

Αυτόματος ενισχυτής ηλεκτρικού μπάσου.



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: Αναστάσιος Κλαδάς

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΙΣΔΟΥΝΗΣ ΛΑΜΠΡΟΣ

Πάτρα 2016

Πρόλογος

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η κατασκευή ενός ολοκληρωμένου αυτόνομου ενισχυτή ηλεκτρικού μπάσου για προσωπική χρήση. Η ιδέα αυτή προήλθε από το πάθος μου για την μουσική, αλλά και από την επιθυμία μου να ασχοληθώ με τα αναλογικά ηλεκτρονικά.

Από την εργασία αυτή έμαθα πάρα πολλά πράγματα, όπως να εντοπίζω προβλήματα σε πλακέτες, να κάνω καλές κολλήσεις, να χρησιμοποιώ εξειδικευμένα εργαλεία και άλλες δεξιότητες. Επιπλέον απόκτησα θεωρητικές γνώσεις πάνω στην επιστήμη του ήχου και ανέπτυξα τις γνώσεις που είχα ήδη στα αναλογικά ηλεκτρονικά. Είμαι ιδιαίτερα χαρούμενος επειδή είναι η πρώτη τέτοια κατασκευή μου και σκοπεύω να φτιάξω και άλλες παρόμοιες στο μέλλον

Την εργασία δεν θα μπορούσα να την τελειώσω χωρίς την πολύτιμη βοήθεια των καθηγητών μου Ανδρέα Κατσαϊτή και Νίκου Τσάλακου, αλλά και του συνταξιούχου ηλεκτρολόγου, οικογενειακού φίλου και μπασσίστα Νίκου Γιαννόπουλου που με βοήθησαν σε κρίσιμα σημεία κατά την πορεία της εργασίας μου. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τον πατέρα μου που με βοήθησε με της γνώσεις του στα εργαλεία του Microsoft office και την φίλη μου Ιωάννα Θεοδωρακοπούλου που με βοήθησε στην σχεδίαση με Autocad. Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους Παππούδες μου που με βοήθησαν οικονομικά για να αγοράσω ανταλλακτικά που χρειαζόμουν για την ολοκλήρωση της κατασκευής.

Η κατασκευή υλοποιήθηκε στο εργαστήριο ηλεκτρονικών του ΑΤΕΙ δυτικής Ελλάδος και στον οικιακό μου χώρο. Στην σχεδίασή της με βοήθησαν ο καθηγητής Ανδρέας Κατσαϊτής και ο καθηγητής Νίκος Τσάκαλος από το προσωπικό του εργαστηρίου.

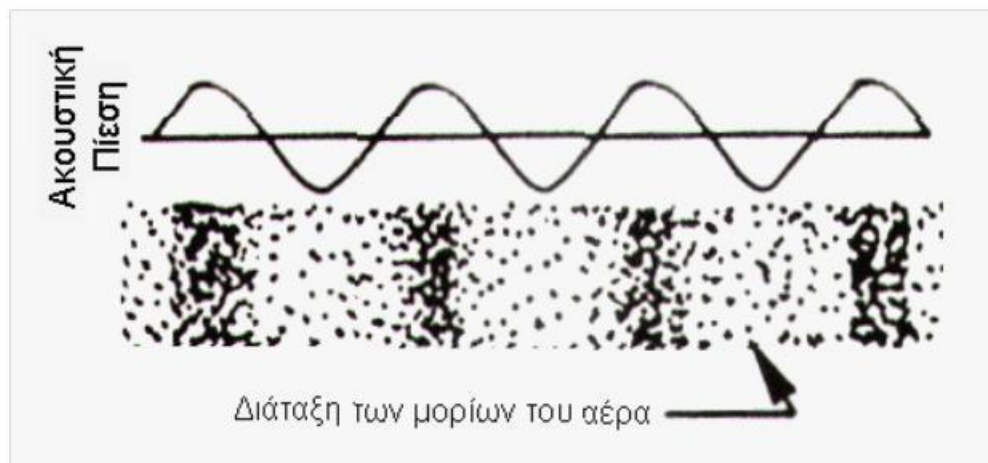
Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| Πρόλογος | 2 |
| Περιεχόμενα | 3 |
| 1. Θεωρητικό μέρος..... | 5 |
| 1.2 Συστήματα ενίσχυσης ήχου | 8 |
| 1.2.1 Τροφοδοτικές διατάξεις..... | 8 |
| 1.2.2 Προενισχυτές..... | 15 |
| 1.2.3 Τελικοί ενισχυτές (Ενισχυτές ισχύος)..... | 16 |
| 1.2.4 Μεγάφωνα | 18 |
| 1.3 Ηλεκτρικό μπάσσο | 24 |
| 1.3.1 Ηλεκτρικά μέρη του ηλεκτρικού μπάσου | 26 |
| 2. Κατασκευή και λειτουργία ολοκληρωμένου ενισχυτή ηλεκτρικού μπάσσου | 28 |
| 2.1. Εξοπλισμός..... | 28 |
| 2.2 Προενισχυτής Velleman K8084 | 29 |
| 2.2.1 Τροφοδοτικό προενισχυτή | 29 |
| 2.2.2 Κύκλωμα προενισχυτή | 30 |
| 2.2.4 Κατασκευή και έλεγχος λειτουργίας προενισχυτή | 32 |
| 2.3 Ενισχυτής Velleman K8060 | 34 |
| 2.3.1 Τροφοδοτικό τελικού ενισχυτή | 34 |
| 2.3.2 Κύκλωμα τελικού ενισχυτή | 35 |
| 2.4 Μεταλλικό κουτί | 38 |
| 2.5 Ηχείο..... | 41 |
| 2.5.1 Επιλογή μεγαφώνου..... | 41 |
| 2.5.2 Σχεδίαση καμπίνας..... | 43 |
| 2.5.3 Κατασκευή καμπίνας..... | 44 |
| 2.5.4 Εφαρμογή μεγαφώνου στην καμπίνα..... | 49 |
| 2.5.5 Αξιολόγηση..... | 49 |
| 3 Συμπεράσματα και προτάσεις..... | 50 |
| 4. Πηγές..... | 51 |

1. Θεωρητικό μέρος

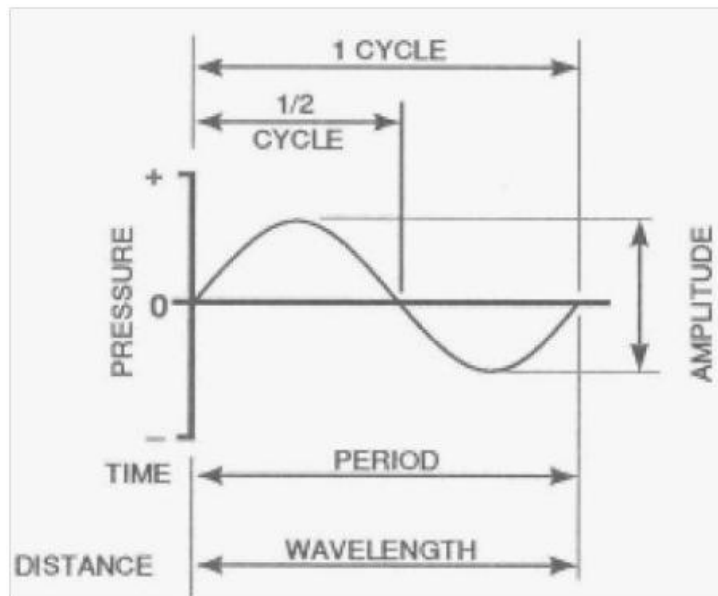
1.1 Ο ήχος και τα βασικά χαρακτηριστικά του

Ο ήχος είναι ένα είδος μηχανικής ενέργειας, της ακουστικής, η οποία παράγεται από την ηχητική πηγή και ανιχνεύεται από την ανθρώπινη ακοή [1]. Τα ηχεία μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια από τον ενισχυτή σε ακουστική ενέργεια, θέτοντας ένα μεγάλο όγκο αέρα σε κίνηση, όσο γρήγορα ή όσο αργά απαιτείται για την αναπαραγωγή ήχων. Ακολούθως ο ήχος μεταδίδεται στο χώρο μέσω του αέρα με τη μορφή ακουστικών κυμάτων.



Εικόνα 1 Διαμόρφωση μορίων του αέρα κατά τη διάδοση του ηχητικού σήματος (από Κεχράκος & Χουσιδης, 2013 [1])

Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα, το ηχητικό κύμα ακολουθεί επακριβώς όλα τα χαρακτηριστικά του αρχικού αιτίου που το προκάλεσε, δηλαδή αυτά της παλινδρομικής κίνησης των σωματιδίων του αέρα γύρω από μία θέση ηρεμίας, και η περιγραφή του γίνεται με τη βοήθεια όλων των φυσικών κανόνων που διέπουν τις ταλαντώσεις (μήκος κύματος, περίοδος, συχνότητα και ταχύτητα).



Εικόνα 2 Αναπαράσταση ενός ηχητικού κύματος στον αέρα (Ένας κύκλος ημιτονικού κύματος στον αέρα). Γίνεται φανερό πώς ορίζονται το πλάτος (amplitude), η περίοδος (period) και το μήκος κύματος (wavelength). (από Κεχράκος & Χουσιδής, 2013 [1])

Είναι φανερό ότι ήχοι με υψηλότερο πλάτος, δηλαδή δυνατότεροι, πυκνώνουν και αραιώνουν τα μόρια του αέρα σε μεγαλύτερη έκταση από ότι το κάνουν οι ήχοι με μικρότερο πλάτος, δηλαδή ασθενέστεροι.

Ο ρυθμός της εναλλαγής της πίεσης του αέρα λέγεται συχνότητα (frequency) του κύματος και συμβολίζεται με f . Η συχνότητα αντιστοιχεί στο μουσικό χαρακτηρισμό του τονικού ύψους (pitch). Αν και το τονικό ύψος είναι ένα πιο σύνθετο χαρακτηριστικό από τη συχνότητα (μιας και εξαρτάται και από την ένταση), γενικά σε υψηλότερες συχνότητες αντιστοιχούν υψηλότερα τονικά ύψη του ήχου. Ο χρόνος που απαιτείται για ένα πλήρη κύκλο του ηχητικού κύματος καλείται περίοδος και συμβολίζεται με T . Η περίοδος του κύματος εκφράζεται σε κύκλους ανά δευτερόλεπτα (cps, δηλ. cycles per sec) και βρίσκεται από την εξίσωση:

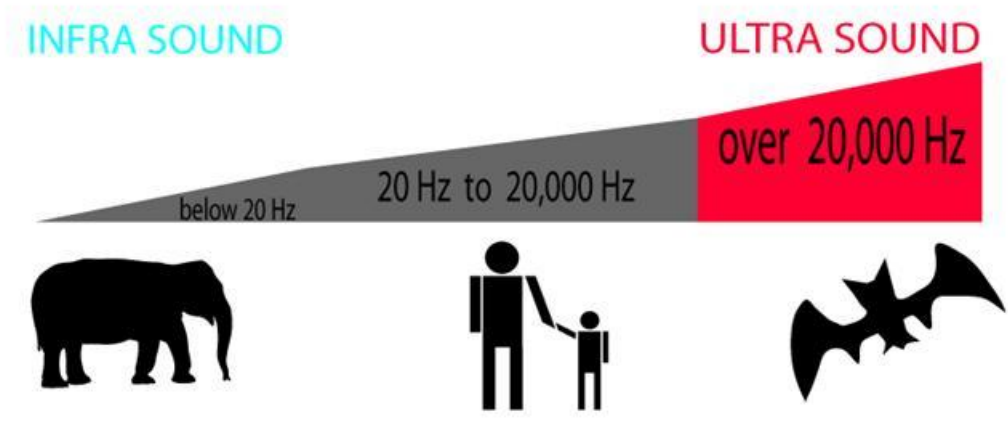
$$T = \frac{1}{f}$$

Η απόσταση που καλύπτεται από έναν πλήρη κύκλο ήχου δοσμένη συχνότητας όταν περνάει από τον αέρα ονομάζεται μήκος κύματος (wavelength), συμβολίζεται συνήθως με λ και δίνεται από την εξίσωση:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

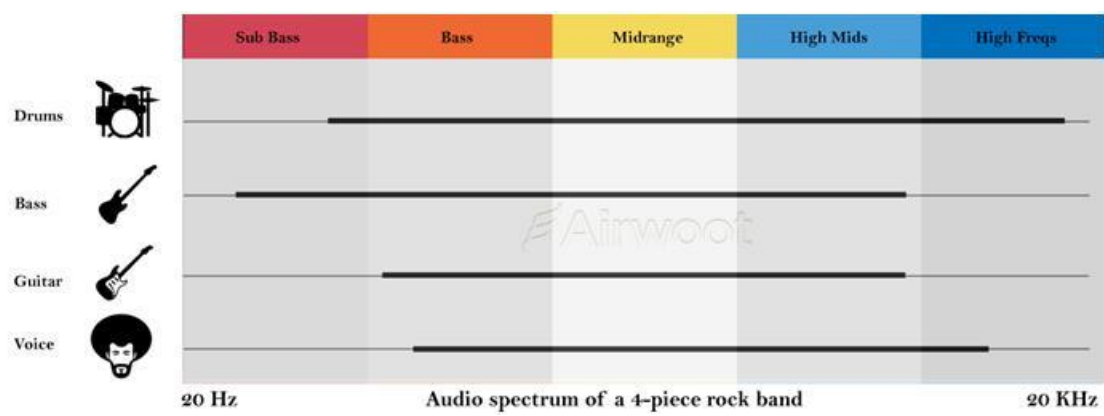
όπου c είναι η ταχύτητα του ήχου.

Αυτά τα ακουστικά σήματα μπορούν να μεταφερθούν σε ηλεκτρικά σήματα με τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά και να αναπαραχθούν από τα μεγάφωνα.



Εικόνα 3 Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται μια ομαδοποίηση των συχνοτήτων με βάση την ικανότητα ακοής από διάφορα είδη. Ο άνθρωπος μπορεί να ακούσει συχνότητες από 20Hz μέχρι 20000Hz. Οι συχνότητες πάνω από 20000Hz ονομάζονται υπέρηχοι (ultra sounds) και τις χρησιμοποιούν οι νυχτερίδες προκειμένου να εντοπίσουν τα θηράματά τους, ενώ κάτω από 20Hz ονομάζονται υπόηχοι (infra sounds) [2]

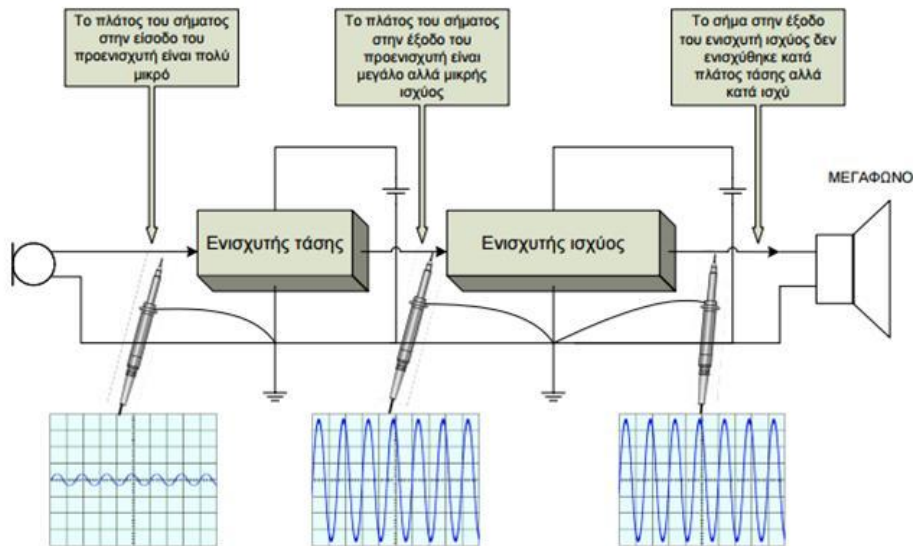
Στην εργασία αυτή θα μελετηθούν οι συχνότητες που προέρχονται από το μπάσο, οι οποίες ξεκινάνε από τα 41,204Hz (νότα Μι που είναι η πιο βαριά νότα στο κλασικό κούρδισμα) και φτάνουν τα 10000Hz μαζί με τις αρμονικές τους. Βέβαια σε χαμηλότερα κούρδισματα μπορούν να αρχίσουν οι συχνότητες από τα 30,868Hz (νότα Σι).



Εικόνα 4 Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται προσεγγιστικά το εύρος συχνοτήτων κάθε οργάνου καθώς και της φωνής σε μια τετραμελή ροκ μπάντα.[3]

1.2 Συστήματα ενίσχυσης ήχου

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα ενίσχυσης ήχου αποτελείται από την πηγή του ήχου, τον προενισχυτή ο οποίος πραγματοποιεί την ενίσχυση τάσης, τον τελικό ενισχυτή που πραγματοποιεί την ενίσχυση ισχύος, την τροφοδοσία και τα μεγάφωνα. Όλα αυτά τα στάδια θα αναλυθούν στα παρακάτω κεφάλαια.



Εικόνα 5 Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η «διαδρομή» ενός ηχητικού σήματος μέχρι το μεγάφωνο σε έναν ολοκληρωμένο ενισχυτή. Επίσης στο κάτω μέρος της εικόνας φαίνονται οι κυματομορφές του σήματος στο τέλος κάθε σταδίου.[4]

1.2.1 Τροφοδοτικές διατάξεις

Τα τροφοδοτικά είναι ηλεκτρικές διατάξεις σχεδιασμένες να μετατρέπουν υψηλή τάση AC σε μία κατάλληλη χαμηλότερη DC τάση ώστε να τροφοδοτηθούν ηλεκτρονικά κυκλώματα και συσκευές. Το σύνολο του τροφοδοτικού μπορεί να απεικονιστεί σε μπλοκ διάγραμμα όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 6 Μπλοκ Διάγραμμα ενός συστήματος σταθεροποιημένου τροφοδοτικού[5]

Αρχικά ο μετασχηματιστής ρυθμίζει την στάθμη AC μετασχηματίζοντας την τάση του δικτύου (220V) σε μικρότερη ή μεγαλύτερη ανάλογα με τις προδιαγραφές των συσκευών. Έπειτα ο ανορθωτής μετατρέπει την εναλλασσόμενη τάση (AC) σε συνεχή τάση (DC). Έπειτα έρχεται η διαδικασία της εξομάλυνσης όπου με την χρήση φίλτρων μειώνεται η κυμάτωση της DC τάσης που εμφανίζεται μετά την ανόρθωση, και τέλος ο σταθεροποιητής διατηρεί σταθερή τάση εξόδου ανεξάρτητα από τις μεταβολές του ρεύματος.

1.2.1.1. Μετασχηματιστής

Ο μετασχηματιστής εκμεταλλεύεται τους νόμους της επαγωγής και μετασχηματίζει τα στοιχεία του ρεύματος, την τάση V και την ένταση I . Λειτουργεί μόνο με τάση AC και αποτελείται από δύο ή περισσότερα τυλίγματα, το πρωτεύον που τροφοδοτείται από την τάση του δικτύου και το δευτερεύον ή τα δευτερεύοντα τα οποία δίνουν μικρότερες ή μεγαλύτερες τάσεις. Τα τυλίγματα τυλίγονται γύρω από ένα υλικό με βάση το σίδηρο, τον πυρήνα, που βοηθάει τον μετασχηματισμό αυξάνοντας την αυτεπαγωγή. Αν το δευτερεύον δίνει μεγαλύτερη τάση έχουμε μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης, αν το δευτερεύον δίνει μικρότερη τάση έχουμε τους μετασχηματιστές υποβιβασμού τάσης και τέλος αν τα δευτερεύοντα δίνουν και μεγαλύτερες και μικρότερες τάσεις από την τάση του δικτύου τότε έχουμε τους μικτούς μετασχηματιστές. Οι μετασχηματιστές καταναλώνουν πολύ λίγη ενέργεια οπότε η ενέργεια εξόδου είναι σχεδόν ίση με την ενέργεια εισόδου. Η απόδοση ενός μετασχηματιστή φτάνει από 80% μέχρι 95% ενώ το υπόλοιπο είναι απώλειες (δινορεύματα, υστέρησης, σκέδασης κ.ά.). Η αναλογία των σπειρών κάθε τυλίγματος καθορίζει τις τάσεις του μετασχηματιστή. Ένας μετασχηματιστής υποβιβασμού τάσης έχει πολλές σπείρες στο πρωτεύον τύλιγμα που συνδέεται στην κυρίως τάση (220V), και λίγες σπείρες στο δευτερεύον που παρέχει την χαμηλή τάση εξόδου.

$$n = \frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2}$$

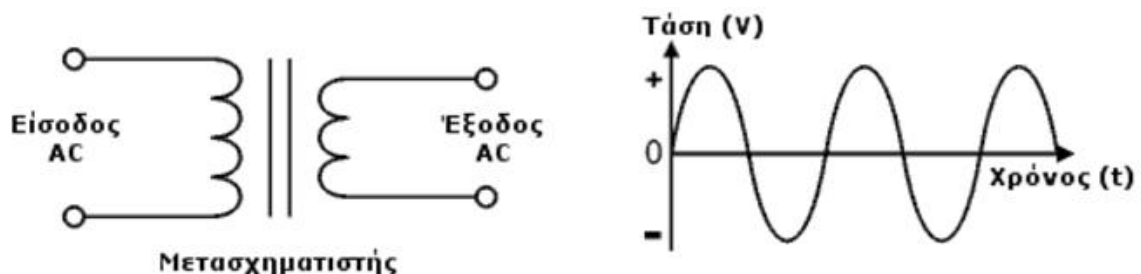
Όπου,

V1: Τάση στο πρωτεύον

V2: Τάση στο δευτερεύον

N1: Αριθμός σπειρών στο πρωτεύον

N2: Αριθμός σπειρών στο δευτερεύον



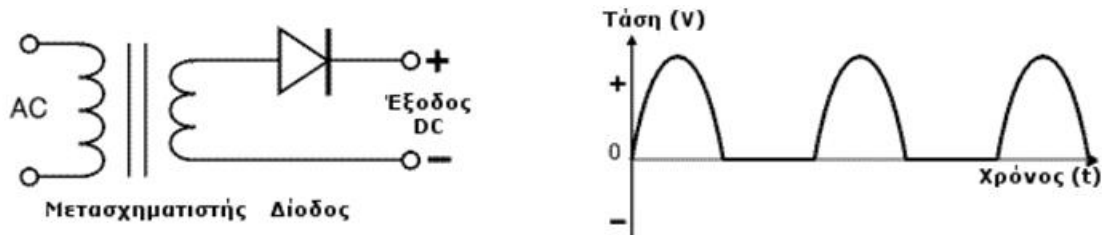
Εικόνα 7 Στο αριστερό μέρος της εικόνας φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα ενός μετασχηματιστή και στο δεξί μια κυματομορφή εναλλασσόμενης τάσης[5]

1.2.1.2. Ανορθωτής

Όπως αναφέρθηκε, ο ανορθωτής είναι το πρώτο στάδιο της μετατροπής της εναλλασσόμενης τάσης (AC) σε συνεχή τάση (DC), η οποία περιέχει όμως και μία εναλλασσόμενη συνιστώσα (alternating component) 50Hz για την μισή ανόρθωση και 100Hz για την πλήρη ανόρθωση, η οποία θα φιλτράρεται στην συνέχεια με έναν πυκνωτή. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι συνδεσμολογίας διόδων για να πραγματοποιηθεί ένας ανορθωτής. Ο πιο σημαντικός και συνηθισμένος είναι η "διπλή ανόρθωση με γέφυρα" και προσφέρει ανόρθωση πλήρους κύματος. Ανόρθωση πλήρους κύματος επιτυγχάνεται επίσης και με δύο διόδους σε έναν μετασχηματιστή με μεσαία λήψη αλλά αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται σπάνια.

1.2.1.2.1. Απλή ανόρθωση

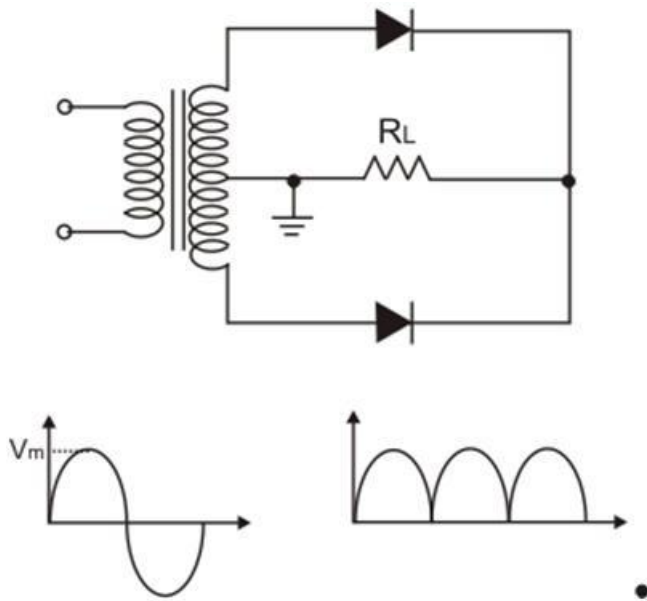
Μία μόνο διάδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ανορθωτής αλλά η διάδος άγει μόνο κατά την διάρκεια της θετικής ημιπεριόδου. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει ρεύμα μόνο για το μισό της περιόδου και το κύκλωμα ονομάζεται ανορθωτής μισού κύματος.



Εικόνα 8 Στο αριστερό μέρος της εικόνας φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα του μετασχηματιστή μαζί με τον ανορθωτή και στο δεξί μέρος την τάση εξόδου του κυκλώματος[5]

1.2.1.2.2. Διπλή ανόρθωση ή ανόρθωση πλήρους κύματος

Με τη χρησιμοποίηση δυο διόδων και μετασχηματιστή με μεσαία λήψη, όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα, μπορεί να γίνει διπλή ανόρθωση, στην οποία η μια διάδος άγει στη θετική ημιπερίοδο, ενώ η άλλη άγει στην αρνητική ημιπερίοδο της AC τάσης εισόδου. Έτσι και στις δυο ημιπεριόδους το ρεύμα ρέει με την ίδια κατεύθυνση στην αντίσταση φορτίου. Για να γίνει αυτό πρέπει τα σήματα στις ανόδους των δυο διόδων να έχουν μεταξύ τους διαφορά φάσης ίση με 180°, πράγμα που μπορεί να γίνει με τη χρησιμοποίηση ενός μετασχηματιστή που έχει μεσαία λήψη στο δευτερεύον.



Εικόνα 9 Στο πάνω μέρος της εικόνας φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα του μετασχηματιστή με μεσαία λήψη, του ανορθωτή και του φορτίου R_L . Κάτω αριστερά φαίνεται κυματομορφή της τάσης εισόδου και κάτω δεξιά η κυματομορφή της τάσης πάνω στο φορτίο.[5]

Εφαρμόζοντας μαθηματικές σχέσεις, υπολογίζεται η μέση τιμή της συνεχούς τάσης της εξόδου, που είναι η ένδειξη ενός βολτομέτρου συνδεδεμένου στην αντίσταση φορτίου, ίση με

$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi}$$

όπου V_m το πλάτος της τάσης.

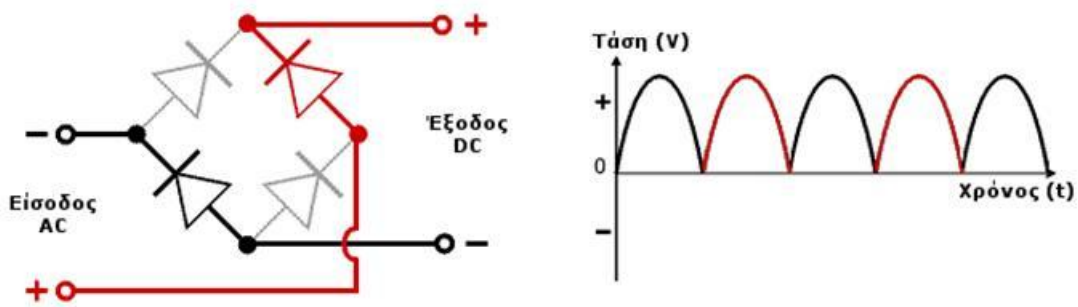
Επίσης υπολογίζεται η ενεργός τάση της μεταβαλλόμενης συνεχής τάσης της εξόδου, ίση με

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

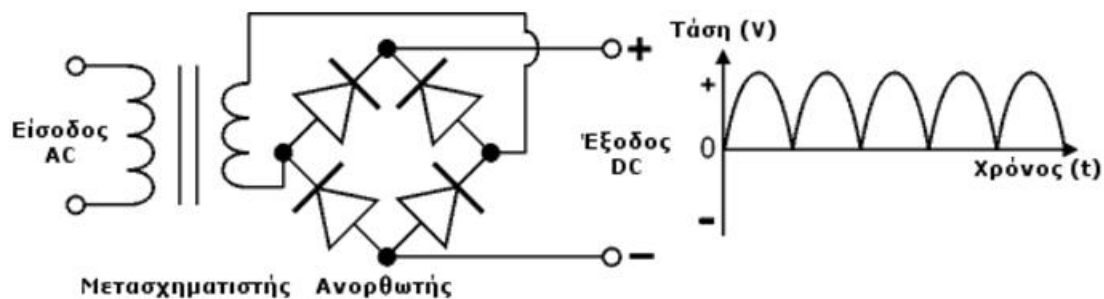
Συγκρίνοντας τις σχέσεις φαίνεται ότι η (μέση τιμή της) συνεχής τάσης εξόδου στη διπλή ανόρθωση είναι διπλάσια εκείνης της απλής ανόρθωσης.

1.2.1.2.3. Διπλή ανόρθωση με γέφυρα

Η ανόρθωση με γέφυρα αποτελείται από 4 διόδους και κυκλοφορεί στον εμπόριο σαν ένα εξάρτημα αλλά μπορεί επίσης να κατασκευαστεί με 4 διόδους. Ονομάζεται ανορθωτής πλήρους κύματος γιατί οι διόδοι άγουν ανά δύο σε κάθε ημιπερίοδο (αρνητική και θετική) του σήματος εισόδου. Το κύριο χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης ανόρθωσης είναι ότι χρησιμοποιείται μετασχηματιστής χωρίς μεσαία λήψη. Επίσης κάθε diόδος έχει στα άκρα της κατά την ανάστροφη περίοδο την τάση του μετασχηματιστή.



Εικόνα 10 Στο αριστερό μέρος της εικόνας φαίνεται η γέφυρα με τις 4 διόδους και δεξιά η ανορθωμένη τάση. Στο σχηματικό διάγραμμα της γέφυρας φαίνεται ένα παράδειγμα από το ποιες διόδοι άγουν κατά την αρνητική ημiperίοδο της τάσης εισόδου. Πιο συγκριμένα με το κόκκινο χρώμα φαίνεται η δίοδος που κατευθύνει το ρεύμα στο φορτίο ενώ με μαύρο η δίοδος που επιστέφει το ρεύμα στην πηγή. Το αντίστοιχο συμβαίνει και κατά την θετική ημiperίοδο όπου άγουν οι άλλες δυο διόδοι. Στην κυματομορφή δεξιά κάθε περίοδος έχει διαφορετικό χρώμα για να υποδηλώσει ότι προέρχεται είτε από θετική είτε από αρνητική ημiperίοδο της τάσης εισόδου[5]



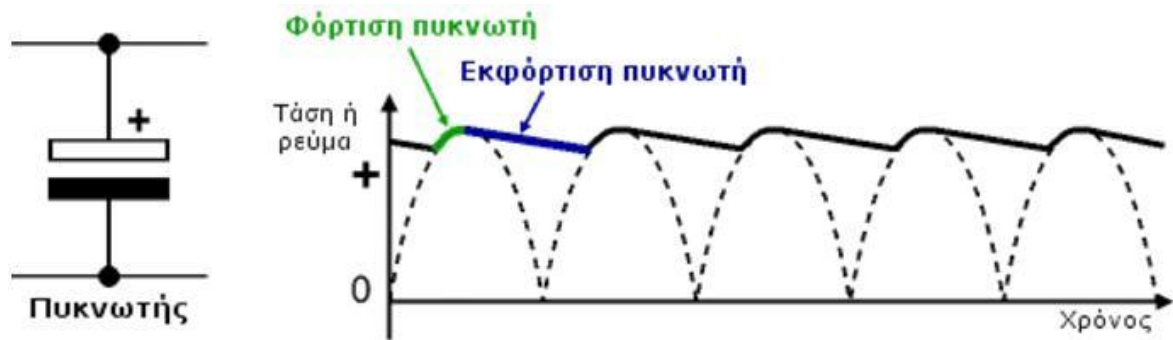
Εικόνα 11 Στα δεξιά φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα του μετασχηματιστή μαζί με την ανορθωτική γέφυρα και αριστερά η τάση εξόδου του κυκλώματος.[5]

1.2.1.2.4. Εξομάλυνση

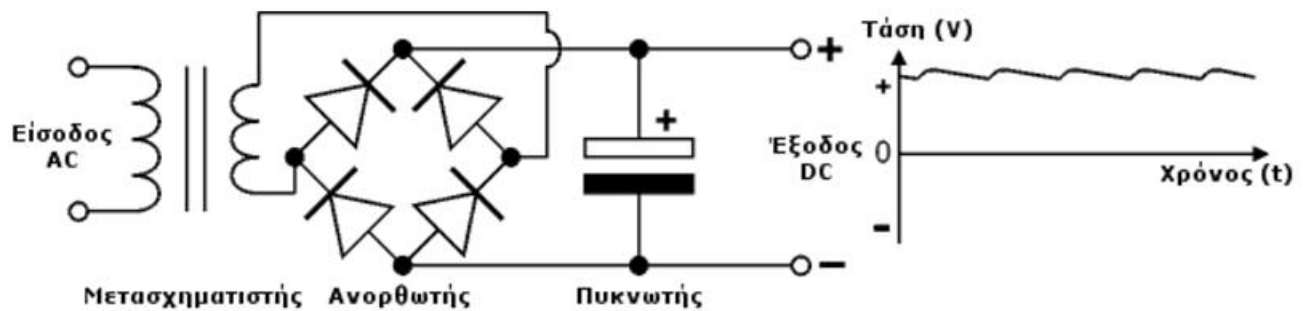
Μετά την ανόρθωση προκύπτει μια μεταβαλλόμενη DC τάση η οποία είναι ακατάλληλη για να τροφοδοτήσουμε τις συσκευές μας, οπότε υπάρχει η ανάγκη να εξομαλύνουμε αυτή την DC τάση. Η εξομάλυνση (φιλτράρισμα) επιτυγχάνεται με ένα ηλεκτρολυτικό πυκνωτή μεγάλης χωρητικότητας συνδεδεμένο παράλληλα με το φορτίο. Ο πυκνωτής αποθηκεύει ενέργεια (γρήγορη φόρτιση) κατά τη διάρκεια της περιόδου αγωγής και την αποδίδει την ενέργεια στο φορτίο (εκφόρτιση) κατά τη διάρκεια της περιόδου μη αγωγής. Η εξομάλυνση αυξάνει την μέση τάση DC ($1.41 \times \text{RMS}$). Για παράδειγμα 12V RMS AC μετά από ανορθωτή πλήρους κύματος θα μειωθούν περίπου σε 10.6V RMS DC (τα 1.4V θα χαθούν λόγω πτώση τάσης στις διόδους - 0.66V ανά δίοδο πιο συγκεκριμένα). Με την τοποθέτηση του πυκνωτή εξομάλυνσης η τιμή της τάσης θα γίνει ίση με

$$10.6 \times 1.14 = 14.9\text{V DC}$$

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει την μη φιλτραρισμένη κυμάτωση DC (διακεκομμένη γραμμή) και την φιλτραρισμένη (έντονη γραμμή).



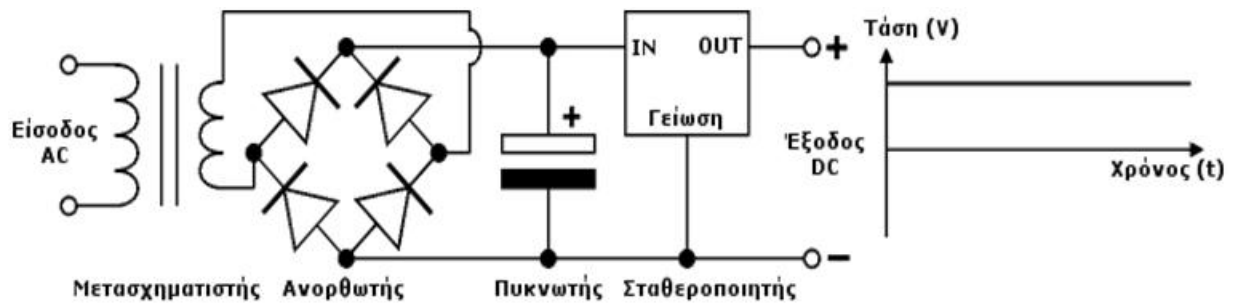
Εικόνα 12 Στα αριστερά φαίνεται το σύμβολο ενός πυκνωτή που είναι φορτισμένος με θετικά φορτία στο πάνω μέρος του. Στα δεξιά φαίνεται μια κυματομορφή που περιγράφει την λειτουργία του πυκνωτή εξομάλυνσης.[5]



Εικόνα 13 Στο αριστερό μέρος το σχηματικό διάγραμμα το μετασχηματιστή μαζί με την γέφυρα διπλής ανόρθωσης και το φίλτρο εξομάλυνσης. Στα δεξιά φαίνεται η τάση εξόδου του κυκλώματος.[5]

1.2.1.2.5. Σταθεροποιητής

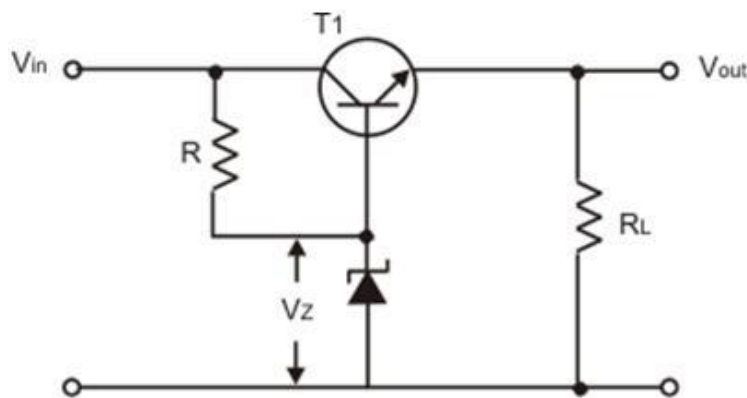
Οι σταθεροποιητές τάσης είναι συνήθως ολοκληρωμένα κυκλώματα προρυθμισμένα σε κάποιες τάσεις εξόδου και ως μία συγκεκριμένη ένταση ρεύματος. Οι περισσότεροι σταθεροποιητές περιέχουν κυκλώματα προστασίας υπερφόρτωσης και υπερθέρμανσης. Αρκετοί σταθεροποιητές έχουν τρεις επαφές ή περισσότερες, μοιάζοντας σαν τρανζίστορ ισχύος έχοντας την δυνατότητα να βιδωθούν πάνω σε ψήκτρα εάν είναι απαραίτητο. Είναι σημαντικό η τάση εισόδου τους να είναι μερικά Volts παραπάνω από την σταθεροποιημένη τάση εξόδου. Ο ρόλος του σταθεροποιητή είναι να διατηρήσει σταθερή την τάση χωρίς να επηρεάζεται από τις μεταβολές του ρεύματος ώστε να τροφοδοτηθούν οι ηλεκτρικές συσκευές.



Εικόνα 14 Στα αριστερά φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα ενός ολοκληρωμένου τροφοδοτικού που περιέχει μετασχηματιστή, ανορθωτική διάταξη, φίλτρο εξομάλυνσης και σταθεροποιητή. Δεξιά φαίνεται η σταθεροποιημένη τάση εξόδου του κυκλώματος.[5]

Μια διαφορετική μέθοδος σταθεροποίησης η οποία χρησιμοποιείται και στην κατασκευή είναι η σταθεροποίηση με ακόλουθο εκπομπού.

Σε αυτό το κύκλωμα ένα τρανζίστορ ισχύος συνδέεται σε σειρά με το φορτίο κατά μήκος των ακροδεκτών συλλέκτη - εκπομπού, ενώ η βάση του συνδέεται σε μια τάση αναφοράς που δημιουργείται με μια δίοδο Zener και μια αντίσταση.



Εικόνα 15 Σχηματικό διάγραμμα του σταθεροποιητή με ακόλουθο εκπομπού.[6]

Η DC τάση εξόδου είναι

$$V_{out} = V_z + V_{be}$$

Αυτή η τάση είναι σταθερή ίση με την τάση Zener συν την τάση V_{BE} του τρανζίστορ που έχουν σταθερή τιμή. Αν η τάση V_{in} μεταβληθεί η τάση Zener παραμένει σχεδόν σταθερή και κατά συνέπεια σταθερή μένει και η τάση εξόδου.

Το ρεύμα που διαρρέει την δίοδο Zener ισούται με

$$I_z = I_R - I_B$$

Για να λειτουργήσει η δίοδος στην περιοχή Zener πρέπει $I_z > 0$ δηλαδή $I_R > I_B$.

Επειδή $I_R = \frac{V_{in} - V_z}{R}$ και $I_B = \frac{I_c}{\beta}$ προκύπτει ότι $R < \frac{\beta(V_{in} - V_z)}{I_c}$

1.2.2 Προενισχυτές



Εικόνα 16 Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται ένας προενισχυτής

Ο προενιχυτής είναι ένας ηλεκτρικός ενισχυτής που επεξεργάζεται ένα σήμα και το προετοιμάζει για περαιτέρω ενίσχυση από την επόμενη βαθμίδα (τελικός ενισχυτής). Συνήθίζεται να τοποθετείται κοντά στην πηγή του σήματος ώστε να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη η επίδραση του θορύβου και των παρεμβολών. Η ποιότητα του προενισχυτή κρίνεται μεταξύ άλλων και από το λόγο σήματος-θορύβου(SNR).[7]

Ποιο συγκεκριμένα οι λειτουργίες του προενισχυτή είναι:

- **Ενίσχυση της τάσης**

Ένας προενισχυτής ενισχύει την τάση (πχ από 10mV σε 1V) αλλά όχι το ρεύμα. Ο τελικός ενισχυτής παρέχει το υψηλότερο αναγκαίο ρεύμα ώστε να οδηγήσει τα ηχεία.

- **Μεσολαβητής ανάμεσα στην πηγή και στον τελικό ενισχυτή**

Η πηγή του ακουστικού σήματος έχει πολύ μικρή αντίσταση εξόδου η οποία απαγορεύει την απευθείας σύνδεση με την σχετικά μεγάλη αντίσταση εισόδου του τελικού ενισχυτή. Οπότε κατά κάποιον τρόπο προσαρμόζει την αντίσταση εξόδου-εισόδου μεταξύ πηγής και τελικού ενισχυτή.

- **Επεξεργασία χαρακτηριστικών του ήχου**

Ο προενισχυτής διαθέτει φίλτρα και ποτενσιόμετρα που μας δίνουν την δυνατότητα να επεξεργαστούμε τα χαρακτηριστικά του ήχου που θα ακούσουμε από τα ηχεία. Μερικές από τις δυνατότητες που μας δίνονται είναι η ένταση, όπως επίσης να ενισχύσουμε ξεχωριστά διαφορετικές περιοχές ακουστικών συχνοτήτων (bass, treble κτλ).

1.2.3 Τελικοί ενισχυτές (Ενισχυτές ισχύος)



Εικόνα 17 Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται ένας τελικός ενισχυτής

Οι ενισχυτές ισχύος ή τελικοί ενισχυτές είναι το τελικό στάδιο ενίσχυσης σε ένα ηχοσύστημα. Το επίπεδο ισχύος του τελικού ενισχυτή πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το επίπεδο ισχύος της προηγούμενης βαθμίδας, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η ισχύς εξόδου του είναι απαραίτητα μεγάλη. Η μέγιστη ισχύς εξόδου που μπορεί να δώσει ένας τελικός ενισχυτής εξαρτάται από τα ενεργά στοιχεία που χρησιμοποιούμε(πχ. Τρανζίστορ), από τη σχεδίαση του κυκλώματος και από την τάση τροφοδοσίας.[4]

Η μέγιστη ισχύς εξόδου εξαρτάται κυρίως από την τάση που του παρέχει η τροφοδοσία του και περιορίζεται από τρεις παράγοντες που έχουν να κάνουν με τα τρανζίστορ που χρησιμοποιείτε, δηλαδή:

- $V_{ce_{max}}$ (μέγιστη επιτρεπόμενη τάση συλλέκτη)
- $I_{c_{max}}$ (μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συλλέκτη)
- P_{max} (μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ απωλειών στο τρανζίστορ)

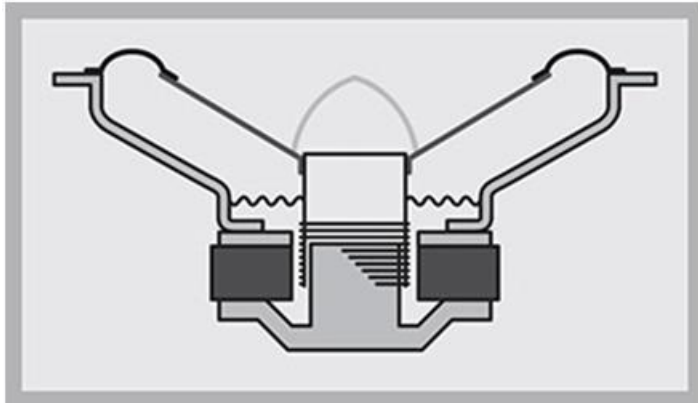
Η στιγμιαία ισχύς απωλειών στο τρανζίστορ P_{Tf} υπολογίζεται από το γινόμενο της στιγμιαίας τάσης V_{ce} επί το στιγμιαίο ρεύμα I_c . Η ισχύς αυτή επί τον χρόνο δίνει την τιμή της ενέργειας που αναπτύσσεται υπό μορφή θερμότητας στο εσωτερικό του τρανζίστορ και διαχέεται προς τα έξω από το κέλυφός του. Για να απαχθεί ένα μέρος αυτής της θερμότητας και να διοχετευθεί στο περιβάλλον ώστε να μην καταστραφούν τα τρανζίστορ χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο ψύκτρες.



Εικόνα 18 Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται μια τυπική ψύκτρα. Ο σχεδιασμός της όπως φαίνεται στοχεύει στη μεγαλύτερη δυνατή επιφάνεια που είναι ανάλογη με το ποσό της ενέργειας που θα μπορεί να διοχετεύσει στο περιβάλλον ανά τον χρόνο. [19]

Η μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς απωλειών P_{max} είναι η μέγιστη ισχύς του τρανζίστορ που επιτρέπεται να αναπτυχθεί πάνω του ώστε να μην υπερθερμανθεί και καταστραφεί. Η ισχύς αυτή αυξάνεται σημαντικά με την χρήση κατάλληλης ψύκτρας ή κάποιου άλλου είδους απαγωγής θερμότητας όπως ανεμιστήρες.

1.2.4 Μεγάφωνα



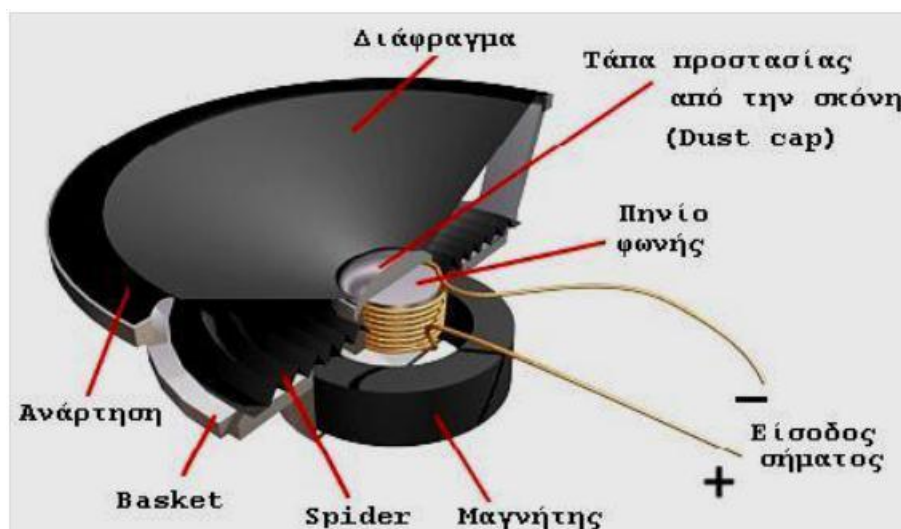
Εικόνα 19 Σχέδιο ενός τυπικού ηλεκτροδυναμικού μεγαφώνου[8]

Το μεγάφωνο είναι μια ηλεκτροακουστική διάταξη που μετατρέπει ηλεκτρικά σήματα σε ήχο. Ο κώνος του μεγαφώνου πάλλεται σύμφωνα με τις μεταβολές του ηλεκτρικού σήματος που εφαρμόζεται στους ακροδέκτες του, μεταδίδοντας αυτή τη διαταραχή μέσω του αέρα, στα αυτιά μας, όπου τα κύματα γίνονται αντιληπτά ως ήχος. Παρακάτω θα δοθεί μια σύντομη περιγραφή του τρόπου με τον οποίο τα ηλεκτροδυναμικά μεγάφωνα (ο πιο συνηθής τύπος μεγαφώνου) δουλεύουν ώστε να αναπαράγουν μουσική και ήχους, όσο πιο πιστά προς τους φυσικούς ήχους και τους ήχους των μουσικών οργάνων γίνεται.

Τα περισσότερα μεγάφωνα της αγοράς είναι ηλεκτροδυναμικά και ποικίλουν σε μορφή, μέγεθος και κόστος. Τα ηλεκτροδυναμικά ηχεία βασίζονται στις αρχές της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, σύμφωνα με τις οποίες όταν ένας αγωγός βρίσκεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο και εφαρμοστεί στα άκρα του μια διαφορά δυναμικού, τότε θα δημιουργηθεί μια δύναμη πάνω στον αγωγό, ανάλογη της εφαρμοζόμενης διαφοράς δυναμικού.

Στην καρδιά των ηλεκτροδυναμικών μεγαφώνων βρίσκεται ένας ισχυρός μόνιμος μαγνήτης κυλινδρικού σχήματος, στο κέντρο του οποίου υπάρχει μια κυλινδρική ράβδος (πόλος μαγνήτη). Ανάμεσά τους δημιουργείται ένα κυλινδρικό διάκενο λίγων χιλιοστών, μέσα στο οποίο αναπτύσσεται ένα ισχυρό, ομοιογενές και σταθερής έντασης μαγνητικό πεδίο. Στο διάκενο και γύρω από τον πόλο, προσαρμόζεται το πηνίο φωνής (voice coil) - αγωγός τυλιγμένος σε σπείρες - το

οποίο κινείται ελεύθερα μέσα στο μαγνητικό πεδίο του διάκενου και υποβοηθείται από μία ειδική ελαστική ανάρτηση που φροντίζει ώστε το πηνίο να μην ακουμπά στον πόλο και να λειτουργεί να αιωρείται. Όταν τον αγωγό του πηνίου διαρρέει εναλλασσόμενο ρεύμα που μεταφέρει το ηχητικό σήμα, τότε στο διάκενο θα αναπτυχθούν δυνάμεις που ωθούν το πηνίο σε παλινδρομική κίνηση μπρος - πίσω. Στο εξωτερικό μέρος του πηνίου προσαρμόζεται το διάφραγμα, το μέγεθος της επιφάνειας του οποίου καθορίζεται από τη χαμηλότερη συχνότητα που επιθυμούμε να αναπαράγουμε. Το διάφραγμα κινείται και έτσι παράγεται ήχος.



Εικόνα 20 Αναλυτικό σχεδιάγραμμα των επιμέρους εξαρτημάτων ενός ηλεκτροδυναμικού ηχείου. [8]

Όσο πιο μεγάλη είναι η διάμετρος του κώνου, τόσο μεγαλύτερο πρέπει να είναι και το πηνίο φωνής και ο μαγνήτης, κάτι που οδηγεί σε μεγάφωνα μεγάλης μάζας και αδράνειας, δηλαδή σε συστήματα που απαιτούν μεγάλη ισχύ και αντιστέκονται τόσο στην έναρξη της κίνησής τους όσο και στη μεταβολή ή την παύση της. Παράλληλα οι κώνοι μεγάλης διαμέτρου τείνουν να παραμορφώνονται στα άκρα τους, γιατί η δύναμη του πηνίου ασκείται σε μία πολύ μικρή επιφάνεια του κέντρου τους. Έτσι απαιτούνται ελαφρά υλικά με μεγάλη ακαμψία (στοιχεία αλληλοαναιρούμενα), κάτι που μας οδηγεί στη χρήση σύνθετων ή εξωτικών υλικών, όπως το πολυπροπυλένιο, το kevlar, το εμποτισμένο με ειδικές ρητίνες χαρτί, το τιτάνιο και κάθε λογής κράματα και υφάσματα.

Όταν ο κώνος ενός μεγαφώνου κινείται προς τα εμπρός ασκώντας πίεση στα στρώματα του αέρα, τότε στο πίσω μέρος του δημιουργείται μια ίση αλλά αντίθετης φοράς πίεση (αραιώση, υποπίεση). Οι χαμηλές συχνότητες έχουν μικρή κατευθυντικότητα, περιθλώνται γύρω από το μεγάφωνο και τείνουν να επεκταθούν σε όλο το χώρο μπροστά και πίσω από αυτόν. Έτσι στο πίσω μέρος του θα υπάρξει η συμβολή δύο ίδιων αλλά αντίθετης φάσης ηχητικών κυμάτων, κάτι που συνεπάγεται την ακύρωσή τους.

Η ιδανική λύση για να αποφευχθεί η ακύρωση είναι να προσαρμοστεί το μεγάφωνο στο κέντρο μιας επίπεδης επιφάνειας με μεγάλο εμβαδόν ή διάμετρο (άπειρο διάφραγμα - infinite baffle). Αυτό φυσικά είναι πρακτικά αδύνατον και έτσι προκύπτει η λύση της καμπίνας.

Η καμπίνα ενός ηχείου βέβαια δεν είναι ένα απλό κουτί τυχαίων διαστάσεων, που αποσκοπεί στη στήριξη του μεγαφώνου και στην εξάλειψη των ακυρώσεων. Αντίθετα είναι μια προσεκτικά σχεδιασμένη διάταξη που επιχειρεί είτε να μιμηθεί το ελεύθερο μεγάφωνο (σχεδίαση άπειρου διαφράγματος), είτε να εκμεταλλευτεί τον όγκο του αέρα που βρίσκεται στο εσωτερικό, έτσι ώστε να συνεισφέρει θετικά στην απόδοση του μεγαφώνου (π.χ. σχεδιάσεις ακουστικής ανάρτησης, ανάκλασης χαμηλών και πολλές άλλες). Η ιδανική καμπίνα ενός ηχείου πρέπει να είναι άκαμπτη, ώστε να μην πάλλεται με τις εσωτερικές μεταβολές της πίεσης του αέρα. Επίσης πρέπει να έχει μεγάλη απόσβεση ώστε να εξασθενούν τα ηχητικά κύματα και να μην εκπέμπονται από την καμπίνα. Τέλος η συχνότητα συντονισμού πρέπει να είναι εκτός της περιοχής ακουστικών συχνοτήτων, για την αποφυγή χρωματισμών. [8]

1.2.4.1 Τύποι μεγαφώνων

Για την καλύτερη απόδοση του συχνοτικού φάσματος, κατασκευάζονται μεγάφωνα κατάλληλα για κάθε συχνοτική περιοχή. Τα μεγάφωνα αυτά είναι: τα subwoofers, τα woofers, τα midrange, τα tweeters και οι κόνρες.

1.2.4.1.1. Subwoofers/Woofers [9]



Εικόνα 21 Στην εικόνα φαίνεται πώς είναι ένα subwoofer

Τα subwoofers και τα woofers είναι ηχεία που σχεδιάστηκαν για να αναπαράγουν χαμηλές έως πολύ χαμηλές συχνότητες ενδεικτικά ένα τυπικό subwoofer αναπαράγει συχνότητες μεταξύ 20 και 125 Hz ενώ ένα τυπικό woofer από 60 μέχρι 250Hz. Αυτά τα ηχεία είναι συνήθως μεγάλα στο μέγεθος και απαιτούν περισσότερο ρεύμα για να λειτουργήσουν σε σχέση με αντίστοιχα μικρά ηχεία. Τέτοια ηχεία

χρησιμοποιούνται κυρίως για να αποδώσουν το δυναμικό ηχητικό τρίξιμο ή το χτύπο που παρουσιάζεται κυρίως στις ταινίες και τη μουσική.

1.2.4.1.2 Midrange Speakers



Εικόνα 22 Ένα τυπικό ηχείο μεσαίων συχνοτήτων

Οι μεσαίες συχνότητες του ηχητικού φάσματος είναι μεγάλης σημασίας, καθώς σε αυτές βρίσκεται η «καρδιά» της μουσικής. Τα φωνητικά και τα όργανα θα πρέπει να ακούγονται φυσικά και λεπτομερή, όχι πολύ έντονα ή απομακρυσμένα, όχι πολύ ζωνρά ή βαρετά. Ένα midrange ηχείο είναι συνήθως πολύ μικρότερο από ένα woofer, αλλά έχει επιφάνεια μεγαλύτερη από ένα τυπικό tweeter. Αναπαράγει τις μεσαίες συχνότητες, περίπου δηλαδή μεταξύ 300- 5000 Hz

1.2.4.1.3 Tweeter



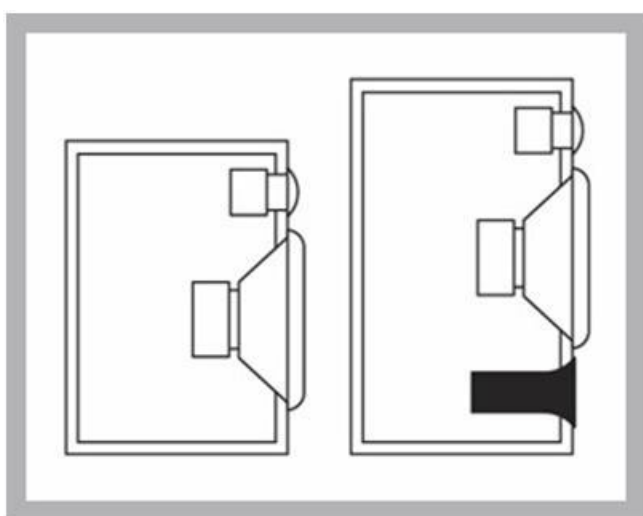
Εικόνα 23 Στην εικόνα φαίνονται δύο Tweeter γνωστής εταιρίας. [16]

Οι υψηλές συχνότητες αναπαράγονται από τα tweeters, ένας μικρός μεταδότης ο οποίος διαχωρίζεται σε πολλά συστήματα. Προσδίδουν στον ήχο μια πιο παραστατική αίσθηση του ήχου της μουσικής. Υπάρχουν σε τρεις τύπους: σε κώνους, σε σχήμα τρούλου και σε κόννες. Τα tweeters συνήθως δεν απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας για να παράγουν δυνατό ήχο.

Οι κυματομορφές των υψηλών συχνοτήτων είναι αρκετά μικρές και μόνο λίγα watt χρειάζονται για την παραγωγή τους.

1.2.4.2 Καμπίνες ηχείων

Αναλόγως με το επιθυμητό ηχητικό αποτέλεσμα πρέπει να επιλεγθεί ο τύπος της καμπίνας που θα χρησιμοποιηθεί. Οι πιο συχνοί τύποι στο εμπόριο είναι της κλειστής καμπίνας(ακουστικής ανάρτησης) και του ανοιχτού κουτιού(Vented box) οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω. Εκτός από αυτά υπάρχουν και άλλοι τύποι καμπινών όπως του παθητικού ακτινοβολητή(passive radiator) , της γραμμής μεταφοράς(transmission line) , και του δίπολου(dipole).



Εικόνα 24 Στα αριστερά φαίνεται η σχεδίαση κλειστής καμπίνας(ακουστικής ανάρτησης) και στα δεξιά η σχεδίαση ανοιχτού κουτιού(Vented box) [8]

Σχεδίαση κλειστής καμπίνας (ακουστικής ανάρτησης): Η καμπίνα ακουστικής ανάρτησης είναι αεροστεγής γιατί ο εσωκλειστος αέρας χρησιμοποιείται ως ανάρτηση για τον έλεγχο του γούφερ. Όταν ο κώνος του γούφερ κινείται προς τα έξω, δημιουργείται υποπίεση η οποία ρουφάει το μεγάφωνο πίσω στη θέση ηρεμίας. Όταν ο κώνος κινείται προς τα μέσα, αυξάνεται η πίεση του αέρα και σπρώχνει το κώνο προς τη θέση ηρεμίας. Τα ηχεία με καμπίνα ακουστικής ανάρτησης, διακρίνονται για το σφιχτό και βαθύ μπάσο, το οποίο έχει προοδευτική μείωση κάτω από το όριο αποκοπής. Από την άλλη όμως τείνουν να είναι αναισθητα γιατί η ακουστική ενέργεια που παράγεται από το πίσω μέρος του κώνου χάνεται. [8]

Σχεδίαση ανοιχτού κουτιού (Vented box): Οι καμπίνες οπής έχουν σχεδιαστεί ώστε να εκμεταλλεύονται την ακουστική ενέργεια που χάνεται στις καμπίνες ακουστικής ανάρτησης. Ανοίγοντας μια οπή (σωληνάς bass reflex) στην καμπίνα, οι χαμηλές συχνότητες εκπέμπονται σε φάση με τις χαμηλές που αναπαράγει το ίδιο το woofer. Μεταβάλλοντας τη διάμετρο και το μήκος του σωλήνα, μπορεί να ρυθμιστεί η

συχνότητα συντονισμού για βέλτιστο μπάσο. Οι καμπίνες οπής συνεπάγονται πιο αποδοτικές υλοποιήσεις, με αποτέλεσμα να σχεδιάζονται πιο ευαίσθητα και με μεγαλύτερο εύρος ακουστικών συχνοτήτων ηχεία στον ίδιο ή και μικρότερο όγκο καμπίνας απ' ότι η αντίστοιχη σχεδίαση σε κλειστό κουτί. Από την άλλη η μείωση του μπάσου κάτω από τη συχνότητα αποκοπής του bass reflex είναι απότομη. [8]

1.3 Ηλεκτρικό μπάσο



Εικόνα 25 Παραπάνω φαίνεται ένα ηλεκτρικό μπάσο

Σε αυτό το σημείο έφτασε η ώρα να ειπωθούν και μερικά πράγματα για το ηλεκτρικό μπάσο που είναι το όργανο για το οποίο προορίζεται η κατασκευή.

Το μπάσο είναι ένα απαραίτητο όργανο για κάθε είδος μουσικής, καθώς δίνει στο κομμάτι το ρυθμό και μελωδία ταυτόχρονα. Το μπάσο δεν είναι μόνο ένα συνοδευτικό όργανο σε μια μπάντα που θα ακολουθήσει απλά την κιθάρα αλλά μπορεί να σολάρει ή να σταθεί μόνο του όπως και όλα τα υπόλοιπα όργανα τα οποία τα χειρίζεται κάποιος καλός μουσικός.

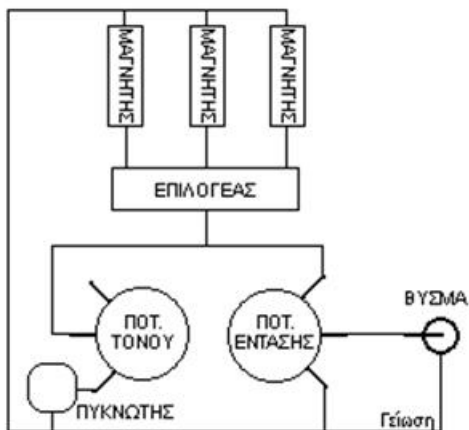


Εικόνα 26 Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται ένας καταξιωμένος μπασσίστας ο Joe DeMaio(Μπασσίστας του ιστορικού metal συγκροτήματος Manowar), ο οποίος απόδειξε ότι το μπάσσο μπορεί να είναι το κύριο όργανο ενός συγκροτήματος.

Δυστυχώς στις μέρες μας ο περισσότερος κόσμος δεν επιλέγει το ηλεκτρικό μπάσσο ως το μουσικό όργανο που θα διδαχθεί, θα εξασκήσει και θα παίξει, λόγω του ότι πέραν της γενικότερης άγνοιας για την ύπαρξη του συγκεκριμένου οργάνου και πέραν των γνωστών (στους μουσικούς κύκλους) "μαργαριταριών" που συνηθίζουν να κυκλοφορούν και να αναπαράγονται σχετικά με αυτό, υπάρχουν πολλές ακόμη παρωχημένες νοοτροπίες και εντελώς αβάσιμες αντιλήψεις, που, με το πέρασμα των χρόνων, κατάφεραν, στα μάτια (ή στα αυτιά) του ευρέως κοινού, να απαξιώσουν απίστευτα ένα τόσο σπουδαίο όργανο.

1.3.1 Ηλεκτρικά μέρη του ηλεκτρικού μπάσου

Σε αυτό το σημείο θα εξεταστεί ενδεικτικό κύκλωμα των ηλεκτρικών μερών ενός ηλεκτρικού μπάσου ώστε να γίνει κατανοητή η λειτουργία του.



Εικόνα 27 Παραπάνω φαίνεται μια συνδεσμολογία και που μπορεί να έχουν τα διάφορα ηλεκτρικά εξαρτήματα μέσα σε ένα ηλεκτρικό μπάσο. [10]

Πιο συγκεκριμένα:

- Μαγνήτες (μετατρέπουν το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται κατά τον παλμό της χορδής, σε ένα ασθενές ηλεκτρικό σήμα)
- Ποτενσιόμετρο έντασης (ρυθμίζει την ένταση του σήματος που θα φτάσει από τους μαγνήτες στην έξοδο)
- Ποτενσιόμετρο τόνου (ρυθμίζει την αναλογία από τα πρίμα και τα μπάσα. Δεν παρέχει καμία ενίσχυση, απλά μειώνοντας τα πρίμα (υψηλές συχνότητες), υπερिशύουν τα μπάσα (χαμηλές συχνότητες))
- Επιλογέας (επιλέγει από ποιόν ή και ποιούς μαγνήτες θα πάρουμε το ηλεκτρικό σήμα)
- Βύσμα (ένα απλό μονοφωνικό βύσμα, ως έξοδος προς τον ενισχυτή)

- Πυκνωτής (βρίσκεται κολλημένος πάνω στο ποτενσιόμετρο τόνου και λειτουργεί σε συνδυασμό με αυτό, ως ένα υποτυπώδες φίλτρο αποκοπής ανεπιθύμητων συχνοτήτων)

Συνήθως τα ηλεκτρικά μπάσσα έχουνε ένα μαγνήτη οπότε δεν υπάρχει επιλογέα. Επίσης μπορούμε να παρατηρηθεί σε ηλεκτρικά μπάσσα που έχουν παραπάνω από ένα μαγνήτη, αντί για επιλογέα να έχουνε διαφορετικά ποτενσιόμετρα έντασης ώστε να μπορούμε να τους χρησιμοποιήσουμε ταυτόχρονα σε όποια αναλογία επιθυμούμε. [10]

2. Κατασκευή και λειτουργία ολοκληρωμένου ενισχυτή ηλεκτρικού μπάσσου

2.1. Εξοπλισμός

Η κατασκευή αποτελείται από:

- Εξαρτήματα για κιτ προενισχυτή της εταιρίας Velleman K8084
- Εξαρτήματα για κιτ τελικού ενισχυτή της εταιρίας Velleman K8060
- Ψύκτρα
- Μεγάφωνο της εταιρίας Eminence Legend BP 102 4Ω
- Μετασχηματιστής 2X12V AC για την τροφοδοσία του προενισχυτή
- Μετασχηματιστής 2X30V AC για την τροφοδοσία του τελικού ενισχυτή
- Ξύλα τύπου MDF για την κατασκευή της καμπίνας
- Μεταλλικό κουτί διαστάσεων 9 X 25,5 X 20,3 σε cm
- Ηχομονωτική επιφάνεια για την επιπλέον ηχομόνωση της καμπίνας
- Ασφάλειες 0,3 A
- Λοιπά υλικά (καλώδια, διακόπτες, βίδες κτλ.)

Για την κατασκευή χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω μέσα:

- Κολλητήρι
- Πολύμετρο
- Παλμογράφος
- Εργαλείο αναρρόφησης κόλλησης
- Εργαλεία (κατσαβίδια, κόφτες, κλειδιά κτλ)
- Πριόνι
- Τροχός
- Τρυπάνια

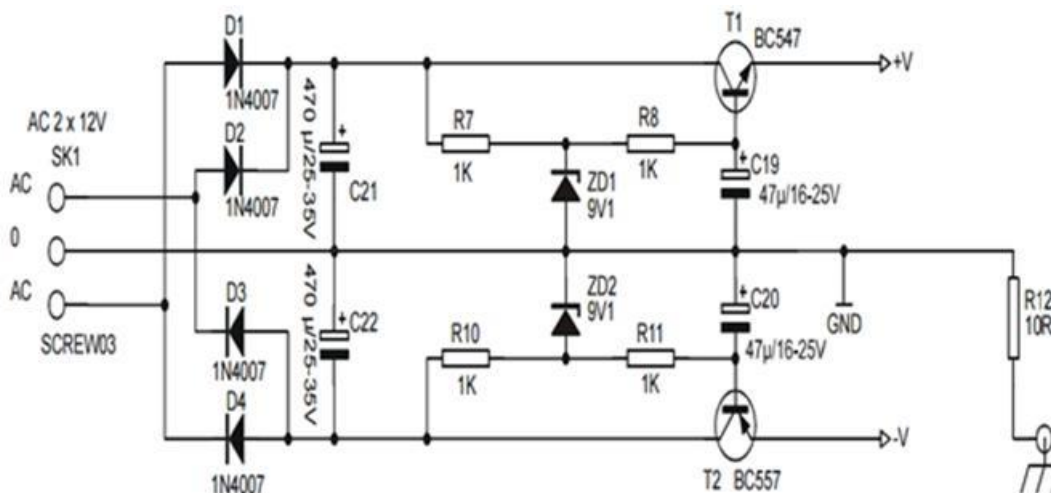
2.2 Προενισχυτής Velleman K8084

Ο προενισχυτής τροφοδοτείται από τάση 12V AC, που προέρχεται από μετασχηματιστή διπλής λήψης και με λόγο σπειρών 230/12. Στο πρωτεύων του μετασχηματιστή υπάρχει ασφάλεια 0,3 A

Τα θεωρητικά, με βάση την σχεδίαση, χαρακτηριστικά του προενισχυτή είναι:

- Τάση τροφοδοσίας: 2x12V AC/100mA
- Απόκριση συχνότητας: 3Hz-500kHz(-3dB)
- Λόγος σήματος-θορύβου: 98dB
- Αρμονική παραμόρφωση: <0.005%
- Μέγιστη τάση εξόδου: 5V
- Αντίσταση εισόδου: 50KΩ

2.2.1 Τροφοδοτικό προενισχυτή



Εικόνα 28 Σχηματικό διάγραμμα του τροφοδοτικού του προενισχυτή K8084[11]

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα του τροφοδοτικού του προενισχυτή K8084 υπάρχουν 2 λήψεις από τον Μ/Σ 230/12 και η ανόρθωση της τάσης πραγματοποιείται με την συνδεσμολογία της διπλής ανόρθωσης.

Έπειτα οι πυκνωτές C21 και C22 δρουν ως φίλτρα για να απαλείψουν τις συστώσεις της εναλλασσόμενης τάσης

Τέλος υπάρχουν οι σταθεροποιητές με το κύκλωμα ακόλουθου εκπομπού που δίνουν συνεχή τάση στον προενισχυτή.

Ο προενισχυτής είναι δύο σταδίων, όπου το πρώτο ρυθμίζει την ένταση του σήματος στον ενισχυτή και το δεύτερο καθορίζει την ενίσχυση που θα έχουν οι χαμηλές και οι ψηλές συχνότητες ξεχωριστά.

Από την είσοδο προς την έξοδο υπάρχει:

Αρχικά ο διαιρέτης τάσης που σχηματίζουν οι αντιστάσεις R1 και R2, παρέχοντας μια μικρή αντίσταση εισόδου για να συνδεθεί η πηγή του σήματος (ηλεκτρικό μπάσο). Ο πυκνωτής C4 συνδεδεμένος παράλληλα, σε συνδυασμό με τις R1 και R2, κόβει τις πολύ ψηλές, ανεπιθύμητες συχνότητες, και ο πυκνωτής σύζευξης C17 για να κόβει τις DC συνιστώσες.

Ακολουθεί το ποτενσιόμετρο RV1B με το οποίο γίνεται ρύθμιση της έντασης του ήχου του ενισχυτή, δηλαδή το “κέρδος” (gain), σε συνδυασμό με τις R1 και R2. Το ποτενσιόμετρο συνδέεται στον θετικό ακροδέκτη του τελεστικού ενισχυτή IC1B, όπου είναι συνδεδεμένο στο κύκλωμα με μη αναστρέφουσα συνδεσμολογία και η ενίσχυσή του υπολογίζεται από τη σχέση

$$A = \frac{R_F}{R_A} + 1 \quad \text{δηλαδή} \quad A = \frac{R_{22}}{R_{21}} + 1$$

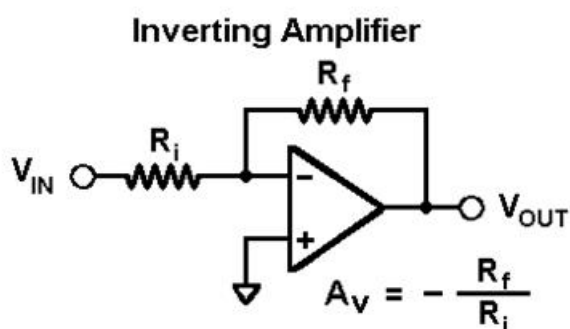
και με τις τιμές που υπάρχουν στο κύκλωμα

$$A=1,01$$

Μπορεί να αυξηθεί η τιμή της ενίσχυσης, εάν βάλουμε την R21 στην θέση της R11 ώστε να έχουμε ενίσχυση A=101 (όπως σημειώνει και ο κατασκευαστής, για ευκολία).

Ο τελεστικός ενισχυτής IC2B, είναι σε αναστρέφουσα συνδεσμολογία οπότε η ενίσχυσή του υπολογίζεται

$$A_v = \frac{Z_f}{Z_i}$$



Εικόνα 30 Σχηματικό διάγραμμα τελεστικού ενισχυτή σε αναστρέφουσα συνδεσμολογία

Σε συνδυασμό με αυτόν τον τελεστικό ενισχυτή υπάρχει το κύκλωμα ρύθμισης τόνου του προενισχυτή το οποίο δίνει την δυνατότητα να ρυθμιστεί την ενίσχυση που θα έχουν οι υψηλές και οι χαμηλές συχνότητες ξεχωριστά. Το ποτενσιόμετρο RV3B ρυθμίζει το πόσο θα ενισχυθούν οι υψηλές συχνότητες ενώ το RV2B το πόσο θα ενισχυθούν οι χαμηλές. Ποιο συγκεκριμένα, οι μεταβολές στα δυο ποτενσιόμετρα αλλάζουν των λόγο των εμπεδήσεων εισόδου και ανατροφοδότησης του τελεστικού ενισχυτή IC2B.

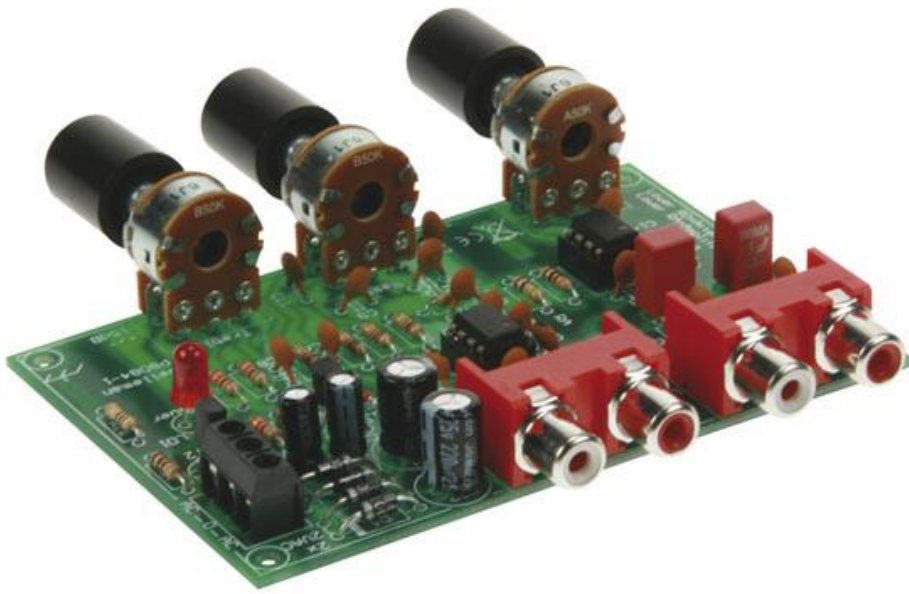
Υπάρχουν δύο βαθμίδες ενίσχυσης στο κύκλωμα. Αυτό συμβαίνει επειδή σε συνδυασμό με τη δεύτερη (η οποία έχει gain=1), βρίσκεται το κύκλωμα ρύθμισης τόνου. Οι τιμές των επιμέρους στοιχείων του καθορίζουν την συχνότητα και την ενίσχυση. Μια αλλοίωση στις τιμές αυτές θα προκαλέσει αλλαγές στην απόκριση συχνότητας του τμήματος αυτού. Γι' αυτό το λόγο δεν πρέπει να συνδεθεί η είσοδος του τμήματος αυτού (αριστερό άκρο C7 και R19) στην έξοδο του ποτενσιόμετρου ρύθμισης έντασης RV1B, διότι η αντίσταση εξόδου του δεν είναι σταθερή (μεταβάλλεται ανάλογα με την θέση του ποτενσιόμετρου). Η παρουσία του IC1B απομονώνει τα δύο τμήματα εξαλείφοντας το πρόβλημα αυτό. Από την άλλη μεριά η επιλογή να τοποθετηθεί η ρύθμιση της έντασης στην είσοδο έχει σαν μειονέκτημα την αυξημένη παρουσία θορύβου καθώς το σήμα δεν έχει ενισχυθεί ακόμα.

Τέλος το σήμα μέσω της αντίστασης R6 πάει στον τελικό ενισχυτή. Η R6 παρέχει στο κύκλωμα μια χαμηλή αντίσταση εξόδου του προενισχυτή και επίσης προστασία από βραχυκυκλώματα.

2.2.4 Κατασκευή και έλεγχος λειτουργίας προενισχυτή

Αφού κατασκευάστηκε ο προενισχυτής, συνδέθηκε σε σειρά με το πρωτεύον του μετασχηματιστή μια ασφάλεια 100mA για προστασία από βραχυκυκλώματα.

Ύστερα συνδέθηκε μια γεννήτρια συχνοτήτων στην είσοδο του προενισχυτή και ένας παλμογράφος στην έξοδό του για να γίνει έλεγχος λειτουργίας, ο οποίος έδειξε ότι λειτουργεί σωστά, για το εύρος συχνοτήτων που μας ενδιαφέρουν.



Εικόνα 31 Προενισχυτής Velleman K8084

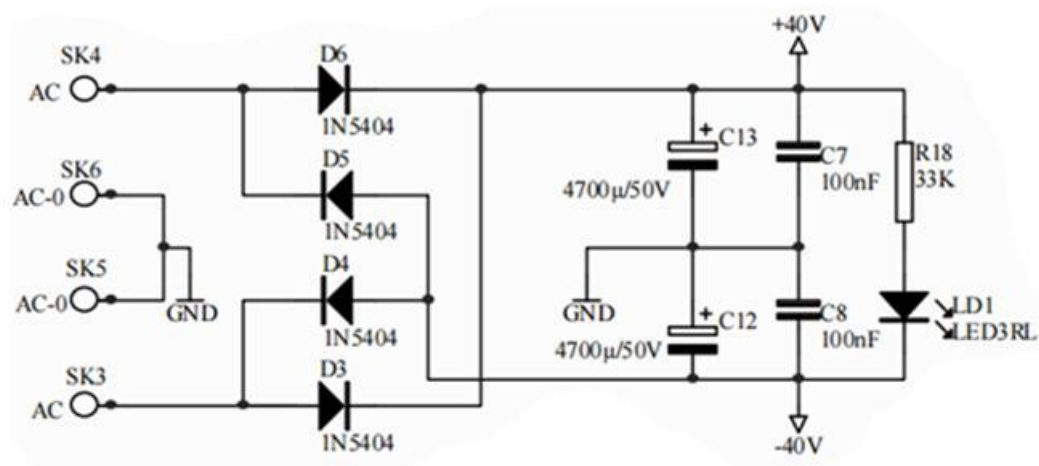
2.3 Ενισχυτής Velleman K8060

Ο τελικός ενισχυτής τροφοδοτείται από τάση 2 X 30 V AC, η οποία προέρχεται από μετασχηματιστή διπλής λήψης με λόγο 230/30 V. Στο πρωτεύων του μετασχηματιστή υπάρχει συνδεδεμένη ασφάλεια 1 A

Τα θεωρητικά, με βάση την σχεδίαση, χαρακτηριστικά του τελικού ενισχυτή είναι:

- 200W ακουστική ισχύς στα 4Ω
- 100Wrms ηλεκτρική ισχύς στα 4Ω
- Πραμόρφωση: 0.02%
- Απόκριση συχνότητας: 3Hz-200KHz
- Λόγος σήματος προς θόρυβο: 115dB
- Τάση τροφοδοσίας: 2x25-30 Vac/ 100-120VA

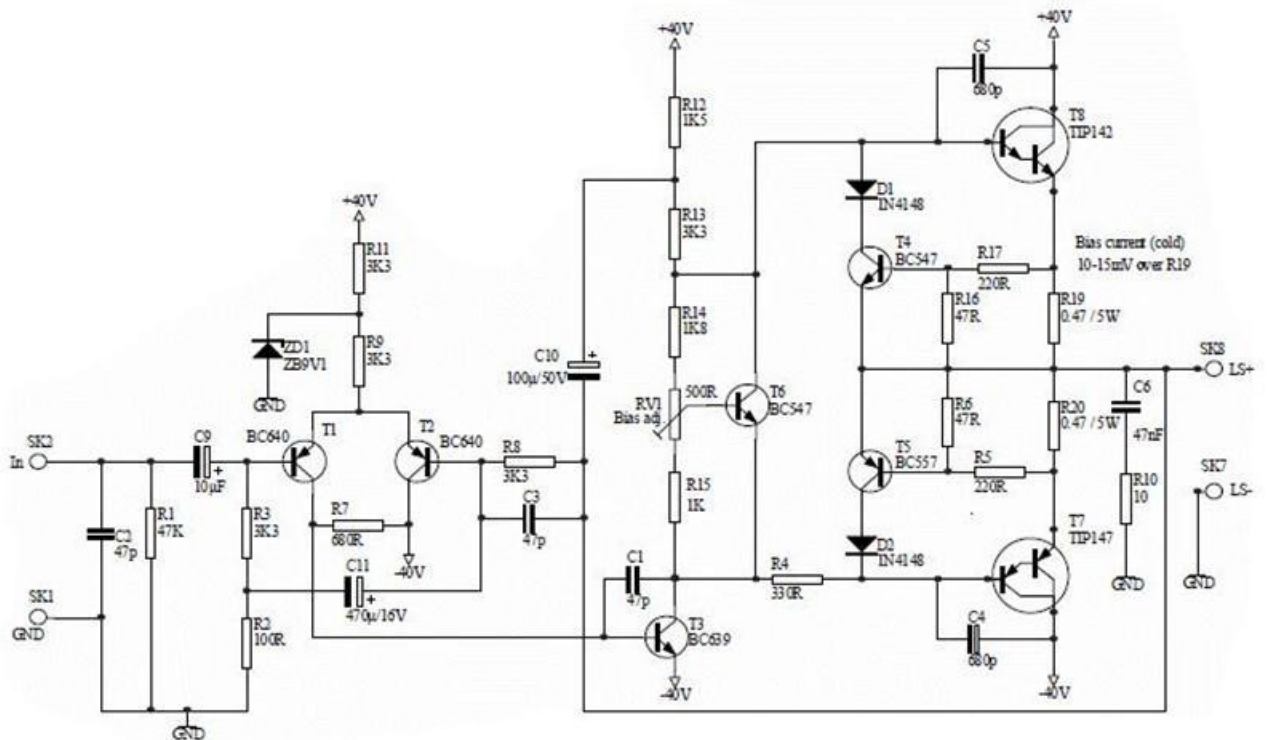
2.3.1 Τροφοδοτικό τελικού ενισχυτή



Εικόνα 32 Σχηματικό διάγραμμα του τροφοδοτικού του τελικού ενισχυτή K8060

Στο σχηματικό διάγραμμα του τροφοδοτικού του ενισχυτή K8060 φαίνεται ότι η ανόρθωση γίνεται πάλι με την συνδεσμολογία της διπλής ανόρθωσης. Ως φίλτρα εξομάλυνσης της τάσης χρησιμοποιούνται οι πυκνωτές C13, C12, C7 και C8. Επίσης υπάρχει μια φωτοδίοδος στο τέλος του κυκλώματος που δείχνει πότε το κύκλωμα βρίσκεται σε λειτουργία.

2.3.2 Κύκλωμα τελικού ενισχυτή



Εικόνα 33 Σχηματικό διάγραμμα του ενισχυτή K8060

Ο ενισχυτής είναι 3 βαθμίδων και αποτελείται από την διαφορική βαθμίδα (T1, T2) που γίνεται ενίσχυση τάσης, τον ενισχυτή τάσης (T3) ο οποίος οδηγεί και τα transistor εξόδου και την διάταξη Push-Pull (T7, T8) στην οποία γίνεται ενίσχυση ισχύος στην έξοδο.

Η λειτουργία του διαφορικού ενισχυτή είναι να παρέχει μεγάλη αντίσταση εισόδου και επίσης έχει μεγάλη ενίσχυση του σήματος σε σχέση με τον θόρυβο. Για να το επιτευχθεί αυτό χρειάζεται σταθερή τάση στους εκπομπούς των transistor του. Αυτό εξασφαλίζεται μέσω των αντιστάσεων με τις μεγάλες τιμές (R9, R11) και του σταθεροποιητή zener (ZD1).

Αφού περάσει το σήμα τον διαφορικό ενισχυτή, πηγαίνει στο T3, όπου γίνεται επιπλέον ενίσχυση τάσης. Η πόλωση του T3 καθορίζεται από τον συνδυασμό των τιμών της R12 και της R13 και η ενίσχυσή του καθορίζεται από την R13 και τον πυκνωτή C10 ο οποίος κρατάει σταθερή την τάση ανάμεσα στις δύο αντιστάσεις.

Η ενισχυμένη τάση στην έξοδο του T3 οδηγεί τον ενισχυτή ισχύος (T7, T8) μέσω του T6. Η Push-Pull διάταξη με τα T7, T8 έχει τα transistor σε συνδεσμολογία κοινού συλλέκτη (ακόλουθου εκπομπού), με το σήμα στην έξοδο σε φάση με την είσοδο. Το T6 λειτουργεί ως ρυθμιζόμενη "ενεργή zener" η οποία μαζί με τις αντιστάσεις R14 και R15 σταθεροποιεί το ρεύμα ηρεμίας των Darlington transistor εξόδου

(T7,T8). Η πτώση τάσεως πάνω στις αντιστάσεις R14 και R15 προσδιορίζεται από την θέση του trimmer RV1 επειδή αυτό ελέγχει την τάση συλλέκτη-εκπομπού (V_{ce}) του T6. Επειδή τα transistor T7,T8 είναι Darlington δεν χρειάζονται μεγάλο ρεύμα οδήγησης οπότε το ρεύμα που δίνει το T3 είναι επαρκές.

Στο τέλος του κυκλώματος είναι τοποθετημένες οι αντιστάσεις R19 και R20, οι οποίες παρέχουν στον ενισχυτή κάποια στοιχειώδη προστασία από βραχυκυκλώματα συνεργαζόμενες με το κύκλωμα προστασίας, και επίσης έχοντας χαμηλές τιμές μας εξασφαλίζουν χαμηλή αντίσταση εξόδου. Στους τελικούς ενισχυτές θέλουμε να έχουμε χαμηλή αντίσταση εξόδου σε σχέση με το φορτίο

προκειμένου να έχουμε υψηλό συντελεστή απόσβεσης ($\frac{RL}{R_{out}}$).

Για την περαιτέρω βελτίωση των χαρακτηριστικών του ενισχυτή, έχουν τοποθετηθεί οι πυκνωτές C1,C4,C5 παράλληλα στα transistors, λειτουργώντας ως πυκνωτές Miller, δηλαδή κόβοντας τις υψηλές συχνότητες που είναι εκτός του ακουστικού εύρους έχοντας ως αποτέλεσμα λιγότερο θόρυβο. Οι πυκνωτές C2,C3,C6 επίσης συντελούν στο να κόβουν ανεπιθύμητες συχνότητες, και τέλος ο πυκνωτής σύζευξης C9 στη είσοδο συνδεδεμένος σε σειρά κόβει τις DC συνιστώσες.

Στο κύκλωμα υπάρχει ολική αρνητική ανατροφοδότηση τάσης από την έξοδο σε σειρά με την είσοδο. Μέσω της αρνητικής ανατροφοδότησης βελτιώνεται η συμπεριφορά του ενισχυτή και επιπλέον περιορίζεται η ενίσχυση σε κάποια επιθυμητή στάθμη. Αυτή η στάθμη καθορίζεται από τις τιμές των αντιστάσεων R8 και R2, οι οποίες λειτουργούν σαν διαιρέτης τάσεων στο AC, με την βοήθεια του C1. Στην βάση του T2:

$$V_{b2} = V_{out} * \left[\frac{R2}{R2 + R8} \right] \text{ δηλαδή } V_{out} \approx 33 * V_{b2}$$

Συνοψίζοντας η τάση του σήματος από την είσοδο προς την έξοδο έχει ως εξής:

Έστω στην θετική ημιπερίοδο του σήματος:

Η V_{in} αυξάνεται -> Η V_{ce1} αυξάνεται-> Η V_{c1} μειώνεται-> Η V_{be3} μειώνεται-> Η V_{ce3} αυξάνεται-> Η V_{b8} αυξάνεται οπότε αυξάνεται και η V_{out} .

Η πορεία της ανατροφοδότησης έχει ως εξής:

Η V_{out} αυξάνεται-> Η V_{b2} αυξάνεται-> Η V_{ce2} αυξάνεται (αντιτίθεται στην αύξηση της V_{ce1}) οπότε μικραίνει η ενίσχυση άρα υπάρχει αρνητική ανατροφοδότηση.

Ανεξάρτητα από το πόσο 'αντοχής' είναι τα transistor χρειάζονται προστασία από τα βραχυκυκλώματα. Οπότε πριν την έξοδο, ο ενισχυτής έχει ένα κύκλωμα προστασίας που δουλεύει ως εξής:

Η πτώση τάσεως πάνω στις αντιστάσεις συλλέκτη R19 και R20 δίνει το μέγεθος του ρεύματος συλλέκτη, άρα και εκπομπού. Εάν το ρεύμα που περνά μέσα από τις αντιστάσεις R19 και R20, περάσει ένα συγκεκριμένο όριο τότε θα αρχίσουν να άγουν τα transistor T4 και T5, αφού όπως φαίνεται θα μεγαλώσει η τάση πάνω στους διαιρέτες R17, R16 και R5, R6. Έτσι τα ρεύματα που θα περάσουν μέσα από τις διόδους D2 και D3 θα μειώσουν τα ρεύματα βάσεως των T7 και T8, που αυτό θα έχει σαν συνέπεια να ελαττωθούν και τα ρεύματα συλλέκτη.

2.3.3 Κατασκευή τελικού ενισχυτή Velleman K8084

Ο ενισχυτής κατασκευάστηκε και βιδώθηκε πάνω στην ψύκτρα αφού τοποθετήθηκε μίκα ανάμεσα στα τρανζίστορ ισχύος και την ψύκτρα για καλύτερη θερμοαγωγιμότητα. Μετά τοποθετήθηκε ασφάλεια 1A σε σειρά με το πρωτεύων του μετασχηματιστή για λόγους προστασίας. Ύστερα ρυθμίστηκε το ποτενσιόμετρο RV1 αριστερόστροφα μέχρι την τερματική γωνία και τροφοδοτήθηκε με τάση ο ενισχυτής.

Τέλος έχοντας συνδεδεμένο το βολτόμετρο στα άκρα της R19 και ρυθμίστηκε η τάση γυρίζοντας το trimmer RV1 μέχρι την επιθυμητή τάση 10 mV και ρεύμα κοντά στα 21mA σύμφωνα με της οδηγίες του σχεδιαστή για την ρύθμιση του σημείου ηρεμίας.



Εικόνα 34 Τελικός ενισχυτής Velleman K8060

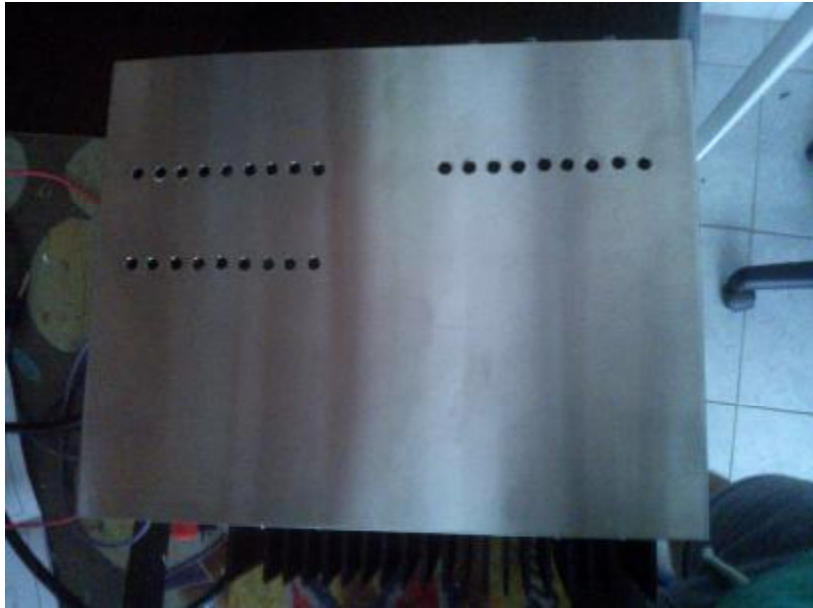
2.4 Μεταλλικό κουτί

Για την αυτόνομη λειτουργία του ενισχυτή και τη συνεργασία του με το ηχείο σε ρεαλιστικό περιβάλλον (χώρος συναυλιών ή στούντιο) αποφασίστηκε η χρήση ξεχωριστού μεταλλικού κουτιού. Οι διαστάσεις του μεταλλικού κουτιού ώστε να εγκατασταθούν οι ενισχυτές, η ψύκτρα, οι μετασχηματιστές και οι ασφάλειες υπολογίστηκαν 20,3 X 25,5 X 9 σε cm. Το υλικό του κουτιού είναι αλουμίνιο.



Εικόνα 35 Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται τι υπάρχει στο εσωτερικό του μεταλλικού κουτιού

Πάνω από τον προενισχυτή και τους μετασχηματιστές υπάρχουν τρύπες εξαερισμού για να αποφύγουμε την υπερθέρμανση του προενισχυτή και του μετασχηματιστή.



Εικόνα 36 Πάνω όψη του μεταλλικού κουτιού

Στην πρόσοψη του κουτιού υπάρχει ρύθμιση για την ένταση του ενισχυτή και επιπλέον ρυθμίσεις για την ενίσχυση των ψιλών και των χαμηλών συχνοτήτων ξεχωριστά μέσω ποτενσιομέτρων. Επίσης υπάρχουν δύο διακόπτες ένας για τον προενισχυτή και ο άλλος για τον τελικό ενισχυτή. Επιπλέον υπάρχει δίπλα στους διακόπτες ακροδέκτης σύνδεσης του οργάνου. Τέλος υπάρχουν δύο ασφαλειοθήκες για τις ασφάλειες του προενισχυτή και του τελικού ενισχυτή αντίστοιχα.



Εικόνα 37 Πρόσοψη μεταλλικού κουτιού

Στην πίσω όψη του κουτιού υπάρχουν δύο θυλικοί ακροδέκτες τύπου μπανάνας για την σύνδεση του ενισχυτή με το ηχείο. Επίσης υπάρχει το καλώδιο τροφοδοσίας του ενισχυτή και τέλος η πίσω επιφάνεια της ψύκτρας του τελικού ενισχυτή.



Εικόνα 38 Πίσω όψη μεταλλικού κουτιού

2.5 Ηχείο

2.5.1 Επιλογή μεγαφώνου

Για την κατασκευή του ηχείου χρησιμοποιήθηκε το μεγάφωνο της Eminence τύπου Legend BP-102 με αντίσταση 4Ω και ακουστική ισχύς 400 Watt και ηλεκτρική 200 Watt το οποίο συστήνεται από τον κατασκευαστή του για εφαρμογές σαν την συγκεκριμένη.



Εικόνα 39 Ηχείο Eminence Legend BP 102

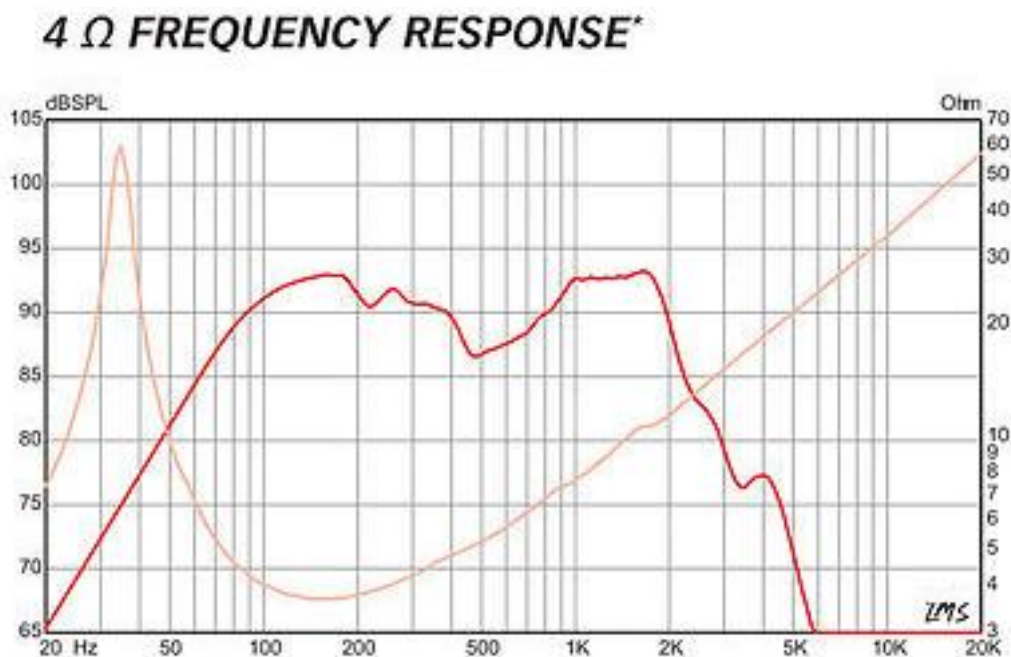
Η διάμετρος του είναι 10 ίντσες δηλαδή 25,4cm και το υλικό του κώνου είναι από χαρτί. Το καθαρό βάρος του μεγαφώνου υπολογίζεται στα 4Kg και οφείλεται στην ύπαρξη μεγάλου μαγνήτη. Έτσι βγαίνει το συμπέρασμα ότι υπάρχει η ανάγκη μιας στιβαρής κατασκευής καμπίνας για να το υποστηρίξει.



Εικόνα 40 Μεγάφωνο Eminence Legend BP 102

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή του η συχνότητα συντονισμού του μεγαφώνου βρίσκεται στα 35Hz και η ευαισθησία του είναι 90,5db

Όπως βλέπουμε και στο παρακάτω διάγραμμα απόκρισης συχνοτήτων και εμπέδησης του μεγαφώνου, καλύπτονται συχνότητες από το χαμηλό μέχρι και το μεσαίο φάσμα συχνοτήτων.



Εικόνα 41 Απόκριση συχνότητας του μεγαφώνου που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία [13]

Όπως βλέπουμε και στο διάγραμμα απόκρισης συχνότητας, η απόκριση του μεγαφώνου στις επιθυμητές συχνότητες (40Hz-2000Hz) είναι, αρκετά ικανοποιητικά, σταθερή.

2.5.2 Σχεδίαση καμπίνας

Η καμπίνα που κατασκευάστηκε είναι ανοιχτού τύπου λόγω των πλεονεκτημάτων που αναφέρθηκαν σε παραπάνω κεφάλαιο. Οι διαστάσεις της καμπίνας υπολογίστηκαν με βάση τα χαρακτηριστικά που δίνει ο κατασκευαστής του μεγαφώνου, περνώντας τα στην φόρμα υπολογισμού του ιστότοπου <http://www.mh-audio.nl/reflexboxcalculator.asp>

Για την κατασκευή της καμπίνας χρησιμοποιήθηκε ξύλο με πάχος 16mm τύπου MDF λόγω της αντοχής του και των ηχομονωτικών του ιδιοτήτων.

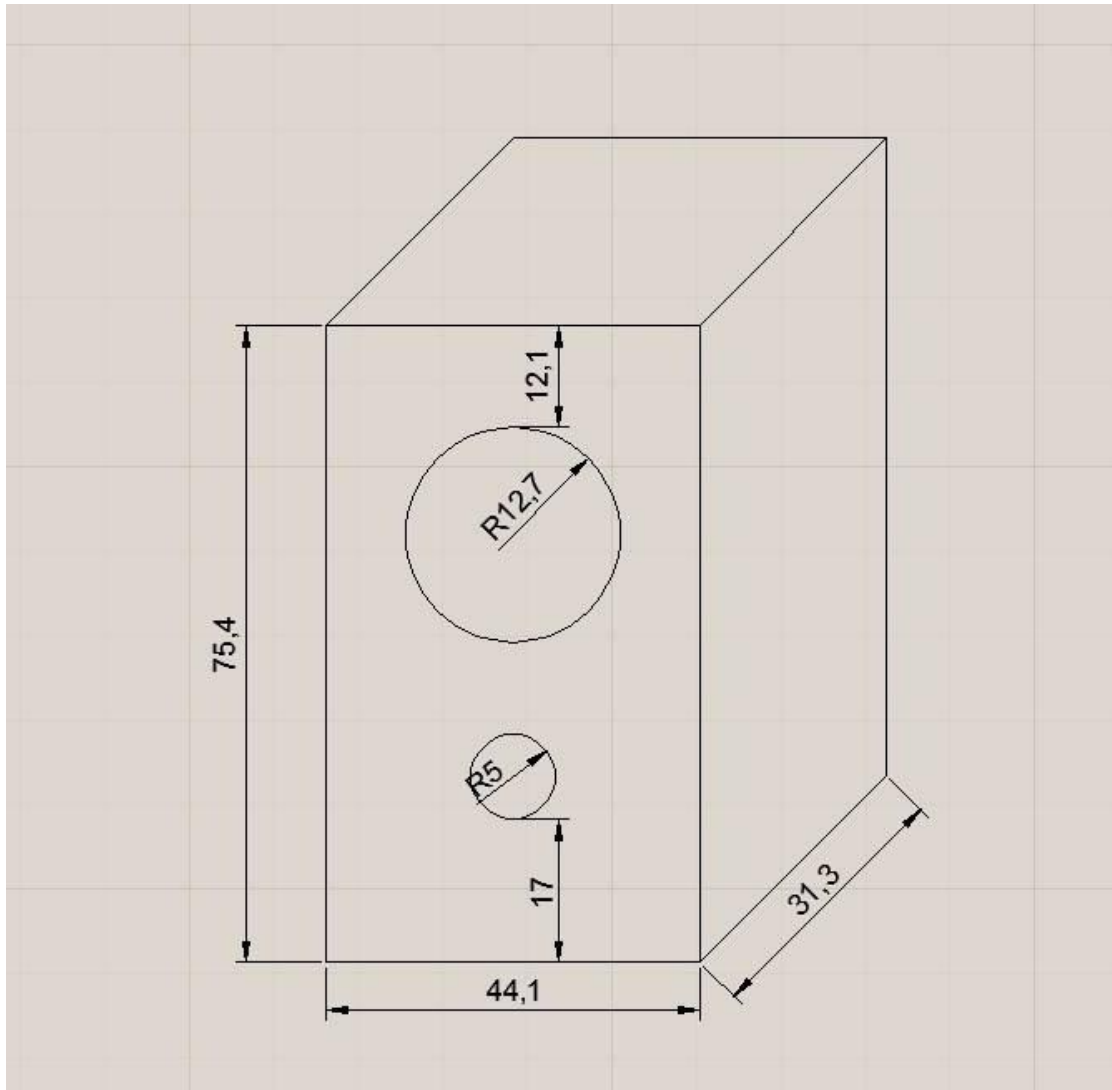
Οι εσωτερικές διαστάσεις της καμπίνας είναι 72,2 X 40,5 X 28,1 και οι εξωτερικές 75,4 X 44,1 X 31,3 σε cm. . Με βάση τις εσωτερικές διαστάσεις και την εκτίμηση του όγκου που καταλαμβάνει το μεγάφωνο, ο καθαρός όγκος του κουτιού πλησιάζει τα 80 lt. Μεγάλη ποικιλία διαστάσεων μπορεί να δώσει αυτόν τον όγκο. Οι συγκεκριμένες επιλέχθηκαν όχι μόνο με κριτήριο τη βολική τοποθέτησή του ηχείου στο χώρο, αλλά και με κριτήριο το ότι έχουν υψηλά κοινά πολλαπλάσια. Έτσι αποφεύγονται φαινόμενα συντονισμών και βελτιώνεται η χρονική απόκριση.

Ο σωλήνας του bass reflex έχει μήκος 14cm, διάμετρο 10cm και το υλικό του είναι πολυπροπυλένιο. Λόγω του σκοπού για τον οποίο προορίζεται το ηχείο, προτιμήθηκε η τοποθέτηση του μεγαφώνου πάνω από το σωλήνα ώστε να μειώνονται οι ανακλάσεις από το δάπεδο.

Η συχνότητα αποκοπής υπολογίζεται κοντά στα 35 Hz η οποία είναι εκτός του εύρους συχνοτήτων ενός τετράχορδου ηλεκτρικού μπάσσου σε κανονικό κούρδισμα.

Σημείωση:

Κατά τις πρώτες δοκιμές του ηχείου παρατηρήθηκε συντονισμός στην κατώτερη νότα λα (55 Hz) που όμως δεν οφειλόταν στα χαρακτηριστικά της καμπίνας, αλλά σε κακές κολλήσεις στην πλακέτα του προενισχυτή. Το πρόβλημα λύθηκε μετά από βελτιστοποίηση των κολλήσεων.



Εικόνα 42 Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η μορφή της καψίνας και οι εξωτερικές της διαστάσεις σε cm

2.5.3 Κατασκευή καψίνας

Αφού κόπηκαν τα ξύλα, χρωματίστηκε το εσωτερικό της καψίνας με λαδομπογιά χρώματος καφέ.

Η εσωτερική επιφάνεια της καψίνας καλύφθηκε με ηχομονωτικό στρώμα ώστε να ενισχυθεί η ηχομόνωση των τοιχωμάτων της καψίνας και να βελτιωθεί η απόκρισή της.



Εικόνα 43 Βλέπουμε το ηχομονωτικό υλικό στο εσωτερικό της καμπίνας, το οποίο κολλήθηκε με λαδόκολλα.

Για να χρωματιστεί η καμπίνα περάστηκε πρώτα με βελατούρα, τρίφτηκε, περάστηκε πρώτο χέρι βαψίματος με καφέ χρώμα και μετά από δεύτερο ώστε να πάρει την τελική μορφή της.



Εικόνα 44 Πέρασμα των επιφανειών τις καμπίνας με βελατούρα



Εικόνα 45 Βάψιμο του ηχείου(πρώτο χέρι)



Εικόνα 46 Η καμπίνα μετά το πρώτο χέρι βαψίματος



Εικόνα 47 Τελική μορφή της καμπίνας μετά από δεύτερο χέρι βαψίματος και τοποθέτηση μεγαφώνου

Όπως φαίνεται και στην παραπάνω φωτογραφία τοποθετηθήκαν προστατευτικά στις γωνίες της βάσης της καμπίνας για λόγους προστασίας του ξύλου. Επίσης στις πλάγιες όψεις έχουν τοποθετηθεί ειδικά χερούλια για την εύκολη μεταφορά της.

2.5.4 Εφαρμογή μεγαφώνου στην καμπίνα

Μεταξύ μεγαφώνου καμπίνας μεσολαβεί επίστρωση αφρολέξ για την προστασία της καμπίνας από τις ισχυρές δονήσεις που δημιουργεί το μεγάφωνο. Στο εσωτερικό της καμπίνας υπάρχει εσωτερική καλωδίωση που καταλήγει σε ακροδέκτες τύπου μπανάνας οι οποίοι βγαίνουν στο πίσω μέρος της καμπίνας για την σύνδεση της καμπίνας με τον ενισχυτή.

2.5.5 Αξιολόγηση

Ο ενισχυτής έχει καθαρό ήχο και πολύ καλή χρονική απόκριση. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οικιακή χρήση ή ακόμα και μικρές συναυλίες. Ο χρήστης του πρέπει να γνωρίζει πως για την προστασία το μεγαφώνου πρέπει να τροφοδοτήσει με ρεύμα πρώτα τον προενισχυτή και μετά από λίγο τον τελικό ενισχυτή. Επίσης πρέπει να ειπωθεί πως η κατασκευή δεν είναι κατάλληλη για να αναπαράγει σήμα από μπάσο με χαμηλότερο από το κανονικό κούρδισμα ή μπάσο με περισσότερες από τέσσερις χορδές καθώς η συχνότητα αποκοπής του ηχείου είναι κοντά στα 35 Hz.

3 Συμπεράσματα και προτάσεις

«Εμπειρία είναι το σύνολο των λαθών που έχεις κάνει», λέει ένα κινέζικο απόφθεγμα. Το πρώτο πράγμα που έμαθα είναι ότι στα ηλεκτρονικά όπως και σε όλα τα υπόλοιπα πράγματα πρέπει να δουλεύεις με υπομονή και με καθαρό μυαλό. Δεν ήταν λίγες οι φορές που κήκε η πλακέτα από βραχυκύκλωμα, καθώς άργησα να τοποθετήσω τις ασφάλειες πριν τις πλακέτες. Έχασα λοιπόν πολλές ώρες για την επισκευή τις πλακέτας και την αγορά καινούριων ανταλλακτικών. Επίσης κάτι άλλο που κατάλαβα είναι ότι πριν μπει σε λειτουργία ο ενισχυτής πρέπει να βεβαιωθούμε ότι όλες οι τάσεις έχουν την επιθυμητή τιμή ώστε να ήμαστε σίγουροι για την ορθή λειτουργία του. Τέλος πριν την τροφοδότηση του ενισχυτή με τάση πρέπει να βεβαιωθούμε ότι η πλακέτα και τα transistor ισχύος είναι καλά βιδωμένα πάνω στην ψήκτρα για να υπάρχει καλή απαγωγή της θερμότητας κάτι που άμα δεν συμβεί, αλλάζει όλη η λειτουργία του κυκλώματος και μπορούν να καταστραφούν τα πάντα.

Για την βελτίωση της λειτουργικότητας του ενισχυτή θα μπορούσαμε να βάλουμε σε σειρά με την έξοδο του τελικού ενισχυτή ένα κύκλωμα soft start ώστε να αποφύγουμε τους δυο διακόπτες (προενισχυτή και τελικού) ή εναλλακτικά μπορούμε να φτιάξουμε ένα κύκλωμα αυτοματισμού στις εισόδους των μετασχηματιστών με ένα χρονικό ρελέ ώστε να ενεργοποιείται πρώτα ο προενισχυτής και μετά από λίγα δευτερόλεπτα ο ενισχυτής ισχύος. Επίσης μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τις επαφές TPR, TPL και GND του προενισχυτή ώστε να φτιάξουμε έξοδο που να συνδέονται και ακουστικά.

Συμπερασματικά, αυτή η εργασία με γέμισε ικανοποίηση. Όχι βέβαια γιατί ανακάλυψα τον τροχό, αλλά γιατί τον έκανα να δουλέψει.

4. Πηγές

[1] Κεχράκος Κ, Χουσιδής Χ (2013) Εισαγωγή στα Ηχητικά Συστήματα Ι. Σημειώσεις Μαθήματος, Τμήμα Μηχανικών Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής, ΣΕΕ, Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ Ρέθυμνο

[2] http://www.howequipmentworks.com/ultrasound_basics/ (ημερομηνία πρόσβασης 21/10/2015)

[3] <http://blog.airwoot.com/post/42786395129/rock-bands-and-startups-cross-correlation-of> (ημερομηνία πρόσβασης 21/10/2015)

[4] Ηλεκτρονικά 2. Σημειώσεις εργαστηρίου, Τμήμα Ηλεκτρολόγων μηχανικών ΤΕ, ΣΤΕΦ, Α.Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδος Πάτρα
<http://eclass.teipat.gr/eclass/modules/document/file.php/487188/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CF%8E%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%BC%CE%B1%CE%B8%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82/%CE%9A%CE%B5%CF%86%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%208%20-%20%CE%95%CE%BD%CE%B9%CF%83%CF%87%CF%85%CF%84%CE%B5%CF%82%20%CE%B9%CF%83%CF%87%CF%85%CE%BF%CF%82.pdf> (ημερομηνία πρόσβασης 11/4/2016)

[5] <http://www.hlektronika.gr/index.php?page=theory?powersupplies> (ημερομηνία πρόσβασης 25/3/2015)

[6] <http://electronicslab.eu/el/analogika-hlektronika-2/310-trofodotikes-diatakseis.html> (ημερομηνία πρόσβασης 25/3/2015)

[7] <https://en.wikipedia.org/wiki/Preamplifier> (ημερομηνία πρόσβασης 28/3/2016)

[8] <http://www.crystalaudio.gr/FAQ/LoudSpeakers.aspx> (ημερομηνία πρόσβασης 21/10/2015)

[9] Ακριτίδης Α, Δασκαλάκη Κ, Πετροπούλου Ζ () *Κατηγορίες μεγαφώνων-ηχείων* Εργασία για το μάθημα «Μικρόφωνα – Μεγάφωνα – Ηχεία» <http://epeaek-apps.music.uoa.gr/files/Katigories%20Megafonon.pdf> (ημερομηνία πρόσβασης 11/4/2016)

[10] <http://wiki.kithara.gr/%CE%A4%CE%B1%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AC%CF%84%CE%B7%CF%82%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82%CE%BA%CE%B9%CE%B8%CE%AC%CF%81%CE%B1%CF%82/%CE%BC%CF%80%CE%AC%CF%83%CE%BF%CF%85> (ημερομηνία πρόσβασης 20/4/2016)

[11] http://www.velleman.eu/downloads/0/illustrated/illustrated_assembly_manual_k8084.pdf (ημερομηνία πρόσβασης 25/3/2015)

[12] http://www.velleman.eu/downloads/0/illustrated/illustrated_assembly_manual_k8060.pdf (ημερομηνία πρόσβασης 25/3/2015)

[13] http://www.soundhouse.co.jp/images/shop/prod_img/e/eminence_bp1024bca_4.jpg (ημερομηνία πρόσβασης 18/4/16)

[14] <http://www.vellemanusa.com/images/products/0/k8084.jpg> (ημερομηνία πρόσβασης 13/4/16)

[15] <http://s34.photobucket.com/user/bloodphire/media/amp/063.jpg.html> (ημερομηνία πρόσβασης 13/4/2016)

[16] <http://www.pioneer-latin.com/downloads/ts-s250@l.jpg> (ημερομηνία πρόσβασης 11/4/2016)

[17] [http://di3-2.shoppingshadow.com/pi/i.ebayimg.com/00/z/d-wAAOxyhTFSTsap/\\$T2eC16dHJGwFFZfT-3tKBSTS,pLBqg~~_32-400x400-0-0.JPG](http://di3-2.shoppingshadow.com/pi/i.ebayimg.com/00/z/d-wAAOxyhTFSTsap/$T2eC16dHJGwFFZfT-3tKBSTS,pLBqg~~_32-400x400-0-0.JPG) (ημερομηνία πρόσβασης 18/4/2016)

[18] <http://artlabxanthi.wix.com/artlabxanthi#!bass-myths-truths/ctcq> (ημερομηνία πρόσβασης 13/4/2016)

[19] <http://www.xenophonvenieris.gr/Portals/0/ProductImages/K120.JPG> (ημερομηνία πρόσβασης 13/4/2016)