



**ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΥ  
ΣΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΛΥΧΝΙΑ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΧΡΗΣΤΟΥ ΧΡΗΣΤΟΣ  
ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΠΟΛΥΧΡΟΝΑΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ (ΑΜ277)

## Περίληψη

Οι ενισχυτές ακουστικών συχνοτήτων αποτελούν ένα πολύ μεγάλο κεφάλαιο στο κόσμο της ηλεκτρονικής και απασχολεί 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 αφορά την κατασκευή ενισχυτή με διπλή τρίοδος λυχνία με σκοπό την ανάλυση του. Για να καταστεί αυτό δυνατόν υλοποίησα μια ηλεκτρονική συσκευή η οποία αποτελείται από την πηγή(τροφοδοτικό), και των ενισχυτή με λυχνία.

Στη συνεχεία σχεδίασα το κύκλωμα και κατασκεύασα την πλακέτα και το εξωτερικό περίβλημα που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του ενισχυτή, έπειτα προχώρησα στην πραγματοποίηση μετρήσεων για την απόδοση του. Παραθέτοντας αναλυτικά και τα τελικά συμπεράσματα μου.

### **ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ**

Ενισχυτής, Πλέγμα, Λυχνία, Συχνότητα, Αντίσταση, Αρμονική παραμόρφωση, κάθοδος



# 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 with different applications. The following paper is about the construction of a double triode tube audio amplifier in order to analyze its characteristics. For this purpose

I constructed an electronic circuit consisting of the tube amplifier with the power supply. Furthermore, I constructed the casing of the amplifier. After that, I proceeded to the measurements of the amplifier's characteristics.

## **KEYWORDS:**

Amplifier, grid, plate, tube, power supply, harmonics.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....</b>	<b>2-4</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>5</b>
<b>1. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ</b>	
1.1 Ακουστική .....	6
1.2 Τι είναι οι Ενισχυτές κατηγορίες πηγές συστήματα ήχου.....	7
1.3 Τι είναι τα ηχεία κατηγορίες.....	10
1.4 Γραμμές μεταφοράς.....	12
1.5 Ακουστικά.....	13-16
1.6 Χαρακτηριστικά μεγέθη ενισχυτών.....	17
1.7 Τάξεις λειτουργίας (Τάξη Α, Τάξη Β, Τάξη C).....	20-22
<b>2. ΛΥΧΝΙΕΣ.....</b>	<b>23</b>
2.1 Συνοπτικά για τις λυχνίες .....	23-25
2.2 Σύγκριση τρανζίστορ με λυχνίες.....	25-26
<b>3. ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΑ.....</b>	<b>27</b>
3.1 Κυκλώματα ανορθωτών.....	28
3.2 Φίλτρα.....	30
<b>4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΙΣΧΥΤΗ ΜΕ ΛΥΧΝΙΑ.....</b>	<b>33</b>
4.1 Σχέδιο και υλικά κατασκευής.....	33-35
4.2 Κατασκευή.....	36
4.3 Στάδια υλοποίησης.....	36-43

4.4 Ανάλυση του κυκλώματος τρόπος λειτουργίας επιλογή υλικών.....	44-47
4.5 Δόκιμη του ενισχυτή με λυχνία αποτελέσματα μετρήσεων.....	48-63
4.5.1 Συχνотική απόκριση ενισχυτή.....	48
4.5.2 Μεγίστη ισχύος ενισχυτή εξόδου.....	52
4.5.3 Crosstalk.....	53
4.5.4 Αρμονική παραμόρφωση.....	56
4.5.5 SNR Σήμα προς θόρυβο.....	60
Συνοπτικά χαρακτηριστικά του ενισχυτή.....	63
<b>5. ΕΠΙΛΟΓΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>64</b>
<b>6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – WEBGRAPHY.....</b>	<b>65</b>

## Εισαγωγή

Ενισχυτής ονομάζεται η ηλεκτρική ή ηλεκτρονική συσκευή που ενισχύει το ηλεκτρικό σήμα. Το σήμα εξόδου μπορεί να είναι η ίδια ή διαφορετική κυματομορφή, αλλά σίγουρα το πλάτος του σήματος εξόδου θα είναι ενισχυμένο. Οι ενισχυτές μπορούν να κατασκευαστούν είτε με λυχνίες, είτε με στοιχεία στερεάς κατάστασης (τρανζίστορ,μοσφет,τελεστικούς κ.τ.λ.).

Οι λυχνίες είναι ουσιαστικά απαρχαιωμένης τεχνολογίας για τη σημερινή εποχή των ενισχυτών. Από την μέρα ύπαρξης του πρώτου τρανζίστορ ως ενισχυτικής μονάδας, ξεκίνησαν οι αντιπαραθέσεις μεταξύ των υπερασπιστών της λυχνίας και αυτών των διπολικών ημιαγωγών. Οι αιτίες είναι πολλές συμπεριλαμβανομένης και της συναισθηματικής. Η κατασκευή των τρανζίστορ ήταν επιτακτική ανάγκη της εποχής. Αυτό προκύπτει από τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι λυχνίες, όπως είναι το μέγεθος τους, η υπερβολικά μεγάλη κατανάλωση ισχύος, η ευθραυστότητα τους, η μικρή διάρκεια ζωής και άλλα προβλήματα που θα παρουσιάσω στην εργασία μου παρακάτω. Αναμενόμενο ήταν λοιπόν στον 20ο αιώνα όπου όλα γίνονται μέσα σε μικρές κλίμακες όγκου και καταναλώσεις ισχύος ( και από οικολογικής άποψης ), οι βιομηχανίες να ζητούν αντικαταστάτες της λυχνίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

### 1.1 Ακουστική (γενικά).

Η ακουστική είναι η επιστήμη της συμπεριφοράς των ηχητικών κυμάτων. Μελετά την παραγωγή , διάδοση , και τη λήψη των εν λόγω κυμάτων από το ανθρώπινο αυτί.

### Συστήματα ήχου

Παρακάτω βλέπουμε ένα βασικό ηχητικό σύστημα το οποίο απαρτίζεται από:

1.Την πηγή (CD player)

2.Τον προενισχυτή

3.Τον τελικό ενισχυτή (ισχύος)



Εικ 1.1.2

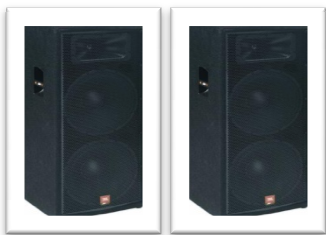


Εικ 1.1.3



Εικ 1.1.4

4. Τα ηχεία



Εικ 1.1.5

5. Τις γραμμές μεταφοράς (καλώδια)



Εικ 1.1.6

6. Σύστημα αναπαραγωγής stereo ( hi-fi)



Εικ 1.1.7

7. Ακουστικά



Εικ 1.1.8

## 1.2 Πηγές σήματος ήχου(ενισχυτές)

Στην περίπτωση της εικόνας 1.1.2, πρόκειται για μια συσκευή αναπαραγωγής ψηφιακών δίσκων (cd). Στη θέση αυτής θα μπορούσε να είναι κάποια άλλη συσκευή όπως ένα μικρόφωνο, ένα DVD-player.

### **Προενισχυτής (preamplifier).**

Είναι η συσκευή που αναλαμβάνει να φέρει το σήμα από την πηγή σε τέτοιο επίπεδο ώστε να μπορεί να επεξεργαστεί αξιόπιστα από τον τελικό ενισχυτή. Η πηγή, εκτός του ότι δίνει ένα ασθενές σήμα, η αντίσταση εξόδου της απέχει πολύ από την τιμή της αντίστασης εισόδου του τελικού ενισχυτή, πράγμα που απαγορεύει την απ' ευθείας σύνδεση των συσκευών αυτών.

Εκτός όμως από την προσαρμογή της αντίστασης εισόδου-εξόδου, ο προενισχυτής έχει κύριο σκοπό τον έλεγχο της έντασης του ήχου που θα ακούγεται τελικά από τα ηχεία, μιας και ο τελικός ενισχυτής κατά κανόνα δεν διαθέτει τέτοια λειτουργία ή αν διαθέτει δεν θα είναι ίσως εύκολα προσβάσιμη αν αυτός βρίσκεται μακριά από τις υπόλοιπες συσκευές του συστήματος ( επαγγελματικά συστήματα ). Είναι πολύ πιθανό, εκτός από τα παραπάνω, ο προενισχυτής να διαθέτει συστήματα επεξεργασίας και βελτίωσης του ήχου.

Ένα από αυτά είναι ο γραφικός ισοσταθμιστής (graphic equalizer).



Εικ 1.2.1

Διαθέτει φίλτρα που μας επιτρέπει να ρυθμίσουμε χωριστά την ενίσχυση σε περιοχές ακουστικών συχνοτήτων (bands). Οι περισσότεροι προενισχυτές διαθέτουν επιλογή ενίσχυσης χαμηλών συχνοτήτων (bass) και υψηλών συχνοτήτων (treble). Τέλος, ένας προενισχυτής διαθέτει επιλογή για την ενεργοποίηση της επιθυμητής συσκευής αναπαραγωγής ή παραγωγής (αν πρόκειται για μικρόφωνο) ήχου, αφού κάθε ένας από αυτούς διαθέτει διαφορετική αντίσταση εξόδου και πρέπει να συνδεθεί στην αντίστοιχη, κατάλληλη για αυτή, είσοδο του προενισχυτή.



Ιδιομορφία παρουσιάζει ο προενισχυτής τύπου μίκτη (sound mixer). Σε αυτόν, αντί για τον επιλογέα της πηγής, υπάρχουν ποτενσιόμετρα κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχεί σε μια πηγή που είναι συνδεδεμένη στον μίκτη. Από τα ποτενσιόμετρα αυτά ορίζουμε το κατά πόσο συμβάλει η κάθε πηγή στο αποτέλεσμα στην έξοδο.

Οι μίκτες χρησιμοποιούνται συνήθως για επαγγελματικές εφαρμογές όπως σε studios, ραδιοφωνικούς σταθμούς, συναυλίες κ.α.



Εικ 1.2.2. Προενισχυτής τύπου μίκτη (sound mixer).

**Ενισχυτές ήχου.** (Τι είναι ενισχυτής ήχου)

Η διάταξη, που στην είσοδό της δέχεται ένα σήμα ακουστικής συχνότητας (20Hz έως 20KHz) και στην έξοδό της παρέχει ένα άλλο σήμα με πολύ μεγαλύτερο κατ' αρχήν πλάτος και ίδια ή ανάλογα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του προς το σήμα εισόδου, ονομάζεται ενισχυτής ακουστικών συχνοτήτων ή ενισχυτής ήχου (audio amplifier).

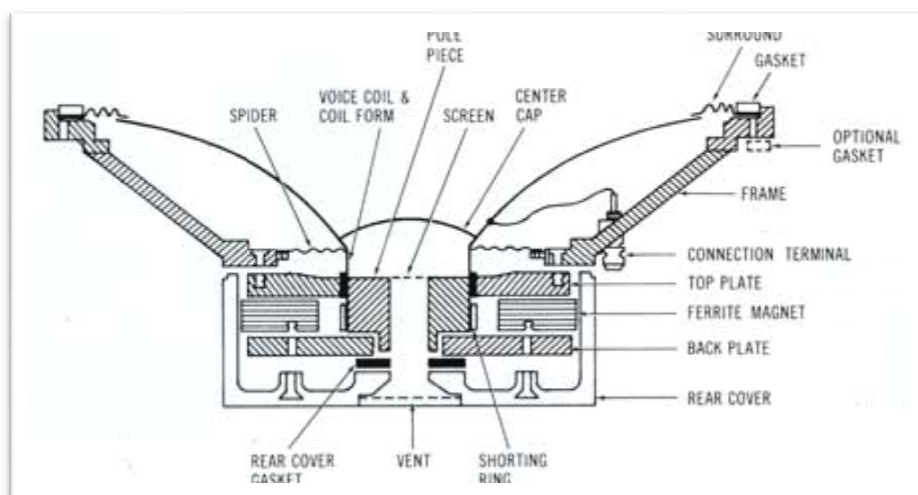


Εικ 1.2.3. Τελικός ενισχυτής ισχύος (power amplifier).

Ο ρόλος του είναι να ενισχύει το εναλλασσόμενο ηλεκτρικό σήμα του ήχου που δέχεται στην είσοδό του, χωρίς όμως να το αλλοιώσει. Η ενίσχυση αυτή κρίνεται απαραίτητη επειδή το ασθενές σήμα δεν είναι ικανό να διεγείρει ένα ηχείο. Από το πόσο «δυνατός» είναι ο τελικός ενισχυτής εξαρτάται και το πόσο δυνατά θα ακούμε τον ήχο. Ακόμα, όσο πιο

ισχυρός είναι, τόσο μεγαλώνουν οι διαστάσεις του, το βάρος του αλλά και οι απαιτήσεις του σε ισχύ. Έτσι, ανάλογα με την εφαρμογή, συναντάμε ενισχυτές ισχύος διαφόρων μεγεθών. Οι περισσότεροι οικιακοί ενισχυτές ήχου ενσωματώνουν στην ίδια συσκευή προενισχυτή και τελικό ενισχυτή. Οι ενισχυτές αυτοί ονομάζονται ολοκληρωμένοι ενισχυτές (hi-fi).

### 1.3 Μεγάφωνα και ηχεία



Εικ 1.3.1 : Τα μέρη και το εσωτερικό σε ένα τυπικό μεγάφωνο.



α)



β)



γ)

Εικ 1.3.2: α) Μεγάφωνο τύπου woofer

β) tweeter

γ) κόρνα υψηλών συχνοτήτων.

Το μεγάφωνο είναι μια ηλεκτρομηχανική διάταξη της οποίας σκοπός είναι να μετατρέψει το ηλεκτρικό σήμα που έρχεται από τον ενισχυτή σε ωστικά κύματα του αέρα, τα οποία το αυτί μας αντιλαμβάνεται σαν ήχο. Όταν το ρεύμα του ενισχυτή ρέει μέσα στο πηνίο φωνής (voice coil), αυτό παράγει ένα μαγνητικό πεδίο που αλληλεπιδρά με αυτό του μόνιμου μαγνήτη (magnet). Έτσι υποχρεώνεται το πηνίο σε κίνηση μαζί με τον κώνο, ή διάφραγμα (diaphragm), αφού τα δυο αυτά είναι σταθερά ενωμένα μεταξύ τους. Το πόσο θα μετατοπιστεί ο κώνος και σε ποια κατεύθυνση εξαρτάται από την ένταση και την πολικότητα αντίστοιχα, του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο. Ένα μεγάφωνο δεν μπορεί να αναπαράγει όλες τις ακουστικές συχνότητες το ίδιο αξιόπιστα. Κάθε ένα από αυτά χαρακτηρίζεται από μια καμπύλη απόκρισης συχνοτήτων, η οποία βρίσκεται μέσα στο ακουστικό φάσμα αλλά δεν δείχνει την ίδια απόδοση για όλο αυτό το φάσμα. Έτσι έχουμε μεγάφωνα χαμηλών συχνοτήτων (woofer), μεσαίων συχνοτήτων (midrange), υψηλών συχνοτήτων (tweeter) και τις παραλλαγές τους.

Συνήθως, τα μεγάφωνα στηρίζονται σε κλειστά κουτιά τα οποία φιλοξενούν δύο, τρεις ή περισσότερους τύπους μεγάλων (δυο, τριών κλπ. δρόμων), ώστε να επιτυγχάνεται καλύτερο ακουστικό αποτέλεσμα. Τα κουτιά αυτά ονομάζονται ηχεία και τα βρίσκουμε σε διάφορα μεγέθη ανάλογα με τη χρήση τους.



Εικ 1.3.3: Ηχεία (πίσω και μπροστά όψη)

## 1.4. Γραμμές μεταφοράς



Εικ. 1.4.1: Το εσωτερικό καλωδίου ασθενών σημάτων.

Τα ασθενή σήματα του ήχου είναι πολύ ευαίσθητα στις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και γενικότερα στο θόρυβο. Τα καλώδια που μεταφέρουν αυτά τα σήματα είναι ομοαξονικά, καμιά φορά με διπλή θωράκιση, ενώ σαν κατασκευές είναι πολύ εύκαμπτα.



Εικ 1.4.2: Καλώδια ασθενών σημάτων με βύσματα τύπου RCA.

Οι τελικοί ενισχυτές παρέχουν αρκετό ρεύμα στα ηχεία. Πρέπει λοιπόν τα καλώδια που μεταφέρουν τα ισχυρά σήματα να είναι μεγάλης διατομής και από εξαιρετικά αγωγίμο υλικό, ώστε η αντίστασή τους να μειωθεί στο ελάχιστο και μαζί με αυτήν οι απώλειες στα καλώδια. Εξίσου σημαντικά για μια καλή ποιότητα στον ήχο είναι τα σημεία σύνδεσης των καλωδίων. Αυτά είναι κατασκευασμένα από υλικά που εκτός του ότι έχουν πολύ μικρή αντίσταση, είναι ανθεκτικά στην υγρασία και στις συνέπειες από την πάροδο του χρόνου. Επίσης, αντέχουν στις καταπονήσεις από τριβές όταν συνδέουμε και αποσυνδέουμε καλώδια. Έτσι πολύ συνηθισμένα είναι τα επίχρυσα βύσματα και οι ακροδέκτες.



Εικ 1.4.3: Καλώδια χαλκού ισχυρών σημάτων.

## 1.5 ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ(ear-phones)

Στα περασμένα χρόνια τα γνωστά μας ακουστικά ήταν ιδιαίτερα μεγάλα, ωστόσο αυτό διαφοροποιήθηκε με την έλευση των walkman. Τα νέα προϊόντα άρχιζαν να παίρνουν ολοένα και πιο μικρό σχήμα, φτάνοντας εντέλει στις γνωστές μας «ψείρες». Αυτό σημαίνει πρακτικά ότι υπάρχουν τόσο τα μικρά, ακουστικά, χωρίς αυτό να σταματάει την κυκλοφορία του παλιού είδους, γι' αυτούς που θέλουν κάποια άλλη λύση. Αξίζει να δούμε κάποια είδη ακουστικών μιας και ο ενισχυτής που έχουμε κατασκευάσει είναι ιδανικός για ακουστικά.

### Ακουστικά «ψείρες»



Εικ. 1.5.1

Αρχικά, υπάρχουν τα ακουστικά που μπαίνουν μέσα στο αυτί και γίνονται ένα με αυτό.

### **Sport ακουστικά**



Εικ.1.5.2

Στο ίδιο μήκος «κύματος» είναι και η sport κατηγορία των «εσωτερικών» ακουστικών. Είναι πιο πολύ μέσα στην μόδα, στο τελειώμά τους είναι κάθετα, γεγονός που τα κάνει πιο σταθερά στην εφαρμογή τους.

### **Ακουστικά από άλλη... εποχή**

Τα πιο μεγάλα ακουστικά καλύπτουν μεγάλη επιφάνεια του αυτιού, αλλά εξωτερικά. Φέρνουν πολύ στα ακουστικά της παλιάς... εποχής. Σίγουρα τα αυτιά μας θα είναι αρκετά πιο ξεκούραστα, ενώ ο ήχος θα σας ανταμείψει, αφού ακόμη και το μπάσο είναι ιδιαίτερα δυναμικό. Μπορείτε να αυξομειώσετε το μέγεθός τους, την απόσταση των δύο ακουστικών, φέρνοντάς τα στα δικά σας μέτρα. Σίγουρα, στα αρνητικά τους συγκαταλέγεται το γεγονός ότι δεν μπορούν να «εξαλείψουν» τους εξωτερικούς θορύβους. Επίσης, δεν είναι άνετα.

### **Full size ακουστικά**





Εικ.1.5.3

Στο ίδιο «περιβάλλον» υπάρχει ακόμη μία κατηγορία, αυτή των full size ακουστικών, τα οποία έχουν μορφή μεγάλων ακουστικών. Διαθέτουν παραπάνω από αξιόλογη ακουστική αφού το μέγεθός τους προσφέρει πλούσιο ήχο.

### **Λειτουργία antinoise**

Κάποια ακουστικά επιτυγχάνουν να μειώσουν αρκετά το θόρυβο στα αυτιά μας, υποστηρίζοντας λειτουργία antinoise (φύσημα, θόρυβο). Έτσι, δεν χρειάζεται πάντα να ανεβάσουμε την ένταση της μουσικής που ακούμε, προκειμένου να καλύψουμε τους εξωτερικούς θορύβους, γεμίζοντας με «κούραση» τα αυτιά μας.

Δεν καταφέρνουν πάντα να τον «εξαφανίσουν», ωστόσο τα πιο καλά μοντέλα μειώνουν αισθητά, «φύσημα».

### **Ισοστάθμιση ήχου**

Σημαντικό ρόλο παίζει και η ισοστάθμιση του ήχου που καλύπτουν πολλά ακουστικά, καθώς καταφέρνουν να μπλοκάρουν τον εξωτερικό θόρυβο, φτάνοντας στο ίδιο επίπεδο με την «απορρόφηση» του θορύβου των τηλεφώνων. Μάλιστα, αυτού του σχεδιασμού τα ακουστικά δεν χρειάζονται μπαταρίες και δεν προκαλούν καμία πίεση στα τύμπανα του αυτιού.

### **Στερεοφωνικός ήχος και surround effects**

Μερικά μοντέλα δημιουργούν ηλεκτρονικά surround effects, έτσι ώστε να προσφέρουν καλύτερο στερεοφωνικό ήχο, δίνοντας την καλύτερη δυνατή απόδοση. Χαρακτηριστικό είναι ότι μερικά ακουστικά περιλαμβάνουν πολλαπλά ηχεία, ώστε να δημιουργούν ακόμη πιο υψηλό αποτέλεσμα.

## Ακουστικά με Dolby επεξεργαστή



Εικ.1.5.4

Υπάρχει και ο Dolby επεξεργαστής surround ήχου που συνθέτει πολυκάναλα εφέ, δημιουργώντας έτσι surround αποτέλεσμα, δηλαδή Dolby Surround μπορεί να αποδοθεί ως "περιβάλλον ήχος Dolby" να χαρακτηρίζει ένα τεχνικό σύστημα, το οποίο παρέχει ρεαλιστικό ήχο κατά την παρακολούθηση κινηματογραφικών ταινιών ή βίντεο. Τα στερεοφωνικά κανάλια κωδικοποιούνται με το Dolby Surround και διαχέονται μέσω ηχείων Surround στο χώρο γύρω από τους τηλεθεατές, έτσι ώστε να τους δίνει την εντύπωση πως βρίσκονται στο σημείο δράσης της ταινίας. Στα ακουστικά μας έχουμε τέτοια ψευδαίσθηση ακουστικής.

### **Διαδικτυακή συνομιλία, όπως λέμε... Skype**

Φυσικά, υπάρχουν και τα ακουστικά επικοινωνίας, τα οποία αφορούν χρήστες που ασχολούνται με παιχνίδια, με ηχητική καταγραφή κειμένου ή μιλούν μέσω internet, μέσω προγραμμάτων όπως π.χ. το Skype. Ο εξελιγμένος τρόπος επικοινωνίας είτε σε ατομικό είτε σε επαγγελματικό επίπεδο περιλαμβάνει τα ακουστικά που έχουν ενσωματωμένο μικρόφωνο, προσφέροντας μία ολοκληρωμένη λύση.

### **Ασύρματα ακουστικά**



Εικ.1.5.5

Δεν θα μπορούσαν να λείπουν και τα ασύρματα ακουστικά, τα οποία έχουν αρχίσει να κυκλοφορούν ευρέως τον τελευταίο καιρό. Καλύπτουν υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας και ποιότητας, ενώ συνοδεύονται από μία αντίστοιχη βάση με την οποία επικοινωνούν. Τα ασύρματα ακουστικά λειτουργούν είτε μέσω υπερύθρων είτε μέσω ραδιοσυχνότητας.

Τα ακουστικά κατασκευάζονται σε τρεις τύπους:

- 1) Μαγνητικά
- 2) Δυναμικά
- 3) Κρυσταλλικά.

Ο τρόπος λειτουργίας τους δεν διαφέρει σε κάτι από τα μεγάφωνα αντίστοιχα.

## **1.6. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ.**

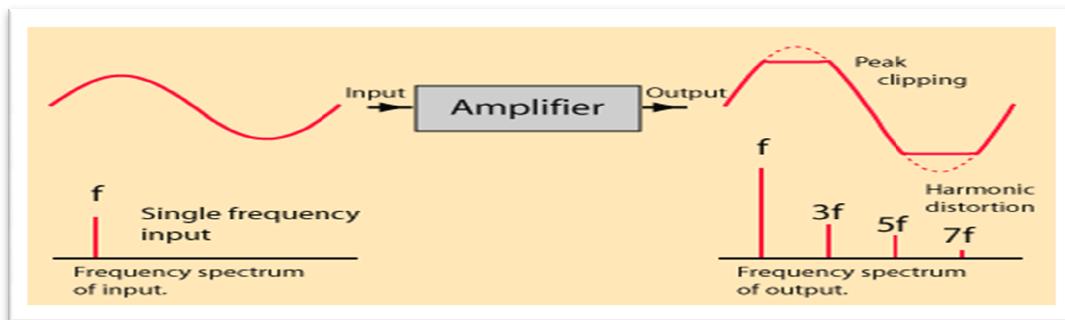
Οι ενισχυτές ισχύος χαρακτηρίζονται από κάποια μεγέθη, σύμφωνα με τα οποία μπορούμε να αντιληφθούμε την ποιότητα και την εφαρμογή του κάθε ενισχυτή. Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι τα παρακάτω:

- **Μέγιστη ισχύς εξόδου (Total Output Power):**

Όπως καταλαβαίνουμε από το όνομα, πρόκειται για την μέγιστη ισχύ που μπορεί να δώσει στην έξοδο του ένας ενισχυτής. Στην πραγματικότητα μιλάμε για το ρεύμα που είναι σε θέση να δώσει ο ενισχυτής πάνω σε συγκεκριμένο φορτίο, χωρίς αυτός να κινδυνεύει από υπερθέρμανση, και να δημιουργήσει παραμόρφωση στο σήμα.

- **Ολική Αρμονική Παραμόρφωση (Total Harmonic Distortion ή THD):**

Όταν τροφοδοτούμε ένα σήμα σε έναν ενισχυτή, θέλουμε οι διακυμάνσεις της κυματομορφής εξόδου να είναι ταυτόσημες με αυτές της κυματομορφής εισόδου. Κάθε αλλαγή στην κυματομορφή θεωρείται παραμόρφωση και είναι προφανώς ανεπιθύμητη. Η THD είναι μία έκφραση του κατά πόσο έχει παραμορφωθεί το σήμα εισόδου στην έξοδο του ενισχυτή, λόγω της εισαγωγής ανεπιθύμητων συχνοτήτων που είναι πολλαπλάσια της βασικής συχνότητας.



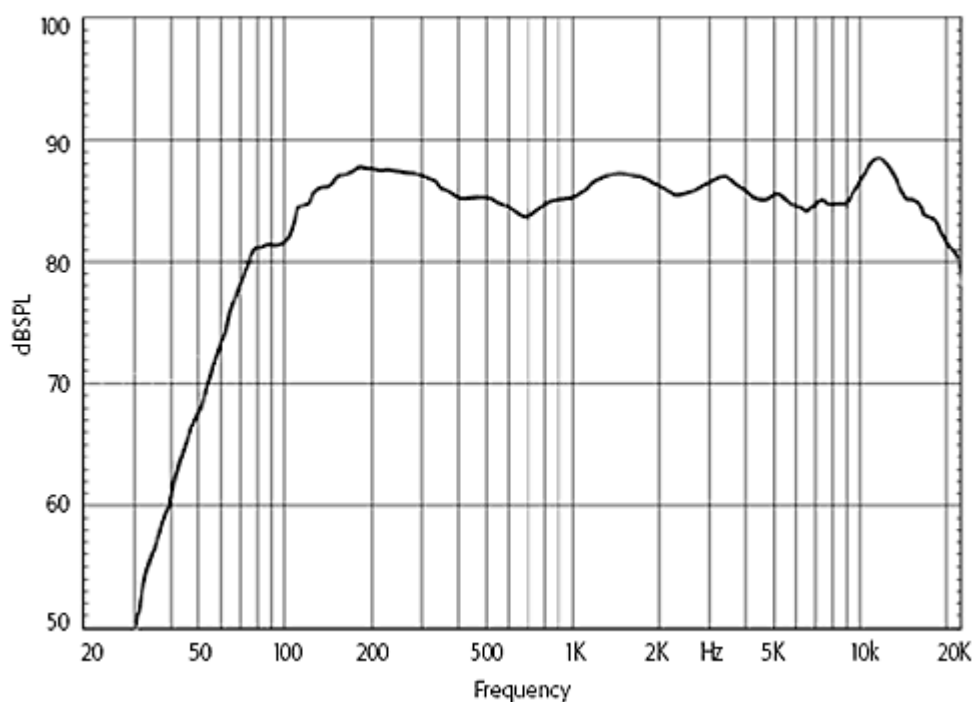
Εικ 1.6.1: Καθαρό ημίτονο με ψαλιδισμό στην έξοδο

Στην εικόνα φαίνεται καταρχήν ένα καθαρό ημίτονο το οποίο στην έξοδο έχει υποστεί ψαλιδισμό, λόγω μη γραμμικότητας των στοιχείων του ενισχυτή. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργηθούν περιττές αρμονικές συχνότητες, μιας και το σήμα εξόδου μοιάζει περισσότερο με τετραγωνικό παλμό παρά με ημίτονο. Η συχνότητα ενισχύεται αλλά παράγονται αρμονικές.

Η THD μετριέται σε ποσοστό επί τοις εκατό ενώ για ένα ενισχυτή hi-fi έχει τιμή πολύ μικρότερη του 1%. Ένας ιδανικός ενισχυτής έχει THD=0%. ( επί της ουσίας δεν υπάρχει ιδανικός ενισχυτής).

- **Απόκριση συχνοτήτων (Frequency Response):**

Δείχνει το κατά πόσο ο ενισχυτής είναι ικανός να ενισχύσει το ίδιο όλες τις συχνότητες του ακουστικού φάσματος. Συνήθως τη συναντάμε σαν μία καμπύλη, όπου στον οριζόντιο άξονα υπάρχει η συχνότητα και στον κάθετο η ενίσχυση. Στην ιδανική περίπτωση η καμπύλη αυτή πρέπει να είναι επίπεδη για την περιοχή 5Hz έως 25KHz.



Εικ 1.6.2: Καμπύλη απόκρισης συχνοτήτων από ενισχυτή.

- **Εναισθησία εισόδου (Input Sensitivity):**

Η στάθμη του σήματος που απαιτείται στην είσοδο του ενισχυτή ώστε αυτός να αναπτύξει πλήρη ισχύ στην έξοδό του. Αυτό εξαρτάται από την απολαβή (gain) και την ολική ισχύ του ενισχυτή.

- **Απόδοση ισχύος (power efficiency):**

Ορίζεται σαν το λόγο της ηλεκτρικής ισχύος που παρέχεται στο ηχείο από τον ενισχυτή προς την ισχύ που απορροφά ο ενισχυτής από το τροφοδοτικό (%).

- **SNR( SIGNAL NOISE RATIO):**

Σήματος-προς-θόρυβο (SNR συντομογραφία συχνά ή S/N) είναι ένα μέτρο που χρησιμοποιείται στην επιστήμη και τη μηχανική που συγκρίνει το επίπεδο ενός επιθυμητού σήματος προς το επίπεδο του θορύβου. Οορίζεται ως ο λόγος, της ισχύος του σήματος προς την ισχύ του θορύβου. Μια αναλογία μεγαλύτερη από 1:1 δείχνει περισσότερο σήμα από το θόρυβο.

- **Σύνθετη αντίσταση εξόδου:**

Για να εξασφαλίσουμε στις συνδέσεις μας μέγιστη μεταφορά ισχύος πρέπει να γνωρίζουμε τις σύνθετες αντιστάσεις εισόδων και εξόδων των διατάξεων που χρησιμοποιούμε. Η σύνθετη αντίσταση βλέπει μια διάταξη όταν συνδέεται με την συσκευή μας και δηλώνει την ισχύ που θα αποδοθεί στη συσκευή. Η σύνθετη αντίσταση εξόδου συνδέεται σε σειρά με το φορτίο στην έξοδο και το μέγεθος της δηλώνει την ευκολία με την οποία βγαίνει το σήμα στην έξοδο. Η μέτρηση της αντίστασης εξόδου βασίζεται στην απλή εφαρμογή του διαιρέτη τάσης. Δίνουμε ένα σήμα στην είσοδο και μετράμε την τάση στην έξοδο χωρίς φορτίο ή με πολύ μεγάλο φορτίο που να θεωρείται μηδενικό. Έπειτα μειώνουμε το φορτίο έτσι ώστε η τάση στην έξοδο της διάταξης να γίνει μισή από την αρχική. Μετράμε την αντίσταση για αυτή την περίπτωση, η τιμή της είναι ίση με το  $Z_{out}$  όπου ( Σύνθετη αντίσταση εξόδου).

## 1.7. ΤΑΞΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ

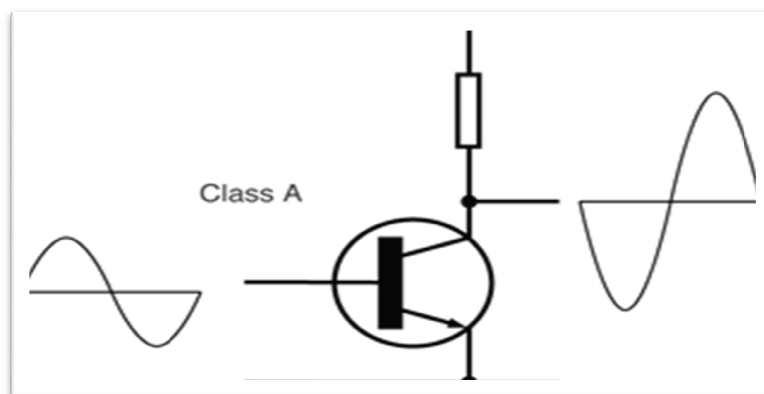
Πολύ σημαντική είναι η ταξινόμηση των ενισχυτών σε σχέση με την τάξη λειτουργίας τους. Η τάξη λειτουργίας στην οποία δουλεύει ένας ενισχυτής μας δίνει αμέσως πολλές



πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά του. Γι' αυτό άλλωστε είναι το πρώτο χαρακτηριστικό που διαβάζουμε στην περιγραφή ενός ενισχυτή. Τα κυκλώματα ενισχυτών ισχύος (βαθμίδες εξόδου) ταξινομούνται ως : A, B, AB και C για τους αναλογικούς ενισχυτές με τους οποίους θα ασχοληθούμε και D και E για τους ενισχυτές switching. Η ταξινόμηση γίνεται με βάση την γωνία αγωγής  $\theta$  του σήματος εξόδου μέσω της ενισχυτικής βαθμίδας που είναι το μέρος του κύκλου του σήματος εισόδου κατά τη διάρκεια του οποίου αυτή είναι σε αγωγή. Οι διάφορες τάξεις λειτουργίας παρουσιάζονται παρακάτω.

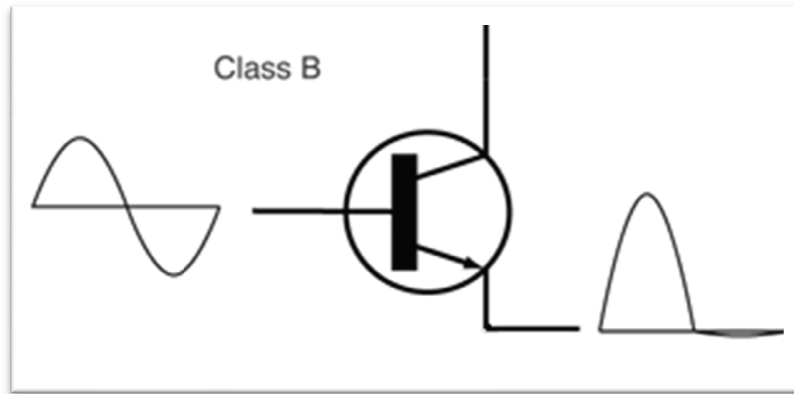
## Τάξη A

Οι ενισχυτικές διατάξεις τάξης A λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου εισόδου έτσι ώστε το σήμα εξόδου να είναι ένα ακριβές αντίγραφο της εισόδου χωρίς παραμόρφωση. Τάξης A είναι συνήθως οι ενισχυτές μικρών σημάτων. Σε ένα κύκλωμα τάξης A το στοιχείο ενίσχυσης πολώνεται με τρόπο ώστε η συσκευή να άγει συνεχώς. είναι και ο λόγος της πολύ χαμηλής της απόδοσης. Αν απαιτηθεί μεγάλη ισχύς στην έξοδο του ενισχυτή η κατανάλωση ισχύος θα είναι πολύ σημαντική. Για κάθε ένα watt που πηγαίνει στο φορτίο (μεγάφωνο), ο ίδιος ο ενισχυτής καταναλώνει στην καλύτερη περίπτωση άλλο ένα! Η κατανάλωση σε ισχύ είναι ανεξάρτητη της ισχύος στην έξοδο. Σε κατάσταση ηρεμίας η κατανάλωση είναι περίπου η ίδια με αυτή σε πλήρη ένταση ήχου. Για μεγάλες κατασκευές αυτό σημαίνει ακριβά και ογκώδη τροφοδοτικά και ψήκτρες.



Εικ 1.7.1: Η τάξη A

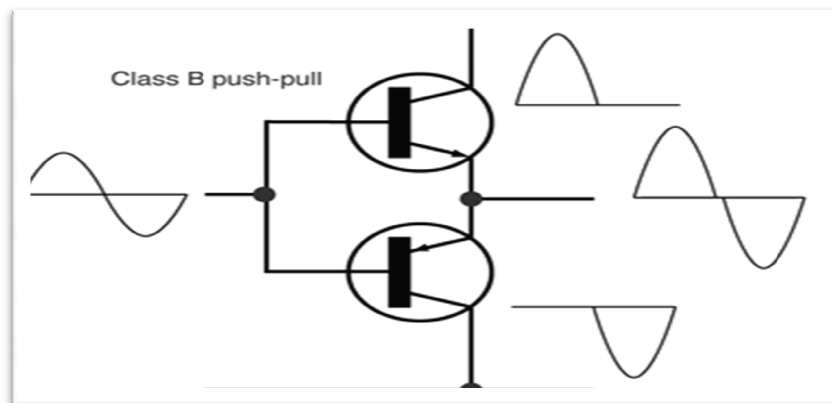
## Τάξη B και AB



Εικ 1.7.2: Η τάξη B

Οι ενισχυτές τάξης B ενισχύουν μόνο το μισό κύκλο του σήματος εισόδου και αποκόπτουν το άλλο μισό. Έτσι παράγουν πάρα πολύ παραμόρφωση αλλά η απόδοση ισχύος τους είναι κατά πολύ βελτιωμένη από αυτήν της τάξης A. Η τάξη B έχει μια μέγιστη θεωρητική απόδοση περίπου 78.5%. Αυτό συμβαίνει γιατί το στοιχείο ενίσχυσης δεν άγει και τελικά «σβήνει» κατά το μισό χρόνο. (Έτσι δεν καταναλώνει ενέργεια).

Ένα πρακτικό κύκλωμα που χρησιμοποιεί στοιχεία τάξης B είναι το συμπληρωματικό ζεύγος σε διάταξη push-pull. Εδώ δύο συμπληρωματικά στοιχεία χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν το κάθε ένα από αυτά το άλλο μισό του σήματος εισόδου το οποίο ανασυντίθεται στην έξοδο για να πάρουμε ολόκληρο το αρχικό σήμα.

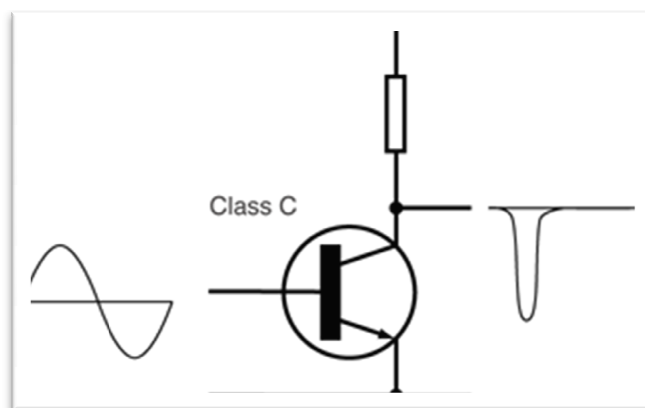


Εικ1.7.3: Ενισχυτής Push-Pull τάξης B

Τα κυκλώματα τάξης B και AB είναι τα πιο διαδεδομένα σε ενισχυτές ήχου.

## Η τάξη C

Οι ενισχυτές τάξης C άγουν κατά λιγότερο από 50% του σήματος εισόδου. Η παραμόρφωση στην έξοδο είναι πολύ μεγάλη αλλά μπορούμε να πετύχουμε απόδοση ισχύος της τάξης του 90%. Η τάξη C δεν έχει πρακτική εφαρμογή σε ενισχυτές ήχου λόγω της πολύ μεγάλης παραμόρφωσης. Το σήμα εισόδου χρησιμοποιείται στην ουσία μόνο για να ανοίξει ή να κλείσει απότομα το στοιχείο ενίσχυσης. Αυτό μεταφράζεται στην έξοδο σε παλμούς ρεύματος οι οποίοι συνήθως περνάνε μετά σε ένα συντονισμένο κύκλωμα.. Έτσι η τάξη C βρίσκει εφαρμογή σε ενισχυτές RF, όπως π.χ. ραδιοφωνικούς πομπούς.



Εικ 1.7.4 Η τάξη C.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: ΛΥΧΝΙΕΣ

## 2.1. Γενικά για τις λυχνίες



Εικ 2.4.1: Τύποι Λυχνιών

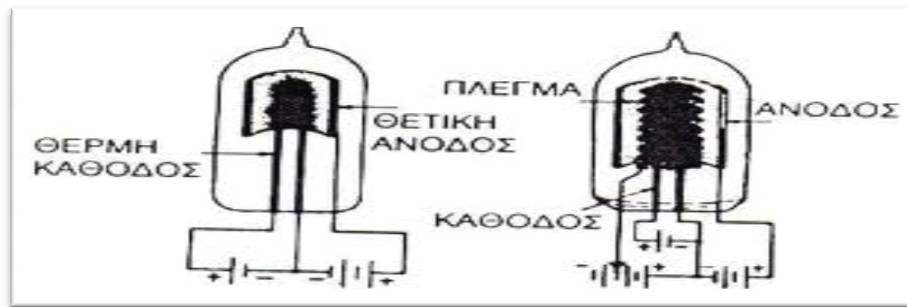
Οι λυχνίες είναι κενές από αέρα, γιατί στην αντίθετη περίπτωση η άνοδος και η κάθοδος που θερμαίνονται σε υψηλή θερμοκρασία, λόγω της παρουσίας του οξυγόνου, θα καιγόταν. Στις λυχνίες αμέσου θερμάνσεως το ρεύμα περνά από την κάθοδο και την θερμαίνει.

### Η λειτουργία της δίοδης λυχνίας.

Ο θετικός πόλος μιας πηγής συνεχούς ρεύματος συνδέεται με την άνοδο της δίοδος λυχνίας και ο αρνητικός με την κάθοδο. Η κάθοδος θερμαινόμενη εκπέμπει ηλεκτρόνια τα οποία έλκονται από την άνοδο, συνεχίζουν κινούμενα στο εξωτερικό κύκλωμα και μέσα από την πηγή και επανέρχονται στην κάθοδο. Αν μετρήσουμε με ένα όργανο το ρεύμα, θα παρατηρήσουμε ότι:

α) Όταν αυξάνεται η τάση, αυξάνεται και το ρεύμα μέχρι ένα ορισμένο σημείο, το σημείο κόρου, πέρα από το σημείο κόρου το ρεύμα παραμένει σχεδόν σταθερό όσο και αν αυξηθεί η τάση.

β) Αν αντιστρέψουμε τους πόλους της πηγής, η άνοδος θα γίνει αρνητική ως προς την κάθοδο, όποτε δεν θα έχουμε ρεύμα μέσα από την δίοδο γιατί τα ηλεκτρόνια της καθόδου δεν έλκονται από την αρνητική άνοδο.



Εικ 2.4.2: Εσωτερικό λυχνίας

Η δίοδος λοιπόν, λυχνία, άγει όταν η ανοδική τάση είναι θετική και δεν άγει όταν είναι αρνητική. Λόγο της ιδιότητας της αυτής, η διοδική λυχνία χρησιμοποιείται και ως ανορθώτρια και ως φωρατρια.

Άλλες ηλεκτρονικές λυχνίες είναι: η τρίοδος λυχνία, η τέτροδος λυχνία, η πεντόδος λυχνία, οι λυχνίες με μεταβλητό  $\mu$ , οι λυχνίες κατευθυνόμενης δέσμης και οι πολλαπλές λυχνίες. Κοιτάζοντας προσεχτικά μια λυχνία με γυάλινο περίβλημα, εκτός από τα εσωτερικά μέρη που αποτελείται, μπορούμε να παρατηρήσουμε μια γυαλιστερή μεταλλική περιοχή συνήθως στην κορυφή, αυτή η ασημένια βαφή καλείται “Getter”, και είναι ένα κράμα συνήθως ζirkονίου - βαναδίου που τοποθετείται μέσα στη λυχνία για να απορροφηθούν τυχόν αέρια έτσι ώστε το κενό να μπορεί να διατηρηθεί. Αξίζει να αναφέρω πως ανάλογα με τον τύπο, μπορεί να είναι επικίνδυνες για την υγεία αν χρησιμοποιηθούν με λάθος τρόπο, κυρίως λόγω της τάσης λειτουργίας τους, η οποία μπορεί να είναι εκατοντάδες βολτ μερικά μιλιμπέρ, μέχρι χιλιάδες βολτ κάποια αμπέρ. Αν και είναι γνωστό ότι πολλοί τύποι λυχνιών μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν με ασφαλή τάση λειτουργίας, είναι γεγονός ότι δεν είναι κάτι κοινό και επίσης σε ορισμένες περιπτώσεις δεν μπορεί να παρέχει την απόδοση που αναφέρεται στις προδιαγραφές. Ένα άλλο ζήτημα που μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τη υγεία είναι η εκπομπή ακτίνων-X κατά τη λειτουργία κάποιων λυχνιών ισχύος που χρησιμοποιούνται σε ορισμένες εφαρμογές, όπως σε υψηλής ισχύος ραδιοφωνικούς πομπούς, ένα άλλο θέμα είναι τα υλικά από τα οποία ορισμένες έχουν κατασκευαστεί τα οποία μπορεί να είναι τοξικά ή ραδιενεργά (θόριο-232, οξείδιο του βηρυλλίου) και σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να αποφεύγεται η αποσυναρμολόγηση.

Τα ειδικά χαρακτηριστικά των λυχνιών είναι:

- Ο συντελεστής ενισχύσεως  $\mu$ , η διαγωγιμότητα  $G_m$  και η εσωτερική αντίσταση  $r_i$ .

- 1) Ο συντελεστής ενισχύσεως  $\mu$ , είναι ο λόγος της μεταβολής της ανοδικής τάσεως προς την αντίστοιχη μεταβολή του σήματος, με σταθερό ανοδικό ρεύμα δηλαδή:  $\mu = \Delta e_b / \Delta e_g$ , για ένταση σταθερή ο συντελεστής  $\mu$  παριστάνει το μέγιστο θεωρητικό κέρδος τάσεως που είναι δυνατό να αναμένεται από την λυχνία.
- 2) Η διαγωγιμότητα  $G_m$ , είναι ο λόγος της μεταβολής της έντασης του ανοδικού ρεύματος προς την αντίστοιχη μεταβολή της τάσεως όπως:

$$G_m = \Delta i_b / \Delta e_g, \text{ για ανοδική τάση σταθερή.}$$

Η διαγωγιμότητα εκφράζεται σε mA/V.

- 3) Η εσωτερική αντίσταση ορίζεται ως ο λόγος της μεταβολής της ανοδικής τάσεως προς την αντίστοιχη μεταβολή του ανοδικού ρεύματος, κάτω από σταθερή τάση πλέγματος, δηλαδή:  $r = \Delta e_b / \Delta i_b$  για σταθερό σήμα, π.χ. αν η μεταβολή του ανοδικού ρεύματος κατά 10 βολτ παράγει μεταβολή ανοδικού ρεύματος κατά 1 μιλλιαμπερ, τότε η εσωτερική αντίσταση της λυχνίας είναι  $r = 10V / 1mA = 10K\Omega$ . Πιο απλά, η εσωτερική αντίσταση μιας λυχνίας είναι η αντίσταση που παρουσιάζει στο εναλλασσόμενο ρεύμα η λυχνία μεταξύ της ανόδου και της καθόδου της.

## 2.2. Λυχνίες σύγκριση με τρανζίστορ

Ένα από τα μεγαλύτερα ερωτήματα όσον αφορά την κατασκευή συστημάτων αναπαραγωγής ή εγγραφής ήχου, είναι η επιλογή ανάμεσα στις λυχνίες και στα στοιχεία στερεάς κατάστασης. Οι λόγοι επιλογής μπορεί να είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων, μπορεί να είναι και απλή ανθρώπινη ιδιοτροπία ή εμμονή. Πολλοί κατασκευαστές θεωρούν την επιλογή τους σαν αποτέλεσμα ψυχοακουστικής αιτίας.

Τα πλεονεκτήματα των τρανζίστορ σε σχέση με τις λυχνίες είναι πολλά. Όπως προαναφέρθηκε η καταναλισκόμενη ισχύς για την λειτουργία των λυχνιών είναι κατά πολύ μικρότερη στα στοιχεία στερεάς κατάστασης. Μια λυχνία εκτός την τάση που απαιτείται για το νήμα θέρμανσης, το οποίο στις απλές τριόδους είναι στα 6,3V με 0,325 A, απαιτεί και πολύ υψηλή τάση ανόδου συνήθως πάνω από 180V. Ενώ ένα απλό τρανζίστορ μπορεί να λειτουργήσει ακόμα και με μερικά volt στον συλλέκτη και στον εκπομπό για μια αξιόλογη τιμή ισχύος εξόδου. Επομένως η αποδοτικότητα των λυχνιών είναι μειωμένη. Ο όγκος επίσης των λυχνιών είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από αυτό των τρανζίστορ, με αποτέλεσμα ο συνολικός όγκος της ενισχυτικής διάταξης να είναι υπερβολικός. Πολλές φορές χρειάζονται δύο διαφορετικά σασί για ένα στερεοφωνικό τελικό ενισχυτή με λυχνίες ενώ



ένας στερεοφωνικός με στοιχεία στερεάς κατάστασης καταλαμβάνει το πολύ μια διάτρητη πλακέτα. Οι λυχνίες εκτός από τις κατασκευαστικές ατέλειες που μπορεί να παρουσιάσουν , όπως όλες οι βιομηχανικές κατασκευές (αυτό ισχύει και για τα τρανζίστορ) , έχουν και την πιθανότητα ραγίσματος του γυάλινου κλωβού κατά την μεταφορά . Είναι δηλαδή εύθραυστες και το κόστος τους δεν είναι αμελητέο , ώστε να θεωρηθεί μηδαμινό μειονέκτημα. Εν αντιθέσει και πάλι με τα τρανζίστορ, τα Mosfet και τους τελεστικούς όπου η τιμή τους μπορεί να είναι αμελητέα. Σημαντικό επίσης πρόβλημα είναι η μικρή διάρκεια ζωής των λυχνιών , όπου εξαναγκάζει την αλλαγή τους σε τακτά χρονικά διαστήματα, κυρίως των λυχνιών εξόδου όπου μπορούν να υποστούν και την μεγαλύτερη φθορά αν λειτουργούν πάνω από τα ανεκτά όρια τους για μεγαλύτερη απόδοση.

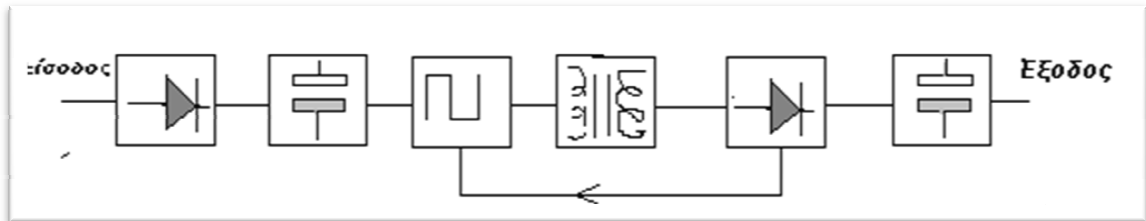
Παρόλα αυτά οι ενισχυτές με λυχνίες (παντός τύπου) έχουν πιστούς φίλους και μεταξύ τους βρίσκονται και οι περισσότεροι μουσικοί. Διότι όπως λένε « Ο ήχος είναι πιο γλυκός , πιο ζεστός, πιο απαλός .....». Αυτό σημαίνει ότι αφορά την παραμόρφωση των αρμονικών. Ουσιαστικά οι λυχνίες χρωματίζουν τον ήχο, ενώ τα υπόλοιπα στοιχεία μπορούν να αποδώσουν μεγαλύτερη πιστότητα στην αναπαραγωγή και στην καταγραφή. Κάθε στοιχείο μπορεί να βρει το ρόλο του ανάλογα με την αισθητική του χρήστη. Στην προκειμένη περίπτωση ο χρωματισμός είναι της αισθητικής μου. Η πιστότητα ίσως να είναι ανάγκη στα συστήματα εγγραφής. Αλλά για την καθημερινότητα, προτιμώ το να δέχομαι ερεθίσματα που ουσιαστικά δεν αντιλαμβάνομαι (παρά μόνο το αυτί μου) αλλά κάνουν την διαφορά στην απόλαυση του ήχου. Ίσως άλλωστε οι λυχνίες να προσδίδουν κάτι που χάνεται στην εγγραφή. Μπορεί να λειτουργεί σαν ένα άταστο όργανο , η σαν Ηπειρώτη ή Ινδό τραγουδιστή που τα περάσματα της φωνής τους δεν βρίσκονται καταγεγραμμένα σε κανένα μουσικό πεντάγραμμο.

## **Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> : Τροφοδοτικά**

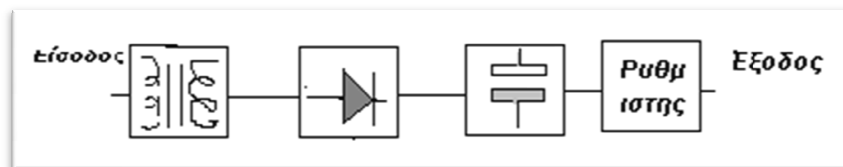
Τα περισσότερα ηλεκτρονικά κυκλώματα χρειάζονται συνεχές ρεύμα. Το δίκτυο παροχής ρεύματος μας παρέχει εναλλασσόμενο ρεύμα. Ο σκοπός του τροφοδοτικού είναι να

μετατρέπει την εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή, μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται ανόρθωση. Το ιδανικό τροφοδοτικό πρέπει να παρέχει σταθερή τάση, μηδενική κυμάτωση και απεριόριστη δυνατότητα παροχής ρεύματος ανάλογα με τις ανάγκες. Υπάρχουν δύο τύποι τροφοδοσίας, οι γραμμικοί και οι διακοπτικοί.

AC- MET/ΤΗΣ- ΑΝΟΡΘΩΤΗΣ -ΦΙΛΤΡΟ-ΜΕΤ/ΤΗΣ-ΑΝΟΡΘΩΤΗΣ-ΦΙΛΤΡΟ-ΦΟΡΤΙΟ.



AC- ΜΕΤ/ΤΗΣ-ΑΝΟΡΘΩΤΗΣ-ΦΙΛΤΡΟ-ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΗΣ-ΦΟΡΤΙΟ



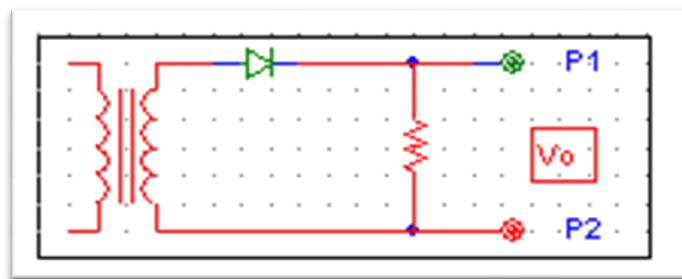
**Εικ 3.1.1**

Οι διακοπτικοί είναι μικροί χωρίς ιδιαίτερο βάρος και αποτελεσματικοί. Το σχέδιό τους είναι υψηλής τεχνικής και παράγουν άφθονο RF θόρυβο. Εν αντιθέσει με τους γραμμικούς, λόγω της άμεσης εναλλαγής των 50 Hz, έχουν σαν αποτέλεσμα ένα ογκώδη μετασχηματιστή.

### 3.1. Κυκλώματα ανορθωτών.

Ο ανορθωτής διόδων αποτελεί βασικό στοιχείο των dc γεννητριών . Μετατρέπει το ημιτονοειδές σήμα σε έξοδο μίας φοράς. Παρόλο που αυτή η κυματομορφή έχει μη μηδενική μέση τιμή (υπάρχει dc συνιστώσα) , η παλλόμενη φύση της ( ac συνιστώσα) την καθιστά ακατάλληλη για πηγή ,συνεχούς τάσης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.

Οι κυριότερες διατάξεις ανόρθωσης είναι : με ανορθωτή ημίσεως όπου ανορθώνονται μόνο οι θετικές ή αρνητικές τάσεις (ανάλογα την διάταξη) ενώ στις αρνητικές ή θετικές αντίστοιχα το κύκλωμα λειτουργεί ως διακόπτης.



Εικ 3.2.1: Ανορθωτής ημίσεως

Στην περίπτωση του σχήματος 3.2.1 η τάση εξόδου δίνεται από τις παρακάτω σχέσεις :

$$\text{Για } U_s > 0 \quad U_o = (U_s - 0,7) \cdot R / (R + r_d)$$

$$U_s < 0 \quad U_o = 0$$

όπου  $U_s$  : τάση δευτερεύοντος

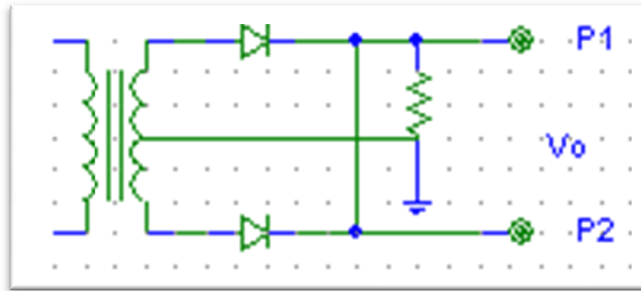
$U_o$ : τάση εξόδου

$R$ : αντίσταση εξόδου

$r_d$  : αντίσταση διόδου

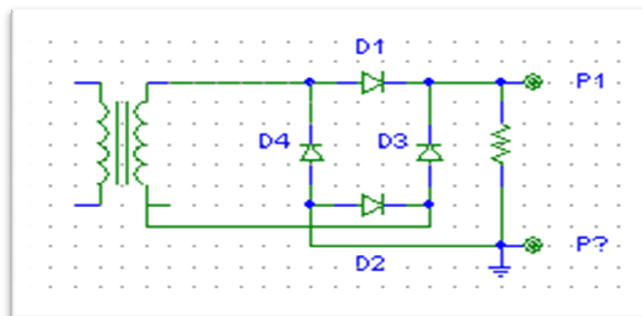
$U_d$  : τάση λειτουργίας διόδου

Με ανορθωτή πλήρους (σχήμα 3.2.2), όπου ανορθώνονται και οι δύο τάσεις .Όπως φαίνεται και στο σχήμα, όταν το ρεύμα του πρωτεύοντος είναι θετικό τότε και τα δύο σήματα είναι θετικά άρα άγει η D1 ενώ η D2 είναι σε αποκοπή. Ενώ όταν το σήμα εισόδου είναι αρνητικό τα δύο σήματα είναι αρνητικά , άρα άγει η D2 ενώ η D1 είναι σε αποκοπή .Το ρεύμα διαμέσου της R έχει πάντα την ίδια κατεύθυνση δίνοντας τάση εξόδου με την ίδια πολικότητα.



**Εικ 3.2.2 Πλήρους ανόρθωση**

Με ανορθωτή γέφυρας. Κατά την διάρκεια των θετικών κύκλων της εισόδου η  $U_s$  είναι θετική και έτσι το ρεύμα ρέει διαμέσου της  $D_1$ ,  $D_2$  και  $R$ . Ενώ οι  $D_3$ ,  $D_4$  είναι σε αποκοπή. Κατά την διάρκεια αντίστοιχα των αρνητικών κύκλων της εισόδου η τάση του δευτερεύοντος είναι αρνητική αναγκάζοντας το ρεύμα να ρέει από τις  $D_3$ ,  $R$  και  $D_4$ , ενώ οι  $D_1$  και  $D_2$  είναι σε αποκοπή. Το πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι ότι χρειάζεται τις μισές στροφές στο δευτερεύον του μετασχηματιστή και αυτό είναι που την κάνει τόσο δημοφιλή.



**Εικ 3.2.3 Ανορθωτής γέφυρας**

### 3.2. Φίλτρο.

Το φίλτρο απαιτείται για την εξομάλυνση ή και την εξάλειψη της υπερβολικής κυμάτωσης του σήματος εξόδου του ανορθωτή, Η πιο κοινή τεχνική φιλτραρίσματος χρησιμοποιεί ένα πυκνωτή που συνδέεται παράλληλα με το φορτίο. Η τάση λειτουργίας του πυκνωτή για λόγους προστασίας λαμβάνεται (ιδιαίτερα στις υψηλές τάσεις) προσθέτοντας κάποια Volt (20-100) σε αυτή που εφαρμόζεται θεωρητικά στα άκρα του πυκνωτή. Η μεταβολή της κυμάτωσης λοιπόν καθορίζεται από την ταχύτητα φόρτισης /εκφόρτισης του πυκνωτή κατά την αγωγή ή αποκοπή ρεύματος από τον ανορθωτή (διόδους), όσο διαρκεί η παροχή ρεύματος στο φορτίο διατηρείται η τάση στα άκρα του πυκνωτή. Η αποτελεσματικότητα των φίλτρων με πυκνωτή καθορίζεται από τρεις παράγοντες:

Το μέγεθος του πυκνωτή, την τιμή του φορτίου και το χρόνο μεταξύ των παλμών. Οι τρεις αυτοί παράγοντες σχετίζονται μεταξύ τους με τη σχέση της σταθεράς χρόνου  $T = R \times C$ .

$T$  = χρόνος σε δευτερόλεπτα

$R$  = η αντίσταση σε  $\Omega$

$C$  = η χωρητικότητα σε Farad

Μικρή κυμάτωση σημαίνει ότι ο πυκνωτής εκφορτίζεται πολύ λίγο μεταξύ των κορυφών των παλμών. Η σταθερά λοιπόν χρόνου θα πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερη σε σύγκριση με την περίοδο των παλμών. Για τους ενισχυτές ακουστικών η τροφοδοσία θεωρείται ικανοποιητική όταν η κυμάτωση βρίσκεται στο 1%. Η επιλογή λοιπόν της χωρητικότητας του πυκνωτή βασίζεται στην πιο κάτω εξίσωση:

$$C = I * T / V_{p-p}$$

όπου  $V_{p-p}$ : τάση κυμάτωσης από κορυφή σε κορυφή

$I$ : ρεύμα φορτίου σε A

$T$ : η περίοδος σε δευτερόλεπτα.

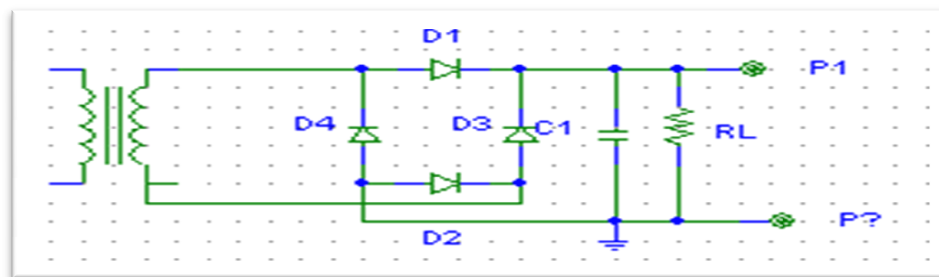
Παρατηρούμε από την σχέση αυτή ότι όσο αυξάνεται η συχνότητα τόσο μικραίνουν οι απαιτήσεις σε χωρητικότητα. Σε αυτό βασίζεται η τεχνική των διακοπτικών τροφοδοτικών στα οποία αρχικά μετατρέπεται η συχνότητα του δικτύου σε πολύ υψηλότερη, κερδίζοντας αυτό το πλεονέκτημα.

Επίσης όσο μικρότερη είναι η τιμή της αντίστασης φορτίου τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η χωρητικότητα. Όμως η μεγάλη τιμή του πυκνωτή σε ένα φίλτρο μπορεί να προκαλέσει προβλήματα, οι ανορθωτές δεν άγουν έως ότου η τάση έξοδου υπερβεί την τάση του πυκνωτή. Ο ανορθωτής γίνεται μη αγωγίμος αμέσως μετά την διέλευση της

κυματομορφής από την τιμή κορυφής, έτσι ο χρόνος αγωγής ρεύματος από τις διόδους είναι πολύ μικρός.

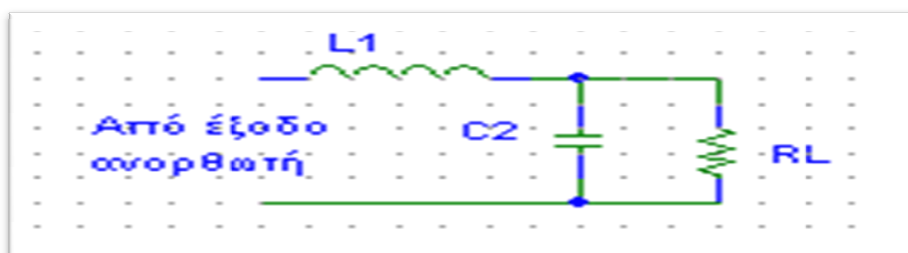
Παρατηρείται ότι υπάρχει μεγάλος λόγος ρεύματος κορυφής προς την μέση τιμή του ρεύματος. Αυτό σημαίνει ότι το ενεργό ρεύμα του ανορθωτή είναι πολλές φορές μεγαλύτερο από το ρεύμα φορτίου. Το ενεργό ρεύμα είναι αυτό που θερμαίνει τις διόδους. Εξηγείται λοιπόν η επιλογή των διόδων με προδιαγραφές ρεύματος πολύ μεγαλύτερες από το ρεύμα που προορίζεται να παρέχει το τροφοδοτικό στο φορτίο.

Να μην ξεχνάμε βέβαια πάντα την δυνατότητα ελάττωσης του όγκου ενός πυκνωτή με την χρήση παράλληλων μικρότερων πυκνωτών (φίλτρα RC).



Εικ 3.3.1 Γέφυρα με φίλτρο πυκνωτή

Άλλος τρόπος φιλτραρίσματος είναι το επαγωγικό φίλτρο με τη χρήση ενός πηνίου ή αλλιώς choke (= πνίγω την κυμάτωση). Τα επαγωγικά φίλτρα δεν χρησιμοποιούνται σε τροφοδοτικά που χρησιμοποιούν τάση δικτύου, γιατί τα choke είναι ογκώδη και με μεγάλο κόστος. Χρησιμοποιούνται όμως στα διακοπτικά, όπου η συχνότητα είναι μεγάλη, με αποτέλεσμα να απαιτούνται μικρότερες αυτεπαγωγές, μειώνοντας έτσι το κόστος και το μέγεθος.

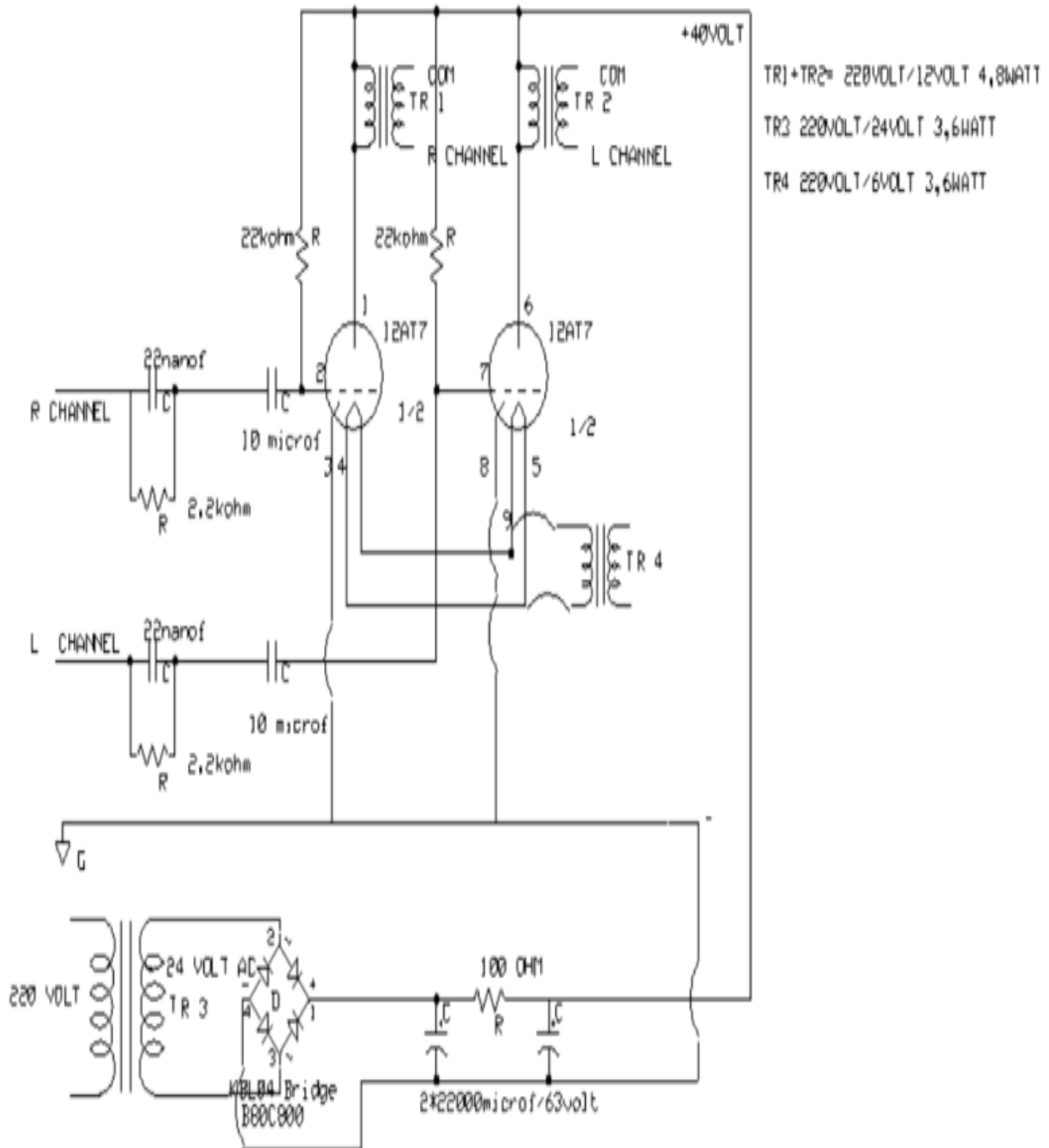


Εικ 3.3.2 Επαγωγικό Φίλτρο

Ο πυκνωτής στην έξοδο του μετασχηματιστή αποκόπτει τον θόρυβο στις υψηλές συχνότητες και αποθηκεύει ενέργεια, έχοντας σαν σκοπό να αυξήσει την χωρητικότητα ώστε να καλύψει την ανεπάρκεια του μετασχηματιστή. Συνδέοντας μάλιστα δύο πυκνωτές παράλληλα όχι μόνο διπλασιάζεται η χωρητικότητα αλλά και υποδιπλασιάζεται η εμπέδηση εξόδου ,κάνοντας αμελητέες τις ταχύτητες φόρτισης /εκφόρτισης.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> : Κατασκευή ενισχυτή με λυχνία

### 4.1 Σχέδιο και Υλικά κατασκευής



Το παραπάνω κύκλωμα είναι το κύκλωμα που υλοποιήθηκε (εικ 4.1.1)

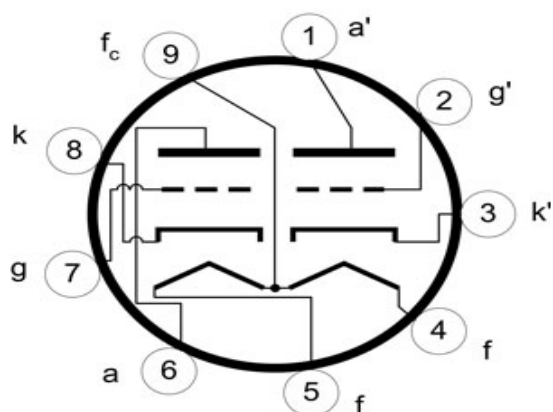


Τα χαρακτηριστικά της λυχνίας που χρησιμοποιήθηκε είναι τα παρακάτω

## ECC81 / 12AT7

Διαστάσεις και συνδέσεις:

Βάση: NOVAL



Εικ 4.1.2: Εσωτερική όψη Λυχνία

Τυπικά χαρακτηριστικά:

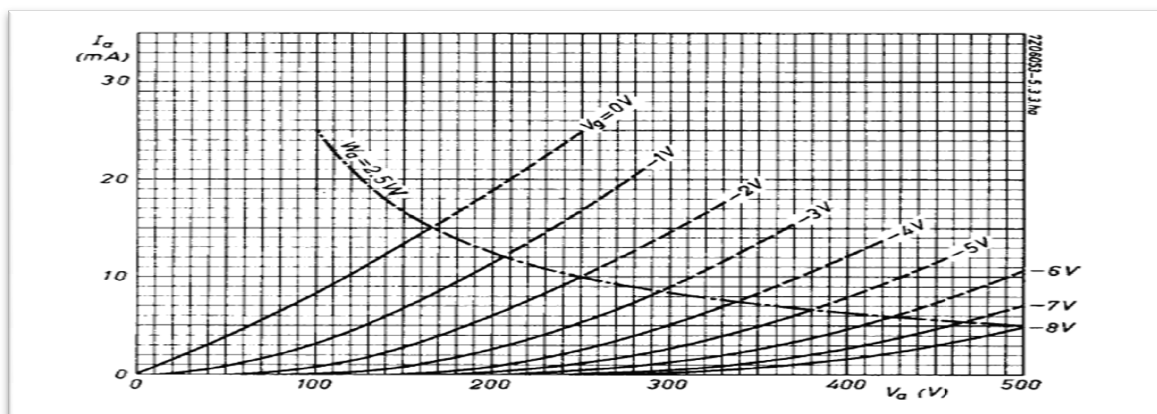
$U_a$	= 250 V
$I_a$	= 10 mA
$U_g$	= -2 V
S	= 5,5 mA/V
$R_i$	= 11 kOhm
$\mu$	= 60



Εικ 4.1.3: Εξωτερική όψη Λυχνίας

$I_f$	= 300 mA / 150 mA
$U_f$	= 6,3V / 12,6 V

Εικ 4.1.4: Χαρακτηριστική λυχνίας



Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι στους παρακάτω πίνακες:

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ	ΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ	ΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ	ΙΣΧΥΣ
2*GETH	220 V	12V	4.8W
GETH	220V	24V	3.6W
GETH	220V	6V	3.6W

ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΤΙΜΗ	ΥΛΙΚΟ	W
2	22ΚΟΗΜ	ΚΕΡΑΜΙΚΟ	¼ W
2	2.2ΚΟΗΜ	ΚΕΡΑΜΙΚΟ	¼ W
1	100ΟΗΜ	ΚΕΡΑΜΙΚΟ	¼ W

ΠΥΚΝΩΤΕΣ	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΥΛΙΚΟ	ΤΑΣΗ ΑΝΟΧΗΣ
2	22nF,0.33nf	ΚΕΡΑΜΙΚΟ	63V
2	10µF,1µf	ΚΕΡΑΜΙΚΟ	63V
2	2200Mf	ΠΟΛΥΕΣΤΕΡΙΚΟ	63V

ΓΕΦΥΡΑ ΑΝΟΡΘΩΣΗ	MODEL	ΒΥΣΜΑΤΑ RCA	LED ENA
FACOR	B80 C3700/2200	4 ΘΥΛΗΚΑ RCA	LED ΓΙΑ ON/OFF

ΠΟΝΤΕΣΙΟΜΕΤΡΟ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ 22ΚΟΗΜ	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΣ ΓΙΑ ΣΑΣΗ	ΑΣΦΑΛΕΙΟΘΗΚΗ ΜΕ ΑΣΦΑΛΕΙΑ 5ΑΜΠΕΡ ΓΙΑ ΣΑΣΗ	ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΟΝΩΜΕΝΑ ΦΙΣ ΑΡΣΕΝΙΚΟ
-----------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------------------	-------------------------------------

ΕΥΛΑ MTF	ΚΟΛΛΑ ΕΥΛΟΥ	ΚΑΡΦΑΚΙΑ 2mm *10mm τεμ.10	ΠΛΑΚΕΤΑ ΒΑΚΕΛΙΤΗΣ ΧΑΛΚΟΥ
ΒΑΣΕΙΣ ΛΥΧΝΙΩΝ	ΕΝΝΕΑ ΠΟΔΙΩΝ NOVAL B9A	ΛΥΧΝΙΑ 12ΑΤ7	ΠΛΑΚΕΤΑ ΧΑΛΚΟΥ ΒΑΚΕΛΙΤΗ

## 4.2 Κατασκευή

Ο ενισχυτής που κατασκεύασα είναι στερεοφωνικού τύπου, με ένα ρυθμιστή τάσης εξόδου και στα δυο κανάλια, με την λυχνία να έχει το κύριο λόγο ενίσχυσης των συχνοτήτων και των δυο καναλιών, με μια τρίοδος με διπλό πλέγμα λυχνία και με ελάχιστα παθητικά στοιχεία, όπου λειτουργεί σε τάξη A με ανοδική τάση 40VDC και τάση νημάτων 6,3VAC. Προσπάθησα, η πλακέτα που περιγράφω παρακάτω την κατασκευή της, να είναι όσο των δυνατών καλή στις γραμμές της, καλής ποιότητας είναι επίσης και οι μετασχηματιστές που χρησιμοποίησα για να αποφύγω τυχόν θέματα θορύβου. Προτίμησα να επενδύσω την κατασκευή του ενισχυτή με ξύλο και όχι με πλαστικό η πολυεστέρα για να μας παραπέμπει σε παλαιότερη εποχή όπου προήλθαν και η λυχνίες.

## 4.3 Τεχνική τυπωμένων κυκλωμάτων, Στάδια υλοποίησης:

Τα τυπωμένα κυκλώματα πλεονεκτούν λόγο της ελάττωσης βάρους των συσκευών σε αναλογία 10:1 και σε οικονομία χώρου και ελάττωση κόστους. Οι πιο συνηθισμένες μορφές τυπωμένων κυκλωμάτων είναι τα κυκλώματα μιας επιφάνειας, σε αυτά όλα τα εξαρτήματα βρίσκονται πάνω στη μια πλευρά του βακελίτη, ενώ οι αγωγοί καθώς και διάφοροι τομείς χαλκού στην άλλη. Βέβαια κατασκευάζονται και τυπωμένα κυκλώματα δυο επιφανειών για μεγαλύτερη οικονομία χώρου. Σε πολλές κατασκευές αντί για βακελίτη που έχουμε χρησιμοποιήσει εμείς στην εργασία μας χρησιμοποιείται το φαιμπεργκλάς, υλικό παρόμοιο στην εμφάνιση με το βακελίτη, πιο ανθεκτικό και με μικρότερες απώλειες.

### Στάδια υλοποίησης

1. Μετατροπή του θεωρητικού σχεδίου σε μακέτα.
2. Πραγματοποίηση του αρνητικού φιλμ.
3. Μεταφορά του αρνητικού φιλμ πάνω στο υλικό οξείδωσης.
4. Αποβολή του πλεονάζοντα χαλκού (αποχάλκωση).
5. Διάτρηση - προστασία.
6. Τοποθέτηση και συγκόλληση εξαρτημάτων.

### **Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν**

1. Βακελίτης με επίστρωση χαλκού.
2. Φωτοευπαθής ουσία.
3. Υγρά για την εμφάνιση.
4. Υγρά για τις χημικές επεξεργασίες.
5. Διαλύματα επιμετάλλωσης.
6. Βερνίκια.

### **Κατασκευή μακέτας**

Θα περάσουμε στην περιγραφή του τρόπου που κατασκεύασα την πλακέτα από βακελίτη. Πρώτα από όλα μετέτρεψα το θεωρητικό σχέδιο σε ένα νέο σχέδιο, που να παρουσιαστεί στην τελική μορφή, την οποία πρέπει να έχει ο χαλκός πάνω στο βακελίτη, όταν αφαιρεθούν από αυτόν τα περιττά μέρη. Για αυτό χρησιμοποίησα ειδική ζελατίνη χαρτί διαιρεμένο σε ισομεγέθη τετραγωνίδια μεγέθους 2,5 ή 2,54 εκ (ράστερ), με βάση το οποίο προσδιορίζονται τα σημεία σύνδεσης των ακροδεκτών των εξαρτημάτων. Το μήκος των εξαρτημάτων (μαζί με το ανάλογο μήκος των ακροδεκτών). Με βάση αυτό πραγματοποίησα την κατανομή των υλικών στις κατάλληλες θέσεις αλλά συγχρόνως και την σχεδίαση των αγωγών και των τμημάτων από χαλκό. Σε αυτά συνδέθηκαν οι ακροδέκτες των υλικών. Τέλος, πάνω σε διαφανές χαρτί σχεδίασα τους αγωγούς με σινική μελάνη, καθώς επίσης τις τρύπες και τα τμήματα εκείνα που πρέπει να υπάρχουν πάνω στην πλάκα του βακελίτη μετά την αποχάλκωση.

### **Πραγματοποίηση του αρνητικού φιλμ**

Είναι μια σχετικά απλή διαδικασία, με την οποία γίνεται η φωτογράφιση της μακέτας μέσα σε ειδικό σκοτεινό θάλαμο απαλλαγμένο από σκόνη, όπου ακολουθεί έλεγχος του φιλμ (αρνητικό) και διόρθωση του σε περίπτωση σφαλμάτων. Αυτή η διαδικασία προτίμησα να μου την κάνει το τυπογραφείο για αποφυγή σφαλμάτων, χρόνου και κόστους της κατασκευής.

## Εκτύπωση

Το επόμενο βήμα είναι η εκτύπωση. Τοποθέτησα το αρνητικό φιλμ πάνω στο χαλκό της πλακέτας με ένα τζαμί από επάνω του όπου το κόλλησα με ταινία στο πλάι για να μην μας γλιστρήσει το φιλμ, και έπειτα το έβγαλα στον ήλιο για ένα χρονικό διάστημα (41''). Εδώ πραγματοποίησα τρεις δοκιμές για να αποτυπωθεί στο χαλκό σωστά. Διότι δεν ήξερα το χρόνο και την ένταση του φωτός, την πρώτη φορά είχα 20'' συνεφιά για 8'' περίπου βεβαία, ο χρόνος έκθεσης είναι ανάλογος προς το πάχος και την πυκνότητα της φωτοευπαθούς ουσίας και εξαρτάται από την ένταση του φωτός. Το φως, περνάει από την διαφάνεια του σχεδίου, το οποίο αντιπροσωπεύει το κύκλωμα, προσπίπτει πάνω στη φωτοευπαθή ουσία και την κάνει σκληρή και αδιάλυτη στα διαλυτικά της.

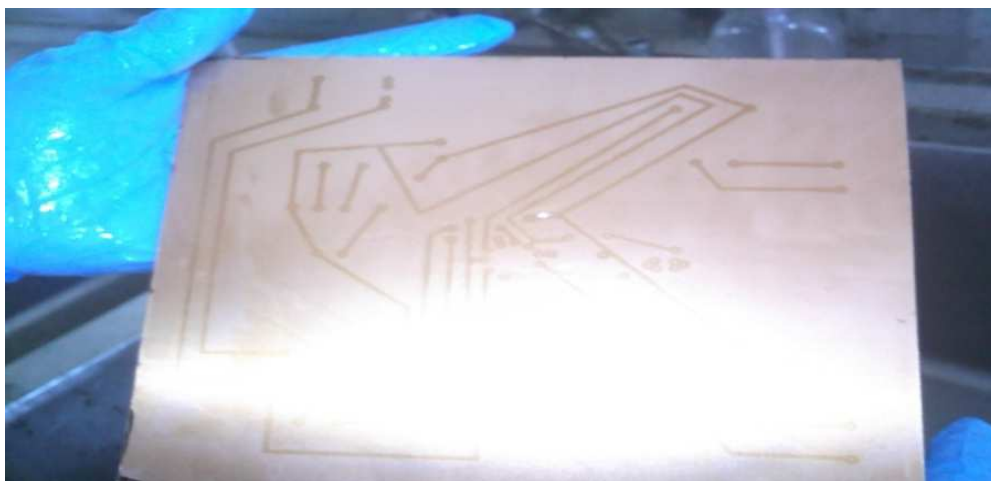
## Προεργασία

Σε αυτό το στάδιο τοποθέτησα τη φωτοευπαθή ουσία πάνω στο χαλκό της πλακέτας με τις παρακάτω εργασίες:

- α) Καθαρισμός της πλακέτας, καθαρίστηκε με σκόνη ελαφρόπετρας και σπόγγου.
- β) Χημική επεξεργασία. Για το σκοπό αυτό η πλακέτα βυθίστηκε μέσα σε διάλυμα υδροχλωρικού οξέος για 20' ως 30'.
- γ) Πλύσιμο κα ξήρανση. Η πλακέτα καθαρίστηκε με νερό που ρίχτηκε με πίεση και ξεράθηκε με θερμό ρεύμα αέρα. (βλέπε παρακάτω εικ 4.3.1)



Εικ 4.3.1



Εικ 4.3.2

### **Αποχάλκωση**

Το τελευταίο βασικό βήμα στη χημική πορεία του τυπωμένου κυκλώματος που είναι αποτυπωμένο πάνω στην πλάκα είναι η απομετάλλωση. Με αυτή πραγματοποιήσα απομάκρυνση του περιττού μετάλλου (χαλκού), ώστε να παραμείνει πάνω στην πλάκα μόνο ο χαλκός, ο οποίος αποτελεί το κύκλωμα που σχεδιάστηκε. Έβαλα ένα ζευγάρι γάντια και εμβάπτισα την πλακέτα μέσα σε διάλυμα υδροχλωρικού οξέως, λόγω του ότι ήταν αρκετά δυνατό, το αραιώσα με λίγο νερό και έβαλα ακόμα και περιτρόλ πολύ μικρή ποσότητα. Με την μέθοδο της αποχάλκωσης γίνεται διάβρωση του μετάλλου, έπειτα καθαρισμός και αποβολή της φωτοευπαθούς ουσίας.

Η αποχάλκωση γίνεται με διάφορες μεθόδους :

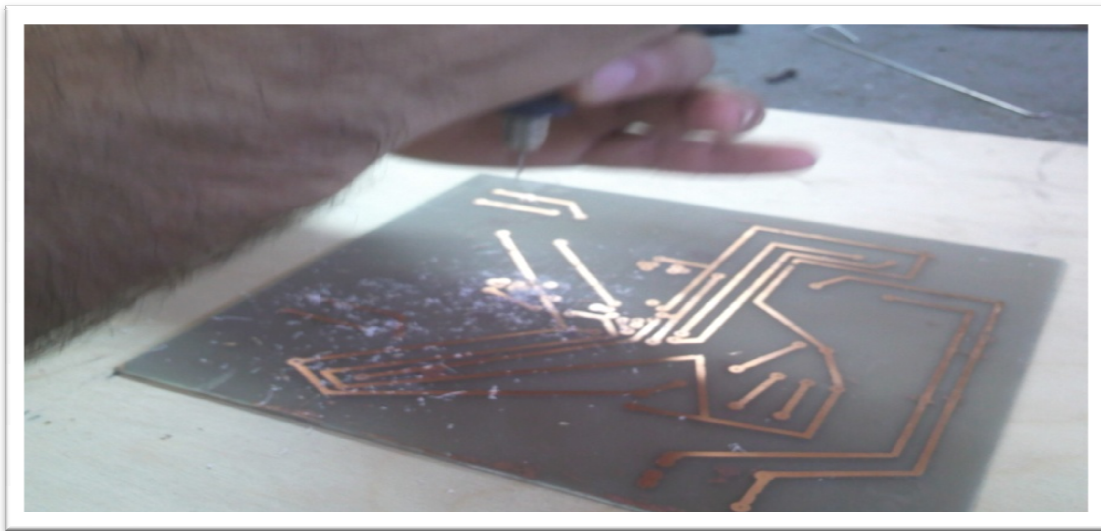
- α) Με εμβάπτιση.
- β) Με ψεκασμό.
- γ) Με κοχλασμό.

Για τη σύντομη και ομοιόμορφη αποβολή του χαλκού ανακάτεψα το διάλυμα συνέχεια. Αξίζει να γνωρίζουμε ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας του διαλύματος ή εμφυσώντας αέρα μέσα σε αυτό αυξάνει η δραστηριότητα του διαλυτικού και συντομεύεται παρά πολύ ο χρόνος της αποχάλκωσης.

### **Τελική επεξεργασία – διατήρηση-προστασία**

Μετά την αποχάλκωση ακολούθησε η απομάκρυνση της φωτοευπαθούς ουσίας από τις πλακέτες. Η πιο απλή μέθοδος αποβολής είναι η λείανση της επιφάνειας του χαλκού όπου έγινε με σκόνη ελαφρόπετρας και με σπόγγο.

Στην συνέχεια, έγινε η διάνοιξη των οπών. Αυτή έγινε με τρυπάνι ενώ για την προστασία του χαλκού έγινε επάλειψη της πλακέτας με βερνίκι.( βλέπε εικόνα 4.2.3)



Εικ 4.3.3

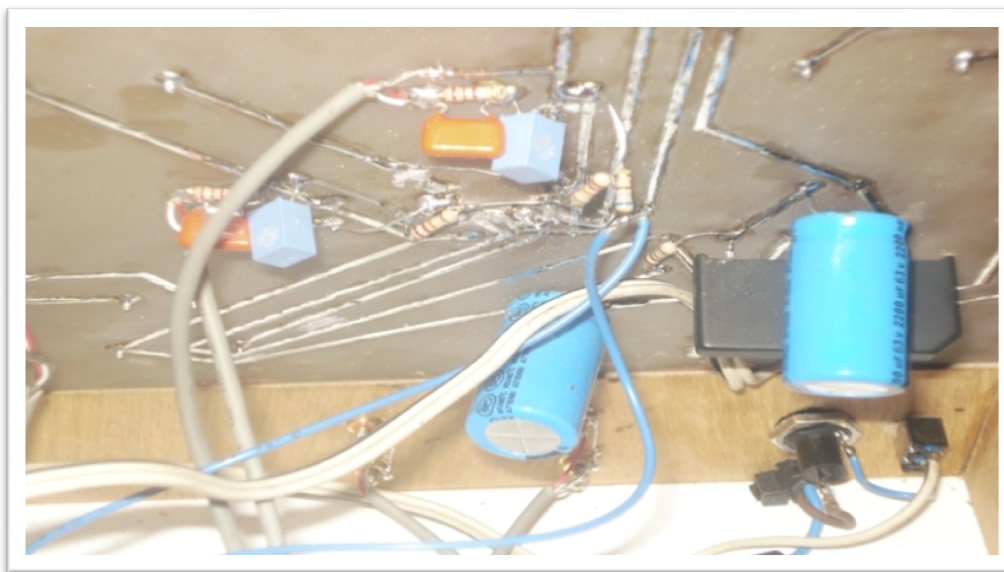
### **Εξοπλισμός πλακέτας**

Τυπική μέθοδος συναρμολόγησης πραγματοποιήθηκε σταδιακά:

- 1) Συγκεντρώθηκαν τα εξαρτήματα.
- 2) Προεργασία των εξαρτημάτων (κόψιμο λύγισμα).
- 3) Καθαρίστηκε η πλακέτα (για καλή κόλληση).
- 4) Ελέγχτηκαν τα εξαρτήματα της πλακέτας. (έλεγχος διαστάσεων, εξακρίβωση πιθανής ζημιάς τους).
- 5) Τοποθετήθηκαν τα εξαρτήματα μέσα σε θήκες με τη σειρά συναρμολόγησης τους.
- 6) Συγκόλληση.
- 7) Γενικός οπτικός έλεγχος (συγκολλήσεις ,εξαρτήματα, καλαίσθητη εμφάνιση πλακέτας).
- 8) Ηλεκτρικό test της μονάδας.
- 9) Διόρθωση ελαττωμάτων.

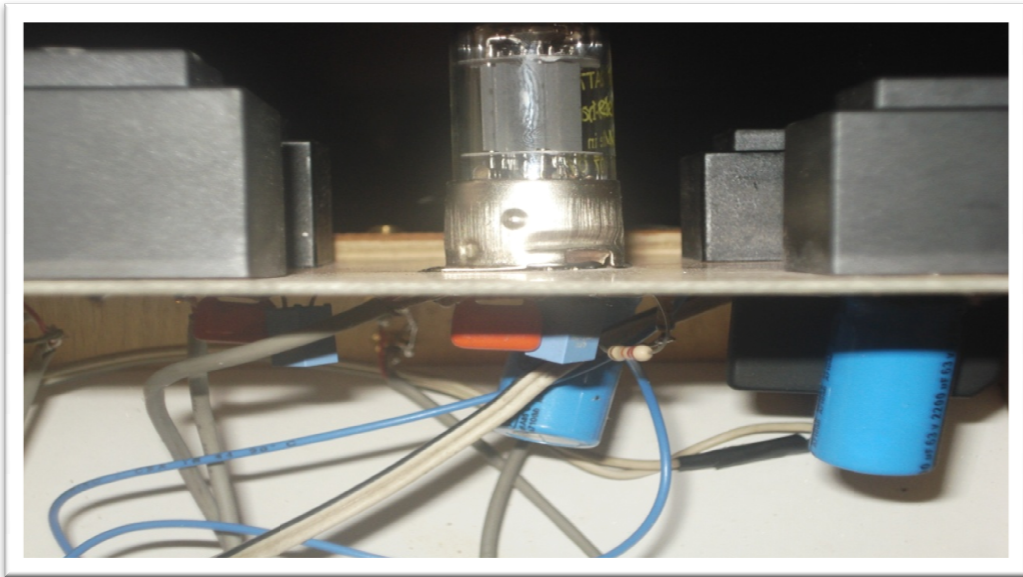
Ακολούθως έφτιαξα ένα πλαίσιο από ξύλο mtf στις διαστάσεις περίπου της πλακέτας (Υ5cm \* Π20cm Μ20cm). Το κάτω καπάκι ξύλου το κόλλησα με ξυλόκολλα, ενώ στο επάνω μέρος έφτιαξα βάση υποδοχής της πλακέτας 2mm περιμετρικά. Τοποθέτησα την πλακέτα επάνω και κατασκεύασα ένα πλαίσιο στις παραπάνω διαστάσεις και το βίδωσα για να σταθεροποιήσω την πλακέτα. Πήρα ένα παχύμετρο και μέτρησα της διαστάσεις των εξαρτημάτων που θα τοποθετήσω πάνω στο ξύλο και αφού χρησιμοποίησα τα κατάλληλα τρυπάνια (6mm, 4mm, 2mm) άνοιξα τις τρύπες στο ξύλο για να περάσουν τα εξαρτήματα, (θηλυκά φισ rca, ποτενσιόμετρο volume, ο διακόπτης on-off, το καλώδιο ρεύματος, το led ενδεικτικό power). Η συσκευή είναι πλέον έτοιμη για να τοποθετήσω τα υλικά ώστε να προχωρήσω στην διαδικασία των μετρήσεων.

Βλέπε εικόνες (4.3.4,4.3.5,4.3.6-,4.3.7)



Εικ 4.3.4





Ек 4.3.5

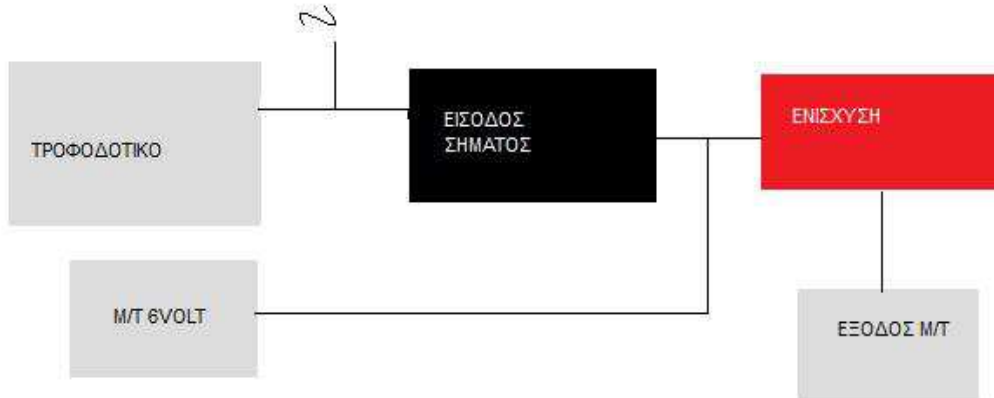


Ек 4.3.6



Екк4.3.7

#### 4.4. Ανάλυση του κυκλώματος, τρόπος λειτουργίας, επιλογή υλικών.



Εικ.4.4.1

Μπλοκ διάγραμμα βαθμίδων.

Σημαντικό μέρος ενός ενισχυτή είναι η τροφοδοσία του, στην προκειμένη διαδικασία επέλεξα να πραγματοποιήσω την γέφυρα με φίλτρο πυκνωτών. Οι τρίοδος λυχνίες δημιουργούν υψηλές απαιτήσεις όσο αφορά το φίλτρο απόρριψης κυμάτωσης τροφοδοσίας, η σχεδίαση των εν λόγω φίλτρων βασίζεται συνήθως σε ένα καλούμενο δικτύωμα "Π", η αντίσταση σειράς έχει ένα αποτέλεσμα ανάλογο με αυτό την αντίσταση ορθής πόλωσης ενός ανορθωτή με λυχνίες. Το βαθυπερατό φίλτρο που προκύπτει καταστέλλει την κυμάτωση (στην ουσία τις υψηλότερες αρμονικές), τις παρεμβολές από το δίκτυο όπου επάγονται μέσω του μετασχηματιστή και τους παλμούς μεταγωγής από τις διόδους ανόρθωσης. Στην παραπάνω βαθμίδα χρησιμοποίησα δυο πυκνωτές 2200μf στα 63volt, μια αντίσταση 100Ω, μια γέφυρα ανόρθωσης και ένα μετασχηματιστή. Ο μετασχηματιστής δέχεται 220volt AC

(ΕΝΑΛΛΑΣΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ) και βγάζει επαγωγικά το δευτερεύων πηνίο 24 volt AC. Μετά τα 24 volt AC τα μετατρέπω σε DC (ΣΥΝΕΧΗΣ ΤΑΣΗ), οδηγώντας την τάση σε μια γέφυρα ανόρθωσης και μετατρέποντας την σε συνεχή τάση. Ακολουθώ με την χρήση παράλληλων πυκνωτών, (για διπλασιασμό χωρητικότητας τους) και τοποθετώντας μια αντίσταση διαιρέτη 100ohm παίρνουμε στην έξοδο μια τάση 40volt dc φιλτραρισμένη, για να λειτουργήσουμε το υπόλοιπο κύκλωμα.

Στην βαθμίδα εισόδου σήματος περιλαμβάνονται τα ακόλουθα υλικά:

- 1) Δυο αντιστάσεις 2,2 KΩ
- 2) Δυο πυκνωτές 22 nF
- 3) Δυο πυκνωτές 10 μF
- 4) Δυο αντιστάσεις 22 KΩ

Λόγω του ρεύματος που τρέχει στο κύκλωμα όταν εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση στα άκρα ενός πυκνωτή, μπορούμε να αντιστοιχήσουμε την αντίσταση αυτή στον πυκνωτή έτσι ώστε αν διαιρέσουμε την τάση με την αντίσταση αυτή να προκύψει η τιμή της έντασης του ρεύματος που ρέει στο κύκλωμα (νόμος του ohm). Την αντίσταση του πυκνωτή την ονομάσουμε αντίδραση συμβολίζοντας την ως  $X_c$ . Η τιμή  $X_c$  εξαρτάται από την χωρητικότητα του πυκνωτή, δηλαδή τρόπο κατασκευής και από την συχνότητα της τάσης που εφαρμόζεται. Όσο πιο χαμηλή είναι η συχνότητα και πλησιάζει στο μηδέν (δηλ προς το συνεχές ρεύμα) τόσο η  $X_c$  του πυκνωτή θα αυξάνεται μέχρι να απειρίζεται στο συνεχές ρεύμα. Ο πυκνωτής λειτουργεί σαν ανοικτός διακόπτης, ενώ όταν η συχνότητα αυξάνεται θα πρέπει ο πυκνωτής να επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος όλο ένα και πιο εύκολα.

Η αντίδραση του πυκνωτή δίνεται από τη παρακάτω σχέση:

$$X_c = 1/2\pi fC$$

Όσο πιο μεγάλη χωρητικότητα έχει ο πυκνωτής τόσο πιο μικρή αντίδραση παρουσιάζεται, δηλ επιτρέπει τη διέλευση μεγαλύτερου ρεύματος. Για αυτό επιλέξαμε μικρούς σε χωρητικότητα πυκνωτές στο κύκλωμα μας, ώστε με μικρή συχνότητα εναλλασσόμενου ρεύματος να μπορούμε να δουλέψουμε, και να μειώσουμε πιο πολύ την

χωρητικότητα, αποφεύγοντας την συνεχή τάση από το υπόλοιπο κύκλωμα. Οι πυκνωτές τοποθετήθηκαν σε σειρά με των μεγαλύτερο να καταλήγει στο πλέγμα (σχέδιο κυκλώματος) μαζί με μια μεγάλη αντίσταση όπου πραγματοποιεί πτώση τάσης από την τάση του κυκλώματος, επιτρέποντας ελάχιστο ρεύμα στο πλέγμα.

Στη βαθμίδα ενίσχυσης που είναι αποκλειστικά η λυχνία 12AT7 στην οποία υπάρχει μια κάθοδος και μια άνοδος, με δυο πλέγματα στην μέση, ένα για κάθε κανάλι και ονομάζεται διπλή τρίοδος, όπου πλέγμα είναι ειδικής κατασκευής ηλεκτρόδια. Οι ακίδες που προεξέχουν από την λυχνία 4,5,9 είναι η κάθοδος ενώ 1,6 η άνοδος και το α)πλέγμα 7,2 β) πλέγμα 3,8. Επόμενη βαθμίδα είναι οι μετασχηματιστές εξόδου που χρησιμοποιήθηκαν είναι δυο GETH 220volt - 12volt - 4.8W που παρεμβάλλονται μεταξύ του ανοδικού κυκλώματος της τελευταίας βαθμίδας των ενισχυτικών διατάξεων και του μεγαφώνου (μετασχηματιστές προσαρμογής αντίστασης εξόδου). Η μικρή σύνθετη αντίσταση του πηνίου της φωνής των μεγαφώνων, μεταξύ 4 ή 8 ΩΜ, δεν επιτρέπει τη σύνδεση τους απευθείας στην άνοδο της λυχνίας εξόδου. Για αυτό χρησιμοποιούνται μετασχηματιστές που προσαρμόζουν τη μικρή σύνθετη αντίσταση των μεγαφώνων στην μεγάλη σύνθετη αντίσταση του φορτίου των λυχνιών. Με το μετασχηματιστή κατορθώνεται η μεταφορά της μεγίστης δυνατής ενέργειας από τη λυχνία προς το μεγάφωνο, ενώ συγχρόνως η ισχύς που προσφέρεται από την λυχνία εξόδου, με μεγάλη τάση και μικρή ένταση, μεταβιβάζεται στο πηνίο του μεγαφώνου με μικρή τάση και μεγάλη ένταση.

Ακολούθως έχουμε την βαθμίδα με τον μετασχηματιστή για την τάση νημάτων της λυχνίας, σταθερή 6volt ac 3,6w.

#### **Χαρακτηριστικά μετασχηματιστών εξόδου:**

- α) Την ισχύ τους, που είναι μικρότερη από 1 watt όταν πρόκειται για μικρά ραδιόφωνα τρανζίστορ, ενώ για ενισχυτές ισχύος φτάνει τα 100 watt.
- β) Την αυτεπαγωγή (L) του πρωτεύοντος.
- γ) Το ανοδικό ρεύμα ηρεμίας ( $I_0$ ).
- δ) Τη σύνθετη αντίσταση της βαθμίδας εξόδου.
- ε) Τη σύνθετη αντίσταση του πηνίου φωνής του μεγαφώνου.

Με την παραπάνω περιγραφή γίνεται κατανοητό ποιές παραμέτρους μπορεί να πάρει κάποιος σαν βάση για να κατασκευάσει ένα ενισχυτή με λυχνίες. Εκεί που πρέπει να δώσει προσοχή σε μια τέτοια κατασκευή είναι το τροφοδοτικό, καθώς όσο καλύτερη εξομάλυνση, τόσο μικρότερο θόρυβο θα έχουμε.

### **Προβλήματα**

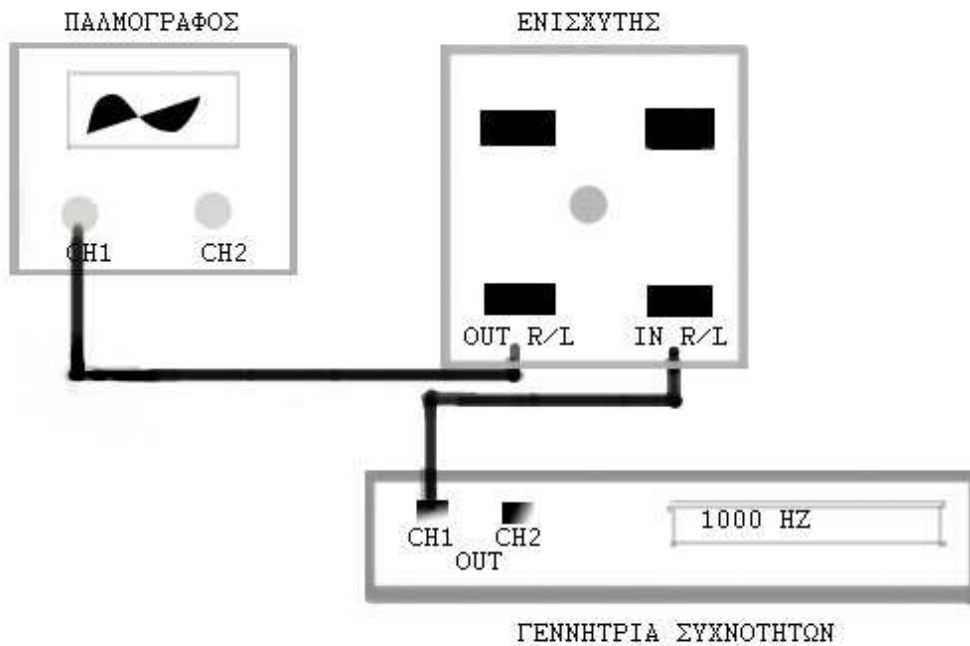
Τοποθετώντας τις αντιστάσεις και τους πυκνωτές όπως αναφέρεται στο σχέδιο, παρουσιάστηκαν κάποια προβλήματα, όπως η έλλειψη ήχου στο αριστερό κανάλι. Διαπίστωσα πρόβλημα με τους πυκνωτές. Όταν αντικατέστησα τους πυκνωτές στην έξοδο με πολυεστερικούς και κεραμικούς, το πρόβλημα λύθηκε.

## 4.5 Δοκιμή του ενισχυτή, Αποτελέσματα μετρήσεων.

### 4.5.1 Συχνотική απόκριση ενισχυτή

Πραγματοποιώντας την παρακάτω συνδεσμολογία ξεκινήσαμε να παίρνουμε μετρήσεις. Με μια γεννήτρια ακουστικού σήματος δίναμε συχνότητες και με τον παλμογράφο παίρναμε τις ενδείξεις, με ενίσχυση και χωρίς, για να δούμε πως ανταποκρίνεται.

Διάταξη σύνδεσης του ενισχυτή για την μέτρηση συχνотικής απόκρισης του:



Εικ 4.5.1

Με την μέτρηση αυτή θα πρέπει να ελέγξουμε την ικανότητα της συσκευής να αναπαράγει στην έξοδο της, το σήμα που δέχεται στην είσοδο και την συμπεριφορά του ενισχυτή για όλο το ακουστικό φάσμα. Τα αποτελέσματα τα δείχνω στην γραφική παράσταση η οποία ονομάζεται καμπύλη απόκρισης συχνотήτων (frequency response).

Τα dB προκύπτουν από τον παρακάτω τύπο:

$$\text{dB} = 20 \log V_{\text{out}}/V_{\text{in}}$$

**Πίνακας συχνότητας εισόδου εξόδου των τάσεων για το αριστερό κανάλι (L)**

<b>F(Hz)</b>	<b>Vin L</b>	<b>Vout L</b>	<b>dB</b>
40	1.5	0.3	-13,9
80	1.5	0.6	-7,9
100	1.5	1.2	-1,9
200	1.5	1.9	2
400	1.5	2.6	4,7
800	1.5	3	6
1000	1.5	3.10	6,3
2000	1.5	3.35	6,9
4000	1.5	3.45	7,2
8000	1.5	3.45	7,2
10000	1.5	3.35	6,9
12000	1.5	3.3	6,8
14000	1.5	3.2	6,6
16000	1.5	3.15	6,4
20000	1.5	2.95	5,8

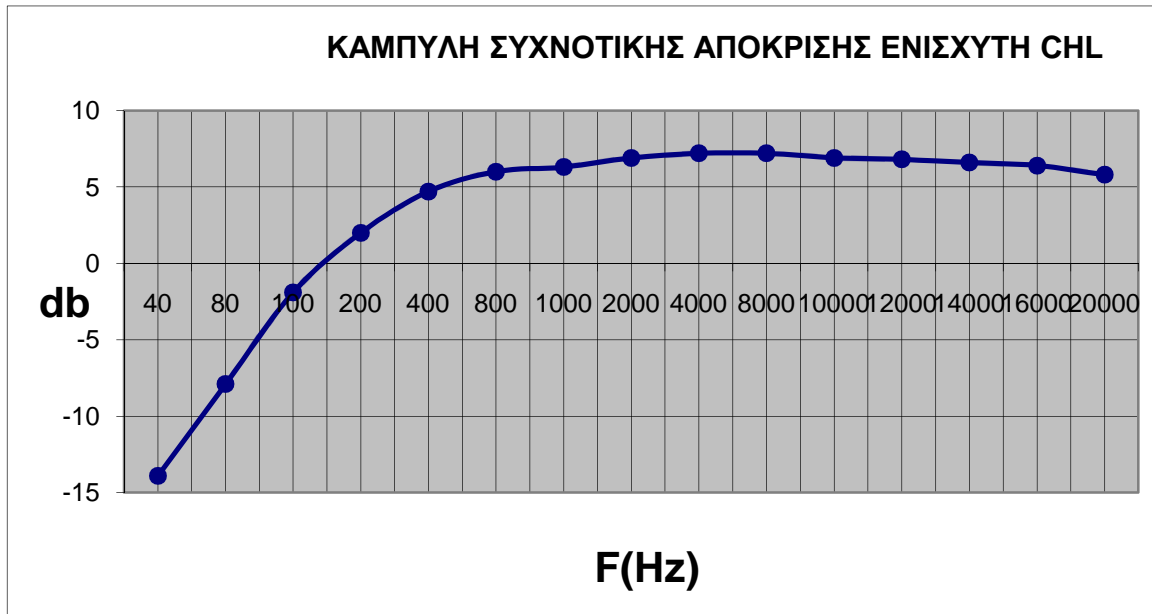


**Πίνακας συχνότητας εισόδου εξόδου των τάσεων για το δεξιό κανάλι (R)**

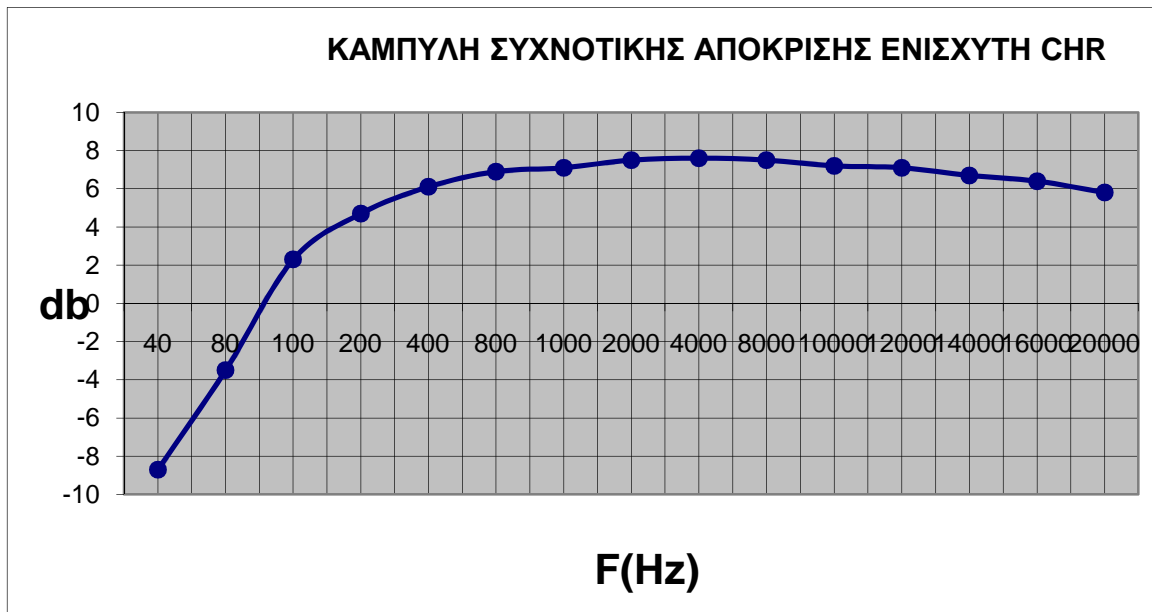
<b>F(Hz)</b>	<b>V in R</b>	<b>Vout R</b>	<b>dB</b>
40	1.5	0.55	-8,7
80	1.5	1	-3,5
100	1.5	1.95	2,3
200	1.5	2.6	4,7
400	1.5	3.05	6,1
800	1.5	3.35	6,9
1000	1.5	3.4	7,1
2000	1.5	3.55	7,5
4000	1.5	3.6	7,6
80000	1.5	3.55	7,5
10000	1.5	3.45	7,2
12000	1.5	3.40	7,1
14000	1.5	3.25	6,7
16000	1.5	3.15	6,4
20000	1.5	2.95	5,8

Παρατηρούμε ότι έχει μια παραπάνω αύξηση τάσης στην έξοδο το δεξιό κανάλι σε σύγκριση με το αριστερό.

Γράφημα συχνοτικής απόκρισης VoutL



Γράφημα συχνοτικής απόκρισης VoutR



Το εύρος ζώνης παρατηρούμε ότι ξεκινάει από τα 100HZ -20KHZ, με την στάθμη εισόδου να παραμένει ίδια για όλες τις συχνότητες. Για Vout L η συχνοτική απόκριση είναι σύμφωνα με την θεωρία που αναπτύξαμε στο κεφ 1,6 είναι 200HZ-20KHZ  $\pm$  2,6dB και για

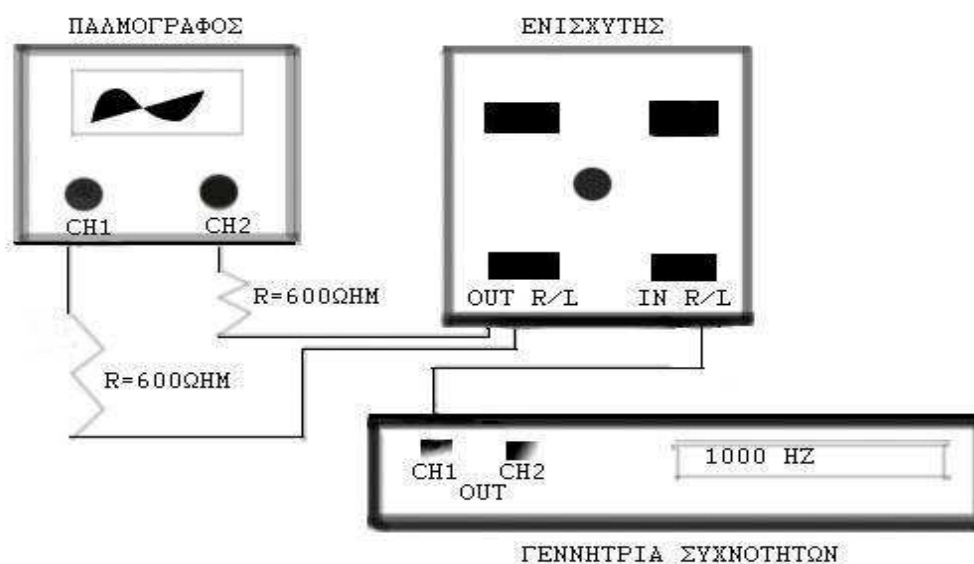
$V_{out R}$  έχουμε συχνотική απόκριση από 100HZ-20KHZ  $\pm 2,65dB$ . Ο ενισχυτής βρίσκεται στα επιθυμητά όρια μας διότι συχνότητες κάτω από 150HZ δεν μπορούν να αποδοθούν από τα μεγάφωνα των ακουστικών, όπως επίσης συχνότητες πάνω από 14KHZ.

#### 4.5.2 Μέτρηση μέγιστης ισχύος εξόδου ενισχυτή

Η μέτρηση της μέγιστης ισχύος εξόδου σε ένα ενισχυτή είναι σημαντική διαδικασία. Η μέτρηση γίνεται συνήθως για την συχνότητα που χρησιμοποιείται σαν αναφορά (1kHz).

Για να γίνει αξιόπιστη η μέτρηση θα πρέπει να τοποθετήσουμε κατάλληλο φορτίο στην έξοδο του ενισχυτή. Η τιμή του φορτίου που τοποθετήθηκε ήταν  $R=600\Omega$  όπου  $R$ =αντίσταση.

Διάταξη σύνδεσης του ενισχυτή για την μέτρηση μέγιστη ισχύ εξόδου του:



Εικ 4.5.2

#### Μέθοδος –μετρήσεις.

α) Συνδέουμε μια γεννήτρια στην είσοδο της συσκευής και το φορτίο στην έξοδο. Παράλληλα με το φορτίο συνδέσαμε το ένα κανάλι του παλμογράφου όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα.

β) Βάλαμε στη γεννήτρια ένα σήμα 1kHz και το ρυθμιστικό του ενισχυτή στο maximum.

γ) Αυξήσαμε το πλάτος του σήματος από την γεννήτρια μέχρι που είδαμε στην έξοδο το σήμα να παραμορφώνει. Μειώσαμε ελάχιστα το πλάτος έτσι ώστε να πάρουμε το μέγιστο μη παραμορφωμένο σήμα.

δ) Μετρήσαμε το πλάτος τάσης εξόδου  $V_{p-p}$

Ισχύουν οι τύποι :

$$V_{rms}=0.707* V_{p-p}/2$$

$$P_{rms}=V_{rms}^2 /R$$

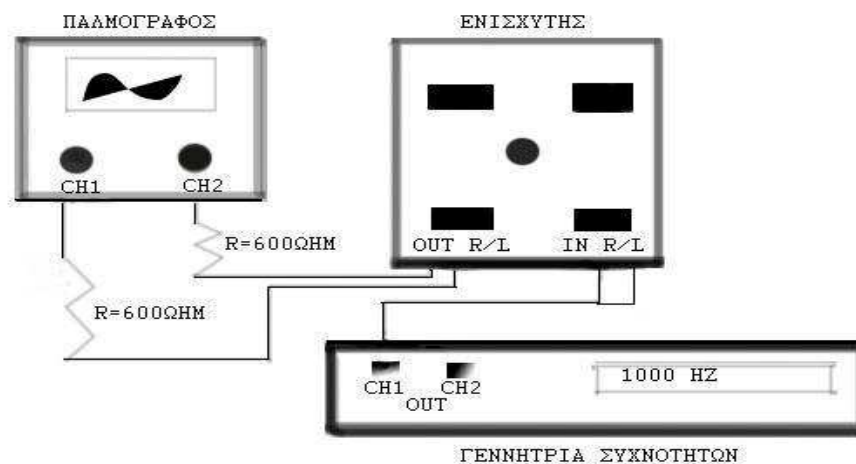
KANALIL	$V_o$ p-p =6,0 V	$V_o$ rms = 2,12 V	$P_{rms}$ = 7,49 mW
KANALIR	$V_o$ p-p = 6,3 V	$V_o$ rms = 2,23 V	$P_{rms}$ = 8,29 mW

Παρατηρούμε ότι ο ενισχυτής ενισχύει το σήμα εισόδου λίγο περισσότερο στο δεξιό κανάλι. Η ισχύς που αποδίνει ο ενισχυτής μας στα ακουστικά είναι μικρή αλλά ικανοποιητική για ακουστικά με μεγάλη ευαισθησία.

### 4.5.3 CROSSTALK

Ονομάζεται το φαινόμενο στο οποίο ένα σήμα που διέρχεται από μια γραμμή μεταφοράς, μεταφέρει ένα μικρό ποσοστό σε καλώδια και γραμμές που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση. Το φαινόμενο δεν είναι επιθυμητό σε καμιά περίπτωση και συμβαίνει γιατί τα ηλεκτρικά κυκλώματα που αποτελούν κύριος μέρος μιας συσκευής έχουν μια χωρητική ή επαγωγική σχέση. Αυτό σημαίνει ότι υπό ορισμένες συνθήκες και για κάποιες συχνότητες είναι πιθανόν να μειωθεί η σύνθετη αντίσταση μεταξύ δυο βαθμίδων και ένα ρεύμα να διαρρεύσει από την μια στην άλλη. Παρακάτω θα δούμε τον τρόπο μέτρησης της διαρροής αυτής.

Διάταξη σύνδεσης του ενισχυτή για την μέτρηση του crosstalk:



Εικ 4.5.3

## Μέθοδος μέτρησης

Μετρήσαμε το crosstalk μεταξύ των καναλιών του ενισχυτή left & right.

α) Από μια γεννήτρια συχνοτήτων δώσαμε σήμα στην είσοδο του ενισχυτή επιλέγοντας να είναι όσο μεγαλύτερης έντασης, χωρίς να παραμορφώνει το σήμα.

β) Συνδέσαμε τις εξόδους L & R στα κανάλια του παλμογράφου και μετρήσαμε το σήμα σε κάθε κανάλι για την κάθε συχνότητα.

γ) Από τη σχέση σε  $dB=20\log V_{\text{διαρροής}}/V_{\text{κανονικό}}$  των δυο τάσεων  $V_{\text{outL}}$  &  $V_{\text{outR}}$  υπολογίσαμε την τιμή του crosstalk που εκφράζεται σε αρνητικές τιμές.

Από το σύνολο των τιμών σχεδιάσαμε τις παρακάτω γραφικές παραστάσεις που δίνουν το crosstalk σε όλο το φάσμα λειτουργίας.

### ΠΙΝΑΚΑΣ

#### Μετρήσεις διαρροής τάσης από το L στο R κανάλι

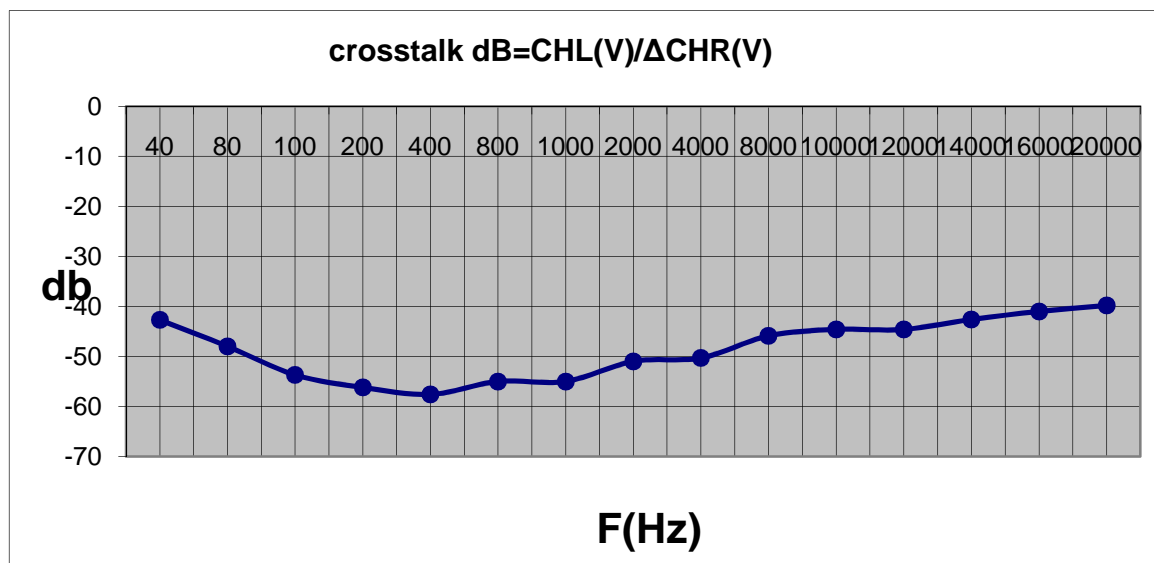
HZ	CH L (V)	$\Delta$ CH R(V)	DB
20	0,3	0,004	-37,5
40	0,6	0,004	-43,5
100	1,2	0,004	-49,5
200	1,9	0,004	-53,5
400	2,6	0,004	-56,3
800	3	0,004	-57,5
1000	3,1	0,005	-55,8
2000	3,35	0,006	-55
4000	3,45	0,008	-52,7
8000	3,45	0,012	-49,2
10000	3,35	0,015	-47
12000	3,3	0,016	-46,3
14000	3,2	0,020	-44
16000	3,15	0,024	-42,3
20000	2,95	0,028	-40,4

## ΠΙΝΑΚΑΣ

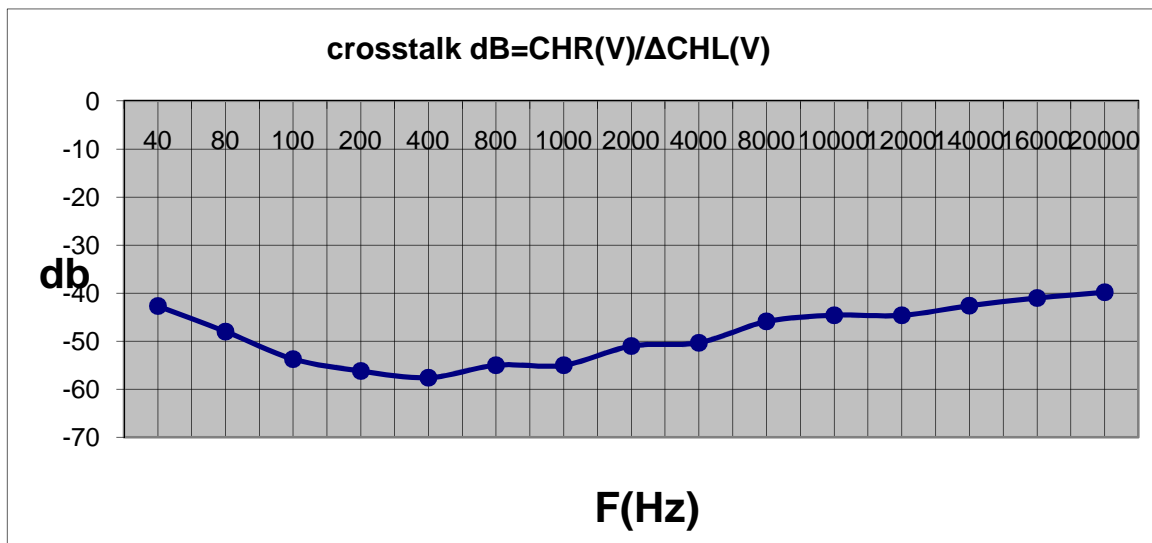
**Μετρήσεις διαρροής τάσης από το R στο L κανάλι**

<b>HZ</b>	<b>CH R (V)</b>	<b>ΔCHL(V)</b>	<b>DB</b>
20	0,55	0,004	-42,7
40	1	0,004	-48
100	1,95	0,004	-53,7
200	2,6	0,004	-56,2
400	3,05	0,004	-57,6
800	3,35	0,006	-55
1000	3,4	0,006	-55
2000	3,55	0,010	-51
4000	3,6	0,011	-50,3
8000	3,55	0,018	-45,9
10000	3,45	0,020	-44,6
12000	3,4	0,020	-44,6
14000	3,25	0,024	-42,6
16000	3,15	0,028	-41
20000	2,95	0,03	-39,8

**Γράφημα σε DB η διαρροή από το CH L (V)/ στο Δ CH R (V)**



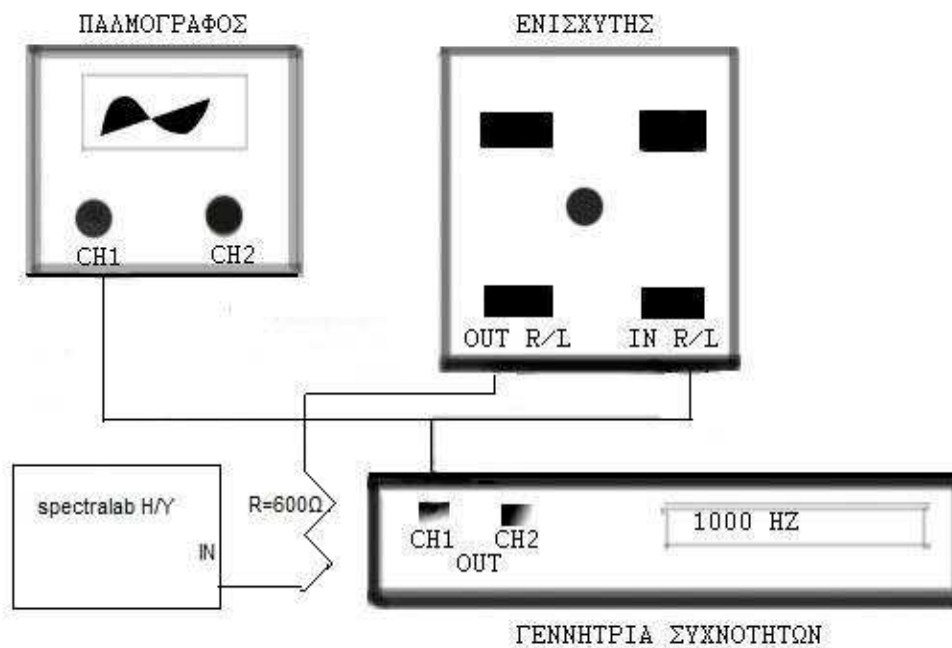
Γράφημα σε DB η διαρροή από το CH R (V)/ στο Δ CH L (V)



Παρατηρούμε ότι υπάρχει μια πολύ ελάχιστη διαρροή πιθανών λόγω μη καλής μόνωσης των καλωδίων.

#### 4.5.4 ΑΡΜΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

Διάταξη σύνδεσης του ενισχυτή για την μέτρηση της ολικής αρμονικής παραμόρφωσης:



Εικ 4.5.4

Η μέτρηση της ισχύος ενός ενισχυτή γίνεται πάντα σε σχέση με την αρμονική παραμόρφωση. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση είναι να δίνεται η ισχύς λίγο πριν τον ψαλιδισμό. Σε άλλες σχεδιάσεις ο ψαλιδισμός έρχεται απότομα αυξανόμενης της οδήγησης, και σε άλλες πιο σταδιακά. Όταν ένα ηλεκτρικό σήμα πρέπει να περάσει μέσα από ένα ενισχυτή, οι συνιστώσες του πρέπει να ενισχυθούν ομοιόμορφα ώστε στην έξοδο να διατηρούν την ίδια σχετική ένταση μεταξύ τους, ώστε η χροιά να αποδοθεί πιστά.

### **Εφαρμογή –συνδέσεις**

Παρακάτω μετρήσαμε την αρμονική παραμόρφωση στον ενισχυτή στο σημείο που εμφανίζεται το σημείο ψαλιδισμού. Συνδέουμε μια γεννήτρια σήματος στην είσοδο του ενισχυτή και στην έξοδο ένα spectrum analyzer H/Y. Στον ενισχυτή δεν υπάρχει ενδεικτικό led για να μπορεί να μας δείξει ότι η τάση του ενισχυτή φτάνει στο τέρμα, επομένως τοποθετήσαμε ένα παλμογράφο για να πάρουμε μετρήσεις πριν το σημείο ψαλιδισμού. Πήραμε λοιπόν μετρήσεις για τα πλάτη των αρμόνικων και της θεμέλιας, χρησιμοποιώντας το σταυρόνημα του spectra Lab και υπολογίσαμε την ολική αρμονική παραμόρφωση σε dB και σε ποσοστό %. Η ολική αρμονική παραμόρφωση ορίζεται το άθροισμα των πλατών των τάσεων των αρμόνικων που παράγονται ( $V_2, V_3, \dots, V_n$ ) προς το πλάτος της θεμέλιας  $V_1$ .

$$THD = (V_2 + V_3 + \dots + V_n) / V_1$$

Και σε dB

$$THD \text{ dB} = 20 \log(V_2 + V_3 + \dots + V_n) / V_1$$

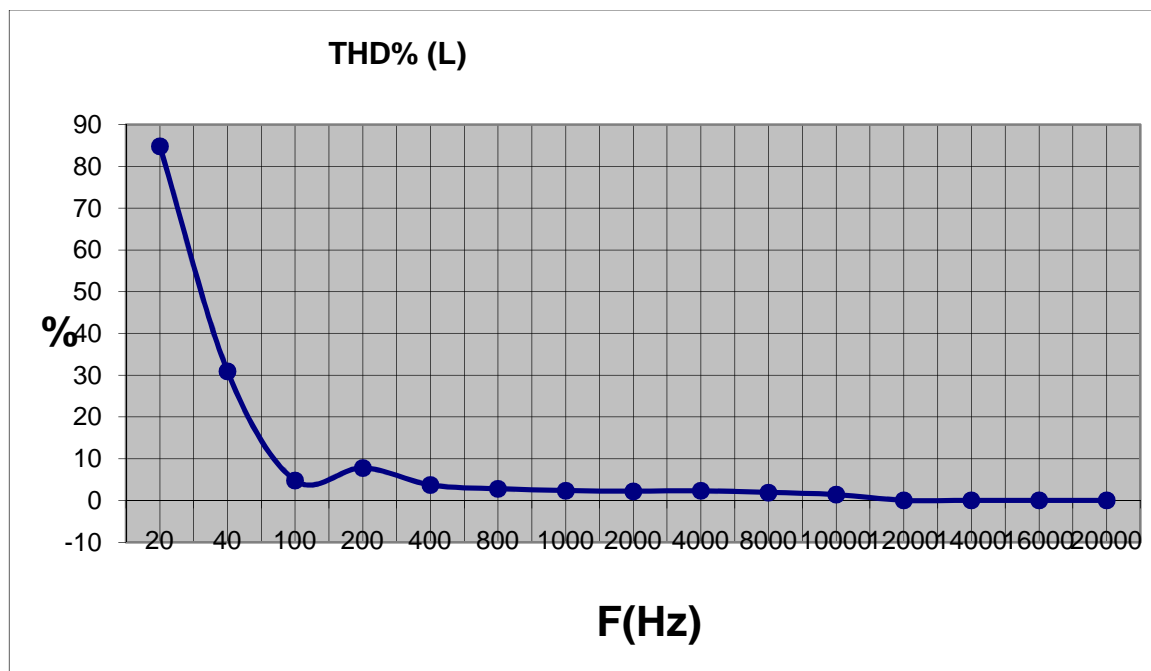


## ΠΙΝΑΚΑΣ

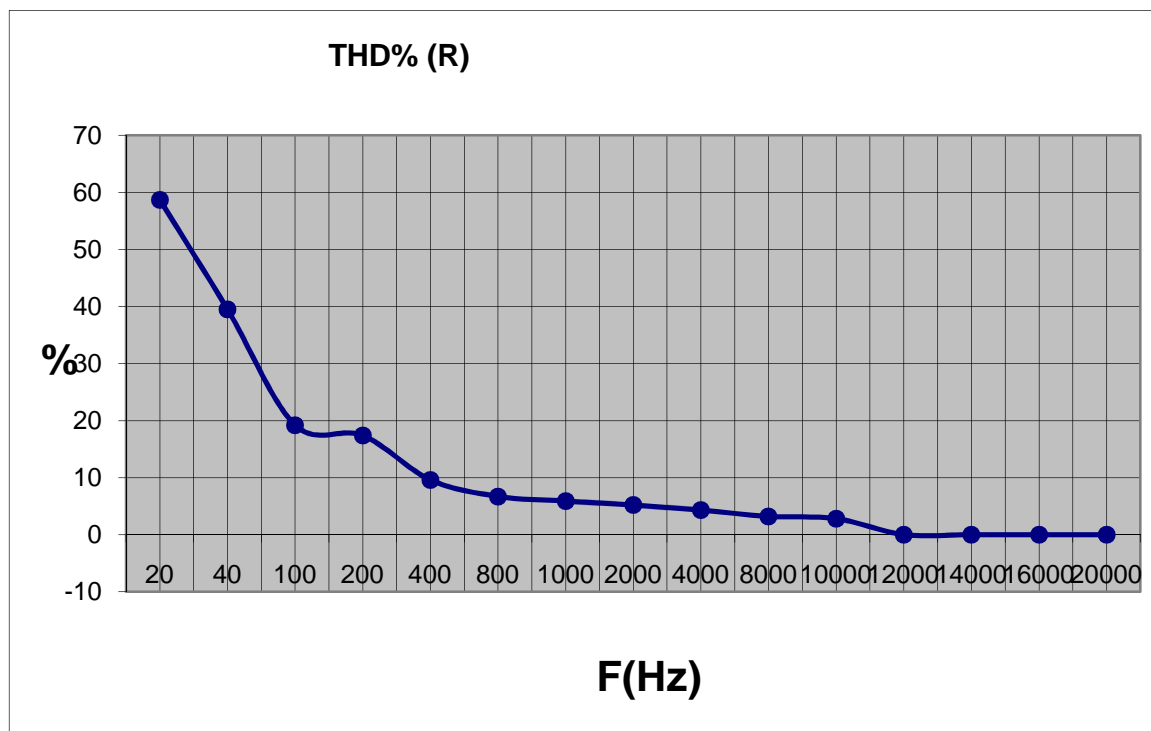
Μετρήσεις ολικής αρμονικής παραμόρφωσης στο R & L κανάλι με σταθερό σήμα στην είσοδο 1 volt

<b>HZ</b>	<b>THD% (L)</b>	<b>HZ</b>	<b>THD% (R)</b>
20	84.8	20	58.7
40	30.9	40	39.5
100	4.8	100	19.2
200	7.8	200	17.4
400	3.7	400	9.6
800	2.8	800	6.7
1000	2.34	1000	5.9
2000	2.19	2000	5.2
4000	2.3	4000	4.3
8000	1.9	8000	3.2
10000	1.4	10000	2.8
12000	0	12000	0
14000	0	14000	0
16000	0	16000	0
20000	0	20000	0

Γράφημα αρμονικής παραμόρφωσης THD% (L)



Γράφημα αρμονικής παραμόρφωσης THD% (R)

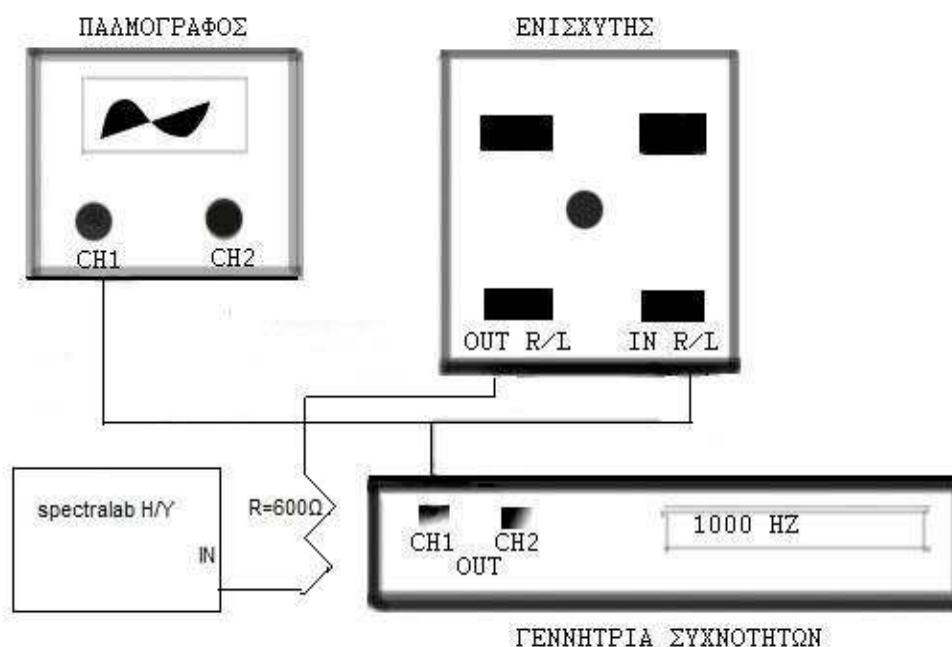


Το δεξιό κανάλι βλέπουμε ότι έχει μια αυξημένη παραμόρφωση. Πιθανό να προέρχεται από θόρυβο δικτύου διότι βρίσκεται πολύ έντονα στις χαμηλές συχνότητες, βέβαια δεν μας ενδιαφέρει και τόσο γιατί αφορά συχνότητες που τα ακουστικά μας αφού δεν αποδίδεται.

#### 4.5.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣ ΘΟΡΥΒΟ (S/N)

Ακολουθώς μετρήσαμε το λόγο σήματος προς θόρυβο. Το S/N ratio είναι ένα μέτρο που χρησιμοποιείται στην επιστήμη και τη μηχανική και συγκρίνει το επίπεδο ενός επιθυμητού σήματος προς το επίπεδο του θορύβου. Ορίζεται ως ο λόγος της ισχύος του σήματος προς την ισχύ θορύβου.

Διάταξη σύνδεσης του ενισχυτή για την μέτρηση του λόγου σήματος προς θόρυβο:



Εικ 4.5.5

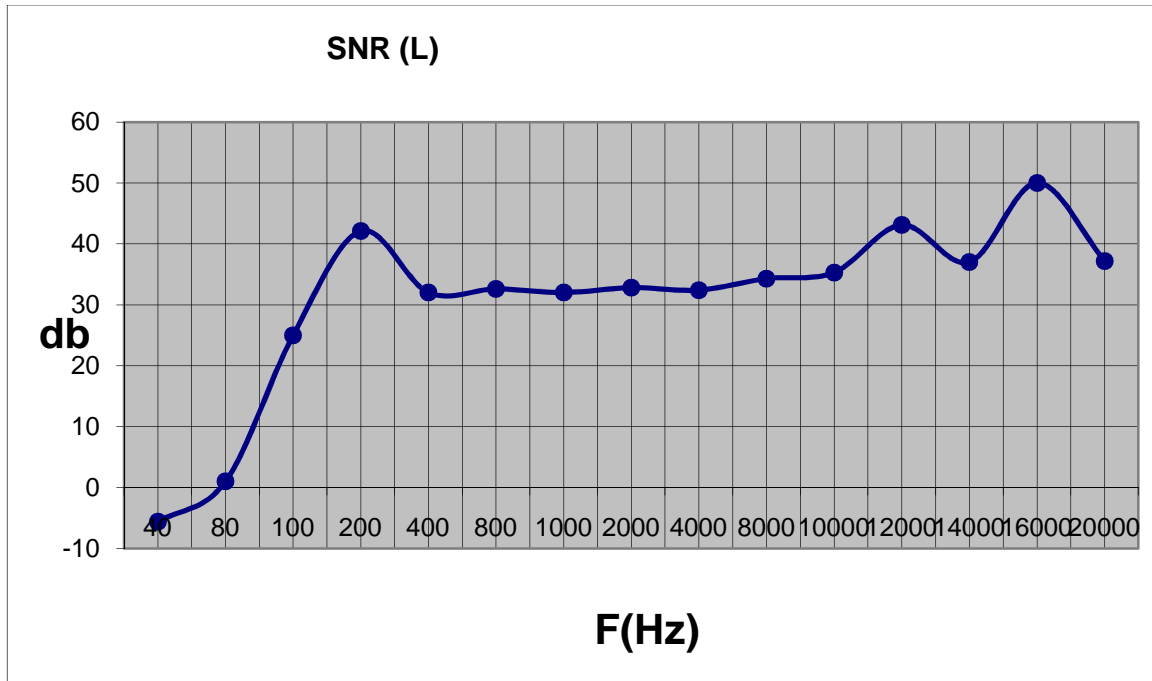
Παρακάτω μετρήσαμε τον λόγο σήματος προς θόρυβο στον ενισχυτή στο σημείο που εμφανίζεται το σημείο ψαλιδισμού. Συνδέουμε μια γεννήτρια σήματος στην είσοδο του ενισχυτή και στην έξοδο ένα spectrum analyzer H/Y. Στον ενισχυτή δεν υπάρχει ενδεικτικό led για να μπορεί να μας δείξει ότι η τάση του ενισχυτή φτάνει στο τέρμα, επομένως τοποθετήσαμε ένα παλμογράφο για να πάρουμε μετρήσεις πριν το σημείο ψαλιδισμού. Πήραμε λοιπόν μετρήσεις για τα πλάτη των αρμόνικων και της θεμέλιας, χρησιμοποιώντας το σταυρόνημα του spectra Lab και υπολογίσαμε τον λόγο σήματος προς θόρυβο σε dB.

## ΠΙΝΑΚΑΣ

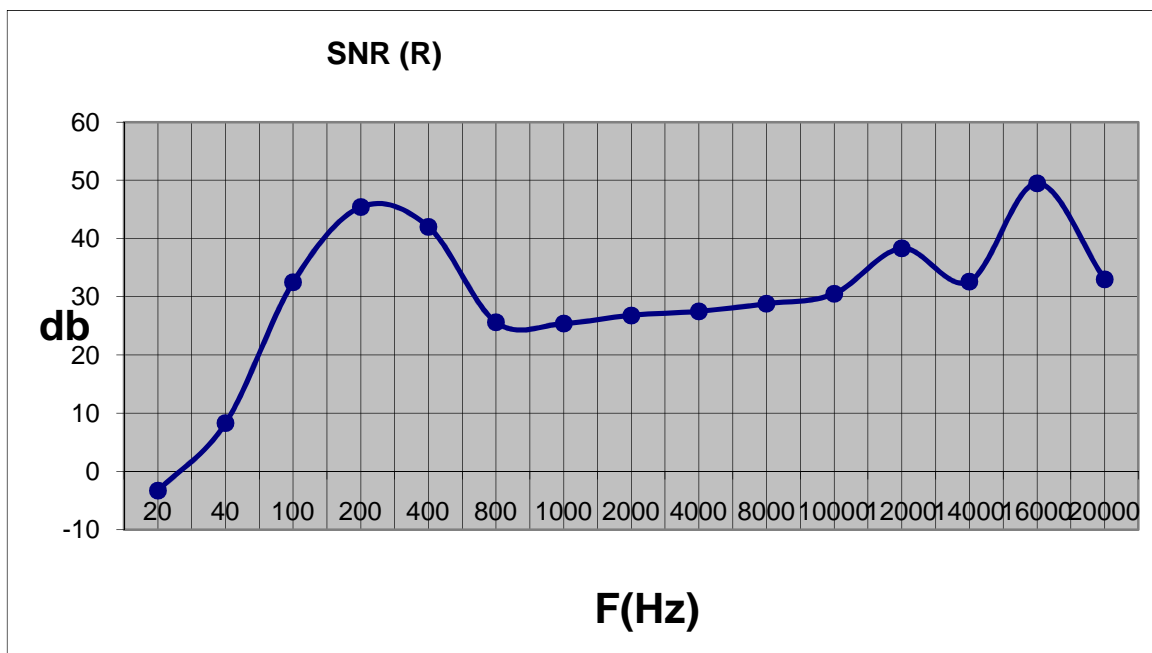
Μετρήσεις σήματος προς θόρυβο σε απόδοση db για το R & L κανάλι.

<b>HZ</b>	<b>SNR dB (R)</b>	<b>HZ</b>	<b>SNR dB (L)</b>
20	-3.3	20	-5.6
40	8.3	40	1
100	32.5	100	25
200	45.4	200	42.1
400	42	400	32
800	25.6	800	32.6
1000	25.4	1000	32
2000	26.8	2000	32.8
4000	27.5	4000	32.4
8000	28.8	8000	34.3
10000	30.5	10000	35.3
12000	38.3	12000	43.1
14000	32.6	14000	37
16000	49.5	16000	50
20000	33	20000	37.2

Γράφημα σύμφωνα με των παραπάνω πίνακα σήματος προς θόρυβο για το SNR DB (L)



Γράφημα σύμφωνα με των παραπάνω πίνακα σήματος προς θόρυβο για το SNR DB (R)



Παρατηρούμε ότι έχουμε μια μικρή παραμόρφωση αλλά είναι μικρότερη του 10% οπότε δεν υπάρχει κάποιο ακουστικό πρόβλημα.

## Συνοπτικά χαρακτηριστικά του ενισχυτή

	<b>CHANNEL L</b>	<b>CHANNEL R</b>
Απόκριση συχνότητας	<b>200HZ-20KHZ <math>\pm</math> 2,6dB</b>	<b>100HZ-20KHZ <math>\pm</math> 2,65dB</b>
Μέγιστη στάθμη εξόδου	<b>7,49 mW</b>	<b>8,29 mW</b>
CROSSTALK	<b>Κάτω από -60dB μέχρι το 1kHz &amp; -50dB έως 10kHz</b>	<b>Κάτω από -60dB μέχρι το 1kHz &amp; -50dB έως 10kHz</b>
Αρμονική παραμόρφωση	<b>1 volt σήμα εισόδου έχουμε 2.34%</b>	<b>1 volt σήμα εισόδου έχουμε 2.34%</b>

## **ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ.**

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η κατασκευή και η αξιολόγηση του παραπάνω ενισχυτή με λυχνία και η παρουσίαση του ώστε να μπορεί ο καθένας να πάρει τις βασικές αρχικές 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, γι' αυτό η εργασία μας στηρίχτηκε σε έναν απλό σχεδιασμό ενός ενισχυτή. Παρόλα αυτά ο ενισχυτής μας δούλεψε σωστά , με μικρές παραμορφώσεις και με καλή εξομάλυνση του τροφοδοτικού του.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι έχουμε ένα πολύ καλό ενισχυτή για ένα οποιοδήποτε ζευγάρι ακουστικών αφού δεν έχει να ζηλέψει τίποτα από ένα αντίστοιχο ενισχυτή με τρανζίστορ της αγοράς. Η απόκριση συχνότητας του είναι στις προδιαγραφές που επιθυμούσα, αφού τα μεγάφωνα των ακουστικών δεν αποδίδουν λόγο μεγέθους τις χαμηλές και πολύ υψηλές συχνότητες ενώ ο ενισχυτής δεν έχει παραμόρφωση πάνω από 10% και έχει ικανοποιητική ισχύς.

## **ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ**

Στον ενισχυτή με λυχνίες θα μπορούσα να τοποθετήσω δυο ξεχωριστές λυχνίες, μια για κάθε κανάλι, ώστε να ήταν διαχωρισμένα τα κανάλια, με αποτέλεσμα και με την βοήθεια καλύτερης μόνωσης των καλωδίων να αποφεύγαμε το crosstalk.

Επίσης, θα μπορούσαμε να φτιάξουμε ένα τροφοδοτικό γραμμικό και να αποφεύγαμε το θόρυβο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ (Ανδρέα β. Ζερβάκου)  
3<sup>η</sup> έκδοση. 1985 ΣΕΤΤΗΛ
2. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ (Charles A.Schuler) 5<sup>η</sup> 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) 4<sup>η</sup> έκδοση.1999: (ISBN 960-7219-  
12-1) 5.
5. ΓΕΝΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ (Εμμανουήλ Γ.Τσαγάκη) Ίδρυμα Ευγενίδου β' έκδοση  
1985
6. ΔΟΚΙΜΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ ΣΕΤΤΗΛ ΔΕ-300 1998

### Διαδίκτυο

1. [www.hlektronika.gr](http://www.hlektronika.gr)
2. <http://www.onlinemagazine.gr/?p=28>
3. [http://b52radioactiveandpiratesofgreece.blogspot.gr/2012/01/valves\\_19.html](http://b52radioactiveandpiratesofgreece.blogspot.gr/2012/01/valves_19.html)
4. <http://pdfi.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/225931/ETC2/ECC81/12AT7.html>
5. <http://pics.rbc.ru/img/cnews/2005/09/07/philipsheadphone.jpg>
6. [http://www.itsmart.gr/product\\_info.php?products\\_id=2348](http://www.itsmart.gr/product_info.php?products_id=2348)
7. [http://brain.pan.e-merchant.com/5/3/10017735/u\\_10017735.jpg](http://brain.pan.e-merchant.com/5/3/10017735/u_10017735.jpg)
8. <http://www.ricardo.gr/buy/eikona-ixos/forita-ixosistimata/mp3-mp4-players/syskeys/mp3-sport-akoustika-fm-roz/v/an702387000/>
9. <http://www.artsound.gr/catalog/images/sennheiser/sennheiserrsr170.jpg>
10. [http://www.qscaudio.com/products/speakers/acoustic\\_design/ad\\_s32/ads32\\_frequency.htm](http://www.qscaudio.com/products/speakers/acoustic_design/ad_s32/ads32_frequency.htm)

Οι σύνδεσμοι ελέχθηκαν την 1/4/13



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 Επικ.Καθηγητή 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 και θα με βοηθήσουν στην επαγγελματική μου σταδιοδρομία.
4. Τους γονείς μου που στάθηκαν δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια στις σπουδές μου



"Ei-RC" - Electronic tubes factory

## ECC81/12AT7

---

ECC81 is R.F. Double Triode



### Quick reference data

- Anode current  $I_a=10\text{mA}$
- Transconductance  $S=5,5\text{mA/V}$
- Amplification  $\mu=60$

### Heating

Heating is indirect by AC or DC, with serial or parallel supply. Please note that, in case of serial supply, a current limiting device must be inserted in the heater circuit for limiting the current when switching on.

Heater voltage	$V_f$	6,3	12	(V)
Heater current	$I_f$	300	150	(mA)
pins		9-(4+5)	4-5	

---

Telephone: +381 18 550 741  
 FAX: +381 18 550 806  
 Postal address: Bul. Sv. Cara Konstantina 80-86, 18000 Nis, Yugoslavia

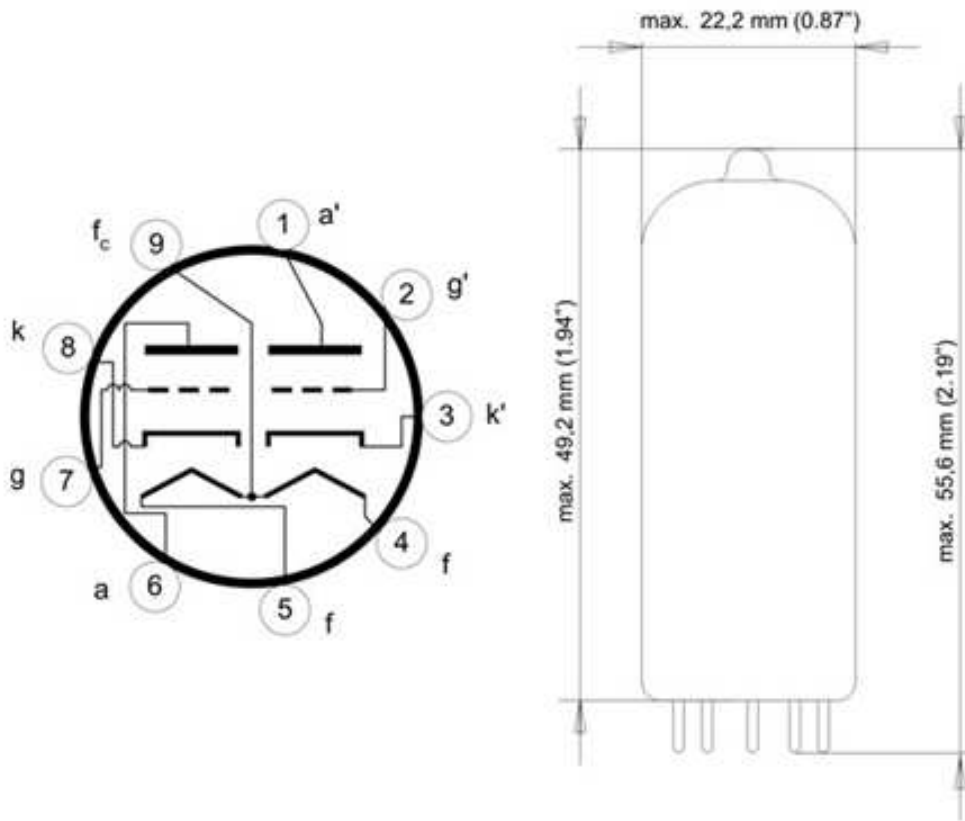
---



ECC81/12AT7

Dimensions and connections

Base: Noval



Typical characteristics and operating conditions

Anode voltage	$V_a$	100	170	200	250	(V)
Grid voltage	$V_g$	-1,0	-1,0	-1,0	-2,0	(V)
Anode current	$I_a$	3,0	8,5	11,5	10	(mA)
Transconductance	$S$	3,75	5,9	6,7	5,5	(mA/V)
Amplification	$\mu$	62	66	70	60	
Internal resistance	$R_i$	16,5	11	10,5	11	(k $\Omega$ )

Telephone: +381 18 550 741

FAX: +381 18 550 806

Postal address: Bul. Sv. Cara Konstantina 80-86, 18000 Nis, Yugoslavia

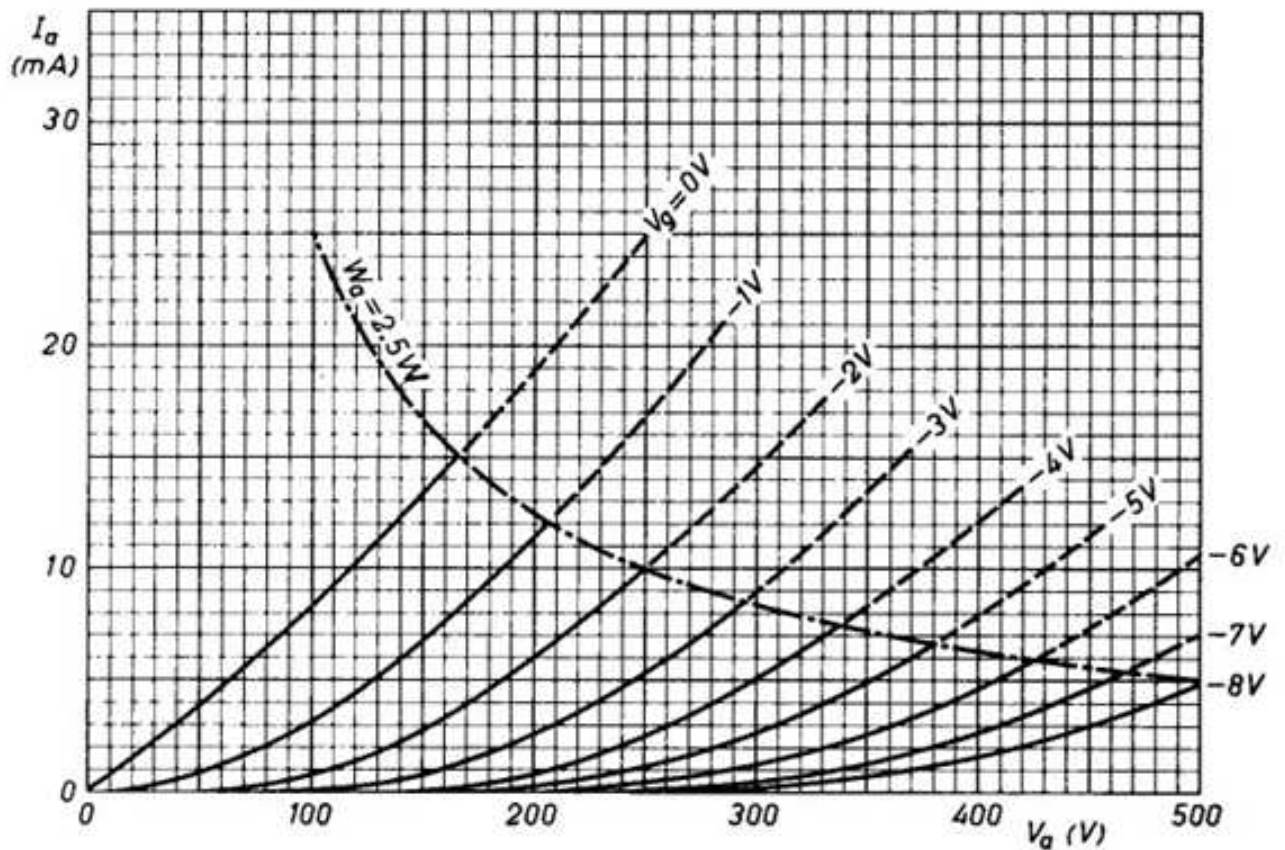
Electronic mail: [eirc@eierc.com](mailto:eirc@eierc.com)

Web site: <http://www.eierc.com/rc/default.htm>

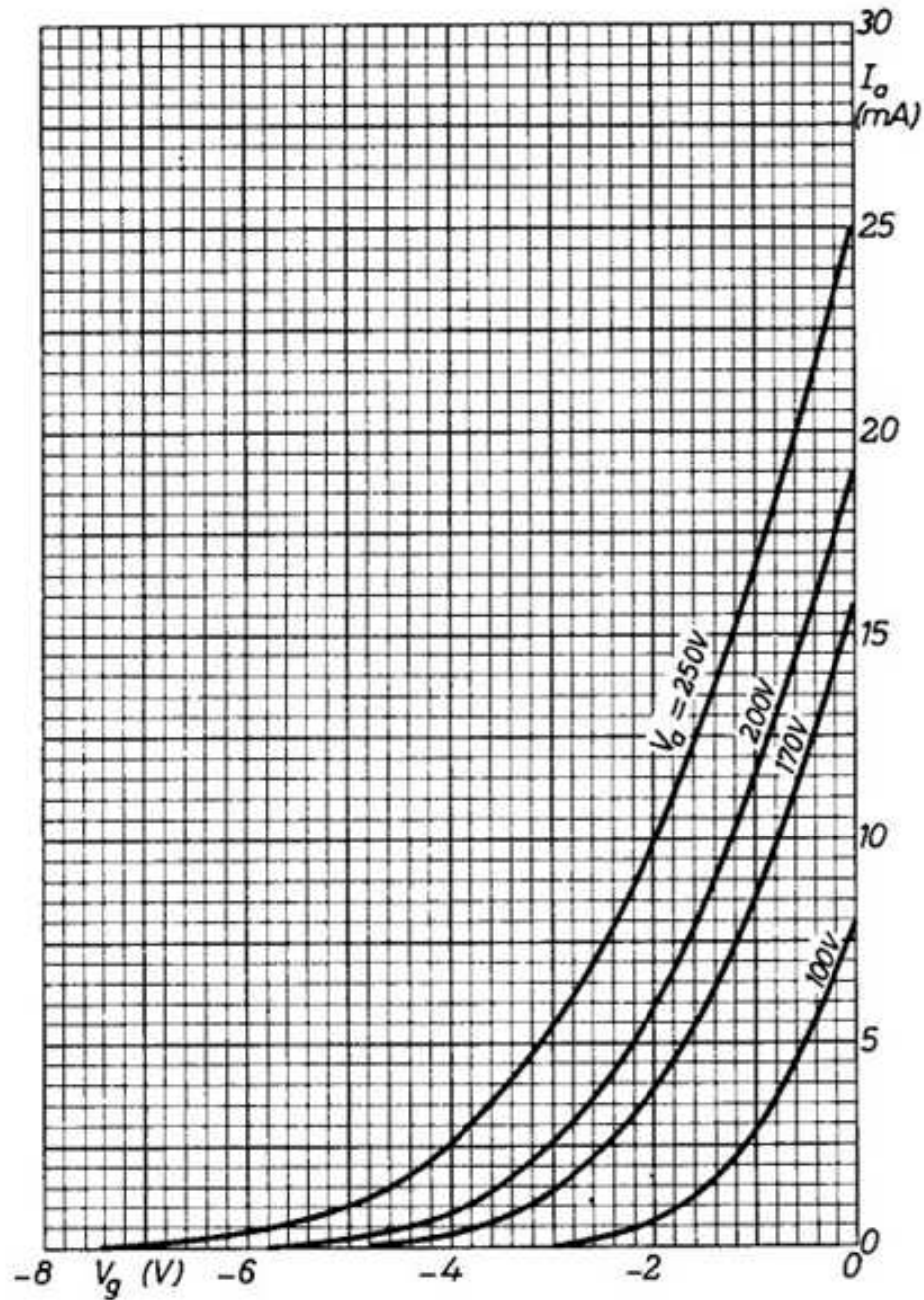


Limiting - maximal values (design center rating system)

Anode voltage	$V_{ao}$	550	(V)
	$V_a$	300	
Anode dissipation	$W_a$	2,5	(W)
Cathode current	$I_k$	15	(mA)
Grid voltage	$V_g$	-50	(V)
Grid resistor (automatic bias)	$R_g$	1	(M $\Omega$ )
Cathode to heater voltage	$V_{kf}$	90	(V)



Telephone: +381 18 550 741  
FAX: +381 18 550 806  
Postal address: Bul. Sv. Cara Konstantina 80-86, 18000 Nis, Yugoslavia  
Electronic mail: [eirc@eierc.com](mailto:eirc@eierc.com)  
Web site: <http://www.eierc.com/rc/default.htm>



Telephone: +381 18 550 741  
FAX: +381 18 550 806  
Postal address: Bul. Sv. Cara Konstantina 80-86, 18000 Nis, Yugoslavia  
Electronic mail: [eirc@eierc.com](mailto:eirc@eierc.com)  
Web site: <http://www.eierc.com/rc/default.htm>

