

Συλλογή μεταφορά και έλεγχος Δεδομένων

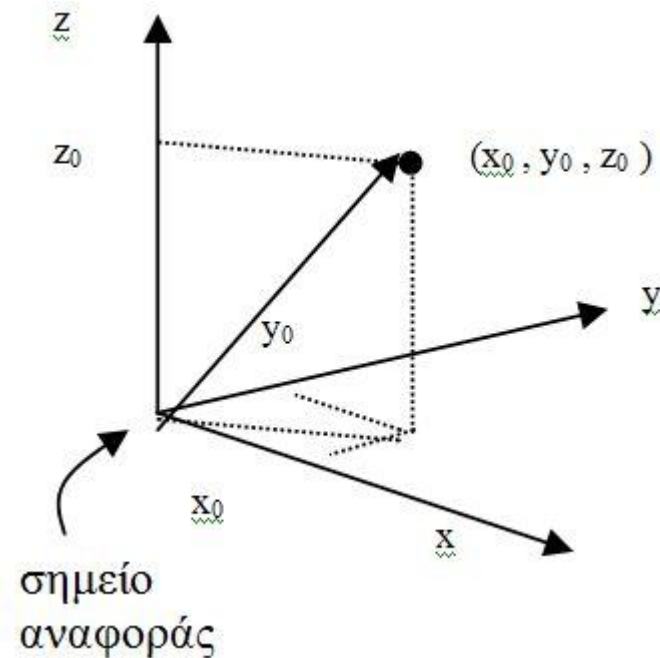
**ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΣΗΣ-
ΓΩΝΙΑΣ**

ΣΚΟΠΟΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Σκοπός του κεφαλαίου είναι να γνωρίσουν οι μαθητές τους βασικούς τύπους αισθητηρίων μετατόπισης. Επίσης να γνωρίσουν κυκλώματα μέτρησης και ελέγχου μετατόπισης ή γωνίας στροφής ενός αντικειμένου.
- Στόχος του κεφαλαίου είναι να μπορεί ο μαθητής να επιλέγει το κατάλληλο αισθητήριο για την κάθε εφαρμογή και να υπολογίζει το σφάλμα μέτρησης. Επίσης να μπορεί να σχεδιάζει απλά κυκλώματα ελέγχου μετατόπισης ή περιστροφής ενός αντικειμένου, στηριζόμενος στα κυκλώματα που προτείνονται.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΣΗΣ-ΓΩΝΙΑΣ

- Ένα από τα σημαντικά προβλήματα στον αυτοματισμό είναι η μέτρηση και ο έλεγχος της μετατόπισης και περιστροφής ενός αντικειμένου. Η λειτουργία αυτή βρίσκει μεγάλη εφαρμογή στην βιομηχανία, στην ρομποτική, στα συστήματα ασφαλείας, κ.λ.π. Με το όρο *θέση* ορίζουμε τις συντεταγμένες ενός σημείου x_0, y_0, z_0 ως προς κάποιο σημείο αναφοράς $0,0,0$



αισθητήρια θέσης - αισθητήρια προσέγγισης

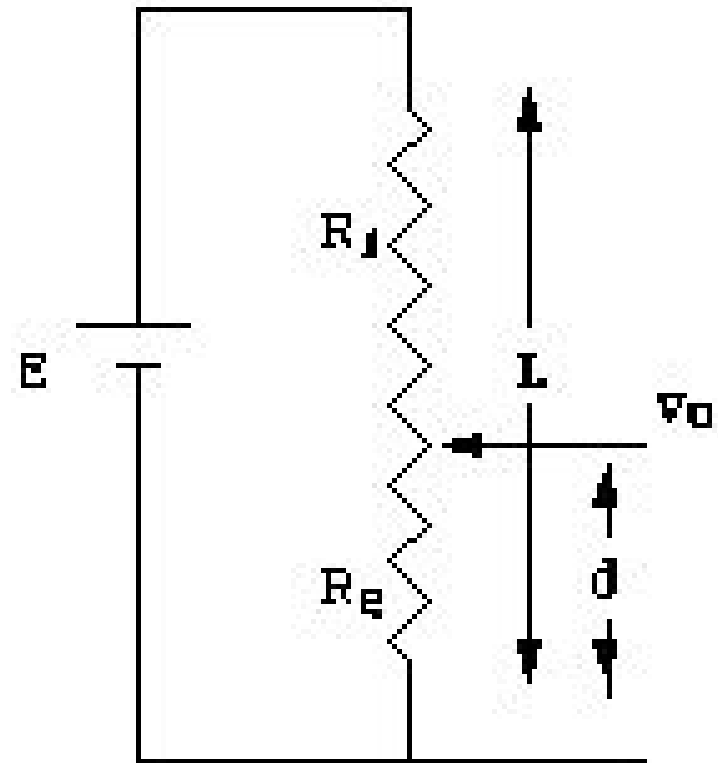
- Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε αισθητήρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ανιχνεύσουν και να μετρήσουν την μετατόπιση ενός αντικειμένου (αισθητήρια θέσης - position sensors), καθώς και αισθητήρια που μπορούν να ανιχνεύσουν την προσέγγισή του αντικειμένου σε κάποιο σημείο (αισθητήρια προσέγγισης - proximity sensors).
- Θα δούμε επίσης μερικά κυκλώματα με τα οποία μπορούμε (με χρήση των κατάλληλων αισθητηρίων) να μετρήσουμε την γραμμική ή την γωνιακή μετατόπιση ενός αντικειμένου, ή να ελέγξουμε την κίνησή του.

ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟΥ

- Ενας απλός μετατροπέας (transducer) μπορεί να κατασκευαστεί από ένα γραμμικό ποτενσιόμετρο. Η αρχή λειτουργίας του μετατροπέα αυτού στηρίζεται στην εξίσωση που υπολογίζει την αντίσταση ενός αντιστάτη
- $R = \rho d/S$
- όπου R η τιμή της αντίστασης, ρ η ειδική αντίσταση (εξαρτάται από το υλικό κατασκευής), d το μήκος του αντιστάτη και S η διατομή του. Βλέπουμε δηλαδή ότι η αντίσταση εξαρτάται γραμμικά από το μήκος του αντιστάτη.

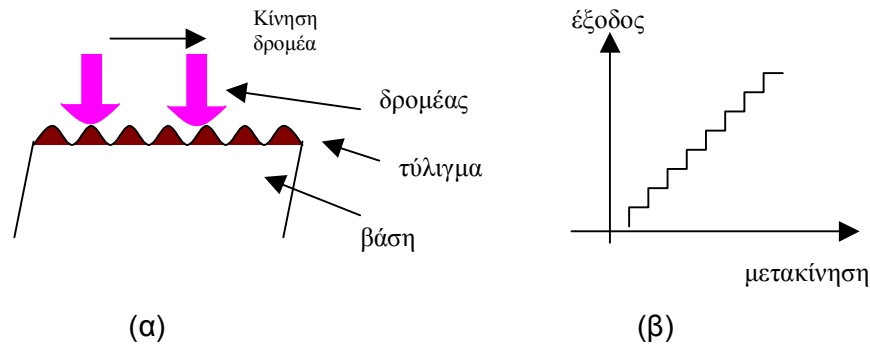
- Στο κύκλωμα το σχήματος τα δύο μέρη του ποτενσιομέτρου σχηματίζουν ένα διαιρέτη τάσης, οπότε έχουμε

- $$V_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E \Leftrightarrow V_o = \frac{R_2}{R} E \Leftrightarrow V_o = \frac{\rho \frac{d}{S}}{\rho \frac{L}{S}} E \Leftrightarrow V_o = \frac{E}{L} d$$



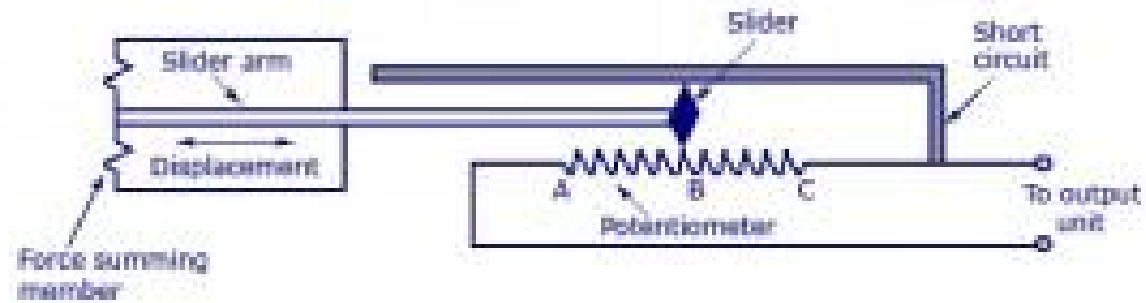
Η σχέση βέβαια μεταξύ της τάσης V_o και του μήκους d είναι γραμμική εφ' όσον στην έξοδο του ποτενσιομέτρου δεν είναι συνδεδεμένο κάποιο φορτίο

Προβλήματα



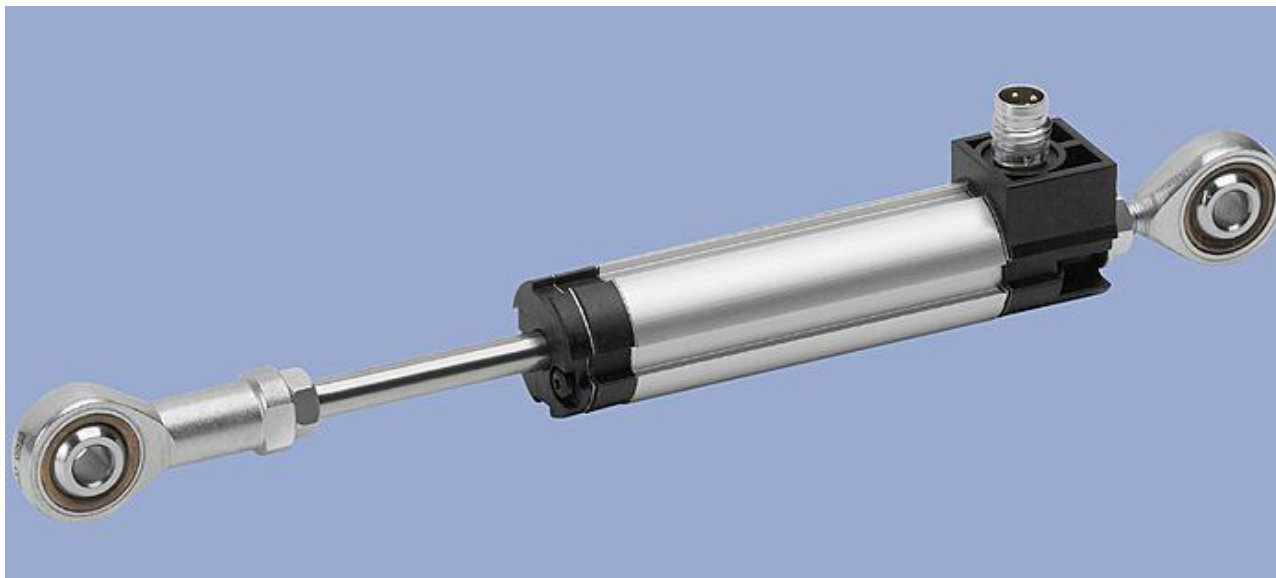
- Τρόπος κατασκευής του ποτενσιομέτρου.
- Στο σχήμα (β) φαίνεται η μεταβολή της εξόδου του αισθητηρίου συναρτήσει της μετακίνησης. Έτσι αν το ποτενσιόμετρο αποτελείται από N σπείρες, τότε το αισθητήριο παρουσιάζει μια μέση ακρίβεια $n = 100/N \%$.
- Τα ποτενσιομετρικά αισθητήρια έχουν αρκετά καλή ακρίβεια, ανάλογα με την κατασκευή τους. Συνήθως είναι περίπου 0.1%, αλλά για κατασκευή με αγώγιμο φιλμ η ακρίβεια βελτιώνεται. Παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια του αισθητηρίου, είναι ανομοιομορφίες του υλικού (που καταστρέφουν την γραμμικότητά του) καθώς και ο θόρυβος από το κύκλωμα προσαρμογής.

Γραμμικό ποτενσιόμετρο



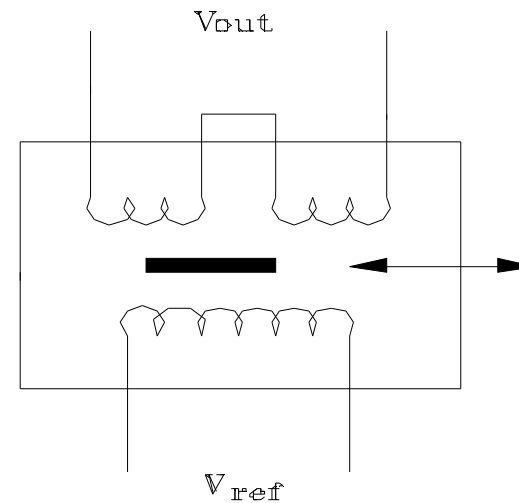
Linear Potentiometer

www.InstrumentationToday.com



Επαγωγικά αισθητήρια

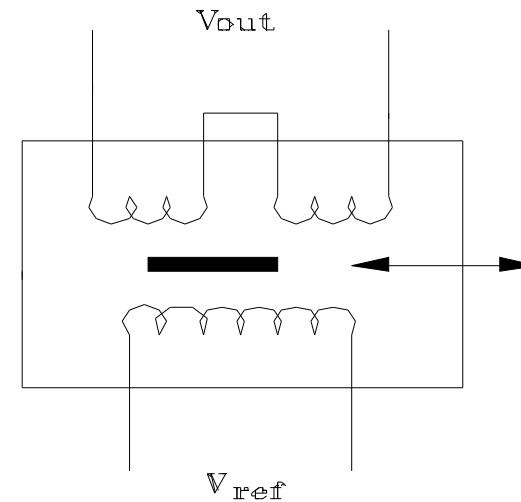
- Η μετακίνηση και η θέση ενός αντικειμένου μπορούν να μετρηθούν με την βοήθεια αισθητηρίου που βασίζεται στην μαγνητική επαγωγή. Κατασκευαστικά ένα επαγωγικό αισθητήριο αποτελείται από δύο πηνία, πρωτεύον και δευτερεύον, σε μαγνητική σύζευξη.
- Το δευτερεύον αποτελείται από δύο τυλίγματα, που είναι τυλιγμένα κατά αντίθετη φορά. Στο πρωτεύον εφαρμόζεται μια εναλλασσόμενη τάση αναφοράς V_{ref} , που δημιουργεί μια τάση από επαγωγή στο δευτερεύον.
- Το μέγεθος της τάσης αυτής εξαρτάται από την σύζευξη των πηνίων (δηλαδή από την μαγνητική ροή που περνά από το πρωτεύον στο δευτερεύον).



- Αυτή είναι η βάση για την λειτουργία των LVDT αισθητηρίων (γραμμικών-Linear Variable Differential Transformers), των RVDT (περιστροφικών-Rotation Variable Differential Transformers), καθώς και αισθητηρίων προσέγγισης.
- Σύμφωνα με την δεύτερη μέθοδο η μετακίνηση ενός αντικειμένου μετατρέπεται σε κίνηση του ενός πηνίου ως προς το άλλο (δευτερεύον ως προς το πρωτεύον).

Επαγωγικά αισθητήρια

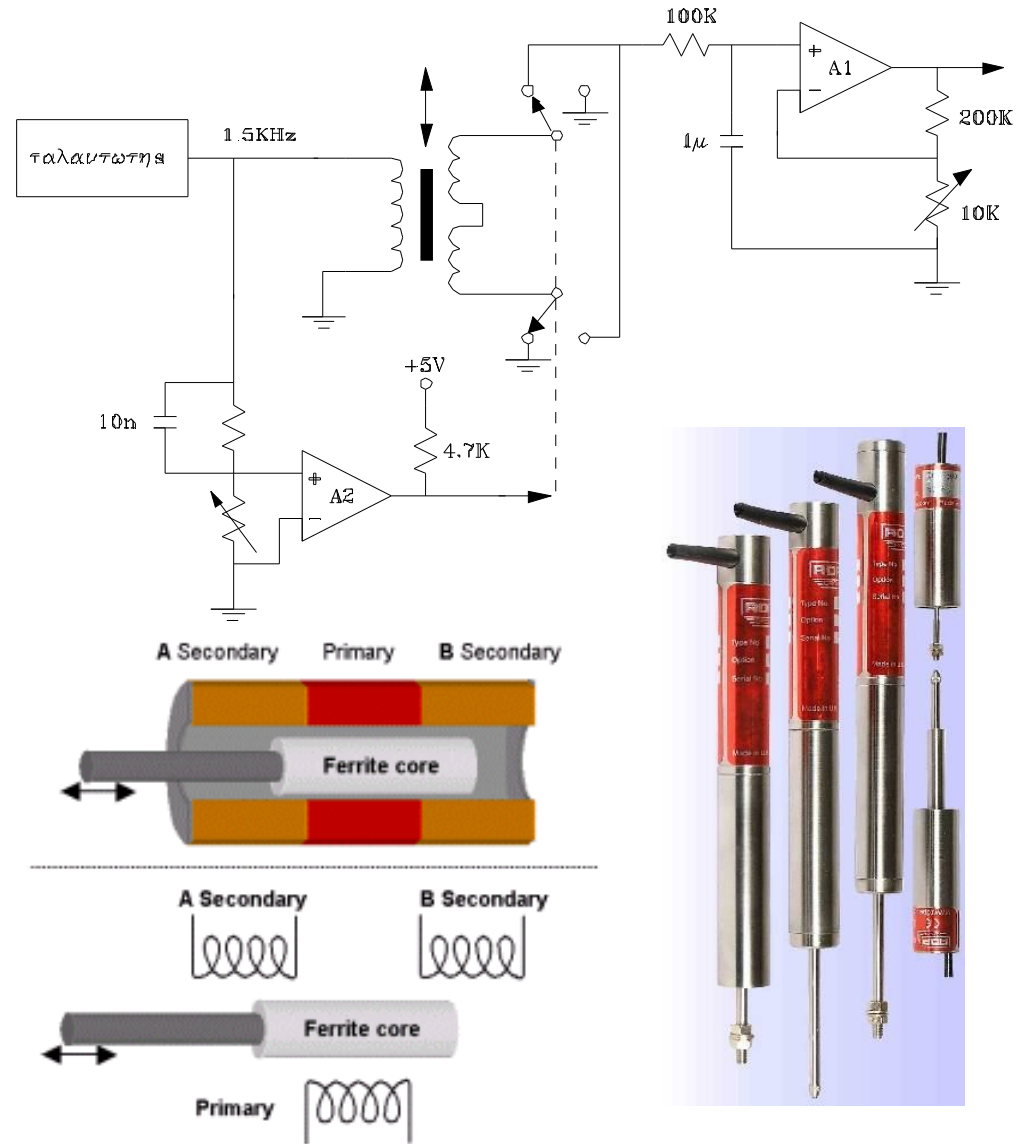
- Υπάρχουν δύο τεχνικές , με τις οποίες η μετακίνηση μπορεί να αλλάξει την σύζευξη των πηνίων.
- Σύμφωνα με την πρώτη η μετακίνηση ενός αντικειμένου μετατρέπεται σε μετακίνηση ενός σιδηρομαγνητικού υλικού στο εσωτερικό των πηνίων.
- Με τον τρόπο αυτό αλλάζει η μαγνητική αντίσταση του διακένου, με αποτέλεσμα να αλλάζει η μαγνητική ροή που περνά στα τυλίγματα του δευτερεύοντος.
- Παρατηρείστε ότι το δευτερεύον αποτελείται από δύο τμήματα συνδεδεμένα σε αντίθετη φάση.



- Έτσι όταν ο πυρήνας είναι στο μέσον του μαγνητικού κενού, τα σήματα της εξόδου αναιρούνται και έτσι η έξοδος του αισθητηρίου είναι μηδέν.
- Όταν ο πυρήνας κινείται αλλάζει η σύζευξη μεταξύ του πρωτεύοντος και των τυλιγμάτων του δευτερεύοντος, με αποτέλεσμα να εμφανιστεί εναλλασσόμενη τάση στην έξοδο με πλάτος που εξαρτάται από το μέγεθος της μετακίνησης και φάση που εξαρτάται από την φορά της.

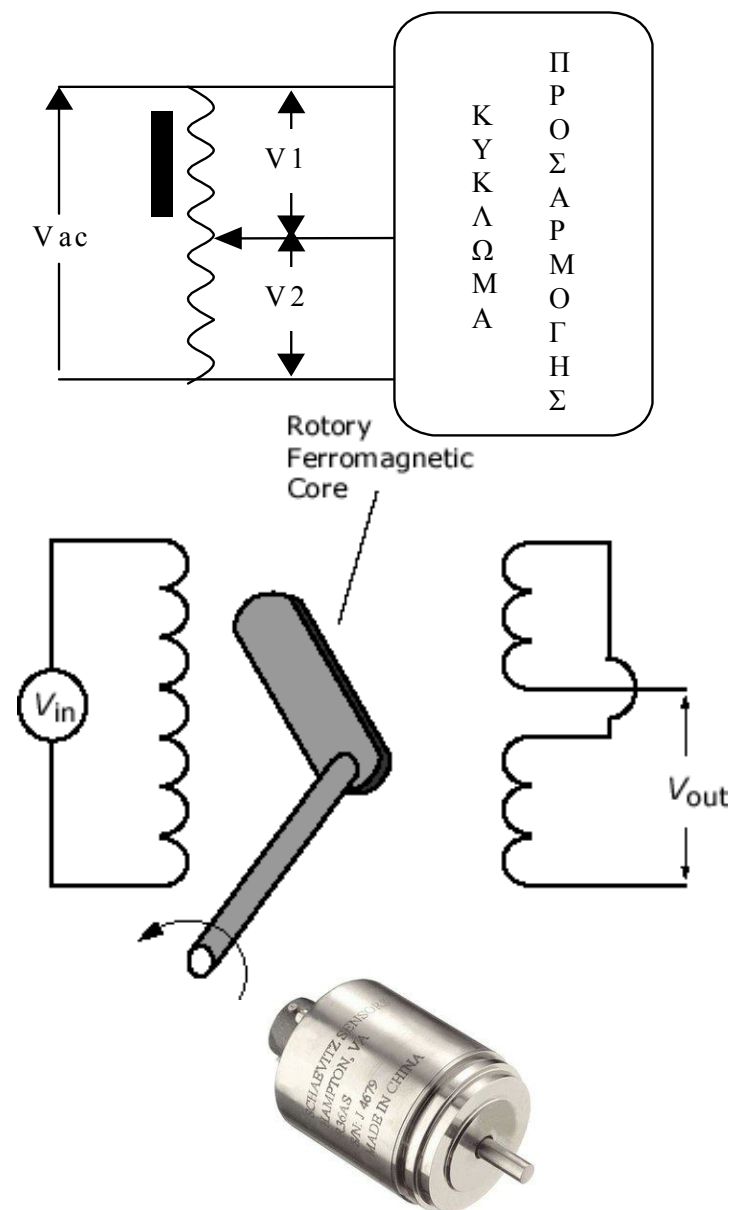
Επαγωγικά αισθητήρια

- Το ποτενσιόμετρο των 10K ρυθμίζει την ενίσχυση του κυκλώματος. Η έξοδος του ενισχυτή είναι μία συνεχής τάση, κατάλληλη να συνδεθεί σε κύκλωμα μέτρησης. Η τιμή της δίνει την απόσταση που μετακινείται ο πυρήνας και το πρόσημό της την φορά της μετακίνησης.
- Το RVDT αισθητήριο έχει την ίδια αρχή λειτουργίας με την διαφορά ότι χρησιμοποιείται ένας περιστροφικός πυρήνας. Το RVDT χρησιμοποιείται για μέτρηση γωνιών. Η γραμμικότητα στις μετρήσεις αυτές είναι περίπου $\pm 40^{\circ}$ με σφάλμα μη γραμμικότητας 1%. Το κύκλωμα μέτρησης είναι ίδιο.
- Για ευκολία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ολοκληρωμένο AD598 της Analog Devices, που περιλαμβάνει ταλαντωτή, φίλτρο, και ενισχυτή και με είσοδο ένα αισθητήριο LVDT ή RVDT δίνει στην έξοδο συνεχή τάση.
- <http://www.rdpe.com/ex/dcth.pdf>



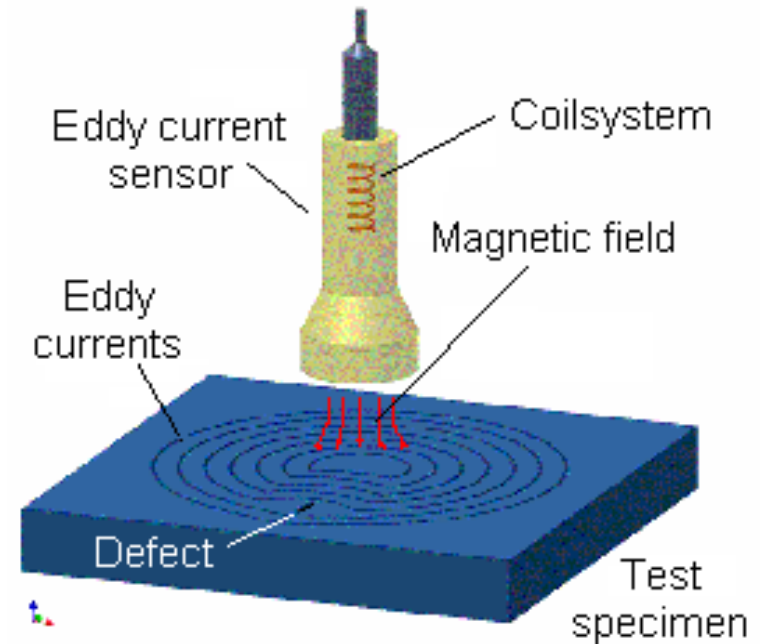
RVDT

- Μια τροποποίηση του RVDT αισθητηρίου, αντί για δύο πηνία χρησιμοποιείται ένας αυτομετασχηματιστής, όπως φαίνεται στο σχήμα.
- Σαν τάση εξόδου θεωρείται η διαφορά $V_2 - V_1$. Καθώς ο πυρήνας μετακινείται η τάση αυτή αλλάζει, επιτρέποντας μετρήσεις ακόμη και πάνω από 180° , ενώ με μικρές τροποποιήσεις μπορεί να μετρήσει γωνίες έως και 360° .



Eddy current sensors

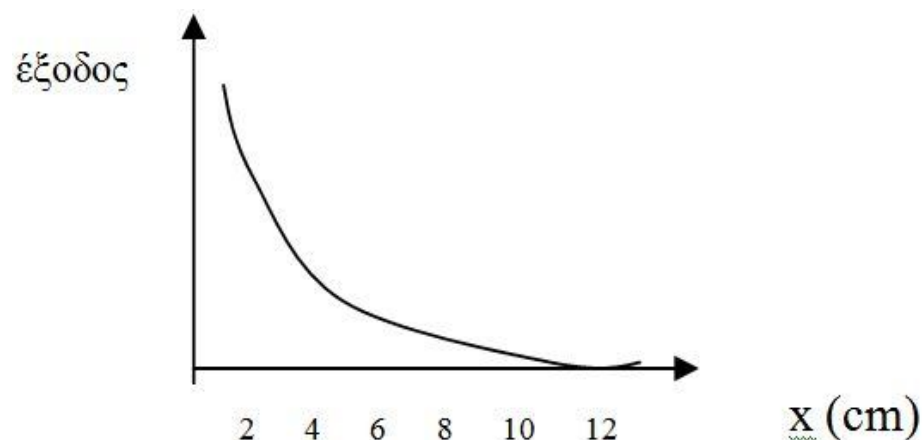
- Στο φαινόμενο της επαγωγής βασίζεται και μια κατηγορία αισθητηρίων προσέγγισης, που ονομάζονται eddy current sensors. Οι αισθητήρες αυτοί αποτελούνται από **δύο πηνία, ένα αναφοράς και ένα μέτρησης**.
- Το πρώτο δημιουργεί ένα RF πεδίο (περίπου 100KHz - 1MHz). Καθώς ένα μεταλλικό αντικείμενο εισέρχεται στο πεδίο αυτό, δημιουργούνται επαγωγικά ρεύματα στην επιφάνειά του.
- Τα ρεύματα αυτά δημιουργούν ένα δευτερεύον πεδίο που αλληλεπιδρά με το πρώτο.
- Το τελικό αποτέλεσμα είναι η δημιουργία ηλεκτρικού σήματος στο δεύτερο πηνίο του αισθητηρίου, ανάλογο με την απόσταση του αντικειμένου.



- Γενικά η σχέση μεταξύ της απόστασης του αγωγίμου αντικειμένου και της εξόδου που αισθητηρίου είναι μη γραμμική, ενώ το αισθητήριο επηρεάζεται αρκετά από την θερμοκρασία.
- Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται κυρίως για την ανίχνευση μεταλλικών αντικειμένων (on/off λειτουργία), έλεγχο πάχους αντικειμένων, κ.λ.π.

Αισθητήριο προσέγγισης εγκάρσιας επαγωγής (transverse inductive proximity sensor)

- Ένα άλλο αισθητήριο προσέγγισης είναι το αισθητήριο προσέγγισης εγκάρσιας επαγωγής (transverse inductive proximity sensor) που στηρίζεται στο φαινόμενο της αυτεπαγωγής.
- Το αισθητήριο αυτό μετρά (μέσω κατάλληλου κυκλώματος) την απόσταση ενός αντικείμενου, που μεταβάλλει το μαγνητικό πεδίο του.
- Ένα πηνίο με οπλισμό, δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο που αλλάζει καθώς πλησιάζει ένα μεταλλικό αντικείμενο.
- Η σχέση μεταξύ της εξόδου και της απόστασης είναι μη γραμμική, όπως φαίνεται στο σχήμα, για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται για μικρές αποστάσεις.
- Όπως φαίνεται στο σχήμα υπάρχει γραμμικότητα για αποστάσεις έως περίπου 3cm. Επειδή οι αποστάσεις είναι μικρές η επιφάνεια του αντικείμενου πρέπει να είναι επίπεδη, ώστε να τέμνει κάθετα το πεδίο (δηλαδή η επιφάνεια να σχηματίζει γωνία 90° με την διεύθυνση της επαγωγής B). Τα αισθητήρια αυτά είναι γνωστά και απλά σαν επαγωγικά αισθητήρια και έχουν μεγάλη εφαρμογή, κυρίως σαν ανιχνευτές μεταλλικών επιφανειών.



Μαγνητικά αισθητήρια

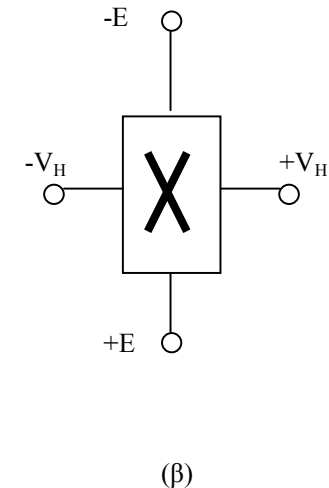
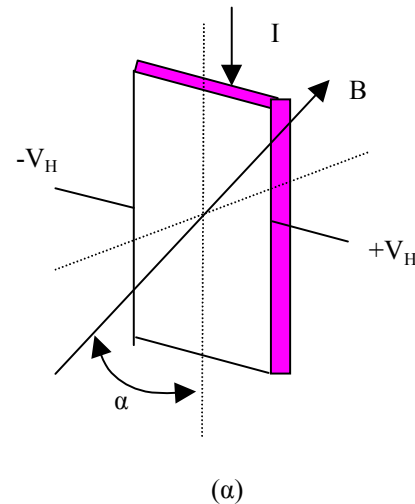
- Η λειτουργία των αισθητηρίων αυτών βασίζεται στην αλλαγή ενός μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ένας μαγνήτης, προσαρμοσμένος στο κινούμενο αντικείμενο.
- Η μεταβολή αυτή καταγράφεται από το αισθητήριο και μετατρέπεται σε τάση.
- Το απλούστερο μαγνητικό αισθητήριο είναι ένας μαγνητικός διακόπτης.
- Αποτελείται από ένα ζευγάρι κλειστών επαφών, που αλλάζουν κατάσταση όταν το αισθητήριο αλληλεπιδράσει με ένα μαγνητικό πεδίο.
- Κυριότερη εφαρμογή τους είναι στα συστήματα ασφαλείας (πόρτες).
- Ένας τέτοιος διακόπτης ενεργοποιείται όταν ένας μαγνήτης τον πλησιάσει περίπου στα 5mm και απενεργοποιείται όταν ο μαγνήτης απομακρυνθεί στα 10-15mm.



Αισθητήριο φαινομένου Hall (Hall effect sensor)

- Σύμφωνα με το φαινόμενο Hall αν ένας αγωγός διαρρέεται από ρεύμα I και τοποθετηθεί εντός μαγνητικού πεδίου επαγωγής B , τότε δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο, κάθετο στο επίπεδο των I , B , και εμφανίζεται μια διαφορά δυναμικού. Η τάση αυτή ονομάζεται *εγκάρσια διαφορά δυναμικού Hall* (*transverse Hall potential difference V_H*) και ισούται με
- $V_H = h \cdot I \cdot B \cdot \eta \mu \alpha$
- Όπου α η γωνία μεταξύ του διανύσματος της επαγωγής B και του επιπέδου του κρυστάλλου
- και h ένας συντελεστής που εξαρτάται από την επιφάνεια του μετάλλου, το υλικό του και την γεωμετρία του.

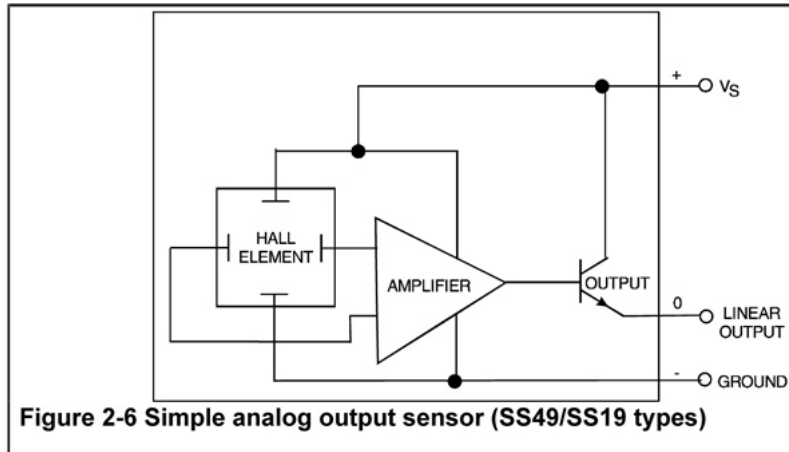
- <http://www.youtube.com/watch?v=AcRCgyComEw&feature=related>



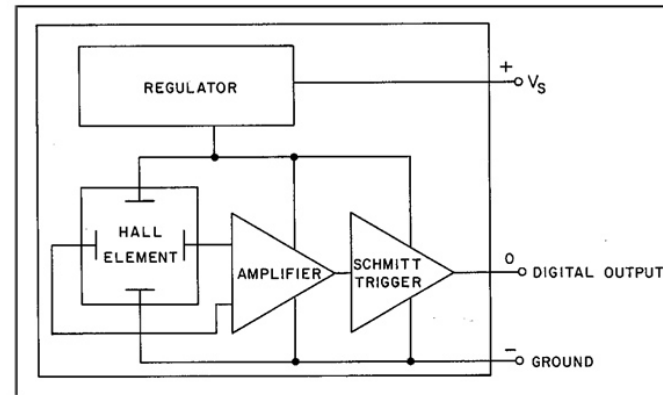
- Στο σχήμα (β) φαίνεται ο συμβολισμός ενός αισθητηρίου Hall.
- Οι ακροδέκτες $+E$ και $-E$ είναι οι ακροδέκτες ελέγχου του αισθητηρίου, ενώ οι V_H είναι οι ακροδέκτες εξόδου του. Με το σύμβολο X δεικνύεται η φορά του μαγνητικού πεδίου

Τύποι αισθητηρίων Hall

■ τα γραμμικά (*linear*)

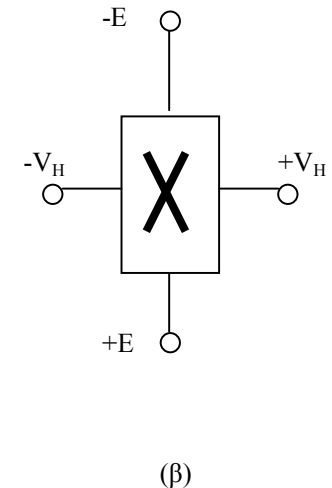
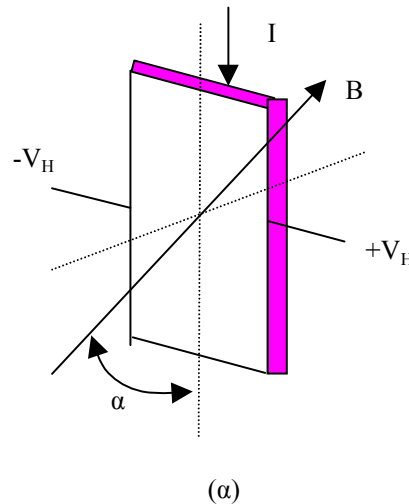


■ τα κατωφλίου (*threshold*)



γραμμικά αισθητήρια

- Τα γραμμικά αισθητήρια δίνουν μια dc έξοδο και είναι κατάλληλα για μέτρηση.
- Όπως φαίνεται στην σχέση $V_H = h \cdot I \cdot B \cdot \eta_{μα}$, η τάση που αναπτύσσεται σε ένα αισθητήριο Hall είναι ανάλογη της γωνίας α



- Είναι επομένως κατάλληλα για την μέτρηση της γωνίας στροφής ενός αντικειμένου (αφού παρουσιάζουν γραμμικότητα σε σχέση με την γωνία)

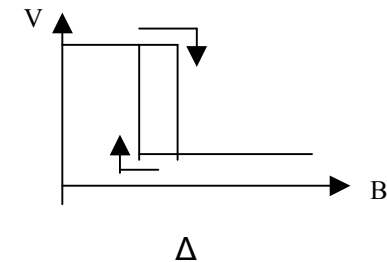
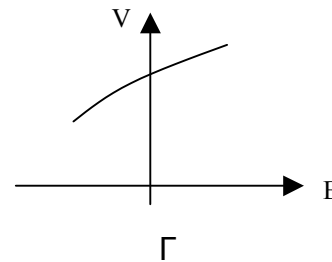
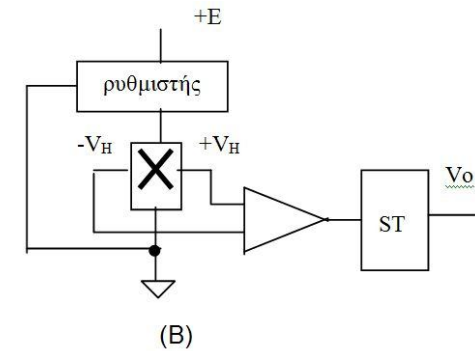
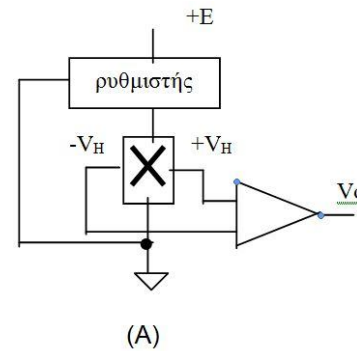
γραμμικά αισθητήρια

- Τα αισθητήρια αυτά λειτουργούν σε μια ευρεία περιοχή τάσεων και είναι σταθεροί σε θόρυβο. Έχουν όμως το μειονέκτημα ότι δεν είναι απόλυτα γραμμικά σε σχέση με το μαγνητικό πεδίο και επομένως για ακριβείς μετρήσεις χρειάζονται ρύθμιση (calibration).
- Επίσης συνήθως απαιτούν έναν ενισχυτή σαν βαθμίδα προσαρμογής τους στο υπόλοιπο ηλεκτρονικό κύκλωμα.



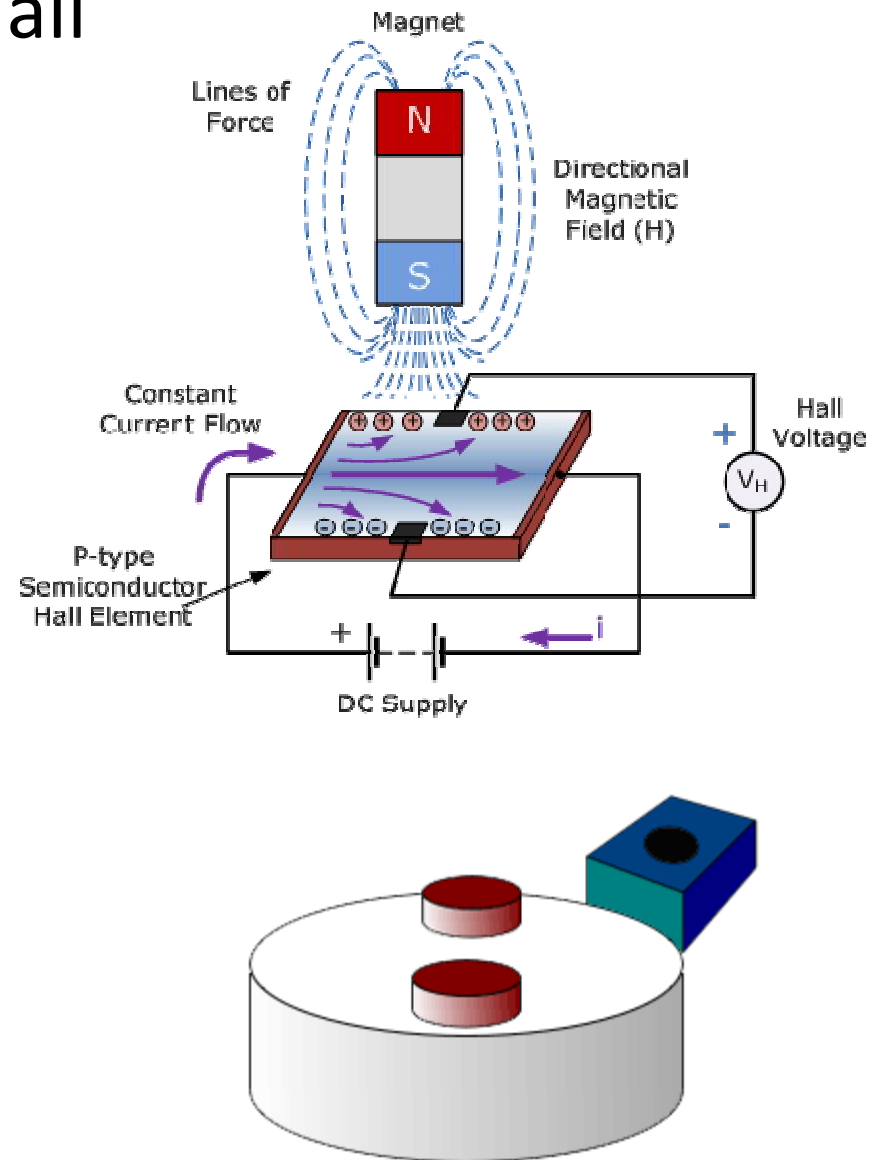
Αισθητήρια κατωφλίου

- Τα αισθητήρια κατωφλίου εκτός από τον ενισχυτή που συνήθως χρειάζονται για την προσαρμογή τους, περιλαμβάνουν και έναν Schmitt trigger (ST) με υστέρηση (σχήμα Β).
- Η έξοδός του είναι συνάρτηση του μαγνητικού πεδίου B , όπως φαίνεται στο σχήμα Δ. Βλέπουμε επομένως ότι τα αισθητήρια κατωφλίου παρουσιάζουν μια on/off λειτουργία, επομένως δεν είναι κατάλληλοι για μέτρηση, αλλά μόνο για ανίχνευση.



Εφαρμογές αισθητηρίων Hall

- Τα αισθητήρια Hall χρησιμοποιούνται για να μετρήσουμε ή να ελέγξουμε μικρές μετακινήσεις ή περιστροφές.
- Συνήθως στο κινούμενο αντικείμενο είναι προσαρμοσμένος μικρός μαγνήτης, οπότε κατά την κίνηση του αντικειμένου το μαγνητικό πεδίο που δρα στο αισθητήριο μεταβάλλεται. Έτσι ($V_H = h \cdot I \cdot B \cdot \eta_{μα}$) η τάση V_H αλλάζει, παρακολουθώντας την μεταβολή του πεδίου, άρα και την κίνηση του αντικειμένου.

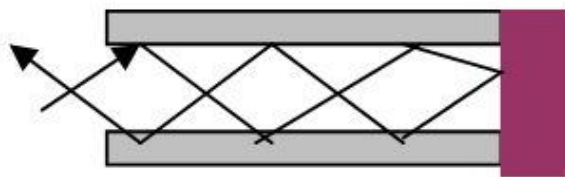


Οπτικά αισθητήρια

- Μετά τα αισθητήρια επαφής (τερματικούς διακόπτες) και τους ποτενσιομετρικούς, τα οπτικά είναι τα πιο δημοφιλή αισθητήρια για μέτρηση θέσης και μετακίνησης.
- Πλεονεκτήματά τους είναι η απλότητα στην λειτουργία τους και η μεγάλη διάρκεια ζωής τους. Δεν επηρεάζονται από μαγνητικά ή ηλεκτρικά πεδία, οπότε είναι κατάλληλα για ένα μεγάλο αριθμό εφαρμογών.
- Ένα οπτικό αισθητήριο συνήθως αποτελείται από τρία εξαρτήματα :
 - μια φωτεινή πηγή,
 - έναν φωτοανιχνευτή
 - και ένα κύκλωμα οδήγησης του φωτός (π.χ. φακός).
- Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από την πηγή ανακλάται από την επιφάνεια που εξετάζουμε. Η ένταση της ακτινοβολίας που τελικά φτάνει στον ανιχνευτή, εξαρτάται από την απόσταση της επιφάνειας.

Οπτικά αισθητήρια

- Στην πρώτη περίπτωση η ίδια οπτική ίνα (fiber) χρησιμοποιείται σαν αγωγός και για την προσπίπτουσα και για την ανακλώμενη ακτινοβολία, ενώ στην δεύτερη χρησιμοποιούνται ανεξάρτητες ίνες. Συνήθως στους αισθητήρες η ένταση της ακτινοβολίας διαμορφώνεται από μια εξωτερική διέγερση. Εκτός από τους βασικούς αυτούς τύπους έχουν σχεδιαστεί και άλλοι αισθητήρες με καλλίτερη επιλεκτικότητα και αξιοπιστία και



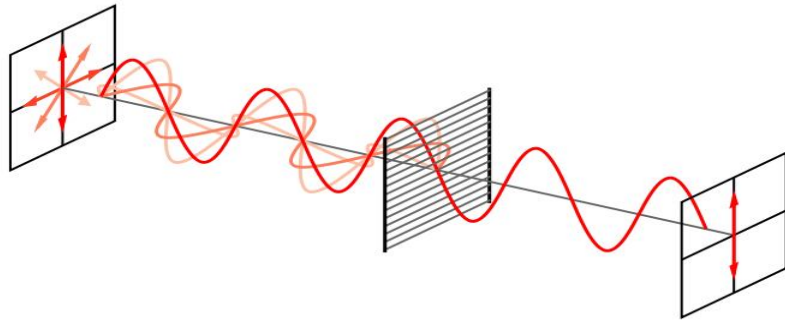
(A)



(B)

Ανιχνευτές προσέγγισης με πολωμένο φως

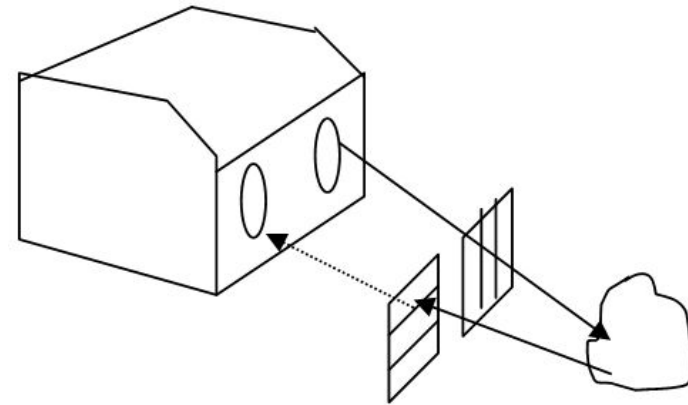
- Ένας τύπος οπτικοηλεκτρικού αισθητηρίου χρησιμοποιεί πηγή πολωμένου φωτός. *Πόλωση (polarization)* του φωτός ονομάζουμε την ιδιότητα των φωτονίων να ταλαντώνονται σε συγκεκριμένη κατεύθυνση. Η διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται κατά τον τρόπο αυτό, ονομάζεται διεύθυνση πόλωσης.



- Οι περισσότερες πηγές παράγουν φως με τυχαία διεύθυνση πόλωσης. Με κατάλληλα φίλτρα όμως μπορούμε να πολώσουμε την ακτινοβολία στην διεύθυνση που επιθυμούμε.
- Ένα φίλτρο πόλωσης επιτρέπει την διέλευση του φωτός χωρίς απόσβεση κατά μια μόνο διεύθυνση πόλωσης. Έτσι αν η αρχική διεύθυνση πόλωσης του φωτός είναι κάθετη σε αυτή, τότε η ακτινοβολία δεν περνά από το φίλτρο.

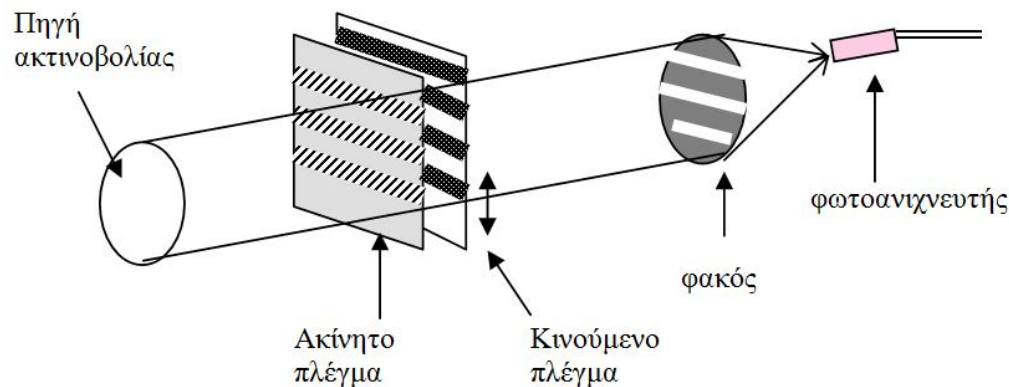
Ανιχνευτές προσέγγισης με πολωμένο φως

- Το πολωμένο φως όταν ανακλάται σε ένα αντικείμενο συνήθως αλλάζει την διεύθυνση πόλωσής του, ιδίως όταν πρόκειται για μη μεταλλικό αντικείμενο.
- Στο αισθητήριο του σχήματος υπάρχει μια πηγή πολωμένου φωτός και δέκτης (ανιχνευτής).
- Η ακτινοβολία πολώνεται από το ένα φίλτρο. Αν στην εμβέλειά της συναντήσει αντικείμενο μη μεταλλικό, τότε ανακλάται και αλλάζει διεύθυνση πόλωσης.
- Η ανακλώμενη ακτινοβολία περνά από το δεύτερο φίλτρο και φτάνει στον ανιχνευτή του αισθητηρίου. Με την μέθοδο αυτή μπορούν να ανιχνευτούν μη μεταλλικά αντικείμενα.



Αισθητήριο πλέγματος (grating sensor)

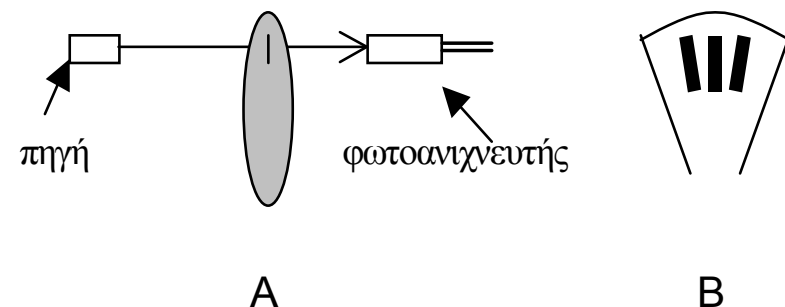
- Ενας οπτικός μετατροπέας μετακίνησης μπορεί να κατασκευαστεί με δύο πλέγματα (διαφράγματα), ένα σταθερό και ένα κινητό μαζί με την προς μέτρηση επιφάνεια. Τα πλέγματα αυτά λειτουργούν σαν ένας ρυθμιστής της έντασης της ακτινοβολίας.



- Μετά την πηγή η ακτινοβολία πέφτει σε ένα ακίνητο πλέγμα, το οποίο έχει διαφανείς και αδιαφανείς λωρίδες και που επιτρέπει περίπου το 50% να περάσει, προς το δεύτερο, κινούμενο πλέγμα. Όταν το αδιαφανές τμήμα του πλέγματος αυτού ευθυγραμμίζεται πλήρως με τα διαφανή τμήματα του ακίνητου πλέγματος, τότε η ακτινοβολία αποκόπτεται εντελώς. Έτσι η ένταση του φωτός μπορεί να διαμορφώνεται από την κίνηση του δεύτερου πλέγματος μεταξύ 0 και 50%. Η ακτινοβολία που τελικά περνά εστιάζεται πάνω σε έναν φωτοανιχνευτή όπου σε αναλογικό ηλεκτρικό ρεύμα.
- Το αισθητήριο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μέτρηση μετατόπισης ή περιστροφής. Στην δεύτερη περίπτωση τα πλέγματα-διαφράγματα έχουν την μορφή κυκλικών δίσκων. Η αρχή της διαμόρφωσης του φωτός που εφαρμόστηκε στο αισθητήριο που περιγράφηκε προηγουμένως εφαρμόζεται στην κατασκευή περιστροφικών ή γραμμικών κωδικοποιητών (encoder) που αποτελούν μια φτηνή και πολύ συνηθισμένη λύση για μέτρηση μετακίνησης ή περιστροφής.

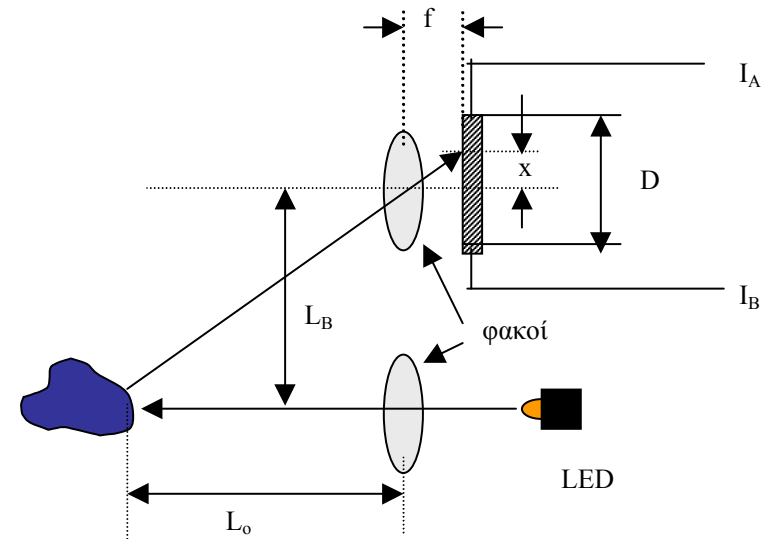
Αισθητήριο πλέγματος (grating sensor)

- Το αισθητήριο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μέτρηση μετατόπισης ή περιστροφής. Στην δεύτερη περίπτωση τα πλέγματα-διαφράγματα έχουν την μορφή κυκλικών δίσκων.
- Η αρχή της διαμόρφωσης του φωτός που εφαρμόστηκε στο αισθητήριο που περιγράφηκε προηγουμένως εφαρμόζεται στην κατασκευή περιστροφικών ή γραμμικών κωδικοποιητών (encoder) που αποτελούν μια φτηνή και πολύ συνηθισμένη λύση για μέτρηση μετακίνησης ή περιστροφής.
- Κατασκευαστικά αποτελείται από ένα δίσκο με διαφανή και αδιαφανή ακτινωτά τμήματα (στο σχήμα Β φαίνεται μια λεπτομέρεια του δίσκου με τα τμήματα αυτά), μια πηγή ακτινοβολίας και έναν φωτοανιχνευτή όπως φαίνεται στο σχήμα Α.

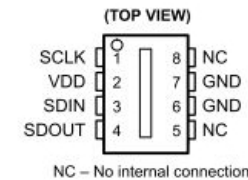


Γραμμικά οπτικά αισθητήρια (linear optical sensors)

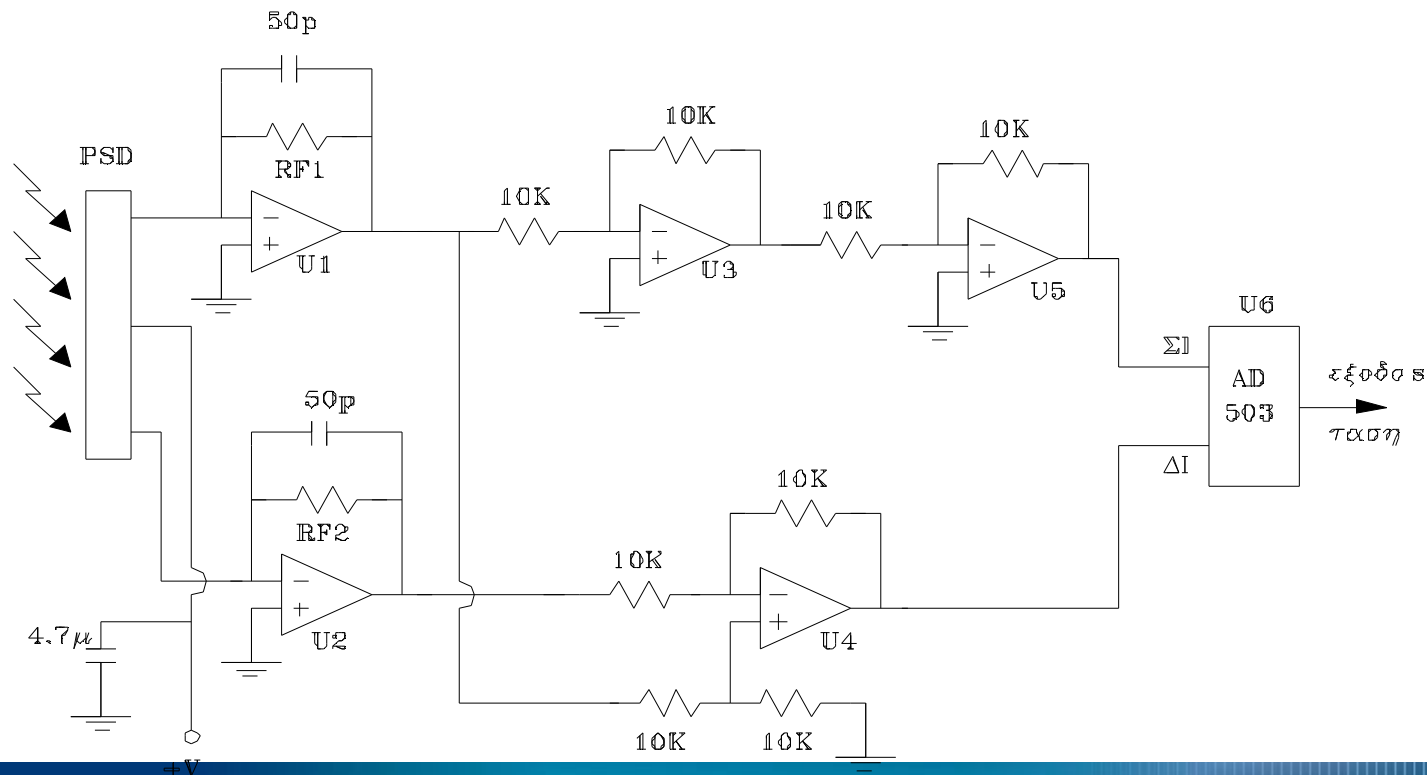
- Για μετρήσεις με ακρίβεια σε μεγάλες ή μικρές μετατοπίσεις χρησιμοποιούνται αισθητήρια με υπέρυθρη ακτινοβολία. Ένα παράδειγμα τέτοιου αισθητηρίου είναι ο ανιχνευτής θέσης (position sensitive detector - PSD).
- Μια μετρητική διάταξη αποτελείται από δύο τμήματα : μια δίοδο φωτεινής εκπομπής - LED και το αισθητήριο PSD.
- Μια μετρητική διάταξη αποτελείται από δύο τμήματα : μια δίοδο φωτεινής εκπομπής - LED και το αισθητήριο PSD.



$$L_o = k \left(\frac{I_A}{I_B} + 1 \right)$$



- Στο σχήμα φαίνεται ένα κύκλωμα μέτρησης της μετατόπισης.
- Τα RF1 και RF2 είναι ποτενσιόμετρα 1-100KΩ, που χρησιμοποιούνται για την ρύθμιση του οργάνου. Τα ολοκληρωμένα U1 έως U5 είναι τελεστικοί ενισχυτές TL082 της Texas Instruments, ενώ το ολοκληρωμένο U6 είναι ο αναλογικός διαιρέτης AD533 της Analog Devices.
- Η έξοδος του κυκλώματος αυτού είναι μια αναλογική τάση $\pm 10V$ και μπορεί να οδηγηθεί σε μία βαθμίδα απεικόνισης της μέτρησης, ή μέσω μιας κάρτας A/D σε Η/Υ.



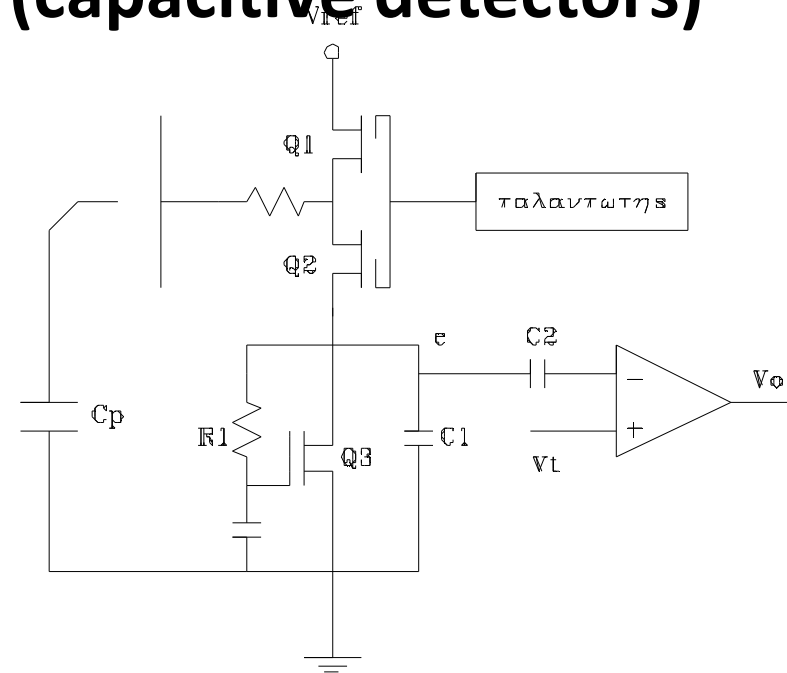
Χωρητικοί ανιχνευτές κίνησης (capacitive detectors)

- Οι ανιχνευτές κίνησης είναι μια κατηγορία των αισθητηρίων θέσης ή κίνησης, αφού ενεργοποιούνται όταν ένα αντικείμενο κινείται. Έχουν μεγάλη εφαρμογή κυρίως στα συστήματα ασφαλείας.
- Οι χωρητικοί ανιχνευτές είναι μια κατηγορία των αισθητηρίων αυτών. Η λειτουργία τους βασίζεται στην μεταβολή που υφίσταται μια χωρητικότητα όταν μεταβάλλεται το διηλεκτρικό της. Κατασκευαστικά δημιουργείται ένας πυκνωτής μεταξύ μιας αγώγιμης πλάκας και της γης. Όταν ένα αντικείμενο κινηθεί κοντά στην πλάκα, τότε το διηλεκτρικό του πυκνωτή αυτού αλλάζει, άρα αλλάζει και η χωρητικότητά του.



Χωρητικοί ανιχνευτές κίνησης (capacitive detectors)

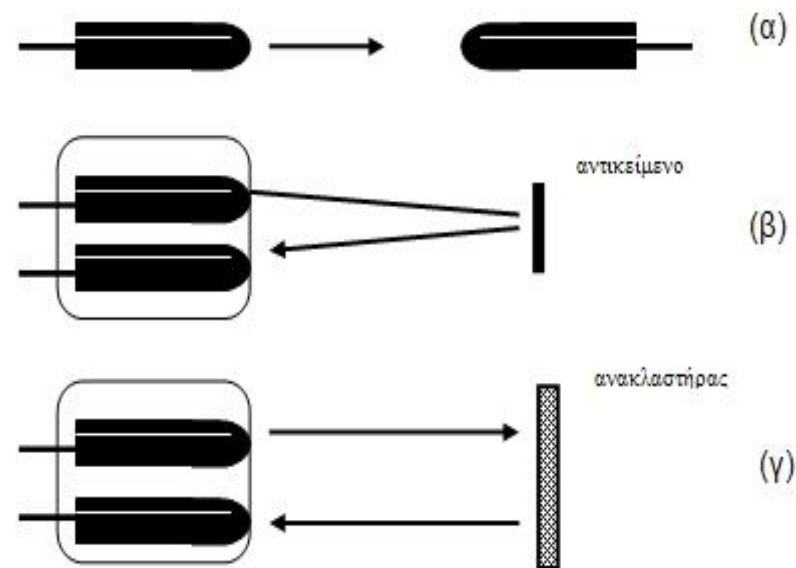
- Με το κύκλωμα του σχήματος 5.6.1 ανάλογα με την μεταβολή της χωρητικότητας μπορούμε να ενεργοποιήσουμε μια συσκευή (π.χ. σειρήνα) ή όχι
- Η επίπεδη επιφάνεια δημιουργεί με την γη τον στοιχειώδη πυκνωτή C_p . Ο πυκνωτής αυτός φορτίζεται με την τάση V_{ref} μέσω των τρανζίστορες Q1 και Q2 και εκφορτίζεται μέσω του Q3. Η τάση e παρακολουθεί της μεταβολές της χωρητικότητας C_p . Όταν ένα αντικείμενο πλησιάσει την πλάκα, τότε η τάση αυτή αυξάνει και μέσω του πυκνωτή C_2 εφαρμόζεται σε έναν συγκριτή. Στην άλλη είσοδο του συγκριτή εφαρμόζεται μια τάση κατωφλίου. Όταν η τάση e ξεπεράσει την τάση κατωφλίου η έξοδος του συγκριτή αλλάζει, ενεργοποιώντας έτσι μια συσκευή.



- Μια συνηθισμένη εφαρμογή της διάταξης αυτής είναι στους συναγερμούς αυτοκινήτων. Εκεί ο στοιχειώδης πυκνωτής σχηματίζεται μεταξύ ενός ακροδέκτη (probe) και του αμαξώματος. Η υπόλοιπη διαδικασία είναι όπως αυτή που περιγράφηκε.

ΑΝΙΧΝΕΥΤΕΣ ΘΕΣΗΣ

- Ο απλούστερος τρόπος να ελεγχθεί αν ένα κινούμενο αντικείμενο έφτασε σε μια συγκεκριμένη θέση, είναι με έναν τερματικό διακόπτη που τοποθετείται στην θέση αυτή. Όταν το αντικείμενο κτυπήσει τον διακόπτη, αυτός αλλάζει κατάσταση στις επαφές του. Η μέθοδος αυτή έχει το σοβαρό μειονέκτημα της μηχανικής καταπόνησης των διακοπών που οδηγεί στην καταστροφή του. Έτσι επιδιώκεται η ανίχνευση να γίνεται, χωρίς να υπάρχει μηχανική επαφή. Το πρόβλημα αυτό λύνουν τα φωτοκύτταρα.
- Ένα φωτοκύτταρο αποτελείται από ένα πομπό (*transmitter*) και έναν δέκτη (*receiver*). Ο πρώτος εκπέμπει μια φωτεινή ακτινοβολία που συλλέγεται από τον δεύτερο. Όταν στην πορεία της ακτινοβολίας παρεμβληθεί ένα αντικείμενο, η δέσμη αποκόπτεται και το αισθητήριο αλλάζει την κατάσταση εξόδου του. Υπάρχουν τρεις τύποι φωτοκυττάρων.



- Με ανεξάρτητο πομπό και δέκτη (σχήμα 5.7.1 α) (μεγάλης εμβέλειας).
- Με ένα πομποδέκτη (σχήμα 5.7.1 β) όπου η φωτεινή δέσμη ανακλάται από το αντικείμενο (μικρής εμβέλειας).
- Με ένα πομποδέκτη και ανακλαστήρα (σχήμα 5.7.1 γ) όπου η δέσμη ανακλάται από μια κατάλληλη επιφάνεια που λέγεται ανακλαστήρας (μέσης εμβέλειας).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Κυριώτεροι τύποι αισθητηρίων για μέτρηση μετατόπισης και περιστροφής είναι τα αισθητήρια
 - ποτενσιομέτρου,
 - τα επαγωγικά,
 - τα μαγνητικά και
 - τα οπτικά αισθητήρια.
- Στην κατηγορία των **επαγωγικών αισθητηρίων** ανήκουν
 - τα LVTD (και RVTD για την περιστροφή),
 - τα αισθητήρια με αυτομετασχηματιστή,
 - τα αισθητήρια προσέγγισης εγκάρσιας επαγωγής
 - και τα αισθητήρια eddy current ενώ
- στην κατηγορία των **μαγνητικών ανήκουν** τα αισθητήρια Hall.
- Στην κατηγορία των οπτικών αισθητηρίων ανήκουν
 - οι ανιχνευτές προσέγγισης με πολωμένο φως,
 - τα αισθητήρια πλέγματος και
 - τα αισθητήρια PSD.
- Τέλος για να ανιχνεύσουμε αν ένα αντικείμενο φτάνει σε μια συγκεκριμένη θέση, χρησιμοποιούμε φωτοκύτταρα.

Ερωτήσεις

■ Α. Να απαντήσετε συνοπτικά στις ερωτήσεις

- Σχεδιάστε ένα κύκλωμα μέτρησης μετατόπισης με χρήση ποτενσιομετρικού αισθητήρα.
- Περιγράψτε την αρχή λειτουργίας ενός επαγωγικού αισθητηρίου.
- Σε τι διαφέρει ένας αισθητήρας προσέγγισης από έναν αισθητήρα θέσης;
- Ποιες κατηγορίες αισθητήρων Hall υπάρχουν και που εφαρμόζεται ο καθένας.
- Περιγράψτε την λειτουργία ενός αισθητήρα θέσης με encoder. Από τι εξαρτάται η ακρίβειά του.
- Σε ένα αισθητήριο PSD ποια μεγέθη πρέπει να μετρηθούν για να βρεθεί η απόσταση ενός αντικειμένου. Μπορείτε να γράψετε ένα απλό πρόγραμμα που να επεξεργάζεται τα σήματα εξόδου και να οδηγεί ένα κύκλωμα απεικόνισης;
- Στην έξοδο των κυκλωμάτων ελέγχου συνήθως ενεργοποιείται ένα ρελέ. Ένα ρελέ όμως για να διεγερθεί χρειάζεται σημαντικό ρεύμα που πιθανόν το κύκλωμα αδυνατεί να προσφέρει. Μπορείτε να σχεδιάσετε ένα ενδιάμεσο κύκλωμα που να επιλύει το πρόβλημα αυτό;

Ερωτήσεις

- ένα ποτενσιομετρικό αισθητήριο η σχέση μεταξύ της και του είναι εφ' όσον στην έξοδο του ποτενσιομέτρου δεν είναι συνδεδεμένο
- Σε ένα επαγωγικό αισθητήριο θέσης, είτε κινείται ο στο εσωτερικό των, είτε κινείται το ένα ως προς το άλλο.
- Η λειτουργία των μαγνητικών αισθητηρίων θέσης, βασίζεται στην αλλαγή ενός που δημιουργεί ένας, προσαρμοσμένος στο κινούμενο αντικείμενο.
- Τα αισθητήρια Hall δίνουν μια έξοδο και είναι κατάλληλοι για μέτρηση. Λειτουργούν σε μια περιοχή και είναι αρκετά σταθεροί σε Τα αισθητήρια αυτά δεν είναι απόλυτα σε σχέση με το και επομένως για ακριβείς μετρήσεις χρειάζονται
- Η αρχή της του φωτός εφαρμόζεται στην κατασκευή περιστροφικών ή γραμμικών που χρησιμοποιούνται για μέτρηση μετακίνησης ή περιστροφής.
- Σε ένα αισθητήριο PSD η του αντικειμένου από το αισθητήριο είναι συνάρτηση του λόγου των εξόδου του αισθητηρίου.
- Η λειτουργία των χωρητικών ανιχνευτών βασίζεται σε μια που δημιουργείται μεταξύ μιας και της και όπου το κινούμενο αντικείμενο έχει την θέση του

Ερωτήσεις

- Γ. Να επιλέξετε την σωστή απάντηση στις ερωτήσεις
- Η λειτουργία του ποτενσιομετρικού αισθητήρα βασίζεται
 - i. στην μεταβολή της αντίστασης με το μήκος της
 - ii. στην μεταβολή της αντίστασης με την διατομή της
 - iii. στο φαινόμενο αυτοθέρμανσης
- Σε ένα επαγωγικό αισθητήριο θέσης, καθώς ένα αντικείμενο μετακινείται
 - i. μετακινείται ο σπλισμών των πηνίων
 - ii. αλλάζει το ρεύμα που διαρρέει το δευτερεύον
 - iii. αλλάζει η αντίσταση στο πρωτεύον
- Στους μαγνητικούς διακόπτες μια επαφή αλλάζει κατάσταση όταν
 - i. διαρρέεται από ρεύμα
 - ii. πλησιάζει μαγνήτης
 - iii. υπερθερμανθεί

- Τα αισθητήρια θέσης Hall βασίζονται
 - i. στην μεταβολή της έντασης του ρεύματος
 - ii. στην μεταβολή της αντίστασης του αισθητήρα
 - iii. Στην μεταβολή της έντασης του μαγν. πεδίου
- Η λειτουργία των οπτικών αισθητηρίων βασίζεται στην ανίχνευση φωτεινής ακτινοβολίας η οποία
 - i. παράγεται από το αντικείμενο
 - ii. παράγεται από το αισθητήριο και ανακλάται στο αντικείμενο
 - iii. προέρχεται από τον ήλιο και ανακλάται στο αντικείμενο
- Η παλμοσειρά που δίνει ο φωτοανιχνευτής ενός encoder δίνει πληροφορίες σχετικά με
 - i. την θέση ενός αντικειμένου
 - ii. την μετακίνηση ενός αντικειμένου
 - iii. την διεύθυνση κίνησης ενός αντικειμένου
- Στους χωρητικούς ανιχνευτές κίνησης, καθώς το αντικείμενο κινείται η χωρητικότητα του αισθητηρίου αλλάζει λόγω μεταβολής
 - i. της απόστασης των οπλισμών του
 - ii. του διηλεκτρικού του
 - iii. της επιφάνειας των οπλισμών του