

ΗΛΕΚΤΡΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

6. ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ

Γιάννης Μουρτζόπουλος

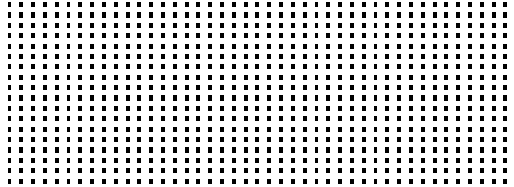
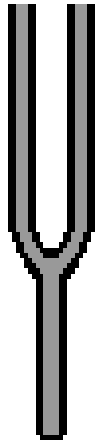


ΟΜΑΔΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΗΧΟΥ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΣΥΡΜΑΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

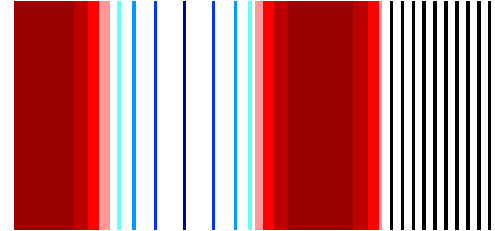
www.wcl.ece.upatras.gr/audiogroup/

εισαγωγικά - χρήσεις

ηχητική πηγή



ηχητικό κύμα



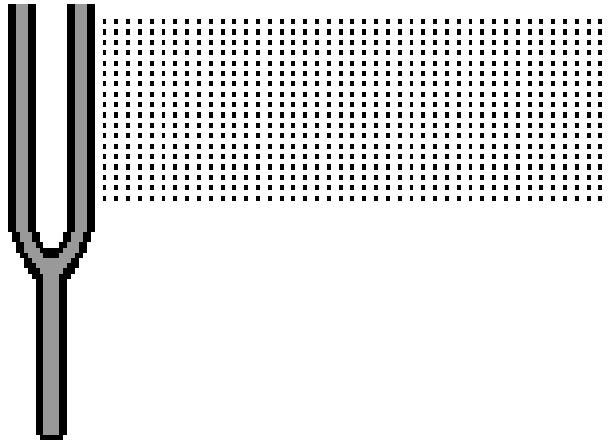
ακροατής



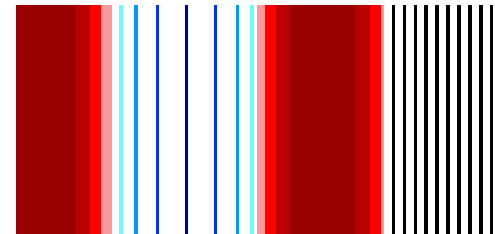
- ταλάντωση (από την πηγή) μεταφέρεται σε ένα μέσο (αέρας)
- παράγεται κύμα που διαδίδεται προς τον δέκτη (ακροατή)
- αναπαράγει ένα ερέθισμα (ακοή)

ήχος και ηχητική πίεση

ηχητική πηγή



ηχητικό κύμα



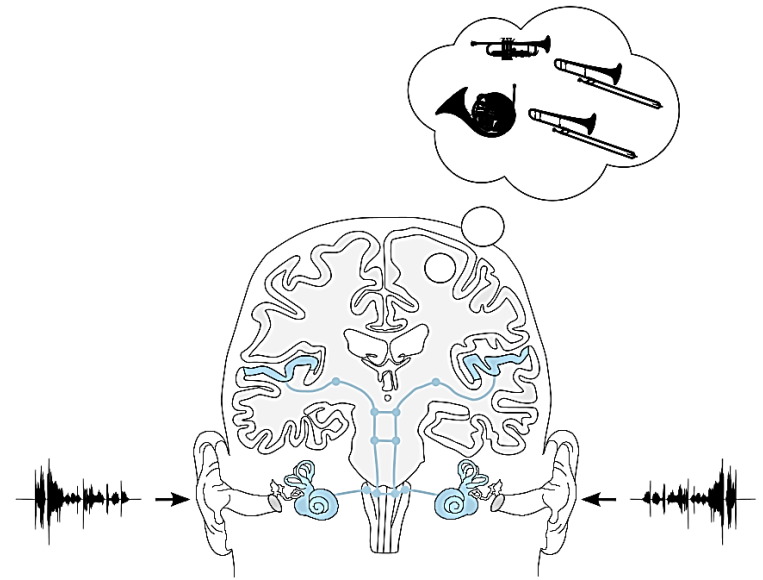
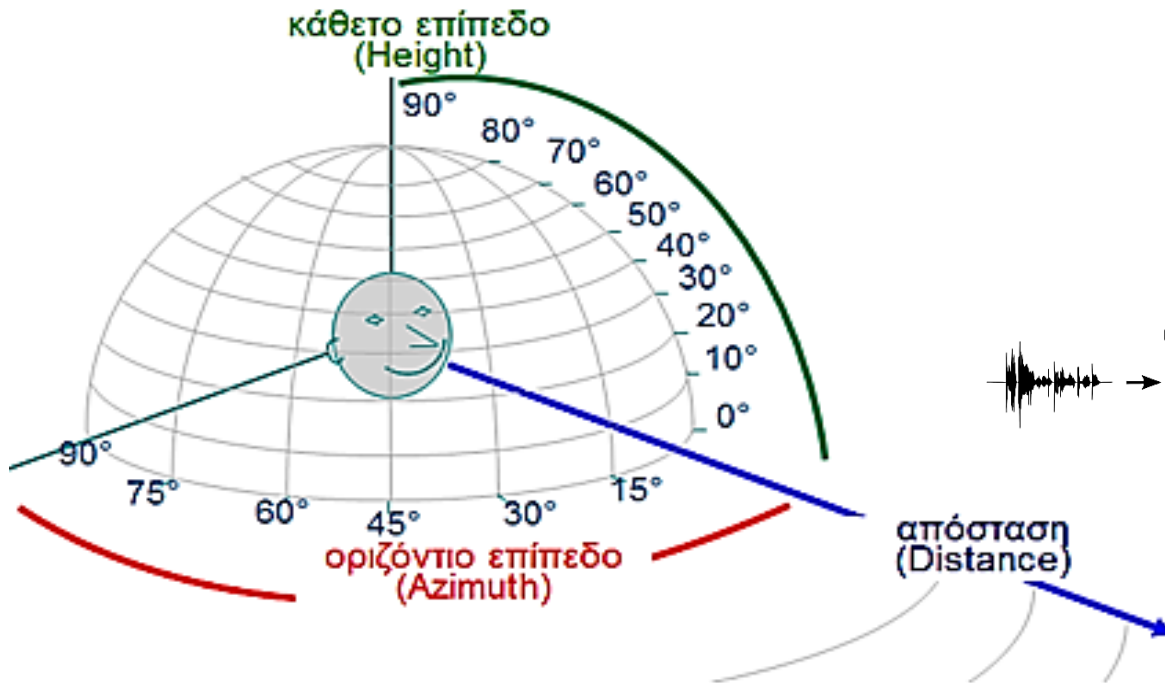
μικρόφωνο



- η ατμοσφαιρική πίεση είναι περίπου 100 Kpa
- η εναλλαγή της πίεσης είναι ήχος
- το μικρόφωνο θα μετατρέψει την ηχητική πίεση σε ηλεκτρικό ρεύμα

ας αντι-
καταστήσουμε
τον ακροατή από
το μικρόφωνο

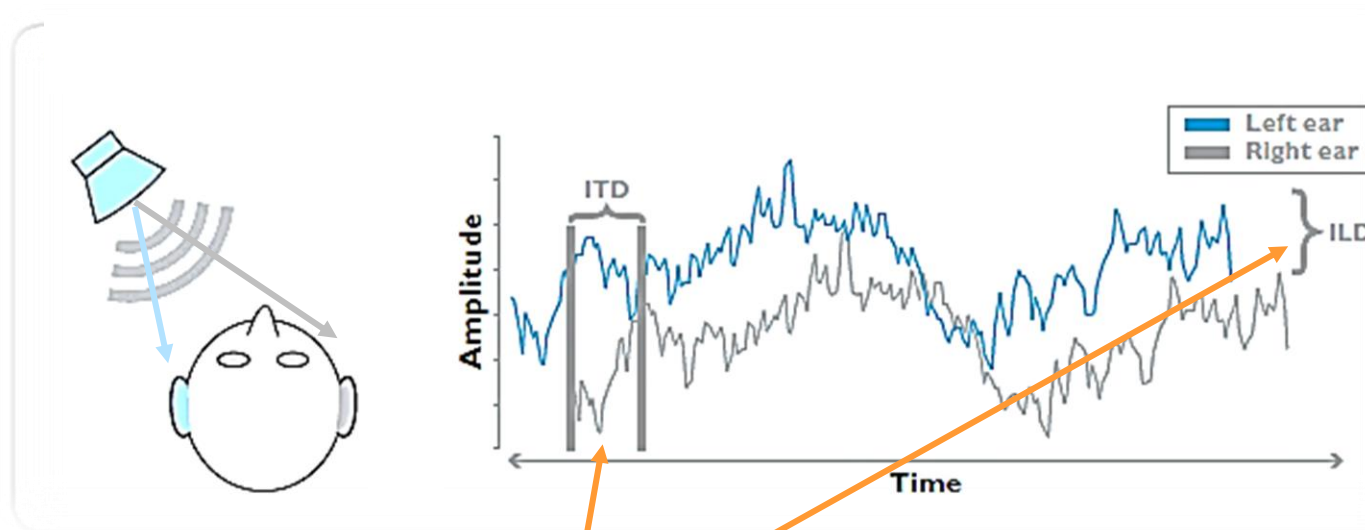
η αντίληψη των ηχητικών πηγών στον χώρο



πηγή: *Two!Ears*

η αντίληψη των ηχητικών πηγών στον χώρο

παράμετροι χωρικής αντίληψης ήχου



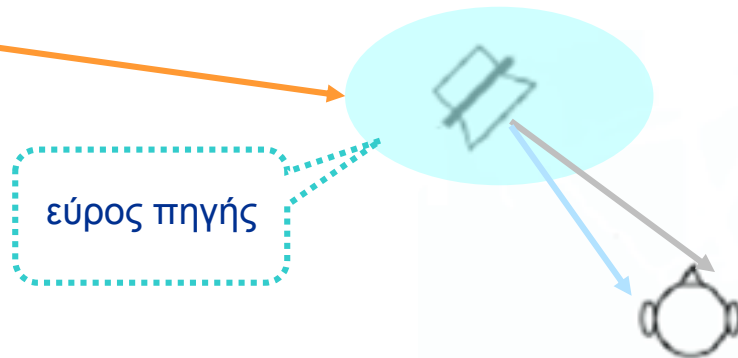
Inter-aural parameters

- Time Difference, ITD (ms)
- Level Difference, ILD (dB)
- Interaural_Coherence, IC

$$ITD = |d_2 - d_1|$$

$$ILD = 10 \cdot \log_{10}(a_2/a_1)$$

$$IC = \max_d \left\{ \frac{\left| \sum_{n=-\infty}^{\infty} e_1(n) \cdot e_2(n+d) \right|}{\sqrt{e_1^2(n) \cdot e_2^2(n+d)}} \right\} \longrightarrow 0 \leq IC \leq 1$$



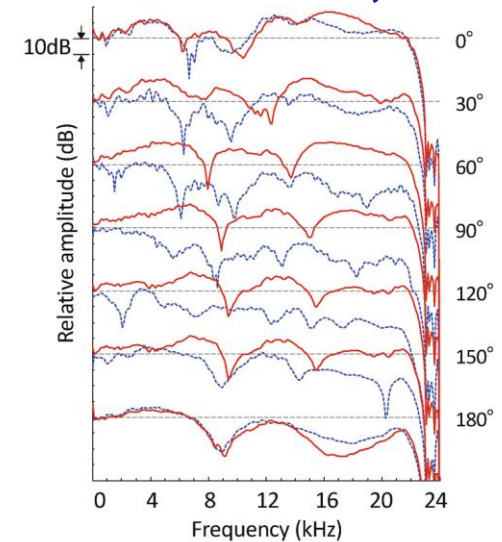
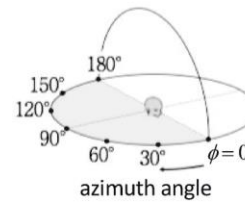
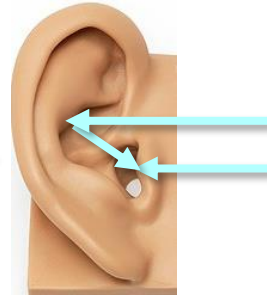
η αντίληψη των ηχητικών πηγών στον χώρο

συνάρτηση φίλτρου αμφιωτικής ακοής (Head Related Transfer Function, HRTF)

πτερύγιο:

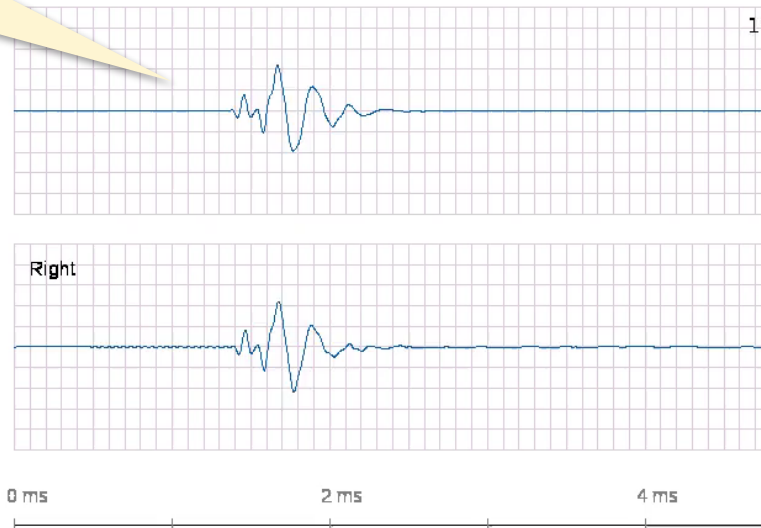
διαφορετικό φίλτρο
στον ήχο

ανάλογα με τη γωνία

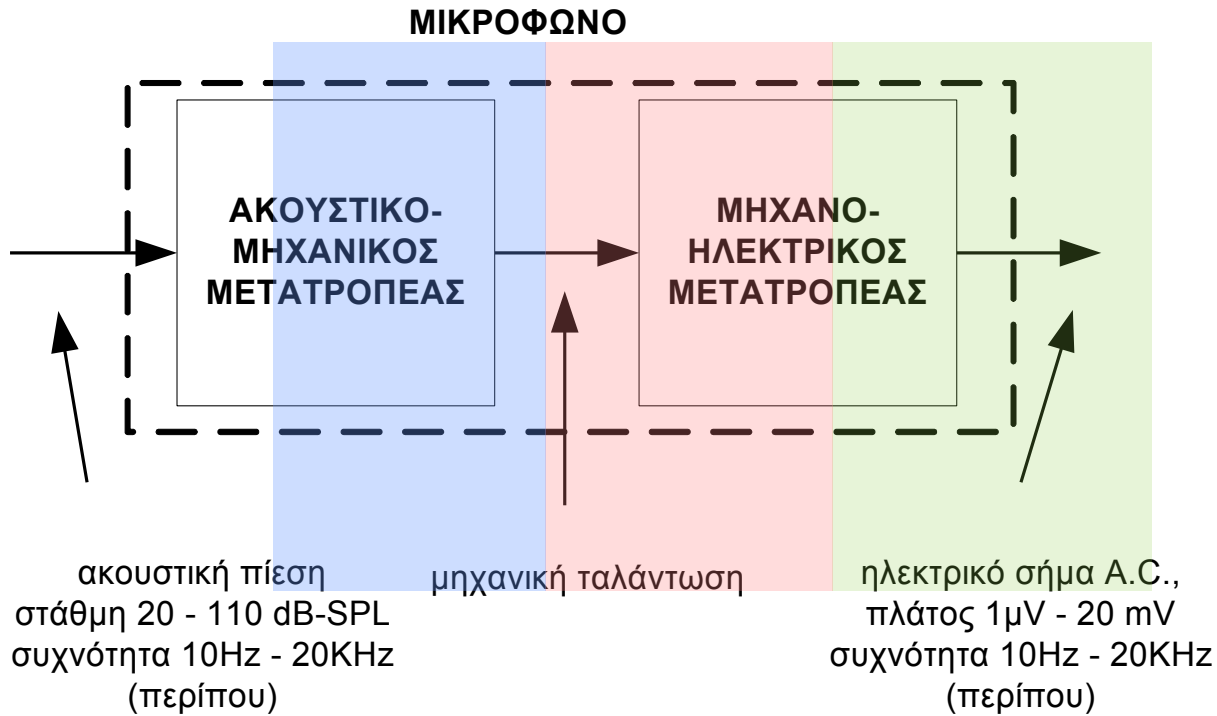


αμφιωτική ακοή:

ήχος φθάνει στο
κάθε αυτί με
διαφορετική ένταση
/ καθυστέρηση
ανάλογα με τη γωνία

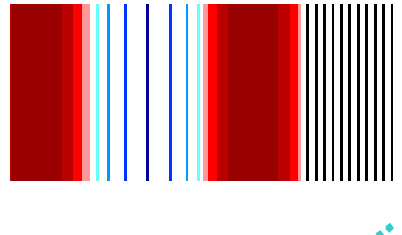


ηχητική πίεση και μικρόφωνο



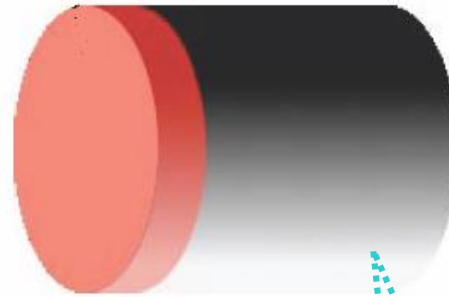
ηχητική πίεση και μικρόφωνο

ηχητικό κύμα



μεμβράνη που
ταλαντώνεται
από το κύμα

μικρόφωνο

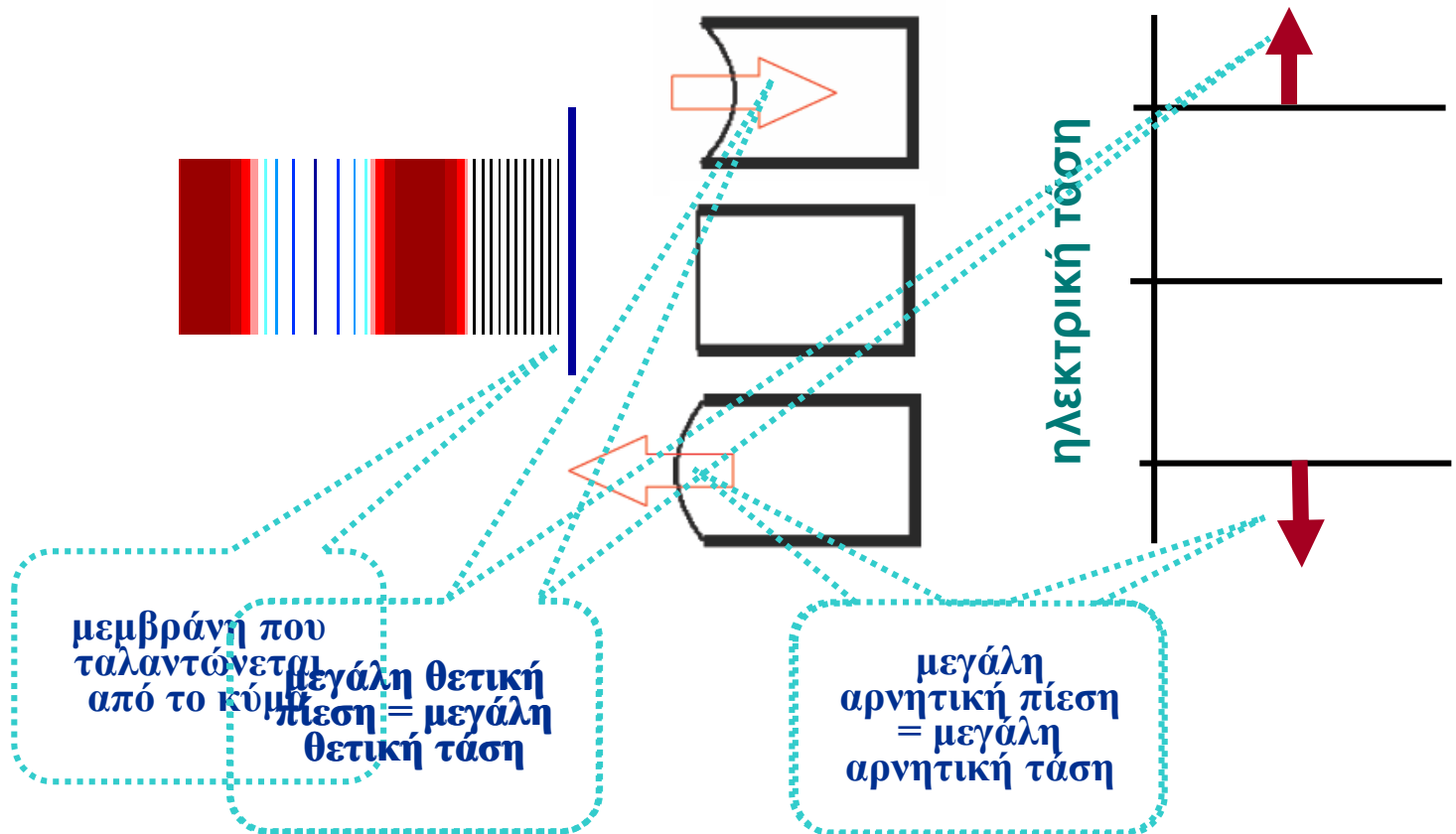


έστω είναι
αεροστεγές
κουτί με λεπτή
μεμβράνη

ηχητική πίεση και μικρόφωνο

ηχητικό κύμα

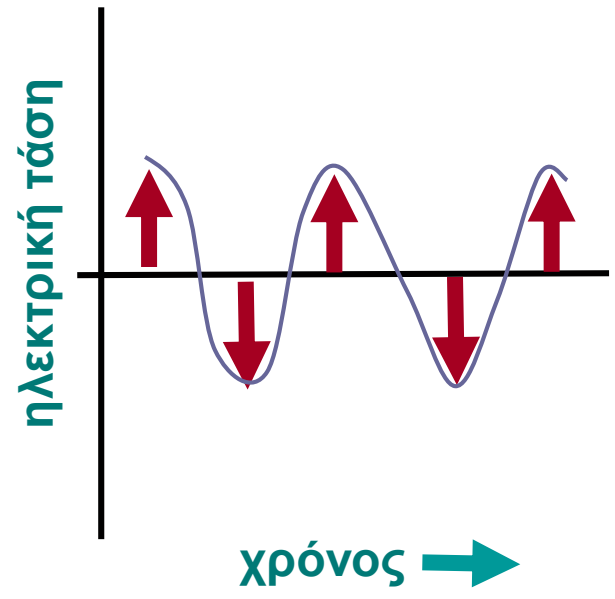
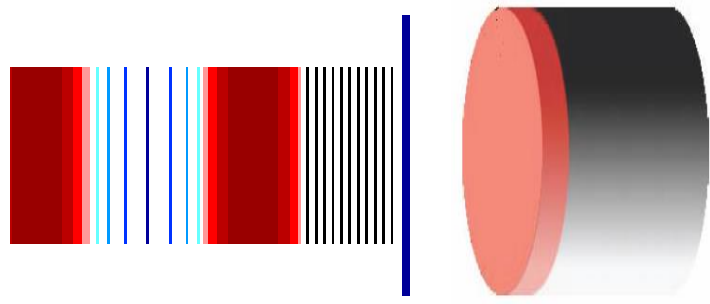
μικρόφωνο



ηχητική πίεση και μικρόφωνο

ηχητικό κύμα

μικρόφωνο



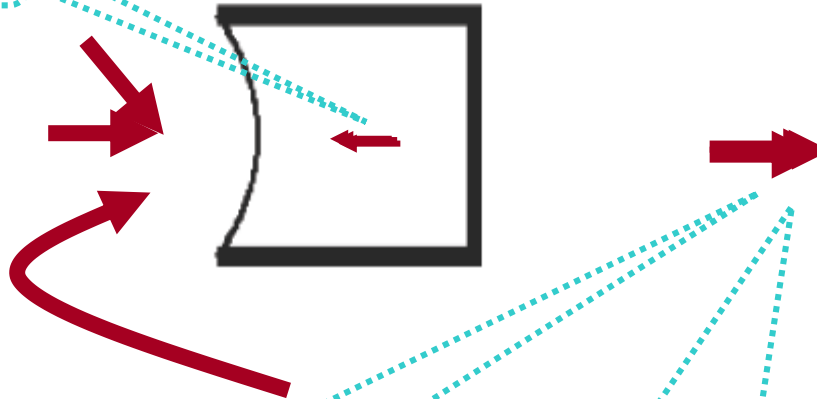
ηχητική πίεση και μικρόφωνο

ηχητικό κύμα

μικρόφωνο

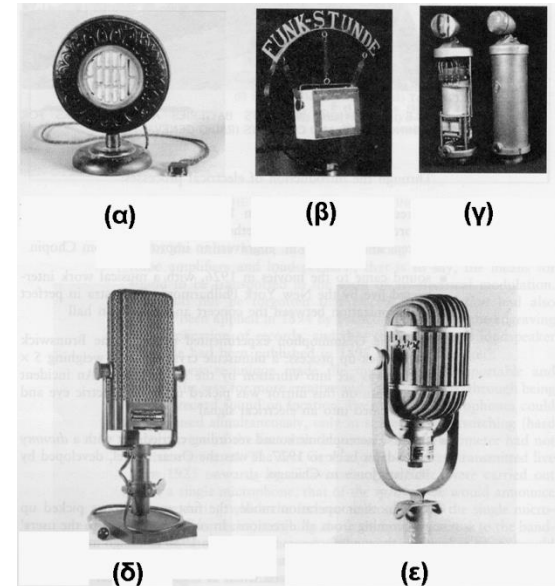
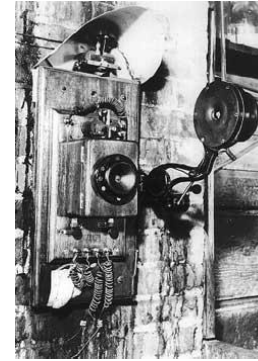
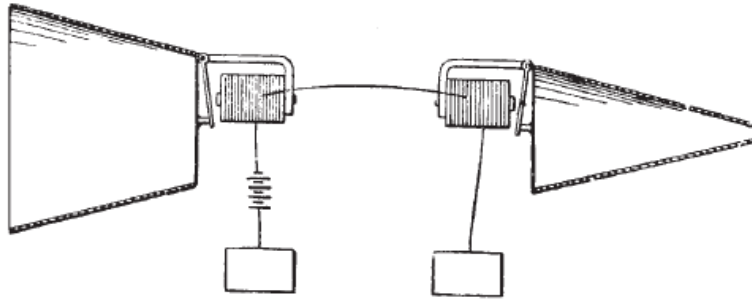
ηλεκτρική τάση

αντίσταση στην
πίεση



η έξοδος του μικροφώνου
είναι η ίδια, ανεξάρτητα από
τη γωνία που χτυπάει το κύμα

ο λόγος της ηλεκτρικής
εξόδου προς την ακουστική
πίεση, ορίζεται σαν η
ευαισθησία S του μικροφώνου



- ακριβής καταγραφή πηγών -πεδίου
ομιλία
μουσική
 - ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ
τηλεφωνία
διαδίκτυο
ανθρώπου-μηχανής
 - ακουστικές μετρήσεις
 - ανάλυση ακουστικών σημάτων - πηγών
 - υποβοήθηση ακοής
 - ακρόαση μηχανών
-

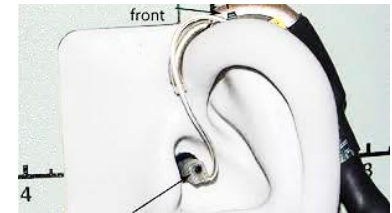
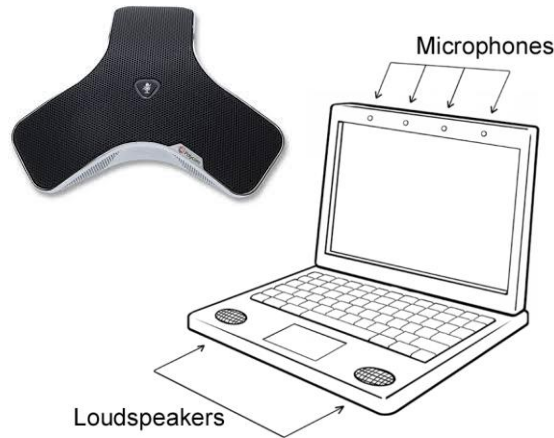
μικρόφωνα και συστοιχίες μικροφώνων για μουσική και ηχητικά δεδομένα



- Spherical microphone array
- 19 microphone capsules
- LED ring status indicator
- 48 kHz / 24 bit recording
- 6.1 inch in height
- USB connectivity



ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΟΙΧΙΕΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ ΓΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ



τεχνητή κεφαλή και μικρόφωνα για αμφιωτική (binaural) εγγραφή

dummy head

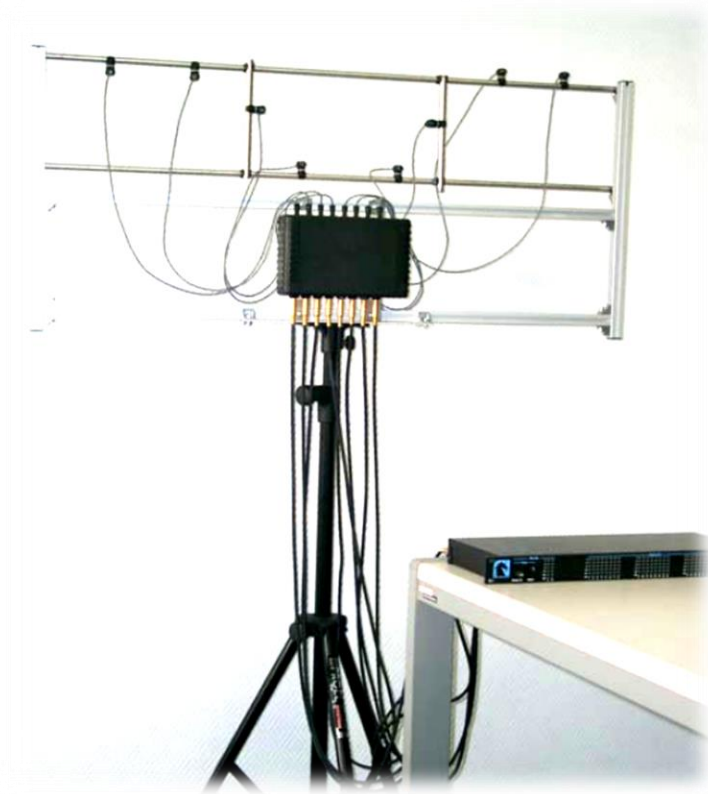


τεχνητή ακοή
(ειδικό μικρόφωνο)

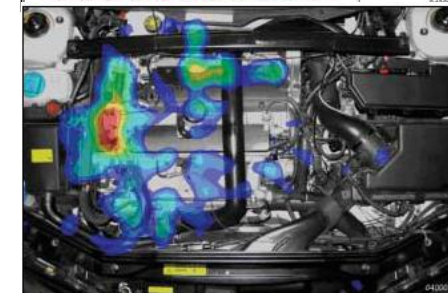
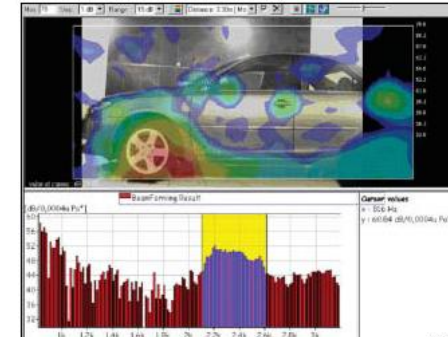
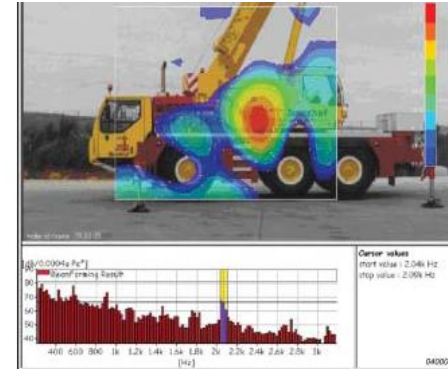
τεχνητή ομιλία
(ειδικό μεγάφωνο)

πως ακούγεται μια συσκευή; (κινητό, mp3-player)

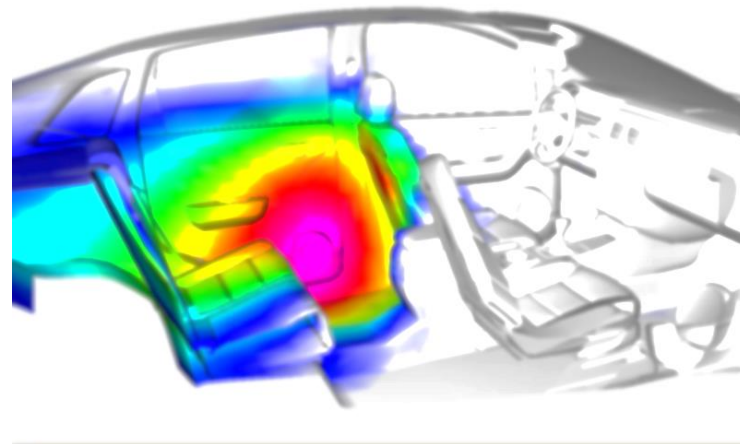
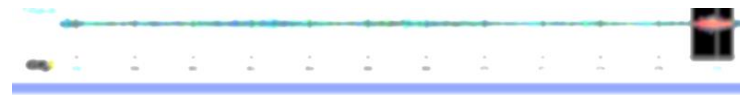
συστοιχίες μικροφώνων



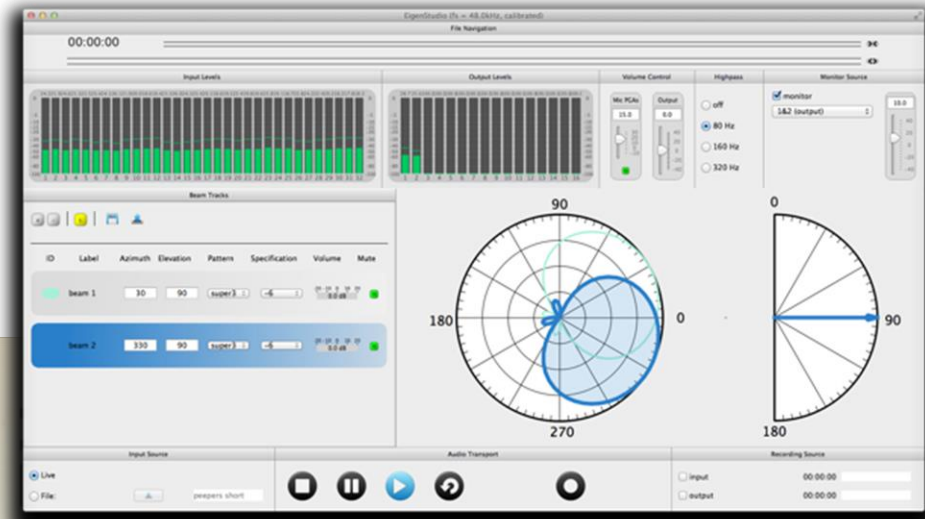
συστοιχίες μικροφώνων – βιομηχανική χρήση



συστοιχίες μικροφώνων – βιομηχανική χρήση



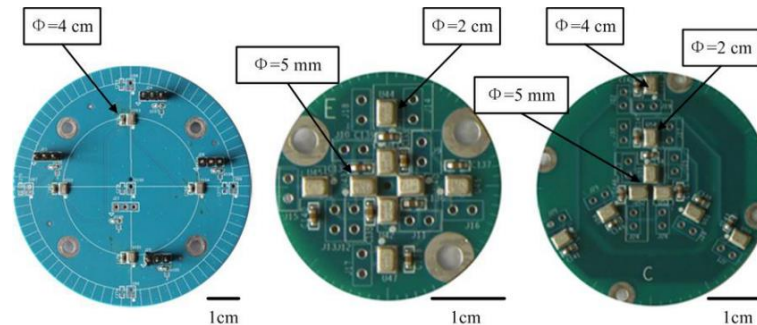
ΣΥΣΤΟΙΧΙΕΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ – ΗΧΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΗΓΩΝ



συστοιχίες μικροφώνων – επικοινωνία ανθρώπου μηχανής



Far-Field



Amazon Alexa / Echo

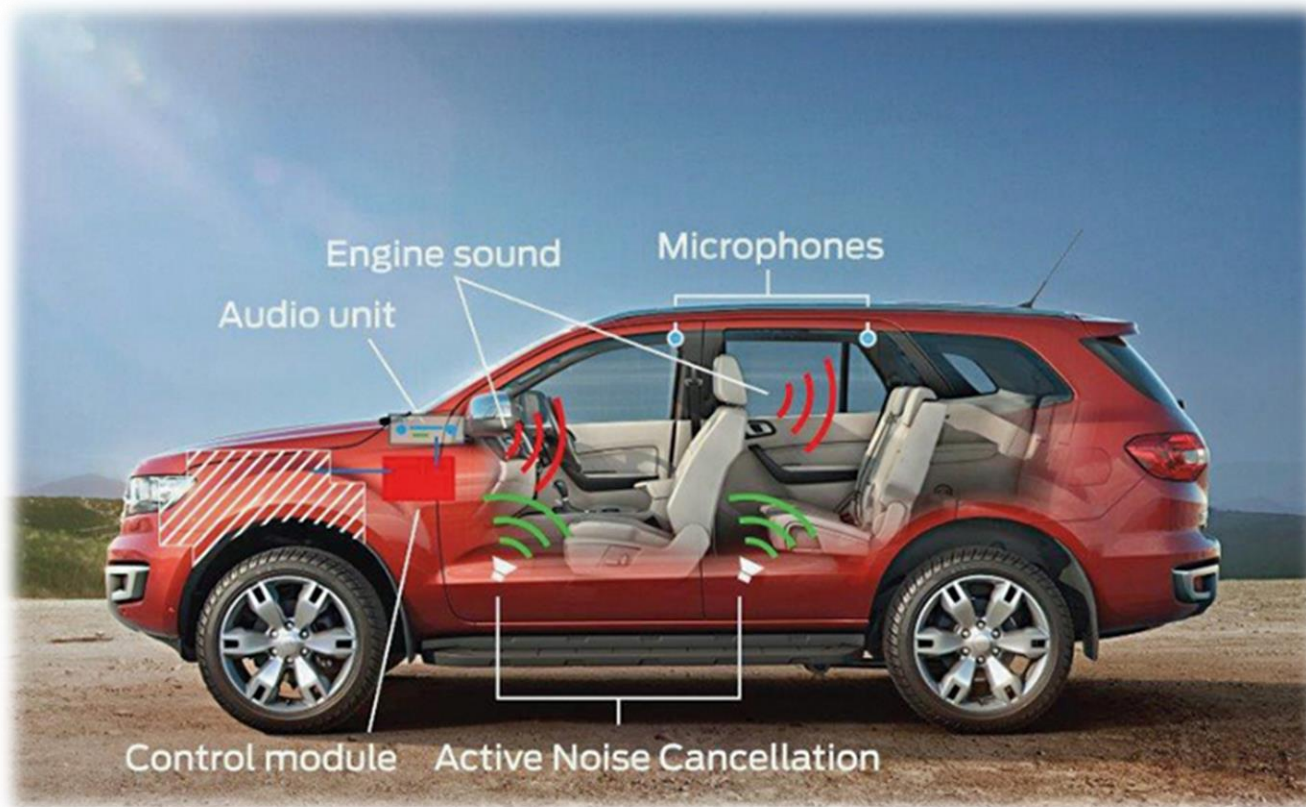
ΣΥΣΤΟΙΧΙΕΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΩΝ – ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ



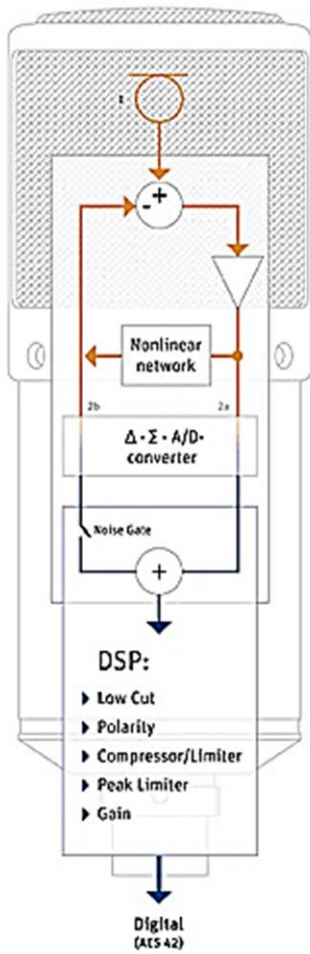
κινητά τηλέφωνα– iPhone

πηγή: Apple

συστοιχίες μικροφώνων – αυτοκίνητα



«ψηφιακά» μικρόφωνα



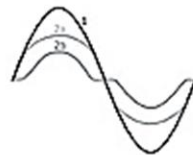
Analog capsule

Ideal matching of Neumann A/D-converter with microphone capsule

Neumann A/D converter:
Patented process

Dynamic range ≥ 140 dB

The capsule signal is transferred to the digital domain without any loss of quality.



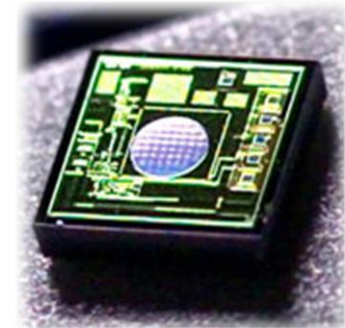
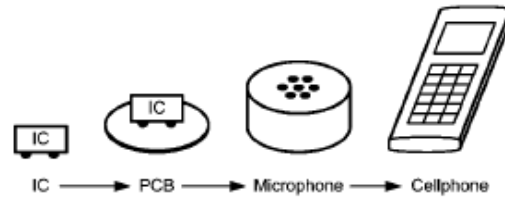
Entire range of functionality remote controlled

Synchronization with studio word clock

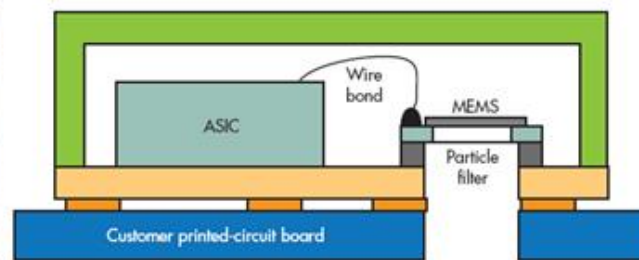
Clipping protection



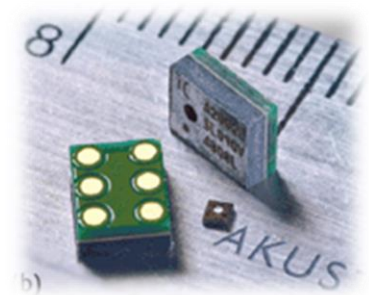
ψηφιακά & μικρόφωνα MEMS (micro-electro-mechanical)



(a)

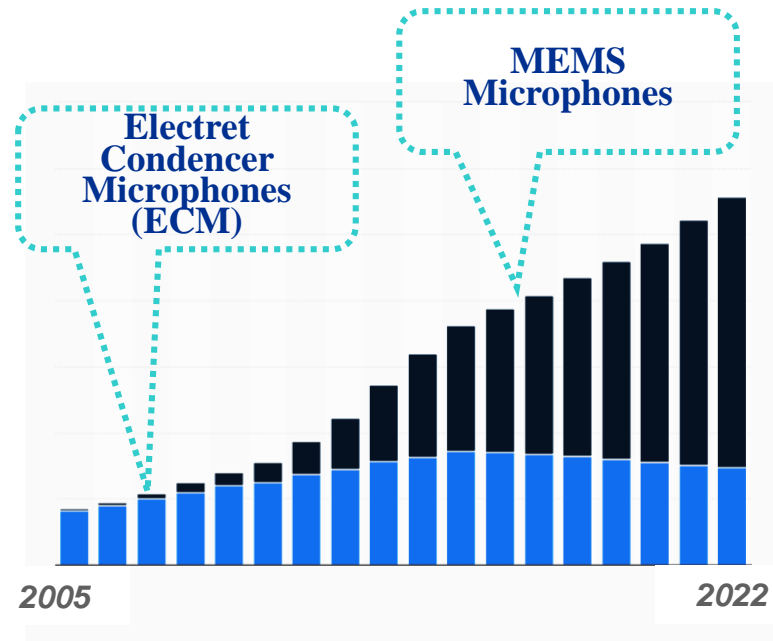
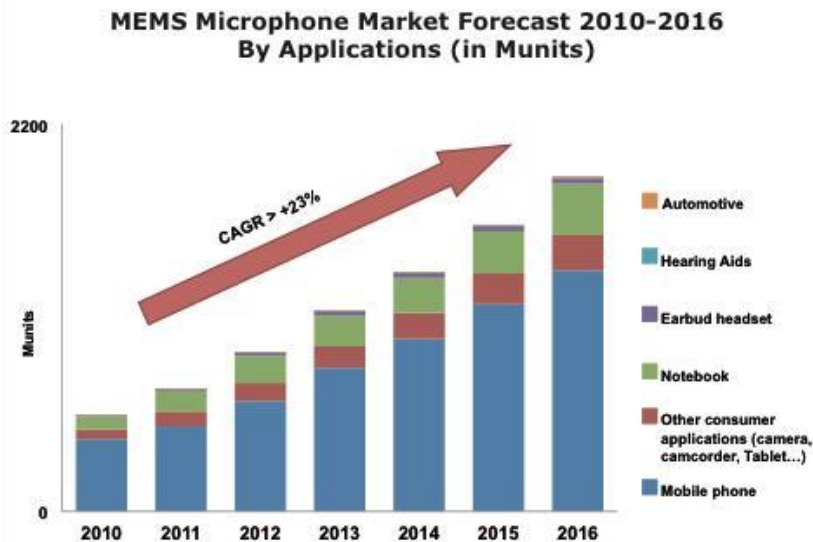
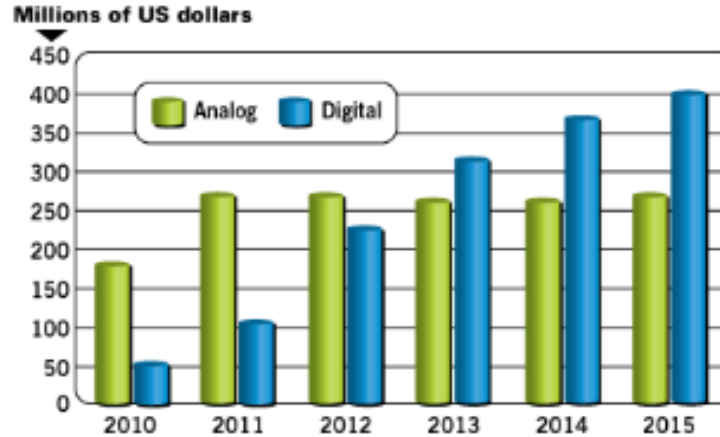


(b)



(b)

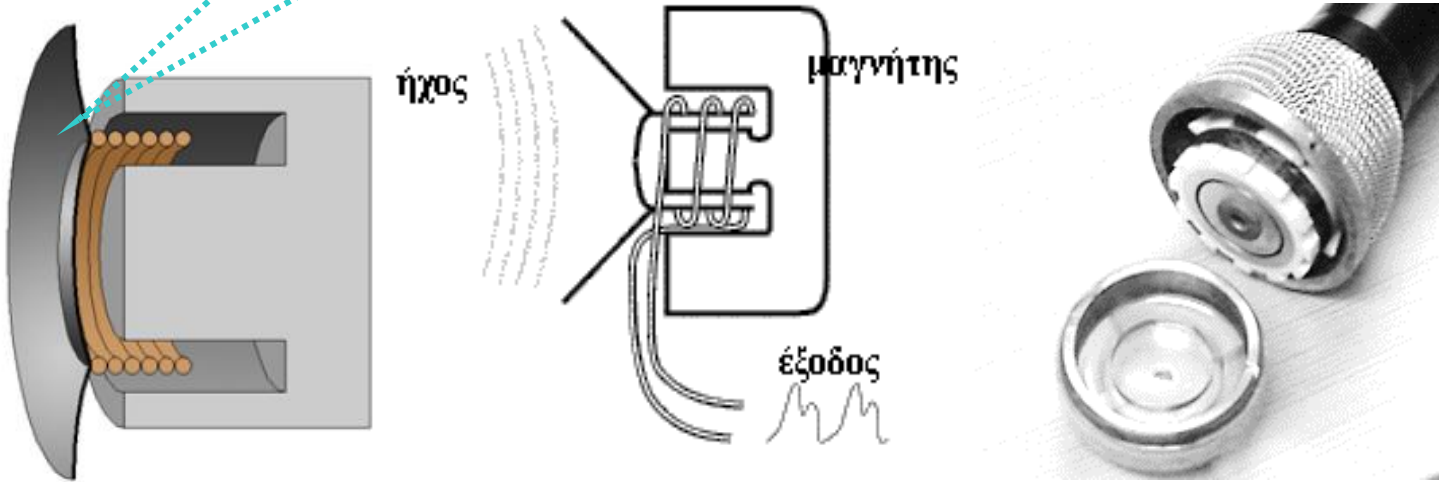
ψηφιακά & μικρόφωνα MEMS (micro-electro-mechanical)



Λειτουργία και τύποι

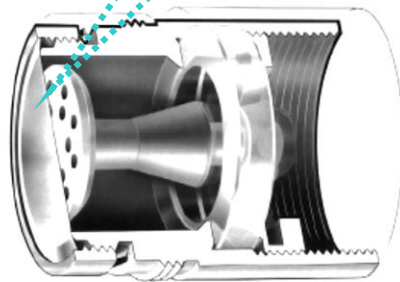
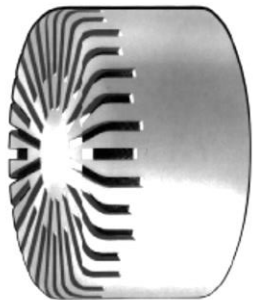
δυναμικά μικρόφωνα

ο ήχος κινεί το
διάφραγμα που κινεί το
πηνίο μέσα στο μαγνήτη

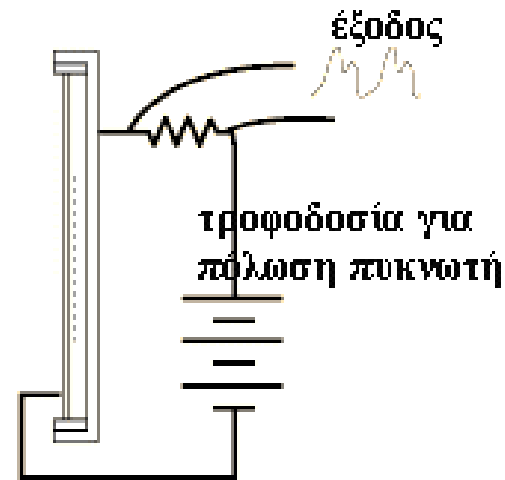


ΠΥΚΝΩΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ

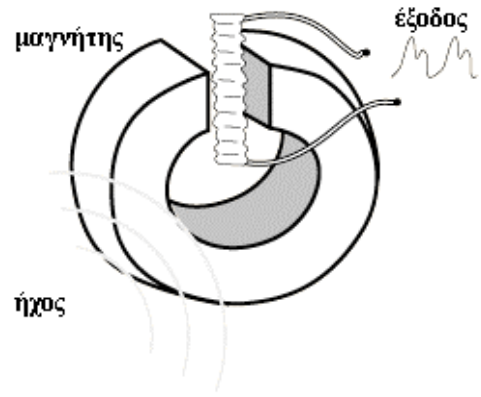
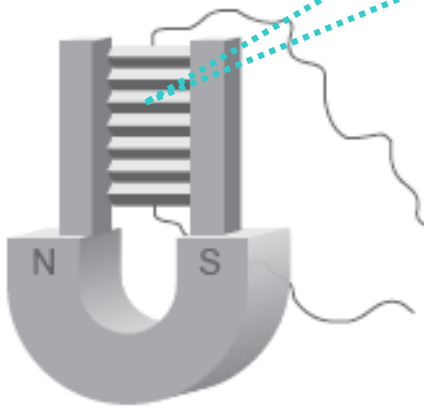
ο ήχος κινεί το
διάφραγμα που αποτελεί
μία πλάκα σε πυκνωτή



ήχος

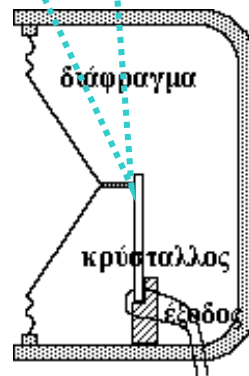


ο ήχος κινεί τη
μεταλλική ταινία μέσα σε
σταθερό μαγνητικό πεδίο



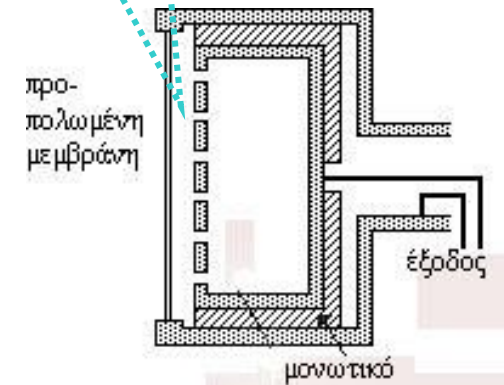
άλλοι τύποι μικροφώνων

ο ήχος κινεί το διάφραγμα που συμπιέζει τον κρύσταλλο



κρυσταλλικό

ο ήχος το διάφραγμα που αποτελεί μία πλάκα σε προπολωμένο πυκνωτή



electret

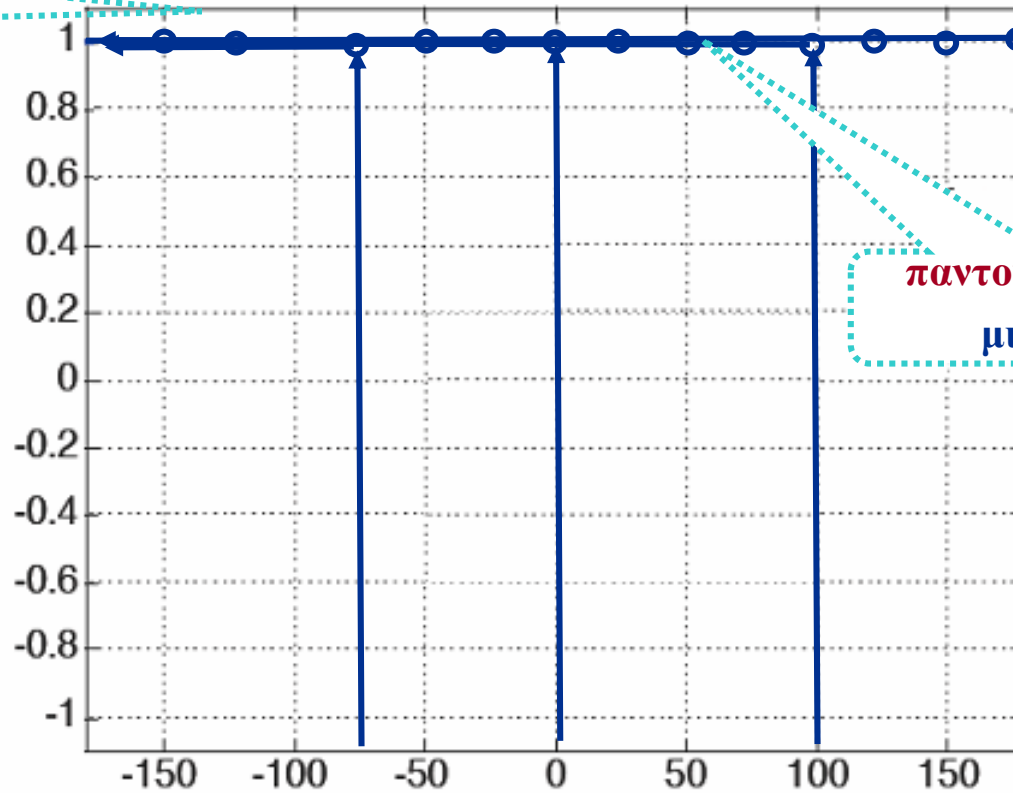
χαρακτηριστικά

ηχητική πίεση και μικρόφωνο

ευαισθησία, κατευθυντικότητα, απόκριση

ευαισθησία S του
μικροφώνου με
κλειστή κάψα =
μικρόφωνα πίεσης

σχετικό ηλεκτρικό κέρδος
μικροφώνου



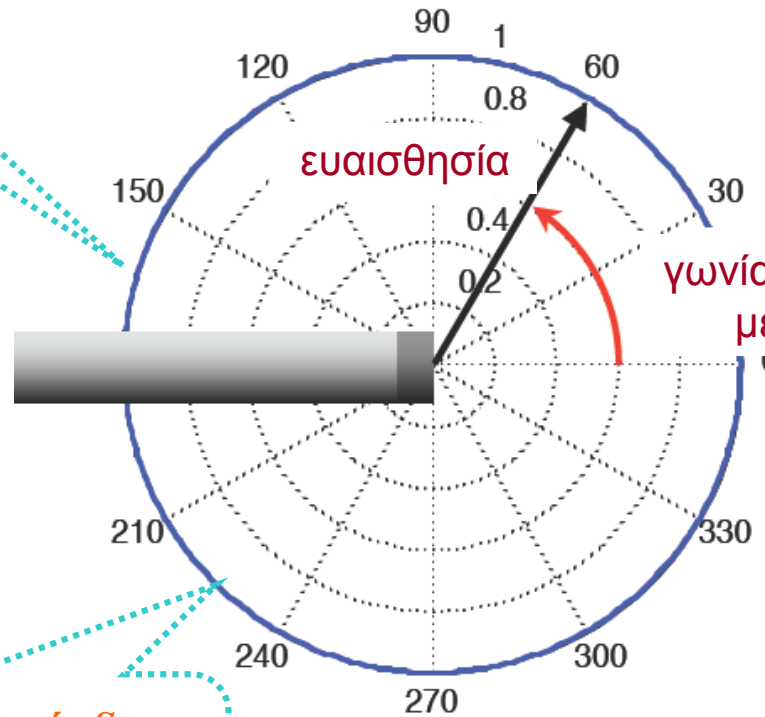
παντοκατευθυντικό
μικρόφωνο

γωνία ηχητικού κύματος σε σχέση με
μικρόφωνο (°)

ηχητική πίεση και μικρόφωνο

ευαισθησία, κατευθυντικότητα, απόκριση

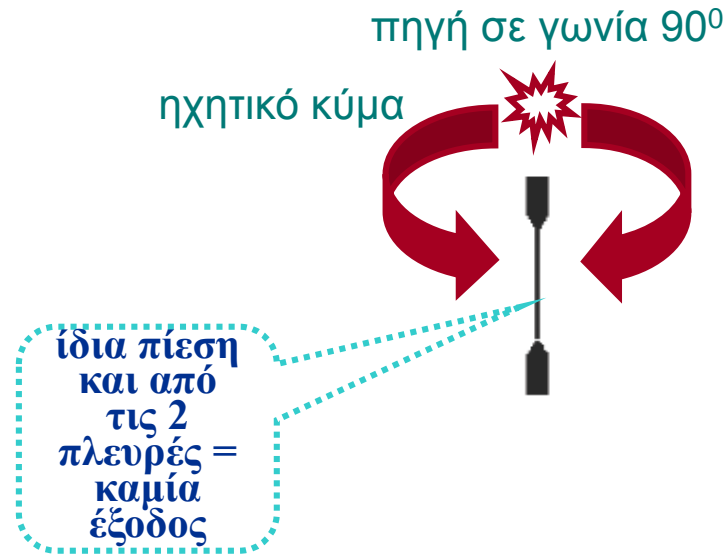
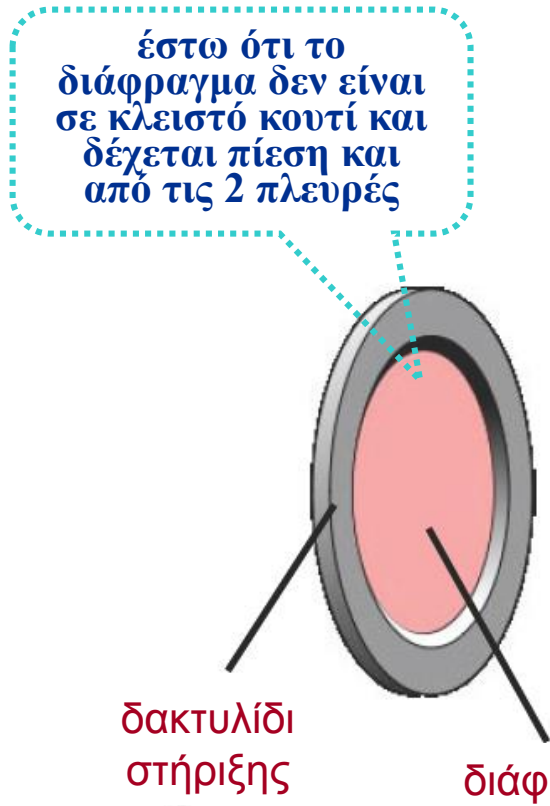
ευαισθησία S
του μικροφώνου
πίεσης υπό
μορφή πολικού
διαγράμματος



γωνία κύματος σε σχέση
με μικρόφωνο ($^{\circ}$)

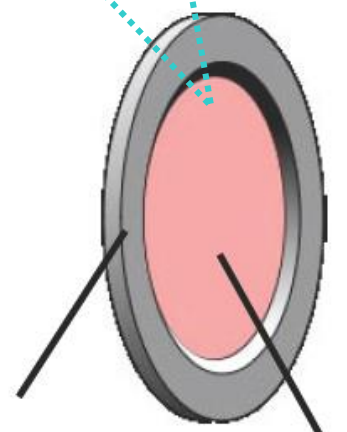
σταθερή *ευαισθησία S*
μικροφώνου πίεσης σε σχέση
με γωνία = παντοκατευθυντικό
μικρόφωνο

μικρόφωνα διαφοράς πίεσης



μικρόφωνα διαφοράς πίεσης

έστω ότι το διάφραγμα δεν είναι σε κλειστό κουτί και δέχεται πίεση και από τις 2 πλευρές



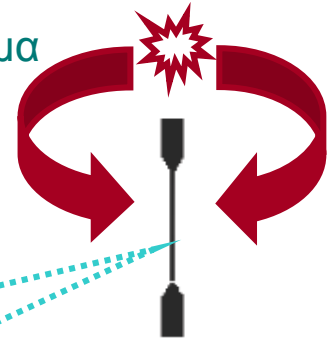
δακτυλίδι στήριξης

διάφραγμα

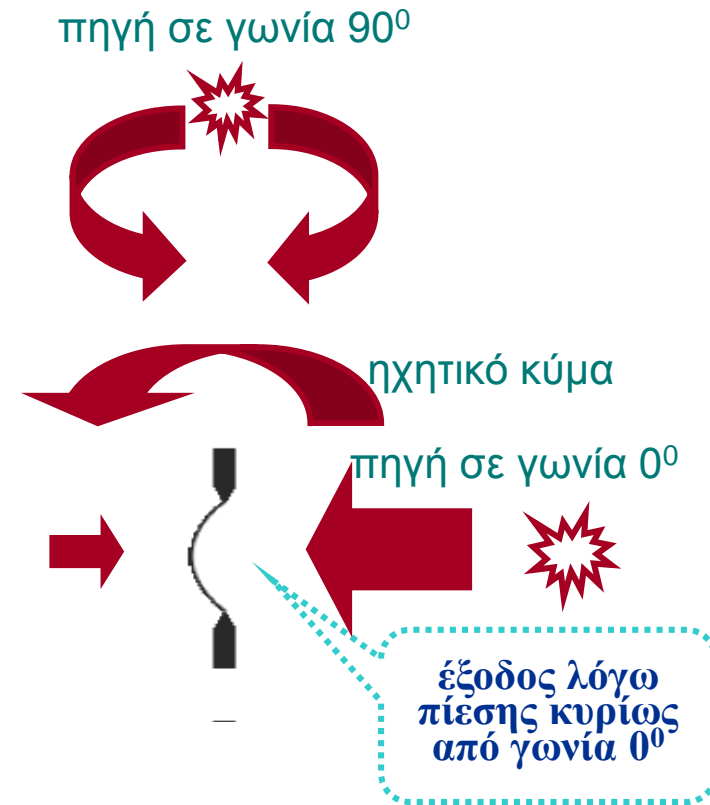
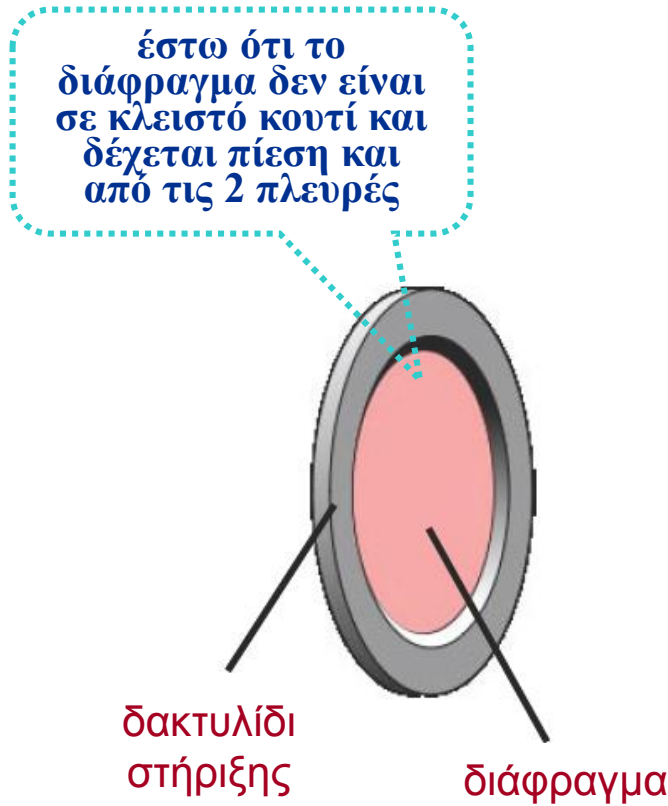
ίδια πίεση και από τις 2 πλευρές = καμία έξοδος

πηγή σε γωνία 90°

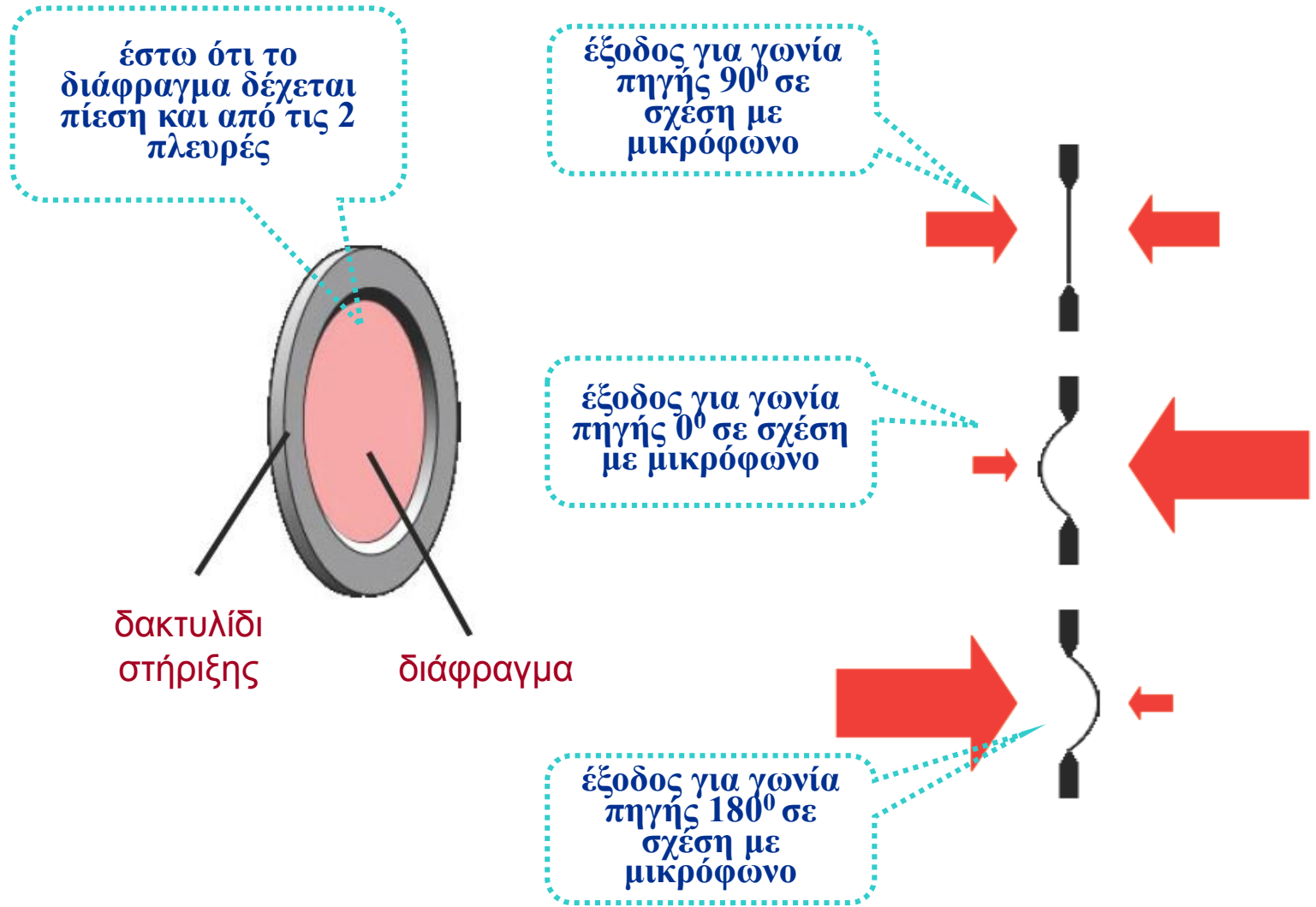
ηχητικό κύμα



μικρόφωνα διαφοράς πίεσης



μικρόφωνα διαφοράς πίεσης

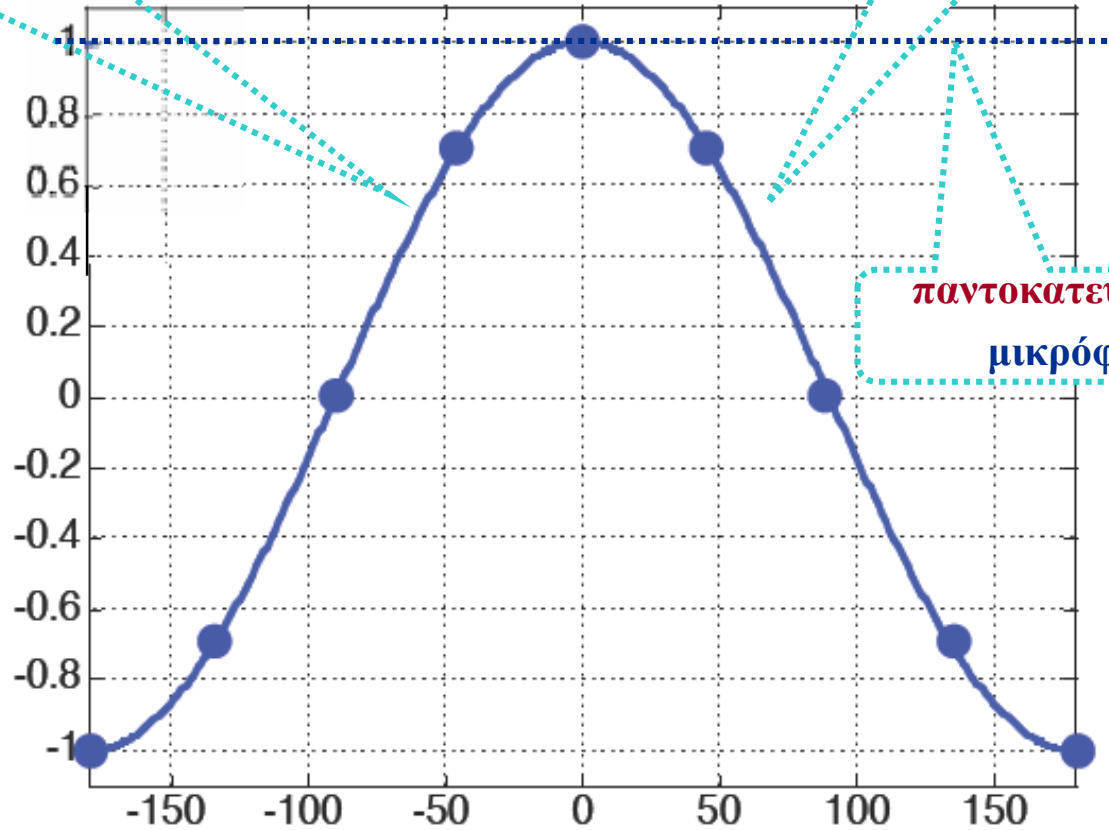


μικρόφωνα διαφοράς πίεσης

ευαισθησία $S = \text{κατευθυντικότητα}$
διπολικού (δικατευθυντικού)
μικροφώνου διαφοράς πίεσης

$$S = \cos(\gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma)$$

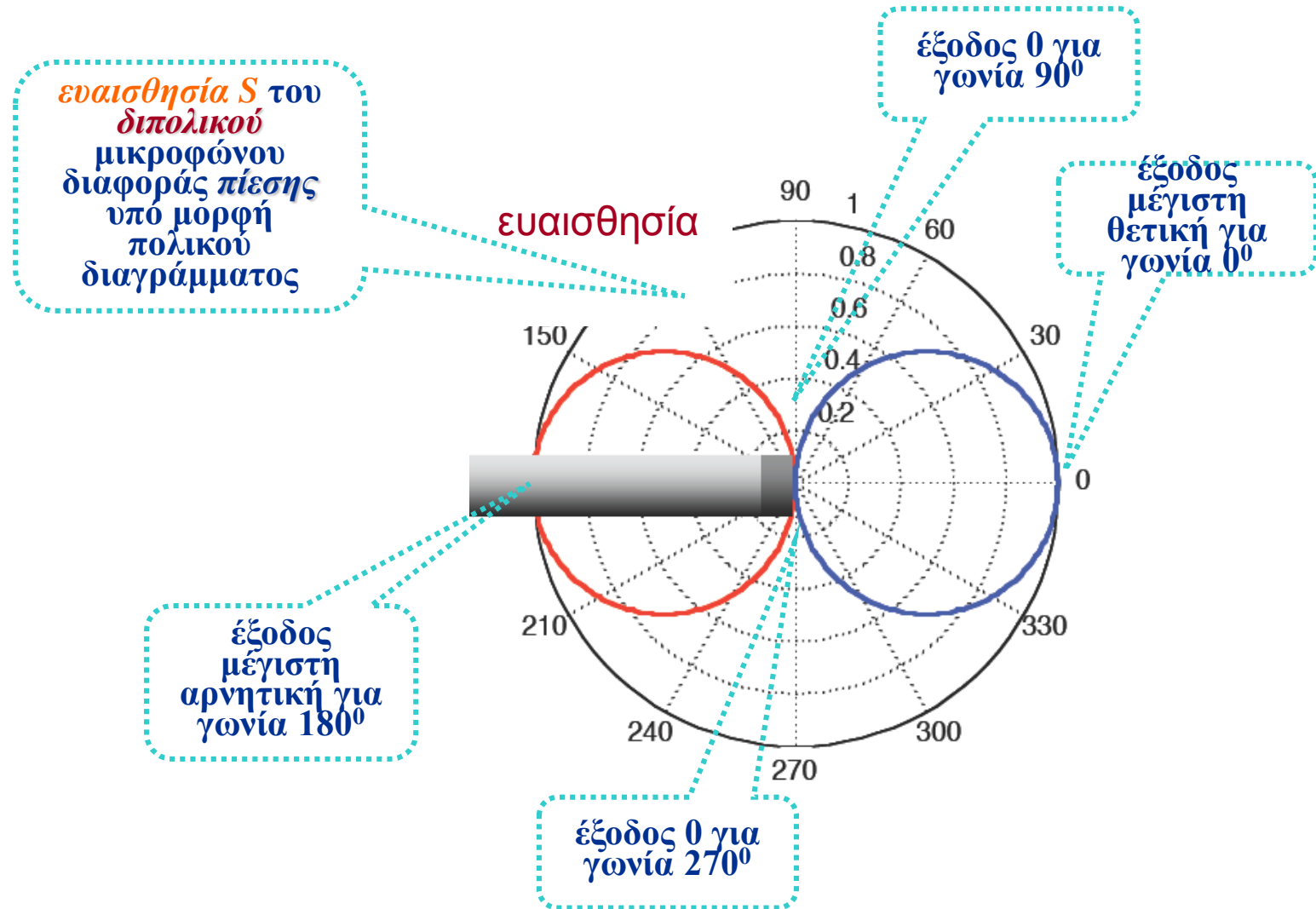
σχετικό ηλεκτρικό κέρδος
μικροφώνου



παντοκατευθυντικό
μικρόφωνο

γωνία ηχητικού κύματος σε σχέση με
μικρόφωνο ($^{\circ}$)

μικρόφωνα διαφοράς πίεσης



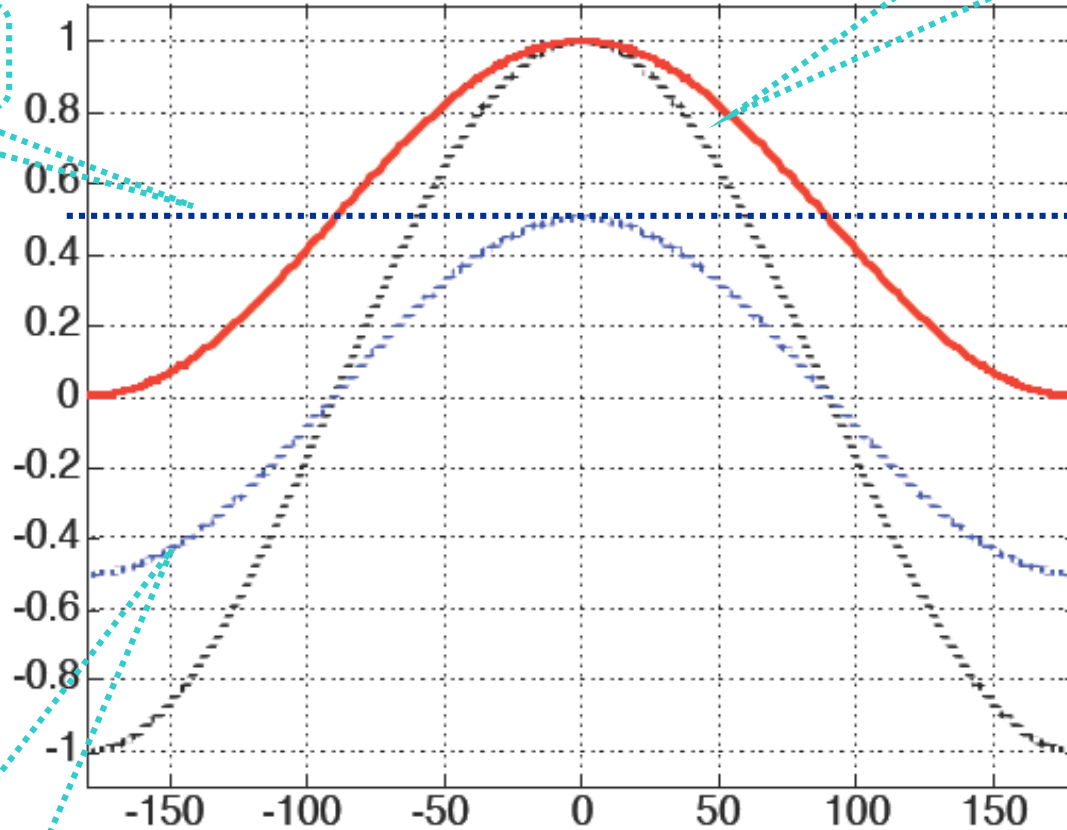
μικρόφωνα διαφοράς πίεσης

ας προσθέσουμε
την έξοδο από 2
κάψες

...αποτέλεσμα

μισό
παντοκατευθυντικό

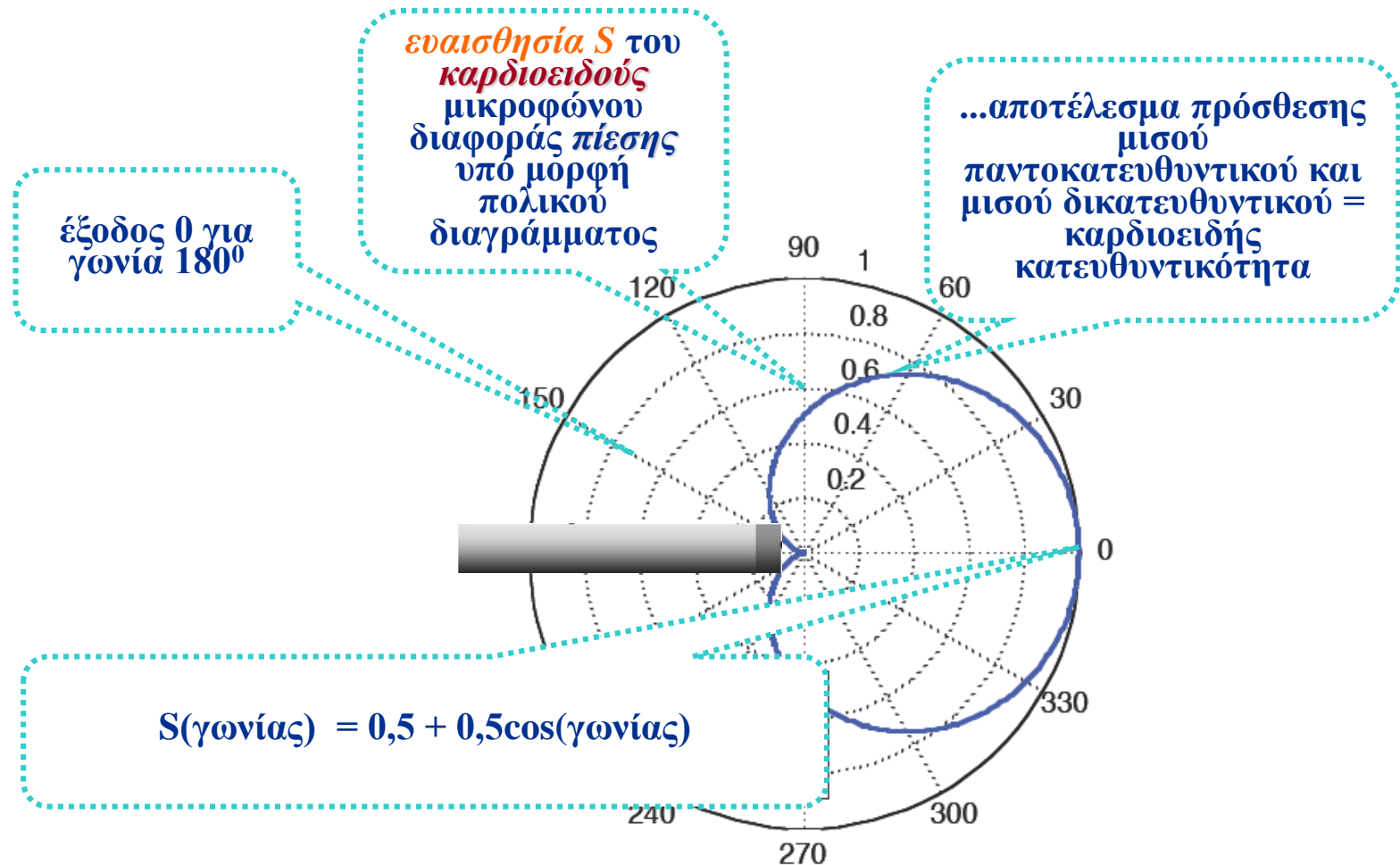
σχετικό ηλεκτρικό κέρδος
μικροφώνου



μισό δικατευθυντικό

γωνία ηχητικού κύματος σε σχέση με
μικρόφωνο (°)

μικρόφωνα διαφοράς πίεσης



κατηγορίες κατευθυντικότητας μικροφώνων

μπορούν να συνδυαστούν οι 2 κατευθυντικότητες, ώστε να υλοποιηθούν διαφορετικοί τύποι μικροφώνων

	πίεσης (παντοκατευθυντικά)	διαφοράς πίεσης (δικατευθυντικά)
παντοκατευθυντικά (omnidirectional)	100%	0%
υποκαρδιοειδή (subcardioid)	75%	25%
καρδιοειδή (cardioid)	50%	50%
υπερκαρδιοειδή (hypercardioid)	25%	75%
δικατευθυντικά (bidirectional)	0%	100%

$$S = P + G \cos(\gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma)$$

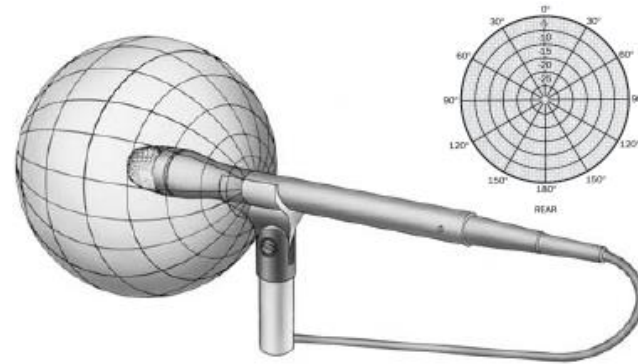
$$P + G = 1$$

κατηγορίες κατευθυντικότητας μικροφώνων

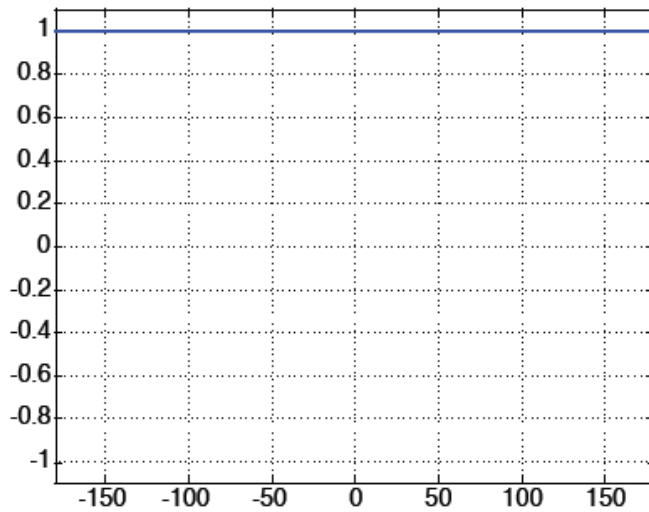
	omni directional	bidirectional	cardioid	Hypercardioid	Figure of 8
Συνάρτηση $H_r(\theta, r)$	1	$\cos\theta$	$0,5(1+\cos\theta)$	$0,25(1+3\cos\theta)$	$\cos^2\theta$
σχετική έξοδος για $\theta = 90^\circ$ (dB)	0	$-\infty$	-6	-12	$-\infty$
σχετική έξοδος για $\theta = 180^\circ$ (dB)	0	0	$-\infty$	-6	0
γωνία για μηδενική έξοδο	-	90°	180°	110°	90°

κατηγορίες κατευθυντικότητας μικροφώνων

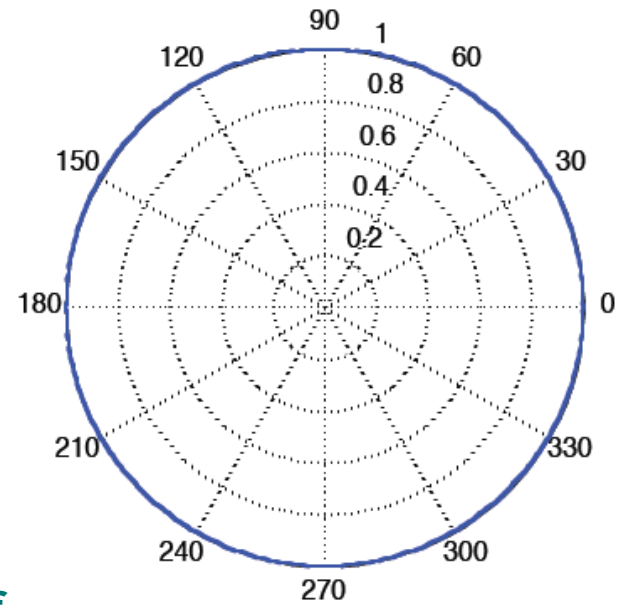
παντοκατευθυντικό
μικρόφωνο
(omnidirectional)



σχετικό ηλεκτρικό κέρδος
μικροφώνου



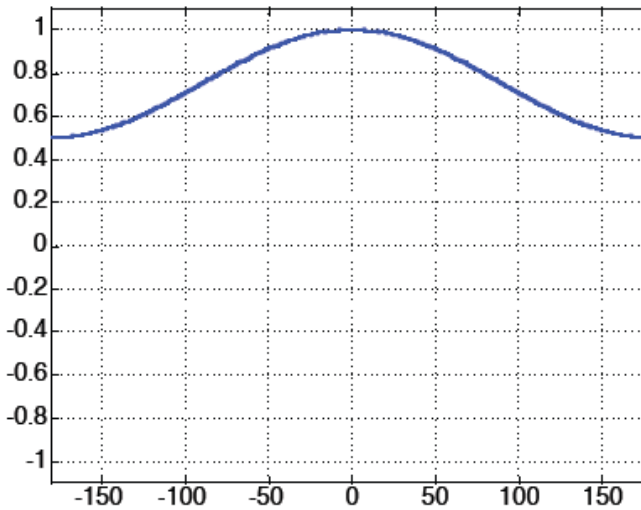
γωνία ηχητικού κύματος σε σχέση με
μικρόφωνο ($^{\circ}$)



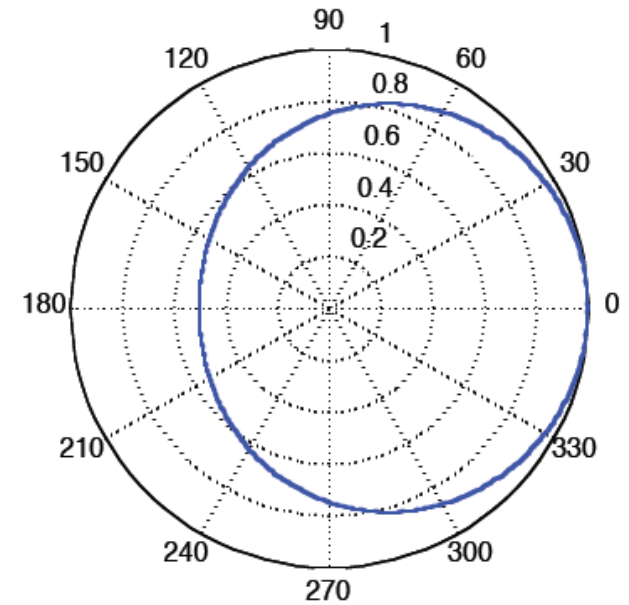
κατηγορίες κατευθυντικότητας μικροφώνων

υποκαρδιοειδές μικρόφωνο (subcardioid)

σχετικό ηλεκτρικό κέρδος
μικροφώνου

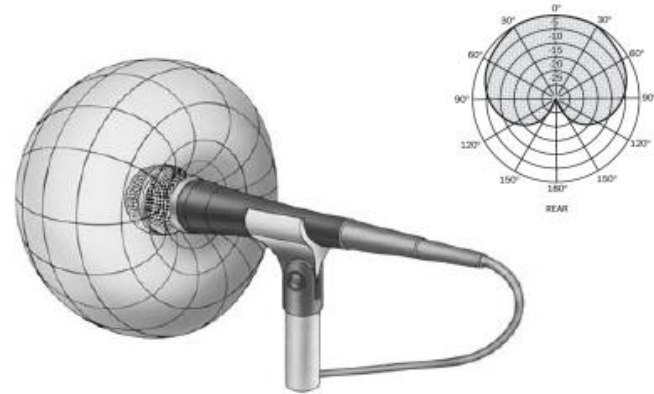


γωνία ηχητικού κύματος σε σχέση με
μικρόφωνο (°)

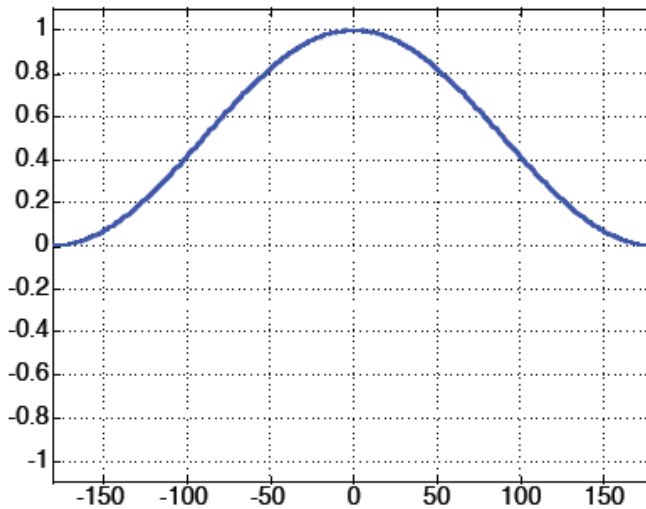


κατηγορίες κατευθυντικότητας μικροφώνων

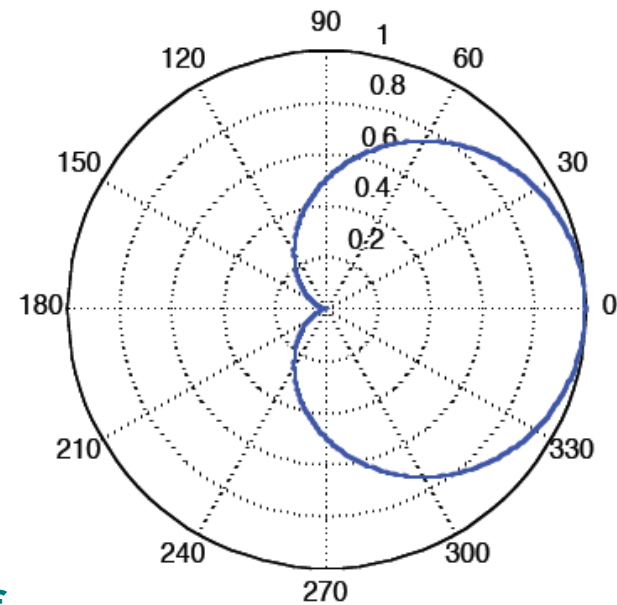
καρδιοειδές
μικρόφωνο
(cardioid)



σχετικό ηλεκτρικό κέρδος
μικροφώνου

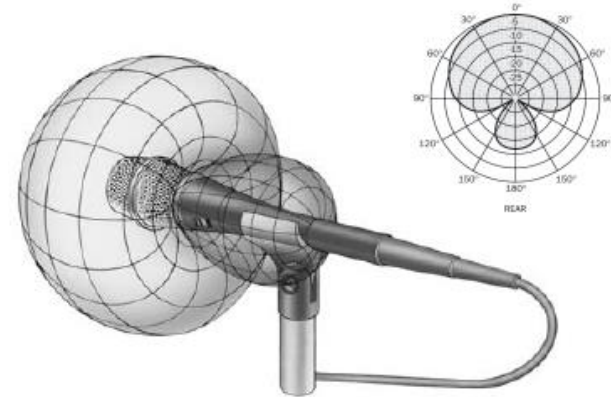


γωνία ηχητικού κύματος σε σχέση με
μικρόφωνο (°)

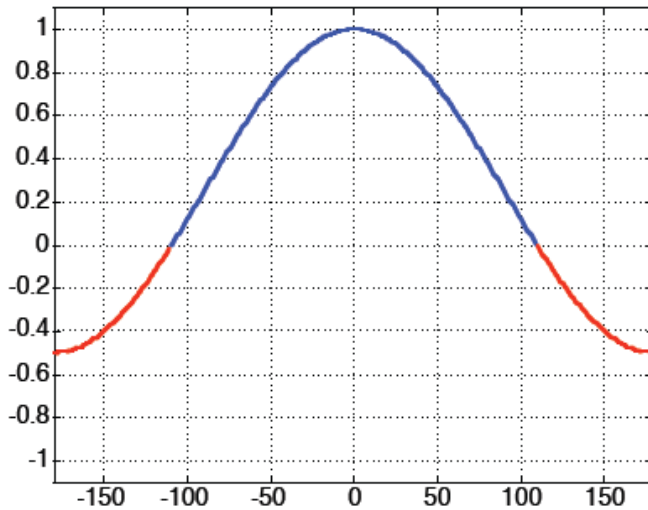


κατηγορίες κατευθυντικότητας μικροφώνων

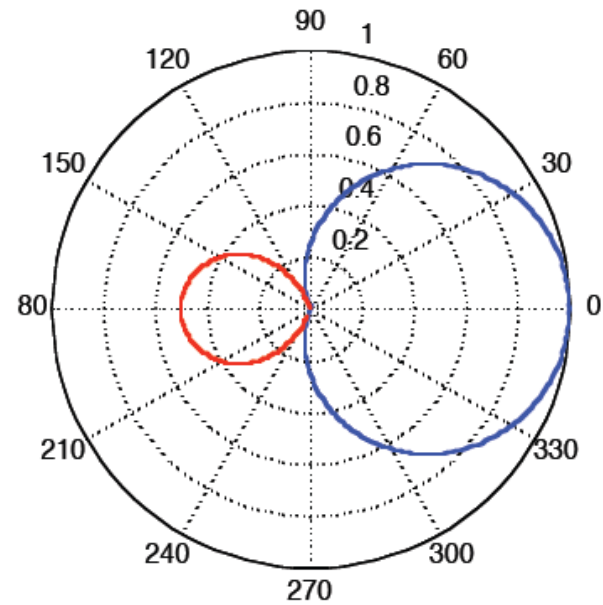
υπερκαρδιοειδές
μικρόφωνο
(hypercardioid)



σχετικό ηλεκτρικό κέρδος
μικροφώνου



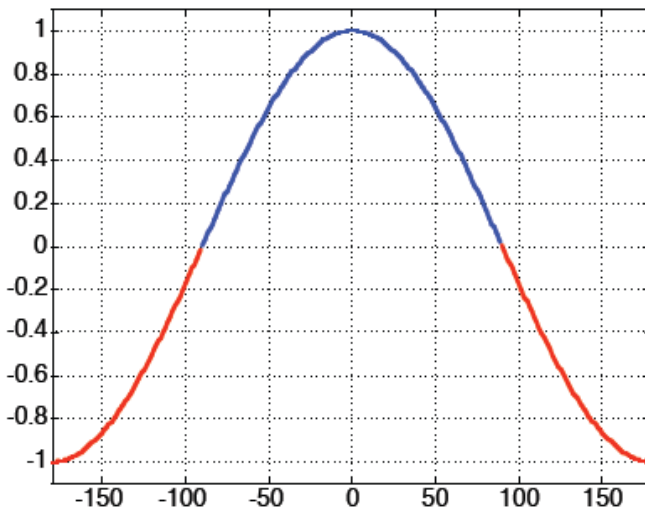
γωνία ηχητικού κύματος σε σχέση με
μικρόφωνο (°)



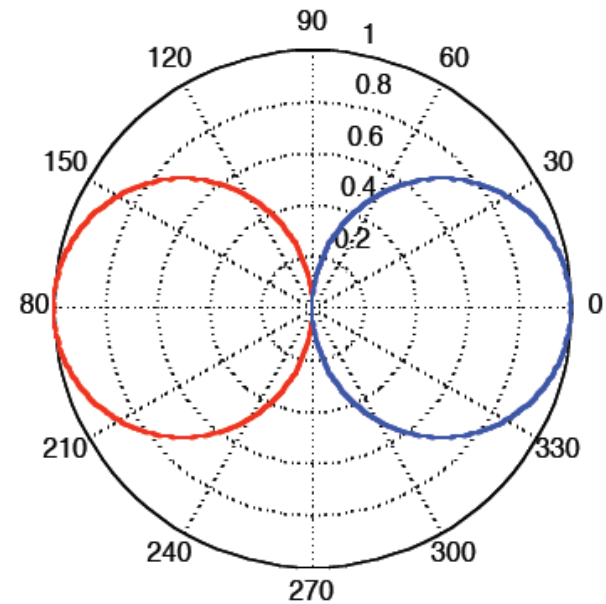
κατηγορίες κατευθυντικότητας μικροφώνων

δικατευθυντικό
μικρόφωνο
(bidirectional)

σχετικό ηλεκτρικό κέρδος
μικροφώνου



γωνία ηχητικού κύματος σε σχέση με
μικρόφωνο (°)

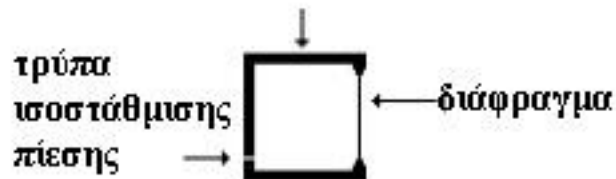


κατευθυντικότητα μικροφώνων

πως υλοποιούνται οι κάψες για μικρόφωνα πίεσης και διαφοράς πίεσης

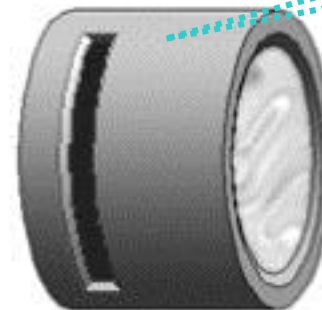
κάψα για μικρόφωνο πίεσης

σφραγισμένο κουτί



κάψα για μικρόφωνο διαφοράς πίεσης

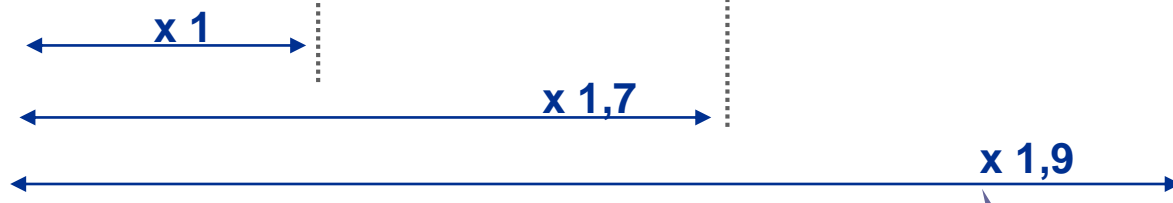
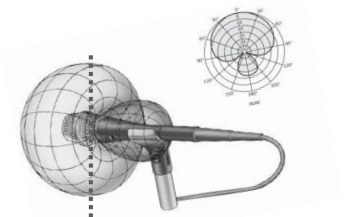
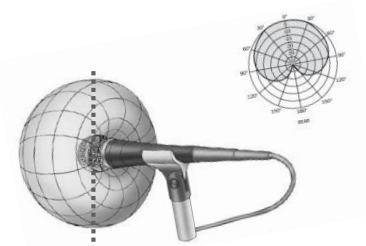
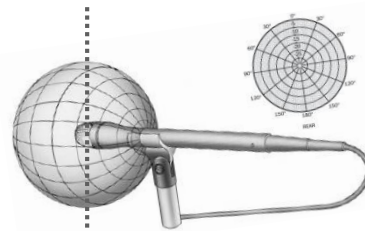
πλευρικά ανοίγματα



χρήση κατευθυντικών μικρόφωνα

ομοιογενής θόρυβος

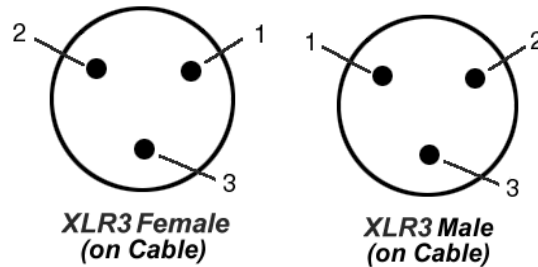
παντοκατευθυντική πηγή



απόσταση (m)

σύνδεση

τρόποι σύνδεσης

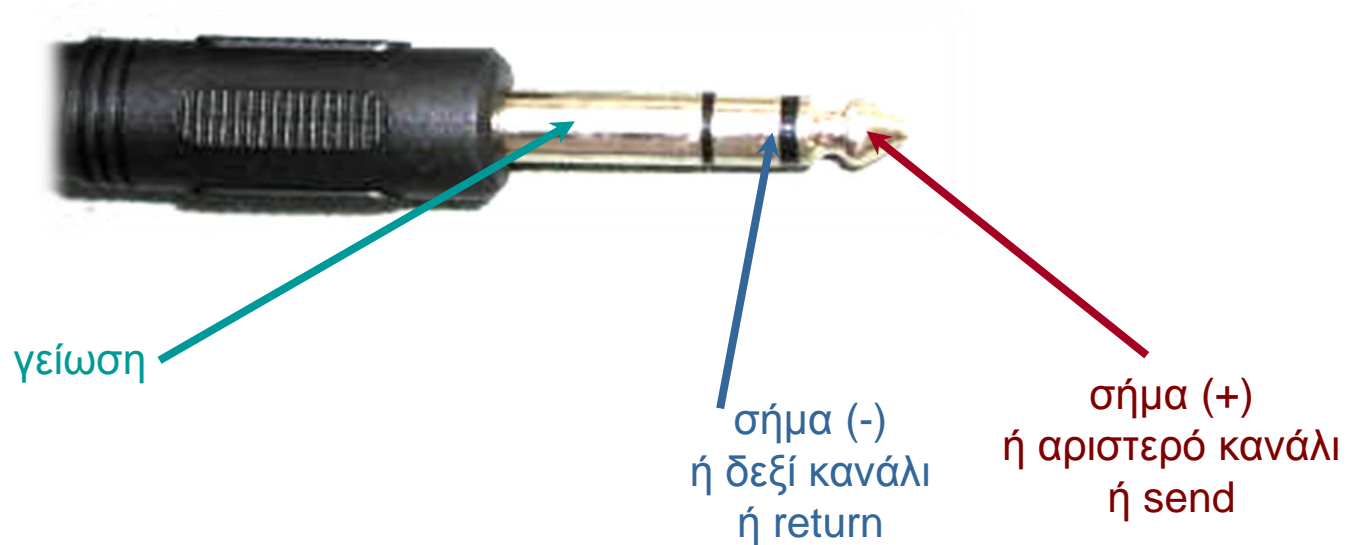


Pin	Λειτουργία
1	Γείωση
2	Σήμα (+)
3	Σήμα (-)

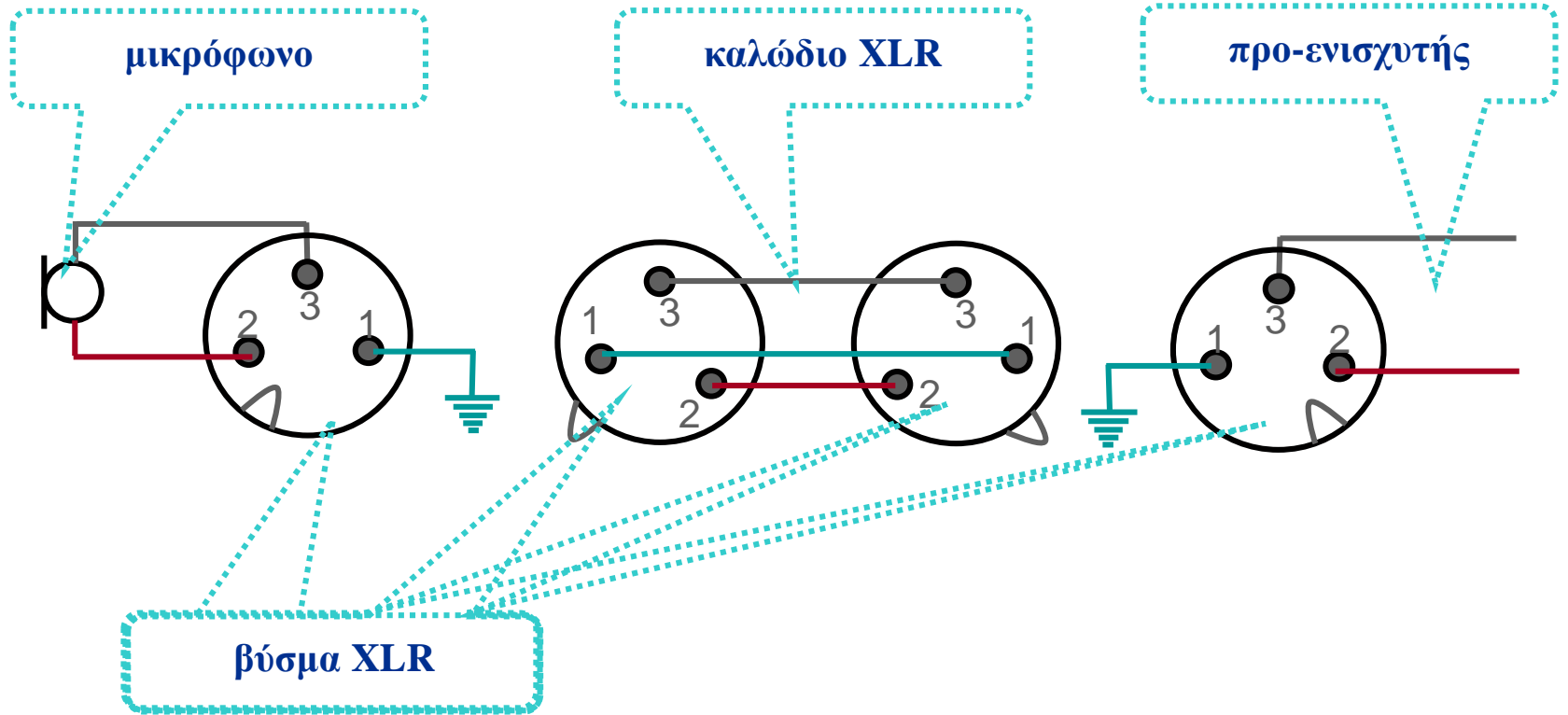
ισορροπημένη - balanced

ισορροπημένη – balanced

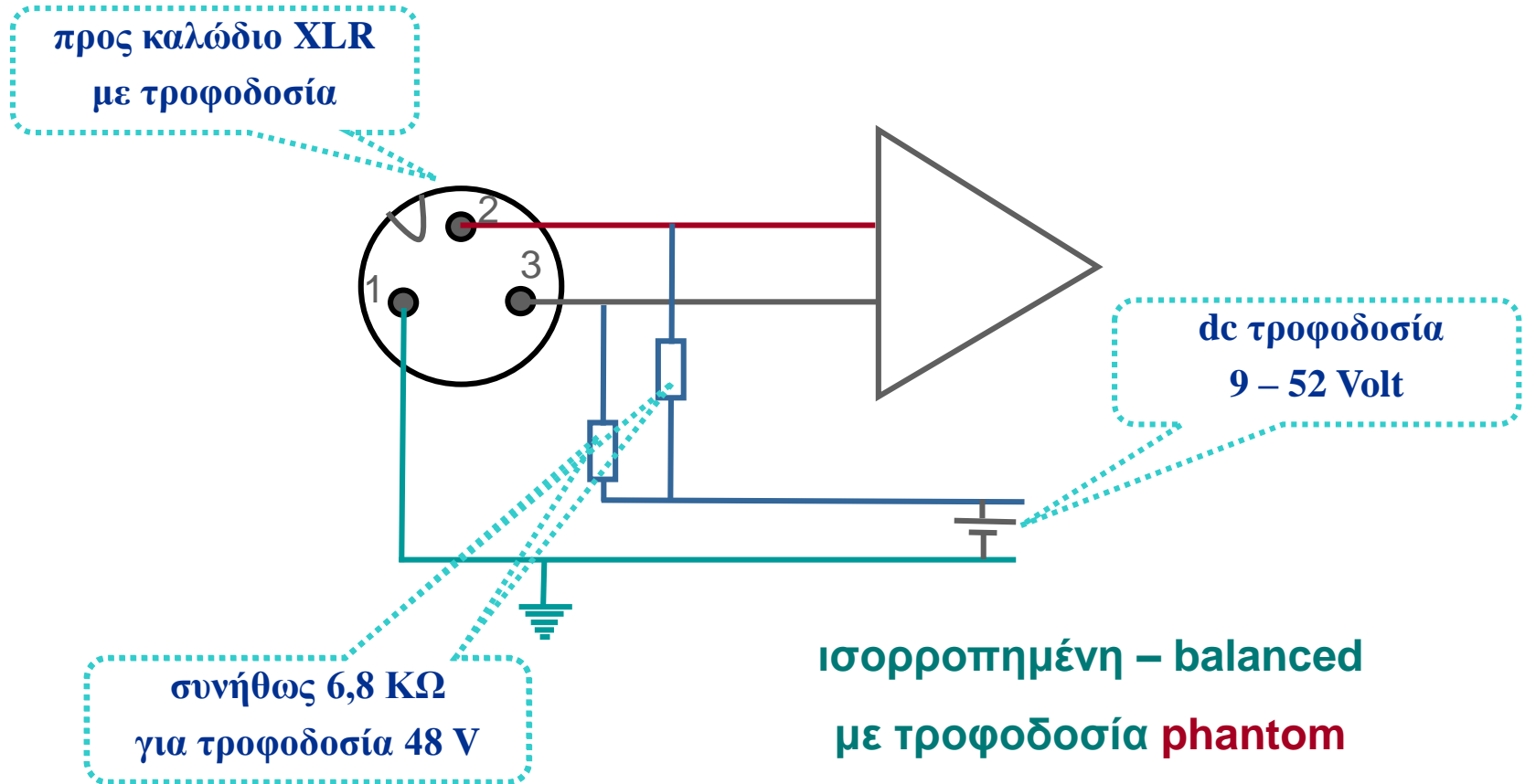
- Κατάλληλη για μεγάλα μήκη καλωδίων
- Απόρριψη θορύβου
- Μεταφορά στερεοφωνικών σημάτων



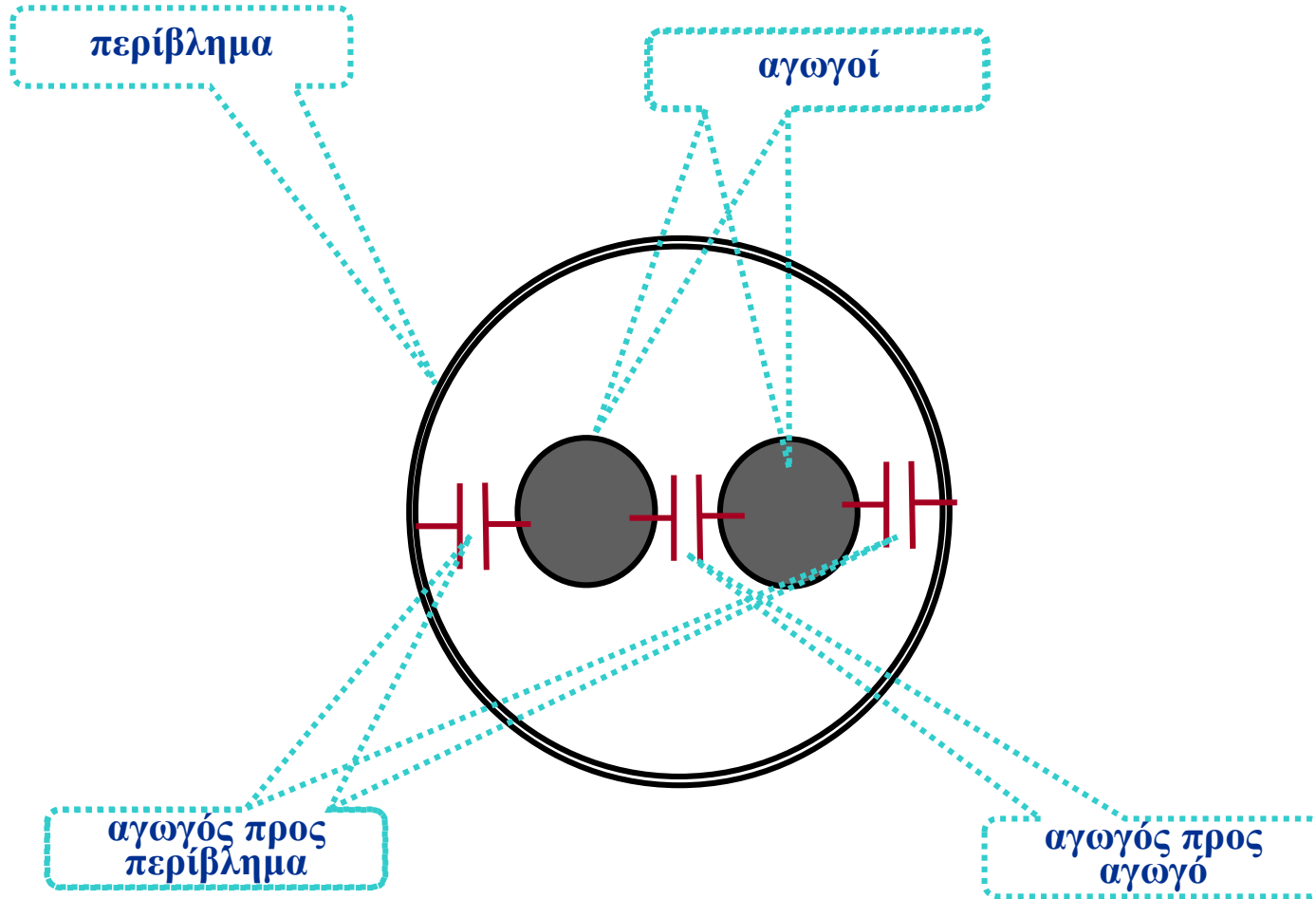
ισοροπημένη - balanced



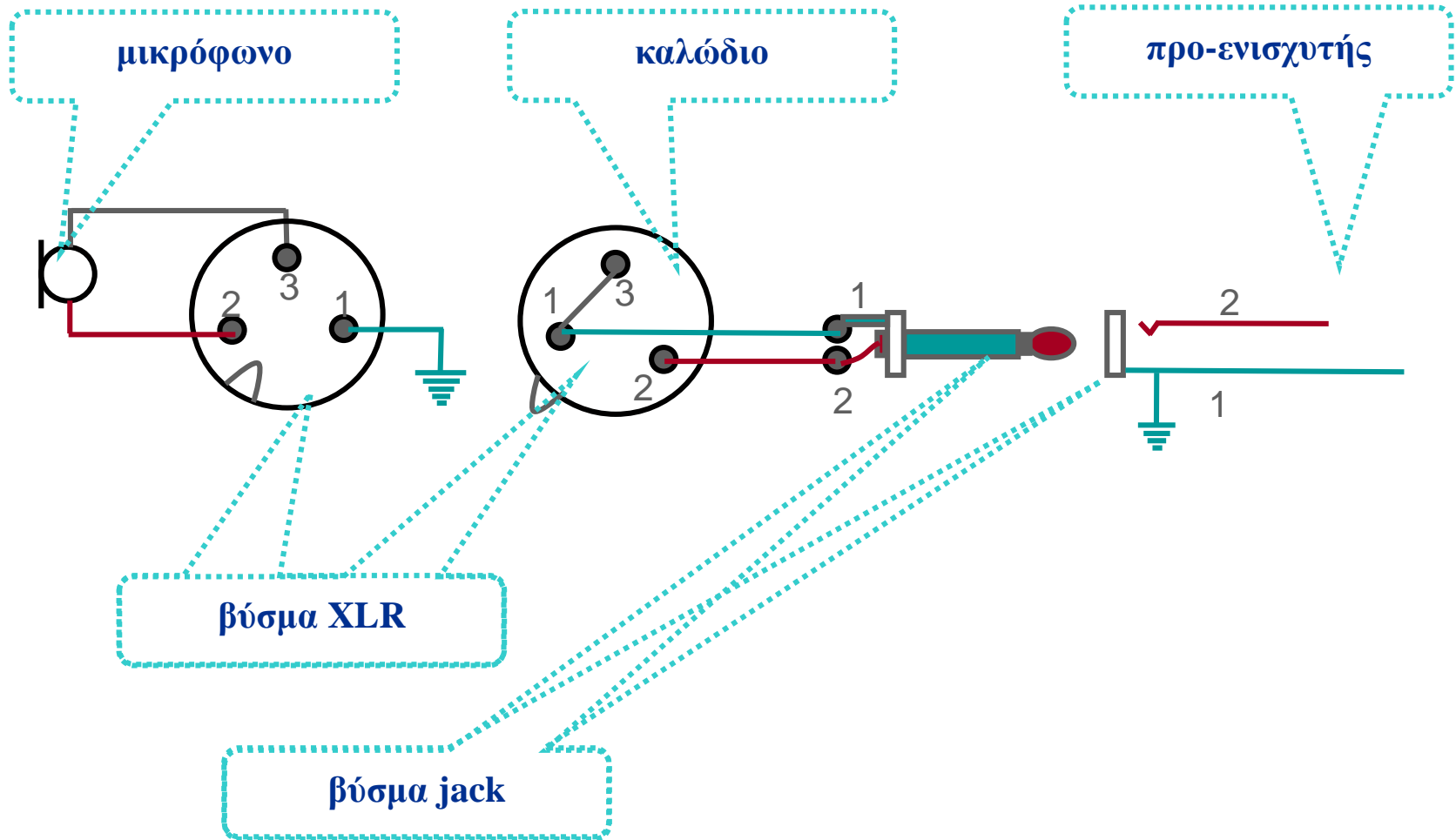
τρόποι σύνδεσης



καλώδια μικροφώνων

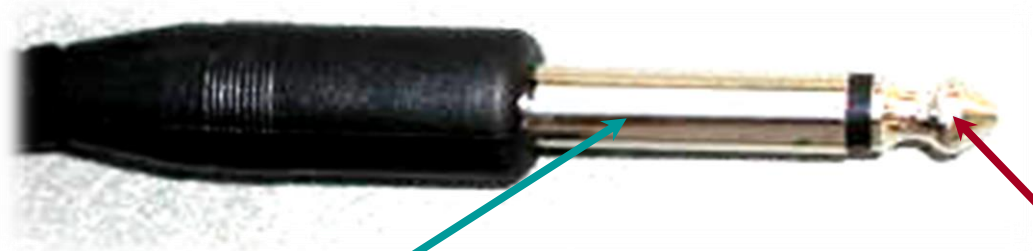


μη ισοροπημένη - unbalanced



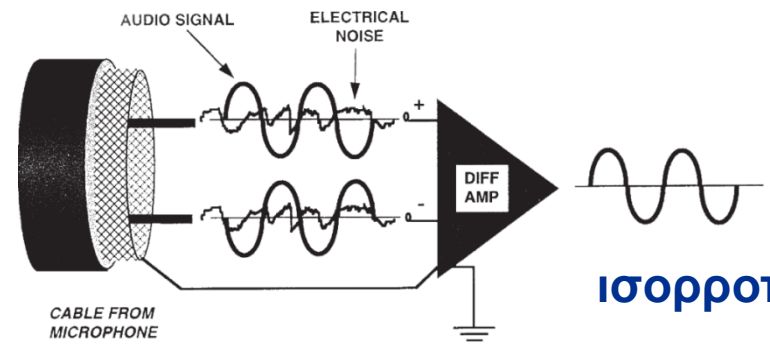
μη ισοροπημένη – unbalanced

- Κατάλληλη για μικρά μήκη καλωδίων
- Μπορεί να εισέλθει θόρυβος
- Μετάφορα μονοφωνικών σημάτων

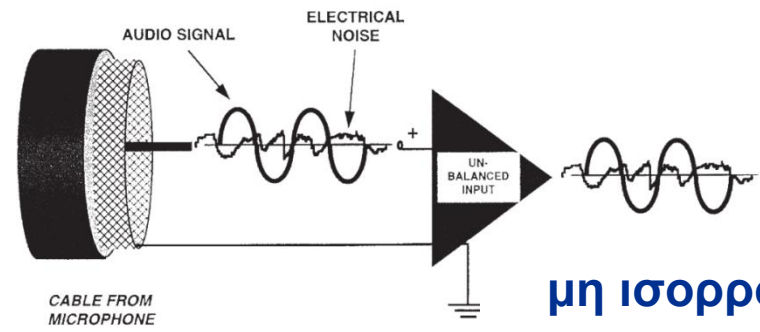


γείωση

σήμα

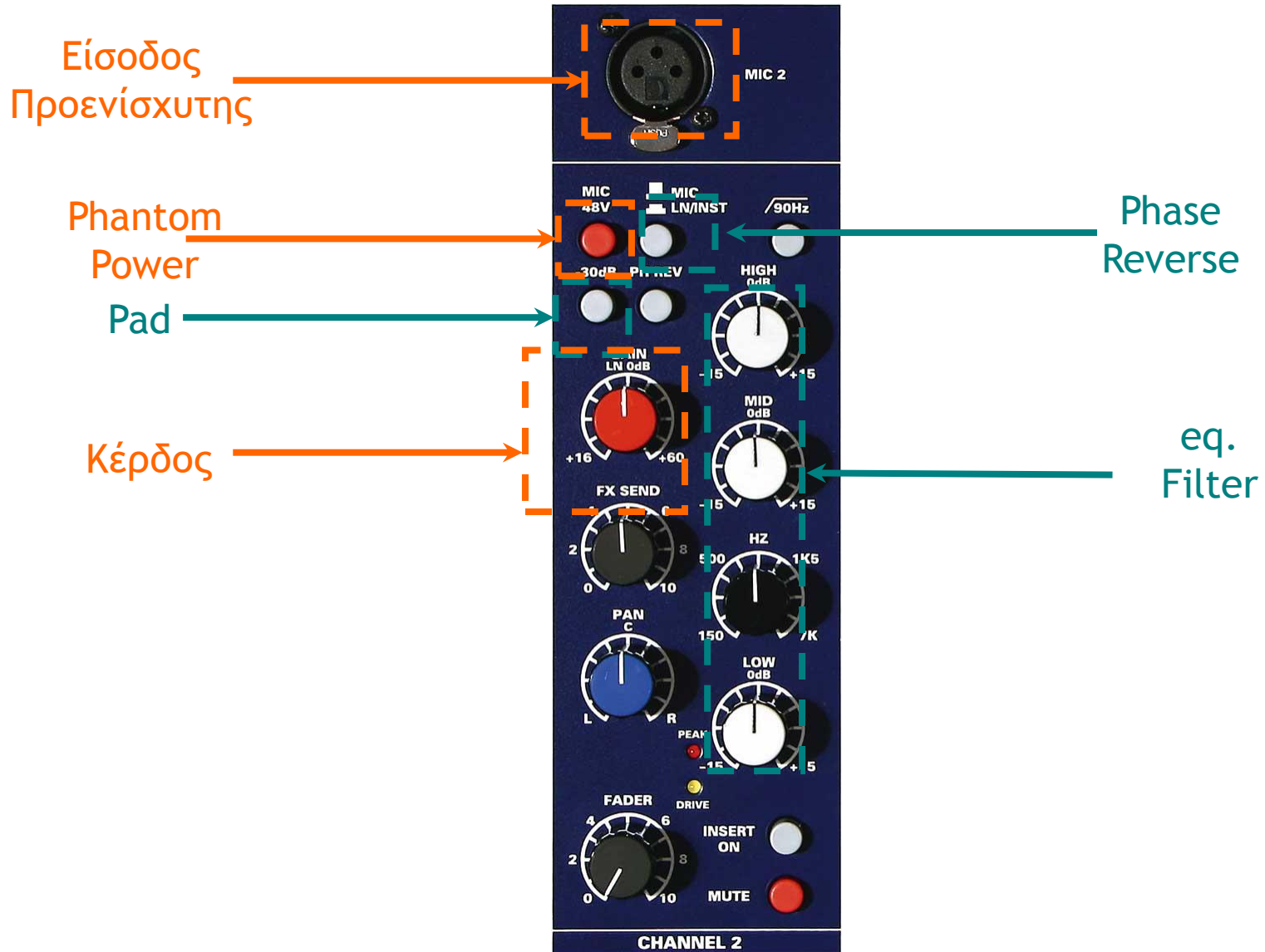


ισορροπημένη - balanced



μη ισορροπημένη - unbalanced

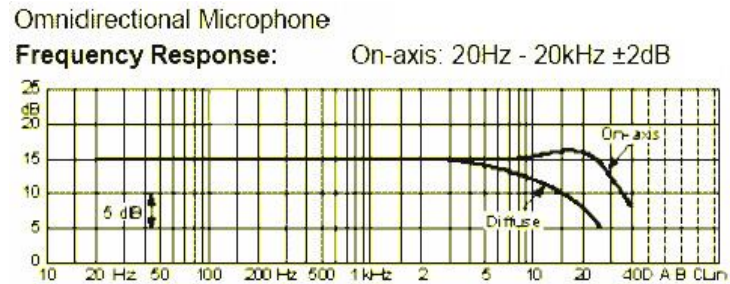
προενισχυτής



άλλες προδιαγραφές μικροφώνων

ευαισθησία, απόκριση

στάθμη ευαισθησίας

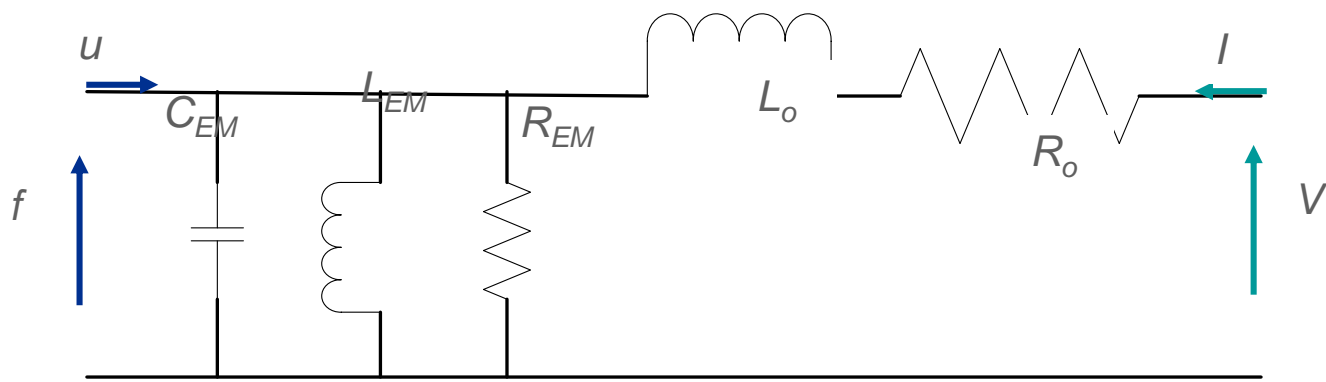
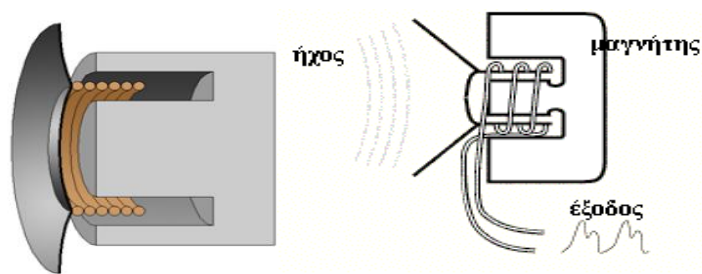


$$S.L. = 20 \log V - 20 \log \frac{P}{P_{ref}} = 20 \log V - \{dB - SPL\} + 94$$

ΣΤΑΘΜΗ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (dB-SPL)		ΕΞΟΛΟΣ ΜΙΚΡΟΦΩΝΟΥ (mV)	ΣΤΑΘΜΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ (dB ref. 1V /Pa)
100	Θορυβώδες εργοστάσιο	100	-20
90	Τραίνο / μουσική	10	-30
80	Θόρυβος δρόμου	1	-40
70	Θόρυβος γραφείου	0,1	-50
60	Ομιλία	0,01	-60
50	Ήσυχο γραφείο	0,001	-70

Λειτουργία

μηχανο-ηλεκτρικό ισοδύναμο

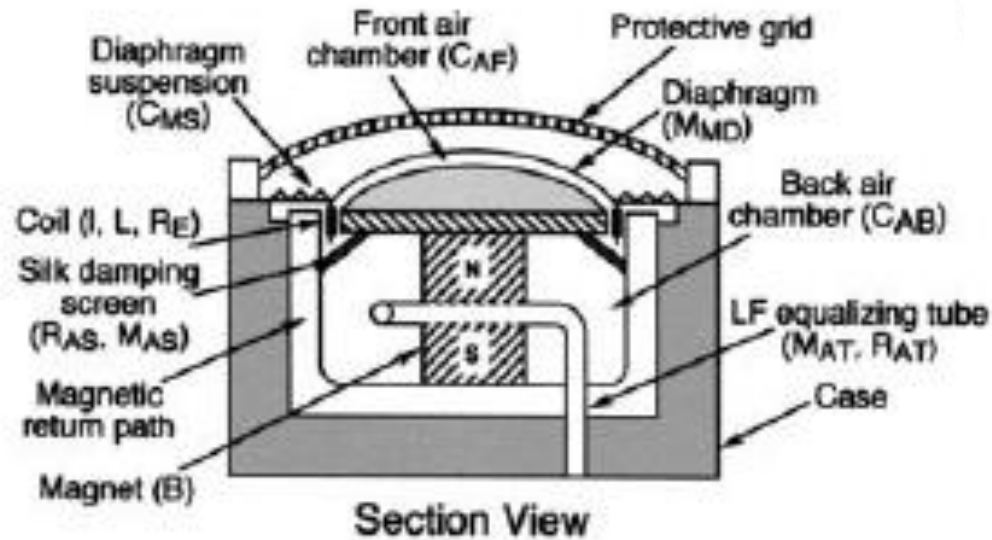
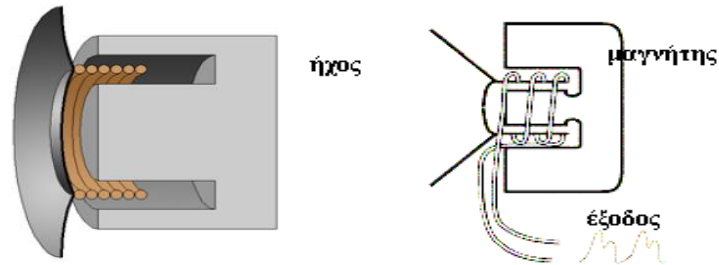


ευαισθησία

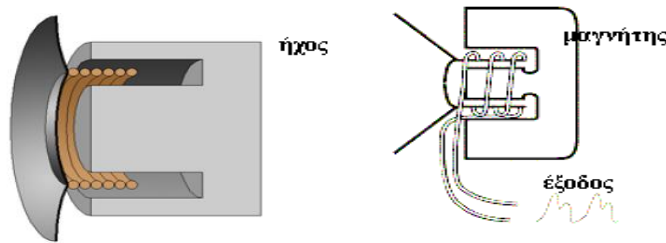
$$S \approx \frac{ABl}{Z_{MO}}$$

$$Z_{m0} = R_m + j \left(\omega m - \frac{k}{\omega} \right)$$

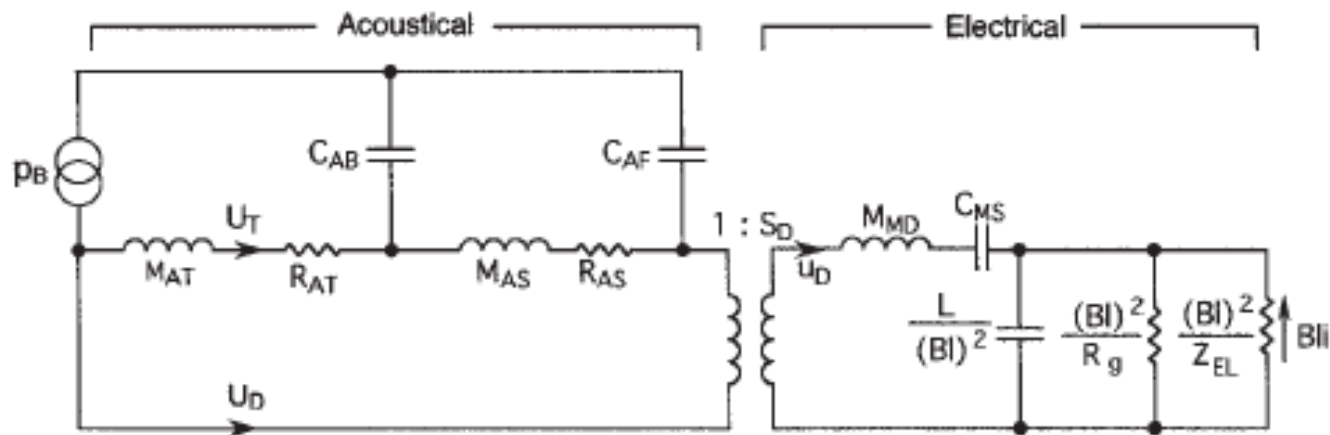
ακουστικο-μηχανικό σύστημα



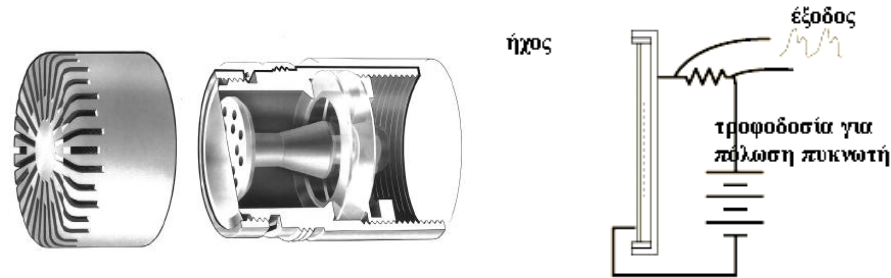
ακουστικο-μηχανο-ηλεκτρικό ισοδύναμο



- p_B = rms pressure at front of microphone
- M_{AT} = acoustic mass of air in LF equalization tube
- R_{AT} = acoustic resistance of air in LF equalization tube
- U_D = rms air volume velocity at diaphragm
- U_T = rms air volume velocity in LF equalization tube
- C_{AB} = compliance of back air chamber
- M_{AS} = acoustic mass of screen behind diaphragm
- R_{AS} = acoustic resistance of screen behind diaphragm
- C_{AF} = compliance of front air chamber
- M_{MD} = mass of diaphragm
- C_{MS} = compliance of diaphragm
- L = coil inductance (henry)
- R_E = dc resistance of coil, ohm
- Z_{EL} = electrical impedance of coil
- B = flux density of magnetic gap (tesla)
- l = length of wire in coil (m)



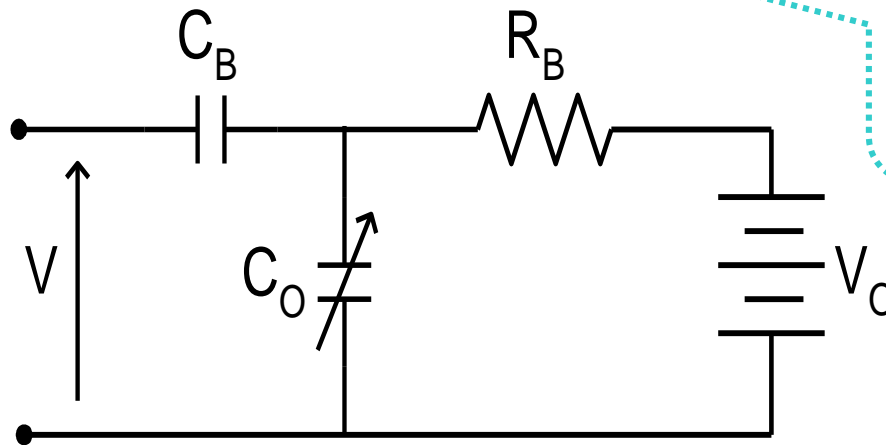
μηχανο-ηλεκτρικό ισοδύναμο



DC φορτίο στον πυκνωτή από τάση τροφοδοσίας V_0

$$Q = C_0 V$$

μεταβολή C_0 λόγω απόστασης μεταξύ πλακών
(αντιστρόφως ανάλογη απόστασης)



ΠΥΚΝΩΤΙΚΑ ΜΙΚΡÓΦΩΝΑ

ευαισθησία

$$S \approx \frac{V_0 R^2}{x_0 \delta F_T}$$

χωρητικότητα

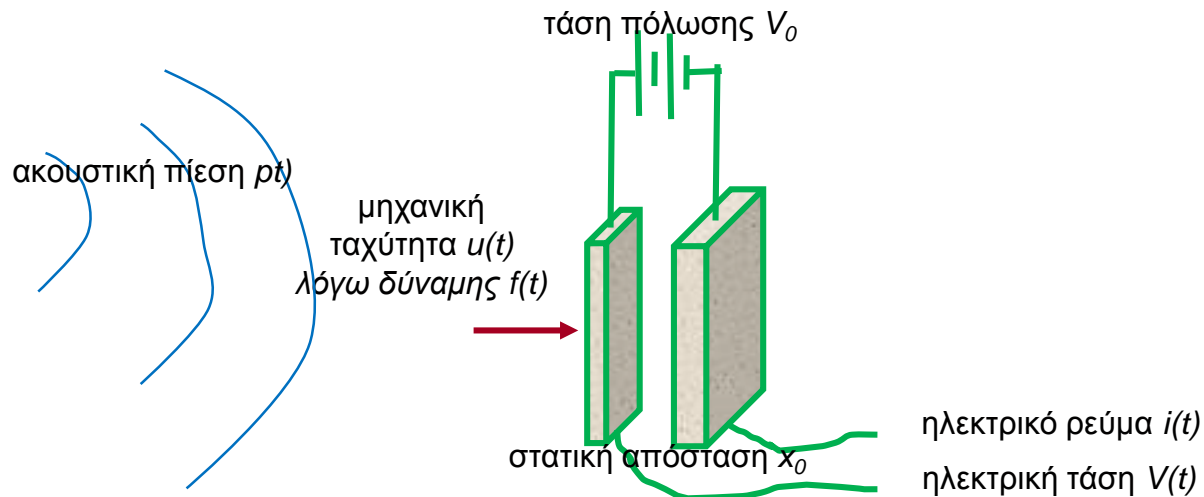
$$C_0 = \frac{27,8 R^2}{x_0}$$

μεταβολή σε φορτίο

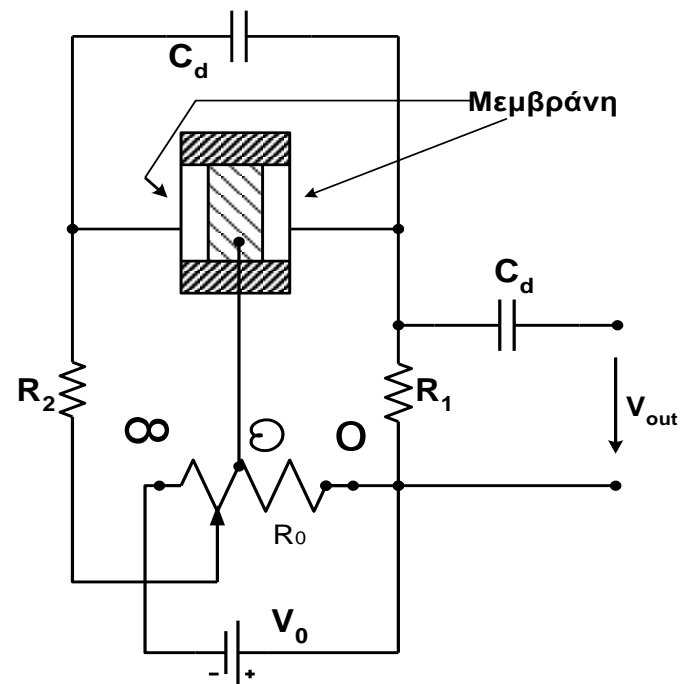
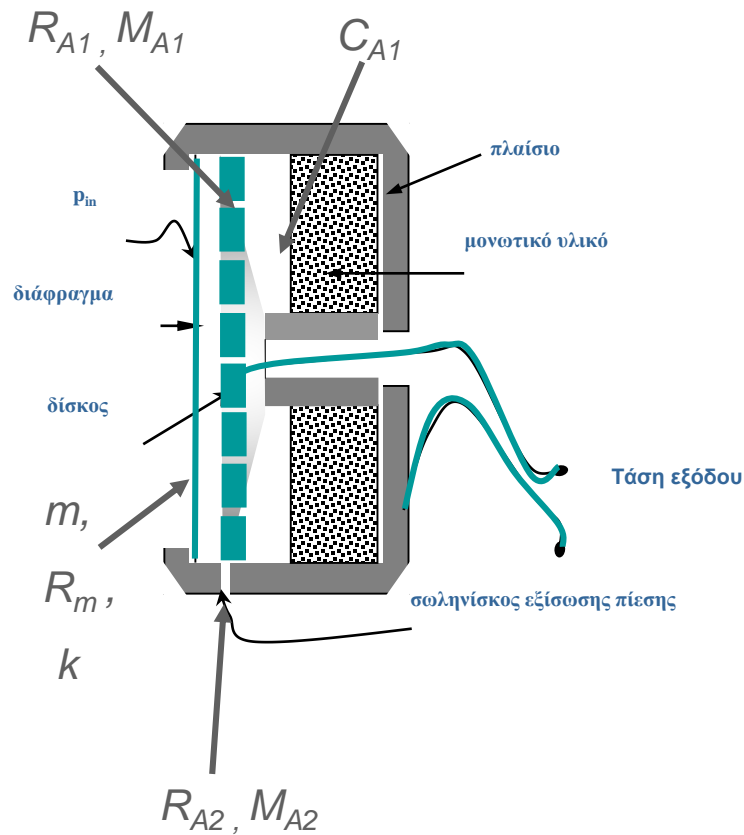
$$\Delta Q \cong (V_0 - V(t)) \varepsilon \frac{A}{\Delta x_0}$$

τάση εξόδου

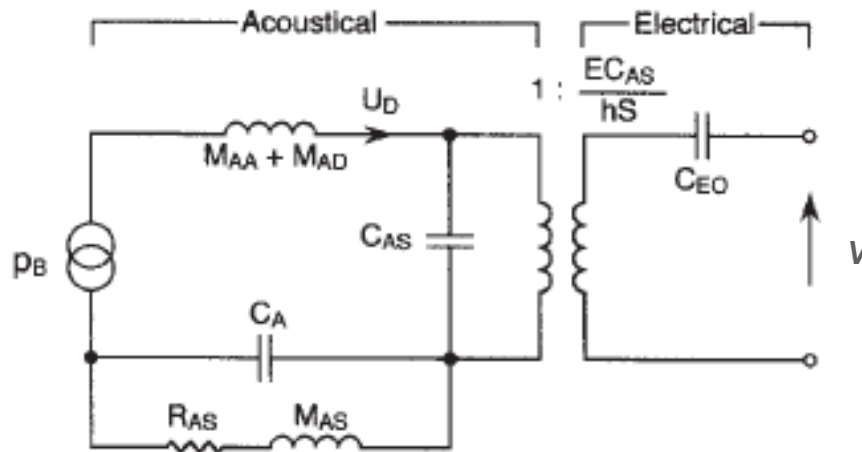
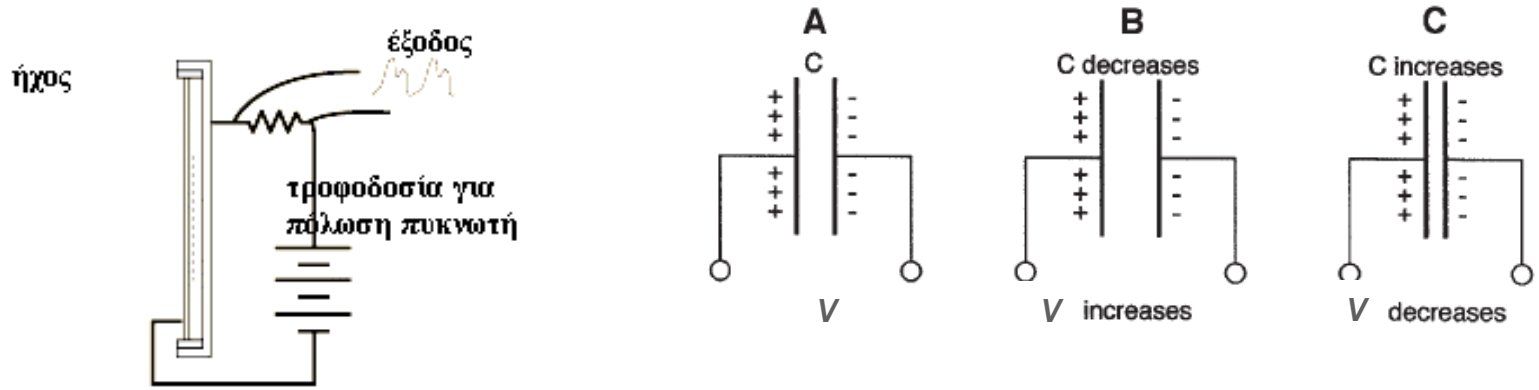
$$V(t) \approx V_0 \frac{x_0}{x'}$$



ακουστικο-μηχανικό σύστημα

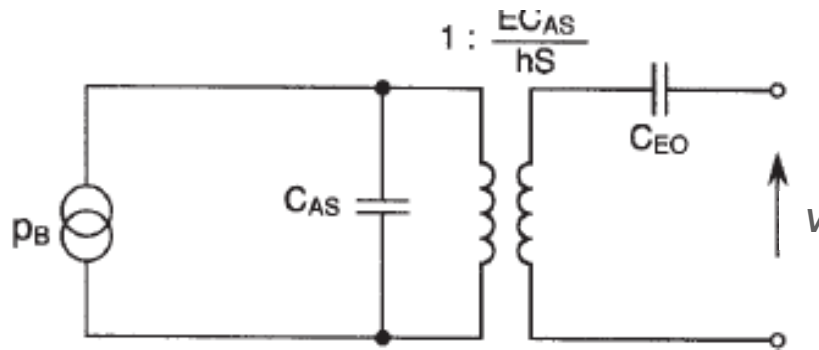
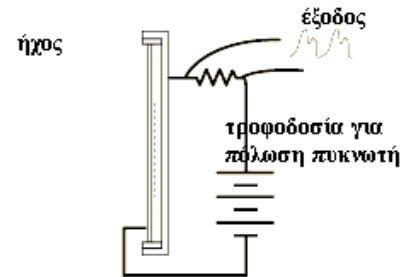
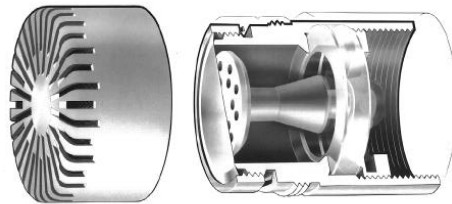


ακουστικο-μηχανο-ηλεκτρικό ισοδύναμο

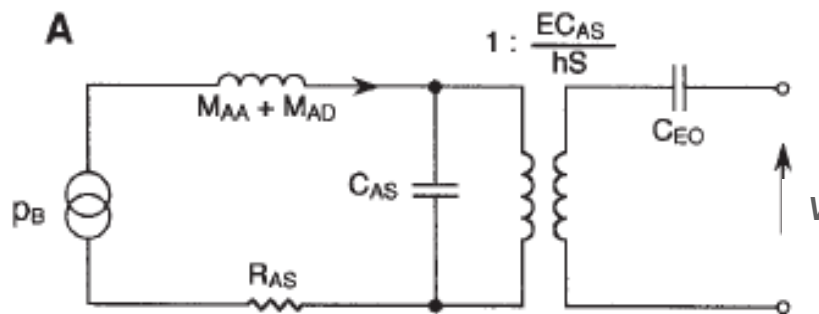


- ρ_B = rms pressure at diaphragm
- M_{AA} = air mass associated with diaphragm
- M_{AD} = acoustic mass of diaphragm
- U_D = rms volume velocity of diaphragm
- C_{AS} = compliance of diaphragm
- S = effective area of diaphragm
- C_A = compliance of air behind the diaphragm
- R_{AS} = resistance of air in holes in backplate
- M_{AS} = mass of air in holes in backplate
- C_{EO} = electrical capacitance measured with force $f = 0$
- V = output voltage

ακουστικο-μηχανο-ηλεκτρικό ισοδύναμο

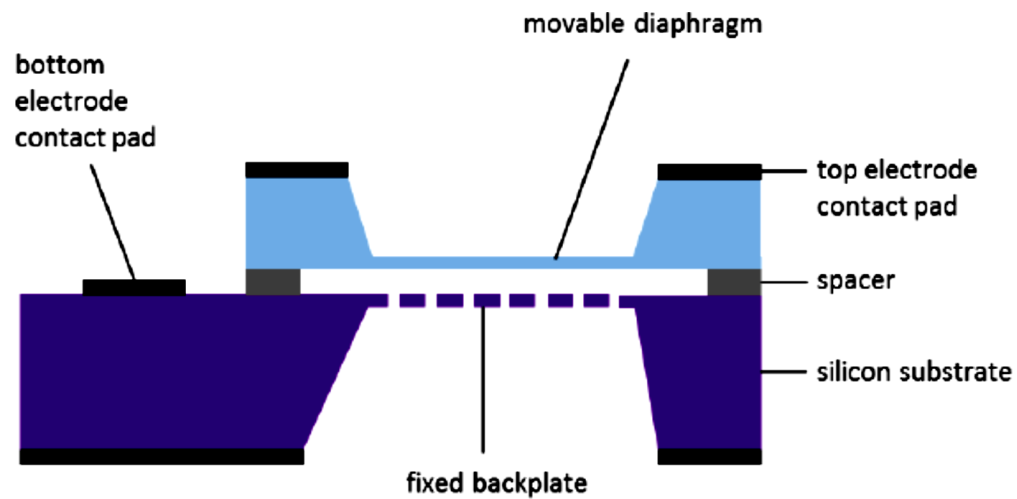
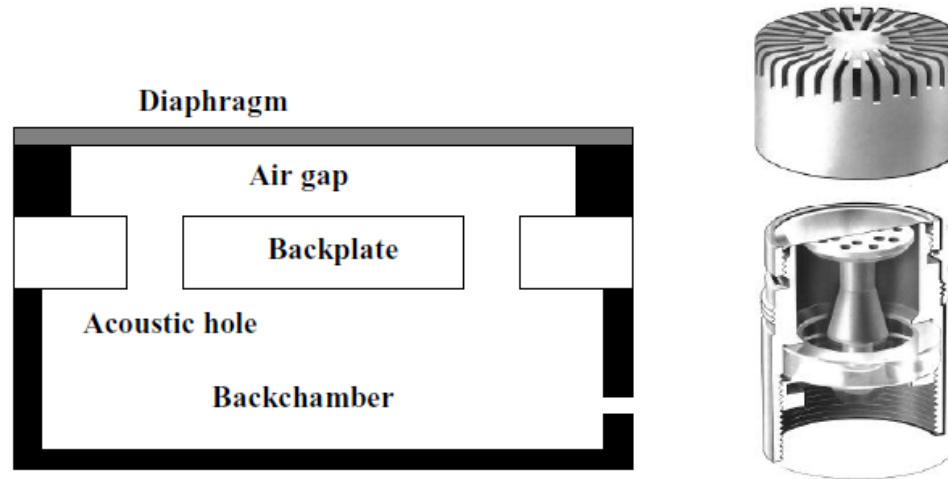


χαμηλές
συχνότητες

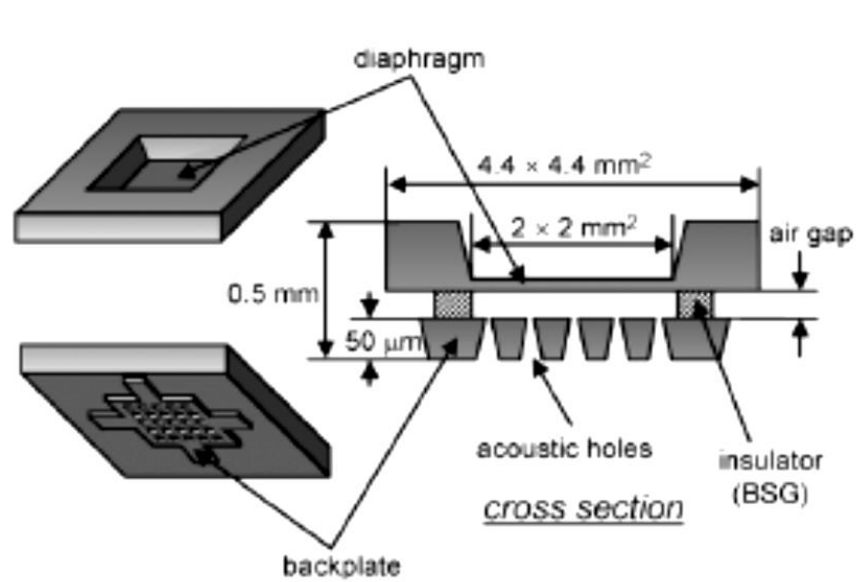


μεσαίες
συχνότητες

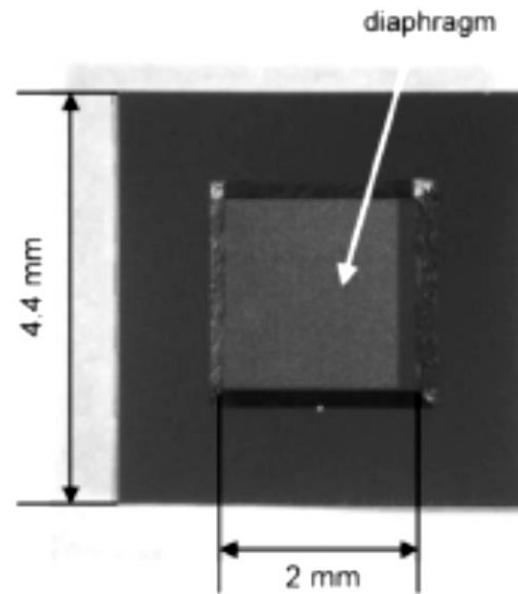
ΠΥΚΝΩΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ MEMS



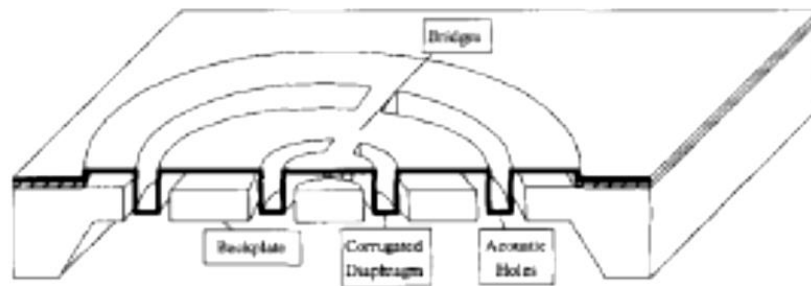
ΠΥΚΝΩΤΙΚΑ ΜΙΚΡΩΦΩΝΑ MEMS



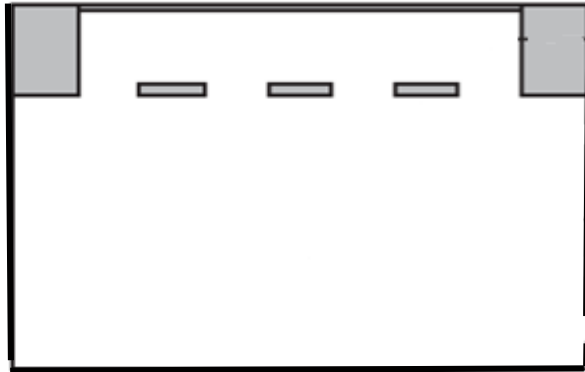
(a)



(b)



ΠΥΚΝΩΤΙΚΑ ΜΙΚΡÓΦΩΝΑ MEMS



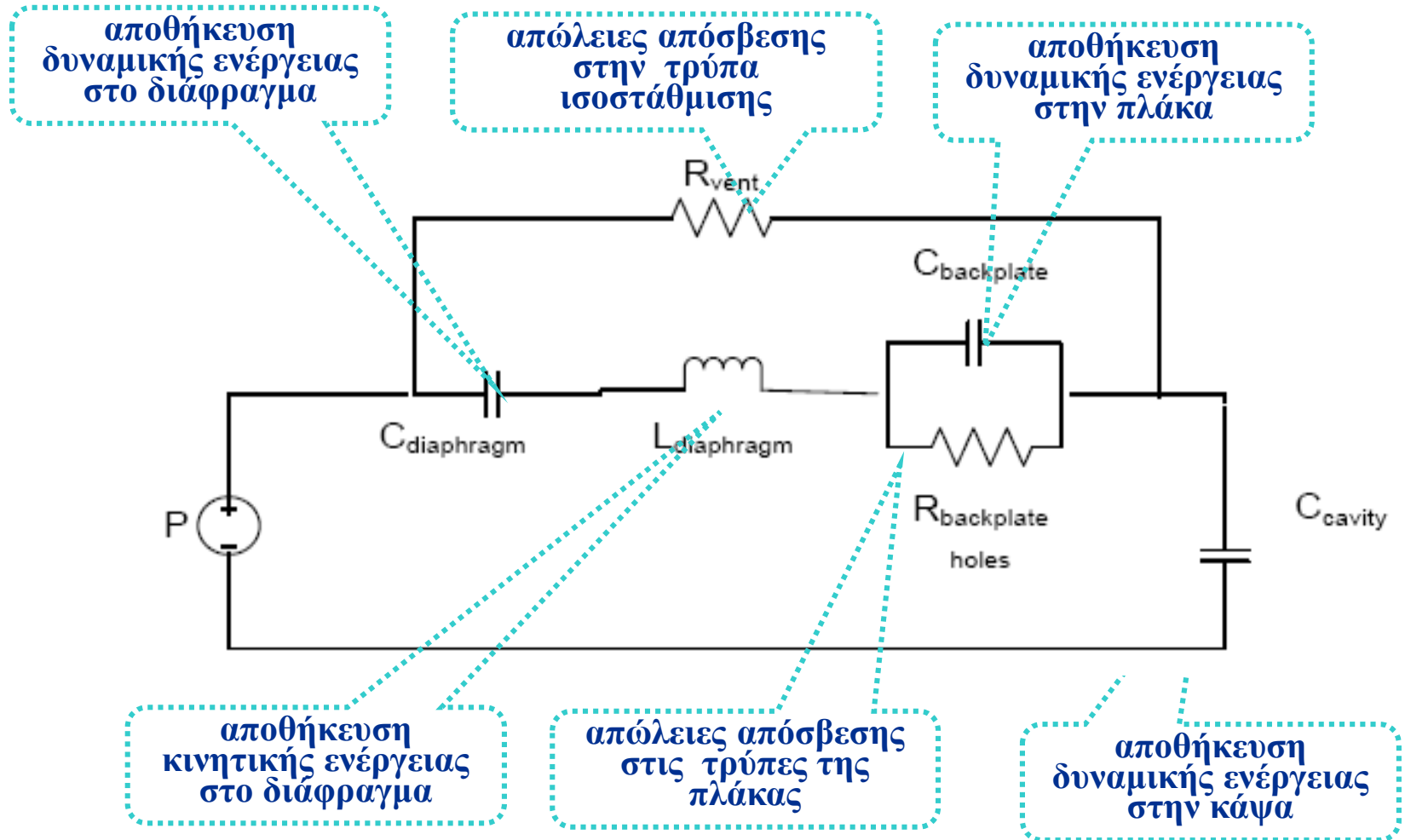
μονής πλάκας



διπλής πλάκας

ΠΥΚΝΩΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΦΩΝΑ MEMS

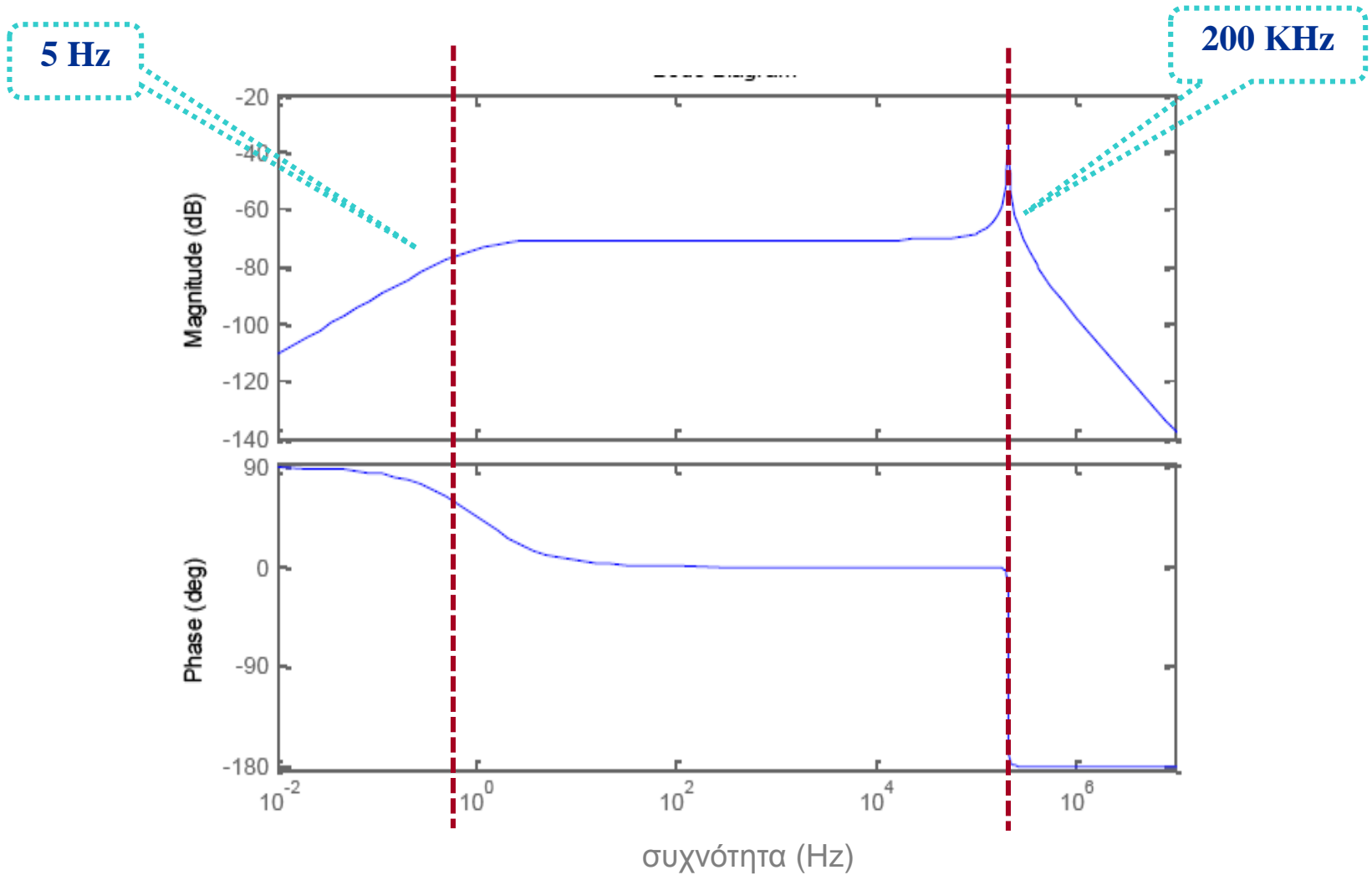
ισοδύναμο πυκνωτικού μικροφώνου μονής πλάκας



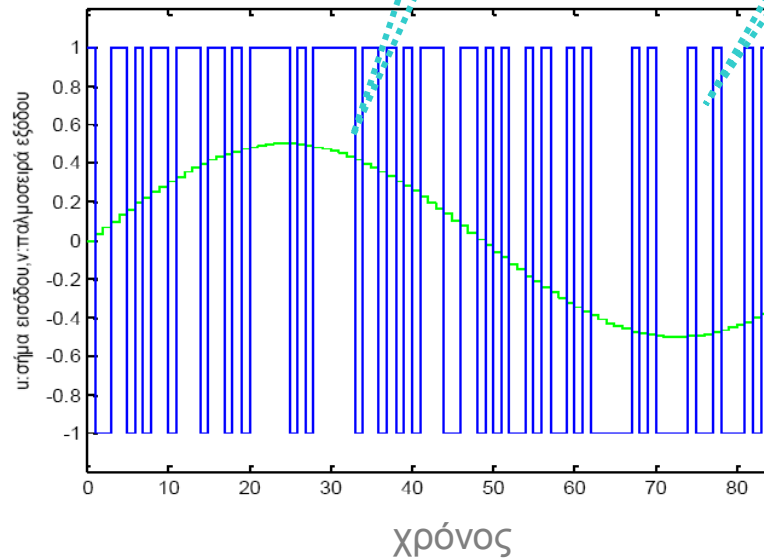
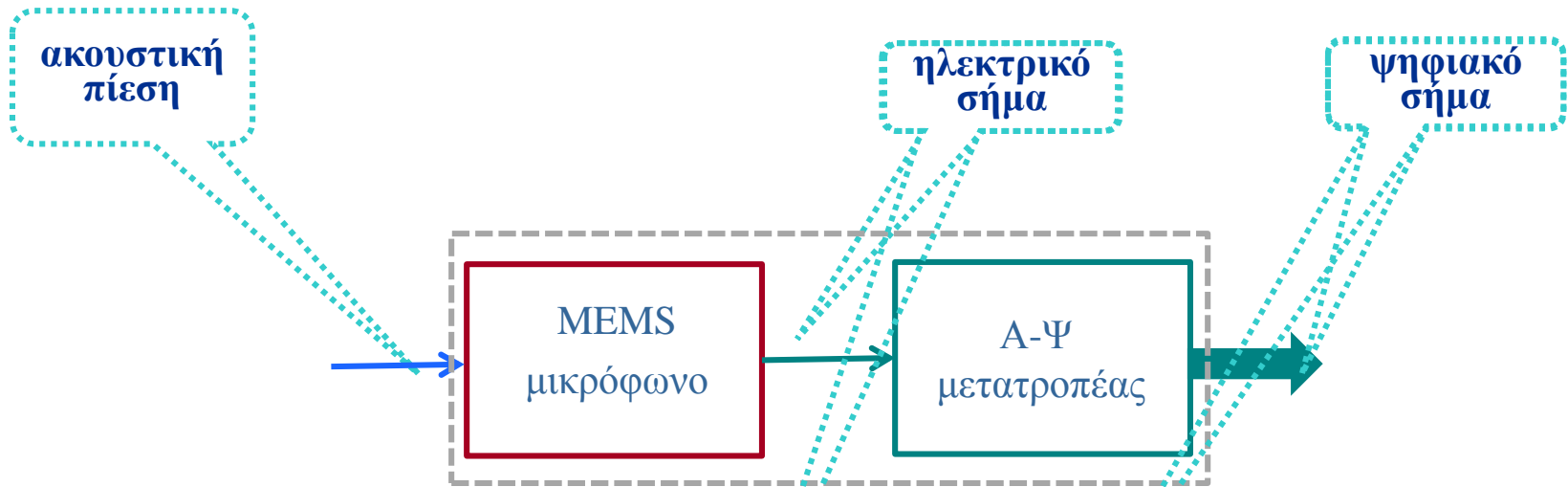
Ισοδύναμο πυκνωτικού μικροφώνου μονής πλάκας

ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ & ΣΤΑΘΕΡΕΣ	ΤΙΜΗ [ΜΟΝΑΔΕΣ]	ΦΥΣΙΚΗ ΕΡΜΗΝΕΙΑ
E	160 [GPa]	Σταθερά του Young
ν	0.2	Δείκτης του Poisson
ρ	2330 [kg/m ³]	Πυκνότητα του πολυπυριτίου
ad	230 μm	Ακτίνα του διαφράγματος
hd	2.25 μm	Πάχος του διαφράγματος
abp1	256 μm	Ακτίνα του top backplate
abp2	213 μm	Ακτίνα του bottom backplate
hbp1	2.25 μm	Πάχος του top backplate
hbp2	2.25 μm	Πάχος του bottom backplate
g	2 μm	Ύψος του διακένου
ah	5 μm	Ακτίνα της μίας οπής στο backplate
N1	557	Αριθμός των οπών στο top backplate
N2	367	Αριθμός των οπών στο bottom backplate

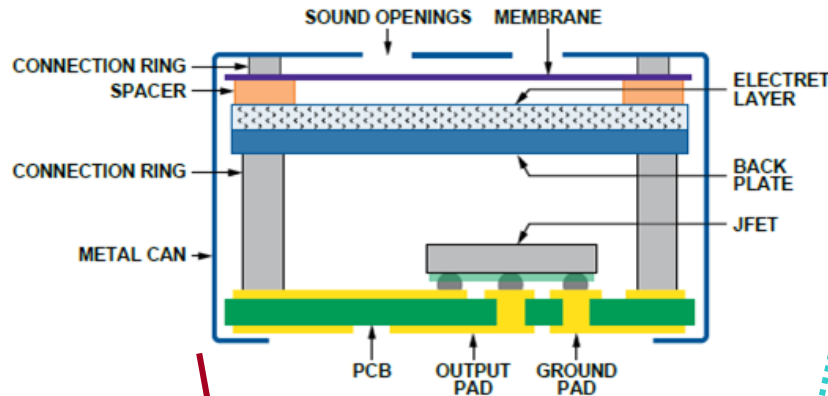
απόκριση ισοδύναμου πυκνωτικού μικροφώνου



ψηφιακά μικρόφωνα MEMS



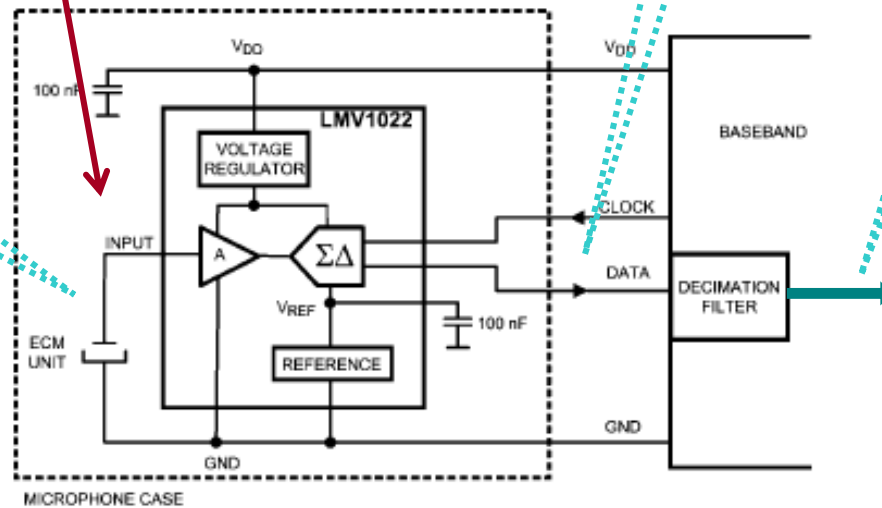
ψηφιακά μικρόφωνα MEMS



ψηφιακό
σήμα Σ/Δ
(PDM)

ψηφιακό
σήμα PCM

ακουστική
πίεση



χρήση

παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική

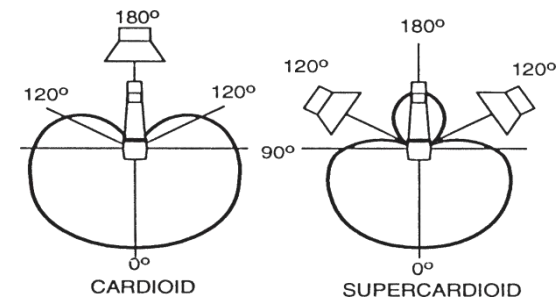
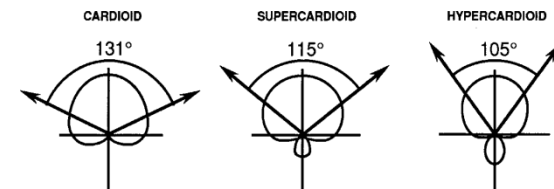
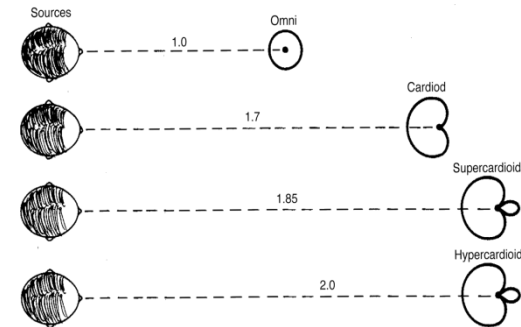
επιλογή μικροφώνου

- χαρακτηριστικά πηγών
ένταση εκπομπής
φάσμα εκπομπής
- απόσταση πηγών, διάταξη σκηνής
- είδος/ύφος προγράμματος
- τεχνικές ηχοληψίας που θα χρησιμοποιηθούν

παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική

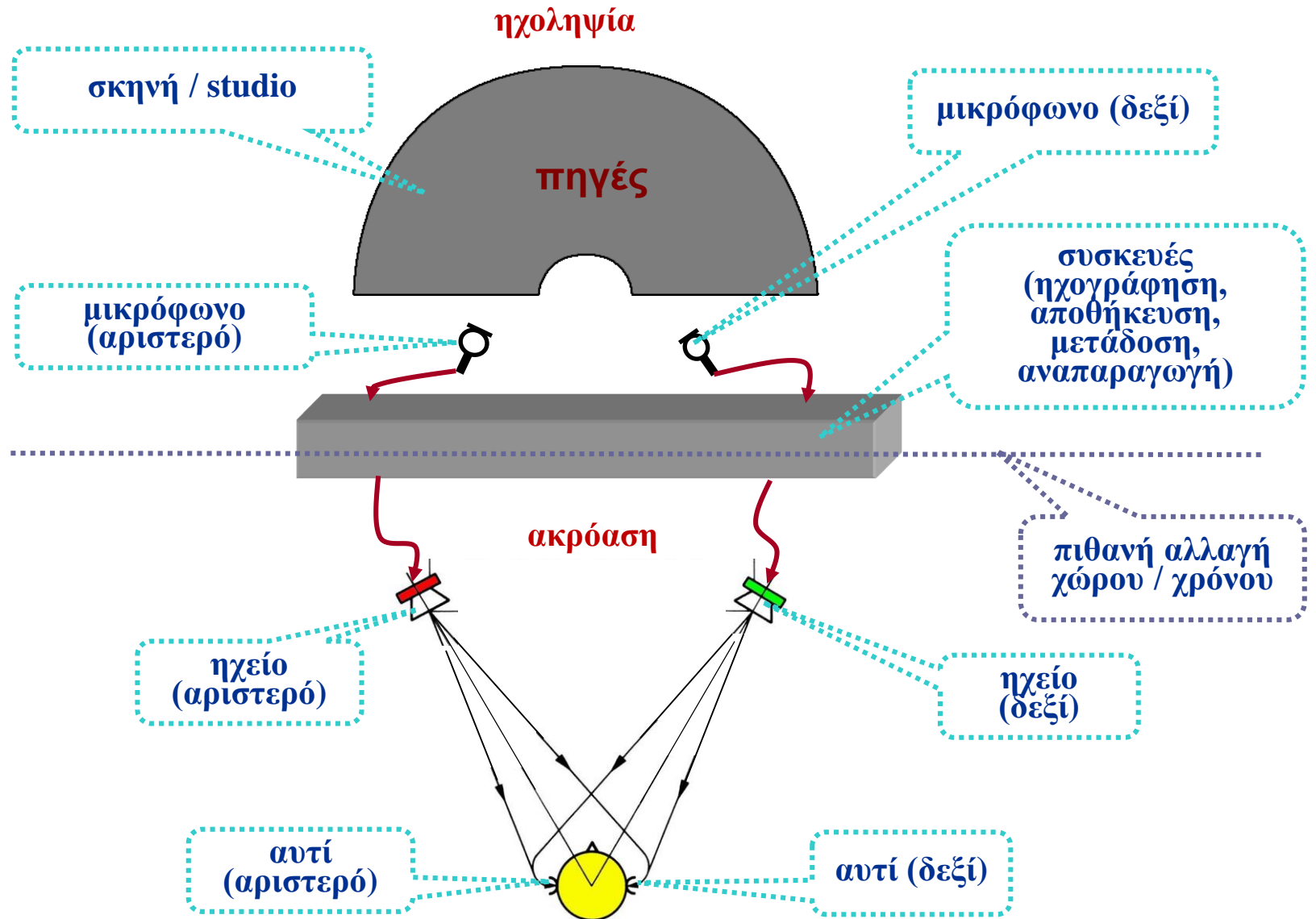
κατευθυντικότητα μικροφώνων

- απόσταση από την πηγή
- περιοχή / γωνία κάλυψης
απόσταση μικροφώνου - σκηνης
Cardioid: 4.4 φορές
Hypercardioid: 2.6 φορές
Bidirectional: 2.0 φορές
- τοποθέτηση ηχείων monitor



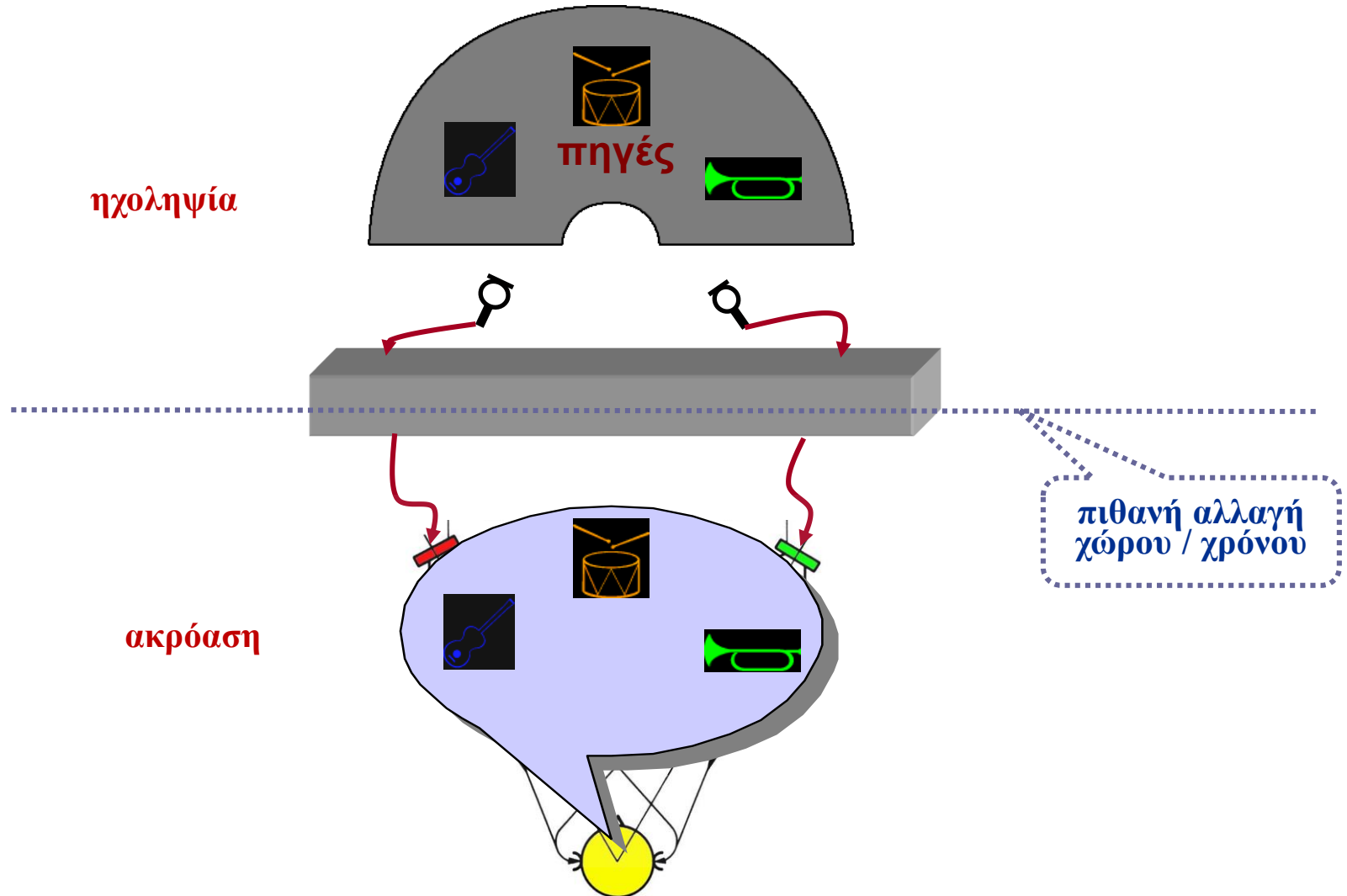
στερεοφωνική ηχοληψία

παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική



στερεοφωνική ηχοληψία

παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική



παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική

ανθρώπινη ακοή - εντοπισμός πηγών στον χώρο:

διαφορές χρόνου (*Interaural Time Difference, ITD*)

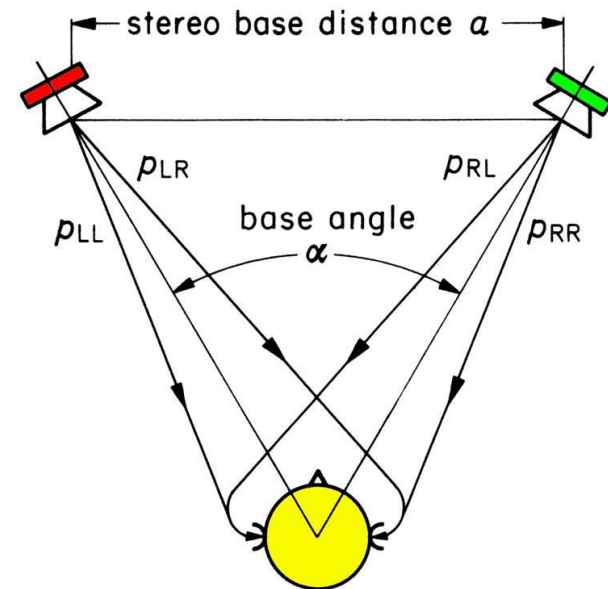
διαφορές έντασης (*Interaural Level Difference, ILD*)

στερεοφωνικές τεχνικές μικροφώνων:

καταγραφή σημάτων με κατάλληλες
διαφορές έντασης/χρόνου
“τοποθέτηση του ακροατή στην σκηνή”

ηχογράφηση και ενίσχυση:

ορχήστρας
χορωδίας
μουσικών συνόλων δωματίου
κλπ.

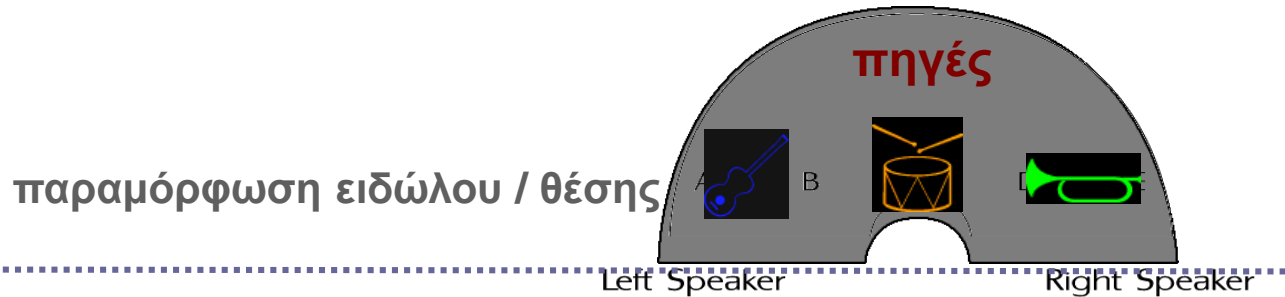


από Blauert

στερεοφωνική ηχοληψία

παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική

ηχοληψία



ακρόαση

σωστή στερεοφωνική εικόνα



έμφαση στην κεντρική θέση



συρίκνωση στο κέντρο



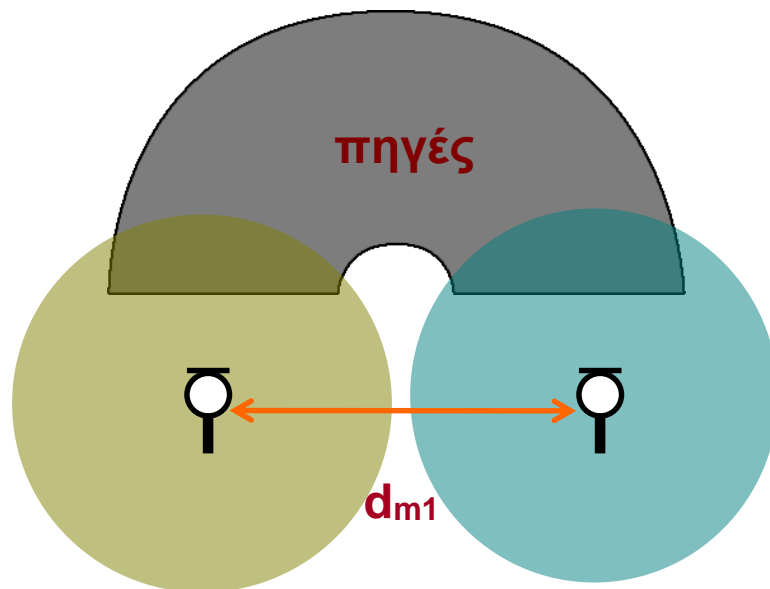
συρίκνωση στα άκρα



στερεοφωνική ηχοληψία – τεχνική A/B

παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική

- η πιο απλή τεχνική
- χρησιμοποιούνται κυρίως παντοκατευθυντικά μικρόφωνα
- βασίζεται σε διαφορές χρόνου
- d_{m1} επηρεάζει το πλάτος της στερεοφωνικής εικόνας
- η απόσταση των μικροφώνων από τις πηγές επηρεάζει τον λόγο απευθείας προς ανακλώμενου σήματος



στερεοφωνική ηχοληψία – τεχνική A/B

παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική

πλεονεκτήματα

- ομαλότερη απόκριση στις χαμηλές συχνότητες (παντοκατευθυντικά)
- λιγότερος χρωματισμός των πηγών εκτός άξονα
- πολύ καλή αίσθηση του χώρου

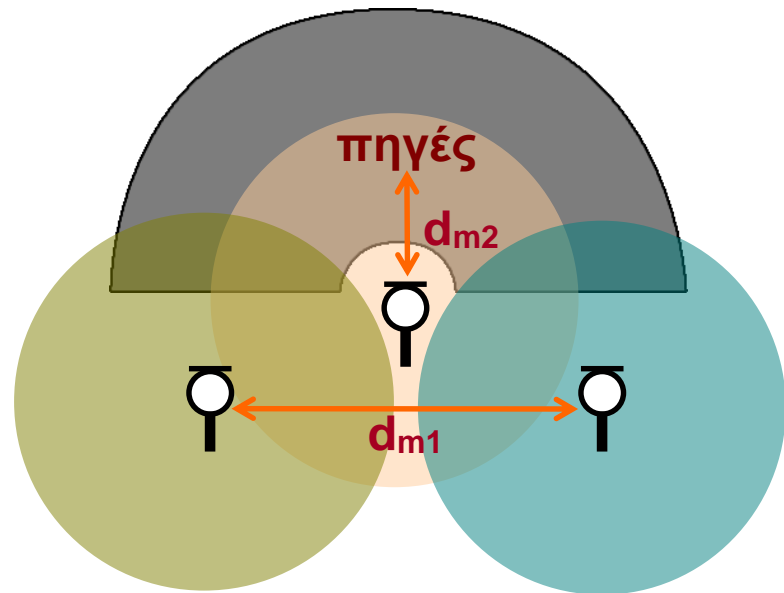
μειονεκτήματα

- στερεοφωνική εικόνα πιθανόν να είναι “κλειστή”
- είδωλα δεν είναι τόσο ακριβή ως προς την θέση τους
- αύξηση της οδηγεί σε μείωση της αίσθησης του κέντρου
πιθανή ανάγκη χρήσης τρίτου μικροφώνου (Decca Tree)
- όχι συμβατή με μονοφωνική αναπαραγωγή.

στερεοφωνική ηχοληψία – Decca tree

παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική

- παρόμοια με την A/B
- χρησιμοποιούνται 3 παντοκατευθυντικά μικρόφωνα
- βασίζεται σε διαφορές χρόνου
- d_{m1} και d_{m2} επηρεάζουν τη στερεοφωνική εικόνα
- μη συμβατή με μονοφωνική αναπαραγωγή



στερεοφωνική ηχοληψία – τεχνική Decca tree

παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική

πλεονεκτήματα

- σταθερά είδωλα
- μεγάλη γωνία (και κοντά στη σκηνή)
- συμβατή με μονοφωνική αναπαραγωγή

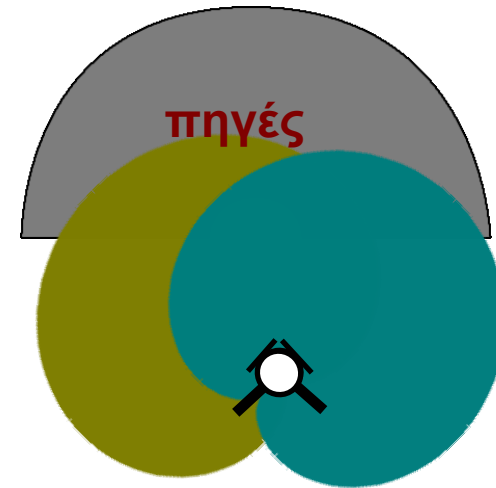
μειονεκτήματα

- χρωματισμός για πηγές εκτός άξονα
 - έλλειψη πληροφορίας χρόνου – μέτρια καταγραφή του χώρου
-

στερεοφωνική ηχοληψία – Χ / Ψ

παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική

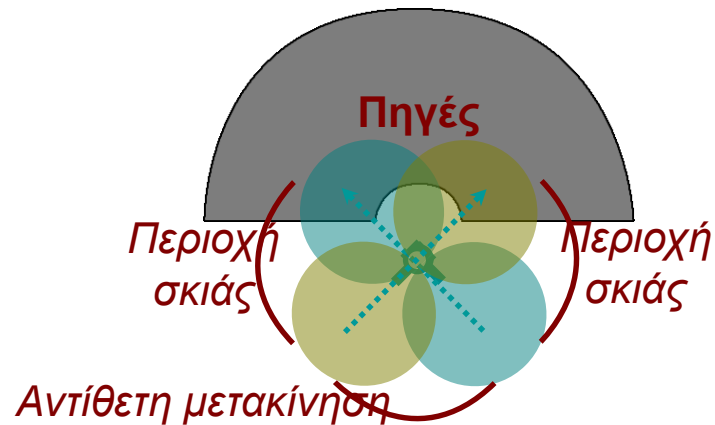
- χρησιμοποιούνται κατευθυντικά μικρόφωνα
- τοποθετούνται σε ίδια θέση (coincident)
- βασίζεται σε διαφορές έντασης
- φ καθορίζει τη στερεοφωνική εικόνα (135^ο έως 80^ο, συνήθως 90^ο)



στερεοφωνική ηχοληψία – τεχνική Blumlein

παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική

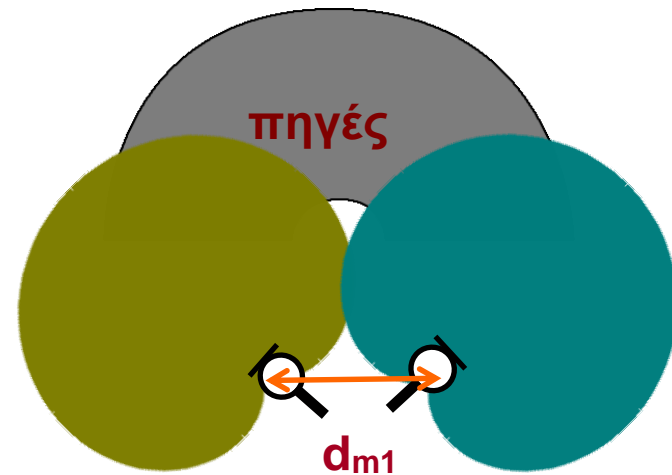
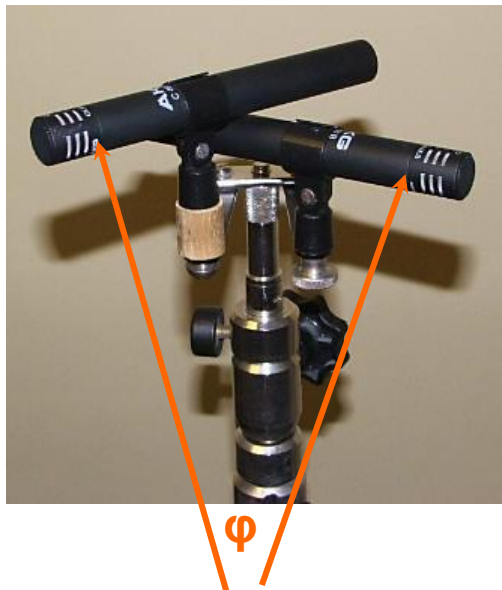
- όπως η Χ/Ψ
- χρησιμοποιούνται δικάτευθунτικά μικρόφωνα
- δημιουργούνται 4 τεταρτημόρια
- καλύτερη αίσθηση του χώρου



στερεοφωνική ηχοληψία – τεχνική ORTF

παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική

- συνδυασμός A/B και X/Ψ
- βασίζεται σε διαφορές έντασης και χρόνου
- φ συνήθως 110° , d_m συνήθως 17 cm



στερεοφωνική ηχοληψία – τεχνική ORTF

παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική

πλεονεκτήματα

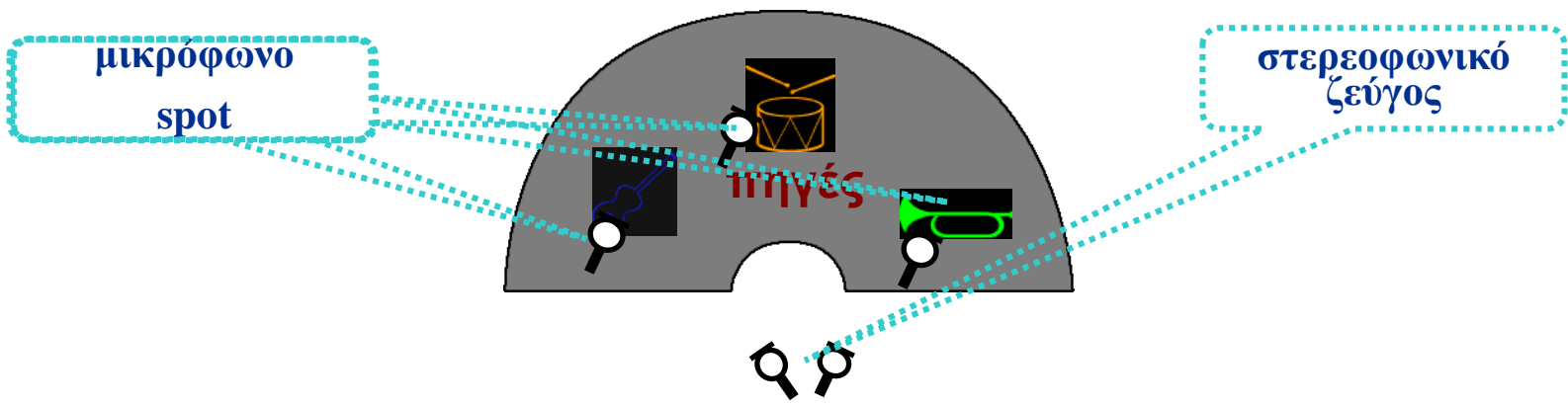
- ευελιξία
- μεγαλύτερη κάλυψη από την X/Ψ
- πολύ καλή αίσθηση του χώρου και ακριβής στερεοφωνική εικόνα

μειονεκτήματα

- χρωματισμός για μεγάλες αποστάσεις (κατευθυντικά μικρόφωνα)
- όχι πλήρως συμβατή με μονοφωνική αναπαραγωγή

στερεοφωνική ηχοληψία – τεχνικές πολλαπλών μικροφώνων

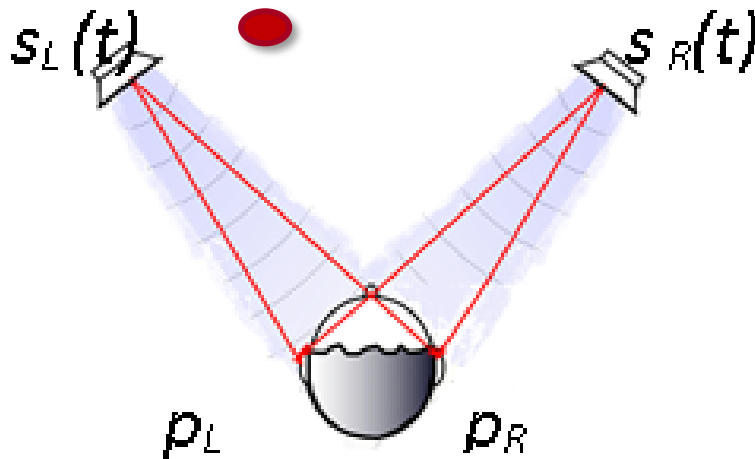
παραδοσιακές εφαρμογές ηχοληψίας για μουσική



στερεοφωνική αναπαραγωγή

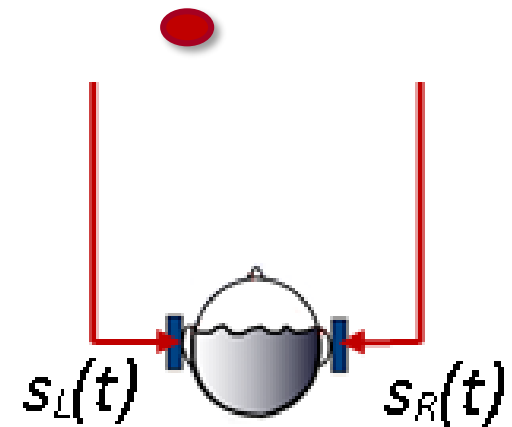
ακρόαση με 2 ηχεία:

στερεοφωνική
αναπαραγωγή θέσης
πηγής μέσω
κωδικοποίησης
πλάτους στα 2 κανάλια



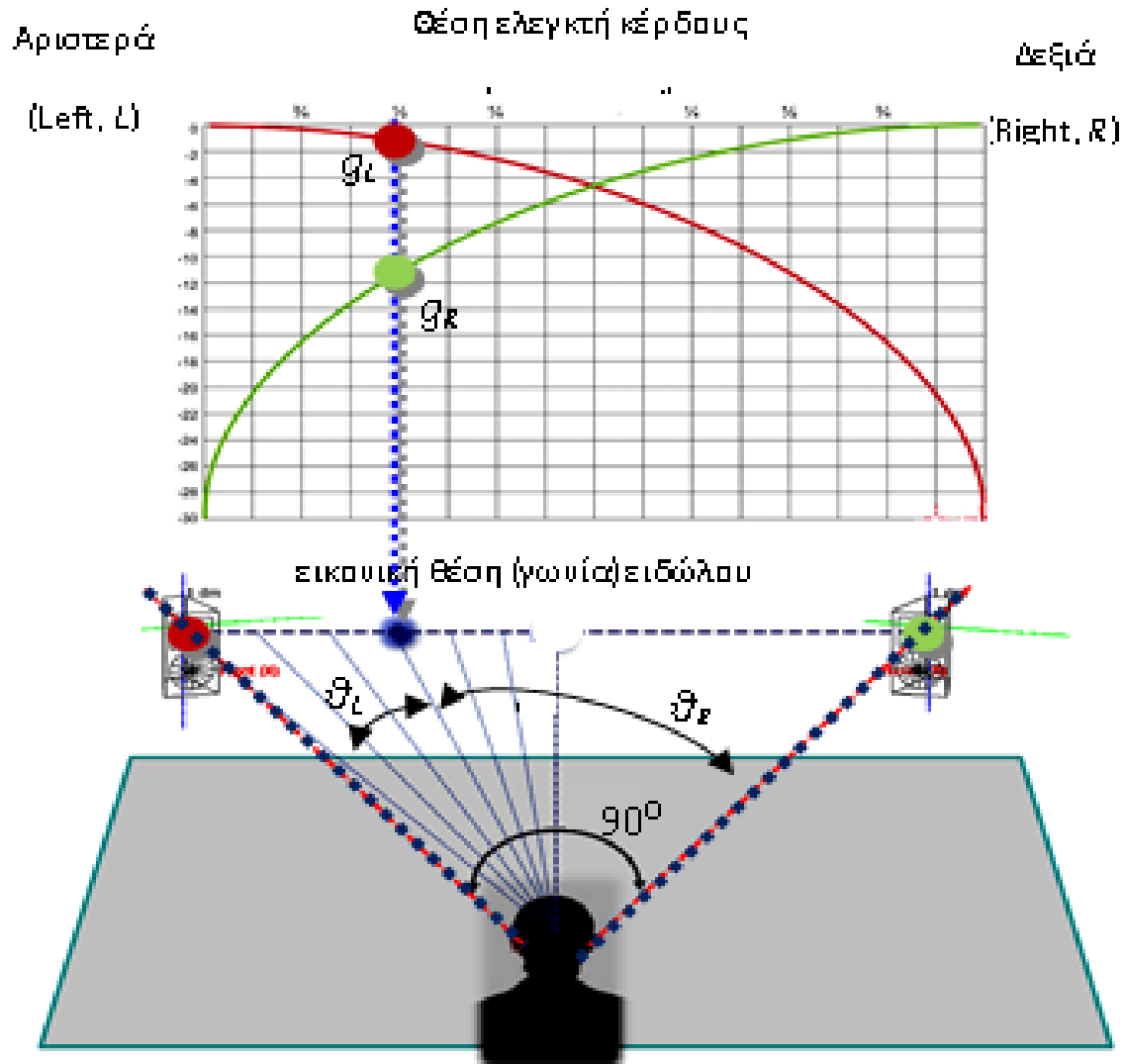
ακρόαση με ακουστικά:

στερεοφωνική και
δυνατότητα αμφιωτικής
αναπαραγωγής



στερεοφωνική αναπαραγωγή

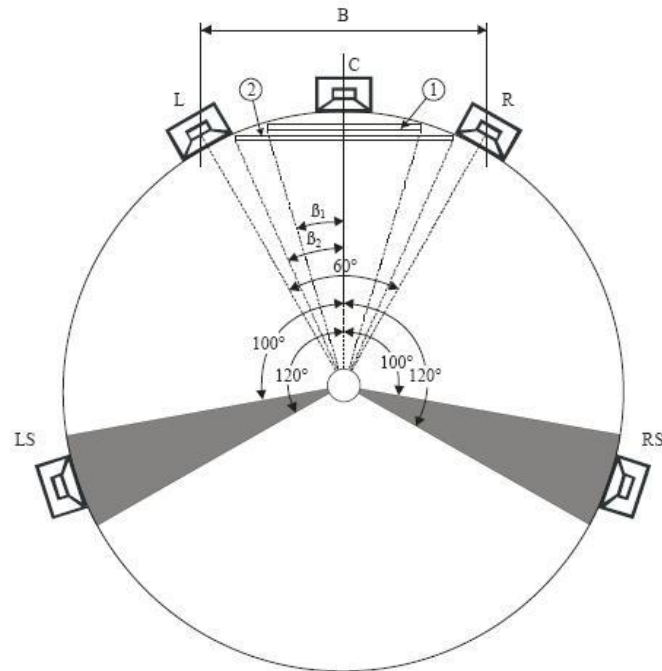
αντίληψη εικονικής πηγής σε συγκεκριμένη γωνία



ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΤΑ ITU-R (MPEG-2)

Rep. ITU-R BS.2159-4

FIGURE 1
Reference loudspeaker arrangement with
loudspeakers L/C/R and LS/RS



Screen 1 HDTV - Reference distance = $3 H (2\beta_1 = 33^\circ)$

Screen 2 = $2 H (2\beta_2 = 48^\circ)$

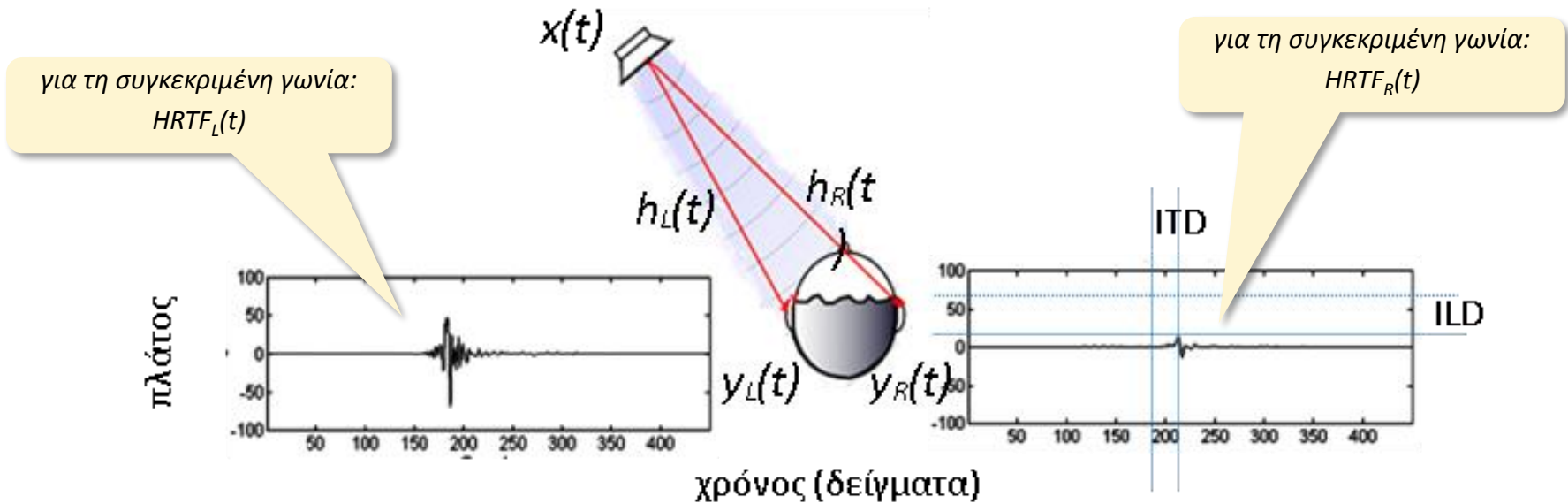
H: height of screen

B: loudspeaker base width

Loudspeaker	Horizontal angle from centre (degrees)	Height (meters)	Inclination (degrees)
C	0	1.2	0
L, R	30	1.2	0
LS, RS	100 ... 120	≥ 1.2	0 ... 15 down

αμφιωτική (binaural) κωδικοποίηση - αναπαραγωγή

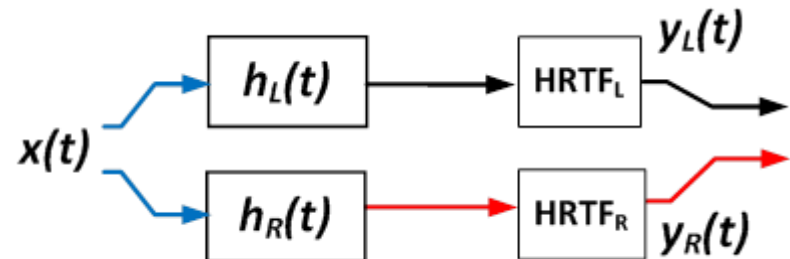
καταγραφή αμφιωτικών αποκρίσεων πηγής σε συγκεκριμένη γωνία



ακριβής δημιουργία εικονικής πηγής σε συγκεκριμένη γωνία

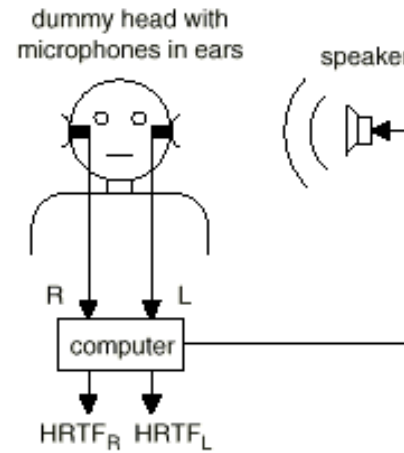
$$y_L(t) = x(t) * h_L(t) * HRTF_L(t)$$

$$y_R(t) = x(t) * h_R(t) * HRTF_R(t)$$

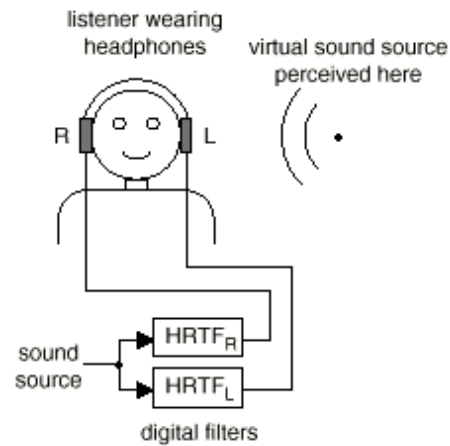
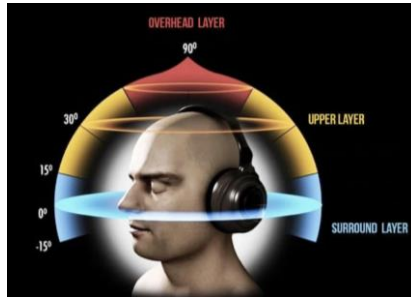


αμφιωτική (binaural) κωδικοποίηση - αναπαραγωγή

καταγραφή αμφιωτικών αποκρίσεων πηγής σε συγκεκριμένη γωνία

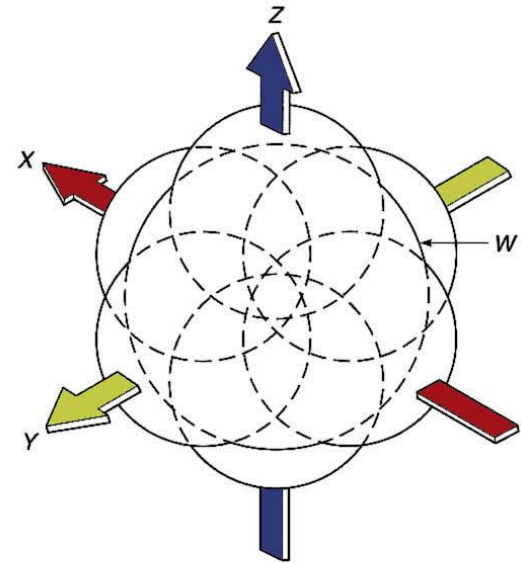
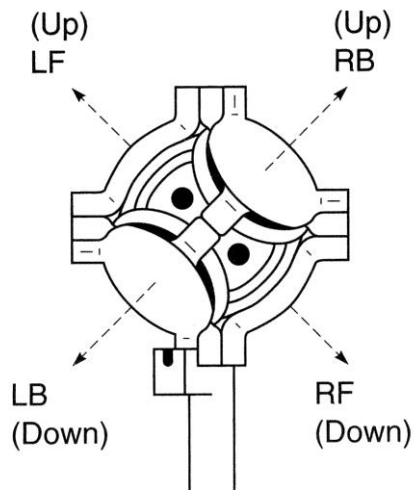


ακριβής δημιουργία εικονικής πηγής σε συγκεκριμένη γωνία



αμφιφωνική (ambisonic) κωδικοποίηση - αναπαραγωγή

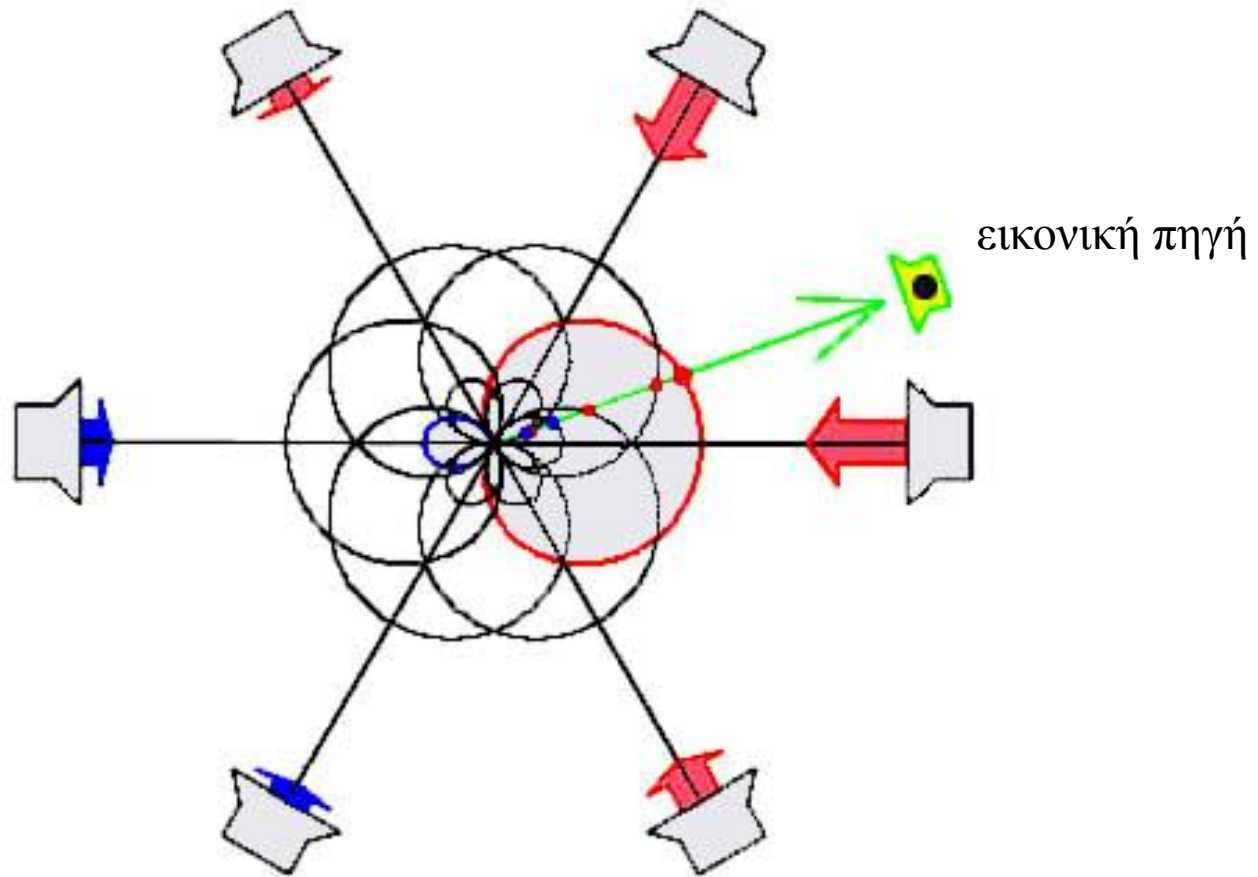
αμφιφωνική κωδικοποίηση και αναπαραγωγή 1^{ης} Τάξης first order Ambisonics



Soundfield[®] microphone *B-Format* coding

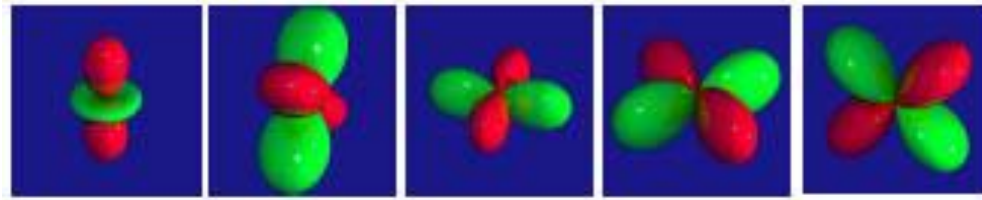
αμφιφωνική (ambisonic) κωδικοποίηση - αναπαραγωγή

αμφιφωνική κωδικοποίηση και αναπαραγωγή 1^{ης} Τάξης first order Ambisonics

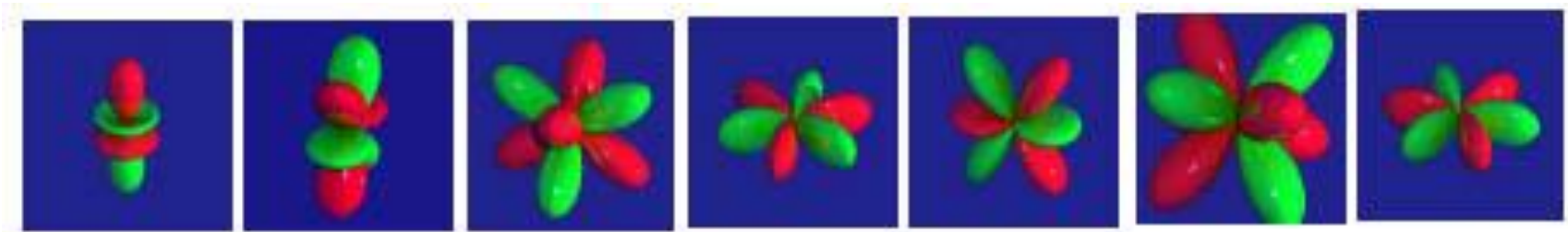


αμφιφωνική (ambisonic) κωδικοποίηση - αναπαραγωγή

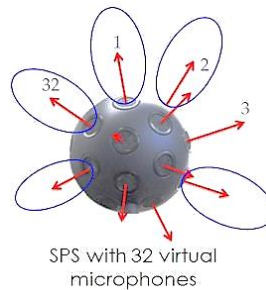
αμφιφωνική κωδικοποίηση και αναπαραγωγή Υψηλότερης Τάξης Higher Order Ambisonics (HOA)



5 χωρικές αρμονικές σφαιρικής ηχητικής πηγής Τάξης 2

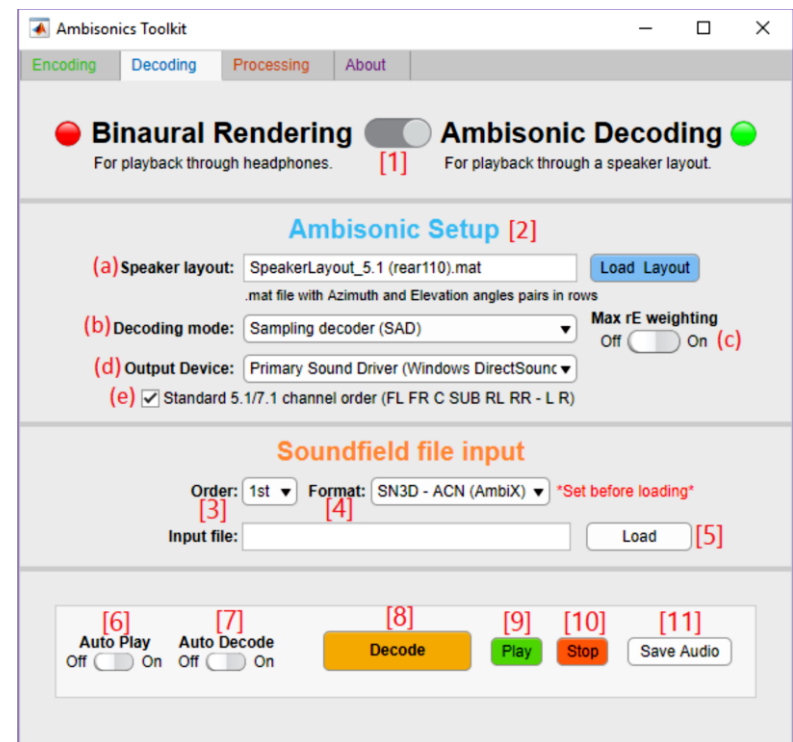
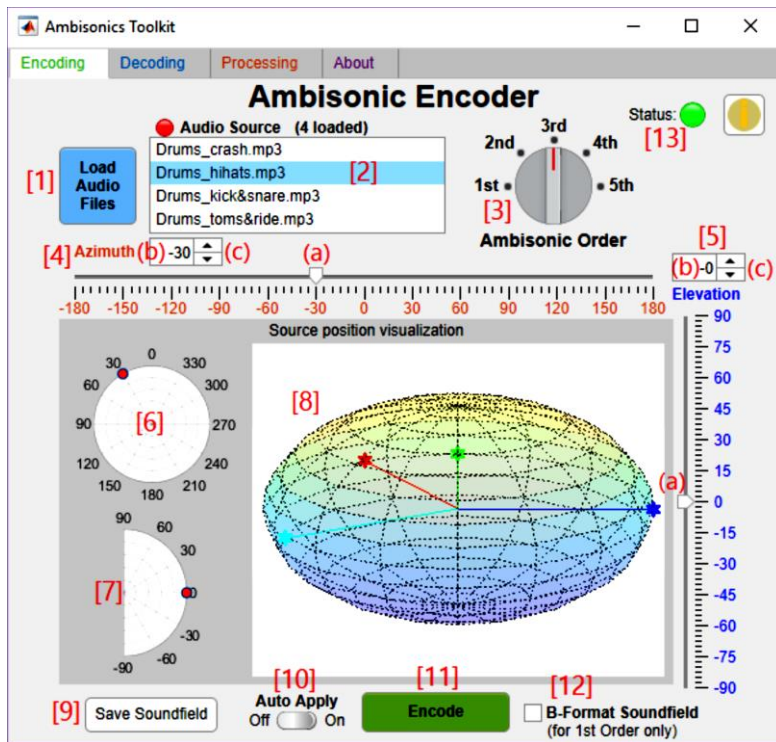


7 χωρικές αρμονικές σφαιρικής ηχητικής πηγής Τάξης 3



αμφιφωνική (ambisonic) κωδικοποίηση - αναπαραγωγή

αμφιφωνική κωδικοποίηση και αναπαραγωγή Υψηλότερης Τάξης Higher Order Ambisonics (HOA)



συστοιχίες μικροφώνων κωδικοποίηση - αναπαραγωγή

παραδείγματα χρήσης συστοιχιών

κυκλική συστοιχία
οικιακή χρήση:
π.χ. Amazon Echo



γραμμική συστοιχία
χρήση γραφείου:
π.χ. ClearOne beamforming



κυκλική συστοιχία
βιομηχανική χρήση:
π.χ. GFal



σφαιρική συστοιχία
ηχογράφηση μουσικής:
π.χ. Zylia



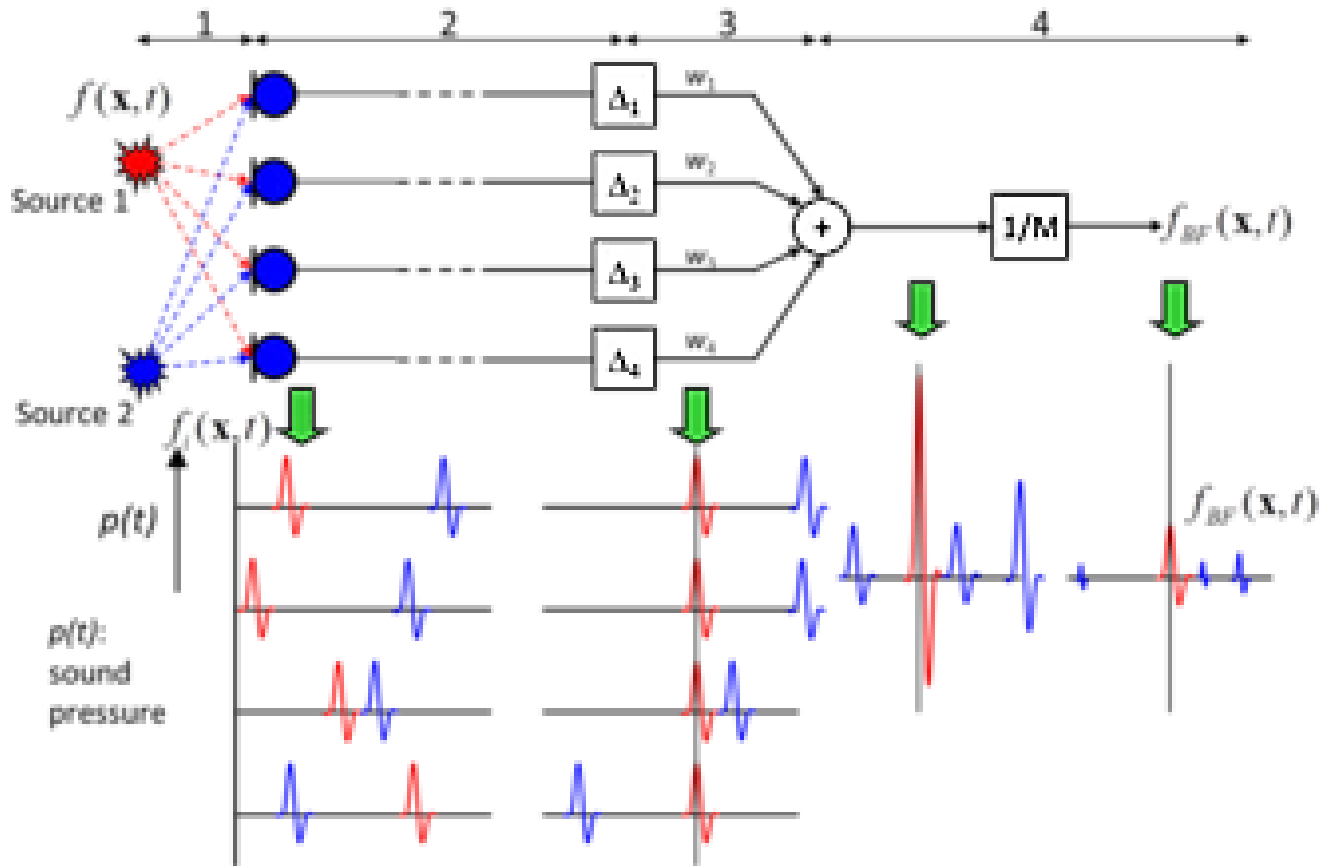
συστοιχίες μικροφώνων κωδικοποίηση - αναπαραγωγή

δυνατότητες συστοιχιών

- εστιασμός κατευθυντικότητας προς επιθυμητή πηγή
 - βελτίωση λόγου Σήματος προς Θόρυβο στο λαμβανόμενο σήμα
 - αυτόματος εντοπισμός γωνίας άφιξης σήματος (Direction of Arrival, DOA)
 - χρήση «ακουστικής κάμερας» εστιασμένη χρονοσυχνοτική ανάλυση και εντοπισμός σημάτων από συγκεκριμένο σημείο εκπομπής
 - καταγραφή 3Δ ακουστικού πεδίου για καταστολή θορύβου και αντήχησης, διαχωρισμό πολλαπλών πηγών (από πολλαπλά κανάλια ήχου για ΨΕΣ)
 - ηχογράφηση πηγών και του 2Δ ή 3Δ ακουστικού πεδίου (προσομοίωση των παραδοσιακών τεχνικών ηχοληψίας)
 - κωδικοποίηση σε τυποποιήσεις ambisonics ή και binaural
-

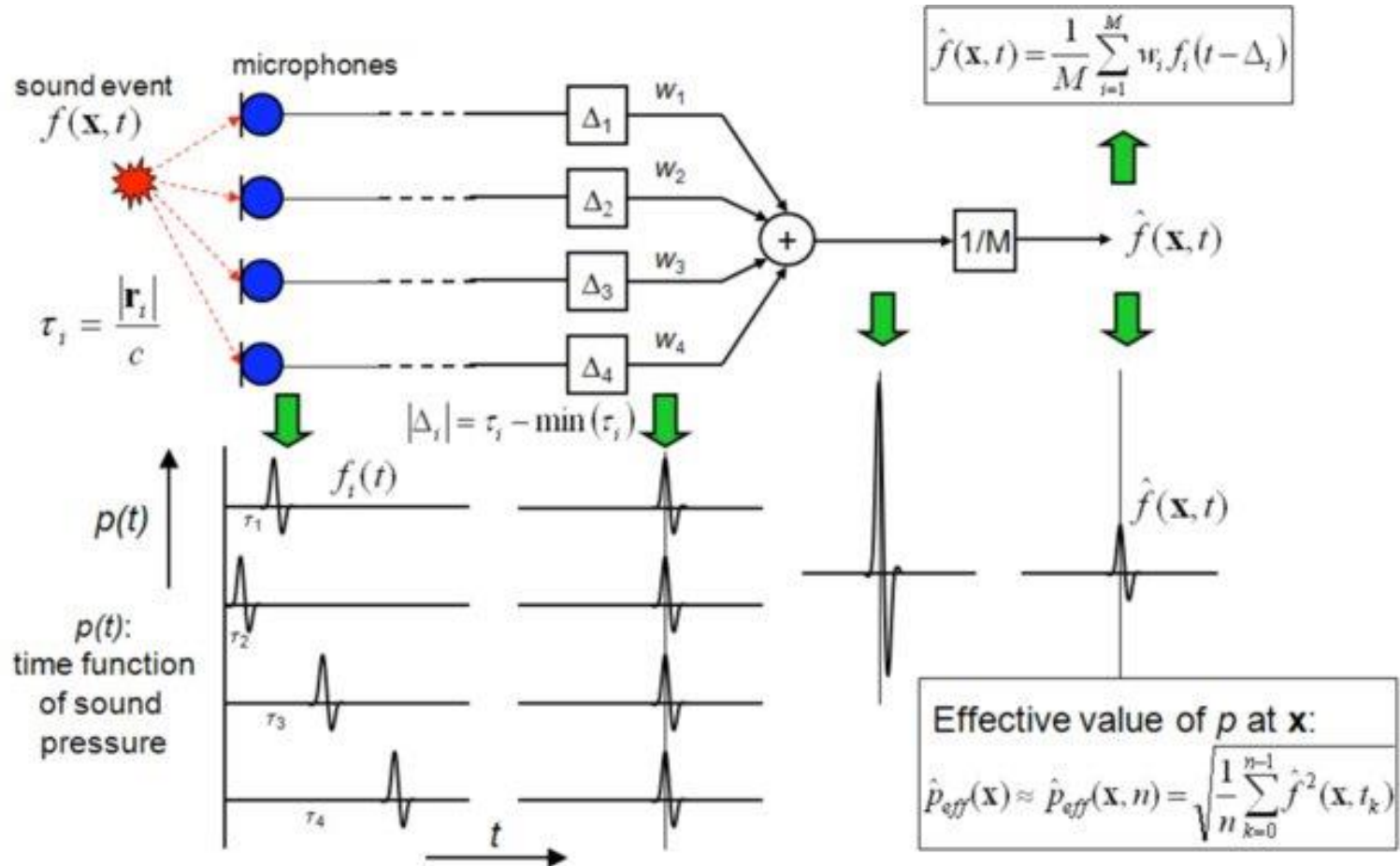
συστοιχίες μικροφώνων για καταγραφή πηγών στο χώρο

γραμμική συστοιχία στο πεδίο του χρόνου (delay & sum beamformer)



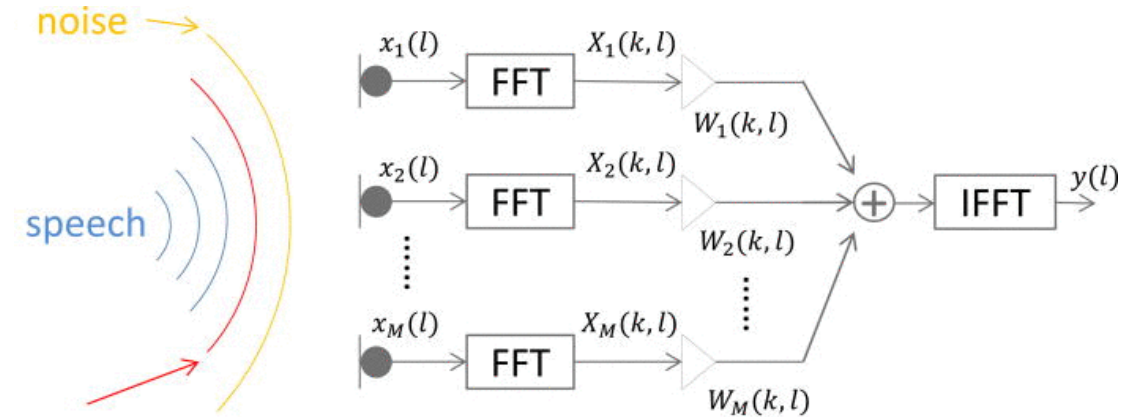
συστοιχίες μικροφώνων για καταγραφή πηγών στο χώρο

γραμμική συστοιχία στο πεδίο του χρόνου (delay & sum beamformer)

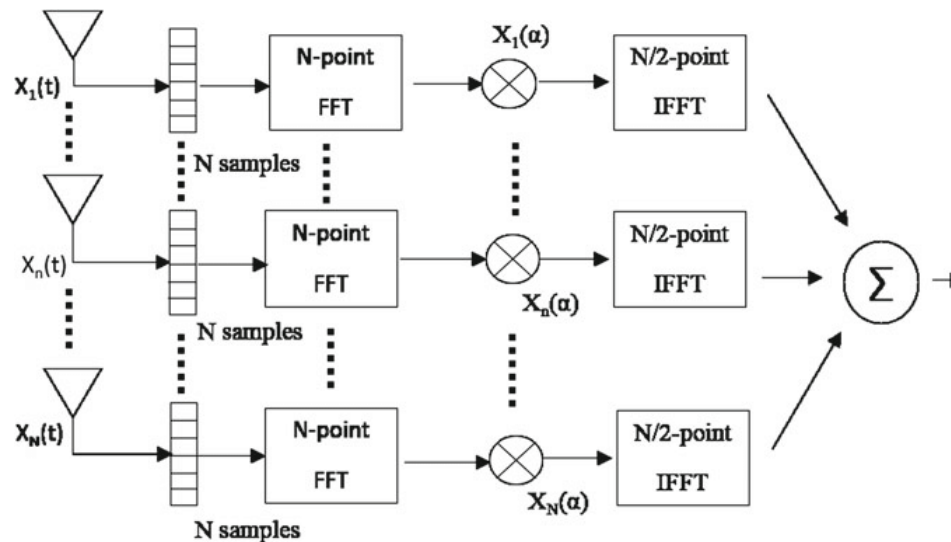


συστοιχίες μικροφώνων για καταγραφή πηγών στο χώρο

γραμμική συστοιχία στο πεδίο συχνότητας

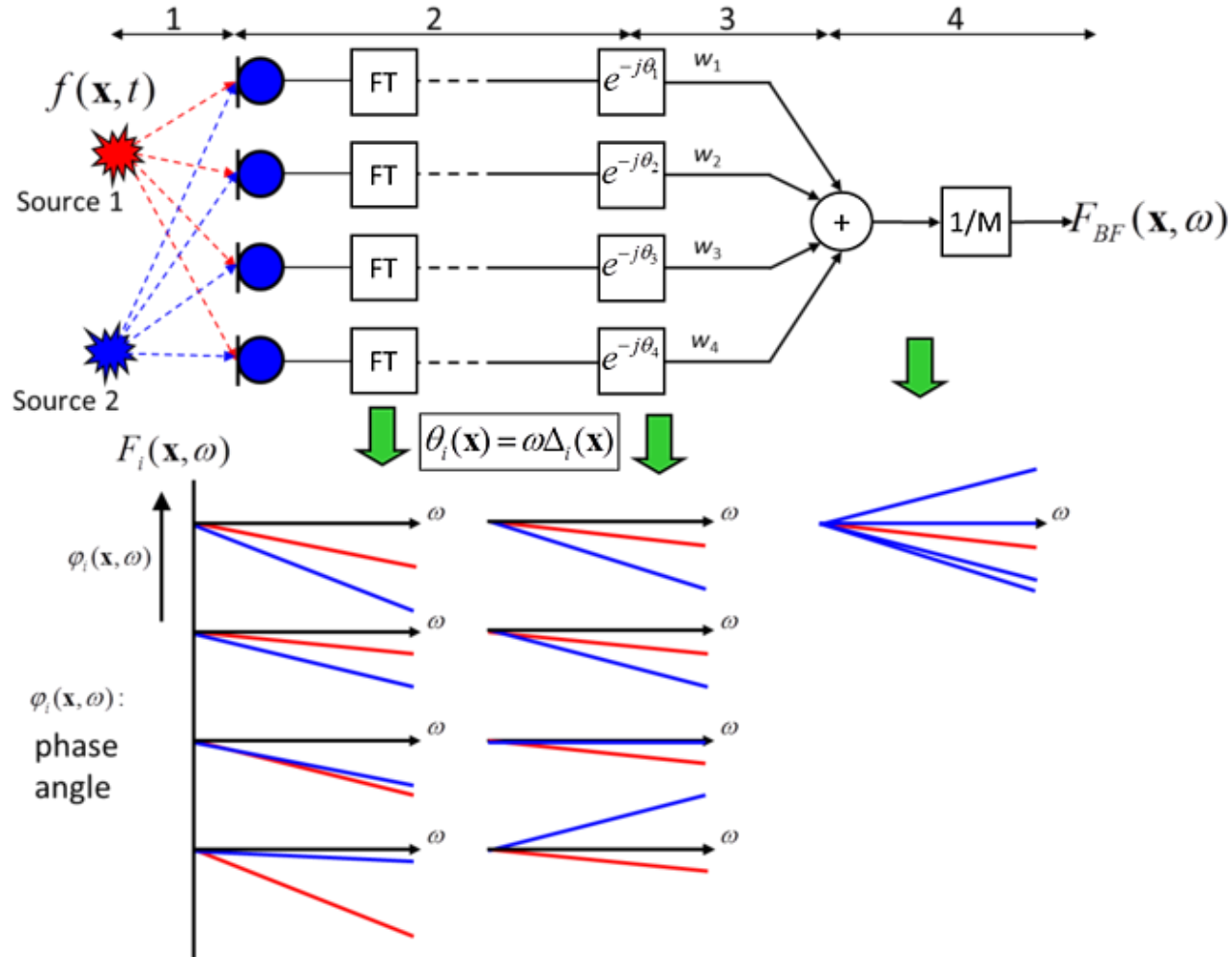


Interfere



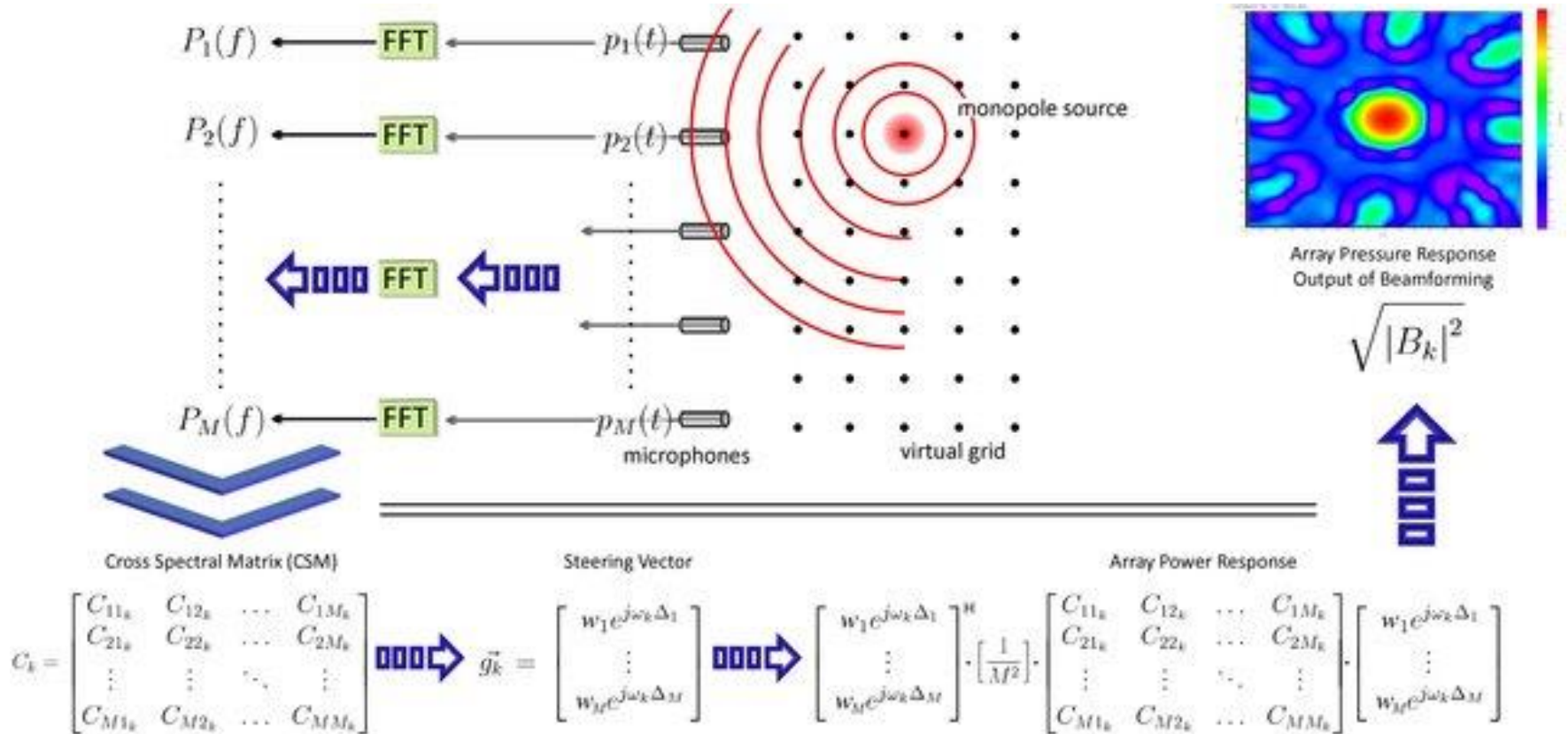
συστοιχίες μικροφώνων για καταγραφή πηγών στο χώρο

γραμμική συστοιχία στο πεδίο συχνότητας



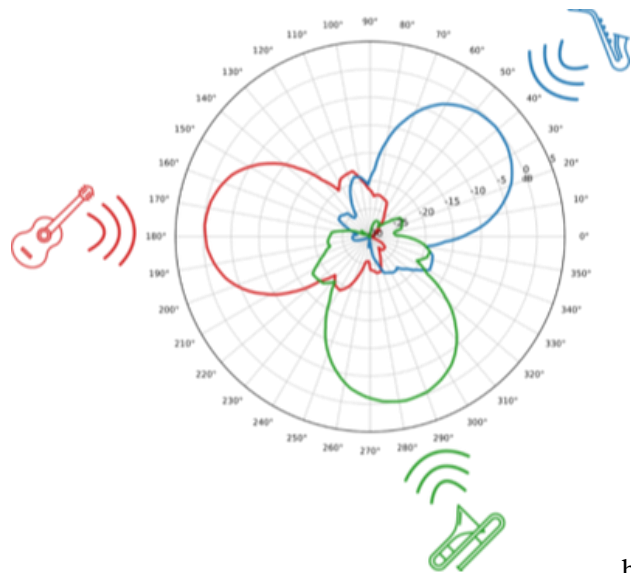
συστοιχίες μικροφώνων για καταγραφή πηγών στο χώρο

γραμμική συστοιχία στο πεδίο συχνότητας

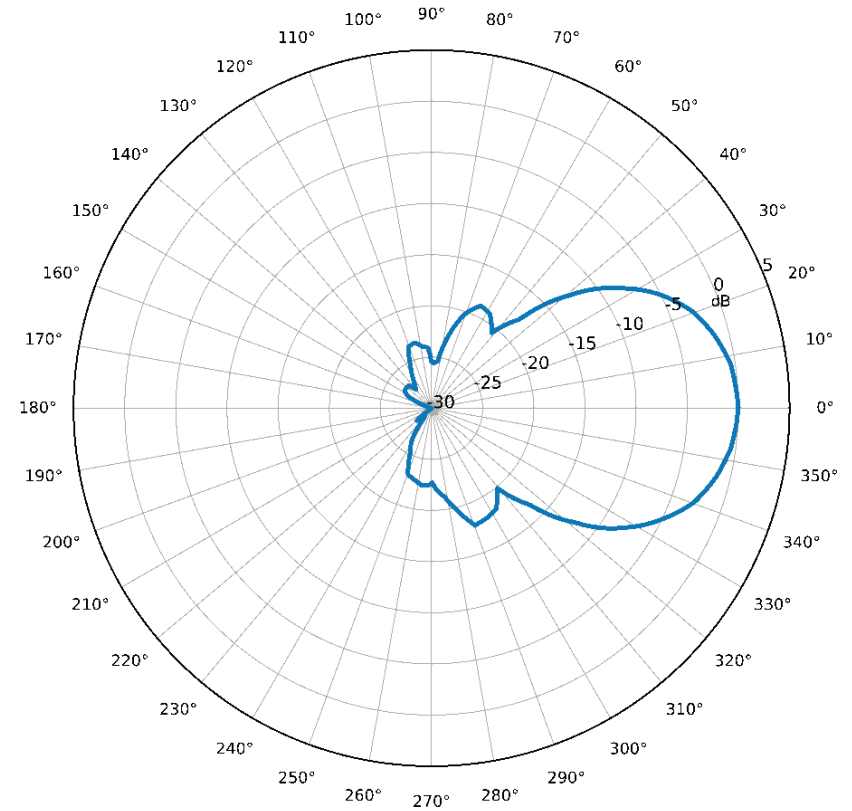


συστοιχίες μικροφώνων για καταγραφή πηγών στο χώρο

σφαιρική συστοιχία προσαρμοσμένης κατευθυντικότητας



Virtual Microphone Adaptability





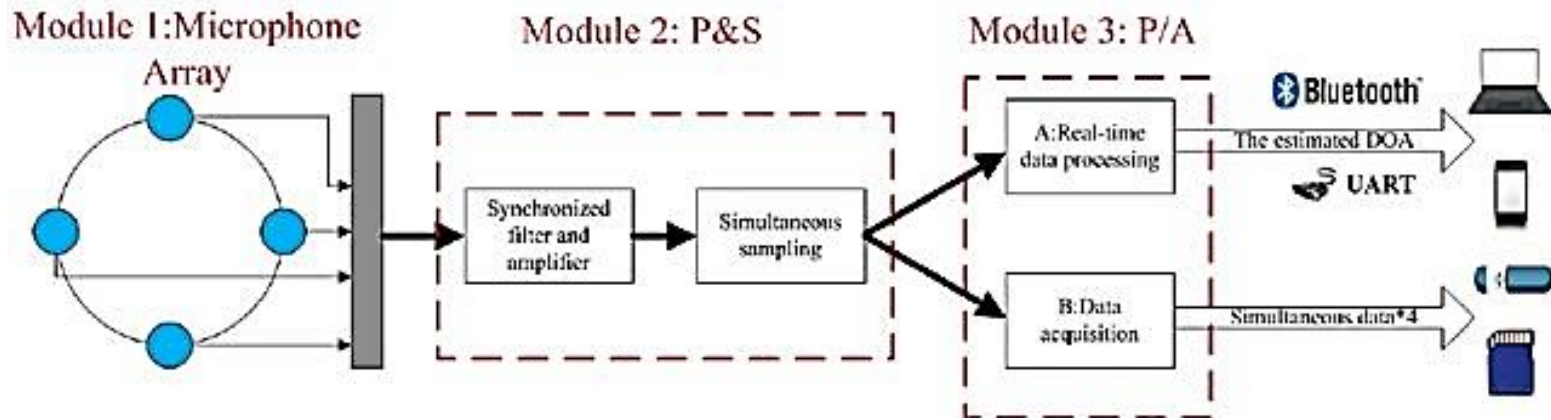
ομάδα τεχνολογίας ήχου & ακουστικής

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΣΥΡΜΑΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

<http://www.wcl.ece.upatras.gr/AudioGroup/>

συστοιχίες μικροφώνων για καταγραφή πηγών στο χώρο

παράδειγμα κυκλικής συστοιχίας



συστοιχίες μικροφώνων για καταγραφή πηγών στο χώρο

παράδειγμα κυκλικής συστοιχίας

