



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
(ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΡΕΘΥΜΝΟΥ)
ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ



**Τίτλος: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ
ΠΥΚΝΩΤΙΚΟΥ – ΚΑΡΔΙΟΕΙΔΟΥΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ
ΜΕΓΑΛΟΥ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ**

ΠΕΡΔΙΚΑΡΗ ΑΣΠΑΣΙΑ α.μ. 112

ΜΗΤΑΚΟΣ ΑΒΡΑΑΜ α.μ. 774

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΕΝΙΕΡΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

Ρέθυμνο 2015

Περίληψη

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η σχεδίαση, η κατασκευή και η ανάλυση ενός καρδιοειδούς μικροφώνου μεγάλου διαφράγματος όπου η προσαρμογή της πυκνωτικής κάψας θα γίνεται από fet και η προενίσχυση του θα γίνεται από τρανζίστορ. Το μικρόφωνο θα λειτουργεί με τάση phantom την οποία θα παίρνει από την κονσόλα. Μετά το πέρας της σχεδίασης και της κατασκευής θα γίνουν μετρήσεις στο μικρόφωνο από τις οποίες θα παραχθούν το πολικό διάγραμμα, η χαρακτηριστική καμπύλη απόκρισης συχνοτήτων και τα χαρακτηριστικά αυτού. Τέλος, θα γίνει ανάλυση των αποτελεσμάτων και θα αναφερθούν τα προβλήματα και ο τρόπος αντιμετώπισης της όλης κατασκευής.

Λέξεις κλειδιά

Πυκνωτικό μικρόφωνο, πυκνωτική κάψα, τάση φάντομ, διπολικό τρανζίστορ, τρανζίστορ φετ,

Summary

The purpose of this thesis is the design, construction and analysis of a large diaphragm cardioid microphone where the adaptation of the condenser capsule will occur through fet and the preamplification will operate via transistor. The microphone will operate by phantom voltage which will be taken by the console. After the completion of the design and construction some measurements will take place from which the polar diagram, the characteristic frequency response curve and its features will be produced. Finally, the result analysis will take place and the problems and troubleshooting of the whole construction will be mentioned.

Key words

Condenser microphone, condenser capsule, phantom voltage, bipolar transistor, fet transistor.

Περίληψη	3
Λέξεις κλειδιά	3
Summary	4
Key words	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΗΧΟΣ.....	8
1.1: Τι είναι ο ήχος.....	8
1.2: Χαρακτηριστικά του ήχου.....	8
1.3: Διάδοση των ηχητικών κυμάτων	9
1.3.1: Εγκάρσια και διαμήκη κύματα.....	9
1.4: Η επίδραση του ήχου στον άνθρωπο	10
1.5: Ψυχοακουστική (Αντίληψη του ήχου από τον άνθρωπο).....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΑΚΟΥΣΤΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ	13
2.1: Στάθμη ηχητικής πίεσης dB	13
2.2: Ηλεκτροακουστικοί μετατροπείς.....	14
2.3: Αρχή λειτουργίας μικροφώνου	15
2.4: Ταξινόμηση μικροφώνων βάση των ακουστικών αρχών λειτουργίας τους.....	17
2.4.1: Μικρόφωνα Πίεσης (pressure traducers).	17
2.4.2: Μικρόφωνα ταχύτητας ή διαφορών πίεσης (pressure Gradient Transducers).	18
2.5: Τύποι μικροφώνων	19
2.5.1: Δυναμικά μικρόφωνα (Dynamic microphones).	19
2.5.2: Μικρόφωνα ταινίας (Ribbon microphones).....	20
2.5.3: Πυκνωτικά μικρόφωνα (Condenser microphones).	21
2.5.4: Τροφοδοτικό πυκνωτικού μικροφώνου (Phantom power)	23
2.5.5: Μικρόφωνα Ελέκτρετ (Electret microphones).	24
2.5.6: Μικρόφωνα άνθρακα (Bing carbon microphones).	24
2.5.7: Πιεζοηλεκτρικό ή κρυσταλλικού τύπου μικρόφωνα (Crystal microphones).	25
2.6: Χαρακτηριστικά μικροφώνων.....	26
2.6.1: Απόκριση μικροφώνων σε απότομες μεταβολές.....	31
2.7: Τρόπος συλλογής ηχητικών κυμάτων από τα μικρόφωνα	31
2.7.1: Μονοκατευθυντικά μικρόφωνα (Unidirectional microphones)	31
2.7.2: Δικατευθυντικά μικρόφωνα (Bidirectional microphones)	32
2.7.3: Πανκατευθυντικά μικρόφωνα (Omni-directional microphones).....	33
2.8: Πολικά διαγράμματα μικροφώνων	34
2.8.1: Πολικό διάγραμμα μονοκατευθυντικού μικροφώνου.....	34
2.8.2: Πολικό διάγραμμα δικατευθυντικού μικροφώνου.....	35
2.8.3: Πολικό διάγραμμα πανκατευθυντικού μικροφώνου.....	35
2.8.4: Πολικό διάγραμμα υπερκαρδιοειδούς μικροφώνου (Hyper-cardioid microphone)	36
2.8.5: Πολικό διάγραμμα σούπερκαρδιοειδούς μικροφώνου (Super-cardioid microphone)	36
2.9: Παραμόρφωση μικροφώνων.....	37
2.10: Θόρυβος ανέμου (Wind noise)	38
2.10.1: Φίλτρα εξωτερικού θορύβου	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΓΙΑ STEREO ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ.....	40

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

3.1: Τεχνικές τοποθέτησης μικροφώνων.....	40
3.1.1: Τεχνική X-Y stereo	40
3.1.2: Τεχνική Blumlein ή Stereosonic.....	43
3.1.4: Τεχνική ORTF	47
3.1.5: Τεχνική NOS.....	48
3.1.6: Τεχνική A-B.....	50
3.1.7: Τεχνική Binaural	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΘΕΩΡΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ	53
4.1: Ταξινόμηση των ενισχυτών	53
4.2: Πως επιτυγχάνουμε μεγάλη σύνθετη αντίσταση εισόδου στον προενισχυτή πυκνωτικού μικροφώνου.....	55
4.3: Τρανζίστορ και JFET	55
4.3.1: Επαφές με πόλωση κατά την Ορθή και κατά την Ανάδρομη φορά.....	55
4.3.2: Βασική πόλωση και αγωγή του Τρανζίστορ.....	56
4.3.3: Πόλωση και αγωγή του Τρανζίστορ φαινομένου πεδίου (Field-Effect Transistor, FET)...	58
4.3.4: Μεγάλη διακύμανση σήματος και σημείο λειτουργίας	59
4.3.5: Άριστη σύνθετη αντίσταση πηγής για την λειτουργία προενισχυτή με ελάχιστο θόρυβο.	60
4.3.6: Χαρακτηριστικά θορύβου των Τρανζίστορ και FET	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΠΥΚΝΩΤΙΚΟΥ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ	68
5.1: Πρόλογος	68
5.2: Περιγραφή των εξαρτημάτων	68
5.3: Λειτουργία κυκλώματος	69
5.4: Βελτιώσεις	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΟΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ	73
6.1: Συνδεσμολογία (Για μετρήσεις και ανάλυση του μικροφώνου)	73
6.2: Μετρήσεις.....	73
6.3: Σχεδιασμός πολικού διαγράμματος και καμπύλης συχνотικής απόκρισης με βάση τους παραπάνω πίνακες	76
Πολικό διάγραμμα καρδιοειδούς μικροφώνου	76
6.4: Συμπεράσματα αποτελεσμάτων	77
6.5: Προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν.....	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	79
Βιβλιογραφία	83

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην πτυχιακή εργασία που ακολουθεί θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε όλη εκείνη τη διαδικασία η οποία είναι απαραίτητη για να μπορέσουμε να σχεδιάσουμε, να κατασκευάσουμε και να αναλύσουμε ένα πυκνωτικό καρδιοειδές μικρόφωνο μεγάλου διαφράγματος όπου η προσαρμογή της πυκνωτικής του κάψας θα γίνεται από fet και η προενίσχυση του θα γίνεται από τρανζίστορ. Το μικρόφωνο θα λειτουργεί με τάση phantom την οποία θα παίρνει από την κονσόλα. Μετά το πέρας της σχεδίασης και της κατασκευής θα γίνουν μετρήσεις στο μικρόφωνο από τις οποίες θα παραχθούν το πολικό διάγραμμα, η χαρακτηριστική καμπύλη απόκρισης συχνοτήτων και τα χαρακτηριστικά αυτού. Τέλος, θα γίνει ανάλυση των αποτελεσμάτων και θα αναφερθούν τα προβλήματα και ο τρόπος αντιμετώπισης της όλης κατασκευής καθώς και τυχόν βελτιώσεις οι οποίες θα μπορούν να προστεθούν περεταίρω για την καλύτερη – ποιοτικότερη απόδοση του μικροφώνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΗΧΟΣ

1.1: Τι είναι ο ήχος

Ο **ήχος** είναι η αίσθηση που προκαλείται λόγω της διέγερσης των αισθητηρίων οργάνων της ακοής από μεταβολές πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα. Αυτές οι μεταβολές διαδίδονται με τη μορφή ηχητικών κυμάτων. Πολλές φορές στην πράξη, ο όρος χρησιμοποιείται ως ταυτόσημος με την έννοια των ηχητικών κυμάτων - για παράδειγμα, συνηθίζεται η έκφραση *διάδοση του ήχου* (αντί του ορθότερου *διάδοση των ηχητικών κυμάτων*).

1.2: Χαρακτηριστικά του ήχου

Ένα ηχητικό κύμα χαρακτηρίζεται από φυσικές ιδιότητες όπως συχνότητα, περίοδος, μήκος κύματος, πλάτος ταλάντωσης, χρόνος και κυματομορφή. Από αυτές τις ιδιότητες πηγάζουν τέσσερα χαρακτηριστικά που αποσκοπούν στην περιγραφή ενός ήχου από μουσικοακουστικής προσέγγισης και είναι τα εξής: ύψος, ένταση, διάρκεια και χροιά.

- a) **Ύψος:** Η συχνότητα εκφράζει την ταχύτητα ταλάντωσης και μετράται σε κύκλους ανά δευτερόλεπτο (Hertz, Hz). Γρηγορότερες ταλαντώσεις επιφέρουν υψηλότερους - οξύτερους - ήχους, ενώ βραδύτερες ταλαντώσεις επιφέρουν χαμηλότερους - βαρύτερους - ήχους. Ο μουσικά εξειδικευμένος όρος 'ύψος' δηλώνει πόσο υψηλός ή χαμηλός είναι ένας ήχος, χαρακτηριστικό που εξαρτάται από την έντονη παρουσία περιοδικών ταλαντώσεων.
- b) **Ένταση:** Ως ένταση αποκαλείται το πόσο ισχυρή ή ασθενής είναι η ταλάντωση ενός σώματος. Πλατύτερες ταλαντώσεις επιφέρουν ηχητικά κύματα με μεγαλύτερη ένταση, σε σύγκριση με ταλαντώσεις μικρότερου πλάτους των οποίων το προϊόν είναι ήχοι ασθενέστεροι.
- c) **Διάρκεια:** Η διάρκεια ορίζει τον συνολικό χρόνο για τον οποίο ένας ήχος γίνεται αντιληπτός. Ένας ήχος είναι μακρότερος από

- d) έναν άλλο βραχύτερο, όταν η αντιληπτή διάρκεια είναι συγκριτικά μεγαλύτερη.
- e) **Χροιά:** Με βάση την κυματομορφή, οι ήχοι ταξινομούνται σε απλούς ή σύνθετους, και σε περιοδικούς ή μη-περιοδικούς, το ημιτονοειδές κύμα είναι ένα παράδειγμα απλού και περιοδικού ηχητικού κύματος, ενώ ο λευκός θόρυβος είναι ήχος σύνθετος και μη-περιοδικός. Από την κυματομορφή ενός ήχου πηγάζει το χαρακτηριστικό της χροιάς, το οποίο και εκφράζει την ποιότητα ενός ηχητικού κύματος, πρόκειται για το χαρακτηριστικό εκείνο που προσδιορίζει την ταυτότητα της ηχητικής πηγής και κάνει εφικτό τον διαχωρισμό μεταξύ δύο διαφορετικών ηχητικών πηγών.

1.3: Διάδοση των ηχητικών κυμάτων

Για τη μετάδοση των κυμάτων είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου υλικού μέσου μεταξύ πομπού και δέκτη. Το μέσο μπορεί να βρίσκεται σε οποιαδήποτε κατάσταση ύλης (στερεό, υγρό, αέριο ή πλάσμα) καθώς ο ήχος δεν διαδίδεται στο απόλυτο κενό. Όταν, εξαιτίας κάποιου ερεθίσματος, δημιουργηθεί μια μορφή διατάραξης στο υλικό μέσο, τότε τα μετατοπισμένα μόρια ύλης ασκούν δυνάμεις στα γειτονικά μόρια, αναγκάζοντάς τα να έλθουν εκτός θέσης ισορροπίας. Με αυτό τον τρόπο η διατάραξη ταξιδεύει στο μέσο - το φαινόμενο ονομάζεται διάδοση.

1.3.1: Εγκάρσια και διαμήκη κύματα

Ας υποθέσουμε πως το υλικό μέσο είναι μια μονοδιάστατη ελαστική κατασκευή άπειρου μήκους, που απαρτίζεται από μάζες ενωμένες σε σειρά με τη βοήθεια ελατηρίων. Ανάλογα με τον τύπο διατάραξης του υλικού μέσου, τα ηχητικά κύματα που δημιουργούνται μπορεί να είναι εγκάρσια ή διαμήκη.

Όταν η πρώτη μάζα υποστεί διατάραξη και μετατοπιστεί κατά το μήκος του μέσου, θα προκαλέσει συμπίεση στο συνδεδεμένο ελατήριο, το οποίο σε σειρά θα ασκήσει δύναμη στην επόμενη μάζα. Καθώς η

διάδοση γίνεται με κάποια καθυστέρηση και συγκεκριμένη ταχύτητα, θα παρατηρηθούν στο μέσο διαδοχικά πυκνώματα και αραιώματα. Τα κύματα που προκύπτουν κατά αυτό τον τρόπο ονομάζονται **διαμήκη**.

Όταν η πρώτη μάζα μετατοπιστεί κάθετα ως προς τον άξονα έκτασης του μέσου, θα προκαλέσει πλάγια διαστολή του συνδεδεμένου ελατηρίου, το οποίο θα μεταφέρει την κάθετη μετατόπιση στην επόμενη μάζα. Έτσι παρατηρούνται στο μέσο διαδοχικές κορυφές και κοιλώματα. Τα κύματα που προκύπτουν κατά αυτό τον τρόπο ονομάζονται **εγκάρσια**.

*Στα ρευστά (υγρά και αέρια), τα ηχητικά κύματα διαδίδονται πάντα ως διαμήκη, ενώ στα στερεά διαδίδονται κύματα και των δύο μορφών.

1.4: Η επίδραση του ήχου στον άνθρωπο

- a) Η επίδραση του ήχου στην φυσιολογία: ο ήχος επηρεάζει ορμονικές εκκρίσεις: αναπνοή, παλμοί καρδιάς, εγκεφαλικά κύματα.
- b) Ψυχολογική επίδραση του ήχου: μας επηρεάζει συναισθηματικά.
- c) Νοητική επίδραση: Ο ήχος επηρεάζει την νοητική μας κατάσταση (cognition). Είναι ενδιαφέρον ότι η παραγωγικότητα του ανθρώπου πέφτει κατά 66% σε ανοιχτούς πολύβουους χώρους γραφείων.
- d) Ο ήχος επηρεάζει και την συμπεριφορά μας: Για παράδειγμα είναι πλέον γνωστό ότι η ταχύτητα στην οδήγηση επηρεάζεται από μουσική με γρήγορο ρυθμό και ένταση.
- e) Τέλος αναφέρεται και η σημαντικότητα του ήχου ως εμπορικό σήμα (brand sound, commercial sound).

1.5: Ψυχοακουστική (Αντίληψη του ήχου από τον άνθρωπο)

Η αντίληψη του ήχου αποτελεί βασική αίσθηση σε πολλούς οργανισμούς και πραγματοποιείται μέσω της ακοής. Χρησιμοποιείται για διάφορους λόγους, όπως επικοινωνία, ψυχαγωγία, μουσική σύνθεση, προειδοποίηση και αποφυγή κινδύνων. Στον άνθρωπο η ακοή εκτείνεται για ήχους με συχνότητα μεταξύ 20 Hz και 20.000 Hz. Το εύρος αυτό διαφέρει και σε μεγαλύτερες ηλικίες παρατηρείται μείωση της αντίληψης υψηλών συχνοτήτων. Ήχοι με συχνότητα κάτω ή άνω των ορίων αυτών ονομάζονται υπόηχοι ή υπέρηχοι αντιστοίχως και δεν γίνονται αντιληπτοί από το ανθρώπινο αυτί. Σε άλλους οργανισμούς το φάσμα της ακοής διαφέρει, στον σκύλο για παράδειγμα το εύρος ακοής εκτείνεται μεταξύ 40 Hz και 60.000 Hz.

Τα ηχητικά κύματα δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι, μπορούν να εμφανισθούν στην επιφάνεια ενός υγρού, και να καταγραφούν από ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά μέσα ηχογράφησης.

Η ακουστική επιστήμη χωρίζεται σε υποκατηγορίες ανάλογα με το είδος της μελέτης που πραγματοποιείται. Έτσι έχουμε την ηλεκτροακουστική που ασχολείται με την αναπαραγωγή του ήχου (ηχεία, μεγάφωνα), την ακουστική χώρου που ασχολείται με την ηχοπροστασία, τη φυσική ακουστική, τη μουσική ακουστική κ.ο.κ.

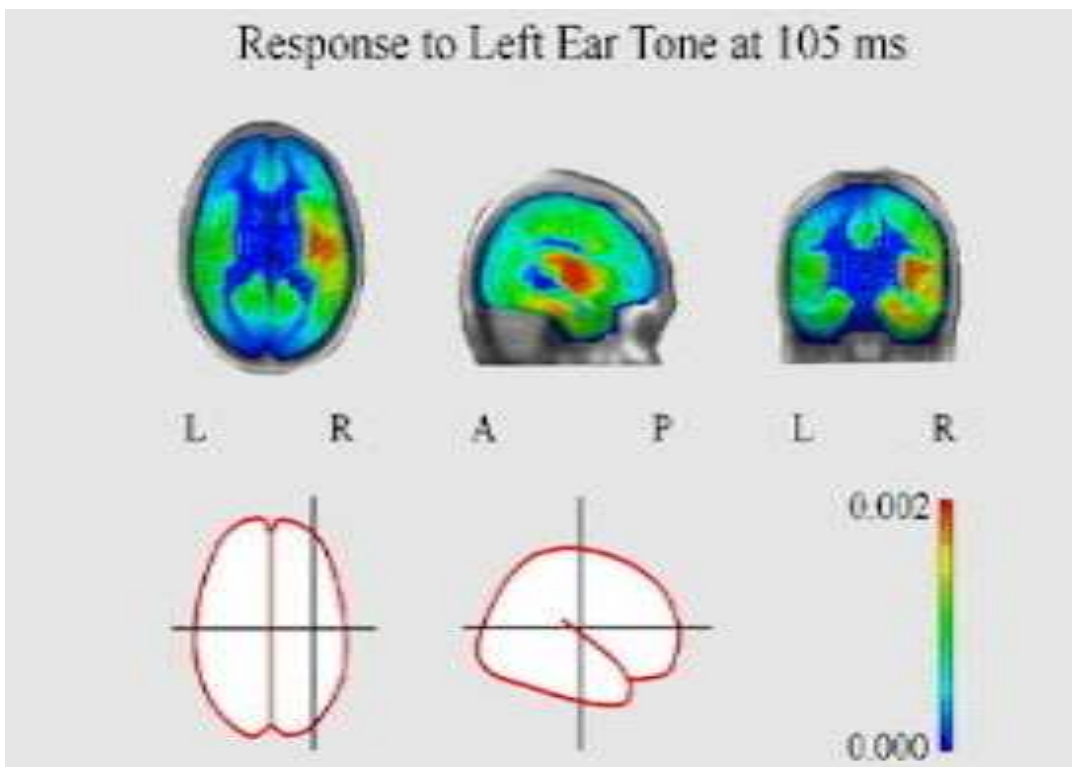
Η ψυχοακουστική ασχολείται με τον τρόπο που προσλαμβάνουμε και αντιλαμβανόμαστε τον ήχο. Με την ψυχοακουστική εμπλέκονται και πολλές άλλες επιστήμες όπως η ψυχολογία, οι νευροεπιστήμες, η γλωσσολογία ως μέσο έρευνας της ανθρώπινης συμπεριφοράς.

Μεγάλα βήματα έγιναν πριν αρκετούς αιώνες στον τομέα της ψυχοφυσικής που προσπάθησε να μελετήσει όλες τις αισθήσεις και τον τρόπο που γίνονται αντιληπτές. Ο Weber (1795-1878) προσπάθησε να απαντήσει σε ερωτήματα σχετικά με την αντίληψη. Διατύπωσε λοιπόν ένα δικό του νόμο: **η ελάχιστη αντιληπτή μεταβολή στην ένταση του φυσικού ερεθίσματος είναι ανάλογη της αρχικής έντασης του**. Υπάρχει δηλαδή μια σχέση της αρχικής έντασης με τη διαφορά (μεταβολή) η οποία είναι μια σταθερά: **$(\Delta I/I=k)$** .

Το πρώτο βιβλίο για την ψυχοφυσική γράφτηκε από τον Fechner (1801-1887) το 1860. Ο Fechner διατύπωσε τη δική του εκτεταμένη θεωρία η οποία λέει ότι καθώς η ένταση του φυσικού ερεθίσματος αυξάνει, η ευαισθησία μας σε αυτό μειώνεται: **($S=k\log(I)$)**.

Σήμερα, σε μια προσπάθεια πιο αποδοτικής μελέτης του κλάδου, έχουν δημιουργηθεί τρεις υποκατηγορίες σχετικά με αυτό που ονομάζουμε ψυχοακουστική. Χωρίζεται λοιπόν σε α) Ψυχολογία της ακουστικής, β) Φυσιολογία της ακουστικής (ακοής) και γ) στην αντίληψη της ομιλίας.

Στις μικρές ηλικίες κυρίως παρατηρούνται διαταραχές στον τρόπο που αντιλαμβάνονται τον ήχο. Οι μηχανισμοί μετάφρασης των ηχητικών ερεθισμάτων δεν επιτρέπουν στο παιδί να ανταποκρίνεται στο σχολείο, σε μια συζήτηση, σε ένα παιχνίδι. Ακόμη και σε μεγαλύτερες ηλικίες όμως είναι πιθανό να αντιμετωπίζονται δυσκολίες στην παρακολούθηση μιας ομιλίας, στην υπερβολική ενόχληση από θορύβους, στην έλλειψη προσοχής.



Σχ. 1-1 Τεχνική διάγνωσης ακουστικών βλαβών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΗΧΗΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΑΚΟΥΣΤΙΚΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ

2.1: Στάθμη ηχητικής πίεσης dB

Ένα χαρακτηριστικό των μικροφώνων είναι η Στάθμη Ηχητικής Πίεσης dB, μέτρηση της έντασης του ήχου. Ο πιο χαμηλός ήχος που μπορούμε να ακούσουμε είναι το όριο ακουστότητας, 0 (μηδέν) Decibel (dB). Μία κανονική συζήτηση σε απόσταση περίπου 30cm είναι 70 dB. Αυτό που αντιλαμβανόμαστε σαν δυνατό ήχο είναι πάνω από 120 dB.

Στάθμες αναφοράς

$$\text{Στάθμη έντασης (IL)} = \frac{I}{I_{\text{αναφοράς}}} \text{ σε dB (decibel)}$$

Όπου I αναφοράς είναι το κατώφλι ακουστότητας και ισούται με 1 Pico watt (10^{-12} watt).

$$\text{Στάθμη πίεσης του ήχου (SPL)} = 20 \log \frac{P}{P_{\text{αναφοράς}}} \text{ σε dB (decibel)}$$

Όπου P αναφοράς = 20μPa.

Η μέγιστη ηχητική πίεση για ένα μικρόφωνο είναι η στάθμη ηχητικής πίεσης $\text{dB}_{(\text{SPL})}$ κατά την οποία το μικρόφωνο αρχίζει να παραμορφώνει, συνήθως εκεί που το μικρόφωνο παράγει 3% Ολική Αρμονική Παραμόρφωση (Total Harmonic Distortion). Μερικοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν 1% THD. Η μέγιστη ηχητική στάθμη των 120 dB για ένα μικρόφωνο είναι **καλή**, των 135dB **πολύ καλή**, και των 150dB **εξαιρετική**.

Ένα καλά σχεδιασμένο μικρόφωνο μπορεί να δεχτεί πολύ δυνατούς ήχους χωρίς να υπερφορτώνεται. Ακόμη και οι πιο δυνατές ηχητικές πιέσεις κινούν το διάφραγμα ανεπαίσθητα.

Το πυκνωτικό μικρόφωνο έχει ηλεκτρονικά μέρη τα οποία μπορούν να υπερφορτωθούν από το δυνατό σήμα. Αν τοποθετηθεί διακόπτης μείωσης στάθμης μεταξύ του μετατροπέα και των

ηλεκτρονικών μερών του μικροφώνου τότε ελαττώνεται η στάθμη και αποφεύγεται η παραμόρφωση.

Εξαιτίας του ότι τα δυναμικά μικρόφωνα δεν έχουν ενεργά ηλεκτρονικά μέρη για να δημιουργούν θόρυβο, έχουν πολύ χαμηλό εγγενή θόρυβο σε σχέση με τα πυκνωτικά. Για αυτό λοιπόν, ο εγγενής θόρυβος για τα δυναμικά μικρόφωνα δεν καθορίζεται.

2.2: Ηλεκτροακουστικοί μετατροπείς

Οι ηλεκτροακουστικοί μετατροπείς μετατρέπουν την ακουστική, την ηλεκτρική και την μηχανική ενέργεια που παράγεται σε κάποιο υποσύστημα σε κάποια άλλη μορφή. Αποτελούν διατάξεις παραγωγής/εκπομπής και λήψης ήχων.

Ηλεκτροακουστικοί μετατροπείς είναι τα ηχεία, τα μικρόφωνα, τα ακουστικά, προβολείς σόναρ, υδρόφωνα, γεώφωνα, κεφαλές πικάπ, καθώς επίσης και διάφοροι άλλοι αισθητήρες μηχανικών κραδασμών.

Ηχεία: μετατρέπουν το ηλεκτρικό σήμα σε ηχητικά κύματα στον αέρα. Το ηχείο (speaker) αποτελεί μία διάταξη/συσκευή, η οποία έχει σκοπό την μετατροπή της λαμβανόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (εισερχόμενο σήμα) σε ακουστική ενέργεια, δηλαδή σε στιγμιαίες μεταβολές πίεσης του ατμοσφαιρικού αέρα (διαμήκη κύματα), οι οποίες αντιστοιχούν σε όσο το δυνατόν περισσότερο φυσικό και αληθοφανή ήχο. Επομένως, το ηχείο δεν αποτελεί μία γνήσια ηλεκτρονική συσκευή, αλλά μία ηλεκτρομηχανική ή ηλεκτροακουστική διάταξη.

Μικρόφωνα: μετατρέπουν τα ηχητικά κύματα στον αέρα σε ηλεκτρικό σήμα. Το μικρόφωνο είναι συσκευή που μετατρέπει τα ηχητικά κύματα σε ηλεκτρικές ταλαντώσεις. Η χρησιμότητά του είναι μεγάλη γιατί διαμορφώνει τα ηλεκτρικά σήματα που δέχεται, ανάλογα με την επίδραση των ηχητικών κυμάτων. Οι διαμορφωμένες ηλεκτρικές ταλαντώσεις μεταφέρονται μέσω σύρματος ή κεραίας και μπορούν να μετατραπούν στον αρχικό ήχο.

Κεφαλές Πικ-απ: μετατρέπουν τις μηχανικές ταλαντώσεις σε ηλεκτρικό σήμα.

Γεώφωνα: μετατρέπουν τα ηχητικά κύματα μέσα στο έδαφος σε ηλεκτρικό σήμα.

Υδρόφωνα (Hydrophone): μετατρέπουν τα ηχητικά κύματα μέσα στο νερό σε ηλεκτρικό σήμα. Το υδρόφωνο είναι ένας ηλεκτροακουστικός μορφοτροπέας (electroacoustic transducer), ο οποίος χρησιμοποιείται για τη λήψη ηχητικών κυμάτων (πίεσης) μέσα στο νερό. Τα υδρόφωνα αποτελούν το συνηθέστερο τύπο αισθητήρα που χρησιμοποιείται σε υποβρύχιες εφαρμογές.

Προβολείς Sonar: μετατρέπουν το ηλεκτρικό σήμα σε ηχητικά κύματα στο νερό. Τα ηχοεντοπιστικά συστήματα sonar (sound navigation and ranging) είναι ηλεκτροακουστικές συσκευές που εκμεταλλεύονται τη διάδοση των κυμάτων ηχητικής ενέργειας μέσα στην θαλάσσια μάζα, όπως ακριβώς τα συστήματα ραντάρ και ηλεκτρονικού πολέμου εκμεταλλεύονται τη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα και γενικότερα στον ελεύθερο χώρο. Ο σκοπός των συστημάτων sonar είναι ο εντοπισμός (ανίχνευση), αναγνώριση (ταξινόμηση) και παρακολούθηση υποβρυχίων σκαφών και διαφόρων αντικειμένων, η ακουστική χαρτογράφηση (τομογραφία) του βυθού, η ναυτιλία πλοίων επιφανείας και υποβρυχίων καθώς επίσης οι υποθαλάσσιες επικοινωνίες και τηλεμετρία.

Ανθρώπινο σύστημα ακοής: μετατρέπει τα ηχητικά κύματα σε ηλεκτρικούς παλμούς).

2.3: Αρχή λειτουργίας μικροφώνου

Γενικά σε όλους τους τύπους μικροφώνων το ηχητικό κύμα προσπίπτει σε μια επιφάνεια (τη μεμβράνη ή διάφραγμα) η οποία μετατοπίζεται συνεχώς μπρος και πίσω ανάλογα με τις χρονικές μεταβολές της πίεσης του ηχητικού κύματος. Η διαφοροποίηση στην αρχή λειτουργίας των μικροφώνων προκύπτει από τον τρόπο με τον

οποίο η κίνηση της μεμβράνης μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα. Έτσι τα μικρόφωνα διακρίνονται σε δυναμικά, πυκνωτικά, ταινίας και κρυσταλλικά. Τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα μικρόφωνα είναι τα δυναμικά και τα πυκνωτικά. Από άποψη κατασκευής και λειτουργίας, σε κάθε μικρόφωνο διακρίνουμε τα εξής τρία μέρη :

- a) **Η κάψα (capsule):** πρόκειται για το βασικό μηχανισμό της μετατροπής και τοποθετείται στο μπροστινό μέρος του μικροφώνου. Συνήθως είναι κάποια μορφή αναρτημένης μεμβράνης, ευαίσθητη στις ταλαντώσεις του ήχου, που είναι συνδεδεμένη με ένα μηχανισμό που μετατρέπει τις κινήσεις της σε ηλεκτρικό σήμα. Κατά βάση η κάψα είναι το μικρόφωνο και όλα τα άλλα υπάρχουν για να υποστηρίξουν τη λειτουργία της.

Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν μικρόφωνα και με περισσότερες από μια κάψες.

- b) **Τα ηλεκτρονικά και ηλεκτρομαγνητικά κυκλώματα:** πρόκειται για τα ενεργά ή παθητικά κυκλώματα μετασχηματισμού, τροφοδοσίας, ενίσχυσης κ.λ.π, που συνοδεύονται από καλώδια συνδέσεων, την παροχή σύνδεσης με το εξωτερικό καλώδιο και τις μηχανικές διατάξεις (αναρτήσεις απόσβεσης κραδασμών κ.λ.π).
- c) **Το κέλυφος ή το σώμα:** παρέχει το μέσο, στο οποίο τοποθετούνται, συνδέονται και προστατεύονται εσωτερικά όλα τα απαραίτητα εξαρτήματά, αλλά και μέσω του οποίου το κρατάμε ή το στηρίζουμε. Παίζει όμως και πολύ σημαντικό ρόλο στην ίδια την ηχητική συμπεριφορά του μικροφώνου. Πρώτον, αρνητικά εμποδίζοντας την διάδοση του ήχου προς το διάφραγμα και δημιουργώντας διάφορους συντονισμούς και δεύτερον θετικά, αποτελώντας μέρος του ακουστικού κυκλώματος που κατευθύνει αλλά και καθορίζει το είδος της ακουστικής λειτουργίας του.

Δεν έχει βρεθεί ακόμη κάποιος άμεσος τρόπος μετατροπής των ταλαντώσεων του αέρα απευθείας σε ηλεκτρισμό. Έτσι, όλοι οι κατασκευαστές μικροφώνων καταφεύγουν στη χρήση μιας πολύ ελαφριάς και λεπτής επιφάνειας (μεμβράνη) που στηριζόμενη στα άκρα της έχει τη δυνατότητα να κινείται μπρός

και πίσω δονούμενη υπό την επίδραση της ακουστικής ενέργειας δηλαδή του ηχητικού κύματος που προσπίπτει σε αυτή και ονομάζεται διάφραγμα (diaphragm) και είναι το βασικότερο στοιχείο της κάψας. Για να επιτευχθεί η πιο πιστή μετατροπή πρέπει:

- a) Να φτάσει στο διάφραγμα ένα πιστό αντίγραφο του ήχου.
- b) Το διάφραγμα να ταλαντωθεί με τα ίδια ακριβώς χαρακτηριστικά που έχει η κυματομορφή του προσπίπτοντος ήχου.
- c) Οι κινήσεις του διαφράγματος (μηχανική ενέργεια) να μεταφραστούν σε ένα ακριβές αντίγραφο μεταβολών τάσης ή ρεύματος (ηλεκτρική ενέργεια).

2.4: Ταξινόμηση μικροφώνων βάση των ακουστικών αρχών λειτουργίας τους

Τα μικρόφωνα ταξινομούνται βάση των ακουστικών αρχών λειτουργίας τους σε:

- a) Μικρόφωνα πίεσης (pressure traducers),
- b) Μικρόφωνα ταχύτητας ή διαφορών πίεσης (pressure gradient transducers).

2.4.1: Μικρόφωνα Πίεσης (pressure traducers).

Στα μικρόφωνα πίεσης το διάφραγμα είναι τεντωμένο στην μπροστινή άκρη ενός σφραγισμένου, κλειστού θαλάμου. Πρακτικά υπάρχει μία πολύ μικρή τρύπα, που επιτρέπει τη δημιουργία των μεταβολών της πίεσης χωρίς να προκαλείται φθορά, γιατί αλλιώς θα μιλούσαμε για βαρόμετρο. Έτσι έχουν εκτεθειμένο μόνο το μπροστινό μέρος τους και το αποτέλεσμα που παράγεται, εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από την πίεση μπροστά από το μικρόφωνο. Αντίθετα από την ανθρώπινη ακοή που είναι επιλεκτική, τα μικρόφωνα αποκρίνονται σε κάθε ήχο, σε καθετί που θα τους μεταβάλλει την πίεση στο διάφραγμα. Ταυτόχρονα τα ηχητικά κύματα, λόγω της περίθλασης, απλώνονται σε

όλο το χώρο και προσπερνάνε τα φυσικά εμπόδια (ιδιαίτερα αν είναι μικρά). Έτσι ένα τέτοιο μικρόφωνο πιάνει όλους τους ήχους, ανεξάρτητα της διεύθυνσης από την οποία προέρχονται. Στην πραγματικότητα, αυτό έχει σχέση και με τη συχνότητα (λόγω περίθλασης και κατευθυντικότητας), με συνέπεια να είναι περισσότερο επιλεκτικά όσο ανεβαίνει η συχνότητα σε σχέση με το μέγεθος του διαφράγματος.

2.4.2: Μικρόφωνα ταχύτητας ή διαφορών πίεσης (pressure Gradient Transducers).

Σε αυτά τα μικρόφωνα το διάφραγμα αιωρείται στον αέρα στηριζόμενο στα άκρα σε ένα συμμετρικό περιμετρικό πλαίσιο. Έχει εκτεθειμένες και τις δύο πλευρές του στα ηχητικά κύματα. Αν το διάφραγμα ήταν πρακτικά χωρίς βάρος, τότε θα ακολουθούσε τέλεια τις μεταβολές της ταχύτητας των μορίων του αέρα. Προφανώς δεν είναι αβαρές, με συνέπεια να απαιτείται μια διαφορά πίεσης μεταξύ των αντίστοιχων μπροστινών και πίσω σημείων του διαφράγματος. Όταν λοιπόν η διεύθυνση του ήχου είναι ακριβώς κάθετη στο διάφραγμα (0° ή 270°), η κίνηση και η τάση μηδενίζονται. Δεν έχουμε καθόλου σήμα εξόδου. Αυτό γιατί σε κάθε σημείο κατά μήκος του διαφράγματος φτάνουν κάθε στιγμή στη μπροστινή και την πίσω πλευρά του δύο εντελώς ίδια, αλλά αντίθετης φάσης, αντίγραφα του ήχου. Το άθροισμά τους μας δίνει μηδέν διαφορά πίεσης, άρα και κίνησης και τάσης. Έτσι τα μικρόφωνα ταχύτητας ή διαφοράς πίεσης αποκρίνονται εξίσου καλά στους ήχους που έρχονται από μπροστά και από πίσω, αλλά καθόλου σε αυτούς που φτάνουν από τα πλάγια. Σε κάθε περίπτωση πάντως, ατυχώς τα μικρόφωνα ταχύτητας δεν μπορούν να ξεχωρίσουν αν οι διαφορές ταχύτητας οφείλονται στον ήχο ή στον άνεμο, με συνέπεια να είναι πιο ευαίσθητα στον θόρυβο του αέρα, απ' ό τι τα μικρόφωνα πίεσης.

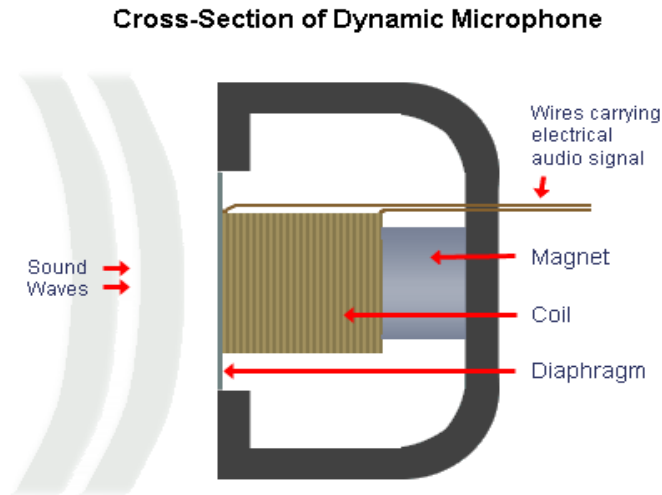
2.5: Τύποι μικροφώνων

Τα μικρόφωνα χωρίζονται ανάλογα με τον τύπο και την κατασκευή τους σε:

- a) Δυναμικά μικρόφωνα (Dynamic microphones)
- b) Μικρόφωνα ταινίας (Ribbon microphones)
- c) Πυκνωτικά μικρόφωνα (Condenser microphones)
- d) Μικρόφωνα ελέκτρετ (Electret microphones)
- e) Μικρόφωνα άνθρακα (Bing carbon microphones)
- f) Πιεζοηλεκτρικά ή Κρυσταλλικού τύπου μικρόφωνα (Crystal microphones)

2.5.1: Δυναμικά μικρόφωνα (Dynamic microphones).

Τα δυναμικά μικρόφωνα αποτελούνται από το κυρίως σώμα και την κάψα. Πίσω και πάνω στο διάφραγμα το οποίο βρίσκεται μέσα στην κάψα, είναι τοποθετημένο ένα πηνίο το οποίο αιωρείται σε ένα μόνιμο μαγνητικό πεδίο. Όταν τα ηχητικά κύματα πέσουν πάνω στο διάφραγμα, τότε το διάφραγμα εκτελεί ταλάντωση που διακόπτει τις σταθερές γραμμές της μαγνητικής ροής η οποία παρέχεται από τον μαγνήτη. Κάθε φορά που το πηνίο εκτελεί κινήσεις μέσα στο μαγνητικό πεδίο προκαλείται μια ηλεκτρική εναλλασσόμενη τάση μέσα στο σύρμα την οποία παίρνουμε από την έξοδο του μικροφώνου. Το μέγεθος της ηλεκτρικής τάσης που προκαλείται από το πηνίο είναι ανάλογο του αριθμού των γραμμών της ροής του πηνίου και της ταχύτητας με την οποία αυτό κινείται μέσα στο μαγνητικό πεδίο. Οι εναλλασσόμενες ταλαντώσεις του διαφράγματος προσδιορίζονται από τη συχνότητα του σήματος. Αυτή η ηλεκτρική τάση ονομάζεται *μικροφωνικό ρεύμα*. Λόγω των κινήσεων που εκτελεί το πηνίο μέσα στο μαγνητικό πεδίο του δυναμικού μικροφώνου, τα μικρόφωνα αυτά αναφέρονται και σαν μικρόφωνα κινητού πηνίου.

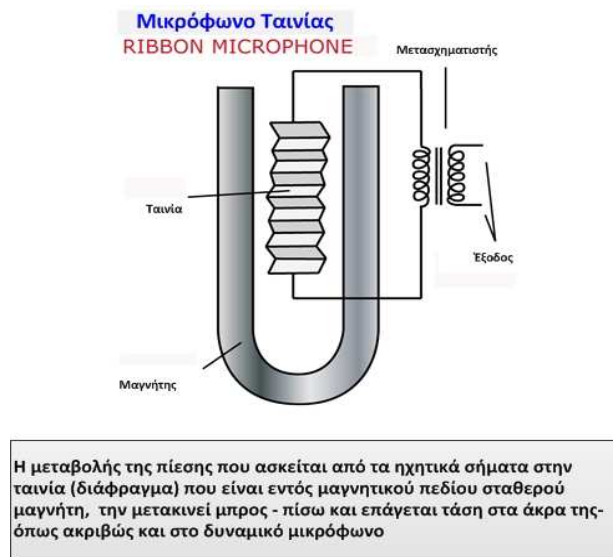


Σχ. 2-1 Αρχή λειτουργίας δυναμικού μικροφώνου

2.5.2: Μικρόφωνα ταινίας (Ribbon microphones).

Τα μικρόφωνα ταινίας είναι ένας τύπος δυναμικού μικροφώνου τα οποία χρησιμοποιούν μια ευαίσθητη ταινία αλουμινίου κατάλληλα διπλωμένη ανάμεσα στους πόλους ενός μαγνήτη η οποία παίζει το ρόλο του διαφράγματος που πάλλεται από τα ηχητικά κύματα. Όταν η ταινία κινείται υπό την πίεση των ηχητικών μεταβολών διαπερνά τις γραμμές που παράγονται από την διαρκή μαγνητική ροή και έτσι προκαλείται τάση στην ταινία. Αυτή η ηλεκτρική τάση γίνεται σήμα εξόδου του μικροφώνου. Πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω της χαμηλής αντίστασης εξόδου (0.1 Ohm), τα μικρόφωνα ταινίας περιέχουν έναν ενσωματωμένο μετασχηματιστή προσαρμογής ο οποίος κρίνεται απαραίτητος για να αυξήσει την σύνθετη αντίσταση εξόδου του μικροφώνου.

Το πλεονέκτημα του μικροφώνου ταινίας είναι ότι λόγω της χαμηλής μάζας της ταινίας, παρουσιάζει βελτιωμένη απόκριση στις υψηλές συχνότητες και στα γρήγορα μεταβαλλόμενα σήματα (transients) όπως αυτά που συναντώνται στη μουσική. Τα μικρόφωνα ταινίας παρουσιάζουν ευαισθησία στις μηχανικές δονήσεις, στα απότομα χτυπήματα και στα «φυσήματα».



Σχ. 2-2 Αρχή λειτουργίας μικροφώνου ταινίας

2.5.3: Πυκνωτικά μικρόφωνα (Condenser microphones).

Τα πυκνωτικά μικρόφωνα λειτουργούν με βάση τις αρχές ηλεκτροστατικής αντί της ηλεκτρομαγνητικής που λειτουργούν τα δυναμικά μικρόφωνα.

Αποτελούνται από το κυρίως σώμα και την κάψα. Μέσα στην κάψα υπάρχουν δύο διαφράγματα, ένα κινητό και ένα σταθερό. Το κινητό διάφραγμα είναι ουσιαστικά ο ένας από τους δύο οπλισμούς ενός φορτισμένου πυκνωτή, ενώ ο άλλος οπλισμός είναι σταθερός. Οι μετακινήσεις του ενός οπλισμού προκαλούν αλλαγές στη χωρητικότητα του πυκνωτή και αφού το φορτίο διατηρείται σταθερό, προκαλούνται μεταβολές τάσης στα άκρα του ανάλογα της πίεσης του ηχητικού κύματος. Η χωρητικότητα του πυκνωτή προσδιορίζεται από την έκθεση και την επιφάνεια των διαφραγμάτων (τα οποία είναι σταθερής αξίας), από το υλικό που υπάρχει μεταξύ των διαφραγμάτων, (το οποίο είναι αέρας), και από την απόσταση που έχουν μεταξύ τους τα διαφράγματα (η οποία μεταβάλλεται από την ηχητική πίεση). Το φορτίο του πυκνωτή διατηρείται σταθερό με τροφοδοσία του μικροφώνου από μια εξωτερική πηγή συνεχούς τάσης (9-52V) επίσης η τάση αυτή μπορεί να είναι 48V που ονομάζεται και (DC phantom power).

Ηλεκτρόνια προελκούμενα από την πλάκα που είναι συνδεδεμένη με την θετική πλευρά του τροφοδοτικού μετακινούνται δια μέσω μιας υψηλής αντίστασης στην πλάκα με την αρνητική πλευρά του τροφοδοτικού. Η αντίσταση καθορίζει την ένταση του ρεύματος. Αν πέσει ένα ηχητικό κύμα πάνω στο μικρόφωνο η χωρητικότητα της κεφαλής αλλάζει. Όταν η απόσταση μεταξύ των πλακών ελαττωθεί η χωρητικότητα αυξάνεται και όταν η απόσταση αυξηθεί η χωρητικότητα ελαττώνεται.

Σύμφωνα με τον τύπο (2-1) το Q , C , V , είναι αλληλένδετα, έτσι αν το φορτίο είναι σταθερό και αλλάξουμε τη χωρητικότητα με την πίεση ενός ηχητικού κύματος η τάση πρέπει να αλλάξει ανάλογα, επαληθεύοντας την εξίσωση.

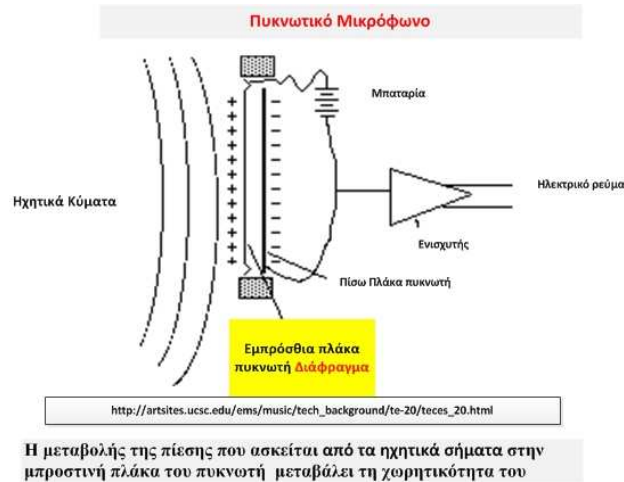
Η υψηλή αντίσταση συνδυαζόμενη με τη χωρητικότητα των πλακών του πυκνωτή παράγει ένα κύκλωμα σταθερού χρόνου το οποίο είναι μεγαλύτερο σε διάρκεια από έναν κύκλο (1Hz) ακουστικής συχνότητας. Ο σταθερός χρόνος του κυκλώματος είναι η μέτρηση του χρόνου που χρειάζεται ο πυκνωτής να φορτιστεί και να εκφορτιστεί. Από τη στιγμή που η αντίσταση εμποδίζει το φορτίο του πυκνωτή να μεταβάλλεται με τις γρήγορες αλλαγές στη χωρητικότητα, που προέρχονται από τις ηχητικές πιέσεις, η τάση διάμεσο του πυκνωτή πρέπει να αλλάξει σύμφωνα με τον τύπο:

$$C = Q / V \quad (2-1)$$

Όπου Q = το φορτίο του πυκνωτή, C = η χωρητικότητα του, και V = η τάση σε Volts.

Η αντίσταση και ο πυκνωτής είναι στη σειρά με το τροφοδοτικό, έτσι ώστε το σύνολο της πτώσης τάσης να είναι ίσο με την τάση τροφοδοσίας του μικροφώνου. Όταν η τάση του πυκνωτή αλλάζει, η τάση της αντίστασης αλλάζει εξίσου αλλά προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η τάση της αντίστασης τότε γίνεται σήμα εξόδου. Από τη στιγμή που το σήμα εξόδου είναι χαμηλού επιπέδου και υψηλής αντίστασης ενισχύεται, από τον ενσωματωμένο προενισχυτή που βρίσκεται στο σώμα του μικροφώνου, για να εμποδίσει το βόμβο και την απώλεια σήματος που θα μπορούσε να εμφανιστεί. Η απώλεια σήματος και ο βόμβος μπορεί να οφείλονται στην αντίσταση των

καλωδίων και σε άλλους παράγοντες (πχ αν ο προενισχυτής είναι σε απόσταση από την κάψα). Αυτή η προενίσχυση του μικροφώνου είναι ένας άλλος λόγος που τα πυκνωτικά μικρόφωνα χρειάζονται τροφοδοτικό.



Σχ. 2-3 Αρχή λειτουργίας πυκνωτικού μικροφώνου

2.5.4: Τροφοδοτικό πυκνωτικού μικροφώνου (Phantom power)

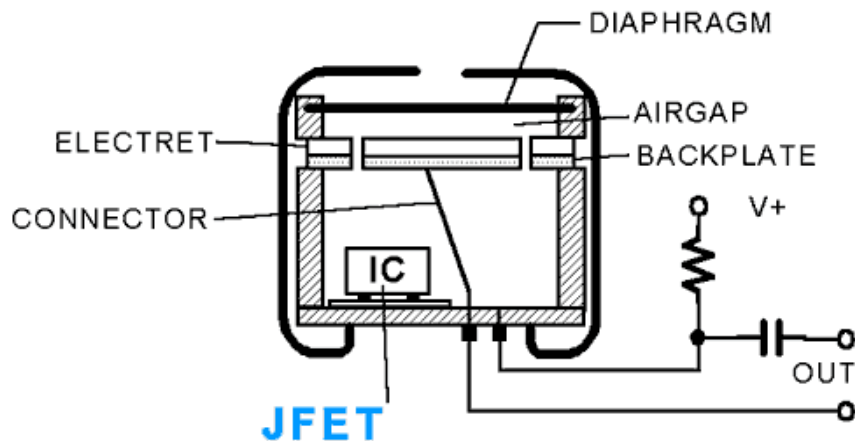
Κάθε προενισχυτής που βρίσκεται μέσα σε κάποιο μικρόφωνο, σαν ενεργός βαθμίδα χρειάζεται κάποια τροφοδότηση. Η τροφοδότηση μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Ο ένας τρόπος είναι να τροφοδοτηθεί απευθείας από την κονσόλα με τάση Phantom power έτσι ώστε η τροφοδότηση του μικροφώνου να συνυπάρχει με το σήμα στους αγωγούς μεταφοράς του ακουστικού σήματος. Το σύστημα αυτοτροφοδότησης του μικροφώνου στην κονσόλα ονομάζεται Phantom power και δεν επηρεάζει τη λειτουργία των δυναμικών μικροφώνων. Έτσι η χρησιμοποίηση των πυκνωτικών μικροφώνων μπορεί να γίνει χωρίς να απαιτούνται εσωτερικές ή εξωτερικές μπαταρίες ή ατομικά τροφοδοτικά με πολύπλοκες συνδέσεις και επιπλέον αγωγούς. Το καλώδιο σύνδεσης μικροφώνου κονσόλας περιέχει δύο αγωγούς και μια θωράκιση που είναι η γείωση. Ο δεύτερος τρόπος είναι μέσω ενός εξωτερικού τροφοδοτικού για πυκνωτικά μικρόφωνα. Το τροφοδοτικό αυτό θα πρέπει να παρέχει

τάση όχι μόνο στον ενσωματωμένο προενισχυτή του πυκνωτικού μικροφώνου, αλλά και μια πολική τάση στο διάφραγμα.

Αυτό δεν σημαίνει ότι χρειάζεται ξεχωριστός αγωγός για κάθε μια από αυτές τις τάσεις. Οι κατασκευαστές των σύγχρονων πυκνωτικών μικροφώνων σχεδιάζουν τα μικρόφωνα τους έτσι ώστε να απαιτείται μια μόνο τιμή τάσης για την τροφοδοσία τους.

2.5.5: Μικρόφωνα Ελέκτρετ (Electret microphones).

Τα μικρόφωνα Ελέκτρετ λειτουργούν με βάση τις ίδιες αρχές που λειτουργούν και τα πυκνωτικά. Εκτός του ότι η πολική τάση είναι διαρκώς αποθηκευμένη στις πλάκες της κάψας με τη μορφή ενός ηλεκτροστατικού φορτίου έτσι ώστε να μην είναι απαραίτητο το ηλεκτρικό τροφοδοτικό. Η υψηλή αντίσταση της εξόδου απαιτεί επιπλέον ένα προενισχυτή για να αυξήσει το επίπεδο και να χαμηλώσει την αντίσταση, εν τούτοις όμως μια εσωτερική μπαταρία τροφοδοτικού συχνά απαιτείται.



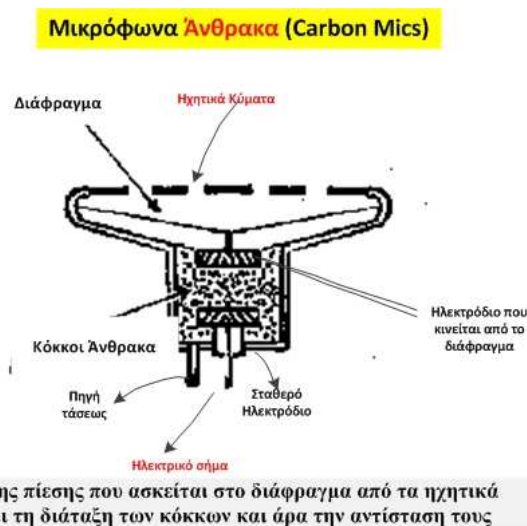
Σχ. 2-4 Αρχή λειτουργίας elektret μικροφώνου

2.5.6: Μικρόφωνα άνθρακα (Bing carbon microphones).

Τα μικρόφωνα άνθρακα είναι από τους παλαιότερους τύπους μικροφώνων. Στα μικρόφωνα αυτά οι μικροσκοπικοί κόκκοι άνθρακα βρίσκονται μεταξύ δύο πλακών μιας σταθερής και μιας κινητής. Οι

δονήσεις της κινητής πλάκας προκαλούν σχεδόν γραμμικές μεταβολές στην ωμική αντίσταση R_c που εμφανίζεται μεταξύ των πλακών. Για την λειτουργία τους απαιτείται κάποια εξωτερική τάση, DC τάση πόλωσης.

Τα μικρόφωνα αυτά είναι μέτριας ευαισθησίας με σχετικά υψηλή στάθμη θορύβου και μειωμένο εύρος απόκρισης συχνοτήτων. Πολλές φορές χρησιμοποιούν κάποιο μετασχηματιστή προσαρμογής αντίστασης (step up transformer). Είναι μικρόφωνα χαμηλού κόστους, μεγάλης αντοχής στην κακομεταχείριση ενώ η εφαρμογή τους περιορίζεται μόνο σε τηλεπικοινωνιακά συστήματα στα οποία δεν είναι πρωτεύουσας σημασίας η απόκριση συχνοτήτων (πχ στα τηλέφωνα ή σε διάφορες στρατιωτικές εφαρμογές).

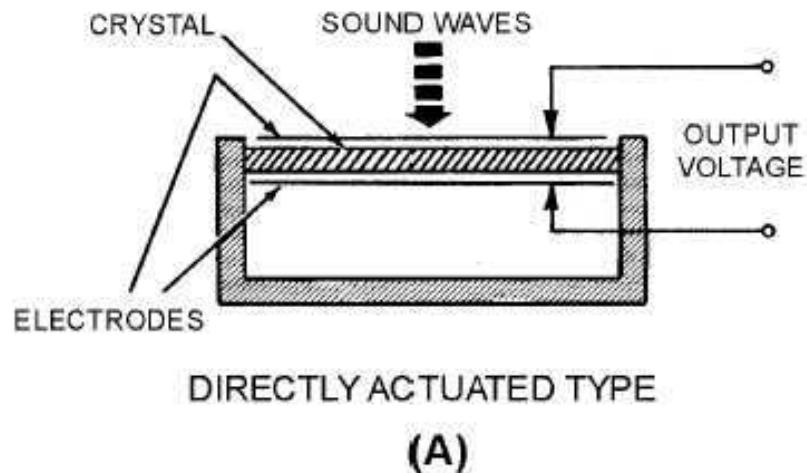


Σχ. 2-5 Αρχή λειτουργίας Μικροφώνου άνθρακα

2.5.7: Πιεζοηλεκτρικό ή κρυσταλλικού τύπου μικρόφωνα (Crystal microphones).

Τα πιεζοηλεκτρικά ή κρυσταλλικού τύπου μικρόφωνα είναι μικρού μεγέθους, πολύ μεγάλης ευαισθησίας και παρέχουν υψηλή τάση εξόδου. Χρησιμοποιούν μία ή πολλές κατάλληλα κομμένες λεπτές φέτες κρυσταλλικών ή κεραμικών υλικών (quartz). Η κοπή του κρυστάλλου γίνεται έτσι ώστε να παρουσιάζει έντονο το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο ή το φαινόμενο της ηλεκτροσυστολής. Αυτό σημαίνει ότι όταν ασκηθεί πάνω στον κρύσταλλο κάποια μηχανική πίεση κατά

μία διεύθυνση, τότε αναπτύσσεται κατά κάποια άλλη διεύθυνση μια ηλεκτρική διαφορά δυναμικού (EMF) η οποία είναι ανάλογη της ασκούμενης πίεσης ή του τετραγώνου της. Για την λειτουργία τους τα μικρόφωνα αυτά δεν απαιτούν εξωτερική DC τάση πόλωσης. Παρουσιάζουν μειωμένη απόκριση υψηλών συχνοτήτων και χρησιμοποιούνται σε ακουστικά βαρήκων ή σε μετρήσεις δονήσεων. Τα μικρόφωνα αυτά είναι ευαίσθητα σε μεταβολές υγρασίας και σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος.



Σχ. 2-6 Αρχή λειτουργίας Μικροφώνου άνθρακα

2.6: Χαρακτηριστικά μικροφώνων

Τα χαρακτηριστικά των μικροφώνων είναι φυσικά μεγέθη με τον προσδιορισμό των οποίων δίνεται μια περιγραφή του τρόπου συμπεριφοράς των μικροφώνων. Οι μετρήσεις των μεγεθών αυτών που συνοδεύουν κάθε συγκεκριμένο τύπο μικροφώνου γίνονται εργαστηριακά μέσα σε ανηχοϊκούς θαλάμους. Τα χαρακτηριστικά των μικροφώνων διακρίνονται σύμφωνα με σε:

- Ευαισθησία
- Απόκριση συχνοτήτων
- Κατευθυντικότητα
- Σύνθετη αντίσταση

- a) **Ευαισθησία:** είναι η τάση εξόδου ενός μικροφώνου όταν η πίεση που ασκείται στο διάφραγμα του είναι της τάξης 1Pa και εκφράζεται σε mV/Pa. Ο βαθμός ευαισθησίας μικροφώνου λέει στον χρήστη για την σχετική ικανότητα του στο να μετατρέπει την ακουστική ενέργεια σε ηλεκτρική. Μία τυπική τιμή ευαισθησίας είναι πχ 50 mV/Pa που σημαίνει ότι η ενεργός τιμή της τάσης εξόδου του μικροφώνου για 1Pa ακουστικής πίεσης είναι 50 mV. Συνήθως η ευαισθησία του μικροφώνου αναφέρεται σε μια ευρεία περιοχή του ακουστού φάσματος. Η υπερβολικά μεγάλη ή μικρή ευαισθησία του μικροφώνου μπορεί να προκαλέσει προβλήματα κατά τη σύνδεσή του σε επεξεργαστές σήματος.

*Τα πυκνωτικά μικρόφωνα έχουν μεγαλύτερη ευαισθησία από τα δυναμικά.

- b) **Απόκριση συχνοτήτων:** Η απόκριση συχνοτήτων αποτελεί ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των μικροφώνων και εκφράζει την ευαισθησία τους μέσα σε ολόκληρο το ακουστικό φάσμα.

Συνήθως κυμαίνεται από 8-150 έως 10.000-20.000 Hz ($\pm 3\text{dB}$), πάνω από τον ακουστικό άξονα για όλα τα είδη των μικροφώνων. Σε μεγάλες γωνίες εκτός του ακουστικού άξονα η απόκριση των περισσότερων μικροφώνων μεταβάλλεται σημαντικά και δίνεται από τα πολικά τους διαγράμματα. Την καλύτερη απόκριση συχνοτήτων (ευρεία και επίπεδη) την παρουσιάζουν τα πυκνωτικά μικρόφωνα τα οποία μπορούν να υπερβούν κατά πολύ τα 20kHz. Η καμπύλη πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ομαλή και επίπεδη ενώ ορισμένοι τύποι εμφανίζουν εσκεμμένα υψηλότερη ευαισθησία στην απόκριση των υψηλών συχνοτήτων έτσι ώστε να ισοβαθμίσουν τις απώλειες, όταν τοποθετούνται μακριά από την ηχητική πηγή.

Η συχνοτική απόκριση προσδιορίζεται μέσω γραφικών παραστάσεων που συσχετίζουν την ευαισθησία του και την συχνότητα του ηχητικού κύματος. Έντονες ανομοιομορφίες στην απόκριση συχνότητας ενός μικροφώνου έχουν σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή της χροιάς των ήχων.

- c) **Χαρακτηριστικά κατευθυντικότητας μικροφώνων:** Η κατευθυντικότητα ενός μικροφώνου εκφράζει τη μεταβολή της ευαισθησίας του μικροφώνου ανάλογα με τη διεύθυνση πρόσπτωσης του ηχητικού κύματος. Περιγράφεται με τη βοήθεια των πολικών διαγραμμάτων. Αυτά απεικονίζουν την απώλεια της στάθμης σε dB για όλες τις γωνίες πρόσπτωσης του ηχητικού κύματος σε σχέση με τον κύριο άξονα των 0 (μηδέν) μοιρών του μικροφώνου. Τα κατευθυντικά χαρακτηριστικά των μικροφώνων αλλάζουν με τη συχνότητα. Για το λόγω αυτό τα πολικά διαγράμματα παρέχονται για διάφορες περιοχές συχνοτήτων.

Ανάλογα με τα κατευθυντικά χαρακτηριστικά τους τα μικρόφωνα διακρίνονται σε παντοκατευθυντικά (σταθερή ευαισθησία σε κάθε γωνία πρόσπτωσης του ηχητικού κύματος πολικό διάγραμμα που μοιάζει με κοίλο), και **κατευθυντικά** (διαφορετική ευαισθησία ανά γωνία πρόσπτωσης του ηχητικού κύματος). Από τα κατευθυντικά πολικά διαγράμματα εκείνα που συνήθως συναντώνται είναι τα **καρδιοειδή** (πολικό διάγραμμα με μορφή καρδιάς), τα **υπερκαρδιοειδή** που είναι περισσότερο κατευθυντικά από τα καρδιοειδή με ένα δευτερεύοντα λοβό στο πίσω μέρος και τα **δι-κατευθυντικά** (bi-directional) με πολικό διάγραμμα σχήματος 8 (figure of eight).

Στην πραγματικότητα οι παραγόμενοι ήχοι που έρχονται κατευθείαν σε εμάς μπορεί συχνά να είναι καθαρά ακουστοί παρά την παρουσία δυνατών ήχων του περιβάλλοντος (αλλά εκτός άξονα =off-axis περιοχής που μας ενδιαφέρει). Φαίνεται ότι το μυαλό μας επιτρέπει κάποια επιλεκτικότητα στο να συγκεντρωθούμε σε ότι επιθυμούμε να ακούσουμε. Είμαστε ικανοί να εστιάσουμε σε έναν συγκεκριμένο ήχο. Αλλά αυτή η ικανότητα είναι κατά πολύ επηρεασμένη από την κατεύθυνση με την οποία φτάνει ο ήχος. Πάντα επιδιώκουμε να είμαστε στραμμένοι προς την κατεύθυνση του ήχου που θέλουμε να ακούσουμε. Για παράδειγμα θεωρείστε μια παράσταση κοντσέρτου από μια μεγάλη ορχήστρα. Ένας ακροατής μπορεί να έχει πρόβλημα στο να αντιληφθεί ένα συγκεκριμένο όργανο μέσα στην ορχήστρα εξαιτίας των ανεπιθύμητων ήχων (π.χ η κυκλοφοριακή κίνηση, θόρυβοι περιβάλλοντος κλπ), οι οποίοι όμως είναι μη ακουστοί εξαιτίας της ικανότητας του ακροατή να

συγκεντρώνεται στη μουσική. Από την άλλη πλευρά ένα μικρόφωνο λαμβάνει όλους τους ήχους και αυτούς του ακροατηρίου χωρίς να μπορεί να διαχωρίσει τη μουσική από έναν άλλο ήχο. Δεν έχει την ικανότητα να συγκεντρώνεται μόνο στη μουσική. Αν μια ηχογράφηση γινόταν κατά αυτόν τον τρόπο το μικρόφωνο θα κατέγραφε τη μουσική και τους ήχους με τον ίδιο τρόπο. Σε αυτή την περίπτωση ελλείπει οπτικών εικόνων, οι οποίες θα μπορούσαν να βοηθήσουν τον εγκέφαλο να συγκεντρωθεί σε έναν ήχο, ο ακροατής μπορεί δύσκολα ή και καθόλου να ξεχωρίσει την μουσική από τον θόρυβο ή να συγκεντρωθεί σε κάποιο όργανο κατά την διάρκεια ζωντανής παράστασης. Είναι περιττό να πούμε ότι ο ηχολήπτης δεν θα έχει έλεγχο για το κάθε όργανο αλλά μόνο τον έλεγχο του ηχογραφημένου συνόλου.

Για να επιτευχθεί ο διαχωρισμός του κάθε οργάνου πρέπει να τοποθετήσουμε το μικρόφωνο πολύ κοντά στην πηγή του ήχου που μας ενδιαφέρει. Έτσι οι άλλοι ήχοι που βρίσκονται γύρω από το μικρόφωνο θα καλύπτονται από την ένταση του ήχου του οργάνου ή της φωνής. Επίσης ένα μικρόφωνο τοποθετημένο αρκετά κοντά σε ένα μουσικό όργανο δεν θα καταγράψει τίποτε άλλο, είτε αυτό είναι επιθυμητό είτε όχι. Αυτό σημαίνει ότι απαιτούνται πολλά μικρόφωνα για να καλύψουν ένα μεγάλο ή μικρό σύνολο, αν κάθε μικρόφωνο είναι τοποθετημένο κοντά σε ένα όργανο ή σε σύνολο οργάνων. Στην περίπτωση που υπάρχουν αρκετά προβλήματα θορύβου (και εδώ σαν θόρυβος μπορεί να θεωρηθεί και ο ήχος ενός άλλου μουσικού οργάνου) μπορούμε να τοποθετήσουμε τα κύρια όργανα σε απομονωμένα δωμάτια για να τα προστατεύσουμε ακουστικά από το να καλυφθούν από άλλες περισσότερο δυνατές πηγές.

Ένας άλλος παράγοντας στο θέμα που εξετάζουμε είναι και ο σχεδιασμός του μικροφώνου. Σε κάθε ηχογράφηση το μικρόφωνο αναμφίβολα τοποθετείται έτσι ώστε οι επιθυμητοί ήχοι να φτάνουν (on-axis) δηλαδή κατευθείαν μπροστά στο ακουστικό πεδίο του μικροφώνου.

Συμπερασματικά ανεπιθύμητοι ήχοι είναι αυτοί που φτάνουν από τα πλάγια ή από πίσω (off-axis). Ένας μεγάλος βαθμός αναισθησίας σε αυτούς τους ανεπιθύμητους ήχους

μπορεί να επιτευχθεί με τον κατάλληλο σχεδιασμό των μικροφώνων. Φυσικά δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η αναισθησία των μικροφώνων δεν έχει καμία σχέση με το αν ένας ήχος είναι επιθυμητός ή όχι αλλά είναι αυστηρά μια λειτουργία της γωνίας υπό την οποία φτάνει ο ήχος στο μικρόφωνο.

- d) **Σύνθετη αντίσταση μικροφώνου:** είναι η ηλεκτρική σύνθετη αντίσταση εξόδου του μικροφώνου και είναι συνδυασμός της ωμικής αντίστασης και της αντίδρασης που εισάγουν η χωρητικότητα και η αυτεπαγωγή του. Τα μικρόφωνα μπορούν να είναι χαμηλής σύνθετης αντίστασης (50-250Ω) ή υψηλής σύνθετης αντίστασης (>20kΩ). Η σύνθετη αντίσταση μετριέται σε Ohm(Ω), και συμβολίζεται με "Z". Συνήθως χρησιμοποιούνται μικρόφωνα με αντιστάσεις εξόδου 50Ω.

Κάθε περιοχή αντίστασης έχει και τα πλεονεκτήματά της. Στο παρελθόν οι υψηλές αντιστάσεις μικροφώνων ήταν λιγότερο ακριβές έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν. Για να χρησιμοποιήσουν μικρόφωνα με χαμηλή αντίσταση χρειαζόντουσαν ακριβούς μετασχηματιστές εισόδου. Όλα τα δυναμικά μικρόφωνα όμως είναι χαμηλής αντίστασης και εκείνα με την υψηλή αντίσταση λειτουργούν με την χρησιμοποίηση ενός ενσωματωμένου μετασχηματιστή αντίστασης.

Ένα μειονέκτημα της υψηλής αντίστασης των μικροφώνων είναι η επιδεκτικότητα της υψηλής αντίστασης της μικροφωνικής γραμμής τους σε ηλεκτροστατικούς θορύβους, αυτό προκαλείται από τα φθορίζοντα φώτα και τα μοτέρ. Αυτό κάνει αναγκαία την χρήση θωρακισμένου καλωδίου.

Πολύ χαμηλής αντίστασης μικρόφωνα (50Ω) έχουν το πλεονέκτημα ότι οι μικροφωνικές τους γραμμές παραμένουν ανεπηρέαστες στην παρεμβολή ηλεκτροστατικών θορύβων. Όμως είναι ευαίσθητα στον προκαλούμενο βόμβο ο οποίος παρεμβάλλεται από ηλεκτρομαγνητικά πεδία, καθώς εκείνα παράγονται από γραμμές συνεχούς ρεύματος.

2.6.1: Απόκριση μικροφώνων σε απότομες μεταβολές

Η απόκριση ενός μικροφώνου στις απότομες μεταβολές (μεταβατική απόκριση) χαρακτηρίζεται από την ευαισθησία του μικροφώνου στο να παρακολουθεί τις απότομες μεταβολές της πίεσης του αέρα. Αυτή μεταξύ άλλων χαρακτηρίζεται και από τη μάζα του διαφράγματος που στα πυκνωτικά είναι περίπου ίση με 1,5mg ενώ στα δυναμικά περίπου 75mg, και από τον συντελεστή απόσβεσης του μετατροπέα. Η διαφορετική απόκριση στις απότομες μεταβολές είναι η κύρια αιτία της διαφοράς στην ποιότητα του ήχου μεταξύ των κύριων τριών τύπων μικροφώνων (πυκνωτικά-δυναμικά-ταινίας).

2.7: Τρόπος συλλογής ηχητικών κυμάτων από τα μικρόφωνα

Σύμφωνα με το σχεδιασμό του ένα μικρόφωνο μπορεί να ταξινομηθεί σαν μονοκατευθυντικό, δικατευθυντικό και πανκατευθυντικό. Με αυτούς λοιπόν τους όρους αναφερόμαστε στον τύπο ευαισθησίας κατευθυντικότητας των μικροφώνων. Ακολουθεί λεπτομερής ανάλυση αυτών.

2.7.1: Μονοκατευθυντικά μικρόφωνα (Unidirectional microphones)

Τα μονοκατευθυντικά μικρόφωνα είναι περισσότερο ευαίσθητα σε ήχους παραγόμενους κατευθείαν μπροστά σε αυτά, στις 0° (on-axis). Αν το μικρόφωνο περιστρέφεται σιγά-σιγά στον εαυτό του, ενώ το διάφραγμα του παραμένει σε μία σταθερή απόσταση από την πηγή ήχου, η στάθμη εξόδου (Level output) θα μειώνεται βαθμιαία, έως ότου το μικρόφωνο έχει κλίση 180° σε σχέση με την πηγή του ήχου. Καθώς το μικρόφωνο εξακολουθεί να περιστρέφεται από 180° μέχρι 360° ή 0° το output level θα αυξηθεί βαθμιαία ξανά. Η ελάττωση της ευαισθησίας στο πίσω μέρος του μικροφώνου είναι το γενικό αποτέλεσμα όλων των παραπάνω και αυτό γίνεται λόγω των πλευρικών ανοιγμάτων. Τα ανοίγματα είναι έτσι διατεταγμένα ώστε οι πίσω παραγόμενοι ήχοι να μπορούν να φτάσουν στο διάφραγμα από δύο μονοπάτια :

- a) Γύρω από το μικρόφωνο και μπροστά από αυτό
- b) Μέσω ενός ανοίγματος και στο πίσω μέρος του διαφράγματος.

Αν τα δύο μονοπάτια είναι του ίδιου μήκους (επομένως χωρίς αλλαγή φάσης) η πίεση στις δύο πλευρές του διαφράγματος θα είναι ίδια προκαλώντας πίεση χωρίς κλίση και έτσι δεν θα έχουμε τάση εξόδου. Από την άλλη πλευρά οι ήχοι που φτάνουν από μπροστά πρέπει να κάνουν μια επιπλέον διαδρομή για να φτάσουν πίσω από το διάφραγμα. Η αλλαγή φάσης δημιουργείται από τη διαφορά στα μήκη των μονοπατιών και δημιουργεί μια ενίσχυση στο on-axis σήμα.

2.7.2: Δικατευθυντικά μικρόφωνα (Bidirectional microphones)

Τα δικατευθυντικά μικρόφωνα είναι εξίσου ευαίσθητα σε παραγόμενους ήχους που φτάνουν κατευθείαν από μπροστά (0°) σε αυτό ή κατευθείαν πίσω (180°). Επίσης είναι ελάχιστα ευαίσθητα σε ήχους που φτάνουν από τα πλάγια (90° και 270°). Το χαρακτηριστικό του δικατευθυντικού μικροφώνου είναι ότι αφήνει και τις δύο πλευρές του διαφράγματος ξεσκεπαστες. Έτσι ο ήχος μπορεί να προσκρούσει επάνω του είτε από μπροστά, είτε πίσω από το διάφραγμα. Αυτός ο τύπος μικροφώνου συχνά αναφέρεται και σαν Pressure Gradient Microphone, διότι η κίνηση του διαφράγματος είναι ανάλογη με την ηχητική πίεση. Αυτό μεταφράζεται σαν την διαφορά στην ακουστική πίεση μεταξύ του μπροστινού και του πίσω μέρους του διαφράγματος. Οι ήχοι που παράγονται στα πλάγια φτάνουν και εμπρός και πίσω την ίδια στιγμή δημιουργώντας μια ακύρωση φάσης και έτσι εξηγείται γιατί αυτός ο τύπος μικροφώνου είναι τόσο ψηλά αναίσθητος στις 90° και 270° .

Μια σπουδαία παρατήρηση είναι η αντιστροφή ηλεκτρικής φάσης μεταξύ του μπροστινού και πίσω μέρους. Για να γίνει κατανοητή η σπουδαιότητα αυτού, θεωρείστε μια στιγμιαία θετική πίεση κύματος να χτυπά το διάφραγμα. Αν το κύμα φτάσει μπροστά από το μικρόφωνο, το διάφραγμα κινείται εμπρός και παράγεται μια θετική τάση. Αν η ίδια στιγμιαία θετική πίεση ήταν να χτυπήσει

ταυτόχρονα στο πίσω μέρος ενός άλλου δικατευθυντικού μικρόφωνα, το διάφραγμα του θα εκκινείτο στην ίδια σχετική κατεύθυνση αλλά αυτή θα ήταν προς την μπροστινή μεριά αυτού του μικροφώνου. Κατά συνέπεια, θα παραγόταν μια αρνητική τάση. Αν η μία εκ των δύο τάσεων σχημάτιζε ένα χρήσιμο ακουστικό σήμα, οι ίσες και αντίθετες πολικότητες τους θα δημιουργούσαν μια ολοκληρωμένη σε περίπτωση κατά την οποία γινόταν συνδυασμός των δύο εξόδων. Με αυτόν τον τρόπο, ένα ολόκληρο ακουστικό σήμα δυο δικατευθυντικών μικροφώνων το οποίο ταυτόχρονα φτάνει μπροστά και πίσω θα μειωνόταν ιδιαίτερα όταν οι έξοδοι των δύο μικροφώνων συνδυάζονταν, κατά την ηχογράφηση και τη μίξη.

Εν τούτοις όταν δύο δικατευθυντικά μικρόφωνα χρησιμοποιούνται, είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη αυτή η αντίστροφη φάση και να βεβαιωθούμε ότι δεν είναι τοποθετημένο το σήμα της πηγής, μεταξύ ενός δικατευθυντικού και μπροστά από ένα άλλο μικρόφωνο είτε δικατευθυντικό είτε όχι. Στην πράξη είναι σπάνια η ολική λέπτυνση του σήματος ειδικά αν οι ατομικές αποκρίσεις συχνοτήτων των μικροφώνων είναι ανόμοιες. Χαρακτηριστικά, ο συνδυασμός εξόδων σήματος οδηγεί σε μια λέπτυνση του ήχου και διαστρεβλώνει την συχνοτική απόκριση. Είναι σαν δύο αποκρίσεις συχνοτήτων να συνδυάζονται αφαιρετικά.

2.7.3: Πανκατευθυντικά μικρόφωνα (Omni-directional microphones)

Το μικρόφωνο το οποίο είναι εξίσου ευαίσθητο σε όλες τις πηγές ήχου ανεξάρτητα από την σχετική τους κατεύθυνση, είναι γνωστό σαν παντοκατευθυντικό. Αποτελείται από ένα διάφραγμα και ένα σφραγισμένο περίβλημα. Συχνά αναφέρεται και σαν (Pressure microphone) διότι ανταποκρίνεται και σε στιγμιαίες μεταβολές της πίεσης του αέρα, οι οποίες προκαλούνται από τα κύματα του ήχου στην περιοχή του διαφράγματος. Αφού το μικρόφωνο δεν έχει δρόμο να προσδιορίσει την θέση των πηγών του ήχου που δημιουργούνται από τις μεταβολές της πίεσης, αντιδρά με ίση ευαισθησία στους ήχους που έρχονται από όλες τις κατευθύνσεις. Το μικρόφωνο προσεγγίζει τα

κατευθυντικά χαρακτηριστικά του αυτιού, το οποίο είναι επίσης ένας παντοκατευθυντικός μετατροπέας. Στην περίπτωση αυτή του αυτιού, το κεφάλι κάποιου είναι σαν ακουστικό φράγμα στους ήχους που φτάνουν από το κέντρο της θέσης του άξονα. Υψηλές συχνότητες, είναι ιδιαίτερα καλύτερα ακουστές από το αυτί κοντά στην πηγή που παράγονται.

2.8: Πολικά διαγράμματα μικροφώνων

Το πολικό διάγραμμα είναι μια απλή παράσταση που αναφέρεται στην ευαισθησία του μικροφώνου σε παραγόμενους ήχους σε διάφορες θέσεις γύρω από αυτό. Αν παρατηρήσουμε ένα πολικό διάγραμμα βλέπουμε ότι υπάρχουν ομόκεντροι κύκλοι βαθμονομημένοι σε dB που δείχνουν την ευαισθησία του μικροφώνου.

*Στο τέλος του κεφαλαίου 2.8 θα δούμε σχηματικά (Σχήμα 2-7) τα πολικά διαγράμματα των μικροφώνων.

2.8.1: Πολικό διάγραμμα μονοκατευθυντικού μικροφώνου

Το πολικό διάγραμμα του μονοκατευθυντικού μικροφώνου διασταυρώνεται με τον ομόκεντρο κύκλο ο οποίος είναι μαρκαρισμένος στα 5dB γύρω στις 100° και πίσω στις 180° μόλις ακουμπάει τον κύκλο των 20dB. Αυτό σημαίνει ότι οι παραγόμενοι ήχοι σε αυτές τις θέσεις θα είναι ελαττωμένοι κατά 5dB και 20dB ανάλογα με τον ίδιο συγκρινόμενο ήχο που παράγεται από μπροστά (on-axis) (0°).

Είναι σημαντικό να κατανοηθεί ότι το πρακτικό μονοκατευθυντικό μικρόφωνο δεν είναι εντελώς κουφό στους ήχους που έρχονται από τις 180° (of-axis). Αυτοί οι ήχοι είναι απλά ελαττωμένοι από έναν ορισμένο αριθμό dB, όπως δείχνει και το πολικό διάγραμμα. Με το σχήμα καρδιάς που μοιάζει το πολικό διάγραμμα, το μονοκατευθυντικό μικρόφωνο είναι γνωστό σαν καρδιοειδές. Είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος μικροφώνου τόσο μέσα στα studios ηχογράφησης όσο και σε ζωντανές παραστάσεις επειδή η πολική απόκριση περιορίζει τον θόρυβο του περιβάλλοντος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε στέρεο διάταξη σε μακρινή απόσταση από την πηγή

διότι δίνει την ακριβή αίσθηση της τοποθεσίας της πηγής. Τα καρδιοειδή μικρόφωνα αποδεικνύονται ιδανικά γιατί μειώνουν την υπερβολική αντήχηση του χώρου, μπορούν να δώσουν έμφαση σε ένα συγκεκριμένο όργανο ή φωνή και μειώσουν το φαινόμενο της ανάδρασης κατά τη χρησιμοποίηση δυο ηχείων στον ίδιο χώρο.

2.8.2: Πολικό διάγραμμα δικατευθυντικού μικροφώνου

Το δικατευθυντικό μικρόφωνο είναι εξίσου ευαίσθητο στους μπροστά ήχους και στους πίσω τόσο καλά όσο είναι σχετικά αναισθητο στους πλάγιους 90° και 270° παραγόμενους ήχους. Το μικρόφωνο αυτό είναι γνωστό και σαν figure of 8 λόγω του σχήματος της καμπύλης απόκρισης του πολικού του διαγράμματός. Αυτά τα μικρόφωνα χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις ηχοληψίας, όπου είναι απαραίτητη η εξάλειψη των ηχητικών σημάτων που οι διευθύνσεις πρόσπτωσής τους σχηματίζουν γωνία 90° με τη διεύθυνση του κύριου άξονα του μικροφώνου.

2.8.3: Πολικό διάγραμμα πανκατευθυντικού μικροφώνου

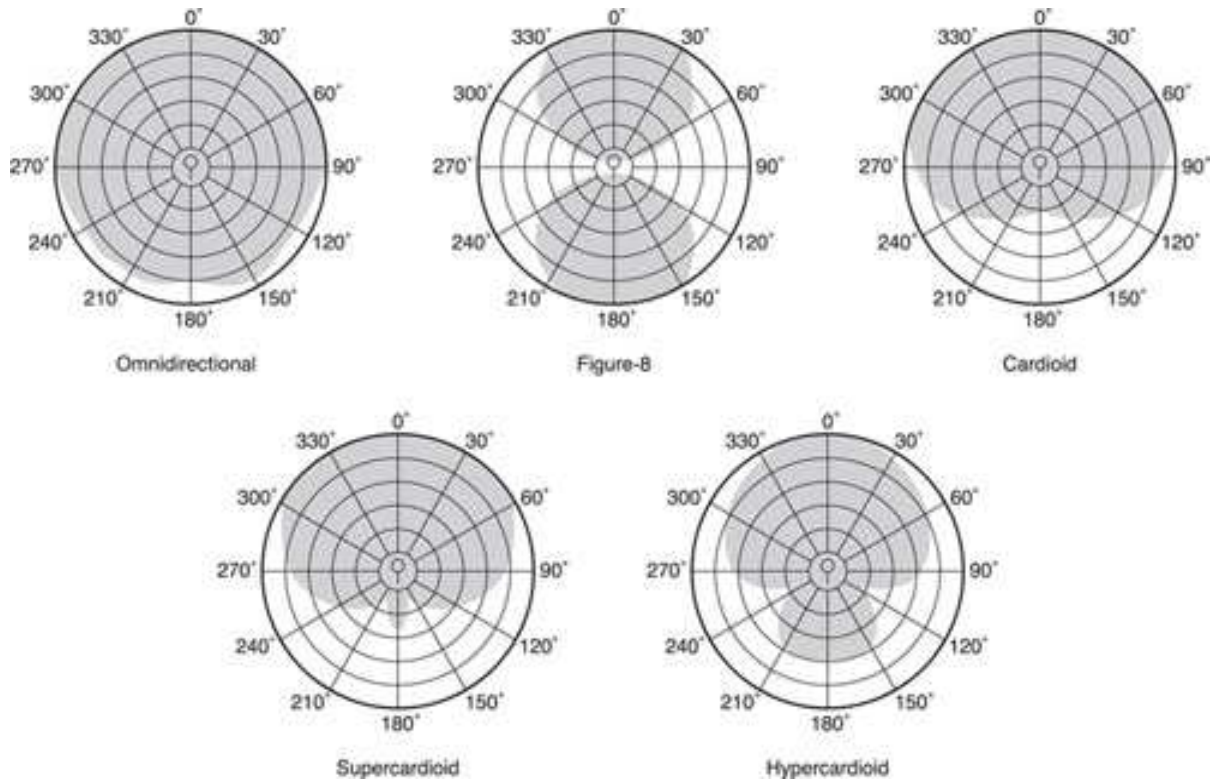
Το πολικό διάγραμμα του πανκατευθυντικού μικροφώνου είναι απλά ένας κύκλος δείχνοντας ότι το μικρόφωνο είναι εξίσου ευαίσθητο σε ήχους ανεξάρτητα από την κατεύθυνση που φθάνουν. Στην πράξη όμως το μικρόφωνο αυτό είναι ικανό να είναι ελαφρώς λιγότερο ευαίσθητο στους πίσω παραγόμενους ήχους. Το αποτέλεσμα είναι σημειωμένο από την ελαφριά ισοπέδωση του διαφράγματος στην περιοχή των 180° , όπως δείχνει το κάτωθι σχήμα. Σημειωτέον δε εδώ το διάφραγμα σχεδόν αγγίζει τον ομόκεντρο κύκλο που είναι σημειωμένο με 5dB. Αυτό σημαίνει ότι το μικρόφωνο είναι κατά 5dB λιγότερο ευαίσθητο στους πίσω παραγόμενους ήχους. Το παντοκατευθυντικό μικρόφωνο παράγει γενικότερα έναν πολύ φυσικό ήχο.

2.8.4: Πολικό διάγραμμα υπερκαρδιοειδούς μικροφώνου (Hyper-cardioid microphone)

Στο υπερκαρδιοειδές μικρόφωνο ο πίσω λοβός είναι περισσότερο διογκωμένος. Είναι πολύ λίγο ευαίσθητο στα πλάγια με αποτέλεσμα να είναι πιο κατευθυντικό από το καρδιοειδές. Είναι πολύ χρήσιμο σε ηχογραφήσεις όπου είναι αναγκαία η απομόνωση κάποιων οργάνων.

2.8.5: Πολικό διάγραμμα σούπερκαρδιοειδούς μικροφώνου (Super-cardioid microphone)

Κάπου μεταξύ του διπλού λοβού του διαγράμματος του figure-8 και του απλού λοβού του καρδιοειδούς, μπορεί να ζωγραφιστεί η σειρά ενός διαμέσου σχεδίου στο οποίο ο πίσω λοβός του figure-8 γίνεται προοδευτικά μικρότερος, ενώ ο μπροστινός λοβός παίρνει καρδιοειδές σχήμα. Αν και πολλά από αυτά τα μικρόφωνα είναι απλώς μαθηματικά μοντέλα πολλά από αυτά τα συναντάμε σε studios. Το σχήμα μας δείχνει ότι το σούπερ-καρδιοειδές πολικό διάγραμμα βρίσκεται συχνά σε υψηλής πιστότητας κατευθυντικά μικρόφωνα. Στο σχήμα, το διάγραμμα του supercardioid είναι πάνω σε φυσικό διάγραμμα καρδιοειδές. Για την επεξήγηση, φαίνεται ότι το supercardioid είναι περισσότερο ευαίσθητο από πίσω αλλά κάπου λιγότερο ευαίσθητο στα πλάγια από ότι το καρδιοειδές. Έχει περιοχές ελάχιστης ευαισθησίας 150° και 210°.



Σχ. 2-7 Πολικά διαγράμματα μικροφώνων

2.9: Παραμόρφωση μικροφώνων

Υπερφόρτωση πυκνωτικού μικροφώνου: από πρακτικής άποψης είναι σχεδόν αδύνατο να παραχθεί ένα επίπεδο ηχητικής πίεσης που θα υπερφορτώσει ένα επαγγελματικής ποιότητας κινητού πηνίου μικρόφωνο. Παλαιότερα τα μικρόφωνα ταινίας μπορούσαν να υπερφορτωθούν (και λογικά να καταστραφούν) από ένα υψηλό επίπεδο ηχητικής πίεσης. Τα περισσότερα σύγχρονα μοντέλα είναι ικανά να αντέξουν περισσότερα επίπεδα ηχητικής πίεσης. Εν τούτοις ένα μικρόφωνο με πολύ υψηλή τάση εξόδου μπορεί να υπερφορτώσει τον προενισχυτή του μικροφώνου στην κονσόλα. Πολλές κονσόλες περιλαμβάνουν έναν διακόπτη ευαισθησίας ο οποίος επιτρέπει στον ηχολήπτη να ελαττώσει κατά 10 ή και περισσότερα dB την μικροφωνική γραμμή για να την προστατέψει από αυτόν τον τύπο υπερφόρτωσης. Σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει ενσωματωμένος διακόπτης όταν

απαιτείται ένα attenuation Pad (ελαττώνει την στάθμη ενός ακουστικού σήματος ηλεκτρονικά) μπορεί να εισαχθεί στη μικροφωνική γραμμή.

Ο ενσωματωμένος προενισχυτής ενός πυκνωτικού μικροφώνου μπορεί και αυτός να υπερφορτωθεί από ένα επίπεδο πολύ υψηλής ηχητικής πίεσης, έτσι για να προστατευθεί το μικρόφωνο από την υπερφόρτωση υπάρχει ένα ενσωματωμένο pad στα περισσότερα πυκνωτικά μικρόφωνα το οποίο μπορεί να ελαττώσει κατά 10 η και 20dB την τάση μεταξύ του διαφράγματος και του προενισχυτή.

2.10: Θόρυβος ανέμου (Wind noise)

Αν και το διάφραγμα ενός μικροφώνου πρέπει οπωσδήποτε να δονηθεί για να παράγει μια τάση εξόδου, μερικές προφυλάξεις πρέπει να παρθούν για να προλάβουμε τις βασικές ανεπιθύμητες δονήσεις που παραμορφώνουν το σήμα εξόδου. π.χ ένα ρεύμα αέρα το οποίο φυσάει κατά μήκος του μικροφώνου θα μπορούσε να δημιουργήσει έναν άλλο θόρυβο καθώς το διάφραγμα δονήθηκε από τον αέρα.

Αν και αυτό είναι δύσκολο να γίνει μέσα στο studio η ανθρώπινη φωνή συχνά παράγει ένα στιγμιαίο ισχυρό ακουστικό κύμα το οποίο παραμορφώνει την έξοδο του μικροφώνου. Ιδιαίτερα οι λέξεις που περιλαμβάνουν “p”, “t” και “ b” μπορεί να δημιουργήσουν ένα ανεπιθύμητο κρότο που αποδίδεται στην μετακίνηση του αέρα δια μέσω του διαφράγματος.

Τα pressure gradient microphones (καρδιοειδή) είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε αυτές τις δονήσεις διότι η διαφορά πίεσης μεταξύ μπροστά και πίσω του διαφράγματος είναι αξιοσημείωτη. Από την άλλη πλευρά το μικρόφωνο πίεσης (με παντοκατευθυντικό διάφραγμα) είναι σφραγισμένο στο πίσω μέρος έτσι το κύμα ήχου είναι λιγότερο πιθανό να δημιουργήσει παραμόρφωση παραγόμενη από τη διαφορά της πίεσης.

2.10.1: Φίλτρα εξωτερικού θορύβου

Για να ελαττώσουμε τους εξωτερικούς θορύβους ένα αντιαναίμιο ή ένα pop-filter μπορεί να τοποθετηθεί πάνω στο μικρόφωνο. Το αντιαναίμιο είναι φτιαγμένο από ένα αφρώδες υλικό με ανοικτούς πόρους το οποίο δεν επηρεάζει την ευαισθησία του μικροφώνου. Από την άλλη πλευρά το αντιαναίμιο εμποδίζει το φύσημα του αέρα που χτυπά το διάφραγμα.

Όταν ένα αντιαναίμιο χρησιμοποιείται σε μικρόφωνο με πίσω εισόδους, είναι σπουδαίο να προστατεύει αυτές τις εισόδους έτσι ώστε η διαφορά πίεσης να ελαττώνεται από το να τονίζεται. Παρακάτω φαίνονται μερικά αντιαναίμια και anti-pop φίλτρα.



Εικόνα 2-1 Anti-pop filter



Εικόνα 2-2 Windshields filter



Εικόνα 2-3 Windshields filter

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΓΙΑ STEREO ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ

3.1: Τεχνικές τοποθέτησης μικροφώνων

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός τεχνικών τοποθέτησης μικροφώνων για ηχογράφιση από ένα μουσικό όργανο και μικρά σύνολα μέχρι μεγάλες χορωδίες και ορχήστρες που χρησιμοποιούν ένα ζευγάρι μικροφώνων ή σε ορισμένες περιπτώσεις, τρία μικρόφωνα. Οι τεχνικές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για ηχογραφήσεις σε εξωτερικούς χώρους, είτε σε studios ή ακόμα και για μια stereo ηχογράφιση ενός μόνο οργάνου όπως μιας ακουστικής κιθάρας, ένα πιάνο ή μια άρπα. Η stereo ηχογράφιση ενός συνόλου μουσικών οργάνων είτε αυτό βρίσκεται σε εσωτερικό χώρο είτε σε εξωτερικό είναι γεμάτη από προβλήματα και συμβιβασμούς διότι εμπλέκονται στην εγγραφή η κακή ακουστική του χώρου, ο εξωτερικός θόρυβος ακόμα και περιορισμός στην τοποθέτηση των μικροφώνων. Η εναλλακτική λύση για να μπορέσουμε να αποφύγουμε τα προβλήματα αυτά είναι να τοποθετήσουμε ένα μικρόφωνο σε κάθε όργανο, φωνή κλπ. Ξεχωριστά. Η επιλογή αυτή δίνει στον μηχανικό ήχου σχεδόν τον πλήρη έλεγχο αφού μπορεί να φέρει σε ισορροπία το κάθε μέσο του συνόλου και να το τοποθετήσει ακριβώς στο σημείο της στερεοφωνικής εικόνας το οποίο θέλει. Ωστόσο ακόμη και αυτή η επιλογή έχει μειονεκτήματα. Η μέθοδος αυτή θα λειτουργήσει αρκετά καλά σε ένα μικρό μουσικό σύνολο. Εάν όμως καλούμαστε να ηχογραφήσουμε ένα μεγάλο αριθμό οργάνων, φωνών κλπ. Τότε τα πράγματα γίνονται πολύ περίπλοκα, ασύμφορα και αισθητικά ανεπαρκές. Παρακάτω θα εξετάσουμε μερικές από τις τεχνικές με ένα ζεύγος μικροφώνων για stereo ηχογράφιση.

3.1.1: Τεχνική X-Y stereo

Η τεχνική X-Y stereo πραγματοποιείτε είτε με ένα ζεύγος καρδιοειδή μικρόφωνα (πάντα ίδιου τύπου και κατασκευαστή), τα οποία είναι τοποθετημένα έτσι ώστε οι κάψες τους να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά μεταξύ τους χωρίς να ακουμπάνε, είτε με ένα στερεοφωνικό μικρόφωνο. Η γωνία μεταξύ τους βρίσκεται στις 90° και

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΓΙΑ STEREO ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ

μπορούμε, εάν θέλουμε να δημιουργήσουμε μια ευρύτερη στερεοφωνική εικόνα να τοποθετήσουμε τις κάψες μέχρι και τις 135° . Τα καρδιοειδή μικρόφωνα είναι πιο ευαίσθητα στον ήχο που έρχεται ακριβώς μπροστά από τις κάψες δηλαδή στον άξονα τους (on axis) και είναι λιγότερο ευαίσθητα σε εκτός άξονα (off axis) ήχους. Με άλλα λόγια το μικρόφωνο “ακούει” με μεγαλύτερη ένταση τον ήχο που προέρχεται από μπροστά του και με μικρότερη ένταση αυτόν που έρχεται από τις πλάγιες πλευρές. Ως εκ τούτου, οι πηγές του ήχου που είναι τοποθετημένες στο κέντρο της γωνίας μεταξύ των δύο μικροφώνων θα εμφανίζονται στο κέντρο της στερεοφωνικής εικόνας ενώ οι πηγές από τις δύο άκρες θα εμφανίζονται περισσότερο στο κάθε μικρόφωνο (κανάλι) που βρίσκεται από την αντίθετη πλευρά (το δεξί μικρόφωνο πιάνει την αριστερή μεριά της σκηνης και το αριστερό μικρόφωνο την δεξιά μεριά αντίστοιχα).



Εικόνα 3.1 Τεχνική X-Y stereo

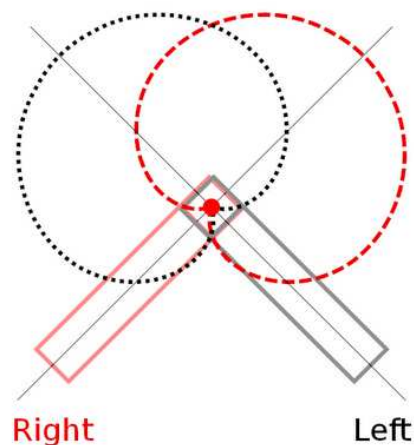
Η X-Y τεχνική γενικά μας δίνει ένα λειτουργικό αλλά και πιο στενό πεδίο, πιο εστιασμένη στερεοφωνική εικόνα από ότι άλλες τεχνικές στέρεο ηχογραφήσεων και υπάρχει συχνά μια πτώση 3dB στο κέντρο της εικόνας. Αυτή η τεχνική θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με μεγάλη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΓΙΑ STEREO ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ

επιτυχία για την ηχογράφηση ενός οργάνου όπως μιας ακουστικής κιθάρας ή ένα πιάνο, αλλά όταν θέλουμε μια ανοιχτή στερεοφωνική και ρεαλιστική εικόνα όπως σε μια ορχήστρα τότε καλό είναι να καταφύγουμε σε άλλη τεχνική τοποθέτησης μικροφώνων.



Εικόνα 3-2 X-Y stereo σε κιθάρα



Σχ. 3-1 Τεχνική X-Y stereo

Εάν αντί για καρδιοειδές μικρόφωνα χρησιμοποιήσουμε μικρόφωνα με πολικό διάγραμμα φιγούρα 8 “figure of 8” τότε περνάμε στην τεχνική Blumlein την οποία θα δούμε αμέσως μετά.

3.1.2: Τεχνική Blumlein ή Stereosonic

Η τεχνική Blumlein είναι από τις πιο διάσημες και ακριβείς ρυθμίσεις για stereo ηχογράφηση. Πήρε το όνομα της από τον εφευρέτη της Alan Blumlein ο οποίος κατοχύρωσε την προσέγγιση του αυτή με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1931 (UK patent 394,325; “Improvements In and Relating to Sound-Transmission, Sound-Recording and Sound-Reproducing Systems”). Ο Blumlein εργαζόταν στη βιομηχανία του κινηματογράφου στη δεκαετία του 1930 και ήθελε μια καλή και ακριβή στερεοφωνική εικόνα ήχου των ταινιών. Λόγω του σχεδιασμού των μικροφώνων τότε, ο Allan Blumlein δούλευε με μικρόφωνα ταινίας (ribbon mics) που είχαν πολικό διάγραμμα τη φιγούρα 8 (figure of 8) και τότε ανακάλυψε ότι, εάν δύο μικρόφωνα figure of 8 τοποθετηθούν σε ορθή γωνία μεταξύ τους και όσο το δυνατόν πιο κοντά το διάφραγμα του ενός στο διάφραγμα του άλλου τότε θα έχουμε μια πολύ ρεαλιστική εικόνα stereo.

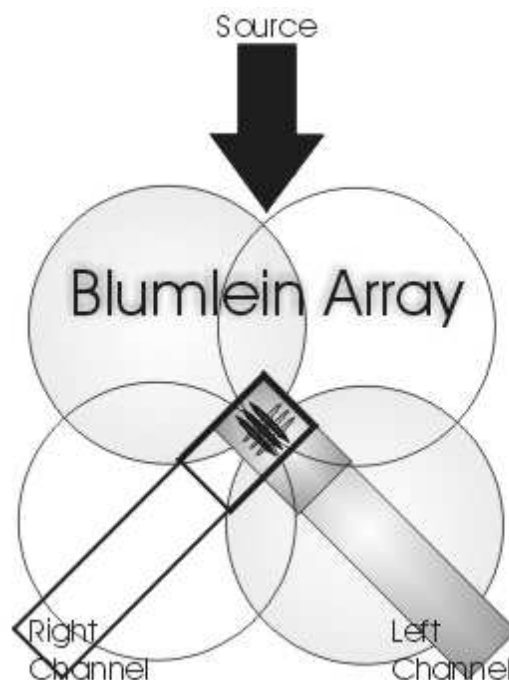
Η απόσταση των μικροφώνων από την ορχήστρα συνήθως είναι η μισή απόσταση του συνολικού πλάτους της. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ακριβή εντύπωση του πλάτους και του βάθους της ορχήστρας. Οι μπροστινοί λοβοί των μικροφώνων παράγουν μία πολύ καλή στερεοφωνική εικόνα αφού το ένα μικρόφωνο είναι στραμμένο προς τα δεξιά της ορχήστρας και το άλλο προς τα αριστερά σχηματίζοντας ορθή γωνία μεταξύ τους, η μέση περιοχή καλύπτεται και από τα δύο μικρόφωνα. Οι πίσω λοβοί των μικροφώνων λαμβάνουν όλες τις ανακλάσεις προσφέροντας μια πιστή αναπαραγωγή του φυσικού χώρου, αυτό σημαίνει ότι παίζει πάρα πολύ μεγάλο ρόλο στην ποιότητα της τελικής ηχογράφησης η ακουστική ποιότητα του. Τα ακουστικά χαρακτηριστικά του κάθε χώρου στον οποίο γίνεται η ηχογράφηση θα μας δίνουν πάντα ένα ξεχωριστό ηχόχρωμα στο τελικό αποτέλεσμα. Εφόσον στην τεχνική Blumlein τοποθετήσουμε στην στερεοφωνική εικόνα (pan - rod) τα δύο κανάλια τέρμα δεξιά και τέρμα αριστερά αντίστοιχα δεν θα έχουμε σοβαρά προβλήματα με ακύρωση σήματος από ανάστροφη πολικότητα, παρ’ όλα αυτά κάποιες φορές, οι ανακλάσεις μπορεί να έχουν αρνητικά αποτελέσματα ιδίως όταν ο χώρος είναι πολύ “ζωηρός”. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την ακύρωση κάποιων συχνοτήτων του βασικού σήματος, γι’ αυτό χρειάζεται πολύ μεγάλη προσοχή ως προς την τοποθέτηση των μικροφώνων καθώς και τη μίξη των σημάτων τους.

Όλοι οι χώροι δεν είναι κατάλληλοι γι’ αυτήν την τεχνική με μικρόφωνα figure of 8. Για παράδειγμα σε ένα χώρο στενό με πολλές

ανακλάσεις ίσως να είναι απαγορευτικό να χρησιμοποιήσουμε τέτοιου είδους μικρόφωνα. Σε μια τέτοια περίπτωση θα ήταν καλό να πάμε στην τεχνική X-Y stereo (την οποία είδαμε παραπάνω) και είναι παρόμοια με την τεχνική Blumlein, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιεί καρδιοειδή μικρόφωνα τα οποία θα ελαχιστοποιήσουν τις ανακλάσεις.



Εικόνα 3-3 Τεχνική Blumlein



Σχ. 3-2 Blumlein Array

3.1.3: ΤΕΧΝΙΚΗ MID-SIDE (M-S)

Άλλη μία ευρεσιτεχνία του Allan Blumlein είναι και η τεχνική Mid-Side. Την τεχνική αυτή την κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1933 και τη χρησιμοποίησε για μερικές από τις πρώτες στερεοφωνικές ηχογραφήσεις.

Για την Mid-Side τεχνική χρησιμοποιούμε δύο διαφορετικά μικρόφωνα ή δύο παρόμοια μικρόφωνα αλλά με διαφορετικά πολικά διαγράμματα. Το Mid μικρόφωνο είναι για να λαμβάνει ήχους από το

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΓΙΑ STEREO ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ

κέντρο της πηγής ήχου και συνήθως το μικρόφωνο αυτό είναι καρδιοειδές ή υπέρ-καρδιοειδές. Το Side μικρόφωνο είναι figure of 8 και τοποθετείτε στις 90° εκτός άξονα από την πηγή του ήχου. Και τα δύο μικρόφωνα θα πρέπει να τοποθετηθούν όσο το δυνατόν πιο κοντά μεταξύ τους το ένα πάνω στο άλλο.



Εικόνα 3-4 Τεχνική MID-SIDE (M-S)

Η τεχνική Mid-Side εκ πρώτης όψεως φαίνεται περίπλοκη αλλά στην πραγματικότητα είναι πολλή απλή. Η ιδέα είναι ότι το Mid μικρόφωνο λειτουργεί ως κεντρικό κανάλι, ενώ το κανάλι του Side μικροφώνου δημιουργεί ατμόσφαιρα και κατευθυντικότητα προσθέτοντας ή αφαιρώντας στοιχεία από τις δύο πλευρές. Το μικρόφωνο Side που είναι figure of 8 και τοποθετείτε στις 90° από την πηγή, προσθέτει τον ήχο που έρχεται από αριστερά και δεξιά. Δεδομένου ότι το μικρόφωνο είναι figure of 8 (σχήματος 8) οι δύο πλευρές του είναι 180° εκτός φάσης. Δηλαδή, ένα θετικό φορτίο στην

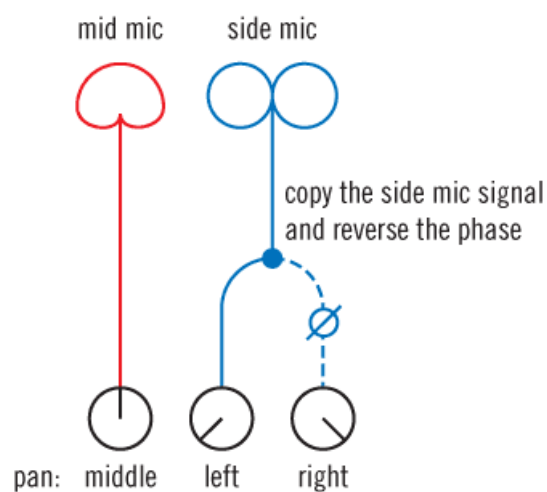
μία πλευρά του διαφράγματος του μικροφώνου δημιουργεί ένα αρνητικό φορτίο ίσο προς την άλλη πλευρά. Ωστόσο για να ακουστεί μια σωστή, πιστή στερεοφωνική εικόνα τα κανάλια πρέπει να τοποθετηθούν στην στερεοφωνική εικόνα με Pan-Rod αριστερά και δεξιά για το figure of 8 μικρόφωνο και στο κέντρο το Mid μικρόφωνο που είναι συνήθως καρδιά. Έχουν καταγραφεί όμως μόνο δύο κανάλια ήχου (το Mid και το Side), γι' αυτό το επόμενο βήμα είναι να χωρίσει το σήμα Side σε δύο ξεχωριστά κανάλια. Αυτό μπορεί να γίνει είτε στο λογισμικό DAW ή φέρνοντας το σήμα σε δύο κανάλια και αντιστρέφοντας τη φάση του ενός από αυτά. Τοποθετούμε τώρα με Pan – Rod το αριστερό κανάλι τέρμα αριστερά και το δεξί τέρμα δεξιά αντίστοιχα. Τα προκύπτοντα δύο κανάλια αντιπροσωπεύουν ακριβώς αυτό που και οι δύο πλευρές του figure of 8 μικροφώνου λάμβαναν.

Τώρα έχουμε τρία ηχογραφημένα κανάλια, ένα για το Mid μικρόφωνο και δύο για το Side. Μόλις αυτά τα τρία κανάλια έρθουν σε ισορροπία τότε θα έχουμε δημιουργήσει την στερεοφωνική εικόνα που θέλουμε.

Έτσι στην στερεοφωνική εικόνα θα έχουμε:

Mid + (+Side) = Αριστερό κανάλι

Mid + (-Side) = Δεξί κανάλι



Σχ. 3-3 Δημιουργία στερεοφωνικής εικόνας M-S

Τώρα, αν ακούσουμε μόνο το Mid κανάλι, μπορούμε να πάρουμε ένα μονοφωνικό σήμα. Όσο προσθέτουμε και τα δύο κανάλια που δημιουργήσαμε από το Side μικρόφωνο θα “απλώνουμε” τη στερεοφωνική εικόνα.

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της καταγραφής Mid – Side είναι η ευελιξία που παρέχει. Δεδομένου ότι η στερεοφωνική εικόνα εξαρτάται άμεσα από την ποσότητα του σήματος του Side μικροφώνου, η αύξηση ή η μείωση της αναλογίας του σήματος του θα δημιουργήσει μια ευρύτερη ή στενότερη στερεοφωνική εικόνα. Το αποτέλεσμα είναι ότι μπορούμε να αλλάξουμε τον ήχο της στερεοφωνικής εγγραφής μας αφού έχει ήδη καταγραφεί, κάτι που θα ήταν αδύνατο με την X-Y τεχνική.

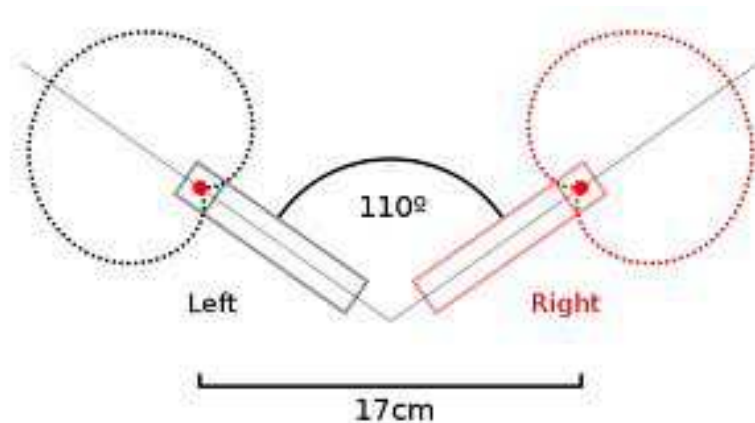
3.1.4: Τεχνική ORTF

Η ORTF τεχνική πείρε το όνομα της τη δεκαετία του 1960 από μία ραδιοφωνική εκπομπή της γαλλικής τηλεόρασης και ραδιοφώνου που την επινόησε και προέρχεται από τις λέξεις Office de Radiodiffusion-Television Francaise. Θεωρείται μια binaural τεχνική γιατί έχει ως στόχο να αποκριθεί στον ήχο όπως και τα αυτιά του ανθρώπου.

Στην ORTF τεχνική δύο πυκνωτικά καρδιοειδή μικρόφωνα (ζεύγος) τοποθετούνται σε γωνία 110° με τις κάψες σε απόσταση 17cm. Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε την τοποθέτηση των μικροφώνων.



Εικόνα 3-5 Τεχνική ORTF



Σχ. 3-4 Τεχνική ORTF

Η απόσταση που βρίσκονται τα μικρόφωνα το ένα από το άλλο (17cm) προσεγγίζει την απόσταση ανάμεσα στα αυτιά ενός ανθρώπου, και συμβάλει στην αύξηση του ρεαλισμού της στερεοφωνικής εικόνας, ενώ παράλληλα χρησιμοποιώντας καρδιοειδή μικρόφωνα λαμβάνει λιγότερο θόρυβο περιβάλλοντος και έχει μικρότερες επιπτώσεις από τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντα ήχου.

Ένα πλεονέκτημα της ORTF τεχνικής έναντι της X-Y τεχνικής που είναι παρόμοια, είναι ότι στην X-Y οι κάψες τοποθετούνται όσο το δυνατόν πιο κοντά η μία στην άλλη με αποτέλεσμα ανεξάρτητα από την κατεύθυνση που έρχεται ο ήχος να φτάνει στις δύο κάψες σχεδόν την ίδια στιγμή ενώ στην ORTF τεχνική η απόσταση που έχουν μεταξύ τους τα μικρόφωνα σημαίνει ότι ο ήχος θα φτάσει στο ένα μικρόφωνο μερικά κλάσματα του δευτερολέπτου αργότερα απ' ό τι στο άλλο ανάλογα με τη θέση της πηγής του ήχου. Αυτή η διαφορά στον χρόνο άφιξης του σήματος είναι η διαφορά μέσω της οποίας τα αυτιά μας αντιλαμβάνονται την κατεύθυνση του ήχου.

3.1.5: Τεχνική NOS

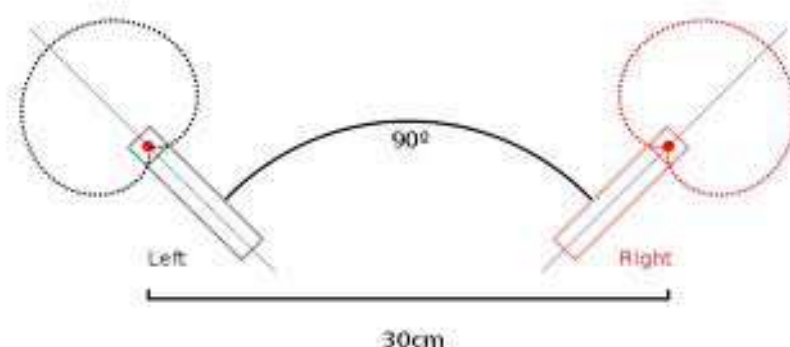
Η τεχνική NOS (Nederlandse Omroep Stichting) αναπτύχθηκε από το Ολλανδικό Ίδρυμα Ραδιοφωνίας "Broadcasting". Είναι παρόμοια με

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΓΙΑ STEREO ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ

την τεχνική ORTF και χρησιμοποιεί δύο πυκνωτικά καρδιοειδή μικρόφωνα σε απόσταση 30cm και σε γωνία 90° για να δημιουργήσει μια στερεοφωνική εικόνα, δηλαδή έναν συνδυασμό διαφοράς επιπέδου στερεοφωνίας και διαφοράς χρόνου στερεοφωνίας. Η τεχνική αυτή παρέχει μια παρόμοια στερεοφωνική εικόνα με την ORTF και αποδεκτή συμβατότητα mono. Η NOS τεχνική είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται σε μικρά σύνολα, σε ένα τμήμα μιας ορχήστρας ή σε ένα πιάνο κτλ. Η γωνία που χρησιμοποιείται είναι φυσιολογική για στερεοφωνική ηχογράφιση αλλά σε κάθε περίπτωση η απόσταση 30cm είναι μεγαλύτερη από κάθε ανθρώπινο κεφάλι.



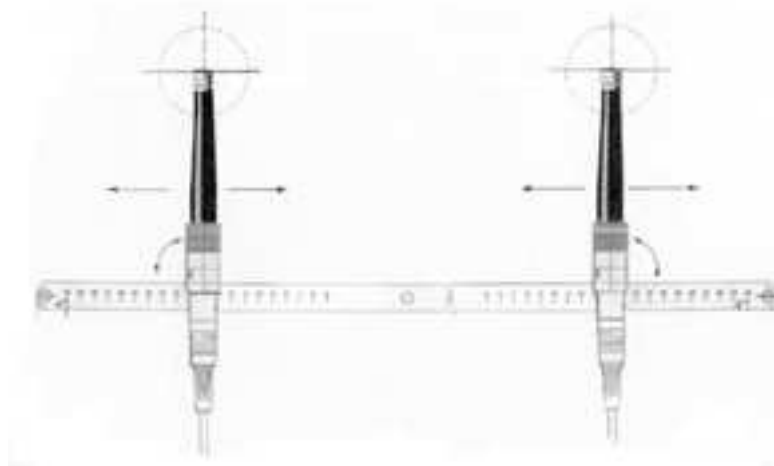
Εικόνα 3-6 Τεχνική NOS σε πιάνο



Σχ. 3-5 Τεχνική NOS

3.1.6: Τεχνική A-B

Η A-B στερεοφωνική τεχνική που είναι γνωστή και ως τεχνική διαφοράς χρόνου, χρησιμοποιεί δύο παντοκατευθυντικά ή και καρδιοειδή μικρόφωνα για να δημιουργήσει μια στερεοφωνική εικόνα. Τα μικρόφωνα τοποθετούνται σε κάποια απόσταση μεταξύ τους και κοιτάνε ευθεία μπροστά.



Σχ. 3-6 Τεχνική A-B

Η απόσταση των μικροφώνων εισάγει μικρές διαφορές στις πληροφορίες του χρόνου που φθάνουν τα σήματα και στα πλάτη τους ανάλογα με τις κατευθύνσεις των πηγών ήχου. Τις διαφορές αυτές τις εντοπίζει το ανθρώπινο αυτί και τις χρησιμοποιεί για να συλλάβει το χώρο και την κατεύθυνση των σημάτων. Με τον τρόπο αυτό δημιουργεί την στερεοφωνική εικόνα.

Μια σημαντική παράμετρος κατά την τοποθέτηση των μικροφώνων για A-B στερεοφωνική εγγραφή είναι η απόσταση μεταξύ των δύο μικροφώνων. Σε μια απόσταση περίπου 50cm η χρονική καθυστέρηση για ένα σήμα που φθάνει στο πρώτο μικρόφωνο (από τη δική του μεριά) και έπειτα στο δεύτερο είναι περίπου 1,5ms (1 έως 2ms).

3.1.7: Τεχνική Binaural

Η αρχή της binaural ηχογράφησης είναι να αναπαράγει τον τρόπο που τα αυτιά μας συλλαμβάνουν τους ήχους.

Η binaural ηχογράφηση είναι μια βασική τεχνική δύο μικροφώνων (ζεύγος) σε απόσταση. Λειτουργεί πολύ αποτελεσματικά όταν ακούσουμε το αποτέλεσμα μέσα από ακουστικά.

Τα αυτιά μας έχουν ένα ημισφαιρικό πολικό διάγραμμα αφού ανάμεσα τους υπάρχει ένα μεγάλο εμπόδιο, το κρανίο. Αυτό δημιουργεί σκιές και χρονικές διαφορές ανάμεσα στα δύο αυτιά, έτσι μια binaural τεχνική εγγραφής πρέπει να αναπαράγει αυτές τις ενέργειες. Ο ευκολότερος τρόπος να το πετύχουμε είναι να τοποθετήσουμε δύο πανκατευθυντικά μικρόφωνα στα αυτιά ενός “κρανίου”.



Εικόνα 3-7 Κεφάλι κούκλα με για την binaural τεχνική

Μια πιο πρακτική μέθοδος είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα Jecklin Disc (Εικόνα 3-8), το οποίο μιμείται τις θεμελιώδεις πτυχές ακουστικής του μέσου όρου της κεφαλής. Ένας τέτοιος δίσκος μπορεί επίσης να γίνει από Perspex ή κόντρα πλακέ, τυπικά περίπου 25-30

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΓΙΑ STEREO ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ

εκατοστά σε διάμετρο, με δυο σημεία στήριξης αριστερά και δεξιά για να τοποθετηθούν τα μικρόφωνα. Η επιφάνεια του δίσκου θα πρέπει να καλύπτεται με κάποιο είδος απορροφητικού υλικού για να αποφευχθούν οι αντανάκλασεις από την επιφάνεια του δίσκου στα μικρόφωνα και οι κάψες των μικροφώνων θα πρέπει να τοποθετηθούν σε περίπου 15-18 εκατοστά απόσταση μεταξύ τους.



Εικόνα 3-8 Jecklin Disk για την binaural τεχνική

Ο τρόπος λειτουργίας είναι ότι τα μικρόφωνα στην ουσία είναι τα αυτιά μας και ο δίσκος παρέχει τα ηχητικά φαινόμενα σκίασης του κεφαλιού. Έτσι η όλη τεχνική θα πρέπει να είναι σε θέση να συλλάβει τα σήματα στα μικρόφωνα του δίσκου και να τα αναπαράγει απευθείας στα αυτιά μας.

Ακούγοντας μία τέτοια ηχογράφιση σε ένα ζευγάρι ακουστικά είναι μία πολύ καλή ακουστική εμπειρία.

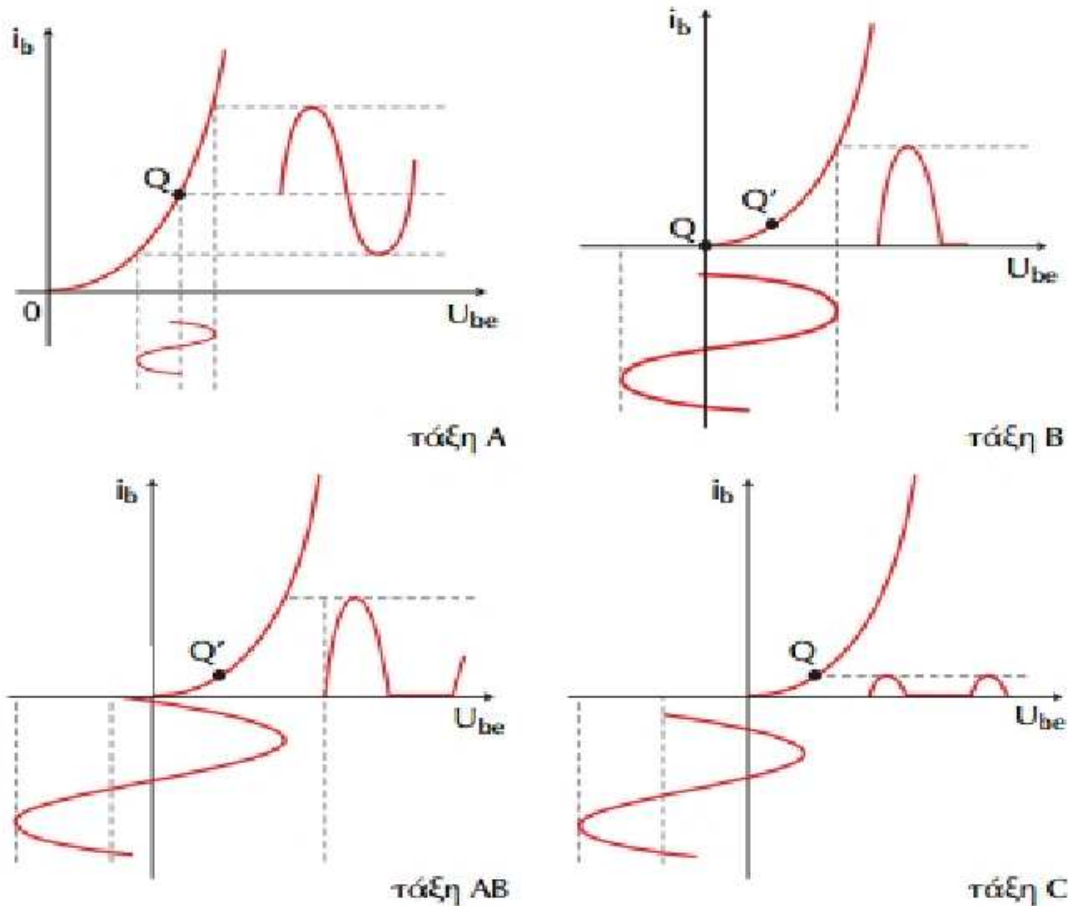
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΘΕΩΡΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ

4.1: Ταξινόμηση των ενισχυτών

Με στόχο τη διαφοροποίηση (αύξηση) της απόδοσης οι ενισχυτές λειτουργούν και ταξινομούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες ή τάξεις, ανάλογα με τον τρόπο πόλωσης του τρανζίστορ. Οι τάξεις αυτές είναι η τάξη A, η τάξη B και η τάξη C. Μερικές φορές, όμως, ένας ενισχυτής σχεδιάζεται να λειτουργεί σε κάποια ενδιάμεση τάξη μεταξύ της A και B, η οποία ονομάζεται τάξη AB.

Στον ενισχυτή τάξης A, ρεύμα κυκλοφορεί σ' όλη τη διάρκεια του κύκλου εναλλαγής (δηλ. κατά τις 360°) του σήματος εισόδου, όπως δείχνει το Σχ. 4-1. Στην τάξη A το σημείο λειτουργίας Q βρίσκεται στο μέσο του γραμμικού τμήματος της χαρακτηριστικής εισόδου. Μ' αυτόν τον τρόπο το ac σήμα βάσης-εκπομπού δημιουργεί έναν πλήρη κύκλο του ρεύματος βάσης και επομένως και του ρεύματος συλλέκτη.

Στον ενισχυτή τάξης B, το σημείο λειτουργίας Q είναι στο 0 (μηδέν), σε τέτοια θέση ώστε το ρεύμα βάσης άρα και συλλέκτη να κυκλοφορεί στο μισό (δηλ. στις 180°) του κύκλου εναλλαγής της τάσης εισόδου, όπως δείχνει το Σχ.4-1. Αν, όμως, πολώσουμε τον ενισχυτή στο σημείο Q', ώστε να αποφύγουμε το ισχυρά μη-γραμμικό τμήμα της χαρακτηριστικής εισόδου, έχουμε λειτουργία σε τάξη AB. Στην τάξη αυτή, το ρεύμα βάσης-συλλέκτη, κυκλοφορεί σε περισσότερο από 180° και λιγότερο από 360° του κύκλου του σήματος εισόδου.



Σχ. 4-1 Οι διάφορες τάξεις λειτουργίας ενισχυτών (A, B, AB, C), ανάλογα με την πόλωση του τρανζίστορ

Τέλος, στον ενισχυτή τάξης C το σημείο λειτουργίας είναι σε τέτοια θέση, όπως δείχνει το Σχ. 4-1, ώστε το ρεύμα βάσης άρα και του συλλέκτη να κυκλοφορεί λιγότερο από 180° του κύκλου του σήματος εισόδου.

Οι ενισχυτές τάξης A βρίσκουν εφαρμογές στους ενισχυτές τάσης χαμηλού σήματος και στους ενισχυτές χαμηλής ισχύος, οι οποίοι χρησιμοποιούν ένα μόνο ενισχυτή στη βαθμίδα εξόδου.

Στους ενισχυτές τάξης B σπάνια χρησιμοποιείται ένα μόνο τρανζίστορ ιδίως στους ενισχυτές ακουστικών συχνοτήτων, εξαιτίας της αυξημένης παραμόρφωσης που δημιουργείται. Συνήθως χρησιμοποιούνται δυο τρανζίστορ σε συνδεσμολογία push-pull.

Με τη συνδεσμολογία αυτή, όπως θα δούμε, αφενός εξαλείφουμε την παραμόρφωση και αφετέρου αυξάνουμε τη μέγιστη ισχύ.

Τέλος, σημειώνουμε, ότι οι ενισχυτές σε τάξη C χρησιμοποιούνται κυρίως στη βαθμίδα εξόδου των πομπών και των δεκτών στην περιοχή των ραδιοφωνικών συχνοτήτων RF. Το φορτίο τους είναι συντονισμένο κύκλωμα για να δίνουν στην έξοδο τους ημιτονικό σήμα χωρίς παραμόρφωση.

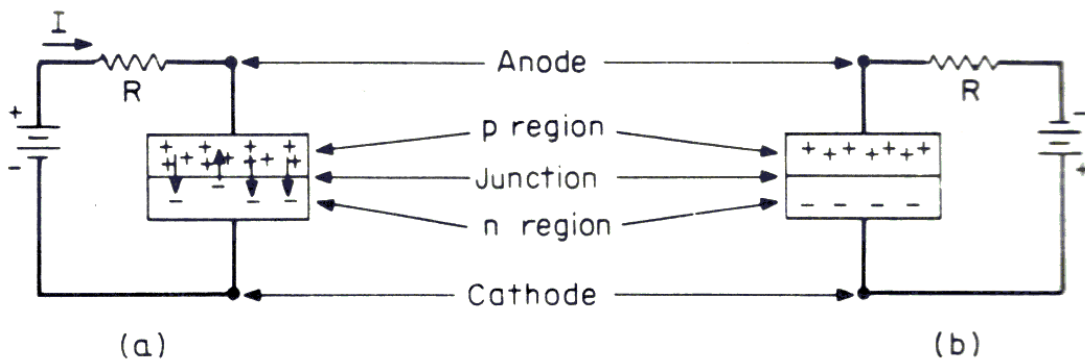
4.2: Πως επιτυγχάνουμε μεγάλη σύνθετη αντίσταση εισόδου στον προενισχυτή πυκνωτικού μικροφώνου

Το μικρόφωνο πυκνωτή είναι χωρητικό και έτσι έχει μεγάλη σύνθετη αντίσταση που ελαττώνεται όταν αυξάνει η συχνότητα. Η ανεπαρκής σύνθετη αντίσταση εισόδου προενισχυτή προκαλεί πτώση της απόκρισης σε χαμηλή συχνότητα. Η απαιτούμενη μεγάλη σύνθετη αντίσταση εισόδου επιτυγχάνεται με (1) ένα FET, (2) την σύνδεση ακόλουθου εκπομπού σε τρανζίστορ, (3) αντίσταση σε σειρά με την είσοδο συνδεσμολογίας κοινού εκπομπού ή (4) με μία αντίσταση εκπομπού χωρίς παράκαμψη σε βαθμίδα κοινού εκπομπού.

4.3: Τρανζίστορ και JFET

4.3.1: Επαφές με πόλωση κατά την Ορθή και κατά την Ανάδρομη φορά

Στο Σχ. 4-2. Φαίνεται μια δίοδος και στις δύο συνθήκες ορθής και ανάδρομης πόλωσης. Στο Σχ. 4-2 τα ηλεκτρόνια έλκονται σε περιοχή με θετικότερη τάση που βρίσκεται αμέσως μετά την επαφή. Με τον ίδιο τρόπο οι οπές (θετικό φορτίο) θα κινούνται μετά την επαφή προς την κάθοδο. Έτσι θα υπάρχει μεγάλη ροή φορτίου κατά μήκος της επαφής όταν εφαρμόζεται μικρή τάση περίπου μόλις 0.1V για το γερμάνιο και 0.6V για το πυρίτιο.



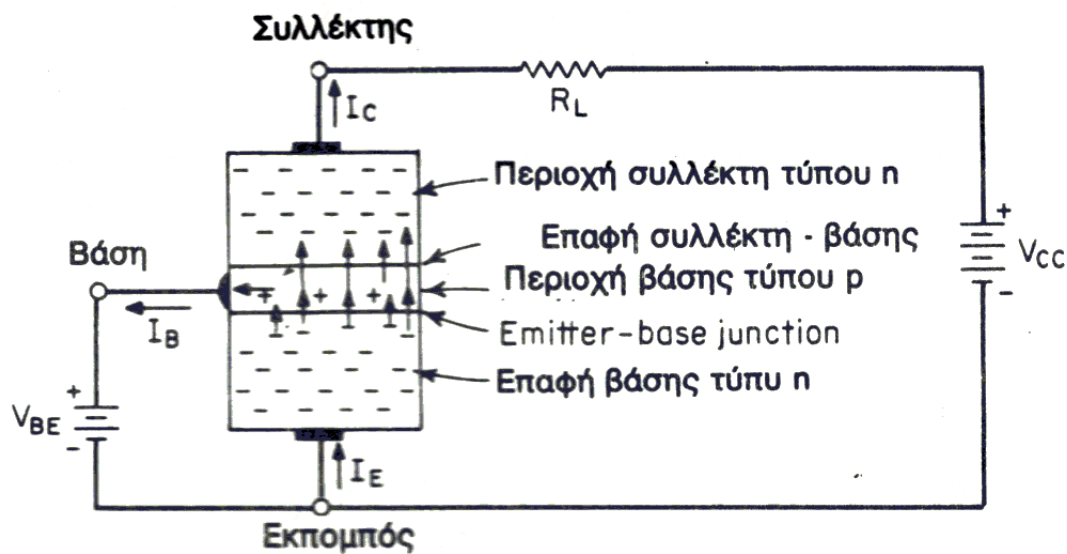
Σχ. 4-2 Δίοδος επαφής PN ή ανορθωτής. (α) Ορθή πόλωση. (β) Ανάδρομη πόλωση

Στο Σχ. 4-2 τα ηλεκτρόνια στην περιοχή “n” βλέπουν ένα αρνητικότερο δυναμικό αμέσως μετά τη επαφή που τα απωθεί από την επαφή. Με τον ίδιο τρόπο οι οπές στην περιοχή “p” απωθούνται από την περιοχή κοντά στην επαφή εξαιτίας της θετικότερα πολωμένης περιοχής “n”. Η περιοχή όπου δε υπάρχουν φορείς παριστάνει το διηλεκτρικό της αντίστοιχης χωρητικότητας της διόδου. Η χωρητικότητα αυτή ελαττώνεται επειδή το στρώμα εκκένωσης γίνεται πλατύτερο καθώς αυξάνει η αντίστροφη τάση της επαφής.

4.3.2: Βασική πόλωση και αγωγή του Τρανζίστορ

Σε εφαρμογές ενισχυτών με τρανζίστορ η επαφή συλλέκτη-βάσης έχει πάντοτε ανάστροφη πόλωση και σε λειτουργία τάξης A η επαφή εκπομπού-βάσης έχει πάντοτε ορθή πόλωση. Στην τάξη B η επαφή εκπομπού-βάσης λειτουργεί με μηδενική ή ανάστροφη πόλωση για χρονικά διαστήματα μισής περιόδου. Επειδή στο Σχ. 4-3 η επαφή εκπομπού-βάσης έχει ορθή πόλωση από την V_{BE} , τα ηλεκτρόνια θα κινούνται από την περιοχή εκπομπού κατά μήκος της επαφής με ορθή πόλωση προς την περιοχή βάσης. Διαχέονται μέσω της στενής περιοχής βάσης μέχρι να επηρεασθούν από μια βαθμίδα τάσης καθώς πλησιάζουν προς την επαφή συλλέκτη βάσης. Κινούνται μέσω της επαφής συλλέκτη-βάσης μέσα στην περιοχή συλλέκτη. Η επαφή εκπομπού-βάσης λειτουργεί με τρόπο παρόμοιο με τον τρόπο λειτουργίας μιας διόδου με ορθή πόλωση και η επαφή συλλέκτη βάσης

είναι παρόμοια με μια δίοδο με ανάστροφη πόλωση. Στο Σχ. 4-3 τα βέλη δείχνουν την κατεύθυνση κίνησης των ηλεκτρονίων. Η κατεύθυνση της συμβατικής ροής του ρεύματος (αγωγή οπών) θα είναι προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η τιμή του ρεύματος συλλέκτη (I_C) στο φορτίο (RL) ελέγχεται από το δυναμικό V_{BE} , επειδή όταν αυξάνεται η V_{BE} αυξάνεται η αγωγιμότητα στα άκρα της επαφής εκπομπού βάσης. Ο λόγος της μεταβολής του ρεύματος συλλέκτη προς την μεταβολή του ρεύματος βάσης είναι η διαγωγιμότητα. Ο λόγος του ρεύματος συλλέκτη προς το ρεύμα βάσης είναι γνωστός σαν απολαβή ρεύματος dc του τρανζίστορ ($h_{FE}=I_C/I_B$). Η σύνθετη αντίσταση εισόδου του τρανζίστορ στην βάση (Σχ. 4-3) είναι μικρή επειδή βλέπουμε προς επαφή με ορθή πόλωση, ενώ η σύνθετη αντίσταση εξόδου στον συλλέκτη είναι μεγάλη λόγω επαφής συλλέκτη με ανάστροφη πόλωση.



Σημείωση: Για ευκολία φαίνονται μόνον τα ελεύθερα ηλεκτρόνια και οι οπές

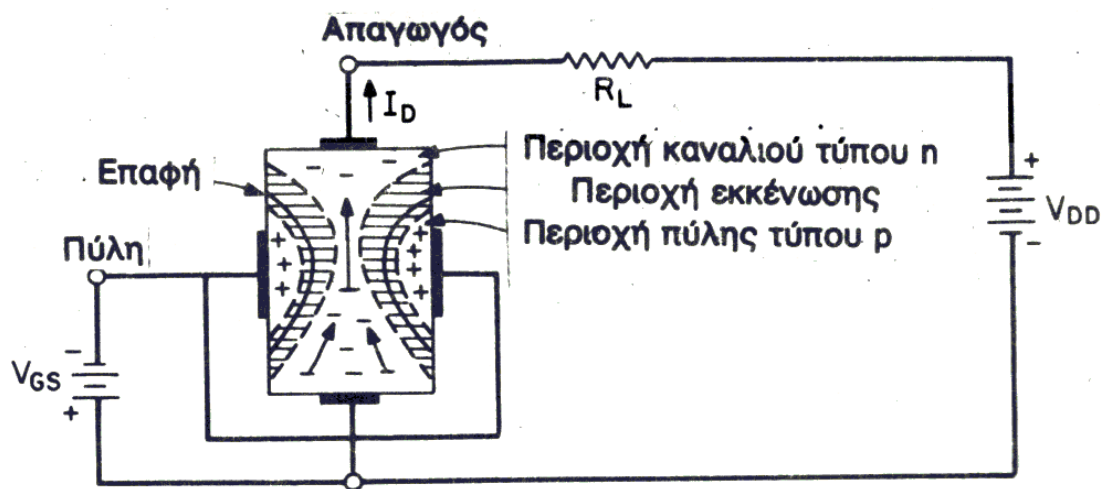
Σχ. 4-3 Αγωγή σε τρανζίστορ με επαφή npn

Η αρχή λειτουργίας των τρανζίστορ npn είναι παρόμοια με την αρχή λειτουργίας των τρανζίστορ pnp εκτός από το ότι οι οπές (+) είναι οι φορείς από τον εκπομπό προς τον συλλέκτη και ότι τα τροφοδοτικά

τάσης πόλωσης θα έχουν αντίθετες πολικότητες από τα τροφοδοτικά τάσης που χρησιμοποιούνται στα τρανζίστορ ηρη.

4.3.3: Πόλωση και αγωγή του Τρανζίστορ φαινομένου πεδίου (Field-Effect Transistor, FET).

Το FET επαφής, που φαίνεται στο Σχ. 4-4, έχει ένα αγωγίμο κανάλι μεταξύ της πηγής και του απαγωγού. Η αγωγιμότητα του καναλιού διαμορφώνεται από ένα ηλεκτρικό πεδίο που επιδρά σε ορθές γωνίες με το κανάλι, απ' όπου βγαίνει και ο όρος *τρανζίστορ φαινομένου πεδίου*. Το ηλεκτρικό πεδίο δημιουργείται αν εφαρμοσθεί παράλληλα προς την επαφή ή τις επαφές μια ανάστροφη πόλωση, όπως φαίνεται στο Σχ. 4-4. Το πλάτος της περιοχής εκκένωσης (περιοχής που δεν περιέχει ελεύθερους φορείς) αυξάνει καθώς αυξάνει η ανάστροφη τάση επαφής πύλης-καναλιού. Το γεγονός αυτό ελαττώνει την αγωγιμότητα του καναλιού και όταν η ανάστροφη πόλωση γίνει αρκετά μεγάλη ώστε να προκαλέσει συνάντηση των δύο στρωμάτων εκκένωσης, το κανάλι "αποκόπτεται" και η αγωγιμότητα μεταξύ πηγής και απαγωγού ουσιαστικά πέφτει στο μηδέν.

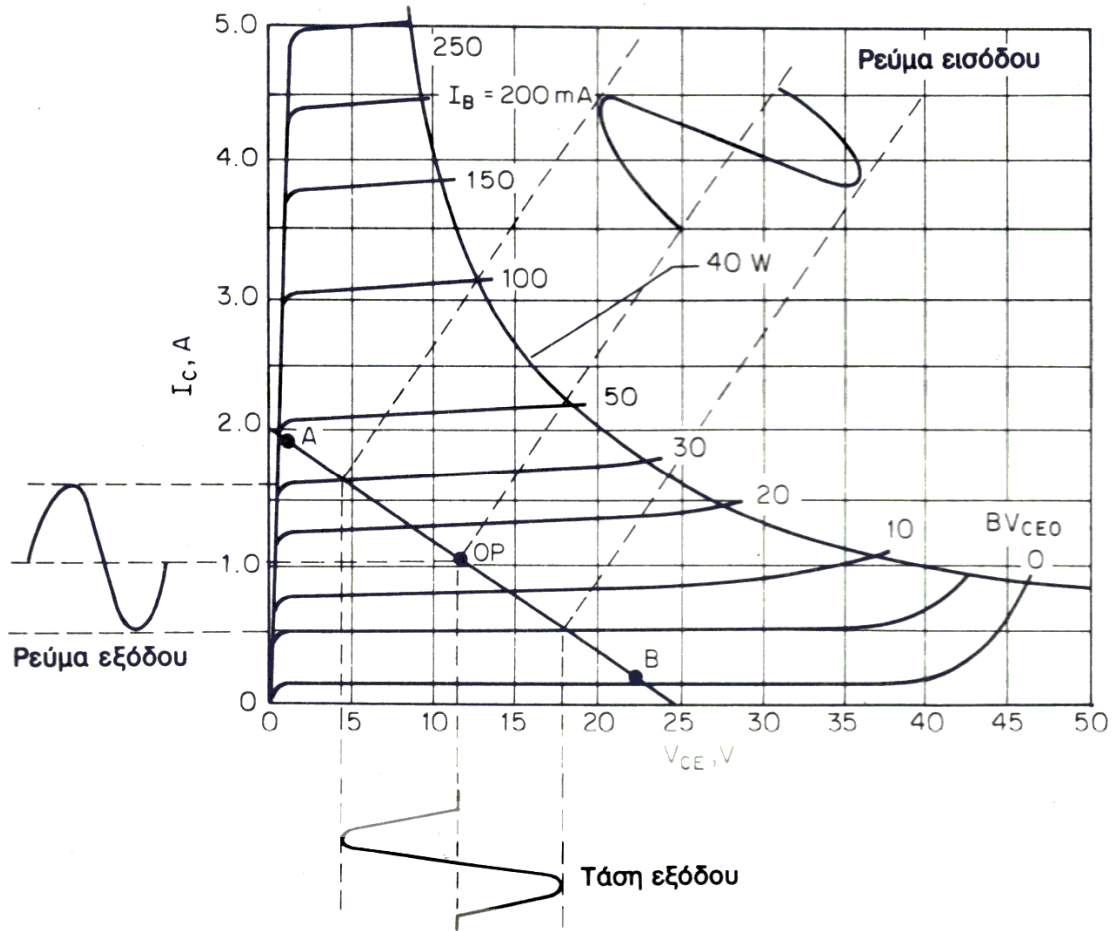


Σχ. 4-4 Αγωγή σε FET (τύπου καναλιού n)

Ο λόγος της μεταβολής του ρεύματος απαγωγού προς την μεταβολή της τάσης πύλης-πηγής είναι η διαγωγιμότητα. Το FET διαφέρει από το συμβατικό τρανζίστορ επαφής στο ότι έχει μεγάλη σύνθετη αντίσταση εισόδου μιας επαφής με ανάστροφη πόλωση, αντίθετα από την μικρότερη σύνθετη αντίσταση εισόδου του κανονικού τρανζίστορ που έχει επαφή εισόδου με ορθή πόλωση. Το FET καναλιού “p” χρειάζεται την αντίθετη πολικότητα στα τροφοδοτικά τάσης πόλωσης.

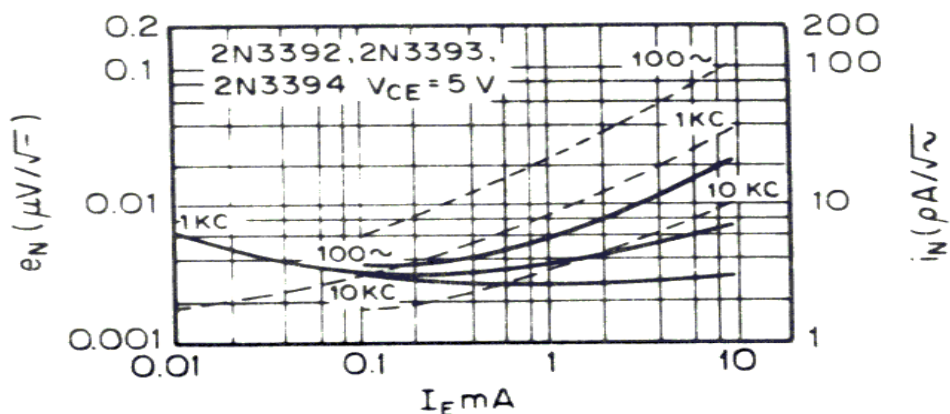
4.3.4: Μεγάλη διακύμανση σήματος και σημείο λειτουργίας

Όταν η διακύμανση του σήματος a_c στην έξοδο βαθμίδας με τρανζίστορ είναι μεγάλη, δεν ισχύουν πλέον οι παράμετροι για ασθενές σήμα που βασίζονται σε ιδιότητες γραμμικού κυκλώματος. Αυτό θα ισχύει για βαθμίδες εξόδου ισχύος και για βαθμίδες κυκλωμάτων οδήγησης ισχύος. Όπως φαίνεται στο Σχ. 4-5, στις εφαρμογές αυτές η διακύμανση του σήματος p-n-p καλύπτει ένα μεγάλο τμήμα της γραμμής φορτίου. Αν η διακύμανση ξεπεράσει το σημείο A, θα συμβεί μεγάλη παραμόρφωση ψαλιδισμού επειδή το τρανζίστορ οδηγείται κοντά στον κορεσμό στο «γόνατο» της χαρακτηριστικής. Αν, ακόμη, η διακύμανση ξεπεράσει το σημείο B, θα συμβεί μεγάλη παραμόρφωση ψαλιδισμού επειδή αποκόπτεται το ρεύμα του τρανζίστορ. Έτσι, η μέγιστη έξοδος σήματος πριν τον ψαλιδισμό συμβαίνει όταν η διακύμανση γίνεται γύρω από ένα σημείο λειτουργίας (*operating point*, *OP*) που βρίσκεται στην μέση μεταξύ των σημείων A και B. το ρεύμα πόλωσης λειτουργίας γι’ αυτήν την βαθμίδα ενίσχυσης τύπου A είναι μόλις πάνω από 1A και η τάση συλλέκτη – εκπομπού είναι 12V. Στο παράδειγμα αυτό η τάση τροφοδοσίας είναι 24v και η γραμμή φορτίου συλλέκτη αντιπροσωπεύει μια αντίσταση φορτίου συλλέκτη 12Ω. Αν, στο Σχ. 4-5, δεν εφαρμοζόταν πόλωση στην βάση το σημείο λειτουργίας θα ήταν στο B και θα υπήρχε αγωγή μόνον για 180° της περιόδου, πράγμα που είναι η λειτουργία τάξης B. Ο λόγος d_c της ορθής μεταφοράς ρεύματος h_{FE} προσεγγίζει τις ιδιότητες για ισχυρό σήμα και έτσι χρησιμοποιείται στην σχεδίαση των βαθμίδων ισχύος στην θέση της παραμέτρου για ασθενές σήμα h_{fe} .



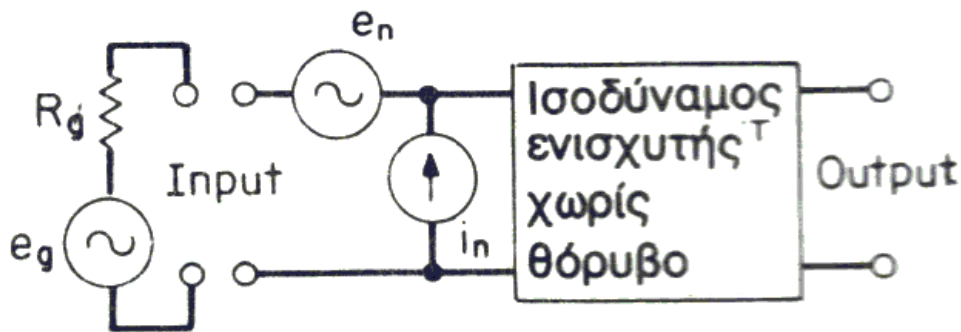
Σχ. 4-5 Χαρακτηριστικές βαθμίδας ισχύος κοινού εκπομπού τάξης Α

4.3.5: Άριστη σύνθετη αντίσταση πηγής για την λειτουργία προενισχυτή με ελάχιστο θόρυβο.



Σχ. 4-6 Ισοδύναμη τάση και ισοδύναμο ρεύμα θορύβου εισόδου σαν συνάρτηση του ρεύματος πόλωσης για τυπικό τρανζίστορ πυριτίου

Ο θόρυβος που παράγεται σε μια βαθμίδα ενισχυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι προέρχεται από μια γεννήτρια σταθερού ρεύματος θορύβου συνδεδεμένη παράλληλα με την είσοδο και από μια γεννήτρια σταθερής τάσης θορύβου συνδεδεμένη σε σειρά με την είσοδο, όπως φαίνεται στο Σχ. 4-7. Όταν βραχυκυκλώνονται οι ακροδέκτες εισόδου του ενισχυτή, η e_n είναι υπεύθυνη για όλο τον θόρυβο στην έξοδο. Έτσι, αν η έξοδος διαιρεθεί με την ενίσχυση τάσης της βαθμίδας δίνει την τιμή της e_n . Παρόμοια, όταν είναι ανοικτοί οι ακροδέκτες εισόδου του ενισχυτή, το i_n είναι υπεύθυνο για όλο τον θόρυβο στην έξοδο. Με την άριστη αντίσταση πηγής, και οι δύο γεννήτριες θορύβου θα συνεισφέρουν εξ ίσου στον θόρυβο εξόδου.



Σχ. 4-7 Ισοδύναμο δικτύωμα παραγωγής θορύβου

Τα e_n και i_n πρέπει και τα δύο να μετρηθούν με τις ίδιες συνθήκες λειτουργίας, αλλά είναι ανεξάρτητα από την ανάδραση και την σύνθετη αντίσταση εισόδου του κυκλώματος. Επειδή τα e_n και i_n βασίζονται μόνο στην ενεργή συσκευή ενίσχυσης, είναι οι κατάλληλες ιδιότητες για να χρησιμοποιηθούν στην επιλογή του τρανζίστορ ή FET με κατάλληλες χαρακτηριστικές θορύβου για μια συγκεκριμένη εφαρμογή.

$$\text{Άριστη } R_g = \frac{e_n}{i_n} \quad (4.1)$$

Λύση από την (4.1) θα είναι:

$$e_n = \frac{0.003\mu V}{\sqrt{Hz}} \quad i_n = \frac{4.5pA}{\sqrt{Hz}}$$

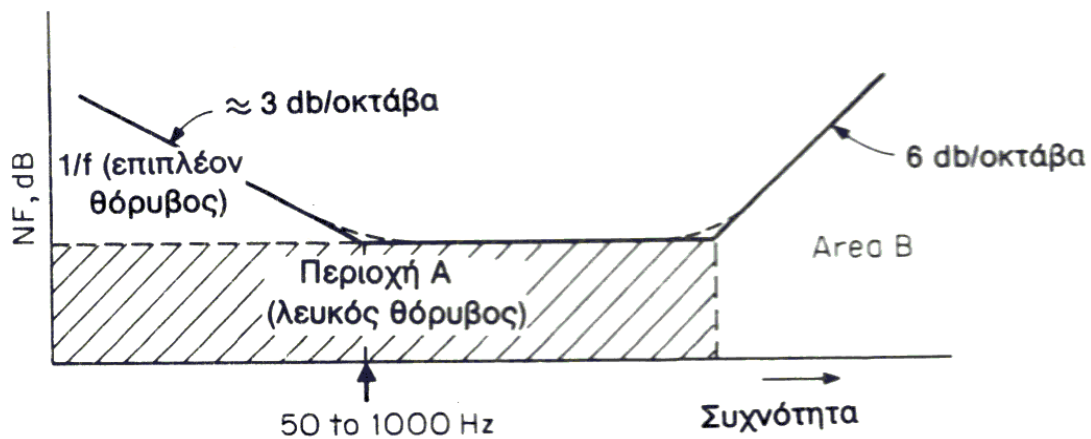
Κατά συνέπεια θα είναι

$$\text{Άριστη } R_g = \frac{0.003 \times 10^{-6}}{4.5 \times 10} = 667\Omega$$

4.3.6: Χαρακτηριστικά θορύβου των Τρανζίστορ και FET

Ο θόρυβος στα τρανζίστορ και στα FET κυμαίνεται με το ρεύμα πόλωσης, την θερμοκρασία, την συχνότητα και την αντίσταση πηγής.

Στο Σχ. 4-8 φαίνεται η διακύμανση με την συχνότητα. Ο θόρυβος στην περιοχή Α είναι αποτέλεσμα τυχαίας διάχυσης και ανασύνθεσης των φορέων στην περιοχή βάσης, όπως και του θερμικού θορύβου που παράγεται στην αντίσταση βάσης r'_b . Έτσι, για να έχει ένα τρανζίστορ χαμηλό θόρυβο πρέπει να έχει μικρή r'_b και στενή περιοχή βάσης (δηλαδή μεγάλο h_{fe}). Για τα περισσότερα τρανζίστορ που χρησιμοποιούνται σε προενισχυτές ακουστικών συχνοτήτων η περιοχή Β δεν αποτελεί πρόβλημα, επειδή βρίσκεται πάνω από το φάσμα ακουστικών συχνοτήτων. Η Τρίτη περιοχή είναι επιπλέον θόρυβος, που ονομάζεται και θόρυβος $1/f$, γιατί μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την συχνότητα. Το φάσμα συχνοτήτων θορύβου ενός FET είναι παρόμοιο με το φάσμα του Σχ. 4-8 εκτός από το ότι η γωνία του θορύβου $1/f$ εμφανίζεται σε μικρότερες συχνότητες, μερικές φορές μέχρι και 5Hz.



Σχ. 4-8 Φάσμα συχνοτήτων θορύβου σε τρανζίστορ

Υπάρχει περίπτωση το φύλλο προδιαγραφών μιας ημιαγωγικής συσκευής να δίνει τον θόρυβο σαν συνάρτηση του θορύβου σε ένα σημείο σε συγκεκριμένες συχνότητες ή του θορύβου για μια συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων που συχνά περιέχει τμήματα των περιοχών $1/f$ και λευκού θορύβου. Η τελευταία έχει περισσότερη σημασία για προενισχυτές ακουστικών συχνοτήτων επειδή συνήθως καλύπτει το περισσότερο από το ακουστικό φάσμα ενώ ο θόρυβος σημείου καλύπτει μόνον μια πολύ στενή ζώνη συχνοτήτων σε συγκεκριμένη συχνότητα. Η Τρίτη μέθοδος θορύβου (e_n και i_n) όπως περιγράφονται στο Σχ. 4-7. Το FET επαφής, γενικά, έχει χαμηλότερη χαρακτηριστική ρεύματος θορύβου (i_n) από τα τρανζίστορ. Έτσι το FET έχει άριστη συμπεριφορά θορύβου όταν η σύνθετη αντίσταση πηγής είναι πάνω από 20 μέχρι 50kΩ.

Οι αντιστάσεις πόλωσης βάσης ενός ενισχυτή τρανζίστορ είναι παράλληλες με την είσοδο και για να μην λαμβάνεται υπόψη η συνεισφορά τους στον θόρυβο, αυτή η παράλληλη αντίσταση θα πρέπει να είναι μεγάλη σε σχέση με τον λόγο e_n/i_n . Οι αντιστάσεις πόλωσης θα πρέπει να είναι κατηγορίας χαμηλού θορύβου, όπως άνθρακος ή λεπτού film. Οποιαδήποτε μικρή σε σχέση με τον λόγο e_n/i_n έτσι ώστε να μην επηρεάζει τον παράγοντα θορύβου. Αυτό απαιτεί μεγάλο πυκνωτή σύζευξης για να έχει φανταστική αντίσταση μικρή σε σύγκριση

με τον λόγο e_n/i_n στα 100Hz. Για παράδειγμα, στο Σχ. 4-6 για 100Hz και ρεύμα πόλωσης 300μΑ βλέπουμε ότι είναι $e_n/i_n = 380\Omega$.

4.4: Διαφορικός ενισχυτής διπολικών τρανζίστορ (BJT)

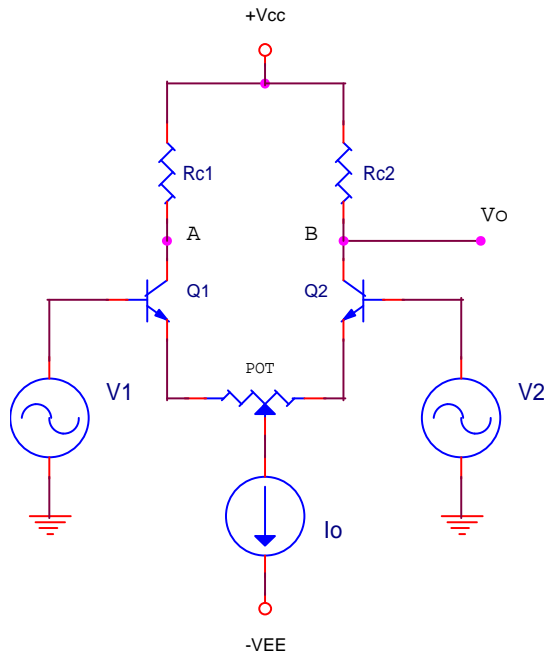
Πολλές φορές ένας ενισχυτής σχεδιάζεται ώστε να αποκρίνεται στη διαφορά μεταξύ δύο σημάτων εισόδου. Ένας τέτοιος ενισχυτής ονομάζεται ενισχυτής διαφοράς ή διαφορικός ενισχυτής και αποτελεί τυπική βαθμίδα σε όλα σχεδόν τα συστήματα μετρήσεων. Έχει δύο εισόδους και συνήθως χρειάζεται δύο τάσεις τροφοδοσίας, αντίθετης πολικότητας (V_{CC} και $-V_{EE}$).

Ο διαφορικός ενισχυτής αποτελεί την πρώτη βαθμίδα στους τελεστικούς ενισχυτές και σε όλους τους ενισχυτές μετρήσεων (οργανολογικούς ενισχυτές). Έχει τη δυνατότητα να ενισχύει μικρά dc σήματα, όπως αυτά που βγάζουν πολλά αισθητήρια, π.χ. τα θερμοζεύγη. Επιπλέον, δίνει υψηλό διαφορικό κέρδος, έχει μεγάλο λόγο απόρριψης κοινού σήματος και παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση εισόδου. Έτσι, είναι ιδανικός για προσαρμογή ανάμεσα σε βαθμίδες.

Ο διαφορικός ενισχυτής δέχεται δύο εισόδους V_1 και V_2 και ενισχύει τη διαφορά τους V_1-V_2 . Ένας τυπικός διαφορικός ενισχυτής με τρανζίστορ φαίνεται στο παρακάτω Σχ.4-9. Πρόκειται για έναν συμμετρικό ενισχυτή με δύο όμοια τρανζίστορ, που έχουν περίπου το ίδιο β και κοινή θερμοκρασιακή συμπεριφορά. Οι αντιστάσεις στους συλλέκτες έχουν την ίδια ονομαστική τιμή, ενώ οι εκπομποί είναι ενωμένοι. Η σταθερή πηγή ρεύματος του κυκλώματος θεωρείται ότι παρεμβάλλει μεγάλη αντίσταση μεταξύ των δύο εκπομπών και της γειώσεως του κυκλώματος. Για τα ρεύματα των δύο εκπομπών θα ισχύει:

$$i_{E1} + i_{E2} = I_0 \quad \text{και συνεπώς} \quad i_{C1} + i_{C2} = I_0. \quad (4.2)$$

Το ρεύμα I_0 είναι σταθερό



Σχ. 4-9 Συμμετρικός διαφορικός ενισχυτής

Ας υποθέσουμε τώρα, ότι στο κύκλωμα του σχήματος δίνουμε είσοδο V_1 , ενώ θέτουμε τη δεύτερη είσοδο $V_2 = 0 \text{ V}$. Η είσοδος αυτή δημιουργεί ένα ρεύμα i_{c1} στον πρώτο ενισχυτή κοινού εκπομπού και ένα ίσο και αντίθετο ρεύμα i_{c2} στον δεύτερο ενισχυτή κοινού εκπομπού. Αν αυξήσουμε τη V_1 αυξάνει το i_{c1} , άρα αυξάνει η πτώση τάσης στην R_{c1} και κατά συνέπεια μειώνεται το δυναμικό στο σημείο A. Αντίθετα, το i_{c2} μειώνεται, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το δυναμικό στο σημείο B, το οποίο είναι και το δυναμικό εξόδου V_o . Άρα, αύξηση της V_1 προκαλεί αύξηση της εξόδου, ενώ μείωσή της προκαλεί αντίστοιχα μείωση της εξόδου. Επειδή είσοδος V_1 και έξοδος V_o βρίσκονται σε φάση, η είσοδος V_1 ονομάζεται **μη αναστρέφουσα είσοδος**.

Αντίθετα, η αύξηση της εισόδου V_2 προκαλεί την μείωση της εξόδου V_o , αφού το ρεύμα i_{c2} αυξάνεται και κατά συνέπεια η πτώση τάσης στην R_{c2} αυξάνεται. Η είσοδος V_2 , ονομάζεται λοιπόν, **αναστρέφουσα είσοδος**.

Πόση είναι η ενίσχυση του σήματος εισόδου V_1 όταν η είσοδος V_2 είναι 0(μηδέν); Ας θυμηθούμε ότι στον ενισχυτή κοινού εκπομπού, χωρίς φορτίο, η απολαβή είναι $A=R_c/r_e$, όπου r_e η δυναμική αντίσταση

βάσης-εκπομπού. Επειδή στον βρόγχο των δύο τρανζίστορ παρεμβάλλονται δύο τέτοιες αντιστάσεις r_e , η απολαβή για σήμα εισόδου V_1 θα είναι

$$A = \frac{R_c}{2r_e} \quad \text{ή} \quad V_0 = \frac{R_c}{2r_e} V_1 \quad (4.3)$$

Αν δέχεται σήμα μόνον η είσοδος V_2 , τότε όπως εξηγήσαμε η έξοδος θα εμφανίζεται με διαφορά φάσης 180° :

$$V_0 = -\frac{R_c}{2r_e} V_2 \quad (4.4)$$

Αν υποθέσουμε τώρα ότι δέχονται σήμα και οι δύο είσοδοι, V_1 και V_2 , τότε η αρχή της επαλληλίας μας λέει ότι η έξοδος θα είναι το άθροισμα των δύο εισόδων:

$$V_0 = \frac{R_c}{2r_e} V_1 - \frac{R_c}{2r_e} V_2 = \frac{R_c}{2r_e} (V_1 - V_2). \quad (4.5)$$

Άρα, η έξοδος είναι ανάλογη της διαφοράς των δύο εισόδων. Ο παράγοντας

$$A_d = \frac{V_0}{V_1 - V_2} = \frac{R_c}{2r_e}, \quad (4.6)$$

είναι το διαφορικό κέρδος του ενισχυτή. Στην πράξη μετράμε το διαφορικό κέρδος εφαρμόζοντας στις εισόδους αντίθετες τάσεις, $V_1 = -V_2$.

Αν θέσουμε ίδια σήματα στις εισόδους $V_1 = V_2$, τότε θεωρητικά η έξοδος είναι 0(μηδέν). Στην πράξη, εμφανίζεται μία μικρή έξοδος, αφού

ο ενισχυτής δεν είναι ιδανικός. Άρα, μπορούμε να ορίσουμε τον λόγο της εξόδου προς την κοινή είσοδο V_i :

$A_{cm} = \frac{V_o}{V_i}$. Το πηλίκο αυτό λέγεται «Απολαβή κοινού τύπου» (ή κοινού τρόπου, ή κοινού σήματος) και αποδεικνύεται ότι είναι

$$A_{cm} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{R_C}{2R_E}, \quad (4.7)$$

όπου R_E η αντίσταση ανάμεσα στον εκπομπό και στην πηγή, που όπως είπαμε είναι πολύ μεγάλη. Άρα, ο λόγος αυτός είναι μικρός.

Ο λόγος της διαφορικής ενίσχυσης A_d προς την ενίσχυση κοινού τύπου ονομάζεται «Λόγος απόρριψης κοινού σήματος» (ή κοινού τρόπου – *Common Mode Rejection Rate*):

$$CMRR = \frac{A_d}{A_{cm}} = \frac{R_C/2r_e}{R_C/2R_E} = \frac{R_E}{r_e}. \quad 4.8$$

Επειδή η δυναμική αντίσταση της βάσης r_e είναι μικρή, της τάξεως των μερικών Ω hm, έπεται ότι σε έναν καλό διαφορικό ενισχυτή ο λόγος αυτός είναι πολύ μεγάλος. Όσο μεγαλύτερος είναι ο λόγος απόρριψης κοινού σήματος, τόσο καλύτερα αποσβήνονται στην έξοδο του ενισχυτή σήματα με κοινή προέλευση που εμφανίζονται με ίδιο τρόπο στις εισόδους. Τέτοια σήματα είναι ο θόρυβος και οι διάφορες παρεμβολές.

Η τάση εξόδου του διαφορικού ενισχυτή για μηδενική διαφορική είσοδο μπορεί να μηδενιστεί με ρυθμίσεις που γίνονται πάνω στα στοιχεία του ενισχυτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΠΥΚΝΩΤΙΚΟΥ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ

5.1: Πρόλογος

Παρακάτω θα αναλύσουμε θεωρητικά το κύκλωμα μας το οποίο είναι ένα πυκνωτικό μικρόφωνο. Θα δούμε αναλυτικά όλα εκείνα τα στοιχεία τα οποία μας βοήθησαν στο να σχεδιαστεί το κύκλωμα όσο το δυνατόν καλύτερα ως προς τις ανάγκες τις πτυχιακής εργασίας.

Το κύκλωμα που σχεδιάσαμε αποτελείται από δύο επιμέρους κυκλωματάκια έχοντας το καθ' ένα από αυτά ένα συγκεκριμένο σκοπό. Ο συνδυασμός αυτών μας δίνει τον τελικό προενισχυτή του μικροφώνου.

Το πρώτο κύκλωμα είναι ένα τρανζίστορ τύπου JFET το οποίο μαζί με τα υπόλοιπα ηλεκτρονικά στοιχεία που το περιβάλλουν κάνει την προσαρμογή της πυκνωτικής κάψας στο κύκλωμα λόγω της πολύ μεγάλης σύνθετης αντίστασης εισόδου του, ενισχύει το ρεύμα και όχι την τάση και επιπλέον μας δίνει έξοδο από τον συλλέκτη και τον εκπομπό του διαφορικό σήμα (δηλαδή με διαφορά φάσης 180°) για να γίνει είσοδος για τον διαφορικό μας ενισχυτή ο οποίος είναι το δεύτερο κύκλωμα που ολοκληρώνει τον προενισχυτή του μικροφώνου.

Το δεύτερο λοιπόν κύκλωμα το οποίο είναι ένας διαφορικός ενισχυτής όπως είπαμε παραπάνω ενισχύει την διαφορά του σήματος των δύο εισόδων του και μας δίνει την τελική έξοδο.

5.2: Περιγραφή των εξαρτημάτων

Το κύκλωμά μας αποτελείται:

από ένα τρανζίστορ FET, το Q3 με μια πολύ υψηλή αντίσταση εισόδου,

από δύο αντιστάσεις, την R9 (1GΩ) και R10 (1GΩ) τις οποίες χρησιμοποιούμε για την πόλωση του τρανζίστορ και την τροφοδοσία με τάση του πυκνωτικού μικροφώνου,

από τον πυκνωτή C6 (820pf) που συνδέεται στην πύλη του τρανζίστορ Q3 FET, μπλοκάροντας τις DC συνιστώσες κι επιτρέποντας τις AC συνιστώσες,

από τις αντιστάσεις R1 και R2 (2.2KΩ) τις οποίες χρησιμοποιούμε για την τροφοδοσία και πόλωση του Q3 FET τρανζίστορ,

από τους πυκνωτές C2 (1mf) και C3 (1mf) οι οποίοι οδηγούν το σήμα στην είσοδο της ενισχυτικής μας διάταξης και συγκεκριμένα στις βάσεις των τρανζίστορ Q1 και Q2 (2N5087),

από τις αντιστάσεις R4 και R5 (100KΩ) που συνδέονται μεταξύ της βάσης και του συλλέκτη των τρανζίστορ εισόδου Q1 και Q2,

από τις αντιστάσεις R7 και R8 (100KΩ) στο κύκλωμα εξόδου που μέσα από αυτές τροφοδοτούμε με τάση φάντομ την αντίσταση R9 (1GΩ) η οποία δίνει μία πολύ χαμηλή τάση στην πυκνωτική μας κάψα για την τροφοδοσία της,

από τις αντιστάσεις R6 (6,8KΩ) και R3 (330Ω) που μαζί με τους πυκνωτές C1 και C4 δημιουργούν φίλτρα θορύβου,

από την δίοδο ZENER (12Volt) η οποία κρατάει σταθερή την τάση στα 12Volt,

από τον πυκνωτή C5 (4mf) /50Volt όπου και αυτός λειτουργεί ως φίλτρο για τυχών παρεμβολές στην τάση τροφοδοσίας.

5.3: Λειτουργία κυκλώματος

Ξεκινώντας με την τροφοδοσία του κυκλώματος, παρατηρούμε ότι τροφοδοτείται με τάση συστήματος φάντομ (phantom power) μέσω ενός βύσματος XLR από μία κονσόλα ή από ένα αυτόνομο τροφοδοτικό φάντομ. Το πλεονέκτημα αυτής της τροφοδοσίας είναι ότι η τάση τροφοδοσίας του προενισχυτή μικροφώνου και η έξοδος του ακουστικού σήματος είναι πάνω στα ίδια καλώδια με αποτέλεσμα να έχουμε λιγότερες απώλειες, άρα και λιγότερο θόρυβο από εξωτερικές παρεμβολές.

Το σήμα μας εφαρμόζεται στην πύλη (G) ενός FET τρανζίστορ σε διάταξη τάσης. Η διαφορά ενός FET τρανζίστορ σε σχέση με ένα κοινό τρανζίστορ είναι ότι εδώ έχουμε μεγαλύτερη αντίσταση εισόδου και μικρότερη ενίσχυση τάσης αλλά μεγαλύτερη ενίσχυση ισχύος. Επιπλέον τα FET λειτουργούν καλύτερα σε χαμηλότερες συχνότητες κι έχουν μικρότερο θόρυβο.

Με τις αλλαγές της τάσης εισόδου θα πρέπει να ρέει περισσότερο ή λιγότερο ρεύμα στο τρανζίστορ FET Q3, κατ' αυτόν τον τρόπο αν εφαρμοστεί ένας θετικός παλμός στην είσοδο (GATE) του FET, στην έξοδο του θα έχουμε την τάση εισόδου του C3 πυκνωτή (1μf) να γίνει μεγαλύτερη απ' ότι ήταν και η τάση στην είσοδο του C2 πυκνωτή (1μf) να γίνει μικρότερη. Αυτοί οι δύο πυκνωτές μπλοκάρουν τις DC τάσεις και επιτρέπουν την εναλλασώμενη AC συνιστώσα να διέλθει από μέσα τους. Ταυτόχρονα παρατηρούμε ότι τα δύο σήματα απ' τους πυκνωτές C3 και C2 είναι ακριβώς αντίθετα το ένα από το άλλο. Αυτό ακριβώς που χρειαζόμαστε για να οδηγήσουμε την έξοδο μας.

Για να μπορέσουμε να ενισχύσουμε περαιτέρω το σήμα μας και να το φέρουμε σε μικροφωνικό επίπεδο χρησιμοποιούμε ένα τελικό στάδιο ενίσχυσης που αποτελείται από ένα ζεύγος διπολικών τρανζίστορ PNP.

Όπως έχουμε διαπιστώσει, το στάδιο εισόδου μας λειτουργεί ταυτόχρονα ως ένα στάδιο διαχωριστή σε δύο αντίθετες εξόδους.

Μέσω της αντίστασης R2 (2.2KΩ) η οποία είναι συνδεδεμένη στην πηγή (Source) του τρανζίστορ FET, δημιουργείται μία μικρή πτώση τάσης κι έτσι διατηρούμε την πηγή (Source) του FET μερικά Volt κάτω απ' αυτό, δηλαδή αρνητικότερη της πηγής.

Μέσω της αντίστασης R1 τροφοδοτούμε το στάδιο εισόδου. Η τάση αυτή δημιουργείται από την κυκλωματική διάταξη με την δίοδο ZENER Z1 (12Volt) η οποία παίρνει την τάση της από την αντίσταση R6 (6.8K) και μαζί με τον πυκνωτή C4 (10mf) τον οποίο χρησιμοποιούμε για την εξομάλυνση της τάσης, λόγω του ότι η δίοδος παράγει θόρυβο, οδηγούμε την τάση στην αντίσταση R3 (330Ω) που μαζί με τον πυκνωτή

C1 (10μf) αποτελούν το επιπλέον φίλτρο για το ευαίσθητο τμήμα της εισόδου μας.

Έτσι το κύκλωμα αυτό που κρατά το στάδιο εξόδου λίγο πάνω απ' το έδαφος παρέχει ταυτόχρονα ενέργεια και για το στάδιο εισόδου.

Στο τελικό στάδιο ενίσχυσης οι αντιστάσεις R4 (100KΩ) και R5 (100KΩ) συνδέονται μεταξύ βάσης και συλλεκτών κι έτσι θα έχουμε ένα μικρό μέρος των τρανζίστορ ενεργοποιημένο πάντα.

Στην συνέχεια, όταν υπάρξει ένας παλμός στον πυκνωτή C2 ενεργοποιείται το τρανζίστορ Q1 ενώ με τον αντίθετο παλμό ενεργοποιείται το τρανζίστορ Q2.

Έτσι η τάση την μία φορά θα πηγαίνει προς τα κάτω ενώ την άλλη θα σηκώνεται προς τα πάνω. Αυτό μας δίνει την διαφορική έξοδο μας.

Επειδή τα τρανζίστορ Q1 και Q2 ενεργοποιούνται με την εφαρμογή ρεύματος στην είσοδο τους θα έχουμε αρκετό ρεύμα να διέρχεται μέσα απ' αυτά όταν είναι σε αδράνεια. Οπότε χρησιμοποιούμε την αντίσταση R6 μεταξύ των συλλεκτών και του εδάφους ώστε να μην βυθιστεί πάρα πολύ το ρεύμα όταν είναι σε αδράνεια.

Το δικτύωμα των αντιστάσεων R7 (100KΩ) και R8 (100KΩ) επιτρέπουν την τάση φάντομ να διέλθει από μέσα τους και να τροφοδοτήσουν με τάση 35Volt την αντίσταση R9 (1GΩ) και η οποία επιτρέπει μόνο μικρές ποσότητες της εν λόγω τάσης πόλωσης να φθάσουν ως την κάψουλα.

5.4: Βελτιώσεις

Για να έχουμε καλύτερη ποιότητα σήματος στο μικρόφωνο μπορούμε να κάνουμε κάποιες βελτιώσεις.

1. Να αλλάξουμε την απλή κάψα με μία πολύ καλύτερης ποιότητας.
2. Να τοποθετήσουμε το μικρόφωνο μας σε πλήρες μεταλλικό περιβάλλον για να αποκλείσουμε κάθε εξωτερική παρεμβολή και να έχουμε καλύτερη γείωση.
3. Να βάλουμε καλύτερα τρανζίστορ χαμηλότερου θορύβου στην έξοδο του μικροφώνου.
4. Να χρησιμοποιήσουμε πυκνωτές τανταλίου σε όλα τα φίλτρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΟΛΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ

6.1: Συνδεσμολογία (Για μετρήσεις και ανάλυση του μικροφώνου)



6.2: Μετρήσεις

Η διαδικασία για να πάρουμε τις μετρήσεις που χρειαζόμαστε για να δημιουργήσουμε την καμπύλη συχνοτικής απόκρισης του μικροφώνου έχει ως εξής:

1. Δίνουμε από τη γεννήτρια συχνοτήτων σήμα στο μεγάφωνο και μεταβάλλοντας την συχνότητα στις τιμές που μας λείει ο πίνακας 1 μετράμε τις τιμές V_{in} και V_{out} και από τον τύπο $20 \log \frac{V_{in}}{V_{out}}$ παίρνουμε τις τιμές dB και τις καταχωρούμε στον πίνακα 1.
2. Με τις τιμές που καταγράψαμε χαράζουμε την καμπύλη συχνοτικής απόκρισης του μικροφώνου.

Για να δημιουργήσουμε τώρα το πολικό μας διάγραμμα πρέπει να πάρουμε κάποιες άλλες μετρήσεις τις οποίες θα καταχωρήσουμε στον πίνακα 2 σύμφωνα με τα στοιχεία που μας δίνει. Η διαδικασία έχει ως εξής:

3. Δίνουμε από τη γεννήτρια συχνοτήτων στο μεγάφωνο σήμα συχνότητας 1KHz και κατάλληλης στάθμης.
4. Κρατώντας την απόσταση μικροφώνου και μεγαφώνου καθώς και το ύψος πάντα σταθερά, περιστρέφουμε το μικρόφωνο με βήμα

30° μέχρι να ολοκληρωθεί ο κύκλος. Για κάθε τιμή της γωνίας μετράμε τις τιμές V_{in} και V_{out} και από τον τύπο $20\log \frac{V_{in}}{V_{out}}$ παίρνουμε τις τιμές dB και τις καταχωρούμε στον πίνακα 2.

F(Hz)	dB
20	-4
40	-2
100	0
200	0
300	0
500	0
1KHz	0
2	0
4	+2
6	+2
10	+5
15	0
20	-5

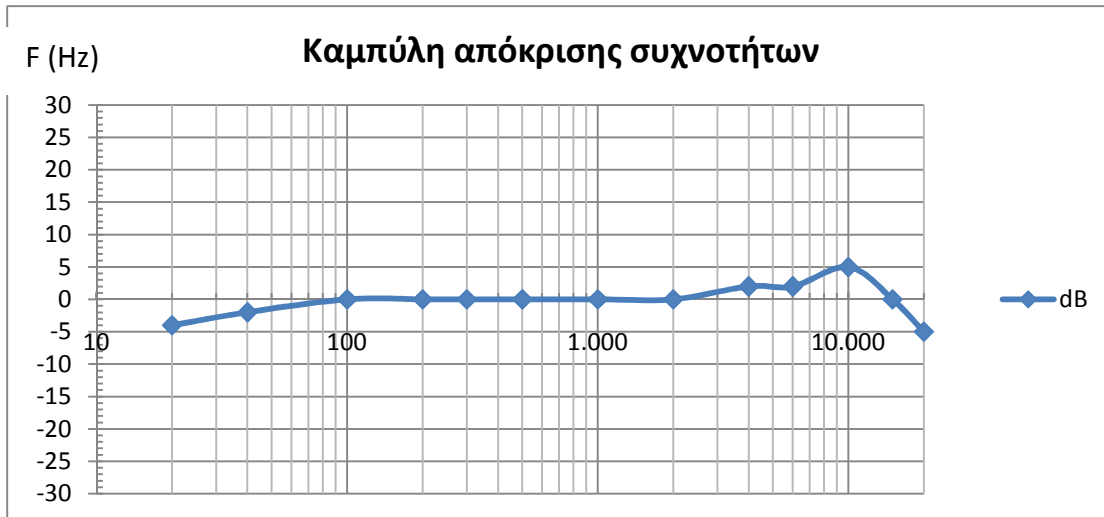
Πίνακας 1: Συχνότητες σε Hz και απολαβή σε dB για την συχνοτική απόκριση του μικροφώνου

Γωνία (σε μοίρες)	dB
0°	0
30°	-1
60°	-3
90°	-7
120°	-18
150°	-21
180°	-23
210°	-23
240°	-15
270°	-8
300°	-4
330°	-1
360°	0

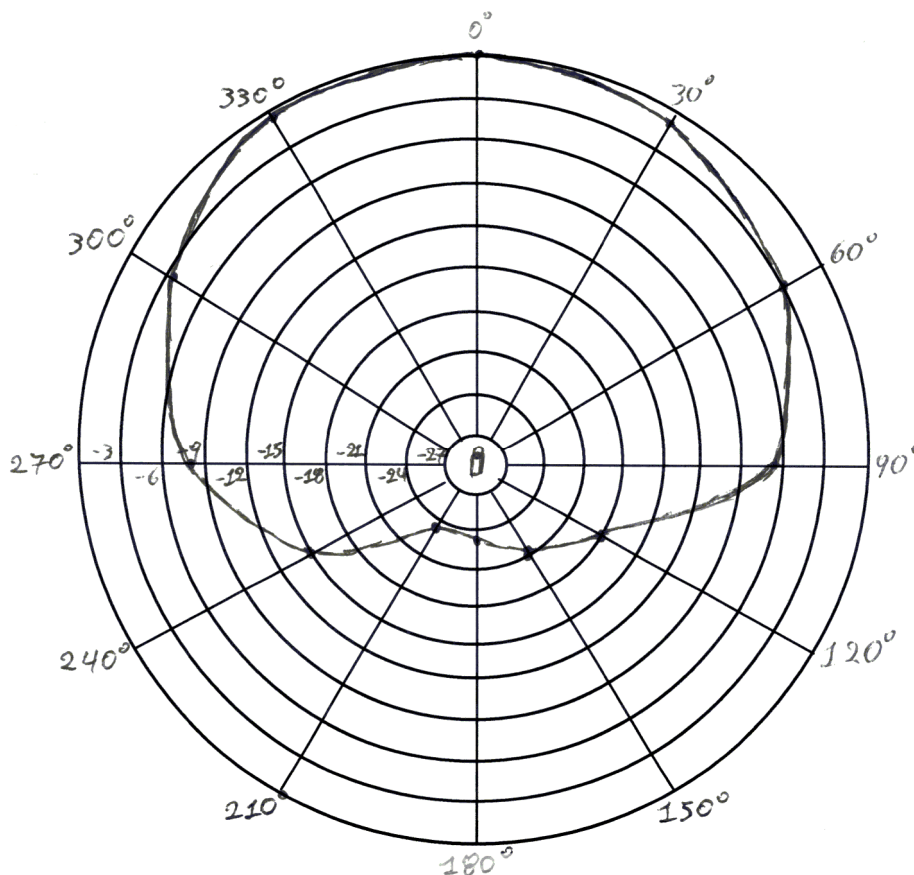
Πίνακας 2: Γωνίες σε μοίρες και απολαβή σε dB για το πολικό διάγραμμα

Από τους πίνακες 1 & 2 θα σχεδιάσουμε το πολικό διάγραμμα του μικροφώνου καθώς και την καμπύλη συχνοτικής απόκρισης του.

6.3: Σχεδιασμός πολικού διαγράμματος και καμπύλης συχνοτικής απόκρισης με βάση τους παραπάνω πίνακες



Πολικό διάγραμμα καρδιοειδούς μικροφώνου



signal to noise ratio	[db]	87.3
electrical impedance	[ohm 1khz]	120
frequency response	0.1-10db	20-20.000HZ

6.4: Συμπεράσματα αποτελεσμάτων

Από τις μετρήσεις φαίνεται ότι το μικρόφωνο μας δουλεύει μια χαρά και έχει και αρκετά καλά χαρακτηριστικά. Δουλεύει από τα 20Hz έως τα 20KHz με αρκετά χαμηλό θόρυβο.

Από το πολικό διάγραμμα φαίνεται το σχήμα καρδιάς το οποίο μας δείχνει την κατευθυντικότητα του μικροφώνου και βλέπουμε ότι στα πλάγια (90°) έχουμε περίπου -6dB.

Παραπάνω έχουν παρουσιασθεί θεωρητικά κάποιες βελτιώσεις για καλύτερα αποτελέσματα που όμως στην προκειμένη φάση δεν μπορούν να υλοποιηθούν λόγω κόστους.

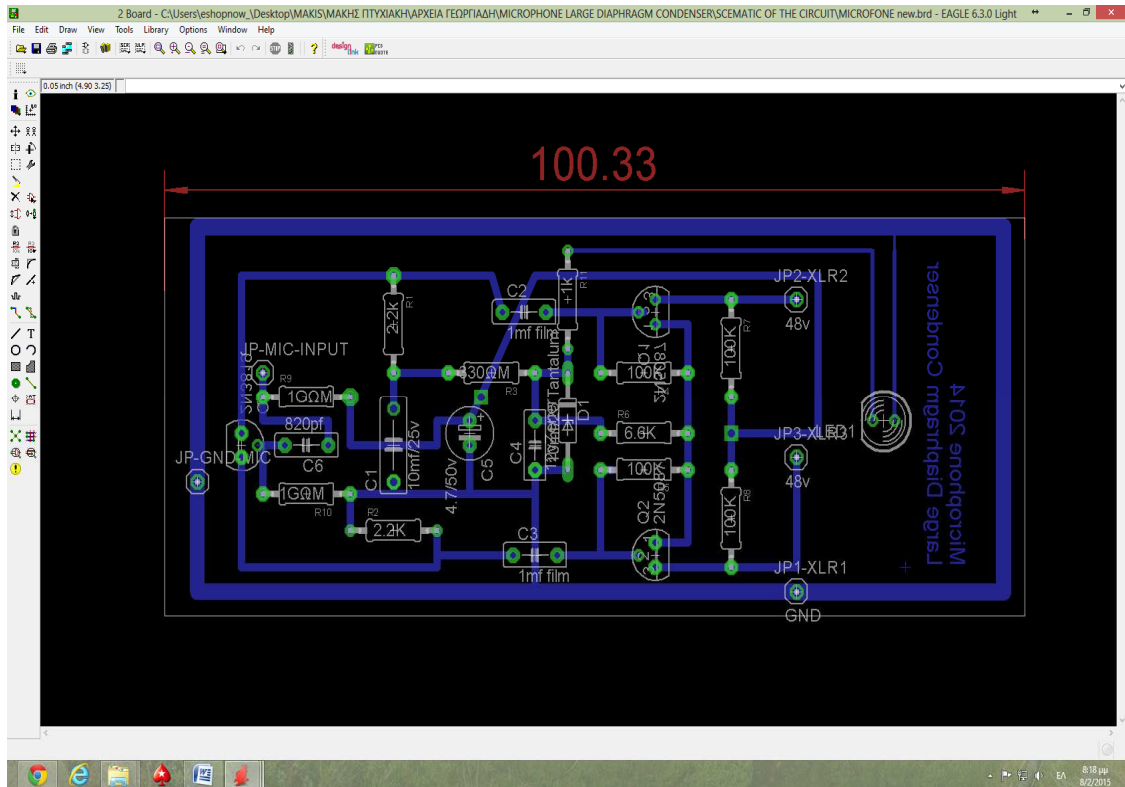
6.5: Προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν

Κατά την εκπόνηση της εργασίας παρουσιάστηκαν αρκετά προβλήματα τα οποία λύθηκαν με διάφορους τρόπους, τα πιο βασικά από αυτά θα αναλύσουμε στη συνέχεια.

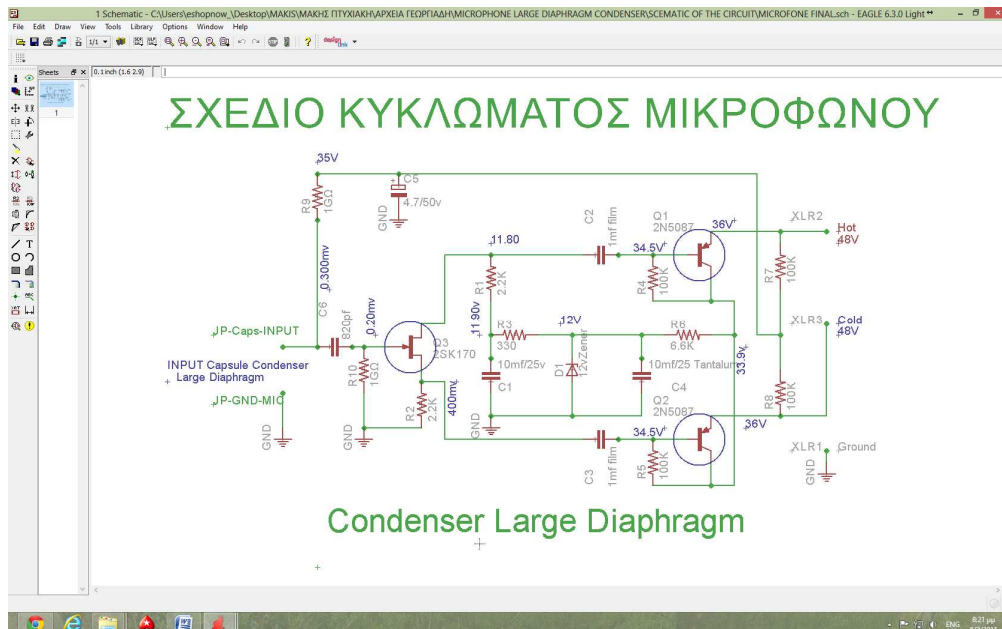
Ένα πρόβλημα κατά την κατασκευή του μικροφώνου ήταν ότι προσπαθήσαμε αρχικά να βάλουμε μία δίοδο led επάνω στην πλακέτα η οποία να μας δίνει μία οπτική ένδειξη ότι το μικρόφωνο βρίσκεται σε λειτουργία. Το αποτέλεσμα ήταν να μην δουλεύει καθόλου το κύκλωμα του μικρόφωνο. Το πρόβλημα αυτό λύθηκε με το να αφαιρέσουμε τελικά την δίοδο διότι μετά από μετρήσεις καταλάβαμε ότι το ρεύμα το οποίο τραβούσε από το κύκλωμα ήταν καθοριστικό για την σωστή λειτουργία του. Την δίοδο μπορούμε να την δούμε παρακάτω στις εικόνες 7-11 και 7-12 που στην προκειμένη φάση όμως δεν είναι συνδεδεμένη επάνω στο κύκλωμα γι' αυτό και βλέπουμε ότι το μικρόφωνο βρίσκεται σε λειτουργία.

Ένα άλλο πρόβλημα που συναντήσαμε ήταν ο θόρυβος που είχε το μικρόφωνο στην πρωτότυπη πλακέτα. Παρόλο που η πλακέτα ήταν πιο μικρή από 'τι η τελική μας, (αυτό σημαίνει ότι τα ηλεκτρονικά στοιχεία βρίσκονται πιο κοντά το ένα στο άλλο με αποτέλεσμα την μικρότερη εξωτερική παρεμβολή), τα πρώτα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ως προς τα τρανζίστορ και τους πυκνωτές στο κύκλωμα ενίσχυσης ήταν αρκετά πιο φθηνά και περισσότερο επιρρεπή στον θόρυβο γι' αυτό οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές αντικαταστάθηκαν με πυκνωτές τανταλίου, τα τρανζίστορ με άλλα καλύτερων χαρακτηριστικών και επίσης μπήκαν στο εξωτερικό περίβλημα μεταλλικά στοιχεία τα οποία αρχικά δεν υπήρχαν με αποτέλεσμα την καλύτερη γείωση του μικροφώνου. Η τελική πλακέτα έγινε λίγο μεγαλύτερη λόγω εμφάνισης και μόνο. Η επιλογή αυτή έγινε διότι μετά από τις υπόλοιπες παρεμβάσεις κυρίως στην γείωση αλλά και στα υλικά αποδείχθηκε ότι στην προκειμένη περίπτωση η διαφορά στο μέγεθος της πλακέτας ήταν το λιγότερο σημαντικό ως προς τον θόρυβο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

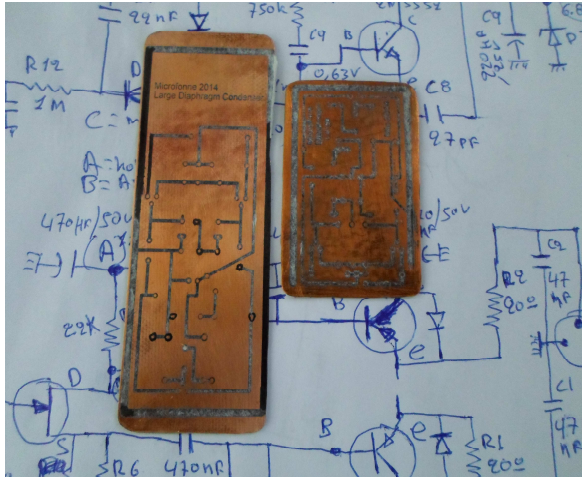


Εικόνα 7-1 Σχέδιο πλακέτας στο Eagle

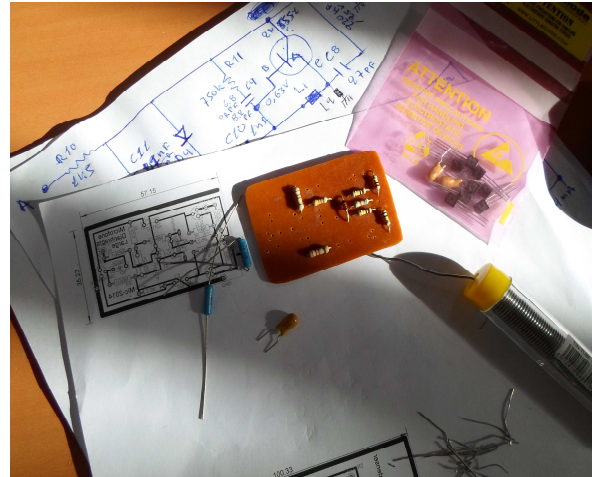


Εικόνα 7-2 Σχέδιο κυκλώματος στο Eagle

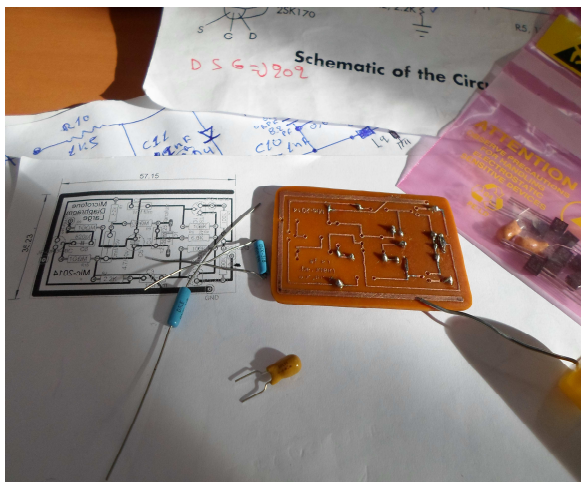
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ



Εικόνα 7-3 Πρωτότυπες πλακέτες



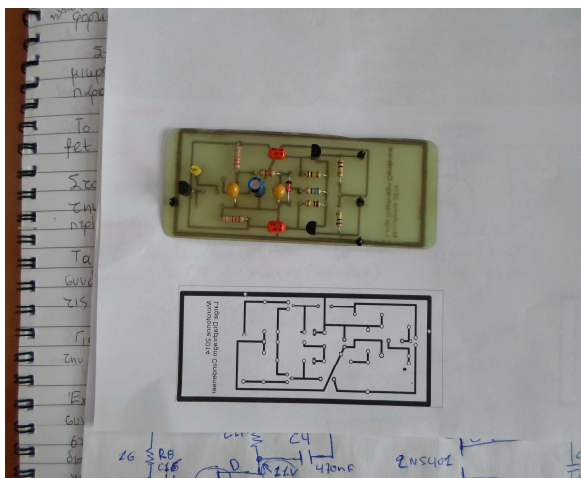
Εικόνα 7-4 Εμπρός πλευρά πλακέτας δοκιμών



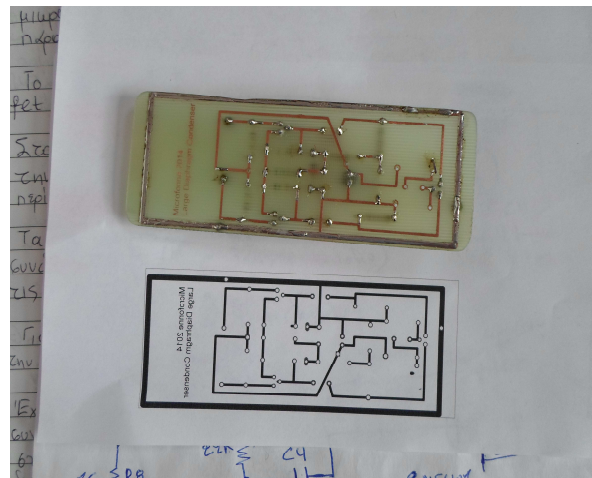
Εικόνα 7-5 Πίσω πλευρά πλακέτας δοκιμών



Εικόνα 7-6: Τελειωμένη πλακέτα δοκιμών

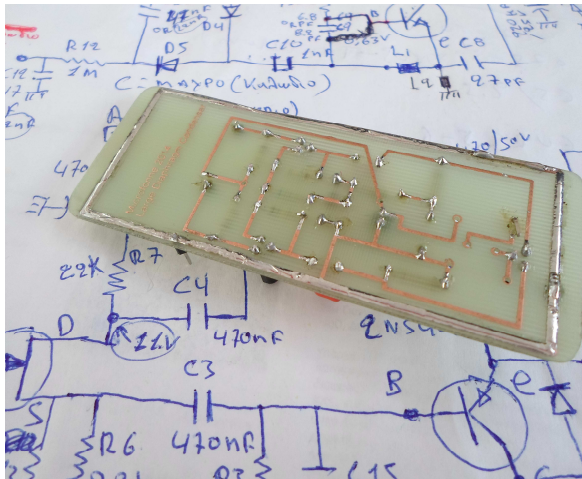


Εικόνα 7-7 Εμπρός πλευρά τελικής πλακέτας

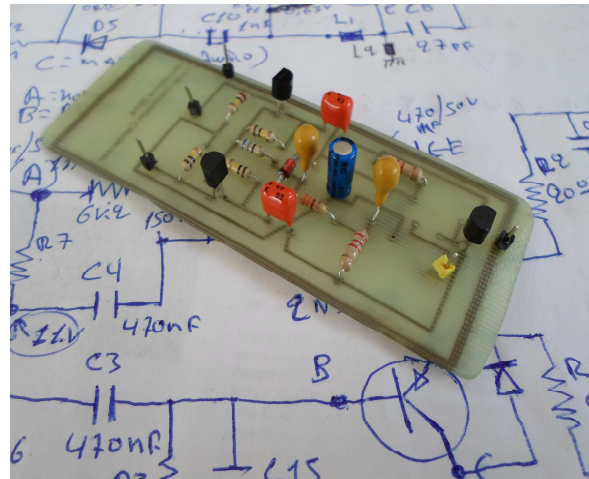


Εικόνα 7-8 Πίσω πλευρά τελικής πλακέτας

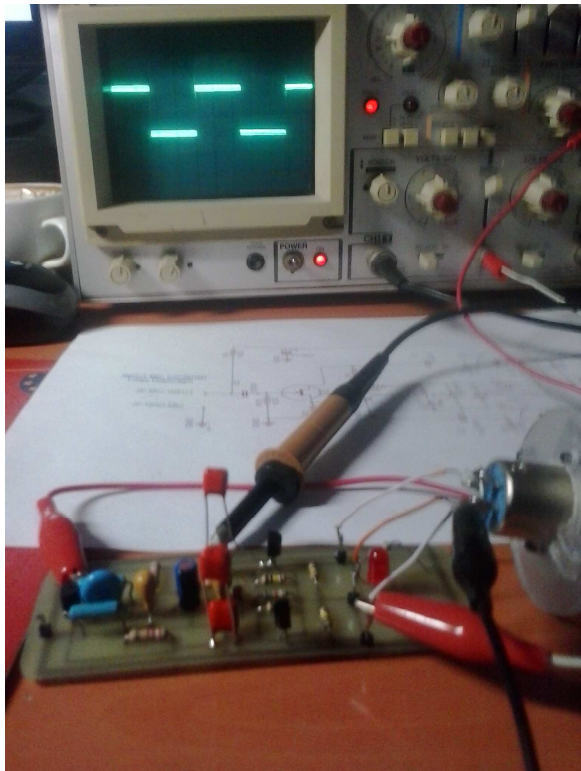
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ



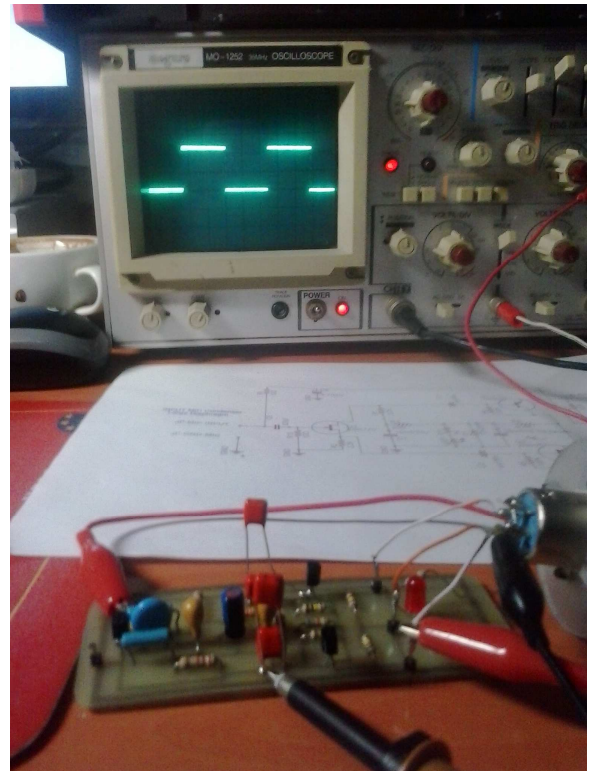
Εικόνα 7-9 Πίσω πλευρά τελικής πλακέτας



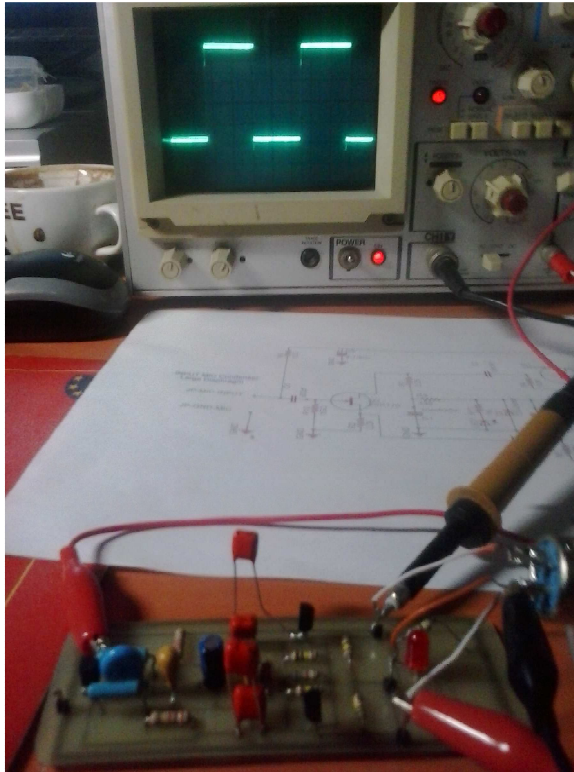
Εικόνα 7-10 Εμπρός πλευρά τελικής πλακέτας



Εικόνα 7-11 Σήμα από την διαφορική έξοδο του πρώτου εκ των δύο τρανζίστορ



Εικόνα 7-12 Σήμα από την διαφορική έξοδο του δεύτερου εκ των δύο τρανζίστορ



Εικόνα 7-13 Σήμα από την τελική
έξοδο του μικροφώνου

Βιβλιογραφία

1. Κανελόπουλος Χαράλαμπος, Παπαϊωάννου Γεώργιος, Παπαδημητρίου Αλέξανδρος, Χελιώτης Παντελής (2002), “Ειδικά Θέματα Ηλεκτρονικών”
2. Κεχράκος Κώστας, Χουσίδης Χρήστος, Σημειώσεις “Ηχητικά συστήματα”
3. Ξενικάκης Δημήτρης, Σημειώσεις “Ηχοληψία”
4. Bruel & Kjaer (1996), “*Microphone Handbook Vol.1*”
5. Gerhart Bore & Stephan Peus (1999), *Microphones “Methods of Operation and type examples”*, Fourth Edition
6. Gary Davis & Ralph Jones (1990), “*Sound Reinforcement Handbook*”, Second edition
7. Kaufman Seidman, Second Edition (1992), “*Electronics Handbook*”
8. Dan Hosken (2010) “*An introduction to music technology*”
9. John Eargle’s (2012), “*The microphone book*”