

Μέτρηση θέσης κίνησης

✚ Κίνηση ενός αντικειμένου ονομάζουμε την αλλαγή της φυσικής του θέσης. Αντίστοιχα, μετατόπιση ονομάζεται η απόσταση από κάποιο σημείο αναφοράς προς μία δεδομένη διεύθυνση. Αν η μετατόπιση είναι σε ευθεία γραμμή έχουμε γραμμική μετατόπιση, ενώ όμως μετριέται με κάποια γωνία περιστροφής, έχουμε γωνιακή μετατόπιση. Κατά τη γραμμική μετατόπιση, απαιτείται η διεύθυνση μετατόπισης, ενώ κατά τη γωνιακή έχουμε περιστροφή γύρω από άξονα περιστροφής.

✚ Μέτρηση της θέσης κατά τη γραμμική μετατόπιση επιτυγχάνουμε με τους αισθητήρες:

- ✚ Τύπου ποτενσιόμετρου (γραμμικού)
- ✚ Γραμμικό μεταβλητό διαφορικό μετασχηματιστή
- ✚ Χωρητικού τύπου

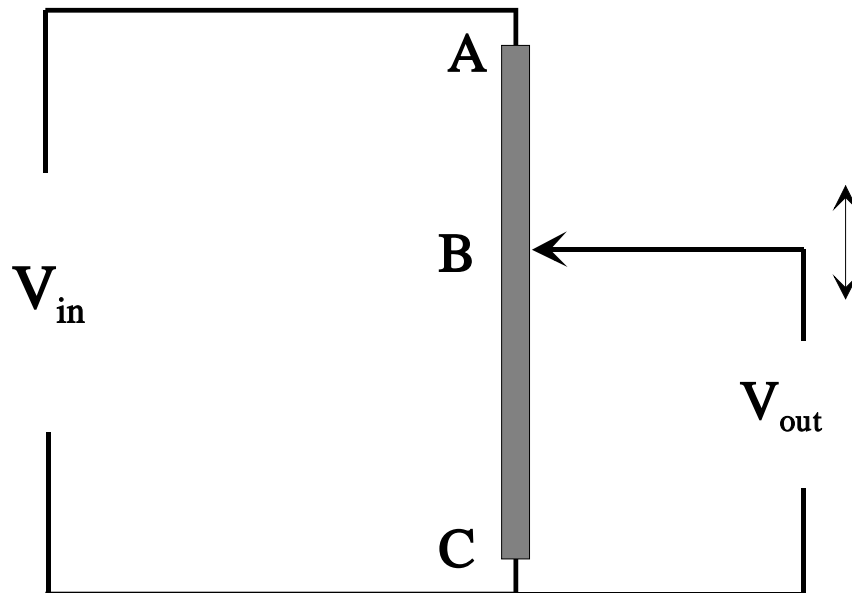
✚ Μέτρηση της γωνιακής μετατόπισης επιτυγχάνεται με:

- ✚ Κωδικοποιητές (π.χ. οπτικούς)
- ✚ Περιστροφικό ποτενσιόμετρο
- ✚ Σύγχρο

✚ Οι παραπάνω αισθητήρες πραγματοποιούν μετρήσεις της τάξης του μέτρου και μικρότερες. Για μεγαλύτερες αποστάσεις υπάρχουν τα ραντάρ, τα σόναρ και τα ραντάρ λέιζερ.

✚ Τα πλέον σύγχρονα συστήματα μετατόπισης είναι οπτικού τύπου (με λέιζερ) και έχουν τεράστια ακρίβεια.

✚ Αισθητήρας γραμμικής μετατόπισης τύπου ποτενσιόμετρου:



Είναι γνωστό ότι το ποτενσιόμετρο αποτελείται από ένα αντιστάτη πάνω στον οποίο κινείται μία επαφή, ενώ η τάση στην έξοδο V_{out} αλλάζει ανάλογα με την θέση της επαφής (διαιρέτης τάσης). Επομένως, αν η επαφή παρακολουθεί την μετατόπιση ενός κινητού, η τάση στην έξοδο θα είναι ανάλογη της μετατόπισης. Άρα έχουμε ένα αισθητήρα μετατόπισης.

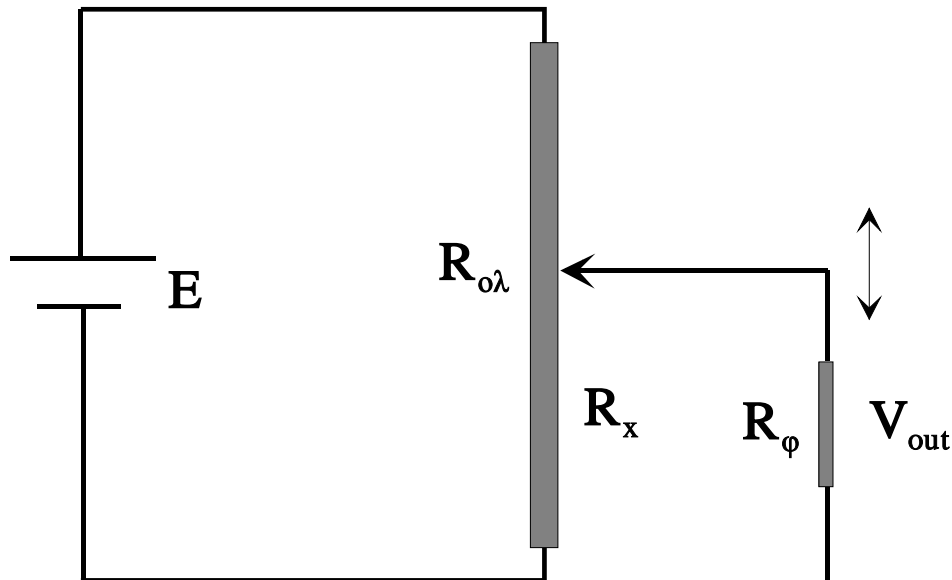
✚ Ιδανικά (χωρίς φορτίο) θα ισχύει:

$$V_{out} = V_{in} \frac{R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC}} = V_{in} \frac{R_{BC}}{R_{ολ}}$$

Δηλαδή έχουμε γραμμική εξάρτηση της V_{out} από το R_{BC} . Αν όμως υπάρχει φορτίο R_{ϕ} , τότε θα ισχύει:

$$V_{out} = V_{in} \frac{R_{BC} // R_{\phi}}{R_{AB} + R_{BC} // R_{\phi}} = V_{in} \frac{R_{BC} R_{\phi}}{R_{AB} R_{\phi} + R_{BC} R_{\phi} + R_{AB} R_{BC}}$$

✚ Αν το φορτίο R_φ είναι πολύ μεγαλύτερο από την $R_{ολ}$, τότε επανερχόμαστε στην αρχική εξίσωση και ισχύει η γραμμική εξάρτηση της V_{out} από το R_x . Σε διαφορετική περίπτωση, εισάγονται σφάλματα στη μέτρηση της

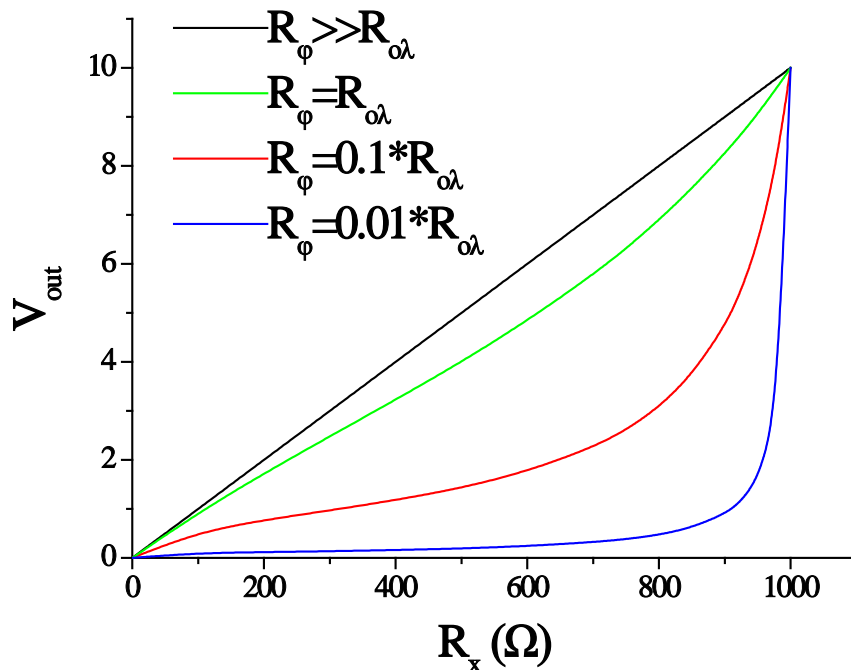


μετατόπισης. Ας το δούμε αναλυτικότερα:

$$V_{out} = E \frac{R_x // R_\varphi}{R_x // R_\varphi + (R_{ολ} - R_x)} \Rightarrow$$

$$V_{out} = E \frac{R_x R_\varphi}{R_{ολ} R_x + R_{ολ} R_\varphi - R_x^2}$$

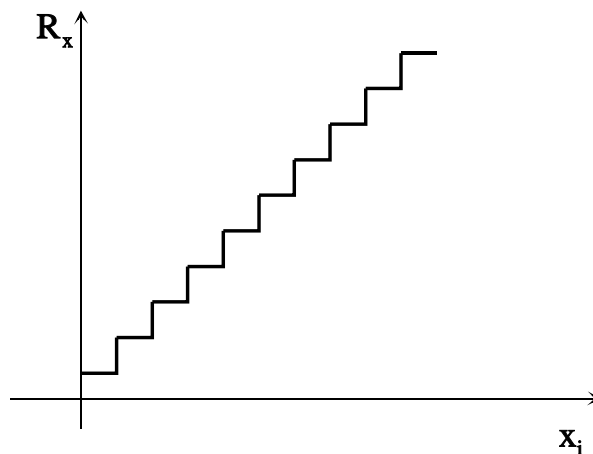
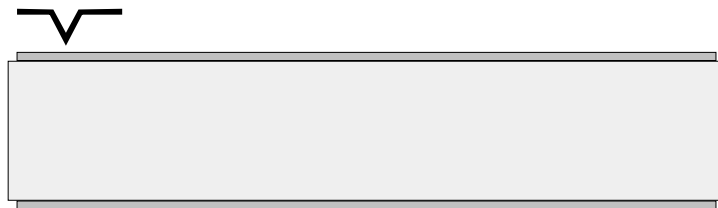
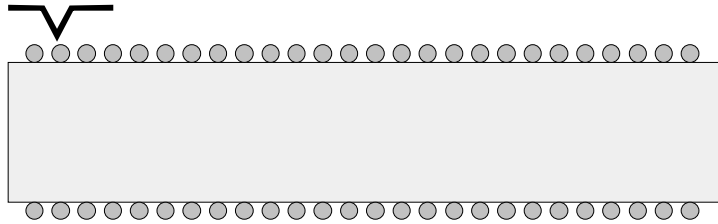
✚ Η παραπάνω σχέση απλοποιείται αν ισχύει $R_\varphi \gg R_x$, οπότε θα υπάρχει γραμμική εξάρτηση της V_{out} από το R_x . Αν δεν ισχύει $R_\varphi \gg R_x$, τα πράγματα δυσκολεύουν. Η παραπάνω σχέση δεν απλοποιείται και μπορεί να δει κάποιος τα αποτελέσματα μόνο αναλυτικά. Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι $R_\varphi/R_{ολ}=k$, οπότε θα εξετάσουμε τρεις περιπτώσεις, $k=1, 0.1, 0.01$, διατηρώντας παράλληλα $E=10\text{ V}$ και $R_{ολ}=1\text{ K}\Omega$.



✚ Όπως βλέπουμε από τις παραπάνω καμπύλες, όσο μικραίνει ο λόγος (μικρότερο φορτίο), τόσο χαλάει η γραμμικότητα, ενώ παράλληλα, η τάση στην έξοδο μικραίνει (στο ανώτερο σημείο όμως του ποτενσιομέτρου έχουμε πάντοτε έξοδο E). Άρα, θα μετράμε μικρότερη μετατόπιση από την πραγματική. Μάλιστα, το σφάλμα μπορεί να γίνει πολύ μεγάλο. Σαν παράδειγμα, για $k=0.01$, το σφάλμα φτάνει το 90%, ενώ για $k=1$ υπερβαίνει κατά λίγο το 10%.

✚ Η κίνηση της επαφής μπορεί να είναι γραμμική ή κυκλική, οπότε έχουνε αντίστοιχα αισθητήρα γραμμικής ή γωνιακής μετατόπισης.

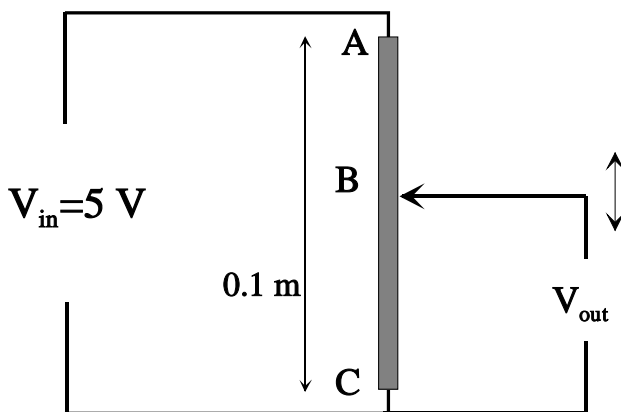
✚ Ο αντιστάτης μπορεί να είναι είτε από μεταλλικό σύρμα (κλαστικό ποτενσιόμετρο) είτε να σχηματίζεται από αγωγή επίστρωση (σαν παράδειγμα γραφίτη) που έχει εναποτεθεί πάνω σε ένα διηλεκτρικό. Η κατασκευή του επηρεάζει την ακρίβεια και τη διακριτική του ικανότητα.



✚ Στην αγωγή επίστρωση έχουμε καλύτερη διακριτική ικανότητα.

✚ Η ευαισθησία ενός αισθητήρα γραμμικής μετατόπισης τύπου ποτενσιόμετρου είναι ανάλογη της τάσης στην είσοδο και αντιστρόφως ανάλογη της ολικής ωμικής αντίστασης. Όμως, μεγάλη τάση και μικρή αντίσταση αυξάνουν την κατανάλωση ισχύος. Πάνω από μία τιμή ισχύος δεν έχουμε σωστή λειτουργία και χρειάζεται προσοχή.

✚ Ο αισθητήρας έχει ακρίβεια 0.1% στη μέγιστη ένδειξη, ενώ η συνολική αντίσταση είναι 100 Ω έως 1 MΩ. Η έξοδος μπορεί να πηγαίνει απλά σε βολτόμετρο κατάλληλα βαθμολογημένο σε μετατόπιση ή μπορεί να είναι είσοδος σε σύστημα μέτρησης. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπως η καταγραφή της θέσης αντικειμένου σε γραμμή παραγωγής ή τον έλεγχο διαστάσεων σε σύστημα ποιοτικού ελέγχου.



✚ Στον αισθητήρα του σχήματος, η έξοδος είναι $V_0=2.5\text{ V}$ όταν είμαστε στη μέση. Αν λόγω κίνησης της επαφής η τάση γίνει 2.65 V, πόση μετατόπιση είχαμε και

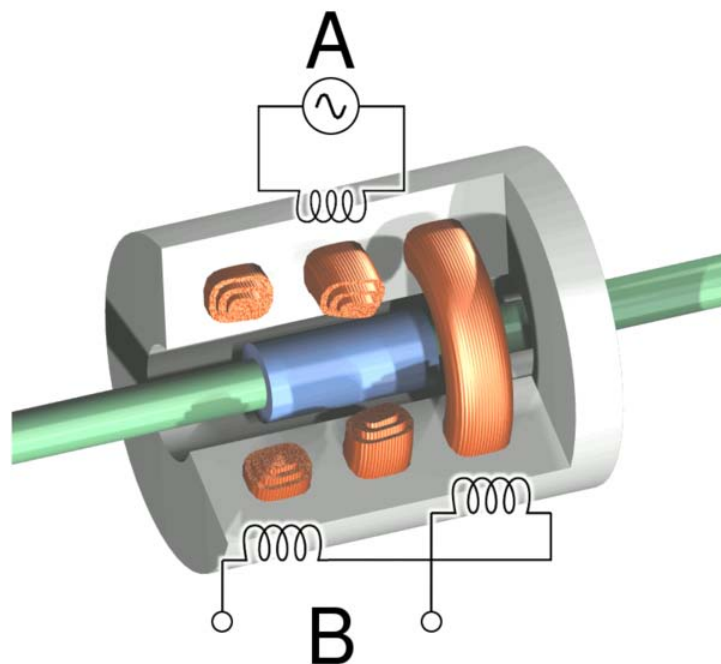
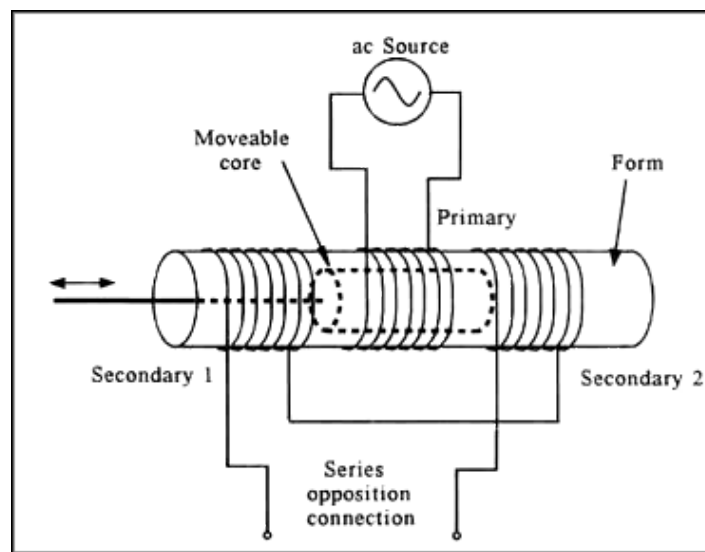
προς που;

Ισχύει $\Delta V=2.65\text{ V}-2.5\text{ V}=0.15\text{ V}$. Όμως, 5 V αντιστοιχούν σε 0.1 m. Άρα τα 0.15 V αντιστοιχούν σε 3 mm. Η μετατόπιση είναι προς τα πάνω (A) γιατί αυξάνει η τάση.

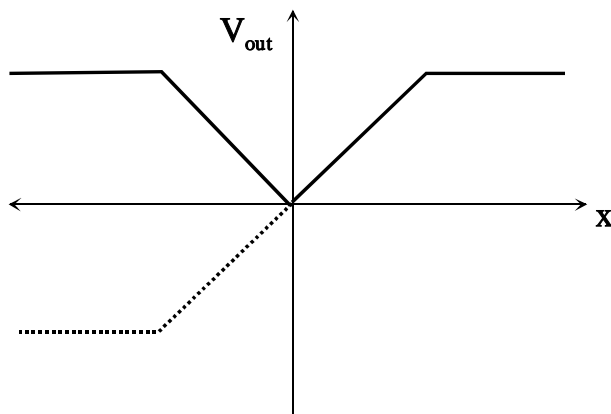
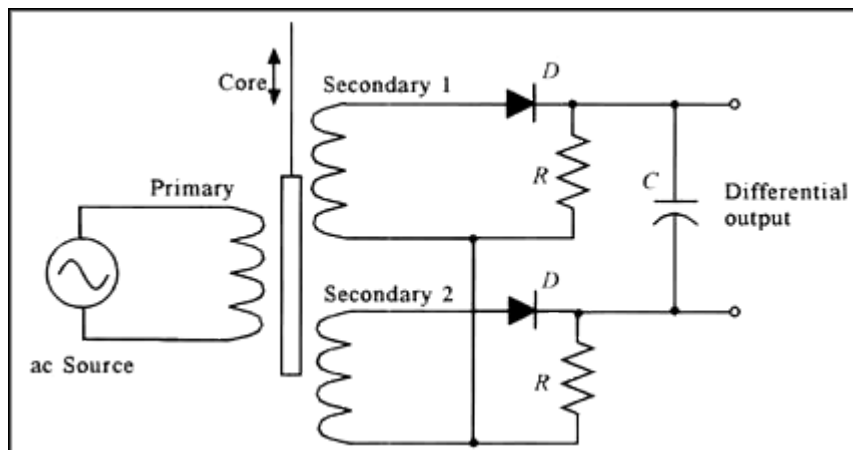


✚ Γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής:

Αποτελείται από ένα πρωτεύον και δύο δευτερεύοντα πηνία τυλιγμένα γύρω από ένα πυρήνα μαλακού σιδήρου και η έξοδος του εξαρτάται από την διαφορά των εξόδων των δύο δευτερευόντων πηνίων. Αυτό οφείλεται στην δυνατότητα κίνησης του πυρήνα μαλακού σιδήρου λόγω της υπό μέτρηση μετατόπισης.



✚ Για την διάταξη του παραπάνω σχήματος, έχουμε στο πρωτεύον ένα εισερχόμενο εναλλασσόμενο σήμα (έως 5 kHz), το οποίο δημιουργεί μαγνητικό πεδίο μέσα στο πυρήνα μαλακού σιδήρου. Ο πυρήνας μαλακού σιδήρου μπορεί να κινείται ελεύθερα και η εκάστοτε θέση του καθορίζει τις τάσεις εξόδου από τα δύο δευτερεύοντα, V_1 και V_2 .

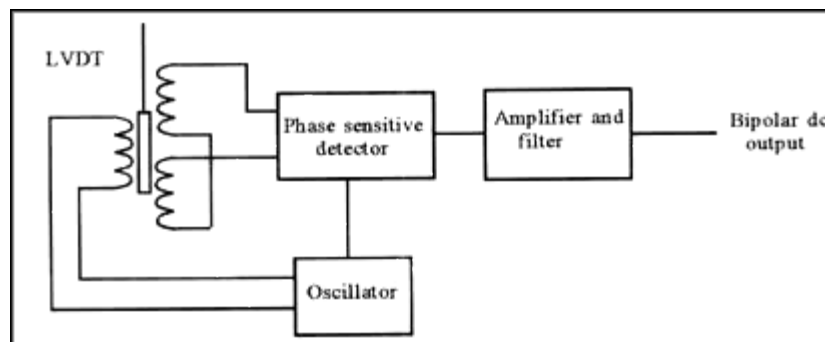


✚ Αν ο πυρήνας βρίσκεται στη μέση, οι τάσεις V_1 και V_2 είναι ίσες και αντίθετες και η έξοδος είναι μηδέν. Αν κινηθεί ο πυρήνας προς τα πάνω, μειώνεται η

τάση V_2 , ενώ αν κινηθεί προς τα κάτω μειώνεται η τάση V_1 . Παράλληλα βέβαια μεταβάλλεται και η φάση στα δευτερεύοντα. Η γνώση και του μέτρου και της φάσης της διαφορικής τάσης στην έξοδο επιτρέπει τον προσδιορισμό της ακριβούς μετατόπιση (μέτρο και φορά).

✚ Ο αισθητήρας ονομάζεται διαφορικός καθώς η έξοδος του είναι η διαφορά δύο τάσεων, μεταβλητός γιατί μεταβάλλεται η έξοδος του και γραμμικός γιατί επιτρέπει γραμμική σχέση μεταξύ τάσης εξόδου και μετατόπισης.

✚ Αν έχουμε μετατόπιση και προς τις δύο διευθύνσεις και απαιτείται γνώση της φοράς χρειάζεται κατάλληλη ρύθμιση σήματος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με σύγκριση της φάσης της εξόδου (διαφορική τάση) με την τάση του πρωτεύοντος. Όποια από τις επιμέρους τάσης είναι μεγαλύτερη επικρατεί και σε φάση, άρα η τελική φάση θα είναι ίδια ή αντίθετη με την φάση του πρωτεύοντος (ανάλογα με το ποιο πηνίο είναι περιτυλιγμένο με την ίδια ή την αντίθετη φορά).



✚ Οι γραμμικοί διαφορικοί μεταβλητοί μετασχηματιστές είναι εξαιρετικά ευαίσθητοι, με διακριτική ικανότητα που φτάνει τα 50 μm . Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μετρήσεις μετατοπίσεων από 100 μm έως 0.3 m με σφάλμα 0.5% στο μέγιστο της κλίμακας. Έχουν πολλές εφαρμογές από εργαλεία μηχανουργείου έως ρομποτική. Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής λόγω απουσίας τριβών.

