

ΗΛΕΚΤΡΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

2. Αναδρομή και αρχές λειτουργίας ΗΑ συστημάτων

Γιάννης Μουρτζόπουλος



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

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

ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟ-ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

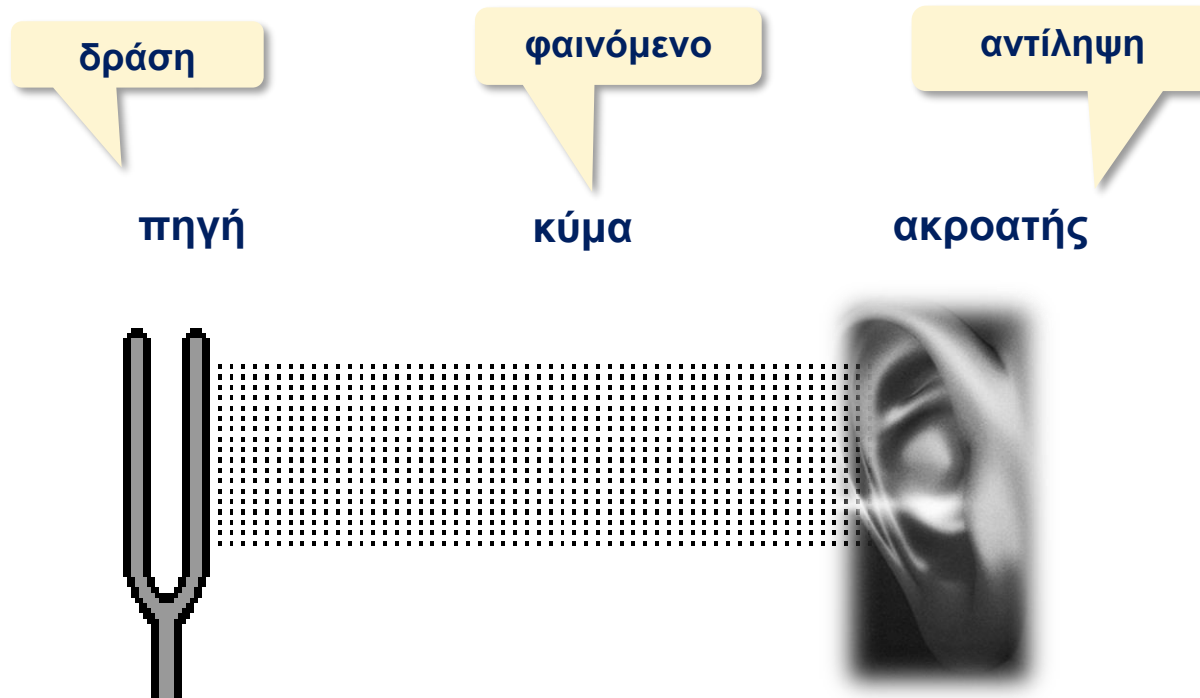
ΤΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- Χαρακτηριστικά Η/Α συστημάτων
- Ακουστικές πηγές, πεδίο
- Ακουστικές μετρήσεις – θόρυβος
- Η/Α ισοδυναμίες – ανάλογα



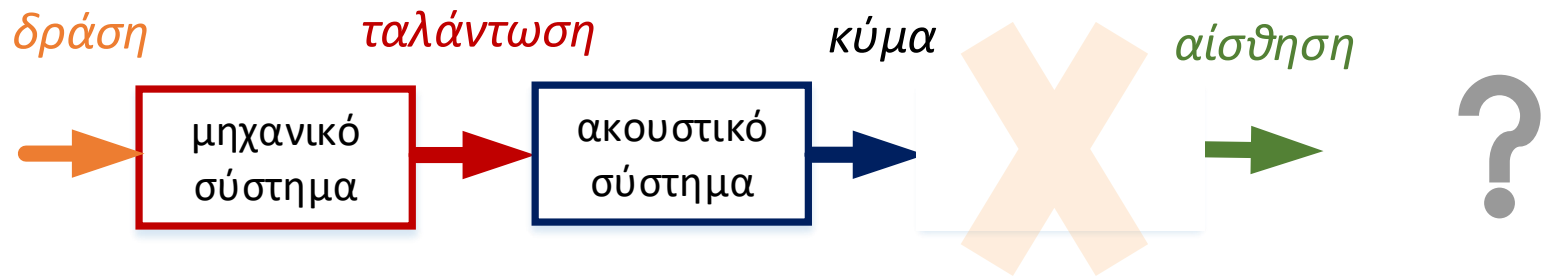
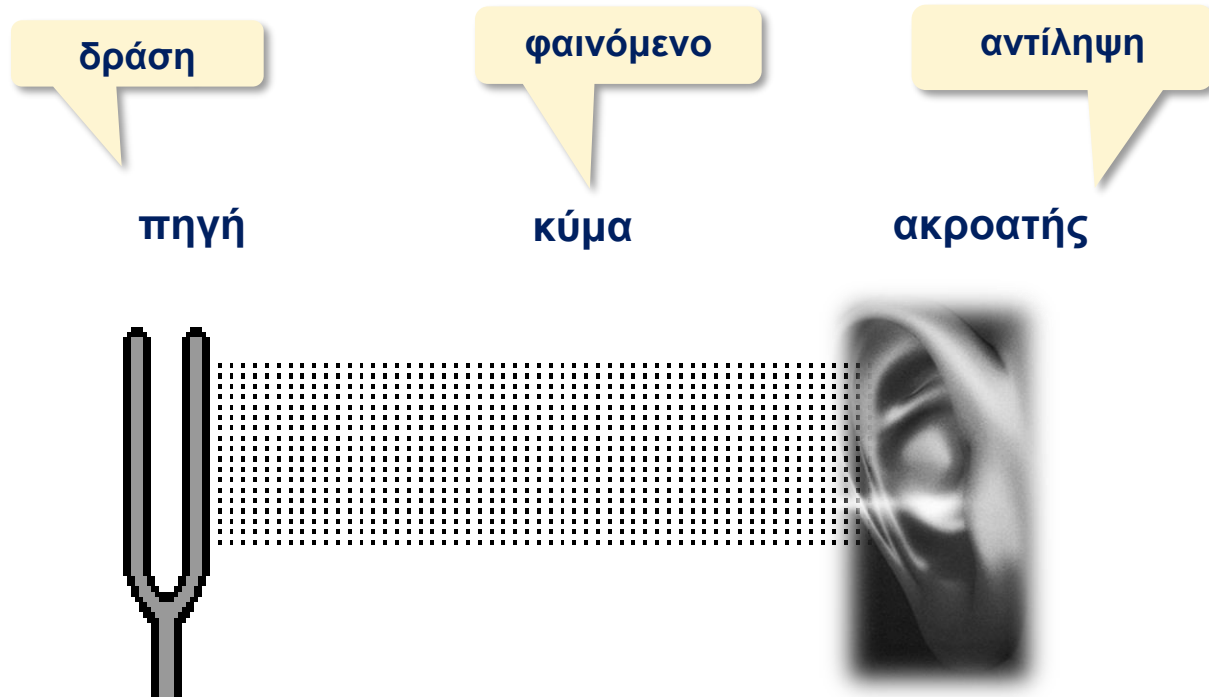
θεωρία

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΗΧΟΣ;

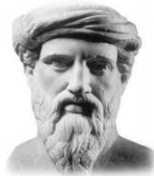


- **ταλάντωση** από την πηγή δημιουργεί ένα **κύμα**
- το κύμα **διαδίδεται** προς τον **δέκτη** (ακροατής, μικρόφωνο)
- παράγει **ακουστικό ερέθισμα**

ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΗΧΟΣ;



η επιστήμη της ακουστικής

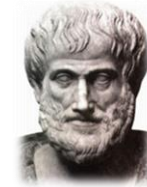


Πυθαγόρας 500 π.Χ.

ακούειν



α κ ο υ σ τ ι κ ή



Αριστοτέλης 350 π.Χ.

Φυσική του ήχου

Αντίληψη του ήχου



Lord Rayleigh 1877



von Helmholtz 1870

η επιστήμη της ακουστικής



αρχική πηγή: Χ.
Σπυρίδης, Τμήμα
Μουσικών Σπουδών,
ΕΚΠΑ

ΗΛΕΚΤΡΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗ : ΑΝΑΔΡΟΜΗ

ηλεκτροακουστική - ιστορική αναδρομή

1800

1857 Scott de Martinville

1876 Graham Bell

1877 Thomas Edison

1881 Clement Adler

1887 David Hughes

1893 P. Berliner

1898 Oliver Lodge

1898 Vladimir Poulsen

1900

1901 Marconi

1902 Greenleaf Pickard

1906 Cornelius Ehret

1907 DeForest

1922 Western Electric

φωνο-αυτογράφος

τηλέφωνο

φωνόγραφος (κυλίνδρου)

θεατρόφωνο (Διεθνής Έκθεση, Παρίσι)

μικρόφωνο (στοιχείο άνθρακος)

φωνόγραφος (δίσκου)

μεγάφωνο

μαγνητική ηχογράφηση

ασύρματος / ραδιόφωνο (κώδικας Morse)

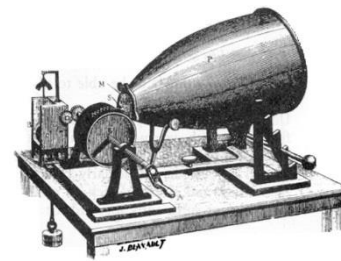
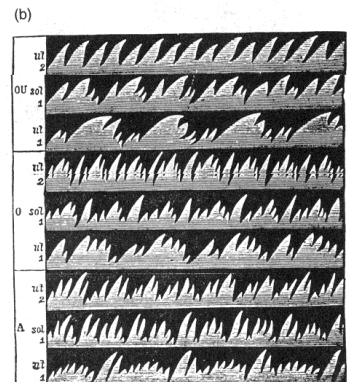
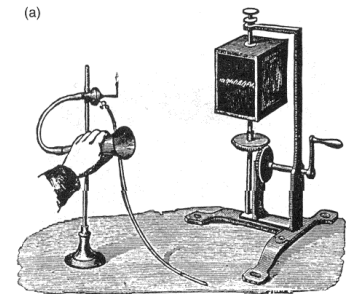
ραδιόφωνο (ηχητικό σήμα)

ενισχυτής (ηλεκτρομαγνητικός)

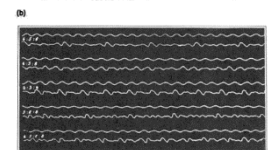
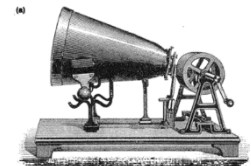
ενισχυτής λυχνίας

ενισχυτής λυχνίας (παραγωγή)

ραδιόφωνο (A.M.)

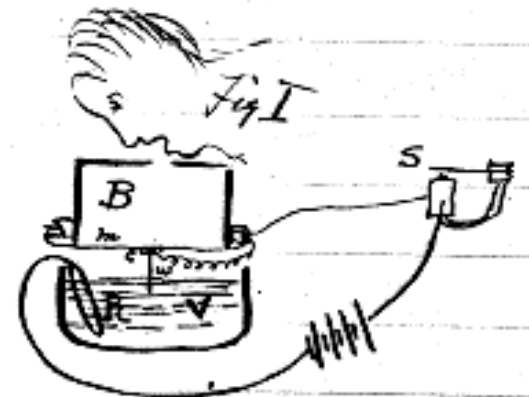
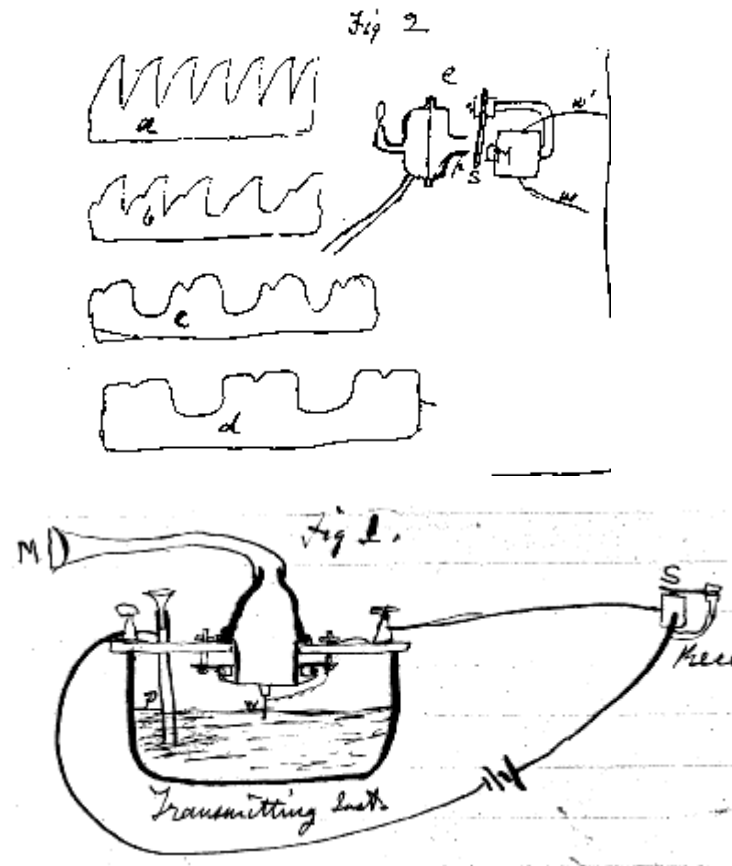


SCOTT'S PHONAUTOGRAPH



ηλεκτροακουστική - ιστορική αναδρομή

Alexander Graham Bell



από τις σημειώσεις του Bell, Φεβρουάριος –Μάρτιος 1876

ηλεκτροακουστική - ιστορική αναδρομή

τα πρώτα Η/Α συστήματα



πρώτα τηλέφωνα



Από τις πρώτες ηχογραφήσεις (Albert Spalding)

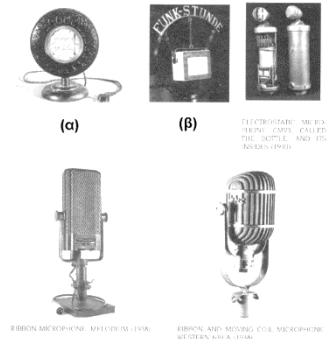
ηλεκτροακουστική - ιστορική αναδρομή

Thomas Edison



ηλεκτροακουστική - ιστορική αναδρομή

1925	Alfred Cortot	ηλεκτρική ηχογράφιση δίσκος 78 r.p.m. (S.P.) μεγάφωνο
1925	Rice και Kellog	ραδιόφωνο (εκπομπή προγράμματος)
1925	Geneva Radio	μουσική επένδυση κινηματογραφικού φιλμ
1926	Φιλαρμονική Ορχήστρα Ν.Υ.	μικρόφωνο (δυναμικό)
1927	Harry Olson	ηλεκτροστατικοί Η/Α μετατροπείς
1927	Edward Wente	ηλεκτρο-οπτική κεφαλή ανάγνωσης
1927	Deutsche Grammophone	όρος «Hi-Fi»
1927	H. Hurley	μικρόφωνο (πυκνωτικό)
1928	Georg Neumann	μαγνητόφωνο
1930	A.E.G. Telefunken	στερεοφωνία
1930	Alen Blumlein (EMI Labs)	στερεοφωνία (3 κανάλια ήχου)
1933	Harvey Fletcher (Bell Labs)	πατέντα στερεοφωνικής κωδικοποίησης
1933	Alen Blumlein	στερεοφωνική ηχητική μπάντα για την
1940	Leopold Stokowski	ταινία «Φαντασία» (Disney Studios)
1946	Bell Labs	τρανζίστορ (F.E.T.)
1947	Les Paul	τεχνική πολλαπλών εγγραφών (overdubbing)
1948	διάφοροι	συνθέσεις ηλεκτρο-ακουστικής μουσικής
1948	CBS	δίσκος 33 ½ r.p.m. (L.P.)
1949	RCA Victor	δίσκος 45 r.p.m. (E.P.)



ηλεκτροακουστική - ιστορική αναδρομή



1950	G.E.C., Pickering
1952	Nagra (Kudelski)
1952	Sinclair και Peterson
1955	Aronson
1956	διάφορες εταιρίες
1958	διάφορες εταιρίες
1961	C.Eilers (F.C.C) Manfred Schroeder (Bell Labs)
1963	Philips
1964	διάφορες εταιρίες
1965	διάφορες εταιρίες
1966	Philips

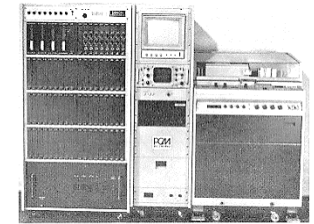
κεφαλή ανάγνωσης δίσκων
φορητό μαγνητόφωνο
κινηματογραφικό σύστημα Σινέραμα
ενισχυτής χωρίς μετασχηματιστή (O.T.L.)
ενισχυτής τρανζίστορ
στερεοφωνικοί δίσκοι L.P.
στερεοφωνικά πικ – απ
ραδιόφωνο F.M.
ψηφιακή επεξεργασία ήχου
κασετόφωνο
ενισχυτές τρανζίστορ (παραγωγή)
συστήματα ταινίας 8 και 4 καναλιών (track)
κασετόφωνο (παραγωγή)



ηλεκτροακουστική - ιστορική αναδρομή

1967	N.H.K.
1967	Ray Dolby (Dolby Labs)
1971	Blessner και Lee
1972	Myers και Feinberg
1972	T. Stockham
1973	CBS
1975	Philips
1975	BBC
1977	Sony / Philips
1980	35 κατασκευαστές
1981	Sony
1983	διάφορες εταιρίες
1986	Johnston και Branderburg
1986	Dolby Labs
1987	διάφορες εταιρίες
1989	πρόγραμμα Eureka 147
1992	ISO/MPEG
1992	Sony και Philips
1995	ISO/MPEG
1996	DVD Forum
1997-..	mp3.com

*ψηφιακό σύστημα ηχογράφησης
σύστημα αποθρυβοποίησης ταινίας
ψηφιακός επεξεργαστής ήχου
ψηφιακό μαγνητόφωνο
ψηφιακό σύστημα ήχου σε H/Y
σύστημα τετραφωνικού ήχου
σύστημα δίσκων Laservision
ψηφιακή ραδιοφωνία (πειράματα)
ψηφιακός δίσκος ήχου (Digital Audio Disc)
ψηφιακός δίσκος CD (τυποποίηση)
ψηφιακό μαγνητόφωνο DAT
ψηφιακοί δίσκοι CD
ψυχοακουστική μέθοδος συμπίεσης ήχου
σύστημα αναπαραγωγής Dolby Surround
ψηφιακά μαγνητόφωνα DAT (παραγωγή)
ψηφιακή ραδιοφωνία (D.A.B.)
τυποποίηση κωδικοποίησης MPEG-1
συστήματα ψηφιακής ηχογράφησης (MiniDisc & DCC)
τυποποίηση πολυκαναλικής κωδικοποίησης MPEG-2
ψηφιακός δίσκος DVD-Video (τυποποίηση)
ψηφιακός ήχος στο διαδίκτυο*



ηλεκτροακουστική - ιστορική αναδρομή

1877



φωνόγραφος
κυλίνδρου

1925



δίσκος LP
78 & 33,5 rpm

1981



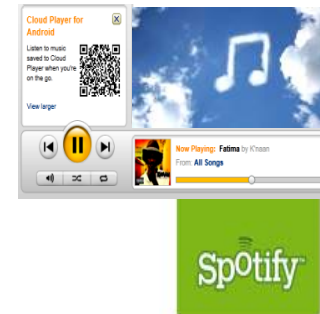
audio CD

1991



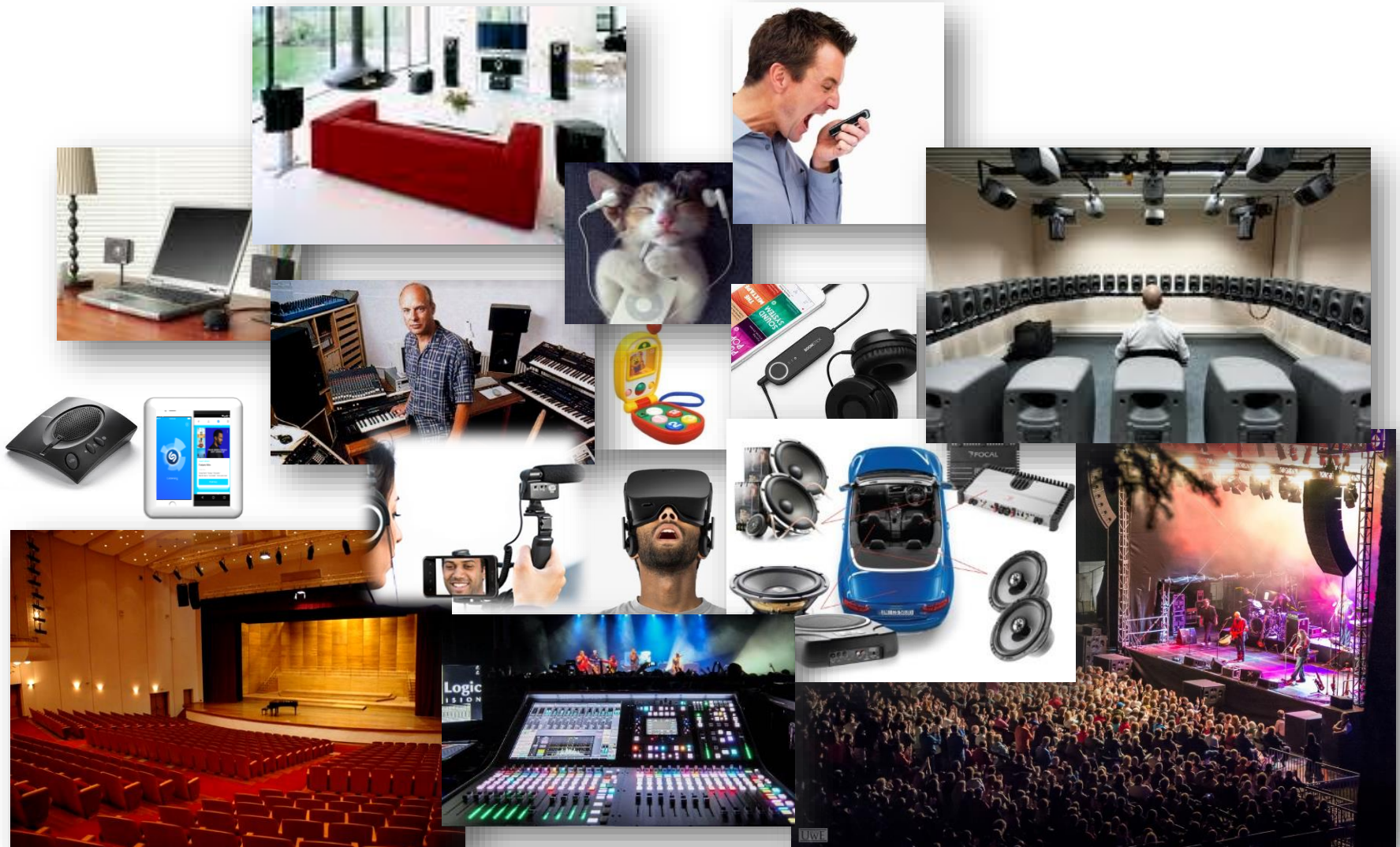
mp3 και web
download

2011



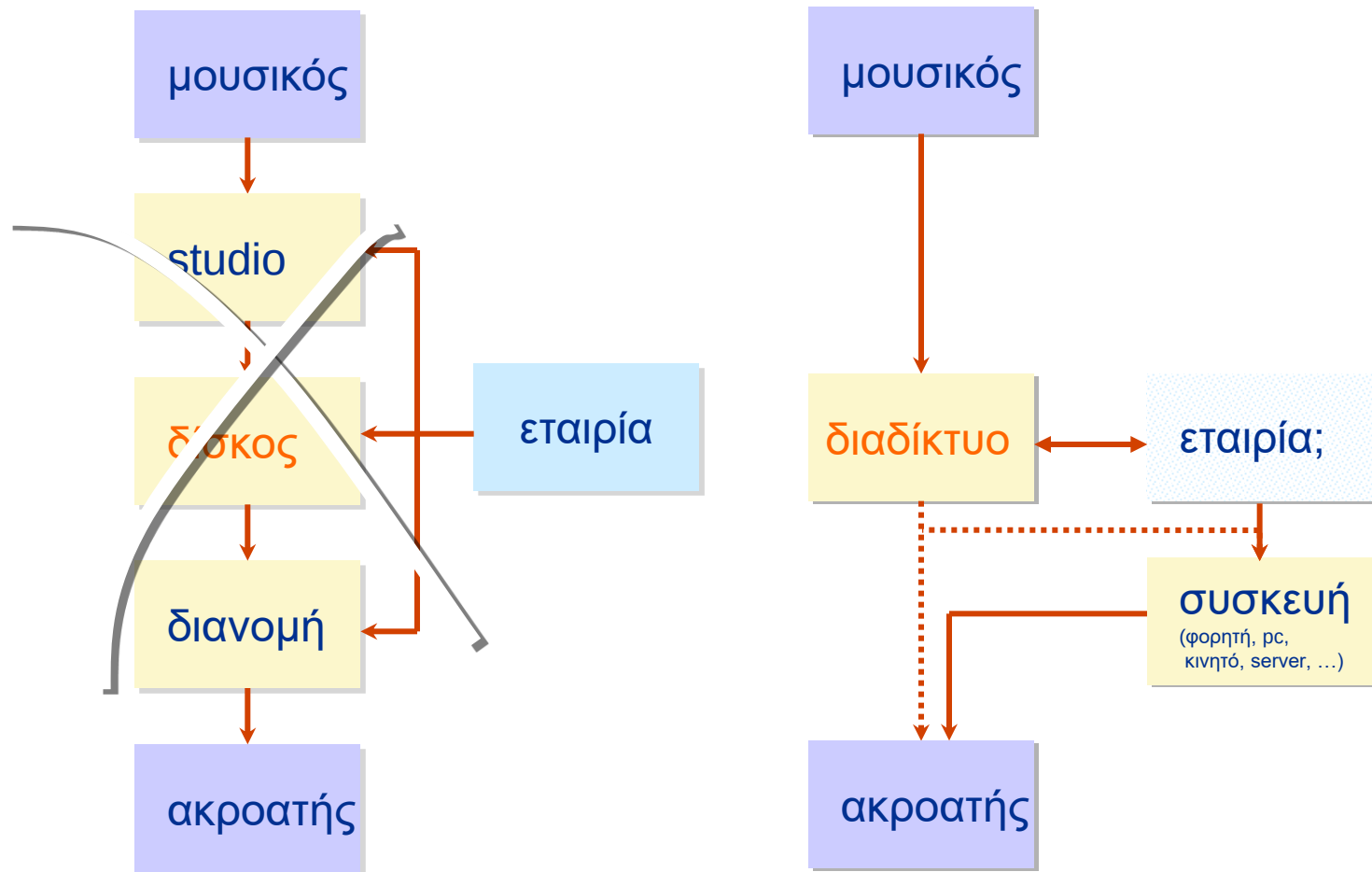
streaming και
audio cloud

συστήματα και εφαρμογές τεχνολογίας ήχου



συστήματα και εφαρμογές τεχνολογίας ήχου

από μουσική σε δίσκους ... στο διαδίκτυο



1930 – ...: μουσική από δίσκους

2005 – ...: μουσική σαν υπηρεσία

υπηρεσίες διαδικτυακής διανομής μουσικής



αποθήκευση μουσικής στο cloud
Microsoft **amazon**
prime music



μετάδοση (streaming) μουσικής
TIDAL **lost.fm**



λήψη (downloading) μουσικής
napster.



κοινωνικά δίκτυα μουσικής
facebook.



υπηρεσίες μουσικής σε κινητά

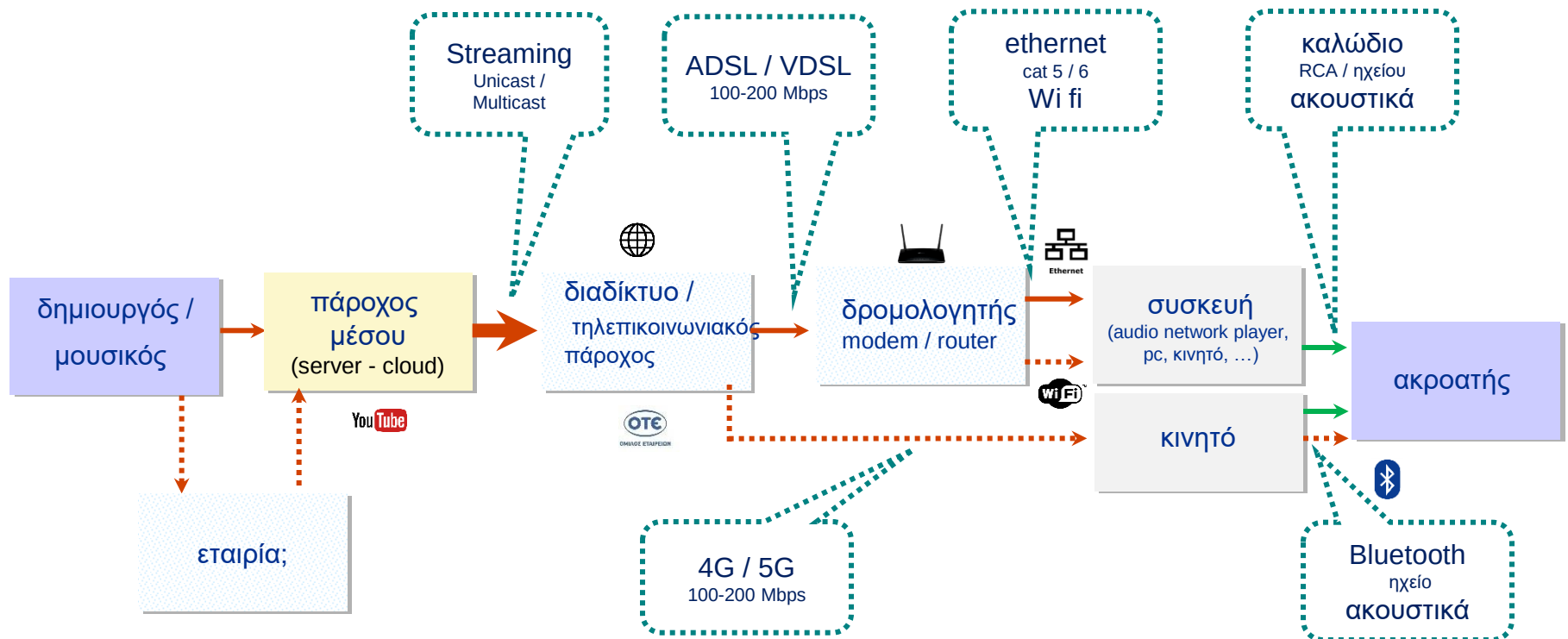


οπτικοακουστικά κανάλια



μουσική από το διαδίκτυο

2005 – ...: μουσική σαν υπηρεσία δικτύων

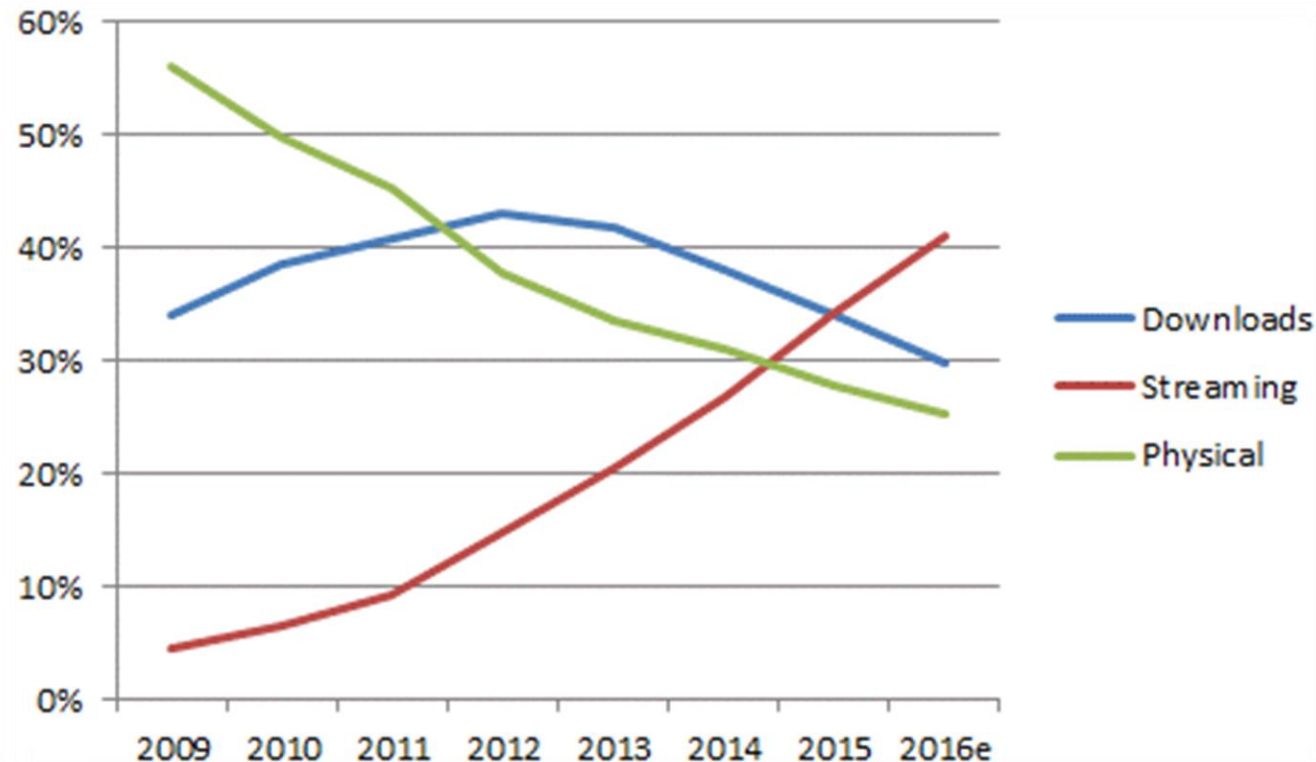


μουσική από το διαδίκτυο

πάροχοι διαδικτυακής μουσικής στην Ελλάδα (στοιχεία 2015)

Akazoo, Apple Music, Cosmote, Daily Motion, Deezer, eMusic, Google Play, iTunes, Junodownload, mpGreek, MTV, MySpace, Napster, Naxos, Spotify, TIDAL, YouTube

τρόπος διανομής μουσικής



μουσική από το διαδίκτυο

συστήματα ατομικής ακρόασης
ακρόαση – streaming / downloading μουσικής

περιεχόμενο

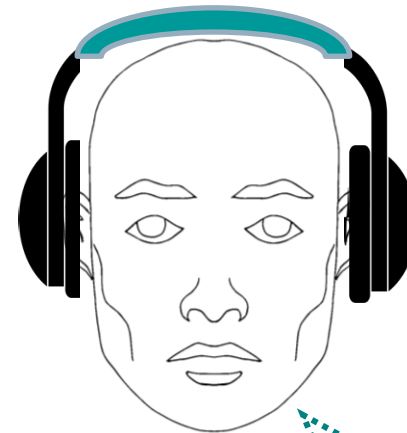
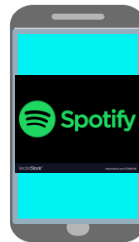
σύστημα

ακροατής

streaming
μετάδοση ροής

ή

downloading
λήψη αρχείων

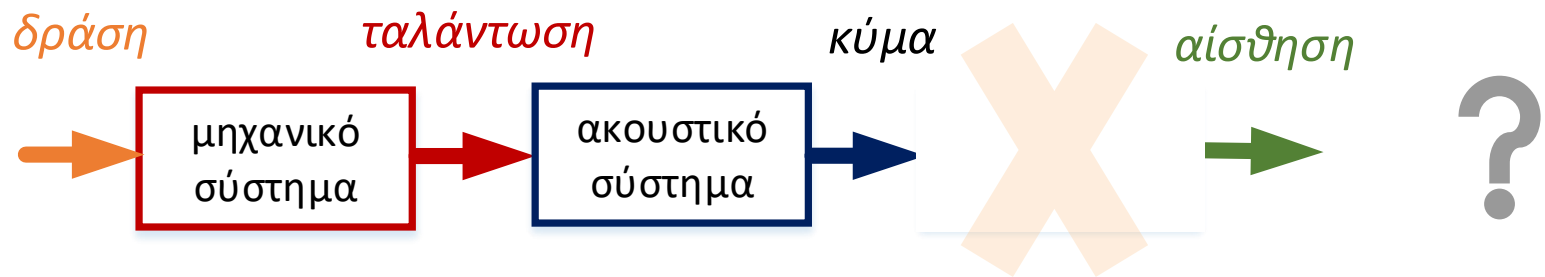
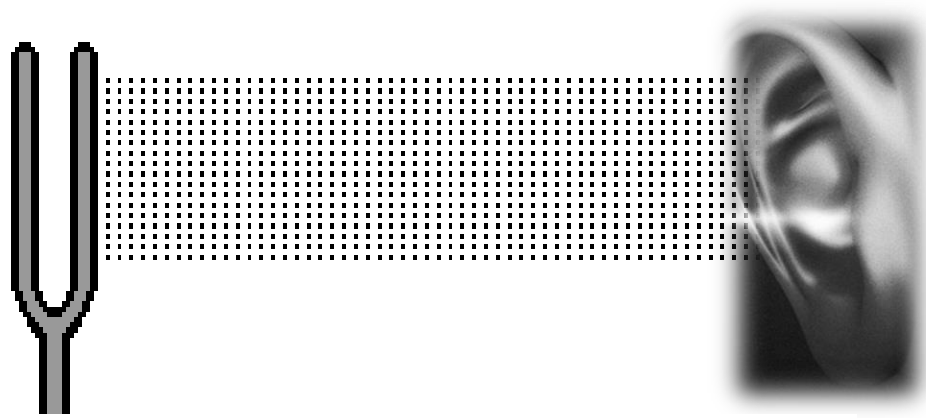


86% μέσω
streaming /
downloading

67% από
κινητό

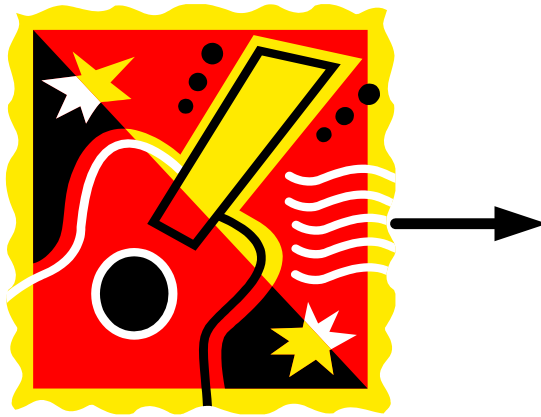
48% με
ακουστικά

ΗΛΕΚΤΡΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗ - ΑΡΧΕΣ

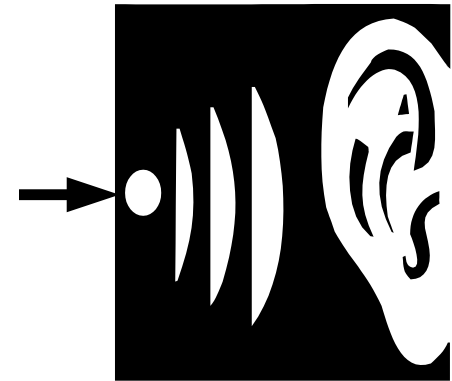


στόχος της τεχνολογία ήχου

ήχος

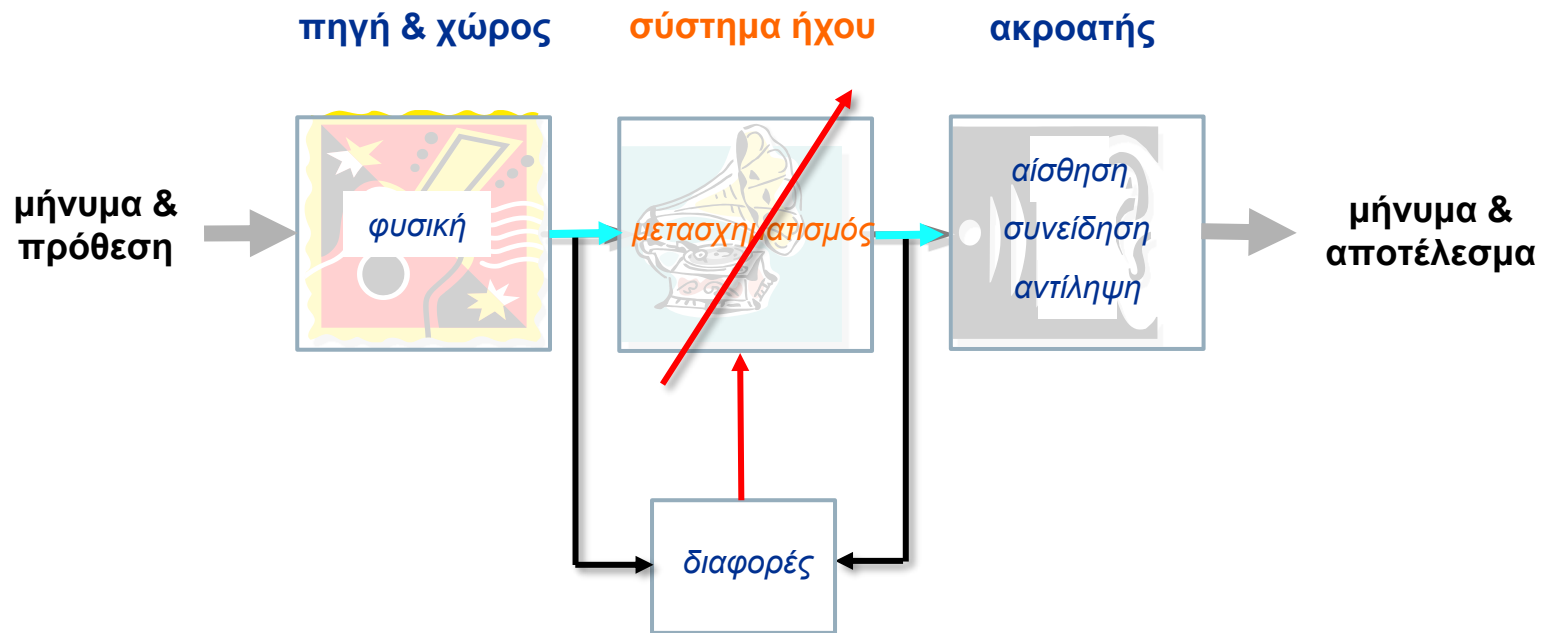


ακροατής



στόχος της τεχνολογία ήχου

σημερινές τεχνολογίες



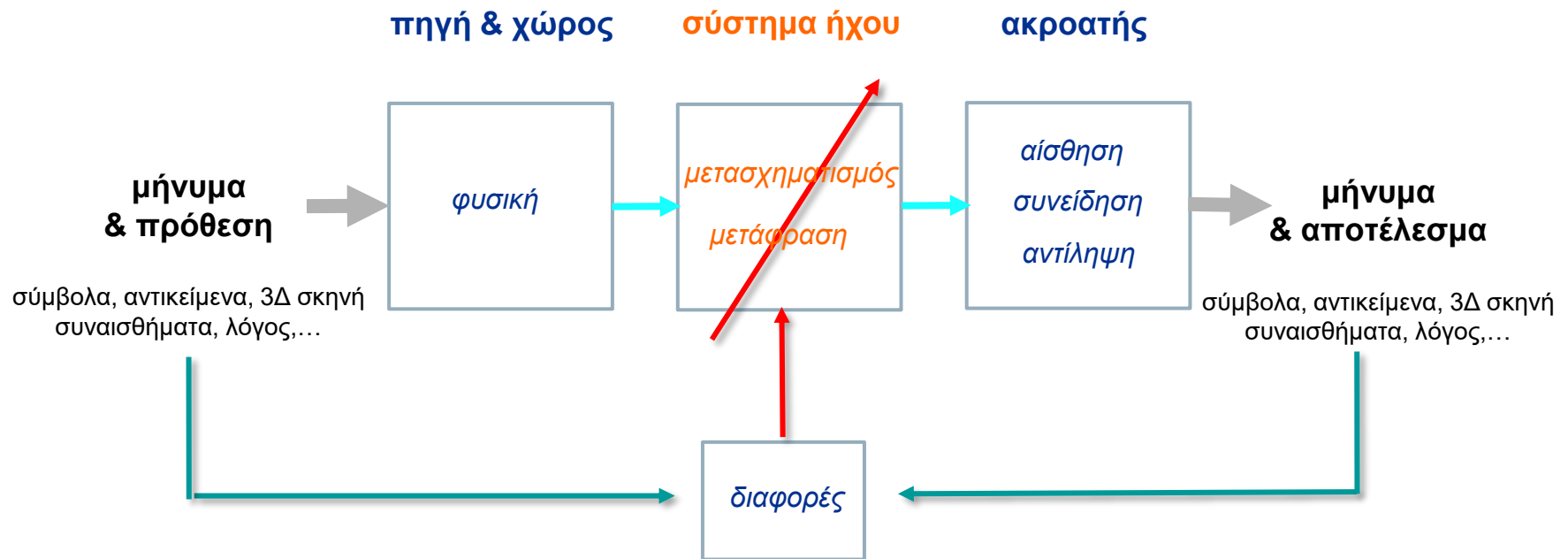
στόχος της τεχνολογία ήχου



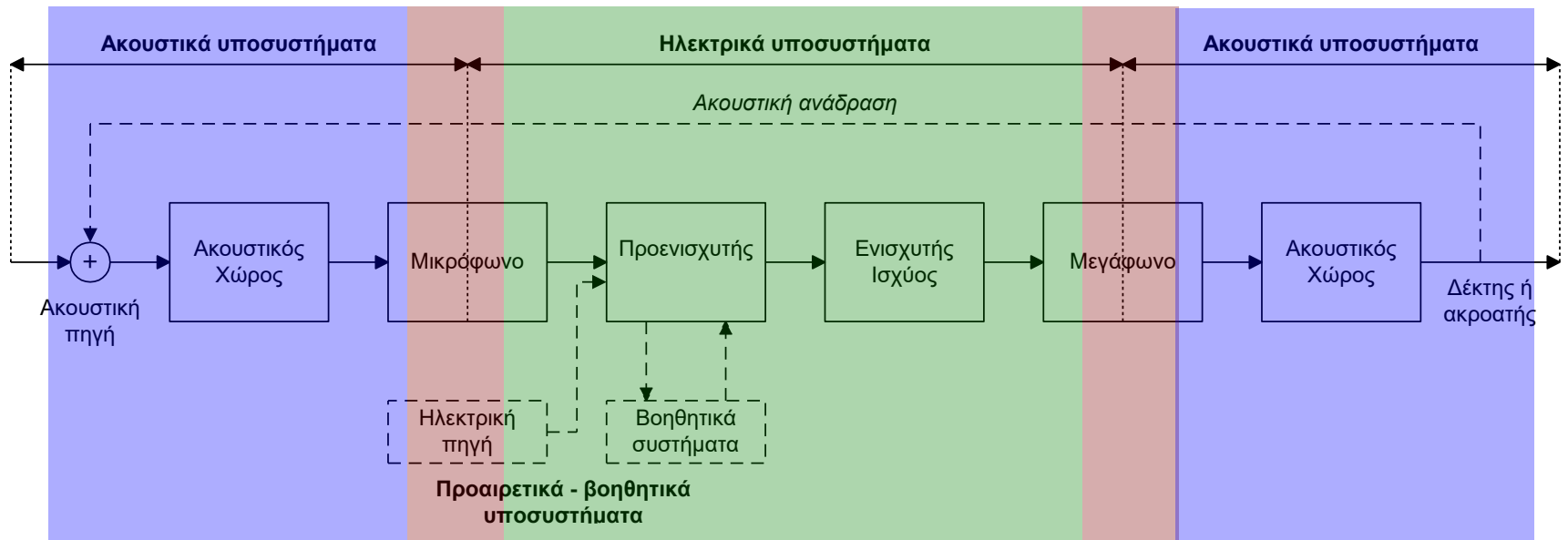
- η τεχνολογία του ήχου είναι ο παππούς της Εικονικής Πραγματικότητας (VR)
- παράγει ψευδαίσθηση (*illusion*) και εμπύθιση (*immersion*) μέσω εικονικών ακουστικών πηγών και πεδίων
- αναπαράγει αληθοφάνεια και πιστότητα για ηχητικά συμβάντα

στόχος της τεχνολογία ήχου

μελλοντικές τεχνολογίες (:)

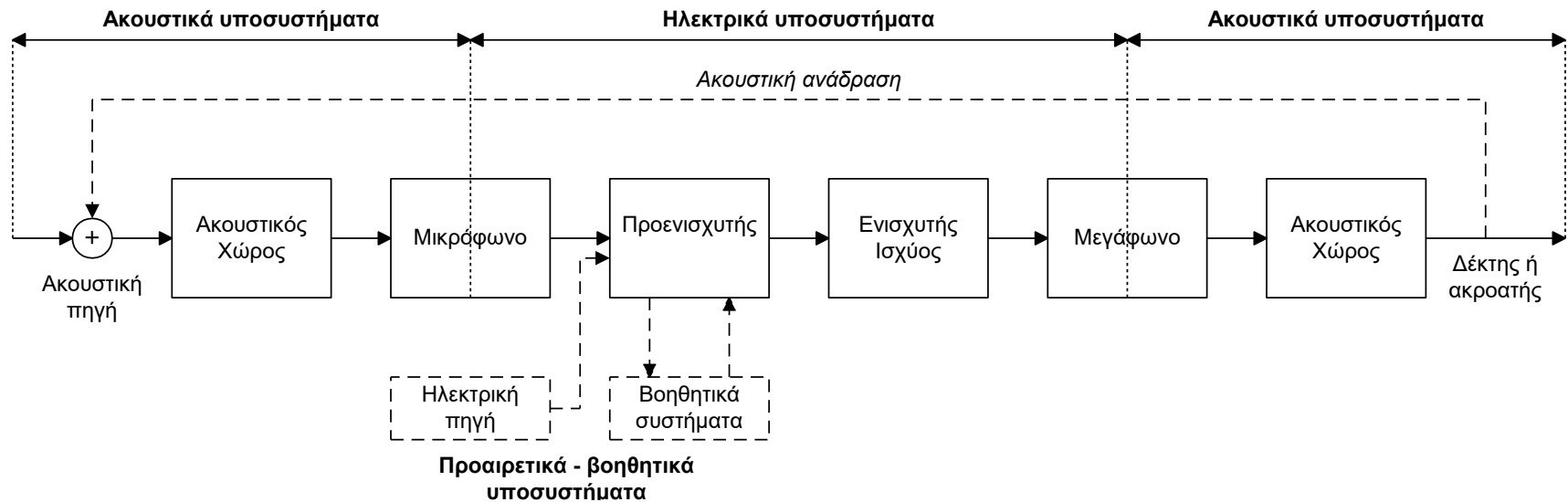


δομή ηχητικού συστήματος



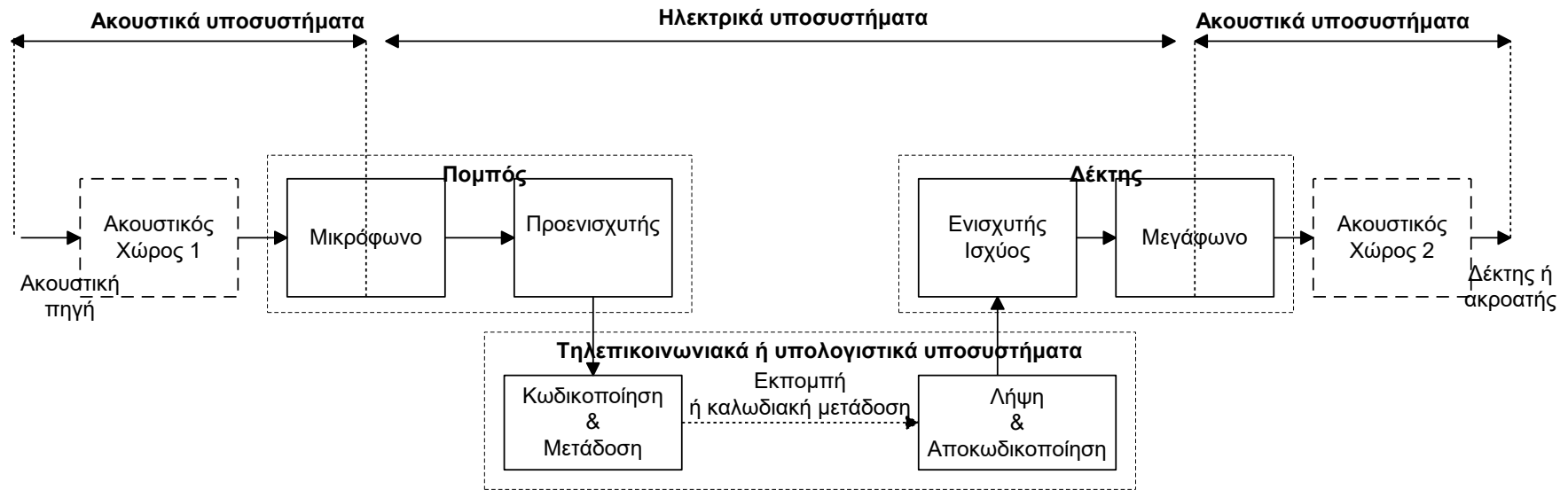
γενικό διάγραμμα ενός πλήρους ηχητικού συστήματος

δομή ηχητικού συστήματος



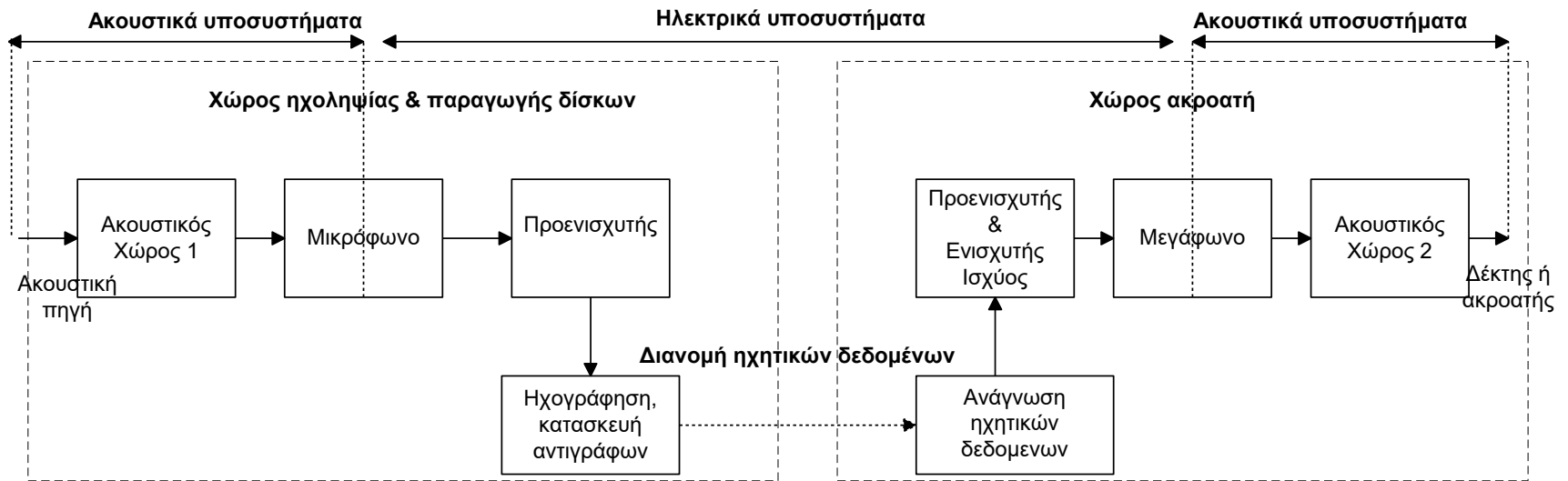
γενικό διάγραμμα ενός πλήρους ηχητικού συστήματος

δομή ηχητικού συστήματος



ηχητικό σύστημα για εφαρμογές τηλεπικοινωνίας

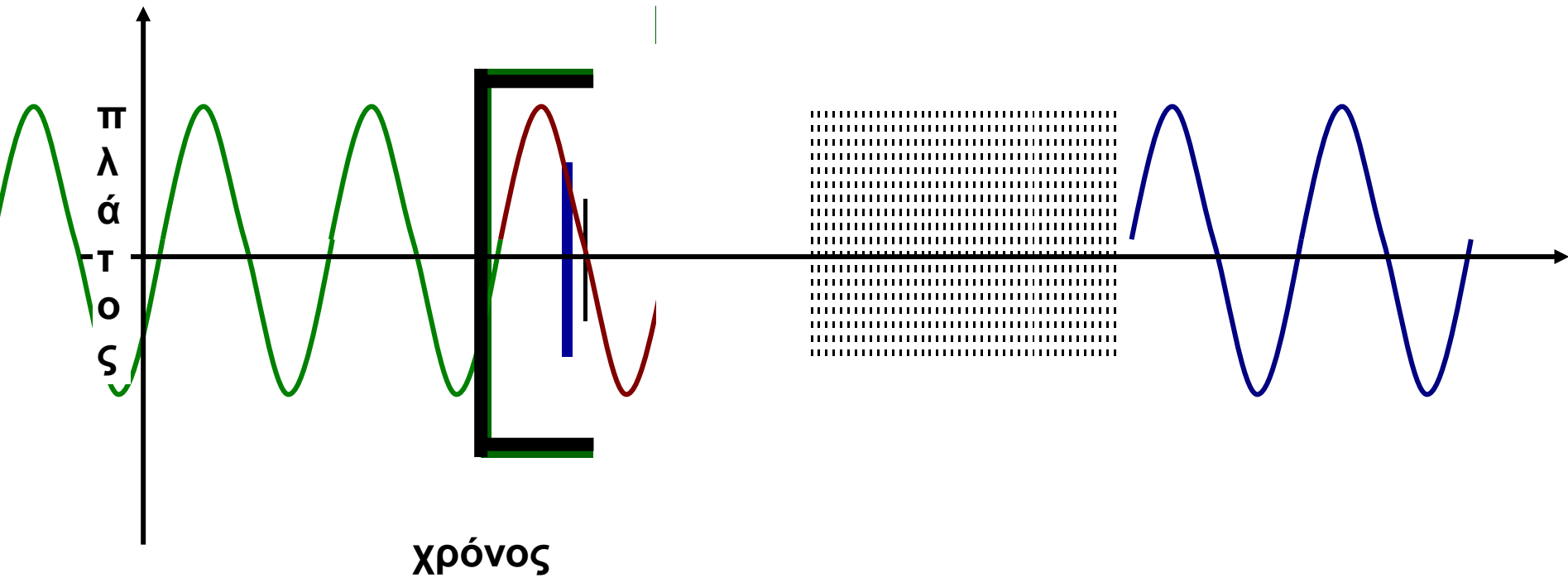
δομή ηχητικού συστήματος



σύστημα για ηχογράφηση και αναπαραγωγή μουσικής

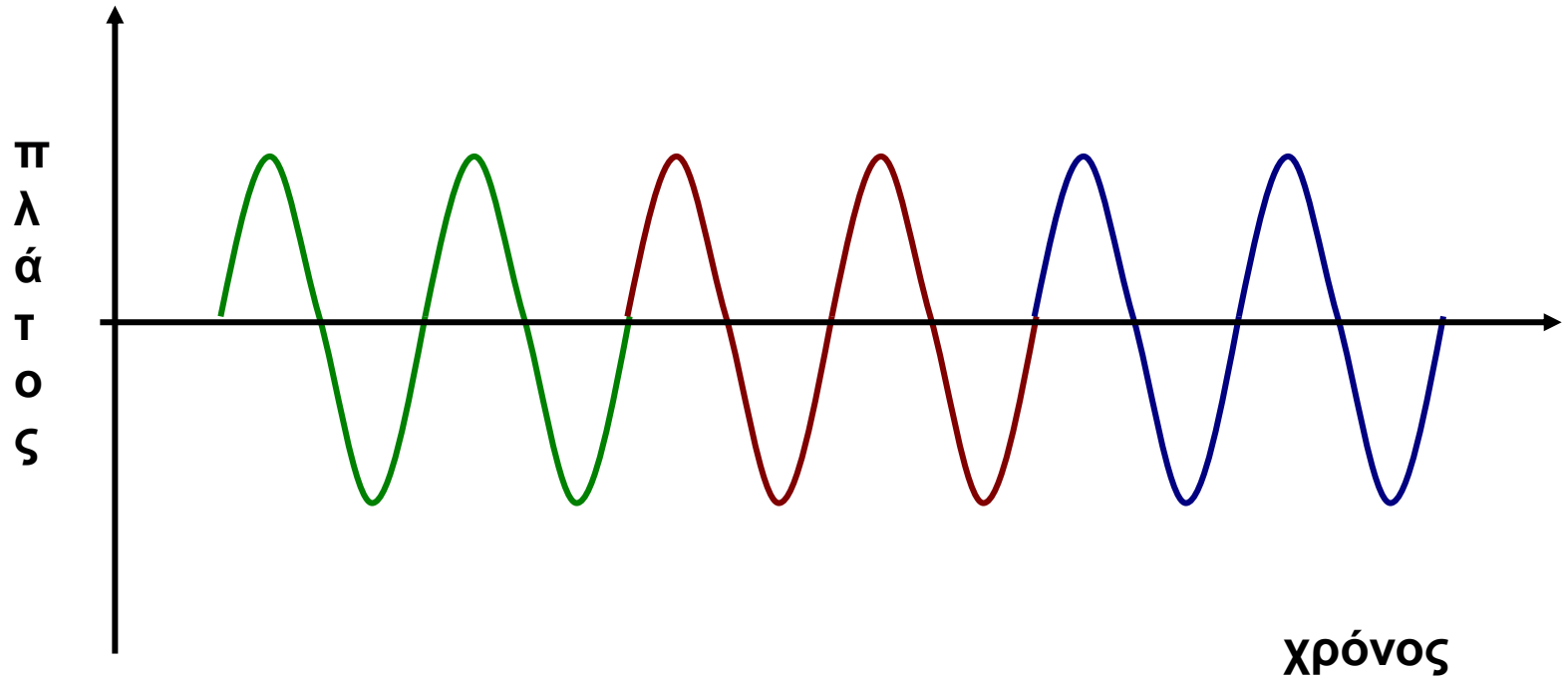
αρχές λειτουργίας ηχητικού συστήματος

ηλεκτρο – μηχανική – ακουστική μετατροπή



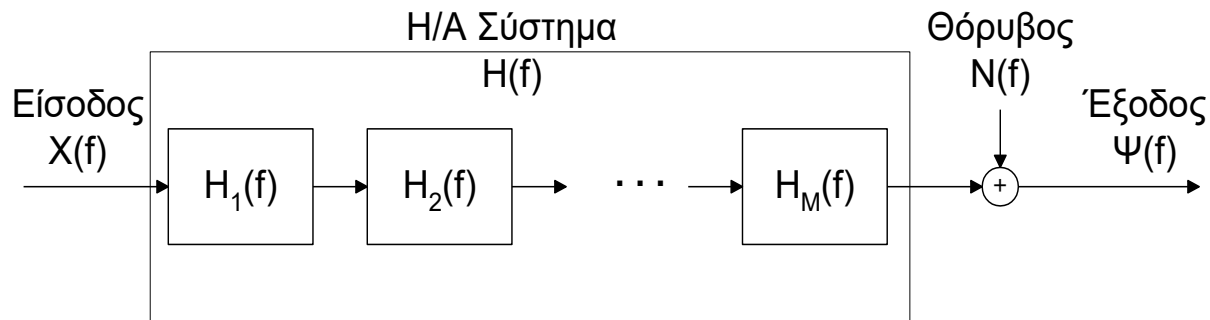
αρχές λειτουργίας ηχητικού συστήματος

ηλεκτρο – μηχανική – ακουστική μετατροπή



αρχές λειτουργίας ηχητικού συστήματος

Γ.Χ.Α. ηλεκτροακουστική αλυσίδα

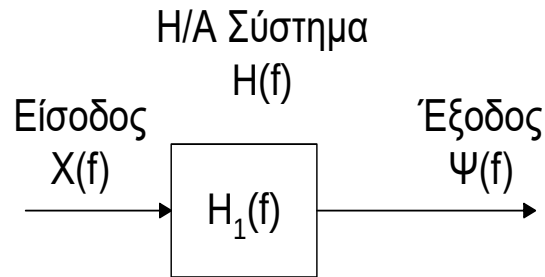


$$\Psi(f) = H(f) \cdot X(f) + N(f) = [H_1(f) \cdot H_2(f) \dots H_M(f)] + N(f)$$

$$\psi(t) = h(t) * x(t) + n(t)$$

αρχές λειτουργίας ηχητικού συστήματος

γραμμικότητα



$$\psi(t) = h(t) * x(t)$$

$$\Psi(f) = H(f) \cdot X(f)$$

$$x(t) \rightarrow \psi(t)$$

$$ax(t) \rightarrow a\psi(t)$$

$$x_1(t) \rightarrow \psi_1(t)$$

$$x_2(t) \rightarrow \psi_2(t)$$

$$x_1(t) + x_2(t) \rightarrow \psi_1(t) + \psi_2(t)$$

$$ax_1(t) + bx_2(t) \rightarrow a\psi_1(t) + b\psi_2(t)$$

ομοιογένεια

υπέρθεση

αρχές λειτουργίας ηχητικού συστήματος

γραμμικότητα

$$H(f) = \Psi(f) / X(f)$$

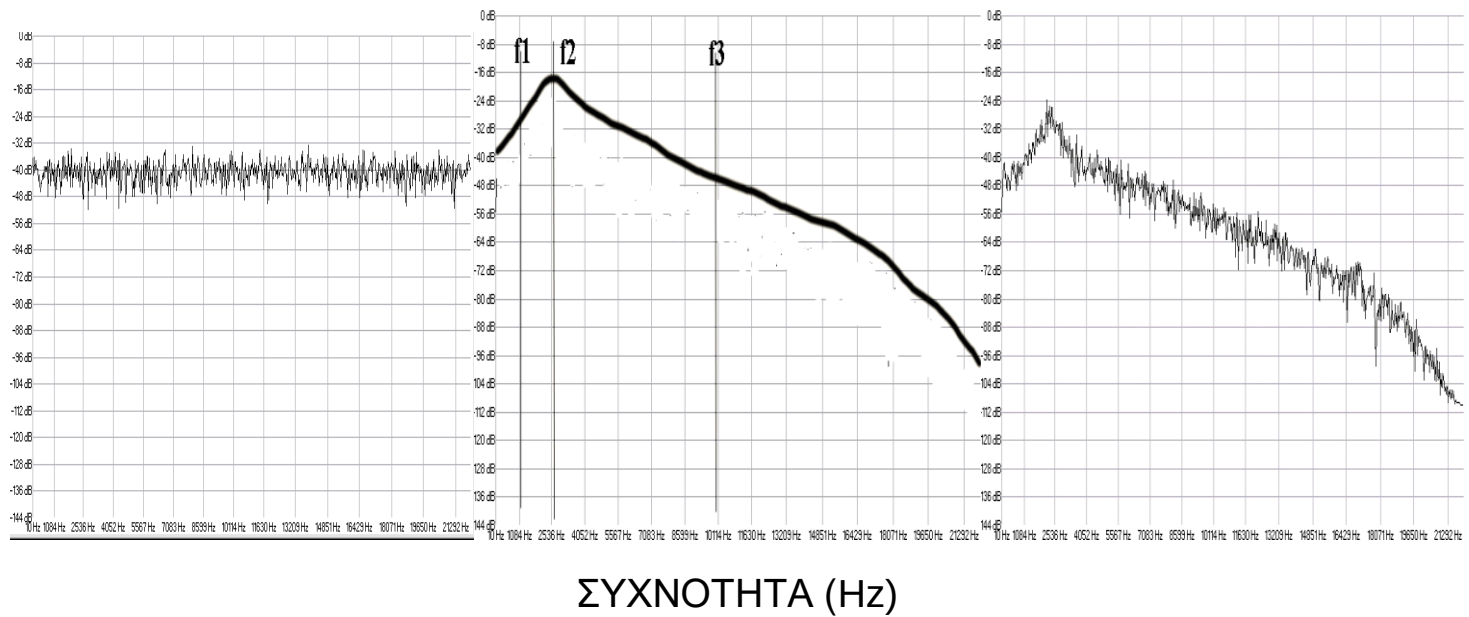
$$H(f) = |H(f)| e^{j \cdot \arg[H(f)]} = \frac{|\Psi(f)|}{|X(f)|} e^{j \cdot \{\arg[\Psi(f)] - \arg[X(f)]\}}$$

Για ένα ιδανικό σύστημα $H(f) = 1$

αρχές λειτουργίας ηχητικού συστήματος

γραμμικότητα

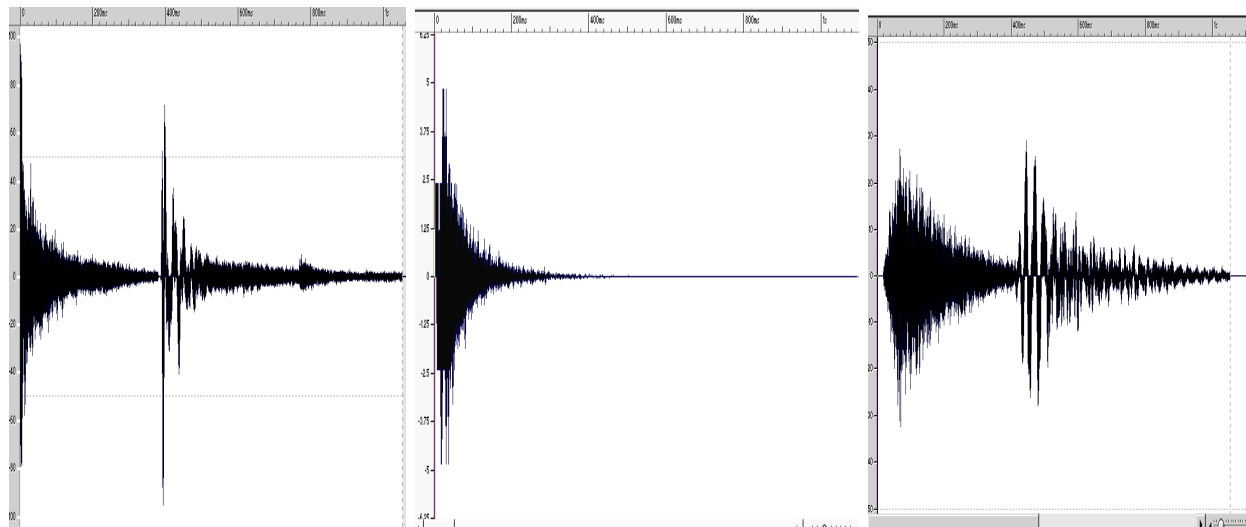
$$\text{ΕΙΣΟΔΟΣ } |X(f)| \times \text{ΣΥΣΤΗΜΑ } |H(f)| = \text{ΕΞΟΔΟΣ } |Y(f)|$$



αρχές λειτουργίας ηχητικού συστήματος

γραμμικότητα

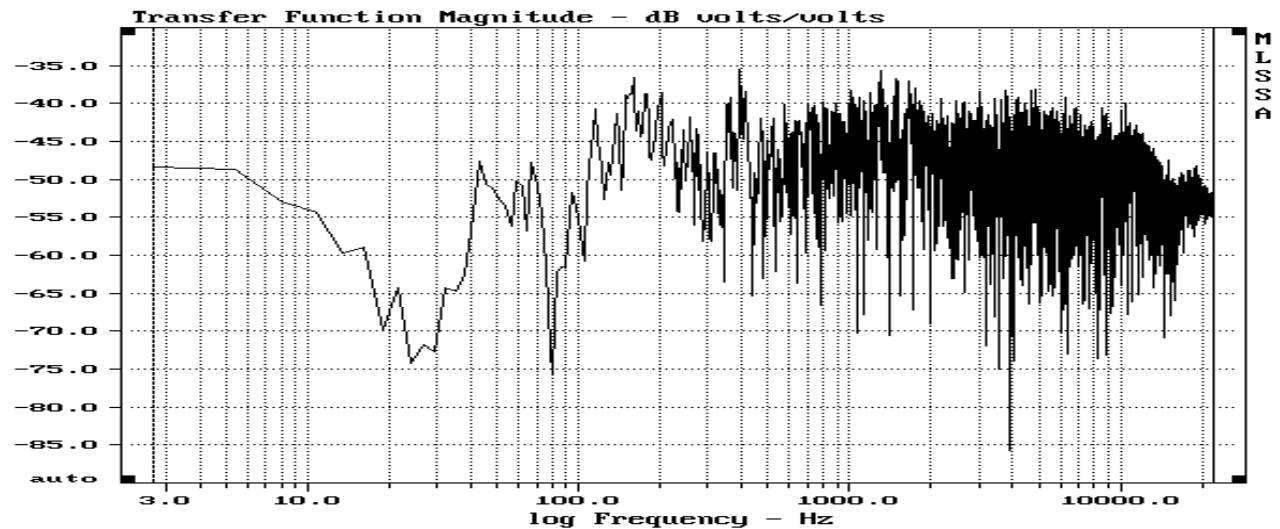
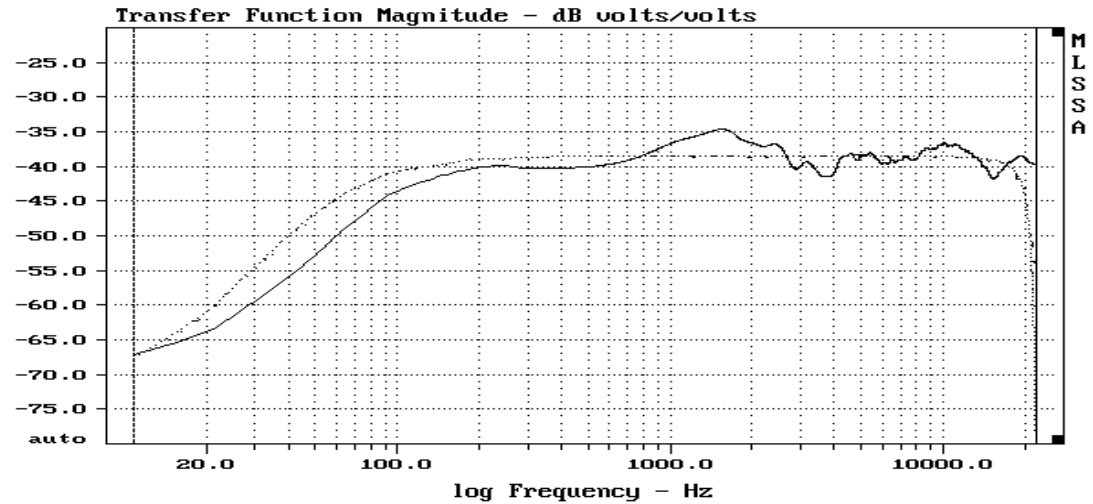
$$\text{ΕΙΣΟΔΟΣ } x(t) * \text{ΣΥΣΤΗΜΑ } h(t) = \text{ΕΞΟΔΟΣ } y(t)$$



ΧΡΟΝΟΣ (sec)

αρχές λειτουργίας ηχητικού συστήματος

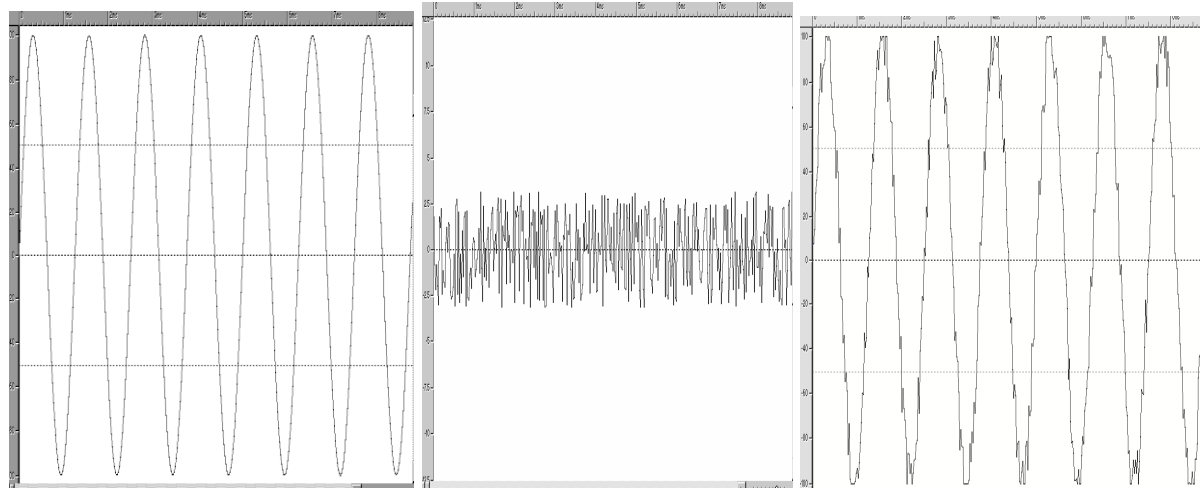
γραμμικότητα



αρχές λειτουργίας ηχητικού συστήματος

θόρυβος

$$\text{ΕΙΣΟΔΟΣ } x(t) + \text{ΘΟΡΥΒΟΣ } n(t) = \text{ΕΞΟΔΟΣ } y(t)$$



ΧΡΟΝΟΣ (sec)

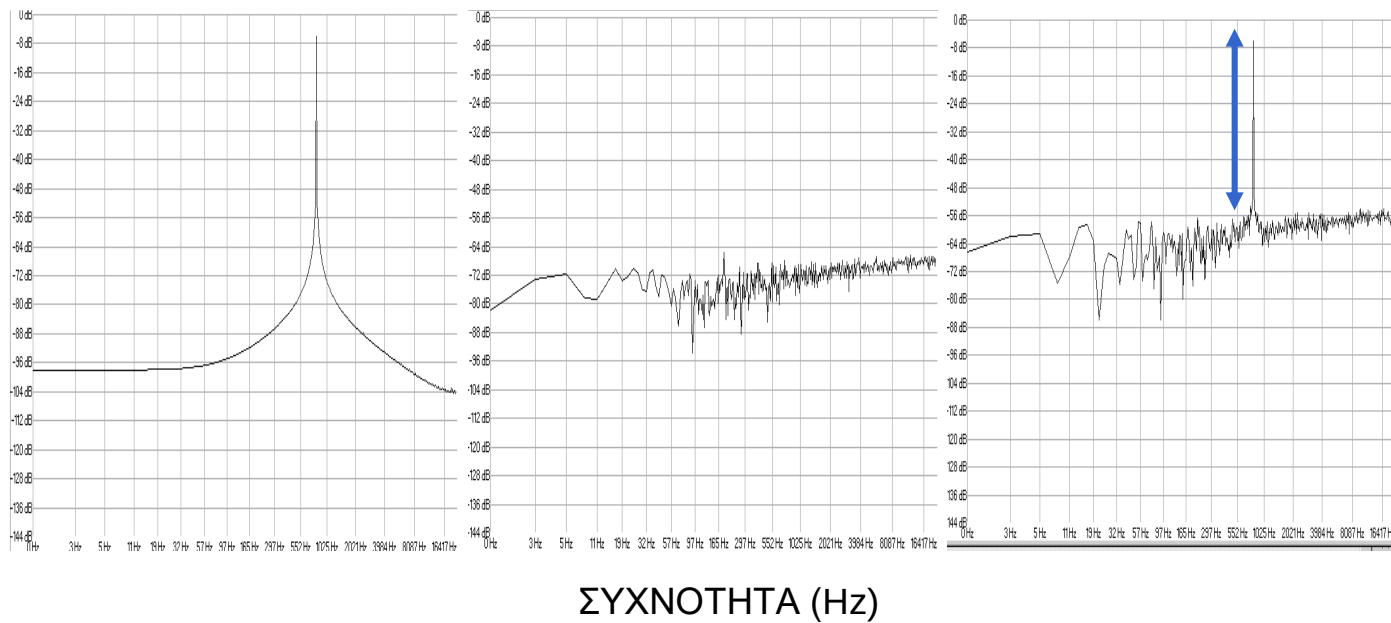
$$SNR = 20 \log \frac{y(t)}{n(t)}$$

Για ιδανικό σύστημα $SNR > 120 \text{ dB}$

αρχές λειτουργίας ηχητικού συστήματος

θόρυβος

$$\text{ΕΙΣΟΔΟΣ } |X(f)| + \text{ΘΟΡΥΒΟΣ } |N(f)| = \text{ΕΞΟΔΟΣ } |Y(f)|$$

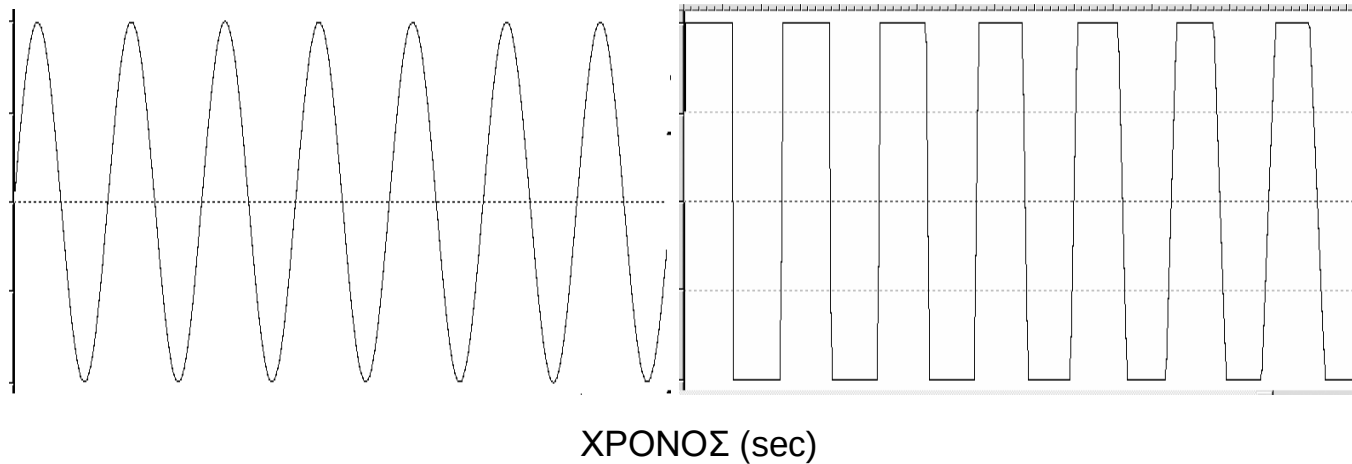


αρχές λειτουργίας ηχητικού συστήματος

μη-γραμμική απόκριση

ΕΙΣΟΔΟΣ $x(t)$

ΕΞΟΔΟΣ $y(t)$

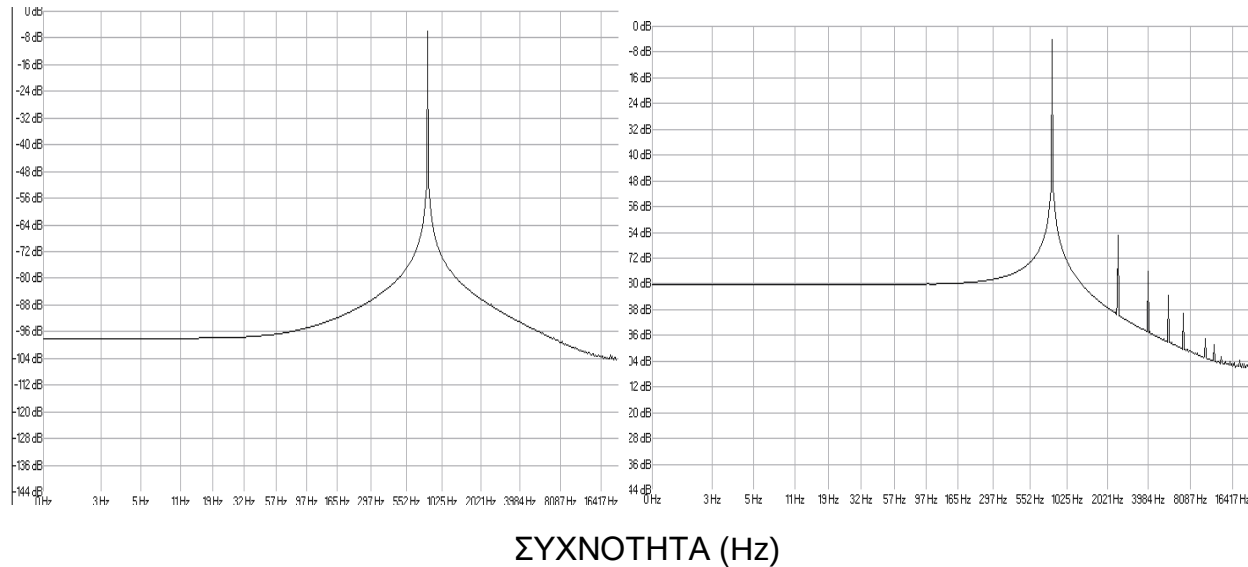


αρχές λειτουργίας ηχητικού συστήματος

μη-γραμμική απόκριση

ΕΙΣΟΔΟΣ $|X(f)|$

ΕΞΟΔΟΣ $|Y(f)|$



Ολική Αρμονική Παραμόρφωση THD (%)



ομάδα τεχνολογίας ήχου & ακουστικής

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΝΣΥΡΜΑΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

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