



Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΥΣΙΚΗΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ
ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΓΙΟΒΑΝΗ ΜΑΡΙΑ Α.Μ 656

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΧΡΗΣΤΟΥ, ΠΙΟΤΟΓΙΑΝΝΑΚΗΣ ΣΤΕΛΙΟΣ

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΗΧΟΥ STEREO ΜΕ
ΛΥΧΝΙΕΣ AMPL84



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ενισχυτές ακουστικών συχνοτήτων αποτελούν ένα πολύ μεγάλο κεφάλαιο στον κόσμο της ηλεκτρονικής και απασχολούν πολλούς κατασκευαστές. Οι απόψεις για την απόδοση και γενικότερα για τα χαρακτηριστικά τους ποικίλουν ανάλογα με τις απαιτήσεις και την αισθητική του καθενός. Η παρακάτω πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό την κατασκευή ενός ολοκληρωμένου ενισχυτή stereo με λυχνίες, αρχικά αφού αναφερθούμε στα βασικά εξαρτήματα που χρησιμοποιούμε, αναλύουμε το θεωρητικό και το πρακτικό μέρος της κατασκευής. Με την ολοκλήρωση της κατασκευής και τον έλεγχο ορθής λειτουργίας, συνεχίζουμε στις μετρήσεις των τεχνικών χαρακτηριστικών του ενισχυτή και στα συμπεράσματα των μετρήσεων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Ενισχυτής, Λυχνία, Πλέγμα, Αντίσταση, Αρμονική παραμόρφωση

ABSTRACT

Audio amplifiers consist a great chapter in the field of electronics and interest a lot of manufacturers. There is a huge range of views about the efficiency and their characteristics, in general, which have to do different applications. The following thesis aims at constructing a thorough stereo amplifier with lamps. Initially after we refer to the basic parts used to analyze the theoretical and practical part of the construction. With the completion of the construction and the control of correct operation we continue with the measuring of the technical characteristics of the amplifier and the results of the measurements.

KEYWORDS:

Amplifier, lamp, grid, frequency, resistor, harmonics

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
Abstract.....	3
A. Εισαγωγή.....	6
A1.Τεχνικά χαρακτηριστικά Ενισχυτή.....	7
A2 Τάξεις λειτουργίας του ενισχυτή.....	8
A2.1 Ταξινόμηση και κατηγορίες ενισχυτών.....	8
A3.Σκοπός εργασίας.....	9
B. Μεθοδολογία.....	10
B1. Ηλεκτρονικό κύκλωμα.....	10
B2. Λυχνίες κενού.....	10
B2.1 Κάθοδοι-Νήματα.....	11
B2.2 Άνοδοι.....	12
B2.3 Πλέγματα.....	12
B2.4 Βάσεις λυχνιών.....	13
B2.5 Κατάταξη & χρήσεις λυχνιών.....	14
B2.6 Ευρωπαϊκός και Αμερικάνικος κώδικας λυχνιών.....	15
B3. Δίοδοι.....	17
B4. Μετασχηματιστής τροφοδοσίας.....	17
B4.1 Απώλειες μετασχηματιστών τροφοδοσίας.....	18
B4.2 Ο σιδηροπυρήνας του μετασχηματιστή- κατασκευαστικά χαρακτηριστικά.....	19
B5. Πυκνωτές.....	20
B5.1 Είδη πυκνωτών.....	23
B5.2 Διηλεκτρικοί πυκνωτές.....	23
B6. Αντιστάσεις.....	24
B6.1 Χαρακτηριστικά μεγέθη των αντιστάσεων.....	26
B6.2 Αντιστάσεις σταθερής τιμής.....	27

B6.3 Κώδικες αντιστάσεων.....	28
B6.4 Αντιστάσεις χωρίς κώδικα χρωμάτων.....	29
B6.5 Αντιστάσεις ρυθμιζόμενης τιμής.....	30
B6.6 Μεταβλητές αντιστάσεις.....	30
B6.7 Βλάβες-Έλεγχος & χαρακτηριστικά αντιστάσεων.....	31
B7. Τυπωμένα κυκλώματα.....	33
B7.1 Εκτύπωση.....	34
Γ. Γενική περιγραφή.....	36
Γ1. Ανάλυση του κυκλώματος.....	37
Γ1.1 Τροφοδοτικό.....	38
Γ1.2 Κύκλωμα εισόδου και προενίσχυσης.....	38
Γ1.3 Κύκλωμα ελέγχου φωνής.....	39
Γ1.4. Κύκλωμα οδήγησης του σταδίου εξόδου.....	39
Γ1.5. Σταδίο εξόδου-ισχύος.....	39
Δ. Κατασκευή του ενισχυτή.....	41
E. Μετρήσεις συμπεράσματα.....	45
E1.Μέτρηση ισχύος εξόδου.....	45
E2. Ευαισθησία εισόδου.....	46
E3. Απολαβή του ενισχυτή.....	47
E4.Μέτρηση θορύβου.....	48
E5. Απόκριση συχνότητας.....	48
E6. Ζώνη ενίσχυσης εύρους συχνοτήτων του φίλτρου υψηλών συχνοτήτων (treble).53	
E7. Γενικά συμπεράσματα-παρατηρήσεις.....	55
Z. Παραρτήματα-φωτογραφικό υλικό.....	56
Z1. Βιβλιογραφία.....	65
Z1.1 Προμήθεια υλικών.....	66

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ενισχυτές ήχου - Γενικά

Ενισχυτής ήχου είναι μια ηλεκτρονική διάταξη, η οποία ενισχύει ένα ηλεκτρικό σήμα ή αλλιώς ένα φάσμα χαμηλών συχνοτήτων κατά τέτοιο τρόπο ώστε να οδηγήσει με όσο το δυνατόν καλύτερα αποτελέσματα την επόμενη βαθμίδα ή οποία είναι τα ηχεία. Για να μπορέσει ένας ενισχυτής ήχου να αποδώσει σωστά θα πρέπει να καλύπτεται από μια σειρά ηλεκτρονικών βαθμίδων ενίσχυσης οι οποίες ακολουθούν μια σειρά συγκεκριμένων προδιαγραφών για να είναι ο ενισχυτής συμβατός με όλες τις συσκευές ήχου. Θα πρέπει δηλαδή να υπάρχει συμβατότητα με όλες τις πηγές ακουστικού σήματος (π.χ. tuner, deck, phono, CD, κτλ) στις εισόδους του και να είναι ικανός να οδηγήσει ηχεία χαμηλής αντίστασης στην μέγιστη ισχύ που ορίζει ο κατασκευαστής.

Οι ενισχυτές ήχου χωρίζονται σε κατηγορίες σύμφωνα με τα στάνταρ του εμπορίου.

α) Στους ολοκληρωμένους ενισχυτές και β) στους τελικούς ενισχυτές.

α) Ολοκληρωμένοι ενισχυτές

Ένας ολοκληρωμένος ενισχυτής χαρακτηρίζεται έτσι γιατί περιέχει όλες τις βαθμίδες που απαιτούνται για την οδήγηση ενός σήματος ήχου από μια πηγή στα ηχεία. Οι βαθμίδες συνήθως που αποτελούν έναν ολοκληρωμένο ενισχυτή είναι οι εξής:

1) Επιλογέας σημάτων εισόδου.

Είναι η βαθμίδα εκείνη που γίνεται η επιλογή του σήματος ήχου από μια σειρά πηγών όπως tuner, deck, phono, CD, κτλ. Η επιλογή του σήματος μπορεί να γίνεται μέσω επιλογικού διακόπτη ή έναν ηλεκτρονικό επιλογέα που χρησιμοποιεί ρελέ.

2) Προενισχυτής.

Ο προενισχυτής είναι η επόμενη βαθμίδα μετά τον επιλογέα πηγών σήματος ο οποίος ενισχύει το ηλεκτρικό σήμα κατά τέτοιον τρόπο ώστε να μπορέσει η τελική βαθμίδα ενίσχυσης να αποδώσει την μέγιστη ισχύ στα ηχεία. Συνήθως ο προενισχυτής περιέχει και κυκλώματα φίλτρων τα οποία ενισχύουν το ακουστικό φάσμα σε επιλεγμένες συχνότητες. Το στάδιο αυτό ονομάζεται στάδιο ελέγχου φωνής (tone control) και ενισχύονται ή υποβαθμίζονται υψηλές και χαμηλές συχνότητες (treble & bass).

3) Τελική βαθμίδα ενίσχυσης.

Η βαθμίδα αυτή είναι το κύκλωμα ισχύος όπου ο ενισχυτής αποδίδει υψηλή ισχύ σε φορτίο χαμηλής αντίστασης 4 ή 8 Ω όπως είναι τα ηχεία. Οι βαθμίδες αυτές υλοποιούνται με τρανζίστορ ισχύος ή ολοκληρωμένα κυκλώματα (ICs), ενώ παλαιότερα, μερικές δεκαετίες πίσω υλοποιούνταν μόνο με λυχνίες!

Σήμερα η χρήση των λυχνιών σε ενισχυτές ήχου αποτελούν μια ακριβή λύση αλλά πολύ σοβαρή για πολλούς φανατικούς του ήχου, διότι η ποιότητα πολλές φορές είναι ανώτερη από έναν κοινό ενισχυτή με τρανζίστορ και αντίστοιχα φυσικά χαρακτηριστικά!

4) Τροφοδοτικό.

Το τροφοδοτικό είναι μια διάταξη η οποία παρέχει τις κατάλληλες τάσεις σε όλες τις βαθμίδες του ενισχυτή. Θα πρέπει να δίνει επαρκές ρεύμα σε όλες τις

βαθμίδες και ένα καλό τροφοδοτικό παίζει σημαντικό ρόλο στην απόδοση του ενισχυτή!

β) Τελικοί ενισχυτές

Ένας τελικός ενισχυτής συνήθως αποτελείται από δύο βαθμίδες. Το τελικό στάδιο ισχύος και το τροφοδοτικό.

Το τελικό στάδιο ισχύος δεν διαφέρει σε κάτι από αυτά που γράψαμε παραπάνω και για να οδηγηθεί χρειάζεται ξεχωριστή μονάδα προενισχυτή ή μπορεί και να οδηγηθεί κατευθείαν από συσκευές που παρέχουν υψηλή στάθμη ακουστικού σήματος όπως τα CD ή τα DVD.

Το τροφοδοτικό συνήθως είναι προσεγμένο και ικανό να τροφοδοτήσει την τελική βαθμίδα με επαρκές ρεύμα και τάσεις για την μέγιστη απόδοση!

A1.ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ

Ισχύς εξόδου: Είναι η μέγιστη ισχύ του ενισχυτή ανά κανάλι μετρούμενη σε συγκεκριμένο ωμικό φορτίο σε Watt RMS.

Ενυαισθησία εισόδου: Είναι η στάθμη του σήματος εισόδου στην οποία ο ενισχυτής αποδίδει το μέγιστο απαραμόρφωτο σήμα στην έξοδό του πάνω σε συγκεκριμένο ωμικό φορτίο. Η στάθμη του σήματος εισόδου μετριέται σε V_{rms} .

Θόρυβος: Είναι η στάθμη παρασιτικών σημάτων στην έξοδο του ενισχυτή (έχοντας το volume στην μέγιστη τιμή του) όταν η είσοδος ή οι εισοδοί του δεν έχουν σήμα ή είναι γειωμένοι! Συνήθως ο θόρυβος προέρχεται από τα εσωτερικά κυκλώματα του ενισχυτή όπως τροφοδοσία, ενεργά και παθητικά στοιχεία, κακή θωράκιση από το εξωτερικό περιβάλλον, κτλ.

Η στάθμη θορύβου μετριέται στην έξοδο σε V_{rms} ή V_{p-p} .

Αντίσταση εισόδου: Είναι η τιμή της ωμικής αντίστασης εισόδου για σωστή προσαρμογή της πηγής του σήματος εισόδου με τον ενισχυτή.

Παραμόρφωση: Είναι η παραμόρφωση του σήματος εξόδου σε μια συγκεκριμένη συχνότητα του σήματος εισόδου και μετρούμενο σε μια συγκεκριμένη ισχύ. Συνήθως στους ενισχυτές η παραμόρφωση μετριέται για σήμα αναφοράς 1KHz και για ισχύς 1Watt, καθώς επίσης και για την μέγιστη τιμή ισχύος εξόδου!

Εκφράζεται με ποσοστιαίες μονάδες και όσο μικρότερη είναι η τιμή τόσο καλύτερες επιδόσεις έχει ο ενισχυτής. Μετριέται με ειδικό όργανο μέτρησης που ονομάζεται παραμορφωσίμετρο.

Απόκριση συχνότητας: Είναι το εύρος ζώνης ακουστικών συχνοτήτων όπου ο ενισχυτής αποδίδει την μέγιστη ισχύ του μέχρι και το όριο των -3db . Η καμπύλη απόκρισης σχηματίζεται από μια σειρά μετρήσεων σε ένα μεγάλο φάσμα συχνοτήτων της ισχύος εξόδου έχοντας στην είσοδό του πλάτος σήματος για μέγιστη απαραμόρφωτη έξοδο.

A2 ΤΑΞΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΕΝΙΣΧΥΤΗ

Τάξη λειτουργίας A

Τάξη λειτουργίας B

Τάξη λειτουργίας AB

Τάξη λειτουργίας C

Ο ενισχυτής είναι σε τάξη λειτουργίας AB και πετυχαίνουμε χαμηλή παραμόρφωση σε μεγάλη ισχύ. Συνήθως στους ενισχυτές ήχου η τάξη λειτουργίας C δε χρησιμοποιείται διότι μπορεί να έχουν μεγάλη παραμόρφωση.

A2.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ

Οι ενισχυτές ισχύος μπορούν να χωρισθούν σε τρεις βασικές κατηγορίες, ανάλογα με την τάξη στην οποία λειτουργούν. Οι βασικές τάξεις λειτουργίας ενός ενισχυτή είναι τρεις: Α) Τάξη A, β) Τάξη B και γ) Τάξη C. Μερικές όμως φορές ένας ενισχυτής υποχρεώνεται να λειτουργήσει σε κάποια ενδιάμεση τάξη η οποία αποτελεί συνδυασμό δύο βασικών τάξεων. Έτσι έχουμε περιπτώσεις λειτουργίας ενός ενισχυτή σε τάξη AB.

Οι ενισχυτές μικρού σήματος λειτουργούν κυρίως σε τάξη A. Όταν ένας ενισχυτής λειτουργεί σε τάξη A, έχει σήμα στην έξοδο καθ' όλη τη διάρκεια που εφαρμόζεται σήμα στην είσοδο.

Ένας ενισχυτής λειτουργεί σε τάξη B, όταν το σήμα εισόδου υφίσταται απλή ανόρθωση, δηλαδή η έξοδος είναι ένα μισό ανορθωμένο σήμα. Συνεπώς για να λειτουργήσει ένας ενισχυτής σε τάξη B και να έχουμε το πλήρες σήμα στην έξοδο, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε δύο τρανζίστορ σε διάταξη συμμετρικής συνδεσμολογίας.

Ενισχυτές σε τάξη AB, όπως άλλωστε φανερώνει και το όνομα της τάξεως, αποτελούν ένα συνδυασμό της λειτουργίας των τάξεων A και B. Στην περίπτωση αυτή το σήμα εξόδου μοιάζει με το σήμα εισόδου κατά το περισσότερο μέρος.

Οι ενισχυτές που λειτουργούν σε τάξη C εμφανίζουν στην έξοδό τους ένα μόνο τμήμα της ημιπεριόδου του σήματος εισόδου και έχουν συνήθως σα φορτίο ένα συντονισμένο κύκλωμα. Ένας ενισχυτής σε τάξη C χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλη απόδοση ισχύος. Οι ενισχυτές σε τάξη C βρίσκουν εφαρμογές στους πομπούς τηλεοράσεων και ραδιοφωνίας.

Η τάξη λειτουργίας ενός ενισχυτή καθορίζεται από την εκλογή του **σημείου λειτουργίας του** (operating point) ή όπως λέγεται **σημείου ηρεμίας Q** (quiescent point). Η εκλογή του σημείου λειτουργίας εξαρτάται από την ολική μεταβολή του σήματος, δηλαδή από τη μεταβολή από κορυφή σε κορυφή (peak to peak, p-p) και τη μέγιστη επιτρεπόμενη κατανάλωση ισχύος του τρανζίστορ.

Οι ενισχυτές ισχύος παρουσιάζουν δύο κοινά χαρακτηριστικά:

- Είναι όλοι οι ενισχυτές μεγάλων σημάτων
- Η λειτουργία τους δεν είναι γενικά γραμμική (nonlinear operation)

Η μη γραμμική λειτουργία σημαίνει, ότι οι κυματομορφές εξόδου δεν έχουν την ίδια μορφή με τις κυματομορφές εισόδου. Εκτός δηλαδή από την ενίσχυση, έχει απέλθει και παραμόρφωση (distortion) στην κυματομορφή.

A3 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία στοχεύει στο να αναδείξει την κατασκευή και την αξιολόγηση του παρακάτω ενισχυτή stereo με λυχνίες, καθώς και η παρουσίαση του ώστε να μπορεί ο καθένας να πάρει τις βασικές γνώσεις που πρέπει να διαθέτει για να υλοποιήσει μια απλή ενισχυτική διάταξη, αλλά και να μπορέσει να ανακαλύψει και να κατανοήσει τον κόσμο των λυχνιών. Θα παρατηρήσουμε παρακάτω ότι έχουμε κατασκευάσει έναν πολύ καλό ενισχυτή που δεν έχει να ζηλέψει τίποτα από τους ενισχυτές της αγοράς με τρανζίστορ.

B.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η πτυχιακή εργασία για την κατασκευή του ολοκληρωμένου ενισχυτή ήχου stereo με λυχνίες

AMPL 84 θα περιλαμβάνει:

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

A. Θεωρητικό μέρος, αναλυτικά για τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν στον ενισχυτή.

B. Σχεδιασμός της συσκευής βάσει απαιτήσεων και προδιαγραφών που θα προκύψουν μετά από έρευνα σχετικών συσκευών .

Γ. Σχεδιασμός και ανάλυση ηλεκτρονικού κυκλώματος της συσκευής.

B1.ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

Για το σχεδιασμό του ηλεκτρονικού κυκλώματος του ενισχυτή χρησιμοποιήθηκαν ενεργά και παθητικά υλικά όπως λυχνίες(ενεργό υλικό), πυκνωτές, αντιστάσεις, δίοδοι, μετασχηματιστές και ποτενσιόμετρα (παθητικά υλικά). Παρακάτω αναφέρεται η λειτουργία του καθενός από αυτά.

B2.ΛΥΧΝΙΕΣ ΚΕΝΟΥ

ΓΕΝΙΚΑ

Σήμερα οι λυχνίες έχουν περάσει στο περιθώριο, τουλάχιστον στις μικρομεσαίες κατασκευές. Όμως ποτέ δεν πρόκειται να εκλείψουν από το προσκήνιο της ηλεκτρονικής. Και αυτό γιατί στις διατάξεις πομπών ραδιοφωνίας-τηλεόρασης μεγάλης ισχύος κανένα τρανζίστορ, τουλάχιστον σήμερα, δε μπορεί να δώσει ισχύ 500kw 1000 kw αντίστοιχα.

Τις λυχνίες της χωρίζουμε πρωταρχικά σε λυχνίες εκπομπής και λήψης που διαφέρουν μόνο κατασκευαστικά. Περιλαμβάνουν και οι μεν και οι δε τα ίδια ηλεκτρόδια. Διαφέρουν μόνο κατά τη φύση των υλικών και την ισχύ ή τάση που αντέχουν.

Οι λυχνίες γενικά περιέχουν: Την **κάθοδο** που προορίζεται για να εκπέμπει ηλεκτρόνια, και την **άνοδο** που προορίζεται για τη συγκέντρωση των ηλεκτρονίων που εκπέμπονται από την κάθοδο και ένα ή περισσότερα **πλέγματα** που σκοπό έχουν να ρυθμίζουν τη ροή των ηλεκτρονίων. Φυσικά περιέχουν και τα **νήματα** θέρμανσης, που κάνουν τη δουλειά της ηλεκτρικής θερμάστρας, δηλαδή ζεσταίνουν την κάθοδο

για να μπορεί να εκπέμψει ηλεκτρόνια. Αυτά όμως δεν υπολογίζονται σαν κύρια ηλεκτρόδια, αλλά μόνον σαν βοηθητικά. Αυτή άλλωστε είναι και η αποστολή τους.

B2.1 ΚΑΘΟΔΟΙ-ΝΗΜΑΤΑ

Ανάλογα με τον τρόπο θέρμανσης της καθόδου οι ηλεκτρονικές λυχνίες διακρίνονται σε λυχνίες **άμεσης** θέρμανσης όπου το ρεύμα θέρμανσης περνά από την κάθοδο και την θερμαίνει και τις λυχνίες **έμμεσης** θέρμανσης όπου το ρεύμα περνά από το νήμα και αυτό θερμαίνει την κάθοδο.

Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία της καθόδου τόσο περισσότερα ηλεκτρόνια εκπέμπει. Η τάση των νημάτων όμως δεν πρέπει να υπερβαίνει μια μέγιστη τιμή ασφαλείας, που καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Αν η τάση του νήματος υπερβεί την τιμή ασφαλείας το νήμα θα καεί από το υπερβολικό ρεύμα. Το νήμα (κάθοδοι έμμεσης θέρμανσης) κατασκευάζεται από λεπτό σύρμα βολφραμίου που είναι διπλό, έτσι ώστε το αναπτυσσόμενο γύρω από αυτό μαγνητικό πεδίο να γίνεται μηδέν και να μην επηρεάζει τη ροή των ηλεκτρονίων και έχουμε θόρυβο στο μέγαφωνο.

Οι κάθοδοι έμμεσης θέρμανσης έχουν τη μορφή σωλήνα που στο εσωτερικό του τοποθετείται το νήμα θέρμανσης, χωρίς να έχει καμία ηλεκτρική επαφή με αυτόν και κατασκευάζεται από βολφράμιο και ορισμένα οξειδία σπάνιων γαιών. Καθόδους από βολφράμιο έχουν οι λυχνίες που εργάζονται με δυναμικά ανόδου πάνω από 5000V, δηλαδή οι λυχνίες εκπομπής γιατί σ' αυτές πρέπει να αντιμετωπίσουμε τον βομβαρδισμό της καθόδου από θετικά ιόντα, άρα απαιτείται μηχανικά ανθεκτική κάθοδος, πράγμα που έχει το βολφράμιο αν και θεωρείται φτωχή παραγωγή πηγής ηλεκτρονίων. Η μέση διάρκεια ζωής των λυχνιών με κάθοδο από βολφράμιο είναι περίπου 2000 ώρες.

Πολύ περισσότερο ηλεκτρονικό ρεύμα δίνουν οι κάθοδοι από θοριωμένο βολφράμιο. Αποτελούνται κυρίως από βολφράμιο, στο οποίο έχουν αναμιχθεί οξειδία του θορίου και του άνθρακα. Στους 1000°C μια τέτοια κάθοδος δίνει τόσο ηλεκτρικό ρεύμα, όσο θα έδινε μι κάθοδος από βολφράμιο στους 2700°C. Οι λυχνίες με τέτοια κάθοδο εργάζονται με δυναμικά ανόδου 750-5000V.

Η καλύτερη πηγή εκπομπής ηλεκτρονίων είναι οι κάθοδοι που κατασκευάζονται από ένα σωλήνα νικελίου σκεπασμένο εξωτερικά με οξειδία βαρίου και στροντίου. Τα δυναμικά ανόδου σ' αυτές τις λυχνίες είναι συνήθως κάτω των 750V. Η διάρκεια ζωής των καθόδων των δύο τελευταίων περιπτώσεων φτάνει και περνά τις 5000 ώρες.

Οι κάθοδοι αμέσου θέρμανσης κατασκευάζονται συνήθως από βολφράμιο, είναι οικονομικές και θερμαίνονται γρήγορα. Χρησιμοποιούνται σε λυχνίες δεκτών, που τροφοδοτούνται από συσσωρευτές ή ξηρά στοιχεία και σε λυχνίες φορητών

πομπών, που δεν διαθέτουν μεγάλες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδότησή τους. Η θέρμανση των καθόδων αυτών δε γίνεται με εναλλασσόμενο ρεύμα γιατί μεταβάλλεται με τη συχνότητα και η θερμονική εκπομπή ηλεκτρονίων εμφανίζει αυξομειώσεις.

Στον πίνακα 1-1 φαίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά για τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως για την κατασκευή καθόδων εμμέσου θέρμανσης και ακόμα φαίνεται ότι για ένα μικρό έργο εξόδου απαιτείται μικρή θερμοκρασία εργασίας που έχει σαν καλό αποτέλεσμα την μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του υλικού.

Υλικό	E_w EV	Θερμοκρασία εργασίας ok	J A/cm	Χρόνος ζωής h
Βολφράμιο	4.5	2.500	0.25	3.000
Θοριωμένο βολφράμιο	2.6	1.900	1.50	10.000
Ba0+ Sr0 πάνω σε νικέλιο	1.0	1000-1.100	1.00	20.000

Πίνακα1,πηγή: Εκδόσεις Ίων, Τεχνολογία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

B2.2 ΑΝΟΔΟΙ

Οι άνοδοι είναι μεταλλικοί κύλινδροι που περιβάλλουν την κάθοδο και τα υπόλοιπα ηλεκτρόδια της λυχνίας. Κατασκευάζονται από φύλλα νικελίου και σιδήρου όσο αφορά τις λυχνίες λήψης και με ταντάλιο, μολυβδαίνιο ή κράμα άνθρακα στις λυχνίες εκπομπής. Στις ανόδους αναπτύσσεται θερμότητα εξαιτίας του βομβαρδισμού τους με ηλεκτρόνια από την κάθοδο. Γι' αυτό παίρνουν τέτοια σχήματα, ώστε να απάγεται εύκολα η θερμότητα. Πολλές φορές για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται ειδικά συστήματα ψύξης με την κυκλοφορία αέρα ή νερού.

B2.3 ΠΛΕΓΜΑΤΑ

Τα πλέγματα μιας λυχνίας έχουν πράγματι τη μορφή πλεγμάτων που περιβάλλουν την κάθοδο. Είναι κατασκευασμένα από μολυβδαίνιο διαμέτρου 0,002-0,02 του mm και έχουν σταθερό βήμα ελίκωσης, ορισμένη απόσταση από την κάθοδο και στερεώνονται σε στύλους από νικέλιο ή επινικελωμένο χαλκό. Όταν το βήμα της ελίκωσης του πλέγματος είναι μικρό τότε ο συντελεστής ενίσχυσης μ γίνεται μεγάλος. Στις λυχνίες εξόδου ακουστικών συχνοτήτων το πλέγμα έχει ελλειπτική

τομή γιατί έτσι εξασφαλίζεται μεγαλύτερη μηχανική αντοχή και ομοιόμορφη κατανομή του ηλεκτρικού πεδίου μέσα στη λυχνία.

Κατά τη λειτουργία των λυχνιών εκτός από τη δευτερογενή εκπομπή της ανόδου έχουμε και δευτερογενή εκπομπή ηλεκτρονίων που προέρχεται από το γυάλινο περίβλημα της λυχνίας. Ένας ορισμένος αριθμός ηλεκτρονίων φεύγει από την πορεία του προς την άνοδο και προσπίπτει στην επιφάνεια του γυαλιού από την οποία αποσπά μεγαλύτερο αριθμό ηλεκτρονίων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το γυάλινο περίβλημα να γίνεται συνέχεια θετικότερο, λόγω έλλειψης ηλεκτρονίων, με κίνδυνο την ανάπτυξη υψηλών τάσεων μεταξύ αυτού και των ηλεκτροδίων της λυχνίας.

Το φαινόμενο αυτό αποφεύγεται καλύπτοντας ένα μέρος του γυάλινου περιβλήματος της λυχνίας με επίχρισμα από άνθρακα. Ο άνθρακας μειώνει τη δευτερογενή εκπομπή και αποφεύγεται έτσι η φόρτιση του γυαλιού,, δίνει δε την εντύπωση ότι υπάρχει καπνιά στην εσωτερική επιφάνεια του γυαλιού.

Ακόμα για την ομαλή κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα στη λυχνία απαιτείται δέσμευση και των ελάχιστων μορίων αέρα που έχουν απομείνει μετά την αφαίρεσή του, για να σχηματιστεί το κενό. Για να επιτευχθεί αυτό τοποθετούνται κοντά στη βάση της λυχνίας (μέσα σε θήκη) άλατα μαγνησίου ή άλλων μετάλλων. Τα άλατα αυτά δημιουργούν στην εσωτερική επιφάνεια του γυαλιού μεταλλική επίστρωση που μοιάζει σαν καθρέφτης.

B2.4 ΒΑΣΕΙΣ ΛΥΧΝΙΩΝ

Τα ηλεκτρόδια μιας λυχνίας τοποθετούνται μέσα σ' ένα γυάλινο σωλήνα και από το πάνω μέρος του αφαιρείται ο αέρας. Για να γίνουν οι απαιτούμενες συνδέσεις των ηλεκτροδίων της λυχνίας, με το εξωτερικό της κύκλωμα, τοποθετείται στη βάση της ανάλογος αριθμός ακροδεκτών, κανονικά διατεταγμένοι που συνήθως τα ονομάζουμε 'ποδαράκια'. Οι βάσεις των λυχνιών τοποθετούνται σε έδρες με κατάλληλες υποδοχές στις οποίες μπαίνουν τα ποδαράκια. Στις υποδοχές των εδρών συνδέουμε το εξωτερικό κύκλωμα και έτσι είναι εύκολη η αντικατάσταση μιας χαλασμένης λυχνίας.

Για την κατάλληλη τοποθέτηση των λυχνιών στις έδρες, έχει η βάση της λυχνίας μια προεξοχή, η δε έδρα έχει μια αντίστοιχη εγκοπή. Τέτοιες έδρες λέγονται **όκταλ** και έχουν συνήθως 8 πόδια. Σ' άλλες λυχνίες που λέγονται **μινιατούρες**, δύο διαδοχικά ποδαράκια τοποθετούνται σε διπλάσια απόσταση μεταξύ τους. Τα υπόλοιπα είναι συμμετρικά τοποθετημένα. Αντίστοιχα συμμετρικά είναι τοποθετημένες και οι υποδοχές της έδρας, ενώ μια υποδοχή λείπει.

Άλλοι τύποι λυχνιών έχουν ποδαράκια διαφορετικού πάχους οπότε και οι έδρες είναι αντίστοιχα διαφορετικής διαμέτρου. Τέλος άλλος τύπος βάσης είναι η **ρίμλοκ** που έχει μια προεξοχή από την πλάγια πλευρά της βάσης της λυχνίας με την οποία μπαίνει στην έδρα της.

B2.5 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΛΥΧΝΙΩΝ

Τις λυχνίες τις κατατάσσουμε ανάλογα με τον αριθμό των ηλεκτροδίων τους σε:

Δίοδος: Η δίοδος λυχνίας έχει δύο ηλεκτρόδια, την κάθοδο και την άνοδο. Μπορεί να είναι απλή δίοδος ή διπλοδίοδος. Χρησιμοποιείται σα φωράτρια για ασθενή ρεύματα υψηλής συχνότητας, οπότε έχει και μικρό μέγεθος και σαν ανορθώτρια, για ανόρθωση απλή ή διπλή EP και έχει μεγάλο μέγεθος.

Τρίοδος: Η τρίοδος έχει τρία ηλεκτρόδια την κάθοδο, την άνοδο και το πλέγμα. Χρησιμοποιείται για ενίσχυση τάσης ισχύος ακουστικών συχνοτήτων και ενίσχυση ισχύος RF. Χρησιμοποιούνται επίσης σαν ταλαντώτριες και στη TV σα μίκτριες.

Τέτροδος: Η τέτροδος έχει τέσσερα ηλεκτρόδια, την κάθοδο την άνοδο, τον οδηγό πλέγμα και το προστατευτικό πλέγμα είναι οι λιγότερο χρησιμοποιημένες λυχνίες λόγω φαινομένου της δευτερογενούς εκπομπής. Χρησιμοποιούνται σαν ενισχύτριες.

Πέντοδες: Είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες λυχνίες και περιλαμβάνουν τα ηλεκτρόδια της τέτροδης με ακόμα το ανασταλτικό πλέγμα. Χρησιμοποιούνται σε όλες τις βαθμίδες ενίσχυσης.

Εξαοδικές: Είναι οι λυχνίες με έξι ηλεκτρόδια. Χρησιμοποιούνται συνήθως σαν μίκτριες στα ραδιόφωνα.

Επταοδικές: Έχουν επτά ηλεκτρόδια και χρησιμοποιούνται στους υπερετερόδυνους δέκτες. Στη βαθμίδα μίξης για αλλαγή συχνότητας. Με αυτό τον τρόπο αντικαθίστανται δύο αερόκενες λυχνίες με μια επταοδική.

Ενδεικτικές συντονισμού: Χρησιμεύουν για να φανερώσουν το συντονισμό των δεκτών ή τη στάθμη εγγραφής στα μαγνητόφωνα. Έχουν μια φθορίζουσα επιφάνεια της οποίας η φωτεινότητα ρυθμίζεται από το σήμα.

Λυχνίες κατευθυνόμενης δέσμης: Οι λυχνίες αυτές είναι τετραοδικές ή πενταοδικές και έχουν καλύτερη αποδοτικότητα από τις απλές αντίστοιχές τους. Είναι εφοδιασμένες με δύο πλάκες για το σχηματισμό δέσμης. Οι πλάκες συνδέονται με την κάθοδο και τα διάκενα των πλεγμάτων τοποθετούνται όχι τυχαία αλλά απέναντι το ένα από το άλλο για να προσκρούουν όσο το δυνατό λιγότερα ηλεκτρόδια σ' αυτά με αποτέλεσμα να έχουμε αύξηση του ανοδικού ρεύματος. Χρησιμοποιούνται σαν ενισχύτριες.

Στις σύγχρονες διατάξεις λήψης χρησιμοποιούνται σύνθετες λυχνίες, οι οποίες στο ίδιο γυάλινο περίβλημα περιέχουν δύο και τρεις συνηθισμένες λυχνίες. Οι σύνθετες λυχνίες εκτελούν περισσότερες από μια λειτουργίες και επομένως ελαττώνεται σημαντικά ο αριθμός των λυχνιών σε μια διάταξη.

B2.6 ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΣ ΚΑΙ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΛΥΧΝΙΩΝ

A. ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ

Ο ευρωπαϊκός κώδικας λυχνιών περιλαμβάνει δύο ή τρία γράμματα και έναν διψήφιο αριθμό. Το πρώτο γράμμα, πάντα μας δίνει κωδικοποιημένα την τάση ή το ρεύμα θέρμανσης, το δεύτερο και τρίτο γράμμα μας δίνει πληροφορίες για το τι λυχνία είναι αυτή που ζητάμε, ενώ ο διψήφιος αριθμός, μας λέει για τα ποδαράκια της

Ευρωπαϊκός κώδικας λυχνιών		
A Γράμμα	B & Γ Γράμματα	Σειρά αριθμών
A = Τάση θέρμανσης νημάτων 4V, AC	A= Δίοδος φωράτρια	30-39, βάση οκταλ. (οχτώ ποδαράκια)
B= Τάση θέρμανσης νημάτων 1,2-1,5V. DC 180mA	B= διπλοδίοδος φωράτρια	70-79, βάση υπομινιατούρα.
E= Τάση θέρμανσης νημάτων 6,3V AC	C= Τρίοδος ενισχ. Τάση ΧΣ	80-89, βάση νόβαλ (εννέα ποδαράκια)
V= Ένταση θέρμανσης νημάτων 100mA, AC	E= Τέτροδος λυχνία	90-99, βάση μινιατούρα
P= Ένταση θέρμανσης νημάτων 300	F= Πέντοδος ενισχ. Τάση ΥΣ	10-19, λυχνία μεταλλική
C= Ένταση ρεύματος νημάτων 200mA	L= Πέντοδος ενισχ. Ισχύος	20-29, βάση λόκταλ
D= Τάση νήματος 1,2-1,5 V.D.C	M= δείκτης συντονισμού	40-49, βάση Ρίμλοκ
F= Τάση νήματος 13V AC	N= τρίοδος αερίου (θύρατρον)	50-59, βάση ειδικού τύπου
H= Τάση νήματος 4 VDC	W= απλή δίοδος αερίου	
K= Τάση νήματος 2VDC	X= Διπλή δίοδος αερίου	

N=Τάση νήματος 12,6 V AC	Y= απλή δίοδος κενού	
U= Ένταση νήματος 0,1 A	Z= διπλή δίοδος κενού	
	H= λυχνία μίκτρα- μεταλλάκτρια με 7 ηλεκτρόδια (εξαοδική ή επταοδική) K= μίκτρα- μεταλλάκτρια με 8 ηλεκτρόδια (οκταοδική) D= Τρίοδος ενισχύτρια ισχύος	

Πίνακας 2, πηγή: Εκδόσεις Ίων, Τεχνολογία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

Β.ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ

Ο Αμερικάνικος κώδικας ισχύει για λυχνίες αμερικάνικης προέλευσης και είναι εξαιρετικά πολύπλοκος εξαιτίας του γεγονότος ότι τα διάφορα αμερικάνικα εργοστάσια χρησιμοποιούν δικούς τους το καθένα κώδικες. Πάντως αυτός τείνει να εξαφανισθεί γιατί έχει επικρατήσει ο Ευρωπαϊκός που είναι και εύκολος στη μνήμη και χρήσιμα πληροφοριακός.

Γενικά οι Αμερικανικοί τύποι λυχνίας έχουν γραμμένο πάνω στο περίβλημά τους τρεις ομάδες αριθμών και γραμμάτων π.χ. 12SK7-GT. Η πρώτη ομάδα είναι αριθμοί που δηλώνουν την τάση πυράκτωσης του νήματος (12,6V). Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει ένα ή δύο γράμματα που εκφράζουν τη λειτουργία της λυχνίας (S= σημαίνει νεώτερο τύπο λυχνία από προηγούμενη όμοια. Το K=ότι είναι μέτρια πλέγματα). Η Τρίτη ομάδα αποτελείται από έναν αριθμό που χαρακτηρίζει τον αριθμό των ηλεκτροδίων ή τον πραγματικό αριθμό των άκρων των ηλεκτροδίων (7= ότι έχει 7 ποδαράκια συνδεδεμένα στο

Οι λυχνίες που έχουν μόνο αυτές τις τρεις ομάδες στοιχείων έχουν μεταλλικό περίβλημα. Οι λυχνίες που πάνω της είναι γραμμένο το γράμμα G, έχουν γυάλινο μεγάλο κωνικό περίβλημα, ενώ αυτές που έχουν το GT, έχουν μικρό γυάλινο περίβλημα.

Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι η περιγραφή του κώδικα που προηγήθηκε είναι γενική και υπάρχουν πολλές εξαιρέσεις που δε μπορούν να περιγραφούν. Κάθε λυχνία έχει διάγραμμα βάσης, που μας δείχνει σε ποια ποδαράκια καταλήγουν τα διάφορα ηλεκτρόδια της λυχνίας. Η αρίθμηση στα πόδια γίνεται κατά τη φορά των

δεικτών του ρολογιού, αρχίζοντας μετά τον οδηγό που διαθέτει κάθε βάση και κοιτώντας τη βάση της λυχνίας από κάτω.

B3. ΔΙΟΔΟΙ

ΓΕΝΙΚΑ

Δίοδο λέμε ένα σύστημα κρυσταλλικού ημιαγωγού που έχει δύο πόλους, την άνοδο και την κάθοδο, κατασκευάζεται από ημιαγωγά υλικά όπως το γερμάνιο και το πυρίτιο. Τα υλικά αυτά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος λειτουργούν σαν ημιαγωγοί ενώ σε θερμοκρασίες μικρές η αγωγιμότητα τους μειώνεται.

Η αγωγιμότητα τους μπορεί να μεταβληθεί χρησιμοποιώντας μια μικρή ποσότητα πεντασθενούς στοιχείου όπως είναι το αντιμόνιο, ο φώσφορος, το αρσενικό. Τότε ο ημιαγωγός παρουσιάζει αρκετά ελεύθερα ηλεκτρόνια και λέγεται ημιαγωγός τύπου N. Αν αντί για πεντασθενές στοιχείο προστεθεί τρισθενές όπως το βάριο, το κάλλιο, τότε ημιαγωγός παρουσιάζει ελεύθερα θετικά φορτία και ο ημιαγωγός λέγεται τύπου P. Οι δίοδοι χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρονικές κατασκευές σαν: φωράτριες, ανορθώτριες.

B4. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

Οι μετασχηματιστές τροφοδοσίας είναι διατάξεις οι οποίες παίρνουν την ηλεκτρική ενέργεια από μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος και την αποδίδουν στην έξοδό τους μεταβάλλοντας τους βασικούς παράγοντες που είναι η τάση και το ρεύμα. Ένας απλός μετασχηματιστής τροφοδοσίας αποτελείται από δύο πηνία, το πρωτεύον και το δευτερεύον, τα οποία βρίσκονται σε μαγνητική ζεύξη μεταξύ τους με τη βοήθεια σιδηροπυρήνα. Ο μετασχηματιστής χρησιμοποιείται σε ηλεκτρικές συσκευές και δίκτυα, σε τηλεπικοινωνιακές συσκευές και εγκαταστάσεις τροφοδοσίας, σε ηλεκτρονικές διατάξεις, σε όργανα και όπου απαιτείται μετασχηματισμός τάσης ή ρεύματος. Αν θεωρήσουμε έναν μετασχηματιστή χωρίς απώλειες (ιδανικός μετασχηματιστής) τότε το ρεύμα που κυκλοφορεί στο πρωτεύον αναπτύσσει στο δευτερεύον μια Ηλεκτρεγερτική δύναμη E_2 . Αν η E_1 είναι η τάση του πρωτεύοντος τότε οι μεταβολές της κοινής ροής θα είναι ανάλογες προς τον αριθμό στροφών n_1 και n_2 του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος πηνίου. Δηλαδή θα ισχύει η σχέση:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1}{n_2} \text{ Ο λόγος } \frac{n_1}{n_2} \text{ ονομάζεται: } \mathbf{\text{Λόγος μετασχηματισμού}}$$

Έτσι λοιπόν αν $n_1 > n_2$ τότε θα είναι και $E_1 > E_2$ δηλαδή ο μετασχηματιστής θα είναι μετασχηματιστής **υποβιβασμού τάσης**. Αν $E_2 > E_1$ τότε ο μετασχηματιστής θα είναι μετασχηματιστής **ανύψωσης τάσης**.

Ο βαθμός απόδοσης του μετασχηματιστή εκφράζει τις απώλειες ενέργειας ενός μετασχηματιστή τροφοδοσίας και δίνεται από τη σχέση:

$$n = \frac{P_1}{P_2}, \text{ όπου } P_1 \text{ είναι η ισχύς εισόδου του μετασχηματιστή και } P_2 \text{ η ισχύς εξόδου}$$

του. Σ' έναν ιδανικό μετασχηματιστή θα έχουμε $n=1$ που σημαίνει ότι η ισχύς εισόδου είναι ίση με την ισχύ εξόδου. Κάτι τέτοιο δε συμβαίνει λόγω των απωλειών που θα δούμε παρακάτω.

Αν $P_1 = P_2$ τότε $E_1 I_1 = E_2 I_2$ οπότε $\frac{I_1}{I_2} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2}{N_1}$ αυτό σημαίνει ότι το ρεύμα στο δευτερεύον ανυψώνεται όταν η τάση υποβιβάζεται και αντίστροφα.

Αλλά ο λόγος $\frac{E_1}{I_1}$ είναι το μέτρο της σύνθετης αντίστασης και αν λάβουμε υπόψη μας την πιο πάνω σχέση έχουμε:

$$Z_1 = \frac{E_1}{I_1} = \frac{E_1}{I_2} \times \frac{I_2}{I_1} \times \frac{E_2}{I_1} \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \times \frac{E_2}{I_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \times Z_2$$

Αυτό σημαίνει ότι η επαγωγική ή ωμική αντίσταση του δευτερεύοντος μπορεί να αναχθεί στο πρωτεύον με πολλαπλασιασμό επί το τετράγωνο του λόγου μετασχηματισμού.

B4.1 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

Όπως αναφέραμε παραπάνω ο ιδανικός μετασχηματιστής δεν υπάρχει, με αποτέλεσμα ένα μέρος της ενέργειάς του να μετατρέπεται στο σιδηροπυρήνα σε θερμότητα. Έτσι η ισχύς που αποδίδεται στην έξοδο είναι μικρότερη της εισόδου. Τα αίτια των απωλειών σ' ένα μετασχηματιστή είναι τα εξής:

- **Απώλειες –σιδήρου** οφείλονται στο υλικό του πυρήνα του μετασχηματιστή εμφανίζονται με μορφή θερμότητας μέσα στον πυρήνα και προέρχονται από τα ρεύματα Φουσκώ και τη μαγνητική στέρηση.
- **Απώλειες γαλκού** οφείλονται στις ωμικές αντιστάσεις του χάλκινου σύρματος, του τυλίγματος πρωτεύοντος και δευτερεύοντος. Αυτές αναπτύσσουν μια επιπρόσθετη θερμότητα στο μετασχηματιστή και δημιουργούν προβλήματα ψύξης του.

B4.2 Ο ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΗΝΑΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Οι απώλειες ενός σιδηροπυρήνα περιορίζονται με την επιλογή κατάλληλου υλικού το οποίο έχει κύκλο υστέρησης με μικρό εμβαδόν. Πρέπει επίσης να έχουν μεγάλη ειδική αντίσταση ρ για τον περιορισμό των δεινορευμάτων. Για να περιορίσουμε τις απώλειες αυτές ο πυρήνας δεν κατασκευάζεται από συμπαγές σιδηρομαγνητικό υλικό αλλά από λεπτά πυριτιούχα ελάσματα, πάχους 0.3-0.5mm ή από μίγμα σκόνης σιδήρου με μονωτικό υλικό που είναι μονωμένα από τη μια όψη τους. Ο πυρήνας του μετασχηματιστή είναι δύο τύπων, ο τύπος μανδύα και ο τύπος πυρήνα. Ο τύπος μανδύα συνηθίζεται σε μετασχηματιστές πολύ μεγάλης ισχύος. Τα πηνία πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλίγονται στο κεντρικό στέλεχος αυτού όλη η περιέλιξη προφυλάσσεται από δύο απέναντι στελέχη. Στους μετασχηματιστές με τύπο πυρήνα τα πηνία πρωτεύοντος και δευτερεύοντος κατανέμονται ομοιόμορφα στα δύο ακραία στελέχη και χρησιμοποιούνται συνήθως σε μετασχηματιστές υψηλών συχνοτήτων. Οι περιελίξεις διαιρούνται εξίσου στα δύο σκέλη του πυρήνα και στον καθένα περιελίσσεται το μισό κάθε πηνίου. Η περιέλιξη χαμηλής τάσης μπαίνει κοντά στον πυρήνα και η περιέλιξη υψηλής τάσης εξωτερικά της περιέλιξης χαμηλής τάσης για να μειωθούν οι απαιτήσεις μόνωσης. Οι συνδέσεις ενός σιδηροπυρήνα γίνονται με συνδετήρες ή βίδες. Οι καλές συνδέσεις περιορίζουν το μαγνητικό θόρυβο. Η διάρκεια ζωής ενός μετασχηματιστή εξαρτάται περισσότερο από τις μονώσεις του και από τα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται. Τα μονωτικά υλικά που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι το εμποτισμένο χαρτί, η μίκα και ειδικό λάδι. Τα τυλίγματα του μετασχηματιστή γίνονται συνήθως με σύρμα κυκλικής διατομής, μονωμένο με ειδικό μονωτικό υλικό. Συνήθως στη περιέλιξη τα κενά που δημιουργούνται κατά το τυλίγμα γεμίζονται από ειδικό σκληρυντικό βερνίκι.

B5. ΠΥΚΝΩΤΕΣ

ΓΕΝΙΚΑ:

Πυκνωτής λέγεται το σύστημα που σχηματίζεται από δύο αγώγιμες πλάκες που χωρίζονται μεταξύ τους με κάποιο μονωτικό υλικό. Οι αγώγιμες πλάκες, λέγονται οπλισμοί του πυκνωτή και το μονωτικό του λέγεται διηλεκτρικό.

Οι οπλισμοί ενός πυκνωτή κατασκευάζονται συνήθως από ορείχαλκο επικαθμιωμένο σίδηρο (τενεκέ) ή αλουμίνιο. Τα χρησιμοποιούμενα διηλεκτρικά (μη αγώγιμα υλικά) είναι: το χαρτί, το λάδι, το γυαλί, ο αέρας, το ταντάλιο, το πολυπροπυλαίνιο, η μίκα και άλλα.

Ο πυκνωτής είναι ένα στοιχείο ικανό να συγκρατεί στους οπλισμούς του ηλεκτρικά φορτία, όταν εφαρμοσθεί μια τάση στα άκρα του. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια των οπλισμών και όσο πλησιέστερα είναι οι οπλισμοί μεταξύ τους, τόσο μεγαλύτερα φορτία συγκρατεί ο πυκνωτής. Η συγκράτηση αυτή των φορτίων εξαρτάται και από το είδος του μονωτικού (διηλεκτρική σταθερά). Την ικανότητα αυτή του πυκνωτή να αποθηκεύει ενέργεια (φορτία) τη λέμε χωρητικότητα του πυκνωτή και τη συμβολίζουμε με το C. Η μονάδα μέτρησής της είναι το Farad. (Υποπολλαπλάσια: Mf = 10^{-6} F, Nf = 10^{-9} , Pf = 10^{-12} F)

Η χωρητικότητα ενός πυκνωτή σε PF δίνεται από τον τύπο:

α) με επίπεδους, παράλληλους οπλισμούς

$$C = 0.0885 * K \frac{S}{d}$$

Όπου S = η επιφάνεια του οπλισμού σε cm^2

D = το πάχος του μονωτικού σε mm και

K = η διηλεκτρική σταθερά του μονωτικού υλικού

β) με ημικυκλικούς, παράλληλους οπλισμούς

$$C = 0.0885 * K \frac{r_1^2 - r_2^2}{d}$$

γ) με ομοαξονικούς παράλληλους κυλίνδρους,

$$C = \frac{0.242 * K * l}{\log \frac{r_1}{r_2}} \text{ όπου } l = \text{το μήκος των κυλίνδρων σε cm.}$$

Ο πυκνωτής όταν συνδεθεί σε κύκλωμα ΣΡ αποτελεί διακοπή αυτού εκτός από ένα αρχικό μικρό χρονικό διάστημα που απαιτείται για την φόρτισή του. Όταν όμως συνδεθεί σε κύκλωμα ΕΡ ο πυκνωτής φορτίζεται και εκφορτίζεται, όταν το ρεύμα αλλάζει κατεύθυνση και προβάλλει μια αντίσταση που την ονομάζουμε χωρητική αντίσταση, που δίνεται από τον τύπο:

$$X_C = \frac{1}{2\pi F * C}$$

Όλα τα μονωτικά (εκτός του ξηρού αέρα), κατά την εκφόρτιση του πυκνωτή, συγκρατούν ένα ποσό από την ενέργεια που είχε αποθηκευτεί, δημιουργούν ένα έλλειμμα στην ενέργεια που αποδίδεται στην εκφόρτιση, τόσο μεγαλύτερο όσο η ποιότητα του μονωτικού υλικού είναι χειρότερη. Η απώλεια αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την θέρμανση του μονωτικού. Η θέρμανση όμως αυτή περιορίζει τη μονωτική αντοχή του υλικού.

Όπως προαναφέραμε, χρησιμοποιούμε όσο το δυνατό λεπτότερα φύλλα διηλεκτρικού υλικού για να αυξήσουμε τη χωρητικότητα του. Αλλά τότε ο πυκνωτής δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί παρά μόνο για κάποιες μέγιστες συγκεκριμένες τάσεις. Η μέγιστη τάση λειτουργίας πρέπει πάντοτε να αναγράφεται δίπλα στη χωρητικότητα του πυκνωτή, π.χ. 10 Μf/350V. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι η άλλη είναι η τάση δοκιμής και άλλη η τάση λειτουργίας.

Στη συνέχεια δίνεται ο ορισμός των διαφόρων φυσικών μεγεθών με τη βοήθεια των οποίων χαρακτηρίζονται οι πυκνωτές στην πράξη και που η γνώμη τους κρίνεται απαραίτητη για τη σωστή χρησιμοποίησή τους.

A. Ονομαστική χωρητικότητα: Είναι η χωρητικότητα για την οποία έχει υπολογιστεί ένας πυκνωτής, και αναφέρεται σε δεδομένη θερμοκρασία και συχνότητα αναφοράς. Η ονομαστική χωρητικότητα είναι γραμμένη πάνω στον πυκνωτή. Οι ονομαστικές τιμές της χωρητικότητας είναι τυποποιημένες διεθνώς, μεταξύ των τιμών γίνεται επιλογή στην πράξη.

B. Ανοχή ονομαστικής χωρητικότητας: Η ονομαστική χωρητικότητα του πυκνωτή είναι η ιδανική τιμή την οποία επιζητεί ο κατασκευαστής, αλλά είναι αδύνατη να επιτευχτεί στην πράξη. Η πραγματική τιμή του πυκνωτή απέχει από την ιδανική τιμή, υπάρχει δηλαδή μια ανοχή. Όσο μικρότερη είναι η ανοχή αυτή τόσο μεγαλύτερη ακρίβεια τιμής είναι ο πυκνωτής. Οι ανοχές εκφράζονται σε % της ονομαστικής χωρητικότητας και έχουν τυποποιηθεί παγκόσμια ως εξής: $\pm 20\%$, $\pm 10\%$, $\pm 5\%$, $\pm 2\%$, $\pm 1\%$, $\pm 0,5\%$. Οι ανοχές αυτές αντιστοιχούν στην μεγαλύτερη απόκλιση της πραγματικής τιμής της χωρητικότητας από την ονομαστική της τιμή.

Γ. Τάση λειτουργίας: Είναι η μεγαλύτερη τάση στην οποία μπορεί να εργάζεται ο πυκνωτής συνέχεια, σε δεδομένη θερμοκρασία λειτουργίας π.χ. 40° , χωρίς κίνδυνο καταστροφής του μεταξύ των οπλισμών του διηλεκτρικού και δημιουργία

βραχυκυκλώματος. Οι πιο συνηθισμένες τάσεις λειτουργίας είναι: 3, 6, 10, 15, 25, 35, 50, 63, 100, 125, 160, 200, 250, 400, 630, 1000, 1500 VDC. Στο AC (εναλλασσόμενο ρεύμα) οι πυκνωτές μπορούν να λειτουργήσουν σε ακόμα μεγαλύτερες τάσεις.

Δ. Τάση δοκιμής: Είναι μια συνεχή τάση, μεγαλύτερη από την τάση εργασίας, που εφαρμόστηκε επί ορισμένο χρόνο στον πυκνωτή (1min) στο εργοστάσιο κατασκευής του, για έλεγχο της αντοχής του διηλεκτρικού. Ανάλογα με τον τύπο του πυκνωτή, η τάση είναι μεταξύ 150 και 250% μεγαλύτερη από την τάση εργασίας.

Ε. Συχνότητα αναφοράς: Η μέτρηση της χωρητικότητας γίνεται σε διαφορετικές συχνότητες ανάλογα με το μέγεθος και του προορισμού της:

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ
50-100Hz	$C > 1\mu\text{F}$
0.2-1.0kHz	$1000\text{pF} \leq C \leq 1\mu\text{F}$
0.2-1.0MHz	$C < 1000\text{pF}$

Πίνακας 3, πηγή: Εκδόσεις Ίων, Τεχνολογία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

Οι λεπτομέρειες για τη μέτρηση της χωρητικότητας δίνονται από τις προδιαγραφές της κατασκευής κάθε πυκνωτή.

Στ. Αντίσταση μόνωσης: Η αντίσταση μόνωσης ενός πυκνωτή είναι το γινόμενο της ονομαστικής χωρητικότητας επί την αντίσταση του πυκνωτή, μετριέται σε $\text{M}\Omega \cdot \mu\text{F}$. Η αντίσταση μόνωσης μετριέται με τη βοήθεια συνεχούς τάσης του πυκνωτή, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ($20-25^\circ\text{C}$), και εφαρμόζεται για ορισμένο χρονικό διάστημα ανάλογα με το μέγεθος της χωρητικότητας:

C σε pF	Χρόνος μέτρησης
$\leq 1000\text{pF}$	$1\text{min} \pm 5\text{sec}$
$> 1000\text{pF}$	$2\text{min} \pm 5\text{sec}$

Πίνακας 4, πηγή: Εκδόσεις Ίων, Τεχνολογία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

Η αντίσταση μόνωσης μετριέται τόσο μεταξύ των ηλεκτροδίων του πυκνωτή όσο και μεταξύ ηλεκτροδίων και περιβλήματος του πυκνωτή.

B5.1 ΕΙΔΗ ΠΥΚΝΩΤΩΝ

Οι πυκνωτές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

A) Τους **διηλεκτρικούς** ή κοινούς πυκνωτές και

B) Τους **ηλεκτρολυτικούς** πυκνωτές.

Οι πυκνωτές αυτοί διαφέρουν τόσο από πλευράς κατασκευής όσο και από τεχνικά χαρακτηριστικά, παρόλο που κάνουν την ίδια εργασία. Στον πίνακα που ακολουθεί γίνεται ταξινόμηση με βάση τη λειτουργία τους.

Διηλεκτρικοί πυκνωτές			Ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές			
Σταθερής χωρητικότητας	Μεταβλητής χωρητικότητας		Αλουμινίου		Τανταλίου	
Χαρτιού πλαστικών	Μεταβλητοί πυκνωτές	Ρυθμιζόμενοι πυκνωτές	Υγρού ηλεκτρολύτη	Στερεού ηλεκτρολύτη	Υγρού ηλεκτρολύτη	Στερεού ηλεκτρολύτη
Μεικτού διηλ. Μίκας	Αέρος πλαστικών					
Γυαλιού κεραμικού	Αέρος πλαστικών					

Πίνακας 5.πηγή: Εκδόσεις Ίων, Τεχνολογία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

B5.2. ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΠΥΚΝΩΤΕΣ

Οι διηλεκτρικοί πυκνωτές διαιρούνται από πλευράς λειτουργίας σε δύο ομάδες:

1. Τους πυκνωτές **σταθερής** χωρητικότητας και
2. Τους πυκνωτές **μεταβλητής** χωρητικότητας.

Στην πρώτη ομάδα το διηλεκτρικό υλικό είναι σε στερεή κατάσταση, ενώ στη δεύτερη μπορεί να είναι τόσο σε στερεή όσο και σε αέρια κατάσταση.

B5.1 Πυκνωτές σταθερής χωρητικότητας

Οι πυκνωτές σταθερής χωρητικότητας διακρίνονται από πλευράς κατασκευής, σε διάφορους τύπους οι οποίοι παίρνουν το όνομά τους από το διηλεκτρικό υλικό από το οποίο κατασκευάζονται. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι σταθερών πυκνωτών δίνονται στον πίνακα, με διάφορα λειτουργικά χαρακτηριστικά και τον τομέα εφαρμογής τους.

Τύπος πυκνωτή	Περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας	Γωνία απωλειών	Τομέας εφαρμογής
Χαρτιού	0 – 1 MHz	0.01-0.03	Χαμηλές συχνότητες διόρθωση συν.φ (cos), φίλτρα κλπ.
Επιμεταλευμένου χαρτιού	0 -100 MHz	0.03-0.05	Χαμηλές συχνότητες απόξεση, αντιπαρασιτικές συσκευές βιομηχανικές εφαρμογές
Πλαστικής ταινίας	0-10GHz	0.0005	Γενική χρήση
Μίκας	0-10 GHz	0.0005	Συντονισμός Υ. Σ. , γραμμές καθυστέρησης κλπ.
Γυαλιού χαλαζία	200Hz- 10GHz	0.001	Αντικαθιστούν τους πυκνωτές μίκας
Κεραμικοί μικρών απωλειών	1MHz-5GHz	0.001	Κύκλωμα ισχύος Υ.Σ.
Κεραμικοί υψηλών απωλειών	1MHz-1GHz	0.01	Κυκλώματα Υ.Σ.

Πίνακας 6, Τύπος σταθερών πυκνωτών

B6. ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ:

Γενικά

Όλα τα υλικά παρουσιάζουν κάποια αντίσταση στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος. Στο ηλεκτρικό κύκλωμα όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος των αγωγών, τόσο μικρότερη θα είναι η ηλεκτρική αντίσταση ροή του ρεύματος. Επίσης η αντίσταση των αγωγών εξαρτάται από το μήκος τους και το υλικό κατασκευής.

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

Η αντίσταση των μετάλλων, όπως είναι άργυρος, ο χαλκός και το αλουμίνιο αυξάνει η θερμοκρασία, ενώ η αντίσταση μερικών κραμάτων, όπως είναι κουστένιο και η μαγγανίνη, μεταβάλλεται πολύ λίγο με την θερμοκρασία και λόγω της ιδιότητάς τους αυτής χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των οργάνων μέτρησης. Τέλος άλλα υλικά, όπως είναι ο άνθρακας όταν θερμαίνονται η αντίστασή τους μειώνεται.

Μονάδα μέτρησης της αντίστασης είναι το Ωμ.

Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει την ειδική αντίσταση, την ειδική αγωγιμότητα και τον συντελεστή θερμοκρασίας μερικών μετάλλων σε θερμοκρασία 20°C.

ΜΕΤΑΛΛΟ	ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ Ωμ mm² /m	ΕΙΔΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ mho $\frac{m}{mm^2}$	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ
Άργυρος	0,00163	61,3	0,0038
Χαλκός	0,0172	58,1	0,00392
Χρυσός	0,0244	41	0,0034
Αλουμίνιο	0,0282	35,5	0,00446
Άνθρακας	0,038-0,0241	0,0263-0,0244	0,0003-0,0008
Ψευδάργυρος	0,07	14,3	0,00347
Μαλακός Χάλυβας	0,159	6,3	0,005
Χρωμοκελίνη	1	1	0,0007

Πίνακας 7,πηγή: Εκδόσεις Ίων, Τεχνολογία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

Οι αντιστάσεις χρησιμεύουν στα ηλεκτρονικά κυκλώματα ή για την επίτευξη μιας διαφοράς τάσης στα άκρα τους, ή για τον περιορισμό του ηλεκτρικού ρεύματος στα όρια εκείνα που επιβάλλουν διάφορες συσκευές ή εξαρτήματα που βρίσκονται σε άμεση σχέση με τις αντιστάσεις, ή ακόμα για την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμότητα (αντιστάσεις ισχύος).

Οι αντιστάσεις που υπάρχουν σήμερα στο εμπόριο ταξινομούνται όπως φαίνεται στον πίνακα ανεξάρτητα από τον προορισμό τους το μέγεθος τους και την εφαρμογή τους.

Τύπος Αντίστασης	Ονομασία αντίστασης
Σταθερής αντίστασης (γραμμικές)	Αντιστάσεις σύρματος αντιστάσεις στρώματος μίγματος αντιστάσεις
Ρυθμιζόμενης αντίστασης	
Μεταβλητής αντίστασης (Γραμμικές)	Ποτενσιόμετρα Ροοστάτες
Μη γραμμικές	Θερμιστόρ Βαρίστορ Φωτοαντιστάσεις

Πίνακας 8, πηγή: Εκδόσεις Ίων, Τεχνολογία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

Οι αντιστάσεις παρουσιάζουν παρασιτικές χωρητικότητες ή επαγωγές το μέγεθος των οποίων εξαρτάται από τον τρόπο κατασκευής τους. Για την συμπεριφορά των αντιστάσεων σ' ένα κύκλωμα μπορούμε να πούμε γενικά τα εξής:

- Αντιστάσεις κάτω από 30 Ω συμπεριφέρονται συνήθως επαγωγικά.
- Αντιστάσεις πάνω από 3KΩ έχουν χωρητική συμπεριφορά.
- Αντιστάσεις μεταξύ 30 Ω και 3 KΩ συμπεριφέρονται σαν καθαρές αντιστάσεις σε μια περιοχή συχνοτήτων. Λόγω της συμπεριφοράς αυτής των αντιστάσεων, η χρησιμοποίησή τους στα ηλεκτρονικά κυκλώματα πρέπει να γίνεται με προσοχή.

B6.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

1.Ονομαστική τιμή αντίστασης. Είναι η τιμή της αντίστασης που δίνει ο κατασκευαστής σε Ωμ.

2.Ονομαστική ισχύς. Είναι η ισχύς που μπορεί να αναπτύξει η αντίσταση με τη μορφή θερμότητας, σε κανονική θερμοκρασία περιβάλλοντος κι κανονική πίεση. Σ' αυτές τις συνθήκες η θερμοκρασία λειτουργίας της αντίστασης δεν πρέπει να υπερβεί εκείνη που δίνει ο κατασκευαστής.

3.Ανοχή. Είναι η απόκλιση της τιμής της αντίστασης από την ονομαστική της τιμή. Αυτό αποτελεί στοιχείο που δίνει ο κατασκευαστής. Οι τιμές των ανοχών έχουν τυποποιηθεί παγκόσμια και είναι $\pm 10\%$, $\pm 5\%$, $\pm 2\%$, $\pm 1\%$ και $\pm 0,5\%$.

4.Γραμμικότητα. Οι αντιστάσεις πρέπει να ακολουθούν το νόμο του ohm με ακρίβεια για να μην παρατηρούνται παραμορφώσεις των τάσεων ή εντάσεων στις οποίες λειτουργούν. Υπάρχουν όμως και μη γραμμικές αντιστάσεις και βρίσκουν εφαρμογές σε διάφορα κυκλώματα όπως θα δούμε παρακάτω.

5.Τάση θορύβου. Οι αντιστάσεις δεν πρέπει να προκαλούν κυμάνσεις του ηλεκτρικού ρεύματος όταν βρίσκονται σε τάση. Λόγω της θερμικής διαταραχής και ηλεκτρικού ρεύματος παρατηρείται στα άκρα τους μια παρασιτική τάση, που μετριέται σε mV ανά V της ονομαστικής τάσης λειτουργίας τους.

6.Σταθερότητα της αντίστασης. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των αντιστάσεων παρουσιάζουν αλλοιώσεις κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Οι αντιστάσεις πρέπει να παρουσιάζουν καλή σταθερότητα τιμής με την πάροδο του χρόνου.

B6.2 ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΤΙΜΗΣ

Στην πράξη ονομάζουμε αντίσταση, εξάρτημα ειδικής κατασκευής, που παρουσιάζει περισσότερο ή λιγότερο μεγάλη αντίσταση και που έχει την κατάλληλη για κάθε περίπτωση μορφή.

Οι ιδιότητες που μας ενδιαφέρουν και τα κατασκευαστικά προσόντα που πρέπει να έχει μια αντίσταση είναι τα παρακάτω:

- **Φυσικά:** Διαστάσεις, μηχανική αντοχή, αντοχή στη θερμοκρασία, ευκολία σύνδεσης, επικάλυψη για προφύλαξη από την υγρασία.
- **Ηλεκτρικά:** Αξία σε Ωμ, μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα, μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ, μέγιστη επιτρεπόμενη τάση, σταθερότητα αντίστασης, τάση θορύβου.

Τις αντιστάσεις σταθερής τιμής ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους και το χρησιμοποιούμενο υλικό τις διακρίνουμε: α) σε αντιστάσεις σύρματος, β) σε αντιστάσεις στρώματος και γ) σε αντιστάσεις μίγματος.

B6.3 Κώδικες αντιστάσεων

Στις σταθερές αντιστάσεις μεγάλου μεγέθους η τιμή και η ισχύς τους αναγράφεται στο σώμα τους. Στις σταθερές αντιστάσεις μικρού μεγέθους η τιμή τους συμβολίζεται συνήθως με διάφορα χρώματα στην επιφάνειά τους. Οι τρόποι συμβολισμού με χρώματα είναι δύο:

Α τρόπος: Υπάρχουν τρεις τουλάχιστον δακτύλιοι (ζώνες διαφόρων χρωμάτων, σχεδιασμένες προς το ένα άκρο της αντίστασης).

Η πρώτη ζώνη είναι εκείνη που είναι κοντύτερα προς το ένα άκρο της και μας δίνει το πρώτο ψηφίο του αριθμού, που παριστάνει την τιμή της αντίστασης. Η δεύτερη ζώνη δίνει το δεύτερο ψηφίο του αριθμού αυτού. Η Τρίτη ζώνη όμως δίνει τον αριθμό των μηδενικών, τα οποία ακολουθούν τα δύο πρώτα ψηφία. Έτσι με τρεις ζώνες με διάφορα χρώματα συμβολίζεται η ωμική τιμή της αντίστασης.

Ο κώδικας αυτός των χρωμάτων δίνεται στον πίνακα 2-4 που ακολουθεί και μας δείχνει την αντιστοιχία που υπάρχει ανάμεσα σε ορισμένο χρώμα και σε ένα δεκαδικό αριθμό. Επειδή υπάρχουν 10 αριθμοί από το 0 μέχρι το 9 είναι αναγκαία 10 χρώματα. Αν αυτή την αντιστοιχία τη θυμόμαστε είναι δυνατόν να δώσουμε σε κάθε χρώμα μια αριθμητική έννοια. Όσοι αριθμοί έχουν αστερίσκο, ισχύουν μόνο για πυκνωτές. Τα άλλα ισχύουν για αντιστάσεις, πυκνωτές και αυτεπαγωγές

Χρώμα	Πρώτο ψηφίο Αρ. Α'	Δεύτερο ψηφίο Αρ. Β'	Πολλαπλασιαστής	Ανοχή ± %	Τάση εργασίας σε V*
Μαύρο	0	0	1	–	–
Καφέ	1	1	10	1*	100
Κόκκινο	2	2	10 ²	2*	200
Πορτοκαλί	3	3	10 ³	3*	300
Κίτρινο	4	4	10 ⁴	4*	400
Πράσινο	5	5	10 ⁵	5*	500
Μπλε (γαλάζιο)	6	6	10 ⁶	6*	600
Βιολετί	7	7	10 ⁷	7*	700
Γκριζο	8	8	10 ⁸	8*	800

Λευκό	9	9	10 ⁹	9*	900
Χρυσοφί	–	–	0,1	5	1000
Ασημί	–	–	0,01	10	2000
Χωρίς χρώμα	–	–	–	20	500

Πίνακας 9: πηγή: Εκδόσεις Ίων, Τεχνολογία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

Αν σε μία αντίσταση υπάρχει και τέταρτη ζώνη, αυτή θα συμβολίζει την ανοχή, δηλαδή τα όρια, μέσα στα οποία μπορεί να κυμαίνεται η πραγματική τιμή της αντίστασης, που μας δίνουν οι ζώνες των τριών προηγούμενων χρωμάτων.

Η τέταρτη αυτή ζώνη θα είναι χρώματος χρυσού (ανοχή $\pm 5\%$) ή αργυρού (ανοχή $\pm 10\%$) Π.χ. μια αντίσταση 100Ωμ με 10% ανοχή θα μπορεί να αποκτήσει τιμές ανάμεσα 90 και 110 Ωμ. Η ίδια αντίσταση με 5% ανοχή μπορεί να αποκτήσει τιμές ανάμεσα 95 και 105 Ωμ και συνεπώς θα έχει μεγαλύτερο βαθμό ακριβείας. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει τέταρτο χρώμα, η ανοχή της τιμής της αντίστασης είναι $\pm 20\%$.

B6.4 Αντιστάσεις χωρίς κώδικα χρωμάτων

Εκτός από τις αντιστάσεις με τον κώδικα χρωμάτων, κυκλοφορούν στο εμπόριο και οι αντιστάσεις χωρίς χρώματα, αλλά αναγράφουν στο σώμα τους κάποια γράμματα και αριθμούς, που δίνουν την τιμή και την ανοχή της αντίστασης.

Ο συμβολισμός αυτός φαίνεται στον πίνακα 10 και τον οποίο πίνακα μπορούμε να χαρακτηρίσουμε σαν κώδικα αντιστάσεων χωρίς χρώματα.

Συμβολισμός	Τιμή αντίστασης	Συμβολισμός	Τιμή αντίστασης
R 10	0.10 Ω		
R 47	0.47 Ω	100 R	100 Ω
1 RO	1 Ω	1 KO	1KΩ
4 R7	4.7Ω	10 K	10 KΩ
10 R	10 Ω	100 K	100 KΩ
47 R	47 Ω	1MO	1 MΩ
		10 M	10 MΩ
		10 M	10 MΩ

ΠΙΝΑΚΑΣ 10 πηγή: Εκδόσεις Ίων, Τεχνολογία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

Συνήθως μετά από αυτόν τον συμβολισμό ακολουθεί ακόμα ένα γράμμα, που δείχνει την ανοχή και είναι :

$$F=\pm 1\%$$

$$G=\pm 2\%$$

$$J=5\%1$$

$$K=\pm 10\%$$

$$M=\pm 20\%$$

Έτσι έχουμε π.χ. για την αντίσταση 4K7K ότι έχει τιμή 4,7 KΩ με ανοχή $\pm 10\%$.

B6.5 Αντιστάσεις ρυθμιζόμενης τιμής

Αντιστάσεις ρυθμιζόμενης τιμής είναι εκείνες που μπορούμε να τους ρυθμίσουμε την τιμή. Είναι συνήθως σταθερές αντιστάσεις σύρματος περιελιγμένες σε κύλινδρο από κεραμικό υλικό ή πορσελάνη. Η διαφορά τους, από τις σταθερές αντιστάσεις, είναι ότι φέρουν επιπλέον έναν ή και περισσότερους κινητούς ακροδέκτες, που έχουν τη μορφή κολάρου. Τα κολάρα αυτά μπορούμε να τα μετακινήσουμε κατά μήκος της αντίστασης και να τα στερεώσουμε στην κατάλληλη θέση, ώστε να παίρνουμε το τμήμα εκείνο της αντίστασης που επιθυμούμε.

Οι αντιστάσεις αυτές χρησιμοποιούνται συνήθως σαν ρυθμιστές ή διαιρέτες τάσεως. Πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι αν χρησιμοποιούμε ένα τμήμα της όλης αντίστασης, δε μπορούμε να βασιστούμε στην ισχύ για την οποία είναι κατασκευασμένη ολόκληρη η αντίσταση, διότι τότε και η μέγιστη ισχύς μειώνεται ανάλογα π.χ. αν από μια αντίσταση 100w χρησιμοποιούμε τα $\frac{3}{4}$ της τιμής της σε Ωμ, τότε και η μέγιστη ισχύς που μπορούμε να δώσουμε σ' αυτή, θα είναι

$$100 \times \frac{3}{4} = 75w.$$

B6.6 Μεταβλητές αντιστάσεις.

Αντιστάσεις μεταβλητής τιμής είναι εκείνες που εύκολα μπορούμε να μεταβάλλουμε την τιμή τους. Κατασκευάζονται από άνθρακα ή σύρμα ανάλογα με την ισχύ τους. Αποτελούνται από μια κυκλική μονωτική πλάκα, που πάνω της στηρίζεται το υλικό αντίστασης και ένας περιστρεφόμενος δρομέας εφάπτεται σ' αυτόν. Στις μεταβλητές αντιστάσεις άνθρακα το αγώγιμο υλικό είναι μια επικάλυψη από μια ουσία με βάση τον άνθρακα.

Στις μεταβλητές αντιστάσεις σύρματος, το σύρμα τυλίγεται γύρω στη μονωτική πλάκα, από το οποίο βγαίνουν τρεις ακροδέκτες. Τα δύο άκρα της ταινίας αποτελούν τα άκρα της μεταβλητής αντίστασης και η λήψη από το δρομέα τον μεσαίο ακροδέκτη.

Όταν θέλουμε να ρυθμίσουμε την ένταση της ροής του ρεύματος σε ένα κύκλωμα συνδέουμε σε σειρά με αυτό, μια μεταβλητή αντίσταση που την ονομάζουμε **ροοστάτη**. Σ' αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούμε μόνο τη μεσαία λήψη και το ένα άκρο της μεταβλητής αντίστασης.

Όταν θέλουμε να ρυθμίσουμε την τάση σ' ένα κύκλωμα συνδέουμε παράλληλα προς το κύκλωμα μια μεταβλητή αντίσταση που την ονομάζουμε **ποτενσιόμετρο**. Τότε η συσκευή συνδέεται με τα άκρα Α και Β προς μια πηγή τροφοδότησης ενώ η μεταβλητή τάση παίρνεται μεταξύ του ενός άκρου Α και της μεσαίας λήψης Γ.

Τα ποτενσιόμετρα τα διακρίνουμε σε ποτενσιόμετρα γραμμικής μεταβολής και σε ποτενσιόμετρα λογαριθμικής μεταβολής.

Αν το μεταβλητό μέρος της αντίστασης του ποτενσιόμετρου μεταβάλλεται απ' ευθείας ανάλογα με τη γωνία στροφής του άξονα του το ποτενσιόμετρο λέγεται **γραμμικό**. Αν η αντίσταση μεταβάλλεται στην αρχή αργά και κατόπιν γρηγορότερα το ποτενσιόμετρο ονομάζεται **λογαριθμικό**. Αυτό επιτυγχάνεται γιατί η επάλειψη του μίγματος γραφίτη είναι πιο πυκνή στο αριστερό άκρο και λιγότευει μέχρι το μέσον περίπου της κυκλικής πλάκας, συνεχίζεται δε η ελάττωση του μέχρι το τέλος. Οι περισσότερες εφαρμογές της ηλεκτροακουστικής απαιτούν ποτενσιόμετρα λογαριθμικής μεταβολής.

Τα ποτενσιόμετρα του εμπορίου, για διαχωρισμό γράφουν πάνω στο σώμα τους το \ln ή το Α για τα γραμμικά και \log ή Β για τα λογαριθμικά.

Τα ποτενσιόμετρα συνδεσμολογούνται με τέτοιο τρόπο ώστε το μεταβλητό μέρος της αντίστασης να αυξάνεται, όταν στρέφουμε τον άξονα του από αριστερά προς τα δεξιά. Στο εμπόριο συναντούμε μεγάλη ποικιλία ποτενσιόμετρων, απλά χωρίς διακόπτη, απλά με διακόπτη, διπλά με ή χωρίς διακόπτη, κανονικού μεγέθους ή μικρά.

Αν με την περιστροφή του ποτενσιόμετρου που είναι συνδεδεμένο σ' ένα κύκλωμα, ακούγεται θόρυβος στο μεγάφωνο, τότε υπάρχει διακοπή στην επάλειψη του γραφίτη και πρέπει να γίνει αντικατάσταση αυτού.

B6.7 Βλάβες- Έλεγχος και χαρακτηριστικά αντιστάσεων

A. Κομμένη αντίσταση

Στη περίπτωση αυτή η ωμική αντίσταση που θα παρουσιάζει η αντίσταση που μετρούμε, θα είναι άπειρος. Η βλάβη αυτή προέρχεται, στις αντιστάσεις άνθρακα από την χαλαρή επαφή ή διακοπή των μεταλλικών ακροδεκτών, ή από την χημική αλλοίωση του μίγματος λόγω υπερβολικής θερμότητας. Στις αντιστάσεις σύρματος η βλάβη αυτή προέρχεται ή από τους ακροδέκτες ή από διακοπή του σύρματος από υπερβολικό ρεύμα ή από μηχανική αιτία (χτύπημα). Στις ρυθμιζόμενες και μεταβλητές αντιστάσεις η διακοπή προέρχεται από κακή επαφή του δρομέα από ακαθαρσίες ή από ανεπαρκή πίεση.

B. Βραχυκυκλωμένη αντίσταση

Είναι σπάνια περίπτωση να βραχυκυκλώσει μια αντίσταση άνθρακα ενώ αντίθετα, συμβαίνει συχνά στις αντιστάσεις σύρματος στις οποίες είναι δυνατόν να βραχυκυκλώσουν λίγες ή περισσότερες σπείρες.

Γ. Αντίσταση που προκαλεί θόρυβο

Στις αντιστάσεις άνθρακα, όταν η θερμοκρασία τους υπερβεί ορισμένα όρια τα μόρια του άνθρακα πυρακτώνονται και αναπτύσσονται μεταξύ τους μικρά βολταϊκά τόξα. Στη συνέχεια, τα μόρια λειώνουν με συνέπεια τη μεταβολή της τιμής της αντίστασης και αυξομείωση της τιμής του διερχομένου ρεύματος.

Αν η αντίσταση είναι συνδεδεμένη σε κύκλωμα, μετά το οποίο υπάρχουν στάδια ενίσχυσης, οι μεταβολές αυτές του ρεύματος άρα και της τάσης στα άκρα της αντίστασης ενισχύονται και ακούγονται από το μεγάφωνο σα φύσημα. Σ' αυτή την περίπτωση η αντικατάσταση της αντίστασης, με μια μεγαλύτερης ισχύος, μας λύνει το πρόβλημα.

Οι μεταβλητές αντιστάσεις (ποτενσιόμετρα, ροοστάτες) μπορεί να είναι αιτίες δημιουργίας θορύβου, λόγω κακής επαφής μεταξύ του δρομέα και της αντίστασης ή ακόμα λόγω οξειδωσης. Η αποκατάσταση της βλάβης γίνεται με τον προσεχτικό καθαρισμό όλων των τμημάτων της μεταβλητής αντίστασης.

Οι αντιστάσεις άνθρακα μέχρι 10 Κω συμπεριφέρονται ωμικά όταν μπαίνουν σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος μέχρι μερικών ΜΗΖ. Σε υψηλότερες συχνότητες η κατανεμημένη χωρητικότητά της μειώνει την αντίσταση της. Οι αντιστάσεις σύρματος που προορίζονται για υψηλές συχνότητες.

Στις αντιστάσεις άνθρακα παρατηρείται μεταβολή της αντίστασής τους, συνήθως μείωση, όταν εφαρμοστεί τάση στα άκρα τους. Η μείωση αυτή είναι σχεδόν ανάλογη προς την εφαρμοζόμενη τάση. Οι αντιστάσεις σύρματος δεν παρουσιάζουν το φαινόμενο αυτό, βέβαια όταν δεν υπάρχει διαρροή μεταξύ των στροφών της περιέλιξης. Το καλύτερο μέσο για τον έλεγχο των αντιστάσεων είναι το ωμόμετρο που μας δίνει αμέσως την τιμή της ελεγχόμενης αντίστασης.

B7.ΤΥΠΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ-KIT

ΓΕΝΙΚΑ:

Η πλειονότητα των σημερινών ηλεκτρονικών συσκευών, αντί για μεταλλικά σασί χρησιμοποιούν τυπωμένα κυκλώματα. Τυπωμένο κύκλωμα, είναι ένα κύκλωμα που σχηματίζεται πάνω στην επιφάνεια βακελίτη ή κάποιου εποξικού υλικού, η οποία είναι χαλκωμένη.

Τα πλεονεκτήματα των κυκλωμάτων αυτών είναι:

- Η συναρμολόγηση των εξαρτημάτων γίνεται εύκολα και έτσι επιτυγχάνεται μεγάλη παραγωγή άρα και οικονομική.
- Έχουν μικρό όγκο για οικονομία χώρου
- Τα κυκλώματα είναι τελείως ομοιόμορφα εφόσον κατασκευάζονται σε μαζική παραγωγή.

Τα εξαρτήματα στα τυπωμένα κυκλώματα τοποθετούνται πάνω στη μονωτική πλάκα και συναρμολογούνται μεταξύ τους όχι με συρμάτινους αγωγούς από λεπτές λωρίδες χαλκού. Οι χάλκινες αυτές γραμμές-αγωγοί έχουν τυπωθεί με χημικά μέσα πάνω στη μονωτική πλακέτα.

Οι πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων κατασκευάζονται από στρώσεις υλικών τα οποία συμπιέζονται σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και διαμορφώνονται έτσι ώστε να σχηματίζουν ένα συμπαγή και χωρίς διακοπές ηλεκτρικό μονωτήρα. Οι χρησιμοποιούμενες πλακέτες έχουν συνήθως 1,5mm και κατασκευάζονται από βακελίτη ή από χαρτί εμποτισμένο με φαινόλη ή υαλοβάμβακα με πλαστικές ρητίνες ή γυαλί με « τεφλόν ». Έτσι ανάλογα με την κατασκευή τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές από κυκλώματα DC μέχρι κυκλώματα RF και μάλιστα των πολύ υψηλών συχνοτήτων μέχρι τους 8000MHz. Οι αγωγοί-γραμμές κατασκευάζονται εκτός χαλκού από αργυρό με μίγμα κασσίτερου-νικέλιου και χρυσό. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη βιομηχανική κατασκευή και μαζική παραγωγή τυπωμένων κυκλωμάτων. Αυτές είναι:

- Η φωτογραφική
- Η χαρακτηριστική και
- Η γραφική

Πριν από την κατασκευή ενός τυπωμένου κυκλώματος πρέπει να γίνει η μακέτα αυτού (το σχέδιο του). Για την κατασκευή της πρέπει να έχουμε υπόψη μας:

- Να χρησιμοποιήσουμε το ελάχιστο μήκος και τον ελάχιστο αριθμό αγωγών.
- Να τοποθετήσουμε όσο το δυνατό πλησιέστερα τα εξαρτήματα μεταξύ τους, λαμβάνοντας υπόψη μας τις διαστάσεις τους.
- Να μη διασταυρώνονται οι αγωγοί μεταξύ τους
- Να καθορίσουμε το πλάτος των αγωγών που εξαρτάται από το ρεύμα του κυκλώματος. Για πάχος χάλκινου αγωγού 0,1mm ισχύει:

Πλάτος αγωγού σε mm	Επιτρεπόμενο ρεύμα
2,5	7A
1,5	3.5A
0,8	2.2A
0,3	0.75A

Πίνακας 11, πηγή: Εκδόσεις Ίων, Τεχνολογία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

- Να καθορίσουμε την απόσταση μεταξύ των αγωγών που αυτή εξαρτάται από την τάση λειτουργίας του κυκλώματος. Η ελάχιστη απόσταση των αγωγών ανάλογα της τάσης που εμφανίζεται στα άκρα τους είναι:

Τάση στους αγωγούς σε V	Απόσταση μεταξύ τους σε cm
0-30	0.025
31-50	0.038
51-150	0.051
151-300	0.076
301-500	0.150

Πίνακας 12, πηγή: Εκδόσεις Ίων, Τεχνολογία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

Η μακέτα περιλαμβάνει τη θέση των εξαρτημάτων και τη θέση των καλωδιώσεων και γίνεται πάνω σε διαφανές χαρτί. Για την εύκολη και γρήγορη κατασκευή της χρησιμοποιούνται διάφορα αυτοκόλλητα.

B7.1ΕΚΤΥΠΩΣΗ

A. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Σ' αυτή τη μέθοδο γίνεται χρήση της μακέτας. Αυτή τοποθετείται πάνω στην επιχλωμένη επιφάνεια της πλακέτας αφού προηγουμένα έχει καλυφθεί η επιφάνεια αυτή με φωτοευπαθή ουσία. Μετά εκτίθεται στο φως στη δράση υπεριώδων ακτινών. Ο χρόνος εκθέσεως του στο φως εξαρτάται από την φωτοευπαθή ουσία και είναι από 5-15mm. Μετά τη βάζουμε την πλακέτα στη λεκάνη με το εμφανιστικό υγρό που καθαρίζει το γαλάκτωμα και ακολούθως πλένεται και στεγνώνεται. Τέλος τοποθετείται σε διάλυμα χλωριούχου σιδήρου ο οποίος σκοπό έχει να αφαιρέσει την χάλκινη επικάλυψη πάνω στην οποία δεν έχει αποτυπωθεί κάποιο κύκλωμα, ακολουθεί καλό πλύσιμο και επικάλυψη με αντιοξειδωτικό διάλυμα και το τυπωμένο κύκλωμα είναι πια έτοιμο για χρήση αφού ανοιχτούν οι τρύπες τοποθέτησης των εξαρτημάτων.

B. ΧΑΡΑΚΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Κατ' αυτήν ανοίγονται πρώτα οι τρύπες, φωτογραφίζεται το διαφανές σχέδιο και η διάβρωση γίνεται κατά βάθος, εκεί όπου είχε φωτογραφηθεί το κύκλωμα, μέσα στο μονωτικό υλικό. Έτσι σχηματίζεται ένα πλήθος μικρών αυλακιών σα να έγινε χάραξη του κυκλώματος στη μονωτική πλάκα. Μετά στην πλάκα τοποθετούνται τα εξαρτήματα, τοποθετείται οριζόντια και χύνεται λιωμένη κόλληση (καλαί), η οποία καθώς κυλάει γεμίζει τα αυλάκια και τις οπές σχηματίζοντας έτσι τη συρμάτωση και τη συγκόλληση των εξαρτημάτων.

Γ. ΓΡΑΦΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Σ' αυτή δε χρειάζεται μακέτα, αλλά σχεδιάζουμε τους αγωγούς και τις θέσεις των εξαρτημάτων πάνω στην πλακέτα του χαλκοβακελίτη. Η σχεδίαση γίνεται με λαδομπογιά και πινέλο ή με ειδική μελάνη που είναι αδιάλυτη στο νερό, ή βερνίκι οινόπνευματος ή με χρώμα ντούκο ή ακόμη με ειδικά μολύβια. Έτσι, μεταφέρουμε τη μακέτα πάνω στην πλακέτα του χαλκοβακελίτη που είναι έτοιμη πια για να γίνει η αποχάλκωση.

Η αποχάλκωση γίνεται ως εξής:

- Μέσα σε μια λεκάνη βάζουμε 10 μέρη νερού και υπερχλωριούχο σίδηρο, ανακατεύουμε και θερμαίνουμε το διάλυμα γύρω στους 40°C.
- Βάζουμε στο διάλυμα την πλακέτα από την πλευρά του χαλκού κρατώντας την οριζόντια πάνω στην επιφάνεια του διαλύματος, ανακατεύοντας συνέχεια και ομοιόμορφα το διάλυμα. Μετά από 5 μέχρι 10 λεπτά θα έχει διαβρωθεί ο χαλκός από τη μπογιά στα ακάλυπτα μέρη του.
- Βγάζουμε πλέον την πλακέτα, την πλένουμε καλά με νερό και μετά με νέφτι, αφαιρούμε τη λαδομπογιά από τα εναπομείναντα χάλκινα μέρη και το τυπωμένο κύκλωμα είναι έτοιμο να χρησιμοποιηθεί.

Τα εξαρτήματα τοποθετούνται από την πλευρά που δεν έχει χαλκό και οι τρύπες ανοίγονται με τρυπάνι 0,8 mm. Αφού αυτά κολληθούν κόβονται οι ακροδέκτες τους σε απόσταση περίπου 2mm από την επιφάνεια του χαλκού.

Δ. ΑΛΛΑ ΕΙΔΗ ΤΥΠΩΜΕΝΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Εκτός από τις πλακέτες που περιγράψαμε στο εμπόριο υπάρχουν και άλλα είδη. Ένα είδος έχει πάνω στο μονωτικό αγωγούς χαλκού με οπές σε συμμετρική διάταξη και έτσι χρειάζεται να γίνει επεξεργασία για τη δημιουργία αγωγών σύνδεσης. Υπάρχουν έτοιμες πλακέτες με αγωγούς που έχουν διάφορες διαστάσεις και διαφορετική διάταξη. Αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πειράματα με ολοκληρωμένα κυκλώματα και για κατασκευή ηλεκτρονικού κυκλώματος.

Γ. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ο ενισχυτής ήχου stereo με λυχνίες, τύπου AMPL84 κατασκευάστηκε ύστερα από ώρες εργώδους προσπάθειας για να επιφέρει το επιθυμητό αποτέλεσμα και συνδυάζει πρωτότυπο σχεδιασμό, άψογη αισθητική και υψηλή ποιότητα. Πρόκειται για έναν ολοκληρωμένο ενισχυτή με tone controls και ισχύ εξόδου 42 watts ανά κανάλι.

Ειδικότερα στον πίνακα που ακολουθεί παρατηρούμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά του AMPL84.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1	
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ AMPL84	
Ισχύς εξόδου για φορτίο 8Ω	49Watts RMS ανά κανάλι
Ισχύς εξόδου για φορτίο 4Ω	50 Watts RMS ανά κανάλι
Ολική αρμονική παραμόρφωση:	0.08% για f=1kHz στο 1 watt 0.24% για f=1kHz στα 42 watt
Απόκριση συχνότητας για φορτίο 8Ω	10Hz έως 18KHz (-3db σε 1 watt)
Απόκριση συχνότητας για φορτίο 4Ω	10Hz έως 21KHz (-3db σε 1 watt)
Ευαισθησία εισόδου:	1V RMS
Αντίσταση εισόδων:	47KΩ
Πηγές εισόδου:	CD, TUNER, AUX
Θόρυβος:	2,47mV rms
Έξοδοι:	8Ohms, 4 Ohms
Τροφοδοσία:	210-240VAC, 50Hz
Κατανάλωση:	240Watt
Λυχνίες:	4*PCC85(2input, 2driver) 8*PL84(Power Output)
Διαστάσεις:	420W*350D*165Hmm
Βάρος:	15.2Kgr

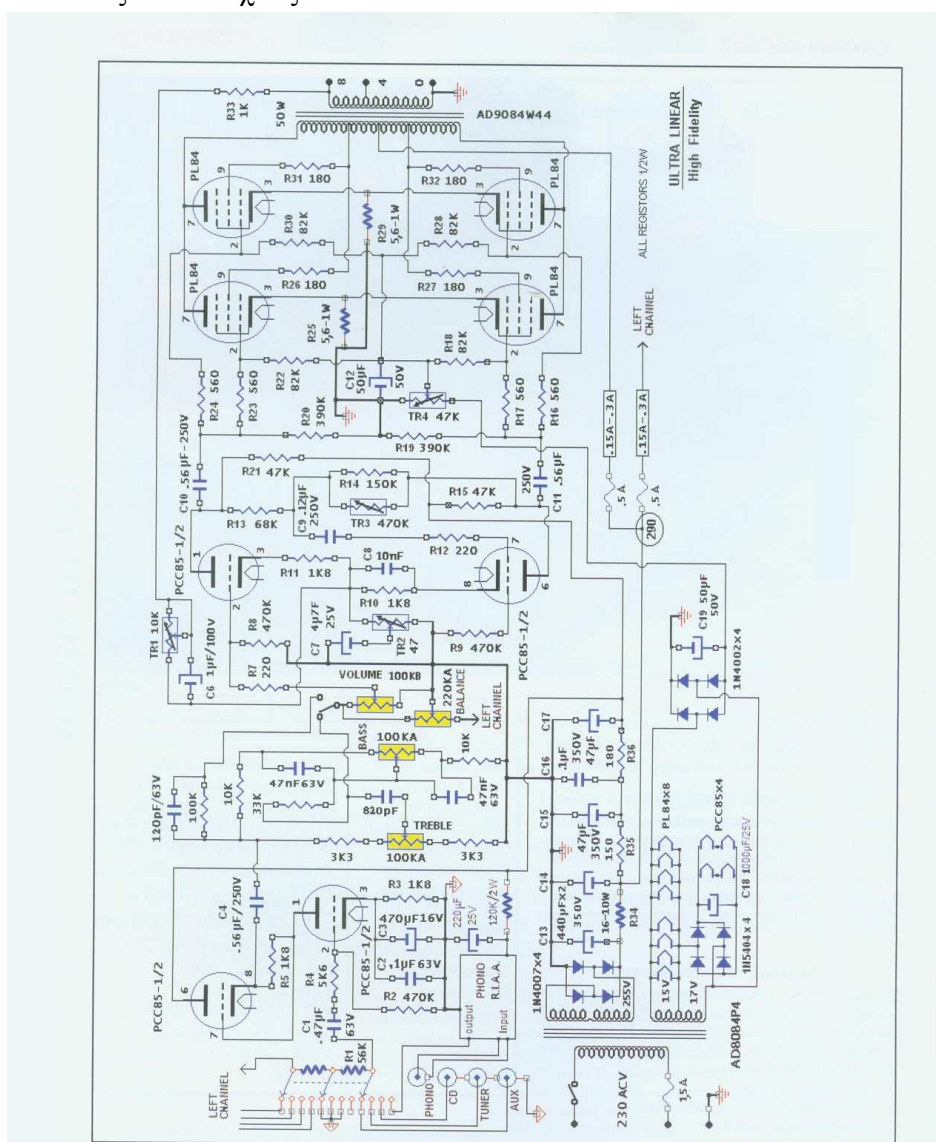
Η ισχύς του ενισχυτή ικανοποιεί για οικιακή χρήση όμως με τις δυναμικές εξάρσεις του δίνει την εντύπωση πως είναι ενισχυτής μεγαλύτερης ισχύος. Σε πλήρης ισχύ ή ολική παραμόρφωση είναι της τάξεως του 0,24% καθώς μετρηθεί σε συχνότητα 1KHz. Στην ίδια συχνότητα και σε ισχύ 1watt είναι της τάξεως του 0,08%. Φέρει είσοδο CD, TUNER, AUX, όπως επίσης και δυνατότητα σύνδεσης με PHONO. Επίσης διαθέτει εξόδους για ηχεία των 4 και 8 Ω.

Για τη σύνθεση του ενισχυτή, τόσο για τις λυχνίες όσο και για τα μικροϋλικά του, επιλέχθηκαν τα αρτιότερα των υλικών, που υπάρχουν στην αγορά, όπως για παράδειγμα στους ειδικά σχεδιασμένους μετασχηματιστές εξόδου, που υπολογίστηκαν με ακρίβεια σε τάξη λειτουργίας (ultra linear), και βρίσκονται θωρακισμένοι στο πίσω μέρος του σασί.

Γ1.Ανάλυση του κυκλώματος

Στο ηλεκτρονικό σχέδιο του σχήματος 1 βλέπουμε έναν ενισχυτή τεσσάρων εισόδων σε διάταξη Push Pull που λειτουργεί σε τάξη λειτουργίας AB1. Πιο συγκεκριμένα την ανάλυση του κυκλώματος μπορούμε να τη χωρίσουμε σε πέντε τμήματα.

1. Τροφοδοτικό σύστημα.
2. Κύκλωμα εισόδου και προενίσχυσης.
3. Προενισχυτής R.I.IA
4. Κύκλωμα ελέγχου φωνής
5. Κύκλωμα οδήγησης του σταδίου εξόδου
6. Σταδίο εξόδου –ισχύος



Σχήμα-1. Το ηλεκτρονικό κύκλωμα του ενός καναλιού του ενισχυτή (Left channel) και το τροφοδοτικό.

Γ1.1.Τροφοδοτικό σύστημα

Το τροφοδοτικό σύστημα τροφοδοτεί με συνεχείς και εναλλασσόμενες τάσεις τα δύο κανάλια του ενισχυτή. Ειδικότερα παράγει μια εναλλασσόμενη τάση 15V για να τροφοδοτήσει έτσι τα νήματα των λυχνιών της εξόδου (PL84), που συνδεσμολογούνται όλες παράλληλα.

Από το άλλο σκέλος της χαμηλής τάσης του δευτερευόντως του μετασχηματιστή μέσω των διόδων 1N5404 που υλοποιούν μία γέφυρα ανόρθωσης, ανορθώνουμε και εξομαλύνουμε (με τη βοήθεια του πυκνωτή C18) τη συνεχή τάση για τα νήματα των μικρών (προενισχυτριών) λυχνιών.

Οι δίοδοι 1N4002 και ο πυκνωτής C19 υλοποιούν το τροφοδοτικό της αρνητικής τάσης για την πόλωση των πλεγμάτων οδήγησης των λυχνιών της εξόδου.

Τελευταίο αφήσαμε το τροφοδοτικό της υψηλής τάσεως για την τροφοδοσία τόσο των ανόδων των λυχνιών της εξόδου, όσο και των προενισχυτριών. Υλοποιείται με τη χρήση των διόδων 1N4007 και των πυκνωτών C13, C14, C15, C16 και C17. Σε συνδυασμό με τις αντιστάσεις R34, R35 και R36 έχουμε δύο διαδοχικά φίλτρα τύπου Π. Τη θετική υψηλή τάση για τις λυχνίες ισχύος την παίρνουμε από το θετικό άκρο του C14, ενώ τη χαμηλότερη και καλύτερα εξομαλυμένη τάση για τις οδηγήτριες και προενισχύτριες, την παίρνουμε από το θετικό άκρο του C17.

Γ1.2. Κύκλωμα εισόδου και προενίσχυσης

Το κύκλωμα εισόδου επιτελεί δύο βασικές λειτουργίες. Πρωτίστως επιλέγει την πηγή εισόδου, λειτουργία όπου πραγματώνεται με επιλογικούς διακόπτες και δευτερευόντως ενισχύει τα σήματα των δύο πηγών σε ικανοποιητικό βαθμό, ώστε να εφαρμόζονται στο επόμενο κύκλωμα ελέγχου.

Η προενίσχυση υλοποιείται με τις δύο τριόδους που ολοκληρώνονται ενδοσκελετικά σε λυχνία τύπου PCC85. Η συνδεσμολογία που ακολουθείται είναι «cascode» και προσφέρει καλή απόκριση συχνότητας, μεγάλη αντίσταση εισόδου καθώς επίσης και αρκετά χαμηλή αντίσταση εξόδου. Επιπλέον ο C1 μπλοκάρει τη συνεχή συνιστώσα, που εν δυνάμει εμφανίζεται στην είσοδο του ενισχυτή και διαταράζει την πόλωσή του. Τέλος, η αντίσταση εισόδου του ενισχυτή προσδιορίζεται από την τιμή της R2, οι λοιπές αντιστάσεις του κυκλώματος πολώνουν με επιθυμητό τρόπο τη βαθμίδα, οι πυκνωτές μπορούν να αποσυζεύξουν όποια ανεπιθύμητη AC συνιστώσα ενώ ο C4 χρησιμοποιείται για την σύζευξη του σήματος εξόδου με την επόμενη βαθμίδα.

Γ1.3.Κύκλωμα ελέγχου φωνής

Στο κύκλωμα ελέγχου φωνής πραγματοποιούνται τέσσερις βασικές λειτουργίες. Αρχικά μέσω του ποτενσιόμετρου Volume ρυθμίζεται η ένταση ενώ μέσω του ποτενσιόμετρου Balance ελέγχεται η ισορροπία μεταξύ των καναλιών. Στη συνέχεια τα δύο ποτενσιόμετρα Tremble και Bass (100 KΩ) τονίζουν ή αφαιρούν υψηλές και χαμηλές συχνότητες. Τέλος ο διακόπτης μας δίνει τη δυνατότητα να παρακάμπτουμε τα αναλογικά φίλτρα τονικότητας και να ακούμε μουσική μας χωρίς χρωματισμό.

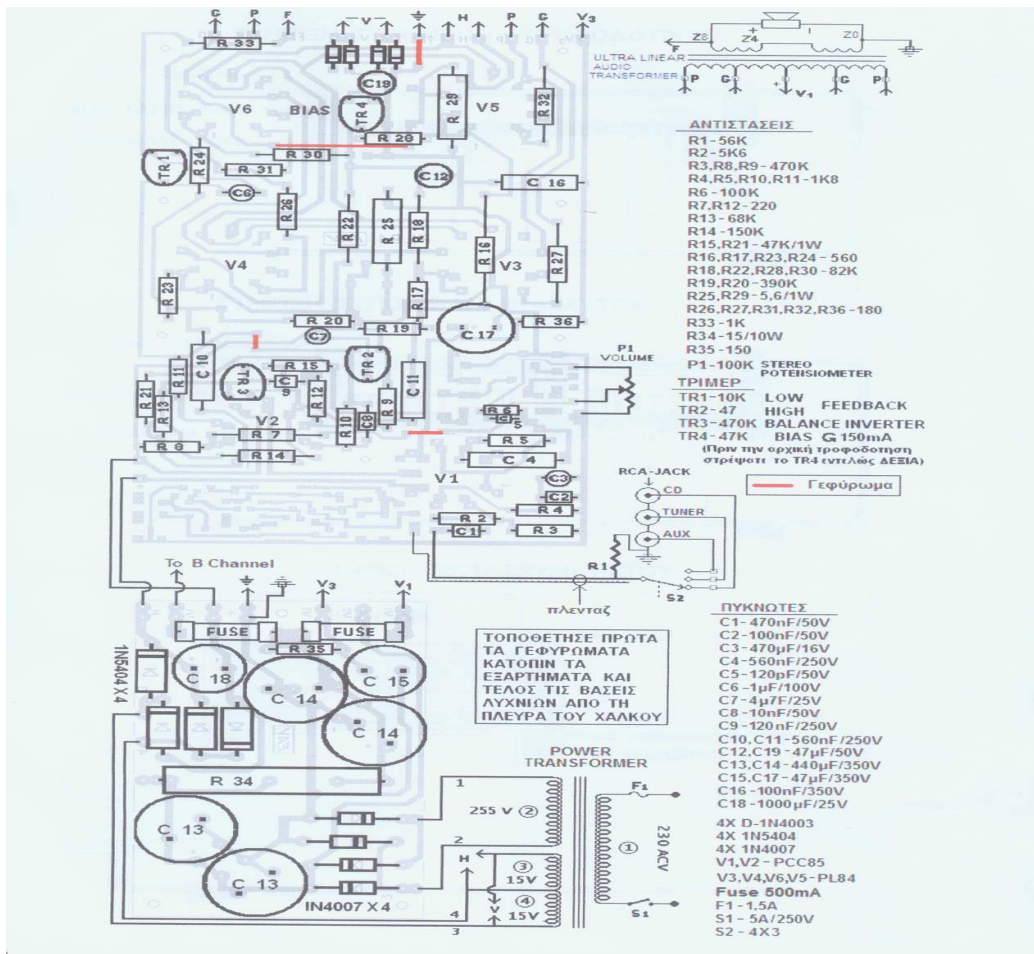
Γ1.4.Κύκλωμα οδήγησης του σταδίου εξόδου

Το κύκλωμα οδήγησης του σταδίου εξόδου υλοποιείται με μία λυχνία PCC85 που συνδεσμοποιείται σαν διαφορικός ενισχυτής. Σε αυτό το στάδιο απαιτείται να ενισχύσουμε περαιτέρω το σήμα κατά πλάτος και ταυτόχρονα να έχουμε δύο ετεροφασικά σήματα για την οδήγηση του Push Pull. Στην κάθοδο του διαφορικού ζεύγους εφαρμόζεται ανάδραση τύπου τάσεως σειράς. Το ποσοστό της αναδράσεως εξαρτάται από το λόγο των δύο τρίμμερ (TR1 και TR2). Με το τρίμμερ TR3 ρυθμίζουμε έτσι, ώστε στα δύο σκέλη των εξόδων να έχουμε ίδιου πλάτους σήματα, αλλά ετεροφασικά.

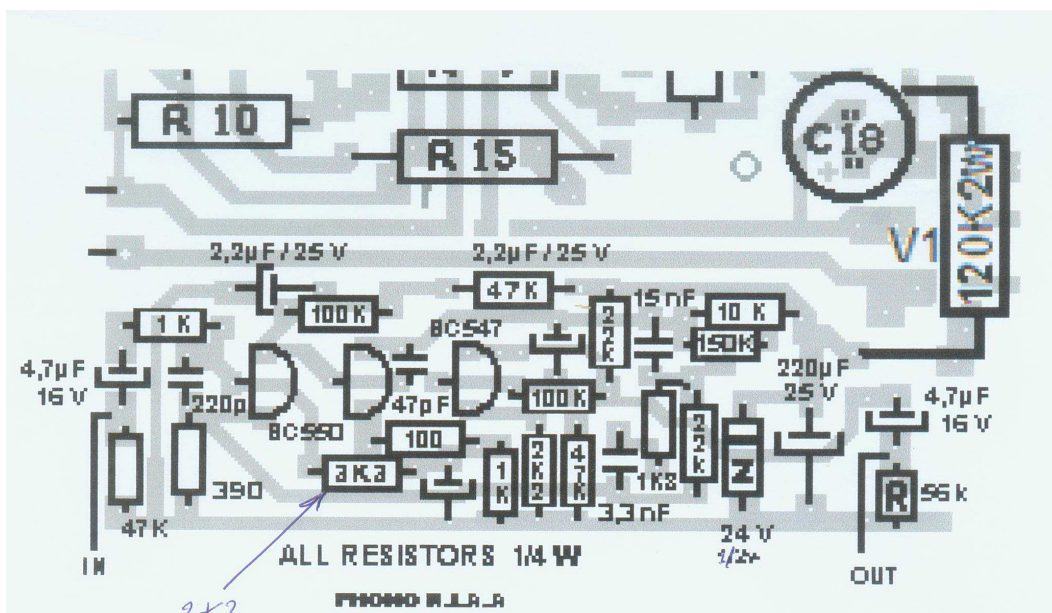
Γ1.5.Στάδιο εξόδου- ισχύος

Το στάδιο της εξόδου υλοποιείται με τέσσερις λυχνίες PL84, δηλαδή έχουμε μια διάταξη διπλού Push Pull. Ο μετασχηματιστής εξόδου έχει λήψεις Ultra Linear για την πόλωση των προστατευτικών πλεγμάτων μέσω του κυκλώματος του μετασχηματιστή. Αυτό χαρίζει μείωση της παραμόρφωσης, δηλαδή αύξηση της γραμμικότητας του κυκλώματος της εξόδου.

Πάνω στις αντιστάσεις R29 και R25, μετρώντας την πτώση τάσης αντιστοίχως, μπορούμε να υπολογίσουμε το ρεύμα ηρεμίας. Το ποτενσιόμετρο TR4 ρυθμίζει την αρνητική τάση πόλωσης των οδηγών πλεγμάτων και έτσι ελέγχουμε το ρεύμα ηρεμίας του σταδίου εξόδου. Οι αντιστάσεις R24, R23, R26, R31, R17, R16, R27, και R32 σκοπό έχουν να πολώσουν αλλά και να λειτουργήσουν ανασταλτικά σε περίπτωση αυτοταλάντωσης του σταδίου εξόδου.



Σχήμα -2. Ο πίνακας υλικών, η τοποθέτηση των υλικών στα τυπωμένα κυκλώματα και η συνδεσμολογία μεταξύ τους.



Σχήμα-3. Η τοποθέτηση των υλικών του ενισχυτή RIAA πάνω στην πλακέτα.

Δ.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΕΝΙΣΧΥΤΗ

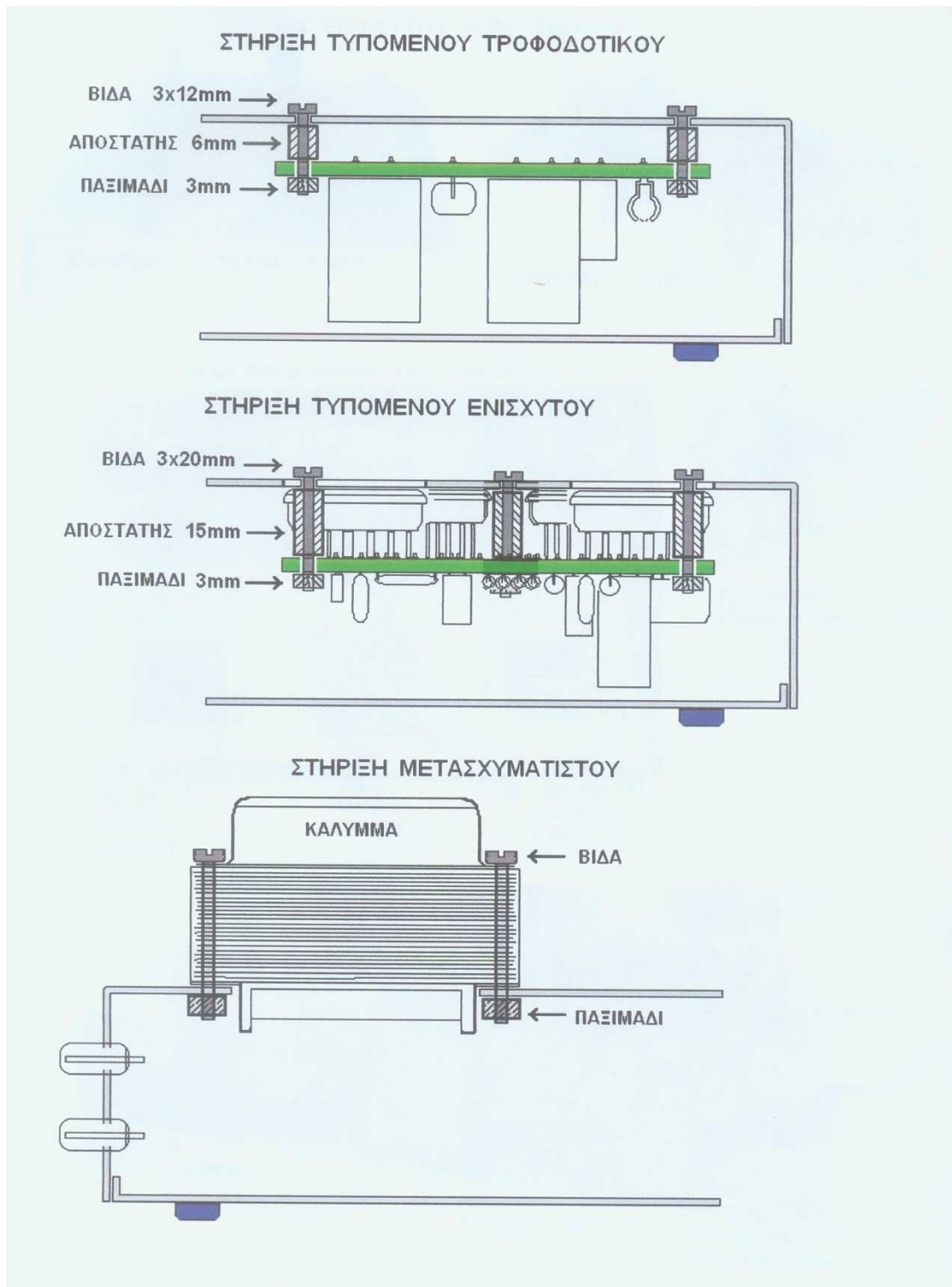
Ξεκινήσαμε την κατασκευή του ενισχυτή από την πλακέτα των λυχνιών, αρχίζοντας από τις αντιστάσεις, τους πυκνωτές, τα τρίμερα, τις διόδους και στο τέλος κολλήσαμε τις βάσεις των λυχνιών αλλά από την πλευρά του χαλκού της πλακέτας.

Στη συνέχεια μοντάραμε την πλακέτα του τροφοδοτικού, ξεκινώντας πάλι από τις αντιστάσεις και τις διόδους και τελευταίους κολλήσαμε τους ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές 220μF οι οποίοι στην πλακέτα είναι συνδεσμολογημένοι παράλληλα.

Αυτό σημαίνει πως για τους πυκνωτές C13 και C14 παίρνουμε 4 πυκνωτές με τιμή 220μF /350V . Την πλακέτα του ενισχυτή την κατασκευάζουμε 2 φορές για τα 2 κανάλια (left και right), ενώ έχουν κοινό τροφοδοτικό. Όταν τελειώσουμε με το μαντάρισμα όλων των πλακετών καθαρίζουμε καλά με ασετόν ή με οινόπνευμα ή καθαριστικό flux off.

Οι πλακέτες συνδεσμολογούνται μεταξύ τους σε κάποιο σασί, το οποίο είναι τρυπημένο, βαμμένο και με μεταξοτυπία. Είναι σχεδιασμένο και κατασκευασμένο για να τοποθετηθούν με ακρίβεια οι πλακέτες, με τις λυχνίες στην πάνω όψη σασί και με τους μετασχηματιστές σε ειδική θέση.

Στο **σχήμα-5** βλέπουμε την στήριξη των πλακετών του τροφοδοτικού και των ενισχυτών, καθώς και την στήριξη των μετασχηματιστών εξόδου στο σασί. Χρησιμοποιώντας το σασί που έχουμε κατασκευάσει η στήριξη των πλακετών και των μετασχηματιστών εξόδου είναι πολύ εύκολη καθώς το σασί έχει τρυπηθεί με ακρίβεια για να βγούν οι βάσεις των λυχνιών στην επιφάνεια του κουτιού και βιδωθούν στην επιφάνεια του κουτιού και οι μετασχηματιστές εξόδου. Όπως βλέπουμε και στο παρακάτω σχήμα χρειαζόμαστε μόνο συγκεκριμένες βίδες με παξιμάδι και αποστάτες.

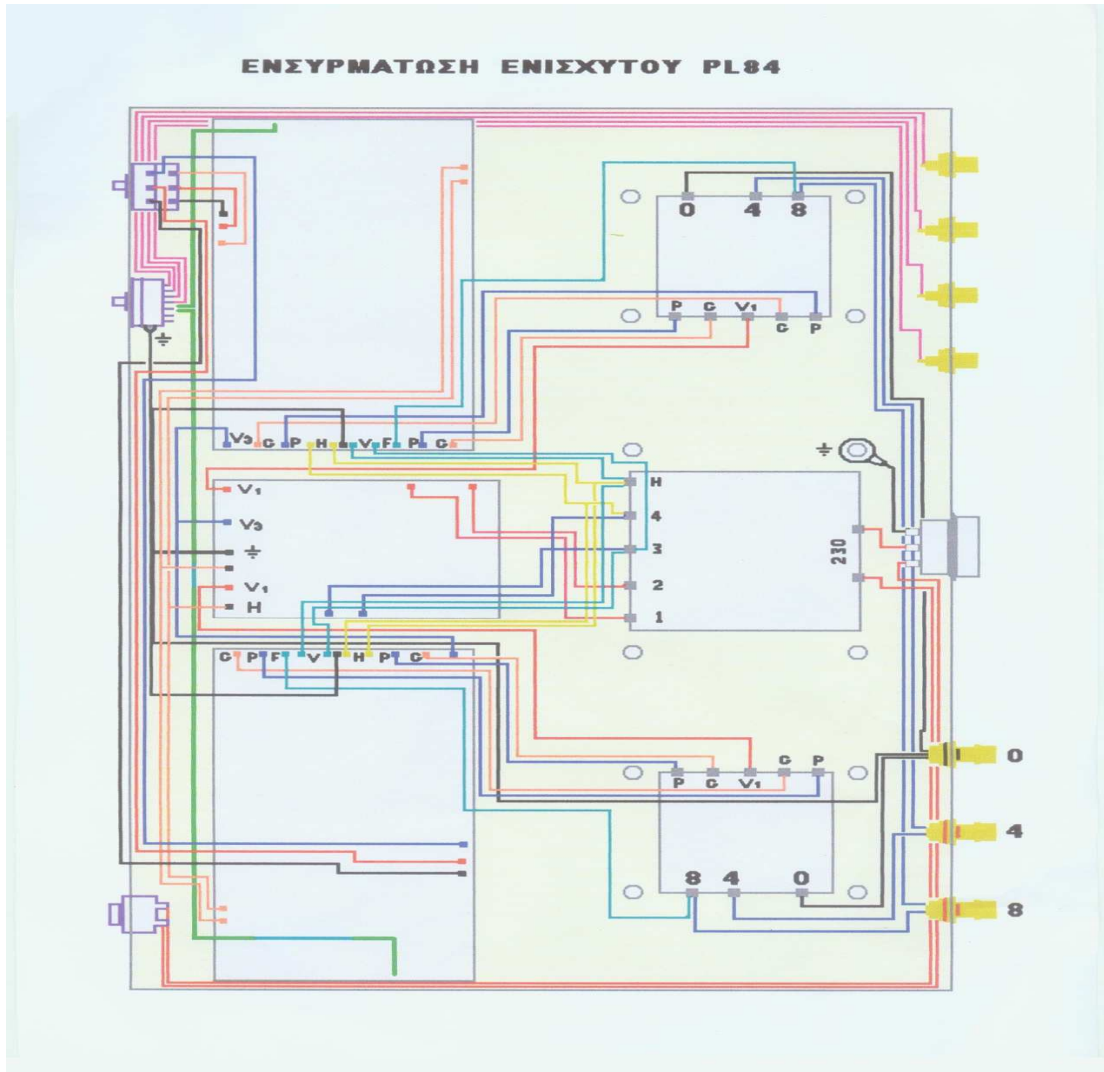


Σχήμα-5. Η στήριξη των πλακετών ενισχυτή και τροφοδοτικού, καθώς και του μετασχηματιστή, στο σασί.

Στο **σχήμα-6** παρακάτω βλέπουμε την ενσυρμάτωση όλων των τμημάτων του ενισχυτή AMPL84 στο σασί της κατασκευής. Τα καλώδια από τον μετασχηματιστή τροφοδοσίας προς το τυπωμένο του τροφοδοτικού, Θα πρέπει να είναι περιστρεμμένα μεταξύ τους ανά ζεύγος, καθώς και τα καλώδια των νημάτων των λυχνιών ισχύος. Από το τυπωμένο κύκλωμα του τροφοδοτικού, τα καλώδια των νημάτων των λυχνιών εισόδου θα πρέπει να είναι περιστρεμμένα μεταξύ τους ανά ζεύγος. Τα καλώδια (ζεύγος) από τον ρευματολήπτη του σασί προς τον διακόπτη λειτουργίας, να είναι περιστρεμμένα μεταξύ τους και περιμετρικά στο σασί προς την πλευρά των βυσμάτων των μεγαφώνων. Από τον ρευματολήπτη του σασί θα πρέπει να συνδεθεί η γείωση σε μια από τις τρεις βίδες του μετασχηματιστή τροφοδοσίας με ακροδέκτη γείωσης.

Η γείωση από το τυπωμένο κύκλωμα του τροφοδοτικού θα πρέπει κατά προτίμηση να γειωθεί στον διακόπτη επιλογής εισόδου, καθώς και ένα καλώδιο από τη γείωση στα βύσματα 0 Ω των μεγαφώνων. Για τις εισόδους χρησιμοποιήσαμε βύσματα RCA θηλυκά για σασί καλής ποιότητας επίχρυσα, ενώ στις εξόδους χρησιμοποιήσαμε μπόρνες θηλυκές για σασί. Όταν τελείωσε η συναρμολόγηση και η καλωδίωση όλων των τμημάτων του ενισχυτή στο σασί, έγινε έλεγχος για τυχόν λάθη, διότι εφαρμόζονται υψηλές τάσεις και σε περίπτωση λάθους θα είχαμε άσχημο αποτέλεσμα.

Ο ενισχυτής δε χρειάζεται ιδιαίτερες ρυθμίσεις, εκτός από το TR4 το οποίο πριν την αρχική τροφοδότηση του ενισχυτή το στρέφουμε τελείως δεξιά. Στη συνέχεια ρυθμίζουμε το ρεύμα ηρεμίας. Στα 150 mA περίπου.

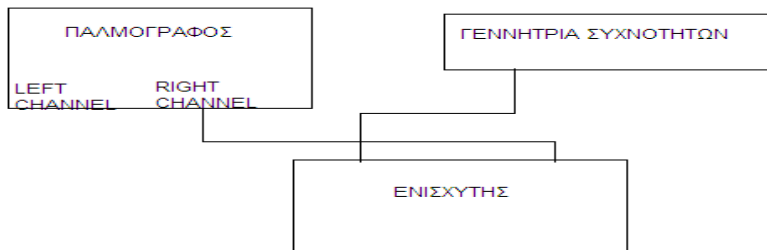


ΣΧΗΜΑ-6. Η συνδεσμολογία όλων των τμημάτων του ολοκληρωμένου ενισχυτή στο σασί χωρίς τα tone controls.

Ε.ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ε1.Μέτρηση ισχύος εξόδου

ΔΙΑΤΑΞΗ:



Μέτρηση ισχύος σε φορτίο 8Ω

- A. Συνδέουμε τη γεννήτρια συναρτήσεως σε μία από τις εισόδους του ενισχυτή π.χ. AUX και εφαρμόζουμε ημιτονικό σήμα συχνότητας 1kHz. Επιλέγουμε με τον επιλογέα εισόδου του ενισχυτή την είσοδο που έχουμε εφαρμόσει το σήμα.
- B. Στην έξοδο του ενισχυτή και συγκεκριμένα μεταξύ 0 και 8Ω του αριστερού καναλιού συνδέουμε ωμικό φορτίο 8Ω. Παράλληλα συνδέουμε τον παλμογράφο για να βλέπουμε το σήμα στην έξοδο και να το μετρήσουμε.
- Γ. Βάζουμε τον διακόπτη tone control του ενισχυτή στη θέση off. Με αυτόν τον τρόπο βγάζουμε εκτός λειτουργίας τα κυκλώματα των φίλτρων Bass και Treble.
- Δ. Με τον ενισχυτή σε πλήρη λειτουργία και το volume στο maximum ρυθμίζουμε από τη γεννήτρια το σήμα εισόδου, έτσι ώστε στην έξοδο να πάρουμε το μέγιστο απαραμόρφωτο σήμα. Σε αυτό το σημείο ο ενισχυτής δε μπορεί να δώσει μεγαλύτερη ισχύ με την αύξηση του πλάτους του σήματος εισόδου και το παραπάνω πλάτος θα δίνει όλο και μεγαλύτερη παραμόρφωση.

Μετράμε την ισχύ για το αριστερό κανάλι (left channel). Η μέτρηση μας δίνει:

$$V_{\text{outmax(rms)}} = 56V_{\text{p-p}}$$

Μετατρέπουμε την τάση σε ενεργό τιμή.

$$\text{Οπότε: } V_{\text{outmax(rms)}} = \frac{V_{\text{p-p}}}{2\sqrt{2}} = \frac{56V}{2.82} = 19.79 \cdot V_{\text{rms}}$$

Η ισχύς υπολογίζεται ως εξής:

$$P_{out} = \frac{V_{out}^2}{R_L} \text{ όπου } R_L \text{ το φορτίο στην έξοδο του ενισχυτή.}$$

$$\text{Οπότε } P_{out} = \frac{19.79^2}{8\Omega} \rightarrow P_{out} = 49 \text{ watt rms}$$

Μετράμε με παρόμοιο τρόπο την ισχύ για το δεξί κανάλι (right channel). Το φορτίο μου είναι πάντα στα 8Ω. Η μέτρηση στην έξοδο μας δίνει:

$$V_{outmax} = 56V_{p-p}.$$

Παρατηρούμε ότι η τάση στην έξοδο του δεξιού καναλιού είναι παρόμοια με του αριστερού καναλιού. Οπότε και στο δεξί κανάλι η ισχύς είναι:

$$P_{out} = 49 \text{ watt rms}$$

Μέτρηση ισχύος σε φορτίο 4Ω

- A. Συνδέουμε το ωμικό φορτίο στην έξοδο του ενισχυτή και συγκεκριμένα στα σημεία 0 και 4Ω του εριστερού καναλιού πρώτα. Παράλληλα σε αυτά τα σημεία συνδέουμε και τον παλμογράφο.

Μετράμε την τάση εξόδου.

$$V_{outmax(rms)} = 40V_{p-p}.$$

$$\text{Οπότε: } V_{outmax(rms)} = \frac{V_{p-p}}{2\sqrt{2}} = \frac{40V}{2.82} = 14,14V_{rms}$$

$$\text{Οπότε } P_{out} = \frac{14,14^2}{4\Omega} \rightarrow P_{out} = 50 \text{ watt rms}$$

Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία και για το δεξί κανάλι, αφού συνδέσουμε το ωμικό φορτίο και τον παλμογράφο στην έξοδο του δεξιού καναλιού στα σημεία 0 και 4Ω.

Μέγιστη τάση εξόδου:

$$V_{outmax(rms)} = 40V_{p-p}. \text{ Οπότε:}$$

$$P_{outmax(rms)} = 50 \text{ watt rms}$$

Συμπεράσματα-Παρατηρήσεις:

Σε φορτίο 8Ω η ισχύς εξόδου είναι 49watt rms και για τα δύο κανάλια, ενώ σε φορτίο 4Ω η ισχύς εξόδου είναι 50watt rms και για τα δύο κανάλια. Η διαφορά του ενός watt από τη μία έξοδο στην άλλη οφείλεται στις ανοχές κυρίως του μετασχηματιστή.

Ε2.Ευαισθησία εισόδου

Για την μέτρηση της ευαισθησίας εισόδου ακολουθούμε τη συνδεσμολογία για τη μέτρηση της ισχύος εξόδου. Δηλαδή συνδέουμε τη γεννήτρια σε μία είσοδο, την οποία επιλέγουμε με τον επιλογέα εισόδου και συνδέουμε τον παλμογράφο στην έξοδο συνδέοντας παράλληλα και το φορτίο. Αφού βρούμε το μέγιστο απαραμόρφωτο σήμα στην έξοδο στη συνέχεια αποσυνδέουμε το καλώδιο της γεννήτριας από την είσοδο του ενισχυτή και το συνδέουμε στο δεύτερο κανάλι του παλμογράφου.

Μετράμε το πλάτος του σήματος της γεννήτριας με συχνότητα 1kHz και συνάρτηση ημίτονο.

$$V_{in}=1.36 V_{p-p}$$

Μετατρέπουμε την τάση σε V_{rms} οπότε έχουμε:

$$V_{in(rms)}=\frac{V_{in(p-p)}}{2\sqrt{2}}=\frac{1,36V_{p-p}}{2.8284}=0.48V_{rms}$$

Ε3.Απολαβή του ενισχυτή

Έχοντας μετρήσει το μέγιστο απαραμόρφωτο σήμα εξόδου και την ευαισθησία εισόδου μπορούμε να βρούμε την απολαβή του ενισχυτή. Η απολαβή του ενισχυτή είναι καθαρός αριθμός και μας δείχνει πόσες φορές ο ενισχυτής έχει ενισχύσει το σήμα του.

$$\text{Έχοντας μετρήσει } V_{out\ max}=19.79 V_{rms}$$

$$\text{Και ευαισθησία εισόδου } V_{in}=0.48 V_{rms}$$

Με τη σχέση $A_v=\frac{V_{outmax}}{V_{in}}$ υπολογίζουμε την απολαβή του ενισχυτή.

$$\text{Οπότε έχουμε: } A_v=\frac{V_{outmax}}{V_{in}}=\frac{19,79}{0,48}=41,23$$

Η τιμή είναι για φορτίο 8Ω. Σε φορτίο 4Ω η απολαβή θα είναι:

$$A_v = \frac{V_{outmax}}{V_{in}} = \frac{14,14}{0,48} = 29,45$$

Αν θέλουμε να υπολογίσουμε την τιμή σε dB τότε θα έχουμε:

$$A_{v(db)} = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

Οπότε για φορτίο 8Ω θα έχουμε:

$$A_{v(db)} = 20 \log \frac{19,79}{0,48} = 20 \log 41,23 = 32,30db$$

Για φορτίο 4Ω θα έχουμε:

$$A_{v(db)} = 20 \log \frac{14,14}{0,48} = 29,38db$$

E4.Μέτρηση θορύβου

Για τη μέτρηση του θορύβου αποσυνδέουμε το καλώδιο της γεννήτριας από την είσοδο του ενισχυτή και στη έξοδο μετράμε το θόρυβο πάνω σε φορτίο 4 ή 8Ω. Ο παλμογράφος συνδέεται πάνω στο φορτίο ή παράλληλα στην έξοδο. Στη συνέχεια βραχυκυκλώνουμε την είσοδο του καναλιού που έχουμε επιλέξει με τον επιλογέα εισόδου έτσι ώστε να μην συμπεριφέρεται το καλώδιο εισόδου σε δέκτης λήψης παρασιτικών σημάτων. Οπότε στην περίπτωση αυτή θα μετρήσουμε το θόρυβο που προέρχεται από τα κυκλώματα του ενισχυτή.

Εννοείται ότι το volume του ενισχυτή θα πρέπει να είναι στο max και ο διακόπτης tone control στη θέση off. Με τον παλμογράφο στη μέγιστη ευαισθησία μετράμε:

$$V_{th} = 7mV_{P-P}$$

Η μέτρηση έγινε με συνδεδεμένο φορτίο 4Ω. Οπότε σε rms θα έχουμε:

$$V_{th(rms)} = \frac{V_{th(p-p)}}{2\sqrt{2}} = \frac{7mV}{2.8284} = 2.47mV_{rms}$$

Η μορφή του θορύβου ή βόμβου είναι ένα ασύμμετρο σήμα χαμηλής συχνότητας που προέρχεται συνήθως από τα κυκλώματα τροφοδοσίας.

Εάν είχαμε το διακόπτη tone control στη θέση on τότε αυτόματα θα βάζαμε σε λειτουργία και το φίλτρο ενίσχυσης χαμηλών συχνοτήτων (bass), με αποτέλεσμα να ενισχύσει και το σήμα θορύβου μιας και είναι χαμηλής συχνότητας. Αυτό βέβαια είναι και σε συνάρτηση της θέσης του ποτενσιόμετρου bass.

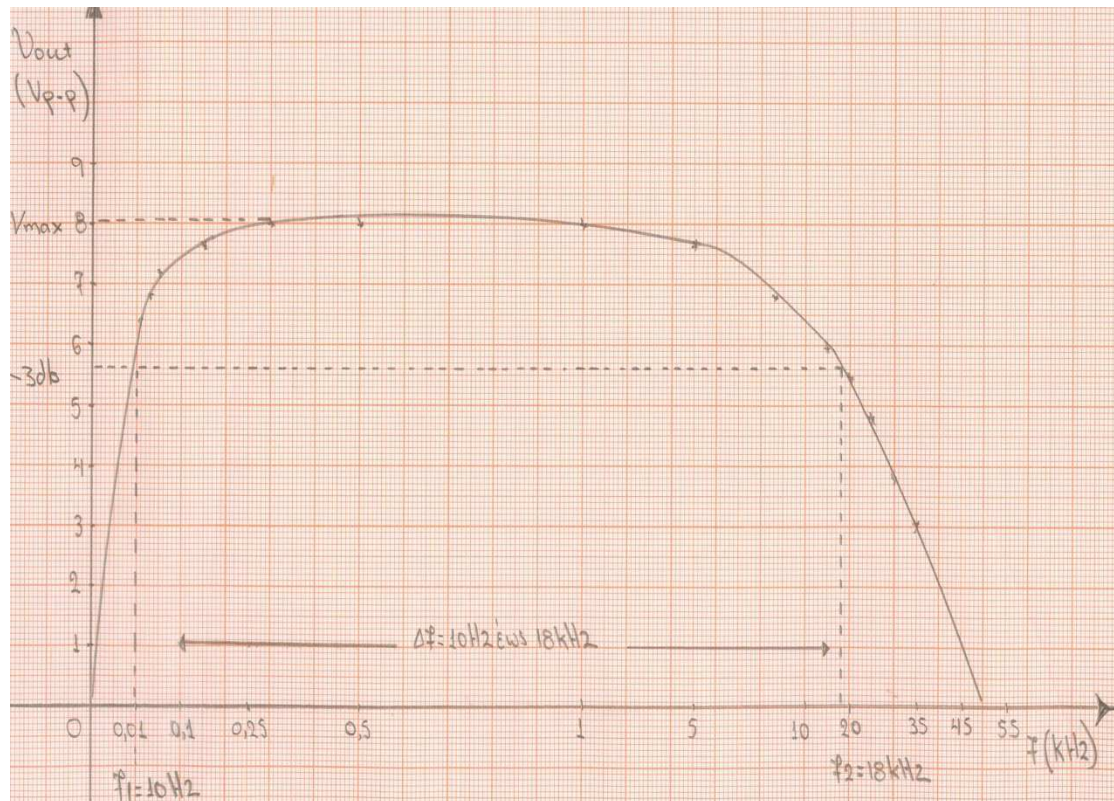
E5.Απόκριση Συχνότητας

Για να μπορέσουμε να φτιάξουμε την καμπύλη απόκρισης συχνότητας του ενισχυτή θα πρέπει να ακολουθήσουμε τη συνδεσμολογία που είχαμε για τη μέτρηση ισχύος εξόδου. Δηλαδή συνδέουμε τη γεννήτρια με μία από τις εισόδους του ενισχυτή π.χ. aux και την επιλέγουμε με τον επιλογέα εισόδου. Συνδέουμε τον παλμογράφο στην αντίστοιχη έξοδο πρώτα με φορτίο 8Ω . Στη συνέχεια με τη βοήθεια του ποτενσιόμετρου volume και αφού έχουμε ρυθμίσει από τη γεννήτρια πλάτος εξόδου $0,48 V_{rms}$ παίρνουμε στην έξοδο πλάτος εξόδου ίσο με ισχύ εξόδου $1W_{rms}$. Δηλαδή θα πάρουμε απόκριση συχνότητας για ισχύ εξόδου $1W_{rms}$.

Το μόνο ρυθμιστικό που πειράζουμε από εδώ και πέρα είναι το ποτενσιόμετρο μεταβολής συχνότητας της γεννήτριας. Θέτουμε συχνότητα $15Hz$ και μετράμε το πλάτος σήματος στην έξοδο. Το ίδιο κάνουμε για διάφορες συχνότητες μέχρι $35kHz$. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Για $R_L=8\Omega$ και $P_{out}=1W_{rms}$

Πίνακας μετρήσεων απόκρισης συχνότητας για φορτίο 8Ω (left channel)	
F(Hz)	V_{out(p-p)}
15	6.4
30	6.8
50	7.2
150	7.6
300	8
500	8
1000	8
5000	7.6
8500	6.8
15000	6
20000	5.6
25000	4.8
30000	3.8
35000	3.2

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα σχεδιάζουμε την καμπύλη απόκρισης του διαγράμματος 1.



Στη συνέχεια συνδέουμε φορτίο 4Ω στους ακροδέκτες 0 και 4Ω και παράλληλα τον παλμογράφο. Επαναλαμβάνουμε τις μετρήσεις για τις ίδιες συχνότητες της γεννήτριας. Τα αποτελέσματα καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα. Για $R_L=4\Omega$ και $P_{out}=1W_{rms}$.

Πίνακας μετρήσεων απόκρισης συχνότητας για φορτίο 4Ω (left channel)	
F(Hz)	$V_{out(p-p)}$
15	4.2
30	4.9
50	5.1
150	5.5
300	5.6
500	5.6

1000	5.6
5000	5.2
8500	4.8
15000	4.4
20000	4.2
25000	3.2
30000	2.4
35000	1.9

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα σχεδιάζουμε την καμπύλη απόκρισης του διαγράμματος 2.

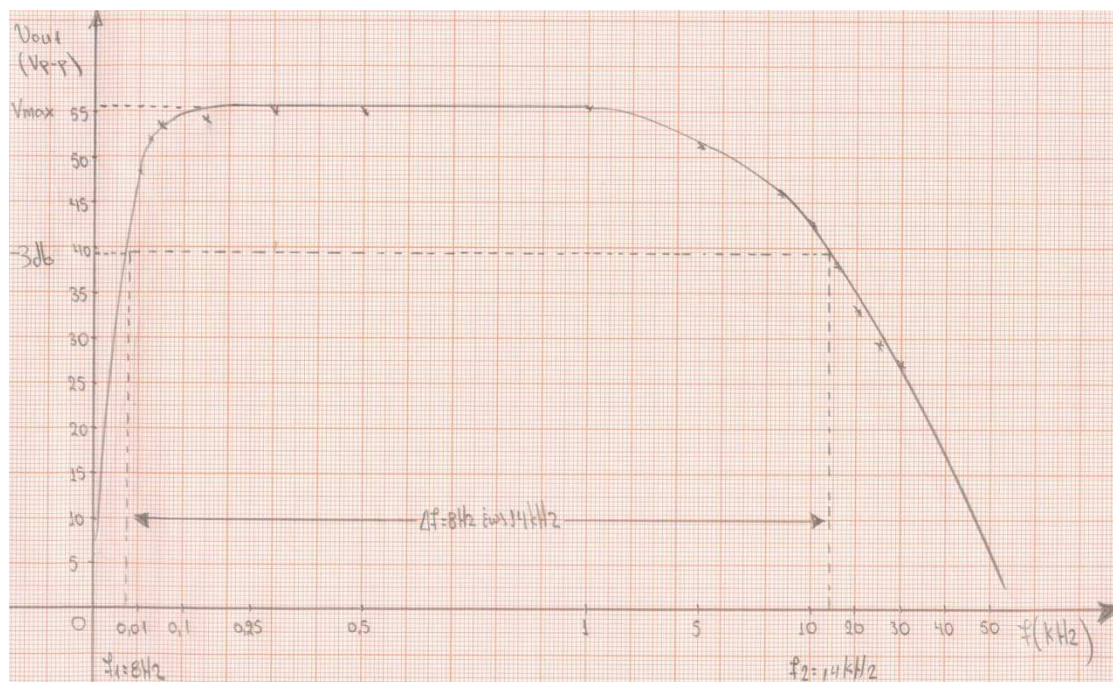


Στη συνέχεια σχεδιάζουμε τις καμπύλες απόκρισης για τα φορτία 4Ω και 8Ω αλλά για τη μέγιστη ισχύ του ενισχυτή. Πρώτα παίρνουμε μετρήσεις για φορτίο 8Ω του

αριστερού καναλιού (left channel) για τη μέγιστη ισχύ του ενισχυτή. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω. Για $R_L=8\Omega$ και $P_{out}=49\text{watt}$

Πίνακας μετρήσεων απόκρισης συχνότητας για φορτίο 8Ω (left channel)	
F(Hz)	$V_{out(p-p)}$
15	48
30	52
50	53
150	54
300	56
500	56
1000	56
5000	51
8500	46
10000	43
15000	38
20000	33
25000	30
30000	28

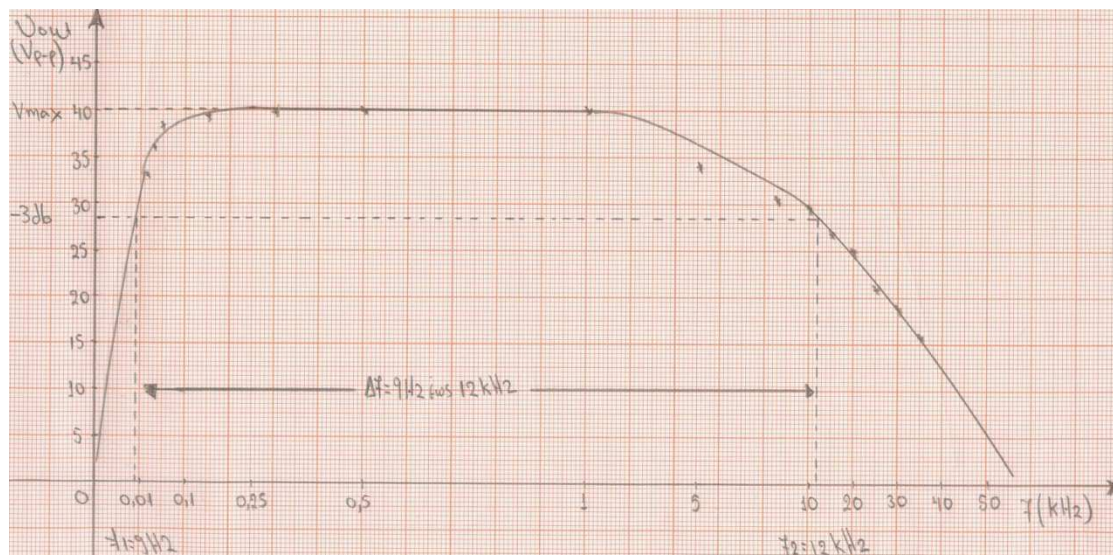
Με βάση τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα σχεδιάζουμε την καμπύλη απόκρισης του διαγράμματος 3.



Τέλος παίρνουμε μετρήσεις απόκρισης συχνότητας για φορτίο 4Ω στη μέγιστη ισχύ του ενισχυτή. Ο παρακάτω πίνακας δίνει τα αποτελέσματα. Για $R_L=4\Omega$ και $P_{out}=50W$

Πίνακας μετρήσεων απόκρισης συχνότητας για φορτίο 4Ω (left channel)	
F(Hz)	$V_{out(p-p)}$
15	33
30	36
50	37
150	38
300	39,5
500	40
1000	40
5000	34
8500	31
10000	30
15000	27
20000	25
25000	21
30000	19
35000	16

Με βάση τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα σχεδιάζουμε την καμπύλη απόκρισης του διαγράμματος 4.



Παρατηρήσεις για τα διαγράμματα απόκριση συχνότητας

Πήραμε μετρήσεις απόκρισης συχνότητας στο 1watt και στα 50watt και για τις δύο εξόδους του ενισχυτή (4 και 8Ω) για να δούμε τις διαφορές που τυχόν έχουν.

Αρχικά συγκρίνουμε τα διαγράμματα 1 και 2 που παίρνουμε ισχύ εξόδου 1watt αλλά ουσιαστικά παρατηρούμε τις διαφορές της καμπύλης για τα δύο διαφορετικά φορτία. Από το διάγραμμα 1, δηλαδή για το φορτίο 8Ω το εύρος ζώνης είναι από 10Hz έως 18kHz. Από το διάγραμμα 2, δηλαδή για φορτίο 4Ω το εύρος ζώνης είναι από 10Hz έως 21kHz. Άρα λοιπόν στο φορτίο 4Ω ο ενισχυτής έχει μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Αυτό οφείλεται στα χαρακτηριστικά του μετασχηματιστή εξόδου.

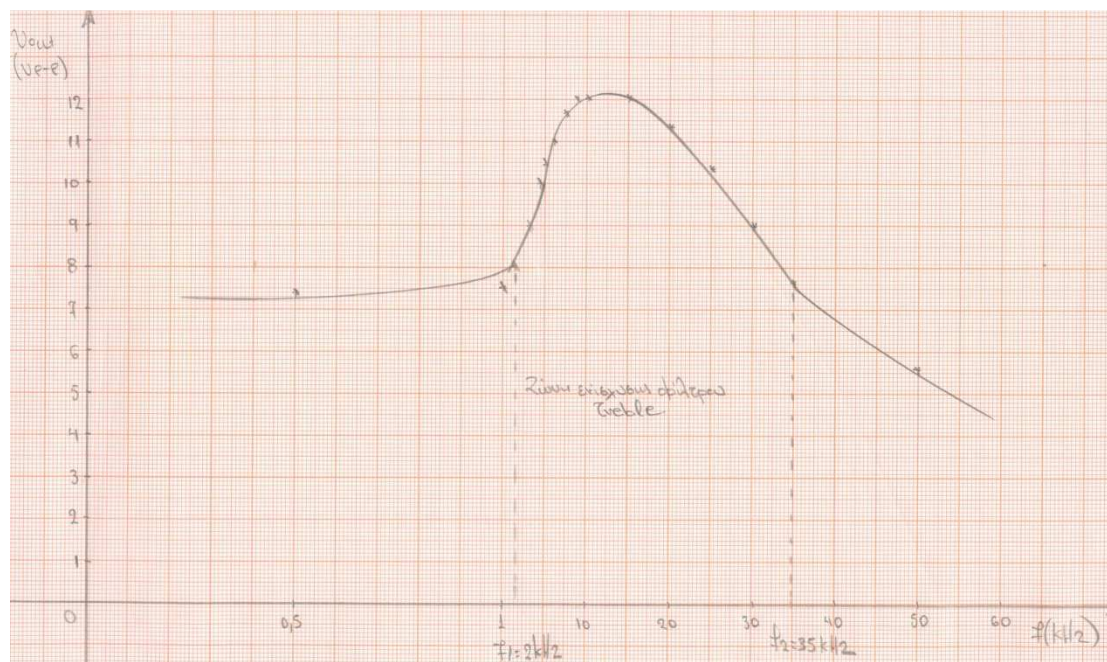
Συγκρίνοντας τα διαγράμματα 2 και 3 για τη μέγιστη ισχύ του ενισχυτή και για τις εξόδους 4 και 8Ω παρατηρούμε ότι το εύρος ζώνης είναι μικρότερο σε σχέση με το εύρος ζώνης στο 1watt και είναι φυσιολογικό διότι όσο αυξάνεται η ισχύς του ενισχυτή περιορίζεται το εύρος ζώνης. Οπότε στη μέγιστη ισχύ του, ο ενισχυτής έχει εύρος ζώνης από 8Hz έως 14kHz σε φορτίο 8Ω και εύρος ζώνης από 9Hz έως 12kHz για φορτίο 4Ω. Στις χαμηλές συχνότητες το εύρος μένει σταθερό και η μεταβολή είναι στις υψηλές συχνότητες. Συνήθως στα χαρακτηριστικά του ενισχυτή αναφέρονται οι μετρήσεις που γίνονται σε ισχύ εξόδου 1watt rms.

Ε6.Ζώνη ενίσχυσης εύρους συχνοτήτων του φίλτρου υψηλών συχνοτήτων (treble)

Ακολουθώντας την ίδια συνδεσμολογία για τις μετρήσεις απόκρισης συχνότητας παίρνουμε μετρήσεις για την απόδοση του φίλτρου treble υψηλών συχνοτήτων. Αρχικά θέτουμε το διακόπτη tone control σε θέση on για να είναι ενεργό το φίλτρο του treble. Με ισχύ εξόδου 1watt rms υπό φορτίο φυσικά στην έξοδο παίρνουμε μετρήσεις για συχνότητες από 500Hz και πάνω. Ο παρακάτω πίνακας δίνει τα αποτελέσματα.

Ζώνη ενίσχυσης εύρους συχνοτήτων του φίλτρου υψηλών συχνοτήτων (treble)	
F(kHz)	V _{out(p-p)}
0.5	7.4
1	7.5
2	8
3	9
4	10
5	10.4
6	11
7	11.6
8	12
9	12
10	12
15	12
20	11.4
25	10.2
30	9
35	7.6
50	5.6

Με βάση τον παραπάνω πίνακα σχεδιάζουμε την καμπύλη απόκρισης του διαγράμματος 5 του φίλτρου treble.



Από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι για συχνότητες μικρότερες από 2kHz η καμπύλη απόκρισης συχνότητας ακολουθεί το εύρος ζώνης που πήραμε στις προηγούμενες μετρήσεις με το διακόπτη tone control στο off. Για συχνότητες από 2kHz και πάνω παρατηρούμε την καμπύλη ενίσχυσης του φίλτρου treble με κεντρική συχνότητα τα 12,5 kHz περίπου, σύμφωνα με το διάγραμμα. Στη συχνότητα αυτή έχουμε τη μέγιστη ενίσχυση του φίλτρου. Η ζώνη συχνοτήτων δράσης του φίλτρου ξεκινάει από τα 2kHz έως τα 35kHz όπου η καμπύλη πέφτει για να ολοκληρώσει το εύρος ζώνης συνολικά του ενισχυτή. Με τη χρήση των φίλτρων αυξάνουμε συνολικά το εύρος ζώνης του ενισχυτή μας.

E7. Γενικά συμπεράσματα- παρατηρήσεις

Η κατασκευή ενός ολοκληρωμένου ενισχυτή δεν αποτελεί μια πρωτότυπη κατασκευή αλλά μια κατασκευή διαχρονική αφού η μουσική και ο ήχος είναι μια απαραίτητη και αναγκαία απόλαυση για την ψυχική μας γαλήνη και ισορροπία. Αυτό μας δίνει ιδιαίτερη αξία στην κατασκευή μας είναι οι υψηλές επιδόσεις με εξαρτήματα παλαιάς τεχνολογίας (λυχνίες) που σήμερα χρησιμοποιούνται για πολύ εξειδικευμένες και ιδιαίτερες περιπτώσεις. Οι σημερινές συσκευές ήχου συνήθως αποτελούνται από ψηφιακά συστήματα ελέγχου του ήχου, ολοκληρωμένα κυκλώματα και τρανζίστορ στις τάξεις λειτουργίας τους αλλά το ζητούμενο πάντα είναι ένα, **η**

ποιότητα του ήχου. Έτσι λοιπόν ο ολοκληρωμένος ενισχυτής ήχου με λυχνίες που κατασκευάσαμε δε συγκρίθηκε για τι ψηφιακές ευκολίες ελέγχου, ούτε αν έχει τηλεχειρισμό ή όχι. Συγκρίθηκε για το άκουσμά του, την δυναμική που έχει στον ήχο και τη διαφορετικότητα που μπορεί να έχει από έναν ενισχυτή με τρανζίστορ και ολοκληρωμένα κυκλώματα.

Ακούγοντας λοιπόν έναν ενισχυτή ήχου με λυχνίες και έναν ενισχυτή ήχου με τρανζίστορ ή ολοκληρωμένα κυκλώματα ο ήχος των δύο πηγών είναι διαφορετικός. Πρώτα απ όλα ο λαμπάτος ενισχυτής έχει μεγαλύτερη δυναμική περιοχή από έναν ενισχυτή με τρανζίστορ. Εάν δηλαδή ακούσουμε δύο διαφορετικούς ενισχυτές, έναν με λυχνίες και έναν με τρανζίστορ στην ίδια ισχύ εξόδου, ο λαμπάτος ενισχυτής ακούγεται σα να αποδίδει μεγαλύτερη ισχύ!

Από την άλλη πλευρά ο ήχος του είναι διαφορετικός ως προς τη χροιά και το χρώμα διότι κάθε ένας ενισχύει διαφορετική ομάδα αρμονικών συχνοτήτων του φάσματος του ήχου! Αφού ποιοτικά στην ποιότητα του ήχου υπερέχει ένας ενισχυτής με λυχνίες θα ρωτούσε κανείς γιατί στο εμπόριο πωλούνται κατά κόρον ενισχυτές με ολοκληρωμένα κυκλώματα και τρανζίστορ. Η απάντηση είναι εύκολη.

Ένας ενισχυτής τεχνολογικά σύγχρονος είναι φθηνότερος και με περισσότερες ψηφιακές ευκολίες που απαιτεί το επίπεδο της τεχνολογίας σήμερα. Στο εμπόριο μετράει το χαμηλό κόστος και η εντυπωσιακή εμφάνιση ενός μηχανήματος και με τα υπόλοιπα. Βέβαια στους επαγγελματίες του είδους μετράει η ποιότητα του ακούσματος. Ένας ενισχυτής με λυχνίες έχει πολύ ακριβό κόστος διότι η κάθε λυχνία έχει υψηλή τιμή και επίσης οι μετασχηματιστές εξόδου και τροφοδοσίας κοστίζουν ακριβά γιατί είναι μεγάλης ισχύος. Ακόμα το μηχάνημα αυτό έχει μεγάλο βάρος και όγκο λόγω των μετασχηματιστών και των λυχνιών.

Μπορούμε επίσης να πούμε σε ότι αφορά την κατασκευαστική μας εμπειρία του ολοκληρωμένου ενισχυτή που κατασκευάσαμε ήταν μια δύσκολη κατασκευή με ιδιαίτερη προσοχή στη συναρμολόγηση των τυπωμένων κυκλωμάτων, μεγάλη προσοχή στην καλωδίωση όλων των τμημάτων αλλά το αποτέλεσμα μας διδάσκει πολλά στο πως λειτουργούν οι ολοκληρωμένοι ενισχυτές και πως μετράμε στην πράξη τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός ενισχυτή. Με τις γνώσεις που αποκτήσαμε στις μετρήσεις μπορούμε εύκολα να μετρήσουμε έναν οποιοδήποτε ενισχυτή και να ελέγχουμε εάν αυτά που μας λέει ο κατασκευαστής ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

Z.Παραρτήματα-φωτογραφικό υλικό

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΥΧΝΙΩΝ

DATASHEET λυχνιών

A.F. COEFFICIENT
 PENTODE DE SORTIE A.F.
 NF-KOEFFIZIENZRODE

Heating : indirect by A.C. or D.C.
 Chauffage: indirect par C.A. ou C.C.
 Heizung : indirekt durch Wechsel- oder Gleichstrom; Serien- speisung

$V_f = 15 \text{ V}$
 $I_f = 300 \text{ mA}$

Dimensions in mm
 Dimensions en mm
 Abmessungen in mm

Base, culot, Sockel: NOVAL

Capacitances	Ca	=	6.0	pF
Capacités	Ca1	=	11.8	pF
Kapazitäten	Ca2	=	0.6	pF
	Ca1f	=	0.25	pF

Typical characteristics
 Caractéristiques types
 Kenndaten

V_0	=	100	170	V
V_{G2}	=	100	170	V
V_{G1}	=	-6.7	-12.5	V
I_0	=	43	70	mA
I_{G2}	=	3	3	mA
μ	=	9	10	dB/V
μ_{G2G1}	=	0	8	dB/V
R_i	=	23	23	k Ω

937 1404
 3.3.1954

Tentative data, Vorläufige Daten
 Caractéristiques provisoires

Εικόνα 1,πηγή: Εκδόσεις Ίων, Τεχνολογία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων

DOUBLE TRIODE for use as oscillator and mixer in tele-
 vision receivers
 DOUBLE TRIODE pour utilisation en oscillatrice et mé-
 langeuse dans des récepteurs de télévision
 DOUBELTRIODE zur Verwendung als Oszillator und Misch-
 rohre in Fernsehempfängern

Heating: indirect by A.C. or D.C.
 Chauffage: indirect par C.A. ou C.C.
 Heizung: indirekt durch Wechsel- oder Gleichstrom; Serien- speisung

$V_f = 9.0 \text{ V}$
 $I_f = 300 \text{ mA}$

Dimensions in mm; Dimensions en mm;
 Abmessungen in mm

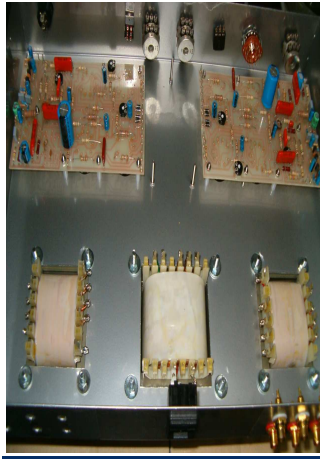
Base, culot, Sockel: NOVAL

Capacitances	Ca-A	=	1.5	pF
Capacités	Ca-B	=	0.15	pF
Kapazitäten	Ca-C	=	1.2	pF
	Ca-D	=	3	pF
	Ca-E	=	1.9	pF
	Ca-F	=	0.04	pF
	Ca-G	=	0.008	pF
	Ca-H	=	0.003	pF
	Ca-I	=	0.008	pF
	Ca-J	=	0.008	pF
	Ca-K	=	0.008	pF
	Ca-L	=	0.008	pF
	Ca-M	=	0.008	pF
	Ca-N	=	0.008	pF
	Ca-O	=	0.008	pF
	Ca-P	=	0.008	pF
	Ca-Q	=	0.008	pF
	Ca-R	=	0.008	pF
	Ca-S	=	0.008	pF
	Ca-T	=	0.008	pF
	Ca-U	=	0.008	pF
	Ca-V	=	0.008	pF
	Ca-W	=	0.008	pF
	Ca-X	=	0.008	pF
	Ca-Y	=	0.008	pF
	Ca-Z	=	0.008	pF

1) with external shield (22.5 mm diameter)
 Avec blindage extérieur (diamètre 22.5 mm)
 Mit äußerer Abschirmung (22.5 mm Durchmesser)

937 4978
 9.9.1955

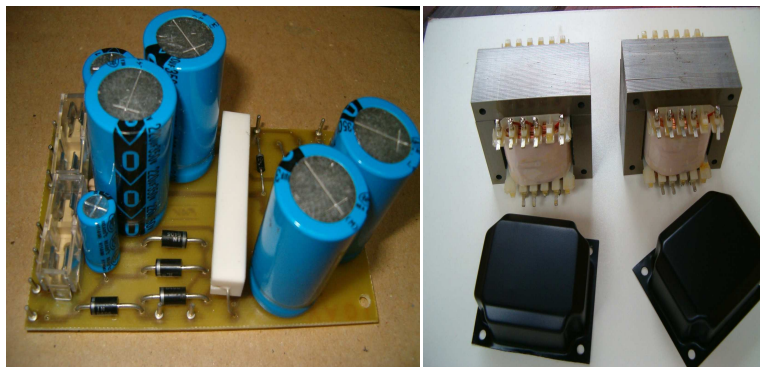
Εικόνα 2,πηγή: Εκδόσεις Ίων, Τεχνολογία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων



Εικόνα 1



Εικόνα 2



Εικόνα 2,3



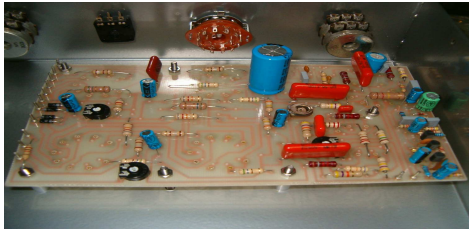
Εικόνα 4,5:



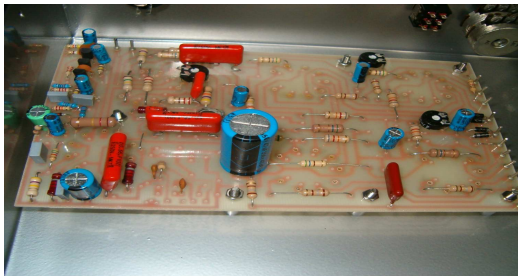
Εικόνα 6,7



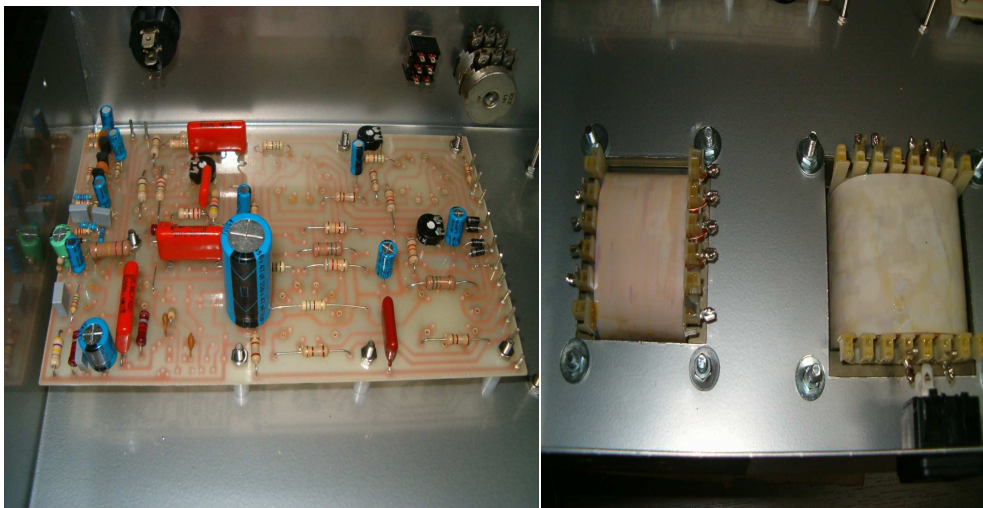
Εικόνα 8



Εικόνα 9



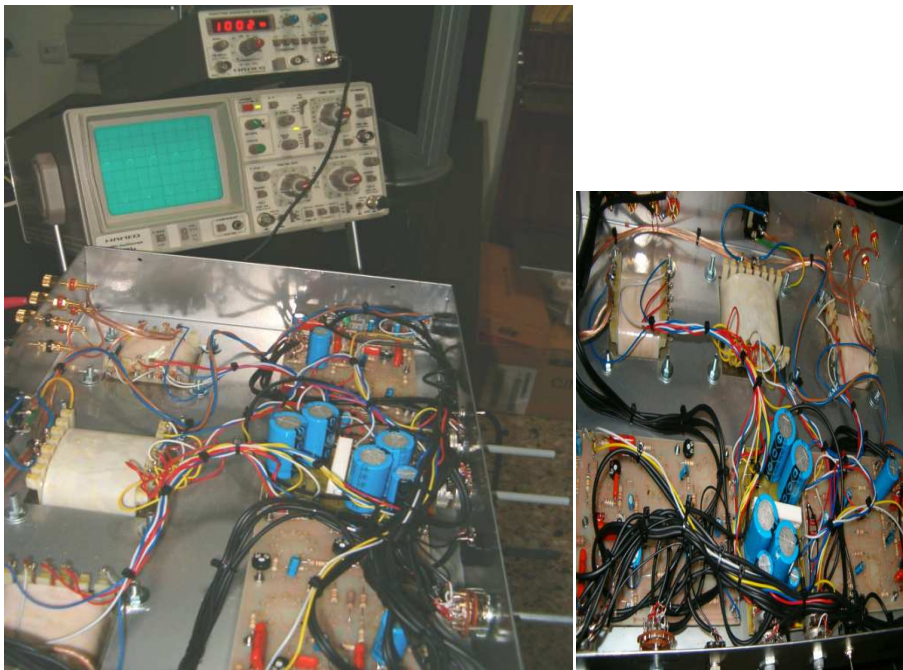
Εικόνα 10



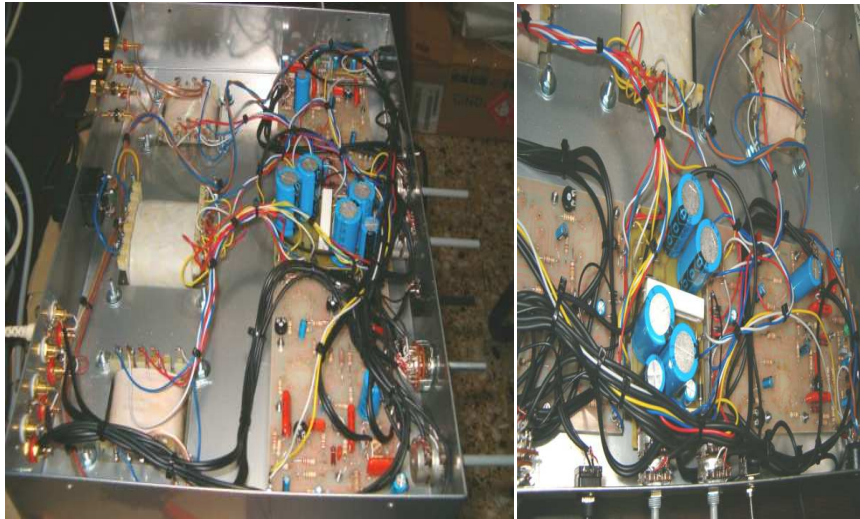
Εικόνα 11,12



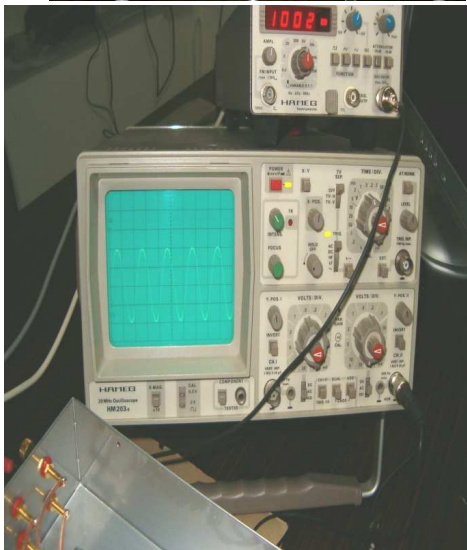
Εικόνα 13



Εικόνα 14,15

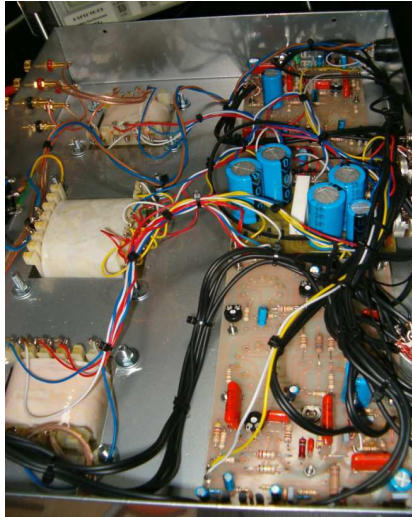
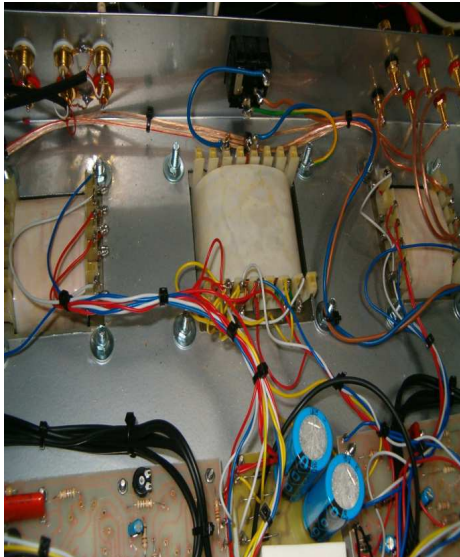


Εικόνα 16,17



ri

Εικόνα 18,19,20



Εικόνα 21,22,23,24

Z1.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ (Ανδρέα β. Ζερβάκου)
3η έκδοση. 1985 ΣΕΤΤΗΛ
2. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ (Charles A.Schuler) 5η έκδοση
(ISBN 960-8050-41-3)
3. ΗΧΟΤΕΧΝΙΑ (Κων/νου Κουλούρη & Αντώνη Πετρίδη) Τόμος 2. 2003: Εκδόσεις
''ΙΩΝ'' (ISBN 960-405-366-3set) (960-405-368-X)
4. ΒΑΣΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ (Albert Paul Malvino) 4η έκδοση.1999: (ISBN 960-
7219-12-1) 5
5. ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ELECTRONICS CIRCUITS, τεύχος 4^ο.

Προμήθεια Υλικών

Τυπωμένα κυκλώματα

Βιοτεχνία τυπωμένων κυκλωμάτων Καίσαρης.
Διεύθυνση: Στυλιανού Γονατά 48 - Περιστερί/ Αθήνα
Τ.Κ. 12133

Μικροϋλικά - εξαρτήματα

Φανός Ηλεκτρονικά
Διεύθυνση: Σολωμού 39 - Αθήνα
Τ.Κ. 10682

Σασί - Μετασχηματιστές

Μπουριώτης Ηλεκτρονικά
Διεύθυνση: Γλάδστωνος 5 - Πλατεία Κάνιγγος
Αθήνα
Τ.κ: 10677

Λοχνίες

Μπουριώτης Ηλεκτρονικά
Διεύθυνση: Γλάδστωνος 5 - Πλατεία Κάνιγγος
Αθήνα
Τ.κ: 10677

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Τελειώνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους βοήθησαν στην πραγματοποίηση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

1. Τον κ. Πιοτογιαννάκη Στέλιο ΕΤΠ του τμήματος μου για τις πολύτιμες συμβουλές του και την πολύ καλή συνεργασία μας για την διεκπεραίωση της εργασίας μου.
2. Το κ. Χρήστου Χρήστο Προϊστάμενο του τμήματος μου που μου ανέθεσε την παραπάνω εργασία και για την βοήθεια του.
3. Το Ανώτατο εκπαιδευτικό ίδρυμα του τμήματος μουσικής τεχνολογίας και ακουστικής και όσους εργάζονται σε αυτό για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν όλα αυτά τα χρόνια.
4. Τους γονείς μου που στάθηκαν δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια στις σπουδές μου.