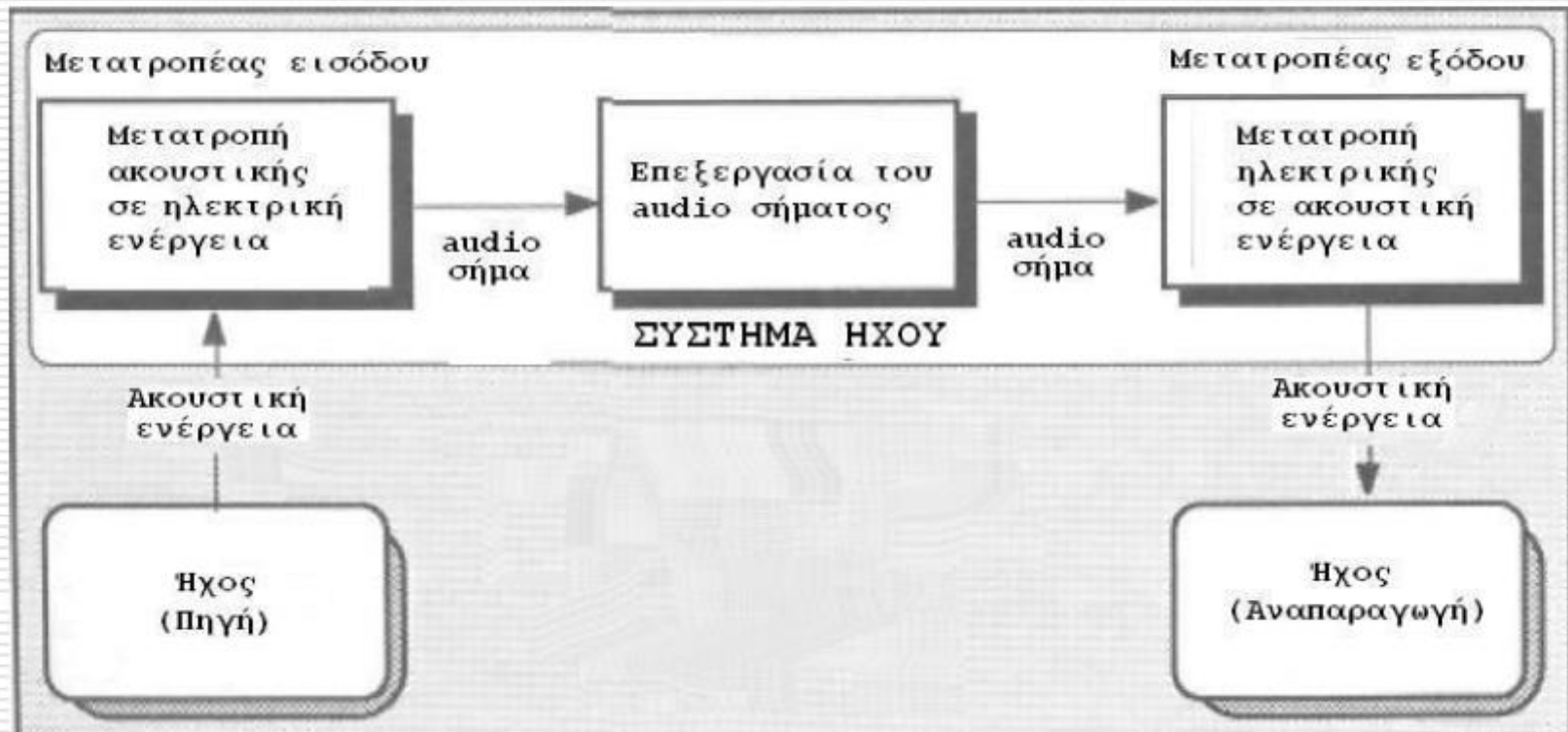


# Μάθημα 2ο

# Το σύστημα ήχου (ορισμός)



# Απόλυτες στάθμες στην ηλεκτρακουστική

Ακουστική πίεση  $\text{dB SPL} = L_p = 20 \log_{10} \frac{p}{p_{\text{ref}}}$ , όπου  $p$  πίεση σε  $\mu\text{Pa}$ ,

Άρα,  $0\text{dB SPL}$  αντιστοιχούν σε  $p = p_{\text{ref}} = 20\mu\text{Pa}$

Ηλεκτρική Τάση  $\text{dBu} = 20 \log_{10} \frac{V}{0.775}$ , όπου  $V$  τάση σε Volt,

Άρα,  $0\text{dBu} = 0.775\text{ Volt}$

Ηλεκτρική Ισχύς  $\text{dBm} = 10 \log_{10} \frac{W}{0.001}$ , όπου  $W$  ισχύς σε Watt

Άρα  $0\text{dBm} = 0.001\text{ Watt} = 1\text{mW}$

Ηλεκτρική Ισχύς  $\text{dBW} = 10 \log_{10} \frac{W}{1}$  όπου  $W$  ισχύς σε Watt

Άρα  $0\text{dBW} = 1\text{ Watt}$

# Ιδιότητες λογαρίθμων

$$\log ab = \log a + \log b$$

$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

$$\log a^b = b \log a$$

$$\log_{10} a = b \Leftrightarrow a = 10^b$$

$$20 \log_{10} \sqrt{2} = +3\text{dB}$$

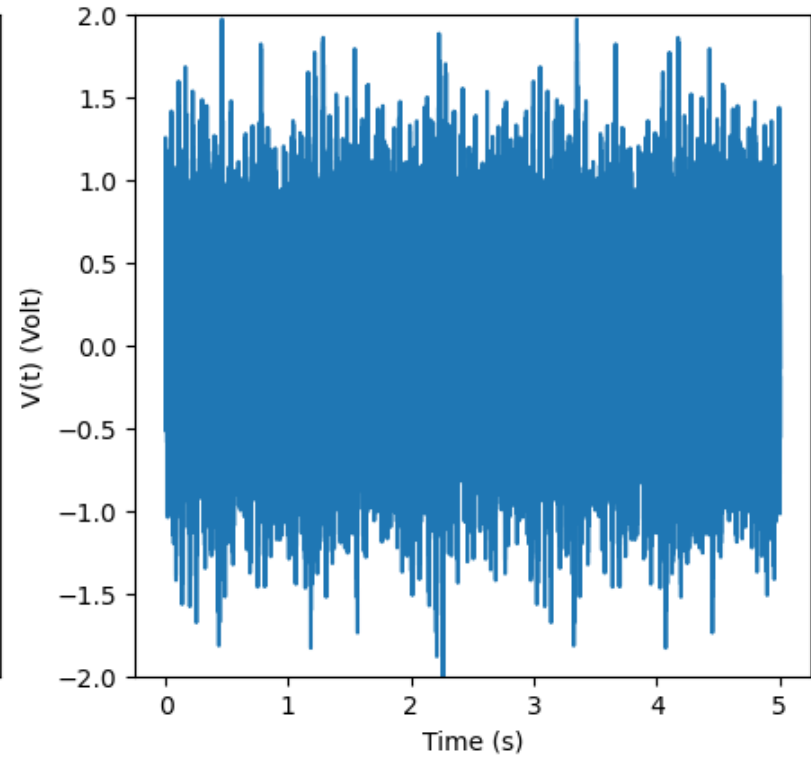
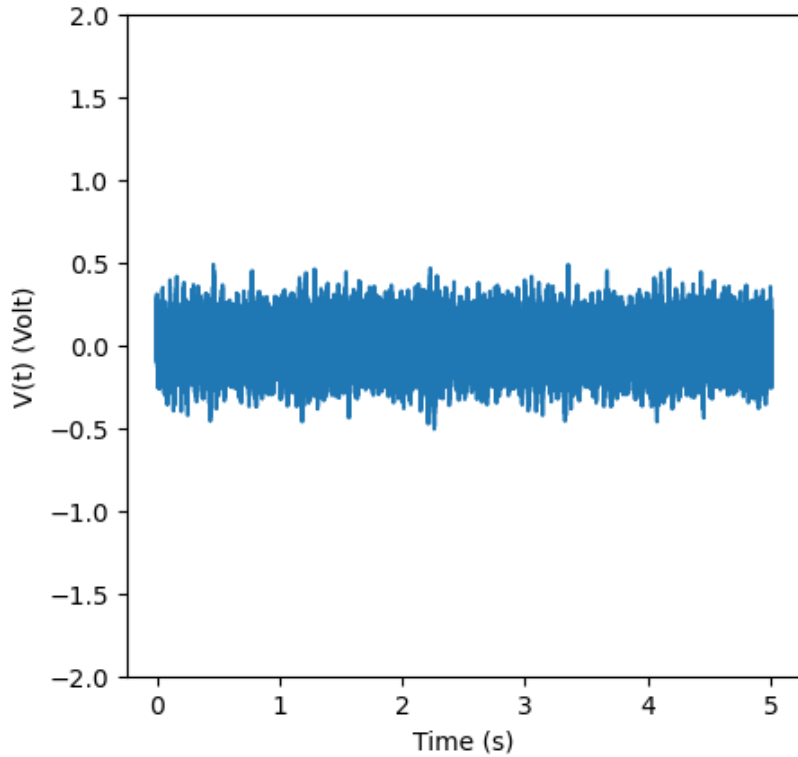
$$20 \log_{10} 2 = +6\text{dB}$$

$$20 \log_{10} 10 = +20\text{dB}$$

$$20 \log_{10} 1000 = +60\text{dB}$$

$$20 \log A = 10 \log A^2$$

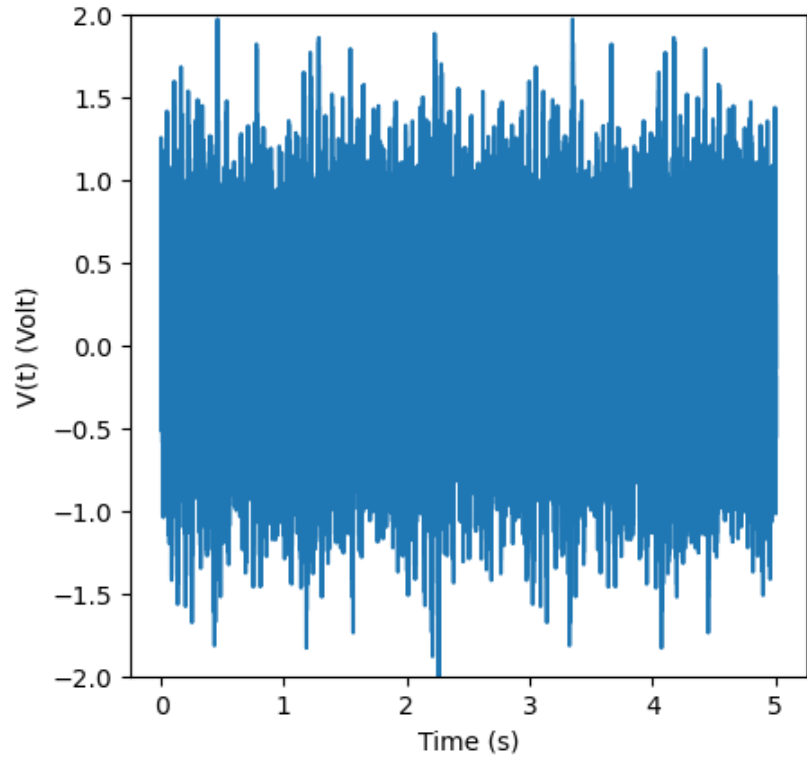
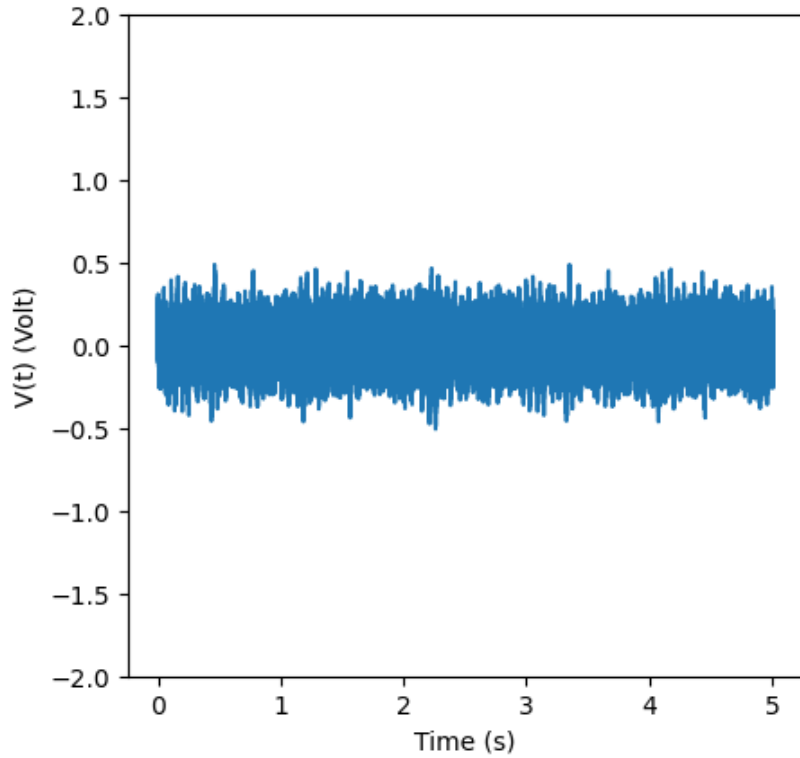
# Ένταση σήματος



# Στάθμη σήματος

L=-16,65 dBu

L=-4,61 dBu



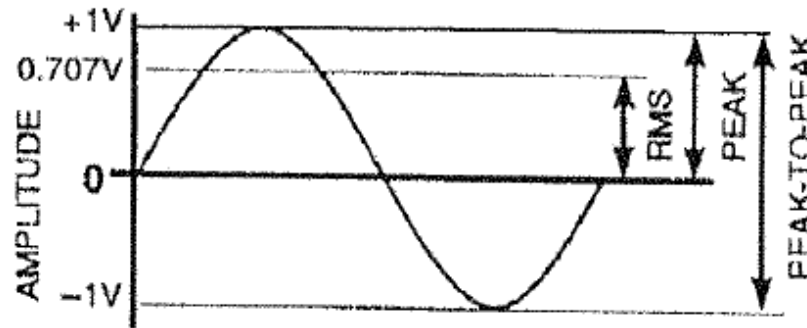
# Root Mean Square - RMS

## **Ορισμός για την περίπτωση της τάσης:**

Η τιμή μιας συνεχούς πηγής τάσης που πρέπει να εφαρμοστεί στα άκρα μιας αντίστασης ώστε σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα να παραχθεί το ίδιο ποσό θερμότητας με αυτό που παράγεται από την εναλλασσόμενη πηγή τάσης.

# RMS τιμές

Για τα ημιτονοειδή σήματα υπάρχει συγκεκριμένη σχέση μεταξύ πλάτους και RMS τιμής. Ωστόσο για πιο σύνθετα σήματα, δεν υπάρχει συγκεκριμένος τύπος.



**Σχήμα 3:** Σχέση μεταξύ μέγιστης στιγμιαίας τιμής (peak), πλάτους από κορυφή σε κορυφή (peak to peak, p-p) και μέσης τετραγωνικής τιμής (RMS) για ένα ημιτονικό σήμα. ( $\frac{1}{\sqrt{2}} = 2^{-1/2} = 0.707$ )

# RMS τιμές

Για τα ημιτονοειδής μεταβολές υπάρχει συγκεκριμένη σχέση μεταξύ πλάτους και RMS τιμής. Ωστόσο για πιο σύνθετα σήματα, δεν υπάρχει κάποια αναλυτική σχέση – πρέπει να το υπολογίζω κάνοντας στατιστική ανάλυση.

$$P_{RMS} = \left( \frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt \right)^{1/2} = \sqrt{p(t)^2} .$$

$$V_{RMS} = \left( \frac{1}{T} \int_0^T V^2(t) dt \right)^{1/2} = \sqrt{V(t)^2}$$

# Άσκηση 1:

Ημιτονοειδής ηλεκτρική πηγή συνδέεται σε αντίσταση φορτίου  $10 \Omega$ . Θεωρώντας τιμές πλάτους για την ημιτονοειδή πηγή  $V_0=1.414, 2.828$  και  $14.14$  Volt

- 1) Υπολογίστε την RMS τάση εξόδου και την μέση ισχύ που αποδίδεται στο φορτίο
- 2) Υπολογίστε τη στάθμη εξόδου του σήματος σε dBu και dBm
- 3) Τι παρατηρείτε?

# Άσκηση 1:

Ημιτονοειδής ηλεκτρική πηγή συνδέεται σε αντίσταση φορτίου  $10 \Omega$ . Θεωρώντας τιμές πλάτους για την ημιτονοειδή πηγή  $V_0=1.414, 2.828$  και  $14.14$  Volt

- 1) Υπολογίστε την RMS τάση εξόδου και την μέση ισχύ που αποδίδεται στο φορτίο
- 2) Υπολογίστε τη στάθμη εξόδου του σήματος σε dBu και dBm
- 3) Τι παρατηρείτε?

Απάντηση: Βλέπουμε ότι για μια ποσοστιαία μεταβολή της τάσης η ποσοστιαία μεταβολή της ισχύος σχετίζεται με το τετράγωνο της πρώτης. Ωστόσο, οι μεταβολές στάθμης της τάσης συμφωνούν ακριβώς με τις μεταβολές στάθμης της ισχύος. Άρα, οι σχετικές μεταβολές σε dB μεταξύ τάσης και ισχύος είναι πάντα ίδιες!

<i>db</i>	<i>Voltage, current, or SPL ratio</i>	<i>Power ratio</i>
0	1.00	1.00
1	1.12	1.26
2	1.26	1.59
3	1.41	2.00
4	1.59	2.51
5	1.78	3.16
6	2.00	3.98
7	2.24	5.01
8	2.51	6.3
9	2.81	7.94
10	3.16	10.00
20	10.00	100.00
30	31.6	$10^3$
40	$10^2$	$10^4$
50	$3.16 \times 10^2$	$10^5$
60	$10^3$	$10^6$
70	$3.6 \times 10^3$	$10^7$
80	$10^4$	$10^8$
90	$3.16 \times 10^4$	$10^9$
100	$10^5$	$10^{10}$
110	$3.16 \times 10^5$	$10^{11}$
120	$10^6$	$10^{12}$

## Άσκηση 2:

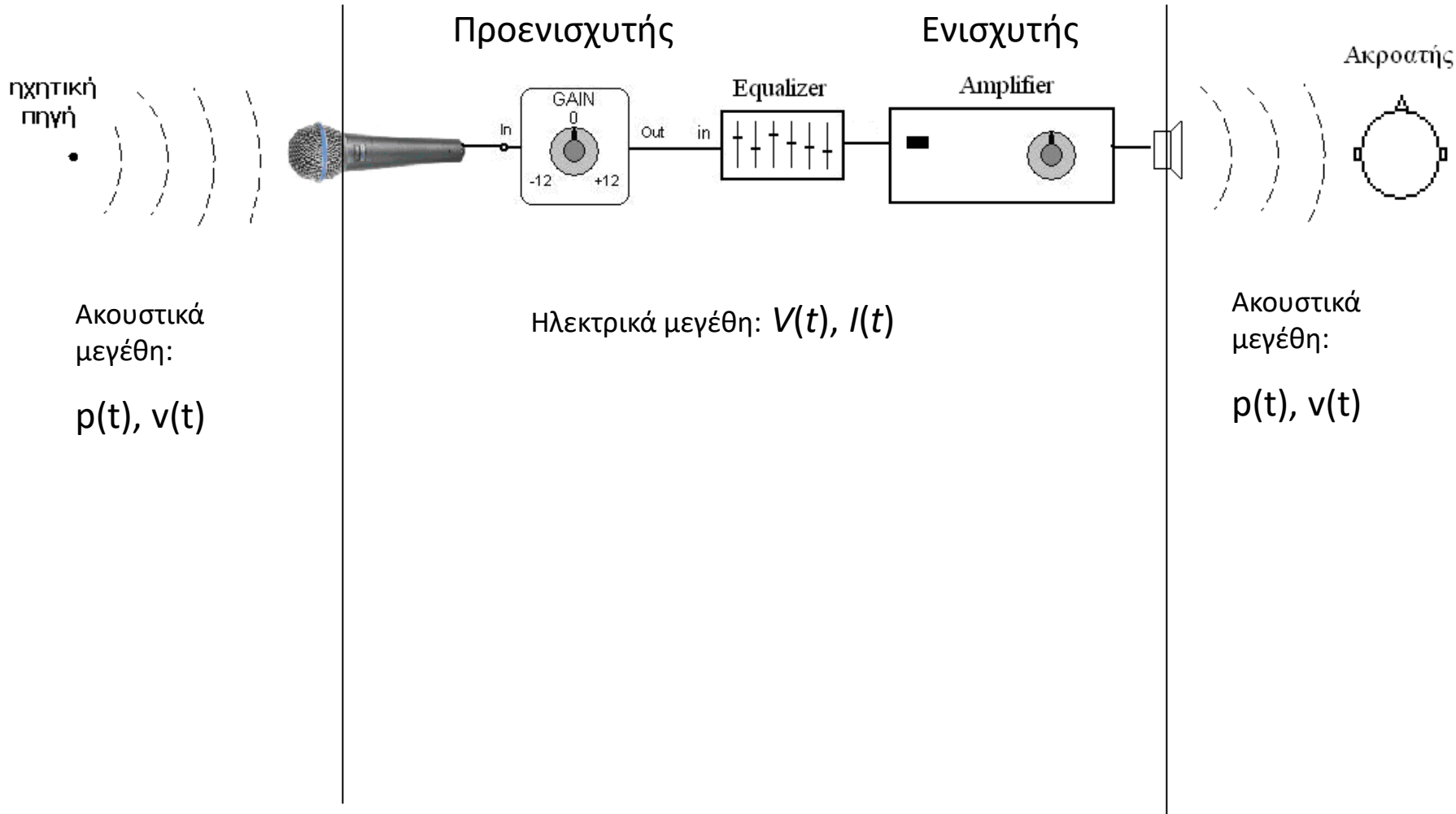
- Δείξτε ότι στάθμες τάσης σε dBu και στάθμες ισχύος σε dBm έχουν την ίδια τιμή όταν η αντίσταση του φορτίου είναι  $600\Omega$ .

# Σχετικές μεταβολές

Μεταβολές τάσης:  $L_{\mu\epsilon\tau\alpha} - L_{\pi\rho\iota\nu} = 20\log\frac{V_{\mu\epsilon\tau\alpha}}{V_{\pi\rho\iota\nu}}$

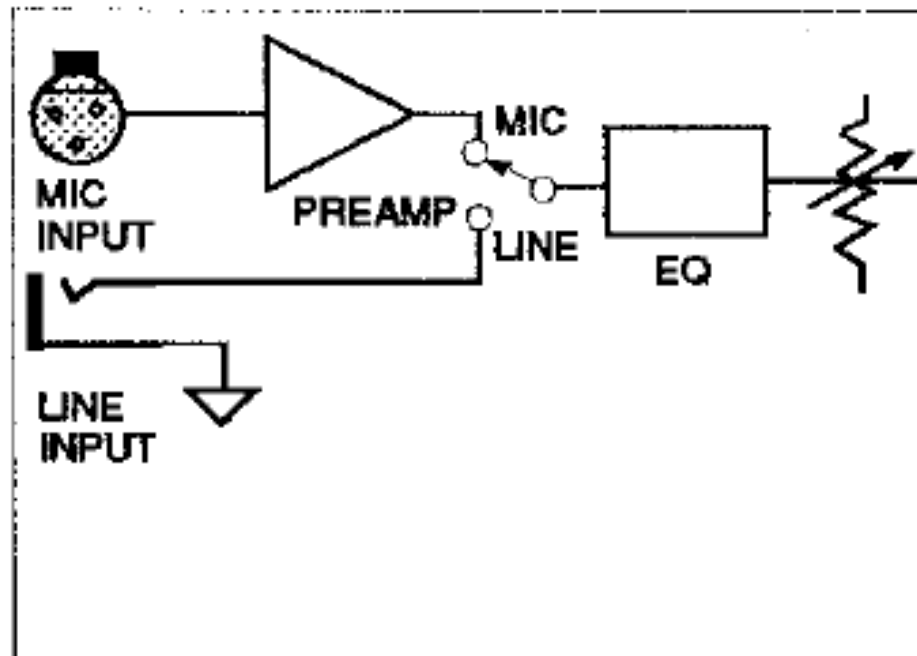
Μεταβολές ακουστικής πίεσης:  $L_{\mu\epsilon\tau\alpha} - L_{\pi\rho\iota\nu} = 20\log\frac{p_{\mu\epsilon\tau\alpha}}{p_{\pi\rho\iota\nu}}$

Μεταβολές ισχύος:  $L_{\mu\epsilon\tau\alpha} - L_{\pi\rho\iota\nu} = 10\log\frac{W_{\mu\epsilon\tau\alpha}}{W_{\pi\rho\iota\nu}}$



# Τμήμα εισόδου κονσόλας

INPUT CHANNEL 1 (TYPICAL)



## Άσκηση 3

- Ένα σήμα εισέρχεται με στάθμη  $L_{in} = -20$  dBu σε προενισχυτή ο οποίος προσδίδει κέρδος  $+25$  dB. Σε τι στάθμη θα εξέρχεται το σήμα από τον προενισχυτή?

## Άσκηση 4

- Σήμα πλάτους 0.05 Volt (RMS) εισέρχεται σε προενισχυτή ο οποίος προσδίδει κέρδος +25 dB. Σε τι στάθμη θα εξέρχεται το σήμα από τον προενισχυτή?

# Άσκηση 5

- Ένα σήμα εισέρχεται με στάθμη  $L_{in} = -20$  dBu σε προενισχυτή ο οποίος είναι σχεδιασμένος να πενταπλασιάζει το πλάτος του σήματος. Σε τι στάθμη θα εξέρχεται το σήμα από τον προενισχυτή?

# Άσκηση 6

## Άσκηση

- Έστω μια συσκευή που στην έξοδο της έχουμε στάθμη σήματος  $+4\text{dBu}$ . Στην είσοδο της υπάρχει μια διάταξη gain που μπορεί να μεταβάλλει το σήμα από  $-10\text{dB}$  έως  $+20\text{dB}$ . Ποιο είναι το εύρος των τάσεων (σε volt) που μπορούν να εισαχθούν στην συσκευή έτσι ώστε να λειτουργεί στην στάθμη των  $+4\text{dBu}$ ;

# Γραμμικότητα στα συστήματα

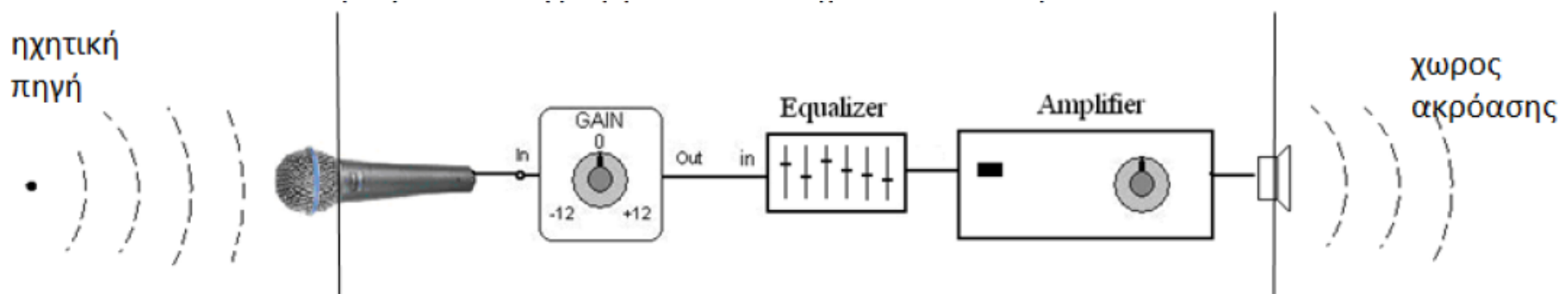
- Ποσοστιαίες μεταβολές στην είσοδο οδηγούν στην ίδια ποσοστιαία μεταβολή στην έξοδο
- Το αποτέλεσμα, το προερχόμενο από δύο ή περισσότερες αιτίες που επενεργούν ταυτόχρονα σε ένα σύστημα, ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των αποτελεσμάτων που θα είχαμε, αν η κάθε αιτία δρούσε ξεχωριστά στο ίδιο σύστημα.

# Γραμμικό σύστημα

- Είναι σύστημα  $x \rightarrow f(x)$  είναι γραμμικό αν έχει τις παρακάτω ιδιότητες
- $f(ax(t)) = af(x(t))$
- $f(x_1(t) + x_2(t)) = f(x_1(t)) + f(x_2(t))$
- Λόγω των παραπάνω, θα ισχύει και η παρακάτω ιδιότητα
- $f(ax_1(t) + bx_2(t)) = af(x_1(t)) + bf(x_2(t))$

# Γραμμικότητα σε αλυσίδα συστημάτων

- Ο συνδυασμός πολλών γραμμικών συστημάτων σε σειρά καταλήγει πάλι σε γραμμική σχέση εισόδου-εξόδου.



# Σχετικές μεταβολές

Για γραμμικά συστήματα και αλυσίδες γραμμικών συστημάτων:  $\Delta L_{cause} = \Delta L_{effect}$

# Άσκηση 7

7.1) Ένα ηχείο παράγει σε κάποιο σημείο στο χώρο 92 dB SPL όταν η στάθμη ισχύος εισόδου στο ηχείο είναι 12 dBm. Πόση θα γίνει η στάθμη του ήχου αν η στάθμη ισχύος εισόδου γίνει -4 dBm. (Υποθέστε ότι το ηχείο είναι γραμμικό σύστημα).

7.2) Ένα ηχείο παράγει σε κάποιο σημείο στο χώρο 82 dB SPL όταν η στάθμη τάσης εισόδου στον ενισχυτή του ηχείου είναι -6 dBu. Πόση θα γίνει η στάθμη του ήχου αν η στάθμη της τάσης εισόδου γίνει +4 dBu. (Υποθέστε ότι όλα τα ηχητικά συστήματα είναι γραμμικά)

7.3) Ένα ηχείο έχει την παρακάτω προδιαγραφή ευαισθησίας “90 dB SPL @ 1m and 1 Watt input”. Ποια είναι η ηχητική στάθμη που θα παράγεται πάνω στον άξονα του ηχείου στο 1 m απόσταση για ισχύ εισόδου 100 Watt?

# Άσκηση 8

Ένα ηχείο παράγει σε κάποιο σημείο στο χώρο 92 dB SPL.

1) Πόση θα γίνει η στάθμη του ήχου αν άλλα 3 πανομοιότυπα ηχεία και ενισχυτές συνδεθούν στο ίδιο σήμα εισόδου? 2) Πόση θα γίνει η στάθμη αν άλλα 9 πανομοιότυπα ηχεία και ενισχυτές συνδεθούν στο ίδιο σήμα εισόδου?