

## ΓΕΙΩΣΗ

Ως **γείωση** (grounding) ορίζεται το τμήμα ηλεκτρικού ή ηλεκτρονικού κυκλώματος, που βρίσκεται σε μηδενικό δυναμικό σε σχέση με τη γη. Ο τρόπος, που θα γειωθεί ένα κύκλωμα, του εξασφαλίζει ή όχι προστασία απέναντι σε διάφορες μορφές θορύβου. Την προστασία αυτής της μορφής προσπαθούμε να εξασφαλίσουμε και σε κυκλώματα εισόδου συστημάτων μέτρησης, που βασίζονται σε υπολογιστή (computer based).

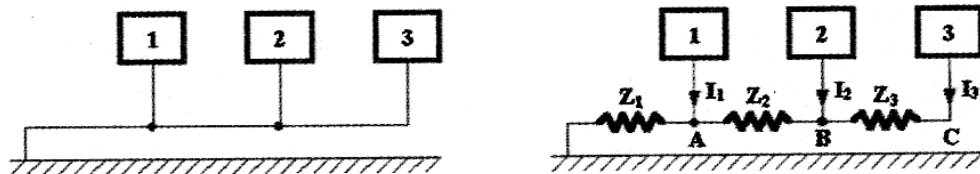
Στο σχήμα (κάτω) φαίνονται τρεις διαφορετικοί τρόποι γείωσης και τα αντίστοιχα ισοδύναμα κυκλώματα, που τους αναλύουν. Η μέθοδος σύνδεσης με σειριακή γείωση μονού σημείου έχει σαν αποτέλεσμα τα ρεύματα τροφοδοσίας των κυκλωμάτων να δημιουργούν πτώσεις τάσης, που καταλήγουν σε διαφορετική τάση αναφοράς σε κάθε κύκλωμα

$$V_A = (I_1 + I_2 + I_3)Z_1$$

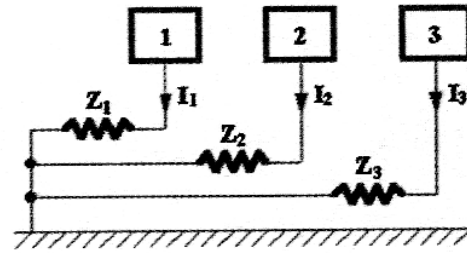
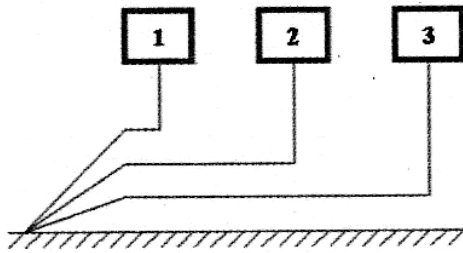
$$V_B = (I_1 + I_2 + I_3)Z_1 + (I_2 + I_3)Z_2$$

$$V_C = (I_1 + I_2 + I_3)Z_1 + (I_2 + I_3)Z_2 + I_3Z_3$$

Επειδή τα σήματα εξόδου του κάθε κυκλώματος αναφέρονται σε διαφορετικές τάσεις αναφοράς, αυτή η πηγή παρεμβολής μπορεί να είναι πολύ σημαντική. Έτσι, αυτή η μέθοδος δεν πρέπει να χρησιμοποιείται, αν τα κυκλώματα έχουν παρόμοια ρεύματα τροφοδοσίας.

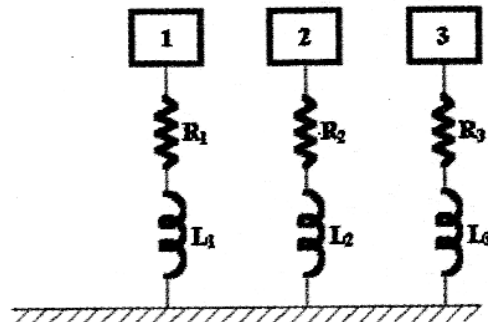
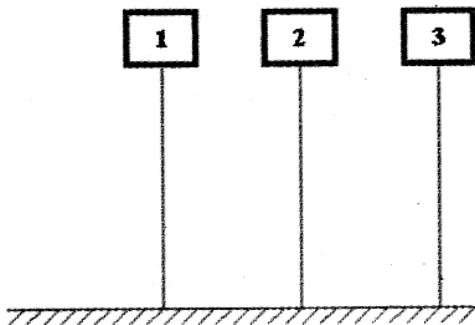


### Σειριακή γείωση μονού σημείου



**Παράλληλη γείωση μονού σημείου (χαμηλές συχνότητες)**

Σε κάθε περίπτωση, οι πιο ευαίσθητες βαθμίδες πρέπει να τοποθετούνται κοντά στο κοινό σημείο αναφοράς. Το πρόβλημα της σειριακής γείωσης μονού σημείου αντιμετωπίζεται με την παράλληλη γείωση μονού σημείου, που είναι η καλύτερη μέθοδος γείωσης στις χαμηλές συχνότητες. Στις υψηλές συχνότητες (> 10MHz), οι γείώσεις πολλαπλών σημείων είναι καλύτερες γιατί εισάγουν μικρότερη εμπέδηση.



**Γείώσεις πολλαπλών σημείων**

**(υψηλές συχνότητες)**

## ΘΩΡΑΚΙΣΗ

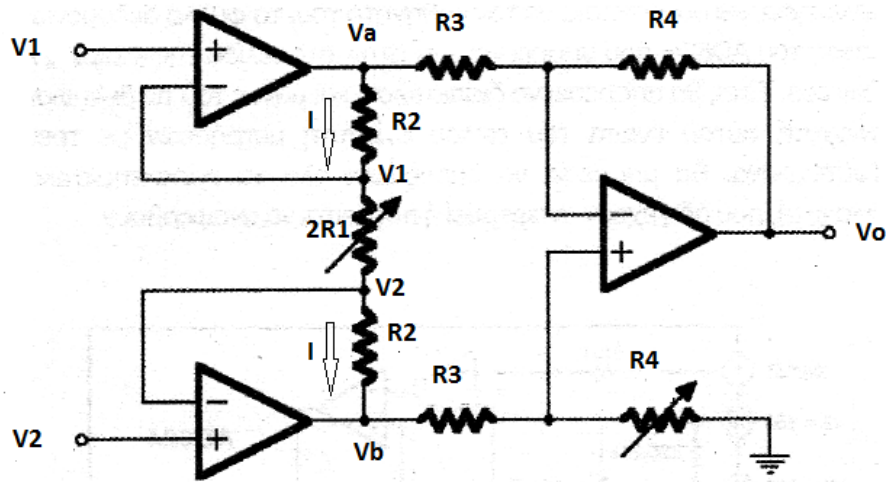
Η **θωράκιση** (shielding) αγωγού είναι υλικό κατάλληλα μορφοποιημένο, για να εμποδίζει ή να ελαττώνει την επιρροή από ηλεκτρικό ή από μαγνητικό πεδίο, που υπάρχει στον περιβάλλοντα χώρο. Όταν πρόκειται για θωρακισμένο καλώδιο, αυτό είναι καλυμμένο με μεταλλικό μονό ή διπλό πλέγμα συρμάτων ή άλλου υλικού. Ειδικότερα, η εξωτερική παρεμβολή, που επιδρά σε κυκλώματα χαμηλού επιπέδου σήματος, είναι κοινό πρόβλημα σε βιομηχανικές εφαρμογές, με αποτέλεσμα να έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές αντιμετώπισης, με σπουδαιότερη αυτή της θωράκισης. Ο θόρυβος, που επιδρά σε καλώδια σήματος και σε ενεργειακούς διαύλους εισόδου, έχει ως αιτία δημιουργίας, όπως ήδη αναφέρθηκε, τις τοπικές πηγές ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου. Για παράδειγμα, ένα μη θωρακισμένο καλώδιο σήματος δέχεται παρεμβολή (interference) 1mV, για κάθε kW φορτίου 60Hz και για κάθε 30cm περίπου καλωδίου, που βρίσκεται σε απόσταση 30cm από γειτονικό αγωγό ισχύος. Οι περισσότερες παρεμβολές προέρχονται από γειτονικές πηγές ηλεκτρικών πεδίων, όπου ο αποτελεσματικότερος μηχανισμός εξασθένησής τους είναι η **ανάκλαση** από μη μαγνητικό υλικό, όπως ο χαλκός ή το αλουμίνιο. Τα καλώδια, που είναι θωρακισμένα με αυτά τα υλικά, προσφέρουν εξασθένηση παρεμβολής 90dB τάσης στα 60Hz. Ωστόσο, η δυνατότητα εξασθένησης μειώνεται κατά 20dB/decade, όταν η συχνότητα αυξάνεται.

Για μαγνητικά πεδία, η απορρόφηση είναι αποτελεσματικός μηχανισμός, που πραγματοποιείται με ατσαλένια ή μεταλλική θωράκιση. Η παρεμβολή μαγνητικού πεδίου παρουσιάζει τις μεγαλύτερες δυσκολίες στην αντιμετώπιση της με θωράκιση, γιατί όταν αυξάνεται η συχνότητα, η αποτελεσματικότητα της θωράκισης ελαττώνεται. Εφαρμογές, που απαιτούν μαγνητική θωράκιση, υλοποιούνται συνήθως με την εγκατάσταση καλωδίων σήματος σε ατσαλένιους οδηγούς με το απαραίτητο πάχος τοιχωμάτων.

## ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ

Ως **τερματισμός** (termination) γραμμής ορίζεται η συνδεδεμένη εμπέδηση φορτίου στην έξοδο γραμμής μεταφοράς ή μετατροπέα, που κλείνει το κύκλωμα, ενώ εξασφαλίζει **προσαρμογή** εμπεδήσεων για την **αποφυγή ανακλάσεων**. Ο τερματισμός έχει πολύ μεγάλη σημασία σε συστήματα συλλογής δεδομένων (DAS: data acquisition systems) και, ειδικότερα, στον τρόπο, που τα αισθητήρια λαμβάνουν τα σήματα από το περιβάλλον. Συνήθως, τα DAS συνδέονται με το φυσικό περιβάλλον μέσω πίνακα (panel) σύνδεσης, όπως το screw-terminal barrier strip.

## Ενισχυτής οργάνων μέτρησης (Instrumentation Amplifier)



**Δίνεται:**  $V_1=5,001\text{V}$ ,  $V_2=4,999\text{V}$ ,  $R_1=1\text{k}\Omega$ ,  $R_2=49\text{k}\Omega$ ,  $R_3=10\text{k}\Omega$ ,  $R_4=10\text{k}\Omega$

**Ζητείται:**  $V_a = \dots\dots\dots$ ,  $V_b = \dots\dots\dots$ ,  $I = \dots\dots\dots$ ,  $V_o = \dots\dots\dots$

$$V_a = V_1 + IR_2$$

$$V_b = V_2 - IR_2$$

$$I = \frac{V_1 - V_2}{2R_1} \quad (1)$$

$$V_o = -\frac{R_4}{R_3}(V_a - V_b) \quad \text{τελεστικός ενισχυτής διαφοράς} \quad (2)$$

$$V_a - V_b = IR_2 + 2IR_1 + IR_2 \quad (3)$$

$$(2), (3), (1) \Rightarrow V_o = -\frac{R_4}{R_3}(V_1 - V_2) \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

### Θερμικός θόρυβος

$$V_t^2 = 4kTR\Delta f$$

### Εφαρμογή

**Δίνεται:**  $k=1,23 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ ,  $R=1\text{M}\Omega$ ,  $T=300 \text{ K}$ ,  $\Delta f=20 \text{ MHz}$

**Ζητείται:**  $V_t = \dots\dots\dots$



## ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Αισθητήρες είναι θελεκτρικά στοιχεία κατάθεσης συστήματος ήτρωσης και χρησιμοποιούνται για να ήτατρεύσουν τις διάφορες φυσικές ποσότητες (θερμοκρασία, πίεση, ταχύτητα, θόση κλπ) σε ηλεκτρικά σήματα (τάση, ρεύμα, ουσιαστικά ένας αισθητήρας είναι ένας ήτατρησίας ενέργειας.

Οι αισθητήρες ταξινομούνται σε:

παθητικούς όταν απαιτούν εξωτερική πηγή ενέργειας π.χ. επιημυνοσφίστεο

ενεργούς όταν δεν απαιτούν εξωτερική πηγή ενέργειας για να λειτουργήσουν π.χ. θερμοστοιχείο.

Υπάρχουν αισθητήρες ή :

ανάδοξη ήτδο (οι αισθητήρες παράχουν συνεχές σήμα ανάδοχο ή των ήτρωμένη ποσότητα)

ψιφιακή ήτδο (οι αισθητήρες παράχουν ψιφιακό σήμα ανάδοχο ή των ήτρωμένη ποσότητα σε σιφιακή ή παράλληλη ήτδο)

Διαφοροποίηση έφοδο (οι αισθητήρες παράγουν σήμα - παλμώσεις ή κβαντοειδές - η συχνότητα του οποίου μεταβάλλεται ανάλογα με την μεταβλητή ποσότητα).

Για την λήψη και άθροισμα φυσικής ποσότητας υπάρχει ένα πλήθος αισθητήρων.

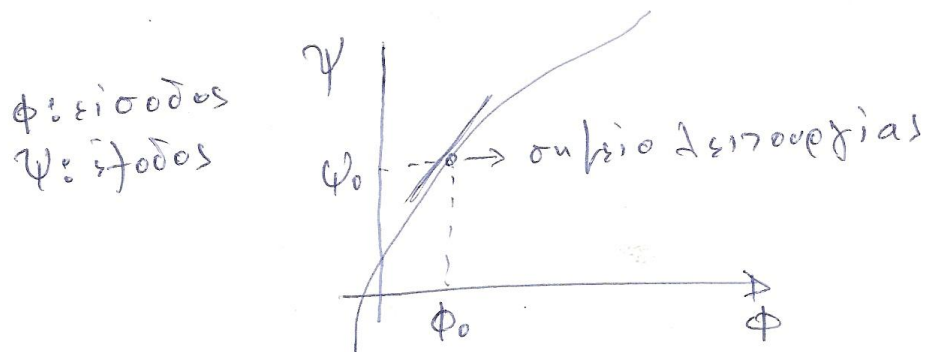
Χαρακτηριστική καμπύλη αισθητήρα

Κάθε αισθητήρας μετατρέπει μια φυσική ποσότητα  $\phi$  σε ηλεκτρική ποσότητα  $\psi$  που μπορεί να ληφθεί, επεξεργαστεί, απεικονιστεί και αποθηκευτεί.

Όταν η λήψη γίνεται ανακριβώς, δηλαδή η μετατροπή μεταβλητής φυσικής ποσότητας και του αντίστοιχου ηλεκτρικού σήματος είναι ακριβής

$$\psi = f(\phi)$$

όπου  $f$  είναι μια συνάρτηση γενικά  $n$ -γραμμική.



Για μικρές αποκλίσεις της φυσικής πο-  
 σότητας  $\phi$  γύρω από την  $\phi_0$  αναπτύ-  
 σοντας την  $f$  κατά Taylor:

$$f(\phi_0 + \delta\phi) = f(\phi_0) + \left. \frac{\partial f(\phi)}{\partial \phi} \right|_{\phi=\phi_0} \delta\phi + \dots$$

$$\Rightarrow \delta\psi = \left. \frac{\partial f}{\partial \phi} \right|_{\phi=\phi_0} \cdot \delta\phi \approx k \cdot \delta\phi$$

Οι παρασκευαστές αισθητών κατα-  
 βάλλουν κάθε προσπάθεια για να  
 επιτύχουν γραμμική χαρακτηρισ-  
 τική καμπύλη, ώστε ο συντελε-  
 στής  $k$  να είναι σταθερός στην  
 περιοχή κανονικής λειτουργίας του  
 αισθητήρα.

## παθητικοί αισθητήρες

Οι πιο κοινοί παθητικοί αισθητήρες είναι :

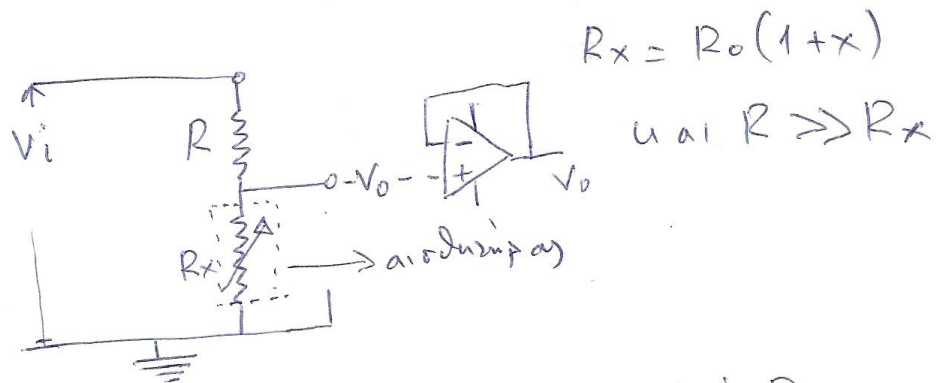
- μεταβλητής αντίστασης
- μεταβλητής χωρητικότητας
- μεταβλητής επαγωγής.

Η αρχή λειτουργίας αυτών των αισθητήρων μετατόπισης, όπως κοινά λέγονται, βασίζεται στο γεγονός ότι η μεταβολή των μεγεθών (αντίστασης, επαγωγής, χωρητικότητας) είναι ανάλογη με την μετατόπιση φυσική ποσότητα.

Η πιο συνηθισμένη τεχνική παραγωγής υδρευτικού σύγκρατος από έναν αισθητήρα μετατόπισης, είναι η τοποθέτηση ενός (ή και περισσότερων) αισθητήρα σε ένα ποτενσιόμετρο ή στους υλίδους μιας γέφυρας wheatstone. Ο ανιχνευτής (π.χ. της γέφυρας) ανιχνεύεται με έναν ενισχυτή (ΤΕ) με άμεση εμπέδωση εισόδου που ενισχύει το σήμα ανισορροπίας. Η ενίσχυση της διάταξης καθορίζεται έτσι ώστε στη είσοδο του ηλεκτρονικού συγκρατος να φτάνει τάση  $0 \div 5V$ .



Αισθητήρες μεταβολών αντίστασης  
ποτενσιόμετρο :



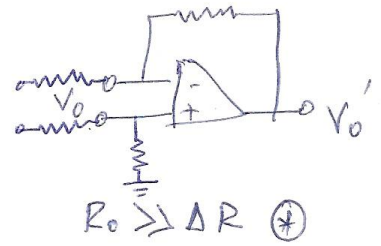
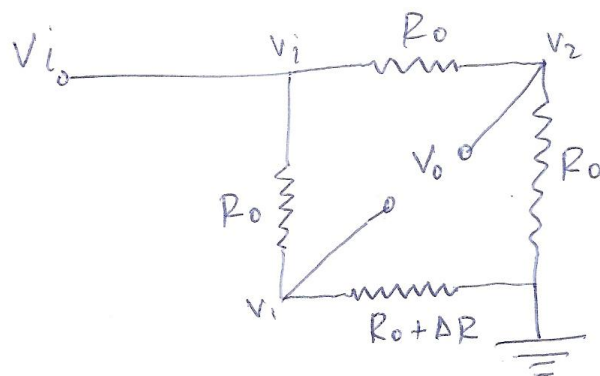
$$\begin{aligned} \text{Είναι } V_o &= V_i \frac{R_x}{R_x + R} \approx V_i \frac{R_x}{R} \\ &= V_i \frac{R_0(1+x)}{R} \end{aligned}$$

Το  $V_o$  είναι ανάλογο του  $x$  (γνώστου ενός φυσικού μεγέθους)

Οι διαρίξεις γάσας είναι πολύ ακριβείς στην χρήση τους, εμφανίζουν όμως βιο-νευτικότητα:

- δεν είναι πολύ ευαίσθητοι σε μικρές μεταβολές του  $x$
- η τάση εξόδου  $V_o$  δεν εξαρτάται μόνο από την αντίσταση εισόδου της επόμενης συνδεσμολογίας - διατάξης αλλά, και από τον τρόπο που επηρεάζεται ο ίδιος ο αισθητήρας από την θερμοκρασία. —

## Γέφυρα wheatstone



Αν η αντίσταση ενός βρόχου αλλάξει μιας αρχικά ισορροπίας γέφυρας wheatstone υποστεί μια μικρή μεταβολή, τότε θα αναπτυχθεί μια τάση ανισορροπίας  $V_0$  στους ακροδύνατες του ανιχνυστή (ΤΕ)

Είναι:

$$V_0 = V_1 - V_2 = \frac{R_0 + \Delta R}{2R_0 + \Delta R} V_i - \frac{1}{2} V_i =$$

$$\approx \frac{1}{2} \left( \frac{\Delta R}{2R_0 + \Delta R} \right) V_i \approx \frac{1}{4} \frac{\Delta R}{R_0} V_i$$

$$\text{όπου } \Delta R = k \cdot x$$

άρα η τάση ανισορροπίας είναι ανάλογη της  $\Delta R$  δηλαδή ανάλογη της  $x$  ενός φυσικού μεγέθους.

## Εφαρμογή

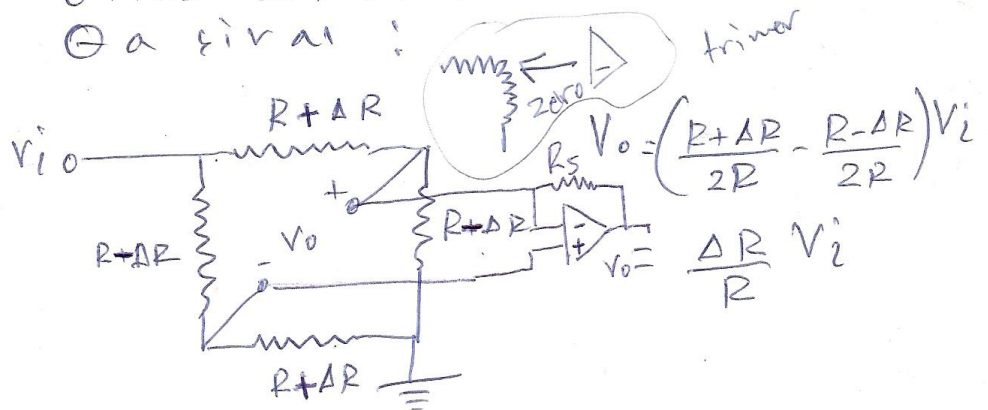
Οι τιμές των αντιστάσεων των γειωσάμενων αδρών της γέφυρας wheatstone ενός επιθυμητού είναι  $R = 1000 \Omega$  και η τάση τροφοδοσίας της γέφυρας  $V_i = 10V$ . Η αγωγιμότητα του ανιχνευτή θεωρείται αβέβαιη.

Αν ως αποτέλεσμα της επιθυμητού μεταβολής της αντιστάσεως ~~( $R$ )~~ μεταβληθεί κατά 1% να υπολογιστεί η τάση ανισορροπίας στους άκρες της του ανιχνευτή.

\*\*\*

Αφού το ρεύμα που διαρρέει τον ανιχνευτή είναι μηδέν (λόγω της γειώσεως της αντιστάσεως εισόδου του ΤΕΜΜΕ)

Θα είναι :

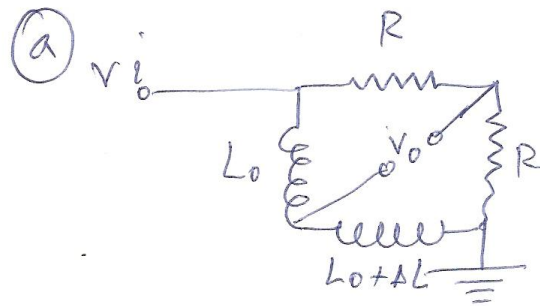


$$\text{και αφού } \frac{\Delta R}{R} = 1\% = \frac{1}{100} = 0,01$$

$$V_o = 0,01 \times 10 = 0,1 = \underline{100 \text{ mV}}$$

## Επαγωγικοί μεταβλητοί αισθητήρες

Οι αισθητήρες αυτοί βασίζονται στην μεταβολή του συντελεστή αυτεπαγωγής  $L$  (α)  $(L = N \frac{d\phi}{dI})$  ή του συντελεστή αμοιβαίας επαγωγής  $M$  (β) ή δύο πυλίων όταν βρεθεί σε αυτό μεταβολή ή μετακίνηση από σιδηρομαγνητικό υλικό.



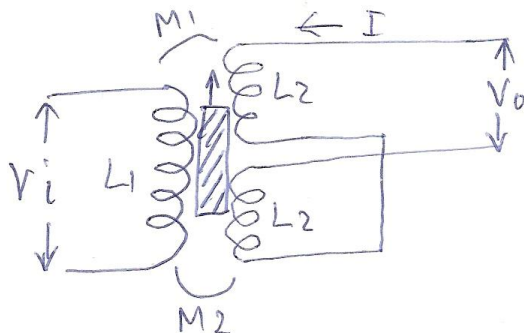
$$V_0 = \left[ \frac{(L_0 + \Delta L)\omega - 1}{(2L_0 + \Delta L)\omega} \right] V_i$$

$$= V_i \cdot \frac{\Delta L}{2(2L_0 + \Delta L)}$$

$$\approx V_i \frac{\Delta L}{4L_0}$$

και  $k = \frac{\Delta L}{L_0} = kx \Rightarrow V_0 = \frac{V_i kx}{4}$

(β) Γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής (LVDT)



$$V_0 = (M_1 - M_2) \frac{dI}{dt}$$

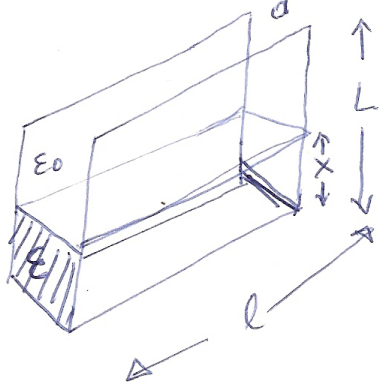


Αιοθιότητες για βαλλόμενες χωρητικότητες.

Οι αιοθιότητες αυτοί βασίζονται στην ισοβαθμία της χωρητικότητας ενός πυκνωτή, λόγω ισοβαθμίας  $A, \epsilon, d$ .

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

Παράδειγμα 1. (Ισοβαθμίες διηλεκτρικών σταθερών).



$$C_1 = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{l \cdot x}{d}$$

$$C_2 = \epsilon_0 \frac{(L-x)l}{d}$$

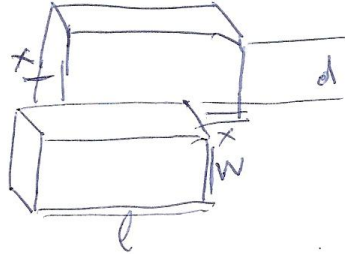
Ευρέως είναι παραλληλάγρα:

$$C = C_1 + C_2 = \frac{\epsilon_0 l}{d} [( \epsilon_r - 1 ) x + L]$$

για μετατόμιση  $\delta x$  είναι:

$$\delta C = \frac{\epsilon_0 l}{d} (\epsilon_r - 1) \delta x$$

\* Σημείωση: όταν η χωρητικότητα ενός αιοθιότητα είναι μικρή η χωρητικότητα (παρασιτική χωρητικότητα) των μακρινών σφαιρών μπορεί να δημιουργήσει πρόβλημα, - Χρησιμοποίηση διατάξης δακτυλίου. -



$$w = 0,1 \text{ m}$$

$$l = 0,5 \text{ m} \quad A = w \cdot l$$

$$d = 0,1 \text{ m}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ S.I.}$$

$$\text{or } \delta x = 0,05 \text{ m} \Rightarrow \delta C = ;$$

## Ενεργόι αισθητήρες

Οι αισθητήρες αυτοί βασίζονται στα παρακάτω φαινόμενα:

### - πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο

όταν εφαρμόζεται μια μηχανική πίεση σε συγκεκριμένα κρύσταλλα (χαλασίτης) εμφανίζονται ηλεκτρικά φορτία στις αντίπλευρές επιφανείας εφαρμογής. Ο κρύσταλλος πολώνεται.

### - φαινόμενο υστερομαγνητισμού επαγωγής

όταν ένας αγωγός μήκους  $l$  μετακινείται με ταχύτητα  $v$  σε σταθερό μαγνητικό πεδίο  $B$  ( $B \perp v$ ) εμφανίζεται στα άκρα του  $\mathcal{E} = Bl \sin \theta$ .

### - φαινόμενο Hall

όταν μια μισή πλάκα από αγώγιμο υλικό ή ημιαγώγιμο που διαρρέεται από ρεύμα  $I$  υποκειται σε μαγνητικό πεδίο  $B$  ( $B \perp I$ ) τότε εμφανίζεται μια δύσθυνα  $\perp (B, I)$  για  $v \ll c$

$$V_H = k_H \cdot I \cdot B \cdot \sin \theta$$

### - φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

όταν Η/Μ ακτινοβολία συχνότητας μαθηματικού  $\nu_0$  (για κάθε υλικό) προσπίσει ανεξάρτητα θραύεται, ηλεκτρικά φορτία.  
π.χ. φωτοδιόδος  $\rightarrow$

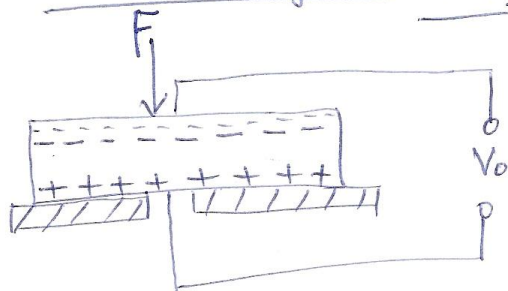
- Θερμοληκτική φαινόμενα

~~...~~ σε έναν αγωγό που διατηρείται για βαθμίδα θερμοκρασία (διαφορετική θερμοκρασία κατά μήκος του αγωγού) οι ελεύθεροι φορτίς διαχέονται προς την κρύα περιοχή.

Το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται είναι!  $E = \theta_A \cdot \nabla T$

όπου  $\theta_A$ : θερμοληκτική δύναμη του αγωγού. ( $E = \frac{\Delta V}{\Delta l} \Rightarrow \Delta V = \theta \Delta T$ )

Εφαρμογή: πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας



πριν την εφαρμογή δύναμης κάψης:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

όταν ο αισθητήρας δεχθεί δύναμη κάψης  $F$ , ο κρύσταλλος θα υποστεί στρέψη ή αντιστάση εφάνιση φορτίου  $Q$ :

$$Q = \lambda F, \lambda: \text{σταθερά.}$$

Η τάση στους ακροδύνατες του αισθητήρα θα είναι:

$$V_0 = \frac{Q}{C} = \frac{\lambda d F}{\epsilon_0 \epsilon_r A} = \gamma \left( \frac{F}{A} \right) = \delta P$$

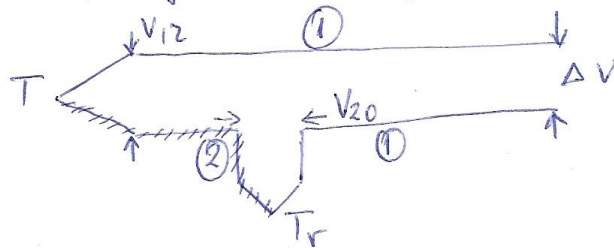


## Αισθητήρες Θερμότητας

Οι αισθητήρες αυτοί μετατρέπουν μια μεταβολή θερμοκρασίας σε μεταβολή κάποιου ηλεκτρικού μεγέθους, συνήθως τάση.  
Είδη ρεύστων αισθητήρων:

### Θερμοζεύγος

Αποτελείται από δύο διαφορετικούς μεταλλικούς αγωγούς, που βρίσκονται σε επαφή. Βασίζεται στην εμφάνιση μιας διαφοράς δυναμικού, στα άκρα της επαφής δύο ανοικτών μεταλλικών αγωγών, που είναι ανάλογη της θερμοκρασίας επαφής.



$$\begin{matrix} V_{12} = \kappa T \\ V_{20} = \kappa T_r \end{matrix} \Rightarrow \Delta V = V_{12} - V_{20} = \kappa(T - T_r)$$

Η τάση εφόδου είναι γραμμική συνάρτηση ως διαφορά θερμοκρασίας.

Η ~~θερμοκρασία~~ <sup>θερμοκρασία</sup> αναφοράς ~~πρωτεύουσας~~ αντιστάθισης ή κάποια τάση αναφοράς.

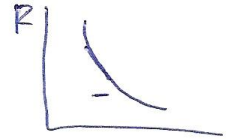
Πλεονεκτήματα : μικρό μέγεθος, απαρτία από κέρση, μεγάλο εύρος T.

Μειονεκτήματα : μη καλή γραμμικότητα, χαμηλή τάση εφόδου.

### Θερμότητα

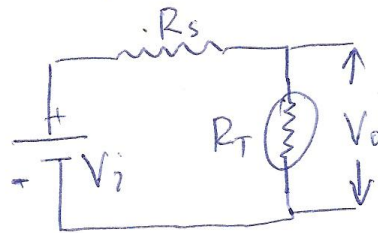
Είναι αντιστάσεις που η τιμή τους κινείται  
στη ευθεία με την θερμοκρασία

$$R = R_A e^{\frac{B}{T}}$$



για μικρές μεταβολές της  
θερμοκρασίας προσοχή να θεωρηθούν  
η γραμμική μεταβολή της αντιστάσεως

$$\frac{\Delta R}{R_T} = -\alpha \Delta T$$



$$R_S \gg R_T$$

$$V_o = \frac{R_T}{R_S + R_T} V_i \approx \frac{R_T}{R_S} V_i \Rightarrow \frac{R_T}{R_S}$$

$$\Rightarrow \Delta V_o = \frac{V_i}{R_S} \Delta R = -\frac{V_i}{R_S} \alpha R_T \Delta T$$

## Μεταλλική αντίσταση

Βασίζεται στην μεταβολή της ωμικής αντίστασης ενός μεταλλικού αγωγού με την θερμοκρασία:

$$R = R_0(1 + \alpha T)$$

$R_0$  = αντίσταση στους  $0^\circ\text{C}$

$\alpha$  = θερμικός συντελεστής αντίστασης

Το εύρος τιμών της παραπάνω γραμμικής σχέσης εξαρτάται από το είδος του μετάλλου (Pt, Ni)

~~\* Σχολίαση στο βιβλίο: Ο θερμικός συντελεστής  $\alpha$  είναι εγγύς του 0 για τους περισσότερους μεταλλικούς αγωγούς.~~

$$V_i = -\frac{V_B}{2} + \frac{R_T}{R_T + R_x (= R_0)} \cdot V_B$$

και επειδή  $R_T = R_0(1 + \alpha T)$ ,  $R_x = R_0$

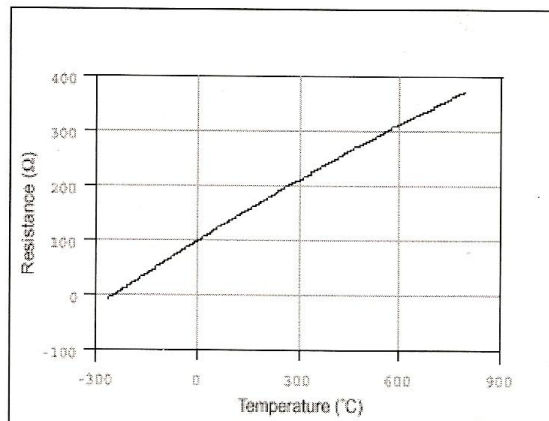
$$\Rightarrow V_i = V_B \frac{\alpha T}{4 + 2\alpha T}$$

και επειδή  $4 \gg 2\alpha T$

$$\Rightarrow V_o = A V_i = \frac{A V_B \alpha}{4} T$$

όπου  $A$  = ενισχυση του ενισχυτή.

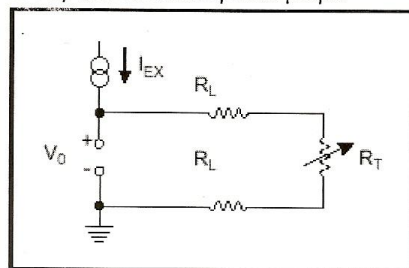
Ένα platinum resistance temperature detector (RTD) πρόκειται για συσκευή με τυπικές τιμές αντίστασης τα 100 Ω στους 0°C. Αποτελείται από ένα λεπτό φιλμ πλατίνης πάνω σε ένα πλαστικό φιλμ. Η αντίστασή τους μεταβάλλεται με την θερμοκρασία και τυπικά μπορεί να μετρήσει θερμοκρασίας μέχρι 1000°C. Η σχέση μεταξύ αντίστασης και θερμοκρασίας είναι σχετικά γραμμική όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα.



Από το διάγραμμα φαίνεται ότι η σχέση είναι σχεδόν γραμμική, αλλά η μέθοδος του curve fitting είναι συχνά η πιο σωστή και ακριβής μέθοδος.

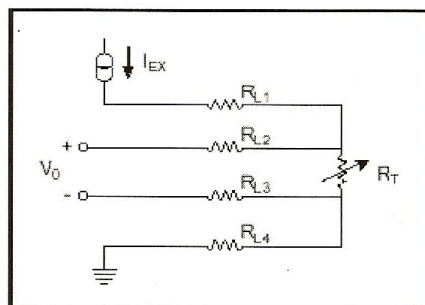
Πως μετρώ θερμοκρασίες με ένα RTD

Τα RTD είναι παθητικές συσκευές, έτσι πρέπει να εφαρμόσουμε ένα ρεύμα διέγερσης και στην συνέχεια να διαβάσουμε την τάση στα άκρα του RTD. Στη συνέχεια μπορούμε να μετατρέψουμε την τάση σε θερμοκρασία με την βοήθεια ενός απλού αλγορίθμου. Για να αποφύγουμε την θέρμανση του ίδιου του RTD από το ρεύμα που το διατρέχει, το τελευταίο πρέπει να είναι αρκετά μικρό.



Με την μέθοδο των δύο καλωδίων





Μέθοδος τεσσάρων καλωδίων

## Είδη RTD πλατίνας

Standards	Material	TCR	Typical $R_0$ ( $\Omega$ )	Callendar-Van Dusen Coefficient	Notes
IEC-751 DIN 43760 BS 1904 ASTM-E1137 EN-60751	Platinum	3851	100 $\Omega$ 1000 $\Omega$	$A = 3.9083 \times 10^{-3}$ $B = -5.775 \times 10^{-7}$ $C = -4.183 \times 10^{-12}$	Most common RTDs
Low-cost vendor compliant RTD*	Platinum	3750	1000 $\Omega$	$A = 3.81 \times 10^{-3}$ $B = -6.02 \times 10^{-7}$ $C = -6.0 \times 10^{-12}$	Low-cost RTD
JISC 1604	Platinum	3916	100 $\Omega$	$A = 3.9739 \times 10^{-3}$ $B = -5.870 \times 10^{-7}$ $C = -4.4 \times 10^{-12}$	Used in primarily in Japan
US Industrial Standard D-100 American	Platinum	3920	100 $\Omega$	$A = 3.9787 \times 10^{-3}$ $B = -5.8686 \times 10^{-7}$ $C = -4.167 \times 10^{-12}$	Low-cost RTD
US Industrial Standard American	Platinum	3911	100 $\Omega$	$A = 3.9692 \times 10^{-3}$ $B = -5.8495 \times 10^{-7}$ $C = -4.233 \times 10^{-12}$	Low-cost RTD
ITS-90	Platinum	3928	100 $\Omega$	$A = 3.9888 \times 10^{-3}$ $B = -5.915 \times 10^{-7}$ $C = -3.85 \times 10^{-12}$	The definition of temperature

\*No standard. Check the TCR.

## Callendar-Van Dusen

Για τα RTDs χρησιμοποιούμε μία καμπύλη γνωστή ως Callendar-Van Dusen για να μετρήσουμε την θερμοκρασία από ένα RTD:

$T < 0 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$R_T = R_0[1 + A \times T + B \times T^2 + C \times T^3 \times (T - 100 \text{ }^\circ\text{C})]$$

$T > 0 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$R_T = R_0[1 + A \times T + B \times T^2]$$

T = temperature in degrees Celsius

$R_T$  = RTD resistance at temperature T

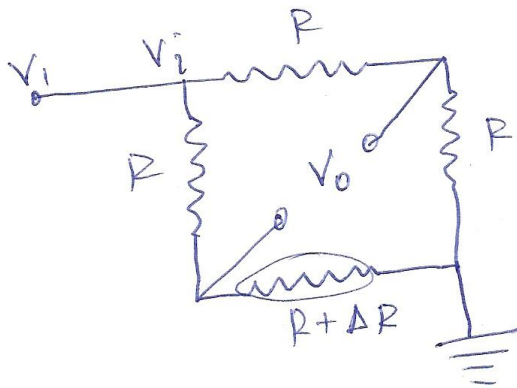
$R_0$  = RTD nominal resistance at 0 °C

A, B, και C = Δίνονται στο παραπάνω πίνακα.

Παράδειγμα εφαρμογής της υλοποίησης μίας τέτοιας συνάρτησης στο Labview δίνεται στο επισυναπτόμενο VI.

## Εφαρμογή

Ένα θερμόμετρο αντιστάσεως θερμοχρη-  
 σου, συνδέεται σε ένα βραχίονα μιας γέ-  
 φυρας wheatstone όπως φαίνεται στο  
 σχήμα. Οι σταθερές αντιστάσεις είναι  
 $200 \Omega$  η κάθε μια και η τάση εισόδου  
 είναι  $10V$ . Έτους  $0^\circ C$  τα πόδια του βρα-  
 χίονα σε ισορροπία και σε αυτή την  
 θερμοκρασία το θερμόμετρο έχει αντισ-  
 τάση  $200 \Omega$ . Αν ο θερμικός συντε-  
 λστής αντιστάσεως για τον θερμοχρη-  
 σος είναι  $\alpha = 0,004 \text{ } ^\circ C^{-1}$ . Να υπολογίσει  
 η αλλαγή της τάσης εισόδου εάν  
 η θερμοκρασία αλλάξει κατά  $1^\circ C$ .

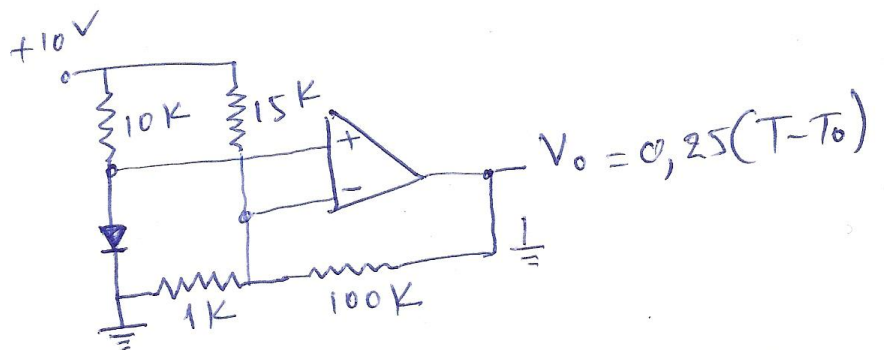


$$\begin{aligned} \Delta R &= 0,8 \Omega \\ \Delta V &= 10,0002 \\ &= 0,02 V \\ &= 70 \mu W \end{aligned}$$

## Ολοανυψωτικοί θερμοί αισθητήρες

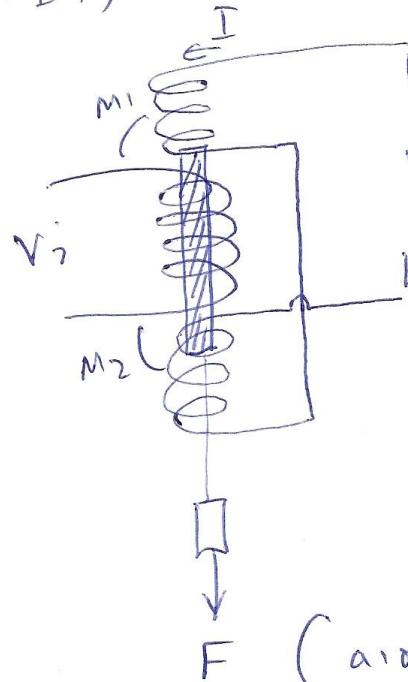
Οι διατάξεις από ημιαγωγό είναι πολύ ευαίσθητοι στη θερμοκρασία, και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σαν μισθητήρες θερμοκρασίας. Τα κριτήρια σμίκια στην επιλογή τους είναι η "ευαισθησία" τους και η γραμμικότητα της σφάραξης.

Η τάση στα άκρα σε θά πολωμένο διόδου βιώνεται κατά  $2,5 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ , για ημεν κταβόλι θερμοκρασίας. Έτσι, η ίδιος σαν σφάραξη γίνεται Wheatstone που ισορροπεί κταρπία δώσει τάση που κταβάλλεται με την θερμοκρασία α γραμμικά.



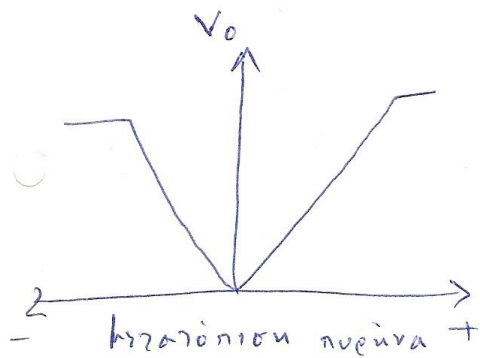


Γραμμικός υστέρητος διαφορικός μετασχηματισμός (LVDT)



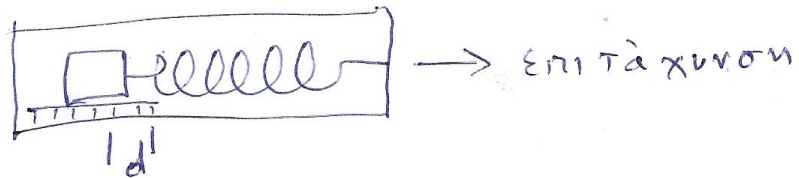
$$V_0 = (M_1 - M_2) \frac{dI}{dt}$$

(αισθητήρας δύναμης)



$$\left. \begin{aligned} F &= kx \\ v &= k'x \end{aligned} \right\} \Rightarrow \underline{\underline{F = k''v}}$$

## Αποδεικνύοντας επιτάχυνση



$$ma = kd \Rightarrow a = \frac{kd}{m}$$

στην περίπτωση η μετατόπιση  $d$  της βάρης  $m$  μετρείται σε μια συσκευή LVDT ή το σχετικό ηλεκτρονικό κύκλωμα και η επιτάχυνση  $a$  υπολογίζεται από έναν υπολογιστή.

## Προβλεπόμενη επιταχυνσιοίητρα

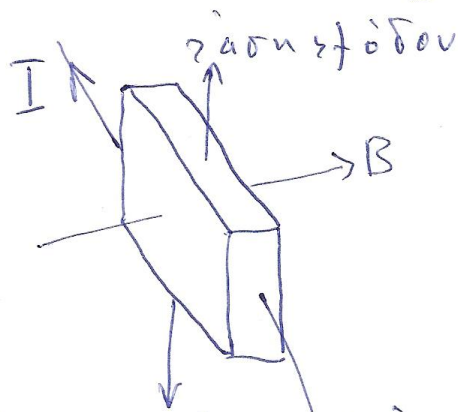
Αποδεικνύεται από μια βάρη που είναι συνδεδεμένη με ένα προβλεπόμενο κρούαλλο (χαλαζία) και όλα τα βάρη είναι βία σε κάποιο πείραμα.

Η επιτάχυνση της βάρης, έχει ως αποτέλεσμα, η εφαρμογή δύναμης στον κρούαλλο ή αποτίεση από να ποτώνεται ( $\pm Q$ ). Η γάση στα άκρα του κρούαλλου, μετρείται σε  $\dot{x}$  ή  $\ddot{x}$  και είναι ανάλογη με  $F$  και  $a$ .

## Αισθητήρες μαγνητικού πεδίου

Απορροούνται σπινθούς από υφύδατο  
υψηλότερο πρόσκιμα που διαρρέεται από  
ρεύμα  $I$ , και βρέσσεται ήσα σε μα-  
γνητικό πεδίο  $B \perp I$ . Εμφανίζεται  
για τάση (τάση Hall):

$$V_H = \frac{3\pi}{8} \frac{I B}{q_e n d} = k B$$

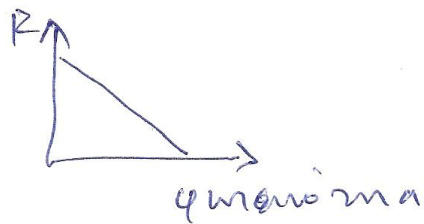


Η παραπάνω διάταξη απορροεί ήσες  
ενός ήσες οδουμω ήσος και δώσας  
Η τάση ήσος ενισχύσας από ΤΕ  
και δίνσας το απορροείσας ως ανίχσας  
ως σε ψυφιακή ήσος.

⊛ Χρησιμολοιούνσας μαγνητήσας  
γιατί σε αυτώς ήσας πιο ήσοςοστο  
φαινόμενο Hall.—

Αποθνήσκουσα φως : φωτοαντίορα

Είναι κοινή αντίορα από υψηλό.  
 Με την πρόσδεση φως στην επιφάνεια  
 ορισμένοι δεσμοί των ατόμων ανελευθε-  
 ρώνονται ως ενέργεια και οξεί. Ανα-  
 παύεται η πρόσδεση είναι η ενέργεια  
 Ε των φωτονίων να είναι η ενέργεια  
 από το ενεργειακό διάστημα  $E_2 - E_1$   
 ανάμεσα στους  $J_1$  και  $J_2$ . Τα φωτόνια  
 των ενεργειακών ορίων που ανελευθε-  
 ρώνονται συμβάλλουν στην εξα-  
 γγωγή των ανιόντων του υψώτου  
 (αφαιρούν ως αμφοβόμους  $G$ )

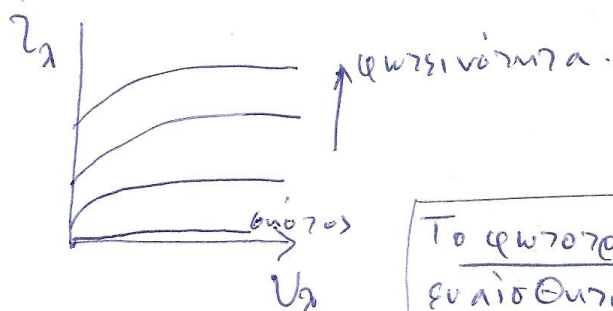


ΤΕ ην ενεργειακή ενέργεια  
 σε γάλα



## Φωτοδιόδος

Είναι ένας ημιαγωγός με επαφή P-n εμβαπτισμένος σε διαφανές πλαστικό. Η επαφή ποδώνεται ανάστροφα και το εφέλα που τη διασέει είναι το εφέλα κέρου  $I_s$ . Όταν πύση φωτ κοντά στην επαφή διηλεκτρώνεται δέση ηλκτρονίων-οσών. Τα ηλκτρονία στην περιοχή P και οι οσές στην n, που αποσέδούν φορτίς βεγονότα, σέφουν το σέδιο της ελαφίς και σκί βατίση να εφέλα σέφουρο προς το  $I_s$ . Το εφέλα αυτό ενισχύεται όσο αυξάνεται ο φωτισός. Ο φωτισός του αεσταλάου κέηκε να γίνεται κοντά στην επαφή, ώστε το βεγαλύτερο ποσοστό των φορτίων βεγονότα που διηλεκτρώνεται να περάνει στην επαφή χωρίς να προλαβαίνουν να επανασυνδέθουν.



Το φωτοπρανίσητορ είναι πιο ευαίσθητο από την φωτοδιόδο.

Η φωτοευαίσθητη περιοχή είναι αυτή της επαφής του σέλλήνη, και είναι συνήθως τύπου n-p-n.