

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών

Εξάμηνο 3^ο

Κωδικός μαθήματος: ΜΚ16

(Ακαδημαϊκό Έτος 2023 – 24)

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

Ενότητα 1^η

Εισαγωγή - Συστήματα Μονάδων Μέτρησης

1. Συστήματα μονάδων μέτρησης

1.1. Διεθνές σύστημα μονάδων (SI)

- Θεμελιώδη και παράγωγα μεγέθη
- Πολλαπλάσια και υπο-πολλαπλάσια μονάδων
- Τα βασικά ηλεκτρικά και μαγνητικά μεγέθη στο SI
- Μονάδες ευρείας χρήσης
- Λογαριθμικές μονάδες (dB)

1.2. Αγγλοσαξονικό σύστημα μονάδων

2. Πρότυπα μέτρησης

- Πρωτεύοντα πρότυπα των μονάδων Volt και Ohm

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

Από

- τα βασικά μεγέθη της μηχανικής (l, m, t),
- τον ορισμό της σχέσης ρεύματος - φορτίου ($I = dq/dt$) και
- τους 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

$$F_1 = k_1 \frac{qq'}{r^2}$$

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 και I' είναι

$$\frac{dF_2}{dl} = 2k_2 \frac{II'}{d}$$

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

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -k_3 \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{n} dA$$

προκύπτουν συστήματα μονάδων του H/M.

Πίνακας με Μεγέθη και Διαστάσεις των Η/Μ Σταθερών για Διάφορα Συστήματα Μονάδων

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	$\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ $= 10^{-7} c^2$ $(ml^3 t^{-4} I^{-2})$	$\frac{\mu_0}{4\pi} \equiv 10^{-7}$ $(mlt^{-2} I^{-2})$	1

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/>

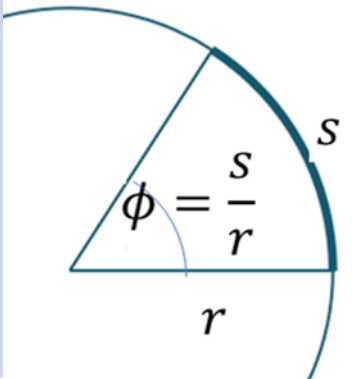
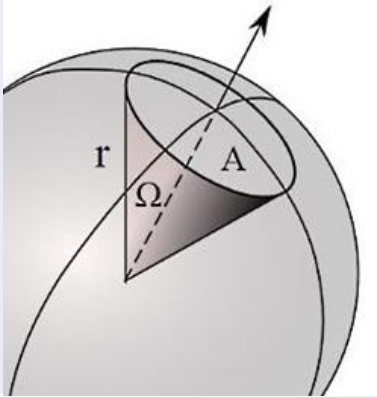
Θεμελιώδη Μεγέθη και Μονάδες του SI

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

Συμπληρωματικά Μεγέθη του SI

Φυσικό Μέγεθος	Σύμβολο	Μονάδα	Σύμβολο μονάδας	Ορισμός
Επίπεδη γωνία	ϕ	Ακτίνιο (radian)	rad	<p>Το ακτίνιο είναι η επίπεδη γωνία, η οποία σε μια περιφέρεια κύκλου με κορυφή το κέντρο του κύκλου αποκόπτει τόξο ίσο προς την ακτίνα του κύκλου.</p> $\phi = \frac{s}{r}$ <p>Ένας πλήρης κύκλος ισούται με 2π rad.</p> $1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57.2957795 \dots^\circ$ 
Στερεά γωνία	Ω	Στερεακτίνιο (steradian)	sr	<p>Το στερεακτίνιο είναι η στερεά γωνία, η οποία επάνω σε μια σφαίρα που έχει κέντρο την κορυφή της γωνίας αποκόπτει σφαιρικό τμήμα επιφανείας εμβαδού ίσου με το τετράγωνο της ακτίνας της σφαίρας.</p> $\Omega = \frac{A}{r^2}$ <p>Μια πλήρης σφαίρα έχει 4π sr</p> 

Μετρικά προθέματα των μονάδων SI

actor	Name	Symbol	Multiplying Factor
10^{24}	yotta	Y	1 000 000 000 000 000 000 000 000
10^{21}	zetta	Z	1 000 000 000 000 000 000 000
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	0.000 000 000 000 000 000 000 001

Συνήθη 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)	ρ	Coulomb/meter ³	C/m ³	A s m ⁻³
Ηλεκτρικό ρεύμα (Current)	I	ampere	A	A
Πυκνότητα ρεύματος (Current density)	J	ampere/meter ²	A/m ²	A m ⁻²
Ηλεκτρικό πεδίο (Electric field)	E	volt/meter	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
Ηλεκτρικό δυναμικό (Potential)	Φ, V	volt	V	kg m ² s ⁻³ A ⁻¹
Πόλωση (Polarization)	P	Coulomb/meter ²	C/m ²	A s m ⁻²
Διηλεκτρική μετατόπιση (Displacement)	D	Coulomb/meter ²	C/m ²	A s m ⁻²
Αγωγιμότητα (Conductivity)	σ	Siemens/meter	S/m	kg ⁻¹ m ⁻² s ³ A ²

Συνήθη ηλεκτρικά και μαγνητικά μεγέθη στο SI (συνέχεια)

Φυσικό Μέγεθος		Μονάδα στο SI		Ισοδύναμο σε θεμελιώδη μεγέθη SI
Όνομα	Σύμβολο	Όνομα	Σύμβολο	
Αντίσταση (Resistance)	R	ohm	Ω	$\text{Kg m}^2 \text{s}^{-3} \text{A}^{-2}$
Χωρητικότητα (Capacitance)	C	farad	F	$\text{kg}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^4 \text{A}^2$
Μαγνητική ροή (Magnetic flux)	ϕ, 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	A m^{-1}
Μαγνήτιση (Magnetization)	M	ampere/ meter	A/m	A m^{-1}
Επαγωγή (Inductance)	L	henry	H	$\text{Kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{A}^{-2}$

Μεγέθη και μονάδες εκτός SI με ευρεία χρήση

Όνομα	Σύμβολο	Φυσικό Μέγεθος	Διαστάσεις	Ισοδύναμο σε μεγέθη SI
Ημέρα (day)	d	Χρόνος, διάρκεια, περίοδος	T	$1d = 86400 \cdot s$
Ώρα (hour)	h	Χρόνος, διάρκεια, περίοδος	T	$1h = 3600 \cdot s$
Λεπτό ώρας (minute)	min	Χρόνος, διάρκεια, περίοδος	T	$1\text{min} = 60 \cdot s$
Μοίρα (degree)	°	Επίπεδη γωνία	α	$1^\circ = \pi/180 \text{ rad}$
Λεπτό μοίρας (minute of angle)	'	Επίπεδη γωνία	α	$1' = \pi/10800 \text{ rad}$
Δευτερόλεπτο μοίρας (second of angle)	"	Επίπεδη γωνία	α	$1'' = \pi/648000 \text{ rad}$

Μεγέθη και μονάδες εκτός SI με ευρεία (συνέχεια)

Όνομα	Σύμβολο	Φυσικό Μέγεθος	Διαστάσεις	Ισοδύναμο σε μεγέθη SI
Λίτρο (litre)	l, L	Χωρητικότητα, όγκος	L^3	$1L = 10^{-3}m^3$
βαρέλι μέτρησης hogshead (tonneau de gauge)		Χωρητικότητα, όγκος	L^3	$1\text{ tonneau} = 2,83m^3$
Μετρικός τόνος tonne (metric)	t	Μάζα	M	$1t = 10^3kg$
tex	tex	Γραμμική πυκνότητα μάζας	ML^{-1}	$1\text{tex} = 10^{-6}kg \cdot m^{-1}$
barn	b	Επιφάνεια	L^2	$1b = 10^{-28} m^2$
στρέμμα		Επιφάνεια (ελληνική)	L^2	$1\text{ στρέμμα} = 1.000 m^2$
Εκτάριο (hectare)	ha	Επιφάνεια	L^2	$1ha = 10.000 m^2$

Μεγέθη και μονάδες εκτός SI με ευρεία (συνέχεια)

Όνομα	Σύμβολο	Φυσικό Μέγεθος	Διαστάσεις	Ισοδύναμο σε μεγέθη SI
Angström	Å	Μήκος, απόσταση	L	$1\text{Å} = 0.1\text{ nm}$ $=10^{-10}\text{ m}$
Ναυτικό μίλι (Nautical mile)	M, NM, Nm, nmi	Μήκος, απόσταση	L	$1\text{ Nm} = 1.852\text{ m}$
Αγγλικό μίλι (για αποστάσεις στη στεριά)	mile	Μήκος, απόσταση	L	$1\text{ mile} = 1.609,3\text{ m}$
Χιλιόμετρα ανά ώρα	km/h	ταχύτητα	LT^{-1}	$1\text{ km/h} = 0,2778\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ $1\text{ m/s} = 3,6\text{ km/h}$
Κόμβος (Nœud, knot)	kn	ταχύτητα	LT^{-1}	$1\text{ kn} = (1852/3600)$ $\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ $=5,1444\times 10^{-1}\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Στροφές το λεπτό (revolutions per minute)	rpm	Γωνιακή ταχύτητα	αT^{-1}	$1\text{ rpm} = \pi/30\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$

Μεγέθη εκτός SI με ευρεία χρήση

(συνέχεια)

Όνομα	Σύμβολο	Φυσικό Μέγεθος	Διαστάσεις	Ισοδύναμο σε μεγέθη SI
Angström	Å	Μήκος, απόσταση	L	$1\text{Å} = 0.1\text{ nm}$ $=10^{-10}\text{ m}$
Ναυτικό μίλι (Nautical mile)	M, NM, Nm, nmi	Μήκος, απόσταση	L	$1\text{ Nm} = 1.852\text{ m}$
Αγγλικό μίλι (για αποστάσεις στη στεριά)	mile	Μήκος, απόσταση	L	$1\text{ mile} = 1.609,3\text{ m}$
Χιλιόμετρα ανά ώρα	km/h	ταχύτητα	LT^{-1}	$1\text{ km/h} = 0,2778\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ $1\text{ m/s} = 3,6\text{ km/h}$
Κόμβος (Noeud, knot)	kn	ταχύτητα	LT^{-1}	$1\text{ kn} = (1852/3600)$ $\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ $=5,1444\times 10^{-1}\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Στροφές το λεπτό (revolutions per minute)	rpm	Γωνιακή ταχύτητα	αT^{-1}	$1\text{ rpm} = \pi/30\text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$

Μεγέθη εκτός SI με ευρεία χρήση (συνέχεια)

Όνομα	Σύμβολο	Φυσικό Μέγεθος	Διαστάσεις	Ισοδύναμο σε μεγέθη SI
Αμπερώριο (Ampere-hour)	Ah	Ηλεκτρικό φορτίο	$I t$	$1Ah = 3600 C$
Κιλοβατώρα (Kilowatt-hour)	kWh	Ενέργεια, έργο, θερμότητα	$m l^2 t^{-2}$	$1kWh = 3,6 \times 10^6 J$
Βατώρα (watt-hour)	Wh	Ενέργεια, έργο, θερμότητα	$m l^2 t$	$1Wh = 3.600 J$
Χιλιοθερμίδα (kilocalorie)	kcal	Ενέργεια, έργο, θερμότητα	$m l^2 t$	$1 kcal = 1,1631 Wh$ $1kcal = 4,1868 \times 10^3 J$
Btu British thermal unit	Btu	Ενέργεια, έργο, θερμότητα	$m l^2 t$	$1 Btu = 1,055 \times 10^3 J$ $1 Btu = 0,252 kcal$ $1 Btu = 0,2931 Wh$
Θερμογόνος δύναμη	kcal/kg	Δύναμη, βάρος	$m l t^{-2}$	$1kcal/kg = 4186,8 J/kg$

Μεγέθη εκτός SI με ευρεία χρήση (συνέχεια)

Όνομα	Σύμβολο	Φυσικό Μέγεθος	Διαστάσεις	Ισοδύναμο σε μεγέθη SI
βαθμός Κελσίου (Celsius)	°C	Θερμοκρασία	Θ	$1^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$ $\theta^{\circ}\text{C} = \theta \text{ K} - 273,16$ $\theta^{\circ}\text{C} = 5/9 \cdot (\theta^{\circ}\text{F} - 32)$ $\theta^{\circ}\text{C} = 5/9 \theta^{\circ}\text{R} - 273,16$
βαθμός Φαρενάιτ (Fahrenheit)	°F	Θερμοκρασία	Θ	$1^{\circ}\text{F} = 5/9 \cdot \text{K}$ $\theta^{\circ}\text{F} = 9/5 \cdot \theta^{\circ}\text{C} + 32$
βαθμός Ρανκίν (Rankine)	°R	Θερμοκρασία	Θ	$1^{\circ}\text{R} = 9/5 \text{ K}$ $\theta^{\circ}\text{R} = 9/5 \cdot \theta \text{ K}$
μπαρ	bar	Ατμοσφαιρική πίεση	$\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}$	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Ατμόσφαιρα	at	Ατμοσφαιρική πίεση	$\text{ML}^{-1}\text{T}^{-2}$	$1 \text{ at} = 9,80665 \cdot 10^4$ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
θερμίδες ανά ώρα	kcal/h	Ισχύς	ML^2T^{-3}	$1 \text{ kcal/h} = 1,163 \text{ W} =$ $1,163 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$ $1 \text{ W} = 0,86 \text{ kcal/h}$

Μεγέθη εκτός SI με ευρεία χρήση (συνέχεια)

Όνομα	Σύμβολο	Φυσικό Μέγεθος	Διαστάσεις	Ισοδύναμο σε μεγέθη SI
ίππος	CV ή PS	Ισχύς	ML^2T^{-3}	$1 CV = 735,5 W$
αγγλικός ίππος	HP	Ισχύς	ML^2T^{-3}	$1 HP = 745,7 W$
curie	Ci	ραδιενέργεια	T^{-1}	$1Ci=3,7 \times 10^{10} Bq$
rad	rad	Απορροφούμενη δόση ακτινοβολίας, kerma	L^2T^{-2}	$1rad=10^{-2}Gy$
rem	rem	Ισοδύναμη δόση, δείκτης ισοδύναμης δόσης	L^2T^{-2}	$1rem=10^{-2}Sv$
röntgen	R	Έκθεση σε ακτινοβολία	$M^{-1}TI$	$1R=2,58 \times 10^{-4} C \cdot kg^{-1}$

Μεγέθη εκτός SI με ευρεία χρήση που καθορίζονται πειραματικά

Όνομα	Σύμβολο	Φυσικό Μέγεθος	Διαστάσεις	Ισοδύναμο σε μεγέθη SI
Ηλεκτρονιο-βολτ electronvolt	eV	Ενέργεια, έργο	ML^2T^{-2}	$1eV = 1.609 \times 10^{-19} J$
faraday	F	Ατομικό ηλεκτρικό φορτίο	ITN^{-1}	$1F = eN_A C \cdot mol^{-1}$
Μονάδα ατομικής μάζας, unified atomic mass unit	u, u.m.a.	Μάζα	M	$1u = m_{12C} / 12 kg$

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.
- Όταν ο λόγος ισχύος είναι < 1 , υπάρχει απώλεια ισχύος (power loss) ή εξασθένιση (attenuation).
- Ο λόγος decibel είναι θετικός (dB > 0) για ενίσχυση ισχύος (power gain), $P_{out} > P_{in}$ και αρνητικός (dB < 0) για απώλεια ισχύος, $P_{out} < P_{in}$

Decibel λόγου ισχύος (συνέχεια)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Ο λόγος ισχύος μεταξύ 500 W και 1 W είναι $500:1$ και εκφρασμένος σε decibels είναι 27 dB .

Αυτός είναι και ο αριθμός decibels μεταξύ 100 W και 0.2 W ($500:1$)

- 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.
- 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

Decibel λόγου ισχύος (συνέχεια)

- Αφού 3 dB αντιπροσωπεύουν διπλασιασμό ισχύος (2:1), 6 dB αντιπροσωπεύουν άλλον ένα διπλασιασμό της αρχικής ισχύος, δηλαδή, 4:1
- 9 dB αντιπροσωπεύουν λόγο ισχύος 8:1 , κ.ο.κ.
- 10 dB ισούνται με λόγο ισχύος 10:1 ($\log 10 = 1$)
- 20 dB ισούνται με ένα επιπλέον δεκαπλασιασμό του λόγου ισχύος, δηλαδή, 20:1, κ.ο.κ.
- Αντιθέτως, αρνητικό σημείο σημαίνει εξασθένηση ($P_2 < P_1$)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Ο λόγος 1:2 αντιστοιχεί σε $\text{dB} = 10 \log \left(\frac{1}{2} \right) = -3.01 \text{ dB}$

Λόγος 1:10 αντιστοιχεί σε -10 dB

Decibel λόγου ισχύος (συνέχεια)

- Σε εφαρμογές που συνδυάζουν πολλές και διαφορετικές βαθμίδες ενίσχυσης ή εξασθένησης (π.χ., μεταδότες μικροκυμάτων), η ολική ενίσχυση (ή εξασθένηση) της τάσης δίνεται από το γινόμενο

$$A_{V(tot)} = A_{V1} \times A_{V2} \times \dots \times A_{Vn}$$

- Οι μονάδες dB είναι ιδιαίτερα χρήσιμες σε συνδυασμούς ενισχύσεων ή εξασθενήσεων διότι περιλαμβάνουν απλώς το αλγεβρικό άθροισμα των αντίστοιχων τιμών dB των βαθμίδων

$$A'_{V(tot)} = A'_{V1} + A'_{V2} + \dots + A'_{Vn}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

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

Απάντηση

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

Εφόσον, κάθε -10 dB αντιστοιχούν σε υπο-δεκαπλασιασμό (λόγο 1:10) και -3 dB σε υπο-διπλασιασμό της ισχύος (λόγο 1:2), τα -23 dB αντιστοιχούν σε $(1:10) \times (1:10) \times (1:2) = 1:200$ ολική εξασθένηση του αρχικής ισχύος

Χρήση decibel λόγου ισχύος για απόλυτες μετρήσεις

- Τα dB χρησιμοποιούνται γενικά για να εκφράσουν τη σύγκριση (λόγο) δύο τιμών ισχύος
- Περιστασιακά, χρησιμοποιούνται και για απόλυτες μετρήσεις όπου η ισχύς αναφοράς θεωρείται δεδομένη.
- Η πλέον συχνά χρησιμοποιούμενη απόλυτη μέτρηση είναι το dBm

$$\text{dBm} = 10 \log \left(\frac{P_2}{1 \text{ mW}} \right)$$

- Χρησιμοποιούνται συνήθως για τον προσδιορισμό της στάθμης εξόδου γεννητριών σήματος και στις τηλεπικοινωνίες για την απλοποίηση των σταθμών ισχύος.
- Η dBm δίνει την τιμή ισχύος που αναπτύσσεται σε συμφωνημένη αντίσταση φορτίου όταν η αναφορά εννοείται ότι είναι 1 mW
 - Για ραδιοσυχνότητες, το φορτίο συμφωνείται να είναι τα 50 Ω
 - Για συστήματα ακουστικής μετάδοσης, είναι γενικά 6000 Ω

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:

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

- Αν V_2 είναι η τάση εξόδου (V_{out}) και V_1 η τάση εισόδου (V_{in}) για έναν ενισχυτή, η εξίσωση ορίζει την ενίσχυση τάσης σε dB

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

Decibel λόγου τάσεων *(συνέχεια)*

- Στις εκφράσεις decibel ενίσχυσης τάσης:
 - αν τα πλάτη έχουν λόγο 2:1, ο λόγος τάσεων dB $\cong 6$ ($20 \log 2 = 6$),
 - αν το σήμα εξασθενεί με λόγο 2 (1:2), dB $\cong -6$,
 - όταν η ενίσχυση έχει λόγο 10:1, ο λόγος τάσεων dB $\cong 20$ ($20 \log 10 = 20$)

Κ.Ο.Κ.

Αγγλοσαξονικό Σύστημα Μονάδων Μέτρησης

- Σε ορισμένες αγγλοσαξονικές χώρες, (Η.Π.Α., U.K.) συνεχίζει ακόμη και σήμερα να είναι σε ισχύ και το παλαιό αγγλικό σύστημα μέτρησης ή αυτό συνεχίζει να λειτουργεί παράλληλα με το Διεθνές Σύστημα Μονάδων.
- Και σ' αυτό το σύστημα 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.

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 ²	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 ³	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 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

β , γ , 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

EIM - 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