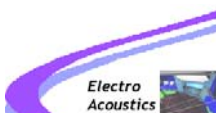


Μάθημα: «Ηλεκτροακουστική & Ακουστική Χώρων»
Διάλεξη 4^η: «Μικρόφωνα – Τρόποι χρήσης»

Φλώρος Ανδρέας
 Επίκ. Καθηγητής


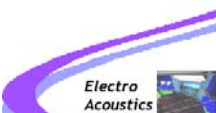


Επανάληψη: Ευαισθησία μικροφώνων

- Ορισμός ευαισθησίας μικροφώνων



$$S = \left(\frac{V}{p} \right)_{f=0}$$

- Ορισμός στάθμης ευαισθησίας μικροφώνων

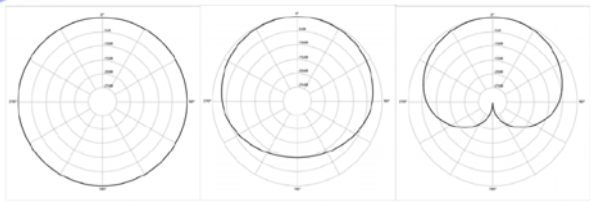
$$S.L. = 20 \log_{10} \frac{S}{S_{ref}} \quad \text{ref} = 1V/1Pa$$



Επανάληψη: Κατευθυντικότητα μικροφώνων

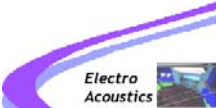
- Γενικά, για ηλεκτροακουστικούς μετατροπείς, η ευαισθησία εξαρτάται από
 - τη διεύθυνση ως προς τον άξονά τους
 - τη συχνότητα
- Η μεταβολή της ευαισθησίας εκφράζεται ως κατευθυντικότητα του μετατροπέα
 - Συνάρτηση $H(\theta, \phi)$ ή $S(\theta, \phi)$
- Παράδειγμα:
 - Για ένα μεγάφωνο ισχύει: $P(r, \theta, \phi) = P(r) * H(\theta, \phi)$

Κατευθυντικότητα μικροφώνων (συν.)



Omnidirectional Subcardioid Cardioid



Κατευθυντικότητα μικροφώνων

Supercardioid Hypercardioid Bi-directional

Electro Acoustics

Κατευθυντικότητα μικροφώνων (συν.)

- Παντοκατευθυντικό (omni)

lavalier / tie-clip

Electro Acoustics

Κατευθυντικότητα μικροφώνων (συν.)

- Καρδιοειδές (cardioid)

Electro Acoustics

Κατευθυντικότητα μικροφώνων (συν.)

- Υπερκαρδιοειδές (hypercardioid) ή shot-guns

Electro Acoustics

Χρήση μικροφώνων



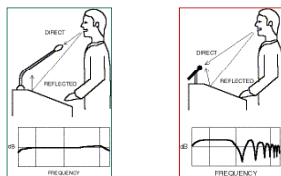
Electro
Acoustics

Βασικές αρχές

- Η επιλογή του κατάλληλου τύπου μικροφώνου εξαρτάται
 - Από τα χαρακτηριστικά της ηχητικής πηγής της οποίας το σήμα πρόκειται να μετατραπεί
 - Από τα χαρακτηριστικά του ακουστικού πεδίου εντός του οποίου βρίσκεται η πηγή
- Στην πράξη, τα παραπάνω δεν μπορούν να ικανοποιηθούν συγχρόνως
- Βέλτιστος συμβιβασμός σε σχέση με τις επικρατούσες συνθήκες
- Εκτός της επιλογής, βασικό ρόλο στην τελική ποιότητα παίζει και η τοποθέτηση του μικροφώνου

Electro
Acoustics

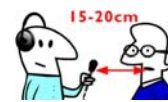
Επιλογή κατευθυντικότητας



Electro
Acoustics

Απόσταση τοποθέτησης

- Πόσο κοντά πρέπει να τοποθετηθεί ένα μικρόφωνο σε σχέση με την πηγή;
 - Όσο το δυνατό πιο κοντά (close miking)
 - Για την περίπτωση ομιλητή ~20 εκατοστά

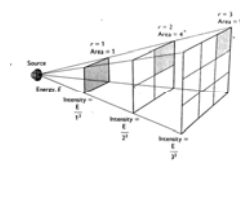




- Μεγιστοποίηση λόγου σήματος προς θόρυβο
- Ηχογράφηση «εξωριστών» πηγών
- Αποφυγή ακουστικής ανάδρασης

Electro
Acoustics



Απόσταση τοποθέτησης (συν.)

- Ο νόμος του αντιστρόφου τετραγώνου:
 - Σε περίπτωση ύπαρξης πηγών ακουστικού θορύβου, μεγιστοποίηση SNR επιτυγχάνεται για πολύ κοντινές αποστάσεις
 - Και με παράλληλη χρήση καρδιοειδούς μικροφώνου

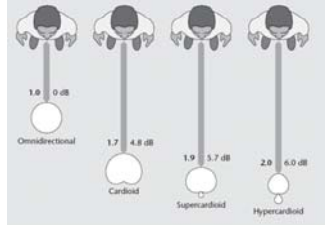


Απόσταση τοποθέτησης (συν.)

- Τοποθέτηση σε μεγαλύτερη απόσταση από την ηχητική πηγή
 - Ambient /distance miking
- Τεχνική κατάλληλη για την παράλληλη καταγραφή των ήχων του περιβάλλοντος
 - Π.χ. αντήχησης σε ένα κλειστό χώρο
 - Φυσικών ήχων στην ύπαιθρο

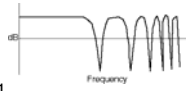
Απόσταση τοποθέτησης (συν.)

- Παράδειγμα: σε κλειστό χώρο (πεδίο αντήχησης), η κατευθυντικότητα επηρεάζει την απόσταση τοποθέτησης
 - Με κριτήριο την απόρριψη της αντήχησης







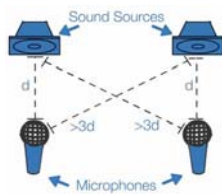
Ο κανόνας 3:1

- Χρήση πολλών μικροφώνων για την καταγραφή πολλών ηχητικών πηγών
 - Τα σήματα των ηχητικών πηγών φθάνουν σε διαφορετικούς χρόνους σε κάθε μικρόφωνο
 - Κάποιες συχνότητες «ακυρώνονται» (comb-filtering) κατά την τελική μίξη



- Λύση ο κανόνας 3:1
 - Η απόσταση μεταξύ των μικροφώνων τουλάχιστον ίση προς 3 φορές την απόσταση μικροφώνου πηγής

Ο κανόνας 3:1 (συν.)

- Διαφορά στάθμης τουλάχιστον 9dB μεταξύ των δύο μικροφώνων (οφειλόμενη στην ίδια ηχητική πηγή)
- Μείωση των «βυθίσεων» του comb filter περίπου στο 1dB

Electro
Acoustics

Τεχνικές στερεοφωνικής ηχογράφησης

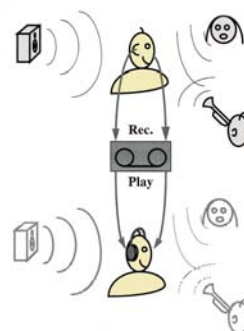
Electro
Acoustics

Το ακουστικό είδωλο

- Απαιτήση για καταγραφή του ήχου διατηρώντας την «πληροφορία» της θέσης (είδωλο) της ηχητικής πηγής
 - Π.χ. Ηχογράφηση ομάδας μουσικών οργάνων
 - Ηχογράφηση θεατρικής παράστασης
- Η πιστότητα της ηχογράφησης είναι μεγαλύτερη
 - Και περισσότερο αποδεκτή
- Ουσιαστικά το μικρόφωνο πρέπει να λειτουργήσει όπως ο άνθρωπος – ακουστικός δέκτης



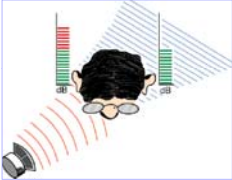
Electro
Acoustics

Ακουστικό είδωλο – Αυθεντική αναπαραγωγή


Electro
Acoustics

Αρχές αμφιωτικής ακουστικής

Interaural Level Difference (ILD)



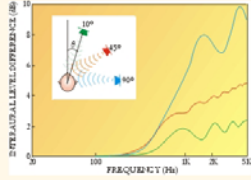
Interaural Time Difference (ITD)



Electro Acoustics

Αρχές αμφιωτικής ακουστικής (συν.)

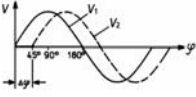
- Interaural Level Difference (ILD)
 - Μικρότερη διαδρομή ηχητικού κύματος
 - Φαινόμενο σκίασης ηχητικού κύματος από το ανθρώπινο κεφάλι
 - Για συχνότητες πάνω από 500Hz
 - Φαινόμενο ιδιαίτερα έντονο για συχνότητες άνω των 2kHz
 - Διαφορετική τιμή ηχητικής έντασης σε κάθε αυτί
 - Μέχρι 20dB για υψηλές συχνότητες



Electro Acoustics

Αρχές αμφιωτικής ακουστικής (συν.)

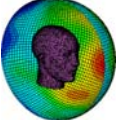
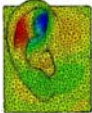
- Interaural Time Difference (ITD)
 - Μέγιστη ITD ~680μsec (στις 90°)
 - Για τυπική απόσταση μεταξύ αυτιών ~0.23m
 - C=343m/sec
 - Φασικές διαφορές λόγω διαφορετικής απόστασης
 - για περιοδικούς τόνους
 - Για $f < 1.5\text{kHz}$ το μήκος κύματος είναι μεγαλύτερο από την απόσταση των δύο αυτιών
 - ... Και η διαφορά φάσης αισθητή!



Electro Acoustics

Αρχές αμφιωτικής ακουστικής (συν.)

- Το ανθρώπινο «έξω» αυτί
 - Λειτουργεί ως «φίλτρο»
 - Head Related Transfer Functions (HRTFs)
 - ή Anatomical Transfer Functions (ATFs)
- Μέτρηση φίλτρου
 - Εξάρτηση από γωνίες άφιξης
 - Εξάρτηση από μορφολογία αυτιού
 - Επίδραση στήθους, ώμων κ.λ.π.
 - Μοναδικές για κάθε άνθρωπο
- Χρήση γενικευμένων HRTFs
 - Μέσες τιμές

Electro Acoustics

Αρχές αμφιωτικής ακουστικής (συν.)

Electro Acoustics

Αμφιωτική ηχογράφηση

- Binaural recording
- Χρήση dummy head με ενσωματωμένα μικρόφωνα (σπνι)

Electro Acoustics

Αμφιωτική ακρόαση

- Η αναπαραγωγή ιδανικά πρέπει να γίνει με ακουστικά
 - ... Και όχι με ηχεία!

Electro Acoustics



Τεχνικές στερεοφωνικής ηχογράφησης

- Stereo Miking
- Χρήση δύο μικροφώνων για την καταγραφή του ειδώλου των ακουστικών πηγών
- X – Y recording
- M – S (Mid-Side) recording
- Τεχνική Blumlein
- A – B recording
- ORTF
- Decca Tree

Electro Acoustics

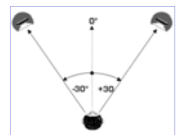
Τεχνικές στερεοφωνικής ηχογράφησης (συν.)

- Όλες οι τεχνικές πραγματοποιούν τοποθέτηση του ειδώλου της ακουστικής πηγής στο χώρο με
 - Μεταβολή της πίεσης που καταγράφεται μεταξύ δύο μικροφώνων (*Intensity Stereophony*)
 - Προσέγγιση της ILD
 - Την εισαγωγή χρονικής καθυστέρησης μεταξύ των σημάτων των δύο μικροφώνων (*Delay time stereophony*)
 - Προσέγγιση της ITD





Βασικές αρχές στερεοφωνικής αναπαραγωγής

- Τυπική διαμόρφωση στερεοφωνικής ακρόασης
 - Standard listening stereo configuration

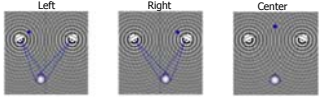



- Δημιουργία του ειδώλου της ακουστικής πηγής
 - Με σχετική μεταβολή του κέρδους της ηχητικής αναπαραγωγής
 - Με σχετική μεταβολή της χρονικής στιγμής αναπαραγωγής

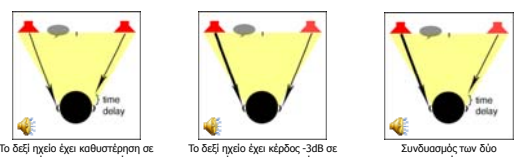


Βασικές αρχές στερεοφωνικής αναπαραγωγής (συν.)

- Παράδειγμα #1: Ο ίδιος ήχος αναπαράγεται από τα ίδια ηχεία με ίδια ένταση και την ίδια χρονική στιγμή
 - Τοποθέτηση του ηχητικού ειδώλου στο κέντρο
- Παράδειγμα #2: Εάν ο ήχος στο δεξί κανάλι είναι πιό έντονος
 - Το είδωλο μετακινείται προς τα δεξιά


Βασικές αρχές στερεοφωνικής αναπαραγωγής (συν.)



Το δεξί ηχείο έχει καθυστέρηση σε σχέση με το αριστερό

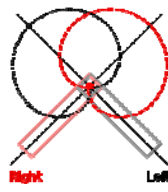

Το δεξί ηχείο έχει κέρδος -3dB σε σχέση με το αριστερό

Συνδυασμός των δύο περιπτώσεων



Ηχογράφηση X - Y



- Δύο κατευθυντικά (π.χ. καρδιοειδή μικρόφωνα) με όμοια κατευθυντικότητα
- Τοποθέτηση διαφραγμάτων
 - Το ένα πάνω στο άλλο
 - Αφίξη ήχου την ίδια χρονική στιγμή και στα δύο μικρόφωνα
 - Η στάθμη του ήχου διαφορετική (Intensity Stereophony) λόγω διαφορετικής κατευθυντικότητας
 - Γωνία από 90 έως 135 μοίρες
 - Καθορίζει με τρόπο αναλογικό το «εύρος» της στερεοφωνίας

Electro Acoustics

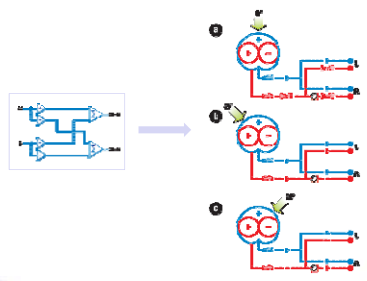

Ηχογράφηση M - S

- Χρήση δύο μικροφώνων
 - Ένα παντοκατευθυντικό ή καρδιοειδές (Mid) τοποθετημένο να κοιτά στη σκηνή
 - Ένα δικατευθυντικό (Figure-of-8 Side) με τον άξονά τους στραμμένο κατά 90 μοίρες προς τα αριστερά
 - Λαμβάνει οτιδήποτε υπάρχει στα «άκρα» (αριστερά και δεξιά)
- Κανάλι Left = M + S
- Κανάλι Right = M - S
- Πλήρως συμβατό μονοφωνικό σήμα (M) στην έξοδο

Electro Acoustics

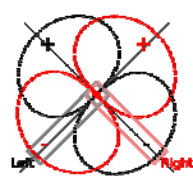

Ηχογράφηση M - S

Electro Acoustics

Τεχνική Blumlein

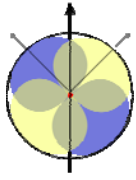


- Τεχνική παρόμοια με την X-Y
- Δύο όμοια δικατευθυντικά μικρόφωνα
 - Figure-of-8
 - Γωνία 90 μοιρών
- Οι μπροστά λοβοί είναι υπεύθυνοι για την δημιουργία του στερεοφωνικού ειδώλου
- Οι δύο πίσω λοβοί για την καταγραφή ambient ήχων

Electro Acoustics




Τεχνική Blumlein (συν.)

- Ήχοι στο κέντρο καταγράφονται εξίσου από τα δύο μικρόφωνα
- Μετακίνηση της πηγής προς τα αριστερά καταγράφεται περισσότερο από το δεξιό μικρόφωνο
- Υψηλή «συμβατότητα» με μονοφωνικό σήμα








Coincident microphone

- Δύο μικρόφωνα (διαφράγματα) σε ένα
- Τοποθέτηση σε κατάλληλες γωνίες
- Διαφορετικά ηλεκτρικά κανάλια εξόδου
- Αποφυγή πολύπλοκης τοποθέτησης δύο μικροφώνων
- Υποστήριξη διαφόρων τύπων κατευθυντικότητας
 - Υλοποίηση X-Y ή Blumlein τεχνικής

Coincident microphone (συν.)

Ολοκληρωμένα συστήματα stereo ηχογράφησης

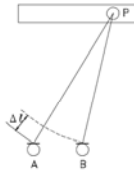


- 90° / 120° Variable XY Stereo Microphones
- STEREO / ACH / MTR Mode Indicator
- 1.9 inch LCD Screen
- Short Cut / Track Select Keys
- Input Select Keys
- Transport Keys
- XLR / Hi-Z Input Jacks
- External Mic Input (Plug-in Power)
- Reference Speaker
- Jog Dial
- Menu Key
- REC Level (+/- Key)
- SD Card Slot
- Tripod Mount
- Battery Cover
- REC Key
- DC5V Jack
- Remote Control Jack
- Phones / Line Output Jack
- Volume (+/- Key)
- STAMINA Mode Switch
- USB Port
- Power / Hold Switch




Ηχογράφηση A - B

- Στερεοφωνία με σχετικούς χρόνους άφιξης
 - Delay time stereophony
- Δύο παντοκετευθυντικά (ομπι) μικρόφωνα
- Τοποθέτηση με ίδια φορά σε απόσταση d
- Η διαφορά απόστασης από την πηγή Δl δημιουργεί χρόνους άφιξης
 - ... Και μικρές μεταβολές στην καταγραφόμενη ηχητική ένταση



Electro Acoustics

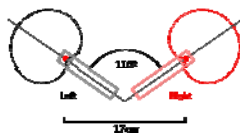
Ηχογράφηση A - B (συν.)



Electro Acoustics

Τεχνική ORTF

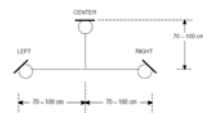
- Αναπτύχθηκε από τον French Radio Organization
- Δύο όμοια καρδιοειδή μικρόφωνα τοποθετημένα σε απόσταση 17cm και σχετική γωνία 110 μοίρες
- Καταγραφή διαφορετικών χρόνων άφιξης και σταθμών



Electro Acoustics

Τεχνική Decca Tree

- Χρησιμοποιείται για ορχηστρικές ηχογραφήσεις
- Τρία ομπι μικρόφωνα τοποθετημένα σε σχήμα «T»
- Εξέλιξη της A-B τεχνικής με προσθήκη ενός πρόσθετου μικροφώνου
- Το μεσαίο μικρόφωνο έχει κέρδος -5 έως -10dB
- Χρήση και για πολυκαναλικές ηχογραφήσεις



Electro Acoustics

Σύγκριση τεχνικών

Visualization of the ORTF Stereo Microphone System with two XY Cardioid Microphones, angled 110° (+/- 5%) and 17 cm apart.

Microphone pattern pattern:
 Omnidirectional
 Subcardioid
 Cardioid
 Hypercardioid
 Bidirectional

Microphone distance (meter): 30
 Angle between mics (deg): 110 (+/- 5%)
 Recording angle (deg): ± 180 (0/360)
 Level difference (dB): 0 (0/100)
 Time difference (ms): 0

Visual demonstration
<http://www.sengpielaudio.com/Visualization-ORTF.htm>

Electro Acoustics

Μονοφωνία – Στερεοφωνία: Σύγκριση

Μονοφωνικό Στερεοφωνικό

Μονοφωνικό Στερεοφωνικό

Μονοφωνικό Στερεοφωνικό

Electro Acoustics

Τεχνικές πολυκαναλικής ηχογράφησης

Electro Acoustics

Συστήματα πολυκαναλικής αναπαραγωγής

- Σύστημα 5.1 καναλιών

Electro Acoustics

Συστήματα πολυκαναλικής αναπαραγωγής (συν.)

- Σύστημα 7.1 καναλιών

Electro Acoustics

Πολυκαναλικές ηχογραφήσεις

- Surround Miking τεχνικές
- Καταγράφουν το πραγματικό ηχητικό πεδίο
- Κωδικοποίηση σε 5.1 ή 7.1 πολυκαναλικά συστήματα

Electro Acoustics

Πολυκαναλικές ηχογραφήσεις (συν.)

- Soundfield microphone

Electro Acoustics

Ειδικές κατηγορίες μικροφώνων

Electro Acoustics

Συστοιχίες μικροφώνων

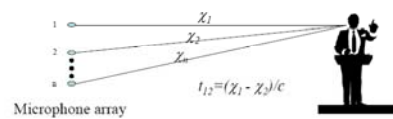
- Microphone arrays
- Απλή καταγραφή του ήχου
- Καταγραφή του ήχου από συγκεκριμένη θέση
- Καταστολή του ήχου από συγκεκριμένες θέσεις
- Διαμόρφωση χωρικής καταγραφής του ήχου
 - Π.χ. Στην τεχνική Wave Field Synthesis
- Ειδικές εφαρμογές
 - Εξαγωγή σήματος ομιλίας από σήμα θορύβου



Electro
Acoustics

Συστοιχίες μικροφώνων (συν.)

- Πρόσθετες βαθμίδες ψηφιακής επεξεργασίας είναι υπεύθυνες για την υλοποίηση της εκάστοτε εφαρμογής



Electro
Acoustics

Ασύρματα μικρόφωνα

- Βασικό πλεονέκτημα
 - Η έλλειψη καλωδίου επιτρέπει την εύκολη χρήση τους σε οποιοδήποτε περιβάλλον / συνθήκες
- Βασικό μειονέκτημα
 - Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές
 - Απώλεια σήματος λόγω χαμηλής ισχύος μετάδοσης



Electro
Acoustics

Ασύρματα μικρόφωνα (συν.)

- Radio mic, transmitter mic, FM mic
- Αρχικά (1960) χρησιμοποιούσαν απλή FM διαμόρφωση χαμηλής ισχύος
 - Ως δέκτες χρησιμοποιούνταν απλοί ραδιοφωνικοί δέκτες
- Σήμερα χρησιμοποιείται ένα μεγάλο εύρος ραδιοσυχνοτήτων
- VHF
 - Low Band: 49 – 108MHz
 - High Band: 169 – 216MHz
- VHF
 - 600 – 960 MHz

Electro
Acoustics

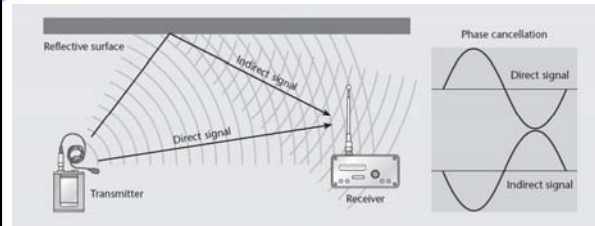
Ασύρματα μικρόφωνα (συν.)

- Συστήματα VHF
 - Μικρότερος κόστος
 - Μεγαλύτερη ποικιλία χαρακτηριστικών και συστημάτων
 - Καλύτερη λειτουργία όταν δεν υπάρχει κατευθείαν επαφή πομπου – δέκτη
 - Περιορισμένο πλήθος μικροφώνων στον ίδιο χώρο (μέχρι 5)
- Συστήματα UHF
 - Ευρεία αποδοχή σε όλο τον κόσμο
 - Μεγαλύτερο εύρος ζώνης
 - Περισσότερα μικρόφωνα στον ίδιο χώρο



Electro Acoustics

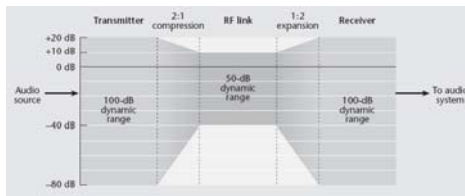
Ασύρματα μικρόφωνα (συν.)



Electro Acoustics

Ασύρματα μικρόφωνα (συν.)

- Συμπύεση της δυναμικής περιοχής κατά την μετάδοση
 - Για λόγους μείωσης του θορύβου κατά την μετάδοση

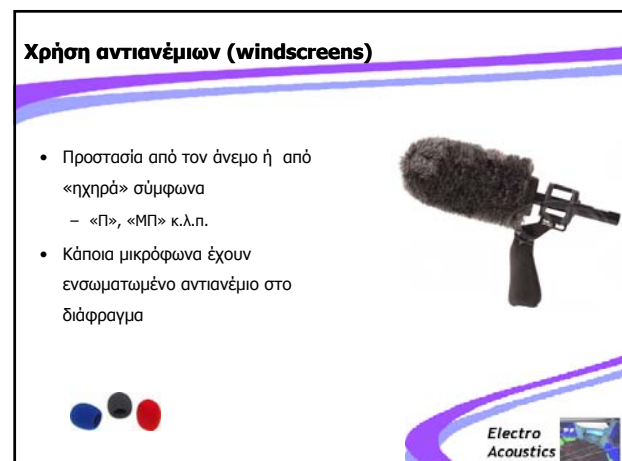
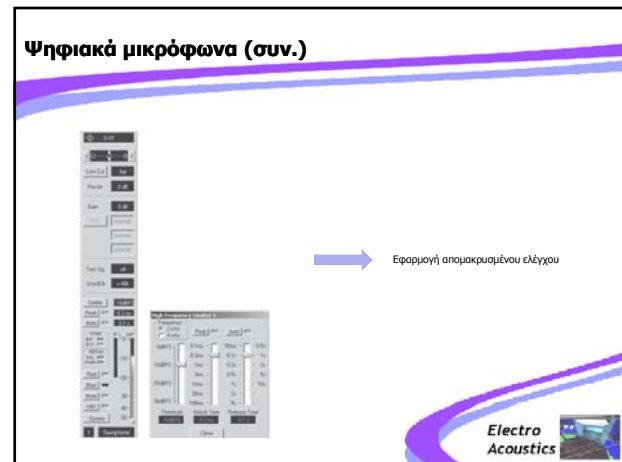


Electro Acoustics

Ψηφιακά μικρόφωνα

- Κατευθείαν μετατροπή του ακουστικού σήματος σε ψηφιακό μέσα στο μικρόφωνο
 - 1-bit Σ/Δ
- Οποιαδήποτε επεξεργασία στο ψηφιακό πεδίο
- Δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου μέσω κατάλληλου πρωτοκόλλου
 - AES42
 - Έλεγχος χαρακτηριστικών (π.χ. Κατευθυντικότητα, έλεγχος κέρδους κ.λ.π.)

Electro Acoustics







Χρήση Pop φίλτρων

- Χρήση σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα studio
- Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα επίπεδα υλικού ακουστικά «διάφανου»
- Αναγκαία όταν ο ερμηνευτής πλησιάζει πολύ τα χείλη του στο μικρόφωνο




Electro Acoustics

Εναλλακτικοί τύποι διασύνδεσης

minijack/miniplug	
RCA/Phono	
1/4inch (headphone)	
XLR (Canon)	

Electro Acoustics

ΤΕΛΟΣ (για σήμερα...)



Electro Acoustics



www.ionio.gr/~floros/