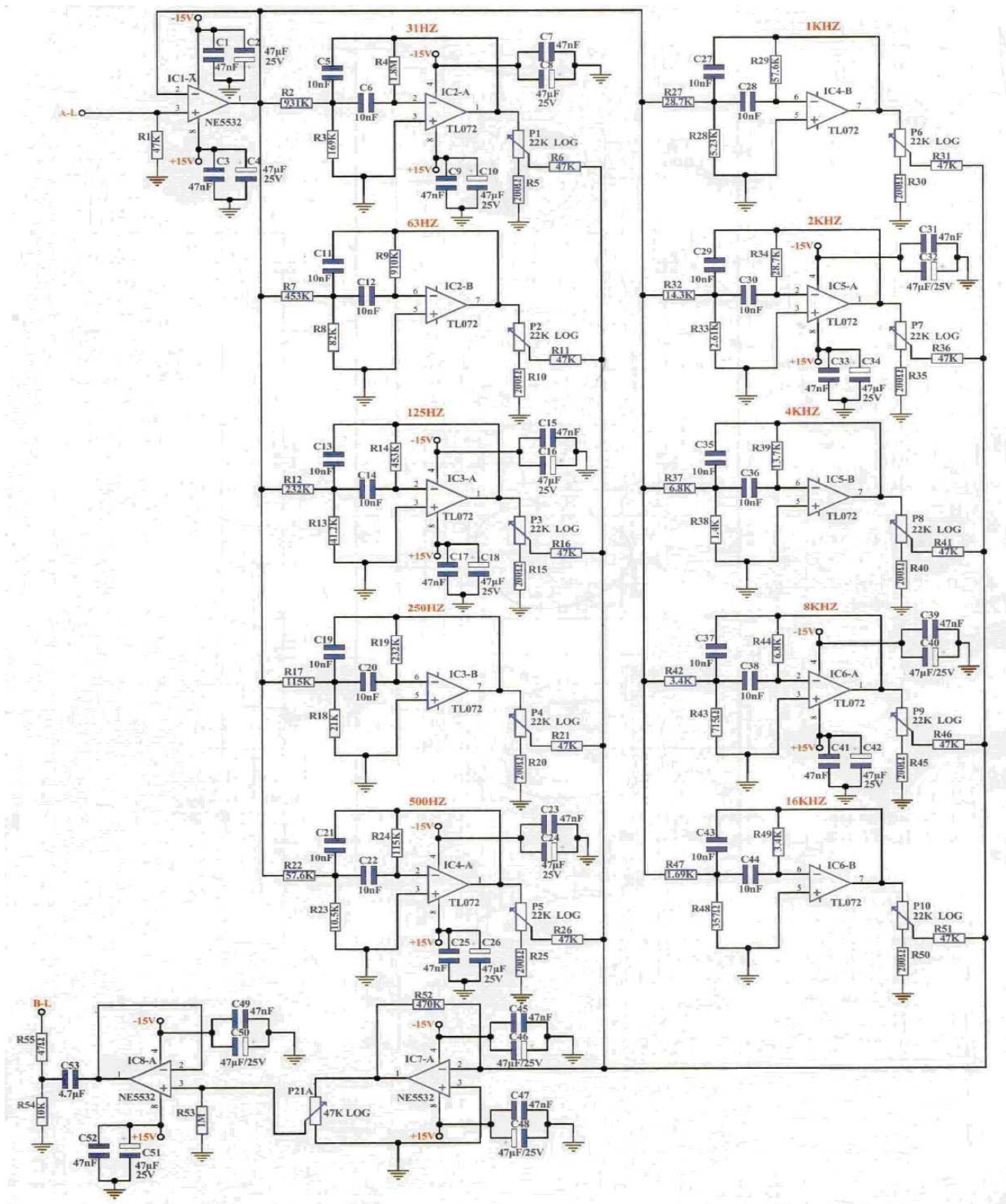
(Το οποίο είναι ίσο με $B_w = f_2 - f_1$, όπου f₂ η υψηλότερη συχνότητα και f₁ η χαμηλότερη).

Έτσι για το πρώτο φίλτρο που προανέφερα με κεντρική συχνότητα 31Hz το εύρος ζώνης είναι από 22Hz έως 40Hz. Ο υπολογισμός των τιμών των εξαρτημάτων του κάθε φίλτρου γίνεται με την βοήθεια των παρακάτω σχέσεων.

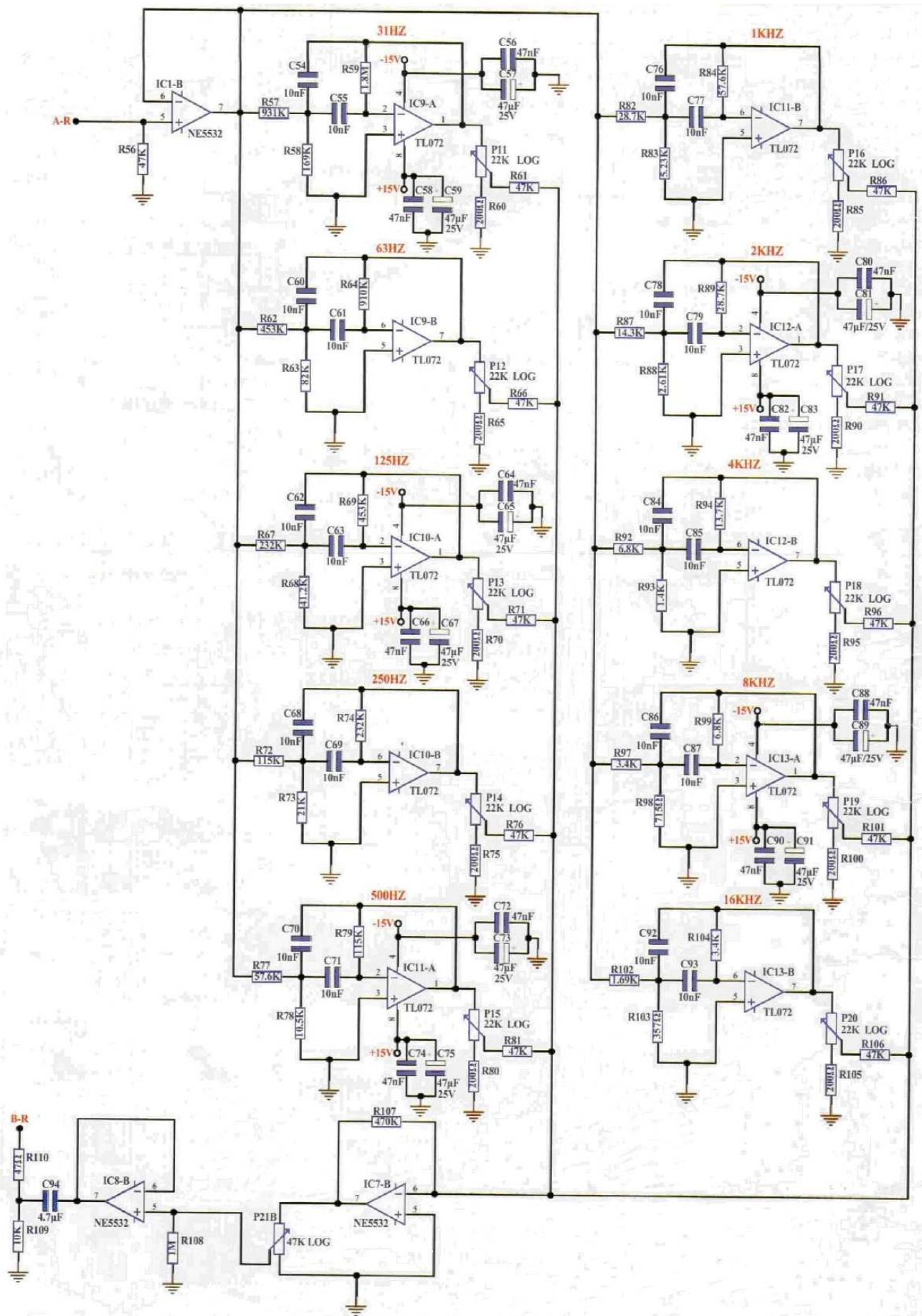
$$R_2 = Q / (2\pi * f_0 * C * K)$$

$$R_3 = Q / \{ 2\pi * f_0 * C (2Q^2 - K) \}$$

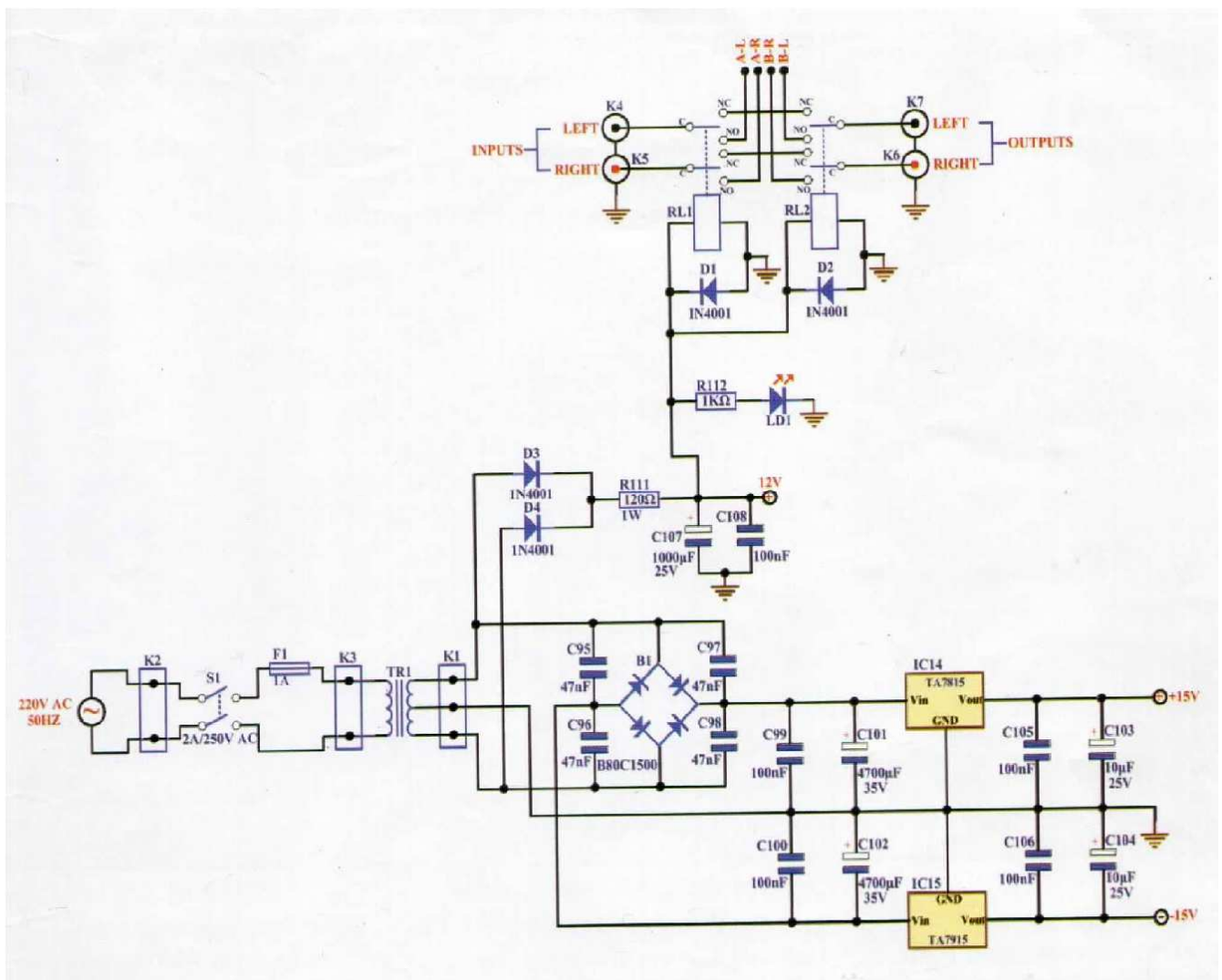
$$R_4 = 2Q / 2\pi * f_0 * C$$



Σχήμα-1: Τα κυκλώματα εισόδων-εξόδων και φίλτρων του αριστερού καναλιού του EQ



Σχήμα-2 : Τα κυκλώματα εισόδων-εξόδων και φίλτρων του δεξιού καναλιού του EQ



Σχήμα-3. Το κύκλωμα του τροφοδοτικού με τους ηλεκτρονόμους εξόδων.

Για παράδειγμα στο φίλτρο του αριστερού καναλιού των 31Hz οι πυκνωτές C5 και C6 καθορίζονται με την τιμή 10nF και οι αντιστάσεις R2, R3, και R4 καθορίζονται από τις παραπάνω σχέσεις.

$$\text{Για: } f_0=31\text{Hz}$$

$$\pi=3,14$$

$$C=10\text{nF}$$

$$K=1$$

$$Q=1,8$$

Προκύπτουν οι παρακάτω τιμές των αντιστάσεων που θα αποτελούν το φίλτρο των 31Hz.

$$R2= 931 \text{ K}\Omega$$

$$R3= 169 \text{ K}\Omega$$

$$R4= 1,8 \text{ M}\Omega$$

Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζω και τις τιμές των αντιστάσεων των υπολοίπων φίλτρων για κάθε κεντρική συχνότητα.

Το φίλτρο των 31Hz του δεξιού καναλιού αποτελείται από τα στοιχεία R57, R58, R59, C54, C55, και IC9-A.

Τα φίλτρα των 63Hz του αριστερού καναλιού και δεξιού αποτελούνται από τα στοιχεία R7, R8, R9, C11, C12, και IC2-B για το πρώτο και από τα στοιχεία R62, R63, R64, C60, C61, και IC9-B για το δεύτερο. Τα φίλτρα της αμέσως επόμενης κεντρικής συχνότητας, δηλαδή των 125Hz αποτελούνται από τα στοιχεία R12, R13, R14, C13, C14, και IC3-A για το αριστερό κανάλι και τα στοιχεία R67, R68, R69, C62, C63 και IC10-A για το δεξί κανάλι. Το φίλτρο των 250Hz του αριστερού καναλιού το αποτελούν οι αντιστάσεις R17, R18, και R19 τους πυκνωτές C19 και C20 και τον τελεστικό ενισχυτή IC3-B. Για το δεξί κανάλι τα στοιχεία που το συνθέτουν είναι τα R72, R73, R74, C68, C69, και IC10-B. Για τα επόμενα φίλτρα βλέπουμε τα στοιχεία που τα συνθέτουν, στον πίνακα 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Τα στοιχεία σύνθεσης των φίλτρων

ΚΑΝΑΛΙ	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ	ΠΥΚΝΩΤΕΣ	ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ
L	31Hz	R2,R3,R4	C5,C6	IC2-A
R	31Hz	R57,R58,R59	C54,C55	IC9-A
L	63Hz	R7,R8,R9	C11,C12	IC2-B
R	63Hz	R62,R63,R64	C60,C61	IC9-B
L	125Hz	R12,R13,R14	C13,C14	IC3-A
R	125Hz	R67,R68,R69	C62,C63	IC10-A
L	250Hz	R17,R18,R19	C19,C20	IC3-B
R	250Hz	R72,R73,R74	C68,C69	IC10-B
L	500Hz	R22,R23,R24	C21,C22	IC4-A
R	500Hz	R77,R78,R79	C70,C71	IC11-A
L	1Hz	R27,R28,R29	C27, C28	IC4-B
R	1Hz	R82,R83,R84	C76,C77	IC11-B
L	2Hz	R32,R33,R34	C29,C30	IC5-A
R	2Hz	R87,R88,R89	C78,C79	IC12-A
L	4Hz	R37,R38,R39	C35,C36	IC5-B
R	4Hz	R92,R93,R94	C84,C85	IC12-B
L	8Hz	R42,R43,R44	C37,C38	IC6-A
R	8Hz	R97,R98,R99	C86,C87	IC13-A
L	16Hz	R47,R48,R49	C43,C44	IC6-B
R	16Hz	R102,R103,R104	C92,C93	IC13-B

Τις εξόδους των φίλτρων τις συνδέω στα συρόμενα ποτενσιόμετρα για να μπορώ να παίρνω ρυθμιζόμενο πλάτος σήματος από την έξοδο του κάθε φίλτρου. Οι αντιστάσεις R5, R10, R15, R20, R25, R30, R35, R40, R45, R50, R60, R65, R70, R75, R80, R85, R90, R95, R100, R105 είναι σε σειρά συνδεδεμένες με τα ποτενσιόμετρα ρύθμισης για να μην μηδενίζεται τελείως το σήμα μιας συγκεκριμένης ζώνης συχνοτήτων, αλλά απλά να εξασθενεί. (εικ. 4)

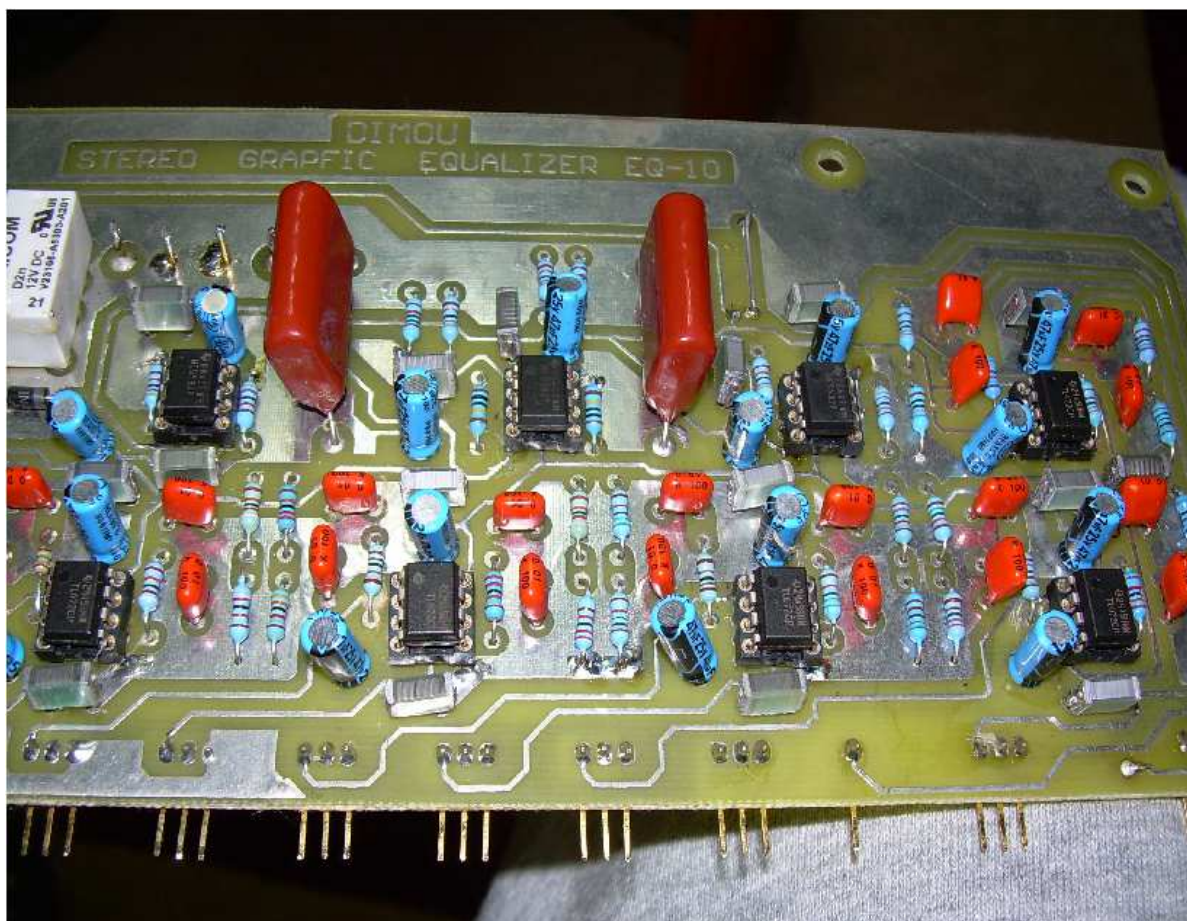


Εικόνα 4 (Αντιστάσεις μεταξύ των ποτενσιόμετρων)

Οι δρομείς των ποτενσιόμετρων ρύθμισης συνδέονται με αντιστάσεις 47KΩ, όπου για το κάθε κανάλι αποτελούν τα στοιχεία ενός αθροιστή που ταυτόχρονα ενισχύει το μιξαρισμένο σήμα. Για το αριστερό κανάλι ο τελεστικός IC7-A μαζί με τα στοιχεία R6, R11, R16, R21, R26, R31, R36, R41, R46, R51, και R52 αποτελεί έναν αθροιστή με απολαβή 20db.

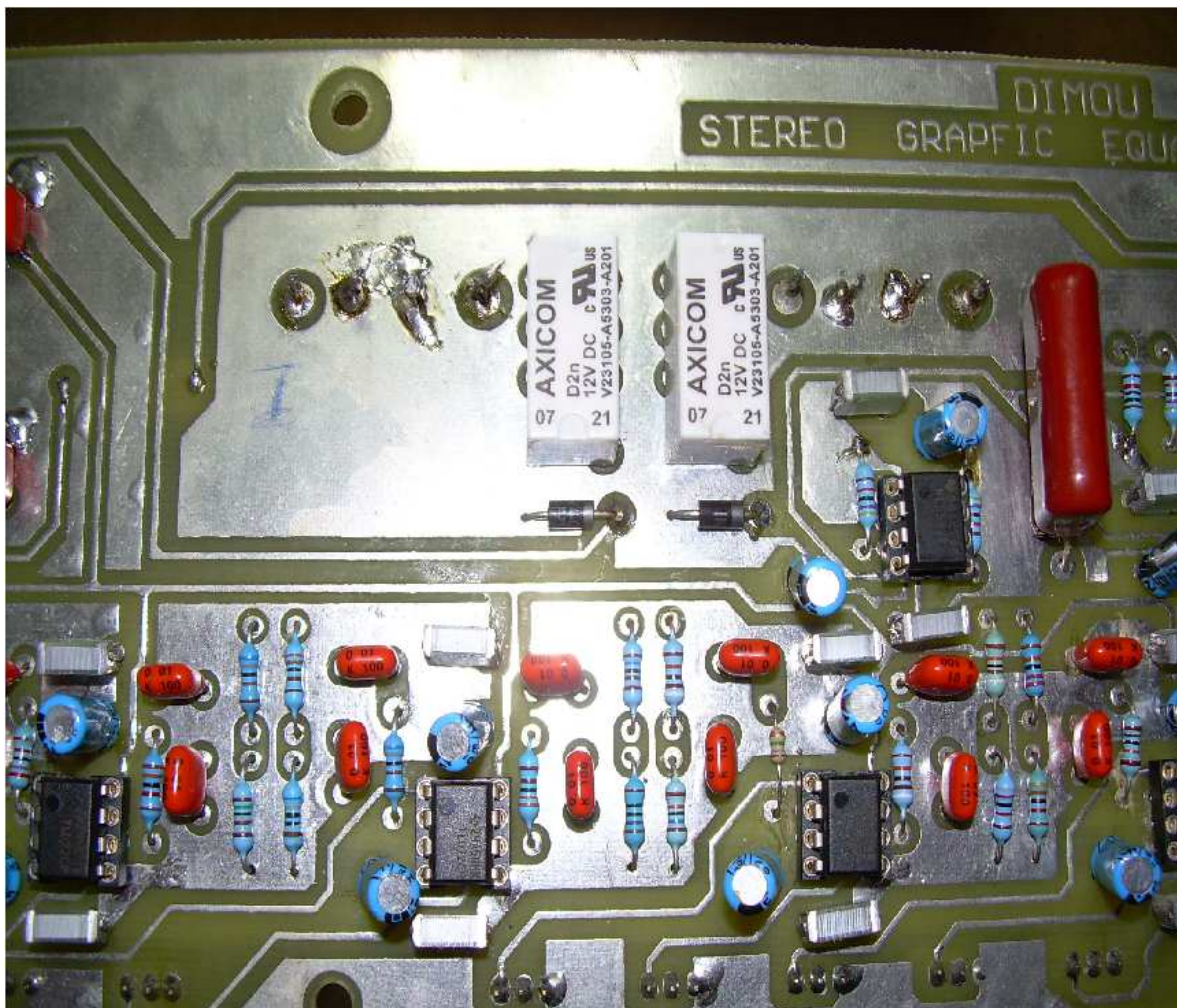
Για το δεξί κανάλι το ρόλο του αθροιστή τον έχει ο τελεστικός ενισχυτής IC7-B μαζί με τις αντιστάσεις R61, R66, R71, R76, R81, R86, R91, R96, R101, R106, R107. Στις εξόδους των αθροιστών συνδέονται το ποτενσιόμετρο P21 για να έχω ρυθμιζόμενο πλάτος σήματος εξόδου έτσι ώστε να αποφύγω την υπεροδήγηση στους τελικούς ενισχυτές.

Τα σήματα εξόδου των δυο καναλιών από το ποτενσιόμετρο ρύθμισης της εξόδου, οδηγούνται στους αντίστοιχους απομονωτές IC8-A, και IC8-B. Οι πυκνωτές C53, και C94 εμποδίζουν την διέλευση κάθε dc τάσης στις εξόδους της επόμενης συσκευής. Οι αντιστάσεις R54 και R109 μπαίνουν σαν φορτία στις εξόδους των δυο καναλιών, ενώ οι αντιστάσεις R55, και R110 σαν αντιστάσεις εισόδου της επόμενης, ώστε να μην παραλληλιστούν με τις αντιστάσεις φορτίου R54 και R109 των απομονωτών εξόδου. (εικ. 5)



Εικόνα 5 (Ολοκληρωμένα σε ρόλο απομονωτή μεταξύ των 2 κόκκινων πυκνωτών και σε ρόλο αθροιστή)

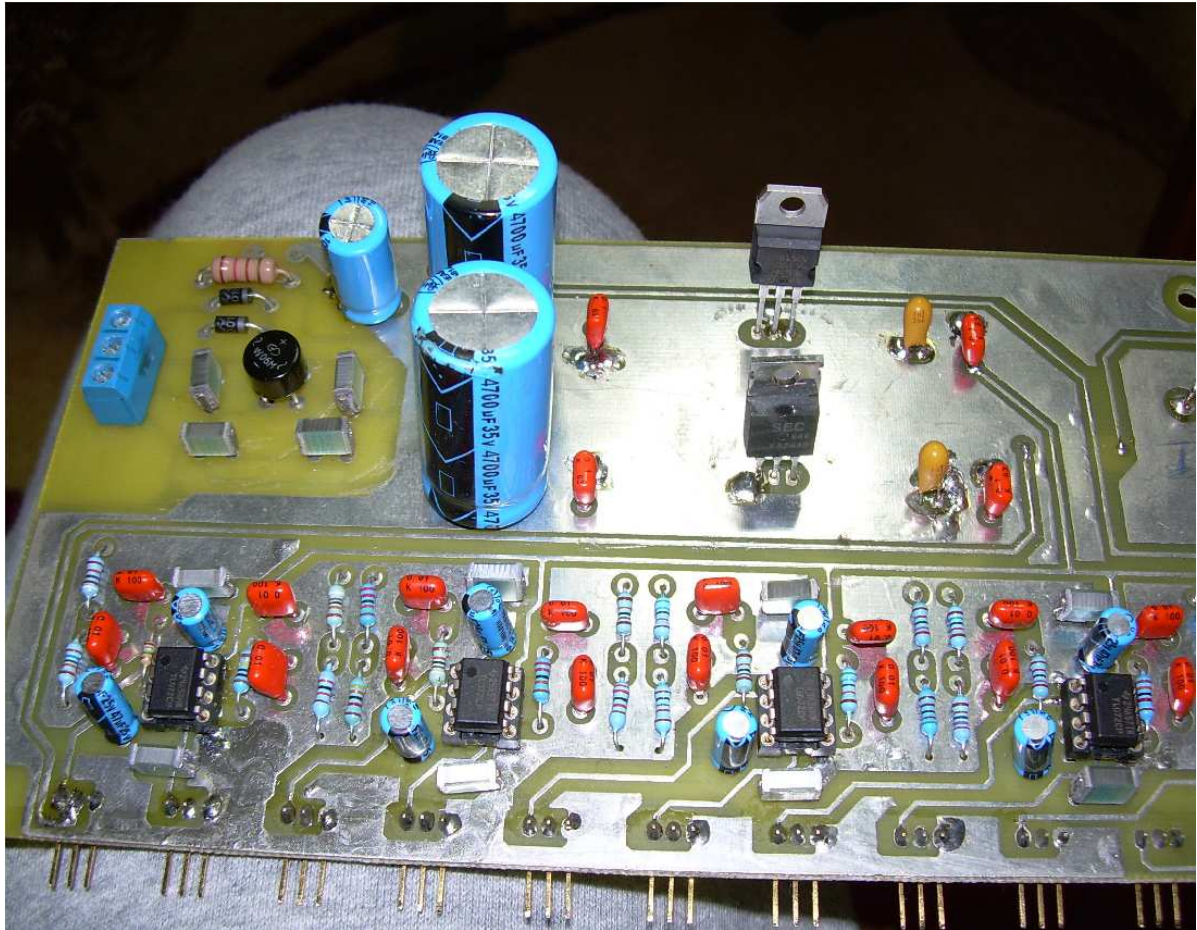
Όπως ανέφερα και στην εισαγωγή το equalizer όταν είναι κλειστό, γεφυρώνει τα σήματα εισόδου με τις αντίστοιχες εξόδους, ενώ όταν ενεργοποιείτε η συσκευή, τα σήματα εισόδου περνάνε μέσα από το equalizer. Τον ρόλο αυτό αναλαμβάνουν τα ρελέ RL1 και RL2. Οι δίοδοι D1 D2 προστατεύουν από ανάστροφες τάσεις και ρεύματα που δημιουργούνται από τα πηνία των ηλεκτρονόμων. (εικ. 6)



Εικόνα 6 (Ρελέ της AXICOM)

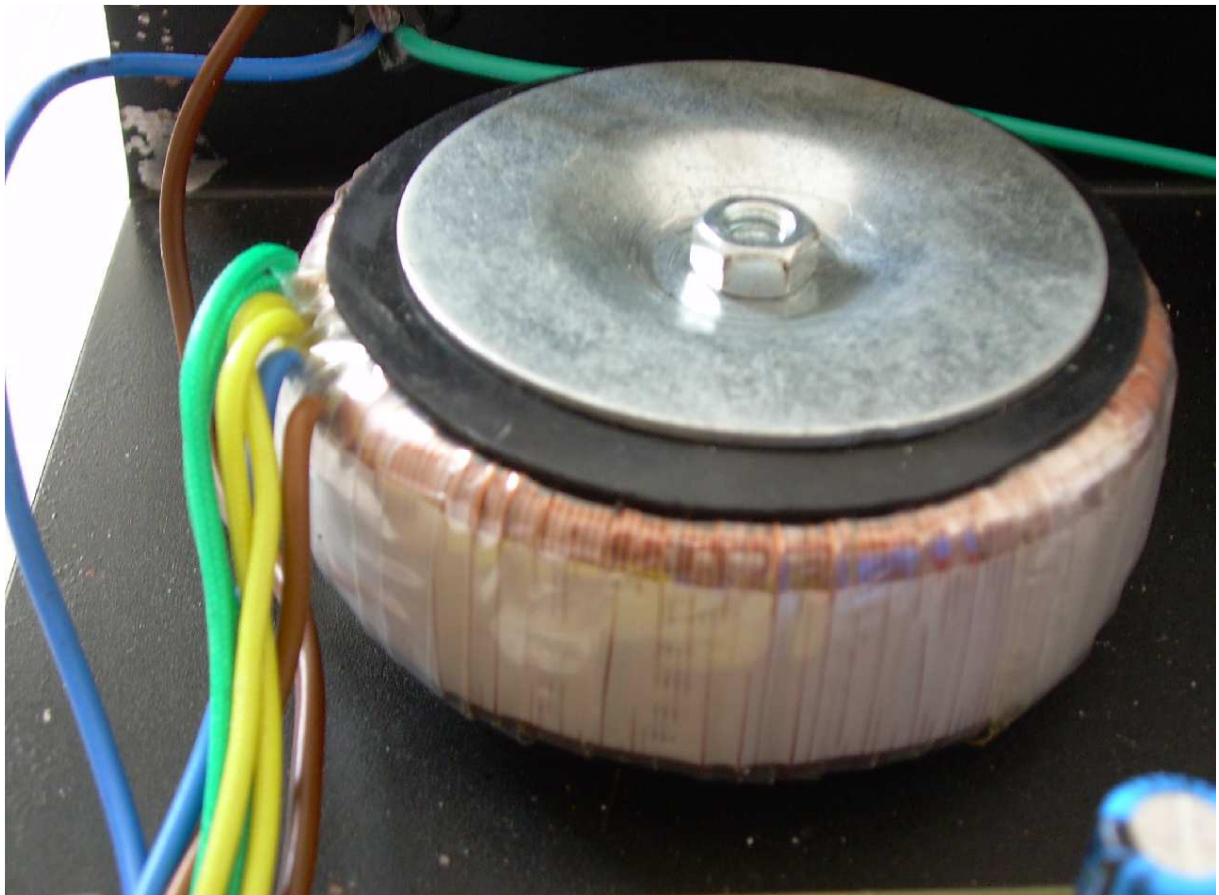
Για τα φίλτρα επέλεξα τα ολοκληρωμένα TL072 που είναι διπλοί τελεστικοί ενισχυτές, φτηνοί σε κόστος αλλά με εξαιρετικά χαρακτηριστικά, όπως ο χαμηλός θόρυβος που είναι βασικό σε συσκευές ήχου.

Για τους απομονωτές και τον αθροιστή επέλεξα τα ολοκληρωμένα κυκλώματα NE5532 που είναι επίσης τελεστικοί με πολύ καλά χαρακτηριστικά και επιπλέον φτηνού κόστους. Οι τελεστικοί ενισχυτές χρειάζονται συμμετρική τάση για να δουλέψουν σωστά, οπότε και το τροφοδοτικό της συσκευής αποτελείται από δύο τμήματα. Το ένα τμήμα είναι η συμμετρική σταθεροποιημένη τάση των $\pm 15\text{VDC}$ με την βοήθεια των ολοκληρωμένων IC14 και IC15 και το άλλο τμήμα είναι η τάση των 12 VOLT που παράγεται για την τροφοδοσία των ρελέ και του ενδεικτικού τροφοδοσίας LD1. (εικ. 7)

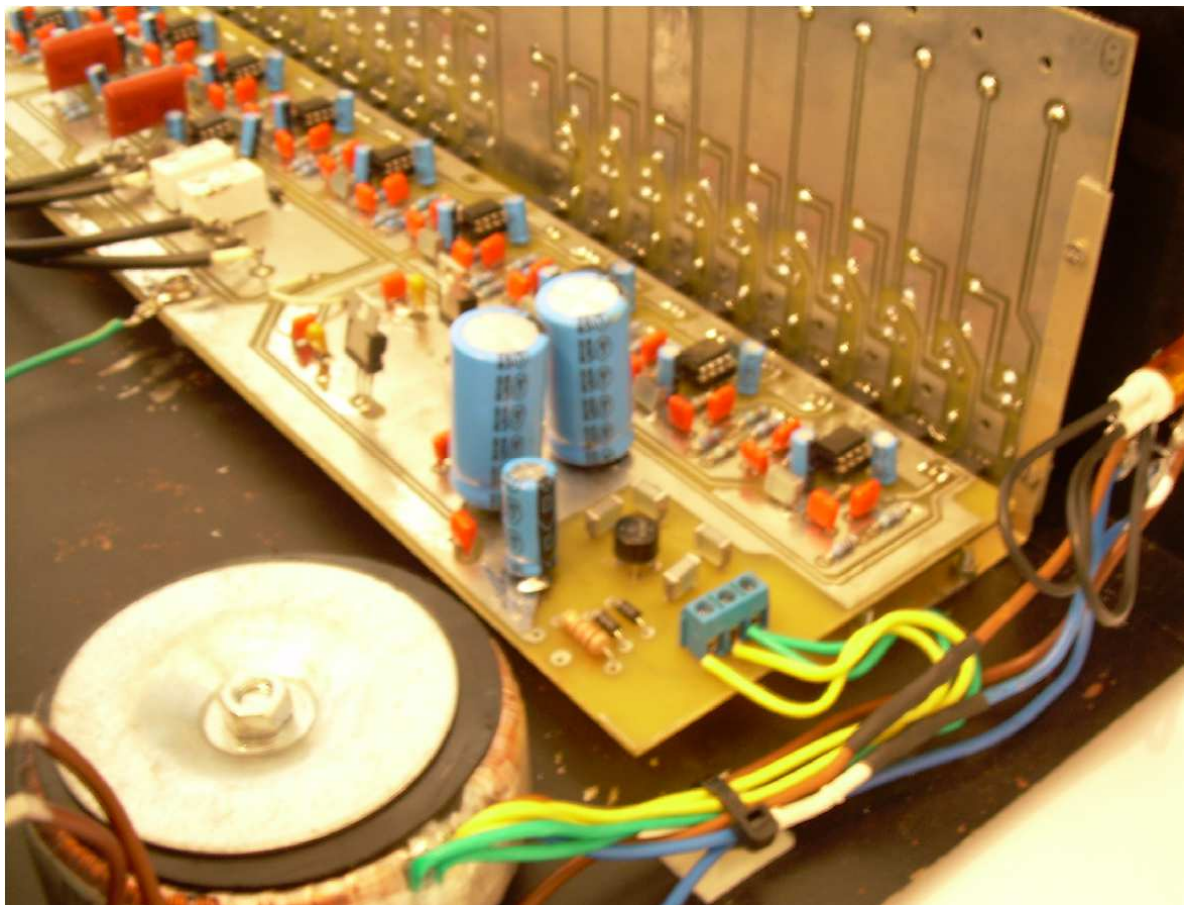


Εικόνα 7(Ολοκληρωμένα IC14 και IC15 που παρέχουν +-15V DC)

Ο μετασχηματιστής TR1 αποτελείται από δύο δευτερεύοντα τυλίγματα των 15V AC τα οποία οδηγούνται στην κλέμα K1 που είναι η είσοδος της εναλλασσόμενης τάσης της γέφυρας ανόρθωσης B1. Τα δυο μεσαία τυλίγματα ενώνονται και αποτελούν την γείωση του κυκλώματος. (εικ. 8,9)

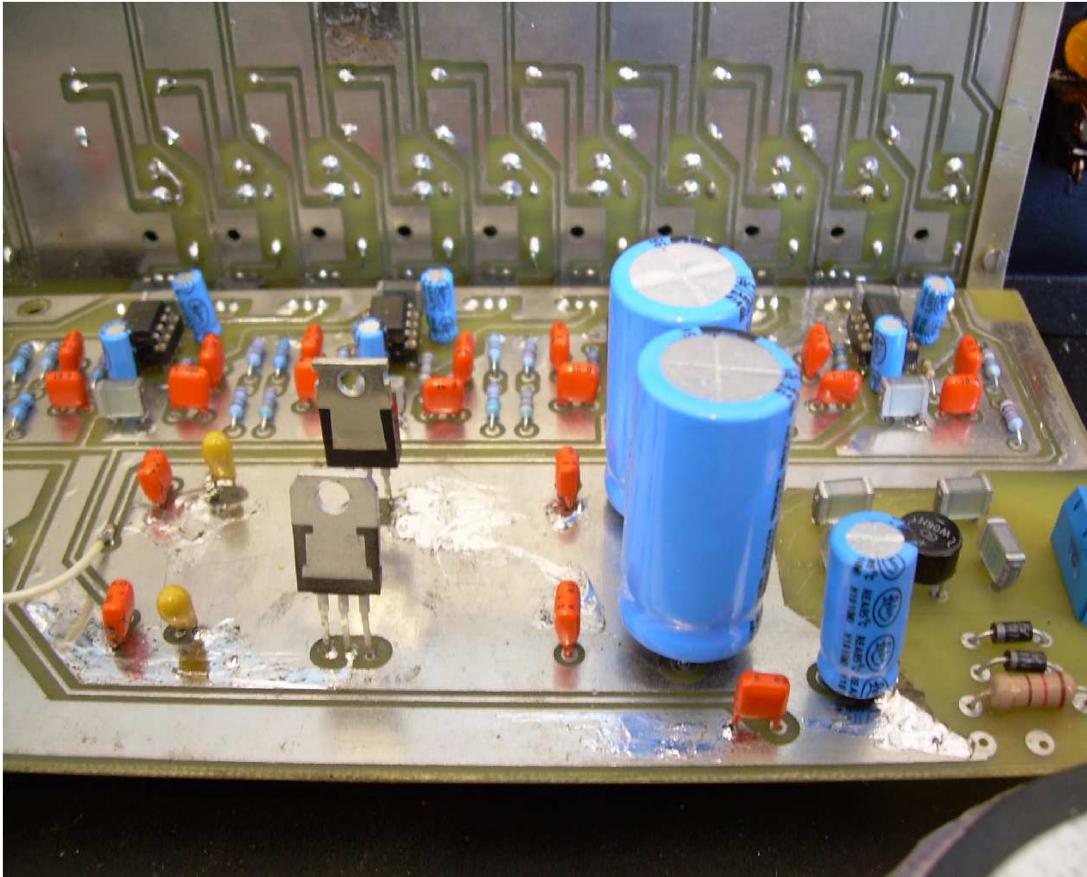


Εικόνα 8 (Ο μετασχηματιστής)



Εικόνα 9 (Μετασχηματιστής, κλέμα και καλώδια διασύνδεσης)

Οι πυκνωτές C95,C96,C97, και C98 μπαίνουν παράλληλα σε κάθε δίοδο της γέφυρας , για να ελαχιστοποιηθεί ο θόρυβος που προέρχεται από τις διόδους ανόρθωσης. Οι πυκνωτές C101, C99, C100, C102 είναι πυκνωτές εξομάλυνσης για την θετική και αρνητική τάση αντίστοιχα. Στις εισόδους των IC14 και IC15 υπάρχει θετική και αρνητική τάση, περίπου 22Volt DC και στην έξοδο του κάθε σταθεροποιητή υπάρχει σταθερή τάση 15 Volt, θετική ως προς τη γή, για το 7815 και αρνητική για το 7915. Οι πυκνωτές C103, C104, C105, C106 συμβάλουν και αυτοί στη μείωση του θορύβου και κυρίως οι πυκνωτές C103,C104, όπου είναι τανταλίου.(εικ. 10)



Εικόνα 10 (Το τμήμα τροφοδοσίας και οι πυκνωτές του)

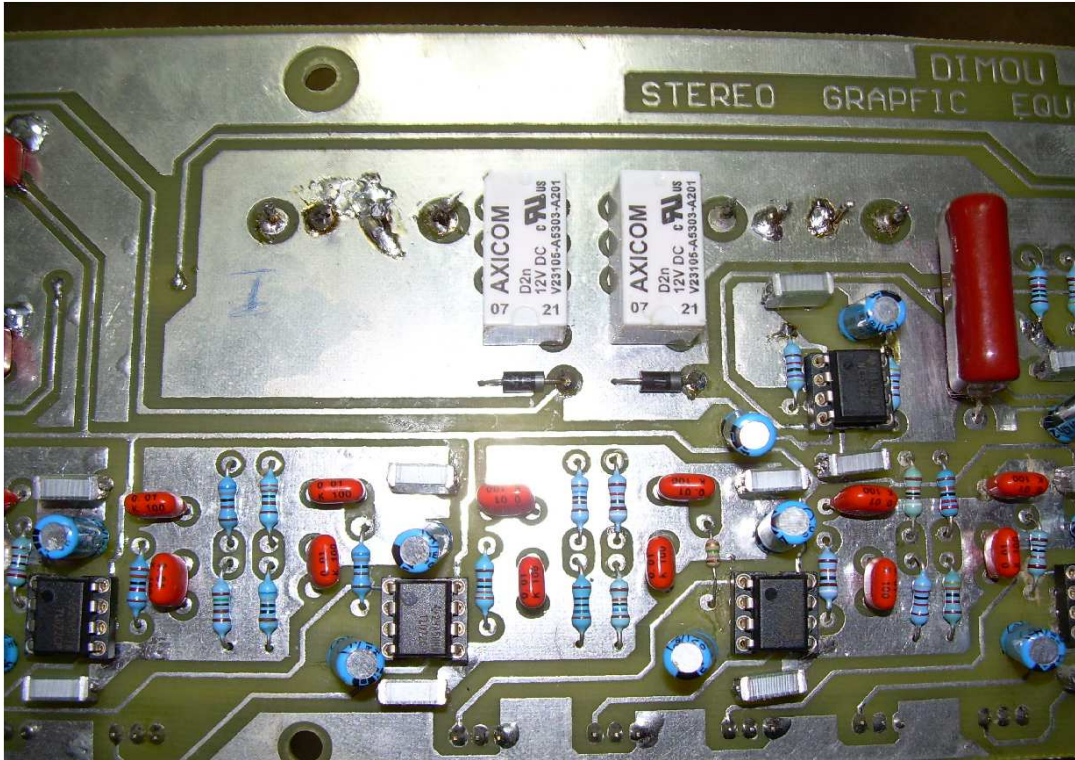
Επίσης σημαντικό ρόλο για την μείωση του θορύβου παίζουν οι πυκνωτές που βρίσκονται κοντά στους ακροδέκτες τροφοδοσίας των τελεστικών ενισχυτών. Αυτοί είναι οι ηλεκτρολυτικοί C2, C4, C8, C16, C24, C26, C32, C40, C46, C48, C50, C51, C57, C65, C73, C75, C81, C89, C91 που αυξάνουν τη χωρητικότητα για κάθε τάση, σε επίπεδα που ο θόρυβος μειώνεται αισθητά. (εικ. 11) Επίσης με πυκνωτές των 47nF που παραλληλίζονται με τους ηλεκτρολυτικούς , γειώνονται τα υψίσυχνα παρασιτικά σήματα στις τροφοδοσίες των τελεστικών ενισχυτών. Το δεύτερο τμήμα του τροφοδοτικού που παράγει την τάση τροφοδοσίας των 12VOLT DC για τα ρελέ, αποτελείται από τις διόδους D3,D4, την αντίσταση R111, και τους πυκνωτές C107, και C108.

Η τιμή της αντίστασης R111 σε συνδυασμό με την κατανάλωση των δύο ρελέ και του ενδεικτικού τροφοδοσίας καθορίζει την τάση γύρω στα 12V DC. Η αντίσταση R112 περιορίζει το ρεύμα στα LD1 στα 10mA περίπου .(εικ.12)

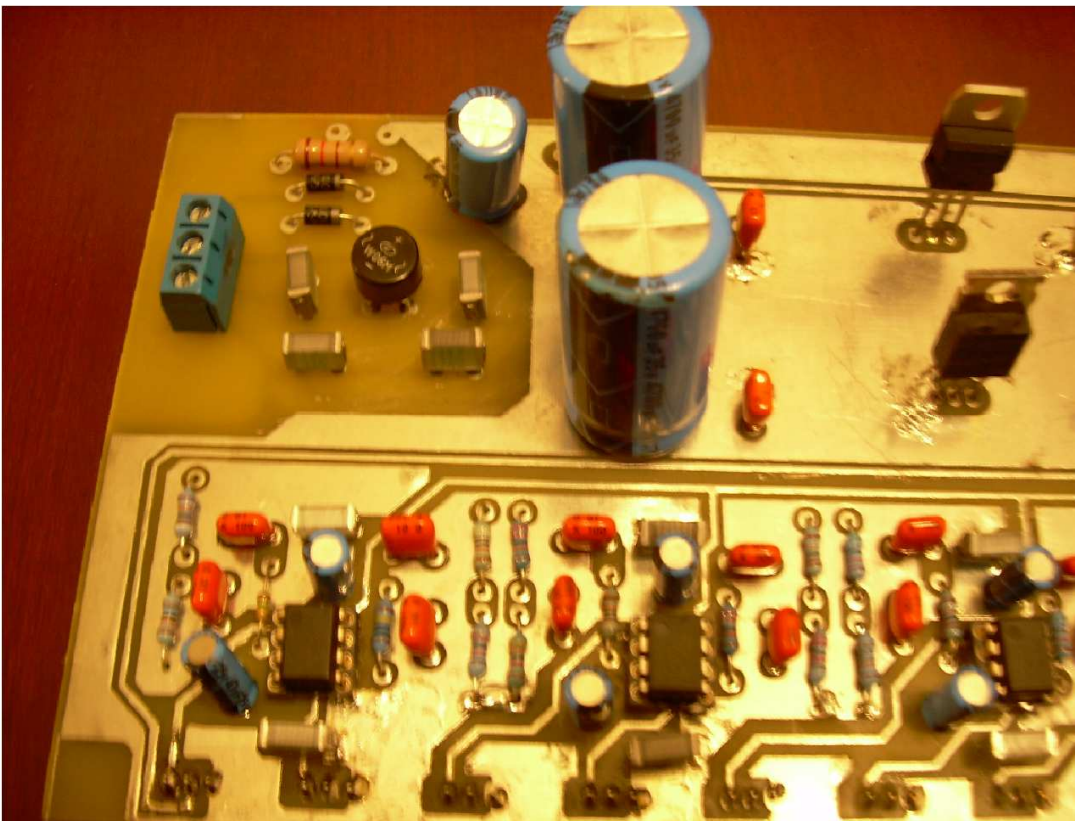
Η ασφάλεια F1 προστατεύει το πρωτεύον του TR1 ενώ η τιμή της δεν είναι κρίσιμη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ασφάλεια από 500mA έως 1A περίπου.

Τα υλικά που χρησιμοποίησα προκειμένου να πραγματοποιηθεί η κατασκευή ακολουθούν

παρακάτω.



Εικόνα 11 (Ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές στους ακροδέκτες τροφοδοσίας)



Εικόνα 12 (Οι δίοδοι D3,D4, πάνω αριστερά (μαύρο χρώμα) και οι αντιστάσεις τροφοδοτικού)

3.4 Τα υλικά κατασκευής

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ 1\4 W 1%

R1,R6,R11,R16,R21,R26,R31,R36
R41,R46,R51,R56,R61,R66,R76,
R81,R86,R91,R96,R101,R106=47KΩ
R2,R57=931KΩ
R3,R58= 169KΩ
R4,R59=1,8MΩ
R5,R10,R15,R20,R25,R30,R35,R40,
R45,R50,R60,R65,R70,R75,R80,R85
R90,R95,R100,R105=200Ω
R7,R62,R14,R69=453KΩ
R8,R63=82KΩ
R9,R64=910KΩ
R122,R67,R19,R74=232KΩ
R13,R68=41,2KΩ
R17,R24,R72,R79=115KΩ
R18,R73=21KΩ
R22,R29,R77,R84=57,6KΩ
R23,R78=10,5KΩ
R27,R34,R82,R89=28,7KΩ
R28,R83=5,23KΩ
R32,R87=14,3KΩ
R33,R88=2,61KΩ
R37,R92,R44,R99=6,8KΩ
R38,R93=1,4KΩ
R39,R94=13,7KΩ
R42,R97,R49,R104=3,4KΩ
R43,R98=715Ω
R47,R102=1,69KΩ
R48,R103=357Ω
R52,R107=470KΩ

ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΑ

P1,P2,P3,P4,P5,P6,P7,P8,P9,P10,P11
P12,P13,P14,P15,P16,P17,P18,P19,P20
=22KΩ LOG STEREO συρόμενα.
P21=47KΩ LOG STEREO συρόμενο.

ΔΙΟΔΟΙ

D1,D2,D3,D4=1N4001
LD1=Led 3mm

ΓΕΦΥΡΕΣ ΑΝΟΡΘΩΣΗΣ

IC1,IC7,IC8=NE5532
IC2,IC3,IC4,IC5,IC6,IC9,IC10,IC11,
IC12,IC13=TL072
IC14=TA7815
IC15=TA7915

ΒΑΣΕΙΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ

13 βάσεις 8 ριν επίχρυσες

ΚΛΕΜΕΣ -ΚΟΝΕΚΤΟΡΕΣ

K1=κλέμα τριπολική με βίδες για
πλακέτα
K2,K3=κονέκτορες αρσενικοί σειρά
3,96pins για πλακέτα.
K4,K5,K6,K7=βύσματα θηλυκά RCA
για σασί

R53,R108=1MΩ
R54,R109=10KΩ
R55,R110=47KΩ
R111=120Ω/1W5%
R112=1KΩ

ΠΥΚΝΩΤΕΣ

C1,C3,C7,C9,C15,C17,C23,C25,C31
C33,C39,C41,C45,C47,C49,C52,C56
C58,C64,C66,C72,C74,C80,C82,C88
C90,C95,C96,C97,C98=47nF
C2,C4,C8,C10,C16,C18,C24,C26,C32
C34,C40,C42,C46,C48,C50,C51,C57,
C59,C65,C67,C73,C75,C81,C83,C89
C91=47μF/25V
C5,C6,C11,C12,C13,C14,C19,C20,C21
C22,C27,C28,C29,C30,C35,C36,C37,
C38,C43,C44,C54,C55,C60,C61,C62
C63,C68,C69,C70,C71,C76,C77,C78
C79,C84,C85,C86,C87,C92,C93=10nF
C53,C94=4,7μF WIMA
C99,C100,C105,C106,C108=100nF
C101,C102=4700μF\35V
C103,C104=10μF\25V τανταλίου.
C107=1000μF/25VOLT

ΡΕΛΕ

RL1,RL2=ρελέ 12volt DC,δυσ ζεύγη
επαφών π,χ V23105-A5303-A201

ΔΙΑΦΟΡΑ

TR1=μετασχηματιστής 2X15V 50V A
S1=διακόπτης διπλός 2A/250ΩAC
Ακιδοσειρές επίχρυσες γωνιακές
αρσενικές, θηλυκές ακιδοσειρές
pins για πλακέτα
Αποστάτες για πλακέτα 1 cm
βίδες με παξιμάδι 20mmx3mm
Ασφάλεια 1A\250 volt
2 μίκες για περίβλημα TO-220 σε
περίπτωση που οι σταθεροποιητές
7815 και 7915 έχουν μεταλλικό
περίβλημα.
2 ψύκτρες για περίβλημα TO-220
Βίδες με παξιμάδι

ΚΟΥΜΠΙΑ

21 κουμπιά για τα συρόμενα ποτενσιό-
μετρα. Κουμπι για τον διακόπτη S1 π. χ
PHILIPS κωδικός 482241063684

ΚΑΛΩΔΙΑ

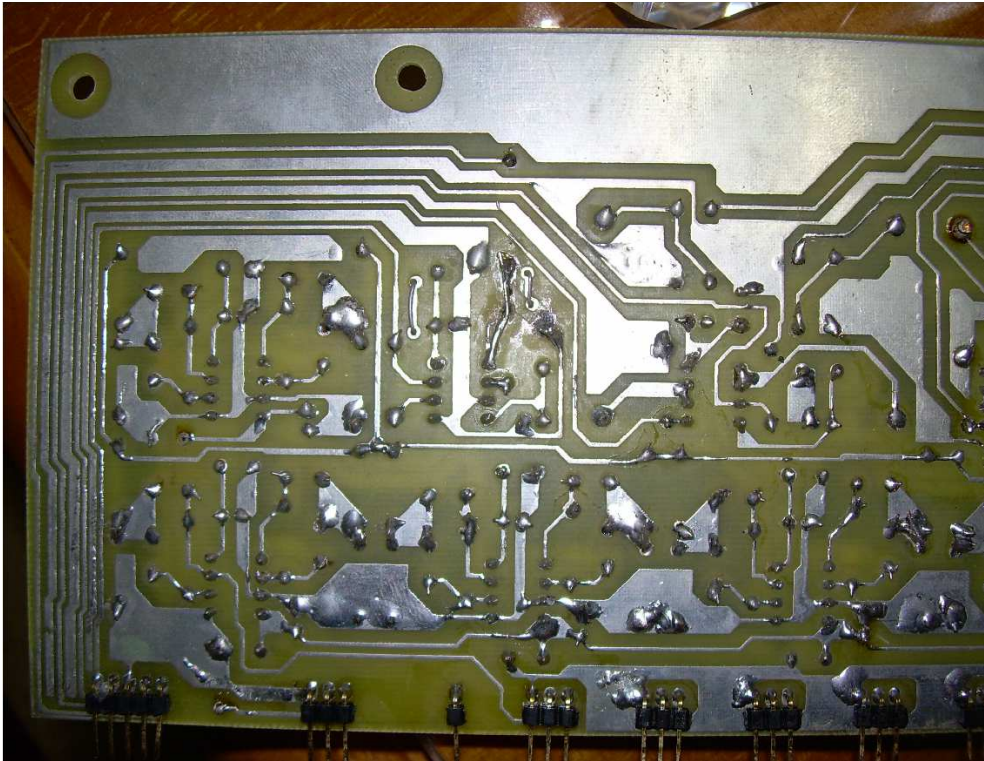
Καλώδιο ομοαξωνικό για την σύνδεση
της πλακέτας των βυσμάτων με την κύρια
πλακέτα των φίλτρων.
Καλώδιο τροφοδοσίας με φως για τα 220V

ΓΙΑ ΤΟ ΣΑΣΙ

Αλουμίνιο πάχους 1,5 m Λαστιχάκι
καλωδίου διέλευσης, βίδες.

3.5 Κατασκευή πλακετών

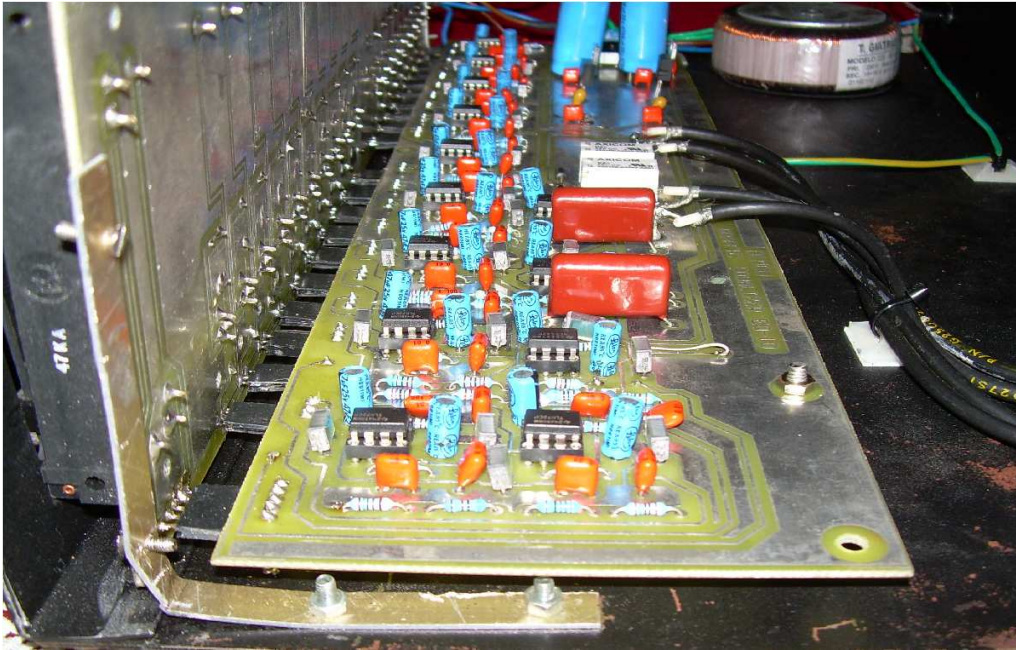
Ξεκινάω την κατασκευή του γραφικού ισοσταθμιστή πρώτα από τις πλακέτες. Η συσκευή αποτελείται από δύο κύριες πλακέτες, όπου η μια είναι η πλακέτα των φίλτρων και του τροφοδοτικού και η άλλη των ποτενσιόμετρων. Ξεκινάω το μοντάρισμα της πλακέτας των φίλτρων, και του τροφοδοτικού, τοποθετώντας και κολλώντας πρώτα τις βάσεις των ολοκληρωμένων οι οποίες πρέπει να είναι επίχρυσες για να μπορούν να κολληθούν όπου είναι απαραίτητο και από την πάνω όψη. Χρησιμοποίησα κολλητήρι 18 Watt με ψιλή μύτη για σωστές κολλήσεις.(Εικ. 13)



Εικόνα 13 (Όψη των κολλήσεων στην κάτω πλευρά της πλακέτας των φίλτρων)

Στην συνέχεια κολλάω τις αντιστάσεις και μετά τους πυκνωτές. Ιδιαίτερη προσοχή έδωσα στις αντιστάσεις ακριβείας ενώ κολλάω τα εξαρτήματα και από την πάνω όψη, όπου τα pads του τυπωμένου κυκλώματος δεν είναι στον αέρα. Στους πυκνωτές που σκεπάζουν τα pads και χρειάζονται και από πάνω κόλληση, σηκώνω λίγο τους ακροδέκτες 2mm περίπου. Τους πυκνωτές C101 και C102 θα τους κολλήσω στο τέλος όπως και τους σταθεροποιητές τάσης IC14 και IC15. Πρώτα θα βιδώσω τα ολοκληρωμένα στις ψήκτρες και μετά θα τα κολλήσω στο τυπωμένο.

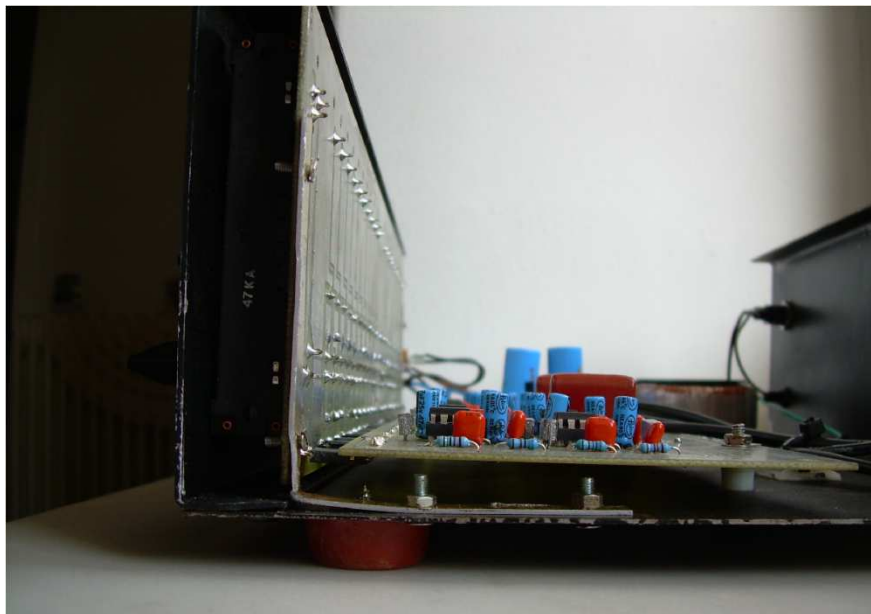
Για την σύνδεση των δύο πλακετών θα χρειαστώ γωνιακούς συνδετήρες σύνδεσης, οι οποίοι θα τοποθετηθούν από την κάτω πλευρά στην πλακέτα των φίλτρων. Ανάλογα σε κάθε σημείο πόσα pins χρειάζονται, κόβω κομμάτια την ακιδοσειρά, τοποθετώ τα τμήματα από κάτω και τις κολλάω και από τις δυο πλευρές, ανεξάρτητα αν κάποιες νησίδες είναι στον αέρα. Αυτό το κάνω για καλύτερη μηχανική στήριξη.(Εικ. 14)



Εικόνα 14 (Αλουμινένια στηρίγματα και ακιδοσειρές σύνδεσης)

Όταν τελειώσω το κόλλημα όλων των εξαρτημάτων τοποθετώ τα ολοκληρωμένα στις βάσεις και καθαρίζω καλά την πλακέτα από υπολείμματα, με ασετόν. Αφού τελειώσει η κατασκευή της πρώτης πλακέτας προχωράω στην κατασκευή της πλακέτας των ποτενσιόμετρων. Πρώτα θα τοποθετήσω και θα κολλήσω τις αντιστάσεις και μετά θα κολλήσω τα ποτενσιόμετρα.

Στην πλακέτα αυτή θα χρησιμοποιήσω θηλυκές ακιδοσειρές σύνδεσης, όχι γωνιακές και θα κολλήσω από την πίσω πλευρά του τυπωμένου κυκλώματος. Οι θηλυκές ακιδοσειρές θα κοπούν με κόφτη στα pins που αντιστοιχούν στο κάθε τμήμα σύνδεσης και θα κολληθούν και από τις δυο όψεις για καλύτερη στήριξη. Για την σωστή στήριξη της πλακέτας των ποτενσιόμετρων στην βάση του κουτιού στις δύο άκρες της πλακέτας, καθώς και στην μέση βιδώνω στηρίγματα αλουμινένια, όπως είναι και στις εικόνες (14,15), για να βιδωθεί η πλακέτα στην βάση του κουτιού. Τα αλουμινένια στηρίγματα είναι σε σχήμα “Γ” και το μήκος τους είναι ίσο με το ύψος της πλακέτας, ενώ στο τμήμα που είναι παράλληλο στην βάση του κουτιού, θα ανοιχτούν τρύπες για να βιδωθεί στη βάση.



Εικόνα 15 (Μια άλλη όψη του αλουμινένιου στηρίγματος)

3.6 Κατασκευή κουτιού.

Το κουτί της κατασκευής αποτελείται βασικά από τα εξής τμήματα: Την βάση, την πρόσοψη, και το καπάκι. Στη κατασκευή χρησιμοποιήσα αλουμίνιο πάχους 1,5mm. Για την πρόσοψη επειδή ήθελα η κατασκευή να έχει επαγγελματική όψη, την παρήγγειλα από τον υπεύθυνο του περιοδικού electronic circuits. Η πρόσοψη έχει δεχτεί ειδική επεξεργασία. Αρχικά το αλουμίνιο τρυπιέται από μηχανήμα CNC μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, από αρχείο που σχεδιάστηκε στο corel draw.

Αφού τρυπηθεί το αλουμίνιο, στραντζαρίζεται σε ορθή γωνία και στην συνέχεια περνάει από βούρτσα και αναδιώνεται. Μετά την ανοδίωση ακολουθεί η μεταξοτυπία για να ολοκληρωθούν έτσι οι εργασίες των όψεων στο μπροστινό τμήμα της συσκευής. Για την βάση του κουτιού καθώς και για το καπάκι χρειάζεται μόνο κόψιμο και στραντζάρισμα το αλουμίνιο.

Έτσι μ' αυτόν τον τρόπο, το μηχανήμα δεν μοιάζει καθόλου με ιδιοκατασκευή, το αντίθετο μάλιστα, δεν έχει να ζηλέψει τίποτα από τις συσκευές του εμπορίου. Για τα πόδια της συσκευής χρησιμοποίησα λαστιχένια ποδαράκια που υπάρχουν στο εμπόριο, τα οποία κόλλησα για να ακουμπάει η συσκευή μαλακά στην επιφάνεια τοποθέτησης.

Για την πρόσοψη, η τρύπα του κεντρικού διακόπτη σχεδιάστηκε για ένα συγκεκριμένο κουμπί της PHILIPS που χρησιμοποιείται σε μοντέλα τηλεόρασης. Για τα ποτενσιόμετρα προμηθεύτηκα κουμπιά από το εμπόριο, εκεί οι επιλογές δεν περιορίζονται σε κάποιον συγκεκριμένο τύπο (εικ. 16).

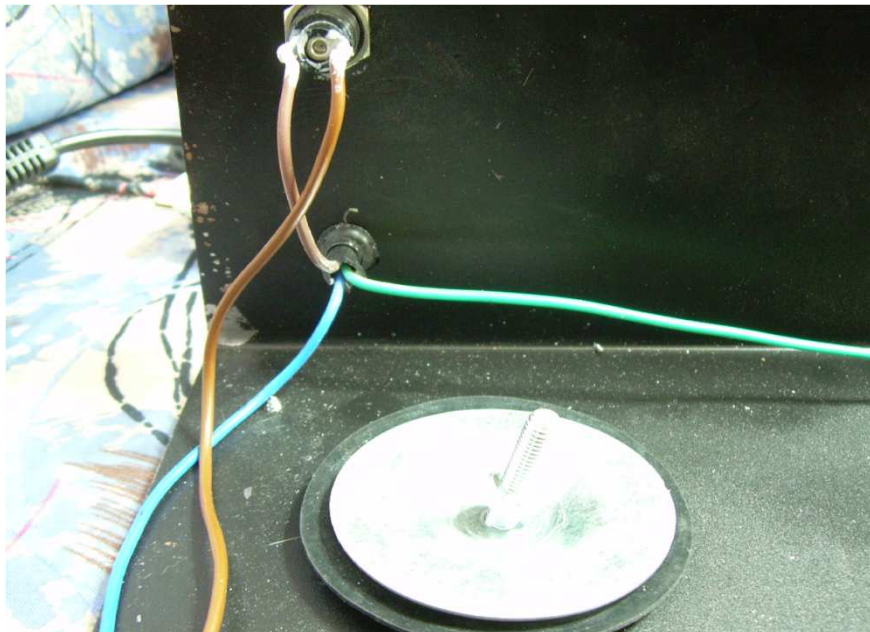


Εικόνα 16 (Το κουμπί της PHILIPS και των ποτενσιόμετρων)

3.7 Μοντάρισμα συσκευής

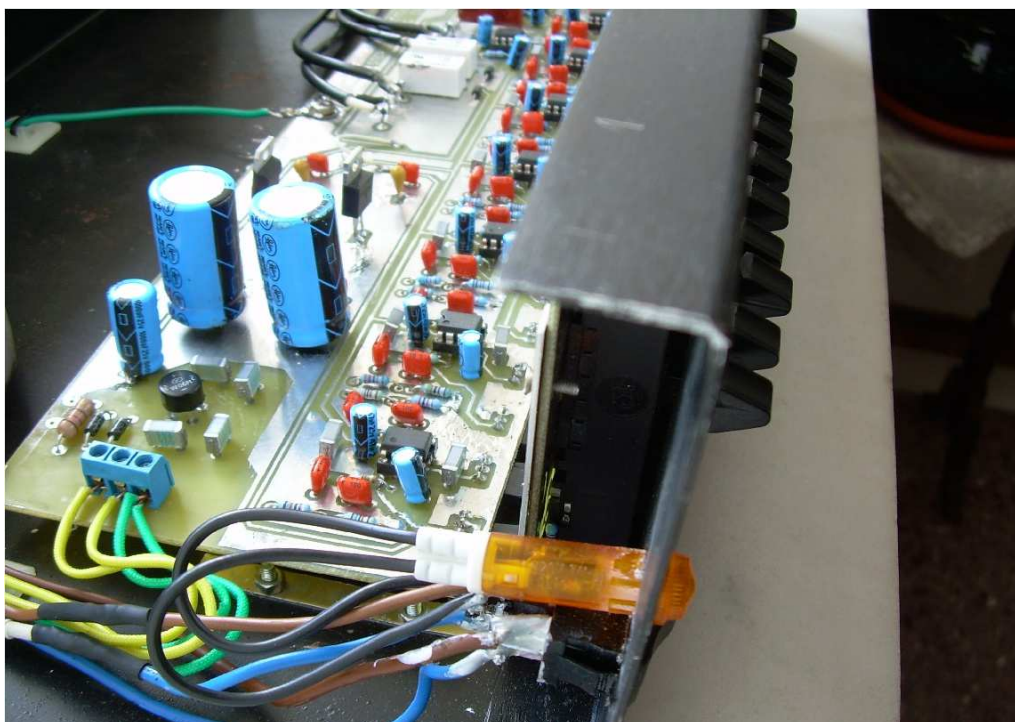
Πρώτα απ' όλα βιδώνω στην βάση του κουτιού την πλακέτα των ποτενσιόμετρων, αφού πρώτα σημαδέψω σωστά για τις τρύπες που θα περάσουν οι βίδες. Στην συνέχεια θα τοποθετηθεί η πλακέτα του κεντρικού διακόπτη και θα σημαδέψω την βάση για να τρυπήσω. Για να σημαδέψω σωστά βιδώνω και την πρόσοψη και προσέχω το κουμπί να περνάει από την τρύπα της πρόσοψης. Αφού τρυπήσω, για να βιδώσω την πλακέτα, χρησιμοποιώ αποστάτες με τέτοιο ύψος, ώστε να βγαίνει μπροστά το κουμπί και να πατιέται χωρίς να σφηνώνει στα τοιχώματα της πρόσοψης. Σε αυτό μπορεί να παίζει ρόλο ακόμα και πόσο σφικτά είναι βιδωμένη η πλακέτα στη βάση και πόσο σωστά έχουν γίνει οι τρύπες στη βάση. Όταν βιδωθεί η πρόσοψη και η πλακέτα του κεντρικού διακόπτη, τότε κουμπώνω και την πλακέτα των φίλτρων και σημαδεύω όπου έχει θέση για βίδες στην βάση του κουτιού και αφού ξεκουμπώσω την πλακέτα και τρυπήσω, τοποθετώ την πλακέτα των φίλτρων και την βιδώνω με αποστάτες ύψους 1cm.

Στην συνέχεια βιδώνω την πίσω όψη ενώ τον μετασχηματιστή, μπορώ να τον τοποθετήσω πίσω από τον κεντρικό διακόπτη τροφοδοσίας και κοντύτερα στο πίσω μέρος του κουτιού. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είτε απλό μετασχηματιστή είτε τοροειδή. Το πλεονέκτημα ενός τοροειδή μετασχηματιστή είναι το μικρότερο μέγεθος και το μικρότερο μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί γύρω του, με αποτέλεσμα λιγότερες παρεμβολές θορύβου στο κύκλωμα. Το μειονέκτημα του είναι το ακριβότερο κόστος του. (Εικόνα17)



Εικόνα 17 (Η θέση που θα τοποθετηθεί ο μετασχηματιστής. Επίσης διακρίνεται η ασφάλεια πάνω, και η τροφοδοσία κάτω)

Όταν μονταριστούν όλα τα τμήματα ακολουθεί η καλωδίωση. Στο καλώδιο τροφοδοσίας των 220V AC, χρησιμοποίησα θηλυκό κονέκτορα για να βισματώσει στην πλακέτα του κεντρικού διακόπτη. Επίσης και στο καλώδιο σύνδεσης με το πρωτεύον του μετασχηματιστή χρησιμοποίησα πάλι θηλυκό κονέκτορα 4 pins, όπου τα καλώδια θα κολληθούν στα δύο ακραία pins από τα τέσσερα που έχει. Στην συνέχεια τα δυο δευτερεύοντα τυλίγματα του μετασχηματιστή συνδέονται στη κλέμα K1 με τα δύο από τα τέσσερα καλώδια να συνδέονται μεταξύ τους και να αποτελούν την γη του κυκλώματος. (Εικόνα 18,19,20,21)



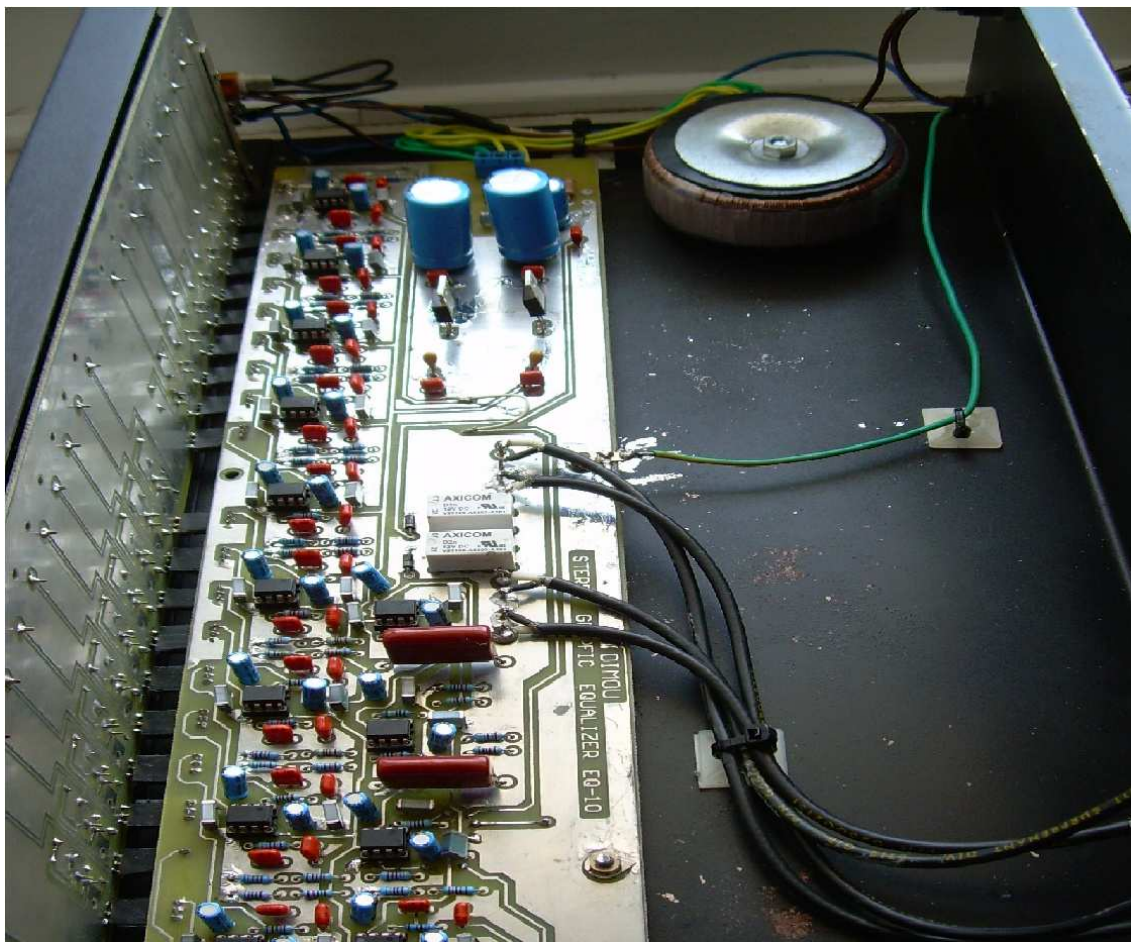
Εικόνα 18 (Οψη της κλέμας και του led τροφοδοσίας)



Εικόνα 19 (Είσοδος και έξοδος της συσκευής στην πλακέτα των φίλτρων)



Εικόνα 20 (Πίσω όψη της συσκευής, καλώδιο τροφοδοσίας και ασφάλεια)



Εικόνα 21 (Καλώδια σύνδεσης, γείωση και μετασχηματιστής)

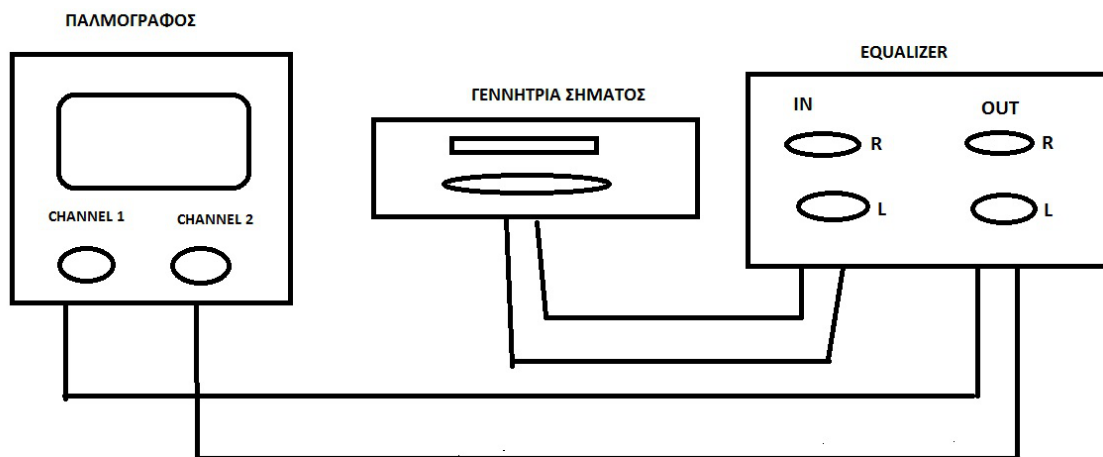
4. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ- ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Τελειώνοντας το μοντάρισμα της συσκευής και πατώντας το κεντρικό διακόπτη θα ανάψει το ενδεικτικό led και θα ενεργοποιηθούν τα ρελέ. Με ένα βολτόμετρο μετρώ την τάση στην έξοδο των σταθεροποιητών, να είναι +15VOLT στην έξοδο του TA7815 και -15VOLT στην έξοδο του TA7915. Στην είσοδο τους η τάση είναι γύρω στα 21VOLT DC. Στα pins της τροφοδοσίας η τάση είναι γύρω στα 12 VOLT DC. Η τάση αυτή τροφοδοτεί τα ρελέ με το πάτημα του κεντρικού διακόπτη.

Στη συνέχεια θα ακολουθήσουν μετρήσεις με την βοήθεια του παλμογράφου και της γεννήτριας σήματος στο εργαστήριο ηλεκτρονικών του Τ.Ε.Ι ώστε να βγάλω συμπεράσματα για την ποιότητα του γραφικού ισοσταθμιστή που κατασκεύασα. Έτσι θα γίνουν μετρήσεις για την μέγιστη στάθμη εισόδου, το crosstalk, την συχνοτική απόκριση των φίλτρων, THD, SNR και την διαφορά φάσης (phase shift).

ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ.

Η μέτρηση της μέγιστης στάθμης εισόδου μας δείχνει πόσα dBu μπορεί να δεχτεί το equalizer χωρίς να παραμορφώνει το σήμα εξόδου της συσκευής. Τοποθετώ όλα τα φίλτρα του equalizer στη θέση με ένδειξη μηδέν(0) και την έξοδο του στη μέγιστη θέση. Παρακάτω βλέπετε την συνδεσμολογία που ακολούθησα:



Με την γεννήτρια σήματος να είναι στο 1KHz, αφού πρώτα ορίσω την V αναφοράς στα +4dBu δηλαδή 3,4 Vp-p στο 1kHz, αρχίζω να ανεβάζω την τάση μέχρι να παρατηρήσω το σήμα στον παλμογράφο να παραμορφώνει. Για το left και το Right κανάλι η παραμόρφωση ξεκινάει στα 27,5 Vp-p.

Με την βοήθεια των παρακάτω τύπων το μετατρέπω σε dBu.

$$V_{rms} = 0,707 * V_{p-p} / 2 \quad dBu = 20 \log(V_{rms} / 0,775)$$

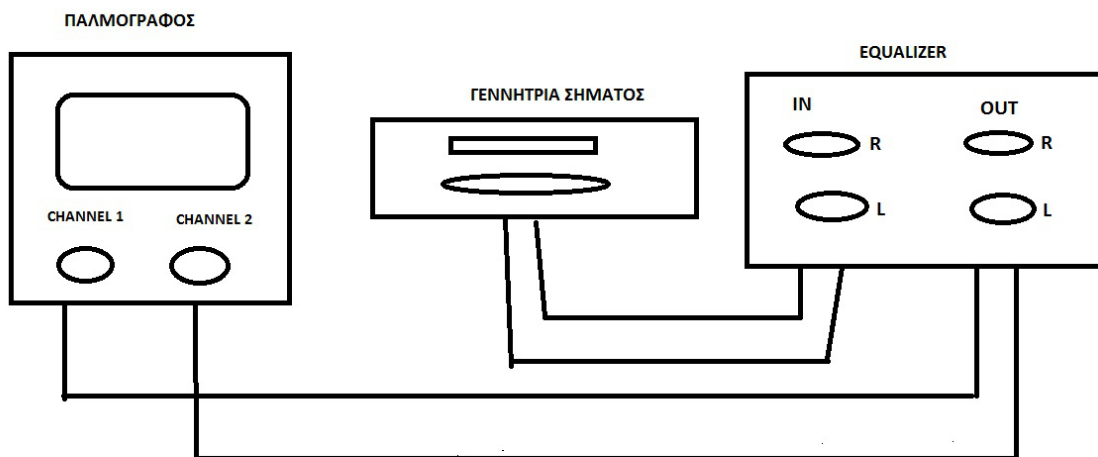
Έτσι προκύπτει ότι η μέγιστη στάθμη εισόδου είναι +21,9 dBu. Αρκετά ικανοποιητική τιμή για την κατασκευή και μάλιστα πολύ κοντά με τα εργοστασιακά πρότυπα τέτοιων συσκευών. Πχ. Για

το Behringer FBQ6200 ο κατασκευαστής δίνει +21dBu.

ΜΕΤΡΗΣΗ CROSSTALK

Crosstalk (συνακρόαση) είναι η διαρροή σήματος που γίνεται μεταξύ των κυκλωμάτων ή μεταξύ των καλωδίων που μεταφέρουν τα σήματα. Εμφανίζεται όταν μια συσκευή ή ένα σύστημα επεξεργασίας ήχου διαχειρίζεται πολλά κανάλια διαφορετικών ακουστικών σημάτων, οπότε διαρρέουν σήματα από το ένα κανάλι στο άλλο.

Η συνδεσμολογία για αυτήν την μέτρηση είναι:



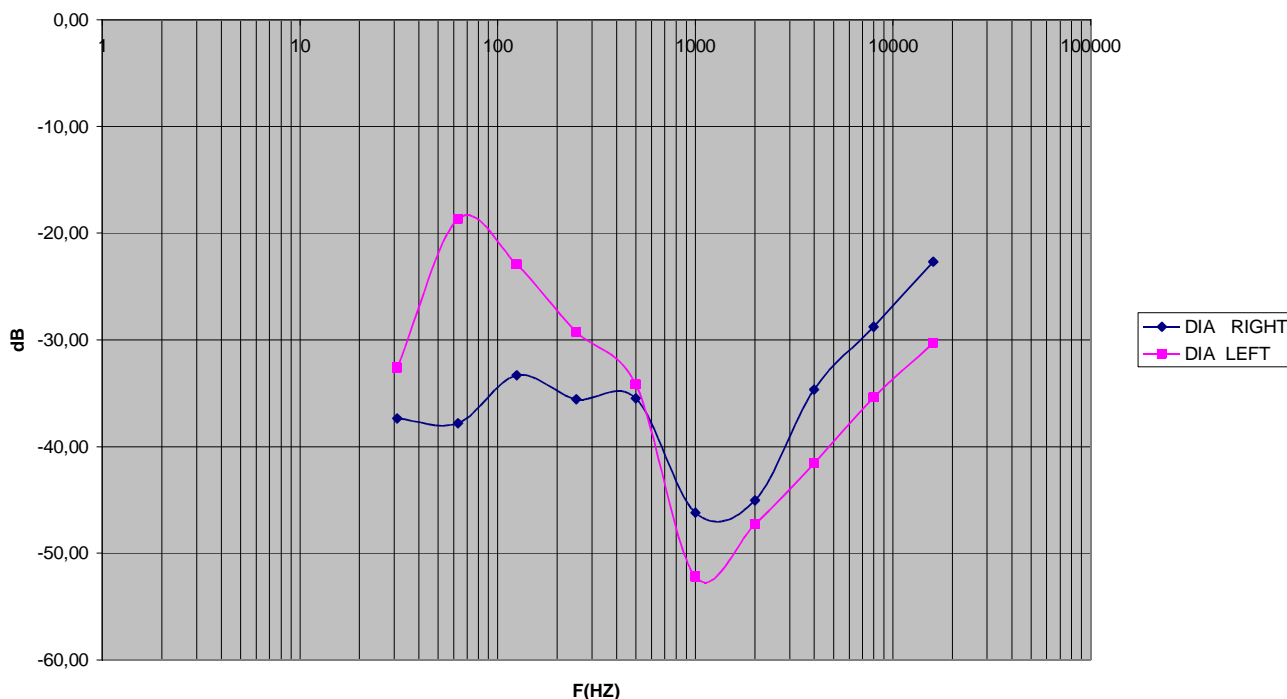
Η έξοδος του EQ στο μέγιστο, καθώς και τα φίλτρα σε flat κατάσταση. Η στάθμη αναφοράς είναι στα 3,4 V_{p-p} στο 1KHz. Στον παλμογράφο είναι πατημένο το DUAL ώστε να βλέπουμε και τα δύο σήματα για να μπορέσουμε να μετρήσουμε το σήμα διαρροής σε σχέση με το κανονικό.

Ακολουθούν οι πίνακες με τις μετρήσεις και το διάγραμμα.

F(Hz)	CH LEFT (V)	ΔΙΑΡ RCH (V)	dB
31	5,6	0,08	-37,35
63	5,9	0,08	-37,8
125	3,7	0,08	-33,3
250	4,8	0,08	-35,56
500	5	0,08	-35,49
1K	5,7	0,03	-46,17
2K	5	0,03	-45,04
4K	5,4	0,1	-34,65
8K	5,5	0,2	-28,79
16K	5,3	0,39	-22,66

F(Hz)	CH RIGHT (V)	ΔΙΑΡ LCH (V)	dB
31	4,3	0.1	-32,6
63	0,86	0,1	-18,69
125	1,4	0,1	-22,92
250	2,9	0,1	-29,25
500	5,1	0,1	-34,15
1K	5,3	0,01	-52,21
2K	5,1	0,02	-47,3
4K	4,8	0,04	-41,58
8K	5	0,09	-35,39
16K	4,9	0,15	-30,28

CROSSTALK



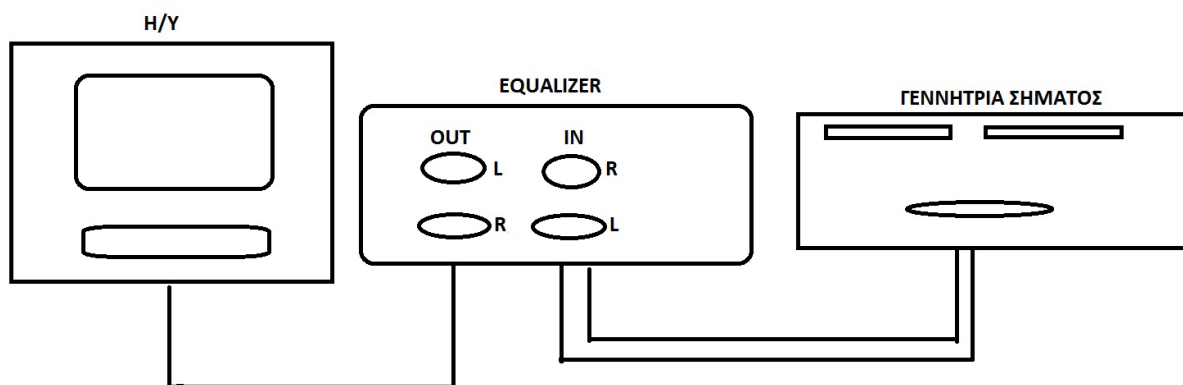
Σχήμα 4,1

Για να βρω τα dB χρησιμοποίησα τον τύπο $dB=20*\text{Log } V \text{ διαρροής} / V \text{ σήματος}$. Από τις μετρήσεις των πινάκων και το σχεδιάγραμμα παρατηρώ ότι η διαρροή σήματος από το left στο right είναι αρκετά μεγάλη και ιδιαίτερα στις συχνότητες από 8-16 kHz καθώς και στα χαμηλά 125 Hz. Στην τιμή του 1kHz που μας ενδιαφέρει έχει τη μικρότερη διαρροή από κάθε άλλη συχνότητα. Για την διαρροή σήματος από το right στο left και πάλι στο 1kHz έχει τη μικρότερη διαρροή ενώ πάλι στις χαμηλές περιοχές 125-250 Hz παρουσιάζει την μεγαλύτερη.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΟΛΙΚΗΣ ΑΡΜΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ THD ΚΑΙ SNR

Η παραμόρφωση (distortion) είναι μια οποιαδήποτε ανεπιθύμητη αλλαγή που εμφανίζεται σε ένα ακουστικό σήμα. Υπάρχουν πολλοί τύποι παραμορφώσεων, που μπορούν να αλλάξουν το εύρος, τη φάση ή να δημιουργήσουν νέες συχνότητες (spurious), που δεν ήταν παρούσες στο σήμα εισόδου. Η αρμονική παραμόρφωση είναι μια μορφή του τελευταίου τύπου παραμόρφωσης. Αποτελείται από μια ή περισσότερες νέες συνιστώσες του σήματος που δεν υπήρχαν προηγουμένως στο σήμα και οι συχνότητες τους είναι ακέραια πολλαπλάσια της συχνότητας του αρχικού σήματος. Η αρμονική παραμόρφωση περιγράφεται είτε σαν στάθμη σε dB είτε σαν ποσοστό % της στάθμης το συνόλου των αρμονικών ως προς την στάθμη του σήματος μέτρησης στην έξοδο της συσκευής.

S/N Ratio. Αναλογία σήματος προς θόρυβο. Πόση δυνατότερη στάθμη έχει το σήμα σε σχέση με το θόρυβο. Υπολογίζεται σε dB. Για την μέτρηση του THD και του SNR χρησιμοποίησα υπολογιστή εφοδιασμένο με λογισμικό κατάλληλο για ανάλυση φάσματος (Spectra Lab). Η συνδεσμολογία για τις μετρήσεις ήταν η εξής:



Οι μετρήσεις έγιναν στα +4 dBu στο 1Khz και με τις στάθμες σε όλα τα φίλτρα του equalizer στη μεσαία θέση (5dB). Ακολουθούν οι πίνακες με τις μετρήσεις για το left και για το right κανάλι και τα σχεδιαγράμματα. Οι συχνότητες που επέλεξα αφορούν τις κεντρικές συχνότητες των φίλτρων.

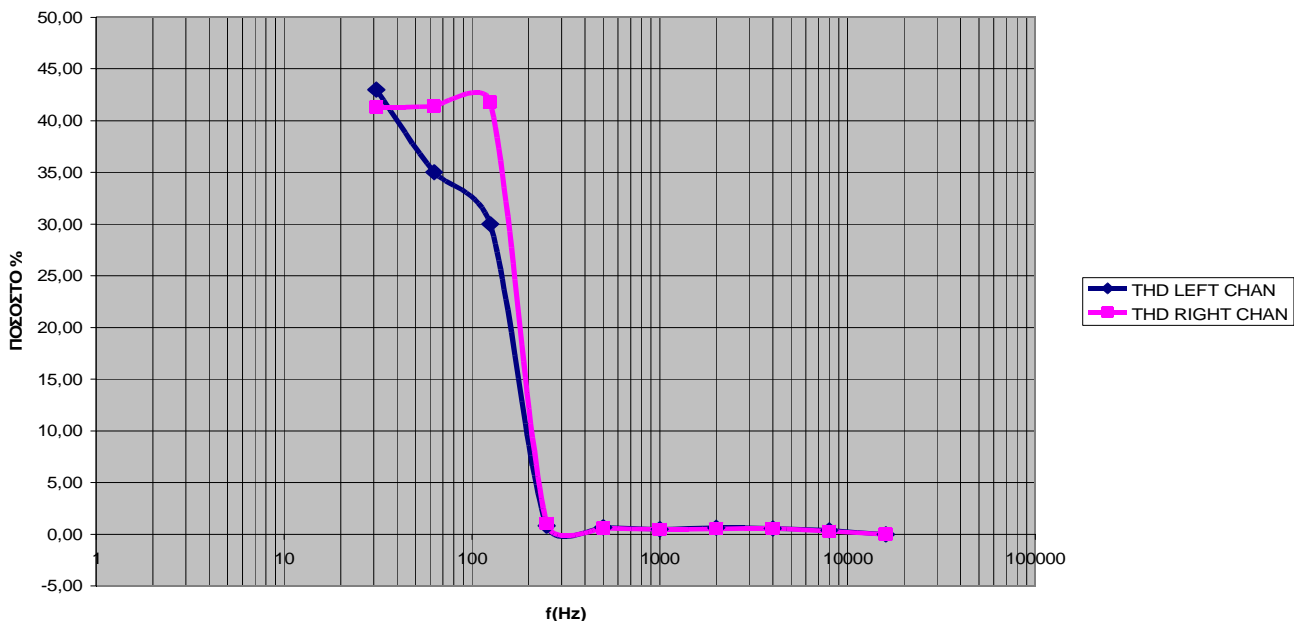
Left channel

F(Hz)	THD%	SNR(dB)
31	43	7,4
63	35	11,7
125	30	11,7
250	0,8	47
500	0,67	45
1K	0,46	44
2K	0,61	41
4K	0,53	41,4
8K	0,36	43,1
16K	0	43,3

Right channel

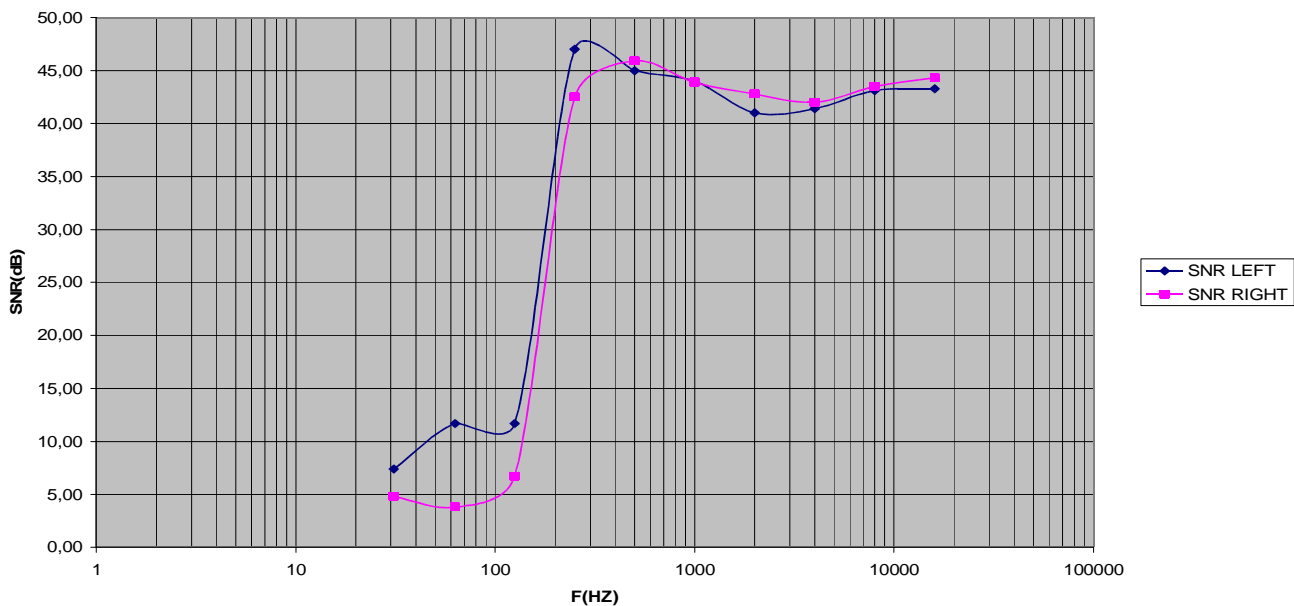
F(Hz)	THD%	SNR(dB)
31	41,3	4,8
63	41,4	3,8
125	41,8	6,7
250	1,04	42,5
500	0,57	45,9
1K	0,47	43,9
2K	0,52	42,8
4K	0,55	42
8K	0,3	43,5
16K	0	44,3

ΟΛΙΚΗ ΑΡΜΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ THD



Σχήμα 4,2

SNR



Σχήμα 4,3

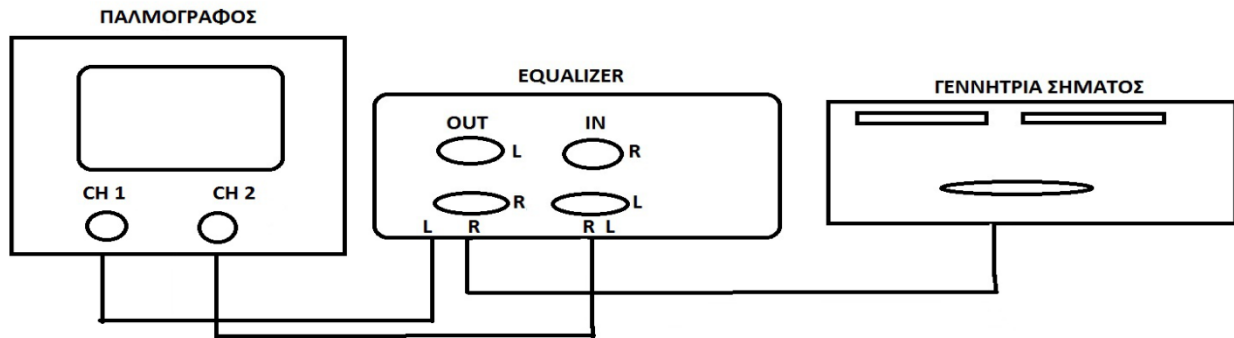
Από τον πίνακα μετρήσεων και το γράφημα του THD παρατηρώ ότι και στα δύο κανάλια από 31-125 Hz η παραμόρφωση είναι σε υψηλά επίπεδα αφού η ένδειξη για μια επαγγελματική συσκευή είναι κοντά στα 0,006% THD. Για τις υπόλοιπες συχνότητες από 250-8KHz το ποσοστό του THD είναι σε αρκετά ικανοποιητικά επίπεδα. Στη συχνότητα των 16KHz η μέτρηση ήταν σε πολύ χαμηλό επίπεδο που δεν μπορούσα να καταγράψω.

Για το SNR, λόγος σήμα προς θόρυβο, παρατηρώ ότι και πάλι το equalizer στις χαμηλές συχνότητες από 31-125 Hz έχει υψηλό θόρυβο 11,7dB, ενώ η ένδειξη θα έπρεπε να ήταν κοντά στα 60dB. Για τις υπόλοιπες συχνότητες υπάρχει πρόβλημα αλλά όχι τόσο μεγάλο.

ΜΕΤΡΗΣΗ PHASE SHIFT(ΔΙΑΦΟΡΑ ΦΑΣΗΣ)

Με την μέτρηση αυτή θα μελετήσω τη διαφορά φάσης (μετατόπιση) μεταξύ εισόδου και εξόδου.

Η συνδεσμολογία που πραγματοποίησα είναι η εξής:



Ακολουθούν οι πίνακες με τις μετρήσεις που εκτέλεσα για το left και για το right κανάλι. Ο τύπος που χρησιμοποίησα για να μετατρέψω τα msec σε μοίρες (degrees) είναι: $\Delta \phi = \Delta \tau / T * 360^\circ$.

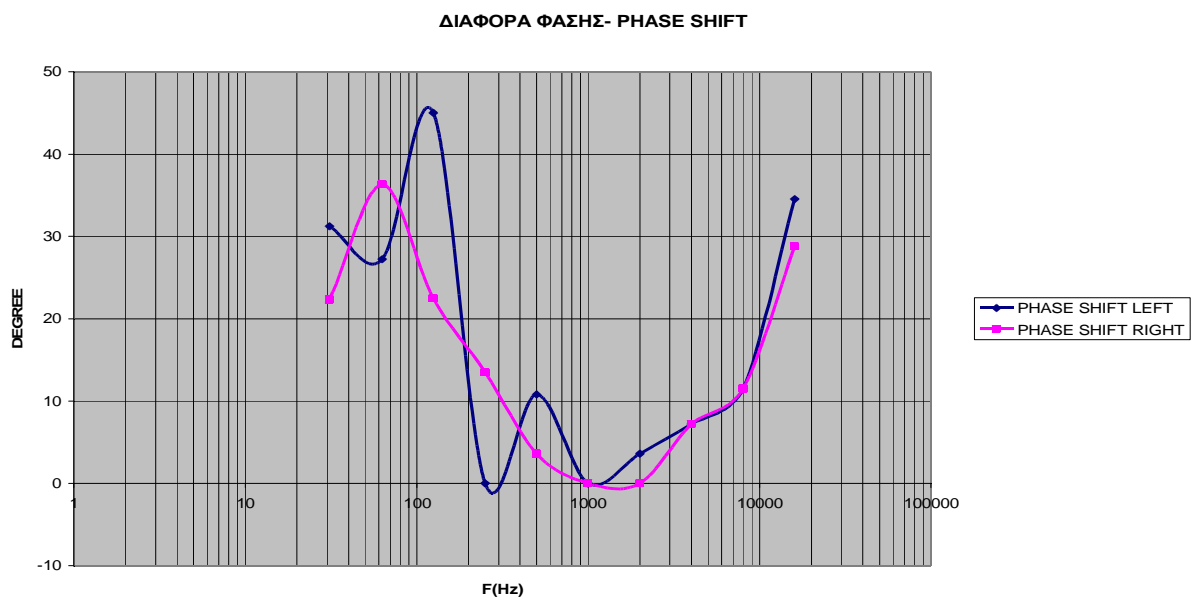
left channel

F(Hz)	P SHIFT(sec)	P SHIFT(Deg)
31	0,002800	31,25
63	0,001200	27,22
125	0,001000	45
250	0,000000	0
500	0,000060	10,8
1000	0,000000	0
2000	0,000005	3,6
4000	0,000005	7,2
8000	0,000004	11,52
16000	0,000006	34,56

Right channel

F(Hz)	PSHIF(sec)	PSHIFT(Deg)
31	0,002000	22,32
63	0,001600	36,29
125	0,000500	22,5
250	0,000150	13,5
500	0,000020	3,6
1000	0,000000	0
2000	0,000000	0
4000	0,000005	7,2
8000	0,000004	11,52
16000	0,000005	28,8

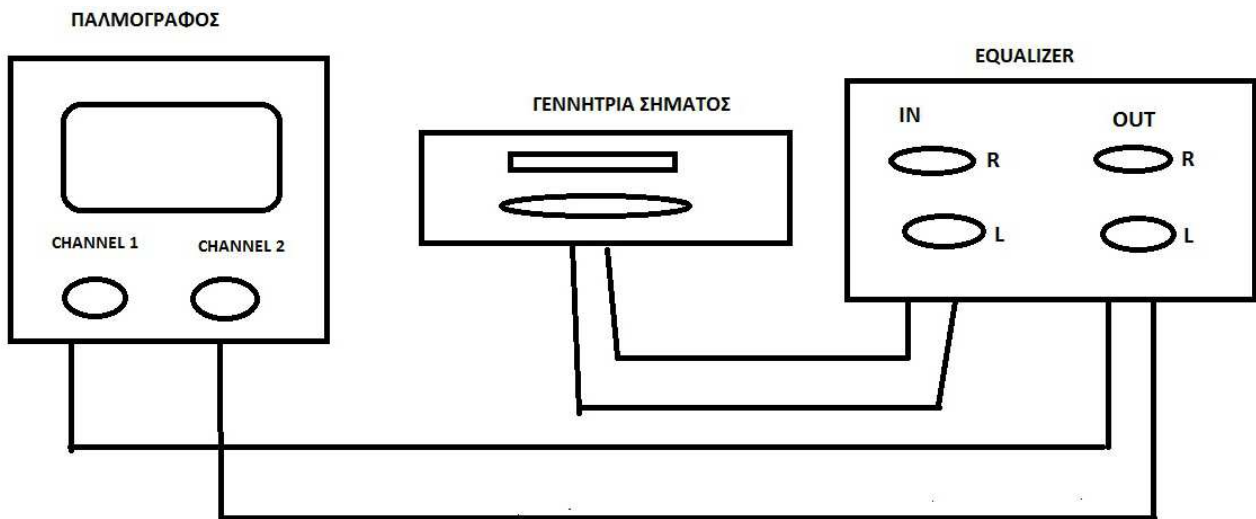
Παρατηρώ ότι και στα δύο κανάλια η διαφορά φάσης είναι στα ίδια επίπεδα. Υπάρχει απόκλιση σε μοίρες αλλά σε ανεκτά επίπεδα. Στο 1kHz βρίσκεται η διαφορά στο μηδέν.



Σχήμα 4,4

ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΧΝΟΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΦΙΛΤΡΩΝ

Το γραφικό equalizer που κατασκεύασα αποτελείται από 10 περιοχές συχνοτήτων ανά κανάλι. Με την μέτρηση της συχνοτικής απόκρισης των φίλτρων θα διαπιστώσω πως συμπεριφέρονται τα φίλτρα σε ένα εύρος ± 2 οκτάβες από την κεντρική συχνότητα κάθε φίλτρου. Αφού ρυθμίσω τη γεννήτρια σήματος στο 1KHz μέτρησα την V αναφοράς για το Right channel 0,88 volt και για το left 1 Volt. Με την στάθμη εξόδου του ισοσταθμιστή στο μέγιστο και δίνοντας τις ανάλογες συχνότητες καταγράφω την μέγιστη και ελάχιστη τιμή για κάθε φίλτρο και στα δύο κανάλια. Η συνδεσμολογία για την μέτρηση είναι η εξής:



Ακολουθούν οι πίνακες με τις μετρήσεις και τα σχεδιαγράμματα για τα δύο κανάλια

31Hz left channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
5	0,8	-1,94	0,18	-14,89
15	3,35	10,5	0,42	-7,54
25	7,6	17,62	0,68	-3,35
30	9,4	19,46	0,84	-1,51
31	9,4	19,46	0,84	-1,51
45	5	13,98	1,5	3,52
60	3,1	9,83	1,55	3,81
75	2,9	9,25	2,25	7,04
100	3,65	11,25	17,5	24,86

31Hz Right channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
5	0,8	-0,83	0,08	-20,83
15	3	10,65	0,14	-15,97
25	7	18,01	0,2	-12,87
30	9,2	20,39	0,21	-12,45
31	9,2	20,39	0,21	-12,45
45	6	16,67	0,18	-13,78
60	3,5	11,99	0,22	-12,04
75	2,5	9,07	0,3	-9,35
100	1,5	4,63	0,4	-6,85

63Hz Left channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
15	1,5	3,52	0,68	-3,35
30	3,2	10,1	1,5	3,52
45	4,8	13,62	0,76	-2,38
50	6	15,56	0,82	-1,72
63	6	15,56	1,4	2,92
80	4	12,04	2	6,02
120	2,1	6,44	0,8	-1,94
150	1,28	2,14	0,48	-6,38
200	1	0	0,86	-1,31

63Hz Right channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
15	1,1	1,94	0,44	-6,02
30	2,6	9,41	1,12	2,09
45	3,5	11,99	0,6	-3,33
50	4,3	13,78	0,48	-5,26
63	5,3	15,6	0,34	-8,26
80	3	10,65	0,2	-12,87
120	1,3	3,39	0,32	-8,79
150	0,84	-0,4	0,54	-4,24
200	0,6	-3,33	0,56	-3,93

125Hz Left channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
40	4	12,04	0,78	-2,16
70	10,8	20,67	0,52	-5,68
90	16	24,08	0,52	-5,68
110	10,2	20,17	0,3	-10,46
125	7,4	17,38	0,38	-8,4
150	5	13,98	0,52	-5,68
200	3	9,54	0,92	-0,72
350	1,6	4,08	0,72	-2,85
500	1,4	2,92	1,2	1,58

125Hz Right channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
40	0,68	-2,24	0,64	-2,77
70	0,52	-4,57	0,2	-12,87
90	0,8	-0,83	0,13	-16,61
110	1,12	2,09	0,16	-14,81
125	1,32	3,52	0,2	-12,87
150	1,6	5,19	0,25	-10,93
200	2,05	7,35	0,4	-6,85
350	1,9	6,69	0,72	-1,74
500	1,8	6,22	1,05	1,53

250Hz Left channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
50	1,75	4,86	1	0
90	2,55	8,13	2	6,02
125	2,2	6,85	1	0
200	6	15,56	0,25	-12,04
250	7,5	17,5	0,3	-10,46
350	4,4	12,87	0,56	-5,04
500	2,6	8,3	1,1	0,83
750	1,65	4,35	0,96	-0,35
1000	1,7	4,61	1,25	1,94

250Hz Right channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
50	0,36	-7,76	0,36	-7,76
90	0,33	-8,52	0,17	-14,28
125	0,64	-2,77	0,28	-9,95
200	1,24	2,98	0,42	-6,42
250	1,32	3,52	0,52	-4,57
350	0,9	0,2	0,76	-1,27
500	1,2	2,69	1,16	2,4
750	0,82	-0,61	0,8	-0,83
1000	1,16	2,4	1,16	2,4

500Hz Left channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
100	1,5	3,52	1,5	3,52
200	1,9	5,58	0,72	-2,85
300	2,95	9,4	0,8	-1,94
400	5	13,98	0,4	-7,96
500	7,4	17,38	0,4	-7,96
750	4,6	13,26	0,76	-2,38
1000	3,2	10,1	1,15	1,21
1500	1,9	5,58	0,8	-1,94
2000	1,6	4,08	1,08	0,67

500Hz Right channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
100	0,8	-0,83	0,1	-18,89
200	2,05	7,35	0,4	-6,85
300	3,45	11,87	0,4	-6,85
400	5,8	16,38	0,36	-7,76
500	7,7	18,84	0,4	-6,85
750	4,2	13,58	0,8	-0,83
1000	3	10,65	1	1,11
1500	1,9	6,69	0,8	-0,83
2000	1,7	5,72	1	1,11

1000Hz Left channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
250	1,55	3,81	1	0
350	1,5	3,52	0,64	-3,88
500	2,9	9,25	0,94	-0,54
750	5,1	14,15	0,56	-5,04
1000	7,8	17,84	0,4	-7,96
1500	4,1	12,26	0,76	-2,38
2000	3	9,54	1	0
3000	1,7	4,61	0,84	-1,51
4000	1,7	4,61	1,1	0,83

1000Hz Right channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
250	1,4	4,03	0,54	-4,24
350	2	7,13	0,6	-3,33
500	3	10,65	0,98	0,93
750	5	15,09	0,5	-4,91
1000	7,6	18,73	0,38	-7,29
1500	4,2	13,58	0,72	-1,74
2000	3	10,65	1	1,11
3000	1,75	5,97	0,8	-0,83
4000	1,6	5,19	1	1,11

2000Hz Left channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
500	1,7	4,61	1	0
750	1,8	5,11	0,88	-1,11
1000	2,75	8,79	1,15	1,21
1500	4,8	13,62	0,6	-4,44
2000	6,7	16,52	0,4	-7,96
3000	3,7	11,36	0,72	-2,85
4000	2,7	8,63	1	0
5000	2,1	6,44	1	0
6000	1,7	4,61	0,85	-1,41

2000Hz Right channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
500	1,75	5,97	1	1,11
750	1,8	6,22	0,74	-1,51
1000	2,7	9,74	1	1,11
1500	4,8	14,74	0,64	-2,77
2000	6,8	17,76	0,4	-6,85
3000	3,9	12,93	0,24	-11,29
4000	2,3	8,34	0,9	0,2
5000	1,6	5,19	0,34	-8,26
6000	1,2	2,69	0,5	-4,91

4000Hz Left channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
1000	1,9	5,58	1,2	1,58
1500	1,75	4,86	0,8	-1,94
2000	2,6	8,3	1	0
3000	4,8	13,62	0,58	-4,73
4000	7	16,9	0,36	-8,87
6000	4,6	13,26	0,55	-5,19
8000	3,3	10,37	1	0
12000	2,2	6,85	0,9	-0,92
16000	2	6,02	1,1	0,83

4000Hz Right channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
1000	1,8	6,22	1,05	1,53
1500	1,8	6,22	0,8	-0,83
2000	2,55	9,24	1	1,11
3000	4,7	14,55	0,6	-3,33
4000	6,6	17,5	0,4	-6,85
6000	4,1	13,37	0,4	-6,85
8000	3	10,65	0,84	-0,4
12000	2	7,13	0,66	-2,5
16000	1,8	6,22	0,95	0,66

8000Hz Left channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
2000	1,65	4,35	1,15	1,21
3000	1,9	5,58	0,82	-1,72
4000	2,85	9,1	1,2	1,58
6000	5	13,98	0,8	-1,94
8000	8	18,06	0,5	-6,02
12000	5	13,98	0,6	-4,44
16000	3,5	10,88	0,9	-0,92
22000	2,7	8,63	0,76	-2,38
32000	1,5	3,52	0,44	-7,13

8000Hz Right channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
2000	1,8	6,22	1,15	2,32
3000	1,7	5,72	0,8	-0,83
4000	2,7	9,74	1,1	1,94
6000	5	15,09	0,8	-0,83
8000	7,8	18,95	0,62	-3,04
12000	5	15,09	0,28	-9,95
16000	3,4	11,74	0,85	-0,3
22000	2,4	8,71	0,7	-1,99
32000	1,6	5,19	0,42	-6,42

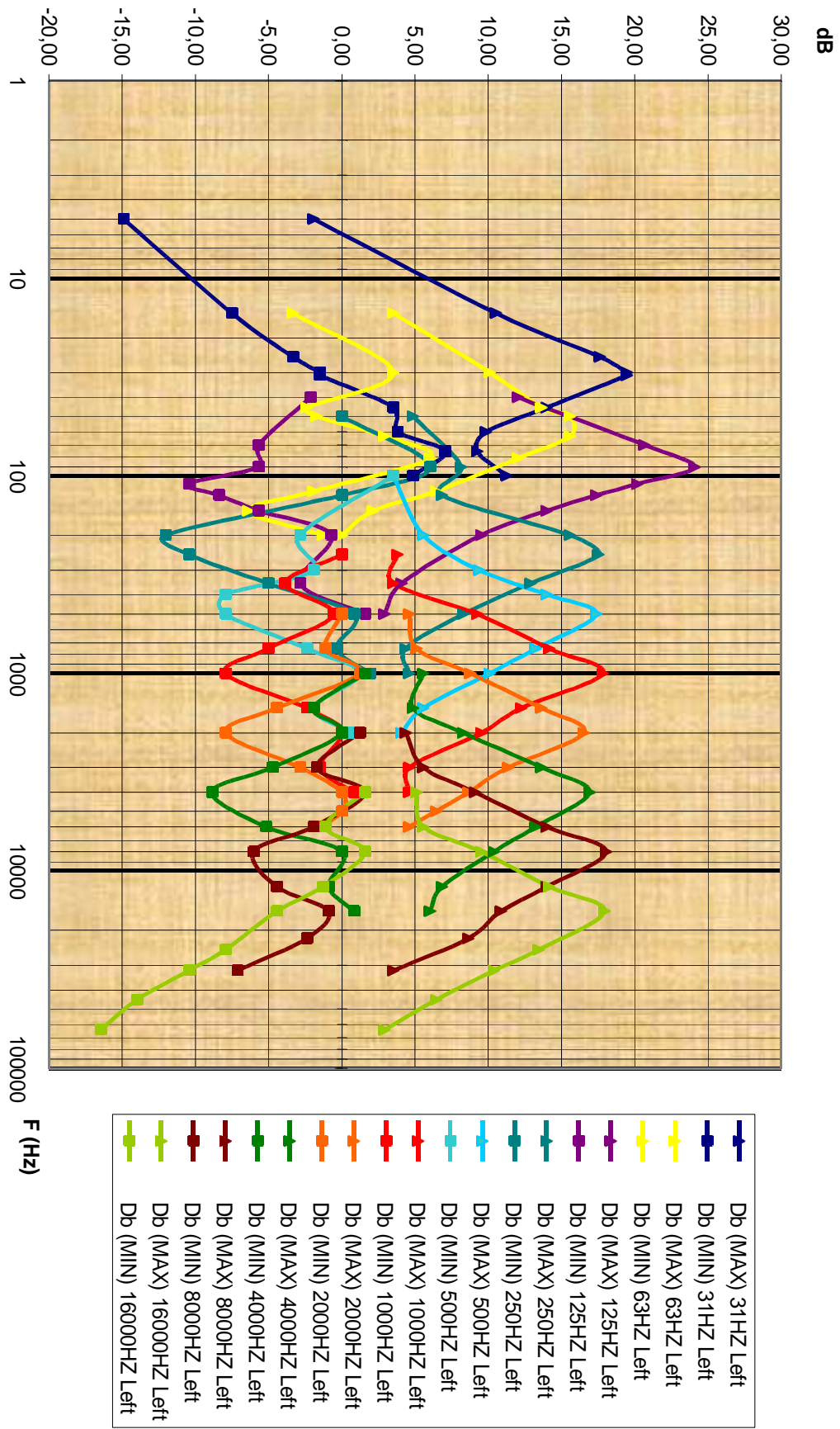
16000Hz Left channel

F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
4000	1,8	5,11	1,2	1,58
6000	1,9	5,58	0,88	-1,11
8000	3	9,54	1,2	1,58
12000	5,1	14,15	0,86	-1,31
16000	7,9	17,95	0,6	-4,44
25000	4,7	13,44	0,4	-7,96
32000	3,3	10,37	0,3	-10,46
45000	2,1	6,44	0,2	-13,98
64000	1,4	2,92	0,15	-16,48

16000Hz Right channel

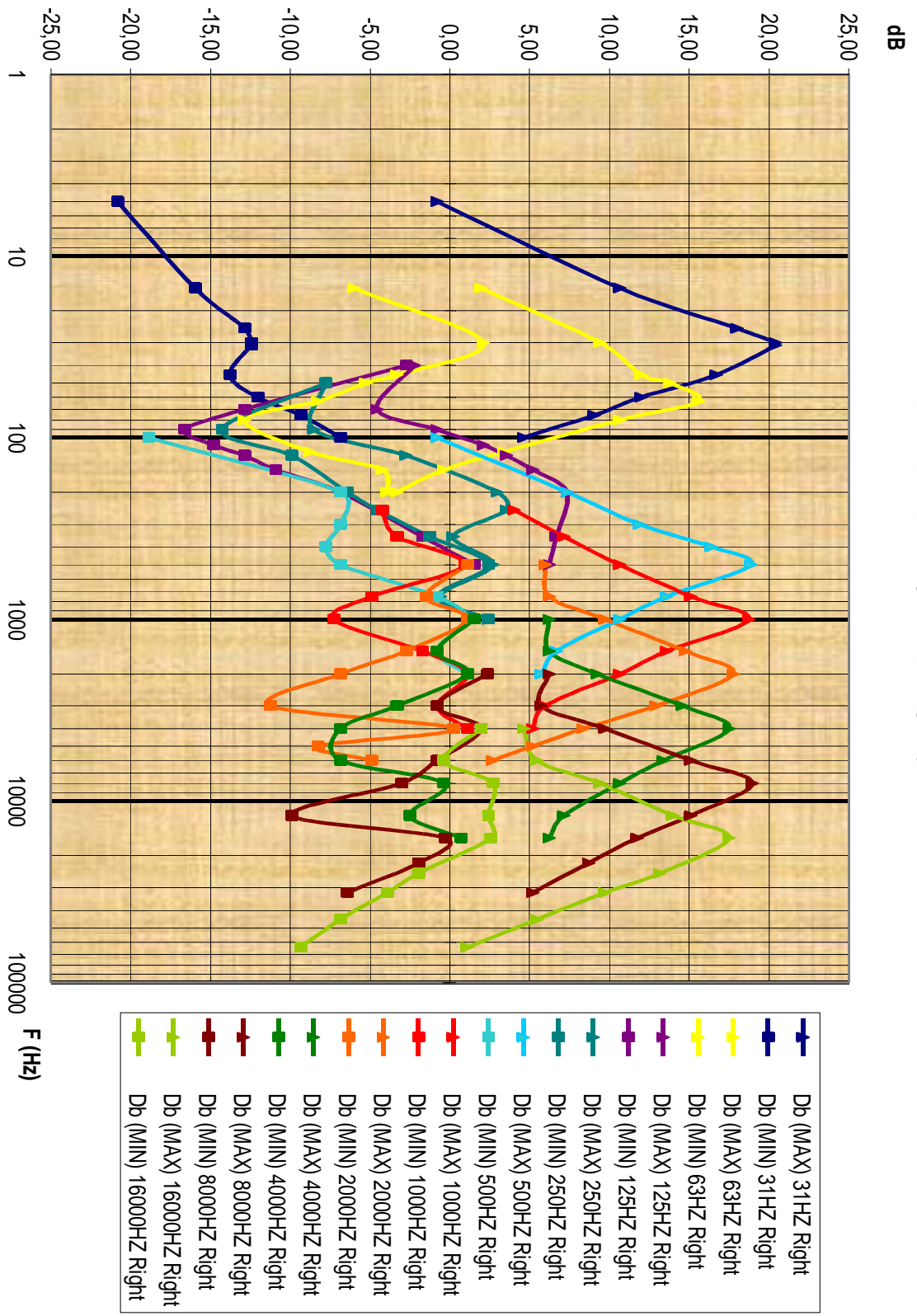
F(Hz)	MAX(V)	dB	MIN(V)	dB
4000	1,5	4,63	1,1	1,94
6000	1,65	5,46	0,84	-0,4
8000	2,6	9,41	1,2	2,69
12000	4,4	13,98	1,16	2,4
16000	6,6	17,5	1,18	2,55
25000	4	13,15	0,7	-1,99
32000	2,7	9,74	0,56	-3,93
45000	1,65	5,46	0,4	-6,85
64000	1	1,11	0,3	-9,35

Καμπύλη Συχνοτικής Απόκρισης Αριστερού Καναλιού



Σχήμα 4,5

Καμπύλη Συγγοτικής Απόκρισης Δεξιού Καναλιού



Σχήμα 4,6

Παρατηρώ από τις μετρήσεις και τα γραφήματα τα εξής:

1. Από 250 Hz – 16 kHz η ενίσχυση είναι κατά μέσο όρο 17dB, πολύ ικανοποιητική, ενώ στο αριστερό ξεκινάει από τα 500 Hz.
2. Για την εξασθένηση των συχνοτήτων στις περιοχές που έχουν καλή ενίσχυση (250 Hz –16 kHz) η εξασθένηση έχει έντονη διακύμανση σε χαμηλά ποσοστά κατά μέσο όρο -7dB.
3. Για τις χαμηλές συχνότητες από 31 Hz -125 Hz, η εξασθένηση όσο και η ενίσχυση δεν παρουσιάζουν ομαλότητα, έντονη διακύμανση με τιμές κατά μέσο όρο από -15dB έως +23dB.
4. Παρατηρώ ότι και στα δύο κανάλια η εξασθένηση είναι μικρή, κατά μέσο όρο - 4 dB, ενώ η ενίσχυση φτάνει μέχρι και 20 dB. Διαπιστώνω ότι το equalizer λειτουργεί καλύτερα στην ενίσχυση των συχνοτήτων και όχι στην εξασθένηση και πιο συγκεκριμένα πάνω από τα 250 Hz.
5. Παρατηρώ ακόμα ότι με ίδια τιμή στάθμης εισόδου στα δυο κανάλια, έχω μικρή διάφορα στην ενίσχυση κάθε καναλιού.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

Μέσα από αυτή την πτυχιακή εργασία είχα την ευκαιρία να μάθω αναλυτικά και με λεπτομέρεια πως κατασκευάζεται και λειτουργεί ένα γραφικό equalizer. Από τις μετρήσεις κατάλαβα ότι στην ενίσχυση των συχνοτήτων, από 250 Hz και πάνω λειτουργεί εξαιρετικά ενώ στην εξασθένηση οι επιδόσεις του δεν είναι καλές και αυτό μπορεί να οφείλεται στα υλικά των κυκλωμάτων για τα φίλτρα των χαμηλών συχνοτήτων. Η στάθμη εισόδου του ισοσταθμιστή είναι σε πολύ καλά επίπεδα, +21dB και η διαρροή σήματος ειδικά στο 1KHz είναι μικρότερη από οποιαδήποτε άλλη περιοχή. Από την μέτρηση της ολικής αρμονικής παραμόρφωσης έδειξε ότι υπάρχει πρόβλημα στις χαμηλές συχνότητες έως 125 Hz.

Οι βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν για την καλύτερη απόδοση του equalizer είναι :

1. Την τοποθέτηση αντιστάσεων και πυκνωτών με μικρότερες ανοχές, στα φίλτρα που παρουσιάζουν πρόβλημα στην συχνοτική απόκριση.
2. Επίσης ο επανασχεδιασμός της πλακέτας των φίλτρων και του τροφοδοτικού γιατί οι διαδρομές της πλακέτας είχαν κακή ποιότητα κατασκευής και χρειάστηκε πολλές φορές να τις επισκευάσω.
3. Προσθήκη μιας βαθμίδας ισορροπίας του σήματος μεταξύ των δυο καναλιών.
4. Βελτίωση του κυκλώματος ώστε να έχουμε αρμονική παραμόρφωση σε ανεκτά επίπεδα.

Συνοπτικά θα ήθελα να αναφέρω ότι ήταν μια πολύ ωραία εμπειρία η κατασκευή του γραφικού ισοσταθμιστή, γιατί μου έδωσε την ευκαιρία να μάθω πως σχεδιάζεται, κατασκευάζεται και λειτουργεί. Ελπίζω να το χρησιμοποιήσω στη δουλειά μου.

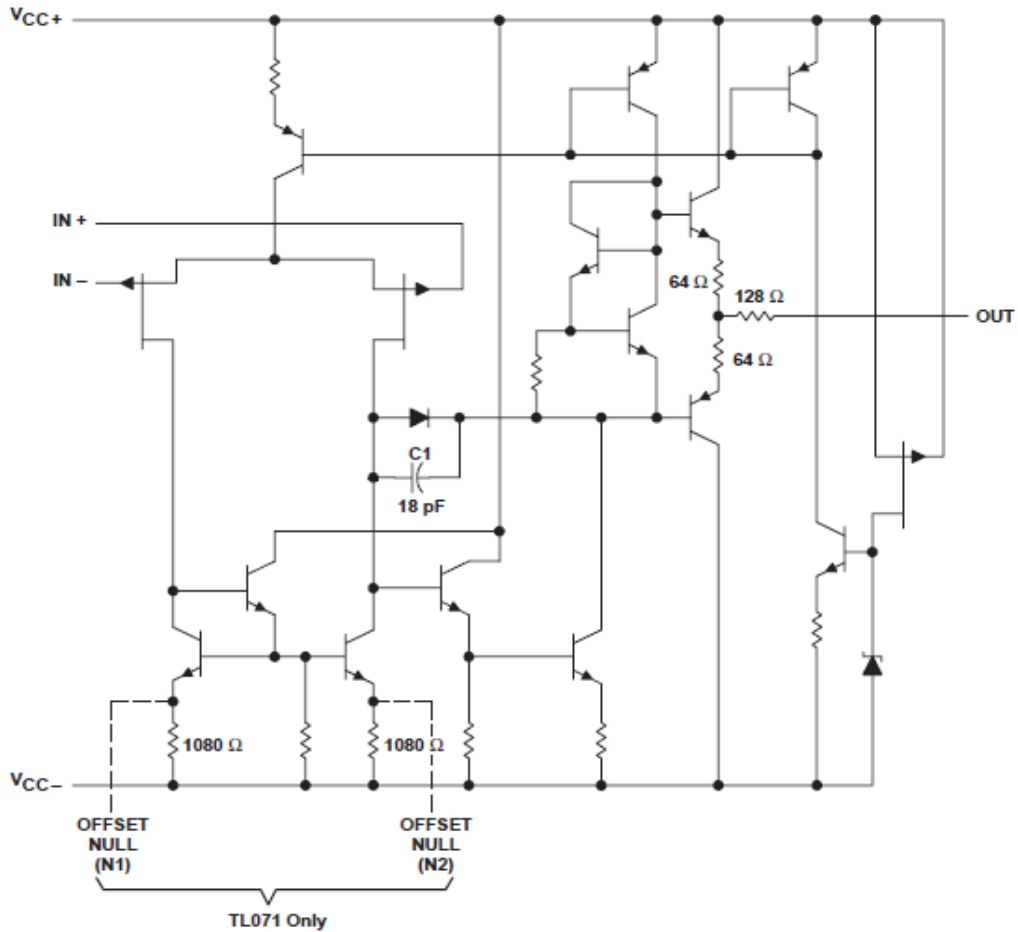
Για το τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή κ. Πιοτογιαννάκη Στέλιο για την πολύτιμη βοήθεια του και τις χρήσιμες συμβουλές του. Επίσης τον κ. Νικολιδάκη για την βοήθεια του και την ψυχολογική υποστήριξη, καθώς επίσης και την οικογένεια μου για την βοήθεια τους.

6. DATASHEET

Dual Operational Amplifier TL072

TL071, TL071A, TL071B, TL072
 TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B
LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS
SLOS080D – SEPTEMBER 1978 – REVISED AUGUST 1996

schematic (each amplifier)



All component values shown are nominal.

COMPONENT COUNT†			
COMPONENT TYPE	TL071	TL072	TL074
Resistors	11	22	44
Transistors	14	28	56
JFET	2	4	8
Diodes	1	2	4
Capacitors	1	2	4
epi-FET	1	2	4

† Includes bias and trim circuitry

TL071, TL071A, TL071B, TL072
TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B
LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS
SLOS080D – SEPTEMBER 1978 – REVISED AUGUST 1996

- Low Power Consumption
- Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- Low Input Bias and Offset Currents
- Output Short-Circuit Protection
- Low Total Harmonic Distortion
0.003% Typ
- Low Noise
 $V_n = 18 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ Typ at $f = 1 \text{ kHz}$
- High Input Impedance . . . JFET Input Stage
- Internal Frequency Compensation
- Latch-Up-Free Operation
- High Slew Rate . . . $13 \text{ V}/\mu\text{s}$ Typ
- Common-Mode Input Voltage Range
Includes V_{CC+}

description

The JFET-input operational amplifiers in the TL07_ series are designed as low-noise versions of the TL08_ series amplifiers with low input bias and offset currents and fast slew rate. The low harmonic distortion and low noise make the TL07_ series ideally suited for high-fidelity and audio preamplifier applications. Each amplifier features JFET inputs (for high input impedance) coupled with bipolar output stages integrated on a single monolithic chip.

The C-suffix devices are characterized for operation from 0°C to 70°C. The I-suffix devices are characterized for operation from -40°C to 85°C. The M-suffix devices are characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C.

AVAILABLE OPTIONS

T _A	V _{IO} max AT 25°C	PACKAGE							
		SMALL OUTLINE (D)†	CHIP CARRIER (FK)	CERAMIC DIP (J)	CERAMIC DIP (JG)	PLASTIC DIP (N)	PLASTIC DIP (P)	TSSOP PACKAGE (PW)	FLAT PACKAGE (W)
0°C to 70°C	10 mV 6 mV 3 mV	TL071CD TL071ACD TL071BCD	—	—	—	—	TL071CP TL071ACP TL071BCP	TL071CPWLE — —	—
	10 mV 6 mV 3 mV	TL072CD TL072ACD TL072BCD	—	—	—	—	TL072CP TL072ACP TL072BCP	TL072CPWLE — —	—
	10 mV 6 mV 3 mV	TL074CD TL074ACD TL074BCD	—	—	—	TL074CN TL074ACN TL074BCN	—	TL074CPWLE — —	—
-40°C to 85°C	6 mV	TL071ID TL072ID TL074ID	—	—	—	— — TL074IN	TL071IP TL072IP —	—	—
-55°C to 125°C	6 mV 6 mV 9 mV	—	TL071MFK TL072MFK TL074MFK	— — TL074MJ	TL071MJG TL072MJG —	— — TL074MN	— — —	TL072MP — —	— — TL074MW

† The D package is available taped and reeled. Add the suffix R to the device type (e.g., TL071CDR). The PW package is only available left-ended taped and reeled (e.g., TL072CPWLE).



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

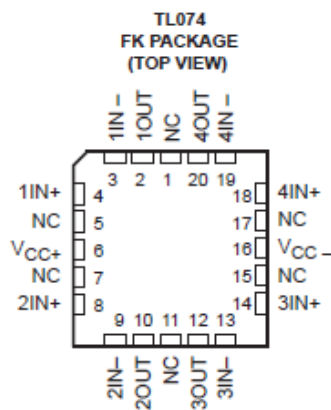
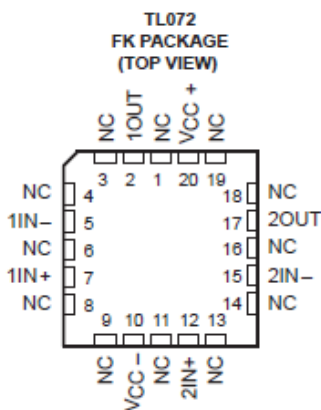
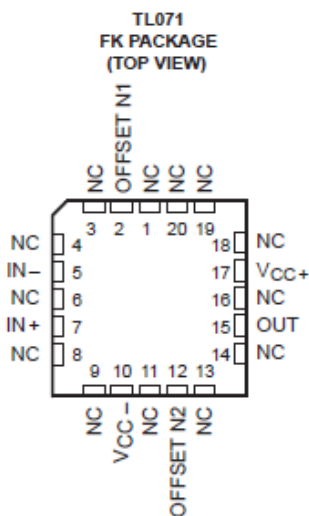
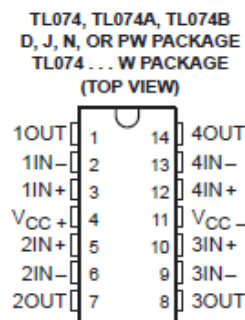
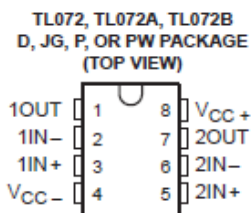
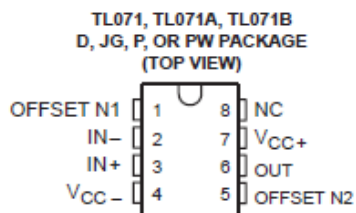
PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

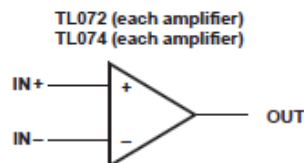
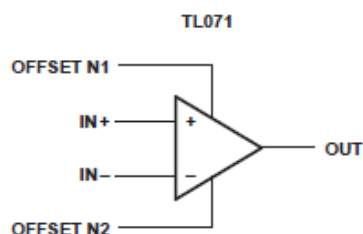
Copyright © 1996, Texas Instruments Incorporated

TL071, TL071A, TL071B, TL072
TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B
LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS
SLOS080D – SEPTEMBER 1978 – REVISED AUGUST 1996



NC – No internal connection

symbols



Dual Operational Amplifier NE5532



www.fairchildsemi.com

NE5532

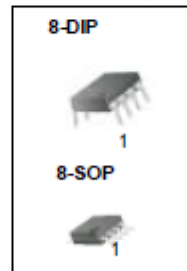
Dual Operational Amplifier

Features

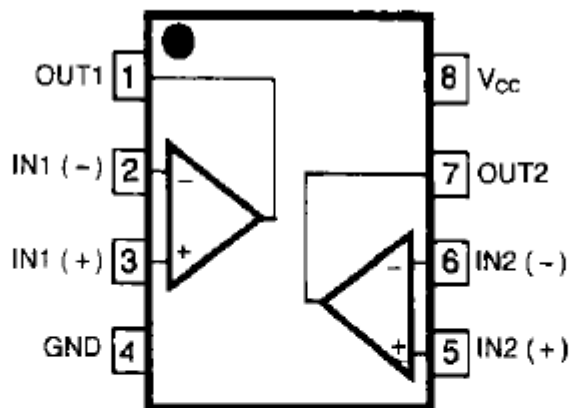
- Internal Frequency Compensation
- Slew Rate: 8V/ μ s
- Input Noise Voltage: 8nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ($f_0 = 30\text{Hz}$)
- Full Power Bandwidth: 140KHz

Description

The NE5532 is an internally compensated dual low noise OP-AMP. The high small signal and power bandwidth provides superior performance in high quality AMP, all control circuits, and telephone applications.



Internal Block Diagram



Rev. 1.0.1

©2002 Fairchild Semiconductor Corporation

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	NE5532	Unit
Power Supply Voltage	V _{CC}	±22	V
Differential Input Voltage	V _(DIFF)	±13	V
Input Voltage	V _I	Supply Voltage	V
Power Dissipation, T _A = 25°C 8-DIP 8-SOP	P _D	1100 500	mW
Operating Temperature Range	T _{OPR}	0 ~ + 70	°C

Thermal Data

Parameter	Symbol	Value	Unit
Thermal Resistance Junction-Ambient Max. 8-DIP 8-SOP	R _{θJA}	110 250	°C/W

Electrical Characteristics

(V_{CC}=15V, V_{EE}= - 15V, T_A = 25°C)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Input Offset Voltage	V _{IO}	-	-	0.5	4.0	mV
Input Offset Current	I _{IO}	-	-	10	150	nA
Input Bias Current	I _{BIAS}	-	-	200	800	nA
Supply Current	I _{CC}	-	-	6.0	16	mA
Input Voltage Range	V _{I(R)}	-	±12	±13	-	V
Common Mode Rejection Range	CMRR	T _A = 25 °C	70	100	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	T _A = 25 °C	80	100	-	dB
Output Voltage Swing	V _{O(P-P)}	R _L ≥ 600Ω	±12	±13	-	V
Input Resistance	R _I	T _A = 25 °C	30	300	-	KΩ
Short Circuit Current	I _{SC}	-	-	38	-	mA
Overshoot	OS	R _L =600Ω, C _L =100pF	-	10	20	%
Voltage Gain	G _V	f = 10KHz	2	2.2	-	V/mV
Gain Bandwidth Product	GBW	C _L =100pF, R _L = 600Ω	8	10	-	MHz
Slew Rate	SR	R _L =1K, C _L =100pF, R _L =600Ω	6	8.0	-	V/μs
Input Noise Voltage	e _N	f _O = 30Hz f _O = 1KHz	-	8.0 5.0	-	nV/√Hz

Typical Performance Characteristics

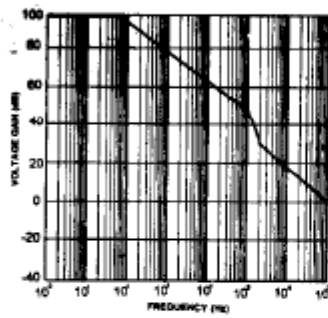


Figure 1. Open Loop Frequency Response

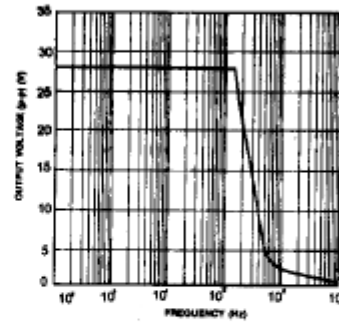


Figure 2. Large Signal Frequency Response

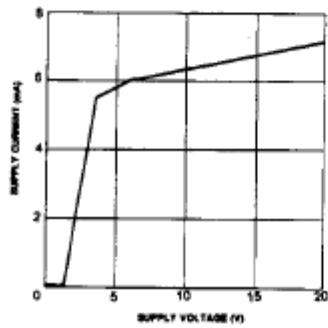


Figure 3. Supply Current vs Supply Voltage

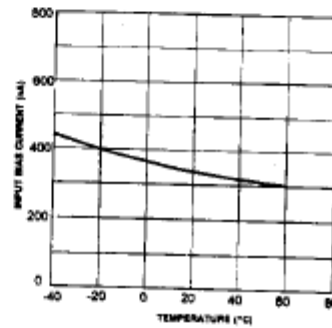


Figure 4. Input Bias Current vs Temperature

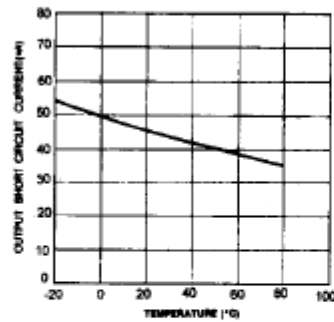


Figure 5. Output Circuit Current vs Temperature

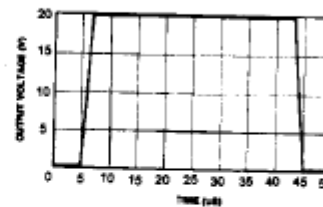


Figure 6. Slew Rate

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-WEBGRAPHY

Βιβλιογραφία:

Παναγοπούλου Κατερίνα, «*Ηχητική Κάλυψη Συναυλιών*» Σημειώσεις του Τμήματος Μουσικής τεχνολογίας και ακουστικής ΑΤΕΙ Ρεθύμνου 2010

Περιοδικό «Electronic circuits», Τεύχος 1 Ιούνιος 2009

Κεχράκος Κώστας. «*Ηχητικά συστήματα 2*» Σημειώσεις του Τμήματος Μουσικής τεχνολογίας και ακουστικής ΑΤΕΙ Ρεθύμνου 2010

Διαδικτυακές Πηγές

<http://fridge.gr/11514/stiles/equalizing-part-2/>

<http://www.djshop.gr/displayITM1.asp?ITMID=11650&LANG=GR>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Equalizer>

*Οι σύνδεσμοι ελέγχθηκαν 30/05/2012