

**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**«ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ &  
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ»**

**3<sup>η</sup> ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ**

**ΔΙΔΑΣΚΩΝ  
ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ  
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Δ.Π.Θ.**

- **ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ**

Μετατροπέας είναι κάθε συσκευή που μετατρέπει ενέργεια από μια μορφή σε άλλη.

Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση, και συχνά για την μέτρηση ενός μεγέθους ενώ ταξινομούνται σε κατηγορίες ανάλογα με το τι μετρούν.

1. **Αισθητήρες γειννίασης.** Ανιχνεύουν την παρουσία ενός αντικειμένου χωρίς φυσική επαφή.

**a. Επαγωγικός αισθητήρας.** Ενεργοποιείται από μεταλλικό αντικείμενο και χρησιμοποιεί ταλαντωτή και κύκλωμα ανίχνευσης σαν βάση λειτουργίας του.

**b. Χωρητικός αισθητήρας.** Ενεργοποιείται από αγώγιμα και μη αγώγιμα υλικά.

2. **Μαγνητικοί διακόπτες.** (Ηλεκτρονόμος με γλωσσίδες). Αποτελείται από δύο πλατειές λωρίδες επαφής που είναι κλεισμένες ερμητικά και ενεργοποιείται από μόνιμο μαγνήτη.

3. **Φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες.** Χρησιμοποιούν φωτοδίοδο σαν πηγή εκπομπής φωτός και φωτοτρανζίστορ σαν πηγή λήψης.

**Φωτοβολταϊκό.** (Ηλιακό κύτταρο). Είναι αισθητήρας ανίχνευσης φωτός που μετατρέπει την ενέργεια του φωτός απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.

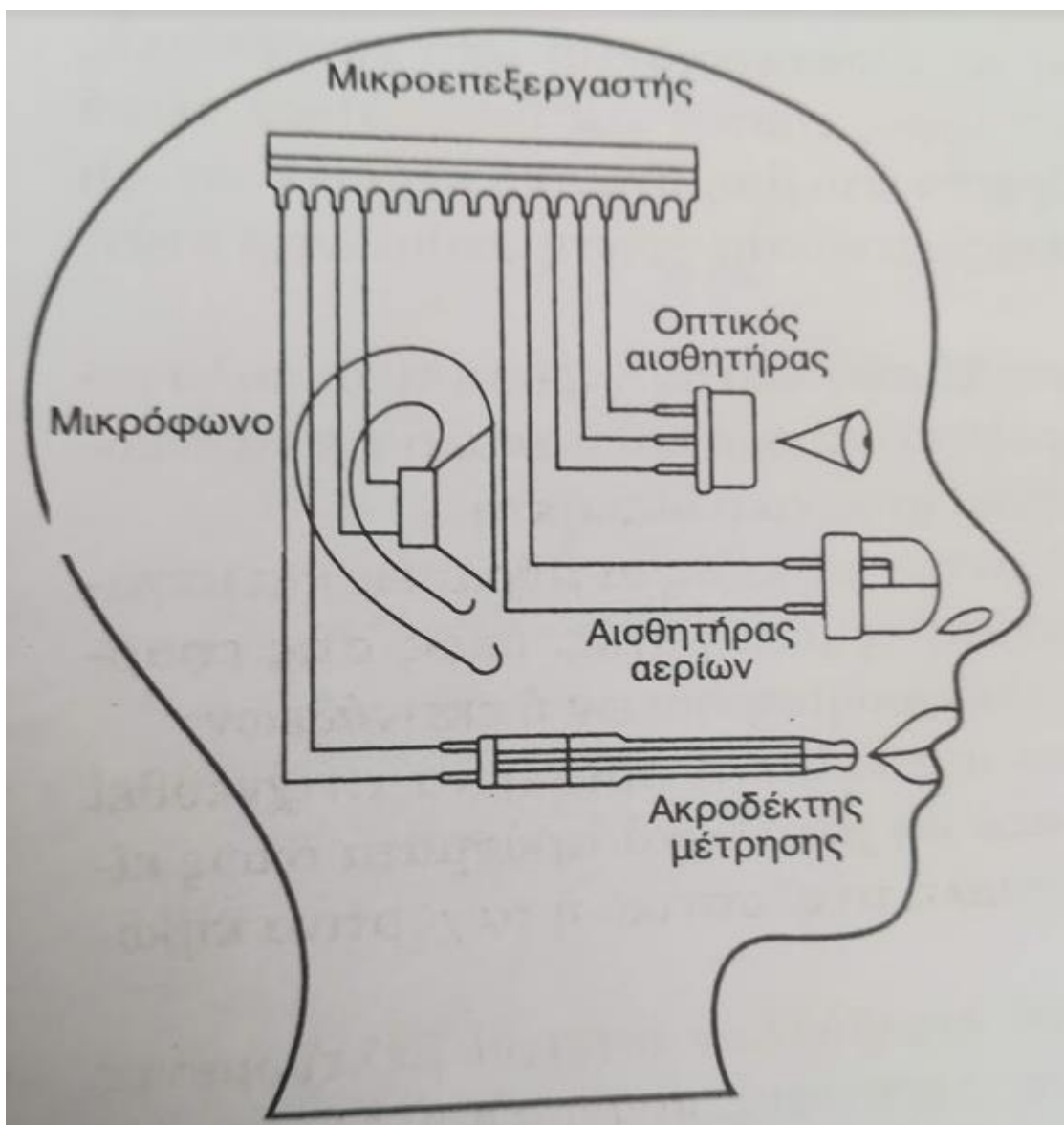
**Φωτοαντίσταση.** (Φωτοαγώγιμο κύτταρο) Αυξάνει την αντίστασή του όταν η επιφάνειά του αλλάξει από φωτισμένη έντονα σε σκοτεινή.

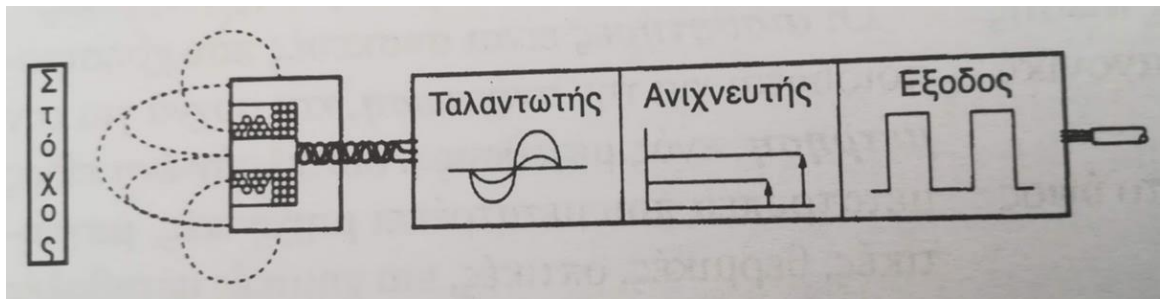
**a. Ανακλαστικός φωτοηλεκτρικός αισθητήρας.**

Χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της φωτεινής δέσμης που ανακλάται από τον στόχο.

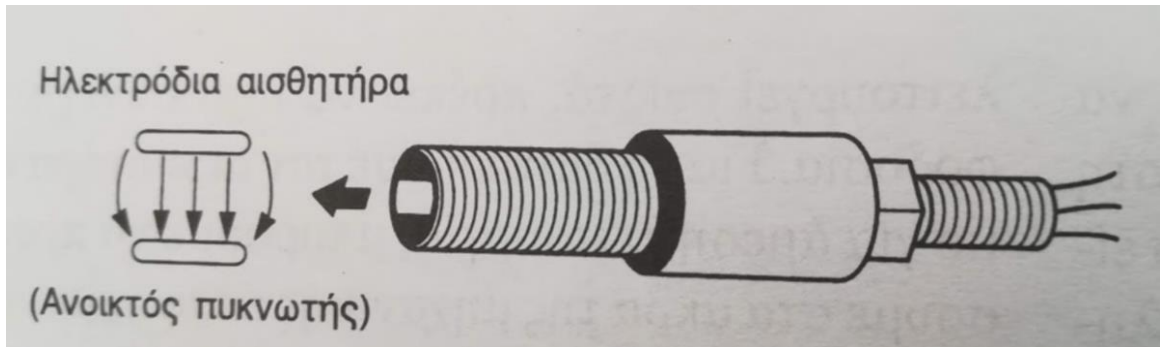
**b. Φωτοηλεκτρικός αισθητήρας διερχόμενου φωτός.**

Χρησιμοποιείται για μέτρηση της μεταβολής της ποσότητας φωτός που προκαλείται όταν ο στόχος διασταυρωθεί με τον οπτικό άξονα.





Επαγωγικός αισθητήρας γειννίασης



Χωρητικός αισθητήρας γειννίασης

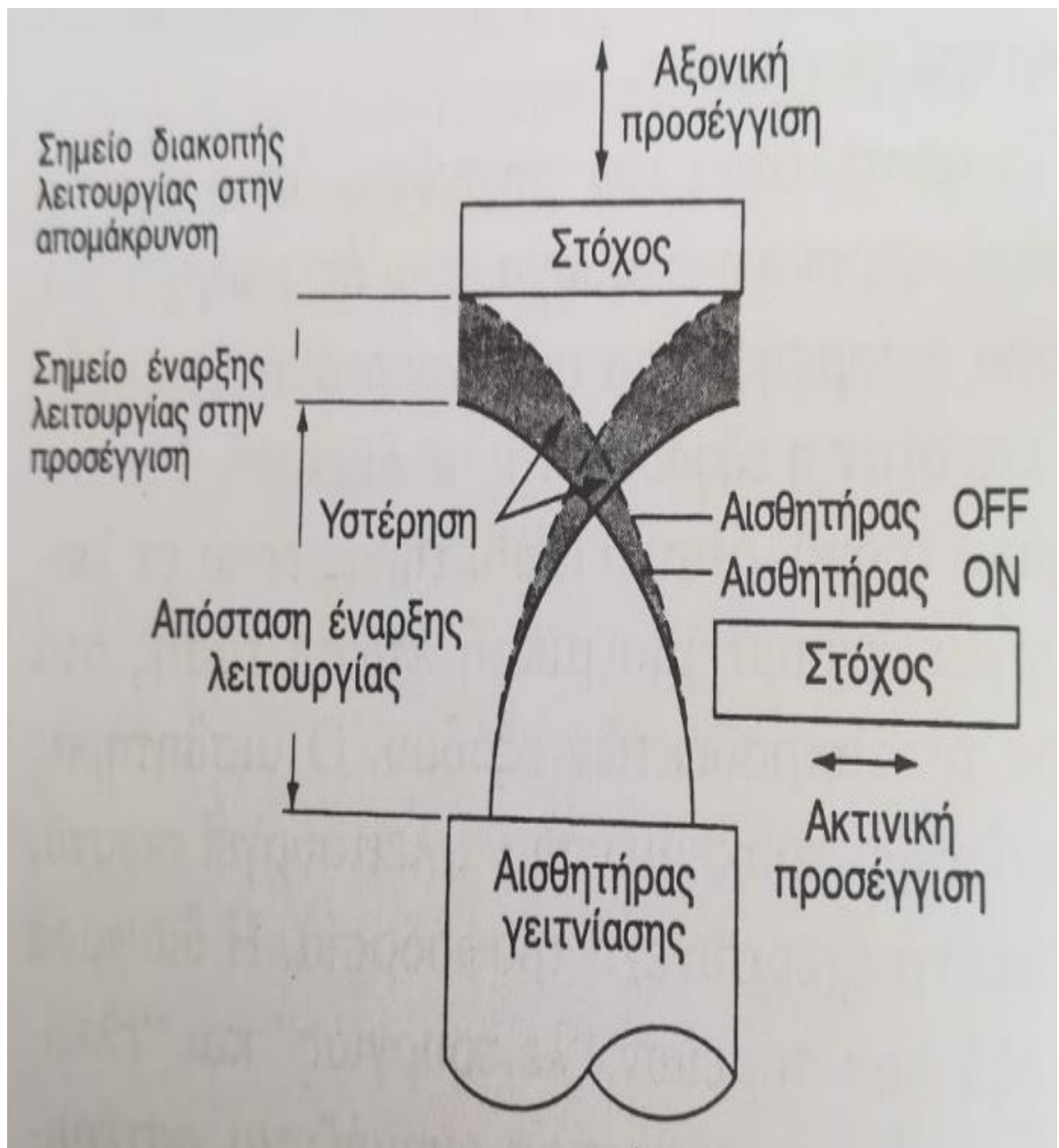




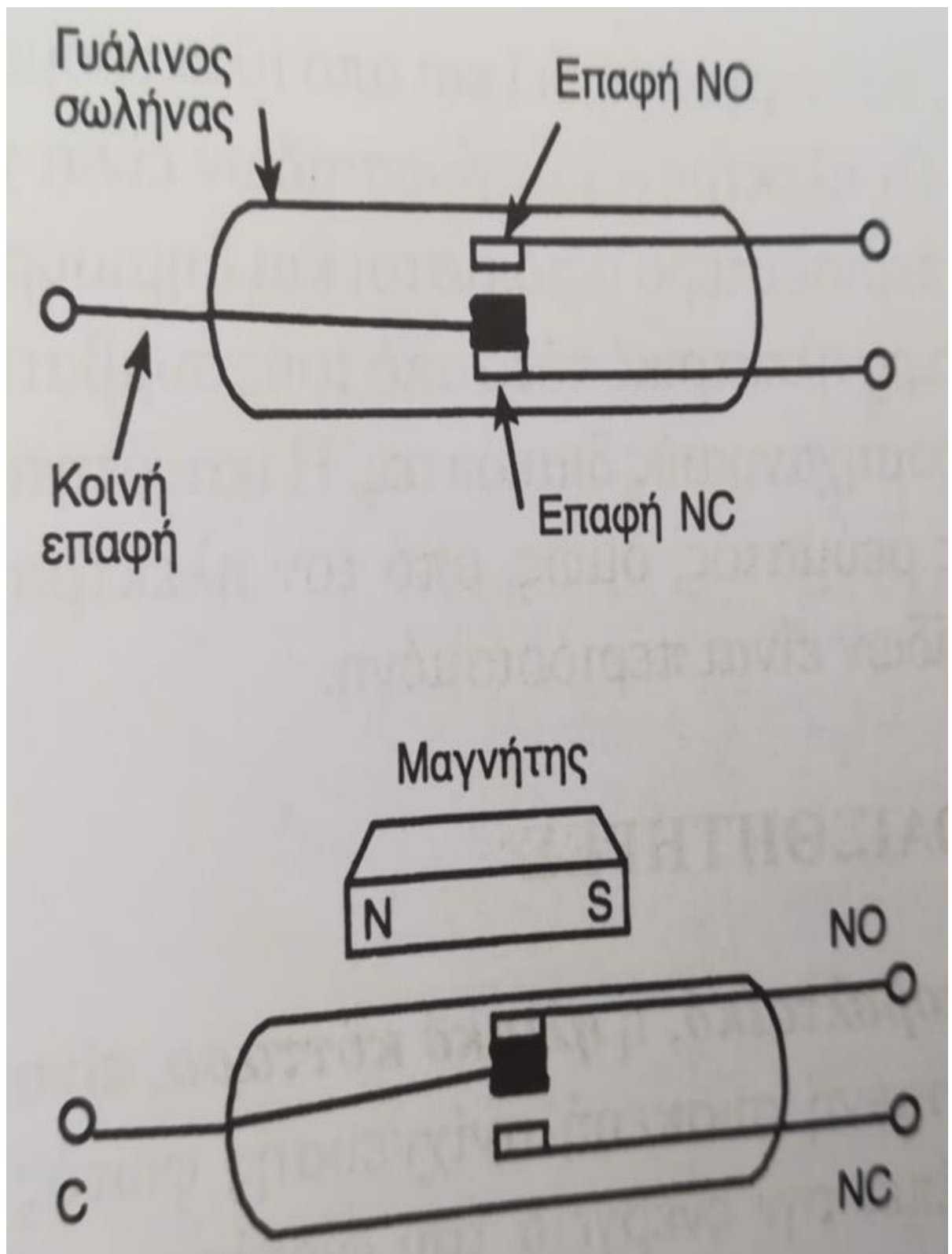
Επαγωγικός αισθητήρας γειτνίασης (proximity sensor)



Χωρητικός αισθητήρας γειτνίασης (osisense)



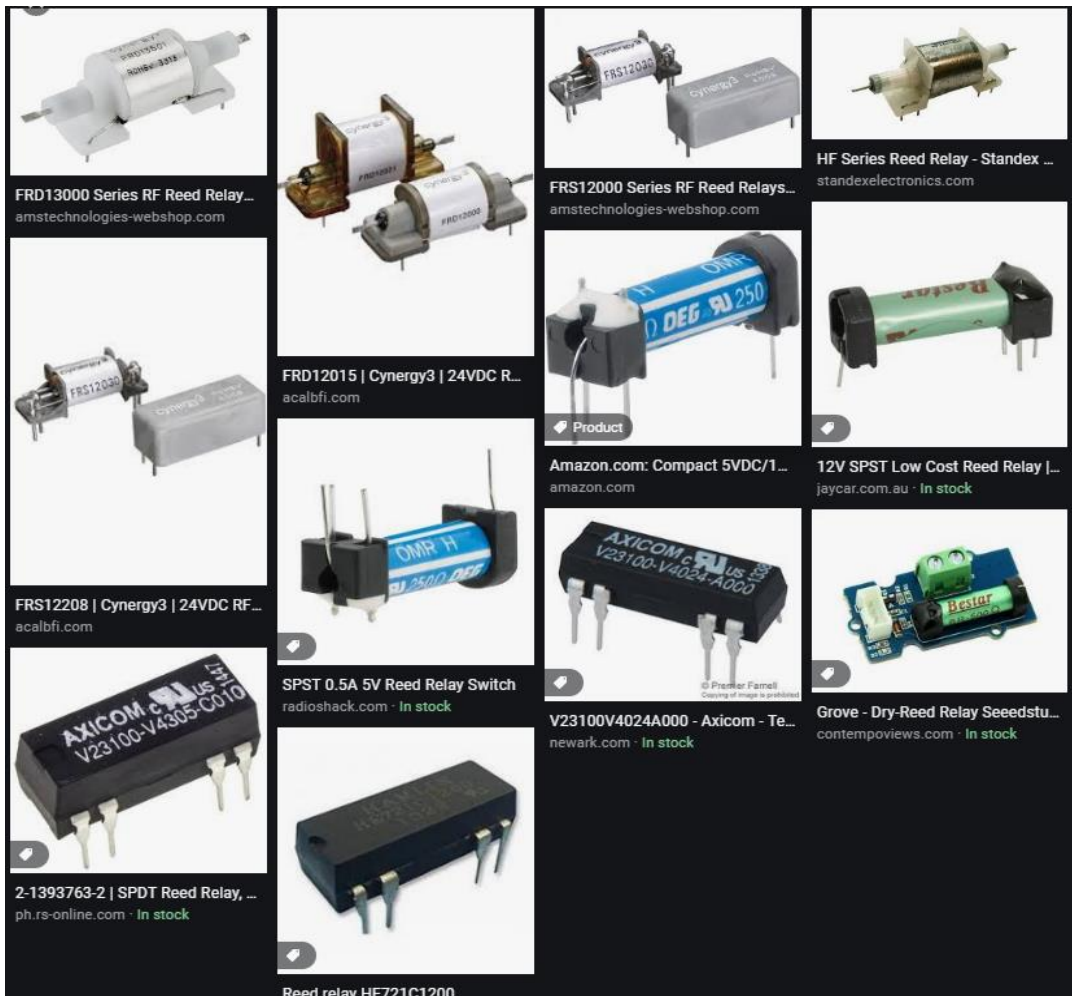
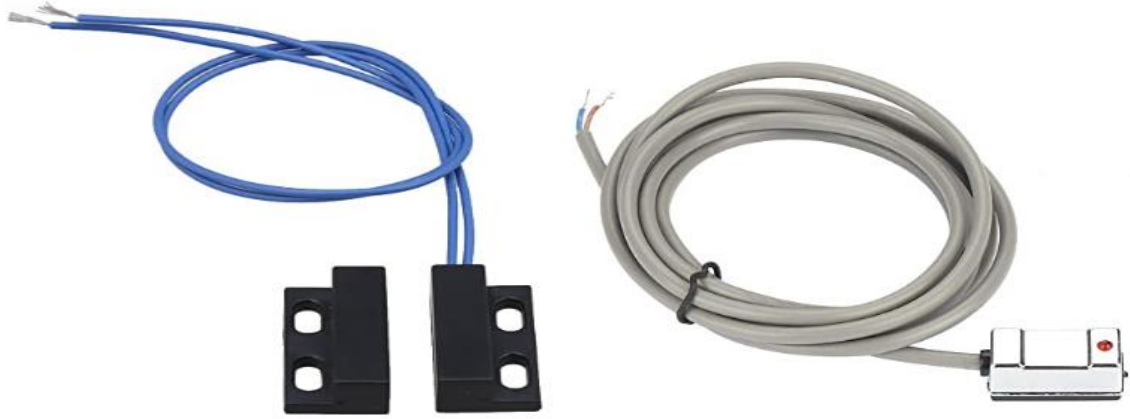
Η υστέρηση είναι η απόσταση μεταξύ του σημείου λειτουργίας όταν ο στόχος πλησιάζει την επιφάνεια ανίχνευσης του αισθητήρα γειτνίασης και του σημείου ελευθέρωσης όταν ο στόχος απομακρύνεται από την επιφάνεια ανίχνευσης. Δίνεται σαν ποσοστό της ονομαστικής περιοχής ανίχνευσης. Η υστέρηση χρειάζεται για να μη λειτουργούν ανώμαλα οι αισθητήρες γειτνίασης όταν τραντάζονται ή ταλαντώνονται, ή έχουν στόχους που κινούνται αργά, ή βρίσκονται σε μικροδιαταράξεις όπως είναι ο ηλεκτρικός θόρυβος και η διακύμανση θερμοκρασίας.



Μαγνητικός Διακόπτης ή ηλεκτρονόμος με γλωσσίδες (Reed Relay)

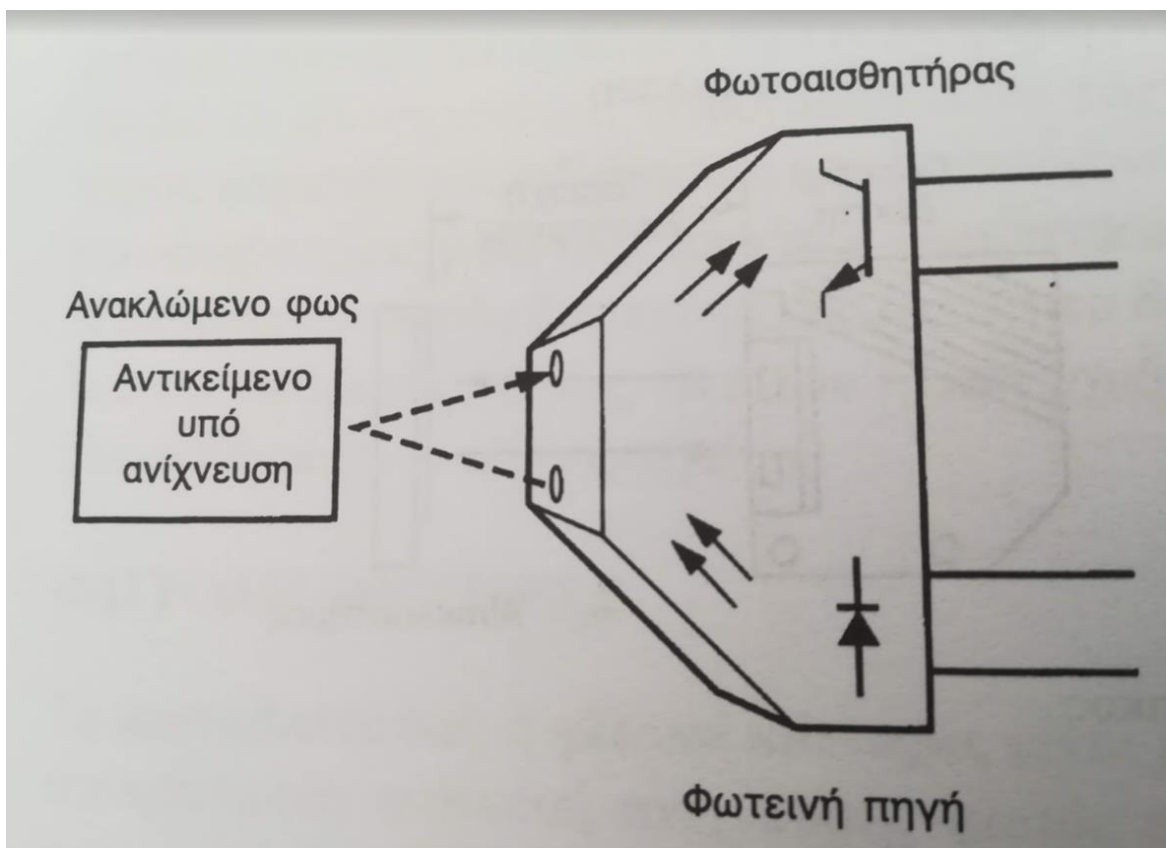
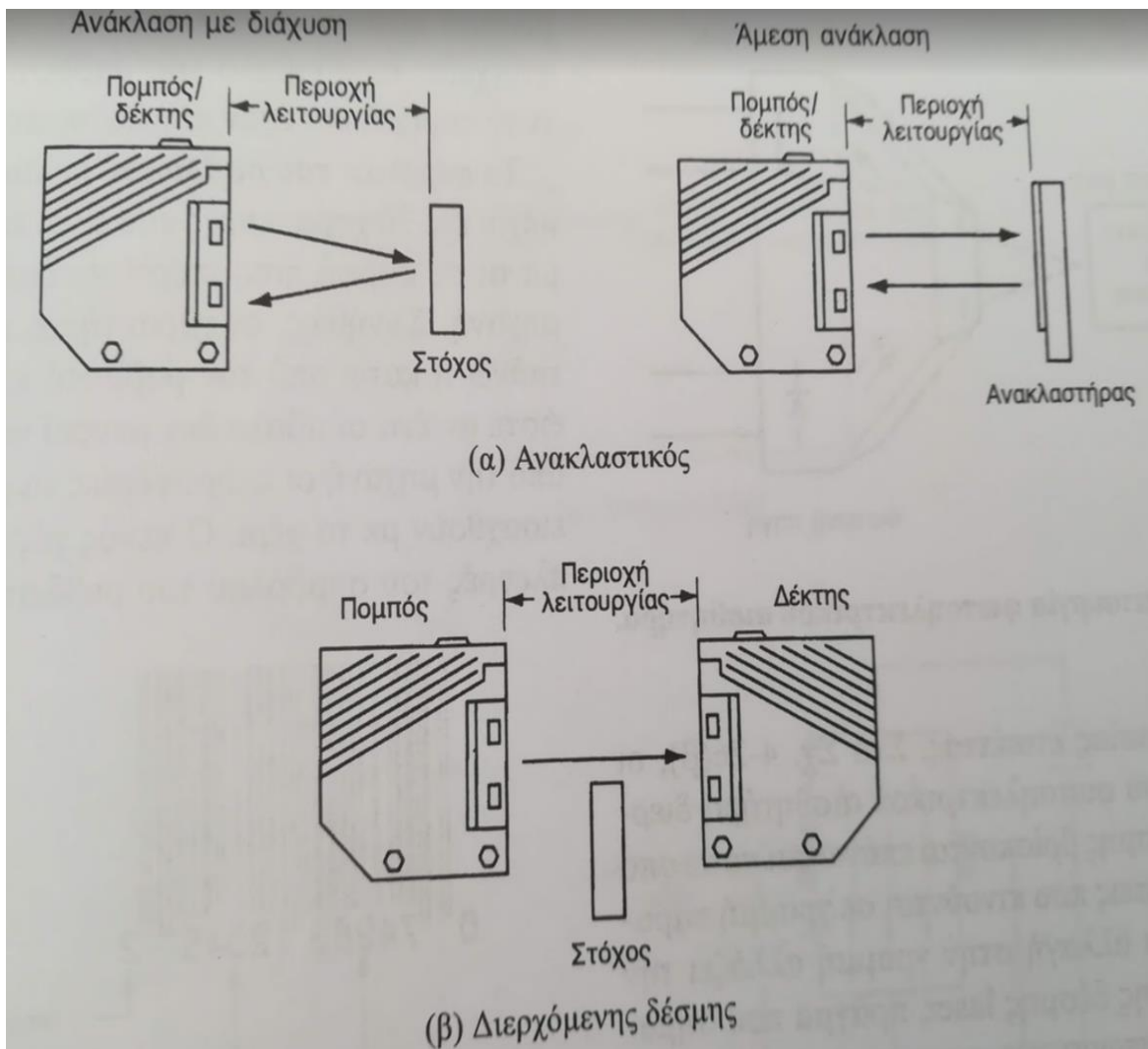
Τρόποι ενεργοποίησης με μαγνήτη:

- α) κίνηση προσέγγιση ή του ηλεκτρονόμου ή του μαγνήτη
- β) περιστροφική κίνηση, ενεργοποίηση 2 φορές σε κάθε περιστροφή
- γ) με θωράκιση, ενεργοποίηση με απομάκρυνση του καλύμματος



Μαγνητικός διακόπτης ( Reed relay )







Πλεονεκτήματα:

Ανίχνευση χωρίς επαφή

Στόχοι από κάθε υλικό

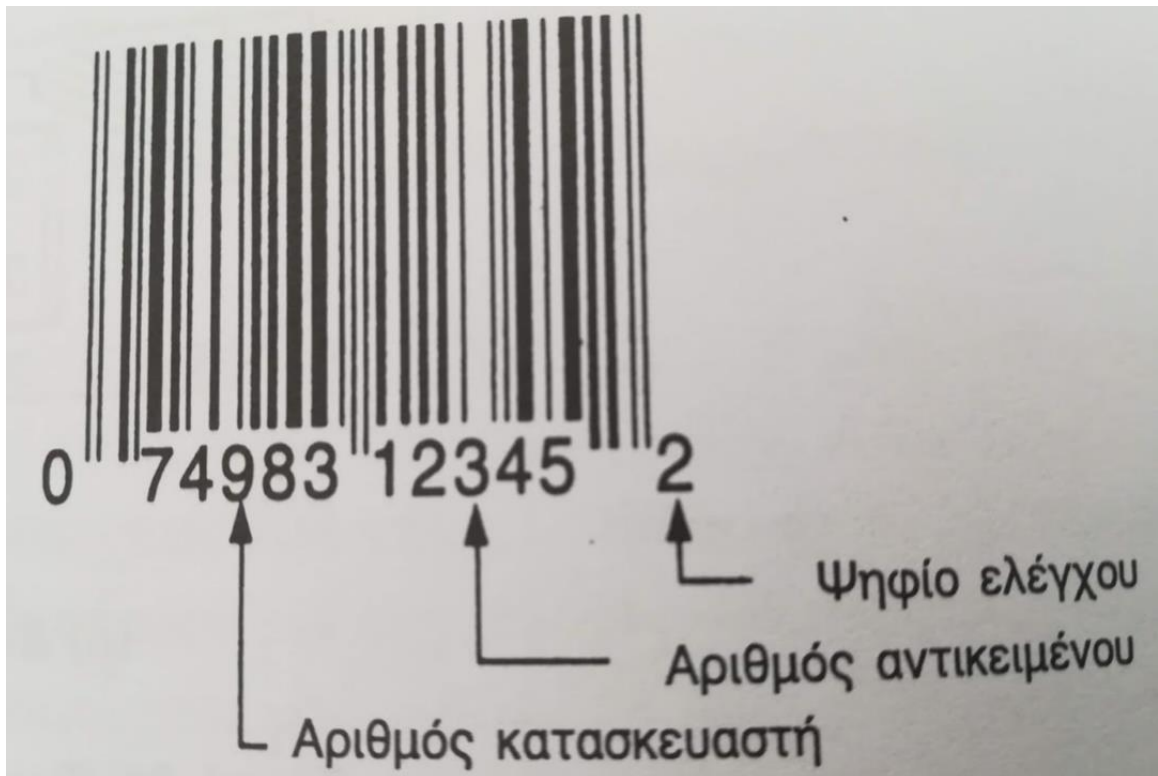
Μεγάλη απόσταση ανίχνευσης 1 m έως και 10 m

Μεγάλη ταχύτητα απόκρισης 50  $\mu$ s

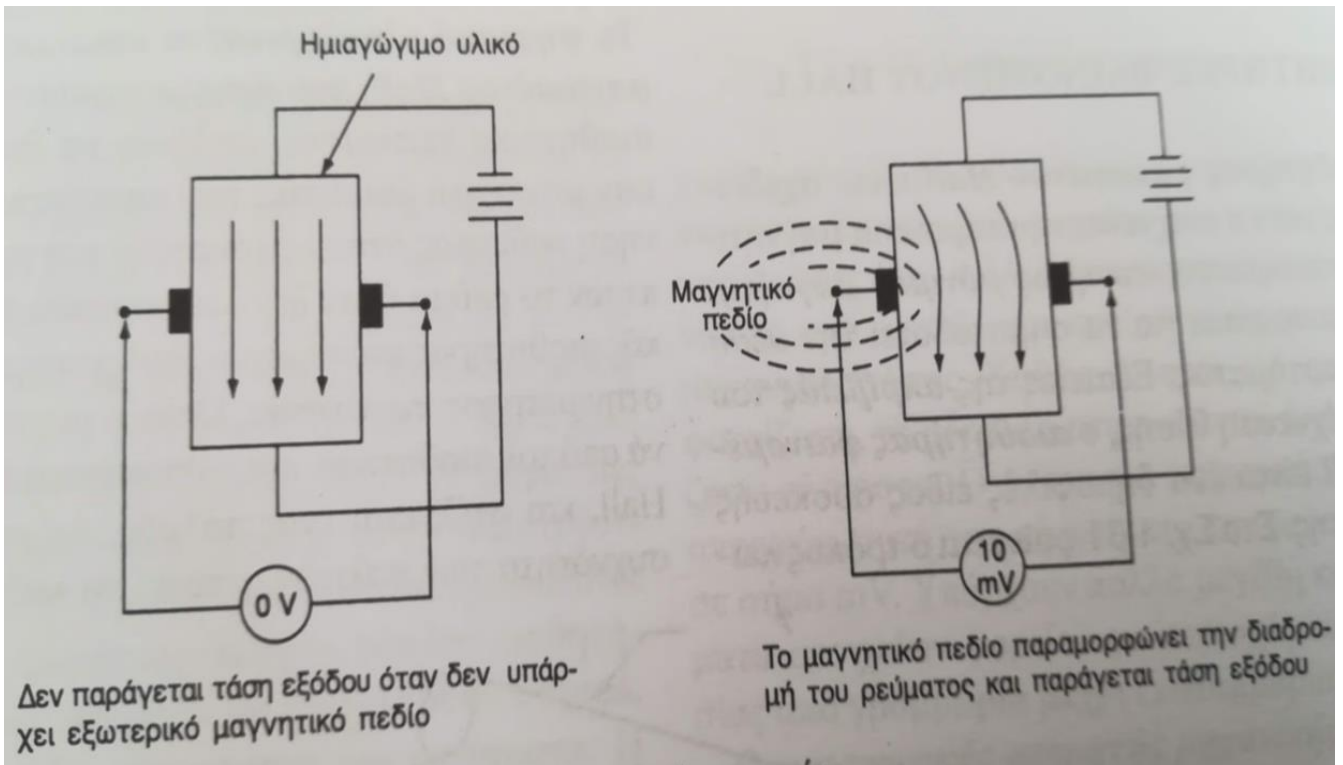
Διαχωρισμός χρωμάτων

Υψηλή ακρίβεια θέσης

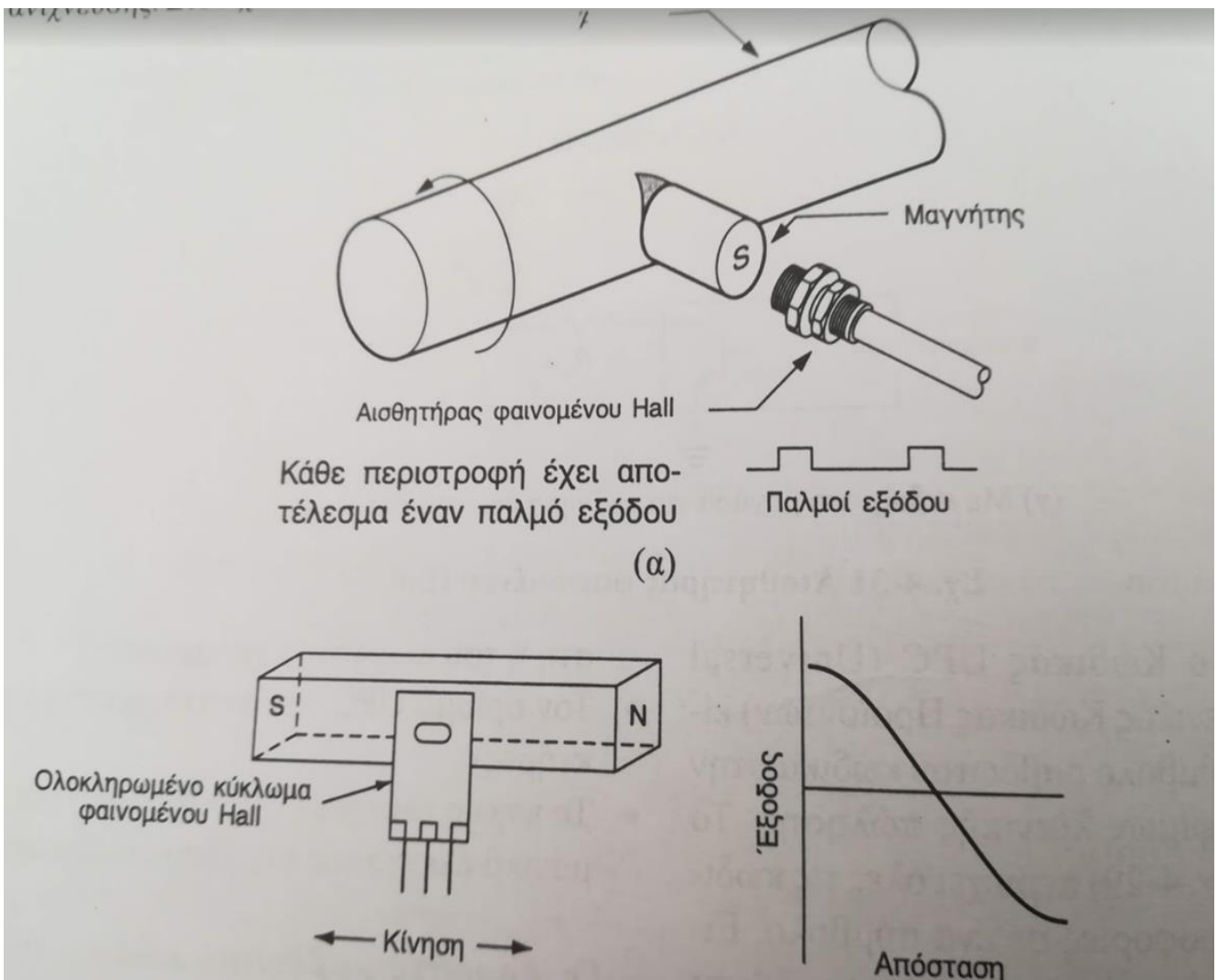
Ραβδωτός κώδικας (Barcode)

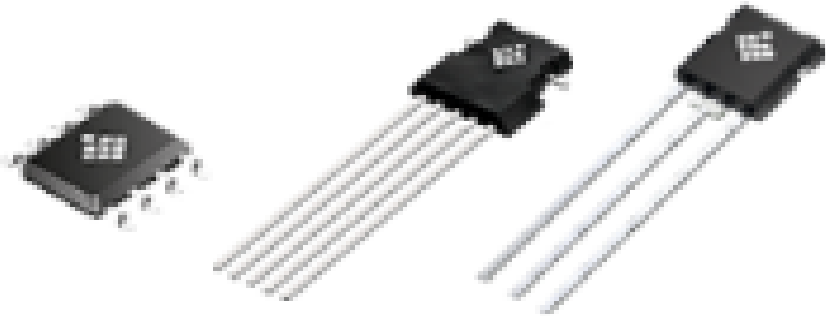
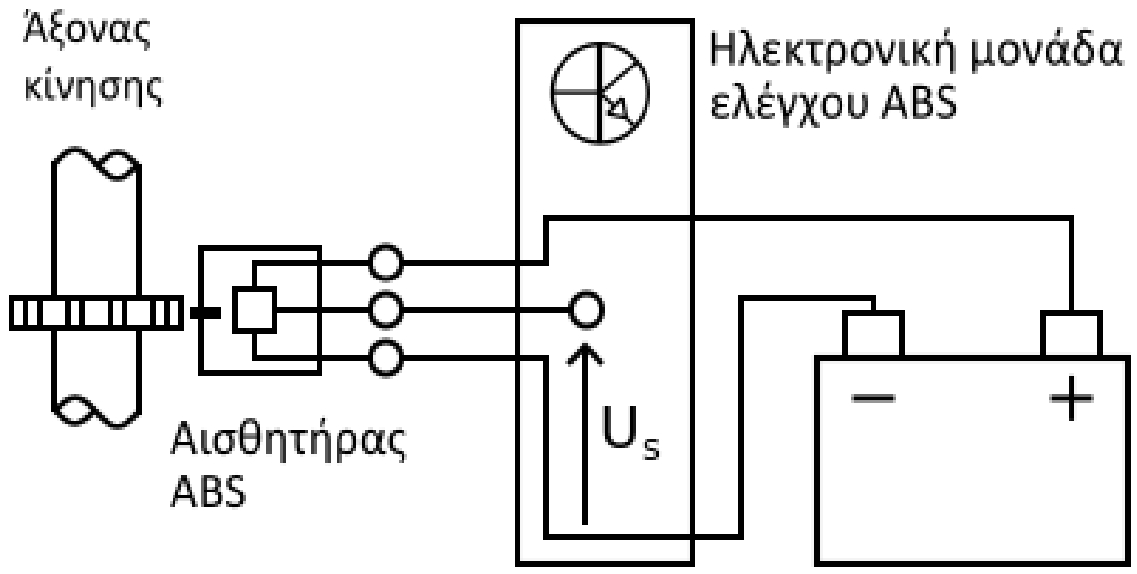


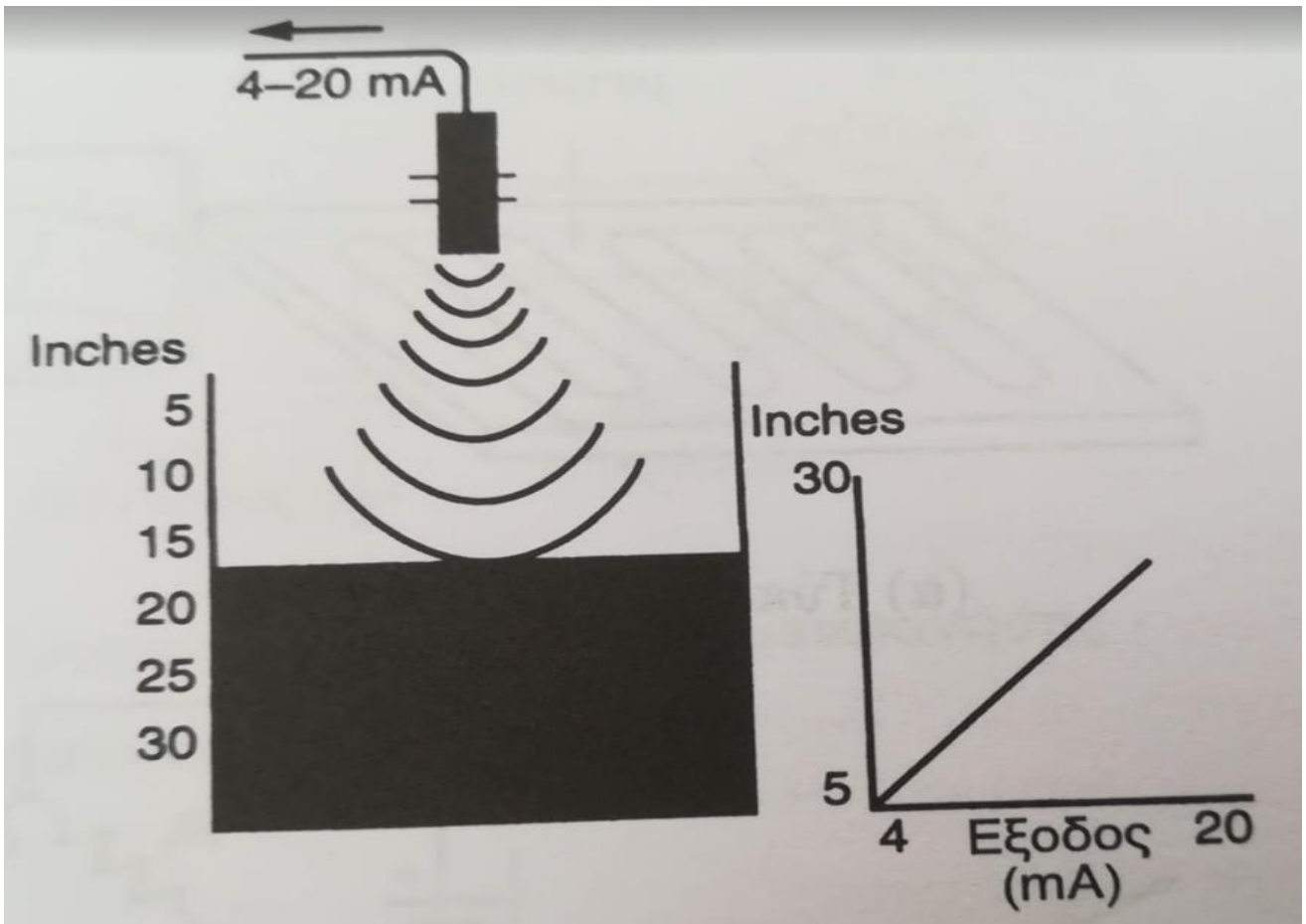
4. **Αισθητήρες φαινομένου Hall.** Είναι ημιαγωγός σχεδιασμένος για να ανιχνεύει την παρουσία μαγνητικού αντικειμένου, συνήθως μόνιμου μαγνήτη.
5. **Αισθητήρες υπερήχων.** Λειτουργούν με αποστολή ηχητικών κυμάτων προς τον στόχο και με μέτρηση του χρόνου που χρειάζεται για την επιστροφή των παλμών.
6. **Αισθητήρες πίεσης (Μηχανικής τάσης).**
  - a. Ο μετατροπέας μετρητή μηχανικής τάσης **σύρματος** βασίζεται στην αρχή λειτουργίας ότι η αντίσταση αγωγού μεταβάλλεται με το μήκος και τη διατομή του.
  - b. Ο **ημιαγωγικός** μετρητής μηχανικής τάσης αναπτύσσει τάση εξόδου όταν εφαρμόζεται μια δύναμη η οποία μεταβάλλει το σχήμα του κρυστάλλου (πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο).
7. **Αισθητήρες μετατόπισης.**
  - a. Τα **ποτενσιόμετρα** χρησιμοποιούνται για την μέτρηση μετατόπισης επειδή υπάρχει άμεση σχέση της θέσης του δρομέα και του σήματος εξόδου. Οι μετατροπείς μετατόπισης μπορεί να είναι είτε **γραμμικοί** είτε **γωνιακοί**.
  - b. Ο **γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής (LVDT)** είναι σχεδιασμένος για να ανιχνεύει την θέση με την κίνηση ενός πυρήνα μετασχηματιστή και από τις τάσεις που προκύπτουν επαγωγικά σε δύο δευτερεύοντα τυλίγματα.



## Αισθητήρας Hall



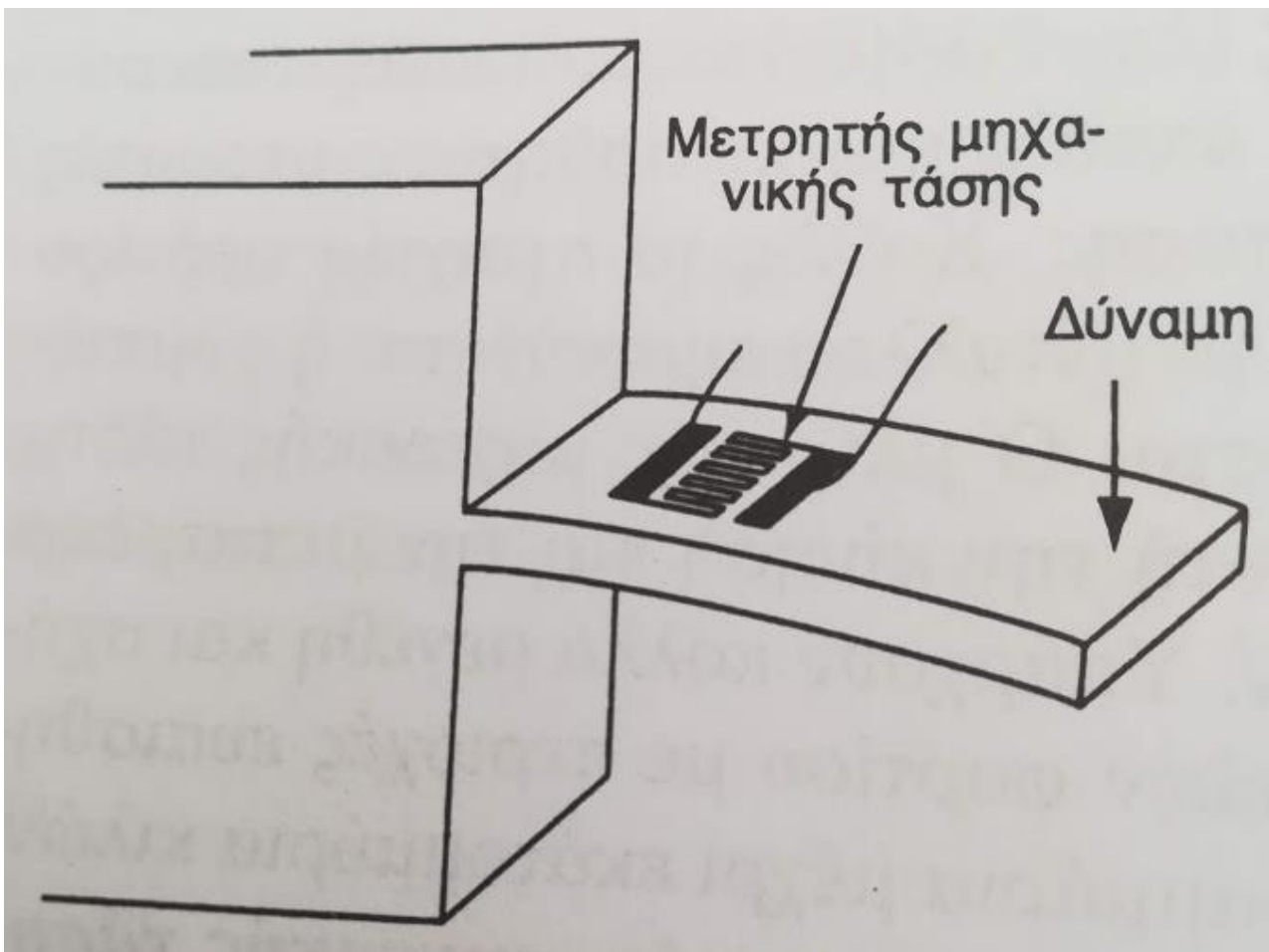
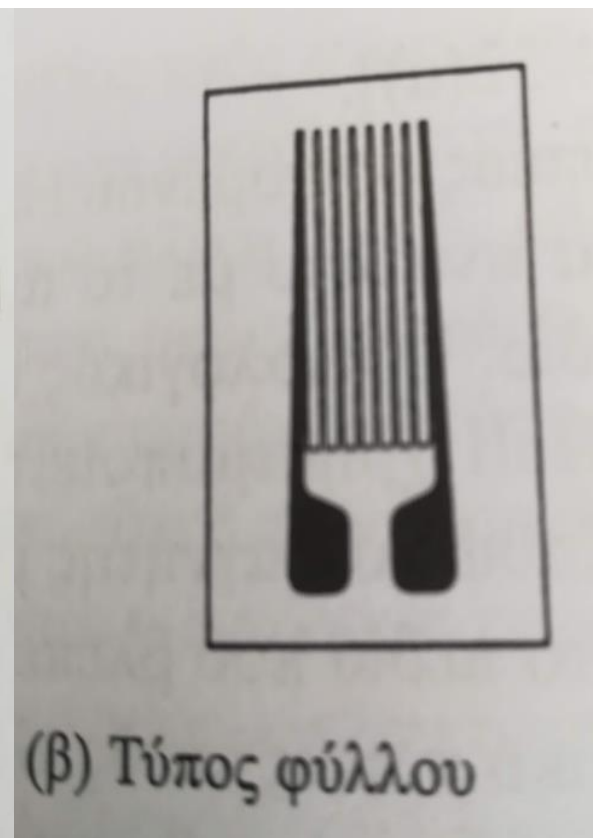
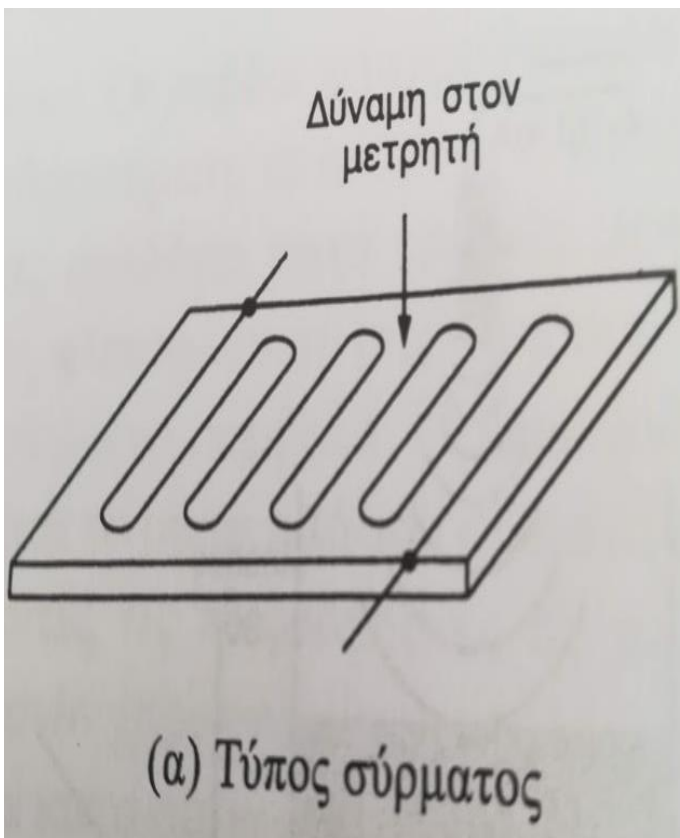


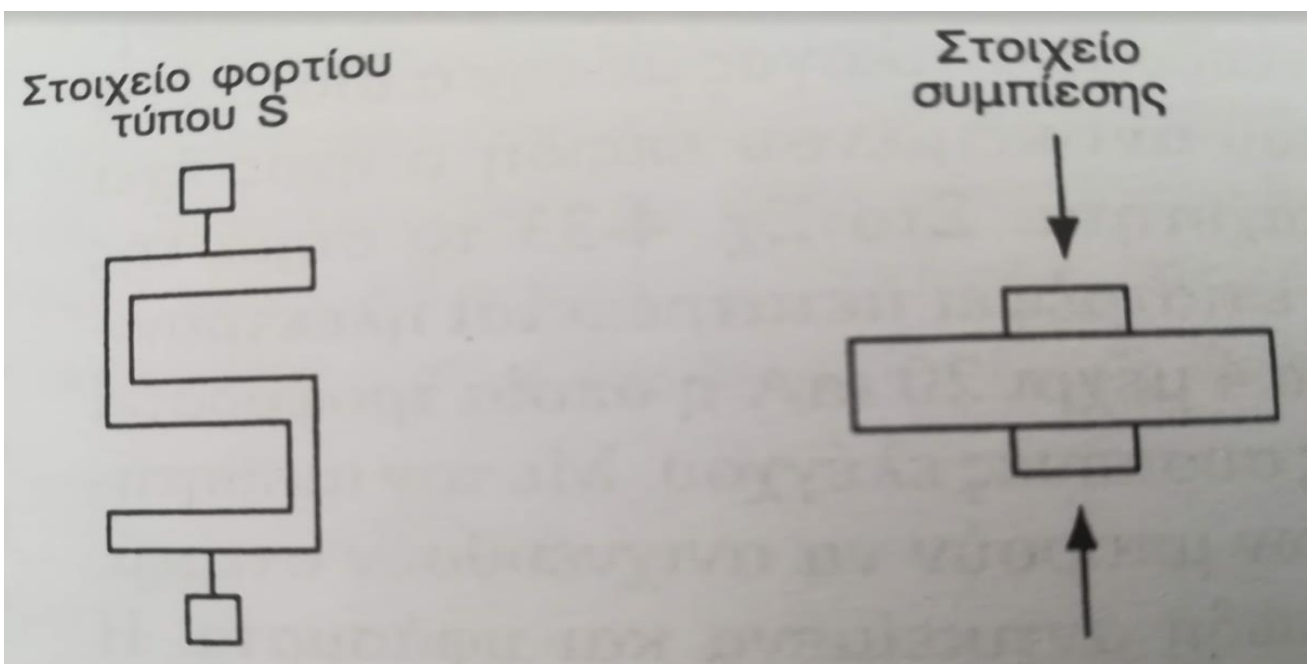
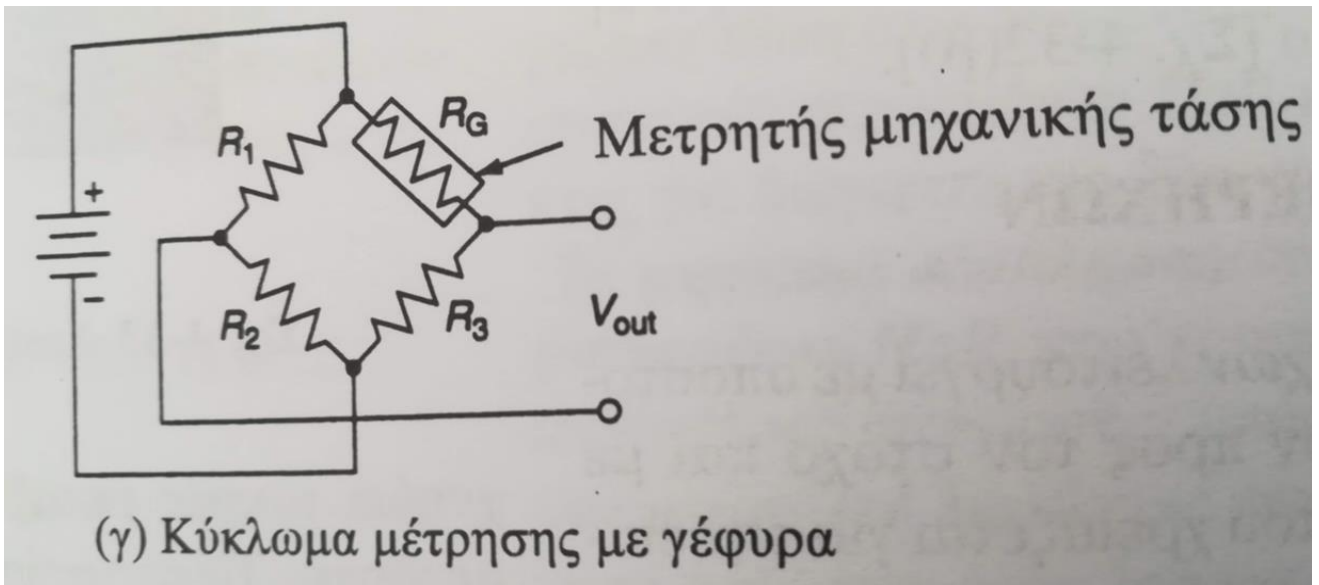


Αισθητήρας υπερήχων

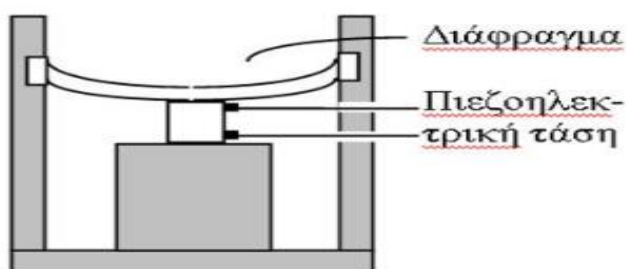


Αισθητήρας παρκαρίσματος





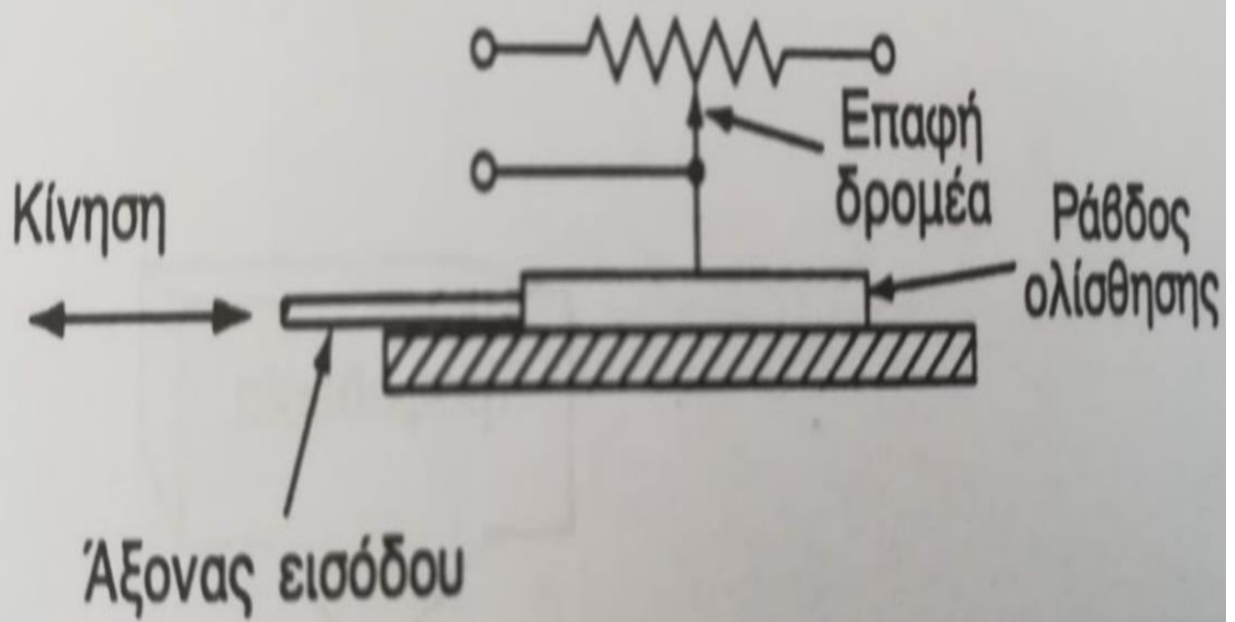
## Πιεζοηλεκτρικοί Αισθητήρες Πίεσης



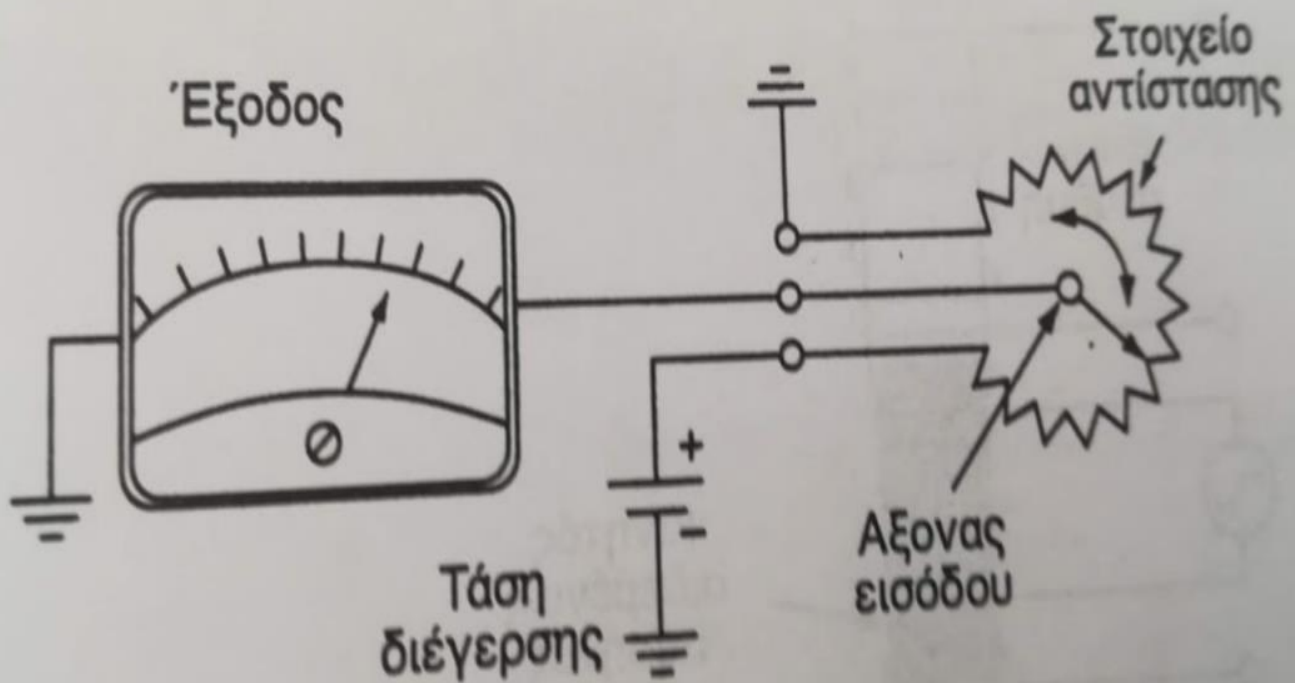
Μορφή πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα πίεσης

$$F = k d V \Leftrightarrow V = \frac{1}{k d} F$$

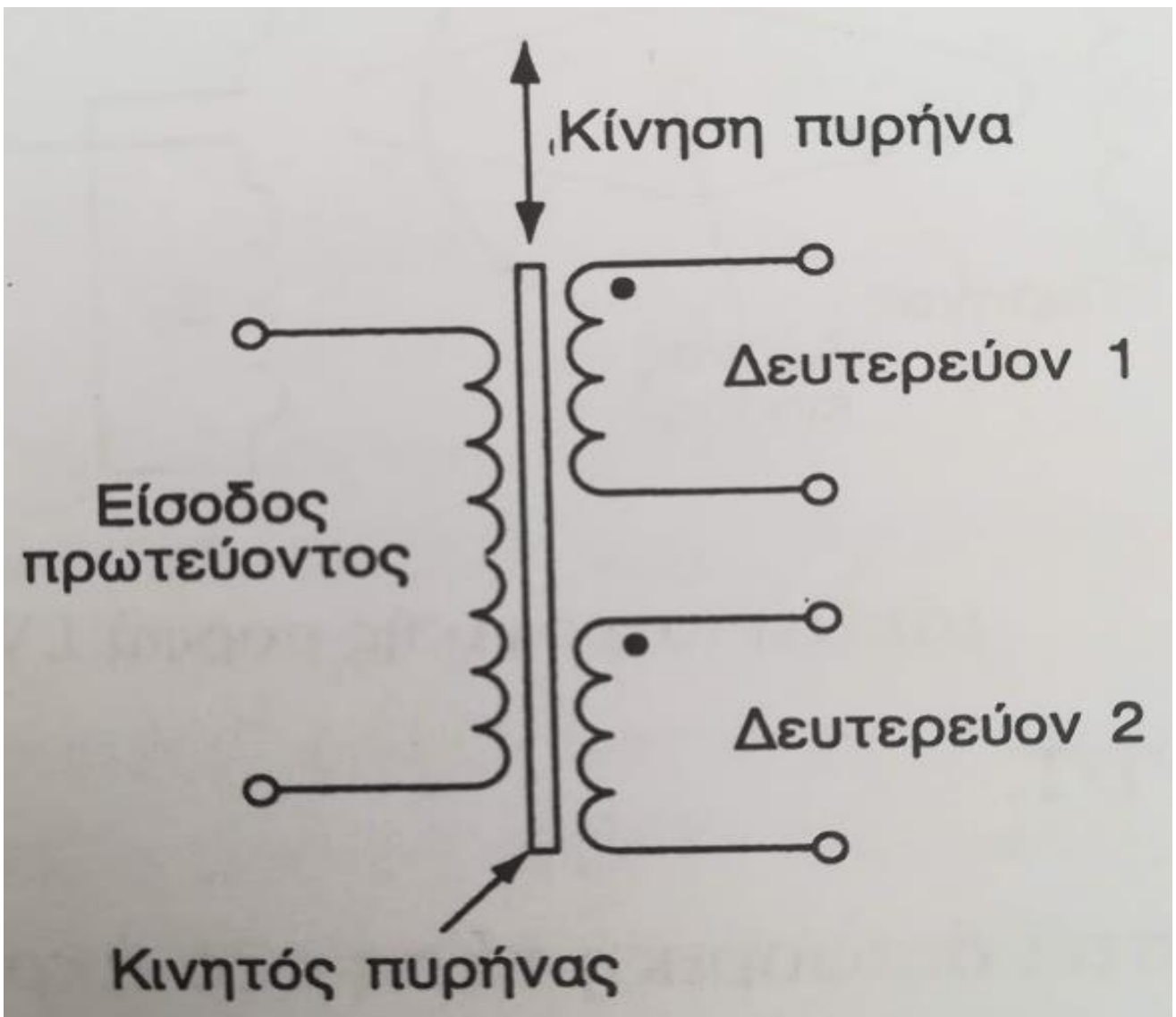




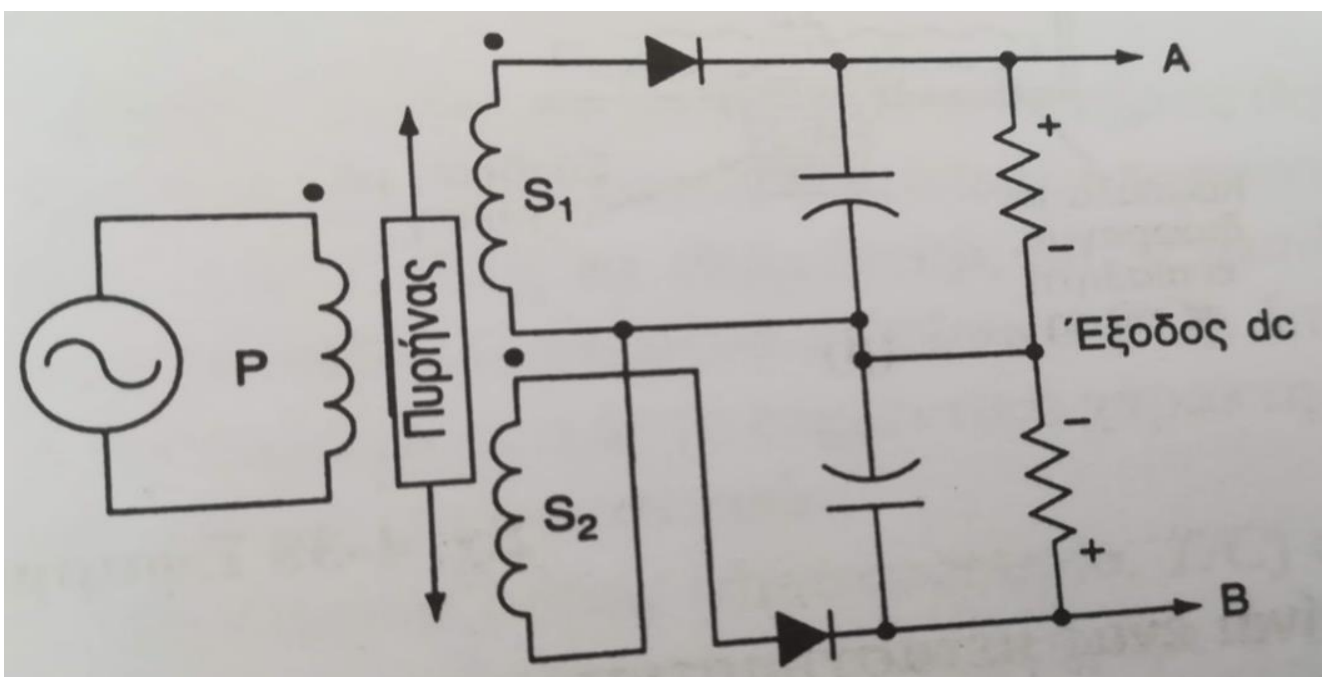
(α) Ποτενσιόμετρο γραμμικής μετακίνησης



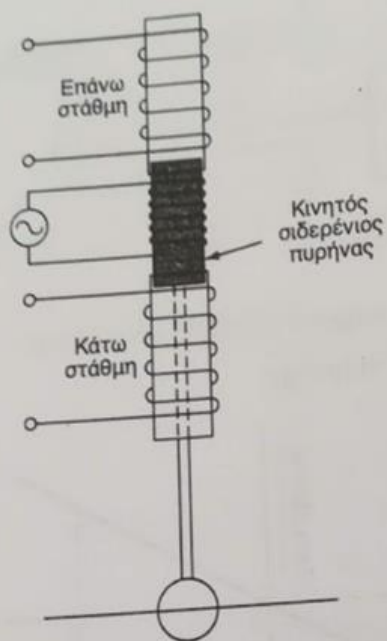
(β) Ποτενσιόμετρο γωνιακής μετακίνησης



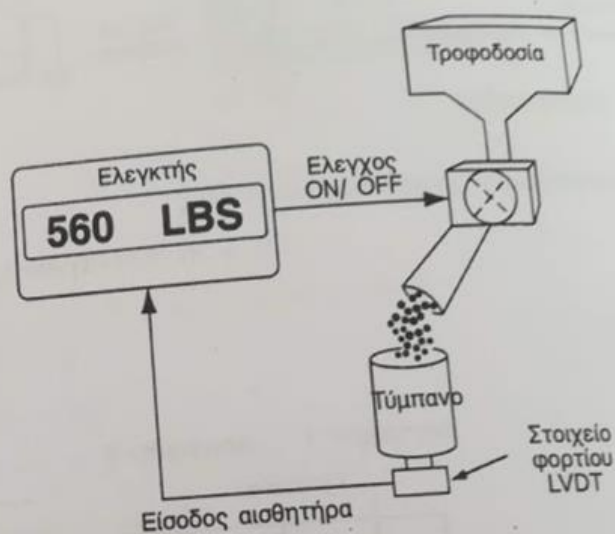
Γραμμικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής LVDT



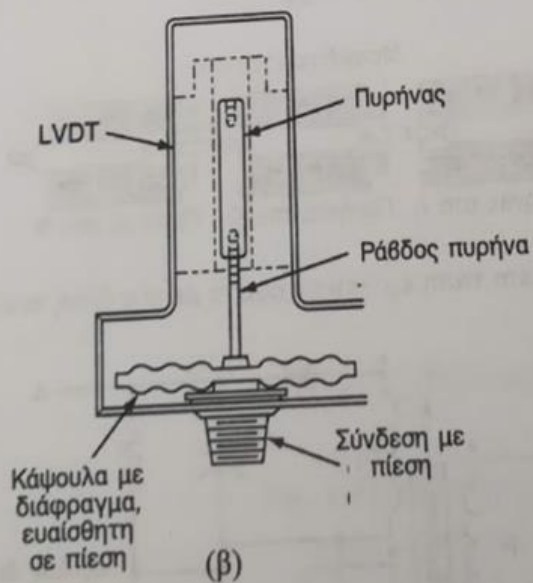
Μετατροπή εξόδου LVDT σε συνεχές ρεύμα



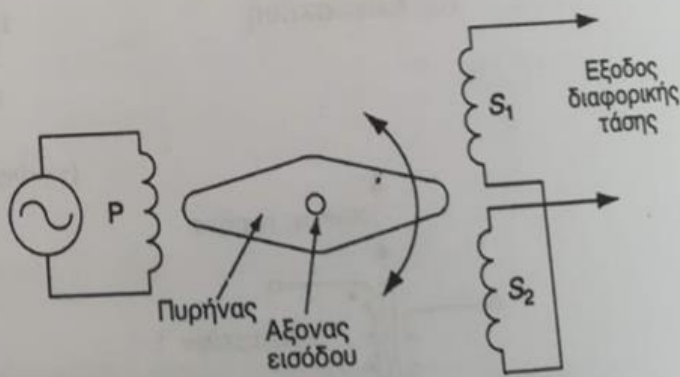
(α)



(γ) Το στοιχείο φορτίου LVDT δίνει είσοδο από τον αισθητήρα στον ελεγκτή όπου εμφανίζεται το βάρος και ελέγχεται η τροφοδοσία



(β)



(δ) Περιτροφικής μορφής LVDT



## 8. Αισθητήρες θερμοκρασίας.





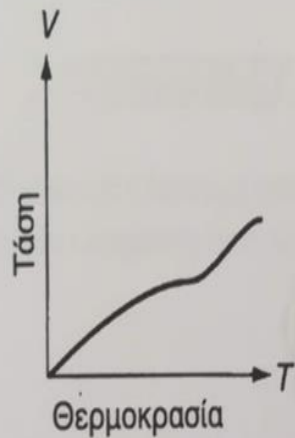
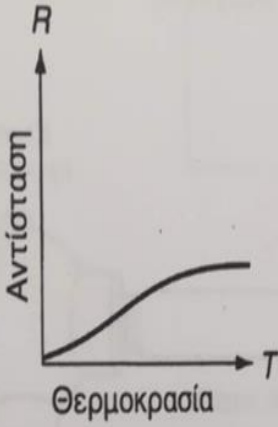
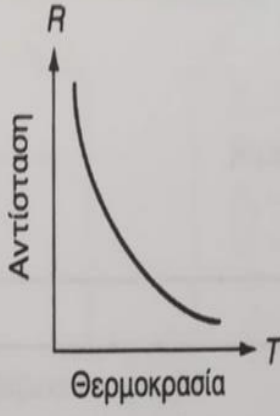
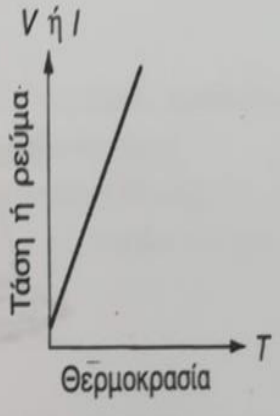
- a. **Θερμοζεύγος.** Αποτελείται από ένα ζευγάρι ανόμοιων αγωγών που έχουν συγκολληθεί σε σημείο που αποτελεί την επαφή μέτρησης. Τα ελεύθερα άκρα είναι διαθέσιμα για σύνδεση με την επαφή αναφοράς. Μια διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των επαφών μέτρησης και αναφοράς παράγει μια μικρή τάση dc.
- b. **Με αντίσταση (RTD).** Λειτουργούν με την αρχή ότι η ηλεκτρική αντίσταση των μετάλλων μεταβάλλεται ανάλογα με την θερμοκρασία.
- c. **Θερμίστορ.** Είναι μια θερμικά ευαίσθητη αντίσταση της οποίας η τιμή ελαττώνεται καθώς η θερμοκρασία αυξάνει (αρνητικός θερμοκρασιακός συντελεστής).
- d. **Αισθητήρας με ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC).** Χρησιμοποιεί ένα τσιπ από πυρίτιο για στοιχείο ανίχνευσης σε συνδεσμολογία μεταβλητής τάσης ή μεταβλητού ρεύματος.

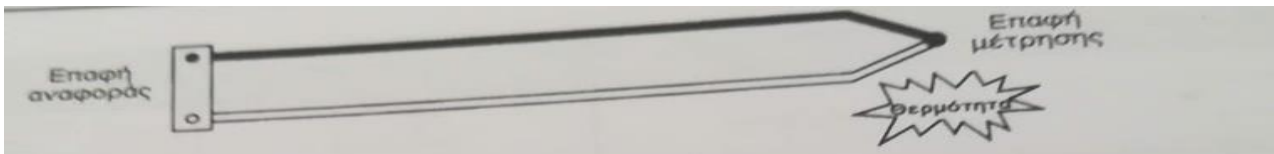
## 9. Αισθητήρες ταχύτητας.

- a. **Στροφόμετρο.** Είναι μια μικρή γεννήτρια d.c. με μόνιμο μαγνήτη που παράγει μια τάση d.c. που είναι απευθείας ανάλογη με την ταχύτητα περιστροφής.
- b. **Μαγνητικός (επαγωγικός).** Περιέχει ένα μικρό πηνίο από σύρμα που παράγει ένα παλμό κάθε φορά που ένας μαγνήτης περνά από εμπρός του.

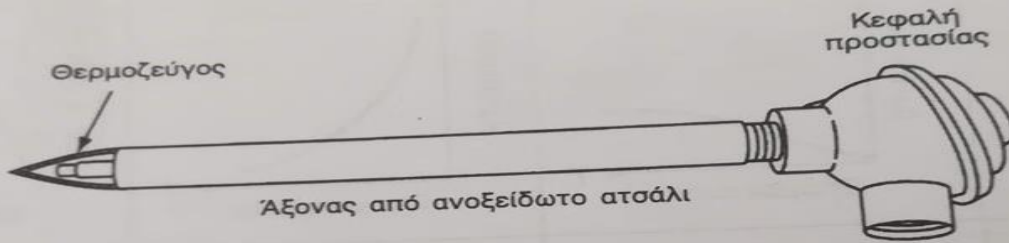
## 10. Αισθητήρες με κωδικοποιητή. Μετατρέπουν την γραμμική ή περιστροφική κίνηση σε ψηφιακό σήμα.

- a. **Κωδικοποιητής προσαυξήσεων.** Μεταδίδει μια ορισμένη ποσότητα παλμών για κάθε περιστροφή κάποιας συσκευής.
- b. **Απόλυτος κωδικοποιητής.** Δίνει ένα συγκεκριμένο δυαδικό κώδικα για κάθε γωνιακή θέση της συσκευής.

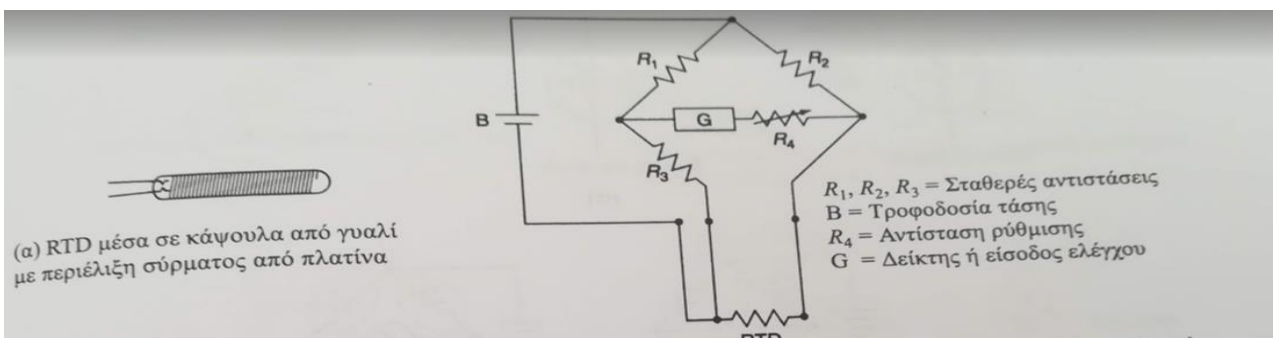
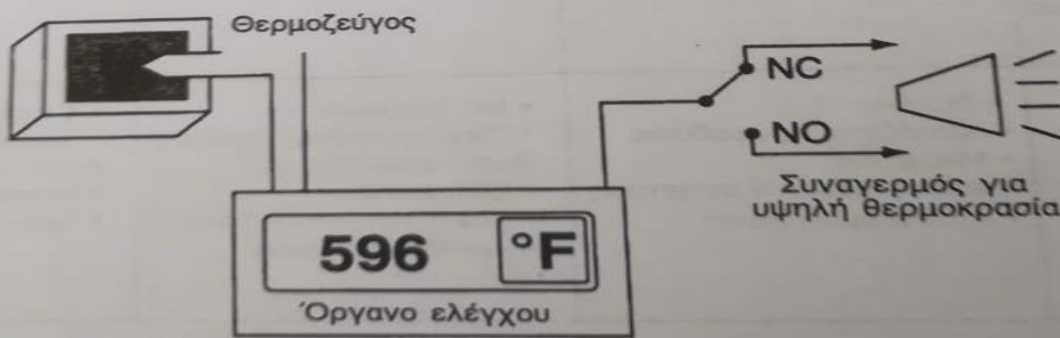
	Θερμοζεύγος	RTD	Θερμίστορ	Αισθητήρας IC
				
				
Πλεονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Δεν χρειάζεται τροφοδοσία</li> <li>• Απλό</li> <li>• Ανθεκτικό</li> <li>• Φτηνό</li> <li>• Μεγάλη ποικιλία</li> <li>• Μεγάλη περιοχή θερμοκρασιών</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πολύ σταθερός</li> <li>• Πολύ ακριβής</li> <li>• Περισσότερο γραμμικός από το θερμοζεύγος</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μεγάλη τιμή εξόδου</li> <li>• Γρήγορο</li> <li>• Δυσύρματη μέτρηση σε ohm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πολύ γραμμικός</li> <li>• Μεγάλη τιμή εξόδου</li> <li>• Φτηνός</li> </ul>
Μειονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μη γραμμικό</li> <li>• Μικρή τάση</li> <li>• Χρειάζεται αναφορά</li> <li>• Όχι σταθερό</li> <li>• Όχι ευαίσθητο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ακριβός</li> <li>• Χρειάζεται τροφοδοσία</li> <li>• Μικρό <math>\Delta R</math></li> <li>• Μικρή απόλυτη αντίσταση</li> <li>• Αυτοθερμαινόμενο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μη γραμμικό</li> <li>• Περιορισμένη περιοχή θερμοκρασιών</li> <li>• Εύθραστο</li> <li>• Χρειάζεται τροφοδοσία</li> <li>• Αυτοθερμαινόμενο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>T &lt; 200^\circ\text{C}</math></li> <li>• Χρειάζεται τροφοδοσία</li> <li>• Αργός</li> <li>• Αυτοθερμαινόμενος</li> <li>• Περιορισμένες διατάξεις</li> </ul>



(α) Επαφές μέτρησης και αναφοράς



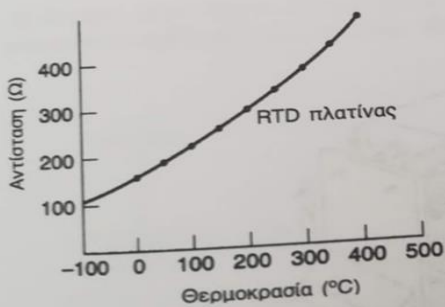
(β) Βιομηχανικό θερμοζεύγος τοποθετημένο μέσα σε προστατευτικό μανδύα



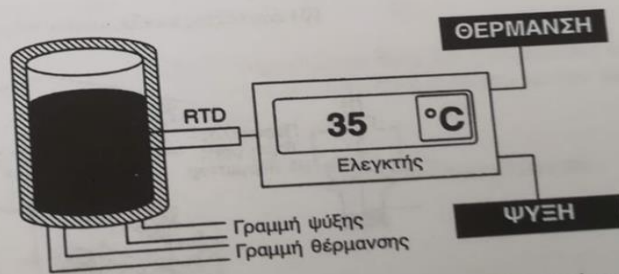
(α) RTD μέσα σε κάψουλα από γυαλί με περιέλιξη σύρματος από πλατίνα

$R_1, R_2, R_3$  = Σταθερές αντιστάσεις  
 $B$  = Τροφοδοσία τάσης  
 $R_4$  = Αντίσταση ρύθμισης  
 $G$  = Δείκτης ή είσοδος ελέγχου

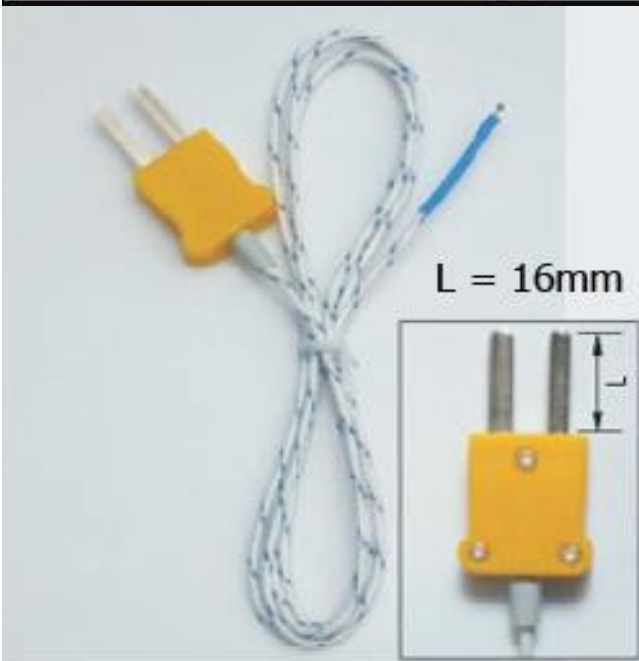
(γ) Διάταξη τρισύρματης γέφυρας RTD. Το συνηθισμένο RTD αυξάνει την αντίστασή του κατά  $0.385 \Omega/^\circ\text{C}$  (αυτή η μικρή αύξηση αντίστασης απαιτεί ακρίβεια και ευαισθησία κυκλώματος γέφυρας).



(β) Καμπύλη θερμοκρασίας - αντίστασης

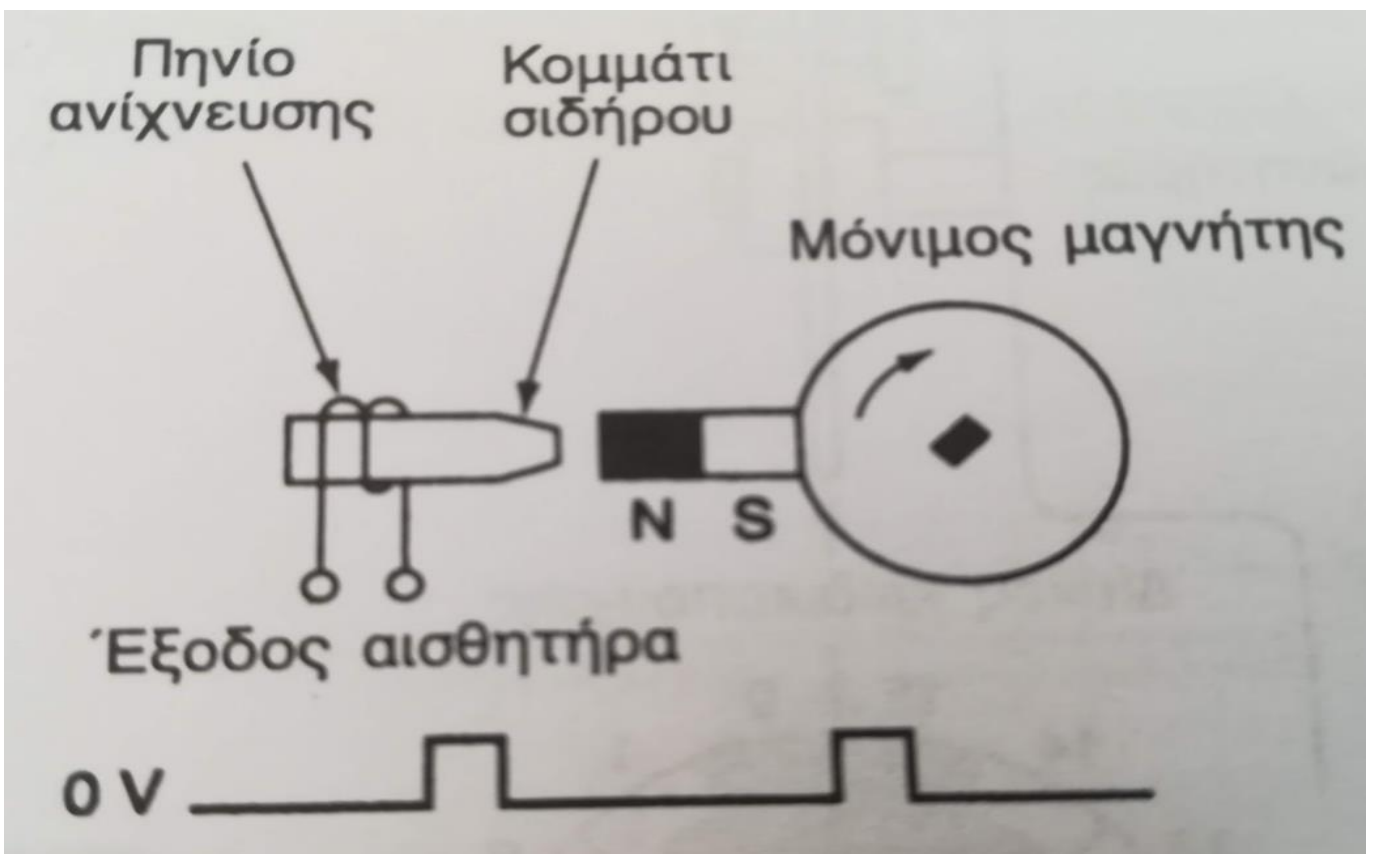
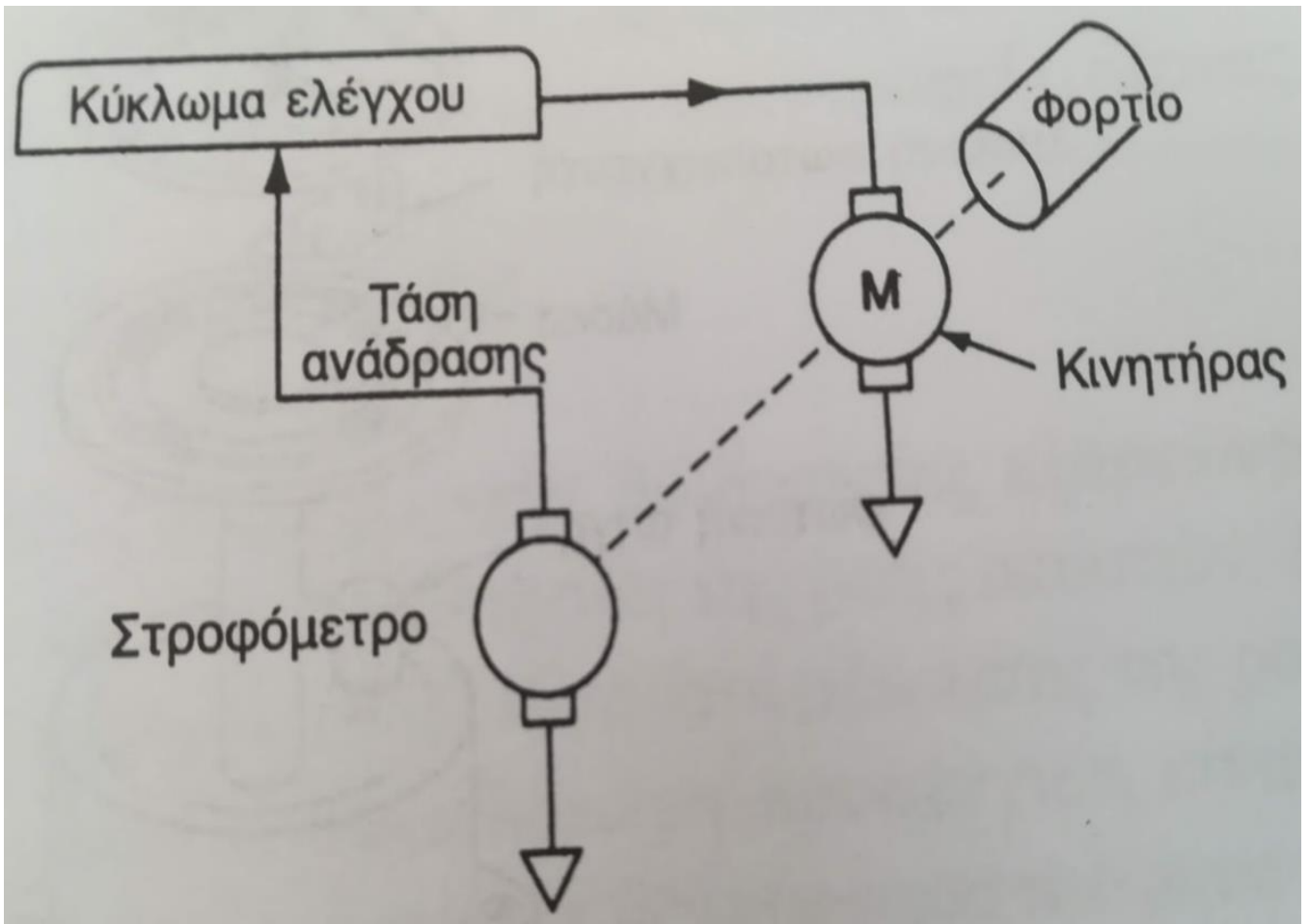


(δ) Ο ελεγκτής χρησιμοποιεί το σήμα από τον αισθητήρα RTD για εποπτεία της θερμοκρασίας του υγρού στο δοχείο και για τον έλεγχο των γραμμών θέρμανσης και ψύξης.

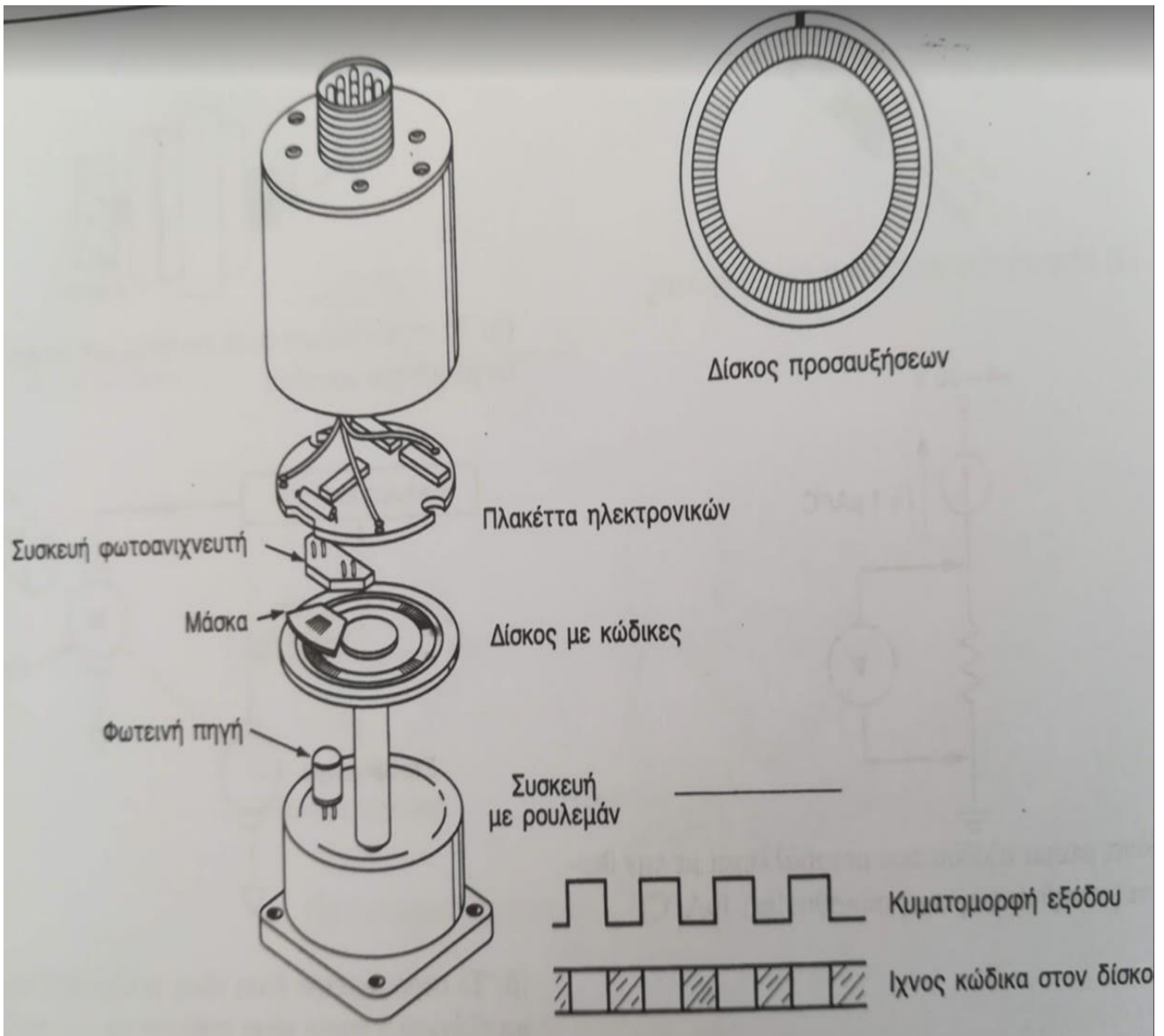


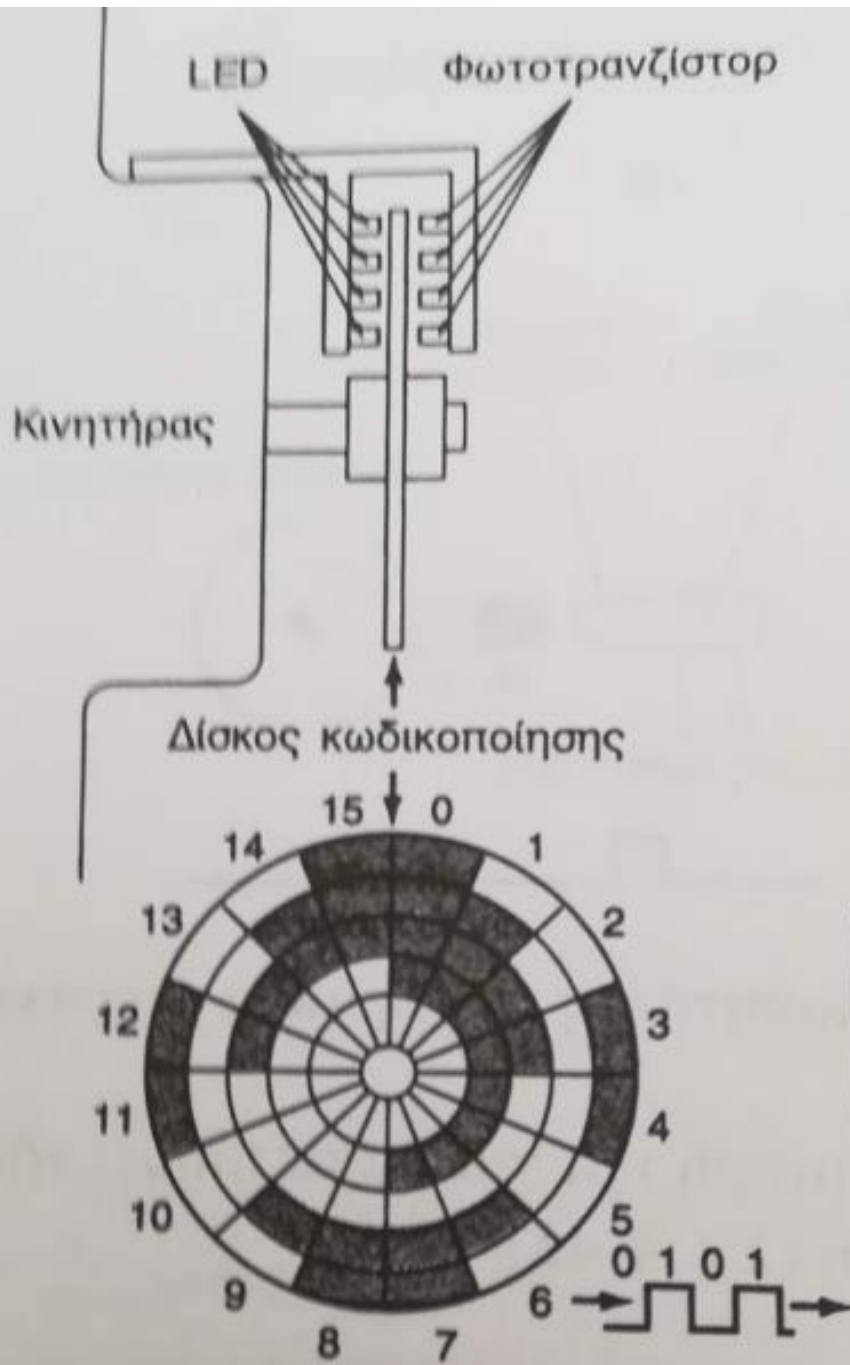
**ΘΕΡΜΙΣΤΟΡ NTC 47KΩ**











Decimal	Gray
0	0000
1	0001
2	0011
3	0010
4	0110
5	0111
6	0101
7	0100
8	1100
9	1101
10	1111
11	1110
12	1010
13	1011
14	1001
15	1000

**11. Μέτρηση ροής.** Η συνηθισμένη προσέγγιση μέτρησης της ροής ρευστών είναι η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ρευστού σε κάποια άλλη μετρήσιμη μορφή.

**a. Ροόμετρο διαφορικής πίεσης.** Η διαφορά πίεσης είναι ανάλογη με την ροή ( φαινόμενο Bernouli ). Η διαφορά πίεσης προκαλεί διαφορετική μετατόπιση σε κώδωνες που ανιχνεύεται από κίνηση του πυρήνα σε γραμμικό μεταβλητό διαφορικό μετασχηματιστή LVDT.

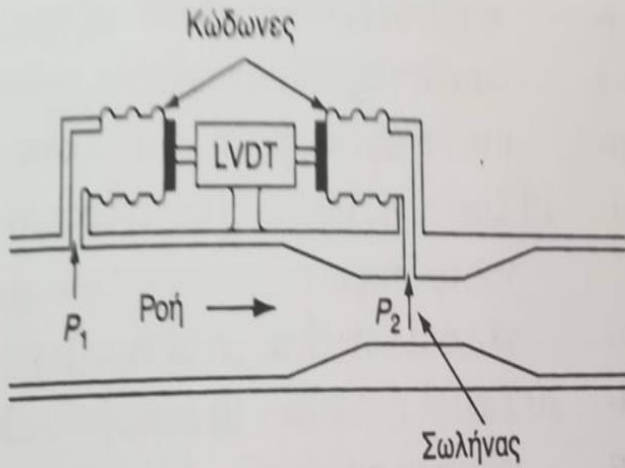
**b. Ροόμετρο τουρμπίνας.** Τα πτερύγια της τουρμπίνας περιστρέφονται με ταχύτητα ανάλογη με την ταχύτητα του ρευστού και είναι μαγνητισμένα έτσι ώστε να επάγουν παλμούς τάσης στο πηνίο.

**c. Ροόμετρο στόχου.** Το ρευστό εξασκεί μια πίεση στον στόχο που είναι ανάλογη με την ταχύτητα του ρευστού. Η δύναμη που προκύπτει στον στόχο ανιχνεύεται με μετρητή μηχανικής τάσης.

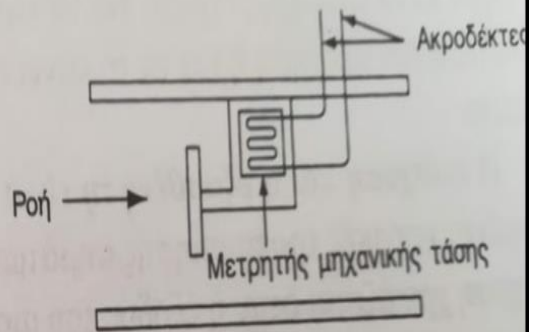
**d. Ηλεκτρονικό μαγνητικό ροόμετρο.** Χρησιμοποιείται σε ηλεκτρικώς αγωγίμα ρευστά και δεν περιορίζει την ροή. Ένα πηνίο δημιουργεί μαγνητικό πεδίο. Αν από αυτό το μαγνητικό πεδίο περάσει ένα αγωγίμο υγρό επάγεται μια τάση η οποία ανιχνεύεται από δύο ηλεκτρόδια.

- **ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΗΜΑΤΩΝ**

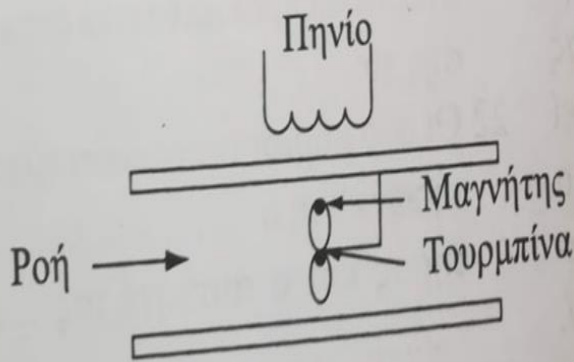
Το κύκλωμα τροποποίησης σημάτων μετατρέπει ένα σήμα κατά επιθυμητό τρόπο για να κάνει ευκολότερη την μέτρησή του ή για να το κάνει σταθερότερο.



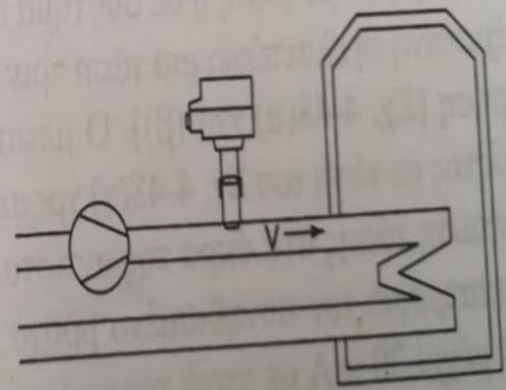
(α) Ροόμετρο διαφορικής πίεσης



(γ) Ροόμετρο στόχου



(β) Ροόμετρο τουρμπίνας



(δ) Ηλεκτρονικό μαγνητικό ροόμετρο

