

# ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

*Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας*

*Πολυτεχνική Σχολή*

*Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών*

Εξάμηνο 3<sup>ο</sup>

Κωδικός μαθήματος: ΜΚ16

(Ακαδημαϊκό Έτος 2024 – 25)

# Περιεχόμενο μαθήματος

1. Εισαγωγή - Συστήματα Μονάδων Μέτρησης
2. Όργανα Μέτρησης
  - Ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης - Στατικά και δυναμικά χαρακτηριστικά οργάνων
  - Παλμογράφος
  - Σφάλματα μέτρησης
3. Επεξεργασία των δεδομένων μέτρησης - Αβεβαιότητα μέτρησης
4. Διατάξεις και συστήματα μετρήσεων
5. Γέφυρες μετρήσεων και μέθοδοι ισορροπίας
6. Μέτρηση ισχύος και ενέργειας

# Η τιμή μέτρησης φυσικού μεγέθους

- Η τιμή κάθε φυσικού μεγέθους  $x$  εκφράζεται πλήρως από την σχέση:

$$x = \{x\}[x]$$

όπου:  $\{x\}$  καθαρός πραγματικός αριθμός που ονομάζεται μέτρο ή αριθμητική τιμή του μεγέθους και

$[x]$  η μονάδα μέτρησης (το σύμβολο της μονάδας) του μεγέθους  $x$ .

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

- Μήκος  $l = 10m$
- Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος  $i = 2A$

# Συστήματα Μονάδων Μέτρησης στη Μηχανική

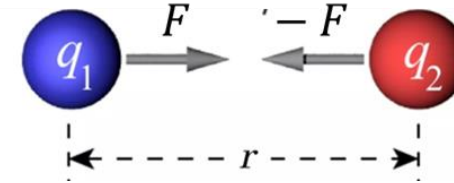
1. Ηλεκτροστατικό σύστημα μονάδων (esu)  
Θεμελιώδη μεγέθη (θεμελιώδεις μονάδες):
  - μήκος (εκατοστό,  $cm$ )
  - μάζα (γραμμάριο,  $g$ )
  - χρόνος (δευτερόλεπτο,  $s$ )
2. Τεχνικό σύστημα μονάδων (Système de Mécaniciens)  
Θεμελιώδη μεγέθη (θεμελιώδεις μονάδες):
  - μήκος (μέτρο,  $m$ )
  - δύναμη (κιλοπόντ,  $kp$ )
  - χρόνος (δευτερόλεπτο,  $s$ )
3. Σύστημα μονάδων M.K.S.  
Θεμελιώδη μεγέθη (θεμελιώδεις μονάδες):
  - μήκος (μέτρο,  $m$ )
  - μάζα (χιλιόγραμμα,  $kg$ )
  - χρόνος (δευτερόλεπτο,  $s$ )

# Μεγέθη και Μονάδες στον Ηλεκτρομαγνητισμό

Προκύπτουν από

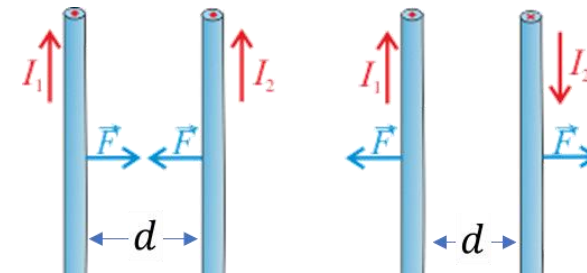
- A. τα βασικά μεγέθη της μηχανικής ( $l, m, t$ ),
  - B. τον ορισμό της σχέσης ρεύματος - φορτίου ( $I = dq/dt$ ) και
  - C. τους 3 βασικούς νόμους του ηλεκτρομαγνητισμού
1. **νόμος του Coulomb** (Coulomb's law) για τη δύναμη μεταξύ δύο σημειακών φορτίων  $q$  και  $q'$  σε απόσταση  $r$  μεταξύ τους

$$F = k_1 \frac{q_1 q_2}{r^2}$$



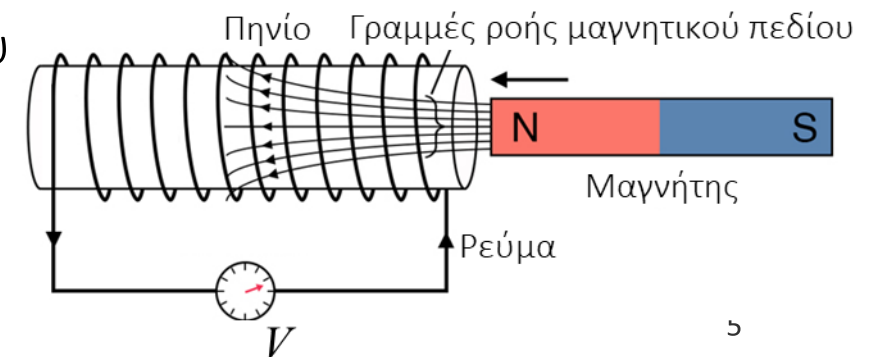
2. ο νόμος της μαγνητοστατικής αλληλεπίδρασης του **Ampere**. Η δύναμη ανά μονάδα μήκους μεταξύ δύο απείρου μήκους παράλληλων συρμάτων σε απόσταση  $d$  που διαρρέονται από ρεύματα  $I_1$  και  $I_2$  είναι

$$\frac{dF_2}{dl} = 2k_2 \frac{I_1 I_2}{d}$$



3. ο νόμος της επαγωγής του **Faraday** (Faraday's induction law). Η ηλεκτρεγερτική δύναμη που επάγεται σε ένα κλειστό κύκλωμα (π.χ., πηνίο) είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής μέσα από αυτό

$$V = -k_3 \frac{d\Phi}{dt}$$



Η επιλογή των διαφόρων τιμών που δίνονται στις σταθερές  $k_1, k_2$  και  $k_3$  στους τρεις Η/Μ νόμους ορίζουν τα διάφορα συστήματα μονάδων του ΗΜ

Σύστημα	$k_1$	$k_2$	$k_3$
Ηλεκτροστατικό (esu)	1	$c^{-2} (t^2 l^{-2})$	1
Ηλεκτρομαγνητικό (emu)	$c^2 (l^2 t^{-2})$	1	1
Gaussian	1	$c^{-2} (t^2 l^{-2})$	$c^{-1} (tl^{-1})$
Heaviside-Lorentz	$\frac{1}{4\pi}$	$\frac{1}{4\pi c^2} (t^2 l^{-2})$	$c^{-1} (tl^{-1})$
MKSA (= MKS + A)	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 10^{-7} c^2$ $(ml^3 t^{-4} I^{-2})$	$\frac{\mu_0}{4\pi} \equiv 10^{-7}$ $(mlt^{-2} I^{-2})$	1

## Πρόβλημα

Διατυπώστε (α) το νόμο Coulomb και (β) της επαγωγής στο SI (MKSA) και στο Gaussian συστήματα μονάδων

## Απάντηση

(α) Νόμος του Coulomb  $F = k_1 \frac{q_1 q_2}{r^2}$

SI  $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$

Gaussian  $F = \frac{q_1 q_2}{r^2}$

(β) Νόμος επαγωγής του Faraday  $V = -k_3 \frac{d\Phi}{dt}$

SI  $V = -\frac{d\Phi}{dt}$

Gaussian  $V = -\frac{1}{c} \frac{d\Phi}{dt}$

# Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI)

- Η Συνθήκη του Μέτρου, που υπογράφηκε το 1875, οδήγησε στην ανάπτυξη του Διεθνούς Συστήματος Μονάδων.
- Με τη Συνθήκη αυτή ιδρύθηκε και το Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών (Bureau International des Poids et Mesures – BIPM\*).
- Το SI αποτελεί εξέλιξη του συστήματος MKSA

\* <https://www.bipm.org/en/measurement-units/>



# Θεμελιώδη Μεγέθη και Μονάδες του SI

Βασικό μέγεθος

Βασική μονάδα

Όνομα	Τυπικό σύμβολο	Όνομα	Σύμβολο
Χρόνος (time)	$t$	second	s
Μήκος (length)	$l, x, r, \text{etc.}$	meter	m
Μάζα (mass)	$m$	kilogram	kg
Ηλεκτρικό ρεύμα (electric current)	$I, i$	ampere	A
Θερμοδυναμική θερμοκρασία (thermodynamic temperature)	$T$	kelvin	K
Ποσότητα ύλης (amount of substance)	$n$	mole	mol
Ένταση ακτινοβολίας (luminous intensity)	$I_v$	candela	cd

# Μετρικά προθέματα των μονάδων SI

actor	Name	Symbol	Multiplying Factor
$10^{24}$	yotta	Y	1 000 000 000 000 000 000 000 000 000
$10^{21}$	zetta	Z	1 000 000 000 000 000 000 000 000
$10^{18}$	exa	E	1 000 000 000 000 000 000
$10^{15}$	peta	P	1 000 000 000 000 000
$10^{12}$	tera	T	1 000 000 000 000
$10^9$	giga	G	1 000 000 000
$10^6$	mega	M	1 000 000
$10^3$	kilo	k	1 000
$10^2$	hecto	h	100
$10^1$	deca	da	10
$10^{-1}$	deci	d	0.1
$10^{-2}$	centi	c	0.01
$10^{-3}$	milli	m	0.001
$10^{-6}$	micro	μ	0.000 001
$10^{-9}$	nano	n	0.000 000 001
$10^{-12}$	pico	p	0.000 000 000 001
$10^{-15}$	femto	f	0.000 000 000 000 001
$10^{-18}$	atto	a	0.000 000 000 000 000 001
$10^{-21}$	zepto	z	0.000 000 000 000 000 000 001
$10^{-24}$	yocto	y	0.000 000 000 000 000 000 000 000 001

# Κυριότερα ηλεκτρικά και μαγνητικά μεγέθη στο SI

Φυσικό Μέγεθος		Μονάδα στο SI		Ισοδύναμο σε θεμελιώδη μεγέθη SI
Όνομα	Σύμβολο	Όνομα	Σύμβολο	
Ηλεκτρικό φορτίο (Charge)	$q$	coulomb	C	A s
Πυκνότητα φορτίου (Charge density)	$\rho$	Coulomb/meter <sup>3</sup>	C/m <sup>3</sup>	A s m <sup>-3</sup>
Ηλεκτρικό ρεύμα (Current)	$I$	ampere	A	A
Πυκνότητα ρεύματος (Current density)	$J$	ampere/meter <sup>2</sup>	A/m <sup>2</sup>	A m <sup>-2</sup>
Ηλεκτρικό πεδίο (Electric field)	$E$	volt/meter	V/m	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
Ηλεκτρικό δυναμικό (Potential)	$\Phi, V$	volt	V	kg m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
Πόλωση (Polarization)	$P$	Coulomb/meter <sup>2</sup>	C/m <sup>2</sup>	A s m <sup>-2</sup>
Διηλεκτρική μετατόπιση (Displacement)	$D$	Coulomb/meter <sup>2</sup>	C/m <sup>2</sup>	A s m <sup>-2</sup>
Αγωγιμότητα (Conductivity)	$\sigma$	Siemens/meter	S/m	kg <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> s <sup>3</sup> A <sup>2</sup>

Φυσικό Μέγεθος		Μονάδα στο SI		Ισοδύναμο σε θεμελιώδη μεγέθη SI
Όνομα	Σύμβολο	Όνομα	Σύμβολο	
Αντίσταση (Resistance)	$R$	ohm	$\Omega$	$\text{Kg m}^2 \text{s}^{-3} \text{A}^{-2}$
Χωρητικότητα (Capacitance)	$C$	farad	F	$\text{kg}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^4 \text{A}^2$
Μαγνητική ροή (Magnetic flux)	$\phi, F$	weber	Wb	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{A}^{-1}$
Μαγνητική επαγωγή (Magnetic induction)	$B$	tesla	T	$\text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1}$
Μαγνητικό πεδίο (Magnetic field)	$H$	ampere/ meter	A/m	$\text{A m}^{-1}$
Μαγνήτιση (Magnetization)	$M$	ampere/ meter	A/m	$\text{A m}^{-1}$
Επαγωγή (Inductance)	$L$	henry	H	$\text{Kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{A}^{-2}$

## Πρόβλημα

Αποδείξτε ότι η έκφραση της μονάδας της ηλεκτρικής αντίστασης εκφράζεται στις θεμελιώδεις μονάδες του SI με τη σχέση  $\Omega = \text{Kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}$

Σημείωση 1: Η διάσταση ενός φυσικού μεγέθους, συνήθως, εκφράζεται με τα μεγέθη σε παρένθεση. Π.χ., [R], [I], [t], κ.λπ.

Σημείωση 2: Η έκφραση ενός μεγέθους στα θεμελιώδη μεγέθη ενός συστήματος ονομάζεται διαστατική εξίσωση

## Απάντηση

$$\begin{aligned} [R] &= \frac{[V]}{[I]} = \frac{[V]}{A} = \\ &= \frac{[W]}{A[Q]} = \frac{[F][l]}{A[I][t]} = \frac{[F]m}{AA s} = \frac{[F]m}{A^2 s} = \\ &= \frac{[mass][a]m}{A^2 s} = \frac{kg[a]m}{A^2 s} = \\ &= \frac{kg[l]m}{A^2 s[t^2]} = \frac{kg m m}{A^2 s s^2} = \frac{kg m^2}{A^2 s^3} \end{aligned}$$

# Λογάριθμοι και Decibels

- Το decibel επινοήθηκε από τους μηχανικούς κατά την ανάπτυξη των συστημάτων τηλεπικοινωνιών σαν ένας **τρόπος περιγραφής μεγάλων λόγων ενίσχυσης (gain) ή εξασθένησης (attenuation) των σημάτων.**
- Εκφράζεται σε δύο μορφές:

1. Decibel λόγου ισχύος (decibel power ratio)

$$\text{dB} = 10 \log \left( \frac{P_2}{P_1} \right)$$

όπου  $P_1$  και  $P_2$  οι ισχύς των υπό σύγκριση δύο σημάτων

2. Decibel λόγου τάσεων (decibel voltage ratio)

$$\text{dB} = 20 \log \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$$

όπου  $V_1$  και  $V_2$  οι τα πλάτη ή οι rms τιμές τάσης των υπό σύγκριση δύο σημάτων

# Decibel λόγου ισχύος

(decibel power ratio)

- Ενίσχυση ισχύος,  $A_P$ , σαν λόγο decibel, ορίζουμε

$$A'_P = 10 \log \left( \frac{P_{out}}{P_{in}} \right)$$

όπου,  $A'_P$  η ενίσχυση ισχύος εκφρασμένη σε decibel,

$P_{out}$  η ισχύς που παρέχεται στο φορτίο στην έξοδο του ενισχυτή και

$P_{in}$  η ισχύς που παρέχεται στην είσοδο του ενισχυτή.

- Το decibel (dB), ως λόγος, είναι αδιάστατη ποσότητα (δεν έχει μονάδες).
- Όταν υπάρχει **ενίσχυση** (amplification) ή **κέρδος ισχύος** (power gain), ο λόγος ισχύος  $\left( \frac{P_{out}}{P_{in}} \right) > 1 \implies$  λόγος decibel dB  $> 0$
- Σε εξασθένηση (attenuation) ή απώλεια ισχύος (power loss),  $\left( \frac{P_{out}}{P_{in}} \right) < 1 \implies$  dB  $< 0$

## Πρόβλημα

Εκφράστε σε dB λόγο ισχύος την ενίσχυση από 1 στα 500W καθώς και την ενίσχυση από 0.2 στα 100W

## Απάντηση

Ενίσχυση από 1 στα 500W σημαίνει λόγο ισχύος  $\frac{500 W}{1 W} = 500$  και αντιστοιχεί σε λόγο dB ισχύος  $10 \log \left( \frac{500 W}{1 W} \right) = 10 \cdot 2.7 = 27 \text{ dB}$

Στον ίδιο λόγο dB ισχύος αντιστοιχεί και η ενίσχυση 0.2 σε 100 W.

$$\frac{100 W}{0.2 W} = 500 \quad \Rightarrow \quad 27 \text{ dB}$$



# Ειδικές τιμές λόγου dB

## Διπλασιασμός ισχύος ή 3 dB

- Ιδιαίτερη σημασία έχει ο λόγος ισχύος 2: 1
- Το ισοδύναμο dB του λόγου 2: 1 είναι

$$\text{dB} = 10 \log \left( \frac{P_2}{P_1} \right) = 10 \log \left( \frac{2}{1} \right) = 3.01 \text{ dB}$$

- Το αποτέλεσμα συνήθως στρογγυλοποιείται στα 3 dB
- 3 dB αντιπροσωπεύουν διπλασιασμό ισχύος (2:1)  $\Rightarrow$  6 dB αντιπροσωπεύουν άλλον ένα διπλασιασμό της αρχικής ισχύος, δηλαδή, 4:1
- 9 dB αντιπροσωπεύουν λόγο ισχύος 8:1 , κ.ο.κ.

## Πρόβλημα

Ποιο λόγο ισχύος αντιπροσωπεύουν 15 dB;

## Απάντηση

$$15 \text{ dB} = 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB}$$

που αντιστοιχούν σε λόγο ενίσχυσης

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = \mathbf{32}$$

## Υποδιπλασιασμός ισχύος ή -3 dB

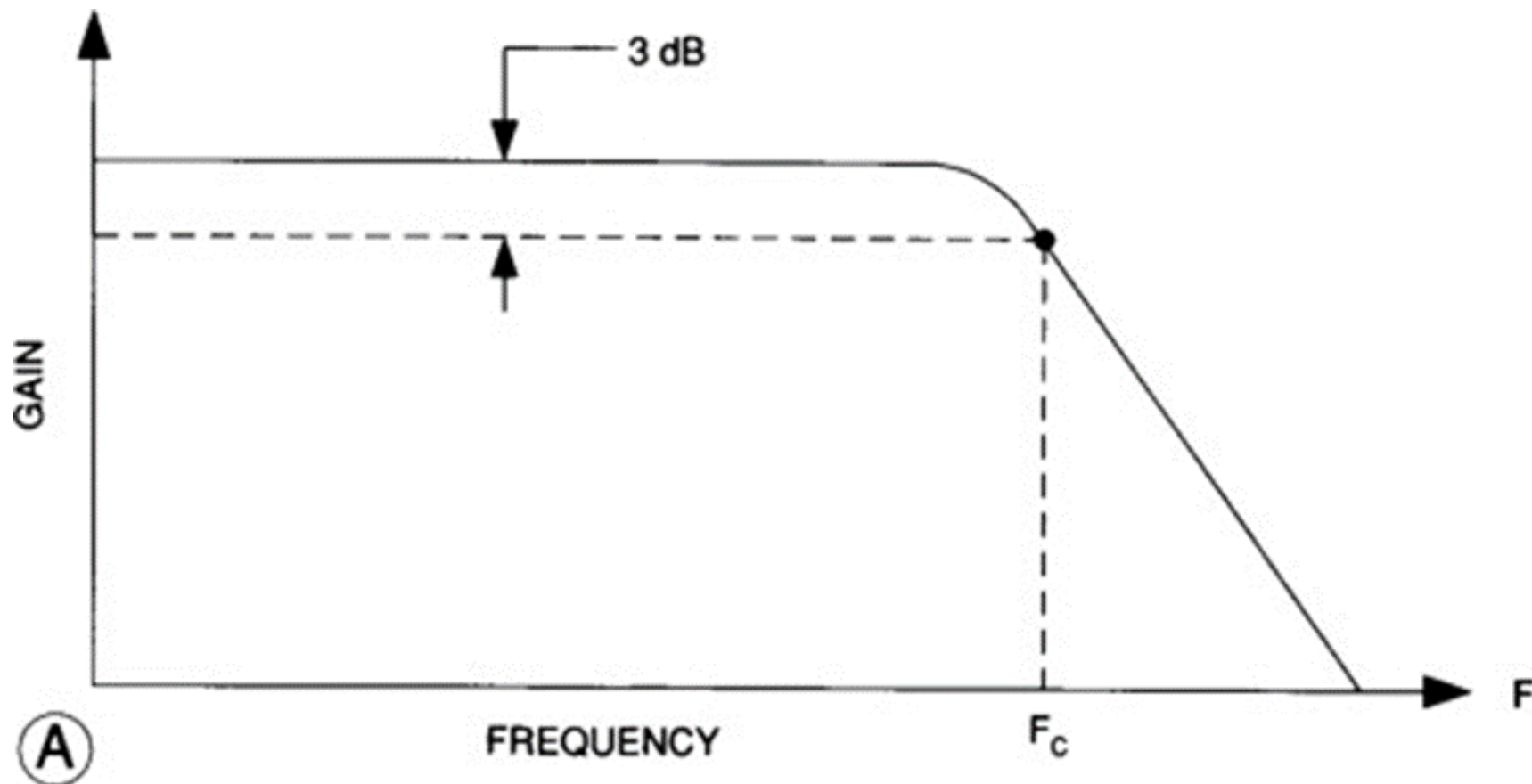
- Υποδιπλασιασμός σημαίνει λόγο ισχύος 1: 2
- Το ισοδύναμο dB του λόγου 1: 2 (<1) είναι

$$\text{dB} = 10 \log \left( \frac{1}{2} \right) = -3.01 \text{ dB}$$

- Το αποτέλεσμα, επίσης, στρογγυλοποιείται στα  $-3 \text{ dB}$
- $-6 \text{ dB}$  αντιπροσωπεύουν άλλον ένα υποδιπλασιασμό της αρχικής ισχύος, δηλαδή, 1:4 (υποτετραπλασιασμός), κ.ο.κ.
- Ιδιαίτερη σημασία έχει ο λόγος ισχύος 2: 1. Είναι εξ'ορισμού ο λόγος ισχύος που ορίζει τη συχνότητα αποκοπής (cutoff frequency) οργάνων, ενισχυτών, φίλτρων, κ.λπ.

## Συχνότητα αποκοπής (cutoff frequency)

- -3 dB είναι εξ'ορισμού ο λόγος ισχύος που ορίζει τη συχνότητα αποκοπής (cutoff frequency) οργάνων, ενισχυτών, φίλτρων, κ.λπ.
- Η συχνότητα αποκοπής ( $f_c$ ) ορίζεται συνήθως ως το σημείο στο οποίο το κέρδος πέφτει -3 dB από την απόκριση μεσαίας ζώνης ή, εάν η απόκριση είναι ανομοιογενής, η απόκριση σε καθορισμένη συχνότητα



## Δεκαπλασιασμός ισχύος ή 10 dB

- Ιδιαίτερη σημασία, επίσης, έχει ο λόγος ισχύος **10: 1**
- Το ισοδύναμο dB του λόγου **10: 1** είναι

$$\text{dB} = 10 \log \left( \frac{10}{1} \right) = 10 \text{ dB}$$

- 20 dB ισούνται με ένα επιπλέον δεκαπλασιασμό του λόγου ισχύος, δηλαδή, **100: 1**
- 30 dB αντιστοιχούν σε λόγο ισχύος **1000: 1**, κ.ο.κ.
- Αντιθέτως, -10 dB σημαίνει 10 φορές εξασθένηση, δηλαδή, λόγο 1:10
- -20 dB ισούνται με ένα επιπλέον υποδεκαπλασιασμό του λόγου ισχύος, δηλαδή, **1: 100**

## Πρόβλημα

Ποιος λόγος ενίσχυσης (εξασθένησης) αντιστοιχεί σε  $-23$  dB;

## Απάντηση

$$-23 \text{ dB} = -10 \text{ dB} - 10 \text{ dB} - 3 \text{ dB}$$

και αντιστοιχούν σε λόγους ισχύος

$$\frac{1}{10} \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{200}$$

Δηλαδή, 200 φορές εξασθένηση της αρχικής ισχύος

# Χρήση decibel λόγου ισχύος για απόλυτες μετρήσεις

- Η έκφραση dB, περιστασιακά, χρησιμοποιείται και για απόλυτες μετρήσεις όπου η ισχύς αναφοράς θεωρείται δεδομένη.
- Η πλέον συχνά χρησιμοποιούμενη απόλυτη μέτρηση είναι το **dBm** ή **dB<sub>mW</sub>** (decibel-milliwatts) όπου ως ισχύς αναφοράς λαμβάνεται το **1 mW**.
- Ισχύς  $P$  σε **mW** εκφράζεται σε **dBm** με τη σχέση

$$x \text{ (dBm)} = 10 \log \left( \frac{P}{1 \text{ mW}} \right)$$

- Χρησιμοποιείται στις ραδιοεπικοινωνίες, μικροκύματα και οπτικές ίνες για τη μέτρηση της ισχύος των μεταδόσεων συστήματος

## Πρόβλημα

Οι τυπικές κάρτες WLAN 802.11b έχουν ισχύ εξόδου στην κεραία τους +15 dBm. Σε πόσα mW αντιστοιχούν;

### Απάντηση

$$15 \text{ (dBm)} = 10 \log \left( \frac{P}{1 \text{ mW}} \right) \Rightarrow P = 10^{\frac{15}{10}} \approx 32 \text{ mW}$$

## Πρόβλημα

Η τυπική ευαισθησία RX (ελάχιστη στάθμη σήματος για λήψη στα 11Mbps) των καρτών WLAN 802.11b είναι -83 dBm. Σε πόσα mW αντιστοιχούν;

### Απάντηση

$$-83 \text{ (dBm)} = 10 \log \left( \frac{P}{1 \text{ mW}} \right) \Rightarrow P = 10^{\frac{-83}{10}} \approx 5 \times 10^{-9} \text{ mW}$$

Ελάχιστη ισχύς των bit για να λαμβάνονται με σαφήνεια από την κάρτα WLAN



# Decibel λόγου τάσεων

(decibel voltage ratio)

- Εφόσον η ισχύς δίνεται από το πηλίκο  $V^2/R$ , το dB λόγου ισχύος γράφεται

$$\text{dB} = 10 \log \left( \frac{V_2^2/R_2}{V_1^2/R_1} \right)$$

όπου,  $R_1$  και  $R_2$  αντιστάσεις στις οποίες αναπτύσσεται ισχύς  $P_1$  και  $P_2$  υπό τάση  $V_1$  και  $V_2$ , αντίστοιχα.

- Αν οι αντιστάσεις είναι ίσες, τότε:

$$\text{dB} = 20 \log \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$$

- Γενικά, ορίζουμε σαν ενίσχυση τάσης σε dB

$$A'_V = 20 \log \left( \frac{V_{out}}{V_{in}} \right)$$

# Ειδικές τιμές λόγου dB

## Διπλασιασμός τάσης ή 6 dB

- Το ισοδύναμο του λόγου 2:1 σε dB τάσης είναι

$$\text{dB} = 20 \log \left( \frac{P_2}{P_1} \right) = 20 \log \left( \frac{2}{1} \right) = 6.02 \text{ dB}$$

- Το αποτέλεσμα συνήθως στρογγυλοποιείται στα 6 dB τάσης
- 6 dB τάσης αντιπροσωπεύουν διπλασιασμό τάσης (2:1)  $\Rightarrow$  12 dB αντιπροσωπεύουν τετραπλασιασμό τάσης (4:1)
- 18 dB τάσης αντιπροσωπεύουν λόγο τάσεων 8:1, κ.ο.κ.

## Δεκαπλασιασμός τάσης ή 10 dB τάσης

- Το ισοδύναμο dB τάσης του λόγου τάσεων 10:1 είναι

$$\text{dB} = 20 \log \left( \frac{10}{1} \right) = 20 \text{ dB}$$

- 40 dB τάσης ισούνται με ένα επιπλέον δεκαπλασιασμό του λόγου ισχύος, δηλαδή, 100:1
- 60 dB αντιστοιχούν σε λόγο ισχύος 1000:1, κ.ο.κ.
- Αντιθέτως, -20 dB σημαίνει 10 φορές εξασθένηση, δηλαδή, λόγο 1:10
- -40 dB ισούνται με ένα επιπλέον υποδεκαπλασιασμό του λόγου ισχύος, δηλαδή, 1:100, κ.ο.κ.

# Χρήση decibel λόγου τάσεων για απόλυτες μετρήσεις

- **dBV** (decibel Volt) είναι η μονάδα ντεσιμπέλ για τη μέτρηση της τάσης σε σχέση με το 1 V.
- Για τη μετατροπή τάσης (συνήθως rms) σε dBV χρησιμοποιείται η σχέση

$$x \text{ (dBV)} = 20 \log \left( \frac{V_{rms}}{1 \text{ V}} \right) = 20 \log(V_{rms})$$

Αντίστοιχα, ισχύουν

$$\text{dBmV} = \text{dBmV}_{rms} = 20 \log \left( \frac{V_{rms}}{1 \text{ mV}} \right)$$

$$\text{dB}\mu\text{V} = \text{dB}\mu\text{V}_{rms} = 20 \log \left( \frac{V_{rms}}{1 \mu\text{V}} \right)$$

# Αγγλοσαξονικό Σύστημα Μονάδων Μέτρησης

- Τα θεμελιώδη μεγέθη είναι τα ίδια:
  - μάζα ή βάρος (δύναμη),
  - μήκος και
  - χρόνος.
- Ο χρόνος έχει ίδια μονάδα μέτρησης με το SI ενώ διαφοροποιούνται οι υπόλοιπες μονάδες.
- Επικρατεί κυρίως σε Η.Π.Α., U.K. παράλληλα με το Διεθνές Σύστημα Μονάδων.

# Αγγλοσαξονικό σύστημα μονάδων

- Βασική μονάδα μήκους είναι η γιάρδα (yard - yd) με τις υποδιαιρέσεις της στο 12-δικό σύστημα:
  - το πόδι (foot - ft) και
  - την ίντσα (inch - in ή ")
- Μία γιάρδα ισούται με 3 πόδια ή 36 ίντσες και ένα πόδι με 12 ίντσες.
- Βασική μονάδα μάζας είναι η λίβρα (pound - lb, ο συμβολισμός lb από τη ρωμαϊκή μονάδα μήκους libra) με τις υποδιαιρέσεις της στο 16-δικό σύστημα
  - την ουγκιά (ounce - oz) και
  - το δράμι (dram).
- Μία λίβρα ισούται με 16 ουγκιές ή 256 δράμια και μια ουγκιά ισούται με 16 δράμια.

# Μονάδες αγγλοσαξονικού συστήματος

Ποσότητα	Όνομα	Σύμβολο	Ισοδυναμία μονάδων	Μονάδες SI
Μήκος	<i>yard</i> γιάρδα	<i>yd</i>	1 yd = 3 ft 1 yd = 36 in 1 ft = 12 in	1 yd = 0,9144 m 1 m = 1,093613 yd
Μήκος	<i>foot</i> πόδι	<i>ft</i>		1 ft = 0,3048 m 1 m = 3,280840 ft
Μήκος	<i>inch</i> ίντσα	<i>in, "</i>		1 in = 2,540 cm 1 cm = 0,3937008 in
Μάζα	<i>round</i> λίβρα	<i>lb</i>	1 lb = 12 oz 1 lb = 256 drams 1 oz = 12 drams	1 lb = 0,453592 kg 1 kg = 2,204623 lb
Μάζα	<i>ounce</i> ουγκιά	<i>oz</i>		1 oz = 28,34952 g 1 g = 0,0352740 oz
Μάζα	<i>dram</i> δράμι	<i>dram</i>		1 dram = 1,77184 g 1 g = 0,564385 dram
Δύναμη	<i>poundal</i>	<i>pdl</i>	1 pdl = 1 lb·1 ft/s <sup>2</sup>	1 pdl = 0,138255 N

## Μονάδες αγγλοσαξονικού συστήματος (συνέχεια)

Ποσότητα	Όνομα	Σύμβολο	Ισοδυναμία μονάδων	Μονάδες SI
Όγκος	<i>gallon UK</i>	<i>gal (UK)</i>		1gal (UK) = $4.546092 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
Όγκος υγρών	<i>gallon US (liquid)</i>	<i>gal (US)</i>	1gal (US) = 231 in <sup>3</sup>	1gal(US) = $3.785411784 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
Όγκος υγρών	<i>barrel US βαρέλι</i>	<i>bbl (US)</i>	1bbl = 42 US gal	1bbl(US) = 0.158987294928 $\text{m}^3$



# Πρότυπα μετρήσεων

- Πρότυπα μετρήσεων είναι οι "υλικές" εκείνες μονάδες μέτρησης, από τις οποίες αντιγράφονται ή αναπαράγονται οι συνήθεις μονάδες μέτρησης.
- Επομένως κοινά χαρακτηριστικά των προτύπων μέτρησης είναι
  1. Η σταθερότητα ως προς το χρόνο
  2. Η σταθερότητα ως προς τη θερμοκρασία
  3. Η ακρίβεια της τιμής κάθε προτύπου

# Εθνικά Πρότυπα Μετρήσεων (National Measurement Standards)

Εθνικό Σύστημα Υποδομών Ποιότητας (Ε.Σ.Υ.Π.)



Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας (Ε.Ι.Μ.)

<http://www.eim.gr>

Ελληνικός Οργανισμός  
Τυποποίησης (ΕΛ.Ο.Τ.)

- Η υλοποίηση των βασικών και παράγωγων μονάδων μέτρησης του διεθνούς συστήματος μονάδων (S.I.) με την τήρηση των αντίστοιχων προτύπων και διατάξεων.
- Η ανάπτυξη μεθόδων και τεχνικών μέτρησης.
- Η υποστήριξη του εθνικού μετρολογικού συστήματος της χώρας.
- Η λειτουργία εργαστηρίων διακρίβωσης και η έκδοση πιστοποιητικών διακρίβωσης.
- Η διάδοση της μετρολογίας και της μετρολογικής γνώσης.
- Η ανάπτυξη και διάθεση υλικών αναφοράς.
- Η εκπροσώπηση της χώρας στους διεθνείς οργανισμούς μετρολογίας.

# Ελληνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας (ΕΙΜ)

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ  
ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ  
ΧΡΟΝΟΣ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

ΔΥΝΑΜΗ  
ΜΑΖΑ  
ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ  
ΠΙΕΣΗ  
ΡΟΗ ΚΑΙ ΟΓΚΟΣ

ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

ΔΙΑΣΤΑΤΙΚΑ  
ΥΓΡΑΣΙΑ  
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ  
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΚΑΙ ΔΟΝΗΣΕΙΣ  
ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΕΣ  
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

$\beta$ ,  $\gamma$ ,  $X$

ΧΗΜΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

# ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ - Εργαστήριο Υψηλών Συχνοτήτων

EIM - Το Εργαστήριο Υψηλών Συχνοτήτων τηρεί τα εθνικά πρότυπα:

- **Μικροκυματικής Ισχύος** (μικροκαλορίμετρο: συντελεστής απόδοσης αισθητήρων ισχύος τύπου thermistor & barretter, για ομοαξονικά συστήματα τύπου N και 3,5 mm, με αβεβαιότητες μικρότερες από 0,005 και 0,03 αντίστοιχα) και
- **Εξασθένησης** (πρότυπος εξασθενητής πιστονιού, τύπου WBCO-Waveguide below Cut-Off: δυναμική περιοχή 120dB με αβεβαιότητα μικρότερη από 0,01 dB/10dB, γραμμική περιοχή 90dB και αβεβαιότητα μικρότερη από 0,001 dB/10dB).

# ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ - Εργαστήριο Υψηλών Συχνοτήτων

ΕΙΜ - Το Εργαστήριο Χαμηλών Συχνοτήτων υλοποιεί μέσω κβαντικών φαινομένων τα εθνικά πρότυπα:

- Τάσης (V) (Πρότυπο Τάσης Josephson, τιμές 1V και 10V)
- Αντίστασης (R) (κβαντικό φαινόμενο Hall)

τηρεί τα εθνικά πρότυπα

- Χωρητικότητας
- Ηλεκτρικής Ενέργειας
- Μεταφοράς AC/DC

# ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ - Εργαστήριο Χρόνου και Συχνότητας

ΕΙΜ - Το Εργαστήριο Χρόνου – Συχνότητας υλοποιεί με την χρήση τριών πρωτεύοντων προτύπων-ρολογιών καισίου τις μονάδες

- Χρόνου (s)
- Συχνότητας (Hz)

Η ακρίβεια τήρησης του χρόνου UTC είναι 10 ns.



GPS, Controller, Electronics

Monitor

Atomic Standards  
3 Cs 5071A

UPS, back-up PS