



Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ Τ.Ε.

ΗΧΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ Ι

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ



ΚΕΧΡΑΚΟΣ ΚΩΣΤΑΣ

ΡΕΘΥΜΝΟ 2013

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγικά.....	3
2. Παλμογράφος.....	4
3. Πολύμετρο.....	10
4. Εισαγωγικό εργαστήριο.....	16
5. Χρήση κονσόλας.....	24
6. Συχνοτική απόκριση συσκευής.....	28
7. Μέτρηση της συχνοτικής απόκρισης μεγαφώνου.....	32
8. Πολικό διάγραμμα μικροφώνου.....	35
9. Φίλτρα συχνότητων.....	40
10. Φίλτρα κονσόλας.....	46
11. Σύνθετη αντίσταση μεγαφώνου.....	49
Βιβλιογραφία.....	52



Εισαγωγικά

Καλωσορίσατε στο εργαστήριο των Ηχητικών Συστημάτων Ι, του τμήματος Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής του ΤΕΙ Κρήτης.

Αντικείμενο του εργαστηρίου

Πραγματοποίηση εργαστηριακών ασκήσεων σε σχέση με τις αρχές λειτουργίας και τα χαρακτηριστικά των συσκευών που χρησιμοποιούνται στη μουσική (κονσόλες, μικρόφωνα, μεγάφωνα, ψηφιακά εφέ κ.λ.π.). Βασικές συνδέσεις και μέθοδοι λειτουργίας των παραπάνω συστημάτων.

Διδακτικό προσωπικό

Κώστας Κεχράκος

Εργαστηριακός συνεργάτης ΤΕΙ Κρήτης

E-mail: kostaskehrakos@hotmail.com

Τηλ. 6974768854

Κανόνες λειτουργίας του εργαστηρίου

1. Κάθε σπουδαστής έρχεται προετοιμασμένος στην άσκηση που θα εκτελέσει.
2. Η συγγραφή της γραπτής εργασίας, για όποια άσκηση απαιτείται είναι υποχρεωτική και παραδίδεται πάντα στο επόμενο εργαστήριο.
3. Τηρούνται οι κανόνες ασφάλειας και παίρνουμε όλες τις προφυλάξεις έναντι του ηλεκτρικού ρεύματος.
4. Διατηρούμε τους χώρους καθαρούς και δεν ξεχνάμε ότι τσιγάρα, ποτά, αναψυκτικά και φαγώσιμα απαγορεύονται στην αίθουσα του εργαστηρίου.
5. Προσέχουμε ώστε να μην προκαλούμε φθορές στον εξοπλισμό του εργαστηρίου.

Αξιολόγηση του εργαστηρίου

1. Επιτρέπονται μέχρι δύο απουσίες και δεν απαλλάσσεται ο σπουδαστής από την εξέταση των ασκήσεων που δεν παρακολούθησε.
2. Ο τελικός βαθμός του εργαστηρίου προκύπτει κατά 30% από την βαθμολογία των γραπτών εργασιών και κατά 70% από την τελική εξέταση στο εργαστήριο.

Παλμογράφος

Ο σκοπός αυτής της άσκησης είναι η εξάσκηση του σπουδαστή στις βασικές λειτουργίες του παλμογράφου και η χρήση στη μέτρηση συνεχούς και εναλλασσόμενης τάσης και συχνότητας.

1. Γενική περιγραφή του παλμογράφου

Ο καθοδικός παλμογράφος είναι ένα από τα πιο χρήσιμα ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης και χρησιμοποιείται ευρύτατα σε πολλούς τομείς της έρευνας και της τεχνολογίας. Το όργανο αυτό παρέχει οπτική απεικόνιση κυματομορφών και μπορεί να μετρήσει τάση, χρόνο και διαφορά φάσης μεταξύ δύο εναλλασσόμενων τάσεων.

Τα περισσότερα όργανα που μετρούν τάσεις και χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα έχουν μεγάλη αδράνεια και δεν μπορούν να παρακολουθήσουν γρήγορες μεταβολές και για το λόγο αυτό δεν μετρούν στιγμιαίες τιμές τάσης αλλά μέσες ή ενεργές τιμές. Αντίθετα, στον καθοδικό παλμογράφο δεν υπάρχουν μηχανικά κινούμενα μέρη. Το «κινητό» μέρος είναι η δέσμη των ηλεκτρονίων, που έχει αμελητέα «αδράνεια» και γι' αυτό είναι σε θέση να απεικονίζει γρήγορες μεταβολές της τάσης.

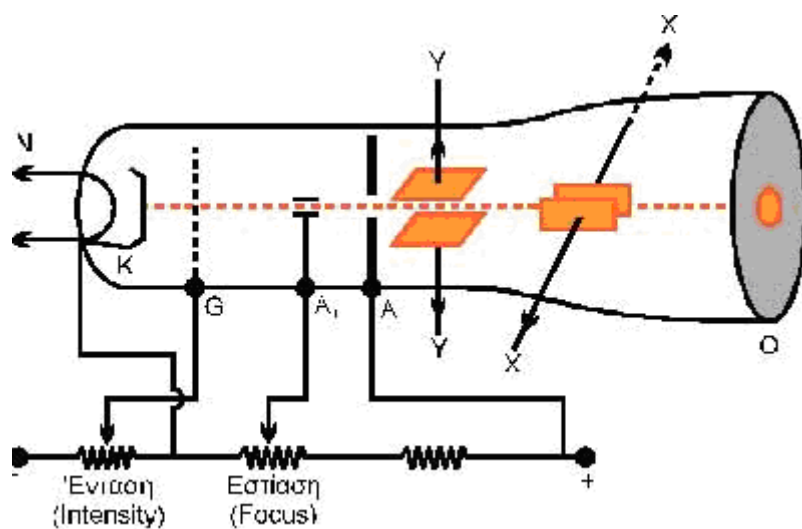
Το κυριότερο εξάρτημα κάθε παλμογράφου είναι ο σωλήνας καθοδικών ακτινών ή **καθοδικός σωλήνας**, που ως προς την αρχή λειτουργίας του μοιάζει με εκείνον της συσκευής τηλεόρασης (Σχ. 1). Αποτελείται από ένα γυάλινο σωλήνα, ο οποίος στο ένα άκρο του έχει μία κάθοδο (K), ενώ κατά το άλλο άκρο του διευρύνεται, σχηματίζοντας χοάνη και καταλήγει σε μία σχεδόν επίπεδη φθορίζουσα επιφάνεια, την οθόνη (O). Η παραγωγή των ηλεκτρονίων οφείλεται στη θερμοϊονική εκπομπή της καθόδου (K), που θερμαίνεται από το νήμα (N). Τα ηλεκτρόνια αυτά έλκονται από την άνοδο (A) που έχει σχήμα κυλίνδρου ή δίσκου με μια μικρή τρύπα στη μέση, και βρίσκεται σε δυναμικό θετικό κατά μερικές χιλιάδες Volt ως προς την κάθοδο.

Αμέσως μετά την κάθοδο υπάρχει ένα μεταλλικό πλέγμα (G), σε μεταβλητό αρνητικό δυναμικό ως προς την κάθοδο, που αφ' ενός συγκεντρώνει τα ηλεκτρόνια προς το κέντρο της ανόδου και αφ' ετέρου, με κατάλληλη ρύθμιση του αρνητικού δυναμικού, ελέγχει την ένταση της ηλεκτρονικής δέσμης. Μια βοηθητική άνοδος (A_1) μεταξύ ανόδου και καθόδου βρίσκεται σε ενδιάμεσο θετικό μεταβλητό δυναμικό και με τη ρύθμιση του δυναμικού αυτού επιτυγχάνεται η εστίαση της δέσμης πάνω στην οθόνη.

Όσα ηλεκτρόνια περάσουν μέσα από την τρύπα της ανόδου σχηματίζουν μία λεπτή δέσμη η οποία όταν συναντήσει την οθόνη διεγείρει το φθορίζον υλικό της με αποτέλεσμα το σχηματισμό μιας φωτεινής κηλίδας.

Μετά την άνοδο υπάρχει ένα ζευγάρι από οριζόντια πλακίδια (Y) και ένα ζευγάρι κατακόρυφα πλακίδια (X) που είναι τοποθετημένα έτσι ώστε η δέσμη των ηλεκτρονίων να περνάει ανάμεσά τους όπως φαίνεται στο Σχ. 1.

Αν μεταξύ των πλακιδίων X εφαρμοστεί μία συνεχής διαφορά δυναμικού, το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται είναι οριζόντιο και προκαλεί μία αντίστοιχη οριζόντια απόκλιση της κηλίδας πάνω στην οθόνη, ανάλογη της τάσης που εφαρμόζεται στα πλακίδια X. Αντίστοιχα, εφαρμογή μιας συνεχούς διαφοράς δυναμικού μεταξύ των πλακιδίων Y, προξενεί μία κατακόρυφη απόκλιση της ηλεκτρονικής δέσμης και συνεπώς και της φωτεινής κηλίδας και πάλι ανάλογη της εφαρμοζόμενης τάσης. Επομένως, αν σχεδιάσουμε μία κατάλληλη κατακόρυφη (ή οριζόντια) κλίμακα πάνω στην οθόνη, θα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα πλακίδια Y (ή X) του παλμογράφου για τη μέτρηση τάσεων (βολτόμετρο).



Σχήμα 1: Προοπτική όψη καθοδικού σωλήνα. K: κάθοδος, N: θερμαινόμενο νήμα, G: αρνητικό πλέγμα, A: άνοδος, X και Y: πλακίδια απόκλισης, O: οθόνη. Το ποτενσιόμετρο “Intensity” ρυθμίζει την ένταση της φωτεινής κηλίδας και το “Focus” την εστίαση της.

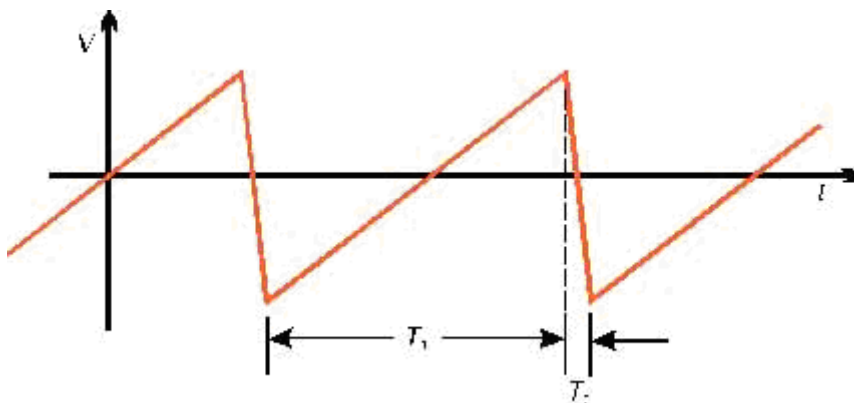
Προφανές είναι τώρα ότι αν στα πλακίδια X (ή Y) εφαρμοστεί μία εναλλασσόμενη τάση, η φωτεινή κηλίδα θα πηγαиноέρχεται δεξιά-αριστερά (πάνω-

κάτω), ακολουθώντας πιστά τις αυξομειώσεις της τάσης. Όταν η συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης είναι μικρή, το μάτι μας προλαβαίνει να παρατηρήσει την ταλάντωση της κηλίδας. Όταν όμως η συχνότητα είναι μεγάλη (μεγαλύτερη των 10Hz) δεν προφταίνουμε να δούμε τις διαδοχικές θέσεις της κηλίδας και το μόνο που θα βλέπουμε είναι μία οριζόντια (κατακόρυφη) γραμμή.

Η κυματομορφή (τάση) που θέλουμε να μελετήσουμε εφαρμόζεται εν γένει στα πλακίδια Y, ενώ αντίθετα στα πλακίδια X εφαρμόζουμε συνήθως «σάρωση» (δηλαδή μια πριονωτή τάση), για να «αναπτύξουμε» στο χρόνο την κυματομορφή των πλακιδίων Y.

Όλοι οι παλμογράφοι περιέχουν εσωτερικά μία ηλεκτρονική διάταξη που παράγει πριονωτή τάση (Σχ. 2).

Όταν εφαρμοστεί η πριονωτή τάση στα πλακίδια X του καθοδικού σωλήνα, το ηλεκτρικό πεδίο στο χώρο μεταξύ των πλακιδίων μεταβάλλεται γραμμικά με το χρόνο, οπότε η κηλίδα μετακινείται οριζόντια προς τα δεξιά πάνω στην οθόνη και, επειδή η μετακίνηση είναι ανάλογη της τάσης και η τάση ανάλογη του χρόνου, στην πραγματικότητα η μετακίνηση πάνω στην οθόνη είναι ανάλογη του χρόνου. Η μετακίνηση της κηλίδας γίνεται συνεπώς με σταθερή ταχύτητα σε όλη τη διάρκεια T της ανόδου της πριονωτής τάσης. Μετά όμως από χρόνο μιας περιόδου η κηλίδα ξαναεμφανίζεται αμέσως αριστερά ($T_2 \gg T_1$) στην αρχική της θέση, για να συνεχίσει και πάλι την οριζόντια κίνησή τη προς τα δεξιά.

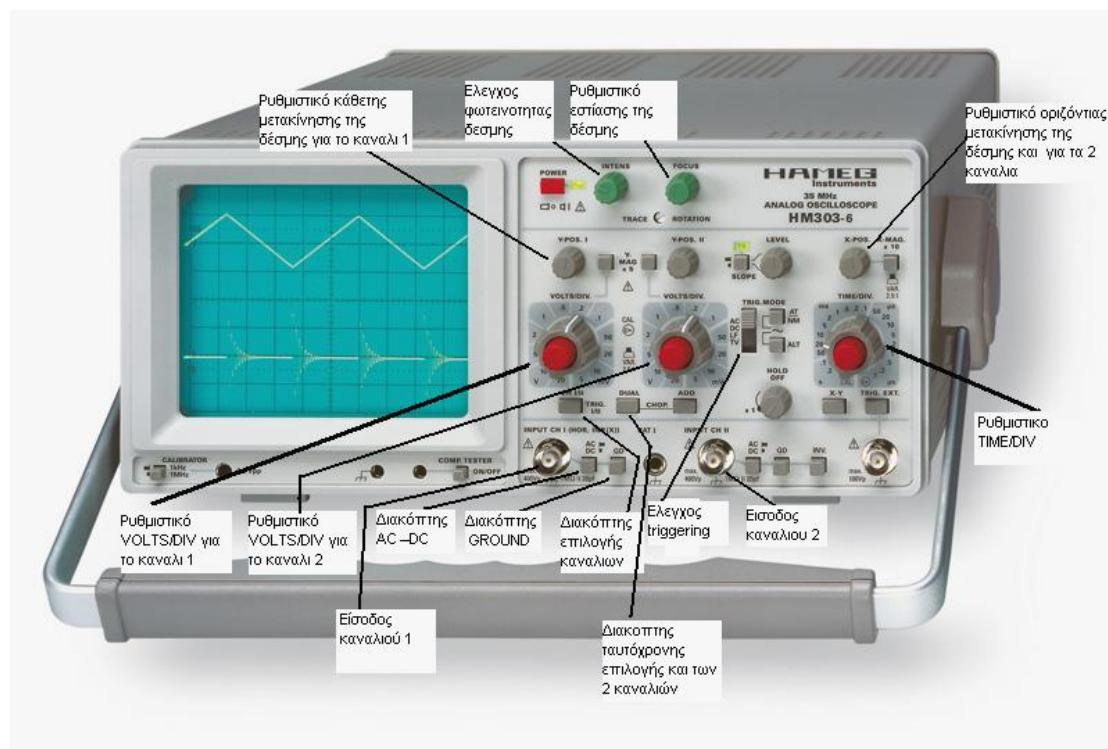


Σχήμα 2: Πριονωτή τάση. T_1 : περίοδος ανόδου, T_2 : περίοδος καθόδου, $T_1 \gg T_2$.

2. Περιγραφή του παλμογράφου HAMEG HM303-6

Ο παλμογράφος HM303-6 (Σχ. 3) έχει δύο ανεξάρτητα κανάλια εισόδων (πλακίδια Y) που μπορούν να χρησιμοποιούνται, είτε το καθένα χωριστά είτε ταυτόχρονα ή και να προστεθούν μεταξύ τους.

Το κανάλι 2 (CH2) μπορεί να συνδεθεί εσωτερικά με τα πλακίδια X του καθοδικού σωλήνα (όταν ο μεταγωγός TIME/DIV βρίσκεται στην τελευταία δεξιά θέση του X-Y), πράγμα που μας δίνει τη δυνατότητα να απεικονίσουμε στην οθόνη διαγράμματα στο επίπεδο X-Y.



Σχήμα 3: Ο παλμογράφος HAMEG HM303-6.

Τα κουμπιά και υποδοχές που βρίσκονται στη πρόσοψη του παλμογράφου επιτελούν τις ακόλουθες λειτουργίες:

- ON-OFF:** Θέτει σε λειτουργία τον παλμογράφο.
- INTENSITY:** Μεταβάλλει την ένταση της δέσμης.
- FOCUS:** Ελέγχει την εστίαση της δέσμης.
- VOLTS/DIV:** Αλλάζει τη βαθμολογία (ευαισθησία του κατακόρυφου άξονα). Η λεπτή ράβδος δείχνει, σε κάθε θέση, πόσα Volt αντιστοιχούν σε κάθε τετραγωνάκι (cm) κατακόρυφης απόκλισης πάνω στην οθόνη. Το επάνω κουμπί (↑) μετακινεί το ίχνος της δέσμης πάνω-κάτω. Σε κάθε κανάλι αντιστοιχεί το δικό του κουμπί VOLTS/DIV.



Ο κεντρικός μεταγωγός έχει τέσσερις θέσεις. Στην θέση CH1 μας επιτρέπει να βλέπουμε μόνο το κανάλι 1, στη θέση CH2 μόνο το κανάλι 2, στην θέση DUAL και τα δύο κανάλια ταυτόχρονα, ενώ στη θέση ADD προσθέτει τις εισόδους από τα δύο κανάλια.

Υποδοχή CH1: Είσοδος στα πλακίδια Y, κανάλι 1.

Υποδοχή CH2: Είσοδος στα πλακίδια Y, κανάλι 2.

"AC/GND/DC": Ελέγχει τον τρόπο εισόδου του σήματος. Στη θέση "AC" ένας πυκνωτής 0,1 μF παρεμβάλλεται σε σειρά με την είσοδο για να κόψει τη συνεχή συνιστώσα του σήματος εισόδου. Στη θέση "DC" δεν παρεμβάλλεται τίποτα, ενώ στη θέση "GND" το σήμα αποσυνδέεται και η είσοδος του ενισχυτή γειώνεται. Αυτό μας επιτρέπει να ορίσουμε ένα μηδενικό επίπεδο για την μέτρηση συνεχών τάσεων.

"TIME/DIV": Καθορίζει την ταχύτητα σάρωσης, (δηλαδή τη συχνότητα της πριονωτής τάσης). Η λεπτή ράβδωση δείχνει πόσα ms ή μs αντιστοιχούν σε κάθε τετραγωνάκι (cm) οριζόντιας απόκλισης. Στη θέση "Y-X" η είσοδος "CH2" συνδέεται εσωτερικώς με τα πλακίδια X και έτσι μπορούμε να πάρουμε την εικόνα του συνδυασμού δύο καθέτων κυματομορφών στους άξονες X-Y (π.χ. καμπύλες Λισσαζού). Το επάνω κουμπί (\Leftrightarrow) μετακινεί το ίχνος της δέσμης δεξιά-αριστερά.

3. Εκτέλεση της άσκησης

Για την πραγματοποίηση της άσκησης απαιτούνται:

- Ένας παλμογράφος.
- Μία γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων σαν πηγή ημιτονικής τάσης μεταβλητής συχνότητας.
- Μία κοινή μπαταρία συνεχούς τάσης.

Στην άσκηση αυτή θα μετρήσουμε την συνεχή τάση μιας μπαταρίας καθώς και την ημιτονική τάση και την συχνότητα μιας κυματομορφής που προέρχεται από γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης. Αρχικά λοιπόν:

- Θέτουμε σε λειτουργία τον παλμογράφο στρέφοντας το μεταγωγό με την ένδειξη "intensity" δεξιά, και περιμένουμε ώσπου να ζεσταθεί.
- Περιστρέφουμε τα κουμπιά τα οποία μετατοπίζουν τη θέση της κηλίδας της δέσμης για το κανάλι 1 πάνω-κάτω και δεξιά-αριστερά και τοποθετούμε την κηλίδα σε ορατό σημείο πάνω στην οθόνη.
- Εστιάζουμε τη δέσμη με το μεταγωγό "focus" και μεταβάλλουμε την ένταση με το μεταγωγό "intensity", ώστε τελικά η κηλίδα να μην έχει έντονη φωτεινότητα.



Μέτρηση συνεχούς τάσης

1. Φέρνουμε τον μεταγωγό AC/GND/DC στη θέση GND και στρέφοντας το κουμπί (↑), ορίσαμε μια στάθμη μηδενικής τάσης. Επαναφέραμε το μεταγωγό στη θέση DC και φέρτε το μεταγωγό CH1/CH2/DUAL/ADD στη θέση CH1.
2. Συνδέουμε την έξοδο της μπαταρίας στο κανάλι 1 του παλμογράφου και μετρούμε στον κατακόρυφο άξονα την απόκλιση της κηλίδας. Υπολογίζουμε την τάση λαμβάνοντας υπ' όψιν την ένδειξη του μεταγωγού VOLTS/DIV που καθορίζει πόσα Volt αντιστοιχούν σε κάθε υποδιαίρεση κατακόρυφης απόκλισης στην οθόνη και εκτιμούμε το σφάλμα ανάγνωσης. Η τάση που θα μετρήσουμε θα είναι:

$$V = \dots \pm 0, \dots \text{ Volts}$$

Μέτρηση εναλλασσόμενης τάσης και περιόδου

1. Συνδέουμε την έξοδο της γεννήτριας στο κανάλι 1 του παλμογράφου. Φέρνουμε το μεταγωγό AC/GND/DC στη θέση AC. Βάζουμε σε λειτουργία τη σάρωση στρέφοντας το μεταγωγό συχνότητας (TIME/DIV), ώσπου να δούμε πάνω στην οθόνη σταθεροποιημένη την κυματομορφή για μία περίοδο.
2. Προσδιορίζουμε το πλάτος αυτής της τάσης και εκτιμούμε το σφάλμα που θα βρούμε:

$$V_0 = \dots, 0 \pm 0, \dots \text{ Volts}$$

3. Προσδιορίζουμε την περίοδο της ημιτονικής κυματομορφής μετρώντας την οριζόντια απόσταση ανάμεσα σε δύο μέγιστα και λαμβάνοντας υπ' όψιν την ένδειξη του μεταγωγού TIME/DIV που καθορίζει πόσα ms ή μs αντιστοιχούν σε κάθε υποδιαίρεση οριζόντιας απόκλισης στην οθόνη. Εκτιμούμε και το σφάλμα της περιόδου:

$$T = \dots, 0 \pm 0, \dots \text{ ms}$$

Το πολύμετρο

Το πολύμετρο είναι το βασικότερο όργανο του εργαστηρίου. Η ίδια έννοια της λέξης πολύμετρο σημαίνει ότι αυτό το όργανο κάνει πολλές μετρήσεις. Κάθε πολύμετρο μετρά τουλάχιστον τα τρία βασικά ηλεκτρικά μεγέθη:

- Τάση (συνεχή ή εναλλασσόμενη), (Volts - V)
- Ένταση (συνεχές ή εναλλασσόμενο), (Amperes - A)
- Αντίσταση, (Ohms - Ω)

Το πολύμετρο δηλαδή είναι στην πραγματικότητα τρία (ή περισσότερα) όργανα:

(Βολτόμετρο – Αμπερόμετρο – Ωμόμετρο)

Πολλά πολύμετρα μετρούν κι άλλα μεγέθη όπως χωρητικότητα πυκνωτή, θερμοκρασία, συχνότητα, έχουν τη δυνατότητα να ελέγχουν εξαρτήματα, κ.α.



Σχήμα 4: Το πολύμετρο MASTECH M-830B.



Όπως παρατηρείται στο κάτω δεξιό μέρος του πολύμετρου υπάρχουν 3 υποδοχές.

- A. Στην υποδοχή που γράφει **COM** συνδέεται ο μαύρος ακροδέκτης του πολυμέτρου που όταν μετράμε συνεχείς τάσεις ή ρεύματα συνδέεται στον αρνητικό πόλο του κυκλώματος.
- B. Στην υποδοχή που γράφει **VΩmA** συνδέεται ο κόκκινος ακροδέκτης του πολυμέτρου που όταν μετράμε συνεχείς τάσεις ή ρεύματα συνδέεται στον θετικό πόλο του κυκλώματος.
- Γ. Στην υποδοχή που γράφει **10ADC** συνδέεται ο κόκκινος ακροδέκτης μόνο όταν θέλουμε να μετρήσουμε μεγάλο συνεχές ρεύμα, (πάνω από 200 mA έως 10 A).

Παρατηρούμε ότι στο κέντρο του πολυμέτρου υπάρχει ένας μεταγωγός διακόπτης. Με τον διακόπτη αυτό επιλέγουμε το μέγεθος που θέλουμε να μετρήσουμε τοποθετώντας τον δείκτη στην κατάλληλη θέση.

✓ *Ο αριθμός που υπάρχει σε κάθε θέση είναι η μέγιστη τιμή που μπορούμε να μετρήσουμε για το συγκεκριμένο μέγεθος στην θέση αυτή. Όταν υπερβούμε την τιμή αυτή στην οθόνη του οργάνου εμφανίζεται η ένδειξη « I ». Τότε θα πρέπει να μετακινήσουμε τον μεταγωγό διακόπτη στην αμέσως μεγαλύτερη τιμή.*

Οι κλίμακες που υπάρχουν στο πολύμετρο είναι:

1. **OFF:** Το όργανο είναι εκτός λειτουργίας.
2. **ACV με θέσεις 750, 200:** Εδώ μπορούμε να μετρήσουμε εναλλασσόμενη τάση έως 750 Volt ή έως 200 Volt αντίστοιχα.
3. **DCA με θέσεις 200μ, 2000μ, 20m, 200m:** Εδώ μπορούμε να μετρήσουμε συνεχές ρεύμα έως 200μΑ, 2000μΑ, 20mA ή έως 200mA αντίστοιχα.
 - **ΠΡΟΣΟΧΗ:** Υπέρβαση των 200 mA θα προκαλέσει κάψιμο της εσωτερικής ασφάλειας του οργάνου.
4. **10A:** Εδώ μπορούμε να μετρήσουμε συνεχές ρεύμα έως 10A.
 - **ΠΡΟΣΟΧΗ:** Υπέρβαση των 10A θα προκαλέσει κάψιμο του οργάνου (δεν υπάρχει εσωτερική ασφάλεια).
5. **hFE:** Εδώ μετράμε τον συντελεστή ενίσχυσης τρανζίστορ.
6. $\text{—}\nabla\text{—}$: Εδώ ελέγχουμε κρυσταλλοδιόδους.
7. **Ω με θέσεις 200, 2000, 20K, 200K, 2000K:** Εδώ μπορούμε να μετρήσουμε ωμική αντίσταση έως 200Ω, 2000Ω, 20KΩ, 200KΩ ή έως 2000KΩ αντίστοιχα.
8. **DCV με θέσεις 200m, 2000m, 20, 200, 1000:** Εδώ μπορούμε να μετρήσουμε συνεχή τάση έως 200mV, 2000mV, 20V, 200V ή έως 1000V αντίστοιχα.

Πως μετράμε...

Συνεχή τάση

Για να μετρήσουμε συνεχή τάση επιλέγουμε με τον μεταγωγό διακόπτη μια από τις θέσεις **DCV** που να είναι μεγαλύτερη από την προς μέτρηση τάση.

- ✓ *Αν δεν ξέρουμε πόση περίπου θα είναι αυτή η τιμή που θα μετρήσουμε, ξεκινάμε από την μεγαλύτερη θέση και αν δεν έχουμε ικανοποιητική μέτρηση κατεβαίνουμε στην αμέσως μικρότερη περιοχή.*
- ✓ *Αν η μετρούμενη τιμή είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη τιμή που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη θέση αυτή στην οθόνη του οργάνου εμφανίζεται η ένδειξη « I ». Τότε θα πρέπει να μετακινήσουμε τον μεταγωγό διακόπτη στην αμέσως μεγαλύτερη τιμή.*

Για την μέτρηση **DC τάσεως** συνδέουμε τους ακροδέκτες **ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ** στην υπό μέτρηση τάση (πηγή ή εξάρτημα) προσέχοντας την πολικότητα ώστε ο μαύρος ακροδέκτης (**COM**) να συνδεθεί στον αρνητικό πόλο του κυκλώματος και ο κόκκινος ακροδέκτης (**VΩmA**) να συνδεθεί στον θετικό πόλο του κυκλώματος. Στην συνέχεια διαβάζουμε στην οθόνη του οργάνου την τιμή της συνεχούς τάσεως. (π.χ. Με τον μεταγωγό διακόπτη στην θέση **DCV 200m** και ένδειξη στην οθόνη **156.4** η τιμή της συνεχούς τάσης είναι **156,4 mV**).

- ✓ *Αν συνδέσουμε το βολτόμετρο με αντίθετη πολικότητα θα έχουμε εμφάνιση στην οθόνη του οργάνου την ένδειξη « - » πριν την αριθμητική τιμή.*
- ✓ *Αν το πολύμετρο (με τον μεταγωγό διακόπτη σε θέση μέτρησης **DCV**) συνδεθεί σε σειρά με το κύκλωμα δεν θα έχουμε ροή ρεύματος από το κύκλωμα λόγω της πολύ μεγάλης εσωτερικής αντίστασης του πολυμέτρου όταν αυτό χρησιμοποιείτε σαν βολτόμετρο.*

Συνεχές ρεύμα

Για να μετρήσουμε συνεχές ρεύμα επιλέγουμε με τον μεταγωγό διακόπτη μια από τις θέσεις **DCA** που να είναι μεγαλύτερη από το προς μέτρηση ρεύμα.

- ✓ *Αν δεν ξέρουμε πόση περίπου θα είναι αυτή η τιμή που θα μετρήσουμε, ξεκινάμε από την μεγαλύτερη θέση και αν δεν έχουμε ικανοποιητική μέτρηση κατεβαίνουμε στην αμέσως μικρότερη περιοχή.*
- ✓ *Αν η μετρούμενη τιμή είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη τιμή που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη θέση αυτή στην οθόνη του οργάνου εμφανίζεται η ένδειξη « I ». Τότε θα πρέπει να μετακινήσουμε τον μεταγωγό διακόπτη στην αμέσως μεγαλύτερη τιμή.*



Για την μέτρηση DC ρεύματος συνδέουμε τους ακροδέκτες **ΣΕ ΣΕΙΡΑ** στο κύκλωμα προσέχοντας την πολικότητα ώστε ο μαύρος ακροδέκτης (**COM**) να συνδεθεί στον αρνητικό πόλο του κυκλώματος και ο κόκκινος ακροδέκτης (**VΩmA**) να συνδεθεί στον θετικό πόλο του κυκλώματος. Στην συνέχεια διαβάζουμε στην οθόνη του οργάνου την τιμή του συνεχούς ρεύματος. (π.χ. Με τον μεταγωγό διακόπτη στην θέση **DCA 200m** και ένδειξη στην οθόνη 105.5 η τιμή της συνεχούς ρεύματος είναι 105,5 mA).

- ✓ *Αν συνδέσουμε το αμπερόμετρο με αντίθετη πολικότητα θα έχουμε εμφάνιση στην οθόνη του οργάνου την ένδειξη « - » πριν την αριθμητική τιμή.*
- ✓ *Αν το πολύμετρο (με τον μεταγωγό διακόπτη σε θέση μέτρησης DCA) συνδεθεί παράλληλα στο κύκλωμα τότε θα έχουμε ροή πολύ μεγάλου ρεύματος μέσα από το πολύμετρο λόγω της πολύ μικρής εσωτερικής αντίστασης του πολυμέτρου όταν αυτό χρησιμοποιείτε σαν αμπερόμετρο. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα το άμεσο κάψιμο της εσωτερικής ασφάλειας του πολυμέτρου ή σε περίπτωση που η εσωτερική ασφάλεια δεν προστατέψει το όργανο, την καταστροφή του πολυμέτρου.*

Εναλλασσόμενη τάση

Για να μετρήσουμε εναλλασσόμενη τάση επιλέγουμε με τον μεταγωγό διακόπτη μια από τις θέσεις **ACV** που να είναι μεγαλύτερη από την προς μέτρηση τάση.

- ✓ *Αν δεν ξέρουμε πόση περίπου θα είναι αυτή η τιμή που θα μετρήσουμε, ξεκινάμε από την μεγαλύτερη θέση και αν δεν έχουμε ικανοποιητική μέτρηση κατεβαίνουμε στην αμέσως μικρότερη περιοχή.*
- ✓ *Αν η μετρούμενη τιμή είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη τιμή που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη θέση αυτή στην οθόνη του οργάνου εμφανίζεται η ένδειξη « I ». Τότε θα πρέπει να μετακινήσουμε τον μεταγωγό διακόπτη στην αμέσως μεγαλύτερη τιμή.*

Για την μέτρηση AC τάσεως συνδέουμε τους ακροδέκτες **ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ** στην υπό μέτρηση τάση (πηγή ή εξάρτημα). Στην συνέχεια διαβάζουμε στην οθόνη του οργάνου την τιμή της εναλλασσόμενης τάσεως (π.χ. Με τον μεταγωγό διακόπτη στην θέση **ACV 200** και ένδειξη στην οθόνη 132.2 η τιμή της εναλλασσόμενης τάσης είναι 132,2 V).

- ✓ *Στην μέτρηση εναλλασσόμενης τάσης δεν υπάρχει πολικότητα, άρα δεν έχει σημασία η σύνδεση των ακροδεκτών.*
- ✓ *Αν το πολύμετρο (με τον μεταγωγό διακόπτη σε θέση μέτρησης ACV) συνδεθεί σε σειρά με το κύκλωμα δεν θα έχουμε ροή ρεύματος από το κύκλωμα λόγω της πολύ μεγάλης εσωτερικής αντίστασης του πολυμέτρου όταν αυτό χρησιμοποιείτε σαν βολτόμετρο.*



Μέτρηση αντίστασης

Για να μετρήσουμε την ωμική αντίσταση ενός εξαρτήματος επιλέγουμε με τον μεταγωγό διακόπτη μια από τις θέσεις Ω που να είναι μεγαλύτερη από την προς μέτρηση αντίσταση.

- ✓ Αν δεν ξέρουμε πόση περίπου θα είναι αυτή η τιμή που θα μετρήσουμε, ξεκινάμε από την μεγαλύτερη θέση και αν δεν έχουμε ικανοποιητική μέτρηση κατεβαίνουμε στην αμέσως μικρότερη περιοχή.
- ✓ Αν η μετρούμενη τιμή είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη τιμή που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη θέση αυτή στην οθόνη του οργάνου εμφανίζεται η ένδειξη « I ». Τότε θα πρέπει να μετακινήσουμε τον μεταγωγό διακόπτη στην αμέσως μεγαλύτερη τιμή.

Για την μέτρηση αντίστασης συνδέουμε τους ακροδέκτες ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ στην υπό μέτρηση εξάρτημα. Στην συνέχεια διαβάζουμε στην οθόνη του οργάνου την τιμή της αντίστασης. (π.χ. Με τον μεταγωγό διακόπτη στην θέση Ω 2000 και ένδειξη στην οθόνη 1532.5 η τιμή της αντίστασης είναι 1532,5 Ω).

- ✓ Στην μέτρηση αντίστασης δεν υπάρχει πολικότητα, άρα δεν έχει σημασία η σύνδεση των ακροδεκτών.
- ✓ Όταν μετράμε την αντίσταση ενός εξαρτήματος που βρίσκεται συνδεδεμένο σε ένα κύκλωμα, το κύκλωμα δεν πρέπει να διαρρέετε από ρεύμα.

Μέτρηση διόδου

Για να μετρήσουμε δίοδο επιλέγουμε με τον μεταγωγό διακόπτη την θέση \rightarrow .

Για την μέτρηση διόδου συνδέουμε τους ακροδέκτες ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ στην υπό μέτρηση δίοδο, προσέχοντας την πολικότητα ώστε ο μαύρος ακροδέκτης (COM) να συνδεθεί στην κάθοδο της διόδου και ο κόκκινος ακροδέκτης ($V\Omega mA$) να συνδεθεί στην άνοδο της διόδου. Τότε θα έχουμε εμφάνιση στην οθόνη του οργάνου αριθμητική τιμή που αντιστοιχεί στην ωμική αντίσταση της διόδου όταν η δίοδος πολώνεται κατά την **ορθή φορά**.

- ✓ Μηδενική τιμή ή πολύ μεγάλη τιμή σημαίνει ότι η δίοδος είναι κατεστραμμένη.

Με σύνδεση των ακροδεκτών ανάποδα έχουμε ανάστροφη πόλωση της διόδου. Τότε η ένδειξη του οργάνου θα πρέπει να είναι μια πολύ μεγάλη τιμή, που αντιστοιχεί στην ωμική αντίσταση της διόδου όταν πολώνεται κατά την **ανάστροφη φορά**.

- ✓ Μηδενική τιμή σημαίνει ότι η δίοδος είναι κατεστραμμένη.
- ✓ Όταν μετράμε μια δίοδο που βρίσκεται συνδεδεμένη σε ένα κύκλωμα, το κύκλωμα δεν πρέπει να διαρρέετε από ρεύμα.



Μέτρηση συντελεστή ενίσχυσης τρανζίστορ

Για την μέτρηση του συντελεστή ενίσχυσης ενός τρανζίστορ χρησιμοποιούμε την υποδοχή που βρίσκεται αριστερά στο πολυμέτρο. Μετακινούμε τον μεταγωγό διακόπτη στην θέση **hFE**. Αν γνωρίζουμε τον τύπο και την διάταξη των ακροδεκτών του τρανζίστορ το τοποθετούμε έτσι ώστε οι ακροδέκτες του να συμπέσουν με τις κατάλληλες οπές. Τότε στην οθόνη του πολυμέτρου θα εμφανιστεί μια ένδειξη που αντιστοιχεί στον συντελεστή ενίσχυσης του τρανζίστορ.

- ✓ *Μηδενική ένδειξη σημαίνει ότι είτε το τρανζίστορ είναι κατεστραμμένο είτε ότι ο τύπος ή η διάταξη των ακροδεκτών του τρανζίστορ δεν είναι αυτή που νομίζουμε.*
- ✓ *Αν δεν ξέρουμε τον τύπο του τρανζίστορ ή την διάταξη των ακροδεκτών δοκιμάζουμε διάφορους συνδυασμούς συνδέσεων στην υποδοχή του πολυμέτρου.*

Εισαγωγικό εργαστήριο

Οι εργαστηριακές ασκήσεις που θα διεξαχθούν στο εργαστήριο των Ηχητικών Συστημάτων Ι, είναι οι εξής:

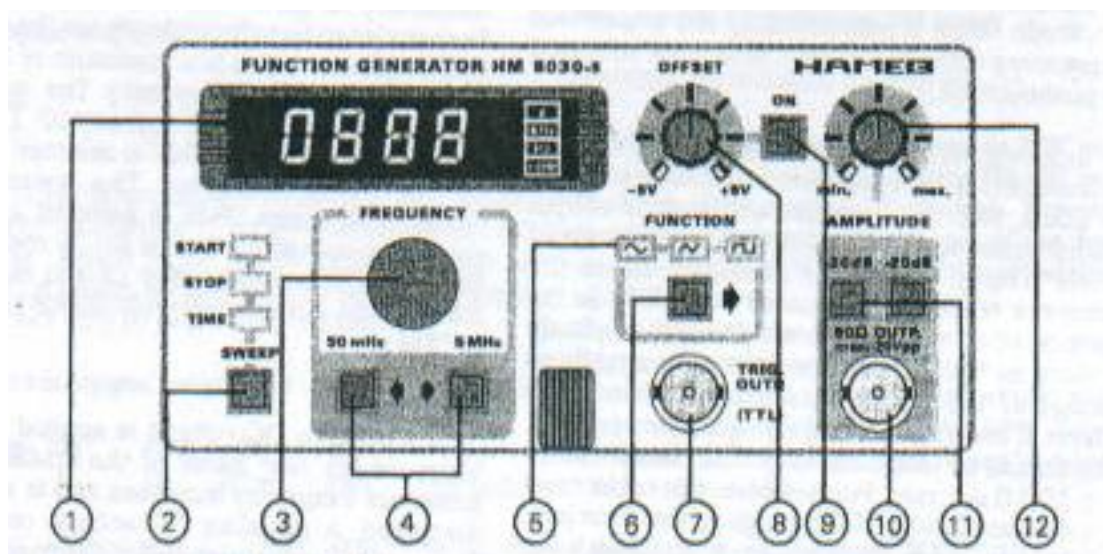
1. Εισαγωγικό εργαστήριο (σε δύο μαθήματα)
2. Χρήση κονσόλας
3. Συχνοτική απόκριση συσκευής
4. Συχνοτική απόκριση μεγαφώνου
5. Πολικό διάγραμμα μικροφώνου
6. Παθητικά φίλτρα
7. Φίλτρα κονσόλας
8. Σύνθετη αντίσταση μεγάφωνου

Διαδικασία της άσκησης

1. Θεωρητική εισαγωγή: Παρουσιάζεται συνοπτικά η θεωρία, πάνω στην οποία βασίζεται η άσκηση που θα εκτελεστεί.
2. Πραγματοποίηση της άσκησης: Γίνεται η συνδεσμολογία και πραγματοποιούνται οι μετρήσεις.
3. Γραπτή εργασία: Η γραπτή εργασία συντάσσεται ατομικά και παραδίδεται στο αμέσως επόμενο εργαστήριο.

Όργανα - συσκευές - συνδέτες

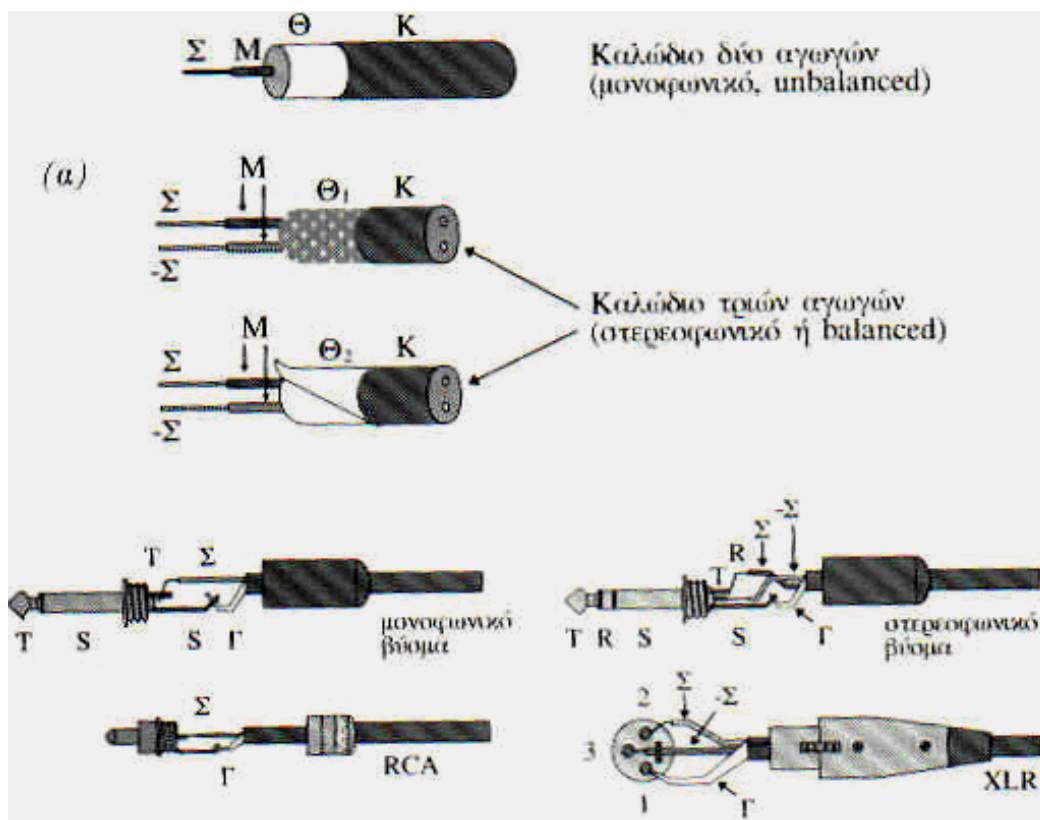
- i. Πηγή: Γεννήτρια συχνοτήτων (HAMEG HM8030-5





Σχήμα 5: Η γεννήτρια συχνοτήτων HAMEG HM8030-5.

1. **DISPLAY:** τετραψήφιος μετρητής συχνότητας. Δείκτες LED για Hz και kHz.
2. **SWEEP (push button):** Ενεργοποιεί την εσωτερική σάρωση. Επιλογή της συχνότητας έναρξης, της τελικής συχνότητας και του χρόνου σάρωσης.
3. **FREQUENCY (adjusting knob):** Συνεχής και γραμμική ρύθμιση συχνότητας, με εύρος από 0,095 έως 1.1. επί των περιοχών που επιλέγονται με το (4).
4. **FREQUENCY (2 pushbuttons):** Επιλογή περιοχής συχνότητας από 0.05Hz έως 5MHz σε 8 (δεκαδικά) βήματα.
5. **LEDs:** Ένδειξη της επιλεγμένης σχετικής λειτουργίας.
6. **Mode selection:** Επιλογή τρόπου: Τρίγωνο, ημίτονο, τετράγωνο και off.
7. **TRIGGER OUTPUT (με συνδέτη BNC):** Παρέχει ένα τετραγωνικό σήμα σε συγχρονισμό το σήμα εξόδου.
8. **OFFSET (adjusting knob):** Ρυθμιστής της θετικής ή αρνητικής τάσης offset Αυτή η ΣΥΝΕΧΗΣ τάση μπορεί να υπερτεθεί στο σήμα εξόδου. Η μέγιστη τάση offset είναι $\pm 5V$.
9. **ON (pushbutton):** Ενεργοποιεί τη λειτουργία offset.
10. **50Ω OUTPUT (με συνδέτη BNC):** Η έξοδος της γεννήτριας. Η σύνθετη αντίσταση εξόδου είναι 50Ω και το μέγιστο πλάτος εξόδου είναι 20Vpp.
11. **-20dB, -20dB (pushbutton):** Δύο εξασθενητές, 20dB κάθε ένας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωριστά. Όταν και οι δύο ενεργοποιούνται μια συνολική εξασθένιση 40dB προκύπτει. Συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου εύρους (14), η μέγιστη εξασθένιση ανέρχεται σε 60dB (παράγοντας 1000).
12. **AMPLITUDE (adjusting knob):** Ρυθμιστής του πλάτους εξόδου από 0 σε 20dB.
 - ii. Συσκευές για μελέτη: κονσόλα, μεγάφωνο, μικρόφωνο, παθητικά φίλτρα (δηλ. πυκνωτές, πηνία, αντιστάσεις).
 - iii. Συσκευές μετρήσεων: παλμογράφος, αναλυτής φάσματος (H/Y με κατάλληλο λογισμικό).
 - iv. Καλώδια και συνδέτες:



Σχήμα 6: Τύποι καλωδίων.

(α) Τρεις τύποι θωρακισμένου καλωδίου

Σ = αγωγός σήματος
ή γείωση

-Σ = αγωγός ανεστραμμένου σήματος

Μ = μόνωση αγωγού σήματος

Κ = εξωτερικό κάλυμμα

Θ ή Γ = θωράκιση (μπλεντάζ) ή επιστροφή

Θ1 = θωράκιση πλεχτή

Θ2 = θωράκιση "αγώγιμου φύλλου"

(β) Τέσσερις τύποι συνδέτων

- **Unbalanced** (μη εξισορροπημένες συνδέσεις)
Το μονοφωνικό βύσμα και το RCA είναι συνδέτες στους οποίους χρησιμοποιούνται δύο αγωγοί (μέσα σε κοινό καλώδιο)
- **Balanced** (εξισορροπημένες συνδέσεις)
Το στερεοφωνικό βύσμα και το XLR είναι συνδέτες στους οποίους χρησιμοποιούνται τρεις αγωγοί (μέσα σε κοινό καλώδιο), δύο για το σήμα και ένας για τη γείωση (θωράκιση).

Γραπτή εργασία

Εκπονείται ατομικά από τον κάθε σπουδαστή, παραδίδεται στο επόμενο κάθε φορά μάθημα του εργαστηρίου και έχει την εξής δομή:

1. Θεωρητική εισαγωγή
2. Συνδεσμολογία



3. Μετρήσεις
4. Γραφική παράσταση
5. Συμπεράσματα, παρατηρήσεις, σχόλια

Καθένα από τα παραπάνω τμήματα βαθμολογείται με (2) δύο μονάδες.

Πιο αναλυτικά:

- Στην *θεωρητική εισαγωγή* παρουσιάζεται (συνοπτικά) η θεωρία για το πείραμα. Θα την έχετε διδαχθεί στο αντίστοιχο μάθημα (Θεωρία **Ηχητικά Συστήματα I**) και θα την βλέπουμε πιο συγκεκριμένα πριν από το εργαστήριο.
- Στην *συνδεσμολογία* περιγράφεται η συνδεσμολογία της άσκησης.
- Στις *μετρήσεις* θα δημιουργείται ένα πίνακα από τις μετρήσεις που θα έχετε πάρει κατά τη διάρκεια της άσκησης, π.χ.

Συχνότητα (HZ)	Vin	Vout (Volt)	dB
100	1.4	2.3	4.39345
1000	1.40	2.33	4.42345
5000	1.5	2.39	4.05463

Παρατηρήσεις στον παραπάνω πίνακα:

- ✓ Δεν αναφέρονται οι μονάδες στην στήλη Vin.
- ✓ Όχι μετρήσεις με την ίδια τάξη μεγέθους ακριβείας στις στήλες Vin και Vout.
- ✓ Ακρίβεια αποτελέσματος στην στήλη dB σε τάξη μεγέθους πέντε δεκαδικών ψηφίων που δεν χρειάζεται (και δεν μπορεί να αποδοθεί και στην γραφική παράσταση).

Άρα, το σωστό είναι (αν υποθέσουμε ότι για την συγκεκριμένη άσκηση απαιτούνται δύο δεκαδικά ψηφία):

Συχνότητα (HZ)	Vin (Volt)	Vout (Volt)	dB
100	1.4	2.3	4.39
1000	1.4	2.3	4.42
5000	1.5	2.4	4.05



- Οι *γραφικές παραστάσεις* σε όλα σχεδόν τα πειράματα θα γίνονται σε ημιλογαριθμικό φύλλο εργασίας. Το ημιλογαριθμικό (semi-log) φύλλο έχει μια λογαριθμική κλίμακα στον ένα άξονα και μια γραμμική κλίμακα στον άλλο, το log-log φύλλο έχει λογαριθμικές κλίμακες και στους δύο άξονες. Όταν έχουμε μέτρηση στην περιοχή συχνοτήτων (όπως συμβαίνει τις περισσότερες φορές σε αυτό το εργαστήριο), τότε στον άξονα χ (λογαριθμικός) θα αντιστοιχούμε τις συχνότητες και στον άξονα ψ (γραμμικός) τα dB (δηλ. την στάθμη σήματος).

Θυμηθείτε λοιπόν, ότι :

- ✓ Κάθε γραφική παράσταση χρειάζεται ένα τίτλο.
- ✓ Οι άξονες πρέπει να προσδιορίζονται με μεγέθη και μονάδες, π.χ. Power, P (Watt).
- ✓ Προσδώστε σαφήνεια στην βαθμονόμηση που ακολουθήσατε σε κάθε άξονα.
- ✓ Ένας λογαριθμικός άξονας είναι ήδη βαθμονομημένος με αριθμούς στο φύλλο που τυχόν προμηθευτήκατε. Δεν μπορείτε να αλλάξετε αυτούς τους αριθμούς, μπορείτε μόνο να μετακινήσετε την υποδιαστολή πάνω τους.
- ✓ Η διαφορά μεταξύ μιας λογαριθμικής και γραμμικής κλίμακας έγκειται στο αν τα φυσικά βήματα αυξάνονται με προσθετικό τρόπο (γραμμική κλίμακα) ή με πολλαπλασιαστικό τρόπο (λογαριθμική κλίμακα).
- ✓ $\log_{10}x = n$ η δύναμη που πρέπει να υψώσεις το 10 για να πάρεις το x, π.χ.

$$\log_{10} 1 = 0, \text{ αφού } 10^0 = 1.$$

$$\log_{10} 10 = 1, \text{ αφού } 10^1 = 10$$

$$\log_{10} 1000000 = 6, \text{ αφού } 10^6 = 1000000$$

- ✓ Οι λογάριθμοι είναι απλώς ένας μετασχηματισμός. Τους χρησιμοποιούμε επειδή μερικές φορές είναι ευκολότερο να αναλύσουμε ή να περιγράψουμε κάτι με τους λογαρίθμους των τιμών, απ' ό,τι με τις ίδιες τις αρχικές τιμές. Η λογαριθμική κλίμακα έχει τους αριθμούς (1.2.3... 9) που τυπώνονται στον άξονα. Αυτοί οι αριθμοί χωρίζονται κατά διαστήματα αναλογικά προς τους λογαρίθμους των αριθμών. Ένας κύκλος αναφέρεται σ' ένα πλήρες σύνολο αριθμών από το 1 έως το 10. Μπορούμε να έχουμε διάφορους κύκλους κατά μήκος ενός άξονα. **Είναι σημαντικό να έχετε προμηθευτεί το φύλλο εργασίας με το σωστό αριθμό κύκλων για την εκάστοτε εργασία σας.** Ο παρακάτω πίνακας έχει έναν πιθανό άξονα 2-κύκλων (μερικά σημεία παραλείπονται για συντομία).



αριθμός	1	2	3	5	6	8	10	20	30	40	50	80	100
log	0.00	0.30	0.48	0.70	0.79	0.90	1.00	1.30	1.48	1.60	1.70	1.90	2.00
απόσταση σε cm	0.0	6.0	9.6	14.0	15.8	18.0	20.0	26.0	29.6	32.0	34.0	38.0	40.0

Οι αριθμοί στην λογαριθμική κλίμακα της γραφικής παράστασης είναι χαρακτηρισμένοι 1 ..2 ..3... 9 ..1 ..2 ..3... 1: πρέπει να χρησιμοποιήσετε αυτούς τους αριθμούς, αλλά μπορείτε να επιλέξετε το δεκαδικό σημείο. Κατά συνέπεια μια κλίμακα δύο κύκλων θα μπορούσε να αρχίσει σε 0,001 και να πάει σε 0,1 ή θα μπορούσε να αρχίσει σε 10 και να πάει σε 1000.

Σκεφθείτε και απαντήστε...

Ποιες από τις παρακάτω κλίμακες είναι γραμμικές και ποιες λογαριθμικές;

1. 1, 2.5, 4, 5.5, 7, 8.5, 10...
2. 3, 9, 27, 81, 243...
3. 10, 100, 1000, 10000 ...
4. 50, 550, 1050, 1550, 2050...

Τέλος, στα συμπεράσματα αναγράφονται σχόλια για το πείραμα που διεξήχθη, για την ορθότητα ή όχι των μετρήσεων, για το αν τα αποτελέσματα είναι ή όχι αναμενόμενα και γιατί κ.λ.π.

Βοήθημα για το DECIBEL (dB)

Η μονάδα decibel (dB) που χρησιμοποιείται ευρύτατα στην Ακουστική είναι δανεισμένη από την Ηλεκτρική Μηχανολογία. Περιγράφει τον λόγο μεταξύ δύο ποσοτήτων (που συνήθως σχετίζονται με την ισχύ).

Η χρησιμότητα της έγκειται αφ' ενός στο ότι ως λογαριθμική μονάδα που είναι μπορεί να εκφράσει μεγάλα μεγέθη με σχετικά λίγα αριθμητικά ψηφία και αφ' ετέρου στο ότι έχει άμεση σχέση με μεγέθη που σχετίζονται με το σύστημα ακοής του ανθρώπου το οποίο και ακολουθεί λογαριθμική κλίμακα (περίπου).

Στη Μουσική Τεχνολογία είναι πολύ χρήσιμη η έκφραση της στάθμης ενός ηλεκτρικού σήματος, συναρτήσει ηλεκτρικών τάσεων. Η στάθμη τάσεων του ηλεκτρικού σήματος δίδεται από την σχέση:

$$L = 20 \times \log \frac{V}{V_{\text{αναφοράς}}} \text{ σε decibel.}$$

Όταν στις προδιαγραφές μίας συσκευής δεν αναφέρεται ο λόγος ισχύων ή τάσεων, αλλά δίνεται κάποια στάθμη σήματος σε dB, εννοείται ότι αυτή συγκρίνεται με μία στάθμη αναφοράς, που πρέπει οπωσδήποτε να αναφέρεται στα χαρακτηριστικά της συσκευής.

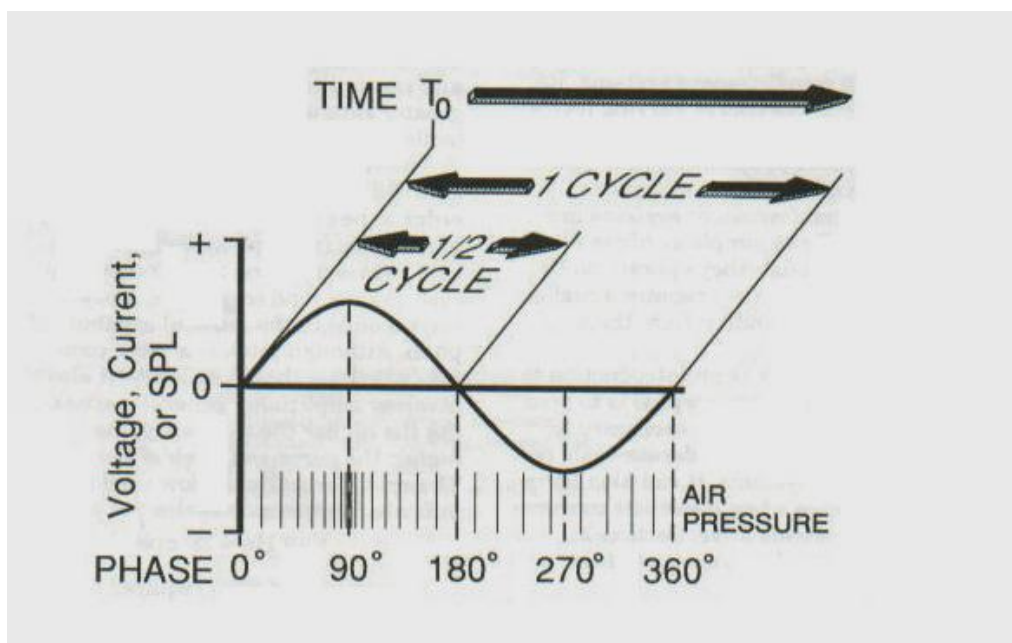
Άλλες σχετικές μονάδες με το dB είναι τα: dBm, dBW, dBu, dBV, dBv (που εκφράζουν τα μεν δύο πρώτα λόγο ηλεκτρικών ισχύων, τα δε τρία επόμενα λόγο ηλεκτρικών τάσεων).

Ηλεκτρική αναπαράσταση του ήχου

α. Ακουστικό σήμα

Το ακουστικό σήμα (**audio signal**) είναι η ηλεκτρική αναπαράσταση του ήχου με τη μορφή ενός μεταβαλλόμενου ρεύματος ή τάσης.

Το ηλεκτρικό σήμα (**signal**) τάσης ή ρεύματος μεταβάλλεται όπως η ακουστική ενέργεια (δηλ. το ηχητικό κύμα) που αναπαριστά. Τα ηλεκτρικά σήματα που παράγουν τα μουσικά όργανα λαμβάνονται μέσω μετατροπέων και είναι συνεχείς μεταβολές της ηλεκτρικής τάσης ή ρεύματος (περιοδικές ή όχι). Είναι δηλ. αναλογικά σήματα (analog signals).



Σχήμα 7: Αναπαράσταση ενός ακουστικού σήματος
(ένας κύκλος ημιτονικού κύματος)

Στη συνέχεια αυτά τα αναλογικά ηλεκτρικά σήματα μπορούν να οδηγηθούν σε ηλεκτρικές συσκευές επεξεργασίας του ήχου. Αν βέβαια οι συσκευές επεξεργασίας είναι ψηφιακές, τα αναλογικά σήματα πριν επεξεργασθούν, πρέπει να μετατραπούν σε ψηφιακά.

β. Στάθμες ισχύος ακουστικών σημάτων

Σήματα χαμηλής στάθμης ή στάθμης μικροφώνου: Αυτή η περιοχή εκτείνεται από τα πολύ χαμηλής ισχύος σήματα (σχεδόν μηδέν) ως τα -20 dBu περίπου (δηλ. 77,5 mV). Περιλαμβάνει τα σήματα από εξόδους μικροφώνων, μαγνητών κιθάρας, κεφαλών πικάπ κ.λ.π.

Σήματα μέσης στάθμης ή σήματα “line”: Αυτή η περιοχή εκτείνεται από τα -20 dBu ως τα +30 dBu δηλ. 24,5 V. Περιλαμβάνει τα σήματα από ηλεκτρονικά όργανα και synthesizer, εξόδους από προενισχυτές, κονσόλες κ.λ.π. Οι τυπικές στάθμες για τις περισσότερες συσκευές είναι στα -10 dBu (245 mV), +4 dBu (1,23 V) ή +8 dBu (1,95 V).

Σήματα υψηλής στάθμης ή σήματα μεγαφώνων: Η περιοχή καλύπτει μεγέθη πέρα από +30 dBu, δηλ. 24,5 V. Περιλαμβάνει τα σήματα ενισχυτών ισχύος.

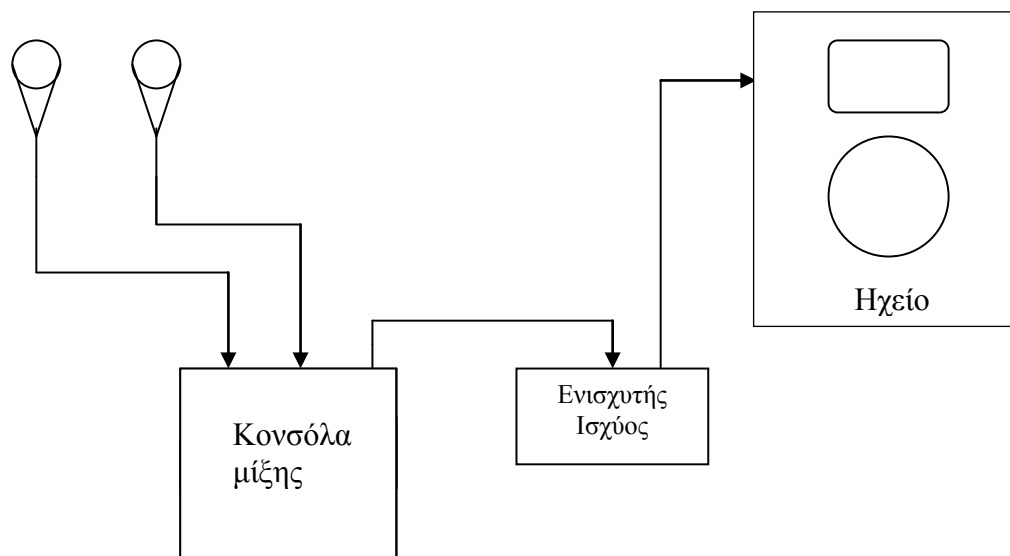
Χρήση κονσόλας

Θεωρητική εισαγωγή

Σκοπός του πειράματος είναι η περιγραφή, κατανόηση της λειτουργίας και εξοικείωση με την κονσόλα μίξης.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει ένα απλό σύστημα ήχου, σαν κι αυτά που χρησιμοποιούνται π.χ. σε αίθουσες διαλέξεων.

:

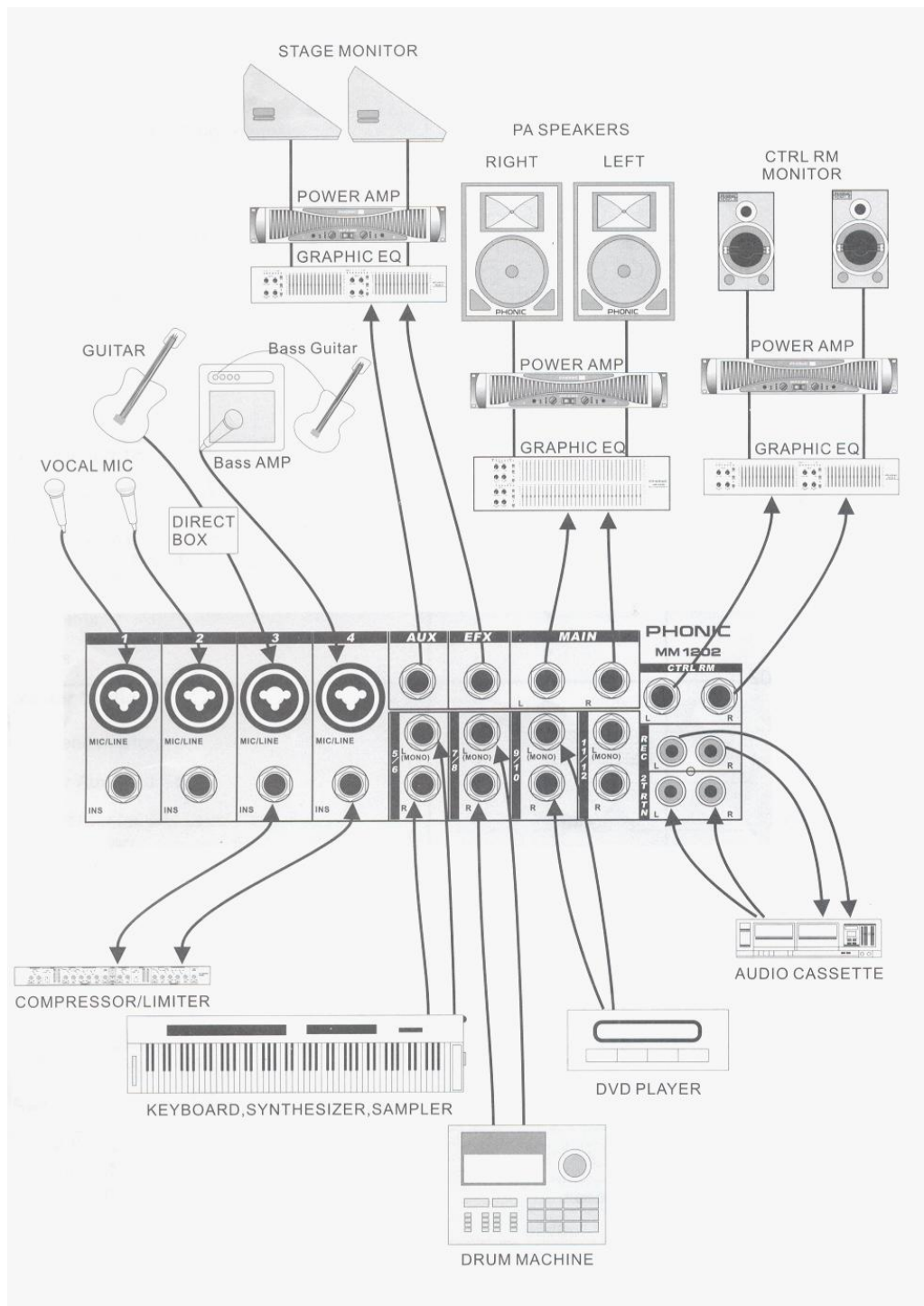


Σχήμα 8: Παράδειγμα ενός συστήματος ήχου.

Η κονσόλα επιτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες:

- 1) **Προενίσχυση:** Ενισχύει την στάθμη του ακουστικού σήματος (**audio signal**) από το μικρόφωνο φέρνοντας το στα επίπεδα ενός σήματος μέσης στάθμης (**line**).
- 2) **Ισοστάθμιση:** Επεμβαίνει στο συχνοτικό περιεχόμενο του σήματος.
- 3) **Μίξη:** Η κονσόλα αθροίζει τα ισοσταθμισμένα σήματα όλων των μικροφώνων (ή οποιονδήποτε μετατροπέων εισόδου) παράγοντας ένα απλό line σήμα στην έξοδο.

Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να τα δούμε αυτά στην παρακάτω εικόνα που απεικονίζεται μια από τις κονσόλες του εργαστηρίου μας (η κονσόλα PHONIC MM 1202) σε χρήση π.χ. από μια μπάντα μουσικών.



Σχήμα 9: Παράδειγμα συνδεσμολογίας συσκευών στην κονσόλα PHONIC MM 1202.



Τμήμα εισόδου της κονσόλας (περιγραφή της “φέτας” ενός καναλιού)

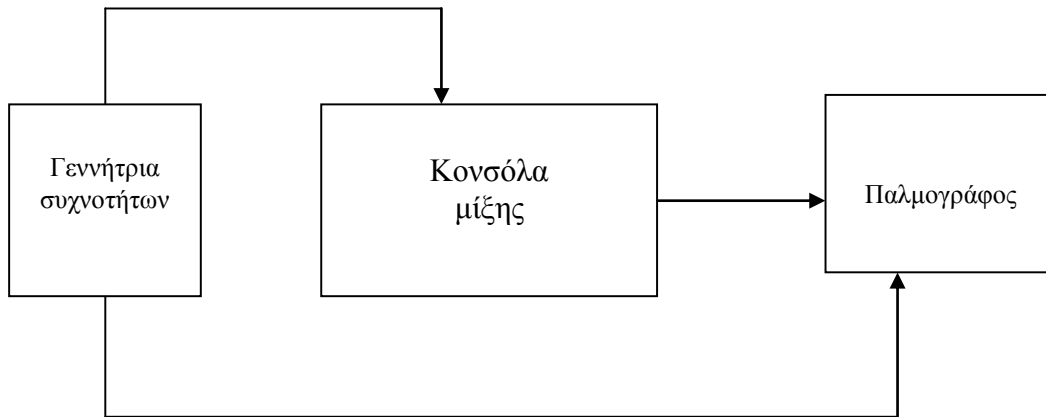
- **Input:** Είσοδος **XLR**.
- **Input:** Είσοδος **1/4" jack plug**.
- **Inserts (Εισαγωγές / παρεμβολές σήματος):** Συμπληρώνουν ή αντικαθιστούν τις βοηθητικές υποδοχές (Auxiliaries). Προσφέρουν π.χ. τη δυνατότητα σύνδεσης κάποιου εφέ στο κάθε κανάλι.
- **Gain (ρυθμιστής απολαβής σήματος):** Ρυθμίζει την ευαισθησία εισόδου για μικρόφωνο, ηλεκτρική κιθάρα, αλλά και σήματα line (π.χ. synthesizer, drum machine κ.λ.π.).
- **Equaliser** (high, mid, low). Ρυθμιστικά της χροιάς του τόνου.
- **Aux** και **Efx** (ή και με άλλες ονομασίες): Είναι ρυθμιστικά που μας επιτρέπουν να στείλουμε το σήμα από αντίστοιχες υποδοχές εξόδου από την κονσόλα προς κάποιο σύστημα ακρόασης ή μέσω κάποιας ειδικής μονάδας εφέ. Αυτό μπορεί να γίνει pre (πρίν) ή post (μετά) το fader του καναλιού.
- **Peak:** Αυτή η ενδεικτική κόκκινου χρώματος λυχνία μας προειδοποιεί για την ύπαρξη στο κανάλι σήματος πολύ υψηλής στάθμης.
- **Pan:** Επιλέγει το ποσοστό σήματος σε κάθε κανάλι (στερεοφωνική εικόνα).
- **Fader:** Είναι υπεύθυνο για την ένταση (volume) του ήχου.

Τμήμα εξόδου της κονσόλας

- **Master Fader:** Ρυθμίζει την συνολική έξοδο (left, right).
- **Main out:** Η κύρια έξοδος της κονσόλας.
- **Control Room, Efx Out, Aux Out, Rec, 2T Rtn, Headphone:** Διάφορες υποδοχές για σύνδεση με σχετικές συσκευές.

Πειραματικό μέρος

- 1) **Πραγματοποιείστε** τις παρακάτω συνδέσεις (σχήμα.10).
- 2) **Πάρτε** από την γεννήτρια συχνοτήτων σήμα συχνότητας 1 kHz και πλάτους 1.8 V.



Σχήμα 10: Συνδεσμολογία για την μελέτη της κονσόλας μίξης.

3) Εξετάστε

- την διαδρομή του σήματος μέσα στην συσκευή.
- τις επεμβάσεις που μπορεί να κάνετε στο σήμα με τα διάφορα ρυθμιστικά.
- κάνετε ρυθμίσεις ώστε στην έξοδο της κονσόλας να έχετε σήμα πλάτους 2,8 V.
- κάνετε το ίδιο για τις εξόδους auxiliary. Ποιες από αυτές είναι ανεξάρτητες από τα fader του καναλιού;

Συχνοτική απόκριση συσκευής

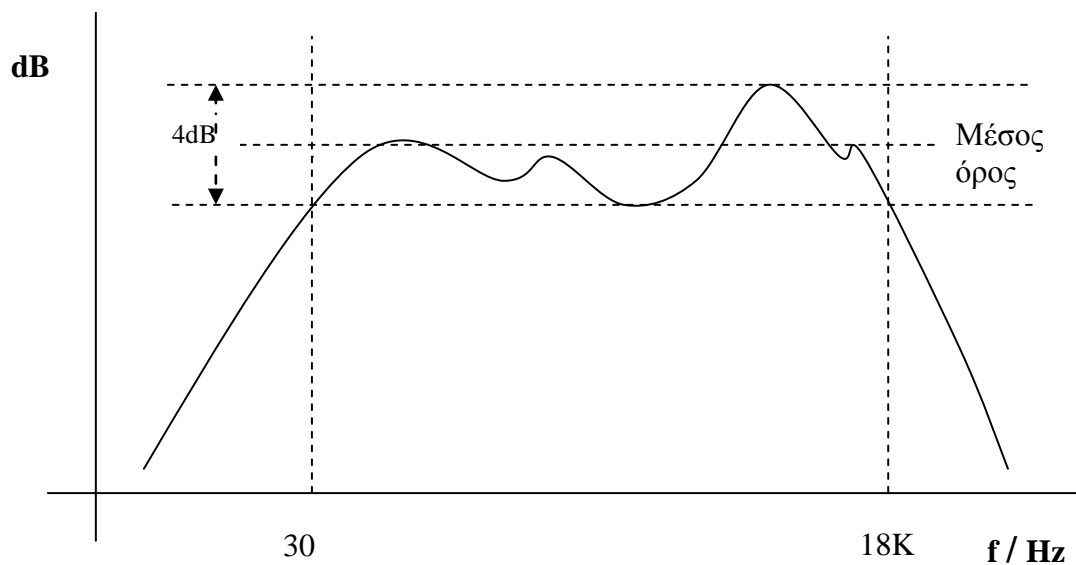
Θεωρητική εισαγωγή

Σε όλες τις συσκευές στις οποίες παρατηρείται ενίσχυση (ή εξασθένηση) κατά την διέλευση ενός σήματος δια μέσου αυτών, συναντάμε τον όρο **απόκριση συχνότητας** (frequency response), που μας πληροφορεί πώς μεταβάλλεται η ενίσχυση (ή η εξασθένηση) αυτή σε σχέση με τη μεταβολή της συχνότητας.

Περιγράφει δηλ. την σχέση μεταξύ της εισόδου και της εξόδου της συσκευής, αναφορικά με την συχνότητα και το πλάτος του σήματος. Ας δούμε πως περιγράφεται η συχνοτική απόκριση.

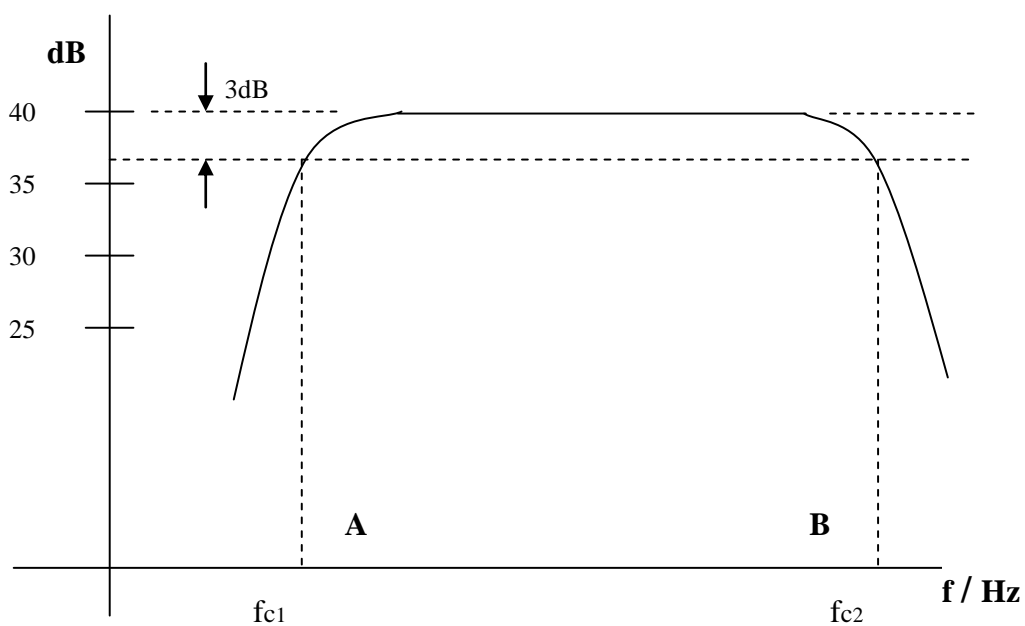
Στην πιο απλή της μορφή μπορεί να γραφεί ως π.χ. 30 Hz to 18 kHz, ± 2 dB. Το ± 2 dB μας πληροφορεί για την μέγιστη διακύμανση της στάθμης εξόδου στο αναφερόμενο εύρος συχνοτήτων (δηλ. 30 Hz to 18 kHz) όταν η στάθμη εισόδου της συσκευής παραμένει η ίδια για όλες τις συχνότητες.

Πιο αναλυτικά βέβαια καθορίζεται η συχνοτική απόκριση από την γραφική της παράσταση. Είναι αντιληπτό με ποιο τρόπο η παραπάνω προδιαγραφή (δηλ. 30 Hz to 18 kHz, ± 2 dB) εξάγεται από την γραφική παράσταση της παρακάτω συχνοτικής απόκρισης.



Σχήμα 11: Καμπύλη συχνοτικής απόκρισης.

Ας δούμε ορισμένα χαρακτηριστικά μεγέθη που αφορούν την συχνοτική απόκριση. Παρατηρείστε την παρακάτω καμπύλη απόκρισης που δίνει ένας ενισχυτής.



Σχήμα 12: Παράδειγμα καμπύλης συχνοτικής απόκρισης ενισχυτή.



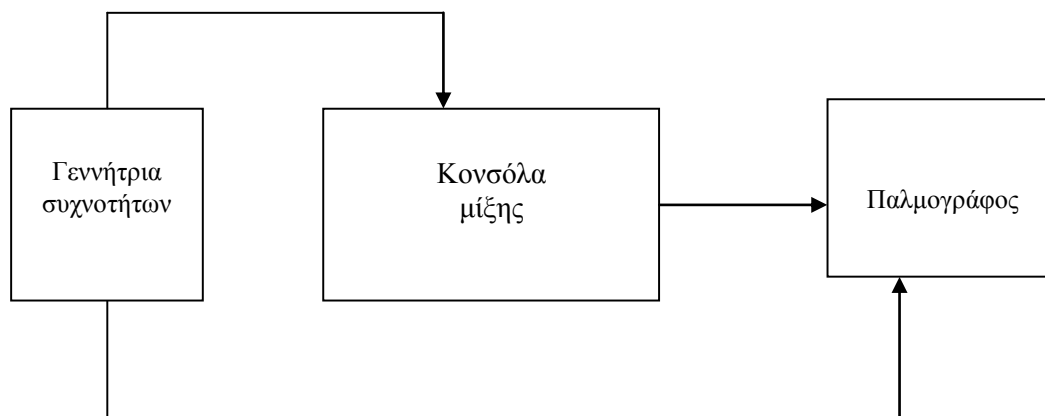
Το σημείο Α, λέγεται χαμηλή συχνότητα αποκοπής, συμβολίζεται με f_{c1} και βρίσκεται στην κάτω συχνότητα όπου η απολαβή του ενισχυτή έχει μειωθεί 3 dB (είναι δηλ. 37 dB). Το σημείο Β, λέγεται υψηλή συχνότητα αποκοπής, συμβολίζεται με f_{c2} και βρίσκεται στην πάνω συχνότητα όπου η απολαβή του ενισχυτή έχει μειωθεί 3 dB επίσης.

Πέρα των σημείων αυτών η μελέτη της συχνотικής απόκρισης θεωρείται ανάξια λόγου. Η περιοχή συχνοτήτων (f_{c1} , f_{c2}) ορίζεται ως το εύρος ζώνης του ενισχυτή ή bandwidth ή BW. Η απολαβή στην περιοχή αυτή (στο συγκεκριμένο παράδειγμα) είναι σταθερή δηλ. έχουμε επίπεδη απόκριση (flat response). Γράφεται και σαν f_{c1} to f_{c2} , +0, -3 dB.

Η περιοχή διέλευσης πρέπει να έχει σταθερή απολαβή. Οι ανεκτές διακυμάνσεις είναι της τάξης του ± 1 dB. Αν η απολαβή μεταβάλλεται περισσότερο τότε λέμε ότι η συσκευή παραμορφώνει ή ότι "χρωματίζει".

Πειραματικό μέρος

- 1) Πραγματοποιείτε την παρακάτω συνδεσμολογία:



Σχήμα 13: Συνδεσμολογία για την μέτρηση της συχνοτικής απόκρισης κονσόλας.

- 2) Πάρτε από την γεννήτρια συχνοτήτων ένα σήμα (επιπέδου line) και μεταβάλλετε την συχνότητα (τα φίλτρα κονσόλας να είναι βέβαια σε κατάσταση flat). Καταχωρίστε τις τιμές V_{in} και V_{out} (και υπολογίστε τα dB) σε πίνακα μετρήσεων.

F(Hz)	V_{in} (V)	V_{out} (V)	dB
20			
40			
100			
200			
300			
500			
1K			
2			
4			
6			
10			
15			
20			

(Το V_{in} εφόσον δεν το αλλάζω έπρεπε να παραμένει σταθερό. Πιθανόν όμως να μεταβάλλεται λόγω ατελειών στα κυκλώματα της γεννήτριας. Άρα πάντα το μετρώ και αν χρειάζεται το ρυθμίζω από το κουμπί amplitude της γεννήτριας)

- 3) Γράψτε τα χαρακτηριστικά της κονσόλας σύμφωνα με την γραφική παράσταση που θα χαράζετε. Σχολιάστε την ποιότητα της.

Μέτρηση συχνοτικής απόκρισης μεγαφώνου

Θεωρητική εισαγωγή

Τα μεγάφωνα είναι η τελευταία κατά σειρά συσκευή μεταξύ πηγής ήχου και ακροατηρίου. Μετατρέπουν ηλεκτρική σε ακουστική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους.

Η εκλογή των μεγάλφων, ο συνδυασμός τους σε ομάδες και η τοποθέτηση τους σε ηχείο είναι θέμα που εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το κόστος, ο υπάρχοντας χώρος, η αρχική κατασκευή των μεγάλφων, ο τύπος του ηχείου, η αντίσταση και ισχύς του ενισχυτή και βεβαίως το προσωπικό γούστο.

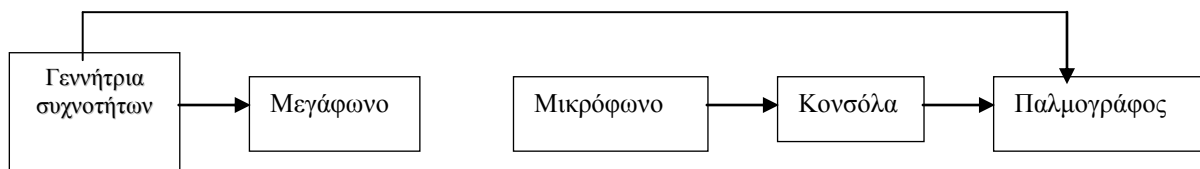
Τα χαρακτηριστικά των μεγάλφων είναι η απόκριση συχνότητας, η πιστότητα, η ευαισθησία, η κατευθυντικότητα, η σύνθετη αντίσταση, η ακουστική ισχύς εξόδου κ.λ.π.

Με την άσκηση αυτή θα μελετήσουμε το μέγαφωνο ως προς την συχνοτική του απόκριση. Η συχνοτική απόκριση των μεγάλφων έχει τις μεγαλύτερες εναλλαγές απ' όλα τα στοιχεία ενός συστήματος ήχου. Είναι πιθανό να βρίσκουμε στενές κορυφές και βυθίσματα των 10 dB ή και παραπάνω στην απόκριση ενός μεγάλφωνα. Μία συνολική εναλλαγή των ± 4 dB (μετρημένη σε 1/3 της οκτάβας) θεωρείται καλή. Ανάλογα με την περιοχή συχνοτήτων στις οποίες ανταποκρίνονται τα μεγάφωνα έχουν χωρισθεί (κυρίως) σε:

- ευρείας περιοχής (full range).
- συγκεκριμένους εύρους (που είναι τα woofer, mid range, tweeter).

Πειραματικό μέρος

1) Πραγματοποιείτε την παρακάτω συνδεσμολογία



Σχήμα 14: Συνδεσμολογία για την μέτρηση της συχνοτικής απόκρισης του μεγαφώνου.

2) Πάρετε από την γεννήτρια συχνοτήτων ένα σήμα (επιπέδου line) και μεταβάλλετε την συχνότητα. Για κάθε τιμή της συχνότητας μετρείστε τις τιμές των V_{in} και V_{out} . Καταχωρείστε τις τιμές V_{in} και V_{out} . (και dB) σε πίνακα μετρήσεων.

F(Hz)	V _{in} (V)	V _{out} (V)	dB
20			
40			
100			
200			
300			
500			
1K			
2			
4			
6			
10			
15			
20			



- 3) Χαράξτε την καμπύλη συχνотικής απόκρισης του μεγαφώνου σας.

- 4) Τι συμπεράσματα βγάξετε για το μεγάφωνο σας; Σε ποιο συχνотικό διάστημα αποδίδει πιο καλά;

Οι τιμές συχνотήτων που θα πάρετε θα πρέπει να καλύπτουν όλο το ακουστικό φάσμα.. Μη ξεχάσετε να πάρετε μέτρηση και για την συχνότητα συντονισμού του μεγαφώνου σας.

Πολικό διάγραμμα μικροφώνου

Θεωρητική εισαγωγή

Το μικρόφωνο είναι ένας μετατροπέας που μετατρέπει ακουστική ενέργεια σε ηλεκτρική (ηλεκτρικά σήματα που στη συνέχεια ενισχύονται, επεξεργάζονται και αποθηκεύονται).

Τα χαρακτηριστικά των μικροφώνων είναι η απόκριση συχνότητας, η πιστότητα, η ευαισθησία, η σύνθετη αντίσταση, η απόκριση στις απότομες μεταβολές και η κατευθυντικότητα.

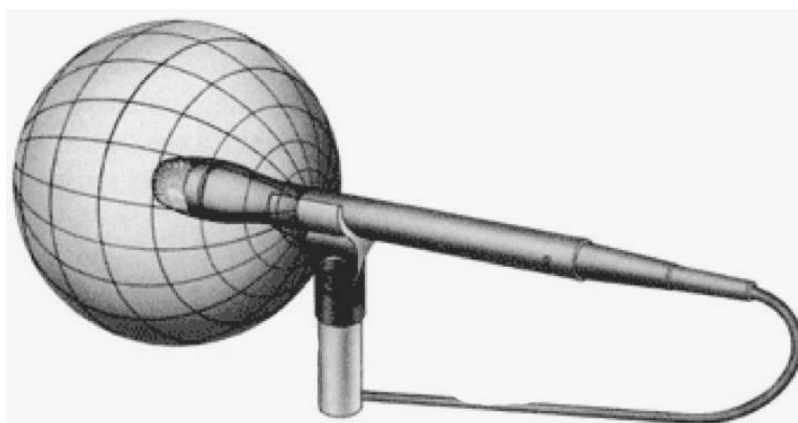
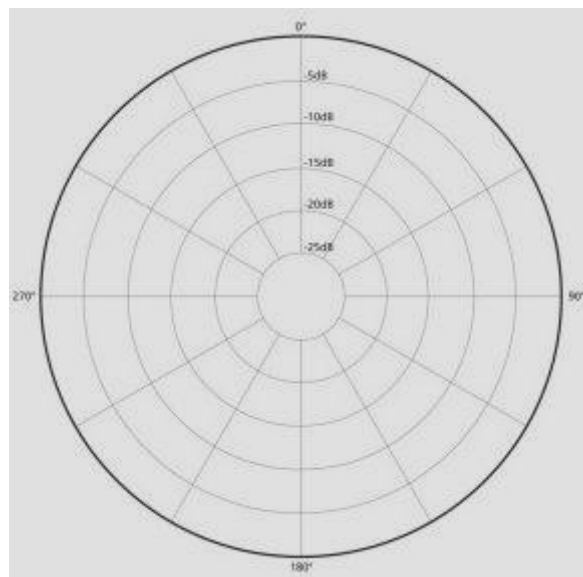
Το χαρακτηριστικό της κατευθυντικότητας περιγράφεται με τα πολικά διαγράμματα.

Κάποια πολικά διαγράμματα είναι τα:

- Παντοκατευθυντικό (omnidirectional): Παρουσιάζει την ίδια ευαισθησία ανεξαρτήτως της γωνίας πρόσπτωσης του ήχου.
- Δικατευθυντικό (figure 8): Απορρίπτει τους ήχους που έρχονται από τα πλάγια.
- Καρδιοειδές (cardioid): Στα πλευρά είναι περίπου 6 dB και πίσω 15 με 25 dB λιγότερο ευαίσθητο απ' ότι σε ήχους που έρχονται από εμπρός.
- Υπερκαρδιοειδές (hypercardioid), super καρδιοειδές (super cardioid) κ.λ.π.

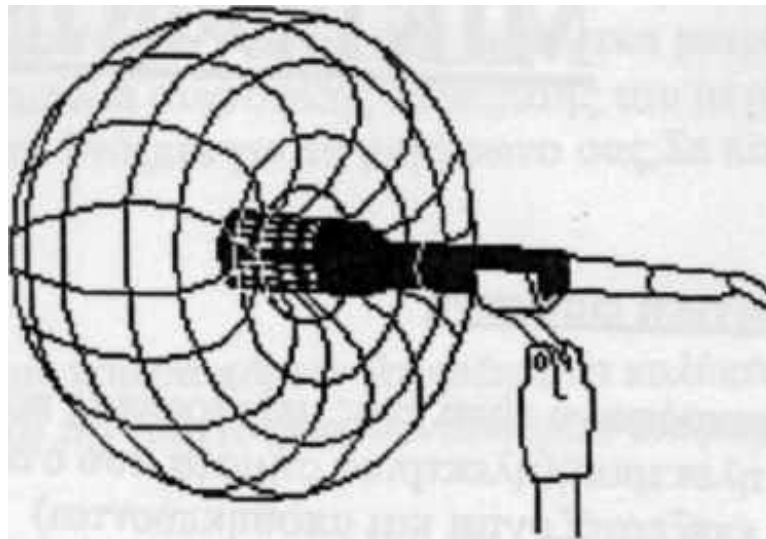
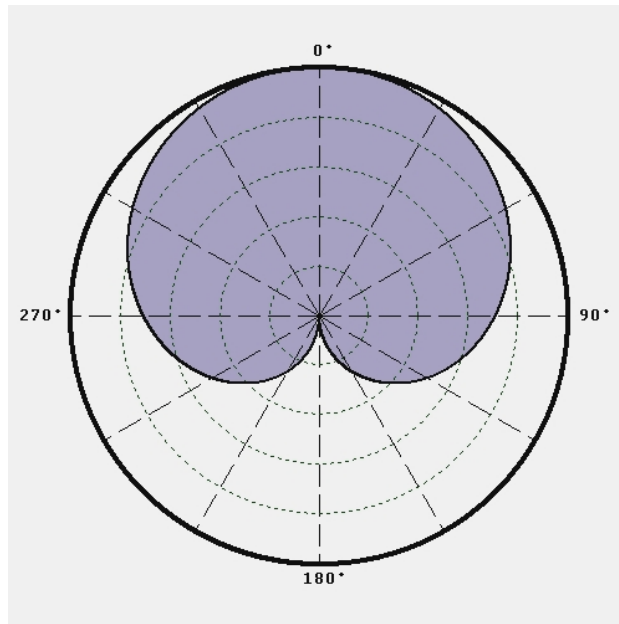
Παραδείγματα πολικών διαγραμμάτων μικροφώνου

1)



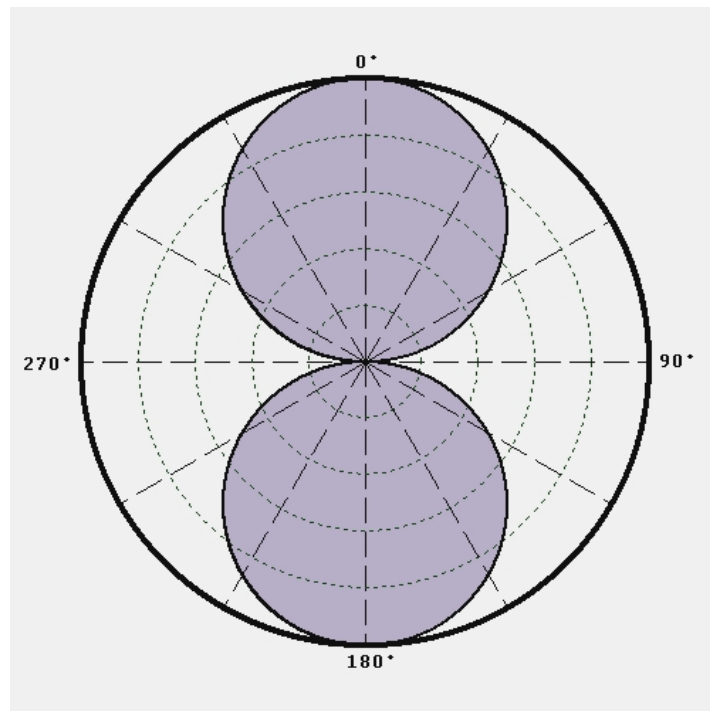
Σχήμα 15: Παντοκατευθυντικό επίπεδο πολικό διάγραμμα μικροφώνου και το αντίστοιχο σφαιρικό.

2)



Σχήμα 16: Επίπεδο πολικό διάγραμμα καρδιοειδούς μικροφώνου και το αντίστοιχο σφαιρικό.

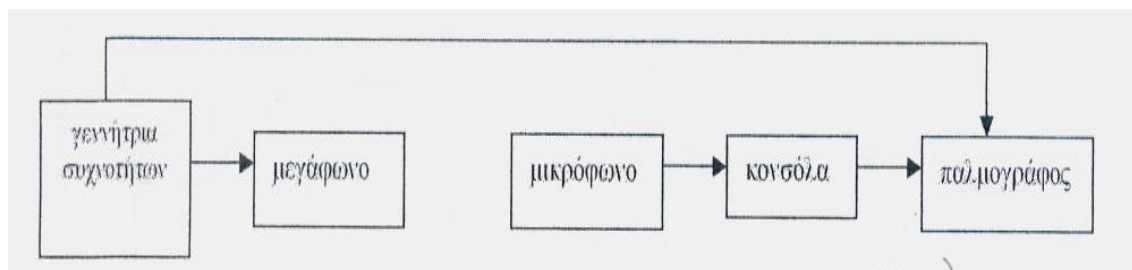
3)



Σχήμα 17: Επίπεδο πολικό διάγραμμα μικροφώνου figure-8.

Πειραματικό μέρος

1) Πραγματοποιείτε την παρακάτω συνδεσμολογία.



Σχήμα 18: Συνδεσμολογία για την εύρεση του πολικού διαγράμματος μικροφώνου.



- 2) Πάρτε από την γεννήτρια συχνοτήτων ένα σήμα κατάλληλης συχνότητας και στάθμης (ανάλογα τον τύπο μεγαφώνου που έχετε). Κρατώντας την απόσταση μεταξύ μικροφώνου και μεγαφώνου πάντα σταθερή, περιστρέψτε το μεγάφωνο γύρω από το μικρόφωνο (στο ίδιο πάντα επίπεδο πάντα) με βήμα 45° μέχρι να ολοκληρωθεί ο κύκλος. Για κάθε τιμή της γωνίας μετρήστε τις τιμές των V_{in} και V_{out} . Καταχωρείστε τις τιμές V_{in} και V_{out} (και dB) σε πίνακα μετρήσεων.

Γωνία (μοίρες)	V_{in} (Volt)	V_{out} (Volt)	dB
0			
45			
90			
135			
180			
225			
270			
315			

- 3) Χαράξτε το (επίπεδο) πολικό διάγραμμα του μικροφώνου σας
- 4) Τι συμπεράσματα βγάξετε για την κατευθυντικότητα του μικροφώνου σας;
Σε ποια κατηγορία ανήκει και γιατί;



Φίλτρα συχνοτήτων

Θεωρητική εισαγωγή

Ορισμοί

Φίλτρα: Είναι εκείνα τα ηλεκτρικά κυκλώματα που “επιτρέπουν” ή “απαγορεύουν” τη διέλευση συγκεκριμένων περιοχών συχνοτήτων.

Περιοχή διέλευσης: Η περιοχή συχνοτήτων της οποίας επιτρέπεται η διέλευση.

Περιοχή αποκοπής: Η περιοχή συχνοτήτων όπου το σήμα εξασθενεί δραστικά από το φίλτρο ή αποκόπτεται εντελώς.

Συχνότητα αποκοπής: Η συχνότητα που βρίσκεται στα όρια των περιοχών διέλευσης και αποκοπής(συμβολίζεται με f_c). Στη συχνότητα f_c θεωρείται ότι το φίλτρο, έχει εισέλθει στην αποκοπή και εξασθενεί κατά 3 dB.

Ρυθμός αποκοπής: Το πόσο απότομα κόβουν, πόσο απότομα δηλ. μεταβαίνουν από τη περιοχή διέλευσης στην περιοχή αποκοπής. Εκφράζεται σε dB ανά οκτάβα συχνοτήτων.

Διάκριση φίλτρων

1. Με κριτήριο τα στοιχεία κατασκευής τους διακρίνονται σε:

Ενεργά φίλτρα: Είναι κατασκευασμένα από ενεργές διατάξεις (transistors, ολοκληρωμένα κυκλώματα κ.λ.π.) και παθητικά στοιχεία (αντιστάσεις, πυκνωτές, πηνία). Μπορούν να ενισχύουν και να εξασθενούν συχνότητες.

Παθητικά φίλτρα: Είναι κατασκευασμένα από παθητικά μόνο στοιχεία. Μπορούν μόνο να εξασθενούν συχνότητες. Δηλαδή δεν ενισχύουν, δεν έχουν “κέρδος”.

2. Με κριτήριο τις ζώνες διέλευσης και αποκοπής διακρίνονται σε:



Κατωδιαβατά φίλτρα ή χαμηλής διέλευσης (Low-Pass filters ή LPF): Επιτρέπουν τη διέλευση χαμηλών συχνοτήτων.

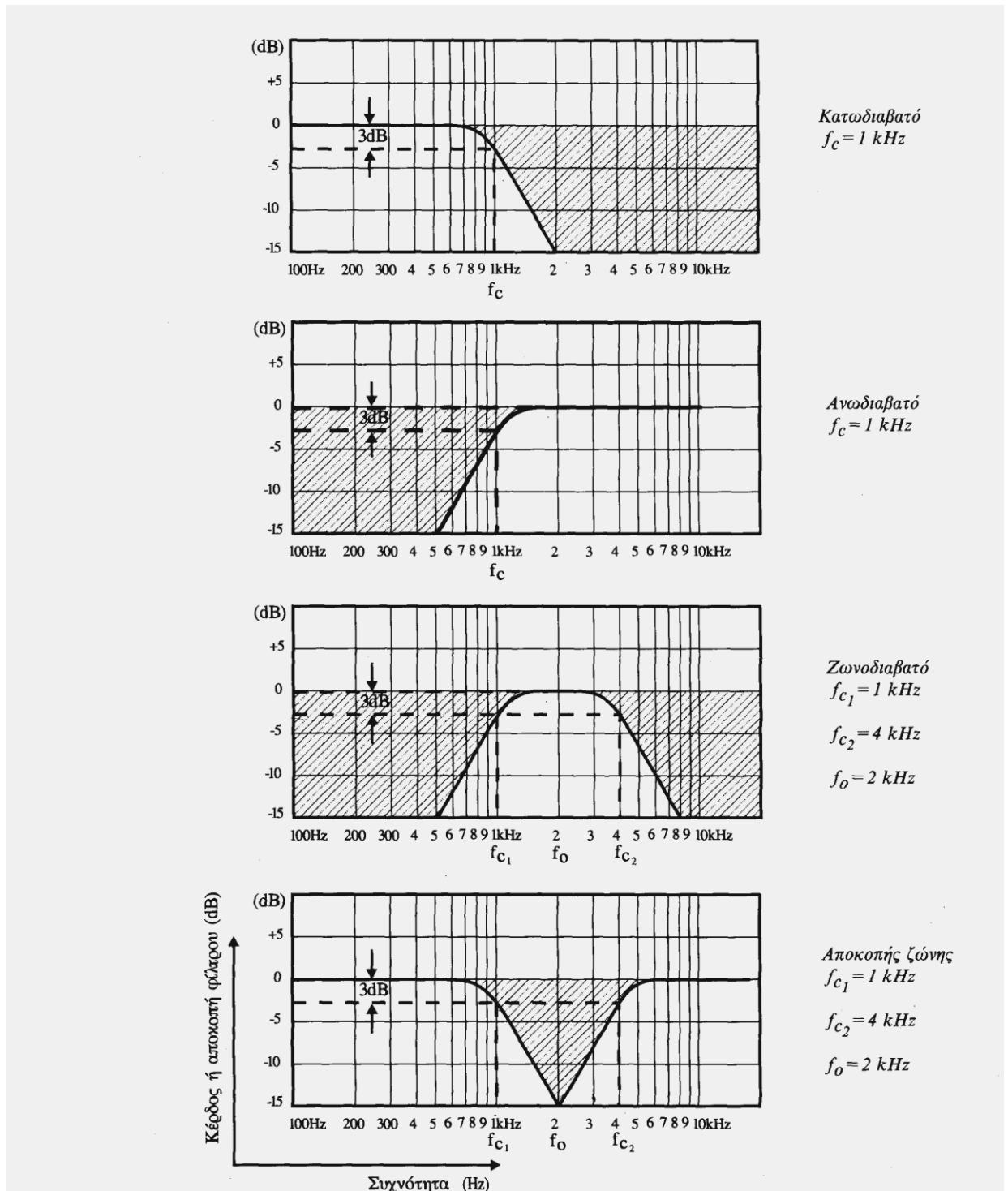
Ζωνοδιαβατά (Band-Pass filters ή BPF): Επιτρέπουν μόνο μια συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων.

Φίλτρα αποκοπής ζώνης (Band-Reject filters): Απαγορεύουν μια ζώνη συχνοτήτων, ενώ επιτρέπουν όλες τις άλλες συχνότητες.

Τα ζωνοδιαβατά και αποκοπής ζώνης μπορούν να παραχθούν από συνδυασμό κατωδιαβατού με ανωδιαβατό φίλτρο.

Ανωδιαβατά ή υψηλής διέλευσης (High-Pass filters ή HPF): Επιτρέπουν τη διέλευση μόνο των υψηλών συχνοτήτων.

Στα παρακάτω σχήματα βλέπετε τις αποκρίσεις συχνότητας διαφόρων φίλτρων. Ο ρυθμός αποκοπής τους είναι 12 dB ανά οκτάβα. Η περιοχή αποκοπής είναι σκιασμένη και η περιοχή διέλευσης έχει κέρδος 0 dB.



Σχήμα 19: Αποκρίσεις συχνότητας διαφόρων φίλτρων.

Βοήθημα από Ηλεκτρισμό

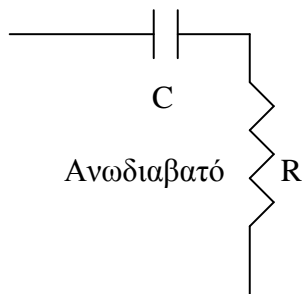
Σύνθετη αντίσταση πυκνωτή

$$X_C = \frac{1}{2\pi C f} \quad (\text{όπου } C \text{ η χωρητικότητα σε Farad}).$$

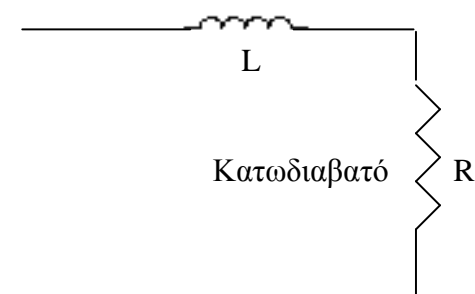
Σύνθετη αντίσταση πηνίου

$$X_L = 2\pi Lf \quad (\text{όπου } L \text{ η αυτεπαγωγή σε Henry}).$$

Σύνδεση σε σειρά



Όταν αυξάνει η f , μειώνεται η X_C .
Άρα, επιτρέπεται η διέλευση των υψηλών συχνοτήτων.

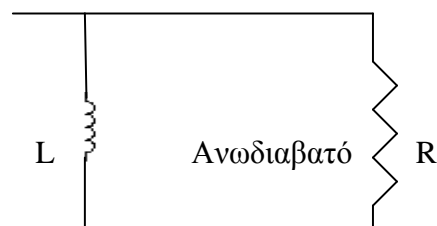


Όταν αυξάνει η f , αυξάνει η X_L .
Άρα, εμποδίζεται η διέλευση των υψηλών συχνοτήτων.

Σύνδεση παράλληλα



Αυξάνεται η f , μειώνεται η X_C .
Άρα, εμποδίζεται η διέλευση των υψηλών συχνοτήτων.

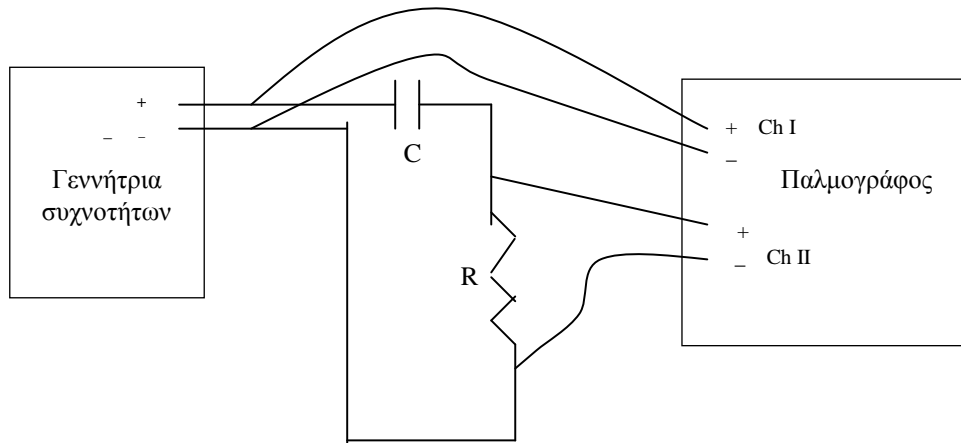


Αυξάνεται η f , αυξάνεται η X_L .
Άρα, επιτρέπεται η διέλευση των υψηλών συχνοτήτων

Για την συχνότητα συντονισμού ενός RC κυκλώματος, ισχύει ότι: $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$

Πειραματικό μέρος

- 1) Συνδέστε ένα πυκνωτή σε σειρά με μια αντίσταση (φίλτρο RC σε σειρά), όπως στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 20: Συνδεσμολογία για την εύρεση της καμπύλης απόκρισης φίλτρου πυκνωτή – αντίστασης σε σειρά.

- 2) Πάρετε μετρήσεις για την χάραξη της καμπύλης απόκρισης (με την βοήθεια παλμογράφου και γεννήτριας συχνοτήτων) τις οποίες και καταχωρείστε στον παρακάτω πίνακα μετρήσεων.

	Κύκλωμα RC σε σειρά		
	V_{in} (V)	V_{out} (V)	dB
20 Hz			
50			
100			
250			
500			
1 K			
2			
4			
8			
16			
20			
22			



- 3) Βρείτε την συχνότητα και τον ρυθμό αποκοπής από την γραφική παράσταση.
- 4) Σημειώστε τις τιμές των ηλεκτρονικών στοιχείων και υπολογίστε την συχνότητα αποκοπής του φίλτρου.

*Κατά την διάρκεια των μετρήσεων κάθε φορά που αλλάζουμε την συχνότητα ελέγχουμε την τάση εισόδου $V(i_n)$ και αν έχει αλλάξει την επαναφέρουμε με το κουμπί *amplitude* της γεννήτριας. (Αλλαγή της τάσης εξόδου δικαιολογείται γιατί με αλλαγή της συχνότητας αλλάζει και η συνθέτη αντίσταση του φίλτρου και εξαιτίας αυτού και η προσαρμογή μεταξύ γεννήτριας και φίλτρου).*

Φίλτρα κονσόλας

Θεωρητική εισαγωγή

Στην προηγούμενη άσκηση αναφερθήκαμε ήδη στα ενεργά φίλτρα. Είναι διατάξεις που αποτελούνται από παθητικά και ενεργά στοιχεία. Μια από τις πιο συνηθισμένες χρήσεις τους είναι τα equalizers (EQ).

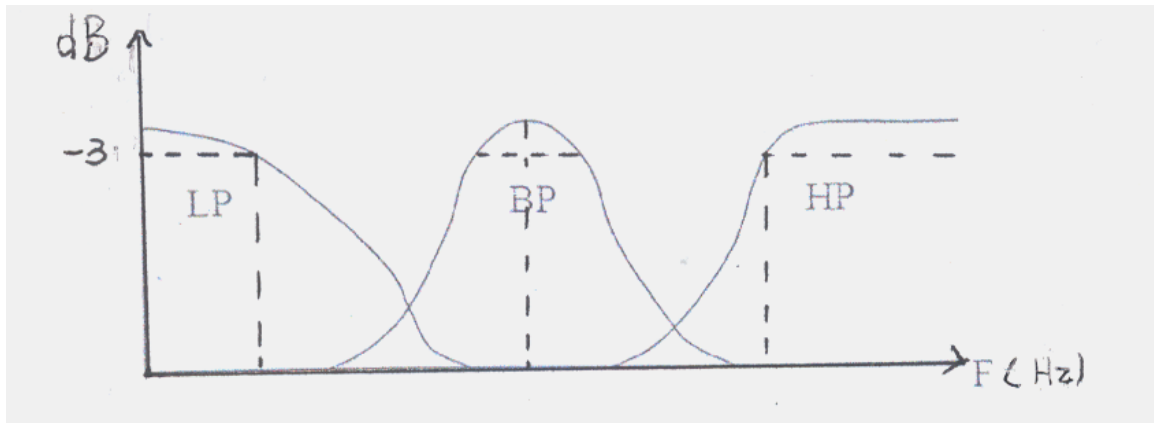
Τα EQ μπορούν:

να μειώνουν αλλά **και να αυξάνουν** την απολαβή του σήματος στην έξοδο τους (για την περιοχή που είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν).

να μεταβάλλουν την συχνότητα αποκοπής τους (αν είναι Low-Pass ή High-Pass) και την κεντρική συχνότητα συντονισμού (αν είναι Band-Pass).

να μεταβάλλουν την κλίση της καμπύλης αποκοπής (Q), επηρεάζοντας έτσι την περιοχή επίδρασης του φίλτρου.

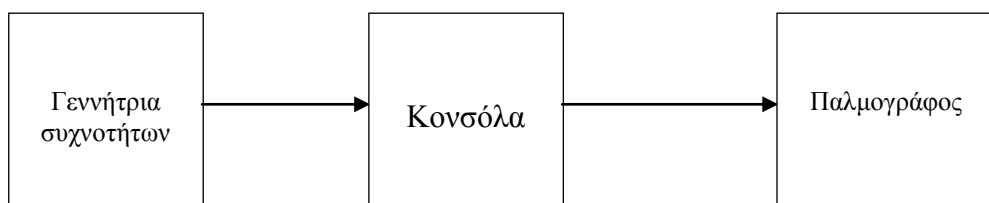
Στην άσκηση αυτή θα δούμε τα φίλτρα που διαθέτουν οι κονσόλες του εργαστηρίου μας. Είναι EQ τριών περιοχών. Έχουν ένα φίλτρο ενίσχυσης - αποκοπής χαμηλών συχνοτήτων, ένα υψηλών συχνοτήτων (φίλτρα shelving) και ένα φίλτρο ενίσχυσης-αποκοπής μεσαίων συχνοτήτων. Θα χαράξουμε τις καμπύλες απόκρισης τους οπότε θα έχουμε πληροφορίες για το εύρος και την απολαβή που έχει το EQ.



Σχήμα 21: Συχνοτική απόκριση ενός φίλτρου αποκοπής υψηλών (LP), ενίσχυσης – αποκοπής μεσαίων (BP) και αποκοπής χαμηλών (HP) συχνοτήτων

Πειραματικό μέρος

- 1) Πραγματοποιείτε την παρακάτω συνδεσμολογία.



Σχήμα 22: Συνδεσμολογία για την μελέτη των φίλτρων της κονσόλας.

Πριν πάρετε μετρήσεις ελέγξτε το σήμα εξόδου στις τιμές συχνοτήτων αποκοπής ή κεντρικής των φίλτρων της κονσόλας που θα έχετε, για πιθανή ύπαρξη παραμόρφωσης.



- 2) Βάλτε τα ρυθμιστικά του EQ σε θέση flat και την κονσόλα σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας. Βάλτε ένα σήμα συχνότητας 1 kHz και στάθμης line στην είσοδο της κονσόλας και μετρήστε την τάση του σήματος στην έξοδο. Αυτή θα είναι η τάση αναφοράς (V_{ref}) ως προς την οποία θα υπολογίζεται η ενίσχυση ή η εξασθένηση (σε dB).
- 3) Βάλτε τα ρυθμιστικά του EQ των χαμηλών συχνοτήτων στη θέση max. Πάρτε μετρήσεις για να χαράξετε την καμπύλη απόκρισης. Στη συνέχεια βάλτε το ρυθμιστικό στη θέση min και κάντε το ίδιο.
- 4) Επαναλάβετε την διαδικασία αυτή και για τα άλλα δύο EQ (το Band-Pass και το High-Pass). Καταχωρείστε τις τιμές στον παρακάτω πίνακα μετρήσεων:

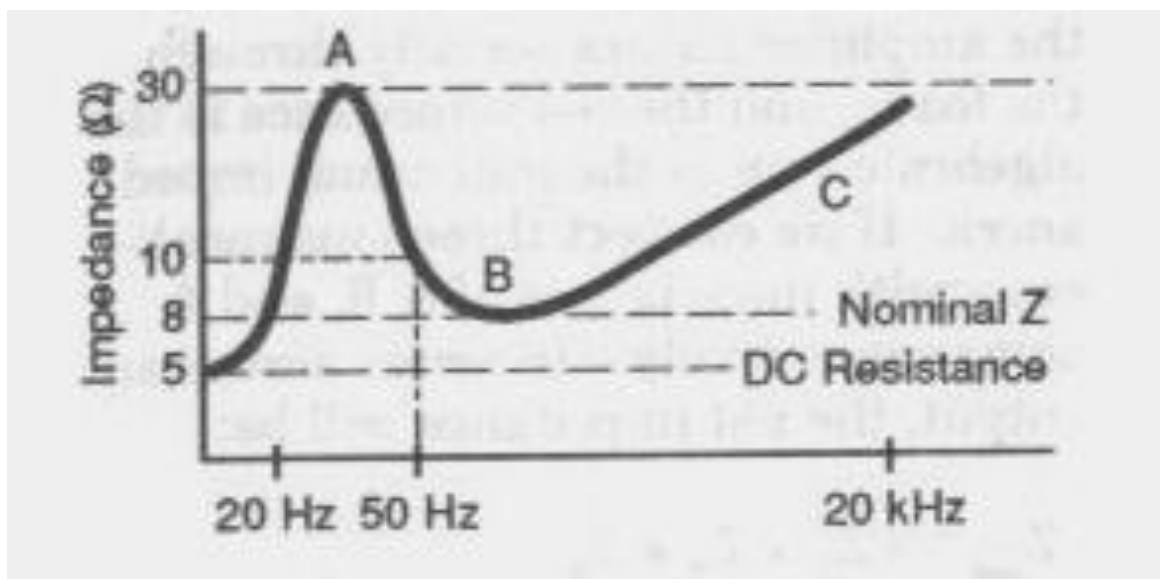
	<i>Low-Pass filter</i>				<i>Band-Pass filter</i>				<i>High-Pass filter</i>			
	$V_{out\ max}$	dB	$V_{out\ min}$	dB	$V_{out\ max}$	dB	$V_{out\ min}$	dB	$V_{out\ max}$	dB	$V_{out\ min}$	dB
20 Hz												
50												
100												
250												
500												
1 k												
2												
4												
8												
16												
20												
22												

- 5) Χαράξτε τις καμπύλες απόκρισης των φίλτρων στο ίδιο διάγραμμα.
- 6) Σχολιάστε το αποτέλεσμα (εύρος και απολαβή που έχει το κάθε EQ, συχνότητα αποκοπής, συχνότητα συντονισμού κ.λ.π.)

Σύνθετη αντίσταση μεγαφώνου

Θεωρητική εισαγωγή

Η σύνθετη αντίσταση μεγάφωνου εκφράζει το λόγο της rms τάσης προς την rms ένταση που διαρρέει το μεγάφωνο. Η τιμή αυτή για το μεγάφωνο δεν παραμένει σταθερή αλλά μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την συχνότητα του σήματος. Για τον λόγο αυτό οι κατασκευαστές δίνουν για τα μεγάφωνα μια ονομαστική αντίσταση (Nominal Impedance) N, η οποία έχει μια ανοχή 20-30% από την πραγματική μέση τιμή της αντίστασης. Ας δούμε το παρακάτω σχήμα:

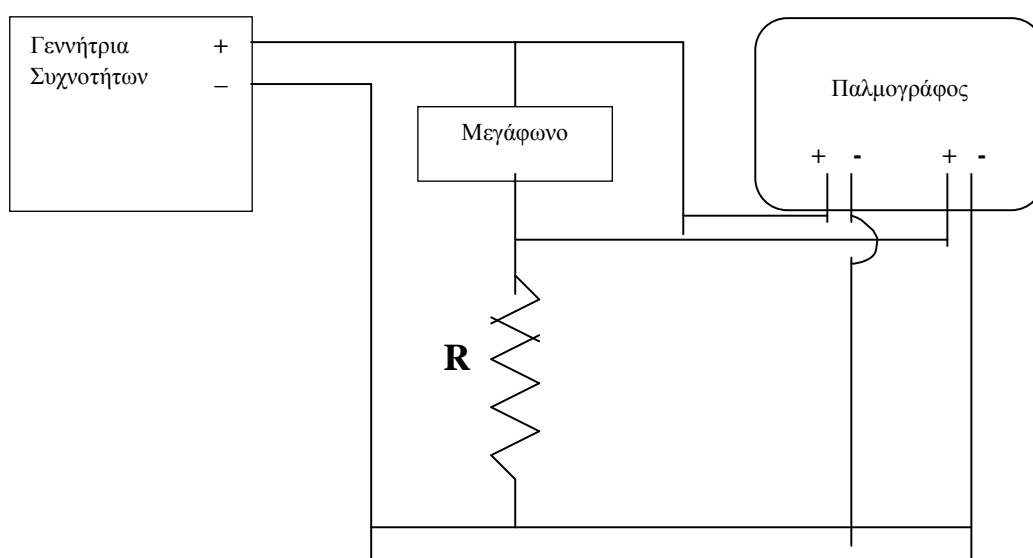


Σχήμα 23: Καμπύλη σύνθετης αντίστασης μεγαφώνου.

Εδώ έχουμε την καμπύλη της σύνθετης αντίστασης ενός μεγαφώνου σε σχέση με την συχνότητα. Φαίνονται η ονομαστική αντίσταση N, που είναι η ελάχιστη τιμή που παίρνει η σύνθετη αντίσταση μετά την περιοχή συντονισμού (που βρίσκεται στις χαμηλές συχνότητες), η αντίσταση συνεχούς ρεύματος DC καθώς και η αντίσταση συντονισμού (που παίρνει ιδιαίτερα μεγάλες τιμές).

Η γνώση της παραπάνω καμπύλης μας είναι χρήσιμη γιατί μας δείχνει τι φορτίο θα δέχεται κάθε φορά ο ενισχυτής με τον οποίο θα οδηγήσουμε το μεγάφωνο.

Η μέτρηση (για την χάραξη της καμπύλης της σύνθετης αντίστασης) δεν είναι δυνατόν να γίνει με συσκευές όπως το ωμόμετρο. Θα χρησιμοποιήσουμε έμμεση μέτρηση. Προς τούτο συνδέουμε μια αντίσταση σε σειρά με το μεγάφωνο όπως στην παρακάτω συνδεσμολογία:



Σχήμα 24: Συνδεσμολογία για την μέτρηση της σύνθετης αντίστασης μεγαφώνου.

Στο ένα κανάλι του παλμογράφου μετράμε την τάση που παίρνουμε από την γεννήτρια (V_{π}), στο δε άλλο την τάση στα άκρα της αντίστασης (V_R).

Προφανώς η τάση στα άκρα του μεγαφώνου θα είναι $V_{μεγ} = V_{\pi} - V_R$.

Σαρώνουμε το ακουστικό φάσμα και για κάθε συχνότητα που μετράμε διορθώνουμε από την έξοδο της γεννήτριας ώστε η τάση στην αντίσταση να είναι πάντα σταθερή.

Άρα, θα έχουμε και σταθερό ρεύμα οπότε και τάση είναι πλέον ευθέως ανάλογη με την σύνθετη αντίσταση του μεγαφώνου.

Πειραματικό μέρος

- 1) Πραγματοποιείτε την παραπάνω συνδεσμολογία.
- 2) Πάρετε από την γεννήτρια σήμα 1 kHz, στάθμης line και μετρήστε την V_R . Υπολογίστε το I_{rms} του κυκλώματος. Ισχύει ότι: $I_{rms} = V_{R_{rms}} / R$.
- 3) Υπολογίστε την σύνθετη αντίσταση Z για κάθε συχνότητα, συμπληρώνοντας τον παρακάτω πίνακα μετρήσεων. Ισχύει ότι: $Z = V_{μεγ\ rms} / I_{μεγ\ rms}$.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Για κάθε συχνότητα που μετράμε διορθώνουμε από την έξοδο της γεννήτριας ώστε η τάση στην αντίσταση να είναι πάντα σταθερή.

F(Hz)	$V_{Π, p-p}$ (V)	$V_{R, p-p}$ (V)	$V_{ΜΕΓ, p-p}$ (V)	$V_{ΜΕΓ, rms}$ (V)	Z (Ω)
20					
50					
100					
250					
500					
1K					
2					
4					
6					
8					
10					
16					
20					

- 4) Χαράξτε την καμπύλη της σύνθετης αντίστασης Z ως προς την συχνότητα.
- 5) Ποια είναι η ονομαστική αντίσταση που προκύπτει από την γραφική παράσταση και ποια η συχνότητα μηχανικού συντονισμού του μεγάφωνου;

$$\text{Υπενθυμίζεται ότι: } V_{rms} = 0,707 \times \frac{V_{p-p}}{2}$$



Βιβλιογραφία

SOUND REINFORCEMENT HANDBOOK, Written for Yamaha by Gary Davis & Ralph Jones, Second Edition, Hal-Leonard Corporation 1990.

ΗΧΟΣ & ΜΟΥΣΙΚΗ, Λουκάς Χαδέλλης, Τόμος Ι, Εκδόσεις Σύγχρονη Μουσική, 2004.

ΗΛΕΚΤΡΑΚΟΥΣΤΙΚΗ, Γ.Παπανικολάου, University Studio Press A.E., 1985.

ΟΡΓΑΝΩΣΗ & ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ (P.A.), Χρήστος Καρακίτσιος, Εκδόσεις “ΙΩΝ”, 2001.

ΜΟΥΣΙΚΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ, Χαράλαμπος Σπυρίδης, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, 2001.