



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ &  
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ  
ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ :

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ  
ΛΕΥΚΟΥ ΚΑΙ ΡΟΖ ΘΟΡΥΒΟΥ



**Ο ΦΟΙΤΗΤΗΣ**

ΝΕΡΑΝΤΖΑΚΗΣ

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

Α.Μ. 1121

**ΟΙ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ**

ΠΙΟΤΟΓΙΑΝΝΑΚΗΣ ΣΤΕΛΙΟΣ

ΧΡΗΣΤΟΥ ΧΡΗΣΤΟΣ



Θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της επιτροπής εποπτείας της πτυχιακής μου εργασίας , τον κ. Πιοτογιαννάκη Στέλιο και τον κ. Χρήστου Χρήστο για τη πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές τους στη διάρκεια της εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο σχεδιασμός, η μελέτη, κατασκευή και αξιολόγηση γεννήτριας λευκού και ροζ θορύβου.

Η συσκευή σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε εξ ολοκλήρου για τις ανάγκες της εργασίας και δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει ανάμεσα σε λευκό και ροζ θόρυβο καλής ποιότητας . Η συγκεκριμένη συσκευή χάρη στον ενσωματωμένο ενισχυτή που διαθέτει, επιτρέπει στο χρήστη να αναπαράγει το θόρυβο μόνο με τη χρήση ενός μεγαφώνου χωρίς την ανάγκη κάποιου εξωτερικού κυκλώματος ενίσχυσης.

Η γεννήτρια, παράγοντας λευκό και ροζ θόρυβο υψηλής ποιότητας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όποια περίπτωση απαιτείται η ύπαρξη αυτού, όπως για τη διεξαγωγή ακουστικών μετρήσεων και όχι μόνο.

## ABSTRACT

The scope of this thesis is the designing, the study, the construction and the assessment of a white and pink noise generator.

The device was designed and constructed exclusively for the purpose of the present thesis. It offers the user the possibility to choose between good quality white and pink noise. The device in question bears an incorporated amplifier, allowing the user to reproduce the noise only by the use of a loudspeaker, without the need of external amplifying circuit.

The generator can be used in acoustic measurements, and in any other cases in which high quality white and pink noise is needed.

## Εισαγωγή

Αρχικά πρέπει να κατανοηθεί τι είναι θόρυβος, μια έννοια που χρησιμοποιείται πολύ συχνά. Οι περισσότεροι έχουμε στο μυαλό μας τον θόρυβο σαν κάτι ενοχλητικό και ανεπιθύμητο , παράδειγμα, τον θόρυβο από κάποιο μηχάνημα, από τον αυτοκινητόδρομο, τα ενοχλητικά παράσιτα στο ραδιόφωνο και γενικότερα ότι μπορούμε να χαρακτηρίσουμε σαν ηχορρύπανση. Στην θεωρία πληροφορίας ο όρος θόρυβος μπορεί να αναφέρεται σε οποιαδήποτε άχρηστη πληροφορία, ακόμα και οι διαφημίσεις που δεν μας ενδιαφέρουν σε κάποιες ιστοσελίδες μπορούν να χαρακτηριστούν ως θόρυβος. Γενικά, θόρυβος χαρακτηρίζεται ότι μπορεί να αλλοιώσει ή να διαστρεβλώσει το περιεχόμενο ενός μηνύματος σε όλες τις μορφές της ανθρώπινης επικοινωνίας.

Εκτός όμως από τον ενοχλητικό θόρυβο που προαναφέρθηκε υπάρχει και “συγκεκριμένος θόρυβος” που μπορεί να φανεί εξαιρετικά χρήσιμος.

Ο θόρυβος ανάλογα με το είδος του κατηγοριοποιείται σε χρώματα ανάλογα με το φασματικό του περιεχόμενο σε αντιστοιχία του οπτικού φάσματος. Έτσι προκύπτει και ο διαχωρισμός των διαφόρων ειδών θορύβου σε χρώματα όπως λευκός και ροζ, τα οποία δυο είδη είναι τα πλέον χρήσιμα λόγω των φασματικών τους χαρακτηριστικών, βρίσκοντας χρήση σε ακουστικές μετρήσεις , έλεγχο ποιότητας λειτουργίας συσκευών, στην παραγωγή ήχων για μουσική σύνθεση , στις τηλεπικοινωνίες ακόμα και στην ιατρική και φυσικά σε πολλές ακόμα εφαρμογές.

Στην παρούσα εργασία γίνεται μία πλήρης κατασκευή μίας συσκευής η οποία παράγει τα δύο απαιτούμενα είδη θορύβου, λευκό και ροζ. Σχεδιάστηκε το απαραίτητο ηλεκτρονικό κύκλωμα και υλοποιήθηκε σε διάτρητη πλακέτα για να πάρει τελικά την μορφή ολοκληρωμένης συσκευής, χειροποίητης εξ ολοκλήρου η οποία μάλιστα παράγει το ζητούμενο αποτέλεσμα με μεγάλη επιτυχία δίνοντας θόρυβο πολύ καλής ποιότητας.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>2</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>3</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Θόρυβος λευκός και ροζ</b> .....	<b>6</b>
1.1 Λευκός θόρυβος.....	6
1.2 Ροζ θόρυβος .....	8
<b>1.3</b> Φαινόμενο της χιονοστιβάδας .....	10
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	<b>11</b>
2.1 Εισαγωγικά τεχνικού μέρους.....	11
2.2 Ανάλυση κυκλώματος. ....	12
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	<b>13</b>
3. Κατασκευή ηλεκτρονικού κυκλώματος. ....	13
3.1.1 Σχεδιασμός, κατασκευή δοκιμαστικού κυκλώματος .....	13
και βελτιώσεις του αρχικού σχεδίου.	
3.1.2 Κύκλωμα τροφοδοσίας της συσκευής .....	14
3.1.3 Κυκλώματος παραγωγής θορύβου. ....	16
3.1.4 Κύκλωμα ενισχυτή σήματος. ....	17
3.2 Τελική μορφή της συσκευής. ....	19
3.3 Έλεγχος καλής λειτουργίας της γεννήτριας. ....	21
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	<b>24</b>
4.1 Χρήση της γεννήτριας για ακουστική μελέτη. ....	24
4.1.1 Παρατήρηση της ακουστικής αίθουσας. ....	24
4.1.2 Περιγραφή διαδικασίας ηχοβόλησης. ....	24
4.2 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων. ....	26

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> .....	<b>29</b>
5. Τελικά συμπεράσματα .....	29
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>30</b>
Τεχνικά χαρακτηριστικά Phonic PAA3 .....	31

## Θόρυβος λευκός και ροζ

Στην επιστήμη της ηλεκτρονικής, ο θόρυβος είναι ένα ηλεκτρονικό σήμα το οποίο σε αναλογία με τον ακουστικό θόρυβο, αλλοιώνει ή παραμορφώνει το ηλεκτρονικό σήμα που αναμένουμε.

### 1.1 Λευκός θόρυβος :

Το πλέον συνηθισμένο είδος θορύβου που χρησιμοποιείται είναι ο λευκός θόρυβος. Ως λευκός ορίζεται ο θόρυβος που έχει ομοιόμορφο φάσμα πυκνότητας ισχύος για όλες τις συχνότητες του ακουστικού φάσματος.

Ο λευκός θόρυβος αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο που χρησιμοποιείται σε μεγάλο εύρος εφαρμογών, όπως για παράδειγμα τον έλεγχο της απόκρισης συχνότητας ηλεκτρονικών στοιχείων και συσκευών, όπως ενισχυτές, φίλτρα συχνοτήτων και ηχεία. Με το να τροφοδοτηθεί στην είσοδο των στοιχείων/συσκευών αυτών ένα σήμα το οποίο περιέχει όλες τις συχνότητες (λευκός θόρυβος), παρατηρώντας την έξοδο, είναι δυνατό να καθοριστεί για ποιες συχνότητες τα στοιχεία έχουν την καλύτερη απόκριση, καθώς και για τον έλεγχο της ακουστικής χώρων, όπου ο χώρος ηχοβολείται με λευκό θόρυβο επιτρέποντας εύκολα να καταλάβουμε πως συμπεριφέρεται ο χώρος για κάθε συχνότητα.

Επίσης μπορεί να βρει εφαρμογή στον έλεγχο της ποιότητας τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, ενώ σε ορισμένες διαδικασίες επεξεργασίας σήματος έχει αποδειχθεί ότι παρατηρείται βελτίωση εάν στο σήμα προστεθεί μια μικρή ποσότητα λευκού θορύβου. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για ηχομόνωση αφού έχει την ικανότητα να «καλύψει» μεμονωμένες πηγές θορύβου (“noise masking”).

Πολύ συχνά τον συναντάμε στην ηλεκτρονική μουσική σύνθεση και στον ηχητικό σχεδιασμό αυτούσιο ή επεξεργασμένο, ώστε να μην μοιάζει πλέον με τον γνωστό μας θόρυβο, για παράδειγμα μπορεί να παραχθεί ήχος από κρουστό όργανο, ο ήχος του ανέμου, της θάλασσας και πολλά άλλοι.

Μπορεί να τον συναντήσουμε και σε ιατρικές εφαρμογές όπου χρησιμοποιείται σαν χαλαρωτικό - ηρεμιστικό καθώς και λόγω της ιδιότητας του να προκαλεί όπως προαναφέρθηκε το (“noise masking”), σαν μέσο εξάλειψης συμπτωμάτων του φαινομένου της εμβοής.

Δίνοντας ορισμό για τον λευκό θόρυβο θα λέγαμε ότι:



“Λευκός θόρυβος ονομάζεται ο θόρυβος ο οποίος έχει συνεχές ηχητικό φάσμα σε μία ευρεία περιοχή συχνοτήτων και σταθερή φασματική πυκνότητα”.

Η φασματική πυκνότητα του είναι ανεξάρτητη από τη συχνότητα. Το φάσμα του λευκού θορύβου έχει σταθερή τιμή για κάθε συχνότητα. Ο θόρυβος χαρακτηρίζεται «λευκός» διότι περιέχει συνιστώσες από όλες τις συχνότητες, όπως ακριβώς και το λευκό φως που περιέχει ίσες ποσότητες από όλες τις συχνότητες του φάσματος της ορατής ακτινοβολίας.

Η πυκνότητα φάσματος του λευκού θορύβου συμβολίζεται με

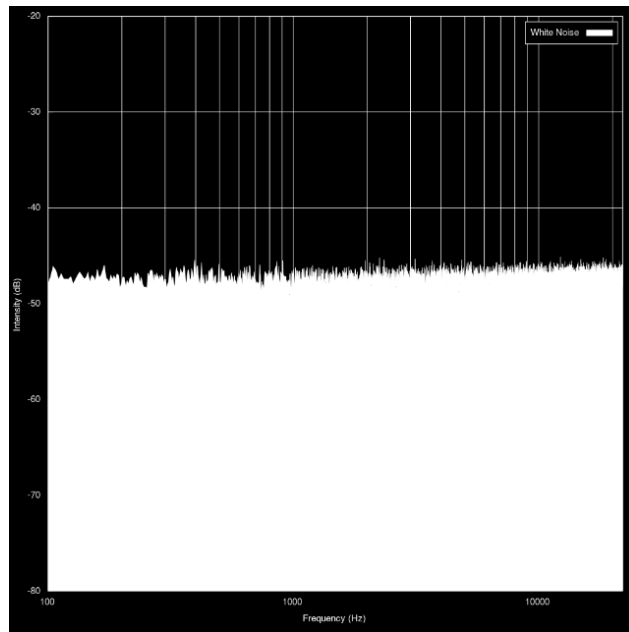
$$S_w(f) = \frac{1}{2} \quad (1.11)$$

ανεξάρτητη του  $f$  (συχνότητα). Ο παράγοντας  $1/2$  υποδηλώνει ότι το ένα μισό του φάσματος εκτείνεται στις θετικές συχνότητες και το άλλο μισό στις αρνητικές συχνότητες.

Η ποσότητα

$$N = \int_{-\infty}^{\infty} S_w(f) df \quad (1.21)$$

εκφράζει την ισχύ του θορύβου συναρτήσει της συχνότητας. Ο λευκός θόρυβος έχει ίδια ισχύ σε όλες τις συχνότητες όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.1



Σχήμα (1.1) : Φάσμα λευκού θορύβου, στον κάθετο άξονα η στάθμη σε dB , στον οριζόντιο η συχνότητα σε Hz

Επομένως ισχύει :  $Pf^2 = \text{σταθερό}$

Στη βιβλιογραφία μπορεί να συναντήσουμε την απεικόνιση του λευκού θορύβου να εμφανίζει συνεχή αύξηση ενέργειας όσο η συχνότητα αυξάνεται, με κλίση 3dB σε λογαριθμική κλίμακα.

## 1.2 Ροζ θόρυβος

Ο ροζ θόρυβος έχει σταθερή ενέργεια ανά οκτάβα το οποίο σημαίνει ότι όσο η συχνότητα αυξάνεται (ανά οκτάβα) τόσο η φασματική πυκνότητα θα μειώνεται.

Ροζ θόρυβος προκύπτει όπως προαναφέρθηκε με "κατάλληλο φιλτράρισμα" ενός σήματος λευκού θορύβου.

Δίνοντας τον ορισμό θα μπορούσαμε να πούμε ότι

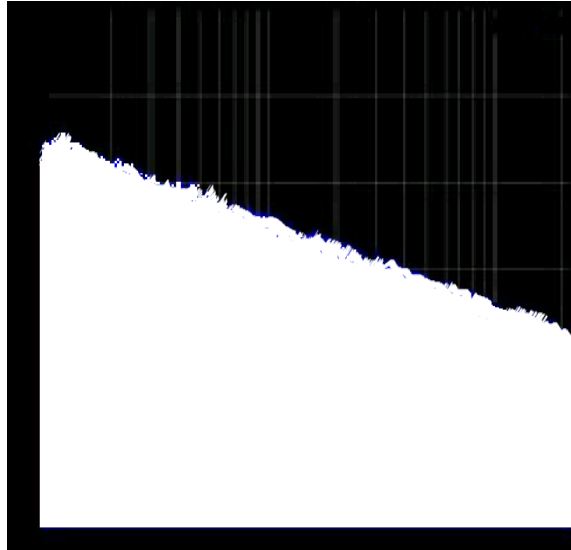
*Ροζ θόρυβος είναι ο θόρυβος που έχει συνεχές ηχητικό φάσμα με σταθερή ηχητική ισχύ σε κάθε φασματική ζώνη μεταβλητού εύρους.*

Για τον ροζ θόρυβο ισχύει:

$$p^2 f = \frac{k}{f}$$

Όπου  $k$  σταθερά

Έτσι το διάγραμμα φάσματος ροζ θορύβου σε ένα σύστημα αξόνων όπου στον κάθετο άξονα απεικονίζεται η στάθμη σε dB και στον οριζόντιο η συχνότητα σε Hz, θα είναι μια ευθεία γραμμή με κλίση -3 dB.



Σχήμα (1.2) : Φασματική απεικόνιση ροζ θορύβου.

Στον κάθετο άξονα η στάθμη σε dB , στον οριζόντιο η συχνότητα σε Hz.

Κατά αντιστοιχία με τον λευκό μπορούμε να συναντήσουμε και τον ροζ με άλλη μορφή σε ίδιο σύστημα αξόνων (κάθετος για τη στάθμη , οριζόντιος για τη συχνότητα λογαριθμικός), με το φάσμα τώρα να σχεδιάζεται παράλληλα στον άξονα των συχνοτήτων και αυτό μπορεί να εξηγηθεί. Ο ροζ θόρυβος όπως προαναφέρθηκε παρουσιάζει σταθερή ενέργεια ανά οκτάβα, οπότε αν αναλογιστούμε τη διαφορά στο συχνοτικό εύρος μεταξύ π.χ. 500Hz με 1000Hz και 1000Hz με 2000Hz η δεύτερη οκτάβα η οποία έχει διπλάσιο εύρος από την πρώτη θα περιέχει την ίδια ενέργεια αλλά κατά κάποιο τρόπο πιο «απλωμένη», λόγω αυτής της κατανομής μπορεί να εμφανίζεται μία ευθεία γραμμή.

Πηγές τέτοιου είδους θορύβου μπορεί να υπάρχουν στη φύση ,όπως π.χ. ένας καταρράκτης, τα κύματα της θάλασσας. Φυσικά υπάρχουν και τεχνητές πηγές θορύβου όπως ένα ηλεκτρικός κινητήρας. Κατά προσέγγιση τέτοιος θόρυβος παράγεται και σε συστήματα ήχου όταν δεν δίνουμε κάποια είσοδο στο σύστημα, το γνωστό σε όλους ως «φύσημα». Τώρα αν θέλουμε να προσεγγίσουμε καλύτερα τον λευκό και ροζ θόρυβο, μπορούμε να τον δημιουργήσουμε με χρήση ενός συστήματος παραγωγής

τυχαίων αριθμών (μέσω προγραμματισμού), ή με χρήση του κατάλληλου αναλογικού κυκλώματος. Σε αυτή την περίπτωση του αναλογικού δηλαδή κυκλώματος που είναι και το κύκλωμα που χρησιμοποιεί η παρούσα συσκευή, η παραγωγή του θορύβου οφείλεται στο φαινόμενο της χιονοστιβάδας.

### **1.3 Φαινόμενο της χιονοστιβάδας**

Κατά την ανάστροφη πόλωση όταν η τάση ξεπεράσει ένα χαρακτηριστικό όριο, συμβαίνει το φαινόμενο της χιονοστιβάδας. Η αντίστροφη τάση απομακρύνει τα ηλεκτρόνια από τις τροχιές τους και έτσι με μικρή αύξηση της τάσης παρατηρούνται μεγάλες μετακινήσεις φορτίων, με πολλαπλασιασμό (θόρυβος χιονοστιβάδας), λαμβάνοντας λοιπόν το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας και μεταφράζοντας το σε ήχο καταλήγουμε σε θόρυβο. Χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο transistor BC337 σε πόλωση ώστε να συμπεριφέρεται σαν δίοδος επιτυγχάνεται η παραγωγή καθαρού λευκού θορύβου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 Εισαγωγικά τεχνικού μέρους

Αρχικά πρέπει να ξέρουμε τι εννοούμε με τον όρο ηλεκτρονικό κύκλωμα.

**Ηλεκτρονικό κύκλωμα** είναι ένα σύνολο ενεργητικών και παθητικών στοιχείων που έχουν συνδεθεί μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο , ώστε να διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα.

#### **Ηλεκτρονικά στοιχεία:**

*“Ηλεκτρονικά στοιχεία είναι όλα τα εξαρτήματα και συσκευές που απαρτίζουν ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα.”*

Τα στοιχεία μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

Παθητικά στοιχεία

Ενεργητικά στοιχεία

Όταν μιλάμε για **ενεργητικά στοιχεία** αναφερόμαστε σε πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή πηγές ηλεκτρικής τάσης και ηλεκτρικού ρεύματος. Είναι γνωστές επίσης και ως ηλεκτρικές διεγέρσεις.

Στην περίπτωση μας ενεργητικό στοιχείο είναι η τροφοδοσία του κυκλώματος του σχεδίου δηλ. 15-30 V.

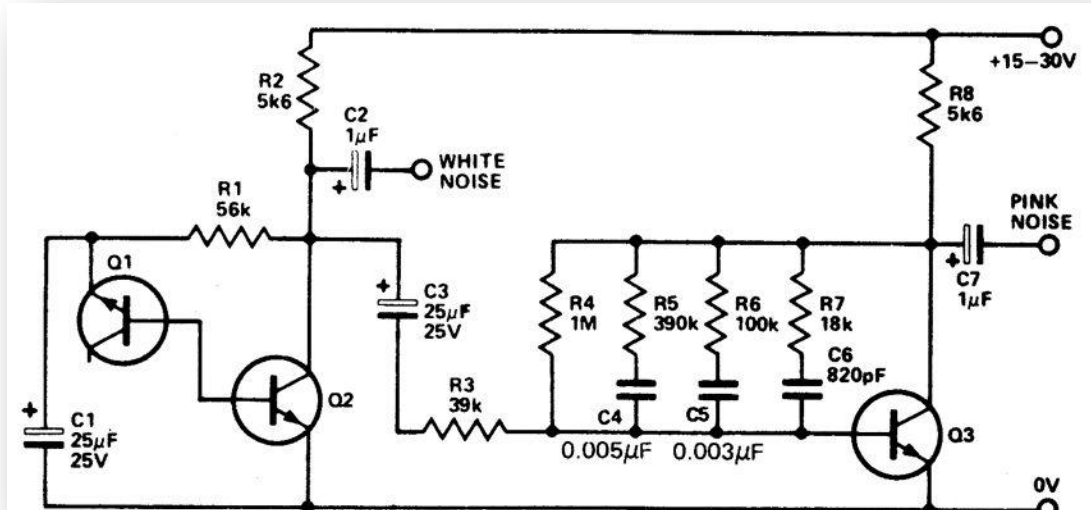
**Παθητικά στοιχεία** είναι τα στοιχεία που καταναλώνουν ενέργεια (ωμικός αντιστάτης) ή αποθηκεύουν ενέργεια και την επιστρέφουν πάλι στην πηγή ή σε ένα άλλο στοιχείο. Τέτοια στοιχεία είναι οι πυκνωτές και τα πηνία.

Παθητικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στο παρόν κύκλωμα είναι οι αντιστάσεις (resistors) , οι πυκνωτές (capacitors) και τα transistors.

Το **transistor** που το όνομα του προκύπτει από τις αγγλικές λέξεις transfer resistor χρησιμοποιείται συνήθως σαν στοιχείο ενίσχυσης σε διάφορες ηλεκτρονικές διατάξεις (όπως τα Q2,Q3 στην προκειμένη περίπτωση) ή σαν μία διάοδος (τέτοιου είδους χρήση βρίσκει το Q1 στο συγκεκριμένο σχέδιο).

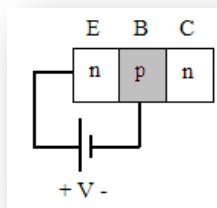
Το transistor αποτελείται από τρεις περιοχές ημιαγωγικών υλικών τοποθετημένων εναλλάξ. Ανάλογα με το πώς τοποθετούνται αυτά, προκύπτουν τα τύπου pnp και τα τύπου npn transistors. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιούμε npn transistor (BC 108).

## 2.2 Ανάλυση κυκλώματος παραγωγής θορύβου



Σχέδιο 1 : κύκλωμα παραγωγής λευκού και ροζ θορύβου.

Το transistor Q1 πολώνεται ανάστροφα. Εκπομπός - βάση με τον συλλέκτη να μην συνδέεται ( μία τέτοιου είδους πόλωση transistor βλέπουμε στο παρακάτω σχέδιο)



E : εκπομπός      B: βάση      C: συλλέκτης

Σχήμα 1,2 : ανάστροφη πόλωση εκπομπού βάσης n-p.

καταλήγοντας έτσι να συμπεριφέρεται σαν μία δίοδος zener με τάση διάσπασης περίπου 8 Volts. Αυτή η ανάστροφη πόλωση του transistor n-p προκαλεί το φαινόμενο χιονοστιβάδας δίνοντας στην έξοδο του λευκό θόρυβο (θόρυβο χιονοστιβάδας), που με τη σειρά του οδηγείται στη βάση του δεύτερου transistor (Q2) που παίζει ρόλο ενισχυτή του σήματος και θα δώσει στην έξοδο του σήμα λευκού θορύβου.

Όπως προαναφέρθηκε η διάταξη παράγει ταυτόχρονα και ροζ θόρυβο ο οποίος προκύπτει με το κατάλληλο "φιλτράρισμα" του λευκού θορύβου. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των αντιστάσεων R4, R5, R6, R7 και των πυκνωτών C4, C5 και C6. Μετά τη διέλευση του σήματος από το φίλτρο προκαλείται σ' αυτό μείωση της ενέργειας του, της τάξης 3 dB ανά οκτάβα, όσο η συχνότητα αυξάνεται (ρόζ θόρυβος), με αποτέλεσμα την εξασθένηση του τελικού σήματος. Γι αυτό υπάρχει το transistor Q3 που χρησιμοποιείται σαν ενισχυτής κοινού εκπομπού. Με τη διάταξη αυτή το σήμα δίνεται πλέον ενισχυμένο στην έξοδο του Q3 .

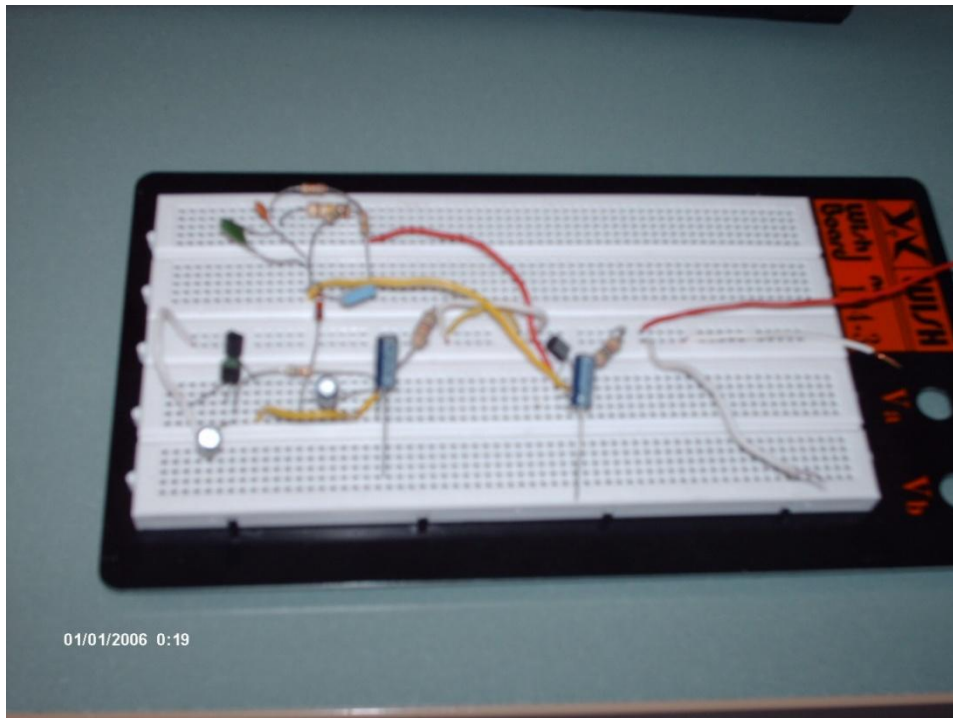
Οι C1, C3 χρησιμοποιούνται για την σύζευξη της τάσης εισόδου , αφαιρώντας και εμποδίζοντας οποιαδήποτε D.C. τάση (συνεχής τάση) εισόδου, που θα μπορούσε να αλλάξει την πόλωση του transistor ή να δημιουργήσει προβλήματα στην πηγή σήματος εισόδου. Αυτό συμβαίνει γιατί οποιοσδήποτε πυκνωτής συμπεριφέρεται σαν χωρητική αντίσταση για κάποιο A.C. (εναλλασσόμενο ρεύμα ), αλλά ταυτόχρονα σαν ανοιχτό κύκλωμα για το D.C. ρεύμα πόλωσης.

Οι πυκνωτές C2,C7 είναι πυκνωτές σύζευξης για την έξοδο, όπως και της εισόδου, εμποδίζουν οποιαδήποτε D.C τάση να φτάσει μετά την έξοδο προστατεύοντας έτσι την επόμενη μονάδα που φτάνει το σήμα, όπως κάποιο ενισχυτή ή μεγάφωνο.

### 3 Κατασκευή ηλεκτρονικού κυκλώματος

#### 3.1.1 Κατασκευή δοκιμαστικού κυκλώματος και βελτιώσεις αρχικού σχεδίου

Πριν ξεκινήσει η κατασκευή του τελικού κυκλώματος πάνω σε διάτρητη πλακέτα, πραγματοποιούμε το κύκλωμα σε μία πλακέτα δοκιμών (breadboard) για να βεβαιωθούμε ότι ο σχεδιασμός του κυκλώματος είναι σωστός και θα μας δώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα.



Φωτογραφία 3.1

Αφού μετά από μερικές δοκιμές και κάποιες μικρές αλλαγές στο αρχικό σχέδιο (όπως αντικατάσταση του βασικού transistor BC107 με ένα BC337) καταφέραμε να παράγουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα δηλ. λευκό και ροζ θόρυβο, μπορούμε πλέον να περάσουμε στην κατασκευή του τελικού κυκλώματος στην πλακέτα.

Δεν αρκεί όμως η κατασκευή του κυκλώματος παραγωγής θορύβου για να θεωρηθεί ολοκληρωμένη συσκευή. Για να λειτουργήσει και για να έχει κάποιες επιπλέον δυνατότητες, πρέπει να κατασκευαστούν και κάποια επιμέρους κυκλώματα.

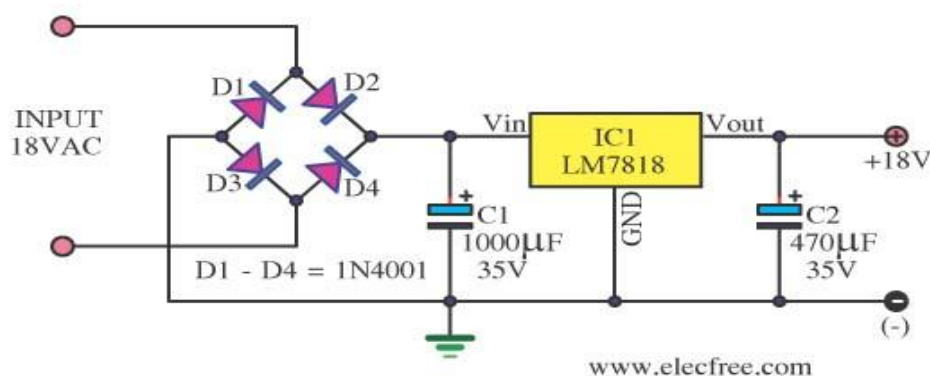


Το τελικό κύκλωμα αποτελείται από τρία επιμέρους μικρότερα κυκλώματα. Αυτά είναι το κύκλωμα τροφοδοσίας της συσκευής, το κύκλωμα παραγωγής θορύβου και τέλος ένας ενισχυτής σήματος που στην έξοδο του θα δίνεται σήμα με ισχύ 20W, για να έχει τη δυνατότητα η συσκευή να χρησιμοποιείται απευθείας με ένα ηχείο.

### 3.1.2 Κύκλωμα τροφοδοσίας της συσκευής

Απαραίτητο για να λειτουργήσει το συγκεκριμένο κύκλωμα (και οποιοδήποτε ενεργό κύκλωμα) είναι η τροφοδοσία του με μία συγκεκριμένη τάση, στην προκειμένη περίπτωση με 18 V DC (συνεχής τάση). Για να πραγματοποιηθούν οι δοκιμές στο breadboard χρησιμοποιήθηκε τροφοδοτικό εργαστηρίου, κάτι που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην τελική συσκευή. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει εκτός του κυκλώματος παραγωγής θορύβου, να κατασκευαστεί και ένα τροφοδοτικό που θα παρέχει σταθερά την ζητούμενη τάση.

Παρακάτω παρατίθεται το σχέδιο ενός σταθεροποιημένου τροφοδοτικού το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του τροφοδοτικού της συγκεκριμένης συσκευής.

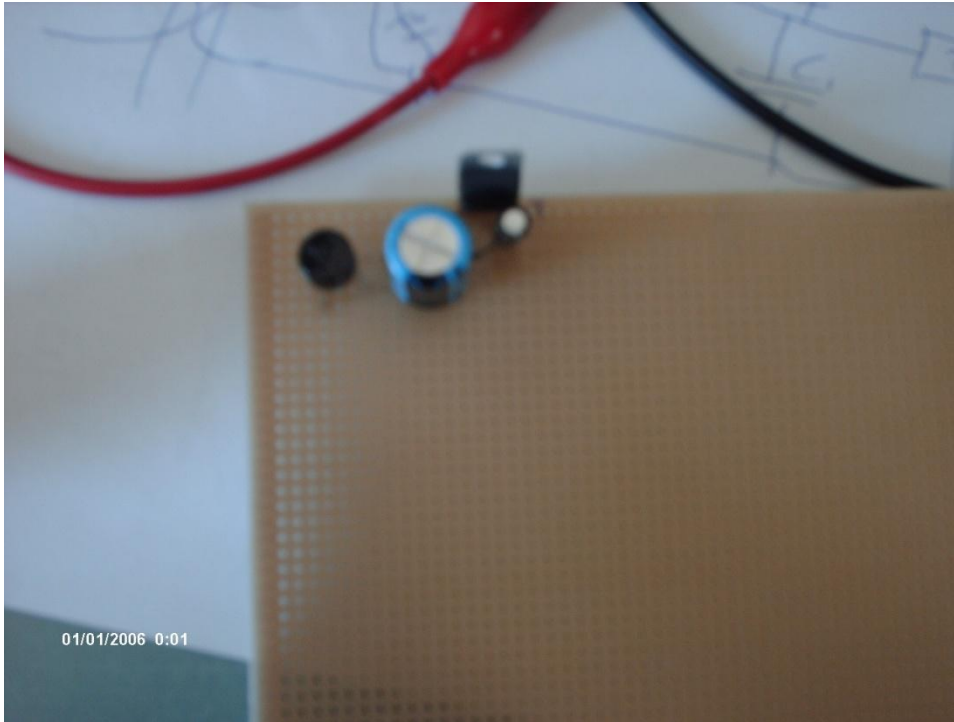


Εκτός από το μετασχηματισμό από τα 230V σε 18V που πραγματοποιείται χάρη σε ένα μετασχηματιστή, χρειάζεται και η μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος AC (alternating current) , σε συνεχές ρεύμα DC (direct current). Αυτό επιτυγχάνεται στην κατασκευή μας με τη χρήση μιας γέφυρας ανόρθωσης, που στην ουσία περιέχει τη διάταξη διόδων που βλέπουμε στο σχέδιο.

Αφού το ρεύμα πλέον έχει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά οδηγείται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα σταθεροποίησης, στην προκειμένη περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί ένα ολοκληρωμένο LM 7818 για να σταθεροποιεί την τάση εξόδου του τροφοδοτικού στα 18V ανεξάρτητα αν η τάση εισόδου γίνει μεγαλύτερη , ώστε να διασφαλίζεται η σωστή και χωρίς κίνδυνο λειτουργία της συσκευής.

Στην φωτογραφία παρακάτω φαίνεται το κύκλωμα ανόρθωσης (γέφυρα ανόρθωσης) στα αριστερά και το κύκλωμα σταθεροποίησης που αποτελείται από τους

πυκνωτές που φαίνονται και το ολοκληρωμένο σταθεροποίησης LM7818 για σταθεροποίηση στα 18 Volts. Από την έξοδο του LM θα δίνεται σταθερή τάση στα 18 Volts ανεξάρτητα από την τάση εισόδου.



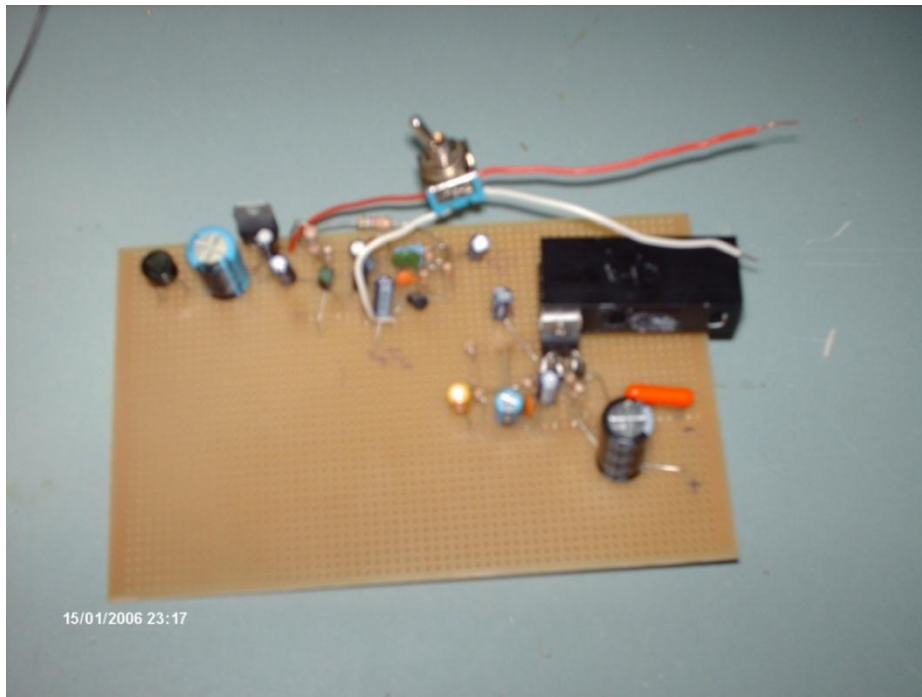
*Φωτογραφία 3.2*

Αφού ολοκληρωθεί η κατασκευή του τροφοδοτικού μπορεί να ξεκινήσει η διαδικασία κατασκευής του κυκλώματος παραγωγής θορύβου.

### 3.1.3 Κύκλωμα παραγωγής θορύβου

Για το κύκλωμα παραγωγής θορύβου υπάρχει εκτενής αναφορά στην αρχή του κεφαλαίου, στην παράγραφο ανάλυση κυκλώματος παραγωγής θορύβου. Για την ολοκλήρωση κατασκευής του κυρίως κυκλώματος παραγωγής θορύβου, αφού έχει πραγματοποιηθεί δοκιμαστικό κύκλωμα ,μένει να μεταφερθεί στην διάτρητη πλακέτα για μόνιμη χρήση.

Στη φωτογραφία παρακάτω διακρίνεται αριστερά το κύκλωμα τροφοδοσίας, δίπλα του βρίσκεται το τμήμα του κυκλώματος το οποίο παράγει τον επιθυμητό θόρυβο, τέλος το τμήμα του κυκλώματος που διακρίνεται δεξιά κάτω ,είναι το κύκλωμα ενίσχυσης ήχου που βρίσκεται ενσωματωμένο στην συσκευή.

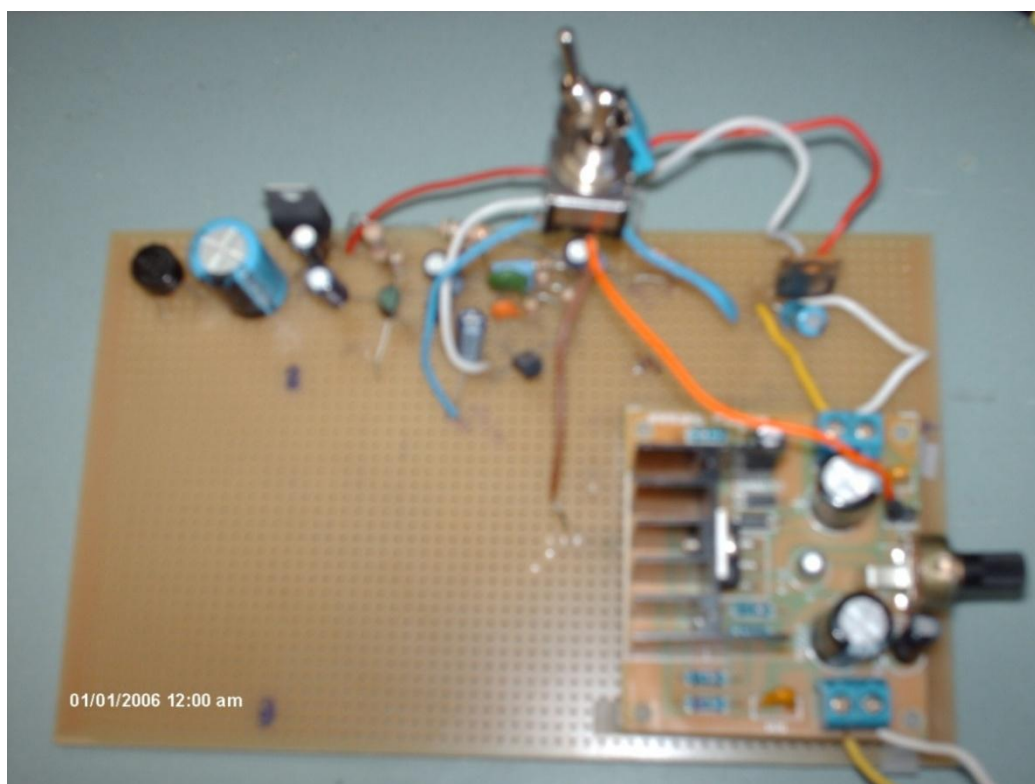


Φωτογραφία 3.3

### 3.1.4 Κύκλωμα ενισχυτή σήματος

Για το κύκλωμα ενίσχυσης έγιναν αρκετές προσπάθειες να κατασκευαστεί με βάση το ολοκληρωμένο TDA 2030 A. Δυστυχώς όμως κατά την αναπαραγωγή του ροζ θορύβου παρουσιαζόταν στην έξοδο της συσκευής ταλάντωση. Αν και το πρόβλημα αυτό διορθώθηκε συνεχιζόταν η ύπαρξη συνεχούς τάσης στην έξοδο του ενισχυτή, κάτι που σίγουρα δεν είναι επιθυμητό και θα μπορούσε να αποβεί μοιραίο για το μεγάφωνο, αφού αν αυτή η DC τάση περνούσε από το πηνίο του μεγαφώνου, θα το κατέστρεφε. Αυτό αποφεύγεται με ένα πυκνωτή στην έξοδο (πυκνωτής προστασίας), ο οποίος εμποδίζει το συνεχές ρεύμα να περάσει. Αυτό μπορεί να προστατεύει το μεγάφωνο αλλά δεν σημαίνει ότι και το κύκλωμα λειτουργεί σωστά.

Στο ενισχυμένο σήμα παρατηρούνταν παραμόρφωση και θόρυβος, οπότε εφόσον η συσκευή θα θέλαμε να μας δίνει μία καθαρή έξοδο, αφού θα βρίσκει χρήση κυρίως για μετρήσεις, γίνεται επιλογή ενός ενισχυτή με το ίδιο ολοκληρωμένο αλλά σε τυπωμένη πλακέτα που το σχέδιο της ελαχιστοποιεί τις διαρροές. Για την τροφοδοσία του χρησιμοποιούμε την γενική τροφοδοσία του κυκλώματος, σταθεροποιημένη στα 12 Volts με τη χρήση ενός ακόμα κυκλώματος σταθεροποίησης.



Φωτογραφία 3.4

Στην φωτογραφία 3.4 φαίνεται το κύκλωμα του ενισχυτή τοποθετημένο στην πλακέτα. Οι διακόπτες που μπορούμε να διακρίνουμε χρησιμοποιούνται ο ένας για να θέτει σε λειτουργία τον ενισχυτή και ο δεύτερος είναι ένας διακόπτης τριών θέσεων που μας επιτρέπει να επιλέξουμε αν θα φτάνει στην έξοδο λευκός, ροζ ή θόρυβος ή τίποτα από τα δύο.

### 3.2 Τελική μορφή της συσκευής

Εφόσον η κατασκευή του κυκλώματος έχει ολοκληρωθεί όπως μπορούμε να διακρίνουμε στην φωτογραφία 3.5 η πλακέτα είναι πλέον έτοιμη να τοποθετηθεί σε κουτί και να πάρει την τελική της μορφή, τη μορφή δηλαδή μίας συσκευής. Η συσκευή για να λειτουργήσει θα συνδέεται σε 230 V AC (την συνηθισμένη παροχή δικτύου).

Το κουτί που χρησιμοποιήθηκε για την συσκευή, είναι χειροποίητο και κατασκευασμένο από ξύλο. Η αρχική του μορφή φαίνεται στην επόμενη φωτογραφία.



Φωτογραφία 3.5

Στην επόμενη φωτογραφία (φ. 3.6) βλέπουμε την γεννήτρια, έχοντας πάρει την τελική της μορφή, τη μορφή δηλαδή μιας ολοκληρωμένης ηλεκτρικής συσκευής.





Φωτογραφία 3.6

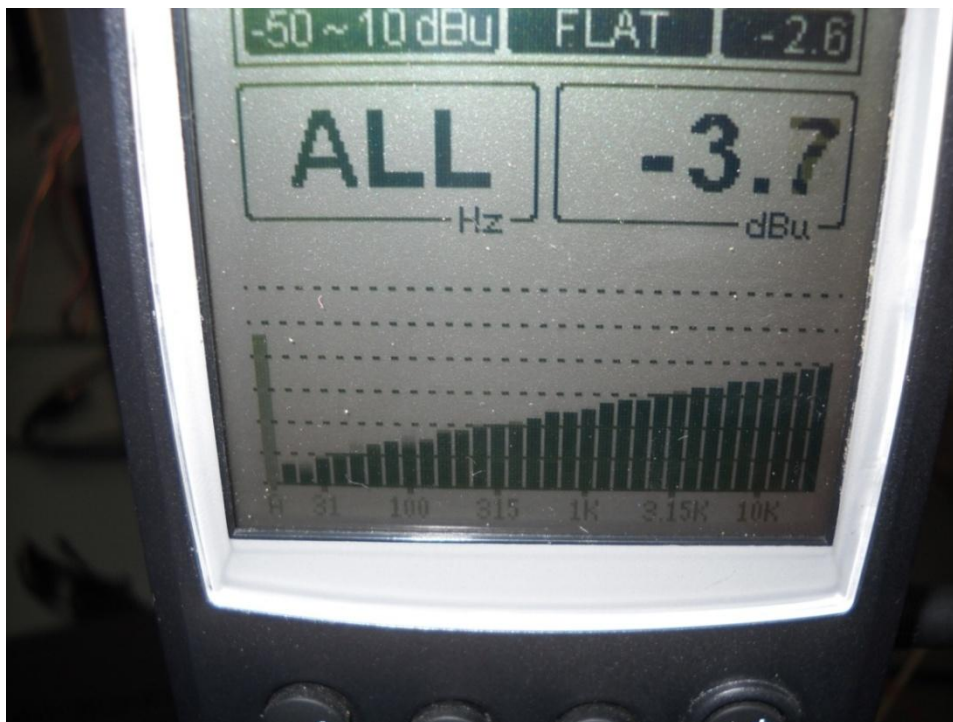
Επάνω αριστερά διακρίνουμε τον διακόπτη που θέτει σε λειτουργία τη συσκευή, συνοδεύεται από μία δίοδο LED που ανάβει όταν η συσκευή τίθεται σε λειτουργία. Ακριβώς στο κέντρο της επάνω πλευράς της συσκευής βρίσκεται ο επιλογέας ροζ ή λευκού θορύβου. Πάνω από αυτόν τον επιλογέα βρίσκεται ο διακόπτης που ενεργοποιεί τον ενισχυτή σήματος που έχει τοποθετηθεί στη συσκευή, το LED δίπλα στον διακόπτη ανάβει όταν ο ενισχυτής τεθεί σε λειτουργία.

Στην κάθετη δεξιά επιφάνεια της συσκευής βρίσκεται ένα ποτενσιόμετρο που χρησιμοποιείται για να ρυθμίζει την ένταση του σήματος που δίνεται στην έξοδο του ενσωματωμένου ενισχυτή. Ακριβώς δίπλα στο ποτενσιόμετρο βρίσκεται η ενισχυμένη έξοδος της συσκευής.

Στην άλλη κάθετη επιφάνεια βρίσκεται η έξοδος από την οποία μπορούμε να πάρουμε μη ενισχυμένο σήμα επιπέδου line (line out) .

### 3.3 Έλεγχος καλής λειτουργίας της γεννήτριας

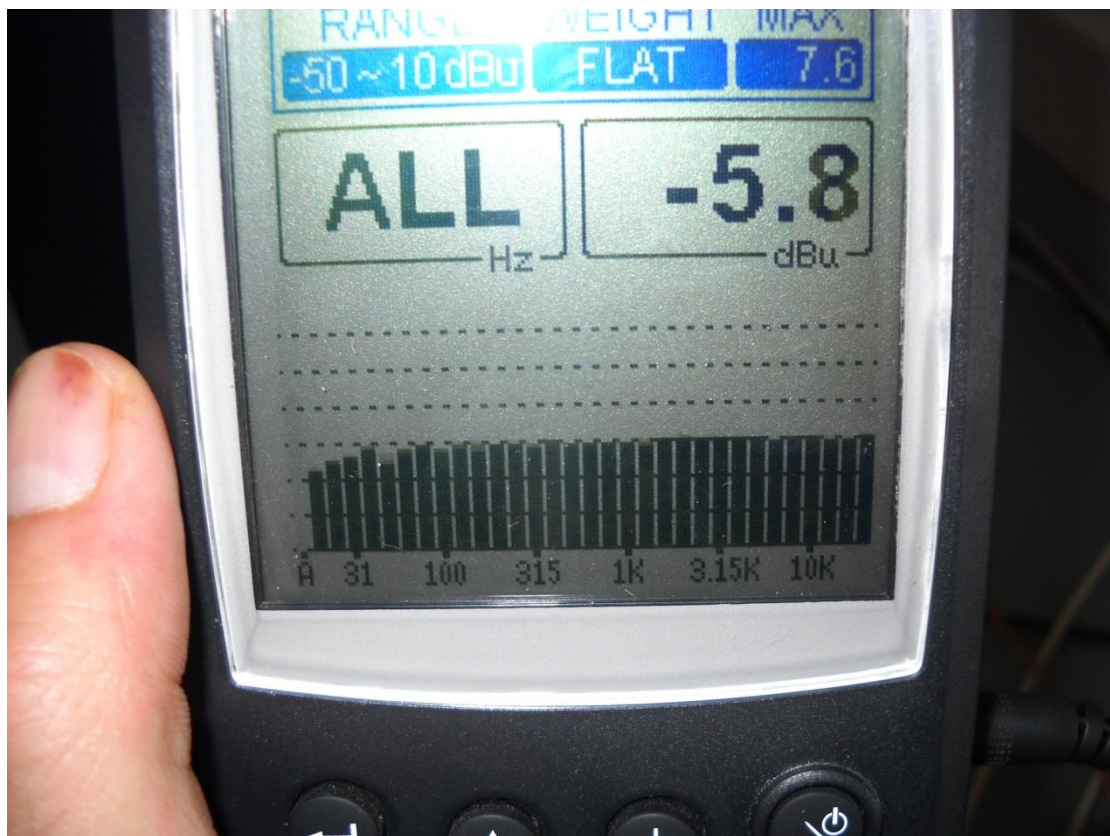
Σε αυτό το κεφάλαιο, εφόσον πλέον η συσκευή είναι πλήρης θα ασχοληθούμε με τον έλεγχο καλής λειτουργίας της, ελέγχοντας αν όντως ο θόρυβος που παράγει είναι ροζ και λευκός. Αυτό θα γίνει με τη χρήση φασματικού αναλυτή PHONIC PAA3. Ο αναλυτής (analyzer) διαθέτει είσοδο στην οποία θα συνδεθεί κατευθείαν η γεννήτρια ώστε να μην επηρεαστεί η μέτρηση από το χώρο.



Φωτογραφία 3.7

Στην οθόνη του αναλυτή το φάσμα εμφανίζεται με μία κλίση όσο η συχνότητα ανεβαίνει. Αυτό συμβαίνει διότι το συγκεκριμένο όργανο μέτρησης κατανέμει την ενέργεια όχι ανά συχνότητα (Hz) αλλά ανά οκτάβα, οι οποίες απεικονίζονται στην οθόνη με τη μορφή ράβδου. Επομένως εφόσον ο λευκός θόρυβος έχει σταθερή ενέργεια ανά Hz, για κάθε διπλασιασμό οκτάβας, διπλασιάζεται το απόλυτο εύρος της οκτάβας (το εύρος της οκτάβας 500hz – 1000hz είναι το μισό από το εύρος 1000hz με 2000hz), οπότε προκύπτει διπλασιασμός της ενέργειας ανά οκτάβα. Συνεπώς η απεικόνιση λευκού θορύβου χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο ανάλυσης θα είναι μία ευθεία με κλίση +3dB όπως συμβαίνει και στην προκειμένη περίπτωση.

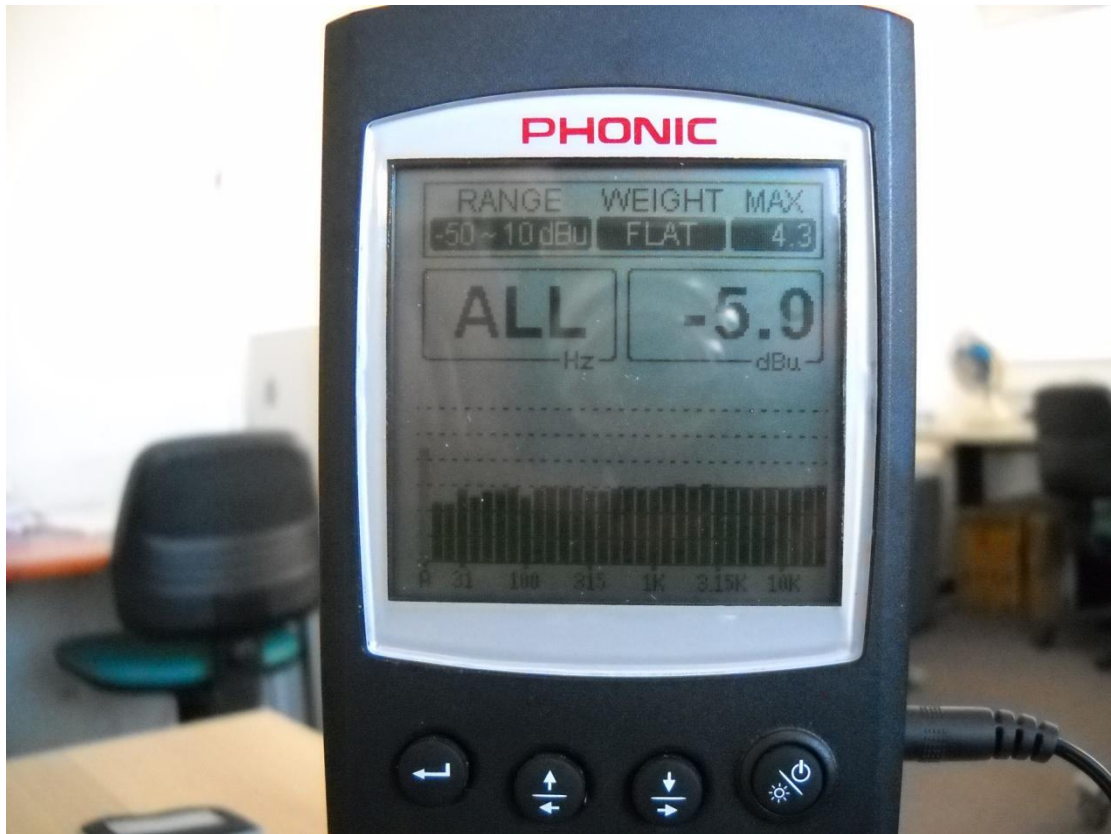
Στη συνέχεια δίνεται στην είσοδο του αναλυτή ροζ θόρυβος από τη συσκευή.



Φωτογραφία 3.8



Και ροζ θόρυβο με χρήση της ενσωματωμένης γεννήτριας θορύβου που διαθέτει τα PHONIC PAA3



Και στις δύο περιπτώσεις ο θόρυβος είναι σχεδόν πανομοιότυπος και είναι λογικό αν οι συσκευές παράγουν εξίσου καθαρό ροζ θόρυβο.

Ο ροζ θόρυβος όπως αναφέρθηκε και στην θεωρητική εισαγωγή, παρουσιάζει μείωση της ενέργειας  $-3 \text{ dB}$  ανά οκτάβα, άρα σε αντιστοιχία με την απεικόνιση φάσματος λευκού θορύβου στην οθόνη του φασματικού αναλυτή (κλίση της ευθείας  $+3 \text{ dB}$ ) πρέπει να εμφανίζεται σαν μία ευθεία γραμμή παράλληλη στον οριζόντιο άξονα, κάτι που όντως συμβαίνει.

### 4.1 Χρήση της γεννήτριας για ακουστική μελέτη

#### 4.1.1 Παρατήρηση της ακουστικής αίθουσας

Η παρατήρηση της ακουστικής είναι η πρώτη κίνηση που πρέπει να γίνει σε μια ισοστάθμιση χώρου κατά την οποία όπως προαναφέρθηκε ο χώρος ηχοβολείται με ένα είδος θορύβου. Στην προκειμένη περίπτωση πηγή του θορύβου θα είναι η γεννήτρια του Phonic AA3 και η συσκευή της εργασίας.

#### 4.1.2 Περιγραφή διαδικασίας ηχοβόλησης.

Στο κέντρο της αίθουσας τοποθετήθηκε δωδεκάεδρο ηχείο η χρήση του οποίου επιτρέπει την ομοιόμορφη κατανομή του θορύβου στο χώρο για τις ανάγκες της μέτρησης.



*Φωτογραφία 4.1*



*Φωτογραφία 4.2 Η αίθουσα με τοποθετημένο το δωδεκάεδρ ηχείο.*

Για να λειτουργήσει το συγκεκριμένο ηχείο, ο ενσωματωμένος στη συσκευή ενισχυτής ήχου δεν θα ήταν αρκετός, οπότε για τις ανάγκες της μέτρησης χρησιμοποιήθηκε ο ενισχυτής BEHRINGER της φωτογραφίας 4.3.

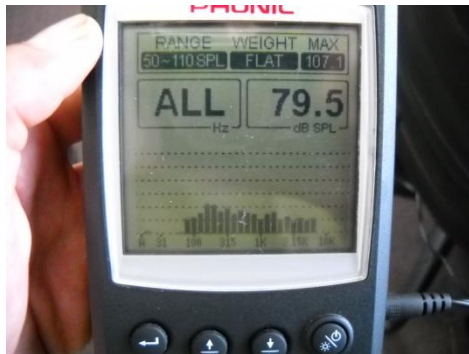


*Φωτογραφία 4.3*

Οι θέσεις μέσα στο χώρο που επιλέχθηκαν για να γίνουν οι μετρήσεις είναι , οι τέσσερις γωνίες της αίθουσας και τα δύο μέσα των δύο μεγαλύτερων πλευρών αυτής. Στις συγκεκριμένες θέσεις είναι σύνηθες να παρατηρούνται ενισχύσεις και ακυρώσεις των ηχητικών κυμάτων (κορυφές και κοιλίες στο κύμα ).

## 4.2 Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων

Στη συνέχεια παρατίθενται οι έξι μετρήσεις, με τη χρήση της συσκευής της παρούσας εργασίας.



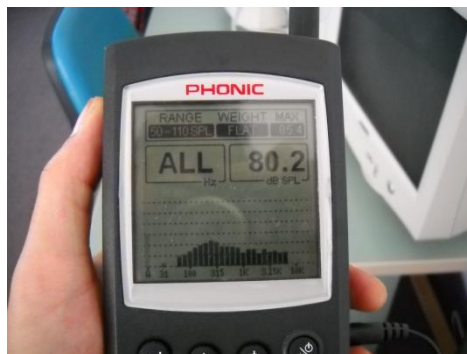
Θέση 1



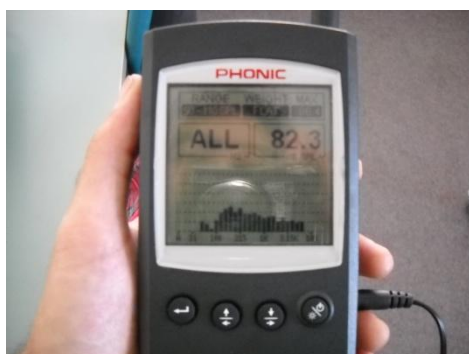
Θέση 2



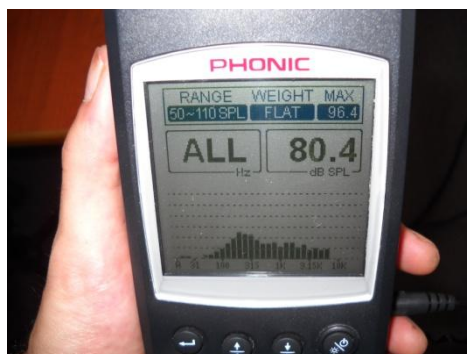
Θέση 3



Θέση 4



Θέση 5



Θέση 6

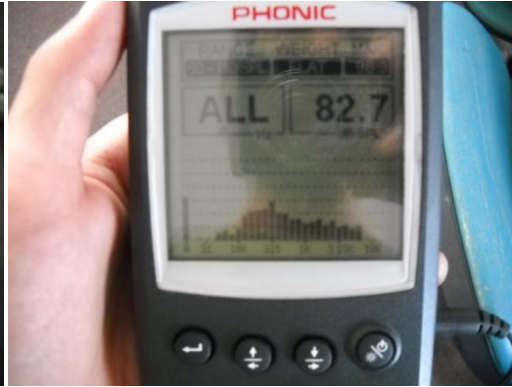
Φωτογραφία 4.4



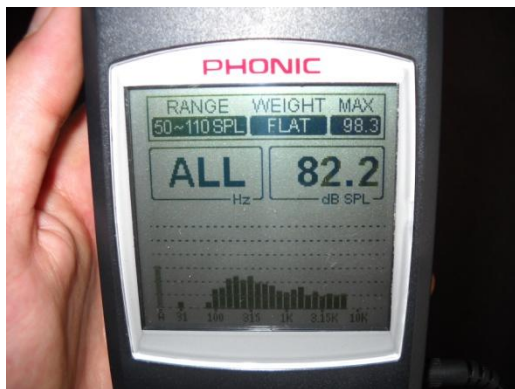
Και στην Φωτογραφία 4.5 οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση της ενσωματωμένης γεννήτριας στο PHONIC.



Θέση 1



Θέση 2



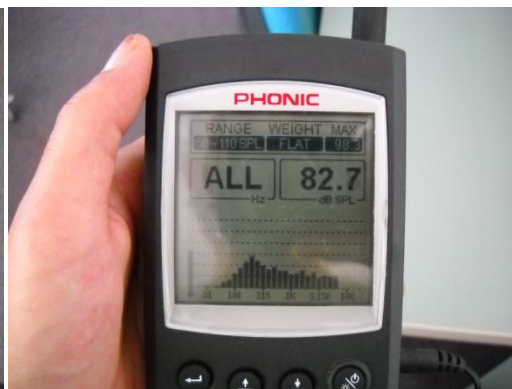
Θέση 3



Θέση 4



Θέση 5



Θέση 6

Φωτογραφία 4.5

Και στις δύο περιπτώσεις (χρήση της γεννήτριας και χρήση του PHONIC PAA3 ) στην οθόνη του φασματικού αναλυτή το γράφημα είναι παραπλήσιο, πράγμα που επαληθεύει για άλλη μία φορά ότι η συσκευή της παρούσας εργασίας παράγει ροζ θόρυβο καλής ποιότητας. Όπως παρατηρείται στο γράφημα σε όλα τα σημεία της αίθουσας παρουσιάζεται πλήρης απουσία των συχνοτήτων μέχρι και περίπου 100Hz, στη συνέχεια μία ενίσχυση (κορυφή) στο φάσμα συχνοτήτων από 150 Hz περίπου μέχρι και τα 315Hz ή και λίγο υψηλότερα σε κάποιες περιπτώσεις, τέλος για το υπόλοιπο ακουστικό φάσμα, ο χώρος δείχνει να συμπεριφέρεται αρκετά ουδέτερα (χωρίς να προκαλεί ιδιαίτερη εξασθένηση ή ενίσχυση στο αρχικό σήμα ). Αυτό που προκαλεί εντύπωση είναι ότι και οι συχνότητες από 6kHz και πάνω φαίνεται σαν να απουσιάζουν, φαινόμενο όχι ιδιαίτερα φυσιολογικό το οποίο πιθανώς να οφείλεται σε αδυναμία του συγκεκριμένου συστήματος ήχου να αναπαράγει τις συγκεκριμένες συχνότητες. Αναλογιζόμενοι την εξαιρετική ποιότητα του συγκεκριμένου μεγαφώνου, μάλλον οι ευθύνες επιρρίπτονται στον ενισχυτή που χρησιμοποιήθηκε. Σε κάποιες περιπτώσεις όπως παράδειγμα στη θέση 3 της πρώτης μέτρησης και στη θέση 2 της δεύτερης μέτρησης παρατηρούνται κορυφές, οι οποίες εμφανίστηκαν απρόοπτα. Αυτό πιθανότατα οφείλεται σε εξωτερικούς ήχους που επηρέασαν το αποτέλεσμα της μέτρησης. Η γενική εικόνα του φάσματος της αίθουσας θα μπορούσε να διορθωθεί με τη χρήση κάποιου equalizer (κατά προτίμηση γραφικού για μεγαλύτερη ακρίβεια) στην έξοδο του σήματος, προκαλώντας εξασθένηση στις συχνότητες που παρουσιάζουν κορυφές και ενίσχυση όπου παρουσιάζονται κοιλίες καθώς επίσης και με τη χρήση κάποιου ενισχυτή με καλύτερη απόκριση συχνοτήτων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

### **ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η παρούσα συσκευή παράγει λευκό και ροζ θόρυβο ‘καλής ποιότητας’ και είναι ιδιαίτερα εύχρηστη για κάθε χρήστη, συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διεξαγωγή ακουστικών μετρήσεων για τις ανάγκες εργαστηριακών ασκήσεων του μαθήματος της ακουστικής και πολλές ακόμα εφαρμογές

Παρά την ύπαρξη σήματος πολύ καλής ποιότητας στην line έξοδο της συσκευής, παρατηρείται έντονα η εμφάνιση θορύβου στο κύκλωμα ενίσχυσης (ανεπιθύμητου αυτή τη φορά, η παραγωγή του οποίου οφείλεται σε διαρροή συνεχούς ρεύματος στο ενισχυμένο σήμα, πιθανώς λόγω αστοχίας στο σχεδιασμό της συγκεκριμένης πλακέτας).

Μελλοντικά θα μπορούσε να διορθωθεί η συγκεκριμένη ατέλεια με τη χρήση κάποιου άλλου κυκλώματος ενίσχυσης.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Voss, R. F., & Clarke, J. (1975). "' 1/f Noise' in Music and Speech ". *Nature* . **258** : 317–318. *Bibcode* : [1975Natur.258..317V](#). *doi* : [10.1038/258317a0](#).

Handel, P. H., & Chung, A. L. (1993). *Noise in Physical Systems and 1/"f" Fluctuations*. New York: American Institute of Physics.

Kogan, Shulim (1996 ). *Electronic Noise and Fluctuations in Solids*. [Cambridge University Press]. [ISBN 0-521-46034-4](#).h

Dutta, P. & Horn, P . M . (1981 ) . " Low-frequency fluctuations in solids: 1/f noise ". *Reviews of Modern Physics* . **53** (3): 497–516. *Bibcode* :[1981RvMP...53..497D](#).*do i* :[10.1103/RevModPhys.53.497](#).

Bak, P. and Tang, C. and Wiesenfeld, K. (1987). "Self-Organized Criticality: An Explanation of 1/f Noise". *Physical Review Letters*. **59** (4 ) : 381–384.*Bibcode* : [1987PhRvL..59..381B](#). *doi*:[10.1103/PhysRevLett.59.381](#).

Everest F.Alton (1998) . Εγχειρίδιο ακουστικής εκδόσεις Τζιόλα .

Σύστημα Παραγωγής Ηχητικού Λευκού Θορύβου της Μαρίας Δ. Πολίτου, Διπλωματική εργασία 14 Νοεμβρίου 2007, Αθήνα.

Γιάννης Λιαπέρδος : Εργαστηριακές Ασκήσεις Αναλογικών Ηλεκτρονικών, Σπάρτη 2008 (Εργαστηριακό Εγχειρίδιο).

Δημήτρης Σκαρλάτος : Εφαρμοσμένη Ακουστική. Εκδόσεις GOTSIS. ISBN : 960-87710-1-3

Δρ.Μηχ.Νίκος Κολλιόπουλος : Βασική Ηλεκτρολογία , Εκδόσεις ΙΩΝ, ISBN : 960-411-179-5



## PAA3 Handheld Audio Analyzer



- 31-band Real Time Spectrum Analyzer
- RT60 reverb time measurement
- SPL meter from 30 dB to 130 dB
- Built-in calibrated measurement microphone
- Phase check function
- 31-band EQ setting value display (Boost/Cut)
- 4 standard response times available
- 3 power modes: (1) Power Save (2) Manual off (3) Off
- Audio test signals and desktop control software included
- Line signal measurement display in dBu, dBV, or Volts (AC)
- 3 level range selection for dB SPL and line signal
- SPL meter calibration through standard 94dB sound level calibrator
- Maximum level display
- Peak hold display
- Adapter operation available
- 7 hours of continuous operation with four AA batteries
- Memory and average calculation function
- XLR input for line measurements and output sockets for signal generator output
- Signal generator with pink noise, 1 kHz and polarity test signal