

**ΙΟΝΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΗΧΟΛΗΨΙΑ**

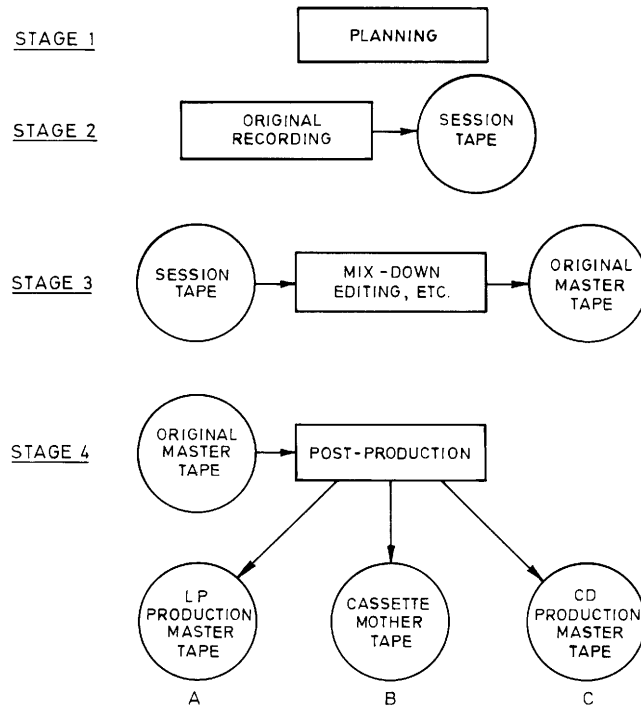
**Διονύσης Μπατζάκης**

# 1. ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

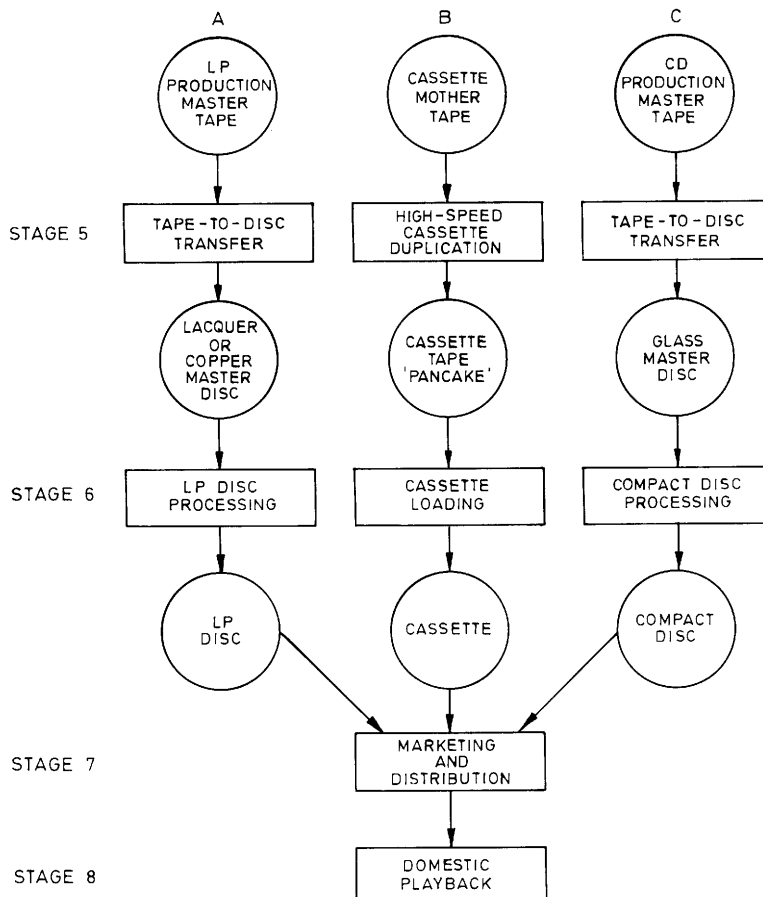
## Παραγωγή ηχογραφημένου υλικού

- Η παραγωγή ηχογραφημένου υλικού καθορίζεται από λειτουργικούς παράγοντες. Ο στόχος μπορεί να είναι καλλιτεχνικός, όπως στην περίπτωση μουσικών παραγωγών, ή απλά να απαιτείται η τεχνικά άρτια λήψη και καταγραφή του ήχου.
- Τα όρια της τεχνικής αρτιότητας και της καλλιτεχνικής προσέγγισης είναι δυσδιάκριτα. Πολλές φορές η τεχνική αρτιότητα καθορίζεται από αισθητικές παραμέτρους, αφού η αξιολόγηση της ποιότητας ήχου είναι υποκειμενική.
- Η τεχνική πλευρά της ηχογράφησης απαιτεί την γνώση τεχνικών ηχοληψίας και επεξεργασίας του ήχου, καθώς επίσης και γνώση του εξοπλισμού. Η επιλογή της κατάλληλης λύσης βασίζεται σε τεχνικά ζητήματα, όπως είναι η αντιμετώπιση ακατάλληλης ακουστικής και η ύπαρξη ανεπιθύμητων ήχων κατά τη διάρκεια της ηχογράφησης.
- Το καλλιτεχνικό μέρος καθορίζεται από την αισθητική του παραγωγού/ηχολήπτη και τους καλλιτεχνικούς στόχους της παραγωγής. Βασικά θέματα της καλλιτεχνικής προσέγγισης είναι η ανάγκη για μία παρουσίαση των ήχων που δεν αντιστοιχεί στην πραγματικότητα και η δημιουργία ηχητικών ψευδαισθήσεων.
- Η εύστοχη λήψη ήχου βασίζεται στην πλήρη κατανόηση της μορφής του τελικού αποτελέσματος. Αυτό αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επιλογή της βέλτιστης τεχνικής και του καταλληλότερου εξοπλισμού.

### Στάδια παραγωγής



### Στάδια κατασκευής



## Βασικά χαρακτηριστικά ηχογραφήσεων

- Η αξιολόγηση ηχογραφημένου υλικού μπορεί να γίνει με αναφορά σε τέσσερα χαρακτηριστικά: την *ισορροπία*, την *προοπτική*, την *ποιότητα ήχου* και τη *στερεοφωνική εικόνα*.
- *Ισορροπία (Balance)*: αναφέρεται στη σχέση έντασης μεταξύ των ήχων μίας ηχογράφησης. Ίσως το κυριότερο χαρακτηριστικό, δεδομένου ότι είναι το πρώτο που απασχολεί έναν ηχολήπτη αλλά και τους ακροατές.
- *Προοπτική (Perspective)*: η φαινομενική απόσταση των μικροφώνων από τις ηχητικές πηγές. Το δεύτερο σημαντικό χαρακτηριστικό, δεδομένου ότι με βάση αυτό γίνεται συνήθως αποδεκτή μία ηχογράφηση η οποία χαρακτηρίζεται από καλή ισορροπία. Κατηγοριοποιείται σε *μακρινή (distant)*, *κοντινή (close)* και *άμεση (close-up)*. Στη μακρινή προοπτική, εκτός του επιθυμητού ήχου λαμβάνεται και ο ήχος της ακουστικής του χώρου όπου βρίσκεται η ηχητική πηγή. Στην κοντινή προοπτική εκτός του επιθυμητού ήχου λαμβάνονται και τα ακουστικά χαρακτηριστικά του σημείου όπου βρίσκεται αυτός. Οι δύο αυτές περιπτώσεις είναι κατάλληλες όταν είναι επιθυμητή η ρεαλιστική απόδοση του ηχογραφημένου υλικού. Στην άμεση προοπτική λαμβάνεται μόνο ο επιθυμητός ήχος. Η επιλογή άμεσης προοπτικής καθιστά εύκολη την επεξεργασία του ήχου και είναι η ενδεικνυόμενη επιλογή όταν είναι σημαντική η καλλιτεχνική προσέγγιση.
- *Ποιότητα ήχου (Sound quality)*: Η ποιότητα ήχου ως πολυδιάστατο χαρακτηριστικό είναι δύσκολο να οριστεί. Γενικά, η ποιότητα μίας ηχογράφησης εξασφαλίζεται αρχικά με την επιλογή καλής ποιότητας ηχητικών πηγών όπως επίσης και με την επιλογή χώρων ηχογράφησης άρτιας ακουστικής. Όσον αφορά τη διαδικασία της ηχογράφησης, κύριο ρόλο στην εξασφάλιση της ποιότητας ήχου είναι η τεχνική εμπειρία και αισθητική του μηχανικού ήχου και κατά δεύτερο ρόλο η ηχητική ποιότητα του εξοπλισμού. Τεχνικά, η ποιότητα μπορεί να προσδιοριστεί με βάση τη χαμηλή *παραμόρφωση (distortion)* του σήματος και το χαμηλό *θόρυβο (noise)*. Η τεχνική αρτιότητα εξασφαλίζεται από την καλή ποιότητα του εξοπλισμού και τη σωστή χρήση του. Η ποιοτική αξιολόγηση μίας ηχογράφησης σε αισθητικό επίπεδο περιλαμβάνει παραμέτρους όπως η *καθαρότητα (clarity)*, η *διαύγεια (transparency)*, οι *δυναμικές (dynamics)*, το *αρμονικό περιεχόμενο (harmonic content)* και η *φασματική ισορροπία (spectral balance)*. Οι περισσότεροι παράμετροι δεν ελέγχονται άμεσα και μεμονωμένα από τον εξοπλισμό που υπάρχει σε ένα εργαστήριο ήχου, αλλά ελέγχονται έμμεσα με την κατάλληλη επιλογή τεχνικής και την άρτια υλοποίησή της.
- *Στερεοφωνική εικόνα (Stereo image)*: Το βασικό γνώρισμα των στερεοφωνικών ηχογραφήσεων είναι ότι εκτός του ήχου των ηχητικών πηγών, αποδίδουν και τον ήχο του χώρου που βρίσκονται οι πηγές. Η τρισδιάστατη ανάπλαση του χώρου και η σαφή δημιουργία ηχητικών ειδώλων σε αυτή ονομάζεται στερεοφωνική εικόνα. Η ποιότητά της καθορίζεται από την ακρίβεια της θέσης των ειδώλων, τον βαθμό σαφήνιάς τους και τον ρεαλισμό απόδοσης χωρικής πληροφορίας.

## Τεχνικές ηχογράφησης

- Οι τεχνικές λήψης ήχου διακρίνονται από τον αριθμό μικροφώνων που χρησιμοποιούν και τη διάταξή τους.
- Η φυσικότητα μίας ηχογράφησης είναι συνάρτηση της ηχητικής ακεραιότητας και της ακρίβειας ανάπλασης της χωρικής πληροφορίας. Η ηχητική ακεραιότητα αναφέρεται στην ακρίβεια λήψης του ήχου των ηχητικών πηγών. Η ακρίβεια ανάπλασης αναφέρεται στο κατά πόσο τα ακουστικά χαρακτηριστικά του φυσικού χώρου στον οποίο βρίσκονται οι ηχητικές πηγές αποτυπώνονται στην ηχογράφηση.
- Η *μονοφωνική (monophonic)* λήψη ήταν η πρώτη τεχνική ηχογράφησης και χρησιμοποιόταν ευρέως μέχρι και τη δεκαετία του '50. Βασίζεται στη χρήση ενός μικροφώνου το οποίο εκτός του ήχου της πηγής λαμβάνει και τον ήχο του χώρου της ηχογράφησης. Η τεχνική αυτή διακρίνεται για την ηχητική της ακεραιότητα και τη φυσική της απόδοση. Η χρήση ενός μικροφώνου για όλες τις ηχητικές πηγές έχει σαν αποτέλεσμα την έλλειψη ευελιξίας, αφού οι ήχοι δεν καταγράφονται ανεξάρτητα, συνεπώς δεν είναι διαθέσιμοι για επιλεκτική επεξεργασία. Η μεγάλη προσοχή στην τοποθέτηση των ηχητικών πηγών προκειμένου να εξασφαλιστεί η πέπουσα ισορροπία, κάνει δύσκολη την εφαρμογή της τεχνικής αυτή όταν υπάρχουν πολλές ηχητικές πηγές. Η αναπαράσταση χωρικής πληροφορίας είναι περιορισμένη, αφού μόνο μία διάσταση του ηχητικού πεδίου είναι δυνατόν να αποδοθεί.
- Η *πολυμικροφωνική (multi-miking)* τεχνική βασίζεται σε ένα σύνολο μονοφωνικών λήψεων με μικρόφωνα άμεσης λήψης (close-up), τοποθετημένα σε μεμονωμένες ηχητικές πηγές ή υποσύνολα πηγών. Τα σήματα των μικροφώνων καταγράφονται ξεχωριστά δίνοντας δυνατότητα για επιλεκτική επέμβαση στο ηχητικό υλικό. Λόγω της χρήσης μονοφωνικών λήψεων το αποτέλεσμα χαρακτηρίζεται από καλή ηχητική ακεραιότητα (η οποία όμως περιορίζεται στην περίπτωση που κάποιο μικρόφωνο λαμβάνει ήχο από παρακείμενες πηγές που λαμβάνονται από άλλα μικρόφωνα). Στην τεχνική αυτή η χωρική πληροφορία (αντήχηση) προστίθεται τεχνητά αφού λείπει από το αρχικό σήμα, με αποτέλεσμα τη μη ρεαλιστική απόδοση της χωρικής πληροφορίας, κάτι που οδηγεί στην έλλειψη φυσικότητας.
- Οι *στερεοφωνικές (stereophonic)* λήψεις βασίζονται στη χρήση δύο μικροφώνων. Τα δύο μικρόφωνα λαμβάνουν τον ήχο με μικρή διαφοροποίηση ανάλογα με τη διάταξη των μικροφώνων. Όταν τα σήματα των δύο μικροφώνων ακουστούν ταυτόχρονα (απαιτείται η ύπαρξη συστήματος αναπαραγωγής δύο καναλιών), δημιουργείται ψυχοακουστικά η αίσθηση ενός ηχητικού πεδίου με ηχητικά είδωλα τα οποία έχουν σαφή θέση στο πεδίο. Η ταυτόχρονη ακρόαση των δύο σημάτων οδηγεί σε μέτρια ηχητική ακεραιότητα, αφού ο ήχος του ενός καναλιού συμβάλει κατά την αναπαραγωγή με τον ήχο του άλλου. Η τεχνική αυτή χαρακτηρίζεται από υψηλή ακρίβεια στην αναπαράσταση χωρικής πληροφορίας, κάτι που οδηγεί στην πολύ καλή φυσικότητα. Η εφαρμογή στερεοφωνικών τεχνικών είναι συνήθως αρκετά δύσκολη, λόγω της μη άρτιας ακουστικής των χώρων ηχογράφησης και της δυσκολίας άμεσου ελέγχου επιμέρους χαρακτηριστικών της ηχογράφησης.
- Στις *υβριδικές (hybrid)* ηχογραφήσεις ένα στερεοφωνικό ζεύγος λαμβάνει τον ήχο των πηγών καθώς και τη διέγερση του χώρου, ενώ μικρόφωνα άμεσης λήψης λαμβάνουν ανεξάρτητα τον ήχο συγκεκριμένων πηγών. Η τεχνική αυτή χαρακτηρίζεται από καλή φυσικότητα λόγω της ρεαλιστικής παρουσίασης του χώρου, παρέχοντας ευελιξία λόγω της δυνατότητας επεξεργασίας σε πηγές που είναι περισσότερο σημαντικές από το σύνολο (όπως σόλο όργανα).

- Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει της διάφορες τεχνικές και τα χαρακτηριστικά τους:

<b>ΤΕΧΝΙΚΗ</b>	<b>ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ</b>	<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>	<b>ΕΦΑΡΜΟΓΗ</b>
Μονοφωνική ηχογράφηση	Ένα μικρόφωνο	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βέλτιστη ηχητική ακεραιότητα</li> <li>• Πολύ μεγάλη φυσικότητα</li> <li>• Περιορισμένη ευελιξία</li> <li>• Δυσκολία εφαρμογής ανάλογα την περίπτωση</li> <li>• Περιορισμένη αναπαράσταση φυσικού χώρου</li> </ul>	Βέλτιστη ηχητική ακεραιότητα
Πολυμικροφωνική ηχογράφηση	Περισσότερα από ένα μικρόφωνα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Καλή ηχητική ακεραιότητα</li> <li>• Κακή φυσικότητα</li> <li>• Μεγάλη ευελιξία</li> <li>• Κακή αναπαράσταση φυσικού χώρου</li> </ul>	Κατάλληλη για ηχογραφήσεις σε χώρους με δύσκολη ακουστική ή για ηχογραφήσεις ιδιαίτερης προσωπικότητας
Στερεοφωνική ηχογράφηση	Δύο μικρόφωνα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μέτρια ηχητική ακεραιότητα</li> <li>• Μεγάλη φυσικότητα</li> <li>• Περιορισμένη ευελιξία</li> <li>• Δύσκολη στην εφαρμογή</li> <li>• Ακριβής αναπαράσταση φυσικού χώρου</li> </ul>	Κατάλληλη για ηχογραφήσεις μεγάλης φυσικότητας
Υβριδική ηχογράφηση	Συνδυασμός των δύο παραπάνω	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μέτρια ηχητική ακεραιότητα</li> <li>• Καλή φυσικότητα</li> <li>• Καλή ευελιξία</li> <li>• Καλή αναπαράσταση φυσικού χώρου</li> </ul>	Συμβιβασμός καλής φυσικότητας και ευελιξίας

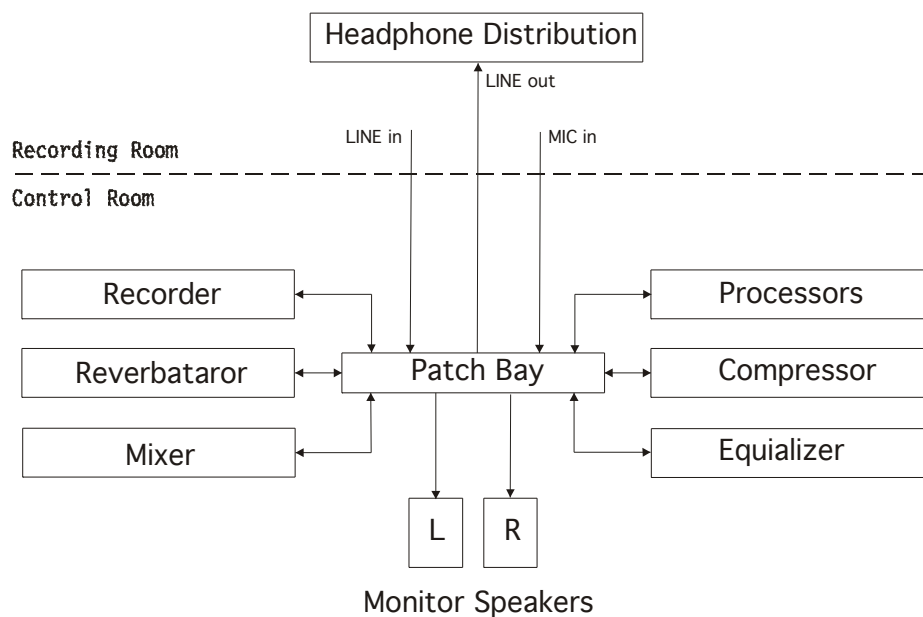
## Έλεγχος ηχητικών παραμέτρων

- Ο έλεγχος των επιμέρους ηχητικών παραμέτρων μίας ηχογράφησης είναι δύσκολος, αφού η μεταβολή μίας από αυτές επηρεάζει συνήθως και άλλες. Ο εξοπλισμός ηχογράφησης δημιουργήθηκε με βάση την επιλεκτική επεξεργασία του σήματος. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο βασικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται σε μία ηχογράφηση και οι παράμετροι που επηρεάζουν.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ
Σχετική ένταση ηχητικών πηγών (στατική σχέση εντάσεων)	Ισορροπία	Μίκτης (Mixer)
Δυναμικές (δυναμική διαφοροποίηση έντασης)	Ποιότητα	Επεξεργαστής δυναμικών (Compressor/Expander)
Τονική ισορροπία (ηχόχρωμα)	Ποιότητα	Ισοσταθμιστής (Equalizer)
Χωρική τοποθέτηση	Προοπτική, στερεοφωνική εικόνα	Μίκτης (Mixer)
Αντήχηση	Προοπτική	Επεξεργαστής αντήχησης (Reverberation processor)

- Αν και ο αρχικός στόχος στη δημιουργία του μίκτη ήταν η δυνατότητα ελέγχου της ισορροπίας μίας πολυμικροφωνικής ηχογράφησης, οι σύγχρονοι μίκτες παρέχουν δυνατότητες φασματικής ισοστάθμισης, επεξεργασία δυναμικών και αυτόματο έλεγχο.
- Ο μίκτης όπως και όλοι οι επεξεργαστές σήματος τείνουν να αντικατασταθούν από υπολογιστή με κατάλληλο λογισμικό.

## Γενική δομή εργαστηρίου ήχου



Recording room: Χώρος ηχογράφησης  
Control room: Χώρος ακρόασης και ελέγχου ηχογράφησης  
Patch bay: Κεντρικό σύστημα σύνδεσης  
Monitor speakers: Ηχεία ελέγχου  
Headphone distribution: Διανομή σήματος σε ακουστικά  
Recorder: Καταγραφικό  
Mixer: Μίκτης  
Compressor: Συμπιεστής  
Equalizer: Ισοσταθμιστής  
Processors: Διάφοροι επεξεργαστές σήματος  
Reverbarator: Επεξεργαστής τεχνητής αντήχησης  
Line in: Είσοδος σημάτων γραμμής  
Line out: Έξοδος σημάτων γραμμής  
Mic in: Είσοδος σημάτων μικροφώνου

## Βιβλιογραφία

- Borwick, J., *Microphones: Technology and Technique*, Focal Press (1990).
- Borwick, J. (ed.), *Sound Recording Practice*, Oxford University Press (3<sup>rd</sup> edn 1987).



## 2. ΜΟΡΦΗ ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

### Δομή ύλης

- Το μόριο είναι το μικρότερο κομμάτι της ύλης που διατηρεί τις χαρακτηριστικές της ιδιότητες.
- Τα μόρια βρίσκονται σε διαρκή κίνηση. Στα στερεά τα μόρια βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, με αποτέλεσμα οι δυνατές ελκτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ αυτών να δίνουν στο σώμα μία συγκεκριμένη μορφή.
- Τα μόρια αποτελούνται από άτομα τα οποία αποτελούνται από πρωτόνια (θετικό φορτίο), νετρόνια τα οποία είναι έγκλειστα στον πυρήνα και από ηλεκτρόνια (αρνητικό φορτίο) τα οποία κινούνται σε τροχιά γύρω από τον πυρήνα, λόγω των ελκτικών δυνάμεων που δημιουργούνται μεταξύ ηλεκτρονίων-πρωτονίων.
- Τα ηλεκτρόνια μπορούν να μεταναστεύσουν σε κοντινά άτομα, ή να διαφύγουν λόγω εφαρμογής εξωτερικής μηχανικής δύναμης.
- Η δύναμη της τριβής η οποία αναπτύσσεται μεταξύ δύο σωμάτων μπορεί να αποσπάσει ηλεκτρόνια από τα άτομά τους με αποτέλεσμα τη δημιουργία στατικού ηλεκτρισμού. Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα έχει δυναμική ενέργεια, η οποία γίνεται εμφανής από τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο σωμάτων και από το γεγονός ότι αυτά έλκονται μεταξύ τους.
- Όμοια φορτία απωθούνται ενώ διαφορετικά έλκονται.
- Τα φορτία διαρρέουν με την πάροδο του χρόνου. Η διαδικασία αυτή επιταχύνεται όταν τα δύο σώματα έρχονται κοντά το ένα στο άλλο με αποτέλεσμα τη δημιουργία σπίθας ή όταν τα δύο συνδέονται με έναν αγωγό.

### Ηλεκτρικό ρεύμα

- Σε ορισμένα σώματα τα ηλεκτρόνια μπορούν να μετακινηθούν εύκολα προς μία κατεύθυνση με την εφαρμογή φορτίου ή *διαφοράς δυναμικού (τάσης) (V)* μεταξύ δύο σημείων.
- Η *ηλεκτροκινητική δύναμη* που δημιουργείται προκαλεί κίνηση ηλεκτρονίων από τον αρνητικό πόλο προς τον θετικό, λόγω του ότι τα ηλεκτρόνια προσελκύονται από θετικά φορτία.
- Η οργανωμένη κίνηση ηλεκτρονίων ονομάζεται *ηλεκτρικό ρεύμα (I)* και τα σώματα τα οποία επιτρέπουν χωρίς δυσκολία τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος ονομάζονται *αγωγοί* (ασήμι, χαλκός, χρυσός).
- Ο αριθμός των ηλεκτρονίων τα οποία περνούν από ένα συγκεκριμένο σημείο ανά δευτερόλεπτο ορίζει τον ρυθμό ροής του ρεύματος ο οποίος μετριέται σε Ampere.

$$1 \text{ Ampere} = 1 \text{ Coulomb} / \text{sec}$$
$$1 \text{ Coulomb} = 6.24 \times 10^{18} \text{ ηλεκτρόνια}$$

- Στα μονωτικά υλικά (ξηρός αέρας, πλαστικό, ξύλο) οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των ηλεκτρονίων και του πυρήνα είναι αρκετά δυνατές, με αποτέλεσμα η μετακίνηση των ηλεκτρονίων να είναι πολύ δύσκολη.

## Εναλλασσόμενα σήματα

- Οι ηλεκτρικές πηγές οι οποίες παρέχουν ρεύμα σε μία κατεύθυνση ονομάζονται πηγές *συνεχούς ρεύματος (DC: Direct Current)*.
- Αν η πολικότητα αλλάζει με τον χρόνο, ονομάζονται πηγές *εναλλασσόμενου ρεύματος (AC: Alternating Current)*.
- Τα βασικά χαρακτηριστικά των εναλλασσόμενων σημάτων είναι το πλάτος (V), η θεμελιώδης συχνότητα (Hz), η κυματομορφή και η περιβάλλουσα της κυματομορφής.
- Τα ηχητικά σήματα είναι εναλλασσόμενα. Η συχνότητά τους μεταβάλλεται από 20Hz – 20KHz.

## Ηλεκτρική αντίσταση

- Στην κίνηση των ηλεκτρονίων αντιτίθεται το μοριακό πλέγμα των υλικών ακόμα και στην περίπτωση των καλύτερων αγωγών. Αυτό το χαρακτηριστικό της ύλης ονομάζεται *ηλεκτρική αντίσταση (R)*. Μονάδα ηλεκτρικής αντίστασης είναι το Ohm.
- Η διαφορά δυναμικού είναι η αιτία της ροής ηλεκτρικού ρεύματος και κατανέμεται ομοιογενώς κατά μήκος του αγωγού. Ο νόμος του Ohm εκφράζει τη σχέση μεταξύ διαφοράς δυναμικού (V), ρεύματος (I) και αντίστασης (R):

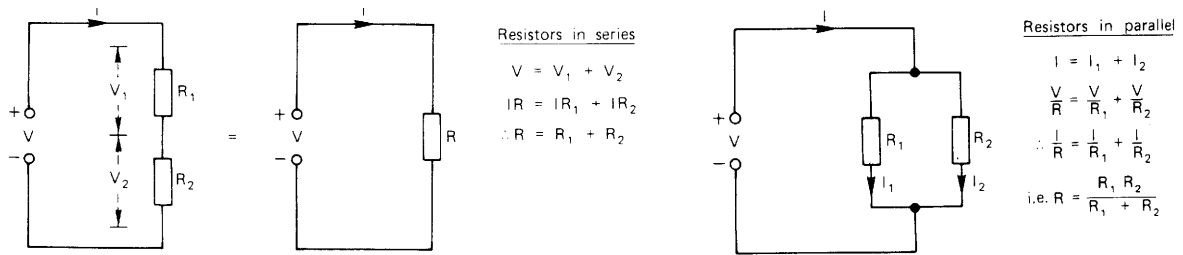
$$V = IR \text{ (Volt)}$$

Η ηλεκτρική ισχύς για συνεχή ρεύματα δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

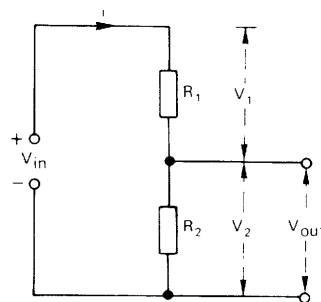
$$W = VI \sim W = I^2R \sim W = V^2/R \text{ (Watt)}$$

- Όλες οι πηγές τάσης χαρακτηρίζονται από *εσωτερική αντίσταση (r)* η οποία μειώνει το ποσό της αρχικής τάσης κατά  $Ir$ , όπου I είναι η παροχή ρεύματος της πηγής.
- Οι μεταμορφείς, οι ενισχυτές και οι επεξεργαστές σήματος χαρακτηρίζονται από την εσωτερική τους αντίσταση, η οποία εμφανίζεται στην είσοδο ή την έξοδό τους ως *εμπέδηση εισόδου (input impedance)* και *εμπέδηση εξόδου (output impedance)* αντίστοιχα.
- Η *εμπέδηση (impedance) (z)* ή *σύνθετη αντίσταση*, είναι μία ποσότητα η οποία δηλώνει τη μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης με τη συχνότητα του σήματος. Στις ηλεκτρονικές συσκευές ήχου αναφερόμαστε στη σύνθετη αντίσταση λόγω του ότι τα ηλεκτρικά ηχητικά σήματα είναι εναλλασσόμενα και αποτελούνται από πολλές συχνότητες.

- Οι αντιστάσεις μπορούν να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα:



- Ο *διαιρέτης τάσης* (*potential divider*) είναι ένα δίκτυο δύο αντιστάσεων σε σειρά το οποίο διαιρεί το δυναμικό μίας πηγής. Ο διαιρέτης τάσης αποτελεί τη βάση του *μεταβλητού εξασθενητή* (*variable attenuator*).



Potential divider

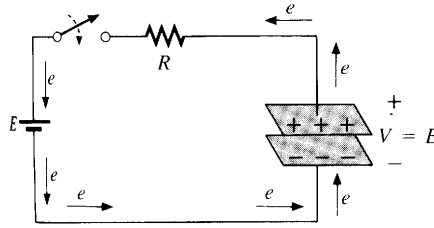
$$\text{Attenuation ratio} = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$= \frac{IR_2}{I(R_1 + R_2)} = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)}$$

- Κριτήριο για τη σωστή ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ συσκευών ήχου είναι η μεταφορά του ηλεκτρικού σήματος χωρίς απώλειες τάσης. Για τη βέλτιστη μεταφορά σήματος, η εμπέδηση εισόδου του *φορτίου* (*load*) (της επόμενης συσκευής) πρέπει να είναι μερικές φορές μεγαλύτερη (συνήθως 10 φορές μεγαλύτερη) από την εμπέδηση εξόδου της *πηγής* (*source*) (της προηγούμενης συσκευής). Αυτό εξασφαλίζει τη μέγιστη μεταφορά τάσης από μία συσκευή στην επόμενη, λόγω της δημιουργίας διαιρέτη τάσης μεταξύ πηγής και φορτίου.

## Χωρητικότητα

- Το ηλεκτρονικό στοιχείο το οποίο αποτελείται από δύο παράλληλες αγωγίμες πλάκες, διαχωρισμένες από μονωτικό υλικό ονομάζεται *πυκνωτής* (*capacitor*). *Χωρητικότητα* (*capacitance*) ( $C$ ) είναι η ικανότητα του πυκνωτή να αποθηκεύει φορτίο στις πλάκες του.
- Τη στιγμή που κλείνει ο διακόπτης ηλεκτρόνια έλκονται μέσω της αντίστασης από τον θετικό πόλο της πηγής, έχοντας ως αποτέλεσμα τη θετική φόρτιση της πάνω πλάκας του πυκνωτή.
- Ηλεκτρόνια απωθούνται από τον αρνητικό πόλο της πηγής προς την κάτω πλάκα του πυκνωτή, με τον ίδιο ρυθμό που ο θετικός πόλος ελκύει ηλεκτρόνια.



- Ένας πυκνωτής έχει χωρητικότητα 1 Farad αν φορτίο 1 Coulomb εναποτίθεται στις πλάκες του με εφαρμογή δυναμικού 1 Volt.

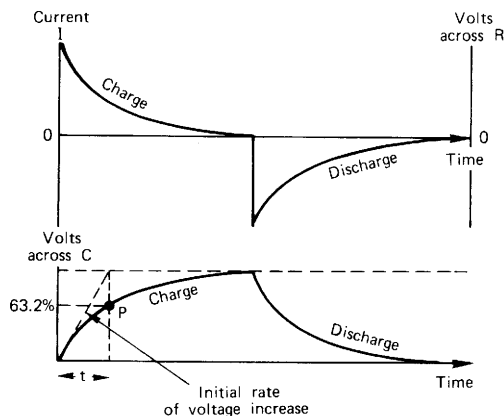
$$C = Q/V$$

- Η χωρητικότητα εξαρτάται από την επιφάνεια των πλακών, την απόσταση μεταξύ τους και τον τύπο του μονωτικού (διηλεκτρικού) υλικού μεταξύ των πλακών:

$$C = AK/2\pi d$$

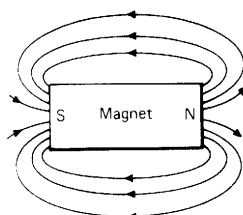
A: επιφάνεια πλακών, K: διηλεκτρική σταθερά, d: απόσταση πλακών.

- Όταν κλείσει ο διακόπτης το ρεύμα είναι μεγάλο αλλά αργότερα μειώνεται σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα:

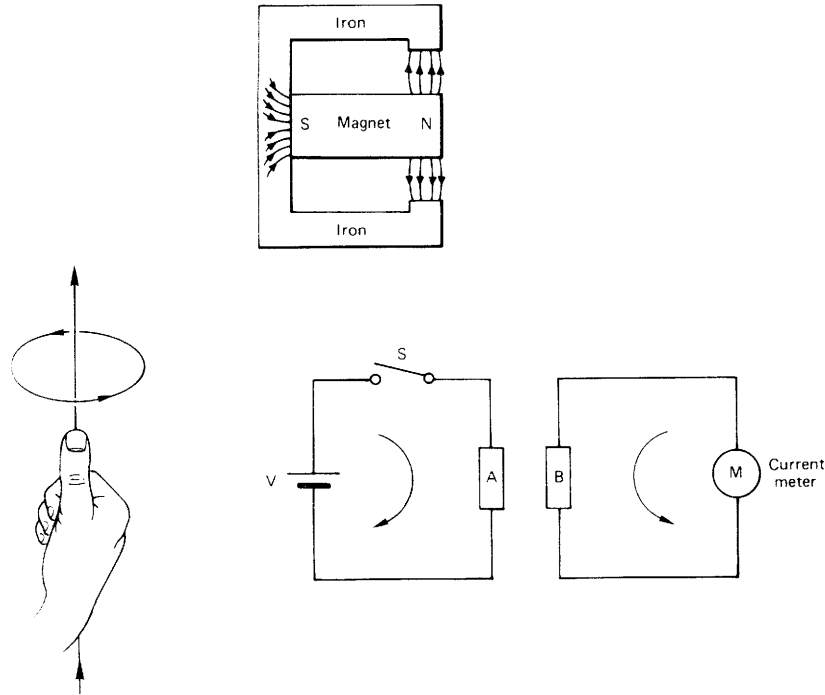


## Επαγωγή

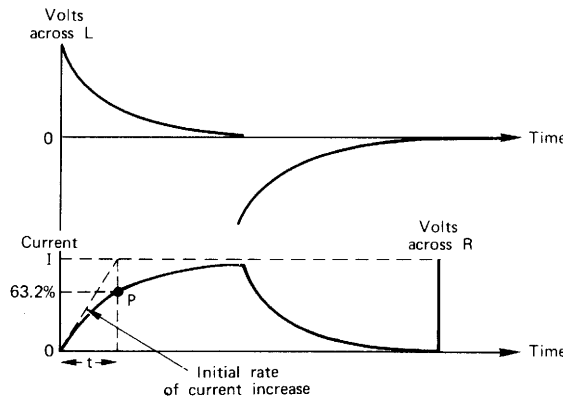
- Υλικά τα οποία μαγνητίζονται όπως ο μαλακός σίδηρος ή το ατσάλι αποτελούνται από μόρια τα οποία συμπεριφέρονται ως μικροσκοπικοί μαγνήτες. Στην κανονική τους κατάσταση οι μαγνήτες αυτοί είναι τυχαία προσανατολισμένοι, αλλά μπορούν να προσανατολιστούν με κατεύθυνση βορρά προς νότο με εφαρμογή εξωτερικού μαγνητικού πεδίου. Στην περίπτωση αυτή το υλικό *μαγνητίζεται* και το μαγνητικό πεδίο συγκεντρώνεται σε δύο άκρα τα οποία ονομάζονται *πόλοι (poles)*, τον *βορρά (N)* και το *νότο (S)*.



- Ο μαλακός σίδηρος μαγνητίζεται πιο εύκολα από το ατσάλι, αλλά το ατσάλι μαγνητίζεται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.
- Το μαγνητικό πεδίο μπορεί να κυκλοφορήσει γύρω από ένα “διάδρομο” μαλακού σιδήρου με αποτέλεσμα τη δημιουργία συγκεντρωμένου μαγνητικού πεδίου σε μία συγκεκριμένη περιοχή.

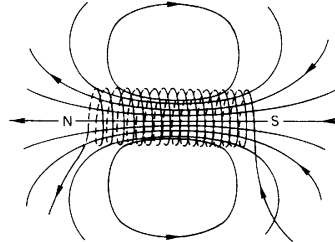


- Η ροή ηλεκτρικού ρεύματος σε έναν αγωγό συνοδεύεται από τη δημιουργία μαγνητικού πεδίου γύρω από αυτόν. Η τοποθέτηση ενός δευτέρου αγωγού στο πεδίο αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την επαγωγή ηλεκτροκινητικής δύναμης στο δεύτερο αγωγό και κατά συνέπεια τη ροή ρεύματος σε αυτόν. Αυτή είναι η αιτία ηλεκτρικής παρεμβολής (*electrical interference*) σε καλώδια τα οποία μεταφέρουν ασθενή σήματα (όπως σήματα μικροφώνων) από τα πεδία που επάγονται από καλώδια που μεταφέρουν ισχυρότερα σήματα (τροφοδοσίας συσκευών) ή από ραδιοφωνικά κύματα.
- Όταν κλείσει ο διακόπτης το ρεύμα είναι μικρό αλλά αργότερα αυξάνεται σύμφωνα με το παρακάτω διάγραμμα:

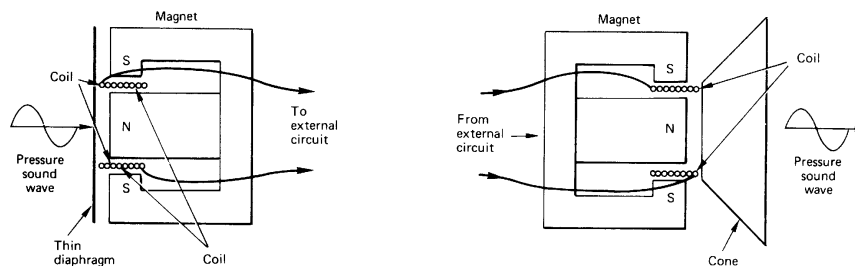


- Το φαινόμενο της μαγνητικής επαγωγής βασίζεται σε εναλλασσόμενα ρεύματα.

- Το μαγνητικό πεδίο που περιβάλλει έναν αγωγό είναι ασθενές. Τυλίγοντας έναν αγωγό γύρω από έναν κύλινδρο προκαλεί τη δημιουργία ισχυρότερου μαγνητικού πεδίου. Η κατασκευή αυτή ονομάζεται *πηνίο* (*coil*) και η ικανότητά του να αποθηκεύει μαγνητική ενέργεια ονομάζεται *επαγωγή* (*inductance*) ( $L$ ). Μονάδα μέτρησης επαγωγής είναι το Henry (H), το οποίο ορίζεται ως η επαγωγή ενός κυκλώματος στο οποίο μία μεταβολή ρεύματος 1 A/s δημιουργεί μία αντίθετη διαφορά δυναμικού (back emf) 1 V.

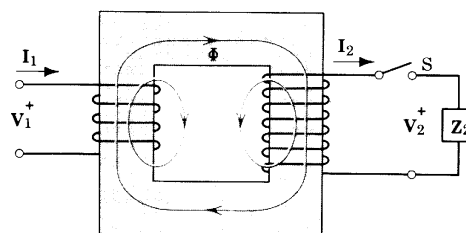


- Η τοποθέτηση μαγνητικού υλικού, όπως ο μαλακός σίδηρος, εντός του πηνίου αυξάνει την επαγωγή. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένας *ηλεκτρομαγνήτης*.
- Οι ηλεκτρομαγνήτες βρίσκουν εφαρμογή σε μεταμορφείς οι οποίοι μετατρέπουν μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και αντίστροφα, όπως τα ηλεκτροδυναμικά μικρόφωνα και μεγάφωνα.



## Μετασχηματιστής

- Ο μετασχηματιστής ισχύος αποτελείται από δύο πηνία μονωμένα μεταξύ τους και τυλιγμένα σε ένα κοινό πυρήνα μαλακού σιδήρου ώστε να εξασφαλίζεται η ελαχιστοποίηση απωλειών. Εφαρμογή ενός εναλλασσόμενου δυναμικού  $V_p$  στο *πρωτεύων* (*primary*) τύλιγμα ( $n_p$ ) θα δημιουργήσει ένα εναλλασσόμενο δυναμικό  $V_s$  στο *δευτερεύον* (*secondary*) τύλιγμα ( $n_s$ ), σε αναλογία με το λόγο των τυλιγμάτων μεταξύ πρωτεύοντος και δευτερεύοντος, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν απώλειες.



- Αν  $n$  είναι ο λόγος των τυλιγμάτων:

$$n = n_p/n_s = V_p / V_s \sim V_p = nV_s$$

- Αν  $n > 1 \rightarrow V_p > V_s$ , ενώ αν  $n < 1 \rightarrow V_p < V_s$ .
- Ένας μετασχηματιστής 1:1 ( $n_p/n_s = 1$ ) δεν προκαλεί μεταβολή της τάσης αλλά χρησιμοποιείται για απομόνωση μεταξύ δύο κυκλωμάτων όσων αφορά σήματα DC και ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

- Αν δεν υπάρχουν απώλειες:

$$P_p = P_s \sim V_p I_p = V_s I_s \sim I_p = I_s/n$$

- Ο μετασχηματιστής χρησιμοποιείται επίσης για μετασχηματισμό εμπέδησης. Η εμπέδηση του φορτίου που παρουσιάζεται στη πηγή μέσω του μετασχηματιστή είναι:

$$Z_p = V_p/I_p = nV_s/(1/n)I_s = n^2V_s/I_s = n^2Z_s$$

Συνεπώς ο μετασχηματιστής παρουσιάζει στη πηγή την εμπέδηση του φορτίου μεγαλύτερο κατά το τετράγωνο του λόγου των τυλιγμάτων του μετασχηματιστή.

## Μέτρηση ηχητικού σήματος

- Το *decibel* (dB) είναι η βασική μονάδα μέτρησης στάθμης ηχητικού σήματος. Προτάθηκε το 1928 στην προσπάθεια εταιριών τηλεφωνίας να εκτιμήσουν τις απώλειες των τηλεφωνικών γραμμών.
- Με τη χρήση του decibel, η πολύ μεγάλη κλίμακα ηχητικής στάθμης μπορεί να εκφραστεί με αριθμούς μικρότερους του 130. 1dB είναι περίπου η μικρότερη διαφοροποίηση στάθμης που μπορεί να διακρίνει το ανθρώπινο αυτί, ενώ 10dB εκφράζει την αίσθηση του διπλασιασμού της στάθμης έντασης του ήχου.
- Το decibel είναι συγκριτική μονάδα μέτρησης. Εκφράζει πόσο μικρότερο ή μεγαλύτερο είναι ένα μέγεθος σε σχέση με κάποιο άλλο, το οποίο χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς.

$$dB = 10\log(P_o/P_{ref}) \sim dB = 10\log(V_o^2/V_{ref}^2) \sim dB = 20\log(V_o/V_{ref})$$

όπου  $P_o/V_o$  είναι η ισχύς/τάση του υπό μέτρηση σήματος και  $P_{ref}/V_{ref}$  η ισχύς/τάση του σήματος αναφοράς.

- 0dB σημαίνει ότι το υπό μέτρηση σήμα είναι ίσο με το σήμα αναφοράς.
- Ως δείκτης στη μονάδα του decibel χρησιμοποιείται ένδειξη η οποία δηλώνει το μέγεθος αναφοράς.
- dBv ή dBu: Μέτρηση τάσης σε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα χωρίς αναφορά στη σύνθετη αντίστασή του, θεωρώντας ότι το κύκλωμα είναι 600 Ohms.  $V_{ref} = 0.775$  V.
- dBV: Όπως το dBv, με  $V_{ref} = 1$  V.  $dBV = dBv + 2.21$ .

- dBm (z):  $P_{\text{ref}} = 1\text{mW}$ . z είναι η εμπέδηση του κυκλώματος. Όταν παραλείπεται θεωρούμε ότι  $z = 600\ \Omega$ . 0 dBm σημαίνει κατανάλωση 0.001W από φορτίο 600 Ohms.
- dBW:  $P_{\text{ref}} = 1\text{W}$ . Μερικές φορές εκφράζει την έξοδο ενισχυτών.  $\text{dBW} = \text{dBm} - 30$ .
- dB SPL: Η ακουστική στάθμη πίεσης ήχου (SPL: *Sound Pressure Level*) μετριέται σε dB, όπου  $P_{\text{ref}} = 0.00002\ \text{n/m}^2$  είναι το κατώφλι ακουστότητας.
- dBA: Σήμα το οποίο έχει υποστεί επεξεργασία από φίλτρο το οποίο προσομοιάζει την ανθρώπινη ακοή. Σε αυτή την περίπτωση ο δείκτης A δεν εκφράζει μέγεθος αναφοράς, αλλά τύπο επεξεργασίας. Συνήθως οι ακουστικές μετρήσεις εκφράζονται σε dBA, γιατί αυτή η μέτρηση εκφράζει την απόκριση της ανθρώπινης ακοής στα υπό μέτρηση ηχητικά ερεθίσματα.

## Βιβλιογραφία

- Borwick, J., *Microphones: Technology and Technique*, Focal Press (1990).
- Giddings, G.H., *Audio System Design and Installation*, Howard W. Sams & Co (1990).



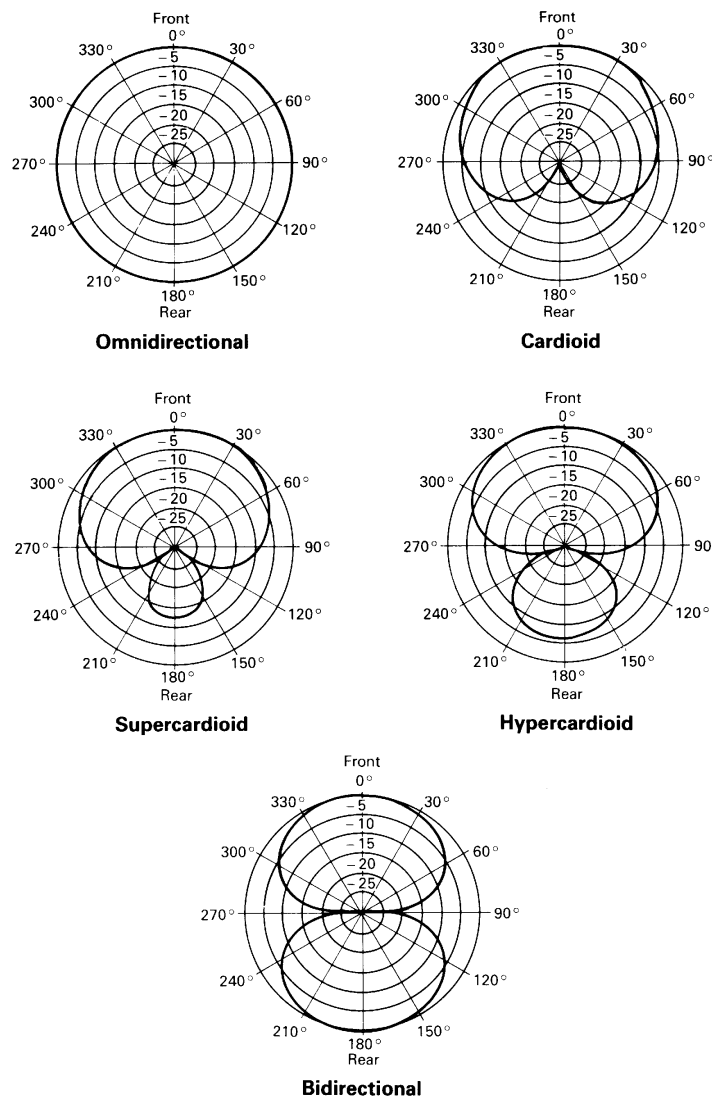
### 3. ΜΟΝΟΦΩΝΙΚΗ ΛΗΨΗ ΗΧΟΥ

#### Χαρακτηριστικά μικροφώνων

- Το μικρόφωνο είναι ένας *μεταμορφέας (transducer)* ο οποίος μετατρέπει ηχητικά κύματα σε ηλεκτρικά σήματα. Η λειτουργία των μικροφώνων βασίζεται στη δόνηση ενός πολύ λεπτού και ελαφριού κυκλικού ή ορθογώνιου διαφράγματος στερεωμένο στα άκρα του. Η μετατροπή ενέργειας λαμβάνει χώρα σε δύο ταυτόχρονες φάσεις: ακουστική σε μηχανική με τη δόνηση του διαφράγματος και μηχανική σε ηλεκτρική. Σύμφωνα με τη δεύτερη φάση, τα μικρόφωνα κατηγοριοποιούνται ως *δυναμικά (dynamic)* ή *πυκνωτικά (condenser)*.
- Το μικρόφωνο ως μεταμορφέας ήχου καλείται να μετατρέψει το *εύρος (bandwidth)* των ακουστικών συχνοτήτων ( $BW = 20\text{kHz}-20\text{Hz} = 19.980\text{Hz}$ ) σε ηλεκτρικό σήμα. Οι συχνότητες στις οποίες ανταποκρίνεται ένα μικρόφωνο εκφράζονται από το διάγραμμα *απόκρισης συχνότητας (frequency response)*. Το διάγραμμα αυτό απεικονίζει τη μεταβολή της εξόδου μίας συσκευής με τη μεταβολή της συχνότητας, καθώς αυτό δέχεται ένα σήμα σταθερού πλάτους στο εύρος των συχνοτήτων που ορίζεται από τη μέτρηση. Τα όρια της καμπύλης απόκρισης καθορίζονται από μία πτώση της τάξης των  $-3\text{dB}$  του σήματος εξόδου από ένα προκαθορισμένο σημείο αναφοράς. Στα μικρόφωνα η μέτρηση πραγματοποιείται στον εμπρόσθιο *άξονα* του μικροφώνου (*on axis*). Ο άξονας είναι μία νοητή ευθεία η οποία είναι κάθετη στο διάφραγμα του μικροφώνου. Αν και το ιδεώδες θα ήταν η απολύτως γραμμική συμπεριφορά του μικροφώνου σε όλο το φάσμα των ακουστικών συχνοτήτων, σε πολλές εφαρμογές αυτό δεν είναι επιθυμητό για πρακτικούς ή καλλιτεχνικούς λόγους.
- Η *ευαισθησία (sensitivity)* ενός μικροφώνου αποτελεί μέτρο της ικανότητάς του να μετατρέπει μηχανική σε ηλεκτρική ενέργεια. Συνήθως η ευαισθησία εκφράζεται σε  $\text{mV/Pa}$ , μέτρηση η οποία αναφέρεται στην τάση εξόδου ενός μικροφώνου όταν δέχεται ακουστική πίεση  $1\text{ Pa}$  ( $1\text{ Pa} = 94\text{ dB}$ ). Η ευαισθησία ενός μικροφώνου δεν αποτελεί μέτρο ποιότητας, αλλά καθορίζει τη χρήση του σε σχέση με την ισχύ της πηγής που ηχογραφείται και το βαθμό ενίσχυσης που παρέχεται από τον διαθέσιμο ενισχυτή μικροφώνου.
- Ο *εγγενής θόρυβος (inherent noise)* ενός μικροφώνου προκύπτει από τον ηλεκτρικό θόρυβο των υλικών και του κυκλώματός του και ορίζεται ως η ισοδύναμη στάθμη πίεσης ήχου η οποία θα έδινε το ίδιο ηλεκτρικό σήμα στην έξοδό του. Συνήθως οι μετρήσεις δίνονται σε  $\text{dBA}$ .
- Η έννοια της *παραμόρφωσης (distortion)* αναφέρεται στο βαθμό που η μορφή του σήματος εξόδου μίας συσκευής είναι πανομοιότυπη με τη μορφή του σήματος εισόδου. Στα μικρόφωνα γίνονται μετρήσεις ποσοστού *αρμονικής παραμόρφωσης (THD: Total Harmonic Distortion)*. Στην περίπτωση της αρμονικής παραμόρφωσης, ο μηχανισμός του μικροφώνου εισάγει παράγωγα παραμόρφωσης σε συχνότητες οι οποίες είναι ακέραια πολλαπλάσια της συχνότητας του σήματος εισόδου. Η μέτρηση δίνει τη στάθμη σήματος στην οποία το μικρόφωνο προκαλεί παραμόρφωση, συνήθως της τάξης του 3%.

## Πολικά διαγράμματα

- Τα μικρόφωνα παρουσιάζουν διαφορετική ευαισθησία σε σχέση με τη γωνία πρόσπτωσης του ηχητικού κύματος. Το φαινόμενο αυτό απεικονίζεται γραφικά από το *πολικό διάγραμμα* (*polar pattern*), το οποίο εκφράζει την *πολική απόκριση* (*polar response*) του μικροφώνου σε σχέση με τον άξονά του.
- Υπάρχουν τρεις βασικές πολικές αποκρίσεις: *πολυκατευθυντική* (*omnidirectional*), *μονοκατευθυντική* (*unidirectional*) και *δικατευθυντική* (*bidirectional*). Οι αποκρίσεις αυτές είναι ιδανικές. Η πολική απόκριση ενός μικροφώνου μεταβάλλεται με τη συχνότητα. Συνήθως στα πολικά διαγράμματα σχεδιάζεται η απόκριση του μικροφώνου σε διαφορετικές συχνότητες. Τα πολυκατευθυντικά μικρόφωνα είναι εξίσου ευαίσθητα προς όλες τις κατευθύνσεις. Τα μονοκατευθυντικά μικρόφωνα είναι κυρίως ευαίσθητα σε ήχους που έρχονται από εμπρός, απορρίπτοντας ήχους που έρχονται από πίσω και τις πλαϊνές πλευρές του μικροφώνου. Ανάλογα με τη μορφή απόρριψης, η μονοκατευθυντική απόκριση μπορεί να είναι *cardioid*, *hypercardioid* ή *supercardioid*. Τα δικατευθυντικά μικρόφωνα έχουν οκτωϊδή (*figure-of-8*) απόκριση, παρουσιάζοντας τη μέγιστη ευαισθησία τους στο εμπρός ( $0^\circ$ ) και πίσω μέρος τους ( $180^\circ$ ), απορρίπτοντας ήχους που φτάνουν στις πλαϊνές πλευρές.



## Αρχές λειτουργίας

- Τα μικρόφωνα κατηγοριοποιούνται σε δύο λειτουργίες ανάλογα με τον τρόπο που λαμβάνουν ενέργεια από το ηχητικό σήμα. Τη *λειτουργία πίεσης* (*pressure operation*) και τη *λειτουργία διαφοράς πίεσης* (*pressure gradient operation*).
- Κατά τη *λειτουργία πίεσης*, η πίσω όψη του διαφράγματος σφραγίζεται με αποτέλεσμα το μικρόφωνο να αντιδρά μόνο σε ηχητικά κύματα που φθάνουν από εμπρός. Στην περίπτωση αυτή η δύναμη που εξασκείται στην επιφάνεια του διαφράγματος είναι ίση με το γινόμενο της ακουστικής πίεσης επί το εμβαδόν του διαφράγματος και είναι ανεξάρτητη της συχνότητας. Στις χαμηλές συχνότητες η ενασκούμενη δύναμη είναι ανεξάρτητη από τη γωνία πρόσπτωσης λόγω της περίθλασης, με αποτέλεσμα το πολικό διάγραμμα να είναι ένας κύκλος. Ένα μικρόφωνο που λειτουργεί με αυτό τον τρόπο είναι πολυκατευθυντικό. Σε υψηλότερες συχνότητες, όταν το μήκος κύματος πλησιάζει τις διαστάσεις του διαφράγματος, προκαλείται σκίαση και το μικρόφωνο γίνεται κατευθυντικό, εξηγώντας έτσι την κατευθυντικότητα των πολυκατευθυντικών μικροφώνων στις υψηλές συχνότητες.

Όταν το μήκος κύματος είναι περίπου ίσο με τη διάμετρο του διαφράγματος ή μικρότερο, δημιουργούνται στάσιμα κύματα λόγω ανακλάσεων τα οποία τονίζουν τις υψηλές συχνότητες. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *διπλασιασμός πίεσης* (*pressure doubling*), λόγω του οποίου μπορεί να υπάρχει τονισμός στις υψηλές συχνότητες στον άξονα του διαφράγματος μέχρι και 6 dB (διπλασιασμός στάθμης). Ο τονισμός αυτός πολλές φορές είναι ανεπιθύμητος και αντιμετωπίζεται εισάγοντας κλίση στη λήψη.

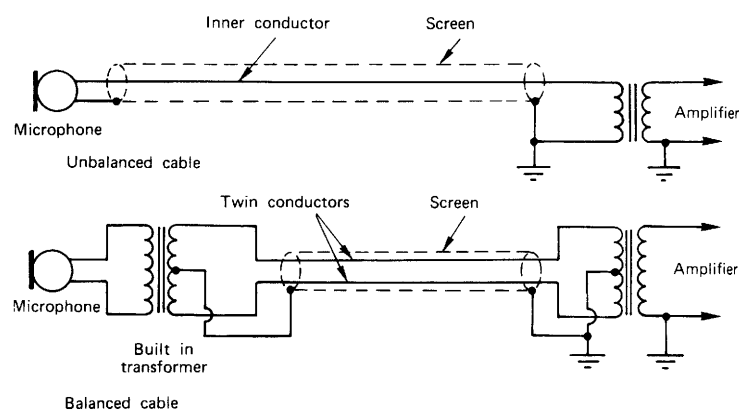
- Κατά τη *λειτουργία διαφοράς πίεσης*, το διάφραγμα είναι ανοιχτό και από τις δύο όψεις. Συνεπώς η κίνησή του δεν οφείλεται μόνο στην πίεση που εξασκείται σε αυτό από εμπρός, αλλά στη διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο όψεών του. Στις χαμηλές συχνότητες λόγω της περίθλασης, το κύμα φθάνει στην πίσω όψη του διαφράγματος με χρονική καθυστέρηση η οποία είναι ανάλογη με την απόσταση που πρέπει να διανύσει το κύμα από την εμπρός όψη στην πίσω. Αυτή η διαφορά φάσης είναι μέγιστη στις  $0^\circ$  και  $180^\circ$ . Όσο το προσπίπτων ακουστικό κύμα πλησιάζει τις  $90^\circ$  ή τις  $270^\circ$ , τόσο η διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο όψεων πλησιάζει το 0. Τα μικρόφωνα που λειτουργούν με τον τρόπο αυτό παρουσιάζουν οκτωϊδή απόκριση. Άλλες κατευθυντικές αποκρίσεις μπορούν να δημιουργηθούν συνδυάζοντας την έξοδο δύο διαφραγμάτων σε ένα μικρόφωνο ή με ειδική ακουστική σχεδίαση του θαλάμου όπου βρίσκεται το διάφραγμα.

Όταν η πηγή πλησιάζει πολύ σε ένα μικρόφωνο που λειτουργεί με διαφορά πίεσης, εισάγεται επιπλέον διαφορά πίεσης λόγω του ότι το διάστημα μεταξύ της εμπρός και πίσω όψης του διαφράγματος δεν είναι αμελητέο (η πίεση είναι αντιστρόφως ανάλογη με την απόσταση). Η σημαντική διαφορά πίεσης που δημιουργείται ενισχύει σημαντικά την απόκριση του μικροφώνου στις χαμηλές συχνότητες προκαλώντας το *φαινόμενο εγγύτητας* (*proximity effect*).

- Στα κατευθυντικά μικρόφωνα το πολικό διάγραμμα μεταβάλλεται σημαντικά με τη συχνότητα, αφού γίνονται ιδιαίτερα κατευθυντικά στις υψηλές συχνότητες. Ο *χρωματισμός εκτός άξονα* (*off-axis coloration*) που παρατηρείται, είναι συνάρτηση του μήκους κύματος και των πρακτικών δυσκολιών στην κατασκευή κατευθυντικών μικροφώνων.

## Γραμμές μεταφοράς σήματος

- Ανάλογα με τον τρόπο που τα μικρόφωνα μετατρέπουν τα ηχητικά κύματα σε ηλεκτρικά σήματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες : *δυναμικά*, *ταινίας* και *πυκνωτικά*. Η ισχύς του σήματος εξόδου ενός μικροφώνου διαφοροποιείται ανάλογα με τον τρόπο μετατροπής, αλλά και στις τρεις περιπτώσεις είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Αυτό έχει ως συνέπεια την ανάγκη ενίσχυσής του πριν από την ηχογράφιση. Εκτός αυτού, η μεταφορά του σήματος ενός μικροφώνου πρέπει να γίνεται με τρόπο τέτοιο ώστε να εξασφαλίζονται περιορισμένες απώλειες.
- Στη μεταφορά πολύ ασθενών ηλεκτρικών σημάτων όπως αυτά των μικροφώνων, προκύπτουν προβλήματα αλλοίωσης λόγω των απωλειών κατά τη μετάδοση των σημάτων σε αγωγούς μεγάλου μήκους, αλλά και της επιρροής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Για τη μεταφορά τέτοιων σημάτων συχνά χρησιμοποιούνται *ισορροπημένες γραμμές μεταφοράς (balanced lines)*. Στις γραμμές αυτές χρησιμοποιούνται δύο αγωγοί για τη μεταφορά του σήματος. Στον ένα στέλνεται η έξοδος της κάψας του μικροφώνου ενώ στον άλλο στέλνεται το ίδιο σήμα με αναστροφή φάσης. Στην είσοδο της επόμενης συσκευής τα σήματα αυτά αφαιρούνται έχοντας ως αποτέλεσμα ένα σήμα με πλάτος διπλάσιο του αρχικού. Στις γραμμές αυτές εμφανίζονται και ηλεκτρομαγνητικά σήματα τα οποία επάγονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και στις δύο γραμμές. Αυτά απορρίπτονται λόγω της αφαίρεσης στην είσοδο της επόμενης συσκευής. Ο *λόγος απόρριψης κοινού σήματος (CMRR: Common Mode Rejection Ratio)* εκφράζει την ικανότητα ενός ισορροπημένου συστήματος μεταφοράς να απορρίπτει τέτοια σήματα και εκφράζεται σε dB.



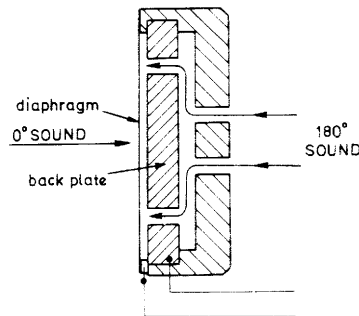
- Σε περιπτώσεις που το σήμα είναι αρκετά ισχυρό, όπως στην περίπτωση σημάτων *γραμμής (line)*, είναι δυνατή η χρήση *μη ισορροπημένων (unbalanced)* γραμμών. Η στάθμη ηχητικών σημάτων διαφοροποιείται ανάλογα με τη χρήση.

System Signal Levels

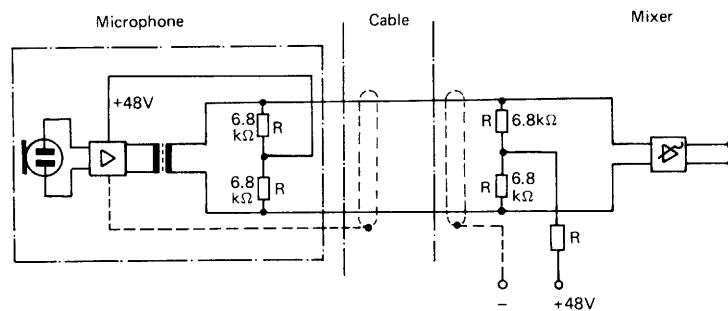
Type of System	Low level (V)	Nominal Level (V)	High Level (V)
Low-impedance microphone	0.0002	0.0002	0.006
High-impedance microphone	0.0004	0.004	0.13
Most professional audio line level	0.008	1.2	10
Consumer (home) stereo	0.003	0.3	3.0
Some broadcast equipment	0.008	1.9	20
25-W power amplifier	0.15	1.5	15
200-W power amplifier	0.4	4.0	40
70.7-V loudspeaker system	0.7	7.0	70

## Τύποι μικροφώνων

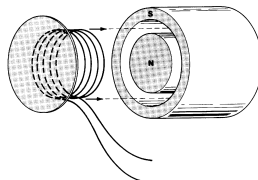
- Τα *πυκνωτικά (condenser)* μικρόφωνα αποτελούνται από ένα αγωγίμο διάφραγμα το οποίο βρίσκεται αντικριστά σε ένα μεταλλικό δίσκο (*backplate*). Οι δύο αυτές επιφάνειες φορτίζονται από πηγή συνεχούς ρεύματος, έχοντας ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πυκνωτή. Καθώς το διάφραγμα δονείται λόγω των ηχητικών κυμάτων, η απόσταση μεταξύ των δύο πλακών του πυκνωτή μεταβάλλεται. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μεταβολή της χωρητικότητας του πυκνωτή και τη δημιουργία εναλλασσόμενου δυναμικού στα άκρα του ( $V = Q/C = 2\pi dQ/kA$ ).



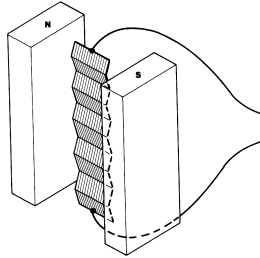
Λόγω του ότι το σήμα που αναπτύσσεται από τις πυκνωτικές κάψες είναι πολύ μικρό, απαιτείται η άμεση ενίσχυσή του πριν το σήμα σταλεί στην επόμενη συσκευή. Το δυναμικό που απαιτείται για τη φόρτιση της πυκνωτικής κάψας και την τροφοδοσία των ενισχυτικών κυκλωμάτων παρέχεται συνήθως από εξωτερικές πηγές ρεύματος ή ενσωματωμένες μπαταρίες. Ο πιο συνηθής τρόπος τροφοδοσίας στα σύγχρονα πυκνωτικά μικρόφωνα είναι η τροφοδοσία *phantom* (48 Volts). Κύριο χαρακτηριστικό αυτού του τρόπου παροχής ισχύος είναι ότι δεν γίνεται αντιληπτή από συσκευές οι οποίες δεν έχουν σχεδιαστεί για να τροφοδοτούνται με αυτό τον τρόπο. Τα μικρόφωνα τα οποία χρησιμοποιούν λυχνίες για την ενίσχυση του σήματος λειτουργούν με εξειδικευμένα τροφοδοτικά λόγω των υψηλών τάσεων που απαιτούνται.



- Στα *δυναμικά (dynamic) / κινητού πηνίου (moving coil)* μικρόφωνα ένα πηνίο προσαρτάται στο διάφραγμα. Το πηνίο βρίσκεται στο μαγνητικό πεδίο ενός κυλινδρικού μαγνήτη. Με την κίνηση του διαφράγματος αναπτύσσεται δυναμικό στα άκρα του πηνίου. Τα δυναμικά μικρόφωνα λόγω του τρόπου λειτουργίας τους δε χρειάζονται παροχή ισχύος.



- Στα μικρόφωνα *ταινίας (ribbon)* χρησιμοποιείται μία πολύ λεπτή ταινία αλουμινίου ως διάφραγμα, στα άκρα της οποίας αναπτύσσεται δυναμικό κατά την κίνησή της στο μαγνητικό πεδίο ενός μαγνήτη. Τα μικρόφωνα ταινίας αποτελούν ειδική περίπτωση δυναμικού μικροφώνου.



## Εφαρμογή

- Η ποιότητα ήχου, η ευαισθησία και η φυσική αντοχή ενός μικροφώνου αποτελούν τα βασικά κριτήρια για την επιλογή του σε κάθε εφαρμογή. Στα εργαστήρια ήχου απαιτείται βέλτιστη ποιότητα ήχου και γενικά υψηλή ευαισθησία. Όσο μικρότερη η ευαισθησία ενός μικροφώνου, τόσο μεγαλύτερη ενίσχυση χρειάζεται για να φθάσει το σήμα του μικροφώνου σε στάθμη γραμμής που απαιτείται για την καταγραφή. Όσο μεγαλύτερη η ενίσχυση, τόσο μεγαλύτερος ο θόρυβος που θα εισαχθεί από τον προενισχυτή μικροφώνου και τόσο χαμηλότερη η ηχητική ποιότητα. Στις ηχοκαλύψεις παραστάσεων απαιτείται χαμηλή ευαισθησία για την καλύτερη απομόνωση των διαφόρων ηχητικών πηγών αλλά και για τη μικρότερη επιρροή από τα ηχεία του συστήματος ηχοκάλυψης. Επίσης σε τέτοιες εφαρμογές απαιτείται υψηλή φυσική αντοχή.

ΤΥΠΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ
Πυκνωτικό	<ul style="list-style-type: none"> <li>• υψηλή ποιότητα ήχου</li> <li>• υψηλή ευαισθησία</li> <li>• χαμηλή αντοχή</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• κυρίως σε εργαστήρια ήχου</li> <li>• κατάλληλο για λήψεις με προοπτική (κοντινή/ μακρινή)</li> <li>• περιορισμένη σε ηχοκαλύψεις</li> </ul>
Κινητού πηνίου	<ul style="list-style-type: none"> <li>• χαμηλή ποιότητα ήχου</li> <li>• χαμηλή ευαισθησία</li> <li>• υψηλή αντοχή</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• περιορισμένη σε εργαστήριο ήχου</li> <li>• κυρίως σε ηχοκαλύψεις</li> </ul>
Ταινίας	<ul style="list-style-type: none"> <li>• υψηλή ποιότητα ήχου</li> <li>• πολύ χαμηλή ευαισθησία</li> <li>• πολύ χαμηλή αντοχή</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• εργαστήριο ήχου</li> </ul>

- Επιπλέον κριτήριο αποτελεί η πολική απόκριση ενός μικροφώνου. Σε περιπτώσεις μονοφωνικών ή πολυμικροφωνικών ηχογραφήσεων, η πολική απόκριση επιλέγεται κυρίως βάση των ακουστικών χαρακτηριστικών του χώρου ηχογράφησης και βάση του βαθμού απομόνωσης που απαιτείται μεταξύ των ηχητικών πηγών. Σε στερεοφωνικές μικροφωνικές διατάξεις, η πολική απόκριση επιλέγεται βάση των προδιαγραφών της τεχνικής.

<b>ΠΟΛΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ</b>	<b>ΛΗΨΗ ΧΩΡΟΥ</b>	<b>ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΗΧΩΝ</b>	<b>ΕΦΑΡΜΟΓΗ</b>
Πολυκατευθυντικό	καλή	κακή	ηχογράφηση σε χώρους με απόσβεση ανακλάσεων ή καλής ακουστικής
Κατευθυντικό	περιορισμένη	καλή	ηχογράφηση σε χώρους περιορισμένης απόσβεσης ανακλάσεων ή μέτριας ακουστικής
Δικατευθυντικό	μέτρια	ανάλογα τη χρήση	ηχογράφηση σε χώρους περιορισμένης απόσβεσης ανακλάσεων ή κακής ακουστικής

### Βιβλιογραφία

- Bartlett, B., *Stereo Microphone Techniques*, Focal Press (1991).
- Borwick, J., *Microphones: Technology and Technique*, Focal Press (1990).
- Giddings, G.H., *Audio System Design and Installation*, Howard W. Sams & Co (1990).
- Woram, J.M., *Sound Recording Handbook*, Howard W. Sams & Co (1989).

## 4. ΣΤΕΡΕΟΦΩΝΙΚΗ ΛΗΨΗ ΗΧΟΥ

### Στερεοφωνία

- *Στερεοφωνία (stereophony ή stereo)* είναι η τεχνική η οποία στοχεύει στην τεχνητή ανάπλαση ενός τρισδιάστατου ηχητικού πεδίου με ηλεκτροακουστικά μέσα. Η φαινομενική τρισδιάστατη ανάπλαση ενός ηχοπεδίου ονομάζεται *στερεοφωνική εικόνα (stereo image)*. Η δημιουργία ενός στερεοφωνικού ηλεκτροακουστικού συστήματος απαιτεί την ύπαρξη τουλάχιστον δύο ηχείων.
- *Σύντηξη (fussion)* ονομάζεται η σύνθεση μίας φαινομενικής πηγής ήχου από δύο ή περισσότερες πραγματικές πηγές ήχου (ηχεία). Οι φαινομενικές πηγές ήχου που δημιουργούνται από τη σύντηξη ονομάζονται *είδωλα (images)*. Η *εστίαση ειδώλου (image focus)* αναφέρεται στο βαθμό σύντηξης ενός ειδώλου.
- Στόχος της στερεοφωνίας είναι να δώσει στον ακροατή ακριβή αίσθηση της *θέσης (location)* ηχητικών πηγών, η οποία ορίζεται ως η γωνιακή θέση ενός ειδώλου από τον ακροατή. *Έκταση (width)* ονομάζεται το πλάτος της στερεοφωνικής εικόνας. *Βάθος (depth)* είναι η απόσταση ενός ειδώλου από τον ακροατή. *Ανύψωση (elevation)* είναι το ύψος ενός ειδώλου από το επίπεδο των ηχείων.
- Στις στερεοφωνικές ηχογραφήσεις υπάρχουν δύο φιλοσοφικές προσεγγίσεις. Σύμφωνα με τη μία από αυτές, η ηχογράφηση στοχεύει στο να μεταφέρει τον ακροατή στο χώρο της ηχογράφησης (*είσαι εκεί*), ενώ σύμφωνα με τη δεύτερη προσέγγιση το ηχητικό δρώμενο μεταφέρεται στο χώρο του ακροατή (*είναι εδώ*). Αυτό που καθορίζει την προσέγγιση είναι η προοπτική της λήψης. Οι λήψεις μακρινής προοπτικής εντάσσονται στην πρώτη προσέγγιση. Οι λήψεις άμεσης προοπτικής στη δεύτερη, αν και η χρήση τεχνητής αντήχησης ενδέχεται να δημιουργήσει την αίσθηση μακρινής ή κοντινής λήψης. Οι λήψεις κοντινής προοπτικής μπορούν να ενταχθούν σε οποιαδήποτε από τις δύο προσεγγίσεις. Αυτό καθορίζεται από τη σχέση μεταξύ της ακουστικής του χώρου ακρόασης και του χώρου της ηχογράφησης.

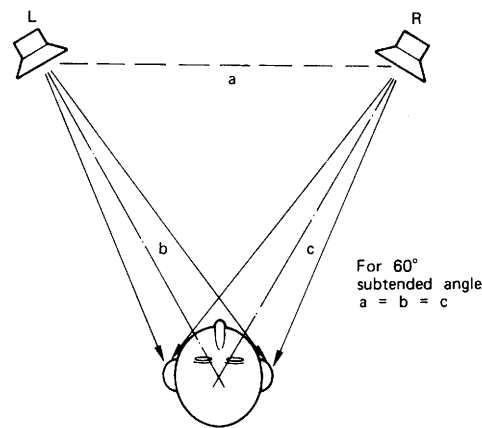
### Αμφιωτική ακοή

- Η *αμφιωτική ακοή (binaural hearing)* δίνει τη δυνατότητα *εντοπισμού (localization)* της θέσης πραγματικών ηχητικών πηγών. Αν και αυτό γενικά είναι δυνατό ακούγοντας με το ένα αυτί μόνο, η ικανότητά μας αυξάνεται σημαντικά με διπλή ακοή.
- Ο μηχανισμός του εντοπισμού διαφέρει ανάλογα με τη συχνότητα. Για συχνότητες άνω των 4kHz ο εντοπισμός οφείλεται στη διαφορά έντασης μεταξύ των δύο αυτιών λόγω της σκίασης η οποία προκαλείται από το κεφάλι. Για συχνότητες κάτω του 1kHz τα κύματα περιθλώνται γύρω από το κεφάλι, με αποτέλεσμα το ερέθισμα και στα δύο αυτιά να είναι σχεδόν το ίδιο. Ο ήχος που προέρχεται από τη μία πλευρά όμως θα φθάσει το ένα αυτί γρηγορότερα από το άλλο. Η διαφορά φάσης είναι σημαντική παράμετρος για τον εντοπισμό ήχων χαμηλής συχνότητας. Μεταξύ 1kHz και 4kHz η ακρίβεια εντοπισμού είναι μειωμένη με μέγιστο σφάλμα εντοπισμού γύρω στα 3kHz, πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπάρχει σημαντική αλληλοκάλυψη των δύο μηχανισμών. Συχνότητες κάτω από 100Hz δεν εντοπίζονται.

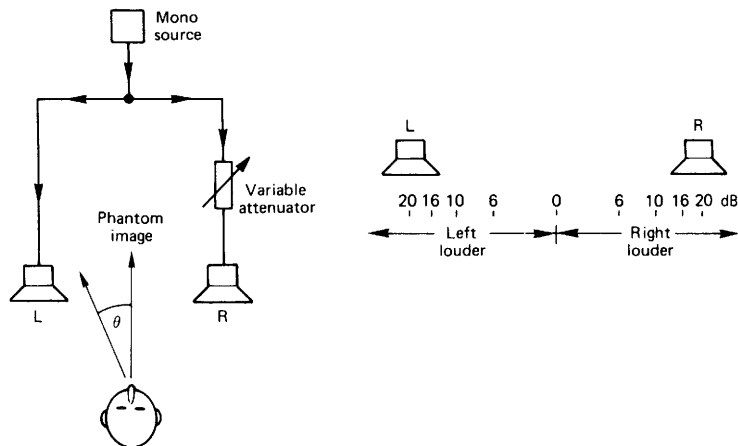


## Τεχνητή ανάπλαση ηχητικών ειδώλων

- Υπάρχουν βασικές διαφορές μεταξύ της στερεοφωνικής ψευδαίσθησης και του τρόπου που γίνεται αντιληπτή η θέση πραγματικών πηγών. Στην περίπτωση των πραγματικών πηγών ο ήχος εκπέμπεται από ένα σημείο, αυτό της πηγής, ενώ στην περίπτωση της στερεοφωνίας ο ήχος της πηγής ακούγεται από δύο σημεία (θεωρώντας την ύπαρξη δύο ηχείων), αυτά στα οποία είναι τοποθετημένα τα ηχεία. Συνεπώς, κάθε ήχος ακούγεται δύο φορές, μία από κάθε ηχείο. Το γεγονός αυτό θέτει περιορισμούς στο ρεαλισμό που μπορεί να επιτευχθεί από ένα τέτοιο σύστημα. Η ψευδαίσθηση της στερεοφωνικής εικόνας επιτυγχάνεται δίνοντας στα δύο ηχεία όμοια σήματα τα οποία κατά κάποιον τρόπο διαφέρουν. Η καθιερωμένη διάταξη για στερεοφωνική ακρόαση τοποθετεί τον ακροατή στην κορυφή ενός ισοσκελούς τριγώνου. Ο ήχος κάθε ηχείου φθάνει και τα δύο αυτιά, με μικρή καθυστέρηση στο πιο απομακρυσμένο.

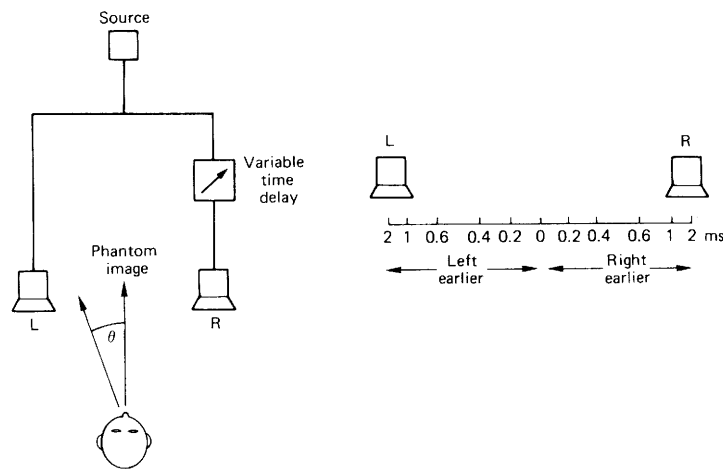


- Η τοποθέτηση ενός ειδώλου στη στερεοφωνική εικόνα επιτυγχάνεται όταν το σήμα παρουσιαστεί στα δύο ηχεία με διαφορά έντασης, φάσης ή με συνδυασμό των δύο. Μειώνοντας την ένταση στο σήμα του ενός ηχείου σε σχέση με το άλλο, το είδωλο μετακινείται προς το δυνατότερο ηχείο.



Οι στερεοφωνικές μικροφωνικές διατάξεις που βασίζονται στη διαφορά έντασης ονομάζονται *coincident* (συμπίπτουσες), λόγω του ότι οι κάψες των δύο μικροφώνων τοποθετούνται στο ίδιο σημείο. Στα μικρόφωνα δίνεται κλίση για τη δημιουργία της κατάλληλης διαφοράς έντασης, η οποία προκύπτει λόγω της διαφοροποίησης της ευαισθησίας τους σύμφωνα με το πολικό τους διάγραμμα.

- Δημιουργώντας χρονική καθυστέρηση στο ένα ηχείο προκαλείται μετατόπιση ειδώλου προς το ηχείο το οποίο δεν έχει υποστεί καθυστέρηση.



Οι στερεοφωνικές μικροφωνικές διατάξεις οι οποίες βασίζονται στη διαφορά φάσης ονομάζονται *non-coincident* ή *spaced*, λόγω του ότι οι κάψες των δύο μικροφώνων τοποθετούνται με απόσταση μεταξύ τους προκειμένου να δημιουργηθούν οι κατάλληλες διαφορές φάσης.

- Οι στερεοφωνικές τεχνικές οι οποίες συνδυάζουν διαφορές έντασης με διαφορές φάσεις ονομάζονται *near-coincident*. Στην περίπτωση αυτή οι κάψες των δύο μικροφώνων τοποθετούνται μερικά εκατοστά μακριά για τη δημιουργία διαφοράς φάσης, με κλίση για τη δημιουργία διαφοράς έντασης.
- Οι διαφορές έντασης ή φάσης που δημιουργούνται από τις στερεοφωνικές μικροφωνικές διατάξεις αυξάνονται από τις αντίστοιχες διαφορές έντασης και φάσης οι οποίες δημιουργούνται από τα ηχεία. Στην περίπτωση των τεχνικών που χρησιμοποιούν *συμπίπτοντα ζεύγη (coincident pairs)* μόνο η διαφορά έντασης αυξάνεται. Στις τεχνικές όμως που χρησιμοποιούν διαφορά φάσης, η διαφορά φάσης που δημιουργείται από τα ηχεία προκαλεί θετική και αρνητική συμβολή του φαινομένου, έχοντας ως αποτέλεσμα τη μη γραμμική διαφοροποίηση της φάσης.

## Βιβλιογραφία

- Anstendig, M., *Stereo: A misunderstanding. The theory, sound-systems, and problems of hearing*, Anstendig Institute (1982).
- Bartlett, B., *Stereo Microphone Techniques*, Focal Press (1991).
- Borwick, J., *Microphones: Technology and Technique*, Focal Press (1990).
- Streicher, R. & Dooley, W., *Basic Stereo Microphone Perspectives: A review*, JAES, Vol.33, no.7/8 (1985).
- Streicher, R. & Everest, A., *The New Stereo Soundbook*, TAB Books, (3<sup>rd</sup> edn 2006).
- Woram, J.M., *Sound Recording Handbook*, Howard W. Sams & Co (1989).
- Vermeulen, R., *Stereophonic Reproduction*, Audio Engineering (1954).

## 5. ΕΓΓΡΑΦΗ ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

### Εγγραφή ήχου

- Ανεξάρτητα από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την εγγραφή ήχου (μαγνητικά μέσα, οπτικοί δίσκοι, μνήμη στερεάς κατάστασης), η άρτια εγγραφή εξαρτάται από παραμέτρους οι οποίες καθορίζουν τις συνθήκες εισόδου του σήματος στη συσκευή εγγραφής.
- Ένας εγγραφέας (*recorder*) πέρα από τον μηχανισμό εγγραφής περιλαμβάνει και ενισχυτές για την είσοδο και έξοδο του σήματος, ρυθμιστικά για έλεγχο της στάθμης του σήματος και όργανα ένδειξης στάθμης.
- Προτεραιότητα μίας άρτιας εγγραφής είναι ο χαμηλός θόρυβος και η έλλειψη παραμορφώσεων, οι οποίες προκύπτουν από τη μη βέλτιστη *οδήγηση (drive)* των ενισχυτών εισόδου.
- Ο χαμηλός θόρυβος και η έλλειψη παραμορφώσεων προκύπτουν από τη σωστή ρύθμιση της στάθμης του σήματος προς εγγραφή.

### Θόρυβος

- Ο *θόρυβος (noise)* στα ηλεκτροακουστικά συστήματα χωρίζεται σε τέσσερις γενικές κατηγορίες:
  1. *Λευκός και Ροζ θόρυβος*: δημιουργείται από ηλεκτρονικές γεννήτριες ως σήμα ελέγχου ηλεκτροακουστικών συσκευών. Ο ροζ θόρυβος είναι ένα σήμα το οποίο περιέχει το ίδιο ποσό ενέργειας ανά οκτάβα. Το φάσμα αυτό είναι αντιπροσωπευτικό των φυσικών θορύβων. Ο λευκός θόρυβος είναι ένα σήμα με ίση ενέργεια σε όλες τις συχνότητες.
  2. *Ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος (EMI: Electromagnetic Interference)*: ηλεκτρομαγνητική επαγωγή από άλλες ηλεκτρικές συσκευές.
  3. *Θερμικός θόρυβος*: δημιουργείται από τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα των συσκευών λόγω της τυχαίας κίνησης ηλεκτρονίων. Το φάσμα του θορύβου αυτού μοιάζει με αυτό του λευκού θορύβου. Αν η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή δεν υφίσταται, ο θερμικός θόρυβος ορίζει το *επίπεδο θορύβου (noise floor)* του συστήματος.
  4. *Θόρυβος ταινίας*: θόρυβος μαγνητικής ταινίας ο οποίος δημιουργείται από μαγνητικά σωματίδια τυχαίου προσανατολισμού.
- Ο *ισοδύναμος θόρυβος εισόδου (EIN: equivalent noise input)* εκφράζει τη συνολική απόδοση θορύβου ενός ενισχυτή. Για να μετρηθεί, στην είσοδο του ενισχυτή τοποθετείται μία αντίσταση 150Ωm και μετριέται ο θόρυβος στην έξοδο του ενισχυτή στο εύρος 20Hz-20kHz. Ο ρόλος της αντίστασης είναι να δημιουργήσει έναν θερμικό θόρυβο ισοδύναμο με αυτόν μίας πηγής με αντίσταση εξόδου 150Ωm. Η καλύτερη τιμή EIN είναι ίση με τον θερμικό θόρυβο μίας αντίστασης 150Ωm.

## Λόγος σήματος προς θόρυβο

- Ο *λόγος σήματος προς θόρυβο*  $\Sigma/\Theta$  (SNR: *signal to noise ratio*) μίας συσκευής ορίζεται ως η διαφορά σε dB μεταξύ της στάθμης ενός σήματος και του επιπέδου θορύβου της.
- Το επίπεδο θορύβου καθορίζεται από το σύνολο των διαφόρων πηγών θορύβου του συστήματος. Μαζί με την τιμή του λόγου πρέπει να καθορίζεται η στάθμη του σήματος στην οποία αναφέρεται.
- Ο μέγιστος λόγος  $\Sigma/\Theta$  αναφέρεται στο μέγιστο σήμα το οποίο μπορεί να διαχειριστεί ένα σύστημα χωρίς παραμόρφωση.

## Δυναμική περιοχή

- Η *δυναμική περιοχή* (*dynamic range*) ορίζεται ως η διαφορά σε dB μεταξύ της μικρότερης και της μεγαλύτερης στάθμης του σήματος, που μπορεί να χειριστεί ένα σύστημα.
- Η ωφέλιμη δυναμική περιοχή ενδέχεται να είναι μικρότερη από την περιοχή που καθορίζεται από το μέγιστο  $\Sigma/\Theta$  του συστήματος. Ένα σήμα του οποίου η στάθμη είναι ίση με το επίπεδο θορύβου δε θεωρείται ιδιαίτερα χρήσιμο. Μία στάθμη της τάξης των 20dB μεγαλύτερη του επιπέδου θορύβου θα μπορούσε να είναι αποδεκτή ως ελάχιστη στάθμη. Σε μερικές περιπτώσεις, το επιτρεπόμενο μέγιστο σήμα περιέχει αρκετή παραμόρφωση, ενώ σε στάθμη μικρότερη κατά 5dB η ποιότητα του σήματος ίσως είναι αποδεκτή. Συνεπώς, η ωφέλιμη δυναμική περιοχή σε μία τέτοια περίπτωση θα ήταν μικρότερη από το μέγιστο  $\Sigma/\Theta$  κατά 25dB.

## Headroom

- Ορίζεται ως η διαφορά σε dB μεταξύ της ονομαστικής στάθμης λειτουργίας και της μέγιστης στάθμης του συστήματος.
- Η ονομαστική στάθμη λειτουργίας τοποθετείται στα 0VU.
- Καθορίζει τη μέγιστη στάθμη γρήγορων μεταβατικών.

## Ένδειξη στάθμης σήματος

- Τα όργανα μέτρησης στάθμης ήχου χρησιμοποιούνται για τη σωστή ρύθμιση μίας ηλεκτροακουστικής συσκευής και είναι βαθμονομημένα σε dB. Διαφοροποιούνται ως προς την *ταχύτητα απόκρισης* (*response time*).
- *Peak Program Meters (PPM)*: Όργανα γρήγορης απόκρισης με αργή απόσβεση. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου ακόμα και μία πολύ σύντομη υπερφόρτωση του συστήματος είναι σημαντική, όπως στις ψηφιακές ηχογραφήσεις. Για όργανα Type 1 ο χρόνος ολοκλήρωσης είναι 10ms ενώ ο χρόνος απόσβεσης 3s, καθιστώντας την ένδειξη μέγιστης στάθμης ορατή. Για την κατασκευή του χρησιμοποιούνται φωτεινές ενδείξεις.

- *VU Meters*: Όργανα βελόνας, των οποίων η δυναμική απόκριση είναι τέτοια ώστε η ένδειξή τους να αντιστοιχεί στην ηχηρότητα του σήματος. Η μονάδα έντασης (*VU: Volume Unit*) είναι μία μονάδα μεταβολής της ηχηρότητας του προγράμματος. Για ημιτονοειδή σήματα, 1VU=1dB. 0VU είναι η ονομαστική στάθμη λειτουργίας. Στην απότομη εφαρμογή ενός ημιτονοειδούς σήματος στάθμης 0VU, προκαλείται απόκλιση της βελόνας του οργάνου κατά 99% σε 0.3s. Με τέτοια δυναμική απόκριση ενδέχεται να μην ανιχνευτούν γρήγορες κορυφώσεις του σήματος. Συνεπώς, είναι απαραίτητο το σύστημα να διαθέτει επαρκές headroom ώστε να αποφευχθούν οι παραμορφώσεις.

## Βιβλιογραφία

- Borwick, J. (ed.), *Sound Recording Practice*, Oxford University Press (3<sup>rd</sup> edn 1987).
- Giddings, G.H., *Audio System Design and Installation*, Howard W. Sams & Co (1990).
- Woram, J.M., *Sound Recording Handbook*, Howard W. Sams & Co (1989).