



Θέματα ηλεκτρικών μετρήσεων

Ενότητα Διάλεξης: **Θέματα ηλεκτρικών μετρήσεων**
Εισηγητής: **Κουδουμάς Εμμανουήλ**
Βισκαδούρος Γεώργιος
Εργαστήριο **Βισκαδούρος Γεώργιος**
Ίδρυμα: **Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης**

Στοιχεία επικοινωνίας:
Τηλ: **2810379789**
Fax: **-**
Email: viskadouros@staff.teicrete.gr

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Η ΠΡΑΞΗ ΥΛΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «Εκπαίδευση και Δια
Βίου Μάθηση» ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ (ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
– ΕΚΤ) ΚΑΙ ΑΠΟ ΕΘΝΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ ΕΣΠΑ 2007-2013



Διάρθρωση μαθήματος

- Αναλογικά όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων
- Εισαγωγή στα είδη σφαλμάτων
- Μέτρηση Τάσης Ρεύματος
- Παλμογράφος
- Τεχνικές μέτρησης ηλεκτρικών μεγεθών (R,L,C)
- Εισαγωγή στα τριφασικά συστήματα
- Όργανα μέτρησης άλλων φυσικών μεγεθών



Ηλεκτρικές Μετρήσεις - Μετρολογία

- **Τι είναι η Μετρολογία ?**
 - Η επιστήμη της μέτρησης
- **Περιλαμβάνει**
 - Τεχνικές και μεθόδους μετρήσεων
 - Τεχνολογία των οργάνων μέτρησης (οργανολογία)

ΟΡΓΑΝΑ	ΜΕΤΡΗΣΗ	ΆΛΛΑ ΘΕΜΑΤΑ
Κλασικά όργανα	Ρεύματος	Σφάλματα
Ηλεκτρονικά όργανα	Τάσης	Αισθητήρες
Ψηφιακά όργανα	Τάση/Ρεύμα εναλλασσομένου	Επεξεργασία δεδομένων
Συστήματα μετρήσεων	Ισχύος/Ενέργειας	Soft measurements
	Αντίστασης	Αυτοματισμοί
	Χωρητικότητας/Επαγωγής	Συστήματα ελέγχου
	Ημιαγωγών	
	Άλλων (π.χ. φορτίου)	



Ηλεκτρικές Μετρήσεις - Μετρολογία

- Μεγάλο ποσοστό επιστημονικής και οικονομικής ή επιχειρηματικής δραστηριότητας του Ηλεκτρολόγου Μηχανικού
- Όργανα
 - Μεγάλος κατάλογος προϊόντων
 - Καινοτόμες μετρήσεις
 - Τεράστιος τζίρος





Αναλογικά όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Αναλογικά Ηλεκτρικά όργανα

- Κριτήριο : Αρχές Λειτουργίας
 - Ηλεκτρομαγνητικά
 - Στρεπτού πηνίου
 - Ηλεκτροδυναμικά
 - Διασταυρούμενων πηνίων
 - Κινητού σιδήρου
 - Κινητού μαγνήτη
 - Επαγωγικά
 - Ηλεκτροστατικά
 - Θερμικά
 - θερμαινόμενου νήματος
 - Θερμοζεύγος



Philips High Power Basic Ballast





Αναλογικά Ηλεκτρικά όργανα

- Κριτήριο: τρόπος παρουσίασης αποτελεσμάτων
 - Ενδεικτικά όργανα
 - Το αποτέλεσμα εμφανίζεται σαν μία ένδειξη
 - Καταγραφικά όργανα
 - Υπάρχει μεταβολή της ένδειξης με το χρόνο
 - Αθροιστικά όργανα
 - Συνολικό αποτέλεσμα μέσα σε κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (Μετρητές ΔΕΗ)
 - Παλμογράφος
 - Μέτρησης ενός μεγέθους αλλά και απεικόνιση της χρονικής μεταβολής του



Χαρακτηριστικά αναλογικών ηλεκτρικών οργάνων

- i. Περιοχή μέτρησης οργάνου
- ii. Εσωτερική αντίσταση του οργάνου (r_0)
- iii. Ευαισθησία
 - Η μεταβολή της απόκρισης ΔY ως προς την μεταβολή της διέγερσης ΔX
- iv. Υπερφόρτιση οργάνου
 - ο επί τοις εκατό λόγος της μέγιστης ανεκτής τιμής προς την μέγιστη μετρούμενη τιμή



Χαρακτηριστικά αναλογικών ηλεκτρικών οργάνων

V. Offset οργάνου

- μόνιμη απόκλιση κατά σταθερή ποσότητα από την πραγματική τιμή

VI. Διακριτική ικανότητα οργάνου

VII. Μέγιστο σφάλμα οργάνου

VIII. Κλάση οργάνου

- Η κλάση του οργάνου μας δίνει το επί τοις εκατό σφάλμα στη μέγιστη ένδειξη κατά την μέτρηση με το όργανο



Κατασκευαστικά μέρη αναλογικών ηλεκτρικών οργάνων

I. Έδραση

- Ανάρτηση του κινητού μέρους , χωρίς τριβές και μεγάλη μηχανική σταθερότητα

II. Ανασταλτική διάταξη

- Δημιουργεί ροπή ανταγωνιστική στην ροπή που κινεί τον δείκτη ώστε αυτός να ισορροπεί

III. Διάταξη απόσβεσης

- αποφυγή ταλάντωσης του δείκτη γύρω από το σημείο μέτρησης

IV. Δείκτης

- Μαχαιρωτός από κράμα αλουμινίου
- Βελονοειδής από γυαλί
- Λογχοειδής και πεπλατυσμένος

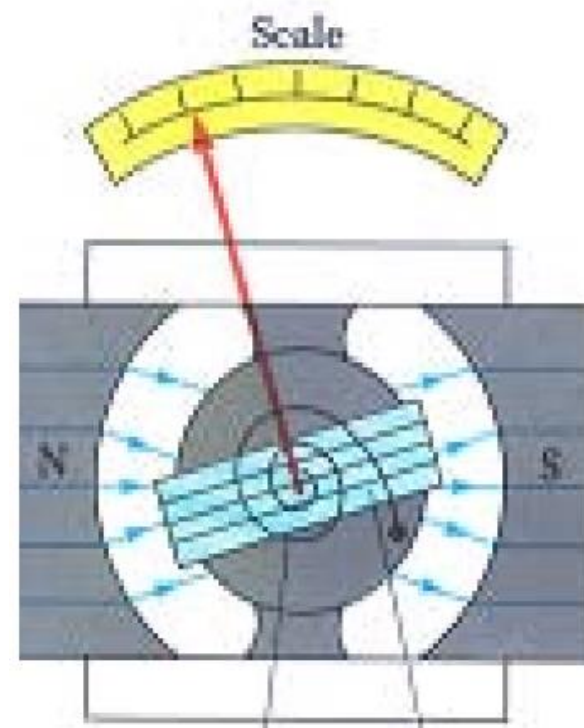
V. Κλίμακα





Όργανο στρεπτού πηνίου

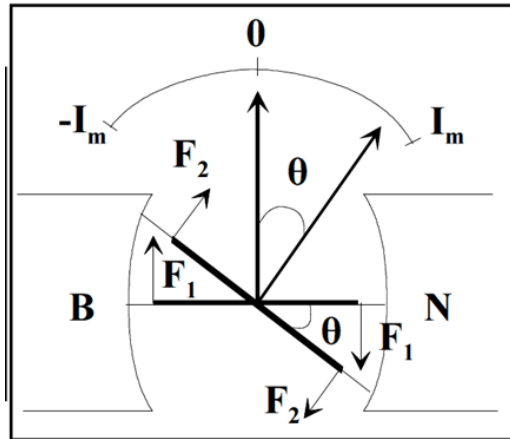
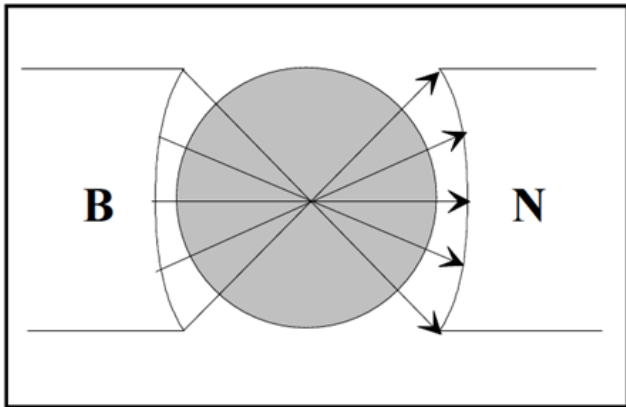
- **Βασική αρχή λειτουργίας** : η κίνηση ενός πηνίου που διαρρέεται από ρεύμα μέσα σε ένα σταθερό ακτινικό μαγνητικό πεδίο λόγω δυνάμεων Laplace
- **Πλεονεκτήματα** : μεγάλη ευαισθησία και ακρίβεια, απλή κατασκευή και ελάχιστη κατανάλωση ισχύος
- **Μειονέκτημα** : αδυναμία του να μετρήσει εναλλασσόμενα μεγέθη



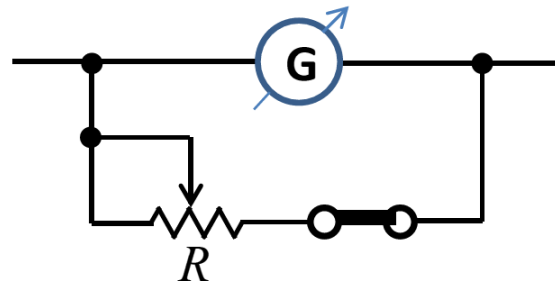


Όργανο στρεπτού πηνίου

- Αρχή Λειτουργίας Γαλβανομέτρου



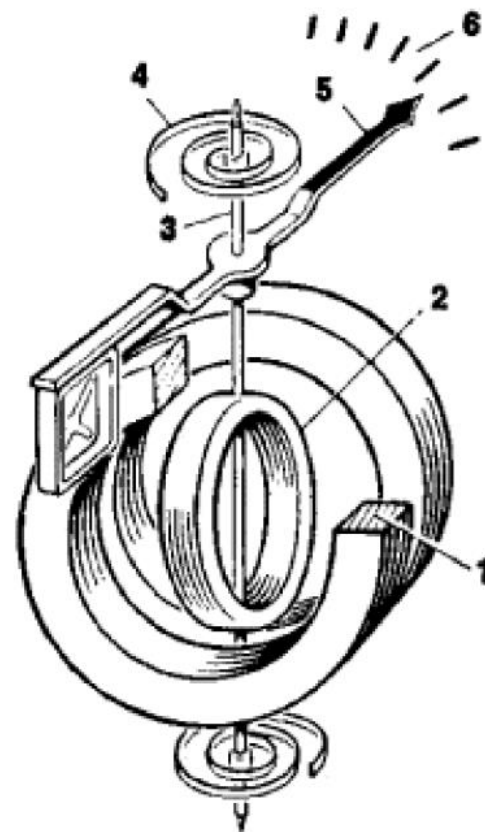
- Μεγάλη ευαισθησία σε ρεύματα
- Προστασία με χρήση αντίστασης παράκαμψης (shunt resistance).





Ηλεκτροδυναμικά όργανα

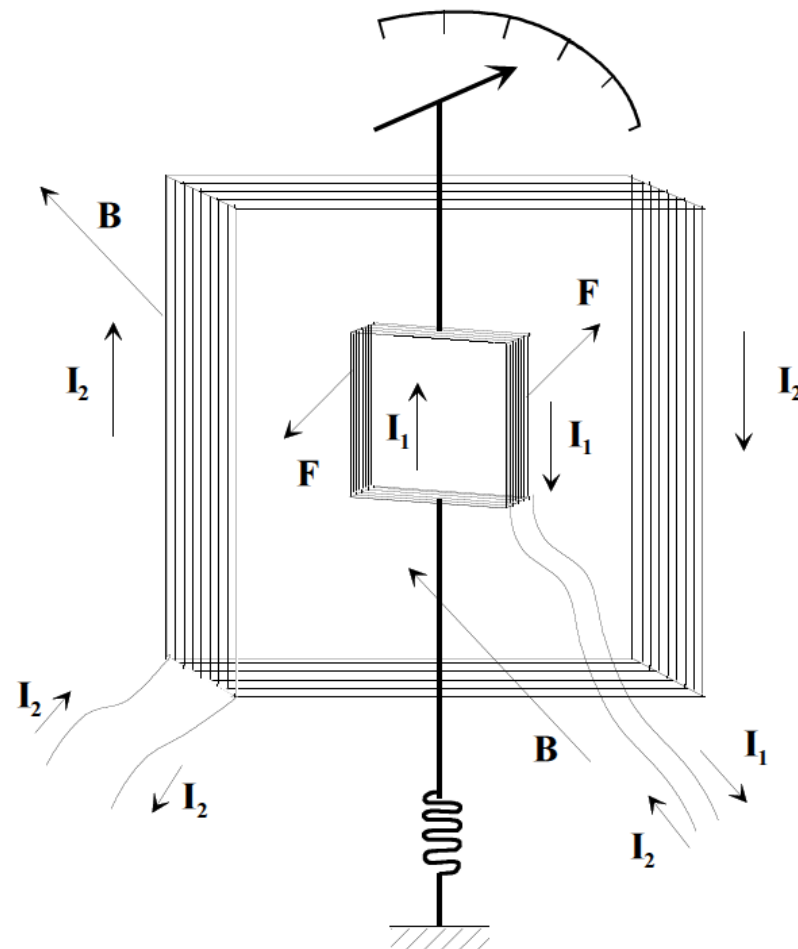
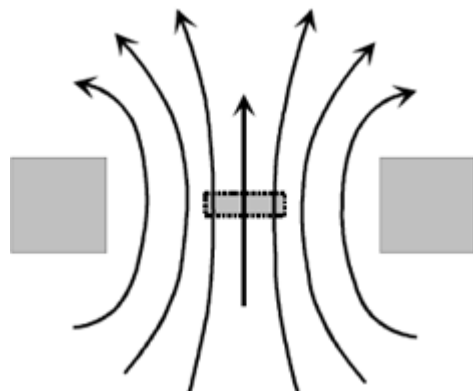
- Λειτουργία : βασίζεται στην κίνηση ενός πηνίου που διαρρέεται από ρεύμα μέσα σε μαγνητικό πεδίο λόγω δυνάμεων Laplace, όπου σε αυτή τη περίπτωση το μαγνητικό πεδίο δεν είναι σταθερό αλλά δημιουργείται από ένα πηνίο που διαρρέεται από ρεύμα
- Η στροφή του δείκτη είναι ανάλογη των 2 ρευμάτων και της διαφοράς φάσης μεταξύς.
- Πλεονέκτημα : η ικανότητα τους να μετρήσουν το γινόμενο δύο ρευμάτων





Ηλεκτροδυναμικά όργανα

- Ακίνητο εξωτερικό πηνίο που διαρρέεται από ρεύμα I_2
- Στο κέντρο του ακίνητου πηνίου δημιουργείται ομογενές μαγνητικό πεδίο
- Περιστροφή σε κατακόρυφο άξονα ενός εσωτερικού πηνίου που συνδέεται με τον δείκτη

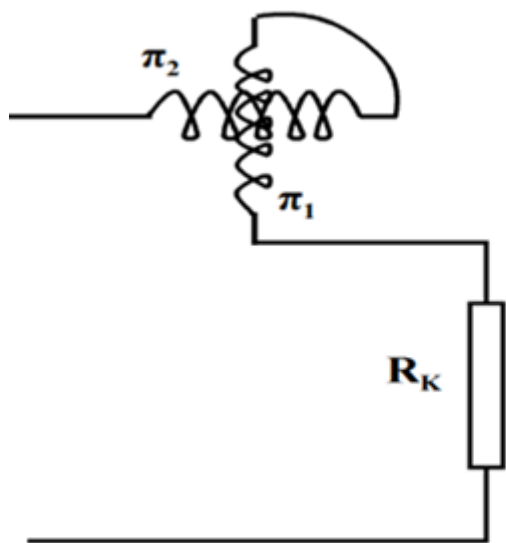




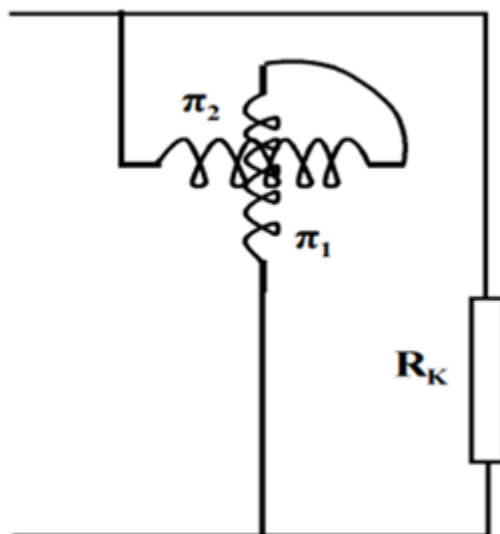
Ηλεκτροδυναμικά όργανα

Όργανα διασταυρούμενων πηνίων

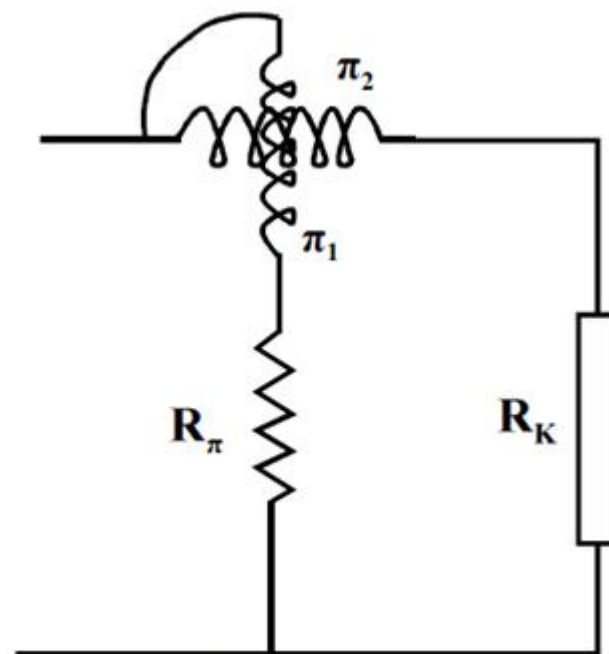
- Δύο ακίνητα πηνία παράλληλα μεταξύ τους
 - Ένα πηνίο για μέτρηση ρεύματος
 - Ένα πηνίο για μέτρηση τάση



αμπερόμετρο



βολτόμετρο



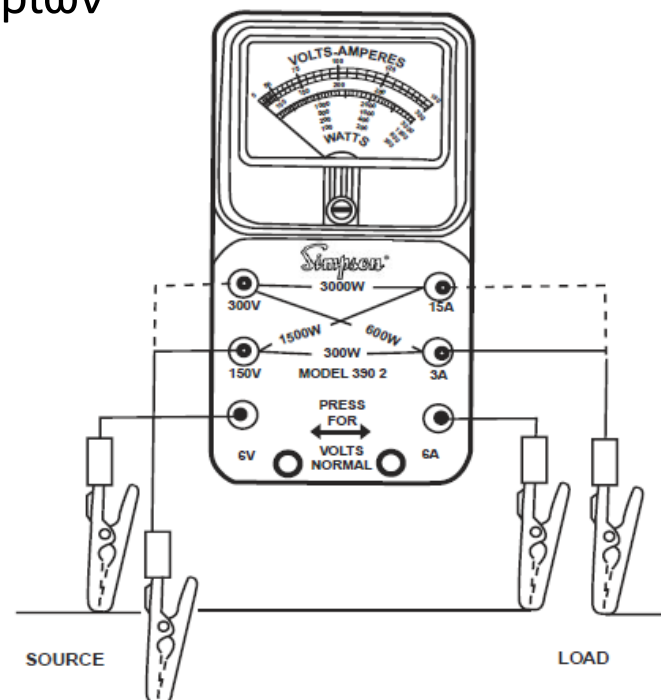
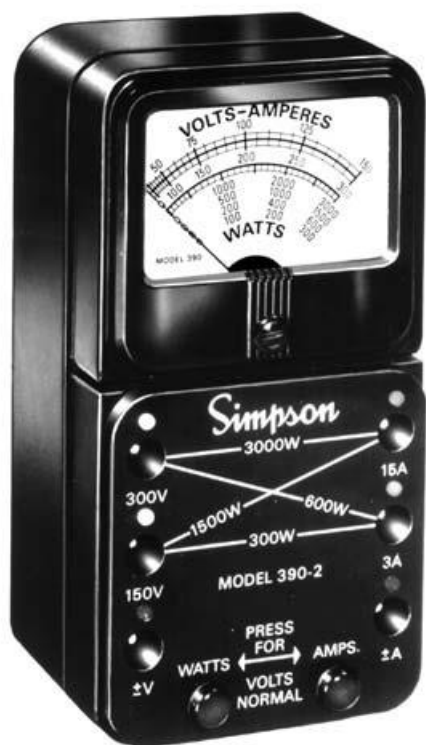
Βατόμετρο



Όργανα διασταυρούμενων πηνίων

- Βατόμετρο

- Απουσία επανατακτικών ελατηρίων
- Εξάρτηση μέτρησης από τον λόγο δύο ρευμάτων
- Ακροδέκτες Βολτομέτρου :
Παράλληλη σύνδεση
- Ακροδέκτες Αμπερομέτρου:
Σε σειρά σύνδεση

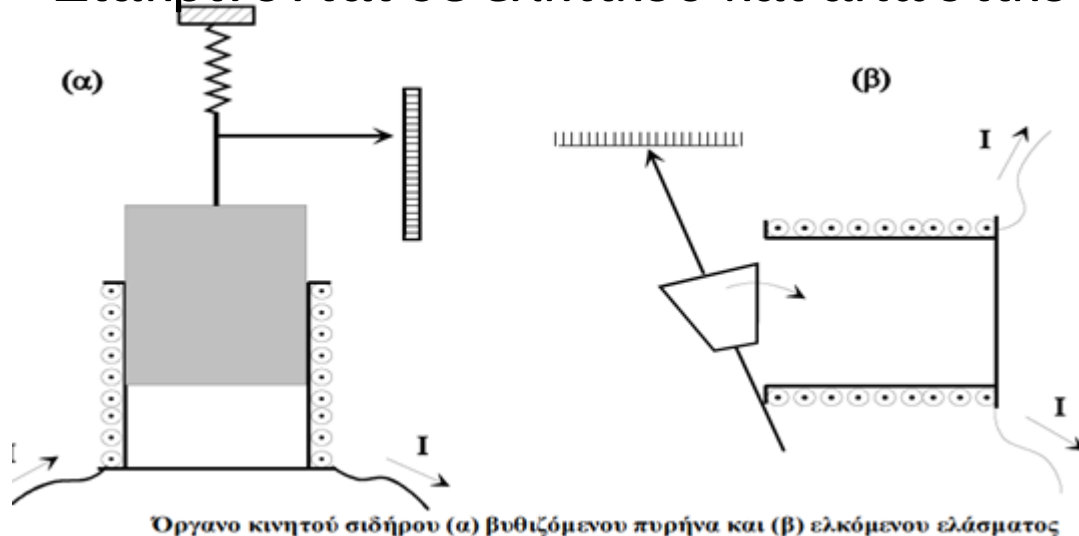




Ηλεκτροδυναμικά Όργανα

Όργανα κινητού σιδήρου

- Αρχή Λειτουργίας : κίνηση ενός πυρήνα μαλακού σιδήρου μέσα σε μαγνητικό πεδίο το οποίο δημιουργείται από το υπό μελέτη ρεύμα
- Για μετρήσεις μεγάλων ηλεκτρικών μεγεθών (έως 60 A και 600 V)
- Διακρίνονται σε ελκτικού και απωστικού τύπου



Όργανο κινητού σιδήρου (α) βυθιζόμενου πυρήνα και (β) ελκόμενου ελάσματος

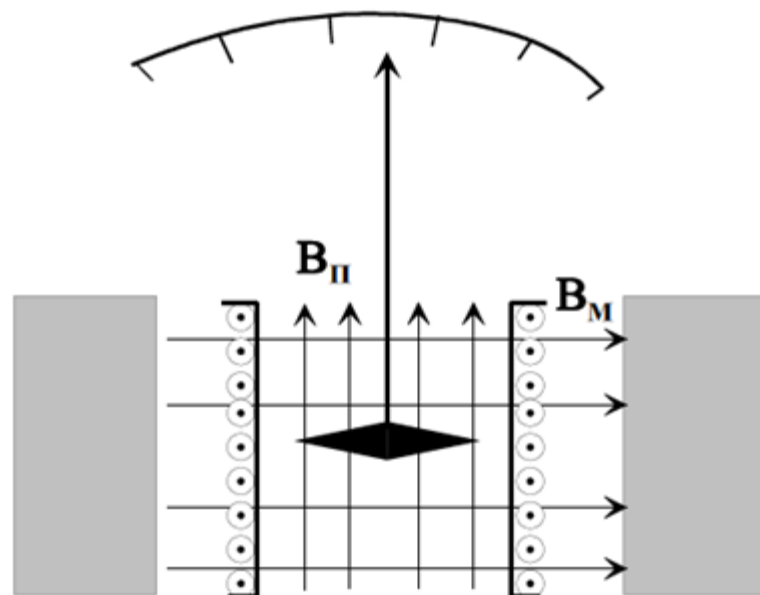
- ✓ Αντέχουν 100πλάσιο ρεύμα από την μέγιστη ένδειξη τους



Ηλεκτροδυναμικά Όργανα

Όργανα κινητού μαγνήτη

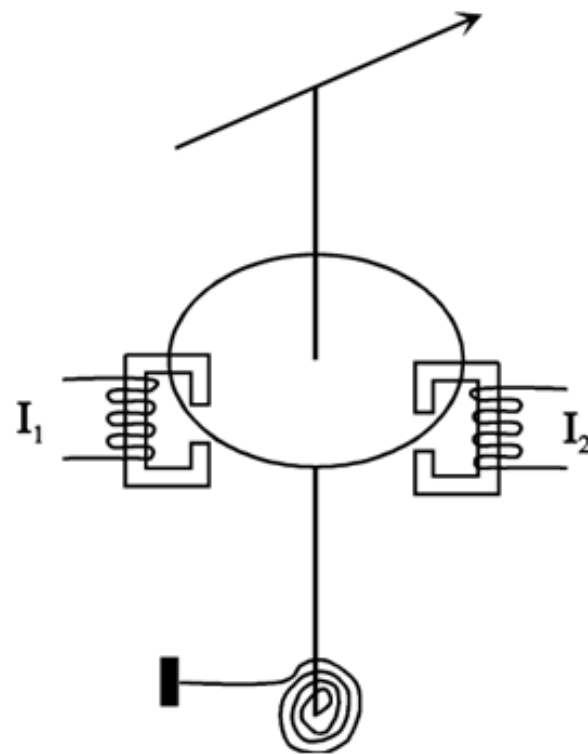
- Κίνηση μιας μαγνητικής βελόνας μέσα σε μαγνητικό πεδίο το οποίο είναι η συνισταμένη δύο επί μέρους πεδίων
- Μικρού μεγέθους, με καλή ευαισθησία, με μεγάλη αντοχή στους κραδασμούς που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αμπερόμετρα και βολτόμετρα σε κινούμενες εφαρμογές





Επαγωγικά όργανα

- Αρχή λειτουργίας : βασίζεται σε φαινόμενα επαγωγής
- Ένας λεπτός δίσκος αλουμινίου που περιστρέφεται ανάμεσα στους πόλους δύο ηλεκτρομαγνητών
- Αποκλειστικά για εναλλασσόμενα μεγέθη





Εισαγωγή στα σφάλματα

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Εισαγωγή στα σφάλματα

- Κανένα όργανο μέτρησης δεν είναι τέλειο
- Όλα εισάγουν κάποιο σφάλμα, εξαιρετικά μικρό, ή μικρό, ή και μεγάλο, στις μετρήσεις που κάνουν
- Σφάλμα μπορεί να εισάγει και ο παρατηρητής
- Το σφάλμα μπορεί να αυξηθεί και από άλλους παράγοντες





Είδη σφαλμάτων

α) τα περιβαλλοντικά σφάλματα και τα σφάλματα παρατήρησης

- σωστές παραμέτρους λειτουργίας σύμφωνα με τις απαραίτητες οδηγίες χρήσης

β) τα τυχαία σφάλματα

- πραγματοποιούμε n μετρήσεις και βρίσκουμε την μέση τιμή των μετρήσεων
- υπολογίζουμε την μέση απόκλιση των μετρήσεων d
- υπολογίζουμε το πιθανό σφάλμα E , της μέσης τιμής των μετρήσεων

γ) τα συστηματικά σφάλματα

- σφάλματα των οργάνων κατά την μέτρηση
- σφάλματα κατά τους υπολογισμούς



Απόλυτο και σχετικό σφάλμα

- Απόλυτο σφάλμα
 - Η διαφορά μεταξύ της μετρούμενης $x_{\text{ενδ}}$ και της πραγματικής τιμής $x_{\text{πραγ}}$ ενός μεγέθους x , $\Delta x = x_{\text{ενδ}} - x_{\text{πραγ}}$
 - Έχει τις ίδιες μονάδες με το μετρούμενο μέγεθος και το τελικό αποτέλεσμα της μέτρησης συνήθως δίνεται ως $x \pm \Delta x$
- Σχετικό σφάλμα
 - ο λόγος του απόλυτου σφάλματος Δx προς την πραγματική τιμή της ποσότητας $x_{\text{πραγμ}}$
 - δεν έχει μονάδες και δίδεται επί τοις εκατό $\frac{\Delta x}{x_{\text{πραγ}}}$
 - για μικρά σφάλματα, το σχετικό σφάλμα δίδεται από $\frac{\Delta x}{x_{\text{ενδ}}}$



Απόλυτο και σχετικό σφάλμα

Παράδειγμα 1^ο

- Εκτιμάμε, για παράδειγμα, ένα μήκος και κάνουμε σφάλμα 1 cm
- Αν το μήκος αυτό είναι 5 m, το σφάλμα είναι πολύ ικανοποιητικό
- Όμως, αν το μήκος ήταν 3 cm, το σφάλμα είναι απαράδεκτο
⇒ Το σφάλμα σαν ποσοστό του ίδιου του μεγέθους, δίνει μια πιο ακριβή εικόνα της ποιότητας της μέτρησης

Παράδειγμα 2^ο

- Τάση 3 V με σχετικό σφάλμα $\pm 1\%$:
 - πραγματική τιμή στο διάστημα 2,97 V έως 3,03 V ($\Delta V = 0,06$ V)
- Τάση 400 V με το ίδιο σχετικό σφάλμα $\pm 1\%$
 - στο διάστημα 396 V έως 404 V ($\Delta V = 8$ V)



Απόλυτο και σχετικό σφάλμα

Πρόβλημα

- ❖ Ένας κατασκευαστής παράγει αντιστάσεις μεταξύ 1,14 kΩ και 1,26 kΩ και ανακοινώνει ονομαστική τιμή 1,2 kΩ. Τι ανοχή πρέπει να δηλώσει;
- ❖ Επίσης, αν το στοιχείο έχει τη συγκεκριμένη τιμή στους 25° C και έχει συντελεστή θερμοκρασίας 0,63Ω/°C, ποια είναι η μέγιστη τιμή της αντίστασης στους 75° C;

Απάντηση

- Το απόλυτο σφάλμα είναι :
$$\left. \begin{array}{l} 1,26\text{k}\Omega - 1,20\text{k}\Omega = +0,06\text{k}\Omega \\ 1,20\text{k}\Omega - 1,14\text{k}\Omega = -0,06\text{k}\Omega \end{array} \right\} \pm 0,06 \text{ k}\Omega$$

- Η ανοχή είναι :
$$\frac{\pm 0,06 \text{ k}\Omega}{1,2 \text{ k}\Omega} \cdot 100\% = \pm 5\%$$

- Η μέγιστη δυνατή αντίσταση στους 25° C είναι : $R = 1,2 + 0,06 \text{ k}\Omega = 1,26 \text{ k}\Omega$

- Αύξηση της θερμοκρασίας : $\Delta T = 75 - 25 = 50^\circ \text{ C}$

$$\Delta R = 0,63 \text{ }\Omega / ^\circ\text{C} \times 50^\circ\text{C} = 31,5 \text{ }\Omega \quad \longrightarrow \quad R_{75^\circ\text{C}, \text{max}} = 1,2915 \text{ k}\Omega$$



Βασικές Έννοιες Σφαλμάτων

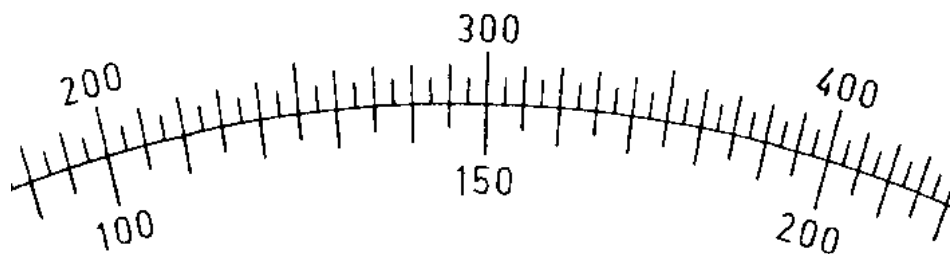
- Ορθότητα (Accuracy)
 - Η μέγιστη δυνατή απόκλιση από την ιδανική τιμή
 - Αναφέρεται ΠΑΝΤΑ στην πλήρη κλίμακα
 - Π.χ. μετράμε μια τάση 220 V με ορθότητα $\pm 2\%$ στην κλίμακα 250V
Η πραγματική τιμή βρίσκεται στο διάστημα -215V έως 225 V
 - Επιλογή κλίμακας ή οργάνου ώστε οι μετρήσεις να διαβάζονται στο τελευταίο τρίτο της κλίμακας





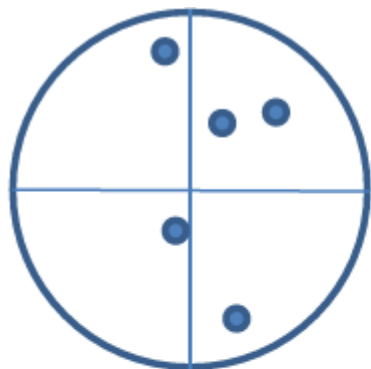
Βασικές Έννοιες Σφαλμάτων

- Διακριτική Ικανότητα (Resolution)
 - Η μικρότερη ποσότητα που μπορούμε να διαβάσουμε πάνω σε μια κλίμακα
 - Αφορά τον παρατηρητή
- Ακρίβεια (Precision)
 - Αφορά την επαναληψιμότητα και την αξιοπιστία της μέτρησης

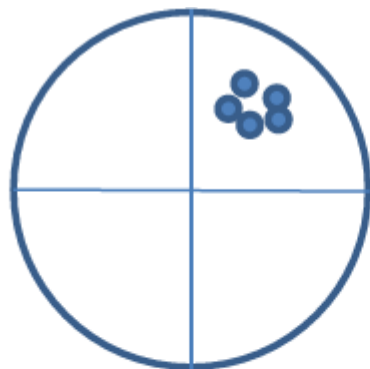




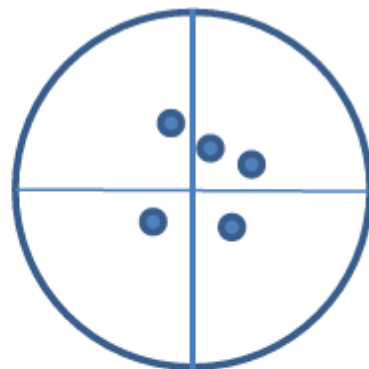
Βασικές Έννοιες Σφαλμάτων



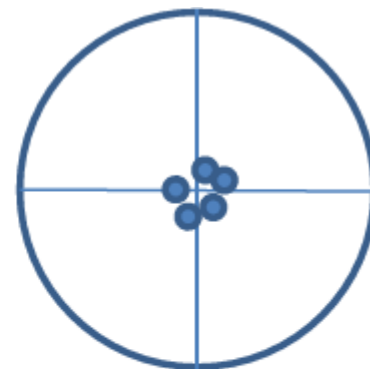
Χαμηλή ορθότητα
Χαμηλή ακρίβεια



Χαμηλή ορθότητα
Υψηλή ακρίβεια



Υψηλή ορθότητα
Χαμηλή ακρίβεια



Υψηλή ορθότητα
Υψηλή ακρίβεια

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις, η διάμετρος της «σφαίρας» ● είναι η διακριτική ικανότητα.

Η ορθή τιμή είναι στο κέντρο τού κύκλου

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ: Ακριβείς μετρήσεις δεν είναι απαραίτητα ορθές, όμως, η υψηλή ακρίβεια είναι απαραίτητη για την ορθότητα



Μέτρηση Τάσης, Ρεύματος

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Μέτρηση Τάσης, Ρεύματος

Μέτρηση Ρεύματος

➤ Αμπερόμετρο (Αναλογικό , Ψηφιακό)

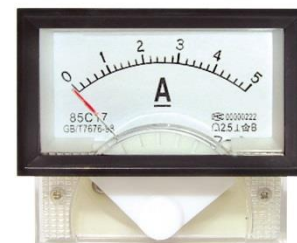
➤ Τρόπος μέτρησης

I. Επεμβατικός πόνω στο κύκλωμα

- Διακοπή του κυκλώματος για να παρεμβληθεί το αμπερόμετρο
- Ακριβής μέθοδος αλλά δύσχρηστη σε πραγματικά κυκλώματα

II. Μη επεμβατικός

- Εκμετάλλευση της μαγνητικής επαγωγής περικλείοντας τον αγωγό με κατάλληλο πηνίο (clamp meter)
- Μεγαλύτερο Σφάλμα μέτρησης





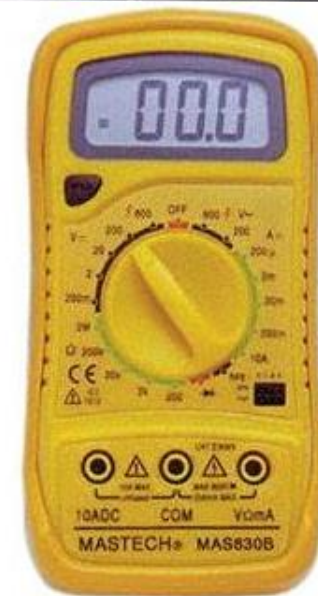
Μέτρηση Τάσης, Ρεύματος

Μέτρηση Τάσης

➤ Βολτόμετρο (Αναλογικό, Ψηφιακό)

➤ Τρόπος μέτρησης

- Μετράει διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων του κυκλώματος
- Ευαισθησία του οργάνου από την εσωτερική αντίσταση ανά μονάδα τάσης (R_{in} / V)
 - Επιθυμητή Τιμή : $R_{in} / V = \infty$
 - Πραγματικές Τιμές : από 10 MΩ/V μέχρι 10 GΩ/V





Μέτρηση Τάσης, Ρεύματος

Μέτρηση Τάσης (Παράδειγμα)

Μέτρηση 5 V (αληθινών, σύμφωνα με τη θεωρία) με βολτόμετρο των
(A) 20 kΩ/V και (B) 200 kΩ/V, στο παρακάτω κύκλωμα (διαιρέτης τάσης).

Θεωρία

Τάση στα άκρα της 50 kΩ : $12 \times 50\text{k}\Omega / (70\text{k}\Omega + 50\text{k}\Omega) = 5 \text{ V}$

(A) 20 kΩ/V

Αντίσταση του οργάνου : $5 \text{ V} \times 20 \text{ k}\Omega/\text{V} = 100 \text{ k}\Omega$.

Μεταβολή της 50 kΩ του διαιρέτη τάσης $50 \text{ k}\Omega \parallel 100 \text{ k}\Omega = 33,3 \text{ k}\Omega$

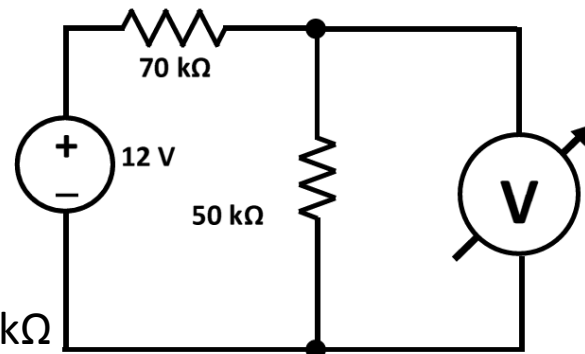
Μέτρηση = $12 \text{ V} \times 33,3\text{k}\Omega / (70\text{k}\Omega + 33,3\text{k}\Omega) = 3,87 \text{ V}$.

(B) 200 kΩ/V

Αντίσταση του οργάνου : $5 \text{ V} \times 200 \text{ k}\Omega/\text{V} = 1\text{M}\Omega$.

Μεταβολή της 50 kΩ του διαιρέτη τάσης $50 \text{ k}\Omega \parallel 1 \text{ M}\Omega = 47,62 \text{ k}\Omega$

Μέτρηση = $12 \text{ V} \times 47,62\text{k}\Omega / (70\text{k}\Omega + 47,62\text{k}\Omega) = 4,86 \text{ V}$



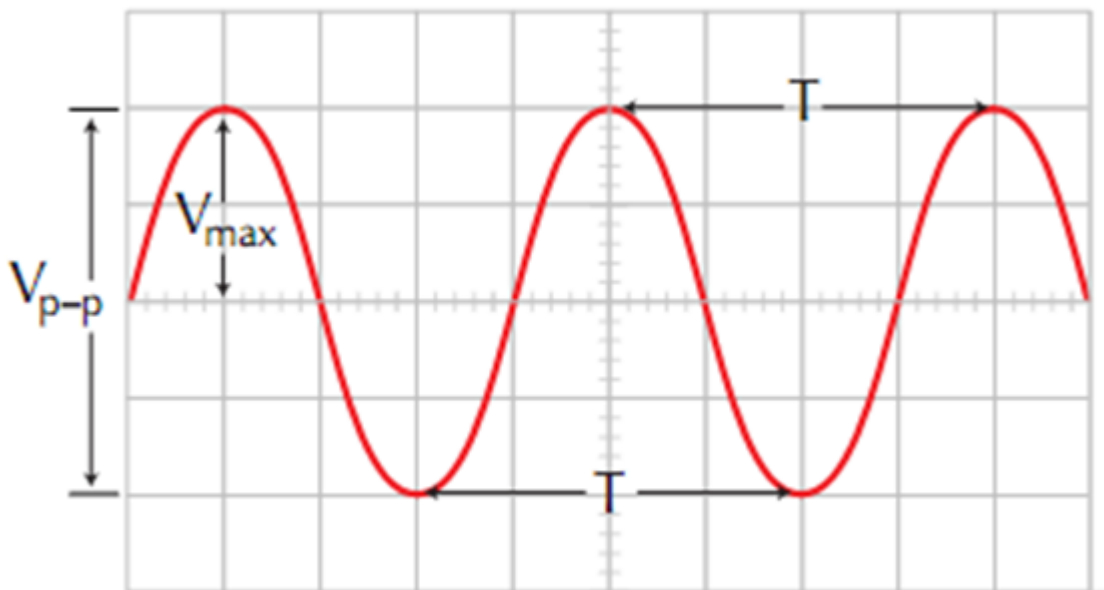


Μετρήσεις για AC

- Απαιτήσεις Συχνότητας
 - Χαμηλές συχνότητες: από 10 Hz έως 300 kHz
 - Μεσαίες συχνότητες: από 300 kHz έως 3 GHz
 - Υψηλές συχνότητες: από 3 GHz έως 30 GHz
 - Πολύ υψηλές συχνότητες: > 30 GHz
- Απαιτήσεις Πλάτους
 - Τάση : από nV έως και εκατοντάδες kV
 - Ρεύμα : από nA έως και εκατοντάδες kA για το ρεύμα
- Μετρήσεις
 - V_{pp} : Τιμή από κορυφή σε κορυφή του AC σήματος
 - V_{max} : Το πλάτος του ημιτόνου
 - V_{RMS} : Η μέση τετραγωνική τιμή του πλάτους
 - V_{AVG} : Η μέση τιμή του πλάτους



Μετρήσεις σε AC



$$V_{\max} = \frac{V_{p-p}}{2}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_{\max}^2 \cdot \sin(\omega t)^2 dt} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}} \approx 0,707 \cdot V_{\max}$$

$$V_{avg} = \frac{1}{T} \int_0^T V_{\max} \cdot \sin(\omega t) dt = 0$$



Βολτόμετρο σε AC

- Ψηφιακό Βολτόμετρο
 - Ικανοποίηση απαιτήσεων μέτρησης

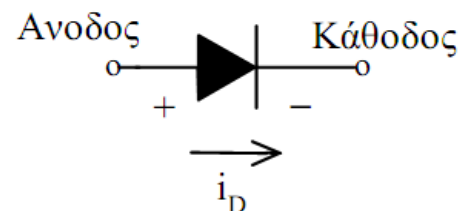
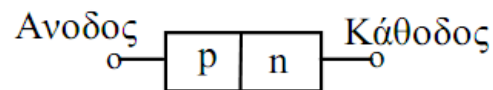
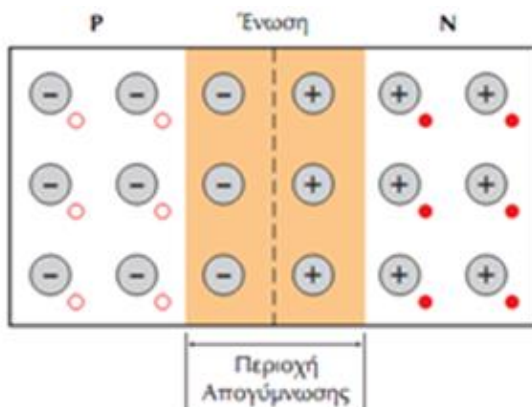


- Αναλογικό Βολτόμετρο
 - Ανάγκη για Ανόρθωση με χρήση διόδων
 - Ημιανόρθωση
 - Πλήρης Ανόρθωση

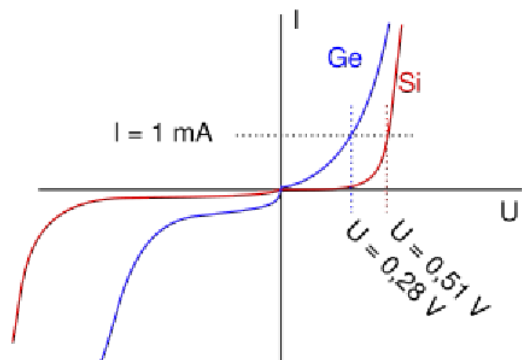




Δίοδος- Ανόρθωση



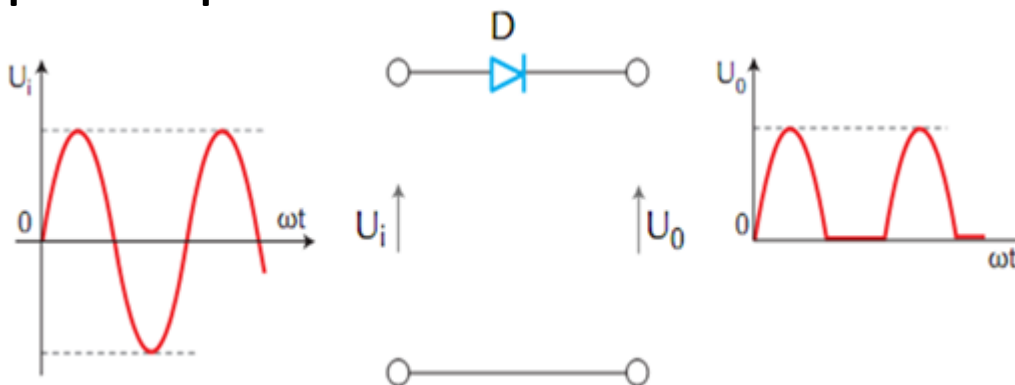
- Ορθή πόλωση (forward bias) : το δυναμικό στην περιοχή P είναι μεγαλύτερο από αυτό της N δηλαδή, $V_P > V_N$ και επιτρέπει την ροή φορτίων
- Ανάστροφη πόλωση (reverse bias) : το δυναμικό στην περιοχή P είναι μικρότερο από αυτό της N, δηλαδή $V_P < V_N$ και δεν επιτρέπει την ροή φορτίων



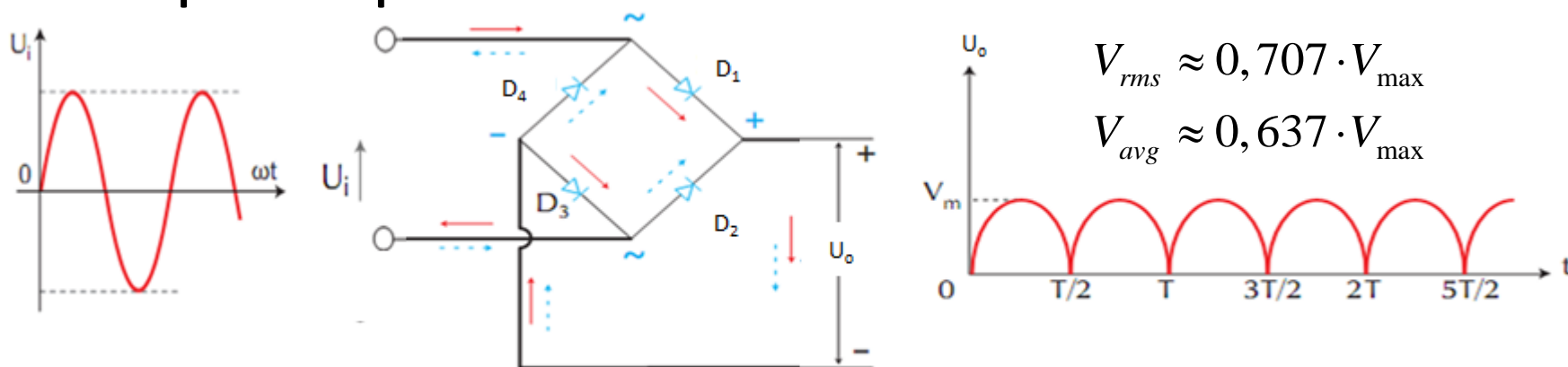


Δίοδος- Ανόρθωση

➤ Ημιανόρθωση



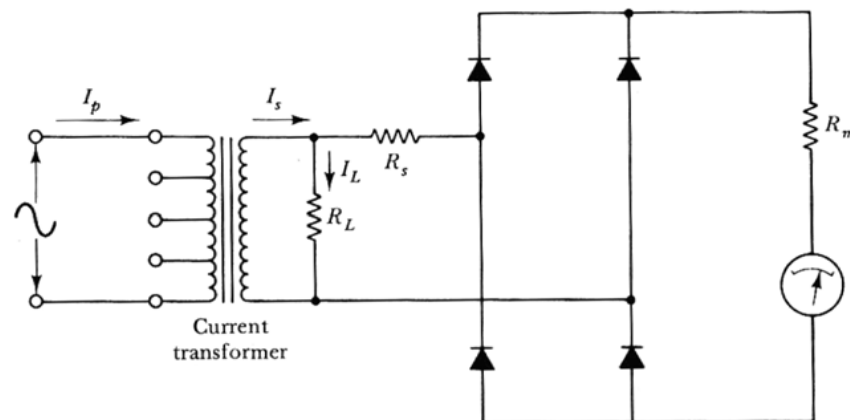
➤ Ανόρθωση





Αμπερόμετρο σε AC

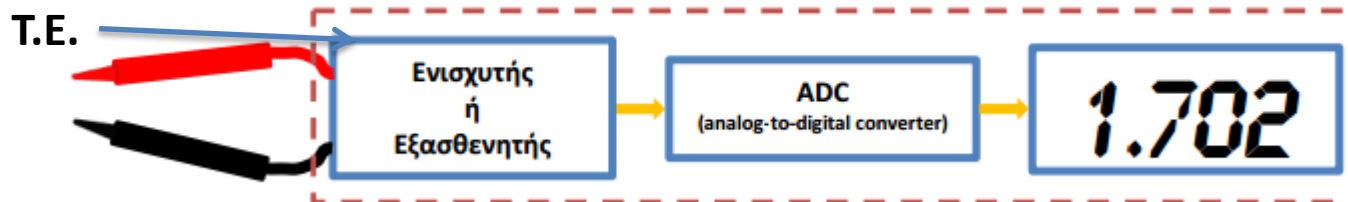
- Ψηφιακό Αμπερόμετρο
 - Ικανοποίηση απαιτήσεων μέτρησης
- Αναλογικό Αμπερόμετρο
 - Ανάγκη για Ανόρθωση
 - Ανάγκη για μετασχηματιστή ρεύματος





Σύγκριση αναλογικών και ψηφιακών οργάνων

<i>ΣΥΓΚΡΙΣΗ</i>	
ΨΗΦΙΑΚΑ	ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ
Καμιά αμφιβολία για την τιμή που διαβάζεται	Δυνατότητα για κακή ανάγνωση ή λανθασμένη επιλογή κλίμακας
Αυτόματος και τέλειος μηδενισμός	Δύσκολο να είμαστε απόλυτα σίγουροι
Καλύτερη διακριτική ικανότητα και ορθότητα ($<\pm 0,5\%$)	Υστερούν και στα δυο ($\pm 3\%$)
Δείχνουν κατευθείαν τις αρνητικές ποσότητες	«Χτυπάει» η βελόνα
Συνήθως δεν χαλάει από κακομεταχείριση	Μετά από σοβαρό ατυχές συμβάν, συνήθως απαιτείται αντικατάσταση





ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ

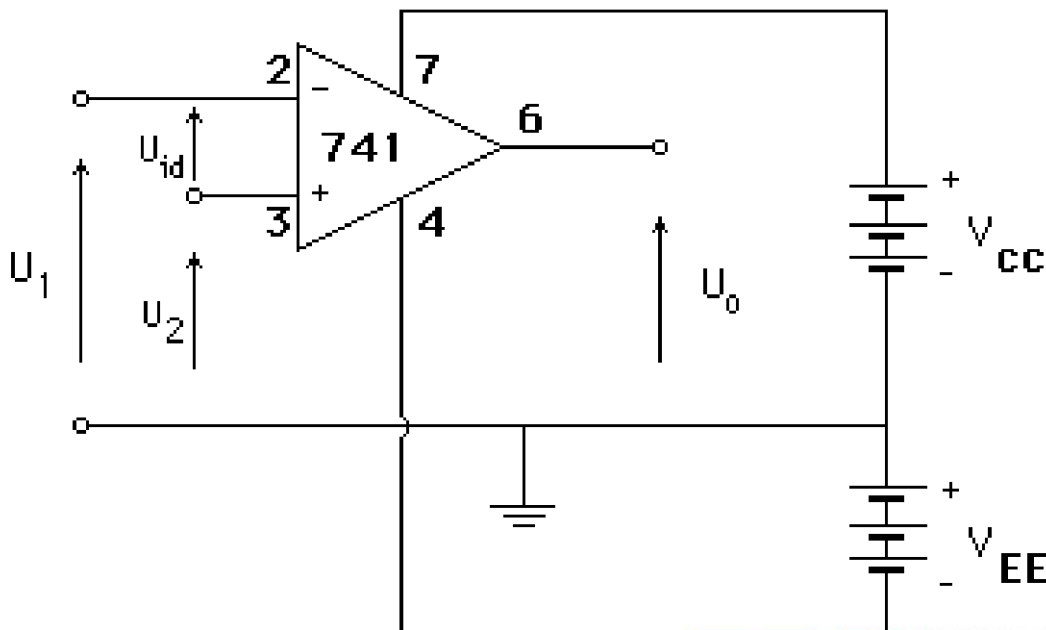


Τελεστικός Ενισχυτής



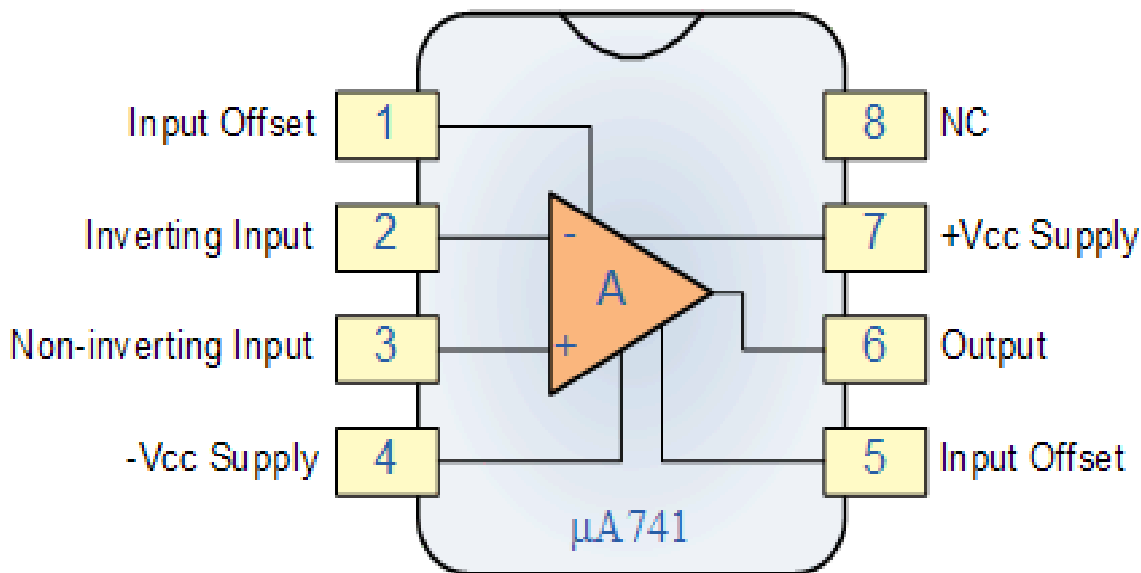
Εφαρμογές

- Ενισχυτής AC και DC σημάτων
- Εκτελεί μαθηματικές πράξεις (πρόσθεση, αφαίρεση, ολοκλήρωση κ.λ.π) → (τελεστικός) → operation amplifier
- σε ταλαντωτές και συγκριτές





Τελεστικός Ενισχυτής



Pin Out

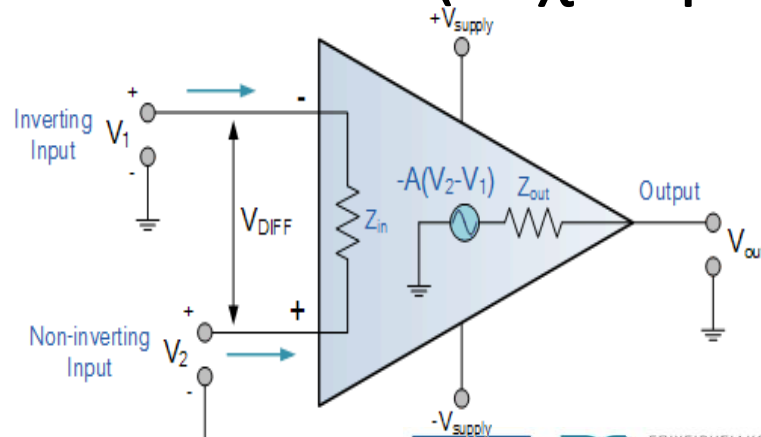
- Pin 2 (-): είσοδος αναστροφής ή αναστρέφουσα (V_1)
- Pin 3(+): μη αναστροφής ή μη αναστρέφουσα (V_2)
- Pin 7(+Vcc): θετική τάση τροφοδοσίας
- Pin 4(-VEE): αρνητική τάση τροφοδοσίας
- Pin 6(V_{out}): Έξοδος



Χαρακτηριστικά ιδανικών τελεστικών ενισχυτών

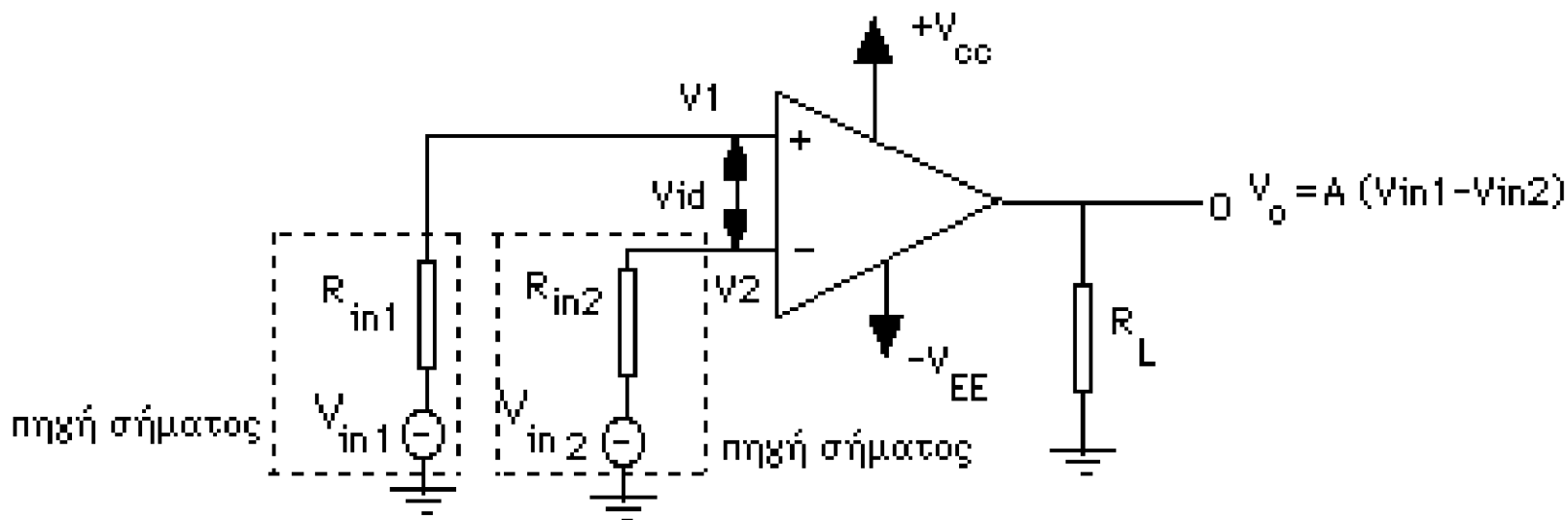


- 1. Άπειρο κέρδος τάσης A .
- 2. Αντίσταση εισόδου, Z_{in} άπειρης τιμής ($Z_{in} \geq 0$)
- 3. Αντίσταση εξόδου, Z_{out} μηδενικής τιμής ($Z_{out} = 0$)
- 4. Άπειρο εύρος ζώνης
- 5. Άπειρο λόγο απόρριψης κοινού σήματος CMRR
- 6. Άπειρη τιμή «slew rate» (ταχύτητας απόκρισης)





Τοπολογία διαφορικού ενισχυτή

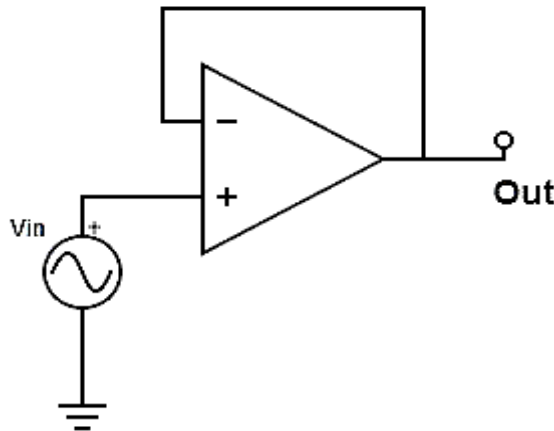


- Οι τάσεις V_{in1} και V_{in2} μπορεί να είναι DC ή AC.
- Είσοδος : $V_1 = V_{in1}$ και $V_2 = V_{in2}$
- Έξοδος : $V_o = A(V_{in1} - V_{in2})$
- Η πολικότητα της τάσης εξόδου εξαρτάται από την πολικότητα της τάσης διαφοράς



Ακόλουθος τάσης

Ακόλουθος τάσης (Voltage follower) : η τάση εξόδου του κυκλώματος είναι ίση σε μέτρο και έχει διαφορά φάσης ίση με το μηδέν με εκείνη της εισόδου

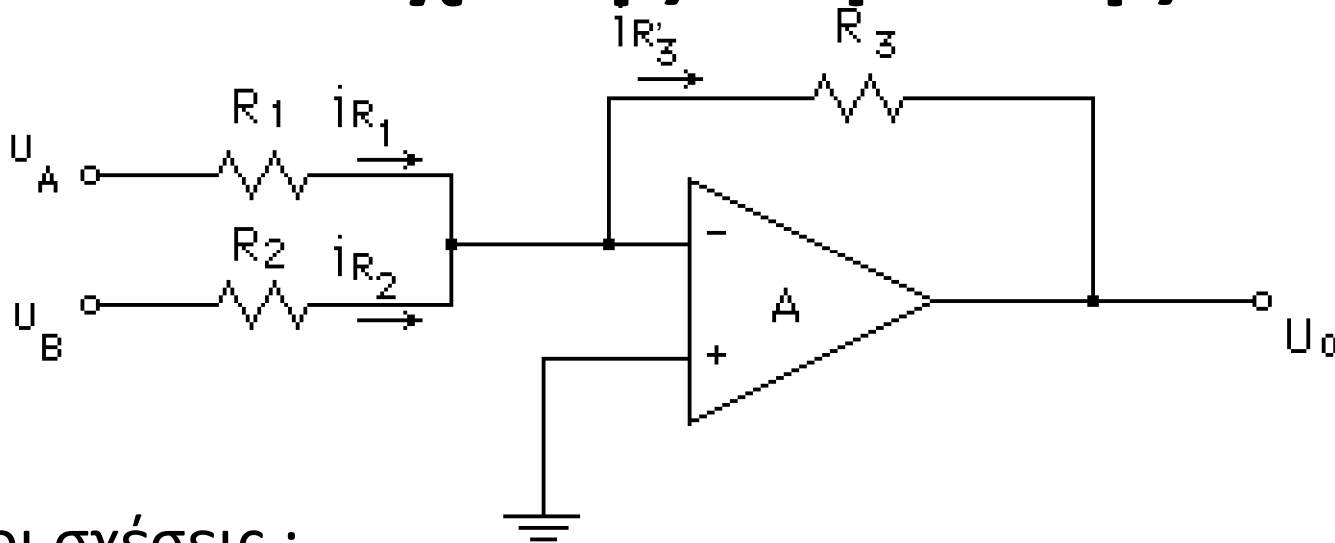


Κέρδος τάσης = 1

Μη αναστρέφων buffer : τοποθετείται μεταξύ δύο κυκλωμάτων, για να αποκλείει την φόρτωση του πρώτου από το δεύτερο (λόγω υψηλής R_{in} και μικρής R_{out})



Ενισχυτής άθροισης



Ισχύουν οι σχέσεις :

$$U_1 = U_2 \approx 0$$

$$i_{R1} = \frac{U_A - V_1}{R_1} \approx \frac{U_A}{R_1}$$

$$i_{R2} = \frac{U_B - U_1}{R_2} \approx \frac{U_B}{R_2}$$

$$i_{R1} + i_{R2} = i_{R3}$$

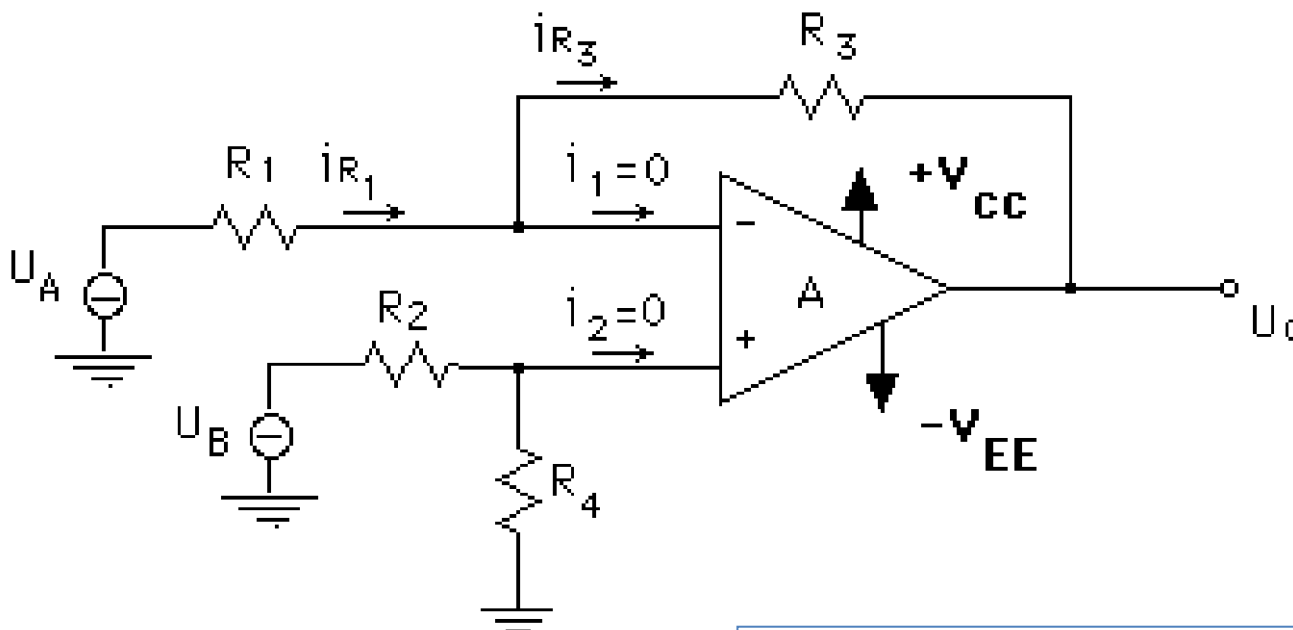
$$U_0 = -\left(\frac{R_3}{R_1}U_A + \frac{R_3}{R_2}U_B\right)$$

Η V_{out} είναι ένα άθροισμα $-(\alpha U_A + \beta U_B)$ όπου οι α και β καθορίζονται απ' τις R_3, R_1 και R_3, R_2

$$\text{Αν } R_1=R_2=R_3 \rightarrow U_0 = -(U_A+U_B)$$



Ενισχυτής διαφοράς



$$U_0 = \left[\left(\frac{R_1 + R_3}{R_1} \right) \left(\frac{R_4}{R_2 + R_4} \right) U_B - \left(\frac{R_3}{R_1} \right) U_A \right]$$

$$U_0 = \left[\left(\frac{1 + \frac{R_3}{R_1}}{1 + \frac{R_4}{R_2}} \right) U_B - \left(\frac{R_3}{R_1} \right) U_A \right]$$

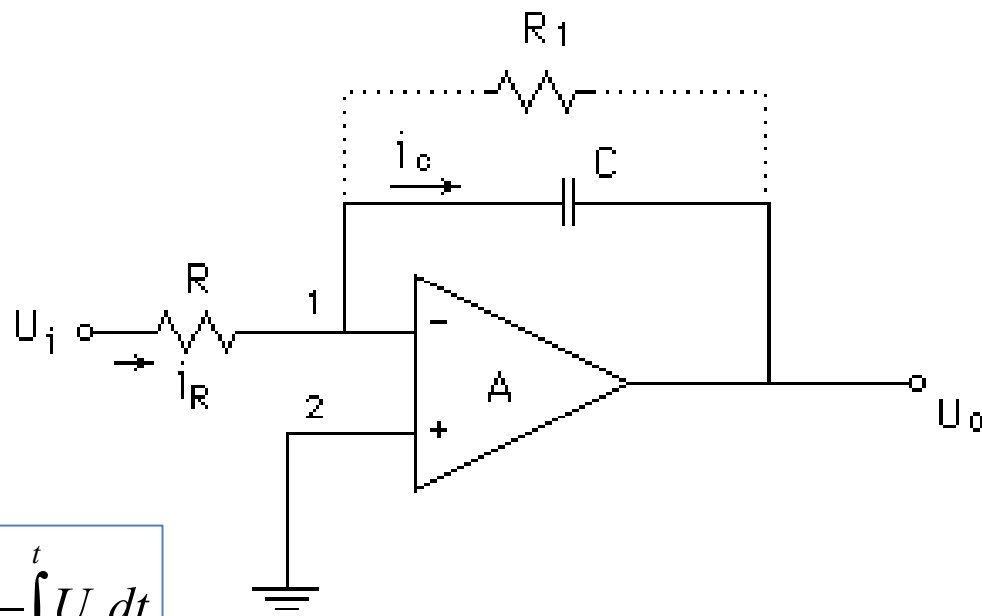
Αν $R_1 = R_3, R_2 = R_4 \rightarrow U_0 = (U_B - U_A)$

Η U_0 θα είναι η διαφορά των 2 τάσεων (σημάτων) εισόδου U_B και U_A



Ολοκλήρωση με Τ.Ε

- Ανάδραση με πυκνωτή C
- Κύκλωμα ολοκλήρωσης
(το u_o είναι συνάρτηση του ολοκληρώματος του u_i)



Ισχύουν οι σχέσεις :

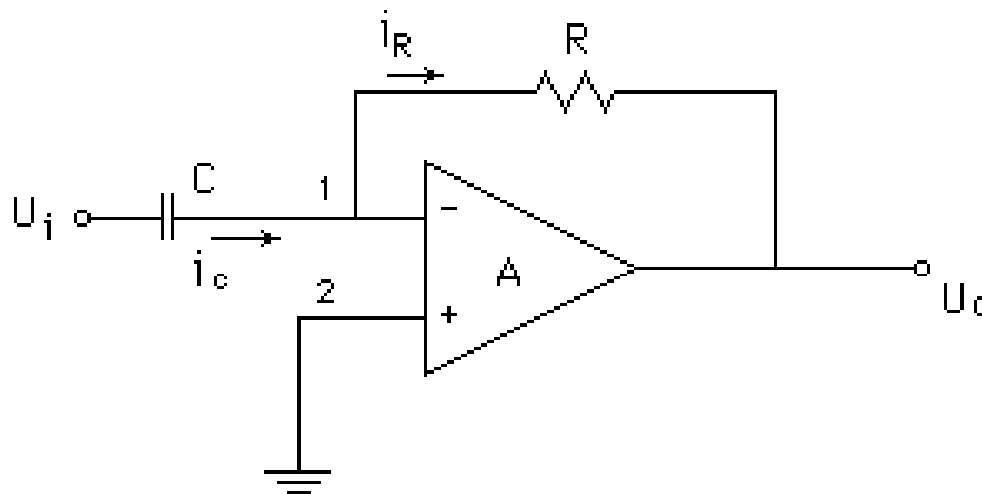
$$U_o = -\int_0^t U_i dt$$

Η αντίσταση R_1 χρησιμοποιείται για την αποφυγή της φόρτισης του C από ένα μικρό DC ρεύμα διαρροής



Διαφόριση με Τ.Ε.

- Η u_o είναι συνάρτηση του διαφορικού της U_i .



Ισχύουν οι σχέσεις :

$$i_c = C(dU/dt) \rightarrow i_c/C = dU/dt$$

$$U_i = \frac{1}{C} \int_0^t i_c dt = \frac{1}{C} \int_0^t i_R dt$$

$$U_i = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_o dt$$

$$U_o = -RC \frac{dU_i}{dt}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

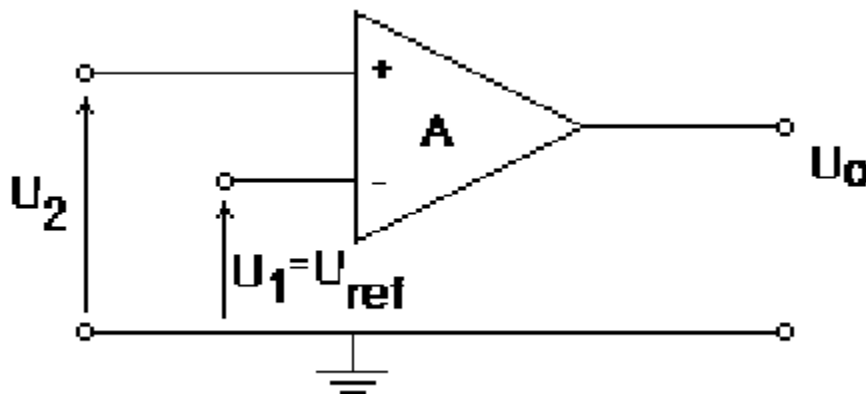
Εφαρμογή : Ως ενεργητικά φίλτρα με :



Συγκριτές τάσης

Μη γραμμική λειτουργία του Τ.Ε. :

- απουσία ανάδρασης ή
- ύπαρξη θετικής ανάδρασης δηλαδή επιστροφή κλάσματος του σήματος εξόδου στην είσοδο μη αντιστροφής



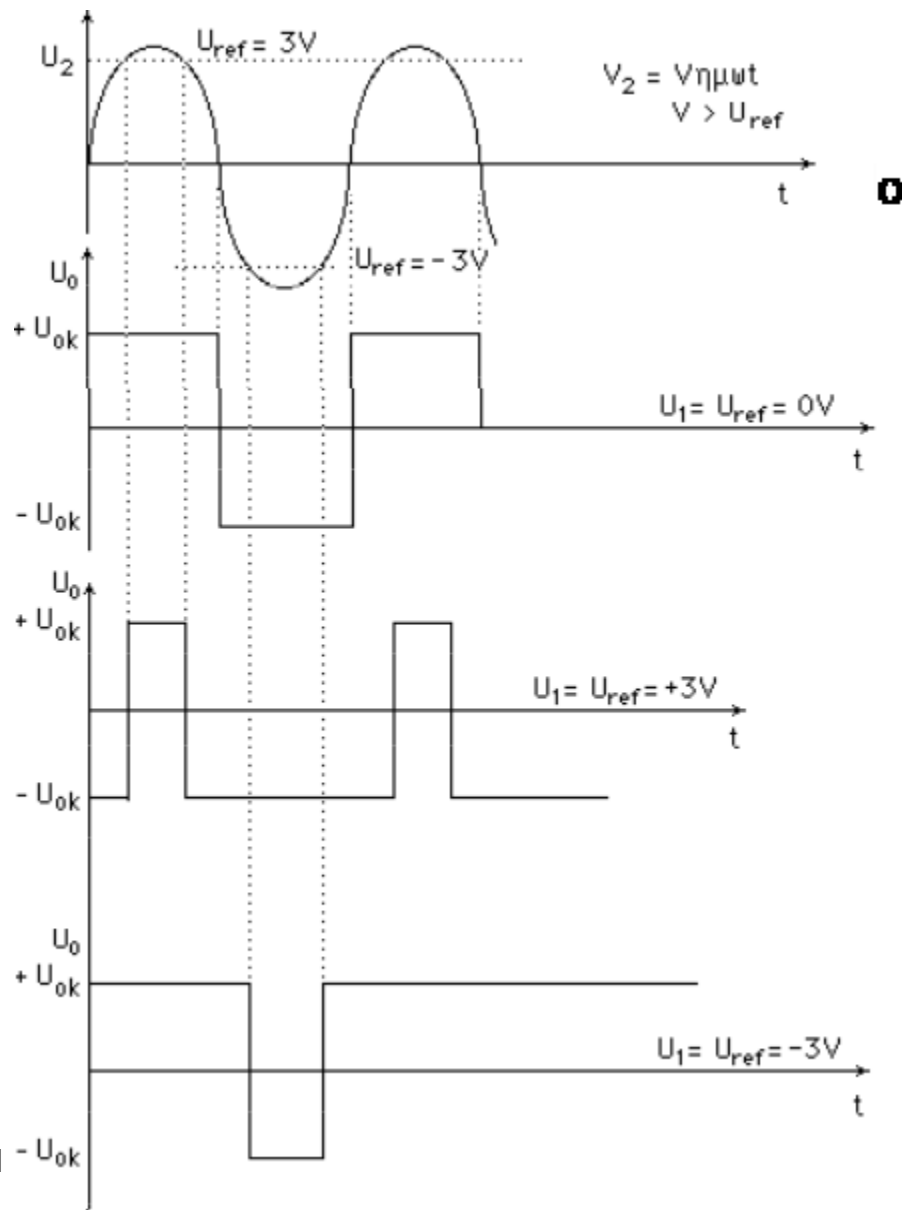
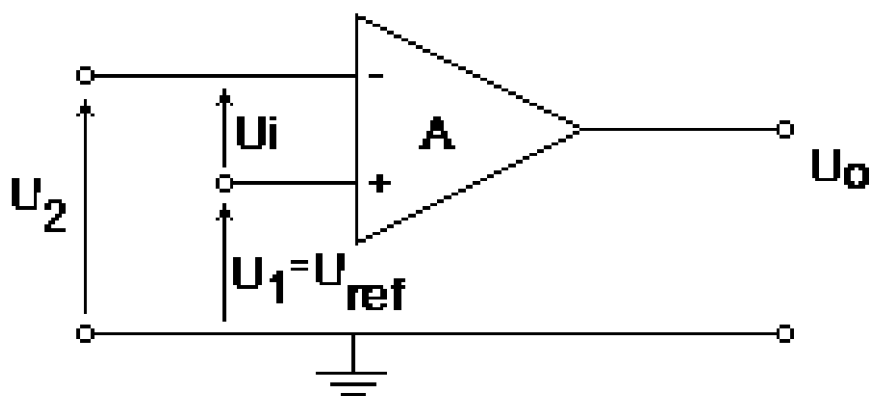
Συγκριτής : συγκρίνει την V_2 με την τάση αναφοράς $V_1 = V_{ref}$

Αν $V_i = V_2 - V_1 > 0$ η τάση εξόδου θα είναι: $V_o = +V_o$ κόρου

Αν $V_i = V_2 - V_1 < 0$ τότε $V_o = -V_o$ κόρου



Συγκριτές τάσης

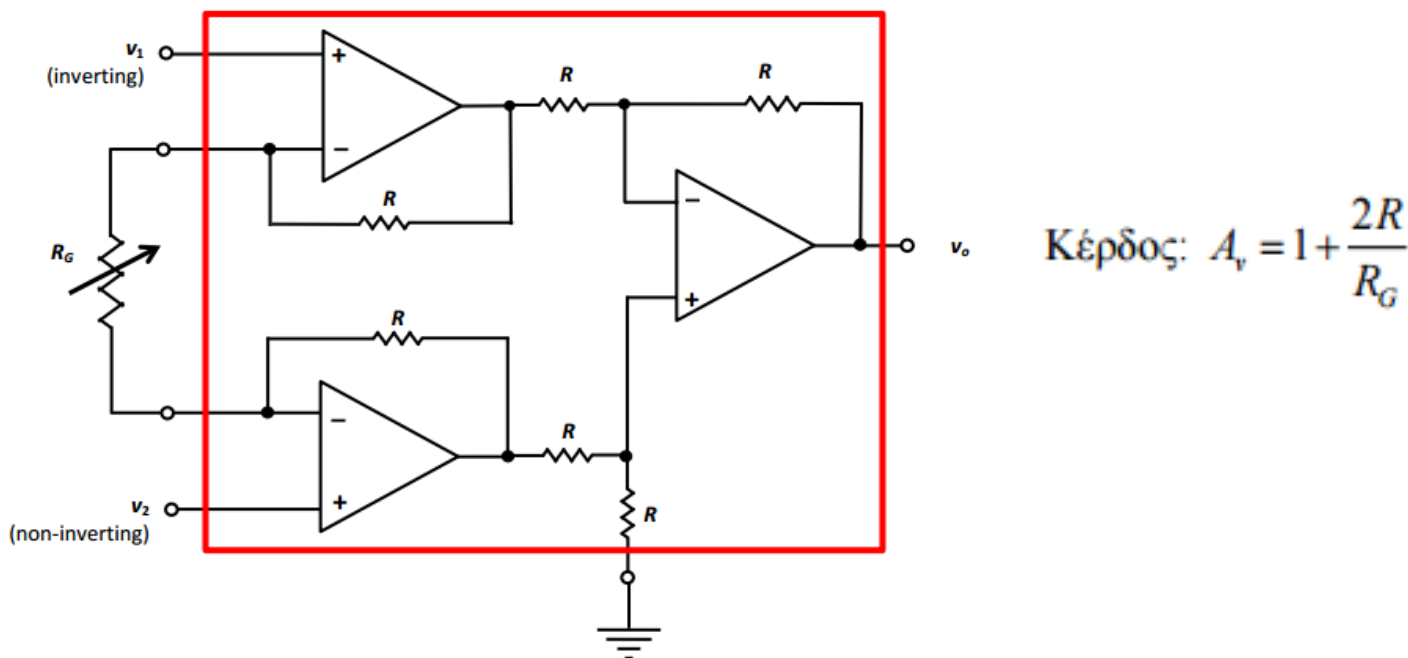


ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



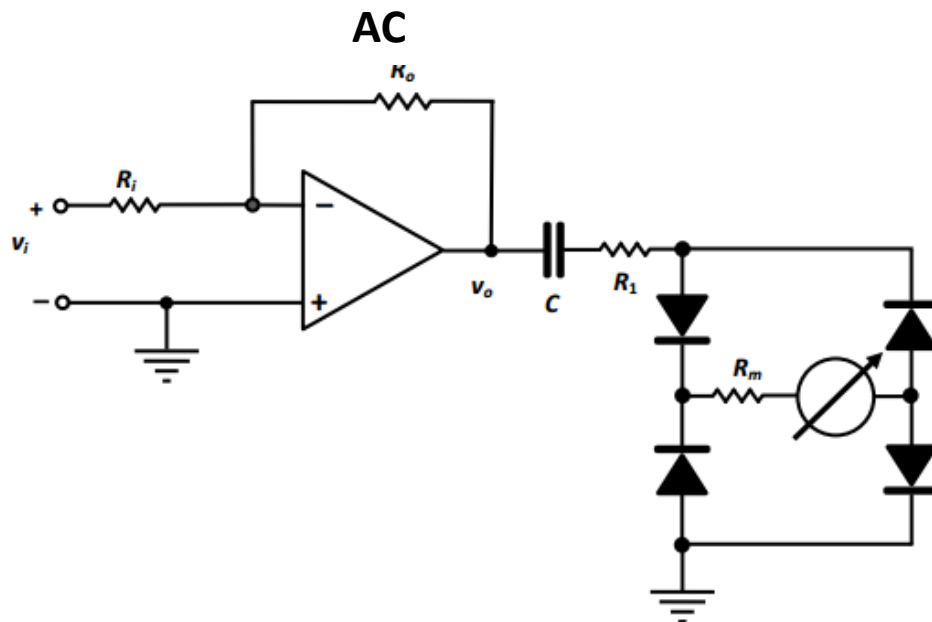
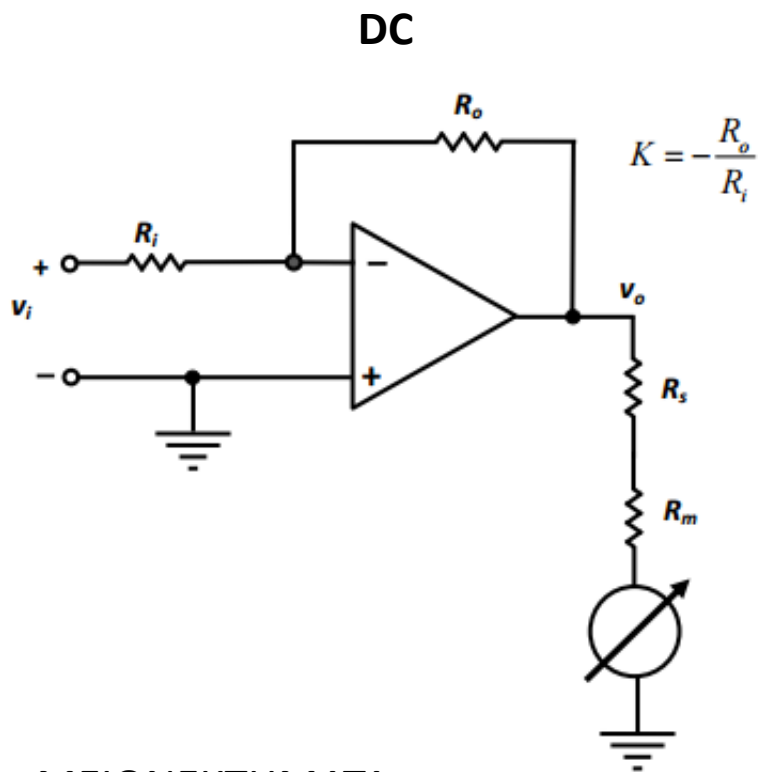
Ενισχυτής Μετρολογίας

- Σκοπός του είναι να ενισχύει αδύναμα σήματα





Ηλεκτρονικό Βολτόμετρο (αναβάθμιση συμβατικού οργάνου)

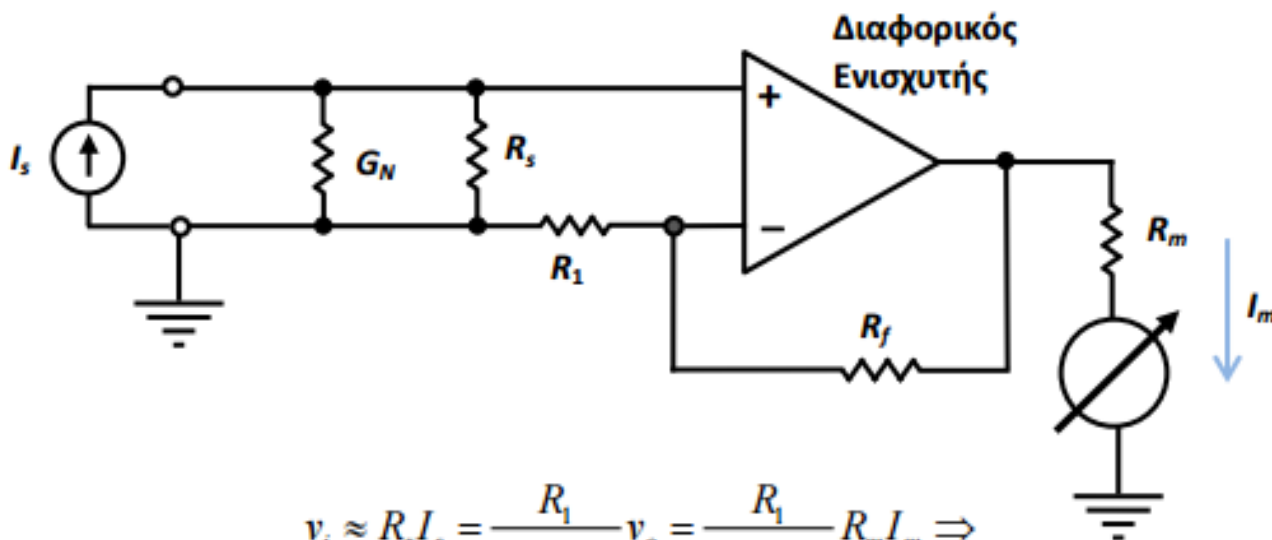


ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1. Ολίσθηση της μηδενικής ένδειξης (zero drift)
2. Πόλωση (bias)



Ηλεκτρονικό Αμπερόμετρο

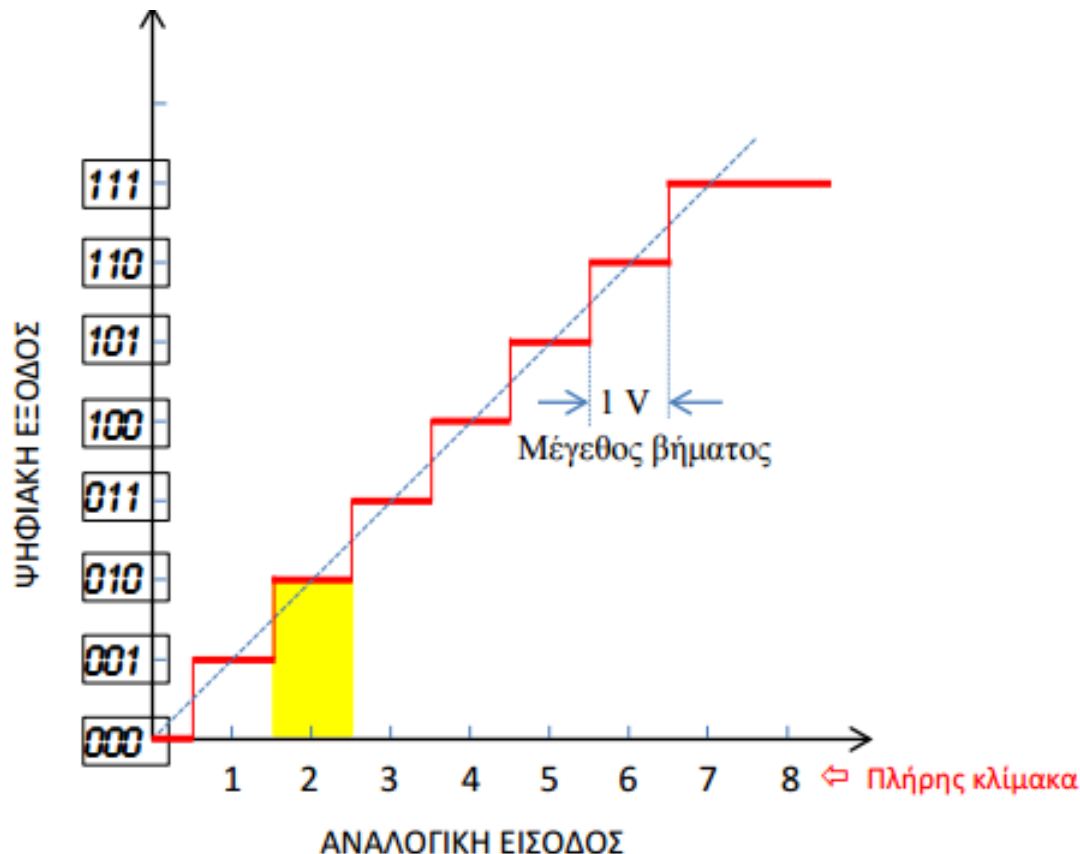


$$v_i \approx R_s I_s = \frac{R_1}{R_1 + R_f} v_o = \frac{R_1}{R_1 + R_f} R_m I_m \Rightarrow$$

$$I_m = \frac{(R_1 + R_f) R_s}{R_1 R_m} I_s$$

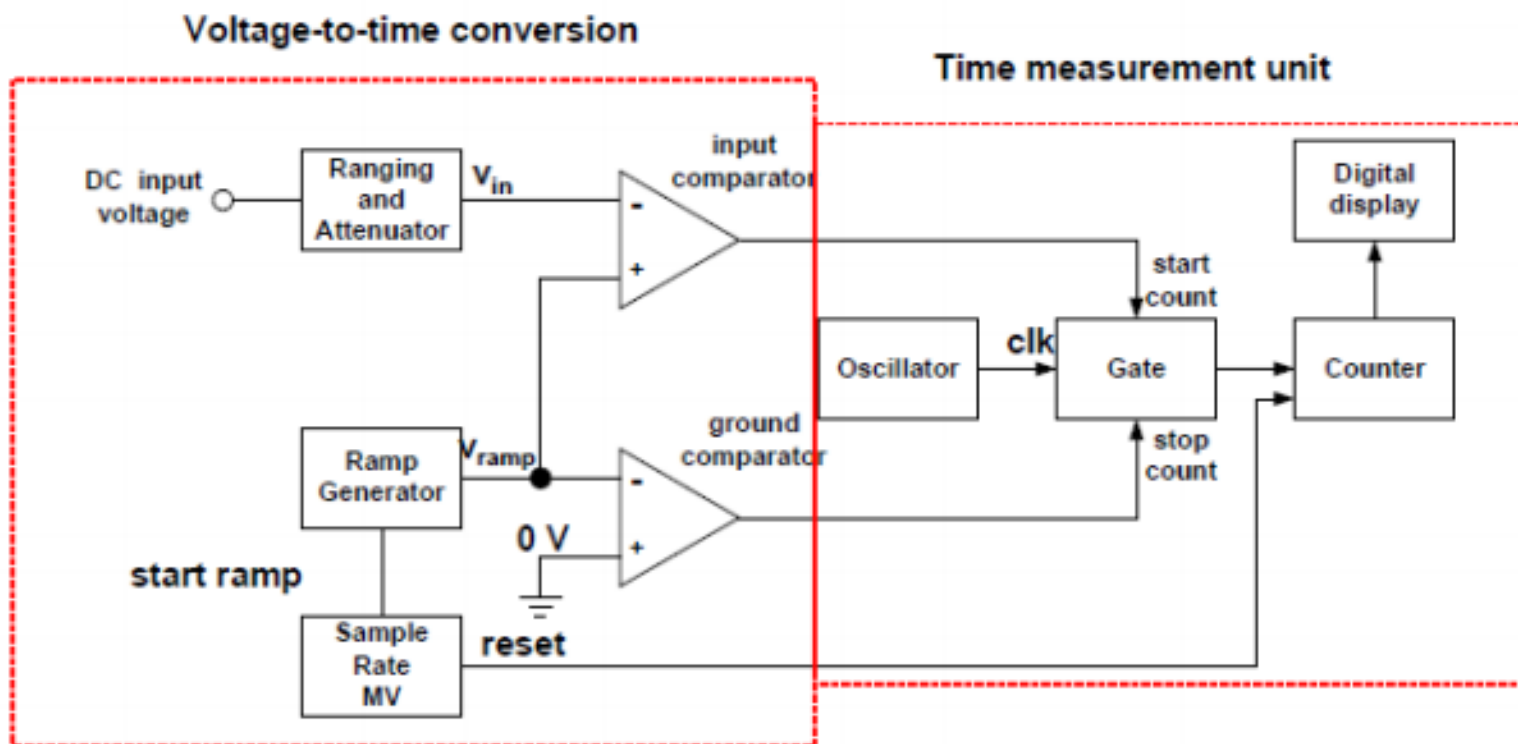


Μετατροπή από αναλογικό σήμα σε ψηφιακό (μέθοδος ράμπας)





Ψηφιακό Βολτόμετρο (με μέθοδο ράμπας)





ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

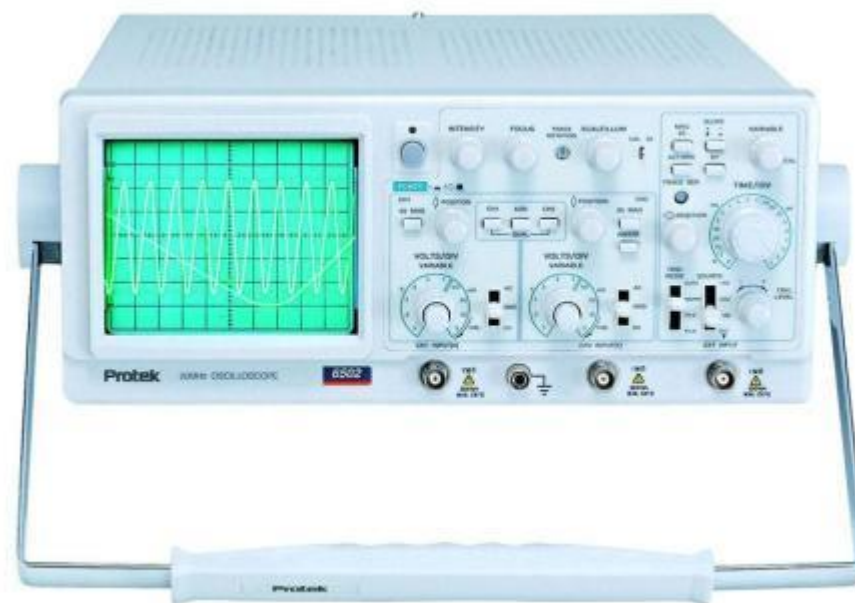


ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Παλμογράφος

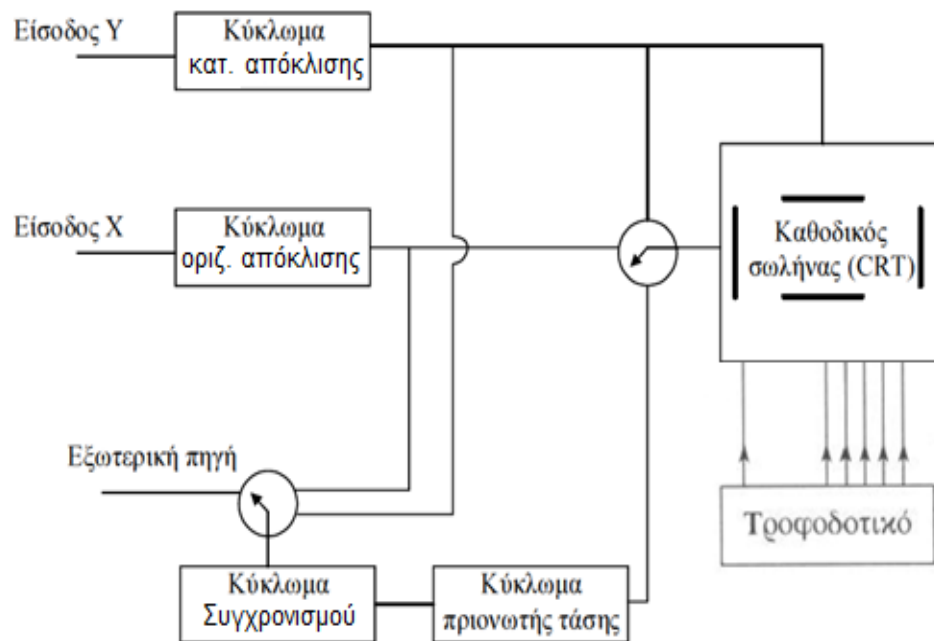
- Λειτουργία : καταγραφή αλλά και απεικόνιση περιοδικών ή παλμικών σημάτων
- Μετρήσεις
 - Ανάλυση σήματος
 - Μαθηματικές πράξεις
 - Μ/Σ Fourier
 - Αντίσταση εισόδου
 - Εύρος ζώνης συχνοτήτων
 - $V_{p-p}, V_{max}, V_{rms}, V_{avg}, T, f$





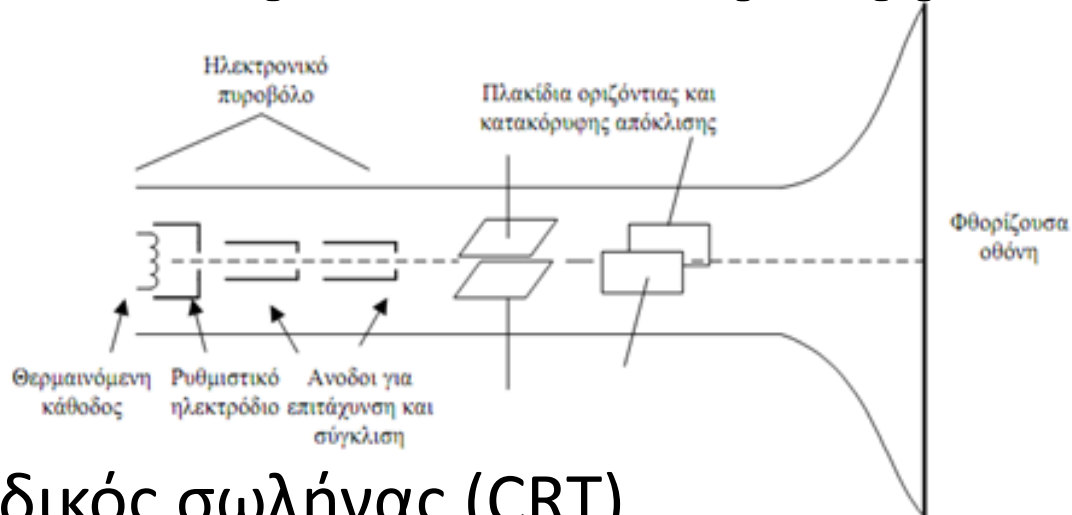
Αναλογικός Παλμογράφος

- Βασικά μέρη ενός παλμογράφου :
 - Καθοδικός σωλήνας (Cathode Ray Tube-CRT)
 - Σύστημα οριζόντιας και κατακόρυφης απόκλισης
 - Κύκλωμα παραγωγής πριονωτής τάσης
 - Κύκλωμα συγχρονισμού
 - Τροφοδοτικό





Αναλογικός Παλμογράφος



- i) Καθοδικός σωλήνας (CRT)
 - κινούνται ηλεκτρόνια, από την θερμαινόμενη κάθοδο έως την οθόνη
 - ρυθμιστικό ηλεκτρόδιο (οπή) που καθορίζει τον αριθμό των ηλεκτρονίων άρα και την ένταση του σήματος στην οθόνη
 - σύστημα προ-επιτάχυνσης σε τάση μερικών kV
 - σύστημα εστίασης με βάση ηλεκτρονικό φακό



Αναλογικός Παλμογράφος

- II. Πλακίδια κάθετης και οριζόντιας εκτροπής
 - Ζεύγη πλακιδίων, με επίπεδα κάθετα μεταξύ τους, στα οποία εφαρμόζεται κατάλληλη τάση που προκαλεί μετακινήσεις της δέσμης ηλεκτρονίων σε οριζόντιο ή κατακόρυφο άξονα
- III. Ενισχυτές - Εξασθενητές οριζόντιας και κατακόρυφης απόκλισης
- IV. Η οθόνη είναι επιχρισμένη με λεπτό στρώμα από υλικό που φθορίζει και καθώς τα ηλεκτρόνια προσπίπτουν σε αυτή σχηματίζεται μία φωτεινή κηλίδα.



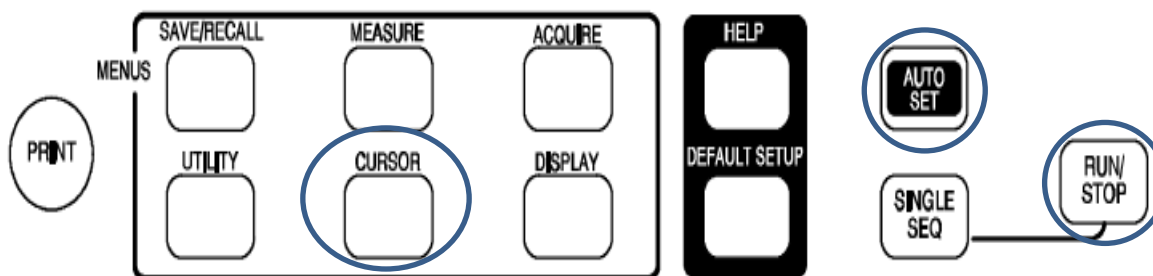
Περιγραφή Παλμογράφου



- Περιοχή της οθόνης
- Περιοχή όπου περιέχονται
 1. Μενού και οι ρυθμίσεις ελέγχου
 2. Ρυθμίσεις για την κατακόρυφη εκτροπή της δέσμης
 3. Ρυθμίσεις για την οριζόντια εκτροπή της δέσμης



Περιοχή Μενού Ρυθμίσεων Ελέγχου

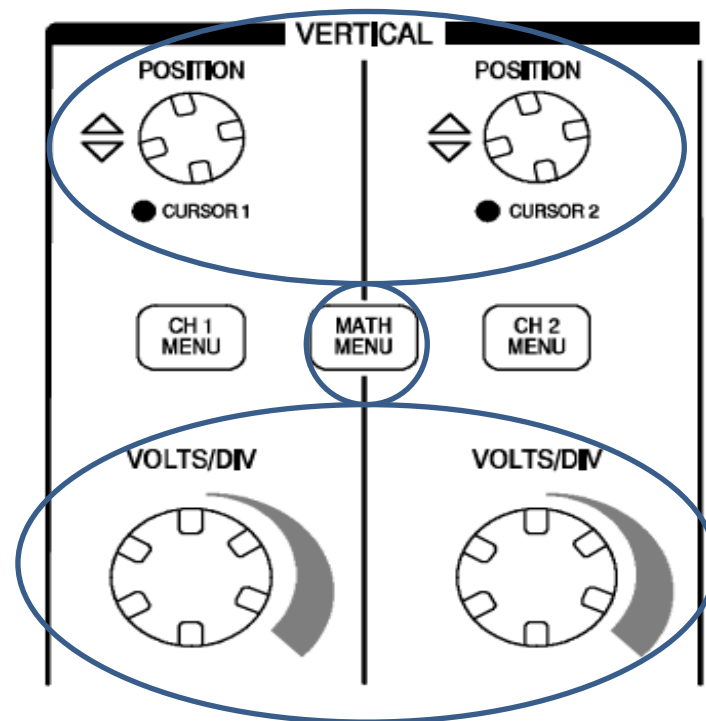


- Διακόπτης Autoset : ανανεώνει το περιεχόμενο της οθόνης
- Διακόπτης Run/Stop : αποδίδει ένα στιγμιότυπο της οθόνης σε στοπ-καρε
- Μπουτόν Cursor : τοποθετεί δείκτες στον κατακόρυφο ή τον οριζόντιο άξονα



Περιοχή Ρυθμίσεων Κατακόρυφης (Vertical) Απόκλισης

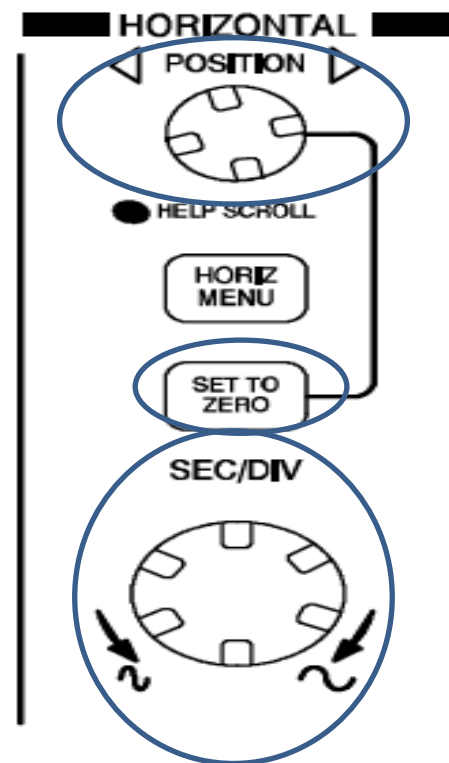
- Δύο κανάλια ρύθμισης
 - volts/div : βηματικός εξασθενητής που επιλέγει τον κάθετο συντελεστή απόκλισης
 - Position : μετακινεί πάνω – κάτω την κυματομορφή ή μετακινεί τον δείκτη που έχει εισαχθεί με το μπουτόν Cursor
 - Menu αριθμητικών πράξεων μεταξύ των κυματομορφών
 - Διακόπτες επιλογής καναλιών





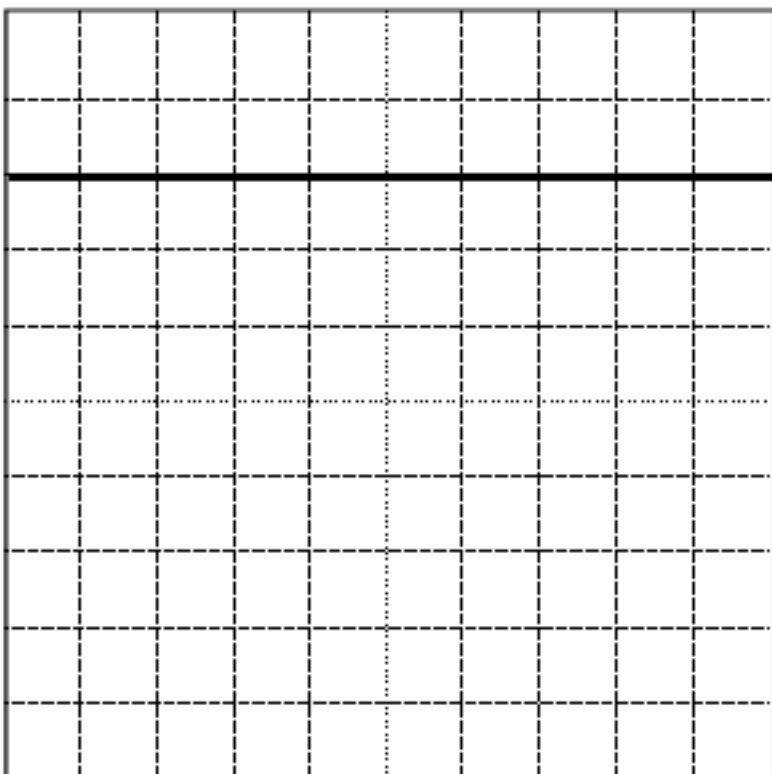
Περιοχή Ρυθμίσεων Οριζόντιας (Horizontal) Απόκλισης

- sec/div : ρυθμίζει το χρόνο σάρωσης της οθόνης από τη δέσμη
- Position : μετακινεί δεξιά-αριστερά την κυματομορφή
- Set to Zero : Ορισμός του GND
- Υποδοχές που εξυπηρετούν τον εξωτερικό σκανδαλισμό.





Παραδείγματα απλών μετρήσεων με παλμογράφο



Μέτρηση συνεχούς τάσης

- Παλμογράφος σε λειτουργία DC
- Ρύθμιση ευαισθησίας τάσης
- Λειτουργία GND έτσι ώστε να μπορούμε να ορίσουμε τη θέση 0.

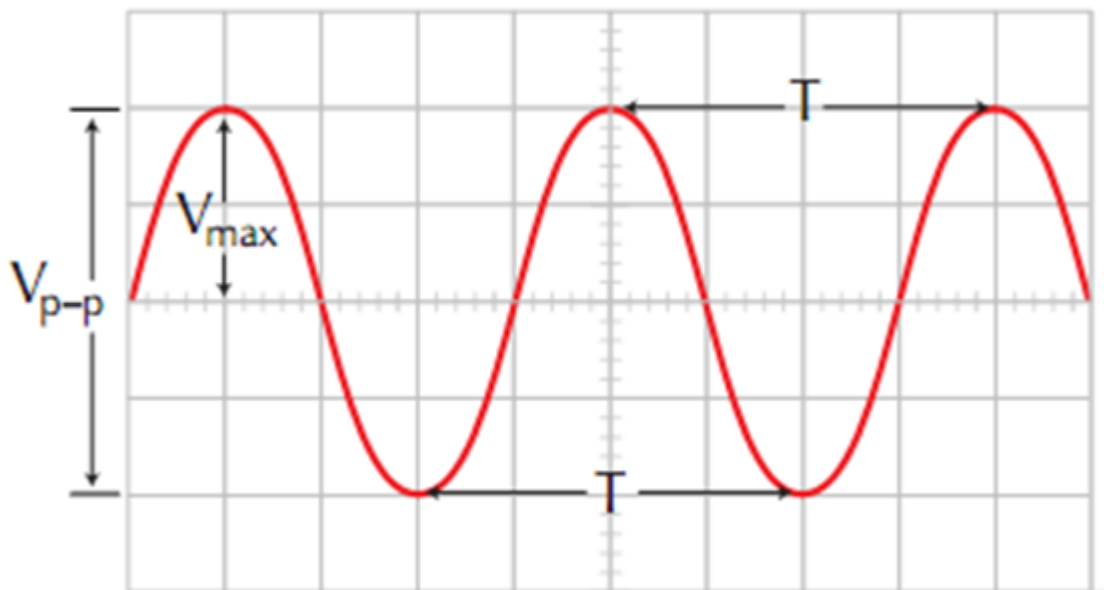


Παραδείγματα απλών μετρήσεων με παλμογράφο

Μέτρηση AC τάσης

- Παλμογράφος σε λειτουργία AC

$$V_{\max} = \frac{V_{p-p}}{2}$$



$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_{\max}^2 \cdot \sin(\omega t)^2 dt} = \frac{V_{\max}}{\sqrt{2}} \approx 0,707 \cdot V_{\max}$$

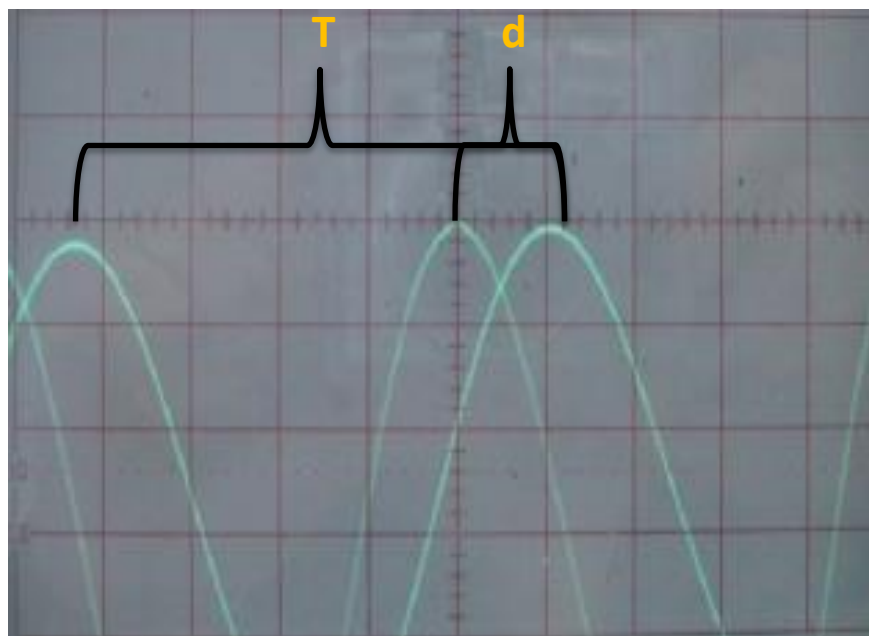
$$f = \frac{1}{T}$$



Παραδείγματα απλών μετρήσεων με παλμογράφο

Μέτρηση διαφοράς φάσης

$$\varphi = 360^\circ \frac{d}{T}$$

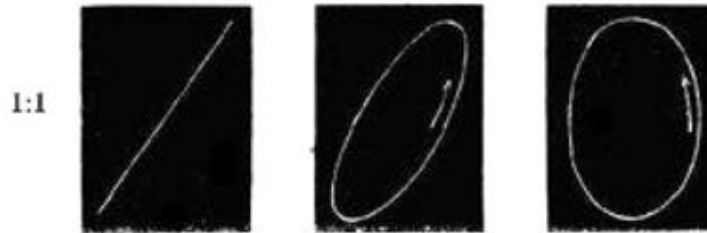




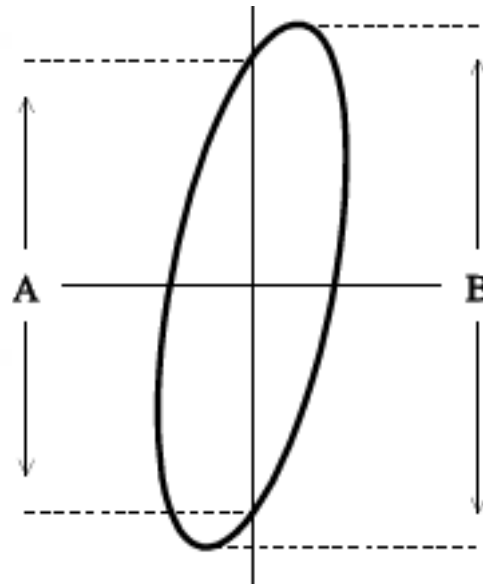
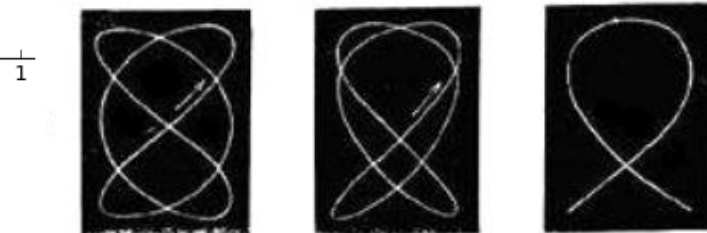
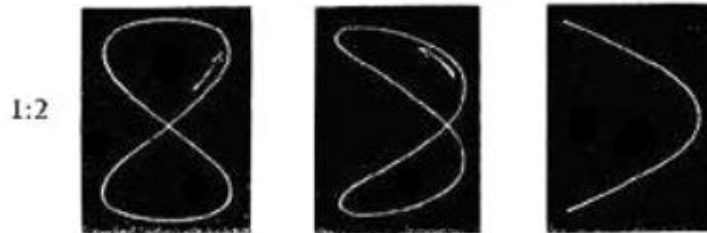
Παραδείγματα απλών μετρήσεων με παλμογράφο

- Λειτουργία XY

- Εικόνες Lissajous



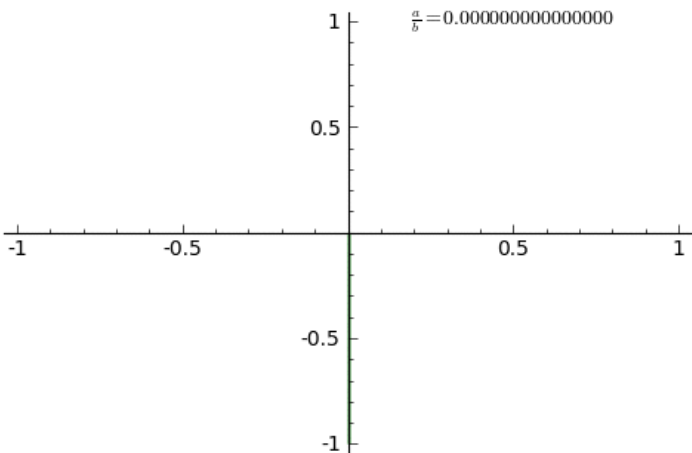
$$\varphi = \sin^{-1} \frac{A}{B}$$



$$x = A \sin(at + \delta), \quad y = B \sin(bt),$$

1:2

$$\frac{a}{b} = 0.0000000000000000$$





Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

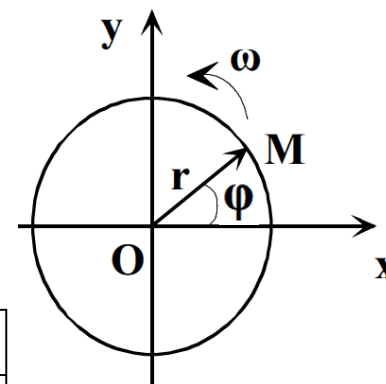
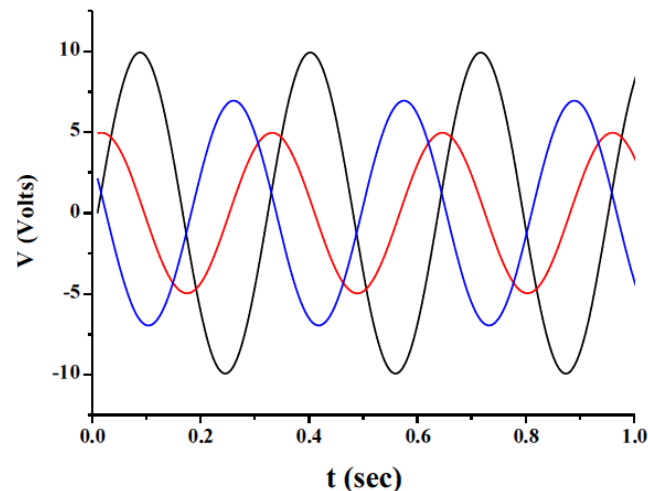


ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



AC και μιγαδικοί

- Περιγραφή AC Σημάτων :
 - Ημιτονοειδείς κυματομορφές
 - Περιστρεφόμενα διανύσματα
 - Μιγαδικοί αριθμοί : $Z = X + jY$



Καρτεσιανή → Πολική		Πολική → Καρτεσιανή	
$Z = X + jY$	$r = \sqrt{X^2 + Y^2}$ $\epsilon\phi\phi = Y/X$	$re^{j\phi}$	$Z = (r\cos\phi) + j(r\sin\phi)$



Χρήση των μιγαδικών αριθμών στο εναλλασσόμενο

- Οι ωμικές αντιστάσεις αντιστοιχούν σε πραγματικούς αριθμούς
- Οι επαγωγικές και οι χωρητικές αντιστάσεις αντιστοιχούν σε φανταστικούς αριθμούς.
 - Η επαγωγική αντίσταση θεωρείται θετική, X_L
 - Η χωρητική αντίσταση θεωρείται αρνητική, X_C
- Σύνθετη αντίσταση ή εμπέδηση : $Z=R+j(X_L- X_C)$
- Μιγαδική Ισχύς : $S=P+jQ$,
 - S είναι η φαινόμενη ισχύς,
 - P η ενεργός ισχύς
 - Q η άεργος ισχύς
- Φάσoras ($r \angle \varphi$) :
 - φ : είναι η φάση
 - r : είναι η ενεργός τιμή του ηλεκτρικού μεγέθους



Χρήση των μιγαδικών αριθμών στο εναλλασσόμενο

Παράδειγμα

Έστω $R=10 \Omega$, $X_L=20 \Omega$ και $X_C=10 \Omega$. Να βρεθεί η εμπέδηση.

- $Z=10+j(20-10)=10+j10$

$$Z = \sqrt{10^2 + 10^2} \angle \tan^{-1}\left(\frac{10}{10}\right) = 14,14 \angle 45$$

Αν στην προηγούμενη σύνθετη αντίσταση εφαρμόσω τάση $220 \angle 0$, πόσο θα είναι το ρεύμα και η ισχύς;

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{220 \angle 0}{14,14 \angle 45} = 15,56 \angle -45$$

$$P = V \cdot I = (220 \angle 0) \cdot (15,56 \angle -45) = 3423 \angle -45$$



Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

Μέτρηση Αντίστασης

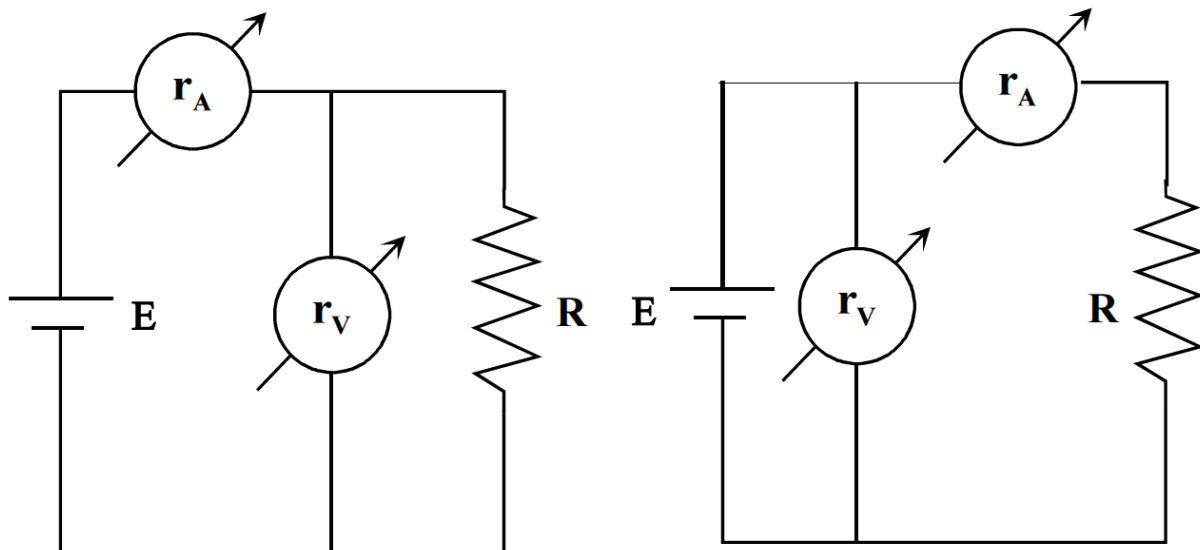
- ΩΜΟΜΕΤΡΟ (ή μέρος από πολύμετρο)
 - Στο αναλογικό πρέπει να γίνει πρώτα μηδενισμός
- Χρήση γέφυρας Wheatstone
 - Από μερικά Ω έως μερικά ΜΩ





Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

Μέτρηση Αντίστασης με τον Νόμο του Ohm



- Απαιτείται μια πηγή ισχύος E
- 2 Τεχνικές
 1. Μέτρηση Ρεύματος και μετά τάσης
 2. Μέτρηση τάσης και μετά τάσης Ρεύματος

Διόρθωση τιμής

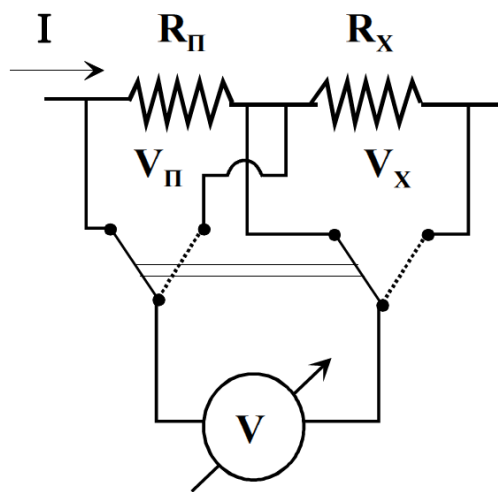
$$R = \frac{V}{I - \frac{V}{r_V}}$$

$$R = \frac{V - Ir_A}{I}$$

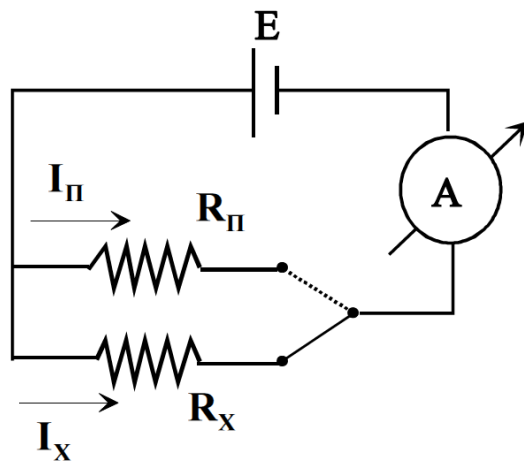


Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

Μέτρηση της ωμικής αντίστασης με σύγκριση



$$R_X = R_{\Pi} \frac{V_X}{V_{\Pi}}$$



$$R_X = R_{\Pi} \frac{I_{\Pi}}{I_X}$$

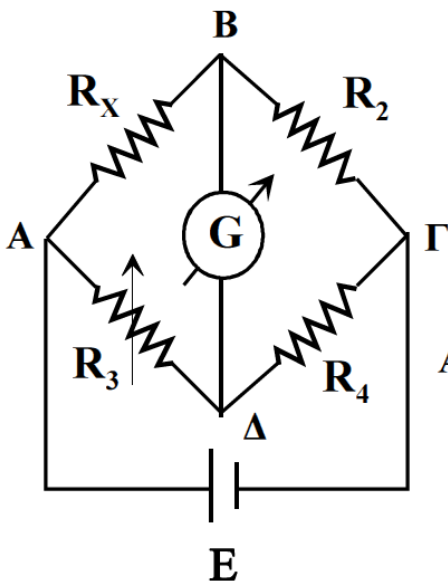
- Σύγκριση της πτώσης τάσης ή του ρεύματος που διαρρέει μία άγνωστη αντίσταση R_X με τα αντίστοιχα μεγέθη σε γνωστή πρότυπη αντίσταση R_{Π}



Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

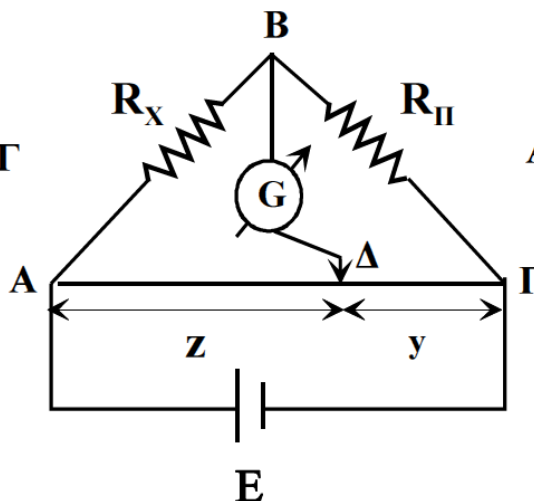
Μέτρηση της ωμικής αντίστασης με γέφυρα

- Βασίζεται στο μηδενισμό του ρεύματος που διαρρέει μία γραμμή του κυκλώματος για κατάλληλο συνδυασμό τεσσάρων αντιστάσεων



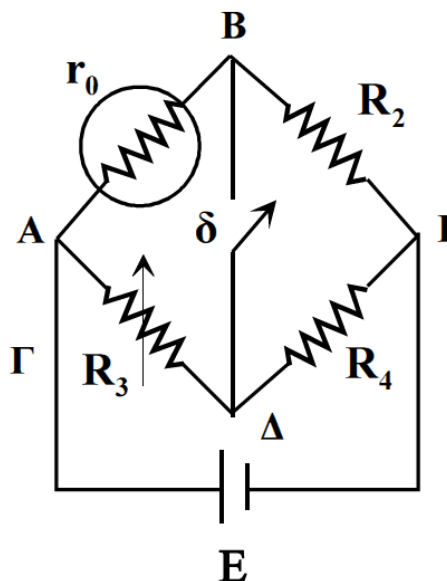
Γέφυρα Wheatstone

$$R_X = R_2 \frac{R_3}{R_4}$$



Γέφυρα Wheatstone με χορδή

$$R_X = R_\pi \frac{z}{y}$$



Γέφυρα Kelvin

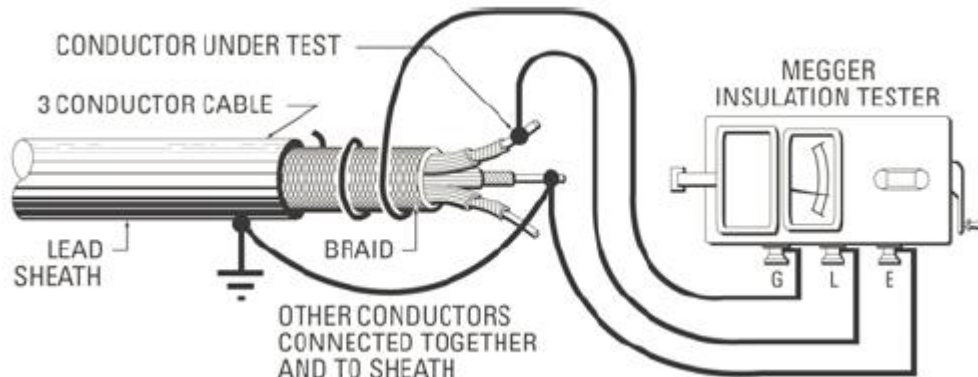
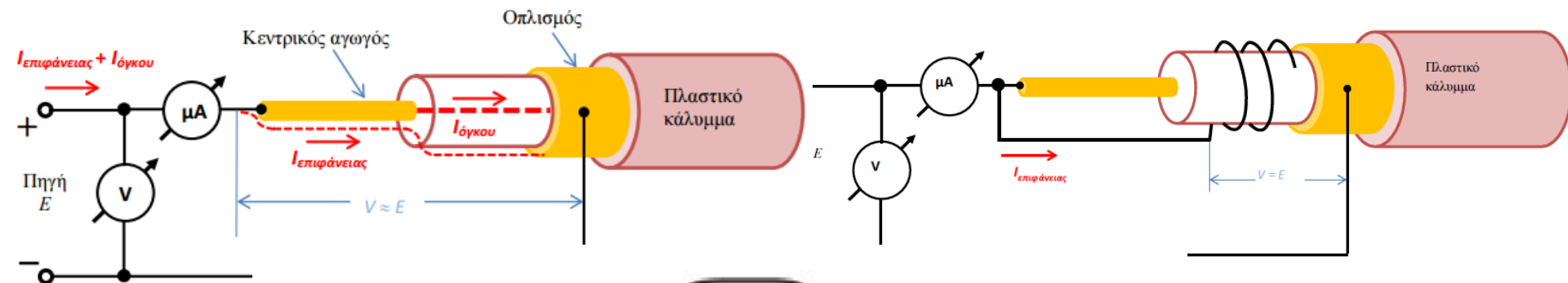
$$r_0 = R_2 \frac{R_3}{R_4}$$



Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

Μέτρηση μεγάλων αντιστάσεων

- Μέτρηση μονωτών (πχ καλώδια με εξ. μόνωση)
- Χρήση Οργάνων για μέτρηση μA και V
- Χρήση Καλωδίου παράκαμψης

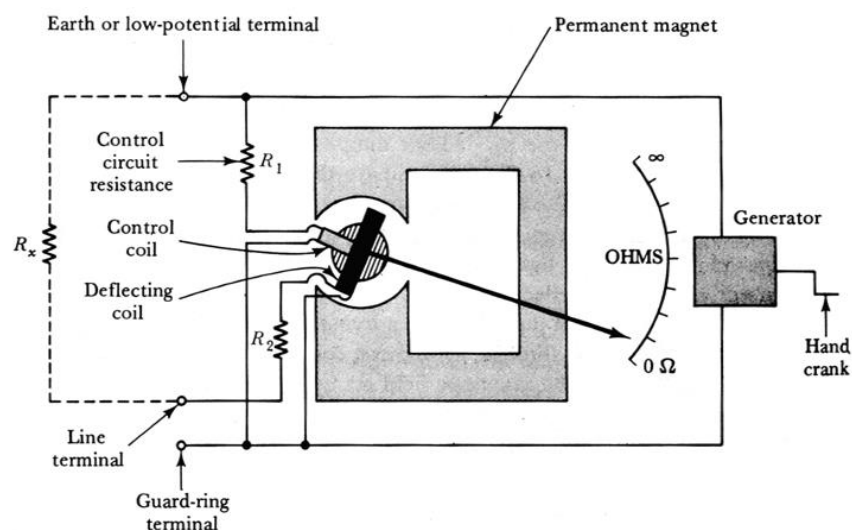




Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

Μέτρηση μεγάλων αντιστάσεων

- Ωμόμετρο Megger
 - Όργανο κινητού πηνίου μόνιμου μαγνήτη αλλά με δυο πηνία («ελέγχου» και «απόκλισης») που αντιτίθενται το ένα στο άλλο
 - Χρησιμοποιεί μια πηγή υψηλής τάσης (από 100 έως 5000 V)





Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

Αυτεπαγωγή , L

- **Νόμος Faraday** : Αν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή με τον χρόνο σε ένα πηνίο, (δηλ. μεταβάλλεται η ροή ρεύματος) προκαλείται επαγόμενη τάση

$$V = -L \frac{di}{dt}$$

- Η αυτεπαγωγή ενός πηνίου εξαρτάται από το μέγεθος, τη μορφή και τον αριθμό των σπειρών
- Σύνδεση σε σειρά N πηνίων : $L_{ισοδ.} = L_1 + L_2 + \dots + L_N$
- Σύνδεση παράλληλα N πηνίων : $\frac{1}{L_{ισοδ.}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_N}$



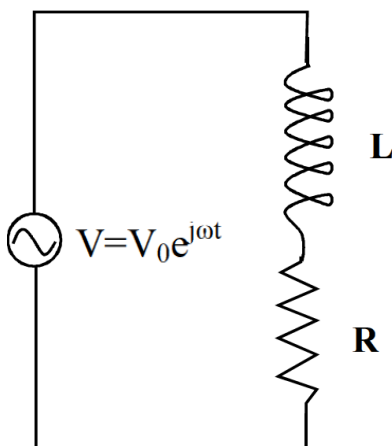
Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

Κύκλωμα R-L στο συνεχές

Το ρεύμα δεν παίρνει αμέσως την μέγιστη του τιμή αλλά αυξάνεται με τον χρόνο και πλησιάζει ασυμπτωτικά την τελική του τιμή

$$i = I_0(1 - e^{-\frac{R}{L}t})$$

Κύκλωμα R-L στο εναλλασσόμενο



$$I = \frac{V_0}{R + j\omega L} e^{j\omega t} = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} e^{j\omega t - \phi}$$

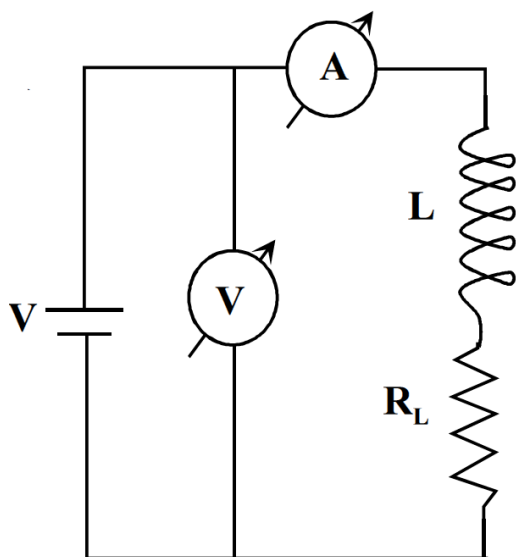
- Το ρεύμα καθυστερεί σε σχέση με την τάση κατά γωνία ϕ με $\epsilon\phi\phi = \omega L/R$.



Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

Μέτρηση της αυτεπαγωγής

- Με βολτόμετρο και αμπερόμετρο
- Χρήση R_L σε DC και AC τάση



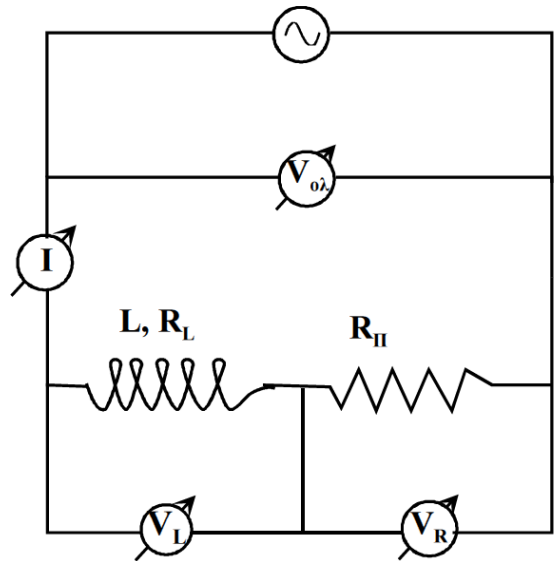
$$L = \frac{1}{\omega} \sqrt{\left(\frac{V_{AC}}{I_{AC}}\right)^2 - \left(\frac{V_{DC}}{I_{DC}}\right)^2}$$



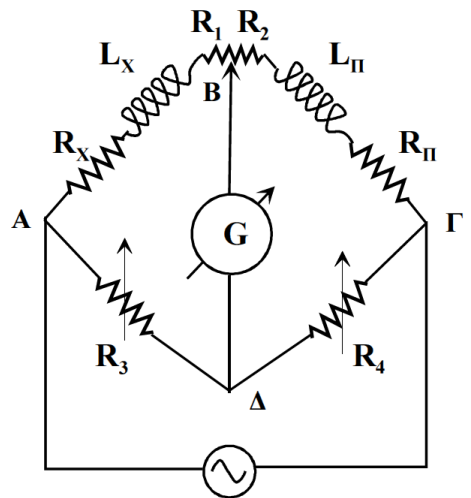
Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

Μέτρηση της αυτεπαγωγής

- Με 3 βολτόμετρα και 1 αμπερόμετρο
 - Χρήση γνωστής πρότυπης αντίστασης R_{π}
- Με γέφυρα



$$L = \frac{1}{\omega} \sqrt{\left(\frac{V_L}{I}\right)^2 - R_L^2}$$



$$L_x = L_{\pi} \frac{R_3}{R_4}$$



Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

Πυκνωτής-Ορισμός χωρητικότητας

- Πυκνωτής : διάταξη δύο αγωγών (οπλισμών) που διαχωρίζονται από κάποιο μονωτή
- Χωρητικότητα $C = Q(\text{φορτίο}) / \Delta V(\text{διαφορά δυναμικού})$
- Η χωρητικότητα είναι σταθερή και εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά του πυκνωτή $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$
- Σύνδεση σε σειρά N πυκνωτών: $\frac{1}{C_{\text{ισοδ.}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_N}$
- Σύνδεση παράλληλα N πυκνωτών : $C_{\text{ισοδ.}} = C_1 + C_2 + \dots + C_N$



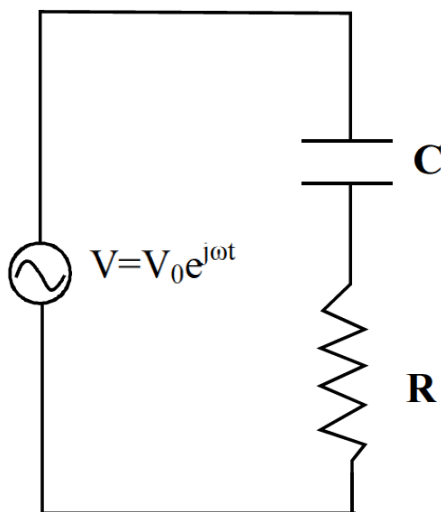
Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

Κύκλωμα R-C στο συνεχές

Το ρεύμα τείνει να μηδενιστεί με τον χρόνο ακολουθώντας μία εξίσωση της

$$i = I_0 e^{-\frac{1}{RC}t}$$

Κύκλωμα R-C στο εναλλασσόμενο



$$I = \frac{V_0}{R - j\frac{1}{\omega C}} e^{j\omega t} = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} e^{j\omega t + \phi}$$

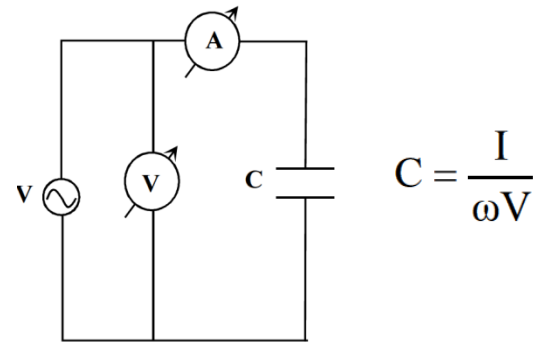
- Το ρεύμα προηγείται σε σχέση με τη τάση κατά γωνία ϕ , με $\epsilon\phi\phi = 1/(\omega CR)$



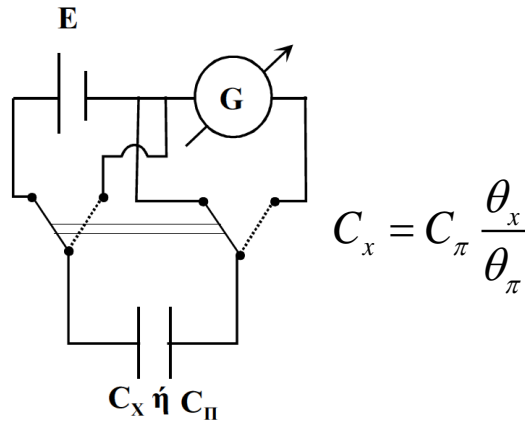
Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

Μέτρηση της χωρητικότητας

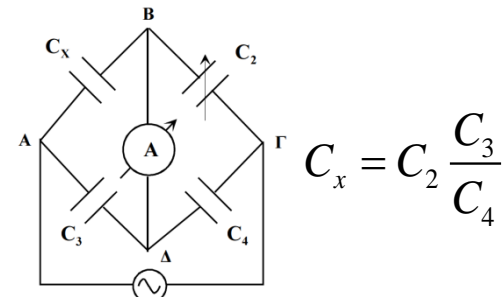
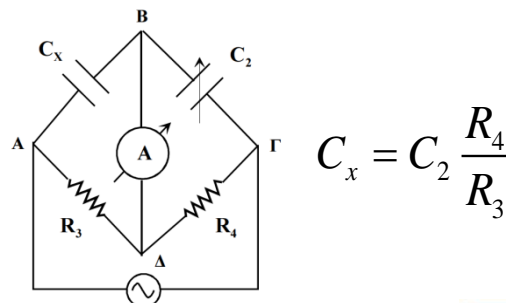
- Με βολτόμετρο και αμπερόμετρο



- Με σύγκριση



- Με γέφυρα





Μετρήσεις Στοιχείων R,L,C

- **Μέτρηση χωρητικότητας, αυτεπαγωγής**
 - Με ψηφιακά όργανα χρησιμοποιώντας Τ.Ε.



Agilent-E4981A Capacitance Meter





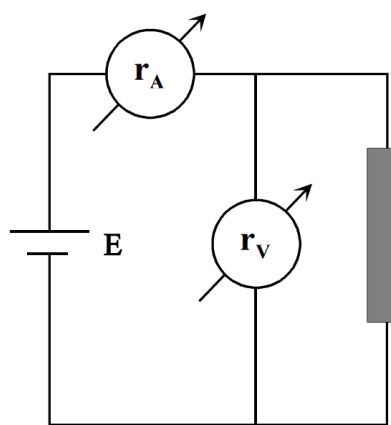
Μέτρηση ενεργούς ισχύος

- Ισχύς (Watt) στο DC :
$$P = V \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$

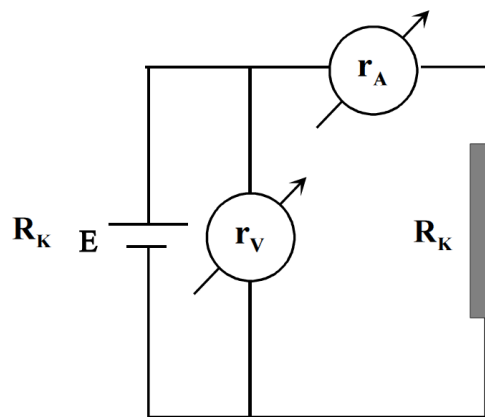
- Ισχύς (Watt) στο AC :
$$P = V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \cos \varphi$$

- Μέτρηση με βατόμετρο

- Μέτρηση με βολτόμετρο και αμπερόμετρο



$$P = V \cdot I + \frac{V^2}{r_V}$$

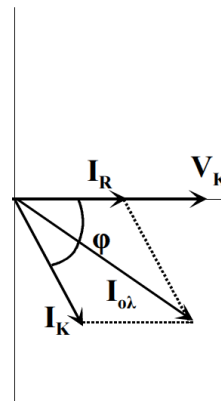
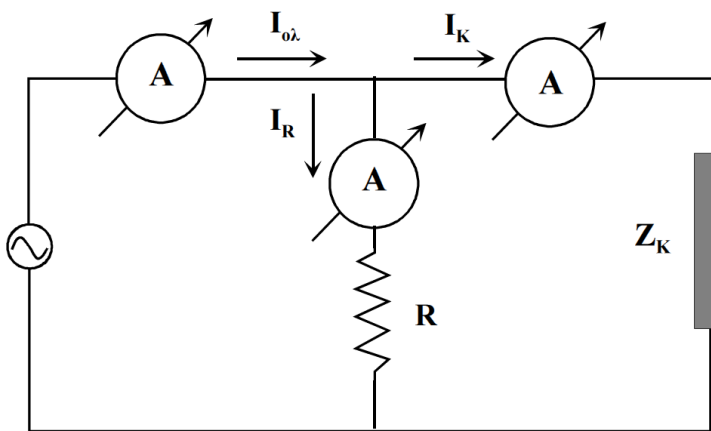


$$P = V \cdot I + I^2 r_A$$



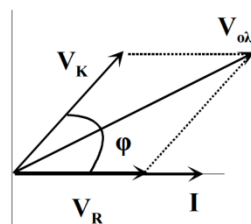
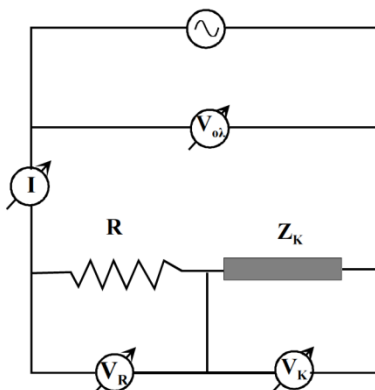
Μέτρηση ενεργούς ισχύος

- Με τρία αμπερόμετρα



$$P = \frac{R}{2} (I_{ολ}^2 - I_K^2 - I_R^2)$$

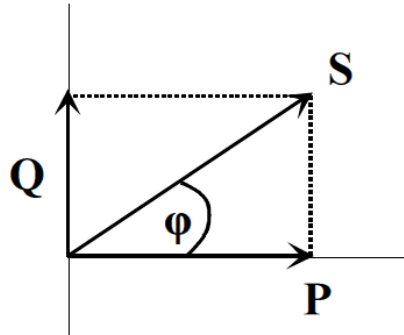
- Με τρία βολτόμετρα



$$P = \frac{1}{2R} (V_{ολ}^2 - V_K^2 - V_R^2)$$



Τρίγωνο Ισχύος



$$P = S \cdot \cos \varphi$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

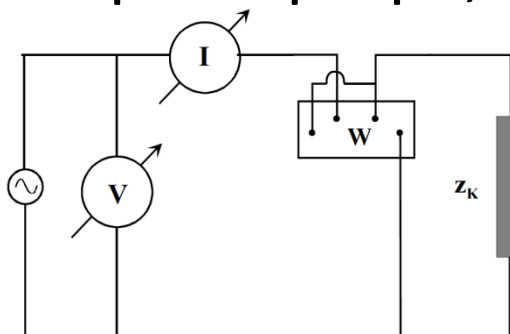
$$Q = S \cdot \sin \varphi$$

- Φαινόμενη Ισχύς (VA) : $S = V_{RMS} \cdot I_{RMS}$
- Άεργος Ισχύς (VAR) : $Q = V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \sin \varphi$
- Εκφράζει απώλειες ισχύος-ενέργειας στους πυκνωτές και στα πηνία υπό μορφή ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων αντίστοιχα



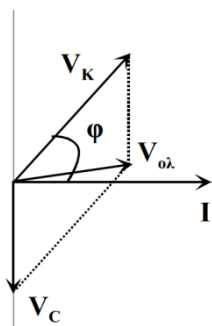
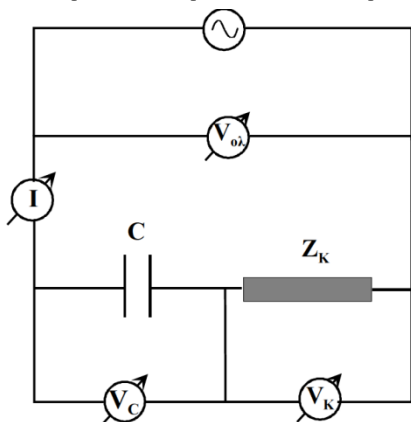
Μέτρηση άεργου ισχύος

- Με βολτόμετρο, αμπερόμετρο και βατόμετρο



$$Q = \sqrt{(VI)^2 - P^2}$$

- Με τρία βολτόμετρα

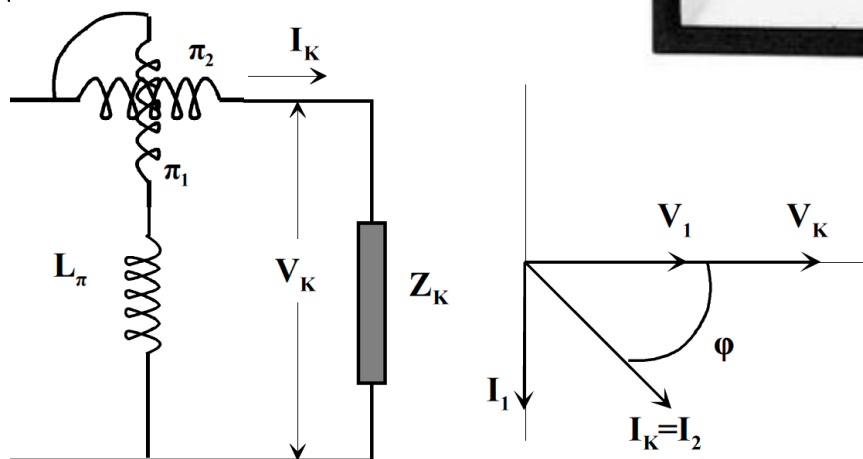


$$Q = \omega C / 2 (V_C^2 + V_K^2 - V_{OL}^2)$$



Μέτρηση άεργου ισχύος

- Με βάρμετρο
 - Ίδιο με βατόμετρο με αλλαγή της R_{π} με πηνίο μεγάλης αυτεπαγωγής L_{π}
 - Ένδειξη οργάνου : $k \cdot Q$





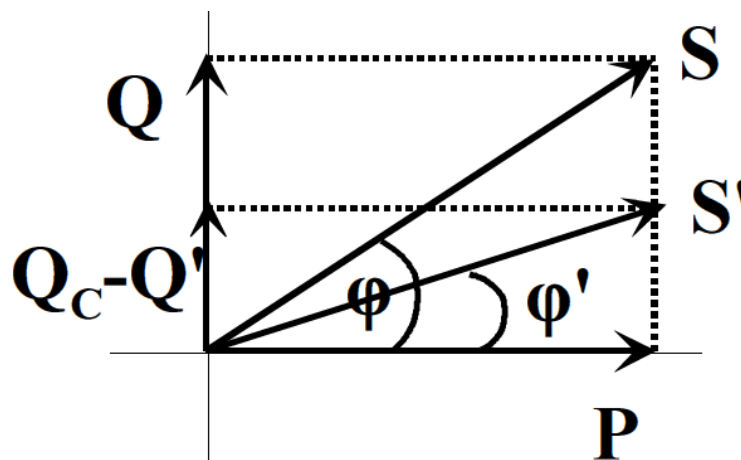
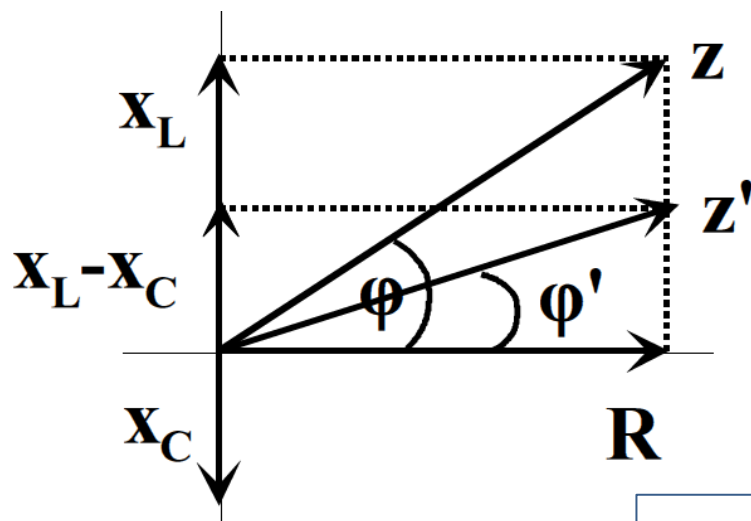
Διόρθωση συνημίτονου

- Χρήση καταναλωτών με επαγωγική συμπεριφορά (κινητήρες, μετασχηματιστές)
 - Απώλειες Ισχύος
 - Μικρότερος συντελεστής ισχύος ($\cos\phi < 1$)
 - Αύξηση Ρεύματος : $I = P / (V \cos\phi)$
 - Πρόκληση προβλημάτων σε συσκευές
 - Αντιοικονομική κατάσταση (αγωγοί μεγάλης διαμέτρου)
- Επιβολή της ΔΕΗ για $\cos\phi > 0,95$



Διόρθωση συνημίτονου

- Με προσθήκη παράλληλα στον καταναλωτή ενός κατάλληλου πυκνωτή



$$C = \frac{P}{V^2 \omega} (\tan \varphi - \tan \varphi')$$



Διόρθωση συνημίτονου

Παράδειγμα

Έστω λάμπα 60 W που λειτουργεί στα 220V/50Hz με συντελεστή ισχύος 0.4. Να βρεθεί η τιμή της χωρητικότητας που πρέπει να συνδεθεί παράλληλα έτσι ώστε ο συντελεστής ισχύος να γίνει 0.9.

Απάντηση

$$\cos \varphi = 0,4 \Rightarrow \varphi = 66,42^\circ$$

$$\cos \varphi = 0,9 \Rightarrow \varphi = 25,84^\circ$$

$$C = \frac{P}{V^2 \omega} (\tan \varphi - \tan \varphi') = \frac{60}{220^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50} (\tan 66,42 - \tan 25,84) = 7,1 \mu F$$



Εισαγωγή στα τριφασικά συστήματα

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Εισαγωγή στα τριφασικά συστήματα



Χρήση

Σε παραγωγή, μεταφορά, διανομή και χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας

Πλεονεκτήματα

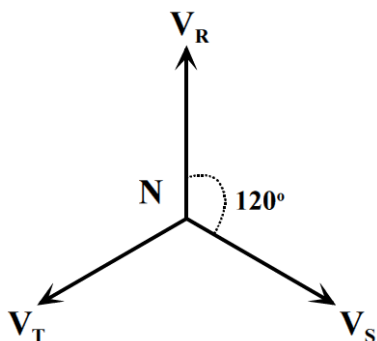
(α) απαιτούνται 25% λιγότερα καλώδια σε τριφασικό δίκτυο απ' ότι σε μονοφασικό για την μεταφορά της ίδια ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας σε ίδια απόσταση και με την ίδια τάση μεταξύ των αγωγών

(β) σε συμμετρικά τριφασικά δίκτυα η ισχύς είναι σταθερή και ίση με την μέση ισχύ, με αποτέλεσμα σταθερή ροπή σε τριφασικούς κινητήρες, που έτσι λειτουργούν χωρίς κραδασμούς

(γ) οι τριφασικές μηχανές έχουν καλύτερο βαθμό απόδοσης και γενικότερα καλύτερα χαρακτηριστικά λειτουργίας από τις μονοφασικές μηχανές.



Εισαγωγή στα τριφασικά συστήματα



$$\begin{aligned}V_R &= V_0 \eta \mu \omega t \\V_S &= V_0 \eta \mu(\omega t - 120^\circ) \\V_T &= V_0 \eta \mu(\omega t + 120^\circ)\end{aligned}$$

ή

$$\begin{aligned}V_R &= V_0 \eta \mu \omega t \\V_S &= V_0 \eta \mu(\omega t + 120^\circ) \\V_T &= V_0 \eta \mu(\omega t - 120^\circ)\end{aligned}$$

3 φάσεις R,S,T και/(ή) ένας ουδέτερος N

(α) Φασική τάση V_ϕ : είναι η τάση μεταξύ μιας φάσης και του ουδέτερου

(β) Πολική τάση V_π : είναι η τάση μεταξύ δύο φάσεων

(γ) Φασικό ρεύμα I_ϕ : είναι το ρεύμα στον καταναλωτή

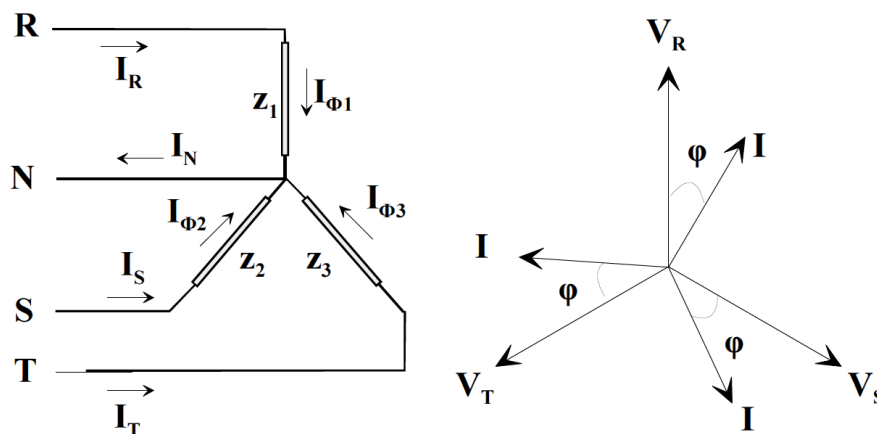
(δ) Πολικό ρεύμα I_π : είναι το ρεύμα της γραμμής



Εισαγωγή στα τριφασικά συστήματα

Σύνδεση φορτίου σε συνδεσμολογία αστέρα

$$\dot{I}_N = -(\dot{I}_{\phi 1} + \dot{I}_{\phi 2} + \dot{I}_{\phi 3}) \quad V_{\phi 1} + V_{\phi 2} + V_{\phi 3} = 0$$



- Υπάρχει ένα κοινό σημείο N (ουδέτερος)
- Αν $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = 120^\circ \Rightarrow I_N = 0$, $V_\phi = V_\pi$
 - Λόγω σχετικής συμμετρίας 1 επιστροφή από ουδέτερο (χαμηλό ρεύμα)
- Αν $\varphi_1 \neq \varphi_2 \neq \varphi_3 \Rightarrow I_N \neq 0$ και $|V_\pi| = \sqrt{3}|V_\phi|$



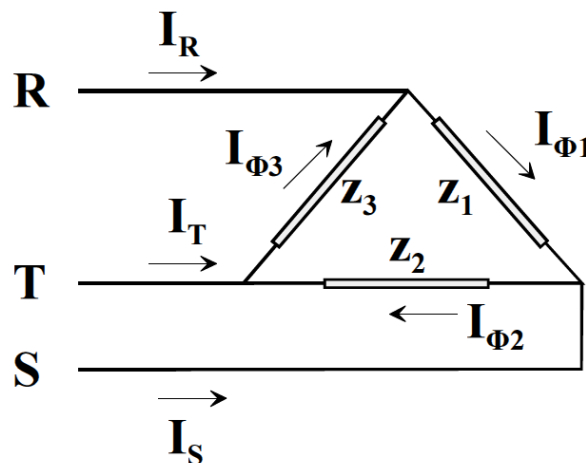
Εισαγωγή στα τριφασικά συστήματα

Σύνδεση φορτίου σε συνδεσμολογία τρίγωνο

$$\dot{I}_R = \dot{I}_{\varphi 1} - \dot{I}_{\varphi 3}$$

$$\dot{I}_S = \dot{I}_{\varphi 2} - \dot{I}_{\varphi 1}$$

$$\dot{I}_T = \dot{I}_{\varphi 3} - \dot{I}_{\varphi 2}$$

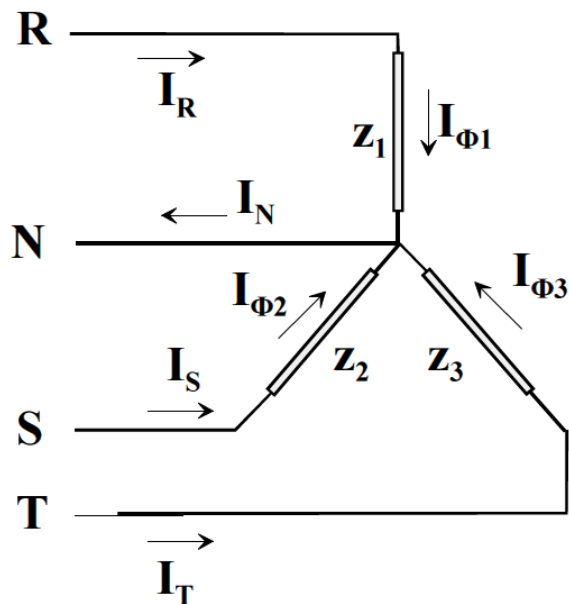


- Κάθε καταναλωτής είναι συνδεδεμένος μεταξύ δύο φάσεων
- Δεν υπάρχει ουδέτερος
- Αν $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3$, τότε $V_{\phi} = V_{\pi}$, $|I_{\pi}| = \sqrt{3}|I_{\phi}|$ και $I_{\varphi 1} + I_{\varphi 2} + I_{\varphi 3} = 0$
- Αν $\varphi_1 \neq \varphi_2 \neq \varphi_3$, τότε $I_{\varphi 1} + I_{\varphi 2} + I_{\varphi 3} \neq 0$



Εισαγωγή στα τριφασικά συστήματα

Παράδειγμα 1



Έστω το φορτίο του σχήματος όπου:

Z1: R=10 Ω

Z2: R=7.79 Ω και C=0.708 mF

Z3: R=9.53 Ω και L=17.5 mH

Αν έχουμε τροφοδοσία στα 380/220 V, 50 Hz να βρεθούν τα ρεύματα του κυκλώματος

Απάντηση

$$\dot{Z}_1 = (10 + j0) = (10 \angle 0) \Omega$$

Εμπεδήσεις $\dot{Z}_2 = (7.79 - j4.5) = (9 \angle -30) \Omega$

$$\dot{Z}_3 = (9.53 + j5.5) = (11 \angle 30) \Omega$$

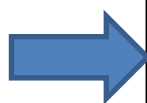
Ρεύματα

$$\dot{i}_{\phi 1} = \frac{\dot{V}_R}{\dot{Z}_1} = \frac{220 \angle 0}{10 \angle 0} = (22 \angle 0) A = (22 + j0) A$$

$$\dot{i}_{\phi 2} = \frac{\dot{V}_S}{\dot{Z}_2} = \frac{220 \angle -120}{9 \angle -30} = (22.44 \angle -90) A = (0 - j22.44) A$$

$$\dot{i}_{\phi 3} = \frac{\dot{V}_T}{\dot{Z}_3} = \frac{220 \angle 120}{11 \angle 30} = (20 \angle 90) A = (0 + j20) A$$

Τάσεις $\dot{V}_R = (220 \angle 0) V, \dot{V}_S = (220 \angle -120) V, \dot{V}_T = (220 \angle 120) V$



$$\dot{I}_N = -(\dot{i}_{\phi 1} + \dot{i}_{\phi 2} + \dot{i}_{\phi 3}) = -[22 + j(20 - 22.44)] = -22 + j2.44 \Rightarrow \dot{I}_N = (22.13 \angle 173.67) A$$

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



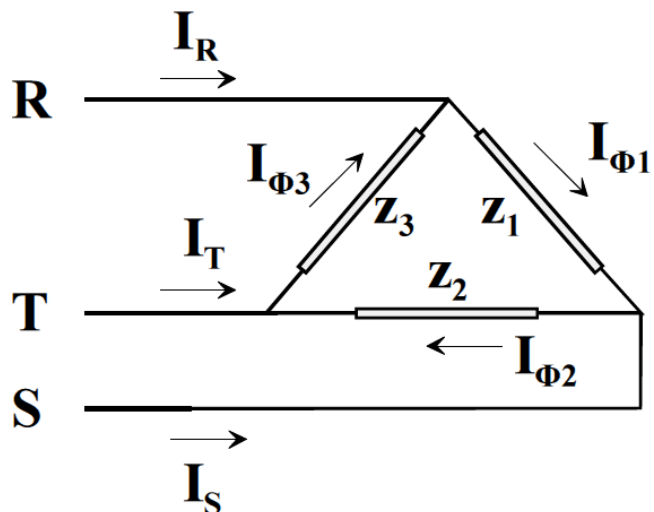
ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Εισαγωγή στα τριφασικά συστήματα

Παράδειγμα 2



Έστω το φορτίο του σχήματος όπου:

Z1: R=10 Ω και L=31.8 mH

Z2: R=8.66 Ω και L=15.9 mH

Z3: R=12 Ω και L=50.9 mH

Αν έχουμε τροφοδοσία στα 380 V, 50 Hz να βρεθούν τα ρεύματα.

Απάντηση

Εμπεδήσεις

$$\dot{Z}_1 = (10 + j10) = (14.14 \angle 45) \Omega$$

$$\dot{Z}_2 = (8.66 + j5) = (10 \angle 30) \Omega$$

$$\dot{Z}_3 = (12 + j16) = (20 \angle 53) \Omega$$

Τάσεις $V_{RS} = (380 \angle 0) V$, $V_{ST} = (380 \angle -120) V$, $V_{TR} = (380 \angle 120) V$

Φασικά Ρεύματα

$$\dot{i}_{\phi 1} = \frac{\dot{V}_{RS}}{\dot{Z}_1} = \frac{380 \angle 0}{14.14 \angle 45} = (26.87 \angle -45) A = (19 - j19) A$$

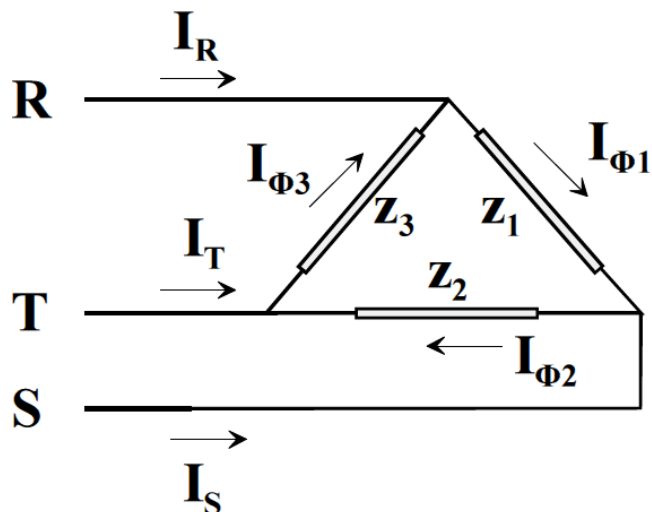
$$\dot{i}_{\phi 2} = \frac{\dot{V}_{ST}}{\dot{Z}_2} = \frac{380 \angle -120}{10 \angle 30} = (38 \angle -150) A = (-32.91 - j19) A$$

$$\dot{i}_{\phi 3} = \frac{\dot{V}_{TR}}{\dot{Z}_3} = \frac{380 \angle 120}{20 \angle 53} = (19 \angle 67) A = (7.42 + j17.49) A$$



Εισαγωγή στα τριφασικά συστήματα

Παράδειγμα 2 (Συνέχεια)



Έστω το φορτίο του σχήματος όπου:

Z1: $R=10 \Omega$ και $L=31.8 \text{ mH}$

Z2: $R=8.66 \Omega$ και $L=15.9 \text{ mH}$

Z3: $R=12 \Omega$ και $L=50.9 \text{ mH}$

Αν έχουμε τροφοδοσία στα 380V, 50 Hz να βρεθούν τα ρεύματα.

Απάντηση

Πολικά Ρεύματα:

$$\dot{I}_R = \dot{I}_{\phi 1} - \dot{I}_{\phi 3} = (19 - 7.42) + j(-19 - 17.49) = 11.58 - j36.47 = (38.28 \angle -72.4)A$$

$$\dot{I}_S = \dot{I}_{\phi 2} - \dot{I}_{\phi 1} = (-32.91 - 19) + j(-19 + 19) = -51.91 + j0 = (51.91 \angle 180)A$$

$$\dot{I}_T = \dot{I}_{\phi 3} - \dot{I}_{\phi 2} = (7.42 + 32.91) + j(17.49 + 19) = 40.33 + j36.49 = (54.39 \angle 42.1)A$$



Μέτρηση ισχύος σε τριφασικά συστήματα

- Ενεργός Ισχύς τριφασικού συστήματος

$$P_{ολ} = P_{\varphi 1} + P_{\varphi 2} + P_{\varphi 3} = V_{\varphi 1} I_{\varphi 1} \cos_{\varphi 1} + V_{\varphi 2} I_{\varphi 2} \cos_{\varphi 2} + V_{\varphi 3} I_{\varphi 3} \cos_{\varphi 3}$$

- Αν $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$ \rightarrow $P_{ολ} = 3 \cdot P_{\varphi 1} = 3 \cdot V_{\varphi 1} I_{\varphi 1} \cos_{\varphi 1} = 3 \cdot V_{\varphi} I_{\varphi} \cos_{\varphi}$

- Αν έχουμε σύνδεση αστέρα $V_{\pi} = \sqrt{3} V_{\varphi}$

$$P_{ολ} = 3 \cdot V_{\varphi} I_{\varphi} \cos_{\varphi} = 3 \cdot \frac{V_{\pi}}{\sqrt{3}} I_{\pi} \cos_{\varphi} = \sqrt{3} V_{\pi} I_{\pi} \cos_{\varphi}$$

- Αν έχουμε σύνδεση τρίγωνο $I_{\pi} = \sqrt{3} I_{\varphi}$

$$P_{ολ} = 3 \cdot V_{\varphi} I_{\varphi} \cos_{\varphi} = 3 \cdot V_{\pi} \frac{I_{\pi}}{\sqrt{3}} \cos_{\varphi} = \sqrt{3} V_{\pi} I_{\pi} \cos_{\varphi}$$

- Άεργη Ισχύς $Q_{ολ} = \sqrt{3} V_{\pi} I_{\pi} \sin \varphi$, Φαινόμενη : $S = \sqrt{3} V_{\pi} I_{\pi}$



Μέτρηση ισχύος σε τριφασικά συστήματα

Παράδειγμα

Τριφασικός καταναλωτής αποτελείται από τρία όμοια πηνία συνδεδεμένα κατά αστέρα. Μετράμε: $I_{\text{γραμμής}}=25\text{A}$, $S=20\text{kVA}$, $P=11\text{kW}$. Να βρεθούν η πολική τάση, η φασική τάση, η άεργος ισχύς και τα R , x_L κάθε φάσης.

Απάντηση

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{20^2 - 11^2} = 16.7\text{kVAR}$$

$$\cos\varphi = P/S = 11/20$$

$$P = \sqrt{3}V_{\pi}I_{\pi}\cos\varphi \Rightarrow V_{\pi} = \frac{P}{\sqrt{3}I_{\pi}\cos\varphi} = \frac{11.000}{\sqrt{3} \times 25 \times (11/20)} = 462\text{V}$$

$$V_{\varphi} = \frac{V_{\pi}}{\sqrt{3}} = 267\text{V}$$

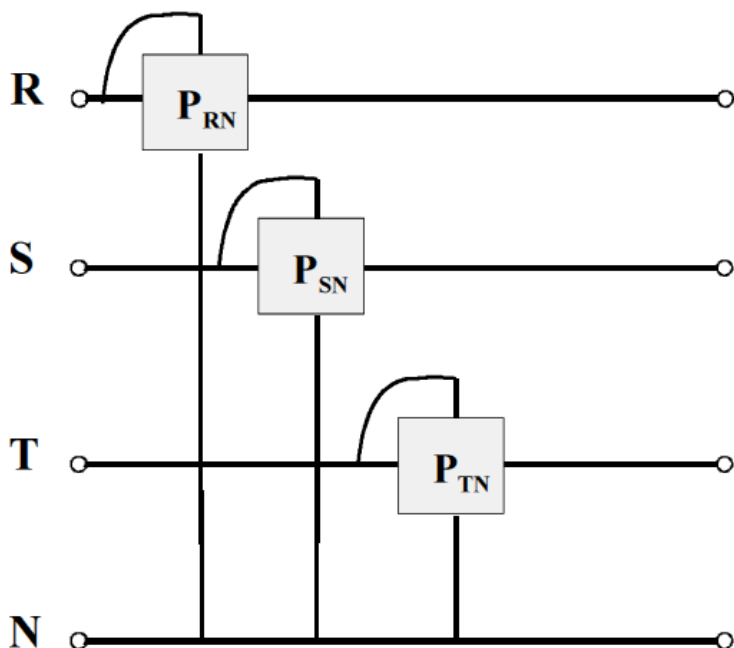
$$R_{\varphi} = Z_{\varphi}\cos\varphi = \frac{V_{\varphi}}{I_{\varphi}}\cos\varphi = \frac{267}{25} \frac{11}{20} = 5.87\Omega$$

$$X_{L\varphi} = Z_{\varphi}\eta\mu\varphi = \frac{V_{\varphi}}{I_{\varphi}}\sqrt{1 - \cos^2\varphi} = \frac{267}{25}\sqrt{1 - \left(\frac{11}{20}\right)^2} = 8.97\Omega$$



Μέτρηση ισχύος σε τριφασικό σύστημα τεσσάρων αγωγών

- 3 βατόμετρα με κοινό σημείο τον ουδέτερο



$$P_{RN} = V_{RN} I_R \cos \varphi_R$$

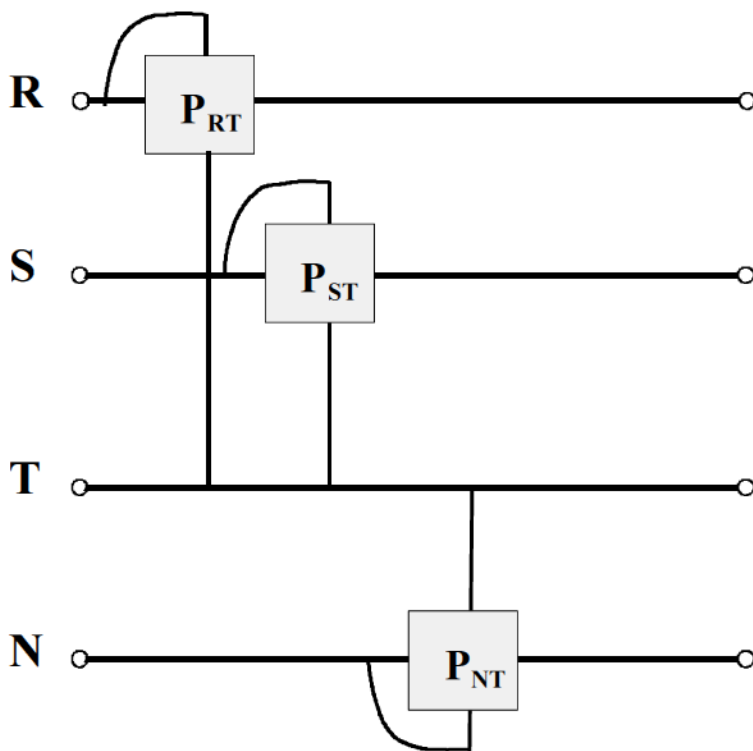
$$P_{SN} = V_{SN} I_S \cos \varphi_S$$

$$P_{TN} = V_{TN} I_T \cos \varphi_T$$



Μέτρηση ισχύος σε τριφασικό σύστημα τεσσάρων αγωγών

- 3 βατόμετρα με κοινή φάση



$$P_{RT} = V_{RT} I_R \cos \varphi_{RT}$$

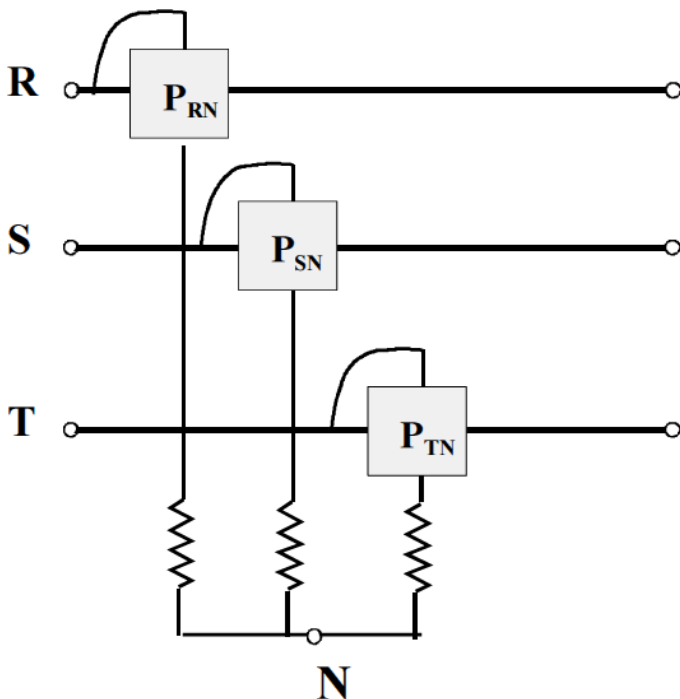
$$P_{ST} = V_{ST} I_S \cos \varphi_{ST}$$

$$P_{NT} = V_{NT} I_N \cos \varphi_{NT}$$



Μέτρηση ισχύος σε τριφασικό σύστημα τριών αγωγών

- 3 βατόμετρα που συνδέονται μεταξύ κάθε φάσης και ενός τεχνητού ουδέτερου



$$P_{RN} = V_{RN} I_R \cos \varphi_R$$

$$P_{SN} = V_{SN} I_S \cos \varphi_S$$

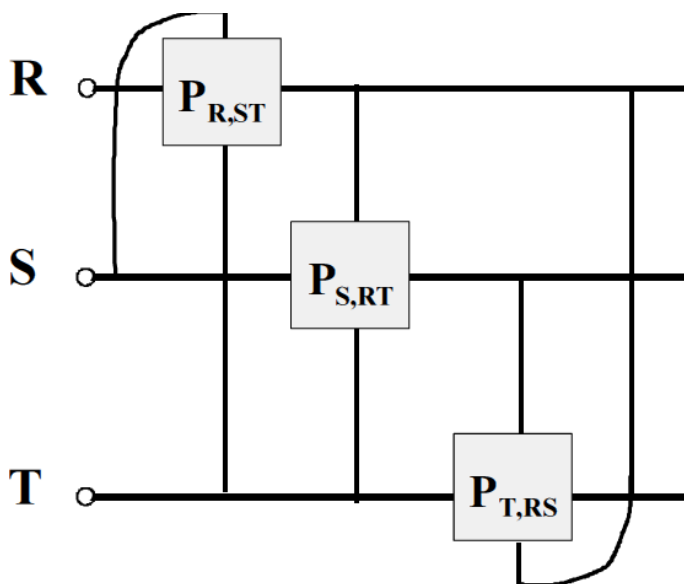
$$P_{TN} = V_{TN} I_T \cos \varphi_T$$

Ν



Μέτρηση άεργης ισχύος

- 3 βατόμετρα που το κάθε ένα συνδέεται ως εξής :
 - το πηνίο ρεύματος του συνδέεται με μία από τις φάσεις (π.χ. την R)
 - το πηνίο τάσης του μεταξύ των δύο άλλων φάσεων (δηλαδή των S και T)



$$Q_{ολ} = \frac{1}{\sqrt{3}} (P_{R,ST} + P_{S,RT} + P_{T,RS})$$



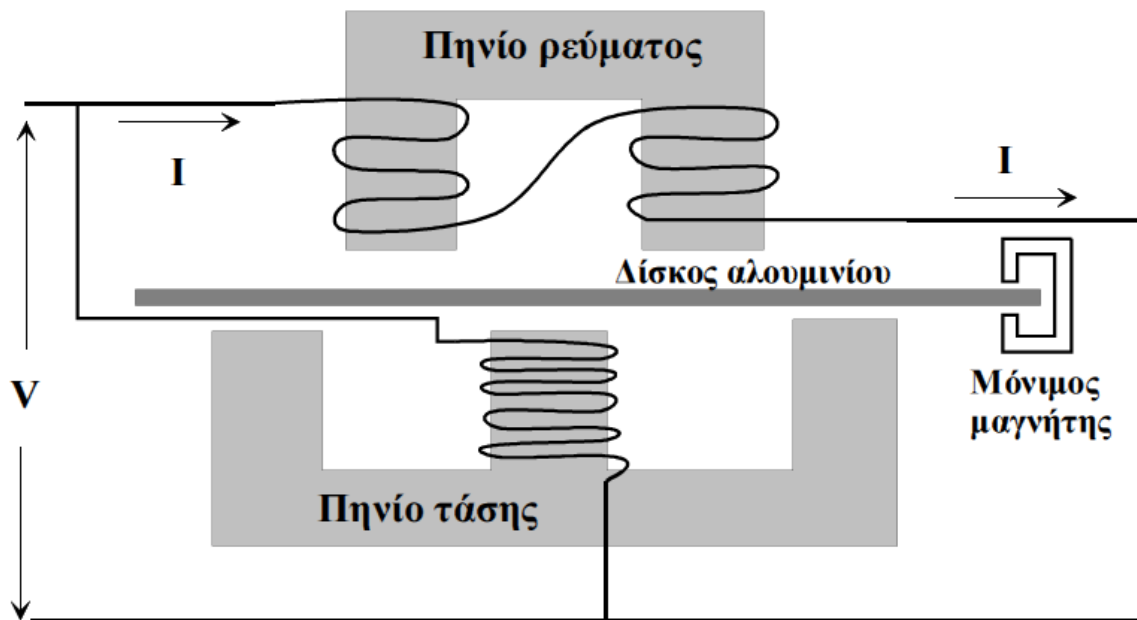
Μέτρηση ηλεκτρικής ενέργειας

- Καταναλισκόμενη ενέργεια :
$$W_E = \int_{t_1}^{t_2} p(t)dt = \int_{t_1}^{t_2} v(t)i(t)dt$$
 - βατομετρική μέθοδος : ολοκλήρωση της ισχυος μεσα στο ζητούμενο διάστημα Δt
 - αμπερομετρική μέθοδος : ολοκλήρωση του ρεύματος $i(t)$ στο διάστημα Δt θεωρώντας ότι η τάση είναι σταθερή
- Μέθοδοι μέτρησης ηλεκτρικής ενέργειας
 - Επαγωγικοί μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας
 - Ψηφιακοί μετρητές



Μέτρηση ηλεκτρικής ενέργειας

Επαγωγικοί μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας



- Δεν μπορούν να μετρήσουν την κατανάλωση (απώλειες) ενέργειας σε άεργους καταναλωτές



Έξυπνοι Ψηφιακοί Μετρητές



Ηλεκτρονική συσκευή μέτρησης με δυνατότητα επικοινωνίας με άλλες συσκευές.

Η συσκευή μετράει την ενέργεια που χρησιμοποιείται και στέλνει τις πληροφορίες στο σύστημα και από εκεί καταλήγουν στον πελάτη/παραγωγό, ενημερώνοντας τον για την εκάστοτε κατανάλωση/παραγωγή και το αντίστοιχο κόστος αυτής.

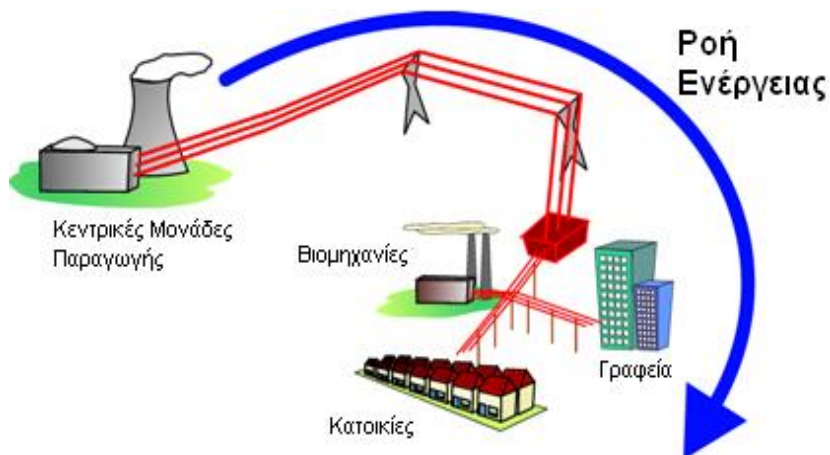
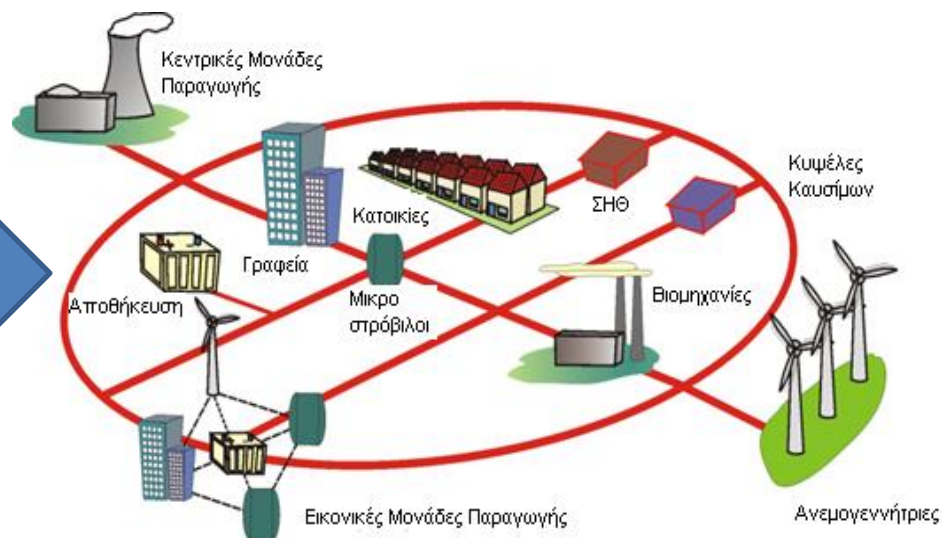
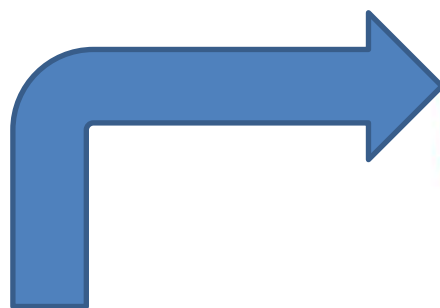


Έξυπνα Δίκτυα

- Οι έξυπνοι μετρητές αποτελούν στοιχειώδη συνιστώσα για την ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων.

Σήμερα

Μεγάλη συγκεντρωτική παραγωγή και ελάχιστη Διεσπαρμένη παραγωγή



Αύριο

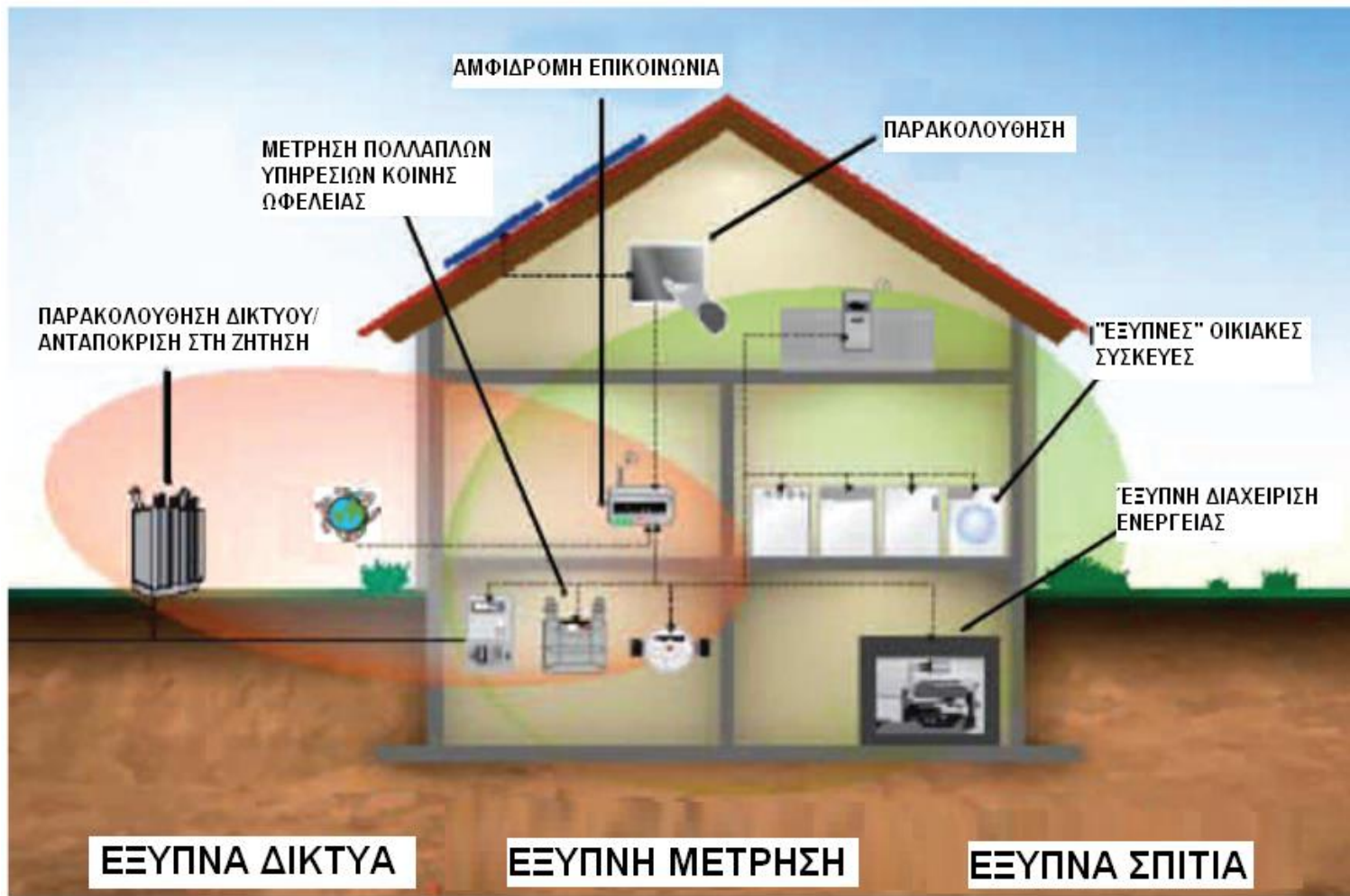
Ολοκληρωμένο ασφαλές δίκτυο που συνδυάζει κεντρική και διεσπαρμένη παραγωγή

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»





Έξυπνα σπίτια



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



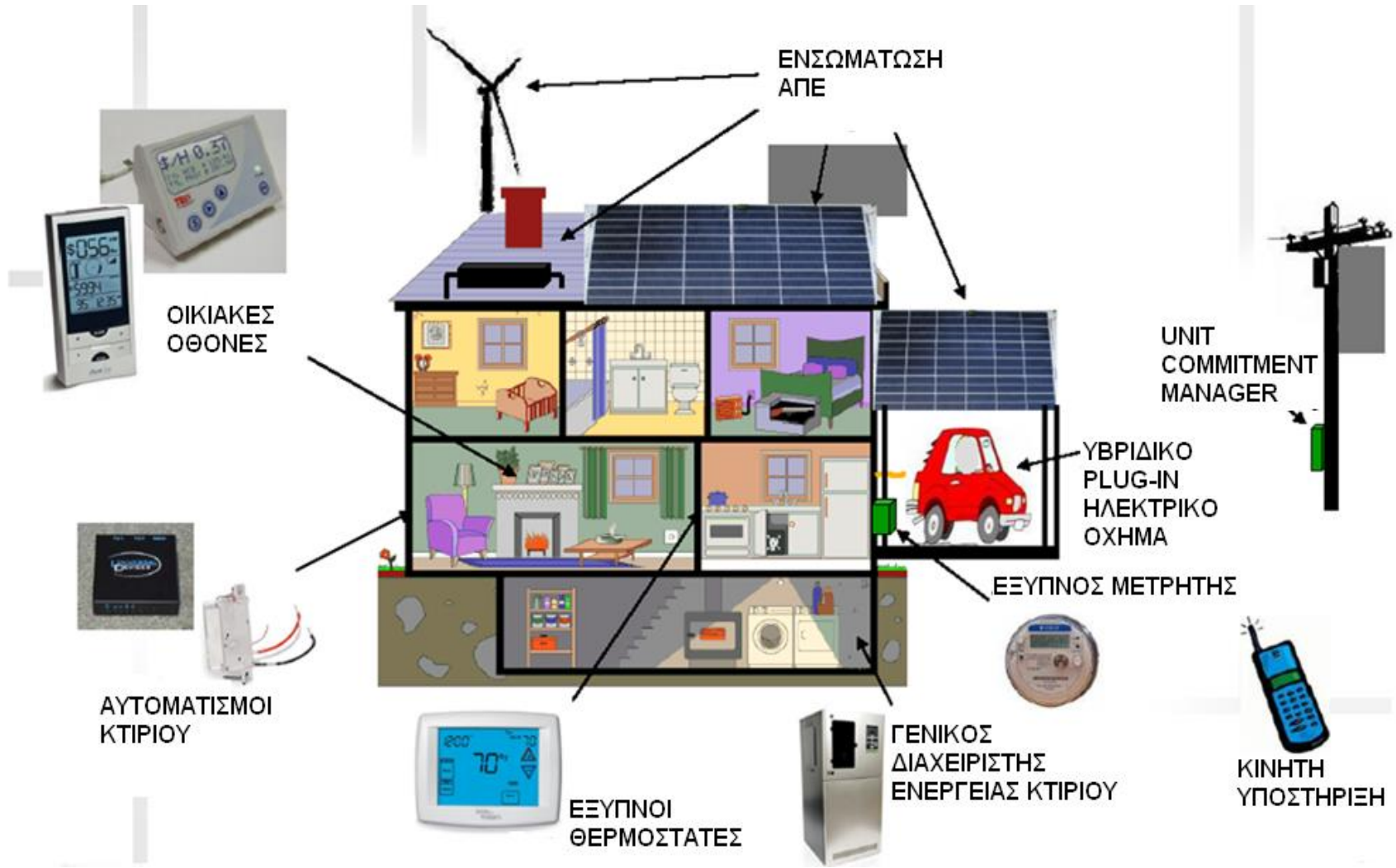
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Έξυπνα σπίτια



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Ευρωπαϊκή Ένωση
 Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
 ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
 επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
 ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
 ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
 Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
 2007-2013
 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Όργανα μέτρησης άλλων φυσικών μεγεθών

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



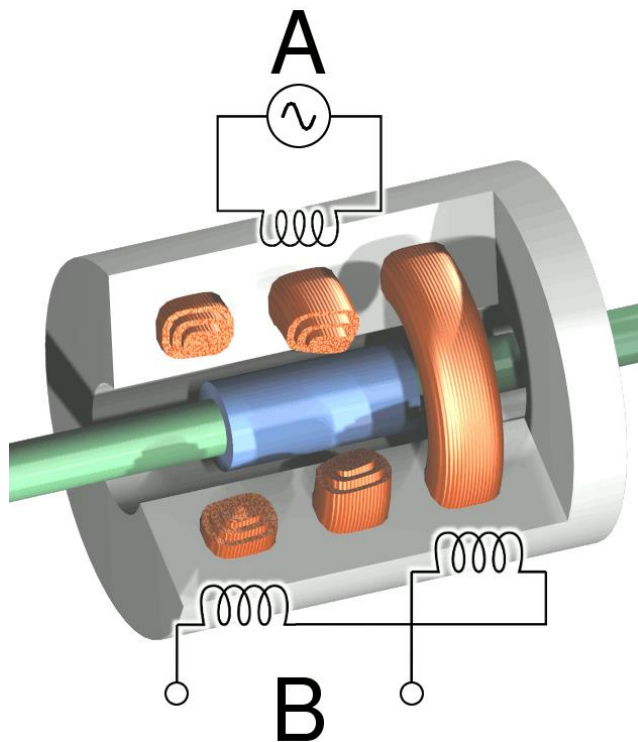
Αισθητήρες

- Αισθητήρες (sensors) : διατάξεις που διαθέτουν κάποια κατάλληλη ιδιότητα, η οποία μεταβάλλεται ως συνάρτηση του μετρούμενου φυσικού μεγέθους.
- Αισθητήρας φωτός : Η αντίσταση ορισμένων φωτοαγωγιμων υλικών μειώνεται, καθώς αυξάνει η ποσότητα του φωτός που προσπίπτει σ' αυτά
- Αισθητήρας θερμοκρασίας : Στα μέταλλα, η αντίσταση αυξάνεται καθώς αυξάνει η θερμοκρασία του μετάλλου.
- Διάφοροι Αισθητήρες (Απόστασης, Ακτινοβολίας, Ανέμου)
- Σύνδεση με μικροεπεξεργαστές



Είδη αισθητήρων

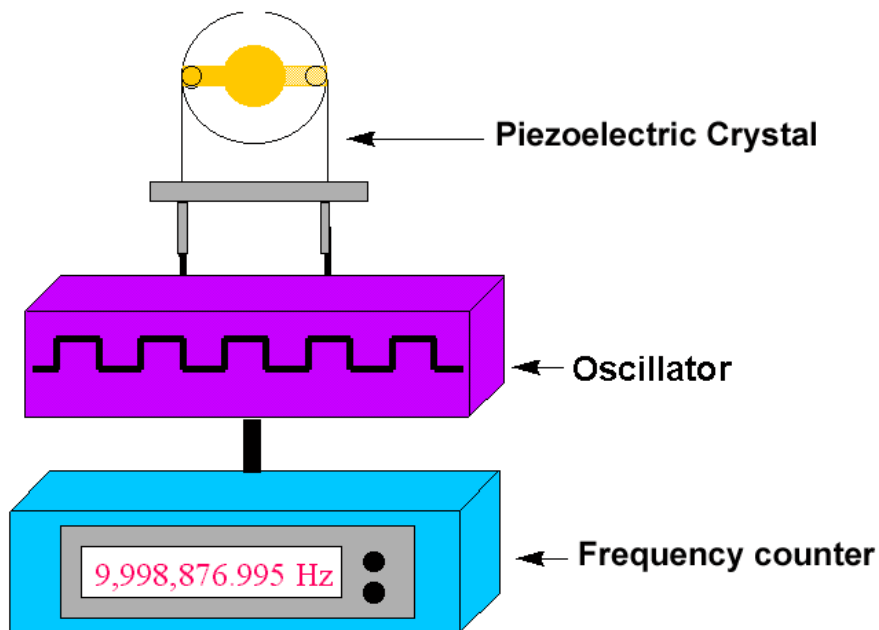
- **Ενεργοί:** αισθητήρες που απαιτούν εξωτερική διέγερση για να λειτουργήσουν.
 - Αισθητήρας γραμμικής μετατόπισης (LVDT) πρέπει να τροφοδοτείται από κατάλληλη εναλλασσόμενη τάση.





Είδη αισθητήρων

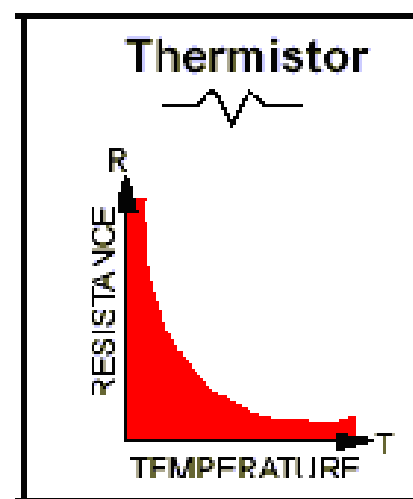
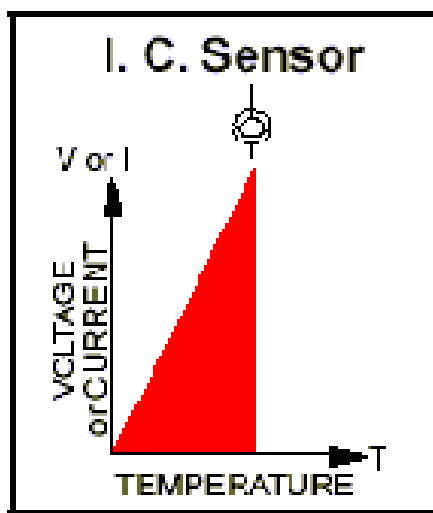
- **Παθητικοί:** αισθητήρες που δημιουργούν μόνοι τους μια τάση και δεν χρειάζονται εξωτερική διέγερση.
 - Οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι, όταν πιεστούν, αναπτύσσουν στα άκρα τους ηλεκτρική τάση.





Χαρακτηριστικά αισθητήρων

- **Γραμμικότητα:** Όταν οι μεταβολές της μετρούμενης φυσικής ποσότητας (π.χ. της θερμοκρασίας) προκαλούν μεταβολές της ιδιότητας του αισθητήρα (π.χ. της αντίστασης του μετάλλου)





Χαρακτηριστικά αισθητήρων

- **Ευαισθησία** (sensitivity) του αισθητήρα και εκφράζει πόσο υψηλό σήμα εξόδου αποδίδει ο αισθητήρας για κάθε μονάδα του μετρούμενου φυσικού μεγέθους.
- **Διακριτική ικανότητα** (resolution): εκφράζει τη μικρότερη μεταβολή του φυσικού μεγέθους που μπορεί να ανιχνεύσει ο αισθητήρας και να μεταβάλλει την έξοδό του ανάλογα.
- **Ακρίβεια**: ισούται με το σφάλμα που περιέχει εγγενώς η τιμή που αποδίδει ο αισθητήρας στην έξοδο, δηλώνει δηλαδή την αβεβαιότητα που υπάρχει στην τιμή της εξόδου (π.χ. ± 0.05 °C).
- **Εύρος τιμών εισόδου** (full-scale input): ορίζει σε ποια πλαίσια του μετρούμενου φυσικού μεγέθους μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αισθητήρας.
- **Εύρος τιμών της εξόδου**: δίνει τα όρια της τάσης ή του ρεύματος εξόδου του αισθητήρα.



Αισθητήρια φωτός

Φωτοαντιστάσεις

- Άυξηση αριθμού ελευθέρων ηλεκτρονίων όταν προσπίπτει φως σε ένα φωτοαγώγιμο υλικό,
- Η αντίσταση του φωτοαγώγιμου υλικού μειώνεται.
- Σχέση μεταξύ της προσπίπτουσας φωτεινής ισχύος P και της αντίστασης R δεν είναι γραμμική, αλλά λογαριθμική και έχει τη μορφή:

$$R = \frac{a}{P^b}$$

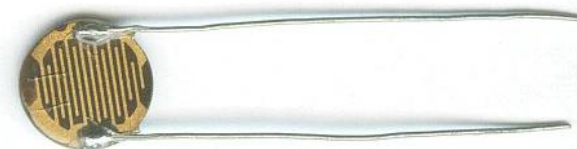
- Εμπόριο : φωτοαντίσταση 10Ω όταν ευρίσκεται σε ένα φωτισμένο χώρο και αντίσταση της τάξης των $20 \text{ k}\Omega$ εάν τη σκεπάσουμε με το χέρι μας, δημιουργώντας συνθήκες σκότους.



Αισθητήρια φωτός

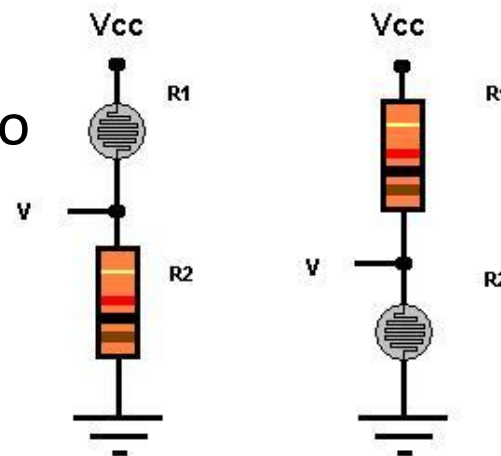
Φωτοαντιστάσεις CdS

- Πολυκρυσταλλικά υμένα ή μονοκρύσταλλοι του ημιαγωγικού υλικού *θειούχου καδμίου* (*CdS*).
- Εμφανίζει μέγιστη ευαισθησία σε μήκος κύματος $1 \mu\text{m}$ (που εμπίπτει στην περιοχή του κοντινού υπερύθρου).



Σύνδεση φωτοαντίστασης στο κύκλωμα

- Αριστερά, η τάση πάνω στην R2 αυξάνει όσο μεγαλώνει η στάθμη του φωτισμού.
- Δεξιά, η τάση πάνω στην φωτοαντίσταση μειώνεται όσο αυξάνει το επίπεδο του φωτισμού (ανιχνευτής σκότους).





Αισθητήρια φωτός

Φωτοδίοδος

- Αποτελούνται από μία φωτοευαίσθητη δίοδο ημιαγωγού, δηλαδή μία επαφή p-n που έχει στην άνω όψη της ένα φωτοαγωγίμο στρώμα.
- Η πρόσπτωση φωτός στην επιφάνειά τους δημιουργεί ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών στην περιοχή της επαφής, δηλαδή ένα μικρό ρεύμα (φωτόρευμα).
- Το φωτόρευμα είναι αμελητέο σε σύγκριση με τα ρεύματα που διαρρέουν τις φωτοδιόδους όταν αυτές είναι ορθά πολωμένες, οπότε άγουν ως κανονικές δίοδοι.
- Όταν όμως οι φωτοδιόδοι είναι ανάστροφα πολωμένες, το φωτόρευμα καθίσταται σημαντικό και επιτρέπει τη μέτρηση της προσπίπτουσας φωτεινής έντασης.



Material	Wavelength range (nm)
Silicon	190–1100
Germanium	400–1700
Indium gallium arsenide	800–2600
Lead sulfide	<1000-3500

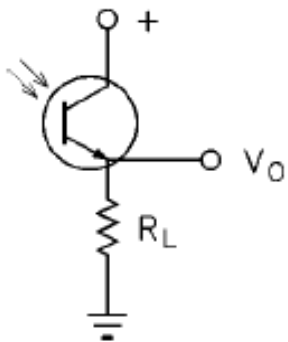


Αισθητήρια φωτός

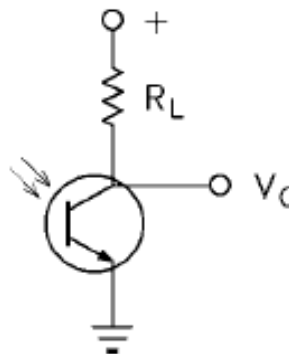


Φωτοτρανζίστορ

- Οι δυνατότητες των φωτοδιόδων επεκτείνονται εάν αντικατασταθούν από φωτοτρανζίστορες,
- Ενισχύεται το δημιουργούμενο στη φωτοευαίσθητη επαφή $p-n$ φωτόρευμα.
- Μπορούν να μετρηθούν μικρότερες φωτεινές εντάσεις και επακόλουθα αυξάνει το δυναμικό εύρος του αισθητήρα.



V_0 is "HIGH"
with light




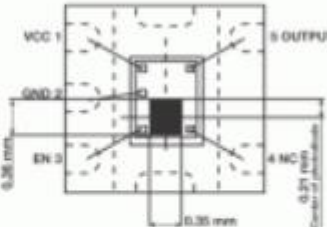
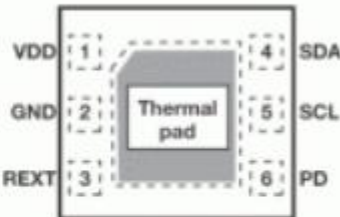


V_0 is "LOW"
with light





Σύγκριση αισθητηρίων φωτός

Device	Photo resistor	Photo diode	Photo transistor	Photo diode and current amplifier	Photo diode, current amp, ADC and filter
Referenced part #	PDV-P500X	Everlight DTD-15	Everlight DPT-092	EL7900	ISL29001
					
Accuracy	Not guaranteed	Not guaranteed	± 75%	± 33%	15-bit resolution
Current (1000 lux)	Varies	3 μA	2.6 mA (70 klux)	0.9 mA	0.3 mA
Range	1 to 100 lux	7 to 50 klux	1 k to 100 klux	1 to 100 klux	0.3 to 10 klux
Response time	55 ms	6 ns	15 μs	0.5 ms	100 ms
Enable function	No	No	No	Yes	Yes

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Αισθητήρια θερμοκρασίας

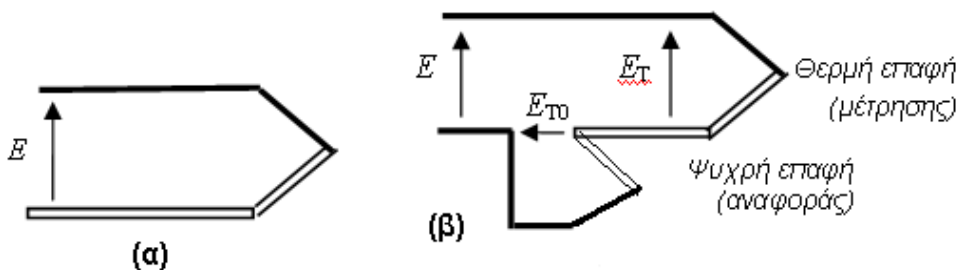
Τα διάφορα θερμόμετρα στηρίζονται στην αλλαγή, λόγω της θερμοκρασίας, κάποιας χαρακτηριστικής ιδιότητας ενός επιλεγμένου υλικού. Οι ιδιότητες που μπορούν να αξιοποιηθούν για τη μέτρηση της θερμοκρασίας είναι εν γένει οι ακόλουθες:

1. Η γραμμική διαστολή ενός υγρού (θερμόμετρα υδραργύρου)
2. Η γραμμική διαστολή ενός μετάλλου (μεταλλικά θερμόμετρα)
3. Η ηλεκτρική αντίσταση ενός μετάλλου (RTDs)
4. Το φαινόμενο του *θερμοηλεκτρισμού* (ή *θερμοηλεκτρικό φαινόμενο*) (θερμοζεύγη)
5. Η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα θερμό σώμα (πυρόμετρα)



Θερμοζεύγη-Δομή

Όταν δύο διαφορετικά μέταλλα ενώνονται σε ένα σημείο, τότε στο σημείο αυτό αναπτύσσεται μία τάση, η οποία λέγεται *θερμοηλεκτρική τάση* ή *δυναμικό επαφής (contact potential)* και οφείλεται στο διαφορετικό έργο εξόδου των μετάλλων.



(α) Εμφάνιση θερμοηλεκτρικής τάσης όταν δύο μέταλλα ενώνονται.

(β) Δομή ενός θερμοζεύγους. Διακρίνονται η θερμή επαφή και η ψυχρή επαφή και σημειώνονται οι τάσεις που αναπτύσσονται σε αυτό.



Είδη θερμοζευγών

Πίνακας

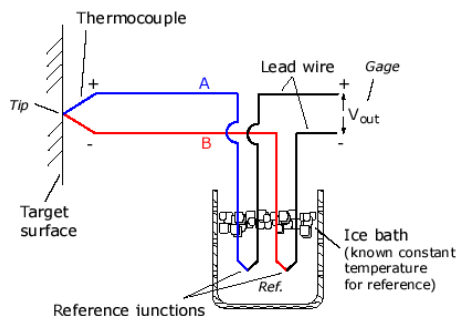
Είδη θερμοζευγών και περιοχές λειτουργίας τους

Είδος Θερμοζεύγους	Θετικό άκρο (+)	Αρνητικό άκρο (-)	Περιοχή Λειτουργίας
B	Λευκόχρυσος 30% Ρόδιο	Λευκόχρυσος 6% Ρόδιο	1370 – 1700 °C
C	W5Re (Βολφράμιο 5% Ρήνιο)	W26Re (Βολφράμιο 26% Ρήνιο)	1650 – 2315 °C
E	Chromel	Κονσταντάνη	-200 – 900 °C
J	Σίδηρος	Κονσταντάνη	0 – 760 °C
K	Chromel	Alumel	-200 – 1260 °C
N	Nicrosil	Nisil	-270 – 1260 °C
R	Λευκόχρυσος 13% Ρόδιο	Λευκόχρυσος	0 – 1450 °C
S	Λευκόχρυσος 10% Ρόδιο	Λευκόχρυσος	0 – 1450 °C
T	Χαλκός	Κονσταντάνη	-200 – 350 °C

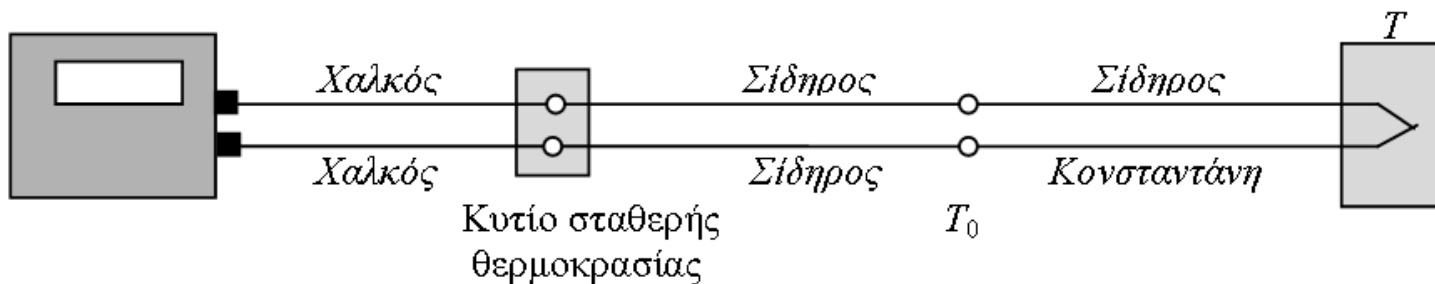


Συνδέσεις θερμοζευγών

- Η ένωση των μετάλλων του θερμοζεύγους με το όργανο μέτρησης δημιουργεί μία ή δύο επιπλέον θερμοηλεκτρικές επαφές (επαφές αναφοράς).
- Καταρχήν, πρέπει να εξασφαλιστεί η τοποθέτηση της επαφής αναφοράς σε μία γνωστή, σταθερή θερμοκρασία T_0 .
- 1^{ος} τρόπος : τοποθέτηση της επαφής αναφοράς σε λουτρό πάγου, οπότε η σταθερή θερμοκρασία είναι $0\text{ }^{\circ}\text{C}$



2^{ος} τρόπος : τοποθέτηση της επαφής αναφοράς σε ένα κωτίο σταθερής θερμοκρασίας (zone-box), το οποίο βρίσκεται συνήθως στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος ($\sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$).





Θερμίστορες

- Τα θερμίστορες είναι αντιστάσεις, των οποίων η τιμή μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία.
- Κατασκευάζονται από οξειδία μεταβατικών μετάλλων της σειράς του σιδήρου, όπως το χρώμιο, το μαγγάνιο, ο σίδηρος, το κοβάλτιο και το νικέλιο.
- Δεν έχουν καλή ακρίβεια άλλων μεθόδων.

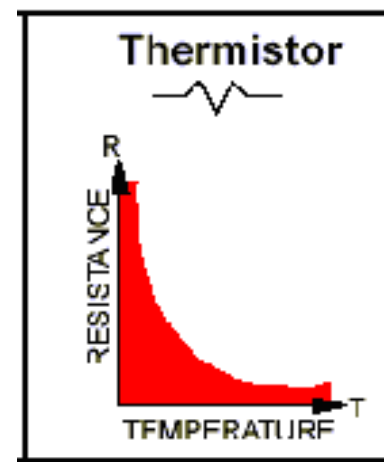




Θερμίστορς

- 2 Είδη
 - NTC (Negative Temperature Coefficient)
 - η αντίσταση μειώνεται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία
 - PTC (Positive Temperature Coefficient)
 - η αντίσταση μεγαλώνει όταν αυξάνεται η θερμοκρασία

θερμοκρασια (°C)	αντισταση (Ω)
0	32 654
10	19 903
20	12 493
30	8 056
40	5 327
50	3 603
70	1 752
100	680



Τιμές θερμοκρασίας -
αντίστασης του θερμίστορ
NTC P1H103T



Θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις - RTDs

- Παρουσιάζουν υψηλή ακρίβεια στη περιοχή -200 °C έως +850 °C.
- Παρέχουν ηλεκτρική έξοδο κατάλληλη για εφαρμογές ψηφιακής επεξεργασίας δεδομένων.
- Εφαρμόζοντας γνωστό ρεύμα μέσω της θερμοηλεκτρικής αντίστασης παράγεται ένα δυναμικό εξόδου που αυξάνει με τη θερμοκρασία.
- Γνωρίζοντας την ακριβή σχέση ανάμεσα στην αντίσταση και τη θερμοκρασία υπολογίζουμε την θερμοκρασία.

Η αντίσταση του αισθητηρίου πλατίνας RT100 μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία ως εξής:

$$R_T = R_0(1 + AT + BT^2 + C(T-100)T^3)$$

where:

$$A = 3.9083 \text{ E-3}$$


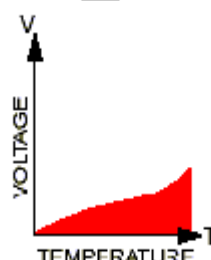

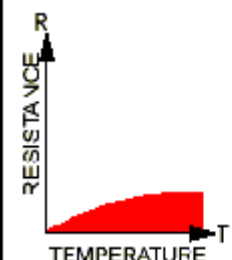

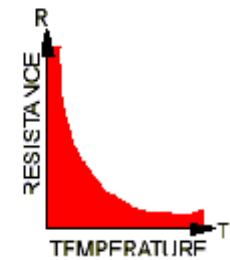

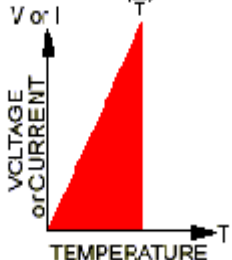
$$B = -5.775 \text{ E-7}$$

$$C = -4.183 \text{ E-12 below } 0^\circ\text{C, and zero above } 0^\circ\text{C}$$





Σύγκριση αισθητηρίων θερμοκρασίας

	Thermocouple  	RTD  	Thermistor  	I. C. Sensor  
Πλεονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Αυτο-τροφοδοτούμενο • Απλό • Φθηνό • Σε μεγάλη ποικιλία • Μεγάλη περιοχή θερμοκρασιών 	<ul style="list-style-type: none"> • Πολύ σταθερό • Πολύ ακριβές • Πιο γραμμικό από θερμοζεύγος 	<ul style="list-style-type: none"> • Υψηλή έξοδος • Γρήγορο • Απλό 	<ul style="list-style-type: none"> • Πολύ γραμμικό • Υψηλή έξοδος • Φθηνό
Μειονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Μη γραμμικό • Χαμηλή τάση • Χρειάζεται αναφορά • Ελάχιστα ευαίσθητο 	<ul style="list-style-type: none"> • Ακριβό • Χρειάζεται πηγή ρεύματος • Μικρές μεταβολές R • Αυτοθέρμανση 	<ul style="list-style-type: none"> • Μη-γραμμικό • Μικρή περιοχή θερμοκρασιών • Χρειάζεται πηγή ρεύματος • Αυτοθέρμανση 	<ul style="list-style-type: none"> • $T < 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ • Χρειάζεται τροφοδοσία • Αργό • Αυτοθέρμανση



Αισθητήριο Μέτρησης Απόστασης



Laser Μέτρησης Απόστασης

Πλεονεκτήματα

- Μεγάλη εμβέλεια (από μέτρα έως και χιλιόμετρα, ανάλογα με την ισχύ του laser και την εφαρμογή)
- Αυξημένη ακρίβεια
- Ταχεία λειτουργία
- Κατάλληλα για μέτρηση αντικειμένων από μεγάλο εύρος υλικών
- Συγκριτικά φθηνή τεχνολογία πλέον (σε σχέση με τις παρεχόμενες δυνατότητες)

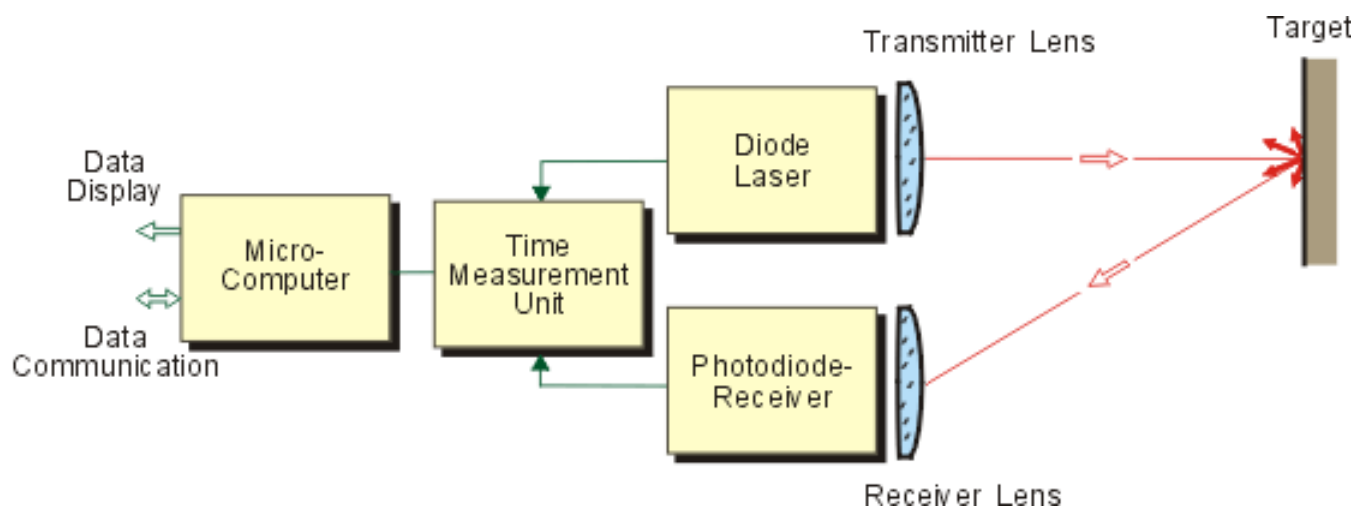


Περιορισμοί

- ⤵ Λογά της μεγάλης ταχύτητας διάδοσης του φωτός, είναι προβληματική η μέτρηση αποστάσεων μικρότερη του $\sim 1\text{m}$
- ⤵ Περιορισμένες δυνατότητες σε συνθήκες πολύ εντόνου φωτισμού, καθώς και παρουσία καπνού, ομίχλης κλπ



Laser Υπολογισμού Απόστασης

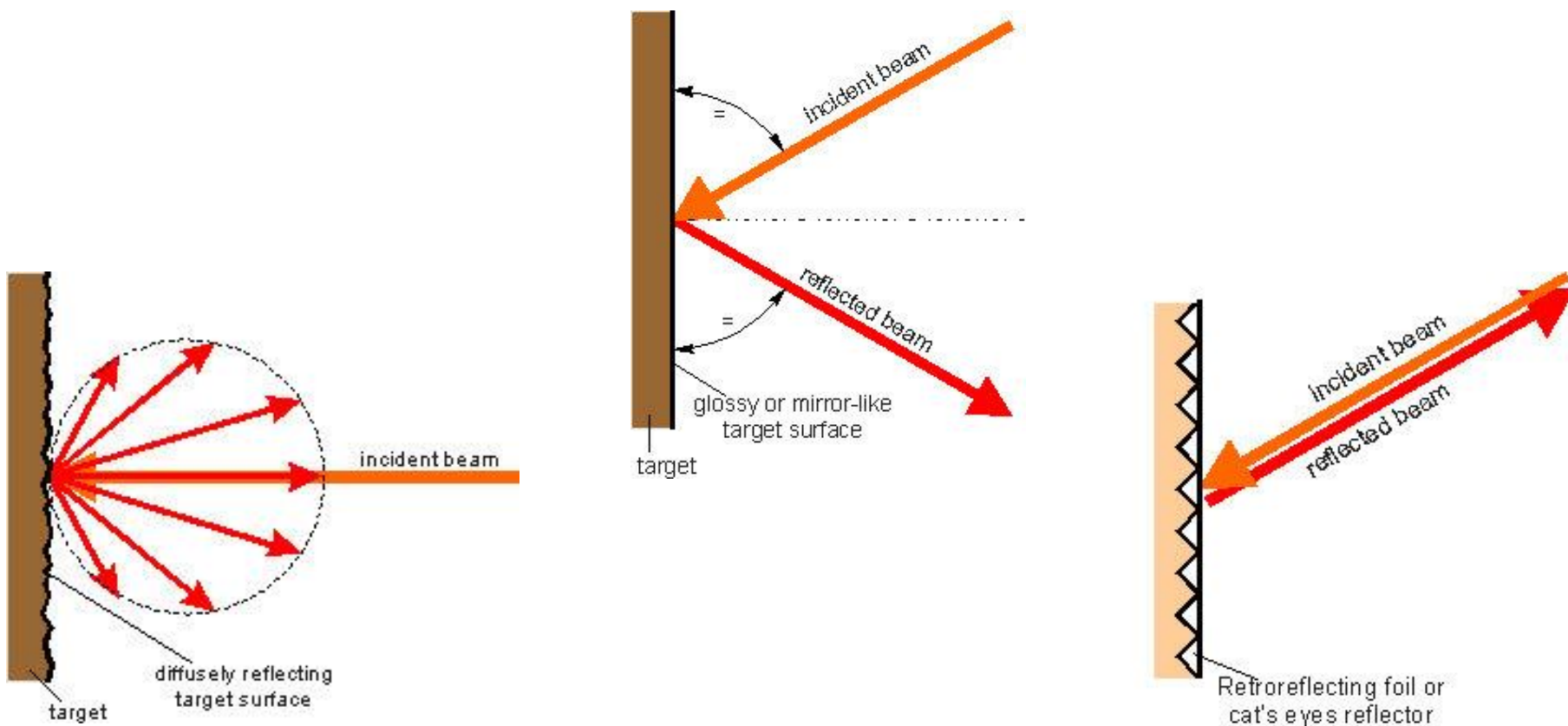


- Χρησιμοποιούν τη μεθοδο υπολογισμού χρονου πτησης (TOF)
- Ενα κυκλωμα παραγωγης ηλεκτρικων παλμων οδηγει περιοδικα μια διαταξη ημιαγωγων, η οποια αποστελει μια ακολουθια απο οπτικους παλμους (πανω απο το ορατο φασμα), οι οποιοι συγκεντρωνονται σε μια πολυ εστιασμενη δεσμη, μεσω οπτικων διαταξεων
- Η δέσμη μέτρησης ταξιδεύοντας με την ταχυτητα του φωτος, προσκρουει σε καποιο αντικειμενο που βρισκεται στην (ευθεια) διαδρομη της και ανακλαται πανω του.
- Τμήμα της ανακλασης συλλεγεται μεσω του φακου ληψης και ενεργοποιει μια φωτοδιοδο, η οποια δημιουργει ενα ηλεκτρικο σημα και υπολογίζετε το χρονικο διαστημα μεταξυ αποστολης και ληψης



Laser Υπολογισμού Απόστασης

Σημαντικό ρολο παίζει το ειδος της επιφανειας προσπτωσης



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

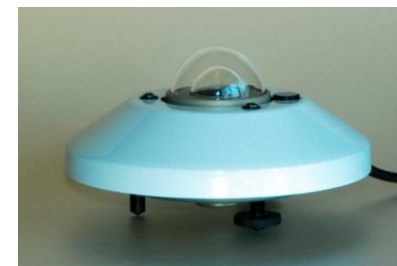
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Αισθητήριο μέτρησης ακτινοβολίας

Πυρανόμετρο

- Αρχή Λειτουργίας : θερμοηλεκτρικό φαινόμενο
 - Η ακτινοβολία προσπίπτει στην ενεργό επιφάνεια (μαύρη) , την θερμαίνει και έτσι δημιουργείται διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της θερμαινόμενης επιφάνειας και μιας άλλης στο εσωτερικό του πυρανομέτρου που είναι σε σταθερή θερμοκρασία.
 - Η διαφορά θερμοκρασίας οδηγεί σε διαφορά δυναμικού που μετριέται με ένα βολτόμετρο.
 - Κάθε πυρανόμετρο χαρακτηρίζεται από μια σταθερά, την ευαισθησία του σε ΗΜ ακτινοβολία ($V/W.m^{-2}$)
 - $E(\text{Πυκνότητα Ισχύος}) = V(\text{από βολτόμετρο}) / \varepsilon$
(ευαισθησία πυρανομέτρου)





Αισθητήρες αιολικών μετρήσεων

Ανεμόμετρα

- **Ημιτονικού σήματος** (χαμηλής AC τάσης εξόδου). Η περιστροφή του άξονα των κυπέλλων, μέσω ενός μαγνήτη, επάγει μία ημιτονοειδή AC τάση εξόδου σε ένα πηνίο, του οποίου η συχνότητα είναι ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου.
- **Τύπου REED**: χρησιμοποιούν ένα διακόπτη γλωσσίδας (reed) που ενεργοποιείται μαγνητικά, ο οποίος τοποθετείται σε συσκευασία από οξείδιο του σιδήρου, για να παρέχει ένδειξη της ταχύτητας του ανέμου, διατηρώντας χαμηλή την ταχύτητα εκκίνησης του αισθητήρα.
 - Η έξοδος του διακόπτη reed είναι διακόπτης off-on και καταγράφεται η συχνότητα αλλαγής κατάστασής του.



Οπτικού δίσκου. Ο ρότορας 3 κυπέλλων χαμηλής αδράνειας περιστρέφεται από τον άνεμο και η περιστροφή διαβάζεται οπτο-ηλεκτρονικά και μετατρέπεται σε ένα τετραγωνικό σήμα. Η συχνότητα του σήματος είναι ανάλογη του αριθμού των περιστροφών.



Αισθητήρες αιολικών μετρήσεων

Ανεμοδείκτες

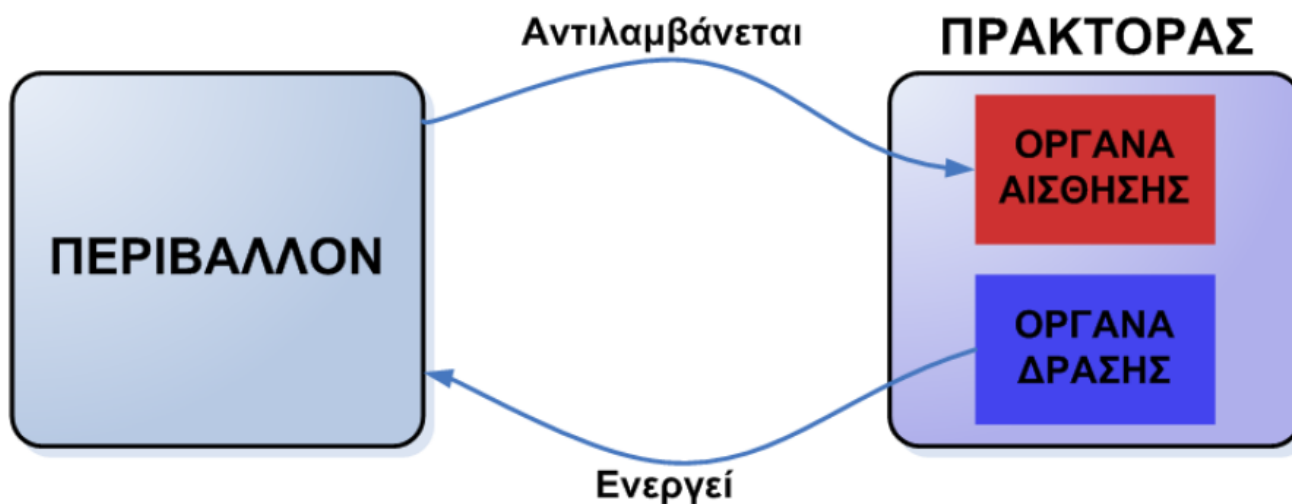
- **Ποτενσιομετρικοί**, που είναι και ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος τύπος.
 - Με την ακριβή τάση διέγερσης, από το καταγραφικό, που εφαρμόζεται στο ποτενσιόμετρο, το σήμα εξόδου είναι μία αναλογική τάση που είναι ανάλογη της γωνίας αζιμουθίου της διεύθυνσης του ανέμου.
- **Δίσκου κωδικού grey**. Η περιστροφή του ανεμοδείκτη διαβάζεται οπτο-ηλεκτρονικά και η έξοδος αποτελείται από 6 bit, των οποίων οι πιθανές τιμές (64) χωρίζουν τον κύκλο σε περιοχές των 5.6 μοιρών. Επομένως, κάθε πιθανή τιμή αντιστοιχεί σε μία ζώνη γωνιών.





Σύνδεση αισθητηρίων με μικροελεγκτές

- Η σύνδεση γίνεται με ψηφιακές διατάξεις μετρήσεων και συλλογής δεδομένων





Σύνδεση με μικροελεγκτές

Μικροελεγκτής : ARDUINO UNO

Βασίζεται στον ATmega328 (8-bit RISC μικροελεγκτή, τον οποίο χρονίζει στα 16MHz)

Μνήμη

A → 2Kb μνήμης SRAM

B → 1Kb μνήμης EEPROM

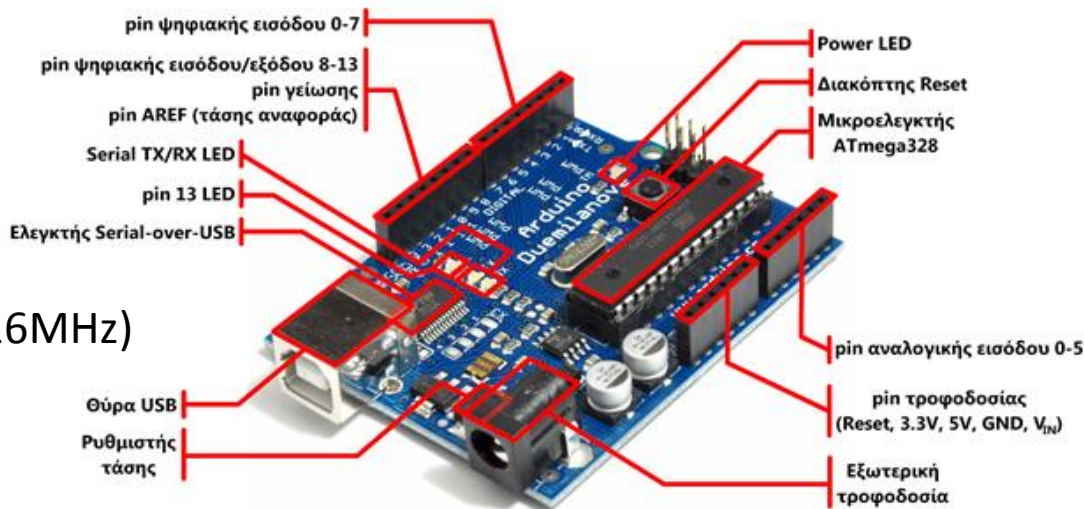
Γ → 32Kb μνήμης Flash

Είσοδοι – Έξοδοι

14 pin ψηφιακής εισόδου/εξόδου που δέχεται την μέτρηση

Τροφοδοσία

- μέσω της σύνδεσης USB (4.7V)
- Εξωτερική τροφοδοσία από 7 ως 12V



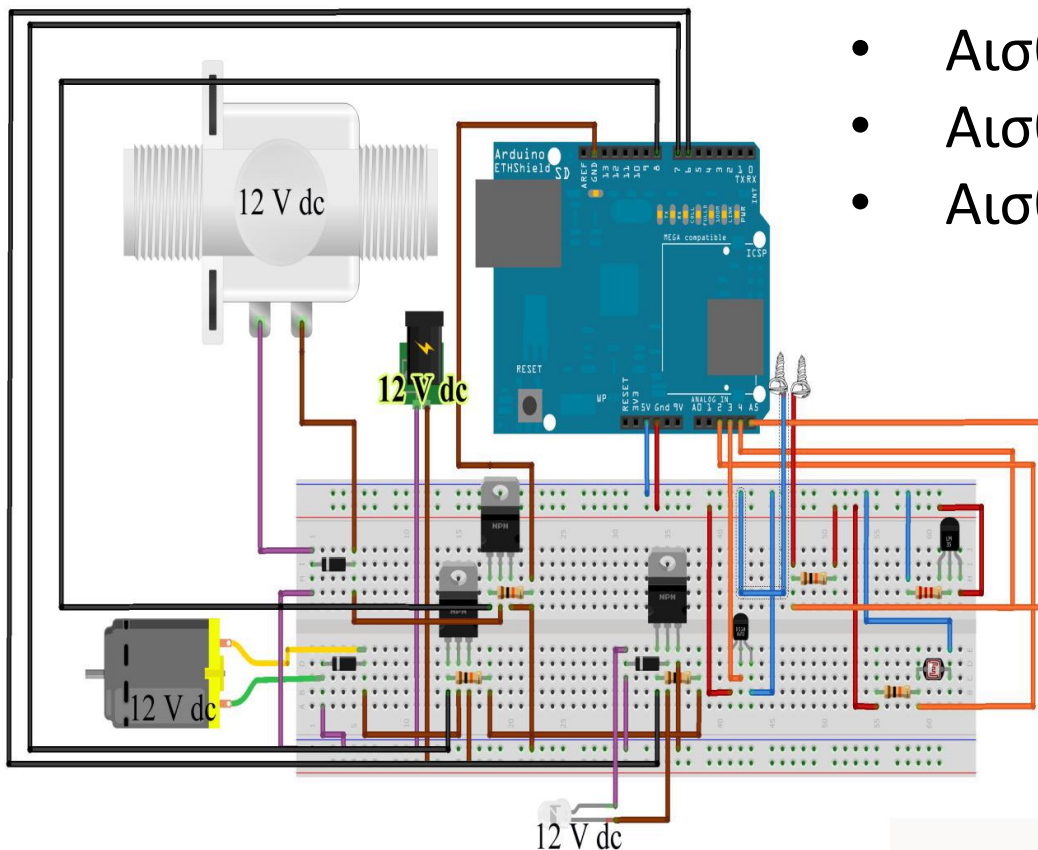
Γλώσσα προγραμματισμού Arduino

Γλώσσα Wiring : γλώσσα προγραμματισμού που μοιάζει με την γλώσσα προγραμματισμού C++



Σύνδεση με μικροελεγκτές

- Δημιουργία Έξυπνων Σπιτιών

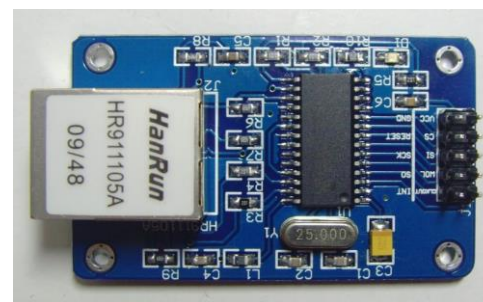
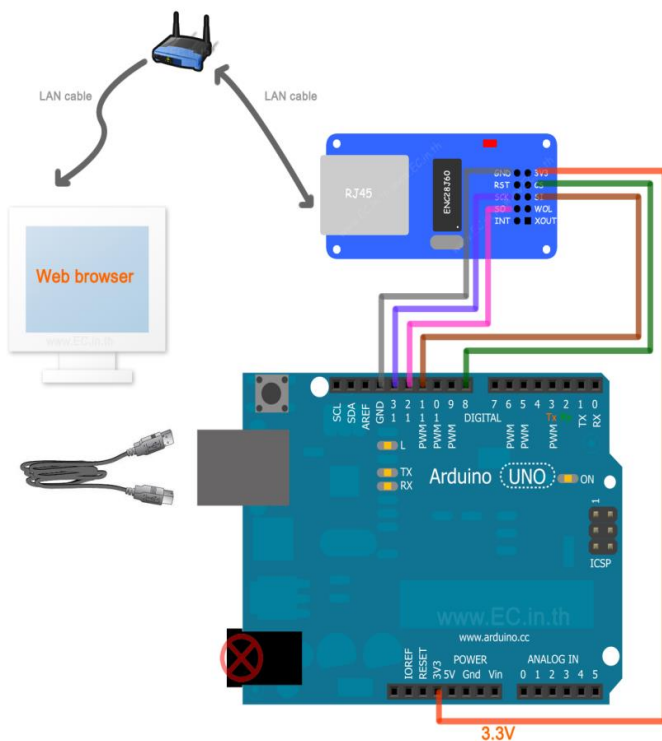


- Αισθητήριο Θερμοκρασίας
- Αισθητήριο Υγρασίας
- Αισθητήριο Φωτισμού



Σύνδεση με μικροελεγκτές

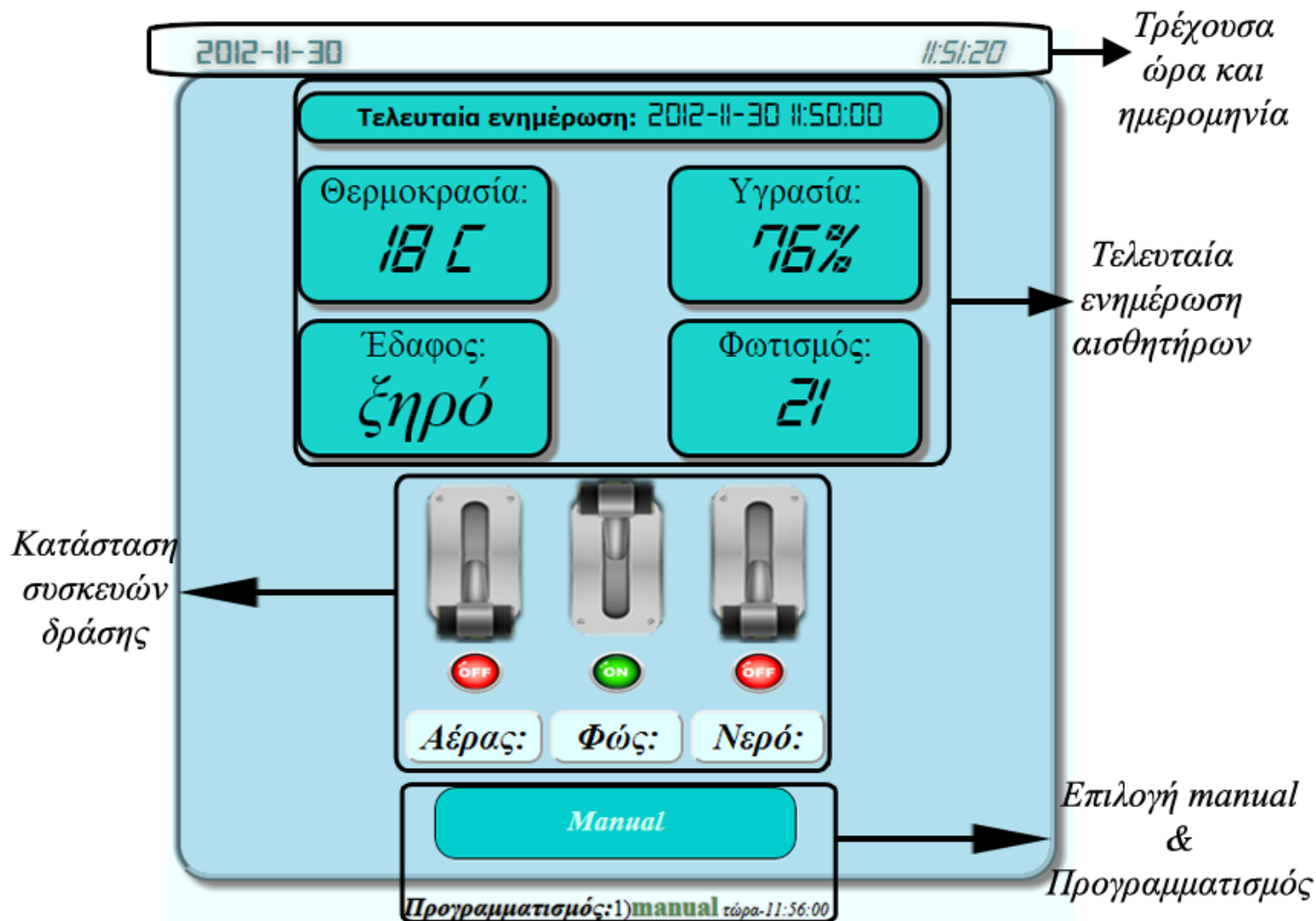
- Απομακρυσμένος Έλεγχος



Arduino ENC28J60 Ethernet Module



Δίκτυο Ασθητήρων σε θερμοκήπιο





Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ
«ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ