

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	5
<u>Κεφάλαιο 1</u>	
Κατηγορίες συστημάτων εφαρμογής αισθητηρίων .....	9
Κατηγορίες αισθητηρίων και μετατροπών.....	16
Χαρακτηριστικά αισθητηρίων.....	32
Περίληψη κεφαλαίου.....	37
<u>Κεφάλαιο 2</u>	
Γωνιακή ταχύτητα.....	38
Αισθητήρες γραμμικής θέσης.....	38
Αισθητήρες μέτρησεις γωνιακής ταχύτητας.....	55
Περίληψη κεφαλαίου.....	64
<u>Κεφάλαιο 3</u>	
Τυπικές εφαρμογές βηματικών κινητήρων.....	66
Τύποι βηματικών κινητήρων και συνδεσμολογία τυλιγμάτων.....	69
Τεχνικά στοιχεία και ορολογία.....	75
Βασικά κυκλώματα ελέγχου βηματικών κινητήρων.....	83
<u>Κεφάλαιο 4</u>	
Θεωρητικό κύκλωμα.....	88
Ανάλυση κυκλώματος ελέγχου βηματικού κινητήρα.....	95
Ανάλυση αισθητήρα.....	96
Ανάλυση κυκλώματος Frequency to voltage.....	97
Πειραματικές μετρήσεις.....	98

**Κεφάλαιο 5**

<b>Hardware.....</b>	<b>100</b>
<b>Εισαγωγή στο labview.....</b>	<b>113</b>
<b>Ανάλυση προγράμματος .....</b>	<b>140</b>



## Πρόλογος

Στην παρούσα πτυχιακή το αντικείμενο της εργασίας είναι οι μετρήσεις της γωνιακής ταχύτητας με την βοήθεια και την χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών χρησιμοποιώντας το πακέτο της National Instruments, το πρόγραμμα Labview. Η πτυχιακή χωρίζεται σε δύο μέρη, το πρώτος μέρος αναφέρεται το κομμάτι της κατασκευής και το δεύτερο στη δημιουργία πρόγραμματος. Στο πρώτο κομμάτι κατασκευάζεται το κύκλωμα το οποίο θα υλοποιηθεί η εργασία. Η οποία αποτελείται από ένα βηματικό κινητήρα και το κύκλωμα οδήγησης του, πάνω στον οποίο είναι τοποθετημένο ένα γρανάζι μαζί με τον αισθητήρα ο οποίος θα μας δίνει ένα τετραγωνικό παλμό, στη συνέχεια η κατασκευή του frequency to voltage που να μετατρέπει την συχνότητα σε τάση και με τον τρόπο αυτό να υπολογίζουμε την γωνιακή ταχύτητα. Το δεύτερο κομμάτι αποτελεί τη δημιουργία προγράμματος της κατασκευής σε γλώσσα G το οποίο υπολογίζει την γωνιακή ταχύτητα.

## Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θεωρούμε υποχρέωση να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή αυτής της πτυχιακής κ Ν. Φραγκιαδάκη, για τη συνεχή καθοδήγηση, τις πολύτιμες συμβουλές και γενικά το αμέριστο ενδιαφέρον που επέδειξε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Δικαίος Θεόδωρος

Μιχαλόπουλος Ευάγγελος

# ***ΕΙΣΑΓΩΓΗ***

## **ΜΕΤΡΗΣΗ ΓΩΝΙΑΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ**

## Πτυχιακή εργασία-Μέτρηση γωνιακής ταχύτητας

Η πτυχιακή εργασία που αναλάβαμε έχει ως θέμα την μέτρηση και την μελέτη της γωνιακής ταχύτητας ενός γραναζιού. Με τις μετρήσεις που θα πάρουμε θα είμαστε σε θέση να δούμε πως αλλάζει η συχνότητα συναρτήση της τάσης περιστροφής του φορτίου μας, επίσης θα μελετήσουμε την απόκριση που έχει ο κινητήρας στις μεταβολές της τάσης και ανάλογα το βάρος που εφαρμόζεται πάνω στον άξονα του κινητήρα, όπως επίσης και την γραμμικότητα που παρουσιάζει η συχνότητα με την τάση.

Τι είναι γωνιακή ταχύτητα? Η έννοια **“γωνιακή ταχύτητα”** (angular velocity, vitesse angulaire, Winkelgeschwinigkeit, Velocità angolare) ορίζεται ως «γωνιακή ταχύτητα υλικού σημείου κινουμένου κυκλικά» και στη συνέχεια αποδίδεται σε στρεφόμενο στερεό σώμα. Για τον ορισμό της συνδυάζονται η γεωμετρική έννοια **“ΓΩΝΙΑ”** και η φυσική έννοια **ΧΡΟΝΟΣ**.

Η γωνιακή ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος με διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο του κύκλου και φορά προσδιοριζόμενη με τον κανόνα του δεξιού χεριού. Η εξίσωση  $\omega=2\pi/T$  η οποία συσχετίζει τη γωνιακή ταχύτητα με την περίοδο της ομαλής κυκλικής κίνησης. Εφόσον η κίνηση δεν είναι ομαλή κυκλική το μέτρο της γωνιακής ταχύτητας ορίζεται από την εξίσωση  $\omega=d\theta/dt$ .

Στην πτυχιακή μας χρησιμοποιώντας ένα οπτικό αισθητήρα θα πέρνουμε την περιστροφή του γραναζιού ως παλμούς τετραγωνικούς στον παλμογράφο, απ' όπου θα μετρούμε την συχνότητα και την περίοδο περιστροφής και θα εξάγουμε την γωνιακή ταχύτητα.

### Τι είναι αισθητήρες

Προτού ξεκινήσουμε τη μελέτη των αισθητήρων, θα πρέπει να γνωρίζουμε τι είναι αυτοί. Οι αισθητήρες μπορούν να είναι ξεχωριστές συσκευές ή περίπλοκες κατασκευές, αλλά όποια και να είναι η ανίχνευση ενός σήματος ή μιας διέγερσης και η παραγωγή μιας μετρήσιμης εξόδου. Ανάμεσα στις φυσικές ποσότητες που συναντώνται συχνά και απαιτούν μέτρηση είναι η θέση, η ταχύτητα, η επιτάχυνση, η στάθμη υγρού, η δύναμη και η πίεση. Η χρήση των αισθητήρων όμως δεν περιορίζεται σε αυτές τις βασικές ποσότητες. Υπάρχουν ειδικοί αισθητήρες που μετρούν χημικές ποσότητες, ήχο, πυρηνική ακτινοβολία και άλλα.

Η ανάγκη μέτρησης των φυσικών παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω καθορίζεται από τις ειδικές ανάγκες της βιομηχανίας ή της εφαρμογής όπου χρησιμοποιούνται. Η ακριβής επιλογή ενός αισθητήρα εξαρτάται από τη φύση των παραμέτρων που πρέπει να μετρηθούν και άλλους παράγοντες όπως είναι το κόστος, η

αξιοπιστία και η ποιότητα της απαιτούμενης πληροφορίας. Άλλοι παράγοντες μπορεί να περιλαμβάνουν την καταλληλότητα της μορφής του αισθητήρα ώστε να χρησιμοποιηθεί σε κάποιο συγκεκριμένο περιβάλλον και την ανάγκη αξιοποίησης της παρεχόμενης πληροφορίας άμεσα, μετά από κάποιο χρόνο ή σε κάποια άλλη θέση. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας θερμοκρασίας οικιακής χρήσης θα έχει διαφορετική μορφή από ένα αισθητήρα που χρησιμοποιείται σε χημική βιομηχανία. Ο τελευταίος μπορεί να είναι απροσπέλαστος, να υπόκειται σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις ή να βρίσκεται σε ένα ισχυρά διαβρωτικό περιβάλλον.

### **Γιατί χρειαζόμαστε αισθητήρες**

Οι αισθητήρες ανιχνεύουν διάφορες φυσικές παραμέτρους, και η αξιοποίηση αυτών των παραμέτρων από εμάς καθιστά τους αισθητήρες πολύτιμους. Εν γένει υπάρχουν δύο ξεχωριστές περιοχές όπου χρησιμοποιείται η τεχνολογία αισθητήρων: η συλλογή πληροφορίας και ο έλεγχος συστημάτων.

Οι ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή πληροφορίας παρέχουν δεδομένα με σκοπό την παρουσίαση (γνωστοποίησή ) τους, έτσι ώστε να είναι διαρκώς κατανοητή η τρέχουσα κατάσταση των παραμέτρων ενός συστήματος, όπως είναι για παράδειγμα ο ανιχνευτής ταχύτητας και το ταχύμετρο ενός αυτοκινήτου. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιείται για να καταγραφούν και να παρέχουν μια εικόνα της εξέλιξης των παραμέτρων του συστήματος, όπως είναι ο ταχογράφος που χρησιμοποιείται στα φορτηγά, ο οποίος καταγράφει την χρονική εξέλιξη της ταχύτητας.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ελέγχου δε διαφέρουν συνήθως από αυτούς που χρησιμοποιούνται για συλλογή πληροφορίας, αλλά αυτό που διαφέρει είναι ο τρόπος αξιοποίησης αυτής της πληροφορίας. Σε ένα σύστημα ελέγχου το σήμα από τον αισθητήρα τροφοδοτεί έναν ελεγκτή, ο οποίος παράγει μία έξοδο που ρυθμίζει την τιμή της μετρούμενης παραμέτρου. Για παράδειγμα, η πληροφορία που παρέχει ο αισθητήρας της ταχύτητας των τροχών σε ένα σύστημα αντιολίσθησης (το γνωστό anti-lock brake system, ABS) χρησιμοποιείται για να ελέγχει την πίεση που ασκείται στα φρένα, ώστε οι τροχοί να μην ολισθαίνουν επάνω στο οδόστρωμα αλλά διαρκώς να κυλίνουν, κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος.

### **Γιατί πρέπει να μελετάμε τους αισθητήρες**

Η τεχνολογία έχει προοδεύσει ραγδαία κατά τα τελευταία χρόνια, πέρα από τις προσδοκίες των περισσότερων μηχανικών και επιστημόνων. Οι περίπλοκες συσκευές που βρίσκονται σήμερα στους χώρους δουλειάς, το σπίτι και άλλα περιβάλλοντα περιλαμβάνουν τεχνολογίες που μόλις πριν από δέκα χρόνια αποτελούσαν εργαστηριακές εφευρέσεις.

Το κύριο αίτιο για την ύπαρξη και διαθεσιμότητα αυτού του εξοπλισμού είναι η εξέλιξη των υπολογιστών και μικροεπεξεργαστών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως ευέλικτοι, ειδικευμένοι, περίπλοκοι, και παρ' όλα αυτά χαμηλού κόστους ελεγκτές. Εν τούτοις, η λειτουργία τέτοιων συστημάτων θα ήταν πολύ φτωχή, και πιθανόν αδύνατη, εάν τα προγράμματα υπολογιστή που λαμβάνουν αποφάσεις δεν τροφοδοτούνταν από κατάλληλη, σύγχρονη και υψηλού επιπέδου πληροφορία για την κατάσταση του εξωτερικού συστήματος. Εφ' όσον αυτή η πληροφορία συλλέγεται από τους αισθητήρες, ρυθμίζεται να έχει την κατάλληλη μορφή, και στην συνέχεια παρέχεται στο σύστημα υπολογιστή, όπου εκεί αξιοποιείται και δημιουργεί μια κατάλληλη απόκριση. Όλα τα στοιχεία μιας διάταξης αισθητήρα θα πρέπει να παρέχουν το απαιτούμενο επίπεδο απόδοσης, που να ταιριάζει με την ποιότητα που απαιτείται από την εκάστοτε εφαρμογή. Εάν ένα στοιχείο είναι κατώτερο των προδιαγραφών, τότε η όλη διαδικασία υποβαθμίζεται.

Οι αισθητήρες έχουν καταστεί τόσο συνηθισμένοι στην σύγχρονη κοινωνία, που συχνά θεωρούμε την ύπαρξη τους ως δεδομένη. Αυτό δημιουργεί την απαίτηση οι τεχνικοί και μηχανικοί να έχουν μια πρακτική γνώση για αυτούς, ώστε να μπορούν να επιλέξουν την κατάλληλη συσκευή από ένα κατάλογο με αναλυτικές προδιαγραφές ή να επισκευάζουν και να βαθμονομούν τους αισθητήρες που υπάρχουν σε κάποιο τμήμα εξοπλισμού που λειτουργεί.

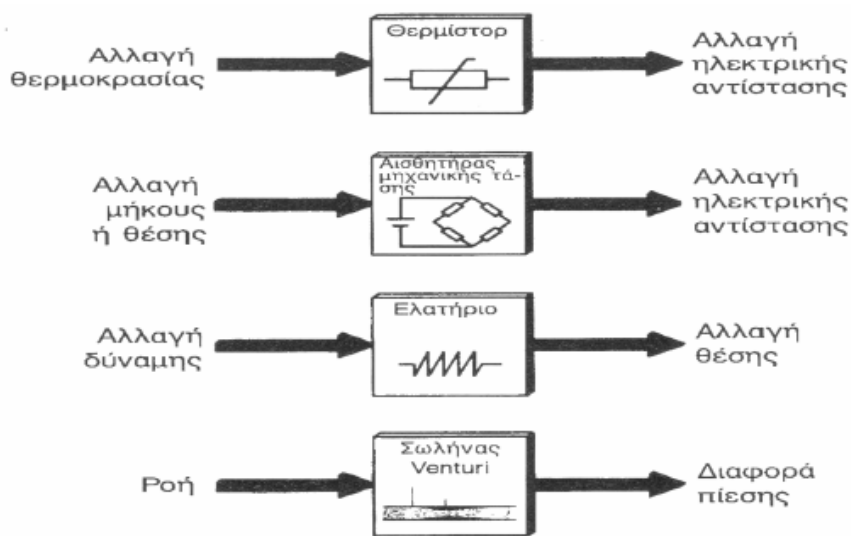
# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>**

## **ΑΙΣΘΗΤΗΤΡΕΣ & ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ**

## Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο της πτυχιακής μας προσπαθούμε να εισάγουμε την έννοια των αισθητηρίων και των μετατροπέων για τα συστήματα μέτρησης και ελέγχου και αναφέρουμε την ορολογία που χρησιμοποιείται.

Χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλούς τομείς, βιομηχανικούς τομείς, δημόσιους, στρατιωτικούς και οικιακούς.



Παραδείγματα αισθητήρων

Σχήμα 1

## Σχέση αισθητήρων και μετατροπέων.

Οι όροι αισθητήρας (sensor) και μετατροπέας (transducer) έχουν παρόμοια αλλά μια ελαφρά διαφορετική σημασία και συχνά προκαλείται σύγχυση ανάμεσα τους. Ο μετατροπέας είναι μια οποιαδήποτε συσκευή που μετασχηματίζει μια μορφή ενέργειας σε μια άλλη (λαμπτήρας πυράκτωσης). Ο αισθητήρας είναι συνήθως ένας μετατροπέας αλλά δεν ισχύει πάντα το ανάποδο.

## Οι κατηγορίες συστημάτων που έχουν εφαρμογή οι αισθητήρες

### Σύστημα μέτρησης.

Εμφανίζει ή καταγράφει μια ποσοτική έξοδο που αντιστοιχεί στη μεταβλητή που μετρά, αλλά δεν ελέγχει την τιμή της ποσότητας εισόδου.

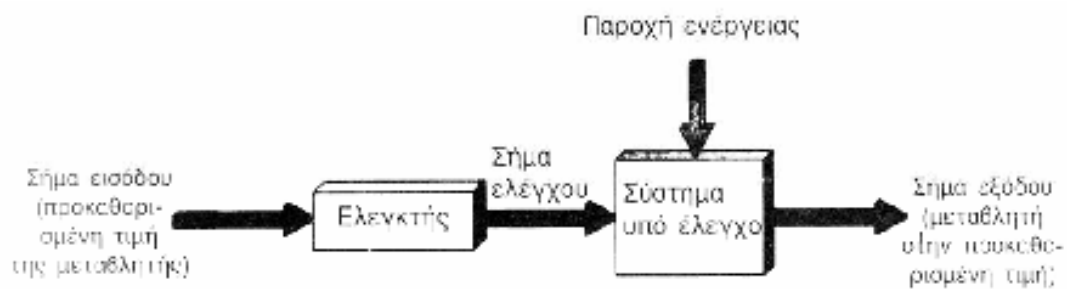


Λειτουργικά στοιχεία ενός συστήματος μέτρησης

Σχήμα 2

### Σύστημα ελέγχου ανοικτού βρόχου.

Η έξοδος του ελέγχεται από ένα σήμα που έχει μια προκαθορισμένη τιμή.



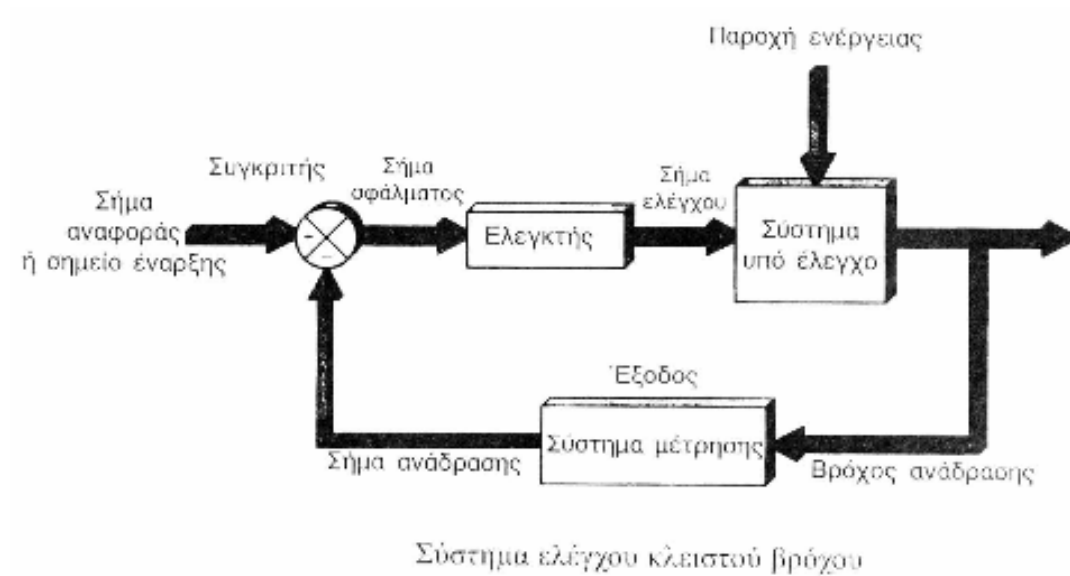
Σύστημα ελέγχου ανοικτού βρόχου

Σχήμα 3



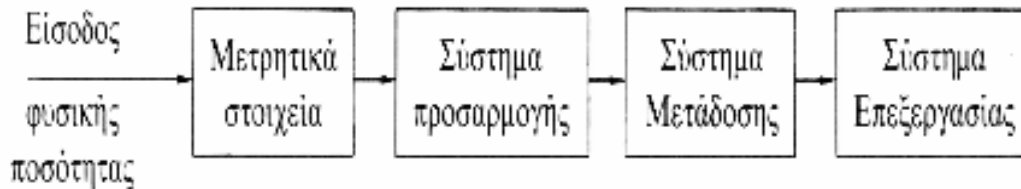
### Σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου.

Περιλαμβάνει σύστημα μέτρησης και η κατάσταση της εξόδου επηρεάζεται άμεσα από την κατάσταση της εισόδου. Συγκεκριμένα μετρά την τιμή της ελεγχόμενης παραμέτρου στην έξοδο του συστήματος και την συγκρίνει με την επιθυμητή τιμή. Η διαφορά των τιμών καλείται σφάλμα.



Σχήμα 4

### **Βασικά μέρη ενός συστήματος μέτρησης**



*Το γενικό σύστημα μέτρησης.*

**Σχήμα 5**

- Μετρητικά στοιχεία
- Σύστημα προσαρμογής
- Σύστημα μετάδοσης
- Σύστημα επεξεργασίας των μετρήσεων

### **Ορισμός μετατροπέα και αισθητήρων**

Με την αυστηρή έννοια του όρου transducer (μετατροπέας) είναι μια συσκευή ή ένα στοιχείο, που μετατρέπει μεταβολές μιας ποσότητας σ' αυτές μιας άλλης. Σε ορό-λόγια ηλεκτρονικών, transducer θεωρείται συνήθως ένα στοιχείο που μετατρέπει μια μη ηλεκτρική φυσική ποσότητα (γνωστή σαν το μετρούμενο μέγεθος) σε ηλεκτρικό σήμα ή το αντίστροφο.

Ο μετατροπέας μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην είσοδο ενός ηλεκτρονικού σειστή-μαστός για να αποδώσει ένα ηλεκτρικό σήμα που άριστα το μετρούμενο μέγεθος. Αυτό το μετρούμενο μέγεθος μπορεί να εξυπηρετήσει δύο σκοπούς. Να κάταγε-βάψουμε το μετρούμενο μέγεθος σε κάποιο display ή να το χρησιμοποιήσουμε σε κάποια διαδικασία ελέγχου.

Εναλλακτικά ένας μετατροπέας μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην έξοδο ενός συστήματος για να παράγει χ μια μηχανική κίνηση σε απόκριση ενός ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου.

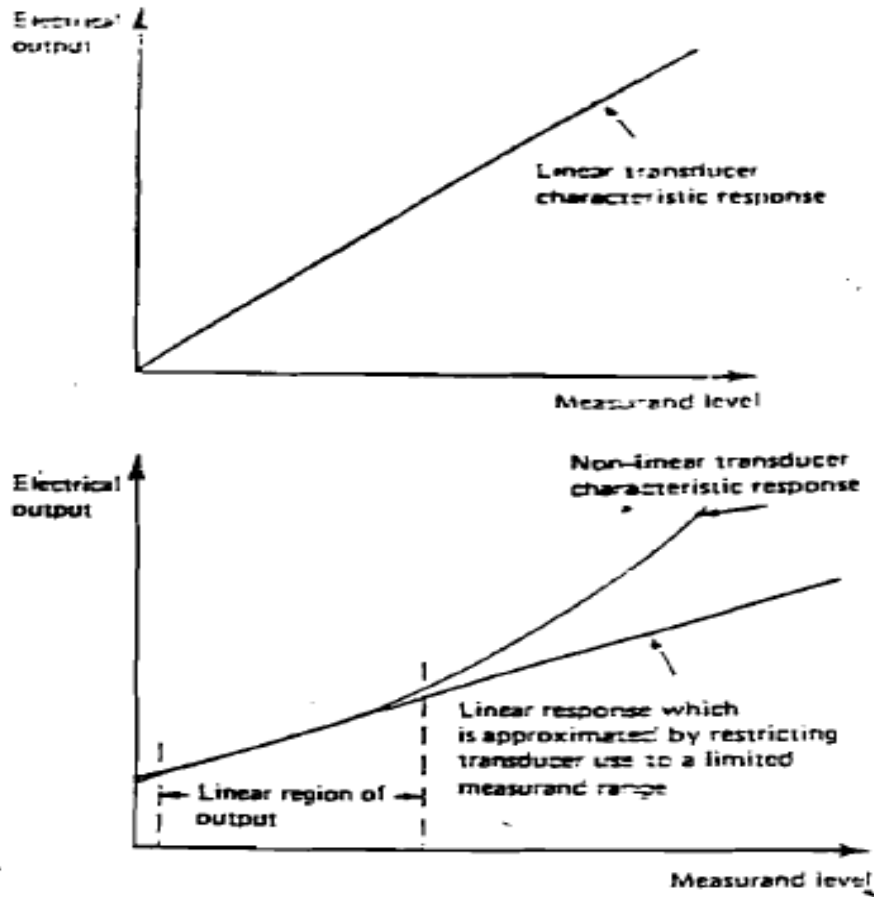
Οι αισθητήρες είναι ξεχωριστές συσκευές ή περίπλοκες κατασκευές των οποίων η βασική λειτουργία είναι η ανίχνευση ενός σήματος ή μιας διέγερσης και η παραγωγή μιας μετρήσιμης εξόδου

## **Ορολογία**

Για να μελετήσουμε τα transducers, πρέπει να αποσαφηνίσουμε πρώτα μετρικούς βασικούς όρους.

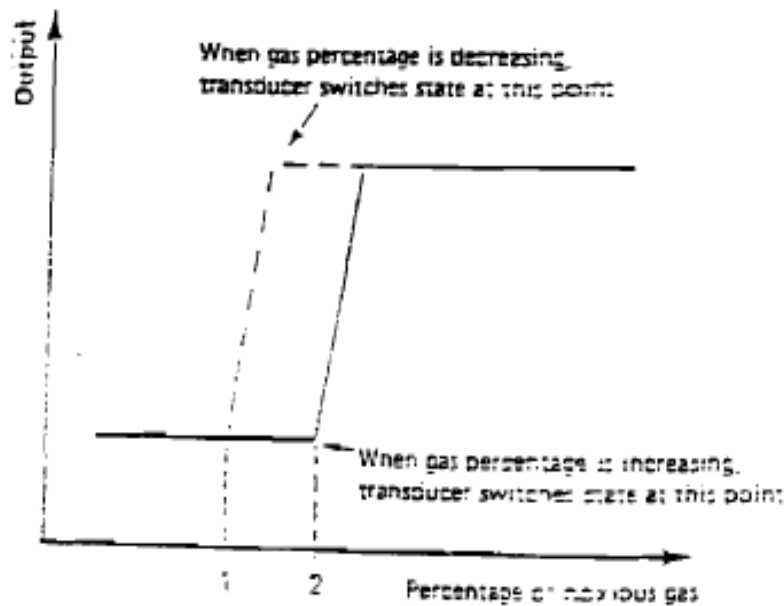
Ο όρος transducer δεν είναι αποδεκτός παγκόσμια να σημαίνει ότι εμείς ήδη έχουμε ορίσει. Ένας περιορισμένος αριθμός μηχανικών, για παράδειγμα ορίζει transducer τη συσκευή που μετατρέπει ένα ηλεκτρικό σήμα σε μια φυσική ποσότητα δηλαδή ότι ονομάσαμε σαν transducer Εξόδου. Το γεγονός ότι ένας transducer εισόδου πρέπει να αντλεί ενέργεια από κάπου για να κάνει τη διαδικασία της μετατροπής (είτε από το μετρούμενο μέγεθος είτε από μια εξωτερική πηγή) μας βοηθά να ορίσουμε τύπους transducer εισόδου. Για παράδειγμα ένας μετατροπέας εισόδου που αντλεί ενέργεια από το μετρούμενο μέγεθος συχνά ονομάζεται παθητικός μετατροπέας εισόδου αν και μιλώντας αυστηρά αυτός είναι γνωστός σαν αισθητήριο. Ενεργός μετατροπέας είναι αυτός που αντλεί ενέργεια από μια εξωτερική πηγή.

Η ακρίβεια μιας μέτρησης, ορίζεται στο πόσο κοντά είναι η μετρούμενη τιμή ενός μεγέθους στην πραγματική και συνήθως αναφέρεται με όρους σφάλματος . Δηλαδή πόσο απέχει η μετρούμενη από την πραγματική. Σχετικό με την ακρίβεια, αν και υπάρχει σύγχυση, είναι το resolution ενός συστήματος, δηλ η πιστότητα με την οποία το σύστημα μπορεί να πάρει μετρήσεις. Η ευαισθησία, μερικές φορές καλουμένη ο συντελεστής κλίμακας του μετατροπία είναι η αλλαγή της εξόδου του όπως μεταβάλλεται η είσοδος. Για ένα γραμμικό μετατροπία (η έξοδος αλλάζει ανάλογα με τις αλλαγές τις εισόδου) η ευαισθησία μπορεί να θεωρηθεί σαν η συνολική περιοχή τάσης εξόδου διαιρούμενη από την συνολική περιοχή τάσης εισόδου. Η γραμμικότητα ενός μετατροπία μπορεί από μονή της να επηρεάζει την ακρίβεια. Είναι πάντως εξυπηρετικό να χρησιμοποιούμε transducer με γραμμική απόκριση επειδή και τα συνεργάζομαι κυκλώματα είναι γραμμικά και αρκετά φθηνά στη σχεδίαση και την κατασκευή



**Σχήμα 6:** Χαρακτηριστικές απόκρισης γραμμικού και μη γραμμικού μετατροπέα

Η υστέρηση ενός μετατροπέα είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας. Έχει να κάνει με την συμπεριφορά τις εξόδου του μετατροπέα στην ανοδική και καθοδική πορεία της. Το σχήμα 7 δείχνει μια τέτοια συμπεριφορά



Σχήμα 7: Υστέρηση μετατροπεία

Ένα άλλος σπουδαίος συντελεστής του μετατροπεία είναι η επαναληπτικότητα του. Το σήμα εξόδου πρέπει, ιδανικά, να είναι ίδιο οποτεδήποτε είναι ίδια η μετρούμενη τιμή. Σε μερικές περιπτώσεις, ιδιαίτερα αν ο μετατροπείας παρουσιάζει μια μεγάλη υστέρηση το σήμα εξόδου μπορεί να είναι διαφορετικό εξαρτώμενο από τον τρόπο που προσεγγίζετε η μετρούμενη τιμή (ανοδικά ή καθοδικά).

Ένας άλλος σπουδαίος συντελεστής που επηρεάζει την ακρίβεια του μετατροπεία είναι ο χρόνος απόκρισης, που είναι ο χρόνος που απαιτείται για την έξοδο να αποκριθεί σε μια αλλαγή στη μετρούμενη νηματική αλλαγή στη μετρούμενη τιμή μπορεί να μην συνοδεύεται από ταυτόχρονη νηματική αλλαγή στο σήμα εξόδου, αν ο μετατροπείας απαιτεί ένα χρονικό διάστημα για να αποκριθεί σε μια αλλαγή.

Το εύρος ενός μετατροπεία σχετίζεται με τον χρόνο απόκρισης. Οι μετρούμενες αλλαγές συνοδεύονται από συνιστώσες συχνότητας. Συμφωνά με την ανάλυση Fourier κάθε κυματομορφή αποτελείται από ένα συνδυασμό ημιτονίων κυματομορφών διαφορών συχνοτήτων και σχέσεων. Οι πιο γρήγορες μετρούμενες αλλαγές, που είναι οι υψηλότερες συχνότητες, παρουσιάζουν το μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων στο σήμα

εξόδου. Αν το εύρος του μετατροπία είναι σχετικό μικρό, οι συνιστώσες υψηλότερης συχνότητας που παρουσιάζονται στις αλλαγές της μετρούμενης τιμής δεν παρουσιάζονται στο σήμα εξόδου, με αποτέλεσμα μια φτωχή χρονική απόκριση.

### **Επιλογή αισθητήρα.**

Η εκλογή των κατάλληλων αισθητηρίων που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου είναι: κόστος, αξιοπιστία, ποιότητα απαιτούμενης πληροφορίας, καταλληλότητα μορφής αισθητήρα. Είναι σπουδαίας σημασίας για την καλή λειτουργία του συστήματος.

Από την στιγμή που έχει γίνει καθαρό πια μεταβλητή είναι επιθυμητό να μετρηθεί, πρέπει να καθοριστούν τα χαρακτηριστικά του αισθητηρίου : Ποιο είναι το εύρος της μέτρησης ; Ποια είναι η επιθυμητή διακριτική ικανότητα (resolution) του οργάνου ; Ποια είναι η απόκριση χρόνου του αισθητηρίου (πόσο γρήγορα εκτελεί την μέτρηση δηλαδή);

Μετά την εκλογή του κατάλληλου αισθητηρίου πρέπει να ακολουθήσει η εκλογή της τοποθέτησης του στο όλο σύστημα. Πολλές φορές έχουμε την δυνατότητα να μετρήσουμε την ίδια μεταβλητή σε πολλά σημεία του συστήματος. Σε μια τέτοια περίπτωση πρέπει να διαλέξουμε την πιο κατάλληλη θέση, εκεί δηλαδή που η μέτρηση θα είναι πιο αξιόπιστη . Πρέπει ακόμη να λάβουμε υπ' όψη πως θα μεταφερθεί το ηλεκτρικό σήμα στη μετρητική διάταξη διότι συχνά στο βιομηχανικό περιβάλλον παρεμβάλλονται παράσιτα που παραμορφώνουν το σήμα .

### **Κατηγορίες αισθητηρίων – μετατροπέων**

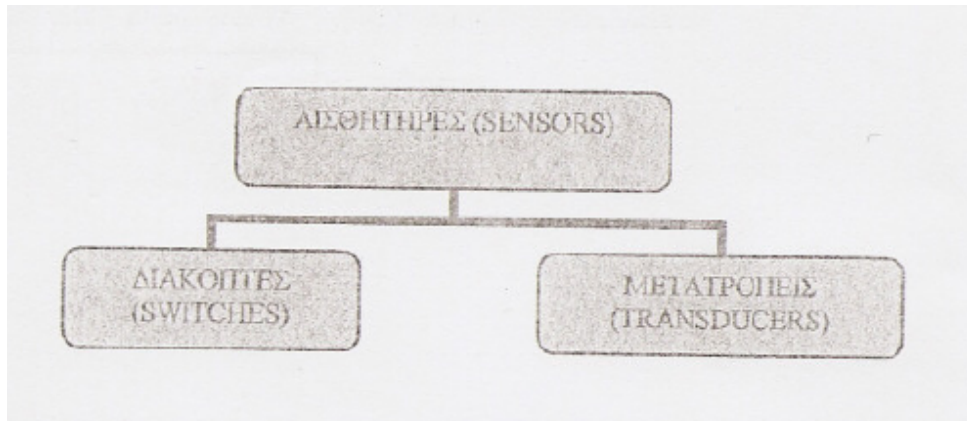
#### **Ενεργά.**

Απαιτούν για την λειτουργία τους μια εξωτερική πηγή ενέργειας.

#### **Παθητικά.**

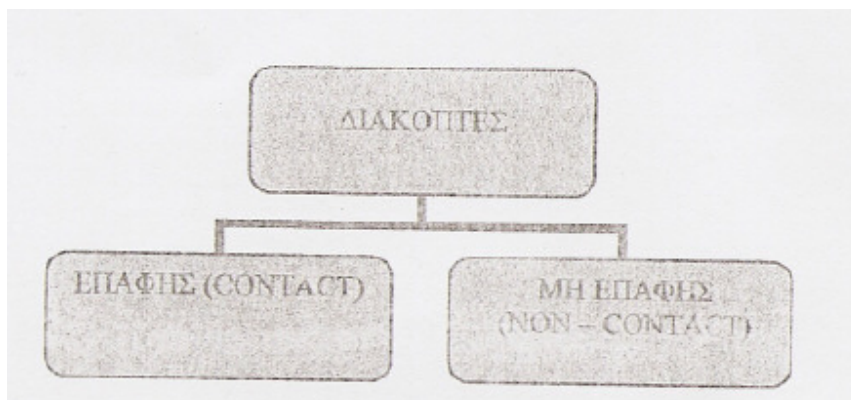
Δεν απαιτούν για την λειτουργία τους εξωτερική πηγή ενέργειας.

Επίσης τους αισθητήρες μπορούμε να τους διακρίνουμε στους διακόπτες (switches) και τους μετατροπείς (transducer). Οι διακόπτες είναι οι πιο διαδεδομένοι αισθητήρες στην βιομηχανία είναι φθηνοί και απλοί.



Σχήμα 8

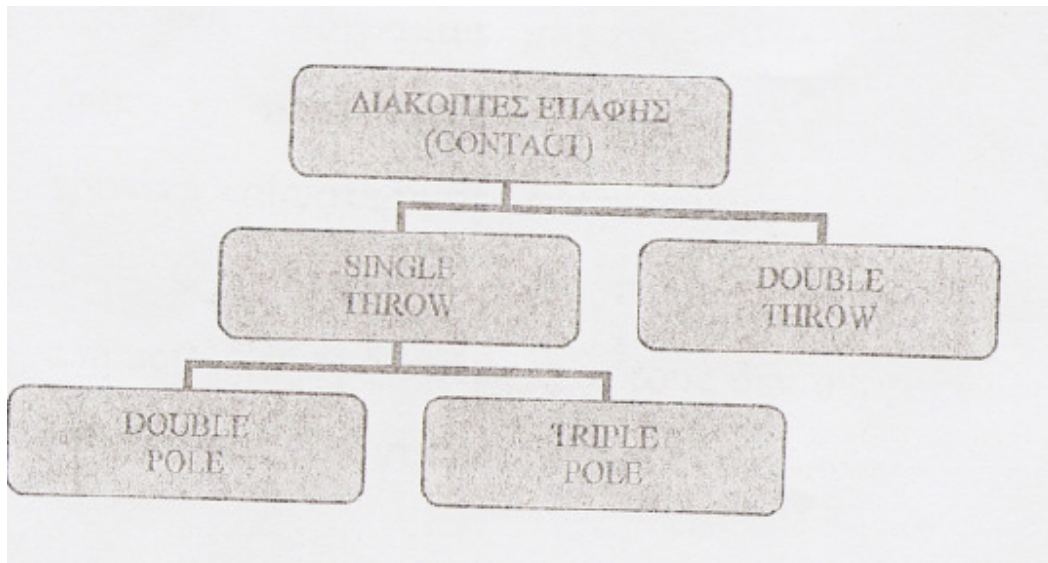
Οι διακόπτες με τη σειρά τους μπορούν να χωριστούν σε επαφής και μη επαφής .



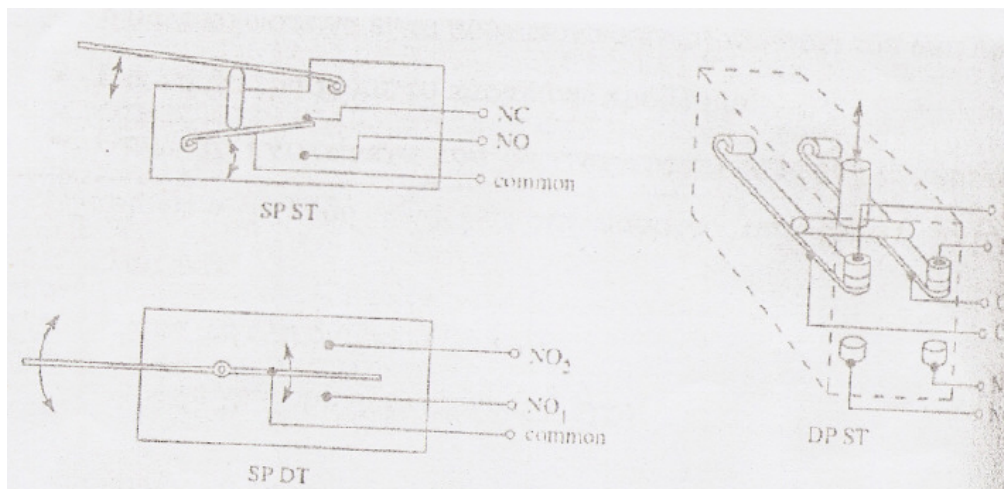
Σχήμα 9

Στους διακόπτες επαφής πρέπει το αντικείμενο που εμφανίζεται να έρθει σε επαφή με το διακόπτη ώστε να ανιχνευθεί. Οι περισσότεροι διακόπτες έχουν δυο θέσεις single throw (ST), όμως υπάρχουν αυτοί που έχουν και μια κεντρική θέση, αυτοί είναι οι double throw (DT). Οι τελευταίοι όταν βρίσκονται στη μεσαία θέση δεν κλείνουν κανένα κύκλωμα. Οι δυο θέσεων διακόπτες που αλλάζουν περισσότερες από μια επαφή (πόλους),

ονομάζονται double pole (DP), triple pole (TP), και ουτω καθ εξης . σχημα 11



Σχήμα 10





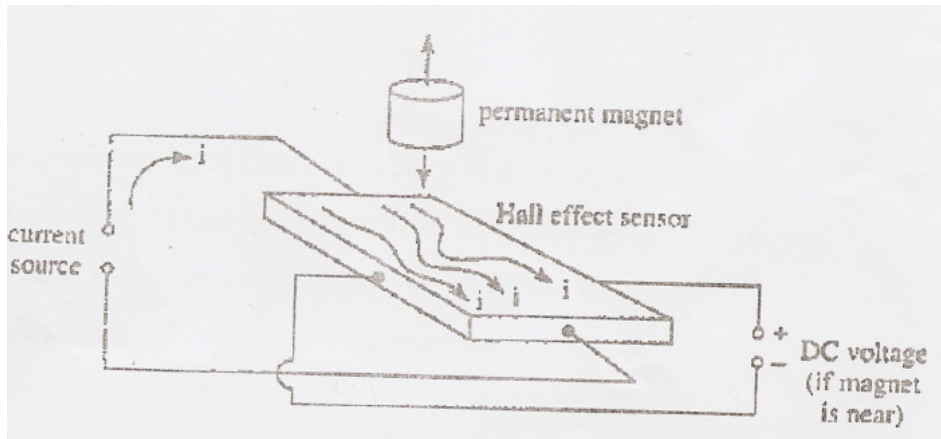
## Σχήμα 11

Για εφαρμογές όπου απαιτούνται υψηλά ρεύματα οι διακόπτες επαφής είναι κατάλληλοι, αντίθετα για εφαρμογές με χαμηλά ρεύματα οι πλέων κατάλληλοι είναι οι μικροδιακόπτες. Όταν ένας διακόπτης ανοίγει και κλείνει γρήγορα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα τότε στις επαφές του εμφανίζεται ηλεκτρικό τόξο με αποτέλεσμα αυτός να αλλάζει κατάσταση χωρίς να έρθει σε επαφή το αντικείμενο. Σε ευαίσθητα συστήματα αυτό το πρόβλημα λύνεται με δυο τρόπους.

- Ο πρώτος τρόπος λέγεται debouncing και δεν είναι τίποτα άλλο από ένα πρόγραμμα μηχανής.
- Ο δεύτερος τρόπος είναι η χρήση διακόπτη μη επαφής (non-contact).

Αυτοί χρησιμοποιούνται:

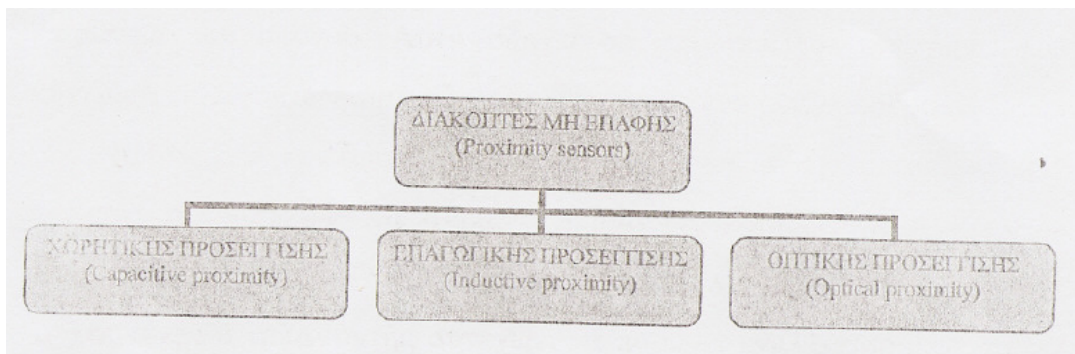
- Όταν το αντικείμενο που θα ανιχνευθεί είναι πολύ μικρό, ελαφρύ ή μαλακό ώστε να είναι αδύνατον να ενεργοποιήσει το διακόπτη.
  - Όταν το αντικείμενο που θα ανιχνευθεί δεν περιέχει μεταλλικά κομμάτια δηλαδή είναι κατασκευασμένο από γυαλί, χαρτί ή πλαστικό.
  - Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής.
  - Παρέχει γρήγορο ηλεκτρονικό έλεγχο
- Ο πιο κοινός μη επαφής διακόπτης είναι ο Hall Effect. Σχήμα 12



σχημα 12

Οι κυριότεροι τύποι διακοπών μη επαφής είναι τρεις.

- 1) Χωρητικής προσέγγισης
- 2) Επαγωγικής προσέγγισης
- 3) Οπτικής προσέγγισης.

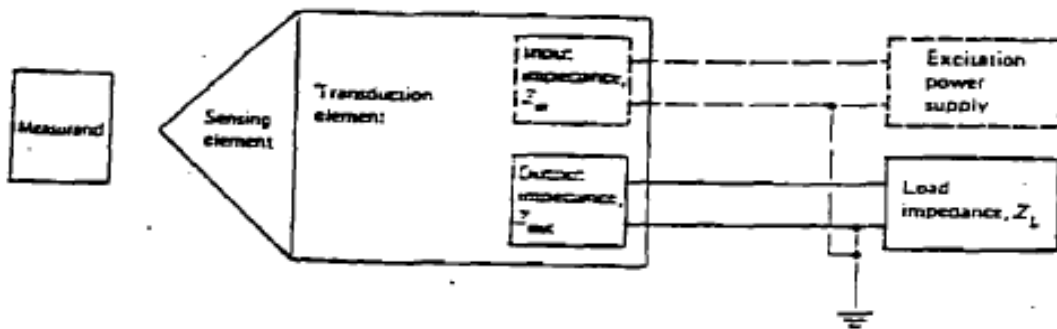


Σχήμα 13

## Διαδεδομένοι τύποι μετατροπών

### Σύνθεση μετατροπέα

Κάθε μετατροπιάς μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από τα τμήματα που δείχνονται στο διάγραμμα βαθμίδων του σχ.14.



Σχήμα 14: Διάγραμμα βαθμίδων μετατροπέα

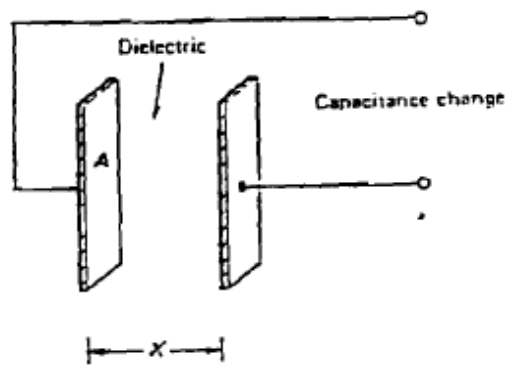
Εδώ, ένα αισθητήριο ανιχνεύει το μέγεθος της μετρούμενης τιμής και το μετατρέπει σε αλλαγή μια άλλης φυσικής ποσότητας π.χ αλλαγή αντίστασης, χωρητικότητας κ.λ.π. στην συνέχεια οι αλλαγές μετατρέπονται σε μεταβολές ηλεκτρικού σήματος οι οποίες αλλαγές αντιπροσωπεύουν τις μεταβολές της μετρούμενης τιμής.

### Αρχές μετατροπών

Σε κάθε transducer το στοιχείο μετατροπής βασίζεται σε μια φυσική αρχή που επηρεάζει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. Αυτή η αλλαγή στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά δημιουργεί ένα ηλεκτρικό σήμα που εξαρτάται από μετρούμενη τιμή. Αν και υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός από μετατροπείς στο εμπόριο αυτή στηρίζονται σε πολύ λίγες φυσικές αρχές. Παρακάτω αναφέρονται οι φυσικές αρχές (χωρισμένες σε κατηγορίες) πάνω στις οποίες στηρίζεται η λειτουργία των μετατροπών.

## Χωρητικοί μετατροπείς

Τα στοιχεία του χωρητικού μετατροπία μετατρέπουν μια αλλαγή στη μετρούμενη τιμή σε αλλαγή στην χωρητικότητα. Ένας πυκνωτής σχηματίζεται από δυο πλάκες χωρισμένες από ένα στρώμα διηλεκτρικού και η χωρητικότητα δίδεται από την σχέση  $C = \epsilon \cdot A / \chi$ . Όπου  $\epsilon$ : είναι η διηλεκτρική σταθερά,  $A$ : είναι η επιφάνεια κάθε πλακάς και  $\chi$ : είναι η απόσταση μεταξύ των πλακών. Από την παραπάνω σχέση βγαίνει το συμπέρασμα ότι αλλαγή στην χωρητικότητα θα συμβεί με αλλαγή στη διηλεκτρική σταθερά ή στην απόσταση των πλακών ή την επιφάνεια των πλακών.



Σχήμα 15: Χωρητικός μετατροπέας

Η χωρητικότητα ενός τέτοιου μετατροπία μετριέται:

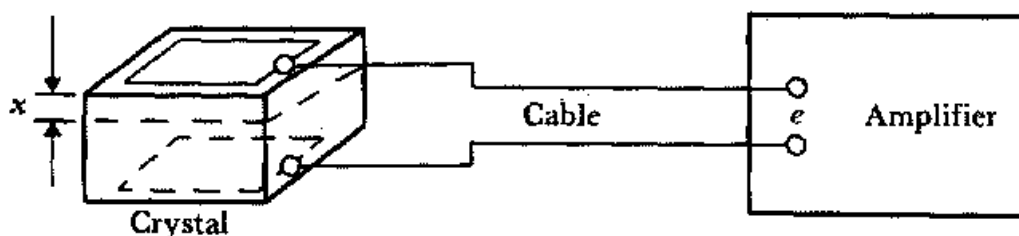
- 1) Με τη χρήση του κυκλώματος γεφύρας AC ρεύματος, όπου ο μετατροπίας αποτελεί το ένα σκέλος της γεφύρας
- 2) Με τη χρήση του μετατροπία σαν ένα πυκνωτή που καθορίζει την συχνότητα σε ένα συντονίζομε κύκλωμα.

## Πιεζοηλεκτρικοί μετατροπείς

Οι μετατροπείς αυτοί στηρίζονται στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο κατά το οποίο μια αλλαγή στη μετρούμενη τιμή μετατρέπεται σε αλλαγή στο

ηλεκτροστατικό φορτίο ή την τάση που παράγεται στα άκρα ορισμένων υλικών όταν μηχανικά συμπιέζονται.

Για να εκμεταλλευτούμε την αλλαγή στο φορτίο ή την τάση είναι αναγκαίο να προσκολλήσουμε δυο μεταλλικά ηλεκτρόδια στο πιεζοηλεκτρικό υλικό για να σχηματίσουμε τις πλάκες ενός πυκνωτή, του οποίου η χωρητικότητα δίνεται από την σχέση:  $C=Q/V$  Όπου  $Q$  είναι το φορτίο και  $V$  η τάση.



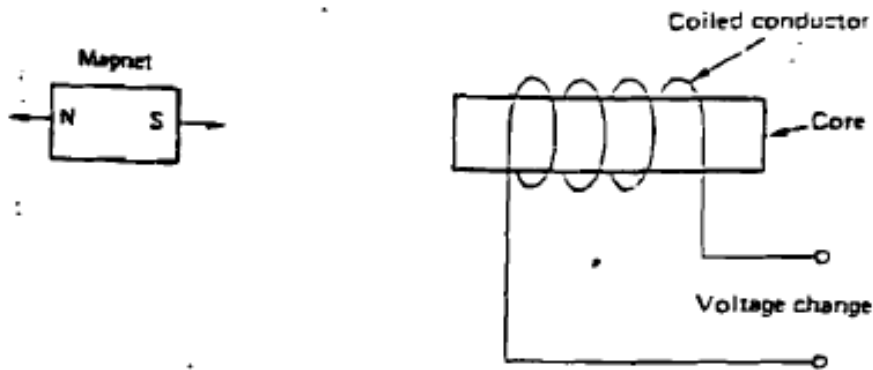
Σχήμα 16: Πιεζοηλεκτρικός μετατροπέας

Το πιεζοηλεκτρικό υλικό που χρησιμοποιείται στην κατασκευή πιεζοηλεκτρικών μετατροπέων είναι τριών τύπων:

- 1) Φυσικοί κρύσταλλοι
- 2) Συνθετικοί κρύσταλλοι
- 3) Πολωμένα σιδηροηλεκτρικά κεραμικά

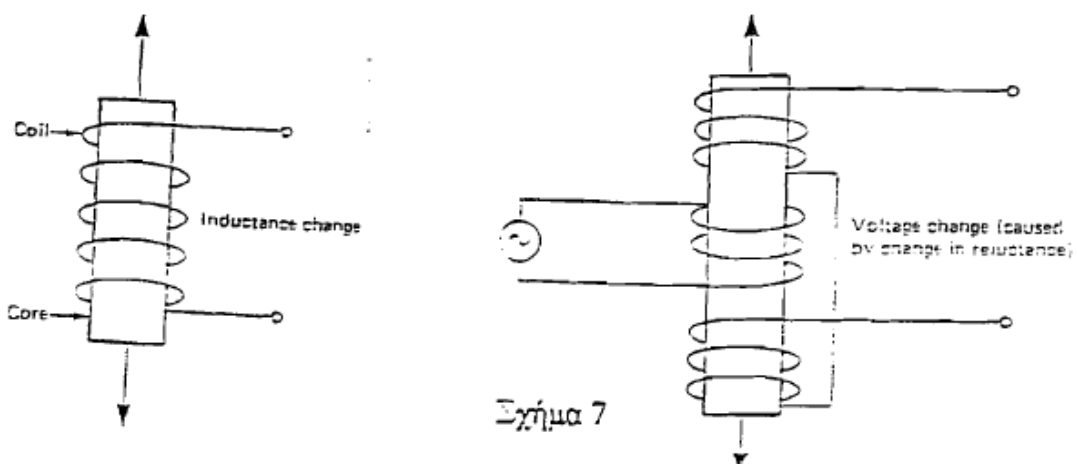
### **Ηλεκτρομαγνητικοί μετατροπέες**

Μια ηλεκτρεγερτική δύναμη παράγεται στα άκρα ενός αγωγού όταν ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο κόβει τον αγωγό, Αντίστροφα, όταν ένας αγωγός κινείται διαμέσου ενός μαγνητικού πεδίου μια ηλεκτρεγερτική δύναμη παράγεται στα άκρα του αγωγού. Σχήμα 17



**Σχήμα 17:** Παραγόμενη EMF είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη δίνεται από την σχέση:  $E = -d(N\Phi)/dt$  όπου το  $d(N\Phi)/dt$  είναι ο ρυθμός αλλαγής της ροής. Στο σχ 18 φαίνεται ο επαγωγικός μετατροπίας, όπου η αυτεπαγωγή ενός πηνίου μεταβάλλεται σύμφωνα με τις αλλαγές του μετρούμενου μεγέθους. Οι αλλαγές στην επαγωγή μπορούν να προκληθούν από την κίνηση του μαγνήτη μέσα στο πηνίο ή από αλλαγές εξωτερικά επαγομένης ροής σε ένα πηνίο που έχει ένα σταθερό πυρήνα.

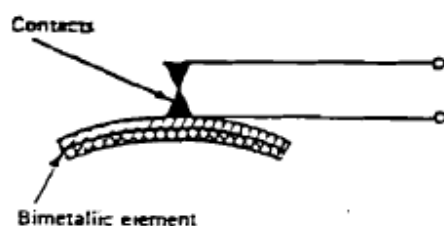


Σχήμα 7

## Σχήμα 18

### Ηλεκτρομηχανικοί μετατροπείς

Οι ηλεκτρομηχανικοί μετατροπείς ποικίλουν στην κατασκευή αλλά όλοι έχουν κάποιο τύπο μηχανικής επαφής που επηρεάζεται από αλλαγές στο μετρούμενο μέγεθος. Συνήθως, οι επαφές είναι απλής κατασκευής και σπαστού τύπου σαν ένα μεταλλικό έλασμα. Όταν η μετρούμενη τιμή αλλάζει και περνά από ένα ορισμένο σημείο, οι επαφές είτε ανοίγουν είτε κλείνουν διακόπτοντας ή δημιουργώντας ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που αποτελεί το σήμα εξόδου του μετατροπεία.



Σχήμα 19: Ηλεκτρομηχανικός Μετατροπείας

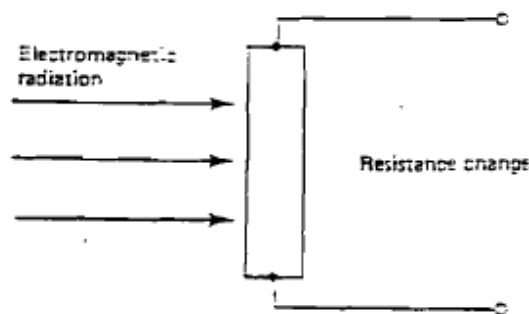
Οι ηλεκτρομηχανικοί μετατροπείς είναι κυρίως ψηφιακοί μετατροπείς επειδή οι επαφές σχηματίζουν ένα διακόπτη δυο καταστάσεων.

### Φωτοηλεκτρικοί μετατροπείς

Φωτοηλεκτρικοί μετατροπείς είναι αυτοί που αποκρίνονται στο ποσό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια μετατροπής. Η ακτινοβολία μπορεί να είναι του ορατού φάσματος αλλά συχνά είναι μεγαλύτερου ή μικρότερου μήκους κύματος και είναι αόρατη. Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι φωτοηλεκτρικών μετατροπιών: δυο απ' αυτούς πατάσσονται στους ημιαγωγούς (φωτοβολταϊκά και φωτοημιαγωγοί).

### Φωτοαγώγιμοι μετατροπείς

Αυτοί οι μετατροπείς μετατρέπουν μια αλλαγή στη μετρούμενη τιμή σε αλλαγή στην αντίσταση του χρησιμοποιούμενου υλικού. Αν και το χρησιμοποιούμενο υλικό είναι ένας ημιαγωγός, οι φωτοαγώγιμοι μετατροπείς δεν θεωρούνται γενικά σαν ημιαγωγίμα στοιχεία, επειδή δεν έχουν επαφή μεταξύ διαφορετικών τύπων ημιαγωγών. Επίσης είναι παθητικοί, δηλαδή δεν απαιτούν εξωτερική τροφοδοσία. Η αντίσταση του υλικού είναι συνάρτηση της πυκνότητας των φορέων πλειονότητας και όπως η πυκνότητα αυξάνει με την στάθμη της ακτινοβολίας, έτσι αυξάνει και η αγωγιμότητα. Καθώς η αγωγιμότητα είναι αντίστροφη της αντίστασης, μπορεί να φανεί ότι η αντίσταση είναι αντίστροφη συνάρτηση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.



**Σχήμα 20:** Φωτοαγώγιμος Μετατροπέας

Τιμές αντίστασης σε πλήρη φωτισμό είναι γύρω στα 100 μέχρι 200  $\Omega$ , με μια αντίσταση της τάξης των  $M\Omega$  στο σκοτάδι.

### Φωτοφορατές

Οι φωτοφορατές είναι περισσότερο γνωστοί σαν οι μετατροπείς από ημιαγώγιμο υλικό, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μετρήσουν μια μεταβολή στη μετρούμενη τιμή του φωτός. Ο φωτοβολταϊκός μετατροπέας είναι ο απλούστερος από αυτούς και είναι ένας τύπος ημιαγωγού διόδου.

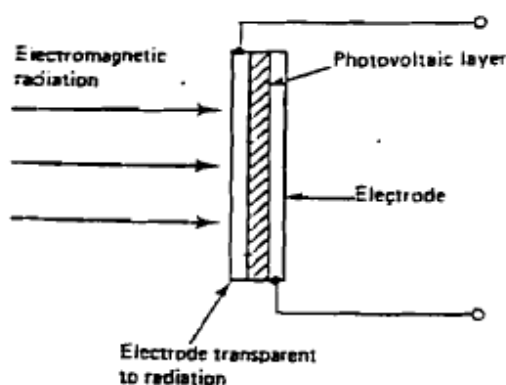


## Φωτοτρανζίστορς

Σε πολλές εφαρμογές, οι φωτοδιόδοι χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με έναν ενισχυτή για να αυξηθεί η ευαισθησία. Παρ' όλα αυτά, καθώς ένα συμβατικό τρανζίστορ περιέχει μια ανάστροφα πολωμένη επαφή p-n και έχει την ικανότητα να ενισχύει ρεύμα, συνδυάζει τα δυο παραπάνω στην ίδια θήκη. Τα φωτοτρανζίστορς, σε αντίθεση με τα συμβατικά, κατασκευάζονται σε διαφανή θήκη για να επιτρέπουν την διέλευση του φωτός. Το φως όπως πέφτει στην επαφή συλλέκτη- βάση ενός φωτοτρανζίστορ (ανάστροφα πολωμένη επαφή p-n) προκαλεί την ροή ενός φωτορευματος βάσης, το οποίο ενισχύετε από την απολαβή τρανζίστορ για να παραχθεί ένα πολύ μεγαλύτερο ρεύμα εκπομπού.

## Ηλιακές κυψέλες

Οι ηλιακές κυψέλες είναι φωτοβολταικοι μετατροπείς που μετατρέπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε ηλεκτρική, έτσι που με μια αλλαγή στην τιμή τις μετρούμενης ακτινοβολίας μετατρέπεται σε μια αλλαγή στην τάση εξόδου.

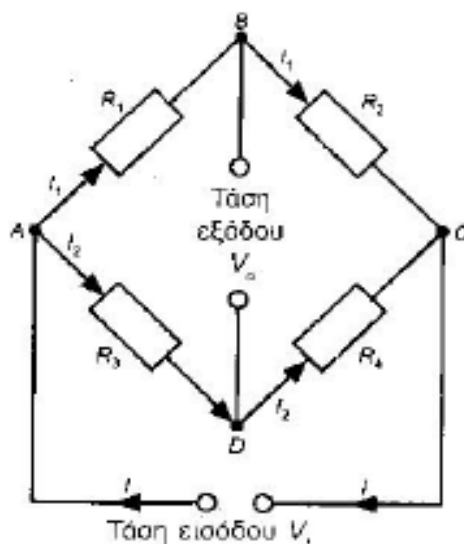


Σχήμα 21: Ηλιακή Κυψέλη

Η κατασκευή περιλαμβάνει ένα υψηλής αντίστασης φωτοευαίσθητο στρώμα υλικού τοποθετημένο μεταξύ δυο αγωγίμων ηλεκτροδίων. Ένα απ αυτά τα ηλεκτρόδια είναι από διαφανές υλικό, έτσι που ακτινοβολία να περνά στο φωτοευαίσθητο υλικό. Κάτω από πλήρη φωτισμό η κυψέλη αναπτύσσει μια τάση εξόδου περίπου 0,5 V στα άκρα των ηλεκτροδίων.

### Γέφυρα Wheatstone

Συνδυάζοντας δυο ποτενσιόμετρα παράλληλα σχηματίζεται η γέφυρα Wheatstone η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ακριβείς μετρήσεις αντίστασης. Η γέφυρα Wheatstone είναι ένα ηλεκτρικό κύκλωμα για τον προσδιορισμό των τιμών αντιστάσεων. Το κύκλωμα αυτό λέγεται ότι είναι σε ισορροπία (balanced) όταν οι αντιστάσεις του κυκλώματος είναι ρυθμισμένες, ώστε στην έξοδο να μην υπάρχει τάση.



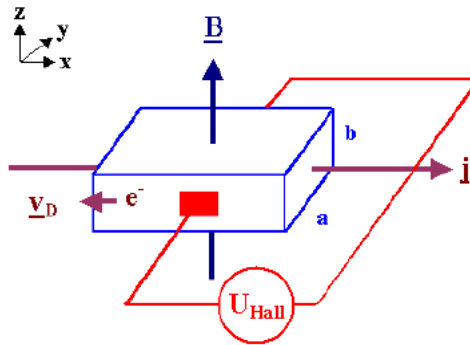
Σχήμα 22 γέφυρα wheatstone

Η τάση εξόδου στα σημεία b και a είναι μηδέν, όταν η γέφυρα είναι σε ισορροπία. Εάν η γέφυρα φύγει από την κατάσταση ισορροπίας, τότε η τάση  $V_{ab}$  θα πάψει να είναι μηδέν και η πολικότητάς της θα εξαρτάται από την αντίσταση που έχει μεταβληθεί. Η σχέση που συνδέει τη τάση εξόδου στα άκρα a και b με τα στοιχεία του κυκλώματος είναι:

$$V_o = V_i \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right)$$

### Φαινόμενο Hall

Όταν ένας αγωγός μεταφοράς ρεύματος τοποθετείται σε μαγνητικό πεδίο έτσι ώστε το ρεύμα και το πεδίο να είναι κάθετα, ένα εγκάρσιο ηλεκτρικό πεδίο αναπτύσσεται το οποίο είναι ανάλογο στην πυκνότητα της μαγνητικής ροής του μαγνητικού πεδίου και στο ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό. Αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται σε όλους τους αγωγούς αλλά είναι σημαντικό μόνο σε ημιαγωγούς και είναι γνωστό σαν το φαινόμενο Hall.



Σχήμα 23 Φαινομενο Hall

Το σχήμα 23 δείχνει ένα λεπτό ημιαγωγό υλικό με έναν εφαρμοζόμενο μαγνητικό πεδίο  $B$  κάθετο σε ένα ρεύμα  $I$  και το προκύπτον ηλεκτρικό πεδίο  $E$ . η σχέση μεταξύ μαγνητικού πεδίου, ρεύματος και ηλεκτρικού πεδίου δίνεται από την σχέση

$$E = -Rh(I*B)$$

Όπου  $Rh$  είναι ο συντελεστής Hall και είναι ίσος  $1/ne$ , όπου  $n$  είναι ο αριθμός των φορτισμένων φορέων ανά μονάδα όγκου ο οποίος δημιουργεί το ρεύμα και  $e$  το φορτίο. Το φαινόμενο Hall χρησιμοποιείται σε πολλούς μετατροπείς, ιδιαίτερα σε αυτούς που σχετίζονται με μέτρησης

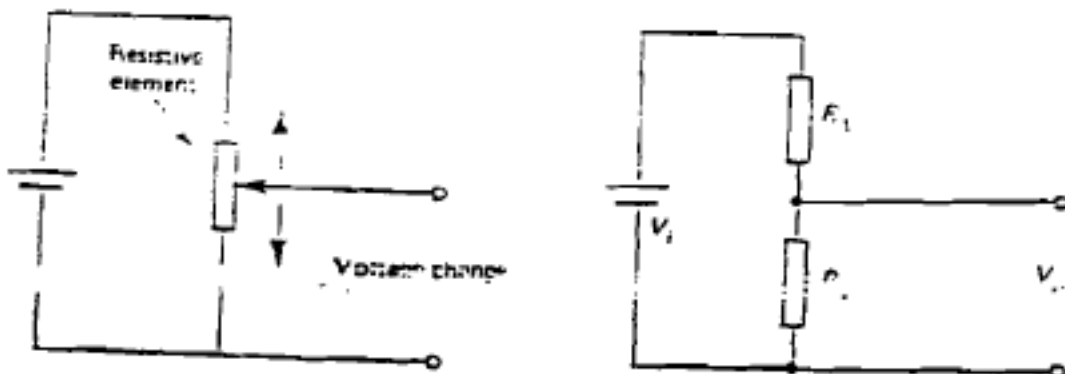
μαγνητικού πεδίου, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σαν βάση μη εδαφικών διακοπών.

### Μετατροπείς αντίστασης

Η μεγαλύτερη κατηγορία μετατροπέων στηρίζεται σε αρχές αντίστασης, έτσι ώστε μια αλλαγή στη μετρούμενη τιμή να μετατρέπεται σε αλλαγή της αντίστασης. Μεταβολές αντίστασης μπορεί να προκληθούν από μια σειρά γεγονότα στο στοιχείο μετατροπής, τέτοια όπως θέρμανση ή ψύξη, μηχανική συμπίεση, φως, υγρασία ή ξηρασία, μηχανική κίνηση του βραχίονα ενός ρεοστάτη κ.λπ. αν ένα σταθερό ρεύμα ρέει διαμέσου της αντίστασης τη στιγμή της μετρούμενης αλλαγής, το αποτέλεσμα θα είναι μια αλλαγή τάσης στα άκρα του υλικού η οποία δείχνει την μετρούμενη αλλαγή. Μια κατηγορία μετατροπέων αντίστασης είναι και ο ποτενσιμετρικός μετατροπέας στον οποίο η αλλαγή στη μετρούμενη τιμή μετατρέπεται σε αλλαγή στο λόγιο τάσης, που προκαλείται με μια αλλαγή στη θέση του βραχίονα μεσαίας λήψης σε μια αντίσταση στα άκρα της οποίας εφαρμόζετε μια τάση. Η διάταξη του απλού ποτενσιόμετρου φαίνεται στο σχήμα 24 όπου η τάση εξόδου δίνεται από τη σχέση :

$$V_0 = V_1 * R_2 / R_1 + R_2$$

Όπου και  $V_1$  είναι η εφαρμοζόμενη τάση εισόδου



**Σχήμα24:** Μετατροπέας αντίστασης με μορφή ποτενσιόμετρου

Αν η εφαρμοζόμενη τάση και η μετρούμενη τιμή ορίζει την θέση του ποτενσιόμετρου, τότε η τάση εξόδου είναι κατευθείαν συνάρτηση της μετρούμενης τιμής.

Φυσικά μεγέθη / Αρχή μετατροπής	Ηλεκτρομηχανική	Ποτενσιόμετρο	Διαφορ. Μετασχ.	Πιεζοαντίσταση	Φωτοηλεκτρική	Πιεζοηλεκτρική	Θερμοηλεκτρική	Μεταβλ. Ηλ. Αντ.	Θερμοδιαστολή	Θερμ. Επίδρ. σε Ημιαγ.	Χωρητική	Επαγωγική	Ταλαντωτή	Hall και μαγνητοαντιστ.
Γραμμική μετατόπιση	X	X	X	X	X						X	X		
Γωνία	X	X	X	X	X						X	X		
Δύναμη	X		X	X		X					X	X	X	
Ροπή	X		X	X	X									
Ταχύτητα	X	X	X	X	X	X						X		
Επιτάχυνση	X	X	X	X	X	X					X	X		
Πίεση		X	X	X		X					X	X		
Ροή		X	X	X		X					X	X		
Θερμοκρασία							X	X	X	X			X	
Μαγν. Επαγωγή	X													X
Φωτισμός					X									
Υγρασία			X				X				X			

Πίνακας 1

### **Χαρακτηριστικά Αισθητήρων**

Η επιλογή κάποιου αισθητήρα για ένα σύστημα μέτρησης ή ελέγχου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι το κόστος, η διαθεσιμότητα και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες. Όπως και στην ορολογία που καταγράφετε πιο πάνω, είναι σημαντικό να έχουμε μια βασική κατανόηση των χαρακτηριστικών των αισθητήρων. Τα χαρακτηριστικά που ακολουθούν μπορούν να εφαρμόζονται στο όλο σύστημα μέτρησης και σε όλα τα επιμέρους τμήματα ενός συστήματος μέτρησης, περιλαμβάνοντας τον αισθητήρα, της μονάδας ρύθμισης του συστήματος και την συσκευή εμφάνισης ή καταγραφής. Δεν εφαρμόζονται οπωσδήποτε όλα τα χαρακτηριστικά σε κάποιο δεδομένο αισθητήρα.

### **Ακρίβεια**

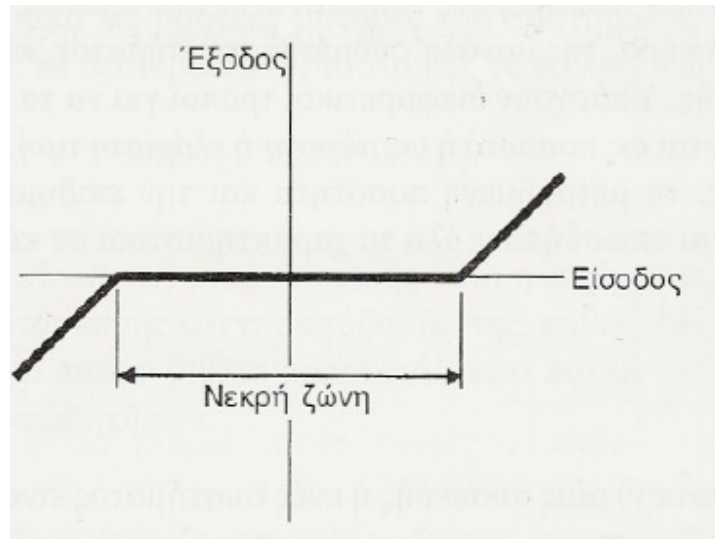
Είναι ο βαθμός στον οποίο η τιμή την οποία δημιουργεί μπορεί να είναι εσφαλμένη, ή αλλιώς το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να παράγει. Στην περίπτωση ενός αισθητήρα ,είναι η εγγύτητα της τιμής εξόδου προς τη μετρούμενη τιμή. Στην πράξη, κάθε συσκευή παράγει κάποιο σφάλμα οσοδήποτε μικρό, και έχει κάποιον πεπερασμένο βαθμό ακρίβειας. αυτή μπορεί να εκφραστεί ως προς τις μονάδες της μετρούμενης ποσότητας και έτσι για παράδειγμα έχουμε θερμομέτρα με ακρίβεια +- 0,2 βαθμούς κελσίου. (πχ. Οικιακό θερμομέτρο)

### **Βαθμονόμηση.**

Αναφέρεται στις μονάδες, στις οποίες βαθμολογείται η κλίμακα εμφάνισης ή καταγραφής ενός οργάνου (π.χ. ταχύμετρο αυτοκινήτου).

### **Νεκρή ζώνη.**

Το μέγιστο ποσό αλλαγής της μετρούμενης ποσότητας που δεν προκαλεί αλλαγή στην έξοδο ή αλλιώς το εύρος τιμών εισόδου που δεν προκαλεί εμφάνιση κάποιας εξόδου. Οι νεκρές ζώνες προκύπτουν λόγω στατικής τριβής ή υστέρησης. Το σχήμα δείχνει τα χαρακτηριστικά μιας νεκρής ζώνης. Δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει νεκρή ζώνη καθ' όλο το εύρος ενός οργάνου και συχνά οι υπολογίσιμες νεκρές ζώνες εμφανίζονται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (π.χ διακόπτης ρύθμισης οικιακού φωτισμού)



Σχήμα 25

### Διαστάσεις.

Οι διαστάσεις ενός αισθητήρα ή συστήματος μέτρησης είναι το μέτρο του φυσικού του μεγέθους και αναγράφονται σχεδόν πάντοτε στις προδιαγραφές του.

### Ολίσθηση.

Η φυσική τάση μιας συσκευής ή συστήματος να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του με τον χρόνο και λόγω περιβαλλοντικών μεταβολών. Εμφανίζεται τότε μεταβολή στην έξοδο που παρέχει το σύστημα, ενώ η είσοδος παραμένει αμετάβλητη, και έτσι επηρεάζεται η ακρίβεια. Η ολίσθηση λαμβάνει χώρα σε διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορους λόγους. Ένα από τα πιο συνηθισμένα και σημαντικά αίτια ολίσθησης είναι η αλλαγή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Για το λόγο αυτό στις προδιαγραφές των αισθητήρων αναφέρετε η επίδραση της θερμοκρασίας στα διάφορα χαρακτηριστικά της συσκευής.

### Σφάλμα

Το σφάλμα ισούται με την διαφορά ανάμεσα στη μετρούμενη τιμή και την πραγματική τιμή μιας ποσότητας. Για παράδειγμα ένας χάρακας χρησιμοποιείται για την μέτρηση του πλάτους της σελίδας ενός βιβλίου και αυτό βρίσκετε ίσο 210,5mm. Εν τούτοις το πραγματικό μέγεθος τις σελίδας είναι 209,9mm και επομένως έχει σφάλμα

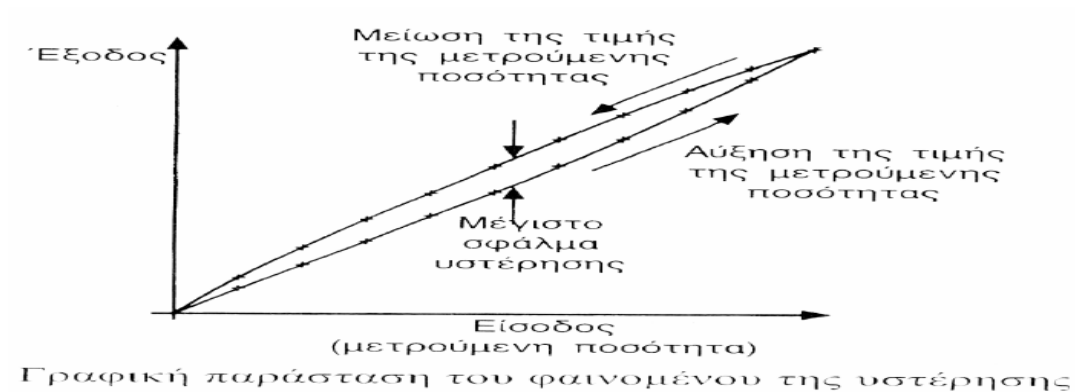


ίσον με 0,6 mm. Τα σφάλματα μπορούν συχνά να εκφράζονται επί τις εκατό οπότε τότε αντιπροσωπεύουν την ακρίβεια του συστήματος.

### Υστέρηση.

Η έξοδος διαφέρει όταν η κατεύθυνση της μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί. Προκαλείται από διάφορους παράγοντες, ειδικότερα τη μηχανική τάση και την τριβή. (π.χ. μηχανικά γρανάζια, ρουλεμάν)

Το σχήμα 26 παρουσιάζει την επίδραση της υστέρησης με την βοήθεια μιας γραφικής παράστασης. Η είσοδος του αισθητήρα, δηλαδή η μετρούμενη ποσότητα αυξάνει με σταθερό βήμα όταν φτάσει τη μέγιστη δυνατή τιμή μειώνεται με το ίδιο σταθερό βήμα έως ότου λάβει ξανά την τιμή μηδέν. Η γραφική παράσταση δείχνει τη διαφορά που υπάρχει στην έξοδο του αισθητήρα όταν η μετρούμενη ποσότητα αυξάνει ή μειώνεται. Αυτό το γεγονός ονομάζεται υστέρηση του συστήματος.



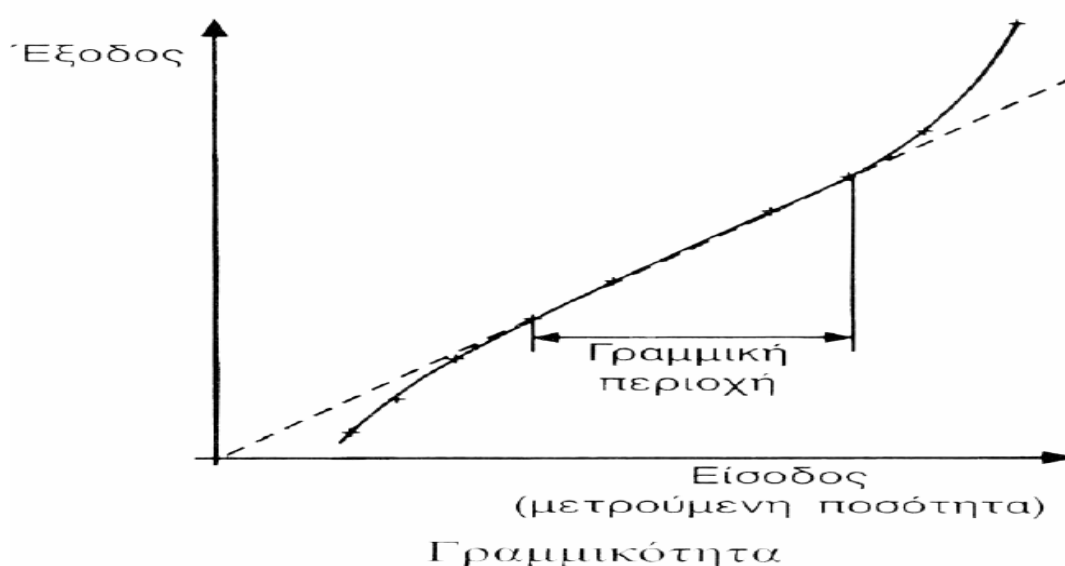
Σχήμα 26

### Καθυστέρηση.

Η καθυστέρηση της αλλαγής της τιμής εξόδου ενός αισθητήρα ως προς την αλλαγή της τιμής εισόδου του (συνηθέστερα μετριέται σε κλάσματα του δευτερολέπτου). Σε μερικές εφαρμογές όπως είναι ο έλεγχος η καθυστέρηση μπορεί να επηρεάζει αποφασιστικά την απόδοση.

### Γραμμικότητα.

Αποτελεί το βαθμό, στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου ως προς την είσοδο του αισθητήρα προσεγγίζει μια ευθεία γραμμή. Ένας αισθητήρας μπορεί να είναι γραμμικός σε μια περιοχή τιμών εισόδου όπως εικονίζεται στο σχήμα 27. Επίσης η γραμμικότητα μπορεί να εκφράζεται ως προς το μέγιστο βαθμό απόκλισης από την ευθεία γραμμή σε όλο το εύρος τιμών εισόδου και τότε αναφέρεται ως ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας.



Σχήμα 27

### Χρόνος λειτουργίας.

Αποτελεί ένδειξη του χρόνου κατά τον οποίο αναμένεται να λειτουργεί στα πλαίσια των προδιαγραφών του. Εκφράζεται σε μονάδες χρόνου ή κύκλων λειτουργίας.

### Αξιοπιστία.

Είναι η ικανότητα μιας συσκευής να λειτουργεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες για μια δεδομένη χρονική περίοδο ή ένα δεδομένο αριθμό κύκλων λειτουργίας παραμένοντας πάντοτε στα πλαίσια των προδιαγραφών.

### **Επαναληψιμότητα.**

Εκφράζει το βαθμό στον οποίο μια συσκευή παράγει το ίδιο αποτέλεσμα όταν τροφοδοτείται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές με ακριβώς την ίδια είσοδο. Στην ορολογία συστημάτων μέτρησης ένας αισθητήρας μπορεί να έχει υψηλή επαναληψιμότητα και να δίνει παρόμοια έξοδο όταν μετρά πολλές φορές μια συγκεκριμένη είσοδο, αλλά εάν υπάρχει σημαντικό σφάλμα στην έξοδο τότε η έξοδος δεν είναι ακριβείς. Στις προδιαγραφές των συσκευών η επαναληψιμότητα ορίζεται με γενικούς όρους όπως ότι το όργανο διαθέτει υψηλή ακρίβεια high precision αλλά και με ειδικούς όρους repeatability και reproducibility.

### **Εύρος.**

Εκφράζει τα όρια στα οποία μια συσκευή μπορεί να λειτουργεί αξιόπιστα. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να δίνεται και η υπερφόρτιση. Το εύρος λειτουργία ενός αισθητήρα εκφράζεται συνήθως με την ελάχιστη και την μέγιστη τιμή που είναι ικανό να μετρά. Είναι σημαντικό ο αισθητήρας να εμπίπτει στο εύρος λειτουργίας που καθορίζετε ώστε όχι μόνο να εκτελεί σωστές μετρήσεις αλλά και για να μην καταστραφούν ή αλλοιωθούν κάποια ευαίσθητα τμήματα του και κατά επέκταση να μην αποτελεί κίνδυνο για την υγεία και την ασφάλεια των ανθρώπων

### **Ονομαστική τιμή.**

Αποτελεί το σύνολο των βέλτιστων συνθηκών υπό τις οποίες αυτή θα λειτουργεί με επιτυχία και ασφάλεια. Συνήθως δίνεται μια περιγραφή των ονομαστικών τιμών όπως είναι η μέγιστη τιμή θερμοκρασίας και η μέση τιμή φόρτισης.

### **Απόκριση.**

Ισούται με το χρόνο που απαιτείται για να λάβει μια συσκευή την τελική τιμή εξόδου της για μια δεδομένη είσοδο. Εκφράζεται σε δευτερόλεπτα ή κάποιες φορές ως ποσοστό επί της τελικής τιμής εξόδου.

### **Διακριτική ικανότητα.**

Η διακριτική ικανότητα με την οποία μια συσκευή ή ένας αισθητήρας ανιχνεύει ή εμφανίζει μια τιμή αναφέρεται στην μικρότερη είσοδο ή αλλαγή εισόδου που μπορεί αυτός να ανιχνεύσει. Εκφράζεται συνήθως ως προς το μικρότερο διάστημα που μπορεί να ανιχνευθεί ή να μετρηθεί. Όσο μεγαλύτερη είναι η διακριτική ικανότητα τόσο μικρότερο είναι το βήμα που μπορεί ο αισθητήρας να μετρήσει.

### **Ευαισθησία.**

Εκφράζει τη σχέση ανάμεσα στην αλλαγή της εξόδου και την αντίστοιχη αλλαγή της εισόδου, με την προϋπόθεση ότι η σχέση μεταξύ τους είναι γραμμική.

**Αρα:** ευαισθησία= μέγιστη τιμή εξόδου- ελάχιστη τιμή εξόδου/ μέγιστη τιμή εισόδου- ελάχιστη τιμή εισόδου

Οι μονάδες που μετριέται η ευαισθησία ορίζονται από την παραπάνω εξίσωση και επομένως διαφέρουν ανάλογα με την φύση του αισθητήρα και την μετρούμενη ποσότητα.

### **Ευστάθεια.**

Αποτελεί το μέτρο μεταβολής της εξόδου μιας συσκευής, όταν η είσοδος και οι συνθήκες παραμένουν σταθερές, κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης χρονικής περιόδου.

### **Στατικό σφάλμα.**

Είναι ένα σταθερό σφάλμα που υπεισέρχεται καθ' όλο το εύρος τιμών εισόδου μιας συσκευής. Εάν αυτό το σφάλμα είναι γνωστό τότε μπορεί να αντισταθμιστεί χωρίς να υπάρξει υποβάθμιση της ακριβείας του συστήματος.

### **Ανοχή.**

Είναι το μέγιστο ποσό σφάλματος που μπορεί να υπάρξει κατά τη διάρκεια λειτουργίας της. Ανάλογα με την φύση της συσκευής μπορεί συχνά να αναφέρεται η ανοχή αντί της ακριβείας στις προδιαγραφές.

### **Περιοχή συχνότητας λειτουργίας.**

Είναι η περιοχή μέσα στην οποία το κέρδος του αισθητήρα δεν μεταβάλλεται περισσότερο από 5 % της μέσης τιμής του.

### **Περίληψη**

Στο κεφάλαιο αυτό αναφερθήκαμε στους αισθητήρες, στις κατηγορίες αισθητήρων, τους μετατροπείς και τους διακόπτες, στην σχέση αυτών των δυο όρων. Περιγράψαμε τα συστήματα μέτρησης και ελέγχου στα οποία αυτοί χρησιμοποιούνται. Έχει επίσης ορίσει την βασική ορολογία και τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται κατά την περιγραφή των αισθητήρων και των συστημάτων μέτρησης και ελέγχου.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στα διαφορά είδη αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση θέσης και ταχύτητας.

## ***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>***

### **Αισθητήρια Γωνιακή Ταχύτητας και αναφορά σε αισθητές θέσης**

## Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε τους αισθητήρες και μετατροπείς που χρησιμοποιούνται για να μετρούν την κίνηση και την γωνιακή ταχύτητα.

### Γωνιακή ταχύτητα.

Η μέτρηση της ταχύτητας είναι σημαντική, επειδή πολλά συστήματα έχουν είσοδο ή έξοδο που έχει τη μορφή ταχύτητας. Εντούτοις, η ταχύτητα που μετρούν μπορεί να σχετίζεται και έτσι να εκφραστεί, με κάποια άλλη παράμετρο. Πολλές συσκευές ευθύγραμμης και γωνιακής ταχύτητας είναι ικανές να μετρούν ως προς τον χρόνο και επομένως να μετρούν την ταχύτητα και την επιτάχυνση. Άλλες συσκευές μετρούν απευθείας την ταχύτητα ή την επιτάχυνση, από όπου είναι δυνατόν ο υπολογισμός της μετατόπισης.

Η γωνιακή ταχύτητα (angular displacement) εμφανίζεται πολύ συχνά σε συσκευές και μηχανήματα. Η μέτρηση της γωνιακής ταχύτητας είναι συχνά αναγκαία για την αξιολόγηση της απόδοσης ενός μηχανήματος και είναι ουσιαστική σε διάφορα συστήματα τοποθέτησης και ελέγχου.

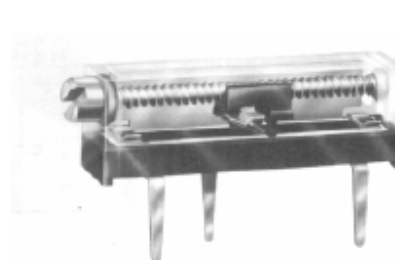
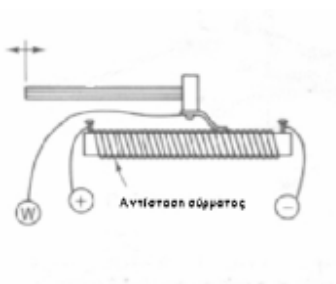
Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα αναφερθούμε σε διάφορες κατηγορίες μετατροπέων και αισθητηρίων . Θα περιγράψουμε μόνο μερικούς αντιπροσωπευτικούς τύπους.

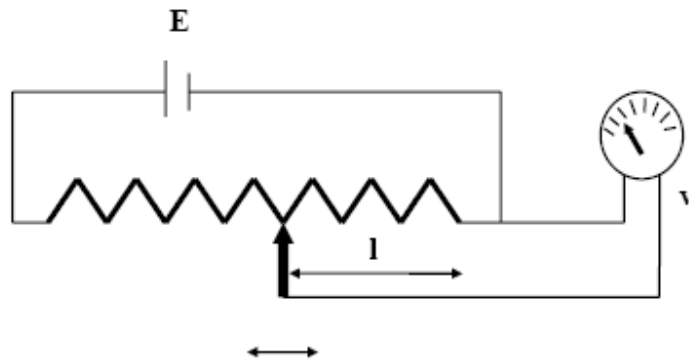
Αλλα πριν προχωρήσουμε θα κάνουμε μια μικρή ονομαστική αναφορά στους αισθητήρες μέτρησης της γωνιακής μετατόπισης

### Αισθητήρες γραμμικής θέσης

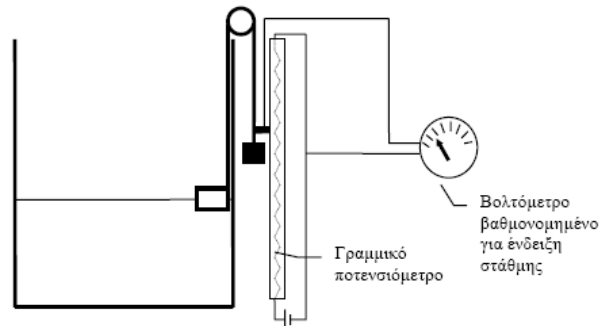
#### 1.Το γραμμικό ποτενσιόμετρο

Είναι ίσως το απλούστερο αισθητήριο θέσης . Αποτελείται από μια αντίσταση κατά μήκος της οποίας κινείται μια επαφή - η μεσαία λήψη όπως ονομάζεται (Σχήμα 1)





Σχήμα 1



Σχήμα 2

Στο Σχήμα 2 φαίνεται πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα γραμμικό ποτενσιόμετρο για την μέτρηση της στάθμης υγρού σε δοχείο. Η μεσαία λήψη παρακολουθεί τη στάθμη με τη βοήθεια του πλωτήρα και του αντίβαρου. Τη τάση της μεσαίας λήψης παρακολουθούμε με τη βοήθεια βολτομέτρου, το οποίο έχουμε βαθμονομήσει κατάλληλα.

Παρακάτω, παρουσιάζουμε συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά, μειονεκτήματα, εφαρμογές του γραμμικού ποτενσιόμετρου:

#### Χαρακτηριστικά:

- τα ποτενσιόμετρα που σχηματίζονται από τυλιγμένο καλώδιο έχουν γραμμικότητα περίπου  $\pm 1\%$  και τα πιο ακριβή ποτενσιόμετρα μπορούν να είναι γραμμικά σε ποσοστό  $\pm 0.01\%$

- η αντίσταση του τυλιγμένου καλωδίου κυμαίνεται από περίπου 10 Ω έως 200 kΩ και του υμενίου από περίπου 100 Ω έως 1 MΩ.
- Η διακριτική ικανότητα των ποτενσιομέτρων τυλιγμένου καλωδίου εξαρτάται από τον αριθμό των περιελίξεων επάνω στον κύλινδρο.
- Μπορεί να επιτευχθεί άμεση ένδειξη με τη χρήση ενός βολτομέτρου, το οποίο είναι βαθμονομημένο σε μονάδες μετατόπισης.

#### **Μειονεκτήματα:**

- Τα ποτενσιόμετρα πάσχουν από τη μικρή μη γραμμικότητα του κυλίνδρου η οποία επηρεάζει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων
- Οι κινητές επαφές και ο αντιστάτης υπόκεινται συχνά σε μηχανική φθορά και έτσι μεταβάλλεται η απόκριση τους
- Επίσης προσθέτουν μία μικρή φυσική αντίσταση στη μετρούμενη μετατόπιση
- Προβλήματα επίσης μπορούν να προκληθούν από ανεπιθύμητα ηλεκτρικά σήματα (ηλεκτρικό θόρυβο)

#### **Χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές:**

- καταγραφή της θέσης των αντικειμένων σε μία γραμμή παραγωγής
- για έλεγχο των διαστάσεων των αντικειμένων σε συστήματα ποιοτικού ελέγχου

## **2.Περιστροφικά ποτενσιόμετρα**

Τα περιστροφικά ποτενσιόμετρα μετρούν την γωνιακή μετατόπιση. Λειτουργούν με την ίδια αρχή που έχουν τα γραμμικά που είδαμε προηγουμένως, επίσης χρησιμοποιούνται παρόμοια υλικά και τεχνικές. Η κύρια διαφορά είναι ότι το στοιχείο αντίστασης έχει τη μορφή τόξου, επάνω στην οποία ολισθαίνει η κινητή επαφή. Η κινητή επαφή περιστρέφεται επειδή είναι συνδεδεμένη με τον άξονα εισόδου η τάση εξόδου είναι ανάλογη της γωνιακής μετατόπισης του άξονα.

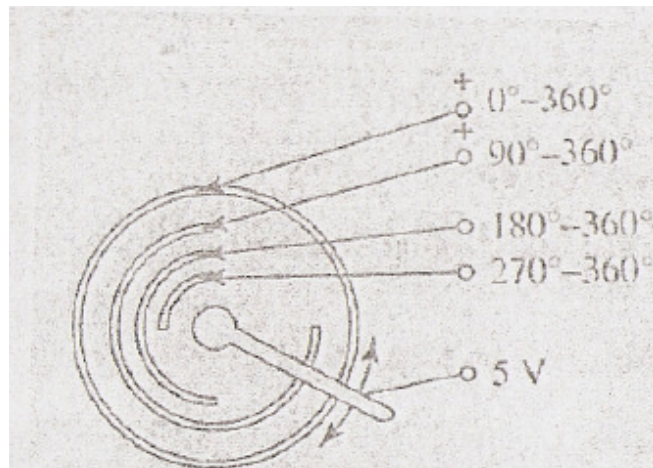
Το περιστροφικό (κοινό) ποτενσιόμετρο είναι ίσως το όργανο με την πιο διαδεδομένη χρήση. Το ηλεκτρικό σήμα (τάση) στη μεσαία λήψη είναι συνήθως ανάλογο της γωνίας περιστροφής. Συνήθως η στροφή είναι περιορισμένη στις 360<sup>ο</sup>, αλλά υπάρχουν και ποτενσιόμετρα περισσοτέρων περιστροφών .

Ο περιστροφικός μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής είναι το ακριβές ανάλογο του γραμμικού και χρησιμοποιείται για την μέτρηση γωνιών στροφής. Στην προκειμένη βέβαια περίπτωση ο πυρήνας στρέφεται αντί να ολισθαίνει .



### 3. Διακόπτες (Switches)

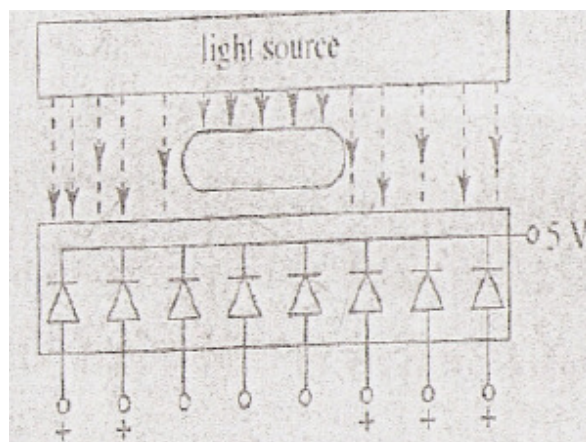
Ξεκινώντας από τους διακόπτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν αισθητήρες ανίχνευσης θέσης. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας μια παράταξη από διακόπτες. Το κόστος είναι λίγο ακριβό αφού περιλαμβάνει τους διακόπτες, το κύκλωμα σύνδεσης και το κύκλωμα controller. Υπάρχουν διάφοροι τύποι διακοπτών για την χρήση αυτή. Στο σχήμα 7 φαίνεται ένας περιστροφικός αισθητήρας θέσεως. Η θέση καθορίζεται από τον αριθμό των νησίδων που άγουν όταν εφάπτεται ο μοχλός.



Σχήμα 7

### 4. Φωτοδιόδους

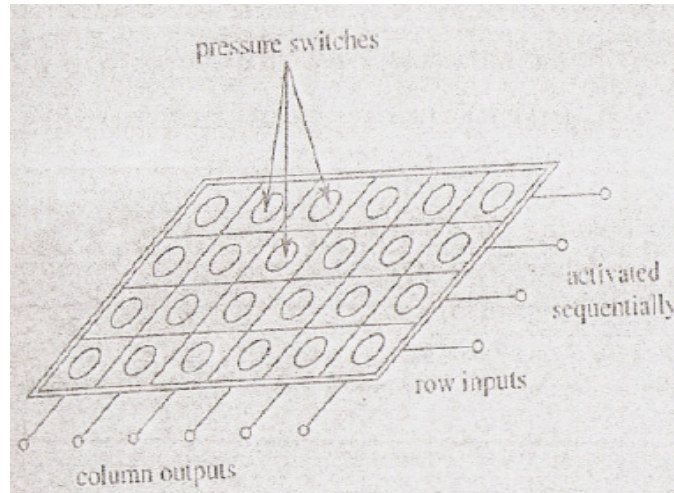
Ένας άλλος τύπος είναι αυτός με τις φωτοδιόδους που φαίνεται στο σχήμα 8. Από την μια πλευρά είναι τοποθετημένες πηγές φωτός ενώ απ' την άλλη φωτοδιόδους. Έτσι όταν περάσει κάποιο αντικείμενο ανάμεσα τους αυτό θα κόβει το φως που θα έπεφτε στις απέναντι διόδους με αποτέλεσμα αυτές να μην άγουν. Στην συνέχεια είναι εύκολο να βρεθεί η θέση. Αυτός ο τύπος αισθητήρα χρησιμοποιείται μόνο για μικρές αποστάσεις και μόνο σε ευθεία γραμμή.



Σχήμα 8

### 5. Αισθητήρας πίεσης

Τέλος ένας άλλος τύπος αισθητήρα θέσης με διακόπτη είναι αυτός που φαίνεται στο σχήμα 9. Αυτός αποτελείται από μετατροπείς πίεσης η οποία ανάλογα με την ποσότητα της πίεσης σε κάθε αισθητήρα μπορούν να βρουν όχι μόνο τη θέση αλλά και τον προσανατολισμό.

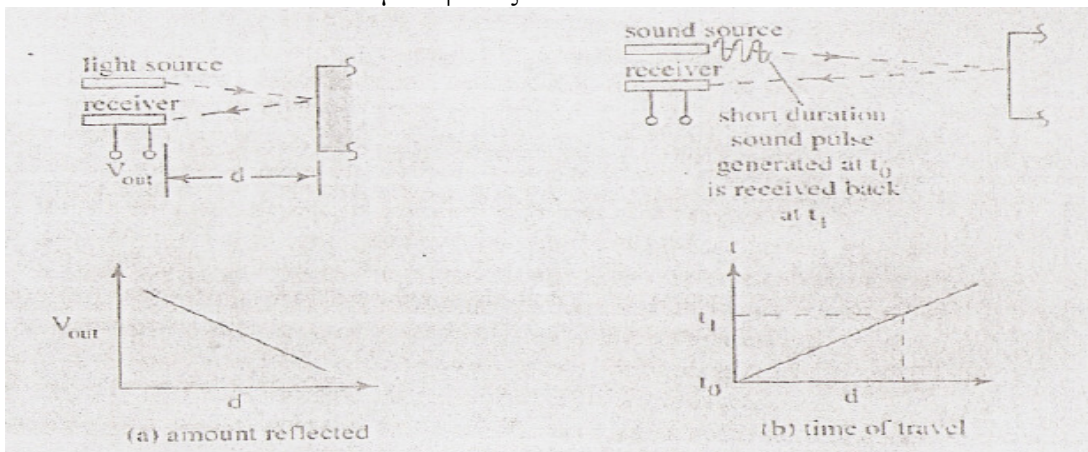


**Σχήμα 9**

Όμως η πλειονοφία των αισθητήρων θέσεως και μετατόπισης δεν είναι διακόπτες αλλά μετατροπείς ή σειρά από μετατροπείς.

### 6. Μέτρηση θέσης με ανακλώμενα κύματα

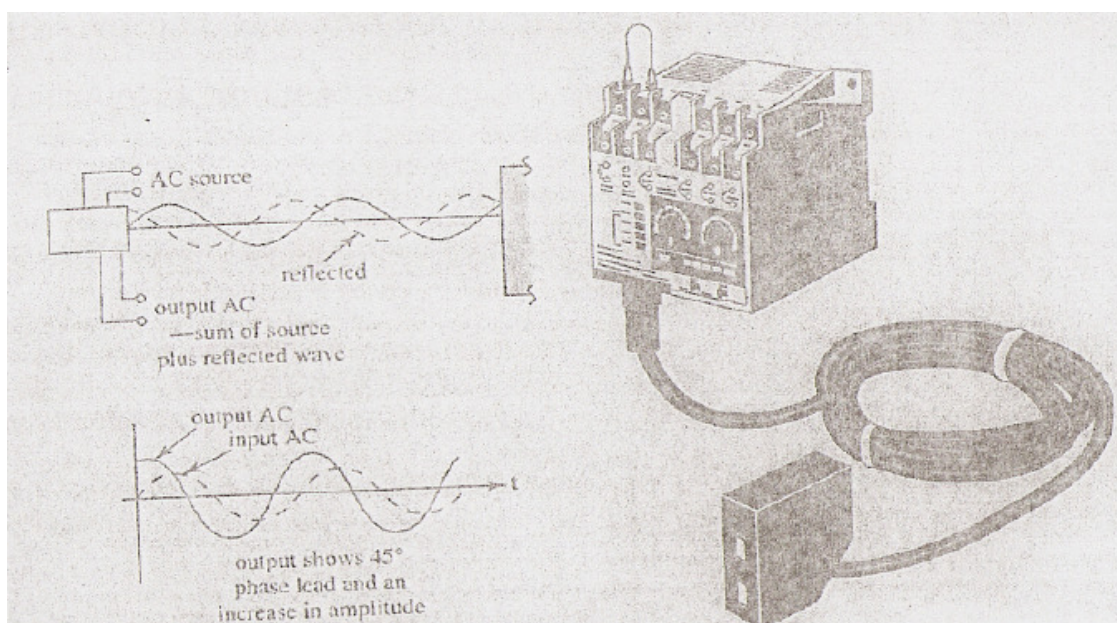
Μεγάλη ποικιλία αισθητήρων για την μέτρηση της θέσης λειτουργούν με βάση την αρχή των ανακλώμενων κυμάτων όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 10α. Τα κύματα μπορεί να είναι είτε ήχος είτε φως. Η πιο απλή κατηγορία αισθητήρα είναι αυτή των οπισθοανακλαστικών δεσμών φωτός.



**Σχήμα 10α και 10β**

Η έξοδος του αισθητήρα είναι ανάλογη της ποσότητας του φωτός που ανακλάται και επιστρέφει στον ανιχνευτή φωτός, άρα και της κοντινότερης ανακλαστικής επιφάνειας. Ένας άλλος τύπος αισθητήρα παρόμοιος με τον προηγούμενο αλλά περισσότερο πολύπλοκος είναι ο σαρωτής με υπέρηχους. Στην προκειμένη περίπτωση, ένας υψηλής συχνότητας παλμός παράγεται, αυτός θα ανακλαστεί από τον στόχο και θα επιστρέψει πίσω. Η απόσταση του στόχου από την γεννήτρια είναι ανάλογη με τον χρόνο που χρειάζεται να κάνει ο παλμός από την γεννήτρια μέχρι τον στόχο και να επιστρέψει (εικόνα 10β).

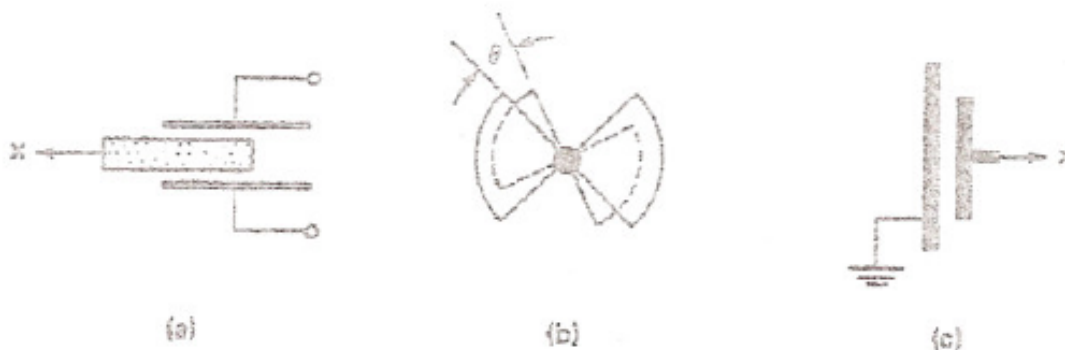
Στην ίδια κατηγορία ανήκει και ο αισθητήρα τύπου interferometer ο οποίος χρησιμοποιεί ενέργεια σε μορφή ήχου ή φωτός. Το εκπεμπόμενο κύμα αλληλεπιδρά με το ανακλώμενο κύμα όπως φαίνεται στο σχήμα 11



Σχήμα 11

### **7.Αισθητήρες μετατόπισης βασισμένοι στην μεταβολή της χωρητικότητας πυκνωτή (capacitive transducer).**

Οι αισθητήρες της κατηγορίας αυτής βασίζονται στην μεταβολή της χωρητικότητας του πυκνωτή, στη μεταβολή του ενεργού εμβαδού και στην μετακίνηση του ενός οπλισμού όπως φαίνεται στο σχήμα 12.



**Σχήμα 12** μεταβολή της χωρητικότητας με (a) μετακίνηση του διηλεκτρικού του πυκνωτή, (b) μεταβολή του ενεργού εμβαδού των οπλισμών του πυκνωτή και με (c) μετακίνηση του ενός οπλισμού

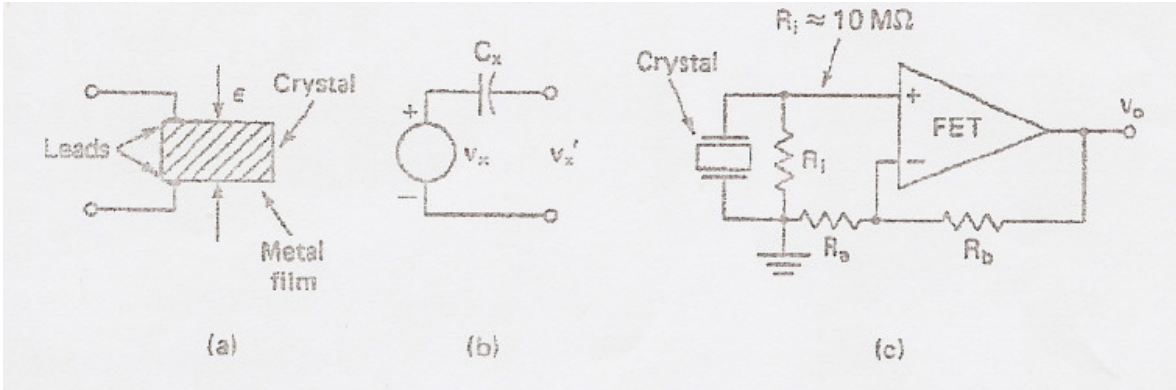
Το σήμα εξόδου του πυκνωτή χρειάζεται σημαντική ρύθμιση. Είναι απαραίτητο για να μην επηρεάζει την χωρητικότητα και να εισάγονται σφάλματα να αντισταθμίζεται το κύκλωμα με τη βοήθεια πρόσθετου κυκλώματος για τις θερμοκρασιακές αλλαγές. Οι αισθητήρες της κατηγορίας αυτής είναι κατάλληλοι για την μέτρηση μόνο μικρών μετατοπίσεων. Είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι, έχουν άπειρη διακριτική ικανότητα αλλά μπορεί να είναι ακριβοί και απαιτούν προσεκτική τοπική ρύθμιση. Χρησιμοποιούνται σε ειδικές εφαρμογές όπως η μέτρηση μηχανικής φθοράς η ανίχνευση της επιφανειακής μορφολογίας υλικών

### **8. Αισθητήρες μετατόπισης βασισμένοι στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο (piezoelectric effect)**

Το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο όπως έχουμε ξαναπεί προκαλεί την εμφάνιση ηλεκτρικών φορτίων αντίθετου προσίμου στις απέναντι πλευρές ενός κρυστάλλου όταν αυτός πιέζεται δηλαδή υφίσταται μηχανική τάση. Το φορτίο είναι ανάλογο της μηχανικής τάσης.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 13α εάν εφαρμόσουμε δυνάμεις στα άκρα του κρυστάλλου τότε εμφανίζεται ηλεκτρική τάση στα άκρα του. Το σχήμα 13β δείχνει το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα του. Η τάση μπορεί να ενισχυθεί με την βοήθεια ενός τελεστικού ενισχυτή fet όπως φαίνεται στο σχήμα 13γ. η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε μικρές μετατοπίσεις και επομένως σαν αισθητήρας παραμόρφωσης.





**Σχήμα 13:** Αισθητήρες μετακίνησης βασιζόμενοι στο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο (a) εφαρμογή δύναμης στον κρύσταλλο και εμφάνιση τάσεως στα άκρα του, (b) ηλεκτρικό ισοδύναμο, (c) ενίσχυση της τάσεως αυτής με τη βοήθεια τελεστικού ενισχυτή fet.

**9.Αισθητήρες προσέγγισης μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης.**

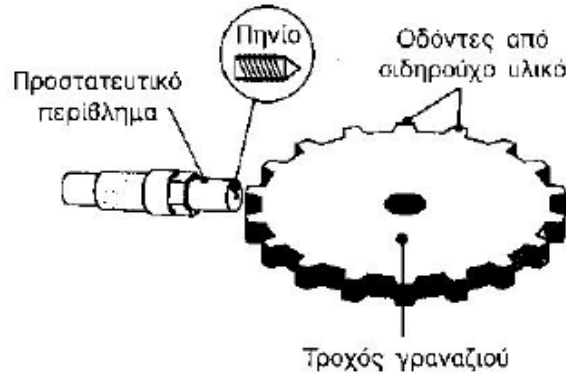
Οι αισθητήρες προσέγγισης μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης (variable reluctance proximity sensors) είναι μικρές μαγνητικές συσκευές που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση γωνιακής απόκλισης. Ο αισθητήρας αποτελείται από ένα μικρό ηλεκτρομαγνητικό πηνίο που τοποθετείται σε προστατευτική θήκη και στερεώνεται σε μία ακλόνητη θέση κοντά στον περιστρεφόμενο άξονα. Μπορεί να ανιχνεύσει την ύπαρξη ενός σιδηρούχου μετάλλου.



**Σχήμα 22** Αισθητήρας προσέγγισης μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης.

Στο σχήμα 23. εικονίζεται ένας αισθητήρας προσέγγισης, ο οποίος ανιχνεύει την άμεση προσέγγιση ενός οδόντα από κάποιο γρανάζι. Όταν ο οδόντας περνά κοντά από τον αισθητήρα, τότε παράγεται τάση εξόδου, η οποία προκαλείται από τη μεταβολή του μαγνητικού πεδίου στην περιοχή του πηνίου. Η έξοδος είναι ένας παλμός. Η γωνιακή

περιστροφή μπορεί με αυτόν τον τρόπο να μετρηθεί, εάν ενσωματωθεί στον άξονα κάποιο σιδηρούχο υλικό και απαριθμηθεί πόσες φορές παράγεται τάση εξόδου.



Σχήμα 23 Άμεση προσέγγιση οδόντων γραναζιού.

Οι τυπικοί αισθητήρες αυτού του τύπου μπορούν να ανιχνεύουν σιδηρομαγνητικά υλικά σε αποστάσεις έως 2.5 mm. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορες εφαρμογές:

- ανίχνευση της γωνίας ενός άξονα.
- χρόνος ανάφλεξης σε κινητήρες.
- σε σκληρούς δίσκους ηλεκτρονικών υπολογιστών.
- ανίχνευση ταχύτητας κινητήρων.

Κύρια τους χαρακτηριστικά είναι:

- μπορούν να έχουν πολύ μικρό μέγεθος και έτσι να χρησιμοποιηθούν εκεί όπου άλλοι ανιχνευτές δε χωρούν.
- πολλές από αυτές τις συσκευές είναι παθητικές και δε χρειάζονται εξωτερική τροφοδοσία για να λειτουργήσουν.
- συχνά σφραγίζονται μέσα σε προστατευτικές θήκες και έτσι εμφανίζουν εξαιρετική αντοχή σε περιβαλλοντικές επιδράσεις, όπως είναι οι ακραίες θερμοκρασίες και πιέσεις και η ύπαρξη δραστικών χημικών ουσιών.
- έχουν χαμηλό κόστος αλλά πρέπει να ευρίσκονται πολύ κοντά σε κάποιο σιδηρούχο υλικό για να παράγουν υπολογίσιμη τάση εξόδου.
- επίσης πάσχουν από την ύπαρξη ανεπιθύμητων σημάτων θορύβου.
- εν γένει λειτουργούν σε μέτριες έως υψηλές ταχύτητες.

### 10.Γραμμικός Μεταβλητός Διαφορικός Μετασχηματιστής (Linear Variable Differential Transformer - LVDT)

Το ποτενσιόμετρο έχει περιορισμένο χρόνο ζωής και απαιτεί για την κίνησή του κάποια δύναμη λόγω της τριβής της κινούμενης επαφής με την αντίσταση. Τα μειονεκτήματα αυτά δεν υπάρχουν στο Γραμμικό Μεταβλητό Διαφορικό Μετασχηματιστή. Οι γραμμικοί μεταβλητοί διαφορικοί μετασχηματιστές (Linear

Variable Differential Transformers) είναι πιθανόν οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες για τον ακριβή προσδιορισμό μετατοπίσεων έως 300 mm.

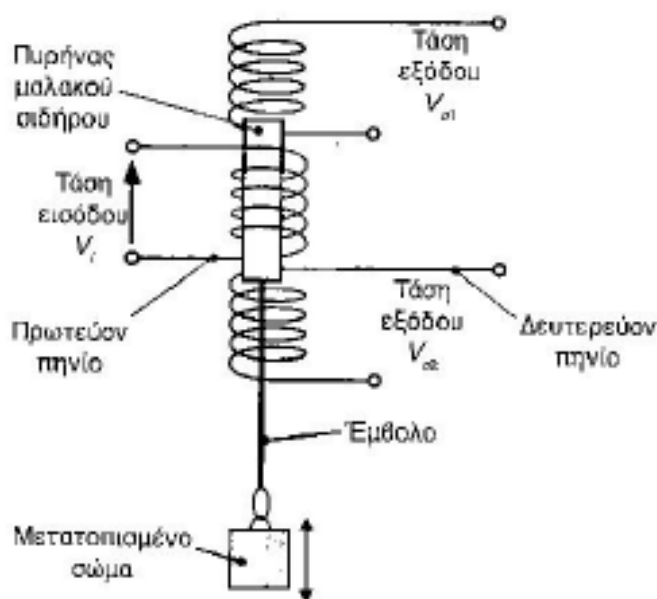
Ένας συμβατικός μετασχηματιστής αποτελείται από δύο πηνία που είναι ισχυρή σύζευξη και είναι τυλιγμένα γύρω από έναν κύλινδρο μαλακού σιδήρου. Αυτά ονομάζονται πρωτεύον και δευτερεύον πηνίο. Όταν εφαρμοστεί μία εναλλασσόμενη τάση στο πρωτεύον πηνίο, τότε επάγεται μία εναλλασσόμενη τάση στο δευτερεύον πηνίο. Αυτό συμβαίνει λόγω ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής (νόμος Faraday).

Ονομάστηκε μετασχηματιστής γιατί υπακούει στις αρχές της Ηλεκτρομαγνητικής Επαγωγής.

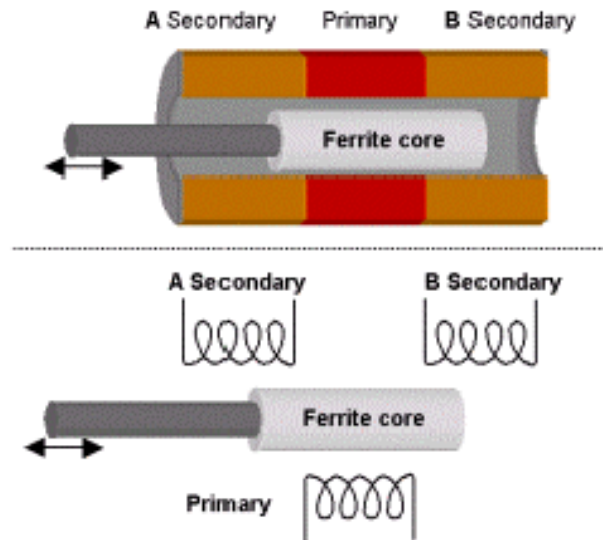
Έχει ένα πρωτεύον και δύο δευτερεύοντα πηνία, τα οποία συνδέονται και παρέχουν τη διαφορά των αντιστοίχων τάσεων που έχουν τις εξόδους τους. Για αυτό ονομάζεται διαφορικός.

Είναι μεταβλητός, επειδή η μαγνητική ζεύξη ανάμεσα στο πρωτεύον και τα δύο δευτερεύοντα μπορεί να μεταβληθεί και έτσι να επηρεάσει το μέγεθος της επαγόμενης Ηλεκτρεγερτικής Δύναμης.

Η σχεδίαση όλου του συστήματος είναι τέτοια, ώστε η μεταβολή της σύζευξης του πρωτεύοντος με τα δευτερεύοντα πηνία να γίνεται γραμμικά.



**Σχήμα 24** Οι περιελίξεις ενός γραμμικού μεταβλητού διαφορικού μετασχηματιστή.

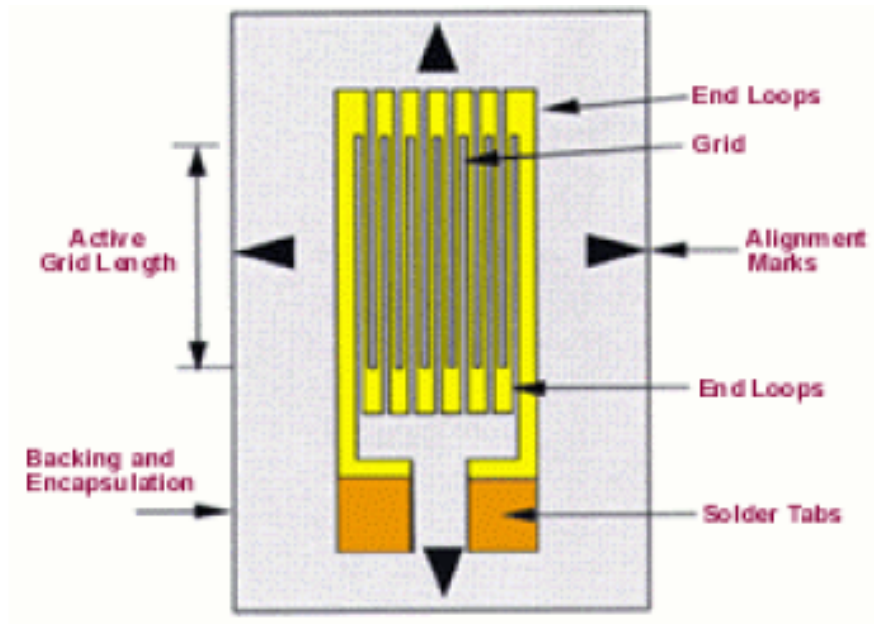


Σχήμα 25 Τομή ενός LVDT.

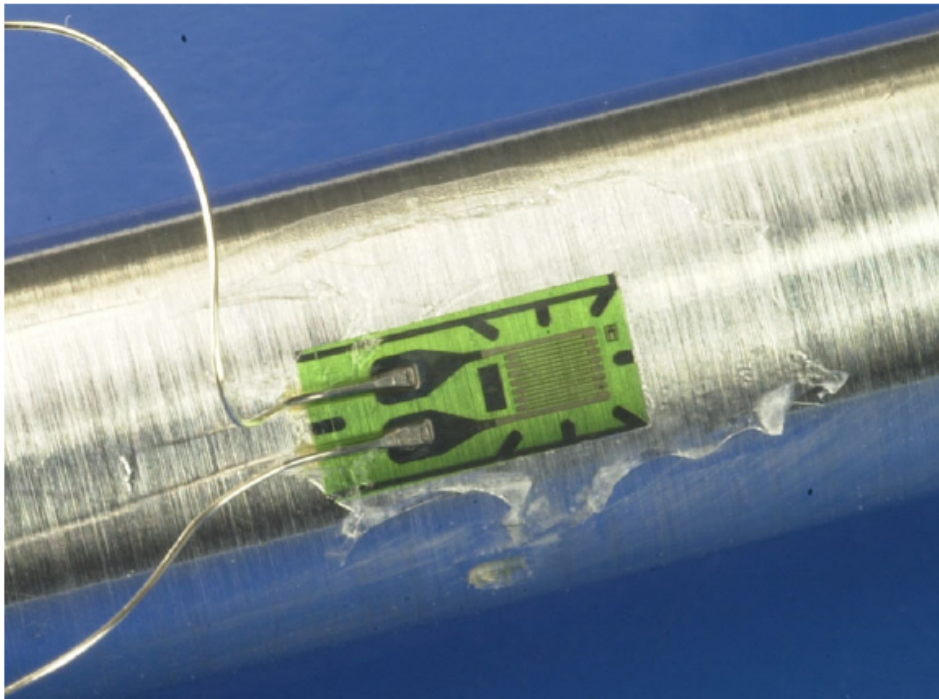
### 11.Μετρητής Μηχανικής Τάσης – Strain Gauge.

Οι μετρητές μηχανικής τάσης (strain gauge) μετρούν τις αλλαγές του μεγέθους ενός στερεού αντικειμένου που προκαλούνται από συμπίεση ή εφελκυσμό. Οι μετρητές αυτοί είναι στερεωμένοι στο αντικείμενο και έτσι, όταν αλλάζει το αντικείμενο αλλάζουν και αυτοί. Οι αισθητήρες αυτοί εμφανίζουν αλλαγή των ηλεκτρικών ιδιοτήτων τους όταν αλλάζουν οι διαστάσεις τους. Όταν τεντώνονται ή συμπιέζονται αλλάζει η αντίσταση τους και αυτή η αλλαγή μπορεί να συσχετιστεί με μία μετατόπιση. Οι μετρητές μηχανικής τάσης με αντίσταση μπορούν να μετρούν τάσεις σε αντικείμενα μήκους έως και 50 mm, με τη συνολική μετατόπιση να αποτελεί ένα μικρό ποσοστό αυτού του μήκους (περίπου 1%).





Σχήμα 26 Μετρητής μηχανικής τάσης (strain gauge).



Σχήμα 27 Strain gauge στερεωμένος σε δύσκαμπτο μέταλλο.



Χρησιμοποιούνται ευρέως για τη μέτρηση της μετατόπισης στον κατασκευαστικό τομέα και γενικά στη βιομηχανία κατασκευών. Τυπικές εφαρμογές τους:

- ο έλεγχος των διαστάσεων των αντικειμένων κατά τη φάση του ποιοτικού ελέγχου
- η ακριβής ρύθμιση των μηχανημάτων
- ο έλεγχος φθοράς μεταλλικών μερών

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Εύκολα και γρήγορα στη χρήση.</li> <li>▪ Μέτρηση με ακρίβεια.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Πρέπει να διαβάζονται τοπικά και δεν μπορούν εύκολα να μετρούν μετατοπίσεις σε διάφορες κατευθύνσεις.</li> <li>▪ Η μετατόπιση που μετρούν πρέπει να είναι προσπελάσιμη από το έμβολο και ικανή να αντισταχθεί στη δύναμη επαναφοράς του ελατηρίου, που ασκείται στο έμβολο.</li> <li>▪ Αντικείμενα που είναι ευαίσθητα, στο εσωτερικό άλλων, ή αποκρύπτονται από άλλα δεν μπορούν να μετρηθούν ικανοποιητικά με το ωρολογιακό μικρόμετρο.</li> </ul>

### 13.Γραμμικοί κωδικοποιητές θέσης (Linear Encoders)

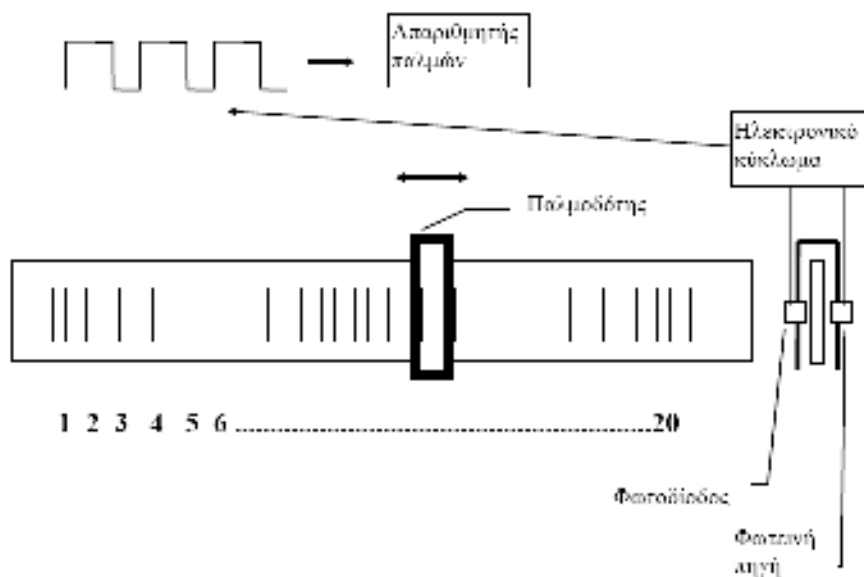
Πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία των αισθητηρίων οδήγησαν στην κατασκευή ψηφιακών οργάνων ανάγνωσης γραμμικής θέσης που ονομάζονται κωδικοποιητές θέσης .

Αναφερόμενοι στο σχήμα 30, βλέπουμε σχηματικά πως μπορεί να είναι ένας τέτοιος κωδικοποιητής . Πάνω σε μια μακρόστενη μεταλλική πλάκα έχουν ανοιχτεί σε ίσες αποστάσεις οι οπές που φαίνονται. Κατά μήκος της πλάκας έχει τη δυνατότητα να ολισθαίνει ο παλμοδότης - στη προκειμένη περίπτωση μια λεπτή κατασκευή σε μορφή Π που ‘αγκαλιάζει’ τη πλάκα. Από την μια μεριά του Π υπάρχει φωτεινή πηγή που εκπέμπει λεπτή δέσμη φωτός και από την άλλη φωτοδίοδος ή φωτοτρανζίστορ - ηλεκτρονικές μονάδες που ‘άγουν’ ηλεκτρικά όταν πέσει πάνω τους φως. Η φωτοευαίσθητη μονάδα συνδέεται κατάλληλα σε κύκλωμα στην έξοδο του οποίου παίρνομε **είτε ψηλή τάση** (όταν το Π βρίσκεται μπροστά από οπή) **είτε χαμηλή** (στην αντίθετη περίπτωση). Καθώς λοιπόν το Π κινείται κατά μήκος της πλάκας, η έξοδος του ηλεκτρονικού κυκλώματος θα εναλλάσσεται από μια χαμηλή τάση σε μια ψηλή. Η εναλλαγή αυτή ονομάζεται **παλμός** - τάσης εν προκειμένω.

Ας υποθέσουμε ότι ο παλμοδότης ξεκινά από την αρχή της πλάκας και κινείται. Για κάθε οπή που συναντά και περνά θα υπάρχει στην έξοδο ένας παλμός. Ο αριθμός λοιπόν των παλμών αντιπροσωπεύει τον αριθμό των οπών που έχει συναντήσει ο παλμοδότης κατά τη κίνησή του. Όμως η απόσταση μεταξύ των οπών είναι συγκεκριμένη, άρα η απόσταση που έχει διανύσει ο παλμοδότης είναι :

$$\text{Μετατόπιση} = \text{Αριθμός παλμών} * \text{απόσταση μεταξύ οπών}$$

Άρα για τη μέτρηση της μετατόπισης που διανύθηκε, αρκεί να μετρηθεί ο αριθμός των παλμών που έδωσε ο παλμοδότης. Υπάρχουν οι **απαριθμητές** με τη βοήθεια των οποίων είμαστε σε θέση να μετράμε αριθμό παλμών.

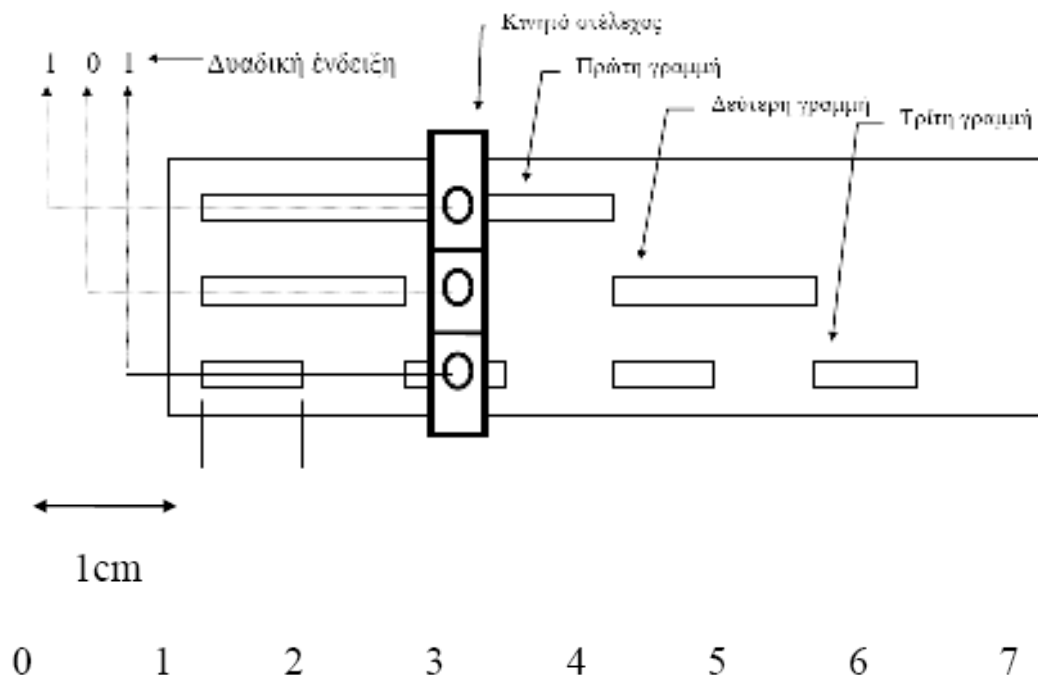


Σχήμα 32

#### 14.Απολύτος γραμμικός κωδικοποιητής

Ο **γραμμικός κωδικοποιητής απολύτου** τύπου είναι αρκετά διαφορετικός . Κατ' αρχήν όπως φαίνεται στο σχήμα 33, η πλάκα είναι χαραγμένη κατά αρκετά πιο πολύπλοκο τρόπο . Υπάρχουν στην προκειμένη περίπτωση τρεις διαφορετικές γραμμές οπών, κάθε μία με το δικό της "μάτι" - δηλαδή την συσκευή για την δημιουργία των παλμών όπως και προηγουμένως.

Σε κάθε θέση της πλάκας κάθε 'μάτι' δίδει την πληροφορία 0 ή 1 ( σκοτεινή περιοχή ή φωτεινή περιοχή ). Άρα για κάθε θέση της πλάκας σχετικά με το κινητό στέλεχος **έχουμε ένα τριψήφιο δυαδικό αριθμό και μόνο ένα.**



Σχήμα 33

Στην θέση του κινητού στελέχους στο Σχήμα 33, η ένδειξη θα είναι 0 - 1 - 0 που πράγματι αντιστοιχεί σε μετακίνηση 2 - 3 cm από την αρχή της κλίμακας. Η μετατόπιση λοιπόν από την αρχή της πλάκας αντιστοιχίζεται σε ένα και μόνο ένα δυαδικό αριθμό. Συνεπώς πρόκειται για **απόλυτη μέτρηση**.

Είμαστε σε θέση να καταλάβουμε ότι η διακριτική ικανότητα του παραπάνω αισθητηρίου είναι 1 cm. Αν θέλαμε να την κάνουμε καλύτερη - ας πούμε 0,5 cm - απλά πρέπει να προσθέσουμε άλλη μια γραμμή στην κλίμακα.

Γενικότερα η διακριτική ικανότητα του οργάνου είναι

$$\text{Διακριτική ικανότητα} = \text{Μήκος μέτρησης} / 2^v$$

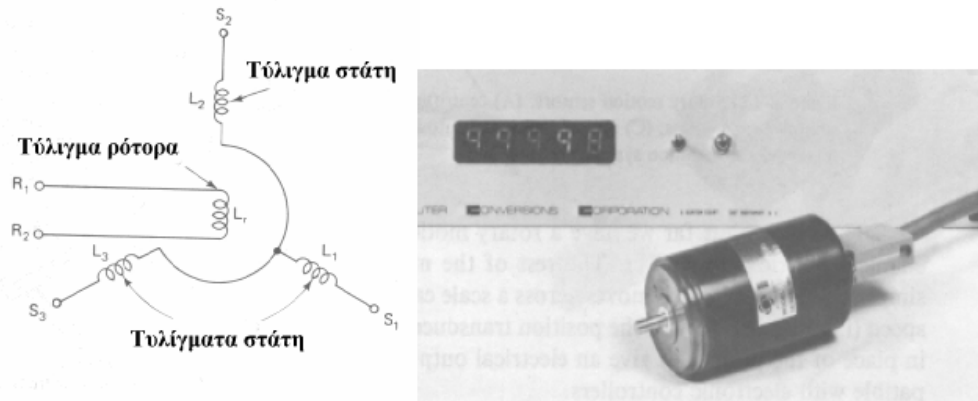
όπου  $v$  : Αριθμός των 'ματιών' που χρησιμοποιούνται.

Εύκολα φαίνεται ότι για να πετύχει κανείς μεγάλη διακριτική ικανότητα και μεγάλο μήκος μέτρησης πρέπει να αυξήσει πολύ τον αριθμό των 'ματιών', πράγμα που κάνει πολύπλοκο και ακριβό το όργανο.

## ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΓΩΝΙΑΚΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

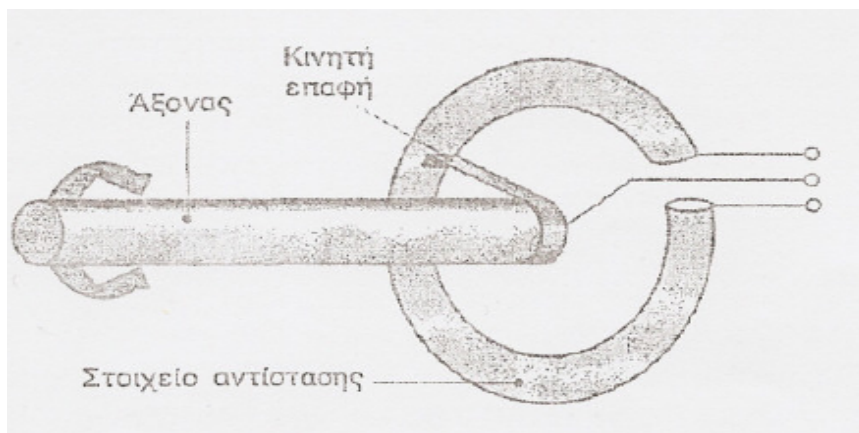
### 1.Synchro

Για την μέτρηση γωνιών στροφής χρησιμοποιείται ακόμη το "σύγχρο" (synchro) . Πρόκειται για συσκευή που μοιάζει με μοτέρ εναλλασσόμενου ρεύματος ως προς την κατασκευή (σχήμα 3)

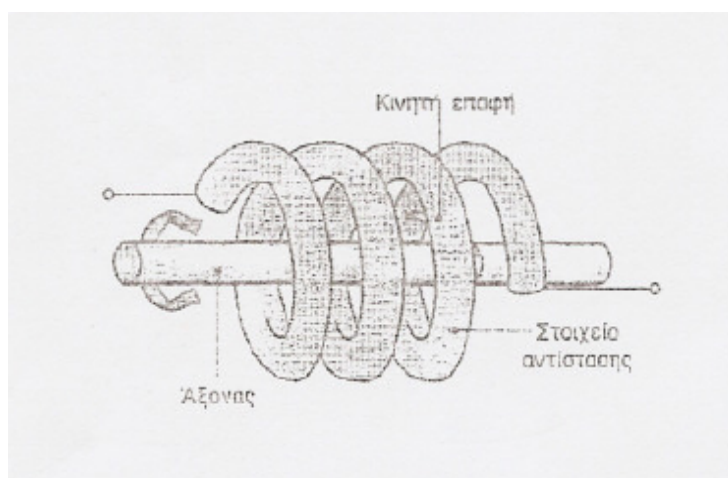


**Σχήμα 3**

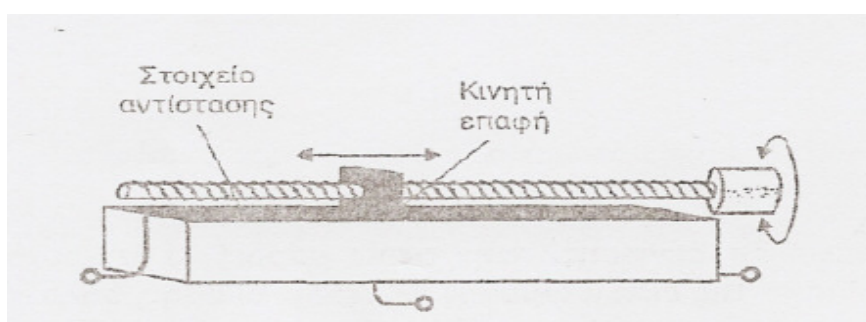
Το σύγχρο έχει ένα στρεφόμενο πηνίο (ρότορα) που συνδέεται – με ψήκτρες – σε μια πηγή εναλλασσόμενης τάσης . Στο στάτη υπάρχουν 3 τυλίγματα τοποθετημένα συμμετρικά στην περιφέρεια . Καθώς ο ρότορας στρέφεται, τα ρεύματα που επάγονται στα τρία τυλίγματα του στάτη εξαρτώνται από την θέση του ρότορα . Αποδεικνύεται ότι με κατάλληλη σύγκριση των ρευμάτων αυτών, η γωνία στροφής του ρότορα μπορεί να προσδιορισθεί ακριβώς . Την εργασία αυτή την κάνει ο «αποδιαμορφωτής» . Η φορά περιστροφής μπορεί επίσης να προσδιοριστεί . Οι συσκευή που περιγράψαμε είναι θαυμάσια όσον αφορά την ακρίβεια της είναι όμως αρκετά ακριβή . Στο σχήμα 4 φαίνεται ένα περιστροφικό ποτενσιόμετρο μιας στροφής. Στο σχήμα 5 φαίνεται ένα σπειροειδές ποτενσιόμετρο πολλών στροφών. Στο σχήμα 6 φαίνεται μια άλλη μορφή ποτενσιόμετρο πολλών στροφών



**Σχήμα 4** περιστροφικό ποτενσιόμετρο



Σχήμα 5 σπειροειδές ποτενσιόμετρο



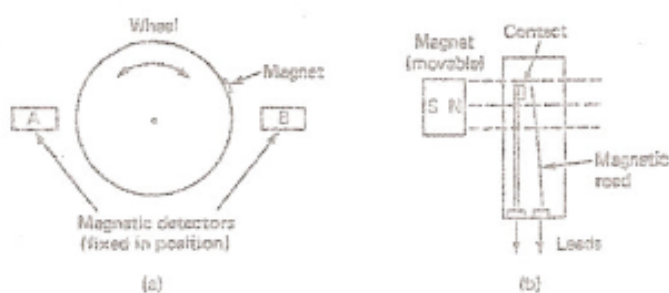
ποτενσιόμετρο πολλών στροφών

Σχήμα 6

## 2. Αισθητήρες ταχύτητας βασισμένοι στην μεταβολή του μαγνητικού πεδίου (magnetic field transducer)

Οι μαγνητικοί αισθητήρες ταχύτητας βασίζονται στη μεταβολή του μαγνητικού πεδίου γύρω από τον αισθητήρα όταν υφίσταται μετατόπιση το στερεό σώμα που θέλουμε να ανιχνεύσουμε. Επομένως στο στερεό σώμα που μετατοπίζεται πρέπει να βρίσκεται συνδεδεμένος ένας μόνιμος μαγνήτης στα σχήματα 14a,b φαίνεται η αρχή λειτουργίας μαγνητικού αισθητήρα τύπου προσέγγισης. Υπό την επίδραση του μόνιμου μαγνήτη η μαγνητική ακίδα επαφής έλκεται και η επαφή παραμένει κλειστή όπως φαίνεται στο σχήμα 14b. Στην αντίθετη περίπτωση η επαφή είναι ανοικτή. Οι μαγνητικοί αισθητήρες προσέγγισης αποτελούν τους απαραίτητους αισθητήρες σε όλα τα ακριβά συστήματα συναγερμού για παραβίαση πορτών και παραθύρων σπιτιών και άλλων χώρων. Οι μαγνητικοί αισθητήρες παρουσιάζουν το πλεονέκτημα έναντι των κοινών μηχανικών διακοπών, ότι δεν χρειάζεται να έρθουν σε μηχανική επαφή με την πόρτα ή το παράθυρο.





**Σχήμα 14** αρχή λειτουργίας μαγνητικού αισθητήρα τύπου προσέγγισης

Μια άλλη κατηγορία μαγνητικών αισθητήρων ταχύτητας είναι οι αισθητήρες hall σχήμα 15.

Το φαινόμενο hall είναι η δημιουργία μιας εγκάρσια τάσης στα άκρα ενός αγωγού όταν αυτός διαρέεται από ρεύμα και βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο.



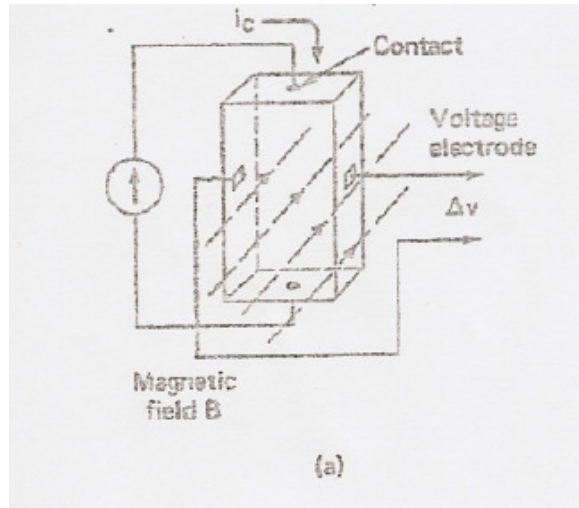
**Σχήμα 15** Φαινόμενο hall

Εάν σε αγωγό ή ημιαγωγό περάσει ρεύμα εντάσεως  $I_c$  και κάθετα προς αυτό βρίσκεται μαγνητικό πεδίο  $B$  τότε στην τρίτη κάθετο διεύθυνσης μεταξύ  $I_c$  και  $B$  εμφανίζεται μικρή ηλεκτρική τάση  $V_h = k \cdot I_c \cdot B$  η οποία ονομάζεται τάση hall σχήμα

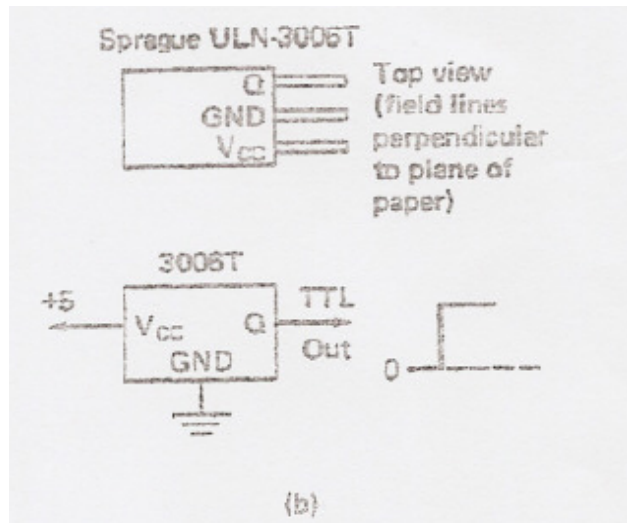


16a. Με τους αισθητήρες hall αποφεύγονται οι μεταλλικές επαφές τα προβλήματα που δημιουργούν αυτές. Η μαζική παραγωγή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων hall σχήμα 16b έχουν καταβάλει το κόστος ώστε ένας αισθητήρας hall να είναι κατά πολύ φθηνότερος των μαγνητικών αισθητήρων προσέγγισης.

Υπάρχουν πολλές συσκευές που στηρίζονται στο φαινόμενο hall όπως είναι οι βαλβίδες hall και αισθητήρες ρεύματος hall.



Σχήμα 16a Το φαινόμενο και η τάση hall



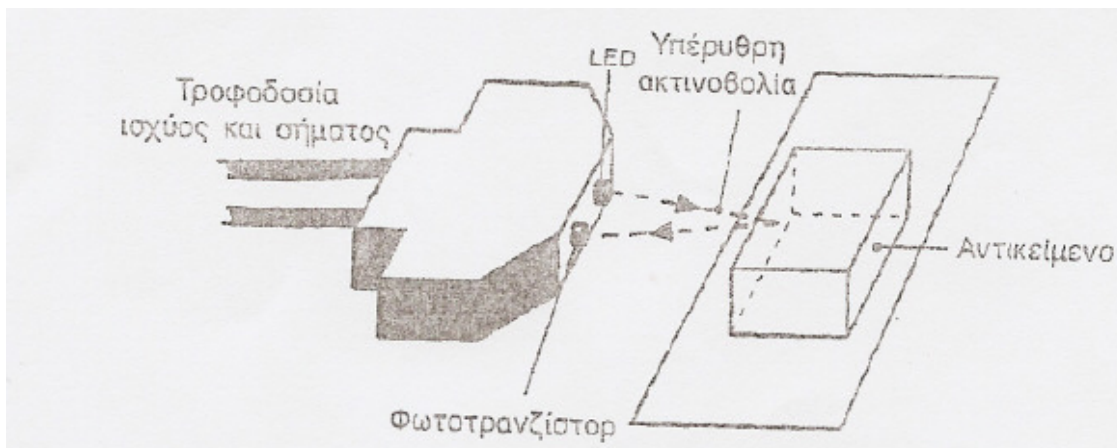
Σχήμα 16b Ενδεικτικά ολοκληρωμένα κυκλώματα αισθητήρων hall

### **3. Αισθητήρες ταχύτητας βασιζόμενοι σε οπτικά φαινόμενα (optical phenomena)**

Γενικά, οι οπτικοί αισθητήρες, αποτελούνται από μια πηγή φωτός και έναν ανιχνευτή. Οι πηγές φωτός, είναι συχνά δίοδοι φωτοεκπομπής (led), και οι ανιχνευτές είναι φωτοτρανζίστορ πυριτίου (είναι μια ημιαγώγιμη διάταξη της οποίας οι ιδιότητες αλλάζουν όταν δεν υπάρχει φως). Χρησιμοποιείται συνήθως οπτικό ή υπέρυθρο φως. Η χρησιμοποίηση οπτικού φωτός, καθιστά εύκολη την εγκατάσταση και την συντήρηση, αλλά το υπέρυθρο φως πάσχει λιγότερο από το φαινόμενο της συμβολής που μπορεί να προκληθεί από άλλες γειτονικές πηγές φωτός. Η πηγή εκπέμπει ορατό κόκκινο ή υπέρυθρο φως το οποίο ανακλάται από κάθε αντικείμενο που πλησιάζει τον αισθητήρα. Το ανακλώμενο φως ανιχνεύεται από το φωτοτρανζίστορ.

Μια οπτική μέθοδος είναι αυτή της διαπερατότητας, στην οποία η πηγή φωτός και ο ανιχνευτής βρίσκονται απέναντι ο ένας από τον άλλον. Στους αισθητήρες διαπερατότητας η φωτεινή δέσμη διακόπτεται και έτσι δεν προσπίπτει φως στον ανιχνευτή, οπότε διαπιστώνεται και η ύπαρξη κάποιου αντικειμένου.

Μια άλλη οπτική μέθοδος είναι αυτή του αισθητήρα ανακλώμενης οπτικής δέσμης, στον οποίο η πηγή φωτός και ο ανιχνευτής στερεώνονται δίπλα δίπλα. Στο σχήμα 17 παρουσιάζεται η βασική αρχή του αισθητήρα ανακλώμενης οπτικής δέσμης.



**Σχήμα 17** Η βασική αρχή λειτουργίας ενός αισθητήρα ανακλώμενης οπτικής δέσμης

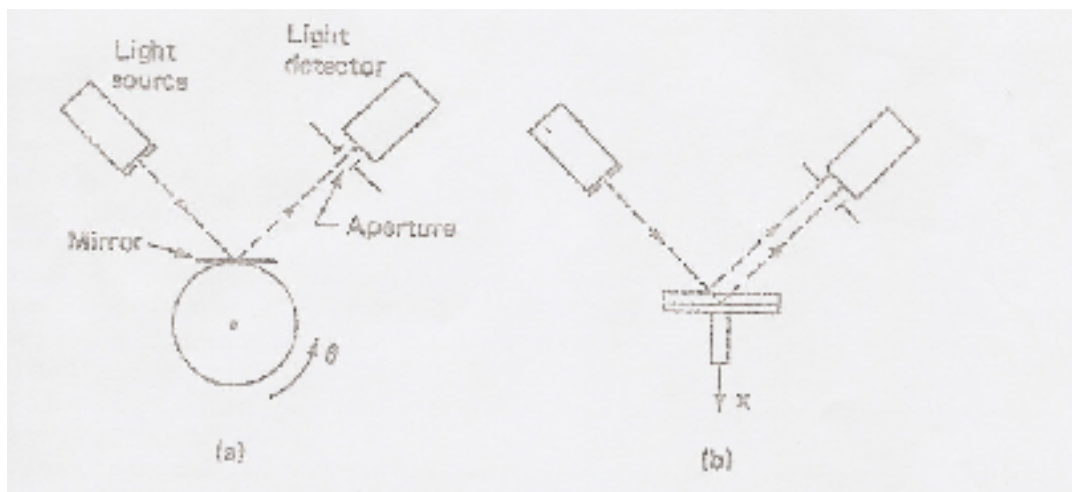
Η ελάχιστη απόσταση προσέγγισης, στην οποία μπορεί να λειτουργήσει ο αισθητήρας εξαρτάται από την ισχύ της εκπεμπόμενης φωτεινής δέσμης, δηλαδή την ισχύ του led στην προκειμένη περίπτωση, την ευαισθησία του φωτοτρανζίστορ και τη φύση του αντικειμένου που αντανακλά. Οι οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εφαρμοστεί η τεχνική σε σημεία που είναι αδύνατη η προσέγγιση άλλων αισθητήρων και η εφαρμογή άλλων μεθόδων μέτρησης.

Γενικά οι οπτικοί αισθητήρες βρίσκουν εφαρμογή σε συστήματα συναγερμού και στον έλεγχο ποιότητας, ειδικά στην περίπτωση μαζικής παραγωγής.

Γενικά οι αισθητήρες μετακίνησης βασιζόμενοι σε οπτικά φαινόμενα χρησιμοποιούν πηγή φωτός και συνδυάζουν την μετακίνηση σαν αλλαγή της πορείας δέσμης φωτός που πέφτει στον φωτοανιχνευτή. Στο σχήμα 18α φαίνεται η διάταξη που μετρά τη γωνιακή μετατόπιση τροχού επί του οποίου έχει προσαρμοστεί κάτοπτρο. Κατά

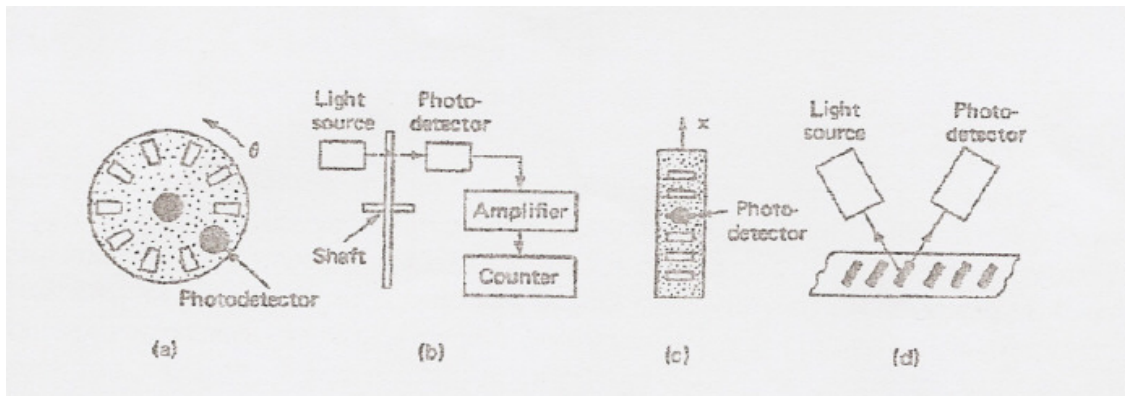
την μετακίνηση του όλο και λιγότερο φως διέρχεται από τον φωτοανιχνευτή. Στο σχήμα 18b η ίδια διάταξη χρησιμοποιείται για γραμμική μετατόπιση μιας τράπεζας.

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι ψηφιακοί αισθητήρες μετατόπισης που η αρχή λειτουργία τους φαίνεται στο επόμενο σχήμα 19. Τα σχήματα 19a,b δείχνουν την αρχή λειτουργία της ανίχνευσης γωνιακής μετατόπισης κυκλικού δίσκου που φέρει στην περιφέρεια του N οπές. Ο κυκλικός δίσκος περιστρέφεται κόνοντας διαδοχικά την δέσμη της φωτεινής πηγής – φωτοανιχνευτού όπως δείχνει το σχήμα. Κάθε φορά που φωτεινή δέσμη θα συνάντησης οπή στον κυκλικό δίσκο τότε ένας ηλεκτρονικός παλμός από τον φωτοανιχνευτή θα οδηγηθεί στον ενισχυτή, και επομένως ο μετρητής παλμών της επόμενης βαθμίδας θα καταγράψει μια ακόμη μονάδα. Από τον αριθμό καταγραφής του μετρητή γνωρίζουμε τον αριθμό περιστροφών του κυκλικού δίσκου εφόσον σε μια περιστροφή ο μετρητής μετρά αριθμό N. προφανώς η ακρίβεια μέτρησης της γωνιακής μετατόπισης εξαρτάται από τον αριθμό των οπών N του κυκλικού δίσκου και είναι  $360 / N = 2\pi / N$ . ανάλογη περίπτωση για την γραμμική μετατόπιση φαίνεται και στα



σχήματα 19 c,d.

**Σχήμα 18** (a) Διάταξη που μετράει την γωνιακή μετατόπιση του τροχού (b) Η ίδια διάταξη χρησιμοποιείται για την γραμμική μετακίνηση μιας τράπεζας

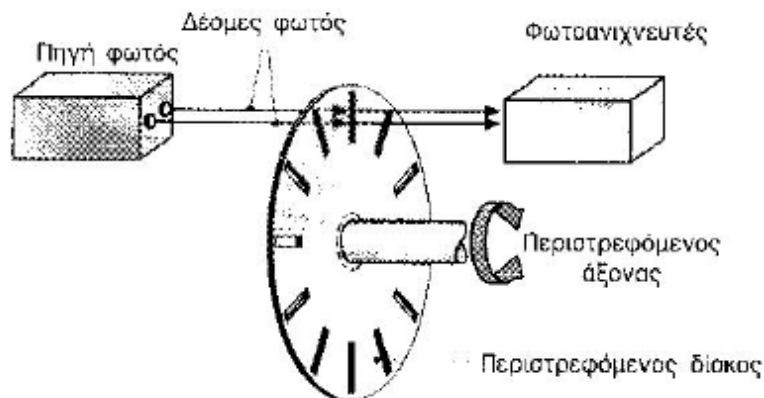


Σχήμα 19

Αρχή λειτουργίας ψηφιακών αισθητήρων μετακίνησης, (a) και (b) αρχή λειτουργίας ανίχνευσης γωνιακής μετατόπισης κυκλικού δίσκου με N οπές, (c) και (d) ανάλογη περίπτωση για την γραμμική μετατόπιση.

#### 4.Αυξητικός οπτικός κωδικοποιητής

Οπτικός κωδικοποιητής είναι ένας μετατροπέας στον οποίο η γραμμική ή γωνιακή ταχύτητα μεταβάλλει την εκπομπή μίας ακτίνας φωτός από μία πηγή σε έναν ανιχνευτή. Ο αυξητικός κωδικοποιητής παράγει ένα σήμα το οποίο δείχνει ότι έχει συμβεί μία γωνιακή μετατόπιση σε έναν άξονα. Απαριθμούνται πολλά τέτοια σήματα εξόδου και από το πλήθος τους εξάγεται η γωνιακή ταχύτητα του άξονα. Ο απόλυτος κωδικοποιητής παράγει ένα σήμα εξόδου, το οποίο δείχνει τη συνολική γωνιακή ταχύτητα του άξονα, από μία θέση που θεωρείται αρχική (θέση μηδέν).



Σχήμα 29 Αυξητικός οπτικός αξονικός κωδικοποιητής.

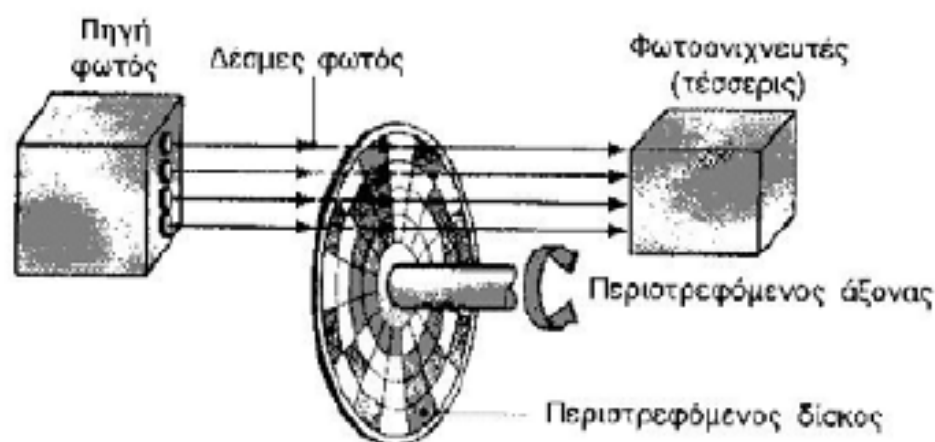
Ο αυξητικός οπτικός κωδικοποιητής αποτελείται από ένα δίσκο που είναι ακλόνητα συνδεδεμένος στον άξονα, του οποίου τη γωνιακή μετατόπιση θέλουμε να μετρήσουμε. Ο δίσκος έχει στην περιφέρεια του έναν αριθμό από ισαπέχουσες σχισμές ή παράθυρα, μέσα από τα οποία μπορεί να περνά μία φωτεινή ακτίνα. Το υπόλοιπο τμήμα του δίσκου είναι αδιαφανές. Μία πηγή φωτός η οποία αποτελείται από δύο διόδους φωτοεκπομπής (light – emitting diodes, LEDs) ευθυγραμμίζεται με το δίσκο. Εάν το φως από αυτές τις διόδους περάσει μέσα από το δίσκο χωρίς να διακοπεί, συλλέγεται από δύο φωτοανιχνευτές.

Καθώς περιστρέφεται ο άξονας, το φως περνά περιοδικά μέσα από τα ισαπέχοντα παράθυρα του δίσκου και εμποδίζεται από τις ενδιάμεσες αδιαφανείς περιοχές. Επομένως παράγεται μία παλμική δέσμη φωτός στην άλλη πλευρά του δίσκου. Οι ανιχνευτές LED είναι έτσι τοποθετημένοι ώστε καθώς περιστρέφεται ο άξονας και ο δίσκος η διαφορά φάσης των παλμοσειρών φωτός που προκύπτουν στους ανιχνευτές να δείχνει την κατεύθυνση της περιστροφής. Ο αριθμός των παλμών που ανιχνεύονται είναι ανάλογος της γωνίας κατά την οποία έχει μετατοπιστεί ο άξονας και ο δίσκος. Η γωνιακή ταχύτητα του άξονα μπορεί να προσδιοριστεί αναφορικά με ένα αυθαίρετα επιλεγμένο σημείο έναρξης.

### **5.Απόλυτος οπτικός κωδικοποιητής.**

Ο απόλυτος κωδικοποιητής διαφέρει από τον αυξητικό στο γεγονός ότι το σήμα εξόδου που παράγει είναι σε ψηφιακή ή εν γένει κωδικοποιημένη μορφή. Αυτό παρέχει μία απόλυτη τιμή για τη ταχύτητα του άξονα.

Στον άξονα προσαρμόζεται ένας περιστρεφόμενος δίσκος με έναν αριθμό ομοκέντρων καναλιών (αυλακώσεων). Μία πηγή φωτός που αποτελείται από μερικές διόδους LED ευθυγραμμίζεται με τις αυλακώσεις του δίσκου. Μερικοί φωτοανιχνευτές ευθυγραμμίζονται με όμοιο τρόπο με το δίσκο και τις δέσμες φωτός που περνούν μέσα από το δίσκο.



**Σχήμα 30** Απόλυτος κωδικοποιητής



**Σχήμα 31** Απόλυτος κωδικοποιητής, gray code, 10-bit έξοδος

Ένα ‘κλειστό’ παράθυρο το οποίο είναι αδιαφανές και εμποδίζει τη διέλευση της φωτεινής δέσμης από κάποιο LED προς τον αντίστοιχο ανιχνευτή αντιπροσωπεύει το ψηφίο ‘0’. Ένα ‘ανοιχτό’ παράθυρο, το οποίο επιτρέπει το φως από κάποιο LED να φθάσει στον ανιχνευτή που βρίσκεται απέναντι του αντιπροσωπεύει το ψηφίο ‘1’. Ο συνδυασμός ανοικτών και κλειστών παραθύρων μπορεί να αντιπροσωπεύει όλους τους δεκαδικούς αριθμούς από 0 έως  $2^{n-1}$ , όπου n είναι ο αριθμός των αυλακώσεων.

Ένα κύριο μειονέκτημα του δυαδικού απόλυτου κωδικοποιητή είναι ότι σε πολλές περιπτώσεις μία αύξηση της μετατόπισης θα προκαλέσει ταυτόχρονη αλλαγή κατάστασης σε περισσότερα από ένα παράθυρα. Αυτό συμβαίνει λόγω της φύσης του δυαδικού συστήματος αρίθμησης. Για παράδειγμα από τον αριθμό 0011 οδηγούμαστε στον 0100 όπου αλλάζουν τρία παράθυρα και όταν από τον αριθμό 0111 οδηγούμαστε στον αριθμό 1000 αλλάζουν κατάσταση τέσσερα παράθυρα. Επομένως αν ο απόλυτος κωδικοποιητής αναγνώσει λάθος κάποιο παράθυρο θα προκληθούν σημαντικά σφάλματα στον προσδιορισμό της θέσης. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα έχει επινοηθεί ο κώδικας Gray (Gray code), που έλαβε την ονομασία του Frank Gray των Εργαστηρίων Bell. Αυτός απεικονίζει τους δεκαδικούς αριθμούς με τέτοια δυαδική μορφή, έτσι ώστε από κάποιον αριθμό στον επόμενο να αλλάζει μόνο ένα bit ή αλλιώς στην περίπτωση του κωδικοποιητή, ένα παράθυρο.

Οι οπτικοί κωδικοποιητές για τη μέτρηση της γωνιακής μετατόπισης έχουν εφαρμογές:

- σε μηχανές που ελέγχονται αριθμητικά, όπως είναι οι τόννοι και οι φρέζες που ελέγχονται από υπολογιστή
- στη ρομποτική και τα συστήματα τοποθέτησης.
- μία συνηθισμένη εφαρμογή των σχετικών οπτικών κωδικοποιητών στους υπολογιστές αποτελεί το ποντίκι (mouse).

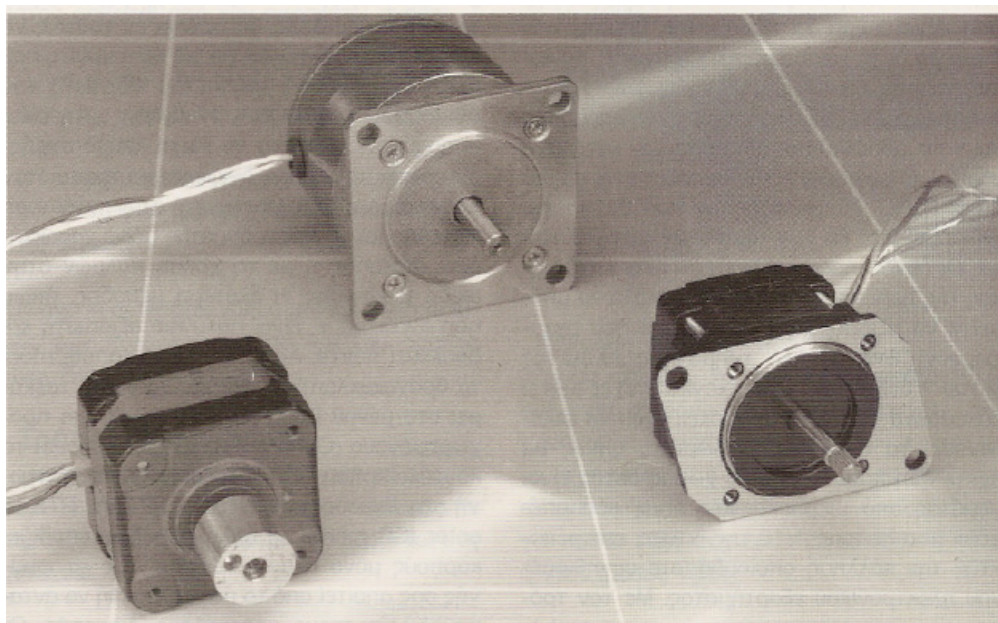
### **Περίληψη κεφαλαίου**

Σε αυτό το κεφαλαίο εξετάσαμε τη θέση και την μετατόπιση και τις διαφορές τεχνικές και συσκευές που υπάρχουν για την μέτρηση της . υπάρχουν πολλές άλλες συσκευές, τεχνικές και τροπώσεις αυτών που έχουμε συζητήσει που μπορούν να μετρούν θέση και μετατόπιση. Εν τούτοις έχουν περιληφθεί οι πιο συνηθισμένες συσκευές , που συχνά ενσωμάτους τις βασικές σχεδιαστικές αρχές και άλλων μεθόδων. Το κεφαλαίο σας έχει παράσχει την αναγκαία εμβάθυνση στο αντικείμενο της μέτρησης της κίνησης και μια καλή βάση για να κατανοήσετε και αλλά είδη αισθητήρων θέσης και μετατόπισης που μπορεί να συναρτήσετε .

## ***ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>***

### **Κινητήρες**





### Εισαγωγή.

Οι βηματικοί κινητήρες είναι ηλεκτρομαγνητικές διατάξεις που μετατρέπουν ψηφιακούς παλμούς σε περιστροφική κίνηση άξονα. Στις μέρες μας καλύπτουν ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών, μιας και παρουσιάζουν μια σειρά πλεονεκτημάτων, όπως είναι το χαμηλό κόστος, η υψηλή αξιοπιστία, η υψηλή ροπή περιστροφής σε χαμηλές ταχύτητες, καθώς και η απλή, αλλά και ιδιαίτερα ανθεκτική κατασκευή τους, κάτι που τους προσδίδει ικανότητα λειτουργίας κάτω από οποιοδήποτε περιβάλλον. Μια περισσότερο όμως προσεκτική μελέτη αποδεικνύει πως αυτή η λύση δεν είναι τόσο καλή όσο φαίνεται με την πρώτη ματιά. Και αυτό γιατί με ένα τέτοιο εξάρτημα είναι πολύ δύσκολο να προσδιορισθεί η ακριβής θέση και η ταχύτητα περιστροφής του περιστρεφόμενου άξονα και κατά επέκταση το κατά ποσό έχει μετακινηθεί το φορτίο. Αν κάποιος θελήσει να μάθει την ακριβή θέση του τελευταίου θα πρέπει να εξασφαλίσει την παρουσία καταλλήλων κυκλωμάτων με ανάδραση θέσης. Η καλύτερη λύση προβλέπει τη χρήση νηματικών κινητήρων, ενός είδους ηλεκτρομηχανικών εξαρτημάτων, ικανών να μετατρέπουν το πλήθος και τη συχνότητα των παλμών που τους διεγείρουν σε γωνιά και ταχύτητα περιστροφής του άξονα του αντίστοιχα.

Με τον όρο <<έλεγχος κίνησης>> στην ηλεκτρομηχανική προσδιορίζουμε το σύνολο των ενεργειών που αποσκοπούν στον έλεγχο των κινήσεων ενός αντικειμένου, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια σε παραμέτρους, όπως η ταχύτητα, η απόσταση, ή αδράνεια ή και συνδυασμό κάποιων από αυτές. Ανάλογα τώρα με τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής, αναπτύχθηκαν κατά καιρούς διάφορα συστήματα ελέγχου κίνησης, όπως οι βηματικοί κινητήρες, οι κινητήρες γραμμικού βήματος, DC Brushes (ψηκτρών), κινητήρες χωρίς ψήκτρες, σερβοκινητήρες κ.α. οι παραδοσιακοί κινητήρες βασίζονται κατά κύριο λόγο σε μια σειρά πηνία, που ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται αυτόματα, ανάλογα με την επαφή μεταξύ ενός συνόλου μεταλλικών επιφανειών και ενός

μεταγωγές. Οι βηματικοί κινητήρες αποτελούν ένα είδος ηλεκτρικών κινητήρων, που διακρίνονται για την απλότητα της σχεδίασης τους, μιας και δεν απαιτείται η παρουσία μεταγωγές, ψηκτρών και μεταλλικών επαφών. Αντί αυτών, υπάρχουν πέντε ή έξι καλώδια, που εξέρχονται από τον κινητήρα, τέσσερα από τα οποία καταλήγουν αντίστοιχα σε τέσσερα πηνία, ενώ τα υπόλοιπα δύο ή ένα χρησιμοποιούνται ως γείωση. Πρόκειται στην ουσία για κινητήρες με σύγχρονη σχεδιαστική φιλοσοφία, όπου το μαγνητικό πεδίο είναι ηλεκτρονικά διακοπτόμενο, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η κίνηση του περιστρεφόμενου μέρους της ηλεκτρομαγνητικής συσκευής.

### Τυπικές εφαρμογές βηματικών κινητήρων

Τους βηματικούς κινητήρες θα τους συναρτήσουμε σε υπολογιστές και περιφερειακά υπολογιστών (σαρωτές, μηχανισμούς σκληρών ή μαλακών δίσκων, εκτυπωτές κ.λ.π), φωτογραφικές μηχανές, τηλεσκοπία και συστήματα προσανατολισμού δορυφορικών πιάτων, ιατρικά μηχανήματα, ρομποτικούς βραχίονες, συστήματα ανάγνωσης γραμμωτού κώδικα και ηλεκτρομηχανικά συστήματα ή εργαλεία ακρίβειας.

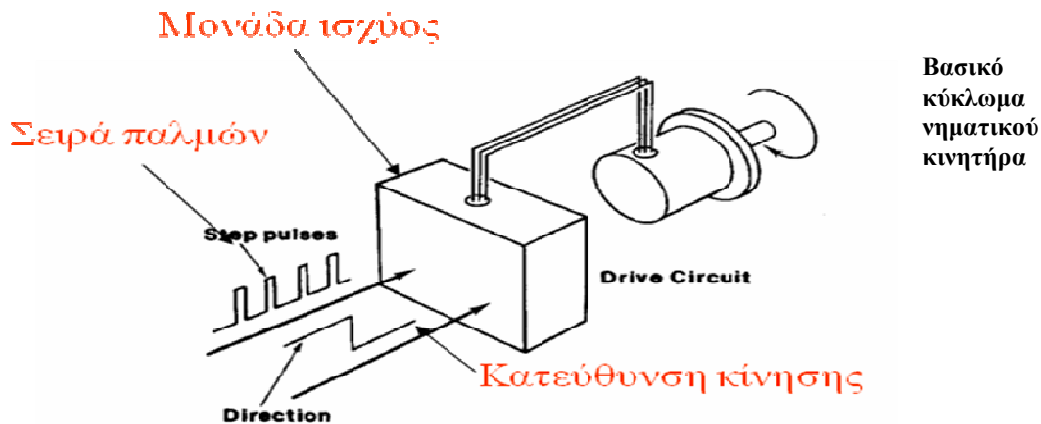


Figure 8.1 Open-loop position control using a stepping motor

Σχημα1

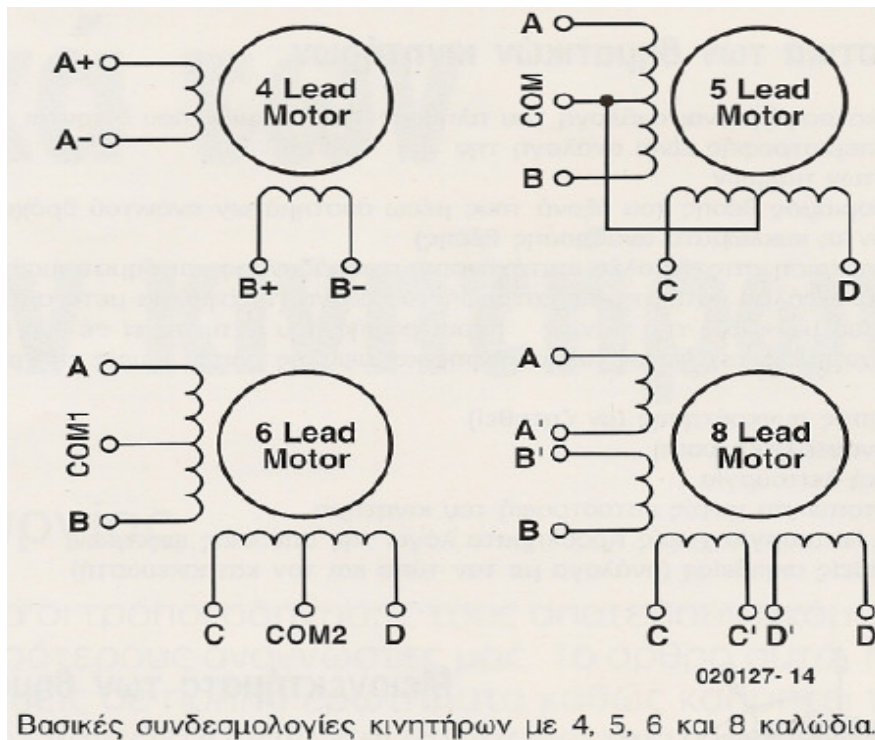
### Τύποι βηματικών κινητήρων και συνδεσμολογία τυλιγμάτων

Με την πρώτη ματιά οι βηματικοί κινητήρες ξεχωρίζουν από τους συνηθισμένους στο μέγεθος, στο βάρος αλλά και στο πλήθος των καλωδίων που καταλήγουν σε αυτούς. Στην πραγματικότητα οι ουσιαστικές διαφορές τους βρίσκονται στο εσωτερικό τους. Για να τις κατανοήσουμε και να τις αξιολογήσουμε θα πρέπει να κάνουμε μια σύντομη αναφορά στους τύπους των συγκεκριμένων κινητήρων.

Καλώδια κινητήρα	Μορφή συνδεσμολογίας
4 καλώδια	Διπολική
5 καλώδια	Μονοπολική,
6 καλώδια	Μονοπολική, Διπολική (σύνδεση σειράς)
8 καλώδια	Μονοπολική, Διπολική (σύνδεση σειράς), Διπολική (παράλληλη σύνδεση)

**Πίνακας1**

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται παραστατικά ο τρόπος οδήγησης των κινητήρων σύμφωνα με τον αριθμό των καλωδίων τους.

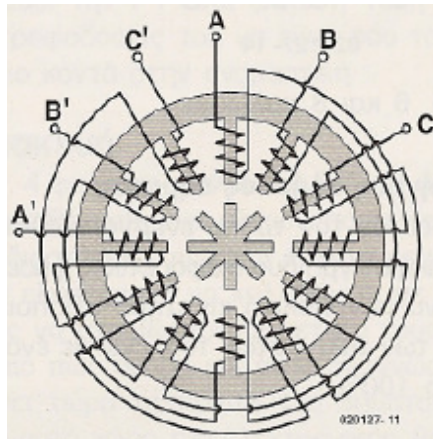


Σχημα2

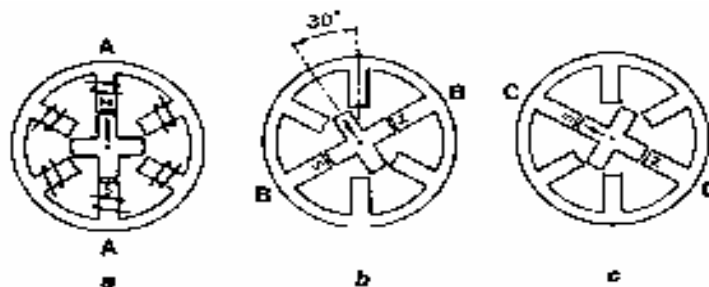
Οι κυριότεροι τύποι βηματικών κινητήρων που συναντάμε είναι οι κινητήρες μόνιμου μαγνήτη και οι κινητήρες μεταβλητής αντίστασης, ενώ ξεχωριστή κατηγορία μπορεί να θεωρηθούν οι υβριδικοί κινητήρες, που συνδυάζουν χαρακτηριστικά των δυο προηγούμενων τύπων. Οι διαφορές που παρουσιάζονται στους τύπους των νηματικών κινητήρων, οφείλονται κυρίως στον τρόπο χρήσης του μαγνήτη, καθώς και του μεταλλικού περιστρεφόμενου μέρους του κινητήρα, γνωστού ως ρότορα. Οι κινητήρες σταθερού μαγνήτη, σε περίπτωση χειροκίνητης περιστροφής του ρότορα, τείνουν προς μια σταθερή περιστροφή, ενώ στην περίπτωση που αυτό γίνεται σε κινητήρα μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης, η κίνηση θα είναι ελεύθερη. Η διάκριση μεταξύ των δύο σημαντικών τύπων νηματικών κινητήρων, μπορεί κάλλιστα και μέσω μετρήσεων με ωμόμετρο. Οι κινητήρες μεταβλητής αντίστασης έχουν τρεις περιελίξεις με κοινή περιστροφή, ενώ οι κινητήρες σταθερού μαγνήτη διαθέτουν δυο ανεξάρτητες περιελίξεις με ή χωρίς διακλάδωση στο κέντρο. Οι περιελίξεις κεντρικής διακλάδωσης χρησιμοποιούνται στους μονοπολικούς κινητήρες σταθερού μαγνήτη. Επίσης, στην αγορά κυκλοφορούν βηματικοί κινητήρες με ένα αρκετά μεγάλο εύρος γωνιακής ανάλυσης. Οι κινητήρες μεγάλου μεγέθους περιστρέφονται συνήθως κατά 90 μοίρες ανά βήμα, ενώ οι υψηλής ανάλυσης κινητήρες σταθερού μαγνήτη έχουν την δυνατότητα να περιστρέφονται με 1,8 ή 0,72 μοίρες ανά βήμα. Με την εφαρμογή κατάλληλου ελεγκτή, οι περισσότεροι κινητήρες σταθερού μαγνήτη, καθώς και οι υβριδικοί, μπορούν να κινηθούν κατά μισό βήμα, ενώ κάποιοι ελεγκτές μπορούν να υποστηρίξουν περιστροφές με μικρότερα κλασματικά βήματα ή microsteps όπως χαρακτηριστικά λέγονται.

### Κινητήρες μεταβλητής αντίδρασης και μαγνητικής αντίστασης

Αυτός ο τύπος κινητήρα στερείται μονίμων μαγνητών. Για το λόγο αυτό η περιστροφή του άξονα του πραγματοποιείται χωρίς την επίδραση κάποιας εξαναγκασμένης ή ανασταλτικής ροπής. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπου η ανάγκη μεγάλων ροπών είναι μικρή (π.χ για την μετακίνηση δρομέων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων).

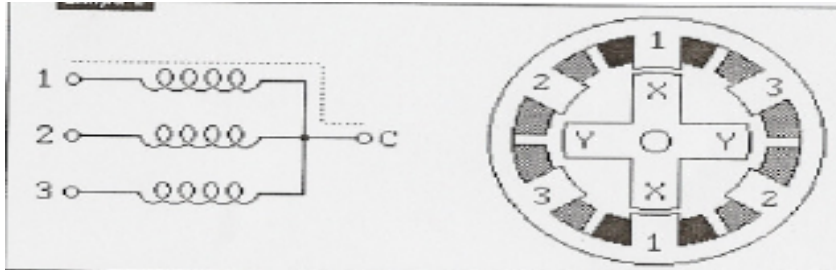


Αν ένας κινητήρας διαθέτει τρεις περιελίξεις, που ακολουθούν τη συνδεσμολογία που απεικονίζεται στο σχήμα 2, όπου οι περιελίξεις καταλήγουν σε μια κοινή επαφή, μπορούμε να πούμε ότι πρόκειται για κινητήρα μεταβλητής αντίστασης. Κατά την διάρκεια λειτουργίας η κοινή επαφή καταλήγει στο θετικό πόλο, ενώ οι περιελίξεις ενεργοποιούνται ακολουθιακά. Το γεγονός της μη χρησιμοποίησης σταθερού μαγνήτη σε κινητήρες τέτοιου τύπου, έχει ως αποτέλεσμα η κίνηση του ρότορα να εκτελείται χωρίς περιορισμό στην φορά περιστροφής. Η συγκεκριμένη δομή κινητήρα θεωρείται κατάλληλη για μη βιομηχανικές εφαρμογές, όπου δεν απαιτείται μεγάλη ροπή, αφού το βασικό μειονέκτημα τους είναι ότι δεν μπορούν να προσφέρουν υψηλή ροπή.



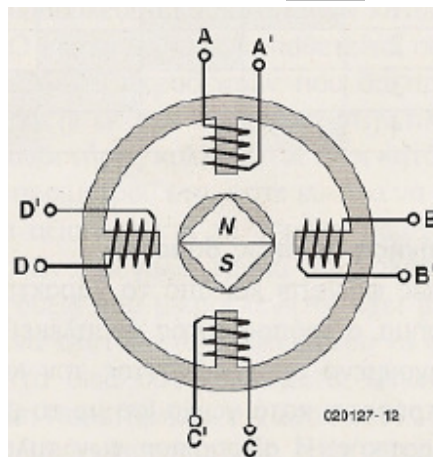
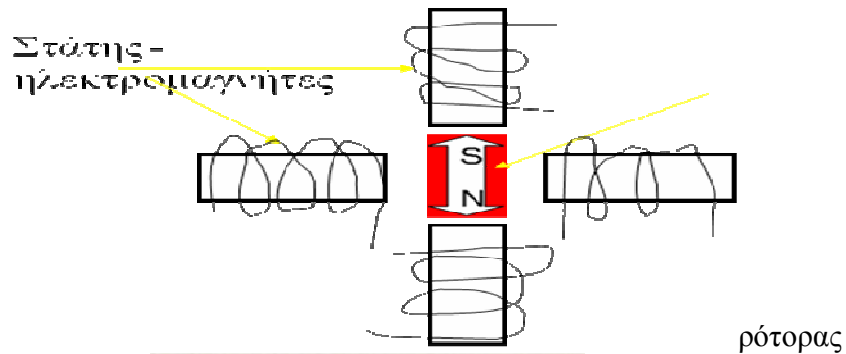
**Figure 8.5** Principle of operation of 30°/step variable-reluctance stepping motor.





**Κινητήρας μόνιμου μαγνήτη**

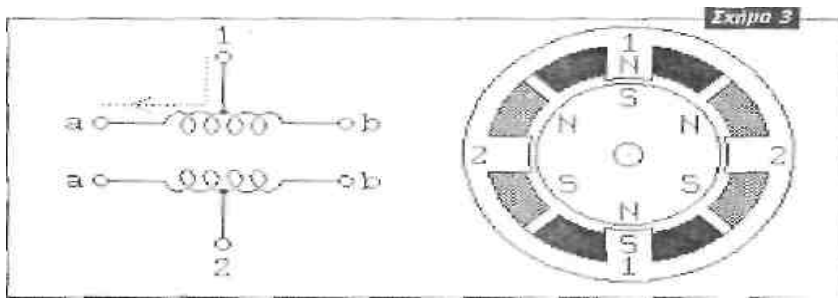
Αντίθετα με τους προηγούμενους τύπους, ο συγκεκριμένος βασίζεται σε μόνιμους μαγνήτες τοποθετημένους στο κινούμενο στέλεχος του δρομέα. Χαρακτηρίζεται από την χαμηλή ταχύτητα περιστροφής, την εξίσου χαμηλή ροπή του και τους μεγάλους βηματισμούς (κάθε βήμα αντιστοιχεί σε 45 ή 90 μοίρες). Το χαμηλό όμως κόστος του αντισταθμίζει τις οποιεσδήποτε αδυναμίες κάνοντάς τον ιδανικό σε εφαρμογές χαμηλής ισχύος όπως π.χ εκτυπωτές ψεκασμού.



Βηματικός κινητήρας με μόνιμο μαγνήτη

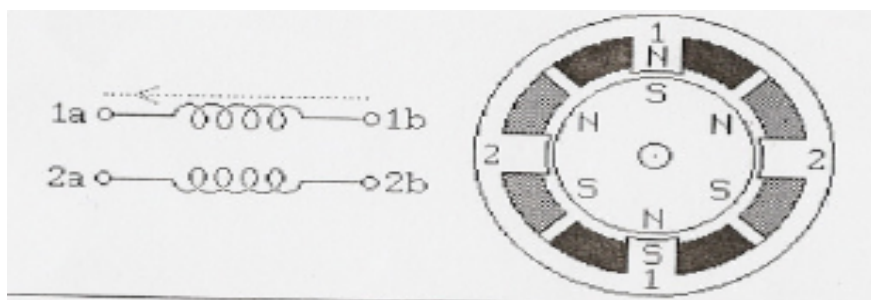
### Μονοπολικί κινητήρες

Οι μονοπολικί βηματικοί κινητήρες σταθερού μαγνήτη, καθώς και οι υβριδικί, παρουσιάζουν συνδεσμολογία με μια κεντρική σύνδεση σε κάθε δύο περιελίξεις. Οι κεντρικές αυτές συνδέσεις τροφοδοτούνται συνήθως θετικά, ενώ τα άκρα κάθε μιας περιελίξης είναι εναλλακτικά γειωμένα, έτσι ώστε να αναστρέψουν τη φορά του πεδίου που προκύπτει από τη συγκεκριμένη περιελίξη. Το σχήμα 3 απεικονίζει επίσης ένα κινητήρα περιστροφής 30 μοιρών ανά βήμα, που θα μπορούσε να ήταν εξίσου σταθερού μαγνήτη ή υβριδικός, μιας και οι διαφορές τους σε αυτό το επίπεδο δεν είναι σημαντικές. Οι κινητήρες 30 μοιρών αποτελούν τους πιο διαδεδομένους κινητήρες σταθερού μαγνήτη, ενώ υπάρχουν επίσης κινητήρες των 15 μοιρών και 7,5 μοιρών. Όσο αφορά τώρα τη λειτουργία του βηματικού κινητήρα, το ρεύμα κατευθύνεται από την κεντρική επαφή στην περιελίξη προς τον ακροδέκτη, μετατρέποντας τον άνω πόλο του στάτορα σε βόρειο πόλο, ενώ ο άλλος όπως είναι λογικό γίνεται νότιος. Αν τώρα τροφοδοτηθεί η περιελίξη ο ρότορας θα περιστρέφει κατά 30 μοίρες ή ένα βήμα.



### Διπολικί κινητήρες

Οι διπολικί κινητήρες σταθερού μαγνήτη, καθώς και οι υβριδικί, είναι δομημένοι με τον ίδιο μηχανισμό που χρησιμοποιούν οι μονοπολικί, με την διαφορά ότι οι περιελίξεις ακολουθούν ένα πιο απλό τρόπο συνδεσμολογίας, χωρίς κεντρική επαφή. Το κύκλωμα όμως του οδηγού που απαιτείται για την αναστροφή της πολικότητας κάθε ζευγαριού των πόλων του κινητήρα, είναι πιο πολύπλοκο.



### Υβριδικοί κινητήρες

Ο υβριδικός κινητήρας συνδυάζει τα θετικά χαρακτηριστικά του μονίμου μαγνήτη και του κινητήρα μεταβλητής αντίδρασης ελαχιστοποιώντας τα μειονεκτήματά τους. Αναγνωρίζετε εύκολα από το σταθερό τμήμα του (στάτη) με τις πολλαπλές οδοντώσεις και το μόνιμο μαγνήτη που έχει στο δρομέα. Σε κάθε βήμα του στρέφεται κατά 0,9 ή 1,8 ή 3,6 μοίρες και χαρακτηρίζεται από υψηλή στατική και δυναμική ροπή. Τα δυο τελευταία γνωρίσματα του επιτρέπουν να στρέφεται αξιόπιστα σε μεγάλες ταχύτητες, γεγονός που τον κάνει ιδανικό στις βιομηχανικές εφαρμογές. Οι πιο συνηθισμένοι υβριδικοί κινητήρες έχουν βήμα που αντιστοιχεί σε γωνιά 1,8 μοίρες

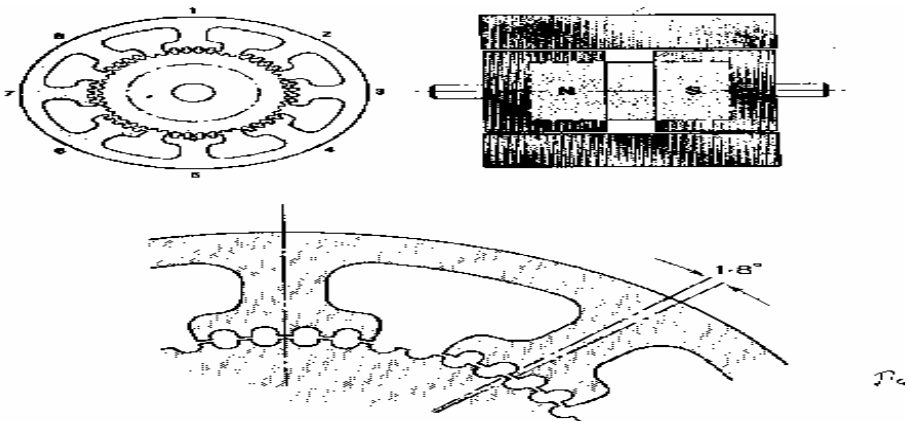
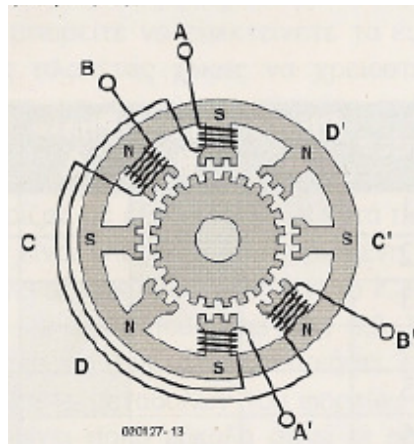


Figure 8.6 Hybrid (200 step/rev) stepping motor. The detail shows the rotor and stator tooth alignments, and indicates the step angle of 1.8°



Υβριδικός βηματικός κινητήρας



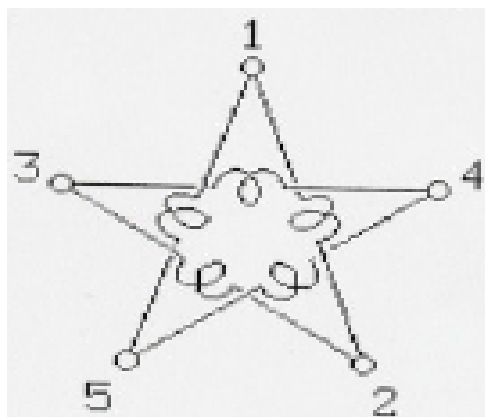
**Διάκριση βηματικών κινητήρων**

Στην περίπτωση κατά την οποία στη διαμόρφωση του πυρήνα του κινητήρα περιλαμβάνεται ένα τύλιγμα διέγερσης και βραχυκυκλωμένης αντιδιαμετρικά τοποθετημένες σπείρες, τότε αυτός χαρακτηρίζεται ως μονοφασικός. Όταν όμως στη διαμόρφωση των δύο πυρήνων του στάτη ενός βηματικού κινητήρα υπάρχουν δύο τυλίγματα διέγερσης τότε αυτός χαρακτηρίζεται ως διφασικός.

α/α	Χαρακτηρισμός λειτουργίας	Κατασκευαστική ιδιαιτερότητα	Σχηματική μορφή λειτουργίας
1.	<b>Μονοπολική</b>	Καθένα από τα πηνία της διέγερσης τροφοδοτείται από το συνεχές ρεύμα της πηγής E και δημιουργεί μια μαγνητική ροή μιας καθορισμένης φοράς. Η αλλαγή της θέσης των μεταγωγικών διακόπτων Q <sub>1</sub> και Q <sub>2</sub> έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή της πολικότητας των πόλων του στάτη. Ο δρομέας ακολουθεί το σχηματισμό των πόλων στα τυλίγματα της διέγερσης και περιστρέφεται με γωνία βήματος 180° κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού.	
2.	<b>Διπολική</b>	Καθένα από τα πηνία της διέγερσης τροφοδοτείται από το συνεχές ρεύμα της πηγής E και δημιουργεί μαγνητική ροή διαφορετική αλλά καθορισμένης φοράς. Η αλλαγή της θέσης των μεταγωγικών διακοπών Q <sub>1</sub> και Q <sub>2</sub> έχει ως αποτέλεσμα την μεταβολή της πολικότητας στο καθένα από τα δύο τμήματα του τυλίγματος του στάτη. Ο δρομέας ακολουθεί το νέο σχηματισμό των πόλων στα τυλίγματα της διέγερσης και περιστρέφεται με γωνία βήματος 90° κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού.	

**Πολυφασικοί βηματικοί κινητήρες**

Μια λιγότερη γνωστή κατηγορία κινητήρων σταθερού μαγνήτη, αποτελούν οι πολυφασικοί βηματικοί κινητήρες. Όπως φαίνεται και στο σχ5, στους κινητήρες αυτού του τύπου όλες οι περιελίξεις βρίσκονται σε κυκλική σειρά, με κάθε επαφή να βρίσκεται ανάμεσα σε κάθε ζεύγος περιελίξεων του κύκλου. Οι πιο διαδεδομένοι τύποι αυτής της κατηγορίας χρησιμοποιούν καλωδίωση τριών ή πέντε φάσεων. Σε κάθε ένα από τα δέκα βήματα που απαιτούνται για την ολοκλήρωση του βηματικού κύκλου, μονό ένας ακροδέκτης εμφανίζει αλλαγή πολικότητας και έτσι η ισχύς από την μια περιέλιξη στην άλλη.



### Χαρακτηριστικά βηματικών κινητήρων

- Η γωνιά περιστροφής είναι ανάλογη του πλήθους των παλμών που δίνονται
- Η ταχύτητα περιστροφής είναι ανάλογη της συχνότητας των παλμών.
- Εύκολος καθορισμός θέσης του άξονα τους μέσω συστημάτων ανοιχτού βρόγχου (δεν απαιτούνται κυκλώματα ανάδρασης θέσης)
- Αρίστη ανταπόκριση στις εντολές επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις και βηματισμού
- Μη αθροιστικό σφάλμα κατά την περιστροφή του άξονα ( το σφάλμα μετά από κάθε κίνηση είναι ίσο με  $\pm 5\%$  της γωνιάς περιστροφής που αντιστοιχεί σε κάθε βήμα)
- Δυνατότητα χαμηλής ταχύτητας περιστροφής και υψηλής ροπής χωρίς την χρήση μειωτήρων
- Ανάπτυξη ροπής συγκράτησης
- Εσωτερική ανασταλτική ροπή
- Δικατευθυντική λειτουργία
- Άμεση κινητοποίηση χωρίς καταστροφή του κινητήρα
- Μακρόχρονη λειτουργία χωρίς πρόβλημα λόγω της απουσίας ψηκτρών
- Σφαιρική τριβής ακριβείας (ανάλογα με τον τύπο και τον κατασκευαστή)

### Μειονεκτήματα των βηματικών κινητήρων

- Ανάδειξη παρασιτικών συντονισμών αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μετρά
- Αδυναμία λειτουργίας σε πολύ μεγάλες ταχύτητες
- Αν υπερφορτωθούν χάνουν βήματα, με αποτέλεσμα την ανάγκη επαναρύθμισης τους
- Συγκρινόμενοι με ένα συνηθισμένο κινητήρα AC ή DC ίδιου μεγέθους παρέχουν αισθητά μικρότερη ροπή

### **Το περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο**

Όταν ένα φασικό τύλιγμα του στάτη ενός κινητήρα διαρρέεται από ρεύμα, αναπτύσσει γύρω του μαγνητική ροή που επιδρά στον δρομέα. Ο τελευταίος, προκειμένου να εξισορροπήσει τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτόν στρέφεται κατά μια συγκεκριμένη γωνία και ηρεμεί. Αν οι φάσεις του κινητήρα ενεργοποιούνται η μια μετά την άλλη, τότε ο δρομέας θα αλλάζει γωνία δίδοντας μας την αίσθηση της περιστροφής.

### **Δημιουργία ροπής**

Το μέγεθος της ροπής που αναπτύσσεται από ένα βηματικό κινητήρα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες ανάμεσα στους οποίους ξεχωρίζουν η ταχύτητα βηματισμού, η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τα τυλίγματα όπως επίσης και το είδος της βαθμίδας οδήγησης τους. Αιτία δημιουργίας της ροπής αποτελεί η αλληλεπίδραση των μαγνητικών ροών του στάτη και του δρομέα. Πιο συγκεκριμένα, η ροπή αναπτύσσεται τη στιγμή που οι δύο ροές μετατοπίζονται η μια σε σχέση με την άλλη. Ο στάτης είναι κατασκευασμένος από υλικό υψηλής μαγνητικής διαπερατότητας που έχει σαν συνέπεια τον περιορισμό της μαγνητικής ροής στο σώμα του. Αυτό έχει σαν συνέπεια την συγκέντρωση της ροής στους πόλους που περιστοιχίζουν το δρομέα. Η ροπή που αναπτύσσεται είναι ανάλογη της μαγνητικής ροής που με την σειράς της είναι ανάλογη με την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον εκάστοτε διεγερμένο τύλιγμα.

### **Φάσεις**

Σαν φάσεις ορίζουμε το σύνολο των διαφορετικών διαδρομών που μπορεί να ακολουθήσει η μαγνητική ροή στα τυλίγματα του στάτη. Γενικά οι βηματικοί κινητήρες εργάζονται με δύο φάσεις αν και είναι πολύ πιθανό να συναντήσουμε κάποιους με τρεις ή με πέντε. Ένας διπολικός κινητήρας βασίζει την λειτουργία του σε ένα τύλιγμα για κάθε φάση. Αντίθετα ένας μονοπολικός διαθέτει ένα τύλιγμα με μεσαία λήψη ή και δύο τυλίγματα για κάθε φάση.

### **Τεχνικά στοιχεία και ορολογία**

#### **➤ Ροπή συγκράτησης**

Η μέγιστη σταθερή ροπή που μπορεί να εφαρμοστεί στον άξονα ενός διεγερμένου βηματικού κινητήρα χωρίς να προκαλείται η συνεχής περιστροφή του.

#### **➤ Ανασταλτική ροπή**

Η μέγιστη σταθερή ροή που μπορεί να εφαρμοστεί στον άξονα ενός μη διεγερμένου βηματικού κινητήρα χωρίς να προκαλείται συνεχής περιστροφή του.

➤ **Καμπύλη ταχύτητας/ροπής**

Η χαρακτηριστική καμπύλη ταχύτητας/ροπής ενός βηματικού κινητήρα εξαρτάται άμεσα από το κύκλωμα οδήγησης, τον τρόπο διέγερσης και την αδράνεια του φορτίου.

➤ **Μέγιστη συχνότητα εκκίνησης**

Η μέγιστη συχνότητα (ρυθμός επανάληψης) των παλμών που επιτρέπουν σε ένα αφόρτιστο κινητήρα να εκκινεί την περιστροφή και να συνεχίζει να στρέφεται χωρίς να χάνει βήματα ή να σταματά χωρίς να κάνει περισσότερα βήματα από το πλήθος των παλμών οδήγησης.

➤ **Ροπή pull-out (αναστροφή)**

Η μέγιστη ροπή που μπορεί να εφαρμοστεί στον άξονα ενός βηματικού κινητήρα που στρέφεται με σταθερή ταχύτητα χωρίς να προκαλεί απώλεια βημάτων.

➤ **Ροπή pull-in(εκκίνησης)**

Η μέγιστη ροπή για την οποία ένας βηματικό κινητήρας μπορεί να ξεκινήσει, να σταματήσει ή να αλλάξει φορά περιστροφής χωρίς να χάσει κάποιο βήμα.

➤ **Ακρίβεια**

Η διαφορά μεταξύ πραγματικής θέσης του άξονα σε σχέση με την θεωρητική. Εκφράζεται σε ποσοστιαία αναλογία (τυπική τιμή +/- 5%) και δεν είναι αθροιστική.

➤ **Σφάλμα υστέρησης**

Πρόκειται για το μέγιστο αθροιστικό σφάλμα της θεωρητικής από την πραγματική θέση όταν ο άξονας στρέφεται προς την μία και την άλλη κατεύθυνση.

➤ **Συντονισμός**

Οι βηματικοί κινητήρες έχουν κατασκευαστεί ώστε να στρέφουν τον άξονα τους κατά μια ορισμένη γωνία κάθε φορά που διεγείρονται από ένα παλμό. Μέσα σε αυτό το διάστημα πρέπει να εκκινήσουν την περιστροφή του άξονα, να τον οδηγήσουν στην νέα θέση, να τον επιβραδύνουν και τέλος να τον σταματήσουν. Το σύνολο αυτών των ενεργειών προκαλεί ταλαντώσεις, υπερβάσεις της τελικής θέσης και δονήσεις. Ακόμα, το πιο πιθανό είναι για μερικές συχνότητες παλμών οδήγησης ο κινητήρας παραμένει

αδρανής. Οι συχνότητες αυτές ονομάζονται συχνότητες συντονισμού. Οι σχεδιαστές φροντίζουν να σχεδιάζουν τα προϊόντα τους με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα ύπαρξης τέτοιων συχνοτήτων μέσα στα προβλεπόμενα όρια λειτουργίας του κινητήρα. Ένας τρόπος για να το πετύχουν είναι προσθήκη μηχανικών συστημάτων απόσβεσης ή η οδήγηση τους με κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

### **Η οδήγηση των βηματικών κινητήρων**

Ένα τυπικό κύκλωμα οδήγησης βηματικών κινητήρων καλείται να εκτελεί αδιάκοπα δύο διαφορετικές εργασίες:

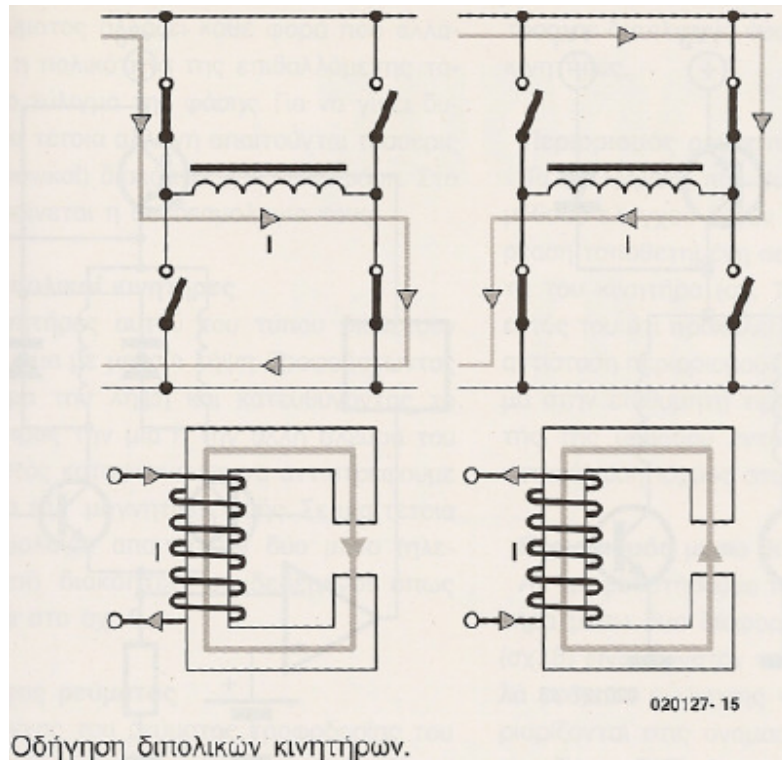
1. Να τροποποιεί τη μαγνητική ροή μέσα από μία φάση ελέγχοντας τη φορά κίνησης του ρεύματος ή τη διαδρομή που ακολουθεί
2. Να ελέγχει και να περιορίζει την ένταση του ρεύματος μέσα από τα τύλιγματα έτσι ώστε οι χρόνοι ανύψωσης και πτώσης να είναι όσο το δυνατόν μικρότεροι. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή απόδοση του κινητήρα.

### **Έλεγχος φοράς της μαγνητικής ροής**

Για να μπορεί ένας κινητήρας να στρέφεται συνεχώς (κάνοντας μικρά βήματα) είναι απαραίτητος ο έλεγχος της μαγνητικής ροής σε κάθε φάση ξεχωριστά. Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται επεμβαίνοντας στη φορά του ρεύματος που διεγείρει το τύλιγμα της κάθε φάσης. Υπάρχουν δύο τρόποι επέμβασης, ανάλογα με το αν ο κινητήρας είναι διπολικός ή μονοπολικός.

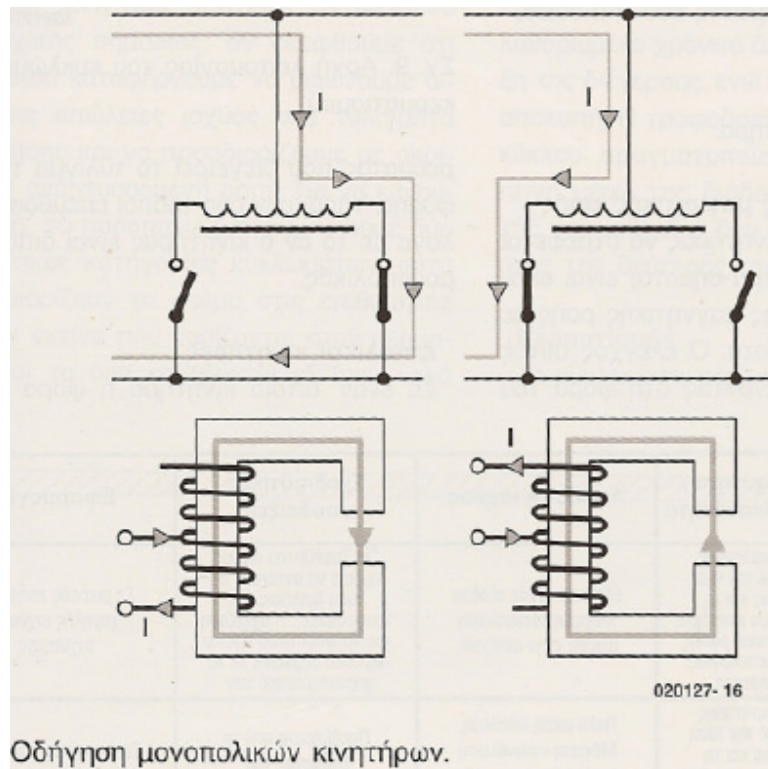
### **Διπολικοί κινητήρες**

Σε έναν τέτοιο κινητήρα η φορά κίνησης του ρεύματος αλλάζει κάθε φορά που αλλάζει και η πολικότητα της επιβαλλόμενης τάσης στο τύλιγμα της φάσης. Για να γίνει δυνατή μια τέτοια αλλαγή απαιτούνται τέσσερις ηλεκτρονικοί διακόπτες για κάθε φάση. Στο σχήμα φαίνεται η συνδεσμολογία τους.



### Μονοπολικοί κινητήρες

Οι κινητήρες αυτού του τύπου διαθέτουν ένα τύλιγμα με μεσαία λήψη. Τροφοδοτώντας με ρεύμα την λήψη και κατευθύνοντας το ρεύμα προς την μία ή την άλλη πλευρά του τυλίγματος καταφέρνουμε να αντιστρέψουμε τη φορά της μαγνητικής ροής. Σε μία τέτοια συνδεσμολογία απαιτούνται δύο μόνο (ηλεκτρονικοί) διακόπτες, συνδεμένοι όπως φαίνεται στο σχήμα.



### Έλεγχος ρεύματος

Ο έλεγχος του ρεύματος τροφοδοσίας του βηματικού κινητήρα αποτελεί αντικείμενο πρωταρχικής σημασίας, αν σκεφθούμε ότι μέσω αυτού καταφέρνουμε να μειώσουμε αισθητά τις απώλειες ισχύος στα τυλίγματα όπως επίσης να προσδιορίσουμε με ακρίβεια την αναπτυσσόμενη ροπή. Για να κάνουμε πράξη τα παραπάνω χρησιμοποιούμε δύο διαφορετικές κατηγορίες κυκλωμάτων:

- Αυτά που περιορίζουν το ρεύμα στις επιθυμητές τιμές και
- Εκείνα που βασίζονται στον κερματισμό.

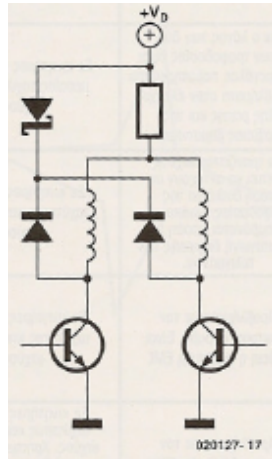
Και τα δύο εργάζονται εξ ίσου καλά τόσο σε διπολικούς όσο και σε μονοπολικούς κινητήρες.

### Περιοριστής ρεύματος μέσω αντίστασης

Τα κυκλώματα που βασίζονται σε αυτήν την μέθοδο ελέγχου έχουν συνήθως μια αντίσταση τοποθετημένη σε σειρά με τα τυλίγματα του κινητήρα όπως φαίνεται στο σχήμα. Η αντίσταση αυτή, εκτός του ότι προκαλεί πτώση τάσης, δρα ως αντίσταση

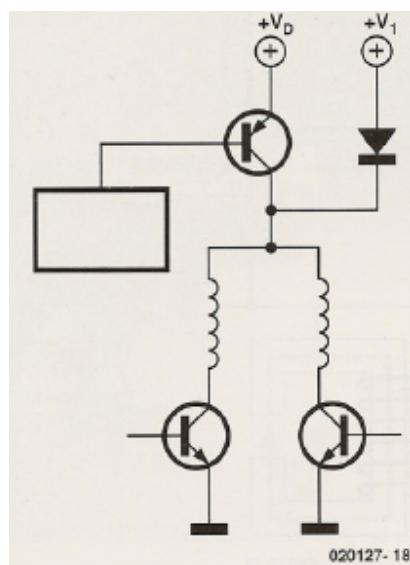


περιορισμού υποβιβάζοντας το ρεύμα στην επιθυμητή τιμή. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου εντοπίζεται στην άσκοπη κατανάλωση ισχύος στην αντίσταση.



### Περιορισμός μέσω δύο πηγών

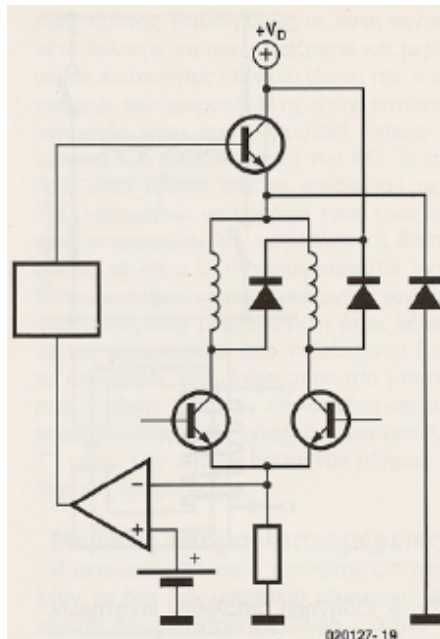
Αν τροφοδοτήσουμε τα τυλίγματα του κινητήρα μέσω δύο διαφορετικών πηγών τάσης είναι δυνατόν να εξασφαλίσουμε υψηλά ρεύματα εκκίνησης τα οποία κατόπιν περιορίζονται στις ονομαστικές τιμές τους. Το τρανζίστορ PNP γίνεται αγωγίμο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα κατά την έναρξη της διέγερσης, ενώ κατόπιν οδηγείται στην αποκοπή. Η τροφοδοσία για το υπόλοιπο του κύκλου πραγματοποιείται από τη δεύτερη πηγή μέσω της διόδου όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου δεν είναι άλλο από το κόστος της δεύτερης πηγής τροφοδοσίας





## Κερματισμός

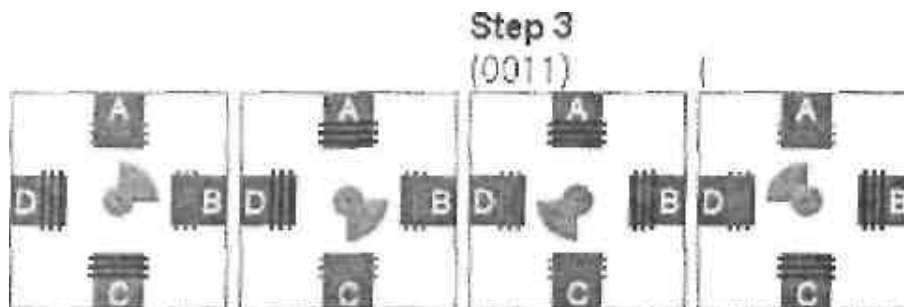
Τα κυκλώματα κερματισμού αποτελούν σήμερα την καλύτερη λύση για τους βηματικούς κινητήρες, αφού με την βοήθεια τους εξασφαλίζονται τόσο τα ισχυρά ρεύματα εκκίνησης όσο και η σταθερή τάσης τροφοδοσίας τους. Η αρχή λειτουργίας των κυκλωμάτων αυτών είναι μάλλον απλά. Κατ' αρχής απαιτείται μια πηγή τροφοδοσίας με τάση εξόδου πολλαπλάσια από την ονομαστική τάση λειτουργίας του κινητήρα. Το τρανζίστορ που μεσολαβεί μεταξύ της εξόδου του τροφοδοτικού και του τυλίγματος ανοιγοκλείνει με μεταβλητό λόγο διάρκειας προς περίοδο (duty cycle) έτσι ώστε το τύλιγμα να νοιώθει πάντα την ονομαστική τάση λειτουργίας του. Για τον έλεγχο του ρεύματος χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας βασισμένος στην πτώση τάσης που αναπτύσσεται στα άκρα μιας αντίστασης τοποθετημένης σε σειρά με το τύλιγμα. Η τάση αυτή αποτελεί τάση ανάδρασης για το κύκλωμα ελέγχου της τροφοδοσίας. Σαν μειονέκτημα αυτής της μεθόδου θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε την απώλεια ισχύος στην παραπάνω αντίσταση όπως φαίνεται στο σχήμα.



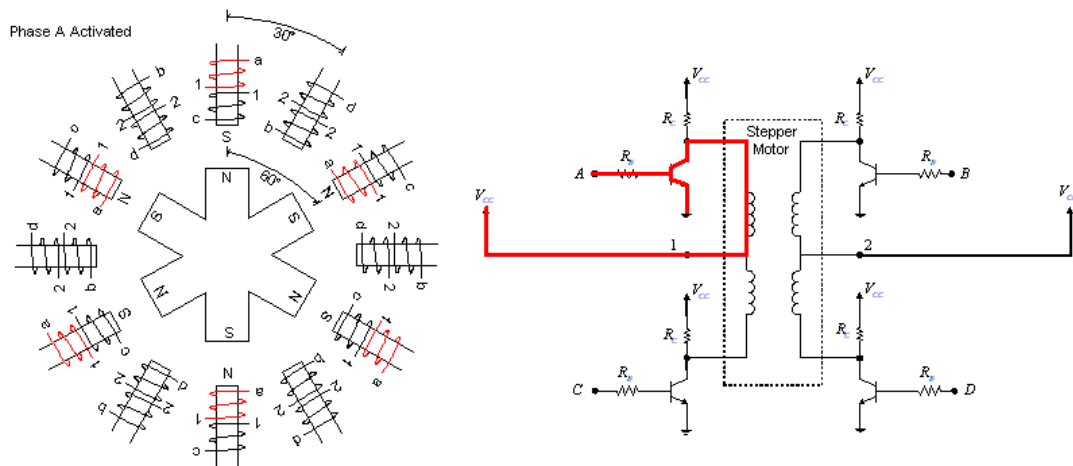
## Αρχές λειτουργίας βηματικών κινητήρων

Ένα σύστημα βηματικού κινητήρα αποτελείται από τρία κύρια μέρη, τα οποία συχνά συνδυάζονται με interface, όπως host computer, plc, ή dump terminal, με αποτέλεσμα ο χειρισμός τους να επιτυγχάνεται εξωτερικά. Καταρχήν, υπάρχει η μονάδα ελέγχου που αποτελείται από ένα μικροεπεξεργαστή, ικανό να παράγει βηματικούς παλμούς και σήματα, που προσδιορίζουν την κατεύθυνση και καταλήγουν στον οδηγό του κινητήρα. Επιπρόσθετα, ο ελεγκτής είναι απαραίτητος για την εκτέλεση αρκετών

άλλων πολύπλοκων λειτουργιών εντολών. Ακολουθεί ο οδηγός ή ενισχυτής του κινητήρα, που μετατρέπει τα σήματα εντολών του ελεγκτή σε ισχύ, που θα ενεργοποιήσει τις περιελίξεις του κινητήρα. Υπάρχει ένας αρκετά μεγάλος αριθμός οδηγών με διαφορετικές διαβαθμίσεις στην ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος και διαφορετική δομή σχεδίασης. Η επιλογή εφαρμογής ενός οδηγού, κατά την διαδικασία σχεδίασης ενός συστήματος βηματικού κινητήρα, είναι αρκετά σημαντική, μιας και δεν είναι όλοι συμβατοί με όλους τους τύπους κινητήρων. Το τρίτο μέρος αποτελεί ο βηματικός κινητήρας που μετατρέπει τους ψηφιακούς παλμούς σε μηχανική περιστροφή του κινητήριου άξονα. Περιγράφοντας πολύ γενικά τη λειτουργία του, μπορούμε να πούμε ότι η ισχύς πρέπει να εφαρμόζεται σε κάθε πηνίο ακολουθιακά, δηλαδή από το ένα στο άλλο, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή περιστροφή του μοτέρ. Για να επιτευχθεί το μέγιστο της ροπής στρέψης, πρέπει σε κάθε χρονική στιγμή να τροφοδοτούνται δυο από τα τέσσερα πηνία. Ο κύκλος λειτουργίας ενός βηματικού κινητήρα μπορούμε να πούμε ότι καθορίζεται από τέσσερα βήματα όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Σε κάθε βήμα ο κινητήριος άξονας περιστρέφεται κατά μια μόνο μοίρα ή δυο, ενώ για να πραγματοποιηθεί μια πλήρη περιστροφή ο κύκλος των τεσσάρων βημάτων πρέπει να επαναληφθεί περίπου 50 φορές. Όταν και τα τέσσερα πηνία δεν τροφοδοτούνται από ρεύμα, ο άξονας παραμένει αδρανείς. Όλες οι περιελίξεις σε ένα κινητήρα αποτελούν μέρος του στάτορα, ενώ ο ρότορας είναι ένας μόνιμος μαγνήτης ή στην περίπτωση των κινητήρων μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης, μια μπάρα από μαγνητικό υλικό. Η όλη διαδικασία μεταγωγής πρέπει να ρυθμίζεται εξωτερικά από τον ελεγκτή του κινητήρα, ενώ κινητήρας και ελεγκτής είναι σχεδιασμένοι κατάλληλα, ώστε να παραμένει σταθερή η θέση του πρώτου, όπως επίσης και να περιστρέφεται με οποιαδήποτε κατεύθυνση. Η βηματική κίνηση στους περισσότερους βηματικούς κινητήρες, οφείλεται σε συχνότητες του ακουστικού φάσματος, ενώ η υψηλή τους ακρίβεια και ο ελεγχόμενος προσανατολισμός οφείλεται στην απαραίτητη βοήθεια του ελεγκτή. Ένα ζήτημα που τίθεται σε πολλές εφαρμογές αποτελεί η επιλογή ανάμεσα σε σερβοκινητήρες και βηματικούς κινητήρες. Και οι δύο τύποι προσφέρουν αρκετές δυνατότητες, που επιτρέπουν την βέλτιστη ακρίβεια στο καθορισμό της θέσης, παράλληλα όμως διαφέρουν σε αρκετά σημεία. Συγκεκριμένα, οι σερβοκινητήρες για να λειτουργήσουν απαιτούν συστήματα αναλογικής ανατροφοδότησης, δηλαδή διατάξεις που συνήθως περιλαμβάνουν ένα ποτενσιόμετρο που είναι υπεύθυνο για την ανάδραση της θέσης του ρότορα, καθώς και ένα σύνολο κυκλωμάτων που οδηγούν ανάστροφα το ρεύμα στο μοτέρ, ανάλογα με τη διαφορά μεταξύ της επιθυμητής θέσης και της θέσης που βρίσκεται σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Στην επιλογή μεταξύ βηματικών κινητήρων και σερβοκινητήρων, πρέπει να ληφθούν ακόμα υπόψη παράγοντες που εξαρτώνται κυρίως από τις εφαρμογές. Για παράδειγμα η επαναληψιμότητα της θέσης που προκύπτει από ένα βηματικό



κινητήρα, εξαρτάται από το εξωτερικό σχήμα του ρότορα, ενώ αντίθετα στους σερβοκινητήρες εξαρτάται από την σταθερότητα που επιδεικνύει το ποτενσιόμετρο ή τα άλλα αναλογικά στοιχεία στο κύκλωμα ανατροφοδότησης. Οι βηματικοί κινητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε απλά συστήματα ελέγχου ανοιχτού βρόγχου, τα οποία επαρκούν για συστήματα που λειτουργούν σε χαμηλή επιτάχυνση με σταθερό φορτίο, ενώ ο έλεγχος κλειστού βρόγχου είναι κατάλληλος για υψηλές επιταχύνσεις ιδιαίτεως αν εμπλέκονται μεταβλητά φορτία.

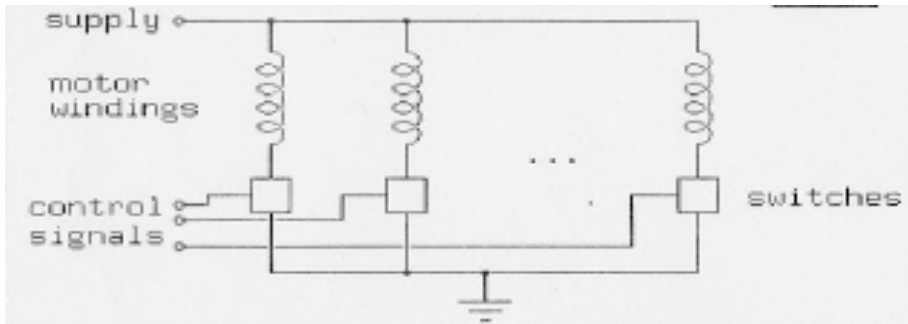


Λειτουργία βηματικού κινητήρα

## Βασικά κυκλώματα ελέγχου βηματικών κινητήρων

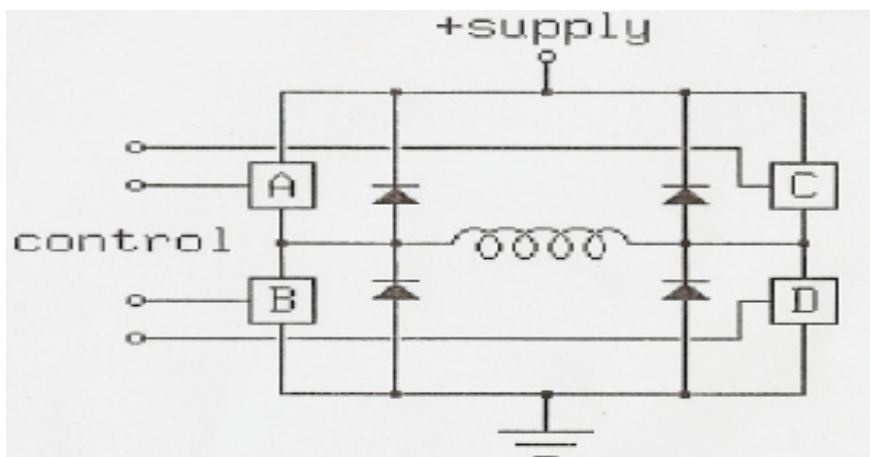
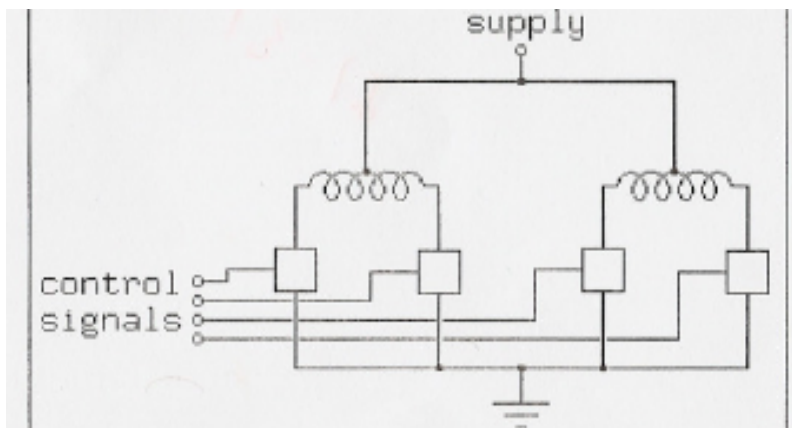
### Κινητήρες μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης

Ένας τυπικός ελεγκτής για βηματικούς κινητήρες μεταβλητής αντίστασης απεικονίζεται στο σχήμα. Στο σχήμα διακρίνουμε blocks που συμβολίζουν τα διάφορα switches του ελεγκτή, ενώ η μονάδα ελέγχου είναι υπεύθυνη να παράγει σήματα ελέγχου, έτσι ώστε να ανοίγει και να κλείνει τα switches την κατάλληλη στιγμή, ώστε να επιτευχθεί η περιστροφή του κινητήρα. Σε πολλές περιπτώσεις η μονάδα ελέγχου μπορεί να είναι υπολογιστής ή ένα προγραμματιζόμενο interface ελέγχου με κατάλληλο λογισμικό, που θα παράγει τα κατάλληλα σήματα που απαιτούνται για τον έλεγχο switches.



### Κινητήρες σταθερού μαγνήτη και υβριδικοί κινητήρες

Στο σχήμα μπορούμε να διακρίνουμε ένα τυπικό κύκλωμα ελεγκτή για μονοπολικούς βηματικούς κινητήρες σταθερού μαγνήτη και υβριδικούς όπου ισχύουν τα ίδια με τα παραπάνω. Όταν μιλάμε τώρα για διπολικούς κινητήρες σταθερού μαγνήτη, εκεί τα πράγματα είναι πιο πολύπλοκα, μιας και δεν υπάρχει κεντρική διασύνδεση στις περιελίξεις. Έτσι, για να αναστραφεί η κατεύθυνση το πεδίο που παράγεται από τις περιελίξεις του κινητήρα, χρειάζεται να αναστραφεί η φορά του ρεύματος ανάμεσα σε αυτές. Για να γίνει αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας διπολικός διακόπτης εκτελώντας μια ηλεκτρομηχανική λειτουργία. Το ισοδύναμο ηλεκτρονικό κύκλωμα ενός τέτοιου διακόπτη ονομάζεται H-bridge και απεικονίζεται στο σχήμα.



### **Γωνία βήματος**

Η περιστροφική κίνηση που εμφανίζεται την κάθε φορά στον μόνιμο μαγνήτη του δρομέα αποκαλείται γωνία βήματος και προσδιορίζεται από την σχέση:

$$\alpha = 360/2 \cdot \rho \cdot m$$

όπου :  $\rho$  = ο αριθμός ζευγών των πόλων

$m$  = ο αριθμός των φάσεων

Η λειτουργία των βηματικών κινητήρων ως προς την γωνία βήματός τους διακρίνονται σε μονοπολικούς και διπολικούς, τους οποίους έχουμε περιγράψει παραπάνω.

Στην πράξη οι βηματικοί κινητήρες ελέγχονται με την χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών διακοπών. Αυτοί παρέχουν την δυνατότητα μετατροπής του συνεχούς ρεύματος, σύμφωνα με τους παλμούς ελέγχου που προέρχονται από γεννήτρια παλμών χωρίς σφάλμα στο βήμα, σε παλμούς ρεύματος που με τη σειρά τους προσάγονται στον ηλεκτροκινητήρα.

### **Τρόποι βηματισμού**

Οι βηματικοί κινητήρες μπορούν να οδηγηθούν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, οι σημαντικότεροι των οποίων αναφέρονται στην συνέχεια:

### Οδήγηση κύματος

Κύριο χαρακτηριστικό αυτού του τρόπου είναι η οδήγηση μιας μόνο φάσης κάθε χρονική στιγμή. Αυτό σημαίνει πως για ένα μονοπολικό κινητήρα, αξιοποιεί μόνο το 25% των τυλιγμάτων του, ενώ για ένα διπολικό μόνο το 50%.

Order	Phase A	Phase B	Phase $\bar{A}$	Phase $\bar{B}$
1				
2				
3				
4				

### Οδήγηση πλήρους βήματος

Σε αυτό τον τρόπο ενεργοποιούνται κάθε χρονική στιγμή δυο διαφορετικές φάσεις. Έτσι σε ένα μονοπολικό κινητήρα αξιοποιείται το 50% των τυλιγμάτων του ενώ σε ένα διπολικό το 100%.

Order	Phase A	Phase B	Phase $\bar{A}$	Phase $\bar{B}$
1				
2				
3				
4				

### Οδήγηση ημίσεως βήματος

Όπως φαίνεται και στο χαρακτηριστικό γράφημα ο τρόπος αυτός συμπλέκει τα δύο προηγούμενα υποχρεώνοντας τον κινητήρα να στρέφεται κατά γωνία ίση με το μισό της ονομαστικής. Η αξιοποίηση των τυλιγμάτων για τα δύο είδη κινητήρων είναι ίση με 37,5% ή με 75% (μέσες τιμές).

Order	Phase A	Phase B	Phase $\bar{A}$	Phase $\bar{B}$
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

### Μικρό-βηματισμό

Εδώ τα πράγματα είναι λίγο διαφορετικά. Το ρεύμα των τυλιγμάτων μεταβάλλεται συνεχώς αναγκάζοντας τον άξονα του κινητήρα να στρέφεται κατά συγκεκριμένα κλάσματα της γωνίας που αντιστοιχεί στο πλήρες βήμα.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>**

**Θεωρητική ανάλυση κυκλώματος, ανάλυση μετρήσεων**



## **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ**

Στο σχήμα1 φαίνεται το θεωρητικό κύκλωμα λειτουργίας της κατασκευής, που αποτελείται από το τμήμα ελέγχου (κατάλληλο για μονοπολικό βηματικό κινητήρα) και ένα ασταθή πολυδονητή, όπου στέλνει τους παλμούς για την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.

Με το sw1 επιλέγεται εάν θέλετε να χρησιμοποιήσετε τον ταλαντωτή με το ολοκληρωμένο 555 ή εξωτερικό δικό σας ταλαντωτή (πλάτους 12v).

Στο σχήμα2 φαίνεται το κύκλωμα της τροφοδοσίας 12v/700ma το οποίο απαιτείται για το κύκλωμα. Η δόνηση του είναι κλασική και βασίζεται σε έναν απλό σταθεροποιητή συγκεκριμένης τάσης.

Οι πυκνωτές c1 ως c4 του σχήματος2 εξασφαλίζουν την εξομάλυνση της ανορθωμένης τάσης από την γέφυρα των διόδων d1 και την αποσύζευξη της εισόδου και της εξόδου του σταθεροποιητή.

Ο κινητήρας διαθέτει 5 ή 6 καλώδια σύνδεσης, γιατί κάθε μεσαία λήψη των τυλιγμάτων θα πρέπει να έχει τάση +12v. η περιστροφή του άξονα του κινητήρα γίνεται επίσης γειώνοντας τα άκρα των τυλιγμάτων και ακολουθώντας μια συγκεκριμένη λογική ακολουθία. Η λογική ακολουθία λαμβάνει υπόψη της τα ακόλουθα κριτήρια:

- Κάθε τύλιγμα ελέγχεται σε τέσσερις κύκλους
- Κάθε πηνίο του ίδιου τυλιγματος ελέγχεται με αντίστροφη φάση
- Μόνο το μισό τύλιγμα είναι ενεργοποιημένο σε κάθε βήμα

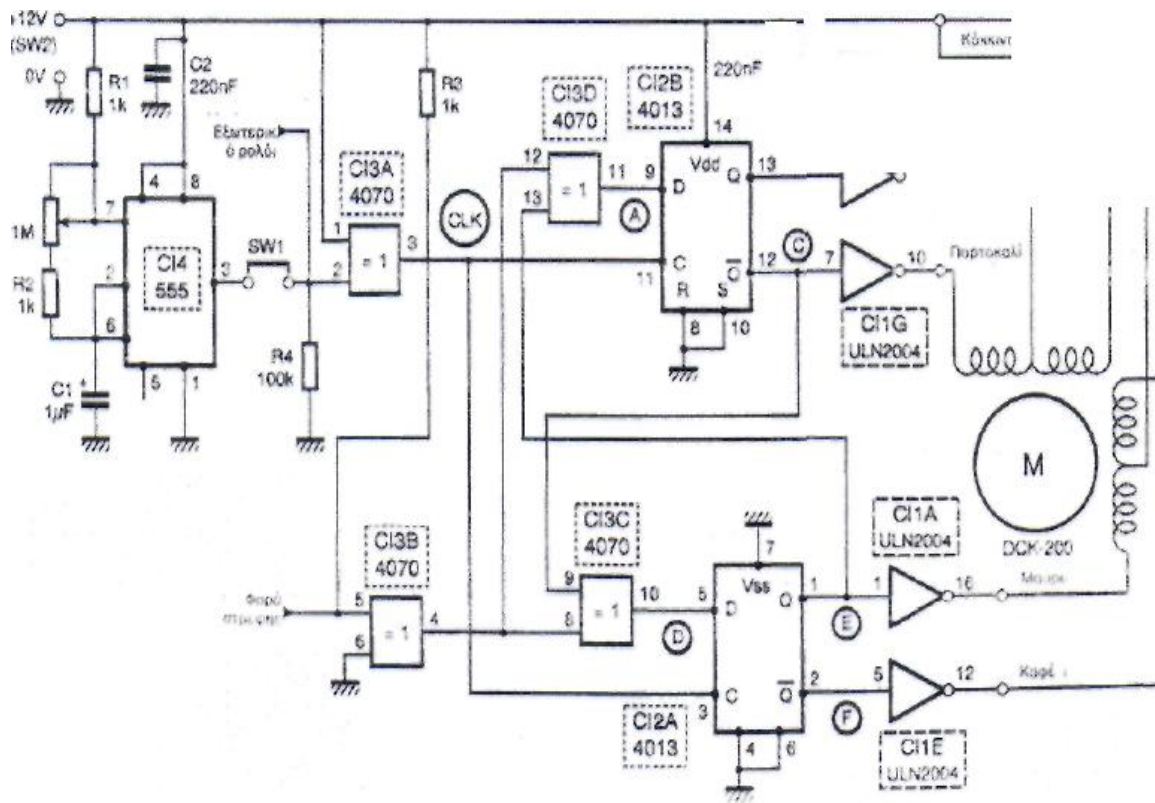
Τελικά τα σήματα ελέγχου βρίσκονται εκτός φάσης κατά 180 μοίρες για τα πηνία του ίδιου τυλιγματος και κατά 90 μοίρες μεταξύ των δυο τυλιγμάτων. Η λογική διαδοχή λαμβάνεται χάρη σε δύο δισταθείς πολυδονητές τύπου d(ic2a & ic2b) και στις δυο πύλες exor(ic3c & ic3d) οι οποίες οδηγούν στην παραγωγή των σημάτων του σχήματος3.

Οι άλλες δυο πύλες exor χρησιμοποιούνται απλα σαν ακολουθητής αναστροφέα. Ανάλογα με τη λογική κατάσταση της εισόδου (ακροδέκτης 5 του ic3b) η ακολουθία αντιστρέφεται ή όχι (φορά στρέψης στο σχήμα2)

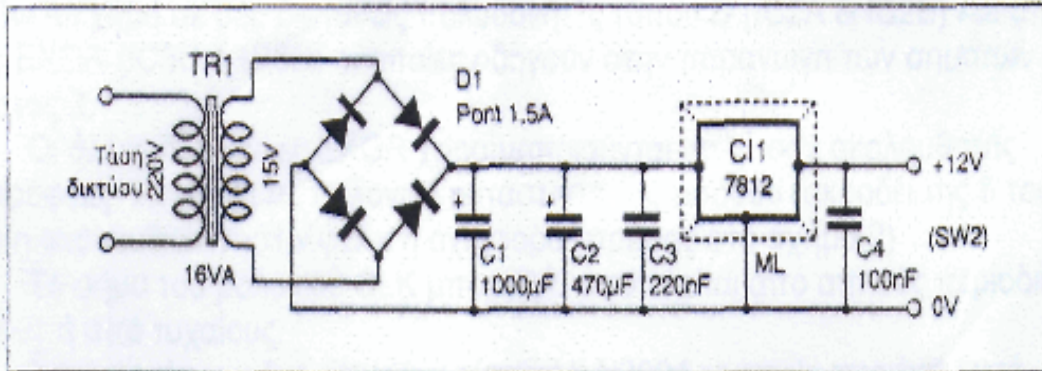
Το σήμα ρολογιού clk μπορεί να αποτελείται από απλούς περιοδικούς παλμούς ή από τυχαίους.

Ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα τύπου uln2004 το οποίο περιέχει επτά τρανζίστορ darlington επιτρέπει τη λήψη ενός οικονομικού σταδίου ισχύος. Αν έχετε έναν κινητήρα των 5v θα είναι αρκετό εάν αντικαταστήσετε το uln2004 με το uln2003.

«Μέτρηση Γωνιακής Ταχύτητας Με την βοήθεια του Labview»

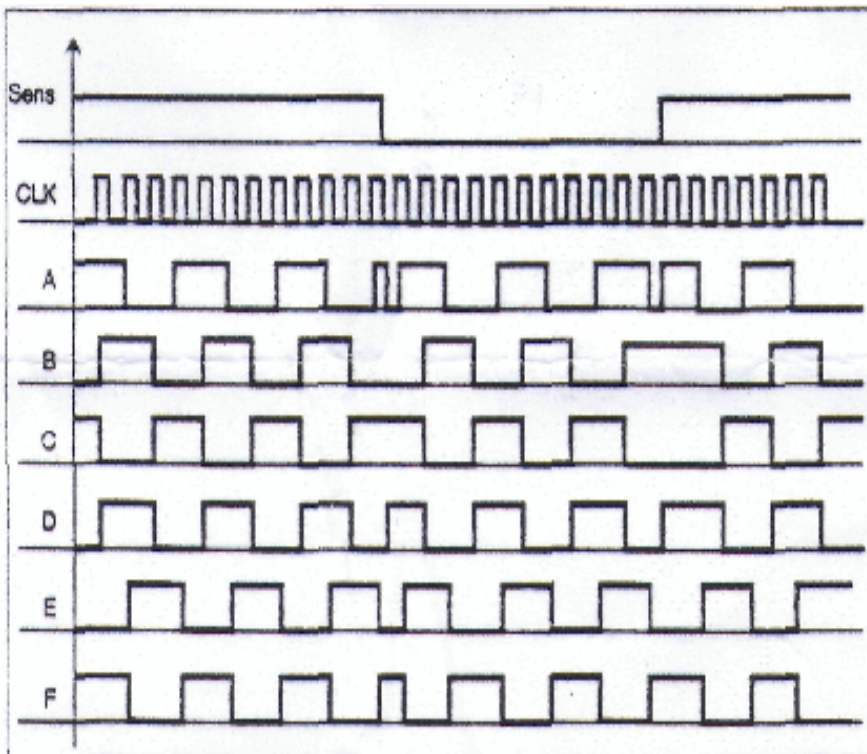


Λειτουργικό κύκλωμα της κάρτας ελέγχου



Σχήμα 2: Λειτουργικό κύκλωμα της τροφοδοσίας

Σχήμα 3:  
Χρονοδια-  
γράμματα  
λειτουργ-  
γίας.



Σχήμα 4:  
Πίνακας  
επιλογής  
των  
ULN20XX.

Περιοχή λειτουργίας	VCE (max) Ic (max)	50V 500mA	50V 600mA	95V 500mA
Τάση εισόδου	Λοοση εισόδου			
-	PMOS, CMOS	ULN - 2001	ULN - 2011	ULN - 2021
14 - 25 V	PMOS	ULN - 2002	ULN - 2012	ULN - 2022
5 V	TTL, CMOS	ULN - 2003	ULN - 2013	ULN - 2023
6 - 15 V	CMOS, PMOS	ULN - 2004	ULN - 2014	ULN - 2024
5 V	TTL, TTL LS	ULN - 2005	ULN - 2015	ULN - 2025

### Ανάλυση κυκλώματος ελέγχου βηματικού κινητήρα

Το κύκλωμα για την λειτουργία του χρειάζεται 12V dc, τα οποία τα παίρνουμε απο ένα απλό κύκλωμα σταθεροποιητή τάσης, που εξηγήσαμε παραπάνω.

Αφού περάσουν τα 12V στο κυρίως κύκλωμα, δίνουν τάση στο ολοκληρωμένο NE555 (pin 8) και σκανδαλίζουν τον ταλαντωτή (pin 2), επίσης δίνει τάση στο (pin 6) όπου είναι η τάση κατωφλίου για το flip-flop (εσωτερικά) απ' όπου με το ποτενσιόμετρο ρυθμίζουμε τον σκανδαλισμό του NE555 και άρα τον ρυθμό περιστροφής του κινητήρα. Τέλος απο το pin 3 παίρνουμε την έξοδο του NE555.

Το επόμενο στοιχείο είναι ένας διακόπτης SW1 απ' όπου επιλέγετε ένα θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε τον ταλαντωτή με το ολοκληρωμένο NE555 ή με εξωτερικό δικό μας ταλαντωτή.

Στην συνέχεια συναντάμε το ολοκληρωμένο HCF4070 το οποίο εκτελεί την πράξη αποκλειστικό-OR (XOR).

- Απο το pin 3 παίρνουμε την πράξη που προκύπτει απο τα pin 1, 2
- Απο το pin 4 την πράξη που προκύπτει απο τα pin 5,6

- Απο το pin 10 την πράξη που προκύπτει απο τα pin 8,9
- Απο το pin 11 την πράξη που προκύπτει απο τα pin 12,13.

Το ολοκληρωμένο HCF4070 συνδέεται άμεσα με το ολοκληρωμένο CD4013.

Έτσι θα πρέπει να αντιστοιχήσουμε τις εξόδους του 4070 με τις εισόδους του 4013 και να ελέγξουμε την λειτουργία του.

Μια επισήμανση πολύ σημαντική για το 4013 είναι ότι περιέχει δύο flip-flop τύπου D.

Απο το pin 3 του 4070 δίνουμε παλμούς ρολογιού, δηλαδή clock και στα δύο flip-flop.

Αρα η έξοδος του pin 4 συνδέεται στο Pin 8 του 4070 και στο pin 9 έρχεται η ανάδραση της εξόδου Q' του pin 12 που αντιστοιχεί στο δεύτερο flip-flop. Τελικά στο Pin 10 του 4070 έχουμε την πράξη XOR μεταξύ του pin 9 (4013) και pin 4 (4070) όπου η έξοδος pin 10 του 4070 συνδέεται στο pin 5 του 4013 δηλαδή στο πρώτο D flip-flop.

Ας δούμε τώρα τι συμβαίνει στο δεύτερο D flip-flop. Πάλι απο το pin 4 του 4070 τροφοδοτούμε το Pin 12 του 4070 ενώ στο pin 13 του 4070 έρχεται η ανάδραση της εξόδου Q pin 1 του πρώτου flip-flop. Έτσι στο pin 11 του 4070 γίνεται η πράξη XOR μεταξύ του pin 12 (4070),13 (4013) και η έξοδος pin 11 συνδέεται στο δεύτερο D flip-flop pin 9 του 4013.

Απο την περιγραφή που έγινε βλέπουμε πως το 4070 παίζει σημαντικό ρόλο και ιδιαίτερα η έξοδος pin 4 μιας και απ' αυτή γίνεται η φορά στρέψης του κινητήρα.

Η τροφοδοσία του 4013 γίνεται απο το pin 14 και γείωση στο pin 4,6.

Στην συνέχεια συναντάμε το ULN2004, είναι ένα ολοκληρωμένο που περιέχει 7 τρανζίστορ σε συνδεσμολογία Darlington και επιτρέπει τη λήψη ενός οικονομικού σταδίου ισχύος.

Απο τα pin 12,16,10,14 παίρνουμε τις 4 εξόδους που αντιστοιχούν στα χρώματα καφέ, μαύρο, πορτοκαλί και κίτρινο αντίστοιχα, ενώ απο το κανάλι της τροφοδοσίας παίρνουμε το πέμπτο καλώδιο, δηλαδή το κόκκινο.

### **Ανάλυση αισθητήρα**

Αφού έχουμε συνδέσει τον βηματικό κινητήρα, προσαρμόζουμε τον αισθητήρα HOA2001 με προσοχή ανάμεσα στις εγκοπές του γραναζιού που είναι προσαρμοσμένο στον κινητήρα. Η τοποθέτηση του αισθητήρα θέλει ιδιαίτερη προσοχή, καθώς πρέπει να ελέγχουμε το διάκενο μεταξύ εκπομπού και δέκτη καθώς και το ύψος των εγκοπών ώστε να μην ξεφύγει κανένα δόντι απο την δέσμη.

Ας δούμε τι γίνεται με τον αισθητήρα.

Πρόκειται για ένα αισθητήρα που περιέχει τον εκπομπό, δέκτη και ένα κύκλωμα Schmitt-trigger για παραγωγή τετραγωνικών παλμών.

Ο εκπομπός είναι ένα led με τάση τροφοδοσίας 1.2V. Τη δέσμη που εκπέμπει την λαμβάνει μια φωτοδίοδος. Το κύκλωμα photo detector αποτελείται όπως είπαμε από τη φωτοδίοδο, ένα ενισχυτή, ελεγκτή τάσης, το κύκλωμα Schmitt-trigger και ένα τρανζίστορ NPN με μια αντίσταση 10KΩ. Το κύκλωμα το photo detector λειτουργεί με 5V).

Τα γεγονότα που εκτελούνται είναι:

- Το led και ο photo detector είναι σε λειτουργία.
- Το γρανάζι με τις εγκοπές γυρίζει ανάμεσα στον αισθητήρα.
- Όταν ένα δόντι του γραναζιού διακόψει την δέσμη τότε στα άκρα της φωτοδίοδου ανιχνεύεται μια διαφορά δυναμικού, η οποία θέτει σε λειτουργία τον ενισχυτή και τροφοδοτεί το Schmitt-trigger απ' όπου παράγεται ο τετραγωνικός παλμός στην έξοδο.

έτσι με αυτή την διαδικασία κάθε διακοπή της δέσμης ανιχνεύεται στην έξοδο σαν τετραγωνικός παλμος δηλαδή σαν λογικό 1.

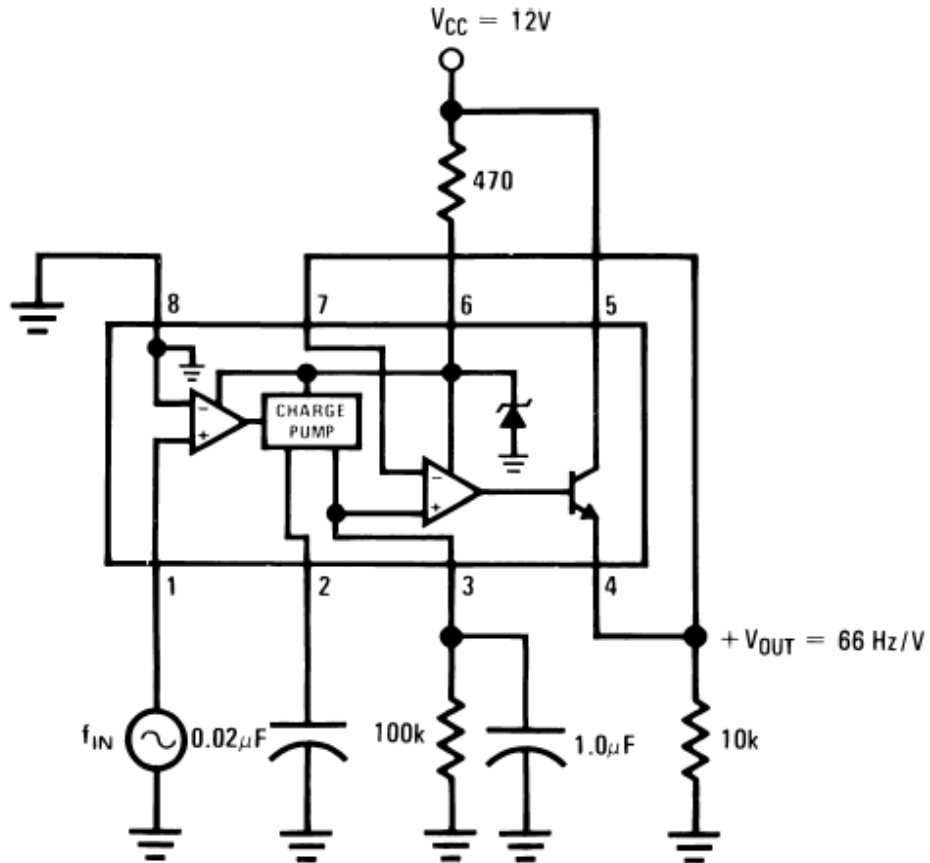
### **Ανάλυση κυκλώματος Frequency to Voltage**

Την συχνότητα που παράγεται από την περιστροφή του γραναζιού και βλέπουμε στον παλμογράφο μέσω του αισθητήρα μας μπορούμε να την αναγάγουμε σε τάση μέσω ενός απλού κυκλώματος Frequency to Voltage.

Για την λειτουργία αυτή χρησιμοποιήσαμε το LM2917N. Το ολοκληρωμένο τροφοδοτείται από 12V dc και στο εσωτερικό του έχει δυο τελεστικούς, ένα τρανζίστορ NPN και μια δίοδο Zener.

Η τροφοδοσία συνδέεται εν σειρά με μια αντίσταση και στην συνέχεια στο pin 6, το pin 5 συνδέεται στο σημείο τροφοδοσίας και αντίστασης. Τα pin 7,4 βραχυκυκλώνονται, αλλά συνδέεται και μια αντίσταση στο pin 4 και στην γείωση απ' όπου πέρνουμε και την έξοδο. Στο pin 3 υπάρχει ένας πυκνωτής χρονισμού. Τέλος στο pin 1 συνδέεται η γεννήτρια συχνοτήτων. Το pin 8 αποτελεί την γείωση του κυκλώματος.

### Zener Regulated Frequency to Voltage Converter

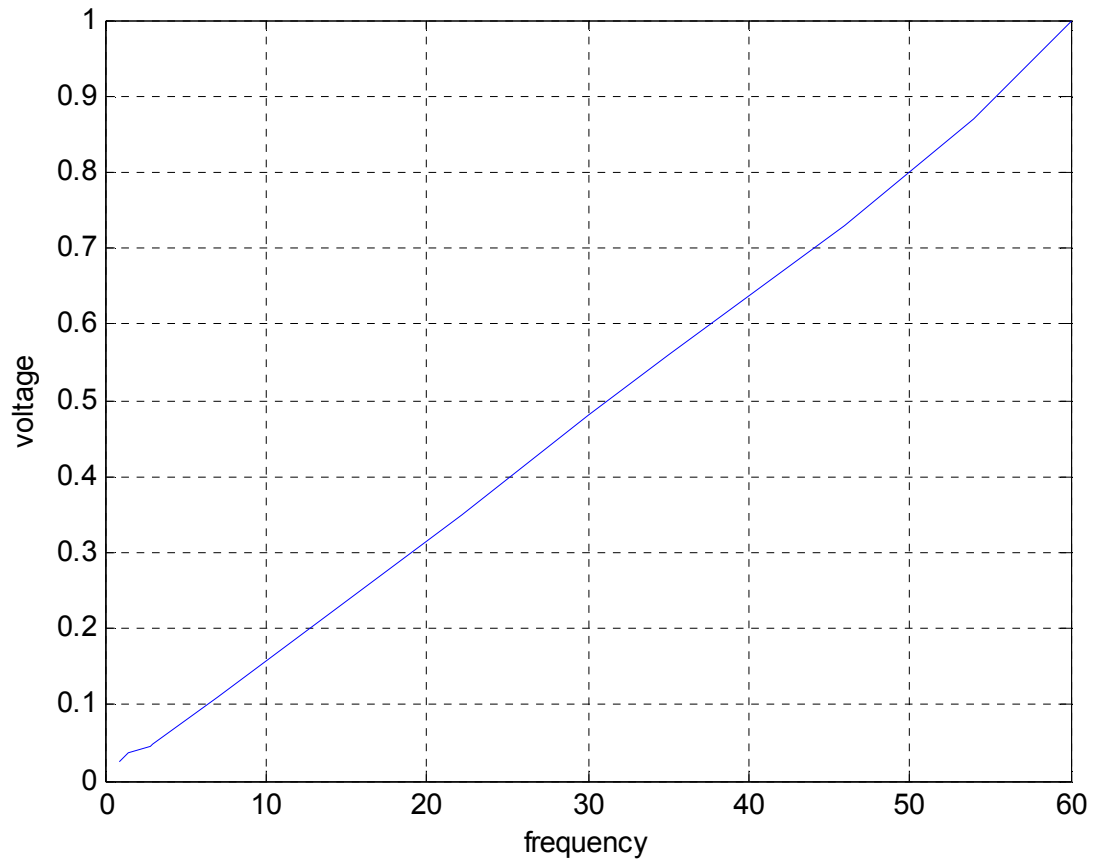


### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Frequency (Hz)	Voltage (mVolt)
0.854	0.024
1.28	0.035
1.5	0.037
2.8	0.045
3	0.049
7	0.11
14	0.22
22.2	0.35
30	0.48
35	0.56
46	0.73
54	0.87
60	1



«Μέτρηση Γωνιακής Ταχύτητας Με την βοήθεια του Labview»



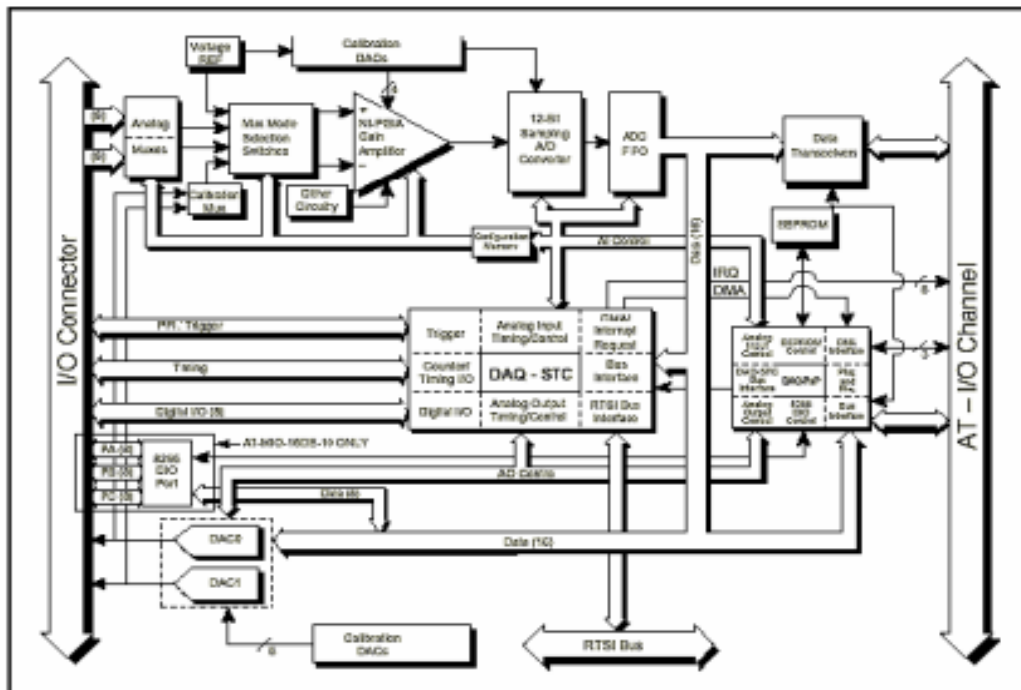
## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>**

### **Ανάλυση προγράμματος Labview**

## HARDWARE

Η κάρτα που χρησιμοποιούμε είναι η AT-MIO- 16E-10 της National Instruments, Όπως όλες οι κάρτες που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό διαθέτει αναλογικές και ψηφιακές εισόδους, εξόδους. Καθώς επίσης και τα απαραίτητα κυκλώματα που υλοποιούν τα παραπάνω (Analog to Digital Converter, Digital to Analog Converter ) ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία των ηλεκτρικών σημάτων από τον Η/Υ. Ακόμα η κάρτα διαθέτει ένα πλήθος βοηθητικών εισόδων και κυκλωμάτων , όπως για παράδειγμα μετρητές( Counters), εισόδους για την

ακριβέστερη ρύθμιση των DAC και άλλα στα οποία θα αναφερθούμε εκτενέστερα παρακάτω. Η συγκεκριμένη κάρτα όπως και οι υπόλοιπες τις σειράς είναι plug and play, επιπροσθέτως όλες οι λειτουργίες της ελέγχονται από λογισμικό, είναι δηλαδή Jumperless κάρτες. Οι κάρτες αυτές χρησιμοποιούνται για να εισάγουμε το ηλεκτρικό σήμα που παράγεται από κάποιο αισθητήριο ή κάποια διαδικασία στον Η/Υ να το επεξεργαστούμε και το αποτέλεσμα είτε να το αποθηκεύσουμε στο δίσκο για περαιτέρω επεξεργασία είτε να το χρησιμοποιήσουμε ώστε να πραγματοποιήσουμε κάποιο έλεγχο.



## Μπλοκ διάγραμμα της AT-MIO-16E-10

### Τεχνικά χαρακτηριστικά της AT-MIO-16E-10

Σε αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κάρτας όπως αυτά παρουσιάζονται στο εγχειρίδιο χρήσης της.

#### Αναλογικές Είσοδοι

- Χαρακτηριστικά εισόδου.  
Αριθμός Καναλιών..... 16 μονών εισόδων ή 8 διαφορικών εισόδων.  
Τύπος ADC..... Διαδοχικής Προσέγγισης  
Ανάλυση..... 12 bit, 1 προς 4096  
Μέγιστος ρυθμός δειγματοληψίας..... 100kS/sec εγγυημένα

Απολαβή Κάρτας	Εύρος Σήματος	
	Διπολικό	Μονοπολικό
0,5	-10 έως +10 V	-----
1	-5 έως +5 V	0 έως 10 V
2	-2,5 έως +2,5 V	0 έως 5 V
5	-1 έως +1 V	0 έως 2 V
10	-500 έως +500 mV	0 έως 1 V
20	-250 έως +250 mV	0 έως 500 mV
50	-100 έως +100 mV	0 έως 200 mV
100	-50 έως +50 mV	0 έως 100 mV

#### Εύρος σήματος εισόδου

Σύζευξη εισόδου.....DC

Μέγιστη τάση λειτουργίας.....-11 έως +11 V από την γείωση.

Προστασία από υπερτάσεις..... -35 έως +35 V όταν είναι ανοικτή.

-25 έως +25 V όταν είναι κλειστή.

Είσοδοι που προστατεύονται.....ACH<0..15> και AISENSE

➤ Χαρακτηριστικά Μεταφοράς

Σχετική ακρίβεια..... $\pm 0,2$  LSB τυπικά

$\pm 1,5$  LSB μέγιστο

DNL..... $\pm 0,2$  LSB τυπικά,  $\pm 1,0$  LSB μέγιστ

➤ Χαρακτηριστικά Ενισχυτή

Αντίσταση εισόδου

Σε κανονική λειτουργία .....100 GΩ παράλληλα με 50pF

Όταν είναι κλειστή.....3 kΩ ελάχιστη

Όταν είναι υπερφορτωμένη.....3 kΩ ελάχιστη

Ρεύμα πόλωσης εισόδου ..... $\pm 200$  pA

Ρεύμα διαρροής εισόδου ..... $\pm 100$  pA

CMRR.....90dB, Από 0 έως 60 Hz.

➤ Δυναμικά Χαρακτηριστικά

Εύρος ζώνης

Ασθενή σήματα(-3dB).....150kHz

Δυνατά σήματα (1% THD)....120kHz

Χρόνος καθόδου για

βήμα πλήρους κλίμακας.....10μs μέγιστο για ακρίβεια  $\pm 0,5$  LSB

Απολαβή	Θόρυβος,Dither Off	Θόρυβος,Dither On
0,5 έως 10	0,07 LSB rms.	0,5
20	0,12 LSB rms.	0,5

50	0,25 LSB rms.	0,6
100	0,5 LSB rms.	0,7

**Θόρυβος συστήματος (μη συμπεριλαμβανομένου του θορύβου κβάντισης**

Διαφωνία (Crosstalk).....-70dB, από 0 έως 100kHz

- Σταθερότητα  
Προτεινόμενος

χρόνος προθέρμανσης.....15 λεπτά

Θερμοκρασιακός

συντελεστής απολαβής..... $\pm 20$  ppm/ C

Σήματα αναφοράς πάνω στην κάρτα

Στάθμη τάσης.....5,000V( $\pm 2,5$ mV)

Θερμοκρασιακός συντελεστής... $\pm 5$ ppm/ C

Μακροχρόνια σταθερότητα..... $\pm 15$  ppm/ (1000h)<sup>1/2</sup>

**Αναλογικές Έξοδοι**

- Χαρακτηριστικά εξόδου

Αριθμός καναλιών.....2 τάσης

Ανάλυση.....12 bits, 1 προς 4096

Μέγιστος ρυθμός ανανέωσης.....100kS/s

- Χαρακτηριστικά Μεταφοράς.

Σχετική ακρίβεια

Μετά από ρύθμιση..... $\pm 0,3$  LSB τυπικά,  $\pm 0,5$  LSB μέγιστο

Πριν από ρύθμιση..... $\pm 4$  LSB μέγιστοDNL

Μετά από ρύθμιση..... $\pm 0,3$  LSB τυπικά,  $\pm 1,0$  LSB μέγιστο

Πριν από ρύθμιση..... $\pm 3$  LSB μέγιστο

Μονοτονικότητα.....12 bits

Σφάλμα μετατόπισης

Μετά από ρύθμιση..... $\pm 1\text{mV}$  μέγιστο

Πριν από ρύθμιση..... $\pm 200\text{mV}$  μέγιστο

Σφάλμα απολαβής (σχετικό με την εσωτερική στάθμη αναφοράς)

Μετά από ρύθμιση..... $\pm 0,01\%$  της εξόδου, μέγιστο

Πριν από ρύθμιση..... $\pm 0,5\%$  της εξόδου, μέγιστο

Σφάλμα απολαβής

(σχετικό με εξωτερική στάθμη αναφοράς) από 0% έως +0,5% της εξόδου

➤ Έξοδος Τάσης

Εύρος..... $\pm 10\text{V}$ , από 0 έως 10V,  $\pm \text{EXTREF}$ ,  
από 0 έως EXTREF

Σύζευξη εξόδου.....DC

Αντίσταση εξόδου..... $0,1\Omega$  μέγιστο

Ρεύμα εξόδου..... $\pm 5\text{mA}$  μέγιστο

Προστασία.....Βραχυκύκλωμα προς την γείωση

Τάση κατά την εκκίνηση .....0V

Είσοδος Εξωτερικής τάσης αναφοράς.

Εύρος..... $\pm 11\text{V}$

Προστασία από υπερτάσεις.....-35 έως +35 V όταν είναι ανοικτή.  
-25 έως +25 V όταν είναι κλειστή.

Αντίσταση εισόδου..... $10\text{k}\Omega$

Εύρος ζώνης.....300kHz

➤ Δυναμικά Χαρακτηριστικά

Χρόνος καθόδου για

βήμα πλήρους κλίμακας.....10μs μέγιστο για ακρίβεια  $\pm 0,5 \text{ LSB}$

«Μέτρηση Γωνιακής Ταχύτητας Με την βοήθεια του Labview»

Ρυθμός ολίσθησης.....10V/μs

Θόρυβος.....200μVrms ,από 0 έως 1 MHz

- Σταθερότητα  
Θερμοκρασιακός συντελεστής

Μετατόπισης.....±50 μV/C

Θερμοκρασιακός συντελεστής απολαβής

Με εσωτερική τάση αναφοράς.....±25 PPM/ C

Με εξωτερική τάση αναφοράς.....±25 PPM/ C

Σήματα αναφοράς πάνω στην κάρτα

Στάθμη τάσης.....5,000V(±2,5mV)

Θερμοκρασιακός συντελεστής.....±5ppm/ C

Μακροχρόνια σταθερότητα.....±15 ppm/ (1000h)<sup>1/2</sup>

**Ψηφιακές εισοδοι έξοδοι**

Αριθμός καναλιών.....8 εισόδου /εξόδου

Συμβατότητα.....TTL/CMOS

<b>Επίπεδο</b>	<b>Ελάχιστο</b>	<b>Μέγιστο</b>
Τάσης εισόδου χαμηλό	0V	0,8V
Τάσης εισόδου υψηλό	2V	5V
Ρεύματος εισόδου χαμηλό (V <sub>in</sub> =0V)	-----	-320μA
Ρεύματος εισόδου υψηλό (V <sub>in</sub> =5V)	-----	10μA
Τάσης εξόδου χαμηλό (I <sub>OL</sub> =24mA)	-----	0,4V
Τάσης εξόδου υψηλό (I <sub>OH</sub> =13mA)	4,35V	-----

**Λογικά Επίπεδα**

Κατάσταση κατά την εκκίνηση.....είσοδος(Υψηλή αντίσταση)



**Κυκλώματα χρονισμού**

Αριθμός καναλιών.....2 πάνω /κάτω μετρητές /χρονιστές

1 Διαιρετή Συχνότητας

**Ανάλυση**

Μετρητές/ Χρονιστές .....24 bit

Διαιρετή Συχνότητας .....4 bit

Συμβατότητα .....TTL /CMOS

**Συχνότητα βασικού ρολογιού**

Μετρητές/ Χρονιστές .....20 MHz, 100kHz

Διαιρετή Συχνότητας .....10 MHz, 100kHz

Ακρίβεια βασικού ρολογιού .....±0,01%

Μέγιστη συχνότητα πηγής .....20 MHz

Ελάχιστη διάρκεια παλμού πηγής .....10ns σε λειτουργία ανίχνευσης ακμής

Ελάχιστη διάρκεια παλμού πύλης .....10ns σε λειτουργία ανίχνευσης ακμής

**Κυκλώματα σκανδαλισμού**

**Ψηφιακός Σκανδαλισμός**

Συμβατότητα.....TTL

Αντίδραση .....κατά την ανοδική ή καθοδική ακμή

Εύρος παλμού .....10ns ελάχιστα

**RTSI**

Γραμμές σκανδαλισμού.....7

**Pin-out AT-MIO-16E-10**

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε τα σήματα που δέχεται η DAQ κάρτα καθώς και το pin-out αυτής

«Μέτρηση Γωνιακής Ταχύτητας Με την βοήθεια του Labview»

ACH8	34	68	ACH0
ACH1	33	67	AIGND
AIGND	32	66	ACH9
ACH10	31	65	ACH2
ACH3	30	64	AIGND
AIGND	29	63	ACH11
ACH4	28	62	AISENSE
AIGND	27	61	ACH12
ACH13	26	60	ACH5
ACH6	25	59	AIGND
AIGND	24	58	ACH14
ACH15	23	57	ACH7
DAC0OUT <sup>1</sup>	22	56	AIGND
DAC1OUT <sup>1</sup>	21	55	AOGND
EXTREF <sup>2</sup>	20	54	AOGND
DIO4	19	53	DGND
DGND	18	52	DIO0
DIO1	17	51	DIO5
DIO8	16	50	DGND
DGND	15	49	DIO2
+5 V	14	48	DIO7
DGND	13	47	DIO3
DGND	12	46	SCANCLK
PFI0/TRIG1	11	45	EXTSTROBE*
PFI1/TRIG2	10	44	DGND
DGND	9	43	PFI2/CONVERT*
+5 V	8	42	PFI3/GPCTR1_SOURCE
DGND	7	41	PFI4/GPCTR1_GATE
PFI5/UPDATE*	6	40	GPCTR1_OUT
PFI6/WFTRIG	5	39	DGND
DGND	4	38	PFI7/STARTSCAN
PFI9/GPCTR0_GATE	3	37	PFI8/GPCTR0_SOURCE
GPCTR0_OUT	2	36	DGND
FREQ_OUT	1	35	DGND

Pin-Out της AT-MIO-16E-10

<b>ΟΝΟΜΑ PIN</b>	<b>ΤΥΠΟΣ</b>	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>
AIGND	Γείωση	Ακροδέκτης γείωσης των αναλογικών εισόδων
ACH<0..15>	Είσοδος	Αναλογικές εισοδοι
AISENSE	Είσοδος	Κόμβος αναφοράς όταν μια είσοδος είναι ρυθμισμένη σε mode NRSE
DAC*OUT	Έξοδοι	Αναλογικές έξοδοι
EXTREF	Είσοδος	Ακροδέκτης που συνδέουμε την εξωτερική τάση αναφοράς για

«Μέτρηση Γωνιακής Ταχύτητας Με την βοήθεια του Labview»

		τους DAC
AOGND	Γείωση	Ακροδέκτης γείωσης αναλογικών εξόδων
DGND	Γείωση	Ακροδέκτης γείωσης ψηφιακών εισόδων εξόδων
DIO<0..7>	Είσοδος-έξοδος	Ψηφιακές εισοδοί έξοδοι
+5V	Έξοδος	Βοηθητική τάση εξόδου +5 volt
SCANCLK	Έξοδος	Η έξοδος αυτή δίνει παλμό όταν αρχίσει η διαδικασία μετατροπής A/D
EXTSTROBE*	Έξοδος	Από τον ακροδέκτη αυτόν μπορούμε να πάρουμε παλμό ή μια παλμοσειρά με την οποία να ελέγξουμε μια εξωτερική συσκευή
PFI0/TRIG1	Είσοδος-έξοδος	Όταν ρυθμίσουμε τον ακροδέκτη αυτό σαν είσοδο με την εφαρμογή ενός παλμού ξεκινάμε την διαδικασία λήψης μετρήσεων. Σαν έξοδος μας δίνει ένα παλμό όταν αρχικοποιείται η διαδικασία λήψης μετρήσεων.
PFI2/CONVERT*	Είσοδος-έξοδος	Με τον ακροδέκτη αυτό μπορούμε να ελέγξουμε την διαδικασία μετατροπής από αναλογικό σε ψηφιακό. Σαν έξοδος παίρνουμε από τον ακροδέκτη αυτό τον παλμό που παίρνουν εσωτερικά οι ADC
PFI3/GPCTR1_SOURCE	Είσοδος-έξοδος	Ο ακροδέκτης αυτός δείχνει το πραγματικό σήμα πηγής του απαριθμητή 1
PFI4/GPCTR1_GATE	Είσοδος-έξοδος	Ο ακροδέκτης αυτός δείχνει το πραγματικό σήμα πύλης του

		απαριθμητή 1
GRCTR1_OUT	Έξοδος	Έξοδος του απαριθμητή 1
PFI5/UPDATE*	Είσοδος-έξοδος	Σαν είσοδος με την εφαρμογή ενός παλμού ανανεώνεται η έξοδος των DAC. Σαν έξοδος από τον ακροδέκτη αυτό παίρνουμε τον παλμό Update που εφαρμόζεται στους DAC
PFI6/WFTRIG	Είσοδος-έξοδος	Όταν ο ακροδέκτης αυτός είναι είσοδος με ένα παλμό αρχίζει η διαδικασία παραγωγής κυματομορφών από τους DAC. Όταν είναι έξοδος παίρνουμε από εκεί τον παλμό που εφαρμόζεται στους DAC εσωτερικά.
PFI7/STARTSCAN	Είσοδος-έξοδος	Όταν λειτουργεί σαν είσοδος τότε με την εφαρμογή παλμού μπορούμε να ελέγξουμε την διαδικασία διαβάσματος της τάσης από μια είσοδο. Σαν έξοδο μπορούμε να πάρουμε να πάρουμε ένα παλμό είτε όταν αρχίζει η διαδικασία διαβάσματος είτε όταν τελειώνει.
PFI8/GPCTR0_SOURCE	Είσοδος-έξοδος	Ο ακροδέκτης αυτός δείχνει το πραγματικό σήμα πηγής του απαριθμητή 0
PFI9/GPCTR0_GATE	Είσοδος-έξοδος	Ο ακροδέκτης αυτός δείχνει το πραγματικό σήμα πύλης του απαριθμητή 0
GPCTR0_OUT	Έξοδος	Έξοδος του απαριθμητή 0
FREQ_OUT	Έξοδος	Έξοδος της γεννήτριας συχνοτήτων

**Ονόματα ακροδεκτών και σύντομη περιγραφή αυτών**

### **Τρόποι ρύθμισης της AT-MIO-16E-10 --NI-DAQ SOFTWARE.**

Στην προηγούμενη ενότητα είδαμε την περιγραφή της κάρτας. Τα σήματα εισόδου και εξόδου και πως μπορούμε να συνδέσουμε σε αυτήν πηγές και γενικά εξωτερικές συσκευές. Όπως γίνεται φανερό η κάρτα AT-MIO-16E-10 ρυθμίζεται πλήρως από λογισμικό. Είναι δηλαδή αναγκαίο να γράφουν για την κάρτα οδηγούς (drivers). Οι οδηγοί αυτοί μπορούν να γραφούν σε οποιαδήποτε συμβατική γλώσσα προγραμματισμού, όπως η C. Αυτό βέβαια σημαίνει πολύ κόπο και αρκετά μεγάλη εμπειρία σε προγραμματισμό hardware. Την λύση σε αυτό το πρόβλημα έρχεται να δώσει ένα επιπλέον λογισμικό που παρέχει η National Instruments μαζί με τις κάρτες. Αυτό το λογισμικό ονομάζεται NI-DAQ και προσφέρει εύκολο και γραφικό περιβάλλον στην ρύθμιση των παραμέτρων της κάρτας. Το πακέτο αυτό περιέχει τέσσερις μικρότερες εφαρμογές που η κάθε μια εξυπηρετεί διαφορετικές εργασίες. Οι εφαρμογές αυτές είναι:

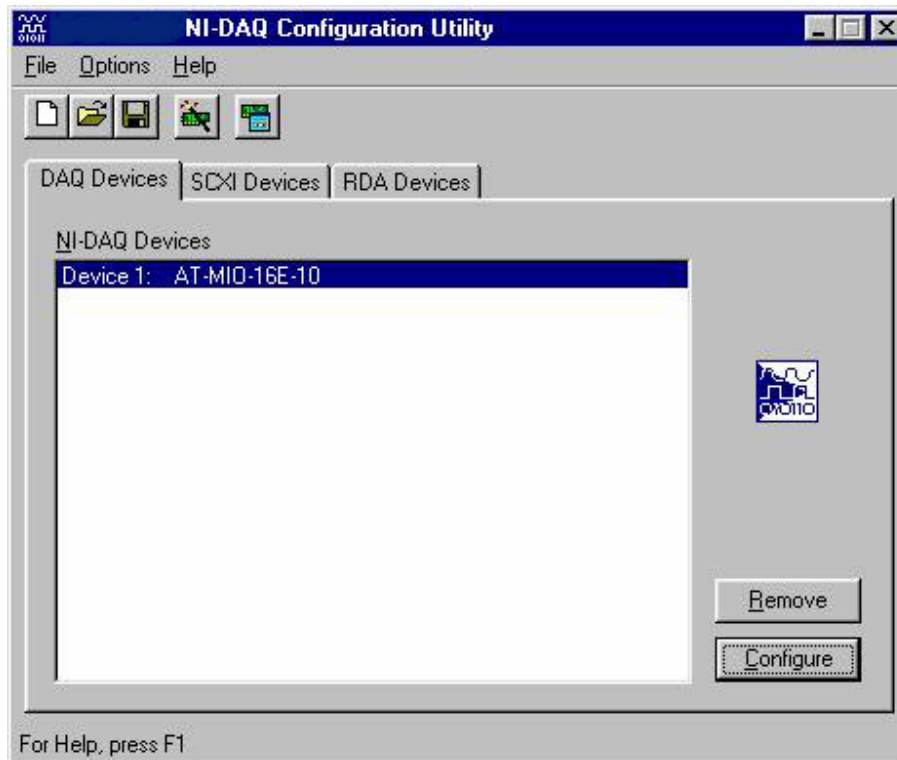
- DAQ Channel Wizard
- NI-DAQ Configuration Utility
- NI-DAQ Test Panels
- Remote Device Access Server

Η πρώτη εφαρμογή είναι ένα πρόγραμμα που οδηγεί βήμα τον χρήστη στην ρύθμιση των αναλογικών και ψηφιακών εισόδων εξόδων. Το NI-DAQ Configuration Utility προσφέρει ρύθμιση της κάρτας αλλά σε χαμηλότερο επίπεδο. Το NI-DAQ Test Panels είναι για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας της κάρτας. Τέλος, η εφαρμογή Remote Device Access Server, είναι για τον έλεγχο και την ρύθμιση καρτών που βρίσκονται σε απομακρυσμένους υπολογιστές μέσω δικτύου. Οι τρεις πρώτες εφαρμογές θα επεξηγηθούν, ενώ η τέταρτη δεν θα αναλυθεί διότι δεν χρησιμοποιήθηκε από την

### **NI-DAQ Configuration Utility.**

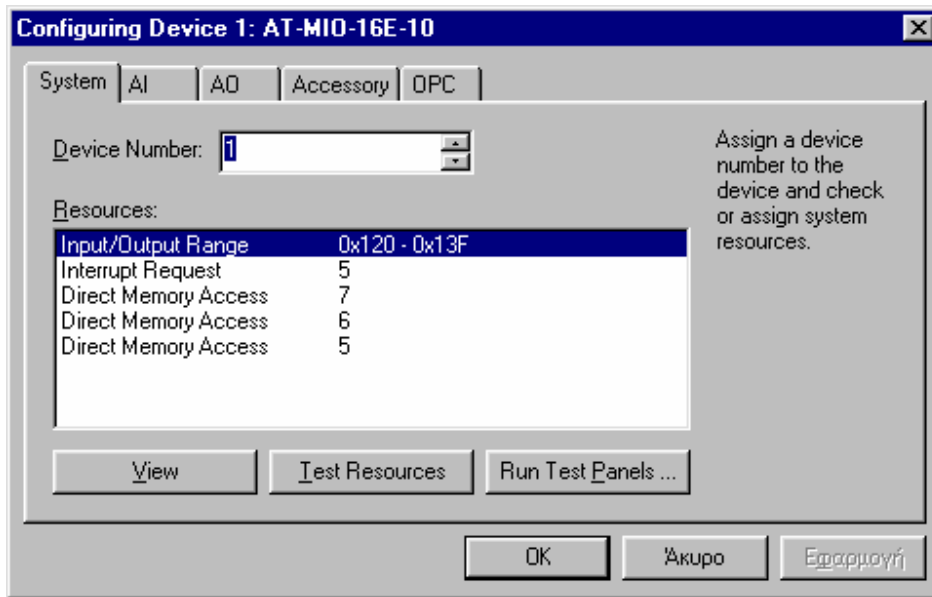
Η εφαρμογή αυτή όπως προαναφέραμε χρησιμοποιείται για την ρύθμιση των χαμηλού επιπέδου παραμέτρων. Ποιο συγκεκριμένα με το πρόγραμμα αυτό μπορούμε να καθορίσουμε το IRQ και το DMA της κάρτας καθώς επίσης και ελέγξουμε αν υπάρχει διένεξη με άλλες συσκευές του υπολογιστή. Ακόμα μπορούμε να ρυθμίσουμε τον τρόπο σύνδεσης των αναλογικών εισόδων, το εύρος και την πολικότητα της τάσης εισόδου. Την πολικότητα της τάσης εξόδου και αν οι DAC θα έχουν εσωτερική ή εξωτερική τάση αναφοράς. Τέλος μπορούμε να καθορίσουμε τις επιπλέον συσκευές που τυχόν υπάρχουν συνδεδεμένες στην κάρτα καθώς και την περίοδο επαναρχικοποίησης της κάρτας.

Στην εικόνα βλέπουμε την πρώτη οθόνη όταν ανοίξουμε το NI-DAQ Configuration Utility, παρατηρούμε ότι υπάρχουν τρεις καρτέλες. Στην πρώτη καρτέλα βλέπουμε τις DAQ κάρτες οι οποίες υπάρχουν και λειτουργούν στον υπολογιστή. Στην δεύτερη καρτέλα υπάρχουν οι συσκευές τύπου SCXI και στην τρίτη οι συσκευές οι οποίες είναι εγκατεστημένες σε απομακρυσμένους υπολογιστές.



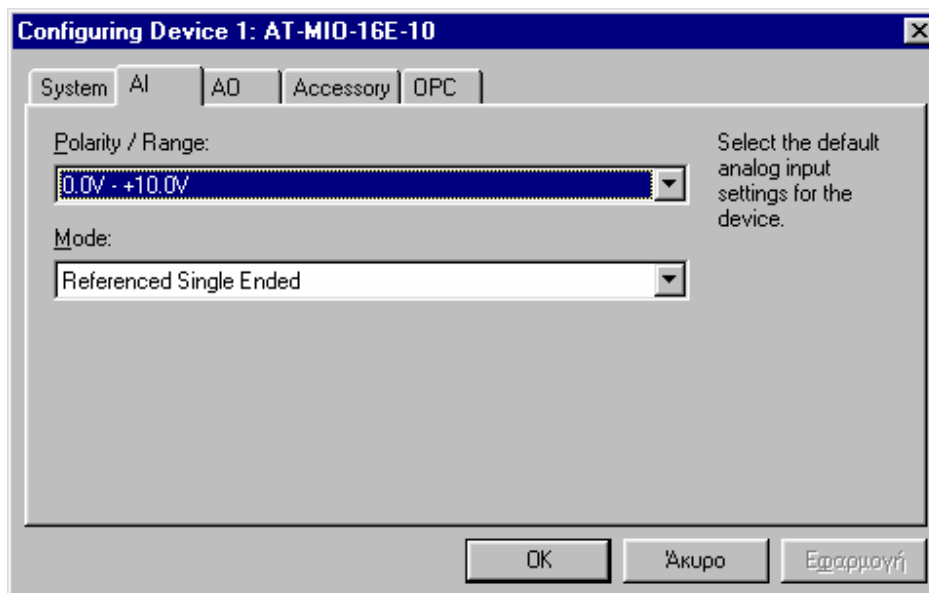
Οθόνη συσκευών τύπου DAQ του NI-DAQ Configuration Utility

Αν κάνουμε κλικ στο κουμπί 'Configure' περνάμε στο επόμενο μενού που όπως βλέπουμε παρακάτω έχει πέντε καρτέλες στην πρώτη όπως παρατηρούμε υπάρχουν οι ρυθμίσεις συστήματος της κάρτας( IRQ, DMA κτλ). Επειδή η κάρτα είναι τοποθέτησης και άμεσης λειτουργίας οι ρυθμίσεις αυτές γίνονται αυτόματα και δεν θα πρέπει να αλλάζονται από μη πεπειραμένους χρηστές



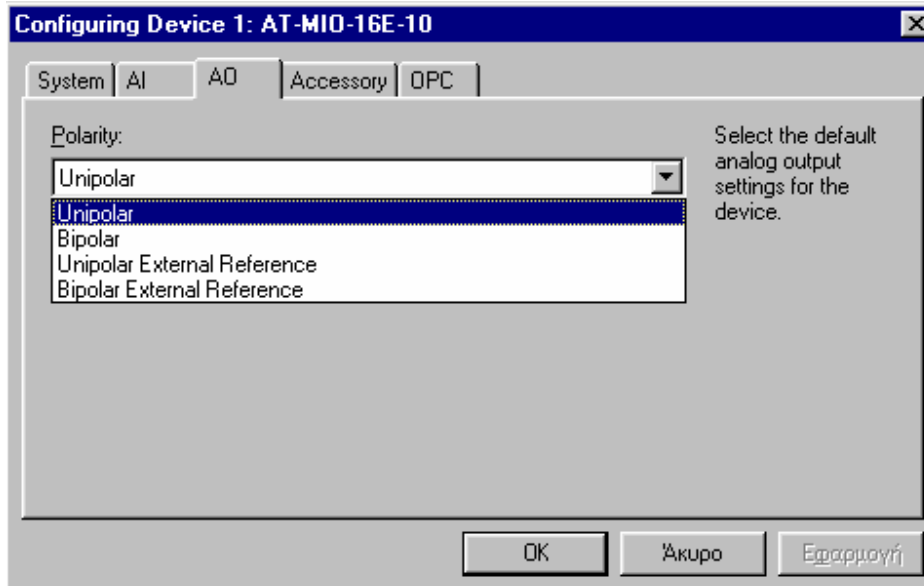
#### Οθόνη ρύθμισης παραμέτρων συστήματος

Στην εικόνα βλέπουμε τις ρυθμίσεις για τις αναλογικές εισόδους. Από το πρώτο μενού μπορούμε να επιλέξουμε την πολικότητα και το εύρος της τάσης εισόδου ενώ από το αμέσως παρακάτω μενού μπορούμε να ρυθμίσουμε τον τρόπο σύνδεσης των σημάτων (RSE, NRSE, DIFF)



#### Οθόνη ρύθμισης αναλογικών εισόδων

Αφού ρυθμίσαμε τις εισόδους προχωράμε στην ρύθμιση των αναλογικών εξόδων στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε ότι μπορούμε να καθορίσουμε αν η έξοδος θα είναι μονοπολική ή διπολική και αν η τάση αναφοράς είναι εσωτερική ή εξωτερική.



#### Οθόνη ρύθμισης αναλογικών εξόδων

Στην καρτέλα Accessory βλέπε εικόνα υπάρχουν οι επιπλέον συσκευές που μπορεί να είναι συνδεδεμένες στην κάρτα ενώ η καρτέλα OPC καθορίζει τον χρόνο αυτόματης επαναρχικοποίησης της κάρτας.

#### DAQ Channel Wizard

Για την πιο λεπτομερή και γρήγορη ρύθμιση των παραμέτρων της κάρτας χρησιμοποιούμε την εφαρμογή DAQ channel wizard , εφαρμογή αυτή είναι ένας οδηγός βήμα προς βήμα που με τον οποίο μπορούμε να καθορίσουμε τα χαρακτηριστικά του κάθε καναλιού της κάρτας. Απλώς, τρέχουμε την εφαρμογή και τα υπόλοιπα είναι μια απλή διαδικασία.

#### NI-DAQ Test Panels

Αφού έχουμε ρυθμίσει την κάρτα σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής, είναι συνετό να ελέγξουμε τις ρυθμίσεις αυτές. Αυτό μπορεί να γίνει είτε γράφοντας μικρές εφαρμογές είτε πολύ πιο εύκολα χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα NI-DAQ Test Panels. Με αυτή την εφαρμογή μπορούμε να ελέγξουμε τις αναλογικές εισόδους και εξόδους τους μετρητές και τις ψηφιακές εισόδους-εξόδους.



## Εισαγωγή στο Labview

Πληροφοριακά μετρητικά συστήματα, όπως το LabView ( Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ), είναι προγραμματιστικά εργαλεία τα οποία βασίζονται στην σύζευξη της πληροφορικής και του hardware για την δημιουργία εικονικών μετρητικών οργάνων. Το τυπικό περιβάλλον εργασίας είναι αντικειμενοστρεφές και βασίζεται στον γραφικό προγραμματισμό ( Graphical Programming ). Έτσι, το LabView είναι μια εφαρμογή ανάπτυξης προγραμμάτων που ενώ μοιάζει αρκετά με τα διάφορα συστήματα ανάπτυξης του εμπορίου ( π.χ. C ή BASIC ), έχει μια σημαντική διαφορά από αυτά : αντί για γλώσσα βασισμένη σε κείμενο ( text – based language ) χρησιμοποιεί γραφική γλώσσα προγραμματισμού ( graphical programming language ), τη G, για να δημιουργήσει προγράμματα σε μορφή μπλοκ διαγραμμάτων. Τα προγράμματα αυτά, ονομάζονται << Εικονικά Όργανα >> ή Virtual Instruments ή VIs. Με αυτά τα χαρακτηριστικά, το LabView προωθεί και επιμένει στην ιδέα του αρθρωτού προγραμματισμού ( modular programming ). Διαιρούμε την εφαρμογή μας σε μια σειρά από επί μέρους λειτουργίες, τις οποίες με την σειρά τους τις διαιρούμε ξανά σε άλλες μικρότερες, μέχρι μια πολύπλοκη εφαρμογή να μετατραπεί σε μια σειρά από απλές υποεφαρμογές. Κατασκευάζουμε ένα VI για κάθε υποεφαρμογή και στη συνέχεια ενώνουμε όλα αυτά τα VIs σε ένα άλλο μπλοκ διάγραμμα, για να επιτύχουμε τον αρχικό σκοπό. Τελικά, έχουμε ένα υψηλού επιπέδου VI, το οποίο περιέχει μια συλλογή από υπό-VIs και τα οποία αντιπροσωπεύουν τις συναρτήσεις της εφαρμογής. Τέλος, το LabView αποτελεί περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών με τη γλώσσα προγραμματισμού G, για :

- Έλεγχο διαδικασιών
- Εφαρμογές μετρήσεων και δοκιμών
- Επιστημονικούς υπολογισμούς
- Δημιουργία ιδεατών οργάνων μετρήσεων και ελέγχου

### Τα Εικονικά Όργανα ( Virtual Instruments ή VIs )

Τα προγράμματα του LabView ονομάζονται *εικονικά όργανα* ( Virtual Instruments - VIs ), διότι η εμφάνιση και η λειτουργία τους μοιάζουν με αυτές των πραγματικών οργάνων. Αποτελούνται από τα εξής συστατικά :

Το αλληλεπιδρούν με το χρήστη τμήμα ενός VI καλείται ( μπροστινός ) πίνακας ελέγχου ( Front Panel ), διότι προσομοιώνει την όψη και τις λειτουργίες ενός φυσικού οργάνου. Το Front Panel είναι δυνατόν να περιέχει κουμπιά, διακόπτες, διαγράμματα, καθώς και άλλα κουμπιά ελέγχου και ενδείκτες. Ο χρήστης εισάγει δεδομένα, με τη βοήθεια του πληκτρολογίου ή του ποντικιού και παρακολουθεί τα αποτελέσματα στην οθόνη του υπολογιστή.

Το VI δέχεται εντολές από ένα μπλοκ διάγραμμα ( Block Diagram ), το οποίο είναι κατασκευασμένο στην γραφική γλώσσα G. Το μπλοκ αυτό διάγραμμα, είναι μια εικονογραφική λύση ενός προγραμματιστικού προβλήματος. Το μπλοκ διάγραμμα είναι επίσης, ο κώδικας πηγής για το εικονικό όργανο - VI.

Τα VIs μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν προγράμματα από μόνα τους ή σαν υποπρογράμματα στο εσωτερικό άλλων προγραμμάτων ή υποπρογραμμάτων. Ένα VI μέσα σε ένα άλλο VI , καλείται υπό - VI ( subVI ).

Συνοψίζοντας, οι κλασσικές γλώσσες προγραμματισμού ( C, Basic ), χρησιμοποιούν συναρτήσεις και υπορουτίνες, για την ανάπτυξη των εφαρμογών τους. Στο περιβάλλον του LabView, οι αντίστοιχες οντότητες, ονομάζονται εικονικά όργανα ( Virtual Instruments ). Πολλαπλά VI μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία εφαρμογών μεγάλης κλίμακας. Αντίστοιχα ένα VI μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για την επικοινωνία με τον χρήστη ή σαν μια υπορουτίνα σε κάποια εφαρμογή.

### **Το περιβάλλον LabView ( παράθυρα – windows, μενού – menus, εργαλεία – tools )**

Όταν το περιβάλλον Εργασίας, στο οποίο εκτελείται το LabView, είναι το περιβάλλον των Windows της Microsoft, τα προγράμματα του LabView παίρνουν την μορφή των προγραμμάτων των Windows δηλαδή, παρουσιάζονται στην οθόνη του Η/Υ σε ένα πλαίσιο, το οποίο ποικίλει σε μέγεθος και είναι το γνωστό μας << παράθυρο >>. Κάθε πρόγραμμα, ανοίγει και τρέχει μέσα από το δικό του παράθυρο. Η οργάνωση - λειτουργία του LabView, στηρίζεται στην χρήση δύο τέτοιων παραθύρων ( Front Panel Window και Block Diagram Window ). Η δομή των παραθύρων στο LabView, μοιάζει πολύ με αυτή των παραθύρων των Windows της Microsoft, χρησιμοποιώντας ένα βασικό σύνολο ελέγχων ( Γραμμή των μενού << Top menus >>, Γραμμή Εργαλείων << Tool Bar >> κ.α. ), στο πάνω μέρος κάθε παραθύρου. Στο δεξιό και κάτω μέρος κάθε παραθύρου υπάρχουν ορθογώνια κύλισης ( scroll boxes ), τα οποία δείχνουν στον χρήστη το ποσοστό των περιεχομένων του παραθύρου που είναι ορατό. Τέλος, στην κορυφή κάθε παραθύρου, υπάρχει μια Γραμμή Τίτλου. << Title Bar >> που εμφανίζει το όνομα του προγράμματος που είναι ανοικτό. Η Γραμμή Τίτλου κάθε παραθύρου, έχει κουμπί Ελαχιστοποίησης, κουμπί Μεγιστοποίησης και κουμπί Κλεισίματος. Η μορφή - δομή των δύο παραθύρων ( Front Panel Window και Block Diagram Window ) στο LabView, θα παρουσιαστεί σε παρακάτω ενότητα. Στην συνέχεια, γίνεται μια πιο λεπτομερής περιγραφή και ανάλυση των δυνατοτήτων που προσφέρει το πρόγραμμα LabView.

## Η οθόνη έναρξης λειτουργίας – εκκίνησης του LabView

Με διπλό πάτημα του ποντικιού στο εικονίδιο του LabView εμφανίζεται, μπροστά από το Γραφείο Εργασίας του χρήστη, η οθόνη έναρξης λειτουργίας - - εκκίνησης του προγράμματος LabView, με την παρακάτω μορφή:



Οθόνη large Dialog

Όπου : **New VI** : Δημιουργία ενός νέου εικονικού οργάνου ( VI )

**Open VI** : Άνοιγμα ενός αποθηκευμένου εικονικού οργάνου ( VI )

**DAQ Solutions** : Υποστηρίζει εφαρμογές ανταλλαγής δεδομένων με τον χρήστη.

**Search Examples** : Άνοιγμα καταλόγου με αποθηκευμένα παραδείγματα εικονικών οργάνων ( VIs ).

**LabVIEW Tutorial** : Υποστηρίζει online παραδόσεις μαθημάτων.

**Exit** : Έξοδος από το LabView.

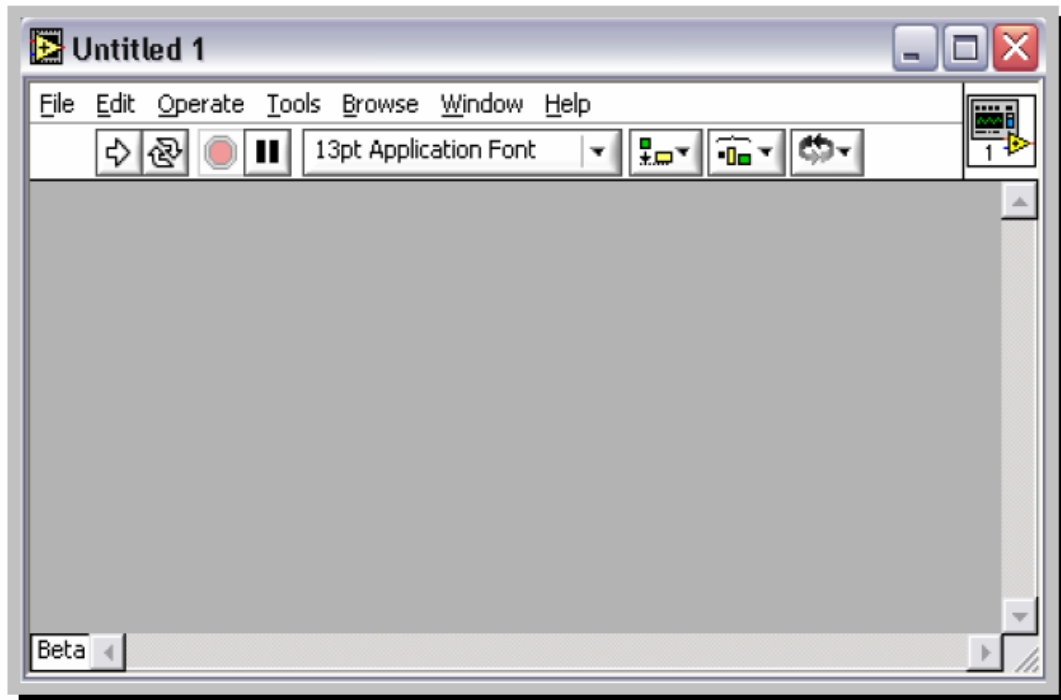
Ενεργοποιώντας το κουμπί Next, στην οθόνη έναρξης " Large Dialog " του προγράμματος LabView, λαμβάνεται μια σειρά από σύντομες αλλά χρήσιμες πληροφορίες - υποδείξεις δυνατοτήτων του προγράμματος. Τέλος, ο διακόπτης στο κάτω μέρος του παραθύρου, δίνει στον χρήστη την δυνατότητα επιλογής οθόνης. Θέτοντας τον διακόπτη στην δεξιά θέση ( Large Dialog ), επιλέγεται αυτόματα οθόνη με πλήρη μενού επιλογών. Θέτοντας τον διακόπτη στην αριστερή θέση ( Small Dialog ), επιλέγεται αυτόματα οθόνη με περιορισμένο - βασικό μενού επιλογών. Στο αμέσως επόμενο σχήμα παρουσιάζεται η μορφή της οθόνης έναρξης " Small Dialog ".



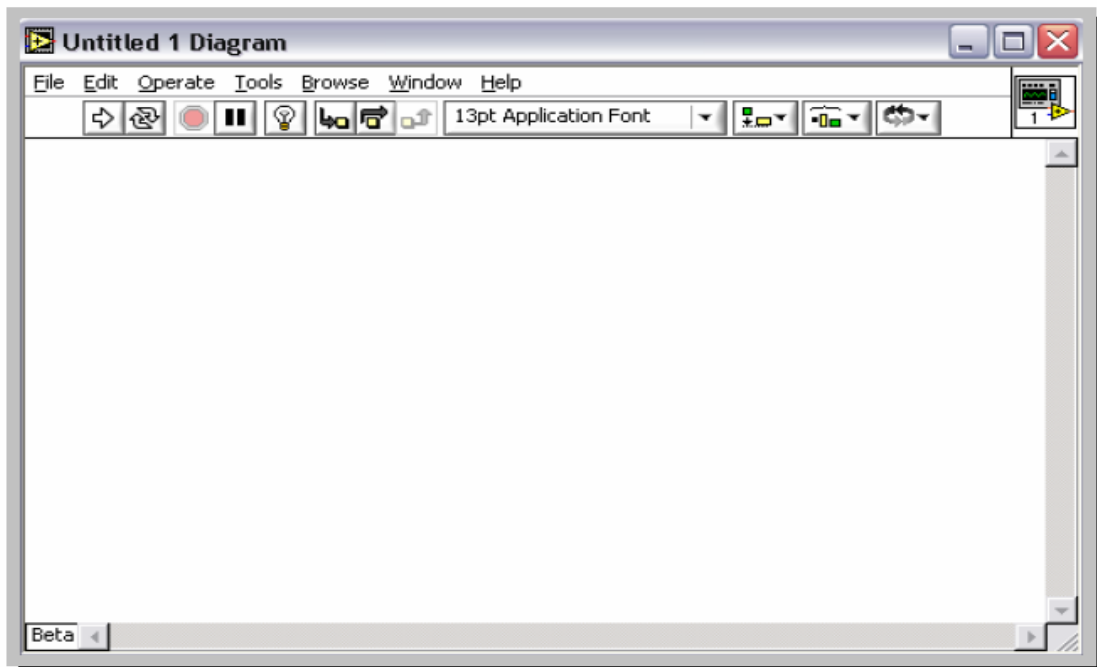
Οθόνη " Small Dialog "

### **Τα δύο Παράθυρα - για έλεγχο και σχεδιασμό ενός VI ( Front Panel Window, Block Diagram Window )**

Επιλέγοντας New VI, από την οθόνη έναρξης λειτουργίας - εκκίνησης του προγράμματος LabView, εμφανίζονται ταυτόχρονα δύο ξεχωριστά παράθυρα ( Front Panel Window, Block Diagram Window ) που θα χρησιμοποιηθούν στην συνέχεια, για την κατασκευή του εικονικού οργάνου ( VI ). Το ένα παράθυρο ( Front Panel Window ), αντιπροσωπεύει τον Πίνακα Ελέγχου του εικονικού οργάνου που θα κατασκευαστεί και το άλλο παράθυρο ( Block Diagram Window ), απεικονίζει το Δομικό Διάγραμμα του εικονικού οργάνου. Η κατασκευή - δημιουργία ενός εικονικού οργάνου αποτελεί σύνθεση πολλών γραφικών αντικειμένων, καθένα από τα οποία εκτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία, με δυνατότητα επιλογής αυτών από τα δύο παραπάνω διαθέσιμα παράθυρα. Η μορφή των δύο παραθύρων, για έλεγχο και σχεδιασμό ενός VI, είναι η αμέσως παρακάτω:



Front Panel Window



Block Diagram Window

### **Front Panel Window ( Front Panel )**

Το Front Panel Window, χρησιμοποιείται για την απεικόνιση στοιχείων τύπου *controls* και *indicators* για τον χρήστη. Μέσω του Front Panel και των στοιχείων *controls* οι χρήστες μπορούν να θέσουν τιμές στις μεταβλητές, να επιλέξουν διαδικασίες και γενικά να ελέγχουν την ροή και τον τρόπο εκτέλεσης του προγράμματος. Μέσω των στοιχείων *indicators* οι χρήστες μπορούν να παρατηρήσουν την μεταβολή των μεταβλητών, τα αποτελέσματα διεργασιών και γενικά όλη την πληροφορία που παράγεται κατά την εκτέλεση του γραφικού κώδικα στο Block Diagram Window.

### **Block Diagram Window ( Block Diagram )**

Στο Block Diagram Window, περιέχεται ο πηγαίος κώδικας για το εικονικό όργανο ( VI ) συνεπώς, μπορούμε να προγραμματίσουμε την συμπεριφορά του εικονικού οργάνου. Κάθε αντικείμενο στο Front Panel, έχει την δική του οντότητα στο Block Diagram και αλληλεπιδρά με το πρόγραμμα που αναπτύσσεται εκεί. Στο Block Diagram έχουμε αντικείμενα τύπου *nodes* και *terminals* για τον χρήστη. Τα *nodes* είναι εκτελέσιμα στοιχεία προγραμματισμού και έχουν λειτουργία ανάλογη με αυτή των ορισμάτων, των υπορουτινών και των συναρτήσεων, σε μια κοινή γλώσσα προγραμματισμού. Υπάρχουν τέσσερις τύποι nodes, οι οποίοι είναι :

- functions
- subVI nodes
- structures
- Code Interface Nodes ( CINs )

Τα *functions*, είναι έτοιμες συναρτήσεις για την εκτέλεση βασικών λειτουργιών όπως : αριθμητικές πράξεις ( πρόσθεση, αφαίρεση κ.α. ), λογικές πράξεις ( And, Or, Not κ.α. ), πράξεις συσχέτισης ( = , > , < , # κ.α. ), είσοδος - έξοδος δεδομένων ( file I/O ), μορφοποίηση και χειρισμός δεδομένων με χρήση στοίβας ( cluster ), πινάκων ( arrays ), απόκτηση και επεξεργασία σειριακών δεδομένων ( strings ), χρήση κάρτας για σειριακή

επικοινωνία, ανάλυση και επεξεργασία σημάτων αναλογικών, ψηφιακών κ.α., απαρίθμηση σημάτων κ.τ.λ.

Τα *subVIs*, είναι εικονικά όργανα τα οποία σχεδιάζουμε και στην συνέχεια μπορούμε να τα ξανακαλέσουμε σε άλλα εικονικά όργανα, ως κομμάτι αυτών.

Τα *structures*, είναι επαναληπτικές διαδικασίες - βρόχοι ( loops ) όπως : For Loop, While Loop, Case κ.α., που χρησιμοποιούνται για έλεγχο ροής του προγράμματος.

Τα *Code Interface Nodes ( CINs )*, είναι ένας τρόπος επικοινωνίας του Block Diagram και κώδικα αναπτυγμένο από τον χρήστη, σε γλώσσα C .

Τέλος, τα *terminals* είναι στοιχεία που ανήκουν στο Front Panel, μέσα από τα οποία τα δεδομένα περνάνε από το Front Panel στο Block Diagram, όταν εκτελείται ο κώδικας στο Block Diagram. Μέσω των control - indicator terminals, ο χρήστης μπορεί να αλλάζει και να ελέγχει τις τιμές των διάφορων παραμέτρων, κατά την εκτέλεση ενός εικονικού οργάνου. Τα control - indicator terminals, δημιουργούνται και διαγράφονται αυτόματα, όταν δημιουργούμε ή διαγράφουμε ένα κουμπί ελέγχου ή απεικόνισης από το Front Panel.

### **Γραμμή Εργαλείων Πίνακα Ελέγχου ( Front Panel Toolbar )**

Τα δύο παράθρα - για έλεγχο και σχεδιασμό ενός VI ( Front Panel Window, Block Diagram Window ), συμπεριλαμβάνουν μια Γραμμή Εργαλείων που αποτελείται από κουμπιά και δείκτες κατάστασης που χρησιμοποιεί ο χρήστης για τον έλεγχο ενός VI. Ανάλογα που δουλεύει ο χρήστης, κάθε φορά, είναι διαθέσιμη και η αντίστοιχη Γραμμή Εργαλείων του συγκεκριμένου παραθύρου. Για παράδειγμα, η Γραμμή Εργαλείων του Front Panel Window, έχει την παρακάτω μορφή:



" Front Panel " Toolbar

Η λειτουργία, για κάθε ένα κουμπί και δείκτη κατάστασης, αναλύεται αμέσως παρακάτω:



Πατώντας το κουμπί Run button εκτελείται το VI . Κατά την διάρκεια εκτέλεσης του VI, το Run button αλλάζει σε ένα μαύρο χρώμα. Παράλληλα εμφανίζεται στην παλέτα το κουμπί Stop button .



Το κουμπί Run button, κατά την διάρκεια εκτέλεσης του VI .



Το κουμπί Stop button, κατά την διάρκεια εκτέλεσης του VI . Με πάτημα του button Stop, σταματάει η διαδικασία εκτέλεσης .



Το κουμπί Run button, όταν το VI δεν είναι εκτελέσιμο, λόγω λαθών κατά τον σχεδιασμό του



Το κουμπί Pause / Continue button, σταματάει προσωρινά την εκτέλεση του VI και την συνεχίζει, από εκείνο το σημείο που είχε σταματήσει .





Το κουμπί Pause / Continue button, σταματάει προσωρινά την εκτέλεση του VI και την συνεχίζει, από εκείνο το σημείο που είχε σταματήσει



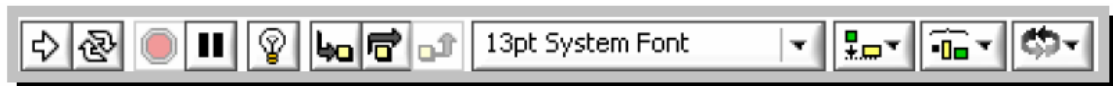
Εμπεριέχεται πτυσσόμενος κατάλογος με επιλογή γραμματοσειράς, χρωμάτων κ.α.

Τέλος, τα τρία τελευταία κουμπιά χρησιμοποιούνται για την στοίχιση των αντικειμένων που εισάγουμε.



### Γραμμή Εργαλείων Δομικού Διαγράμματος ( Block Diagram Toolbar )

Η Γραμμή Εργαλείων του Block Diagram Window, έχει μορφή ανάλογη με αυτή του Front Panel Window και είναι η παρακάτω:



" Block Diagram " Toolbar

Η λειτουργία των κουμπιών που περιγράφηκε παραπάνω είναι η ίδια και εδώ, με την διαφορά ότι εδώ η παλέτα περιέχει ακόμα τέσσερα κουμπιά, τα οποία δεν είναι διαθέσιμα στο Front Panel Window και χρησιμοποιούνται για το debugging μιας εφαρμογής. Αυτά είναι:



Το κουμπί Execution Highlighting button, δείχνει την ροή των δεδομένων μέσα από το Block Diagram .



Το κουμπί Step Into button, εισάγει τον χρήστη σε ένα loop, subVI, κ.ο.κ.



Το κουμπί Step Out button, βγάζει τον χρήστη από ένα loop, subVI, κ.ο.κ.



Το κουμπί Step Over button, δείχνει στον χρήστη ποιος κόμβος είναι έτοιμος για να εκτελεστεί

### **Οι Παλέτες Εργασίας στο LabView**

Το LabView, περιέχει γραφικές παλέτες εργασίας σε μορφή menu, με σκοπό την περαιτέρω βοήθεια στη δημιουργία και εκτέλεση των εικονικών οργάνων ( VIs ). Οι τρεις διαθέσιμες παλέτες εργασίας , είναι :

- Tools Palette
- Controls Palette
- Functions Palette

### **Παλέτα Εργαλείων - Tools Palette**

Η παλέτα αυτή περιέχει εργαλεία που είναι κατάλληλα για την δημιουργία και εκτέλεση των εικονικών οργάνων. Εάν η παλέτα δεν είναι ορατή, τότε για την εμφάνιση της, επιλέγουμε *Show Tools Palette* από το Window menu. Μετά την επιλογή ενός

εργαλείου από αυτή την παλέτα, ο κέρσορας παίρνει την μορφή του επιλεγμένου εργαλείου. Η παλέτα εργαλείων ( Tools Palette ) παρουσιάζεται στο αμέσως παρακάτω σχήμα , ακολουθούμενη από την λειτουργικότητα των επιμέρους εργαλείων που την συνθέτουν. Tools Palette



Tools Palette

	<p><b>Operating Tool</b> : Για να χειριστούμε κουμπιά ελέγχου και απεικόνισης στο Front Panel.</p>
	<p><b>Positioning Tool</b> : Για να επιλέξουμε, μετακινήσουμε ή να αλλάξουμε το μέγεθος, ενός αντικειμένου.</p>
	<p><b>Labeling Tool</b> : Για να εισάγουμε κείμενο σε ετικέτες ( Labels ) αντικειμένων.</p>
	<p><b>Wiring Tool</b> : Για διασύνδεση αντικειμένων στο Block Diagram.</p>
	<p><b>Menu Tool</b> : Για να εκτελούμε διαδικασία Pop-up πάνω σε ένα menu ενός οργάνου, κάνοντας αριστερό click.</p>
	<p><b>Scrolling Tool</b> : Για την μετακίνηση μέσα στο παράθυρο, χωρίς να χρησιμοποιούμε τα scroll bars των Windows.</p>
	<p><b>Breakpoint Tool</b> : Για να εισάγουμε breakpoints μέσα στην διαδικασία εκτέλεσης, ενός εικονικού οργάνου.</p>
	<p><b>Probe Tool</b> : Για να εισάγουμε probes σε καλώδια στο δομικό διάγραμμα και να βλέπουμε την τιμή των μεταβλητών που μεταφέρουν.</p>
	<p><b>Color Copy Tool</b> : Για να αντιγράψουμε ένα χρώμα με σκοπό την εφαρμογή του από το Color Tool.</p>
	<p><b>Color Tool</b> : Για να βάψουμε ένα αντικείμενο, είτε στην εμπροσθεν ή οπίσθια όψη.</p>






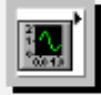



Τοποθετώντας οποιοδήποτε επιλεγμένο εργαλείο πάνω από ένα subVI ή συνάρτηση, εμφανίζονται στο παράθυρο βοήθειας, πληροφορίες σχετικές με το subVI ή την συνάρτηση. Για αυτή την λειτουργία, θα πρέπει να έχει προεπιλεγεί η εμφάνιση του παραθύρου βοήθειας, επιλέγοντας *Show Context Help* από το Help menu.







### Controls Palette

Μέσω της παλέτας αυτής, μπορούμε να εισάγουμε κουμπιά ελέγχου και απεικόνιση στο Front Panel. Κάθε επιλογή σε αυτή την παλέτα, εμπεριέχει ένα menu επιλογών με επιπλέον κουμπιά ελέγχου και απεικόνισης, σχετικά με την προηγούμενη επιλογή. Σε περίπτωση που η παλέτα δεν είναι εμφανής, μπορούμε να την ανοίξουμε, επιλέγοντας *Show Controls Palette* από το Window menu. Επιπλέον, μπορούμε να ανοίξουμε την Controls Palette, κάνοντας δεξί click με το ποντίκι, πάνω σε μια άδεια περιοχή του Front Panel. Προσοχή θα πρέπει να δώσουμε στο γεγονός ότι, η παλέτα αυτή είναι ενεργή μόνο όταν βρισκόμαστε στο Front Panel. Η παλέτα Controls Palette παρουσιάζεται στο αμέσως παρακάτω σχήμα, ακολουθούμενη από την λειτουργικότητα των επιμέρους εργαλείων που την συνθέτουν.



Controls Palette

	<p><b>Numeric subpalette</b> : Περιέχει κουμπιά ελέγχου και απεικόνιση για αριθμητικά δεδομένα.</p>
	<p><b>Boolean subpalette</b> : Περιέχει κουμπιά ελέγχου και απεικόνιση για Boolean δεδομένα.</p>
	<p><b>String &amp; Path subpalette</b> : Περιέχει κουμπιά ελέγχου και απεικόνιση για ASCII προτάσεις και πίνακες με χαρακτήρες.</p>
	<p><b>Array &amp; Cluster subpalette</b> : Περιέχει λειτουργίες σχετικές με την δημιουργία πινάκων και δομών δεδομένων.</p>
	<p><b>List &amp; Table subpalette</b> : Περιέχει κουμπιά ελέγχου και απεικόνιση για την δημιουργία menu και πινάκων επιλογής.</p>
	<p><b>Graph subpalette</b> : Περιέχει εργαλεία απεικόνιση γραφημάτων ή δεδομένων πραγματικού χρόνου.</p>
	<p><b>Ring &amp; Enum subpalette</b> : Περιέχει εργαλεία για την δημιουργία διατάξεων επιλογής διαδικασιών μέσω menu.</p>
	<p><b>I/O subpalette</b> : Περιέχει λειτουργίες για την επικοινωνία με συσκευές.</p>
	<p><b>Refnum subpalette</b> : Περιέχει λειτουργίες σχετικές με τον ορισμό του path των αρχείων.</p>

	<b>Dialog Controls subpalette</b> : Απεικονίζει ένα κουτί διαλόγου με την εφαρμογή.
	<b>Classic Controls subpalette</b> : Περιέχει κουμπιά ελέγχου και απεικόνιση, που είχαν οι προηγούμενες εκδόσεις του LabView.
	<b>ActiveX subpalette</b> : Περιέχει σχετικές λειτουργίες για την εκτέλεση του ActiveX μηχανισμού.
	<b>Decorations subpalette</b> : Περιέχει γραφικά αντικείμενα για την προσαρμογή και διακόσμηση του Front Panel.
	<b>Select a Control subpalette</b> : Περιέχει κουμπιά ελέγχου και απεικόνιση, κατασκευασμένα από τον χρήστη.
	<b>User Controls subpalette</b> : Περιέχει ειδικά κουμπιά ελέγχου, που μπορεί να δημιουργήσει ο χρήστης.










## Functions Palette




Μέσω της παλέτας αυτής, μπορούμε να εισάγουμε συναρτήσεις ( functions ) στο Block Diagram, για την εκτέλεση βασικών λειτουργιών. Κάθε επιλογή σε αυτή την παλέτα, εμπεριέχει ένα menu επιλογών με επιπλέον επιλογές, σχετικές με την προηγούμενη επιλογή. Σε περίπτωση που η παλέτα δεν είναι εμφανής, μπορούμε να την ανοίξουμε, επιλέγοντας *Show Functions Palette* από το Window menu. Επιπλέον, μπορούμε να ανοίξουμε την Functions Palette, κάνοντας δεξί click με το ποντίκι, πάνω σε μια άδεια περιοχή του Block Diagram. Προσοχή θα πρέπει να δώσουμε στο γεγονός ότι, η παλέτα αυτή είναι ενεργή μόνο όταν βρισκόμαστε στο Block Diagram. Η παλέτα Functions Palette παρουσιάζεται στο αμέσως παρακάτω σχήμα, ακολουθούμενη από την λειτουργικότητα των επιμέρους εργαλείων που την συνθέτουν.










Functions Palette



	<p><b>Numeric subpalette</b> : Περιέχει διάφορων ειδών μαθηματικές συναρτήσεις, όπως : τριγωνομετρικές, εκθετικές, λογαριθμικές, μιγαδικές κ.α.</p>
	<p><b>Boolean subpalette</b> : Περιέχει λογικές συναρτήσεις, συναρτήσεις Boolean.</p>
	<p><b>String subpalette</b> : Περιέχει συναρτήσεις, για την επεξεργασία προτάσεων από χαρακτήρες .</p>
	<p><b>Array subpalette</b> : Περιέχει συναρτήσεις, για την επεξεργασία πινάκων.</p>
	<p><b>Cluster subpalette</b> : Περιέχει συναρτήσεις, για την επεξεργασία συμπλεγμάτων ( clusters ).</p>
	<p><b>Comparison subpalette</b> : Περιέχει συναρτήσεις, για την σύγκριση αριθμών, λογικών μεταβλητών και προτάσεων από χαρακτήρες .</p>
	<p><b>Time &amp; Dialog subpalette</b> : Περιέχει συναρτήσεις, για την δημιουργία παραθύρων διαλόγου, χρονισμού και χειρισμού λαθών.</p>
	<p><b>File I/O subpalette</b> : Περιέχει συναρτήσεις και εικονικά όργανα, για την εκτέλεση I/O λειτουργιών.</p>
	<p><b>Data Acquisition subpalette</b> : Περιέχει εικονικά όργανα, για την σύνδεση με κάρτες συλλογής δεδομένων.</p>

	<p><b>Waveform subpalette</b> : Περιέχει συναρτήσεις, για την επεξεργασία και χρησιμοποίηση κυματομορφών.</p>
	<p><b>Analyze subpalette</b> : Περιέχει συναρτήσεις, για την ανάλυση των δεδομένων.</p>
	<p><b>Instrument I/O subpalette</b> : Περιέχει εικονικά όργανα, για τον έλεγχο GPIB, Serial και VISA οργάνων.</p>
	<p><b>Motion &amp; Vision subpalette</b> : Περιέχει συναρτήσεις, για ψηφιακή επεξεργασία εικόνας.</p>
	<p><b>Mathematics subpalette</b> : Περιέχει πιο προηγμένες μαθηματικές συναρτήσεις, για την εκτέλεση μαθηματικών υπολογισμών με πίνακες και δεδομένα.</p>
	<p><b>Communication subpalette</b> : Περιέχει εικονικά όργανα, για λειτουργίες TCP, DDE, Apple Events και OLE.</p>
	<p><b>Application Control subpalette</b> : Περιέχει εικονικά όργανα, κατάλληλα για την εκτέλεση και έλεγχο εικονικών οργάνων, σε άλλους υπολογιστές.</p>
	<p><b>Graphics &amp; Sound subpalette</b> : Περιέχει συναρτήσεις εισαγωγής και επεξεργασίας εικόνων και μουσικής .</p>
	<p><b>Tutorial subpalette</b> : Περιέχει εικονικά όργανα που παρουσιάζονται στα εγχειρίδια χρήσεως του LabView.</p>

	<p><b>Report Generation subpalette</b> : Περιέχει εικονικά όργανα, για την γρήγορη &amp; εύκολη δημιουργία αναφορών για εφαρμογές που έχουν σχεδιαστεί στο LabView.</p>
	<p><b>Advanced subpalette</b> : Περιέχει προηγμένες συναρτήσεις για το κάλεσμα προγραμμάτων, γραμμένων σε C, Dlls και επεξεργασία δεδομένων.</p>
	<p><b>Select a VI subpalette</b> : Εισαγωγή ενός έτοιμου εικονικού οργάνου, στην επιφάνεια εργασίας του LabView.</p>
	<p><b>User Libraries subpalette</b> : Περιέχει μια λίστα από εικονικά όργανα, που έχουν σχεδιαστεί από τον χρήστη.</p>
	<p><b>Fuzzy Logic subpalette</b> : Περιέχει εικονικά όργανα, για έλεγχο παραμέτρων σε ασαφή συστήματα.</p>
	<p><b>PID subpalette</b> : Περιέχει εικονικά όργανα, για έλεγχο απόδοσης συστημάτων με PID ελεγκτές, Lead -Lag κ.α.</p>
	<p><b>Point By Point subpalette</b> : Περιέχει εικονικά όργανα, για επεξεργασία -ανάλυση σήματος σημείο προς σημείο.</p>

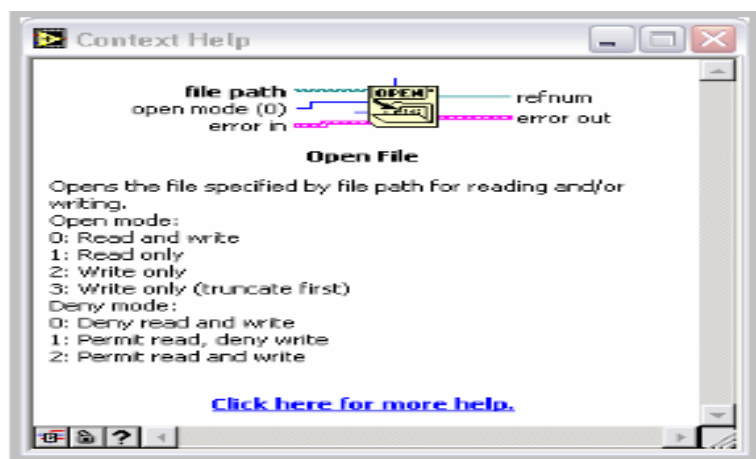
## Χρήση Βοήθειας στο LabView

Οι δύο επιλογές χρήσης βοήθειας, που χρησιμοποιούνται πιο συχνά, κατά την διάρκεια του προγραμματισμού μας στο LabView, είναι οι παρακάτω :

- Το Παράθυρο Βοήθειας
- Online Βοήθεια

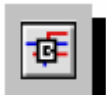
## Χρήση Παραθύρου Βοήθειας στο LabView

Η λειτουργία αυτή ενεργοποιείται από το Help menu, επιλέγοντας *Show Context Help*. Η δυνατότητα χρήσης της λειτουργίας αυτής, είναι κοινή για όποιο από τα δύο παράθυρα ( Block Diagram Window ή Front Panel Window ) και αν εργάζεται ο χρήστης . Η ενεργοποίηση της λειτουργίας αυτής, εμφανίζει ένα παράθυρο που εμπεριέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες, για τον τρόπο διασύνδεσης του εικονικού οργάνου. Έτσι, αφήνοντας οποιοδήποτε από τα εργαλεία της παλέτας εργαλείων ( Tools Palette ) ακίνητο πάνω στο συγκεκριμένο εικονικό όργανο ( VI ), για το οποίο ενδιαφέρομαι να πάρω πληροφορίες, το παράθυρο με τις οδηγίες θα απεικονίσει τις σχετικές με αυτό το όργανο πληροφορίες. Ένα τυπικό παράθυρο βοήθειας, απεικονίζεται στο αμέσως παρακάτω σχήμα ( Εικ.24 ). Η χρήση του είναι αναγκαία, με σκοπό την εύκολη και επιτυχή διασύνδεση. Γι' αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιείται σχεδόν πάντα αυτή η δυνατότητα, ειδικά από τους αρχάριους χρήστες.



Τυπικό Παράθυρο Βοήθειας - Simple Context Help

Το παραπάνω παράθυρο βοήθειας, κλήθηκε να εμφανιστεί από το Help menu στο Block Diagram, επιλέγοντας Show Context Help και αφήνοντας το mouse pointer ακίνητο πάνω από την συνάρτηση Open File, που εμπεριέχεται στην παλέτα Functions Palette στην επιλογή File I/O απ' όπου επιλέγουμε Advanced File Functions και στο τέλος Open File. Η γραμμή κατάστασης που βρίσκεται στο κάτω μέρος του παραθύρου, αποτελείται από τρία κουμπιά, των οποίων η λειτουργία αναλύεται παρακάτω:



Το κουμπί Simple / Detailed Context Help, δίνει δυνατότητα επιλογής μεταξύ ενός τυπικού παραθύρου βοήθειας και ενός πιο σύνθετου παραθύρου.

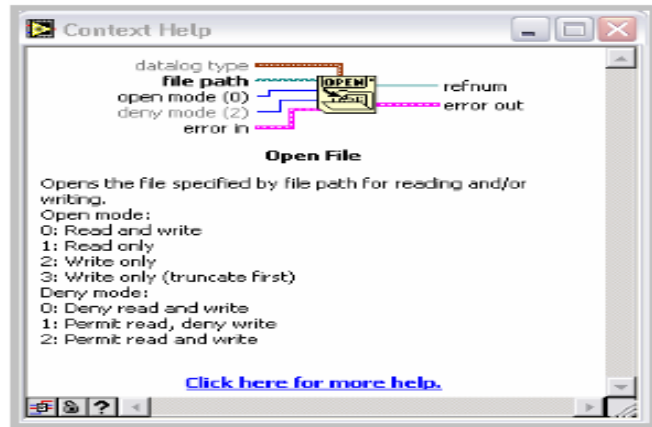


Το κουμπί Lock Help, κλειδώνει και ξεκλειδώνει το υπάρχον περιεχόμενο στο παράθυρο βοήθειας.



Το κουμπί Online Help, υποστηρίζει online πληροφορίες όσο αναφορά το αντικείμενο της επιλογής μας.

Το τυπικό παράθυρο βοήθειας ( Simple Context Help ) εμφανίζει μόνο τις σημαντικές διασυνδέσεις, ενώ το σύνθετο παράθυρο βοήθειας ( Detailed Context Help ) εμφανίζει πληροφορίες για όλες τις υπάρχουσες διασυνδέσεις. Ένα σύνθετο παράθυρο βοήθειας, απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα



Σύνθετο Παράθυρο Βοήθειας - Detailed Context Help

Στην συνέχεια αναφερόμαστε, στην δεύτερη επιλογή χρήσης βοήθειας δηλαδή, στην Online Βοήθεια.

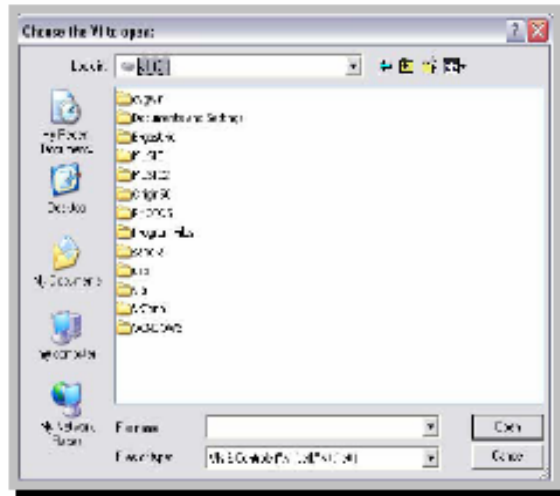
### **Online Βοήθεια στο LabView**

Η Online Βοήθεια, παρέχει Online πληροφορίες για τα περισσότερα αντικείμενα στο Block Diagram. Η λειτουργία αυτή ενεργοποιείται, κάνοντας κλικ πάνω στο κουμπί Online Help, που βρίσκεται στην γραμμή κατάστασης του παραθύρου βοήθειας ή επιλέγοντας *Contents and Index* από το Help menu.

### **Αρχειοθέτηση στο LabView**

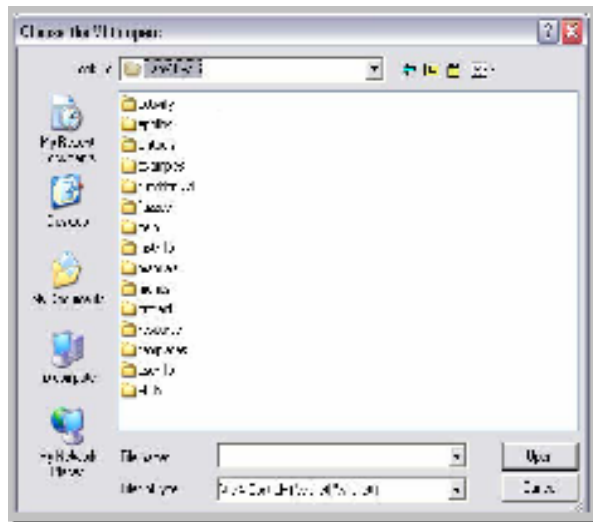
Για να φορτώσουμε ένα υπάρχον εικονικό όργανο - VI στην μνήμη, μπορούμε να ενεργοποιήσουμε την επιλογή *Open* από το File menu. Στην συνέχεια ψάχνουμε στον σκληρό δίσκο στον οποίο και έχουμε εγκαταστήσει το πρόγραμμα National Instruments LabView, όπως φαίνεται παρακάτω:

«Μέτρηση Γωνιακής Ταχύτητας Με την βοήθεια του Labview»



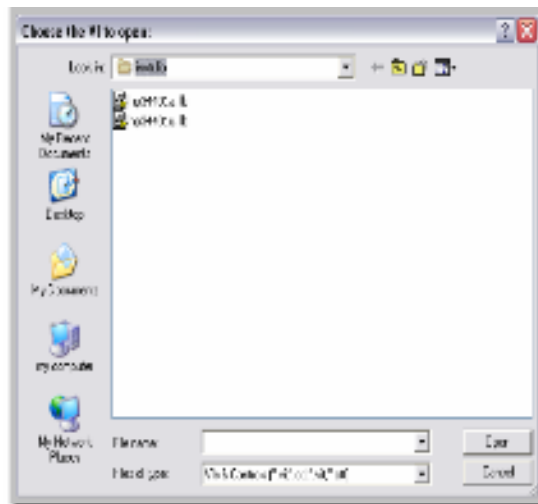
Αρχικό Παράθυρο " Choose the VI to open "

Κατόπιν, φτάνουμε στο τελικό παράθυρο, απ' όπου μπορούμε να ανοίξουμε ένα υπάρχον VI, ακολουθώντας την σειρά επιλογών : *Program Files, National Instruments, LabView*. Το παράθυρο αυτό με όνομα : *Choose the VI to open*, φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



Τελικό Παράθυρο " Choose the VI to open "

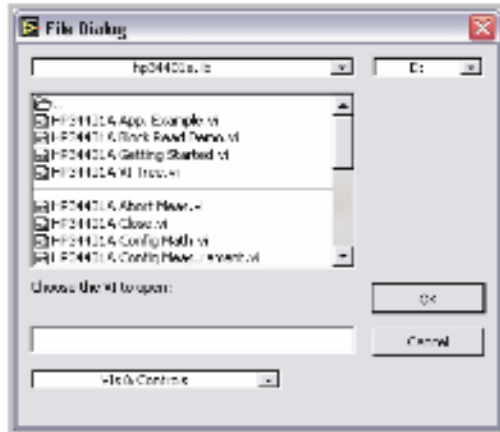
Παρατηρούμε ότι στο τελικό παράθυρο " Choose the VI to open ", εμφανίζονται πολλά αρχεία και με διαφορετικές καταλήξεις. Ένα αρχείο με κατάληξη filename.vi αντιστοιχεί σε όνομα αρχείου με αποθηκευμένο ένα μόνο VI, ενώ ένα αρχείο με κατάληξη filename.lib αντιστοιχεί σε όνομα αρχείου βιβλιοθήκης που είναι αποθηκευμένα πολλά VIs. Κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι πάνω στο αρχείο της επιλογής μας, μπορούμε να ανοίξουμε το αρχείο αυτό. Σε ένα αρχείο βιβλιοθήκης με κατάληξη filename.lib, μπορεί να υπάρχουν και άλλα αρχεία βιβλιοθήκης με κατάληξη filename.lib. Για παράδειγμα, στο αρχείο βιβλιοθήκης instr.lib, υπάρχουν και άλλα δύο αρχεία βιβλιοθηκών με κατάληψη .lib, όπως παρουσιάζεται αμέσως παρακάτω. Έτσι, κάνοντας διπλό κλικ στο αρχείο βιβλιοθήκης instr.lib, παρουσιάζονται τα άλλα δύο αρχεία βιβλιοθήκης με κατάληψη .lib, όπως φαίνεται παρακάτω:



Παράθυρο βιβλιοθήκης ".lib "

Κάθε ένα από τα δύο παραπάνω αρχεία βιβλιοθηκών, περιλαμβάνει ένα πλήθος από αρχεία με κατάληψη .vi, καθένα από τα οποία αναπαριστά ένα εικονικό όργανο - VI . Για παράδειγμα, κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι πάνω στο αρχείο βιβλιοθήκης με όνομα : hr34401a.lib, εμφανίζεται το αμέσως παρακάτω παράθυρο, με τα εικονικά όργανα που το αποτελούν. Για να ανοίξουμε ένα αρχείο – εικονικό όργανο με κατάληξη .vi, αρκεί πάλι να κάνουμε διπλό κλικ με το ποντίκι πάνω στο εικονικό όργανο της επιλογής μας . Ένας άλλος τρόπος για να ανοίξουμε ένα αρχείο – εικονικό όργανο με κατάληξη .vi, είναι να κάνουμε κλικ πάνω στο αρχείο – εικονικό όργανο που μας ενδιαφέρει και στην συνέχεια αφού αυτό επιλεγεί, να πατήσουμε OK, οπότε θα εμφανιστεί η βιβλιοθήκη μαζί με τα αρχεία – εικονικά όργανα που την συγκροτούν.





Παράθυρο βιβλιοθήκης ".1b "

Οι βιβλιοθήκες, είναι χρήσιμες για την οργάνωση πολλαπλών συσχετιζόμενων VIs. Όταν καλούμε κάποιο VI, που περιέχει και κάποια άλλα sub - VIs, το πρόγραμμα προσπαθεί να τα εντοπίσει γρήγορα. Η χρήση βιβλιοθήκης, απλοποιεί την όλη διαδικασία, τοποθετώντας όλα τα σχετικά VIs κάτω από το ίδιο directory. Στην περίπτωση που θέλουμε να δημιουργήσουμε μία βιβλιοθήκη με VIs, θα πρέπει να επιλέξουμε *Save with Options*, από το File menu.

### Σειριακή Επικοινωνία

Η δημιουργία σειριακής επικοινωνίας θα έλεγε κανείς, ότι είναι μία απλή διαδικασία για κάποιον που προγραμματίζει σε περιβάλλον LabVIEW. Αυτό γιατί, υπάρχουν μόνο έξι σειριακά VIs στην παλέτα σειριακής επικοινωνίας ( Serial Palette ) με σκοπό την ολοκλήρωση της. Αφετέρου, η σειριακή επικοινωνία συναντάει δυσκολίες στον τρόπο διεξαγωγής της. Σύνθετα και δυσνόητα στον προγραμματισμό τους πρωτόκολλα επικοινωνίας, ελλιπή προγραμματιστικά δεδομένα και συγκριτικά χαμηλές ταχύτητες κατά την μεταφορά των δεδομένων, είναι κάποια από τα προβλήματα που συναντά ο χρήστης κατά την διεξαγωγή της σειριακής επικοινωνίας

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, η παλέτα που υποστηρίζει τις λειτουργίες, για την επίτευξη σειριακής επικοινωνίας, είναι η Serial Palette. Μέσω της παλέτας αυτής, μπορούμε να εισάγουμε εικονικά όργανα ( VIs ) στο Block Diagram, για την εκτέλεση βασικών σειριακών λειτουργιών. Μπορούμε να ανοίξουμε την Serial Palette, επιλέγοντας *Instrument I/O* από την Functions Palette και στην συνέχεια επιλέγοντας *Serial*. Έτσι μπαίνουμε στο menu επιλογών, για σειριακή επικοινωνία, απ' όπου μπορούμε να επιλέξουμε ένα από τα παρακάτω εικονικά όργανα που υποστηρίζουν τις λειτουργίες της. Στην συνέχεια, θα γίνει μία συνοπτική περιγραφή των εικονικών οργάνων που

χρησιμοποιεί η σειριακή πόρτα ( serial port VIs ), που σκοπό έχουν την εκτέλεση βασικών διεργασιών για να επιτευχθεί σειριακή επικοινωνία, με την επιθυμητή συσκευή.

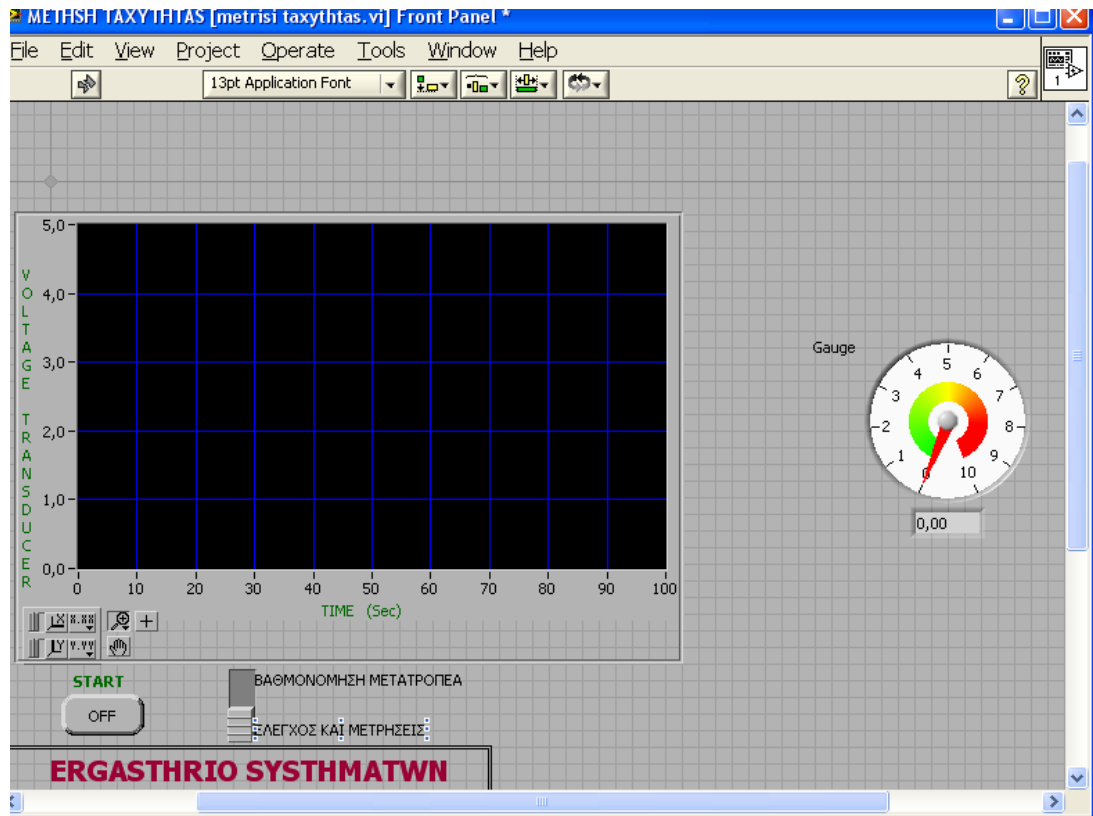


Serial Palette

Βασική προϋπόθεση, για την δημιουργία σειριακής επικοινωνίας, είναι να τηρείται αυστηρά η συμβατότητα. Αυτή επιτυγχάνεται μόνο όταν η διαμόρφωση των παραμέτρων της σειριακής πόρτας της συσκευής, ταιριάζει απόλυτα με αυτή που θα χρησιμοποιήσει ο χρήστης για να επικοινωνήσει. Μπορούμε να πάρουμε ή να περάσουμε δεδομένα στην σειριακή πόρτα, αλλά όχι στον ίδιο χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να ορίσει από μόνος του ο χρήστης έναν επιθυμητό χρόνο καθυστέρησης εξόδου των δεδομένων, ώστε να βεβαιωθεί ότι θα φτάσουν όλα τα δεδομένα από την συσκευή σε αυτόν, με ασφαλή τρόπο. Διαφορετικά, θα υπάρξουν απρόβλεπτα αποτελέσματα. Ένα χρήσιμο παράδειγμα εικονικού οργάνου, με χρήση της ιδιότητας αυτής ( καθυστέρηση ως προς τον χρόνο εξόδου των δεδομένων ) βρίσκεται, επιλέγοντας *Search Examples* από την οθόνη έναρξης του LabView και στην συνέχεια *I/O Interfaces Examples\Serial Communication Examples\ Serial Read with Timeout.vi*. Το εικονικό αυτό όργανο εκτελεί τις ίδιες λειτουργίες με το εικονικό όργανο VISA Read, με την μόνη διαφορά ότι αφήνει στον χρήστη να ορίσει ένα χρόνο εξόδου για τα δεδομένα, στην περίπτωση που η σειριακή συσκευή δεν ανταποκρίνεται. Όταν το πρόγραμμα καλέσει σε λειτουργία κάποιο από τα εικονικά όργανα σειριακής επικοινωνίας, δεσμεύεται η αντίστοιχη σειριακή πόρτα έως ότου να βγούμε από το πρόγραμμα. Αυτό σημαίνει ότι, η συγκεκριμένη σειριακή πόρτα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από καμιά άλλη εφαρμογή, έως ότου να κλείσει.

## Πρόγραμμα

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το front panel της εφαρμογής. Βλέπουμε το κουμπί έναρξης του προγράμματος. Ένα διάγραμμα XY με την τάση του αισθητήριου συναρτήσει του χρόνου. Δεξιά του διαγράμματος υπάρχει μια εικονική δεξαμενή η οποία δείχνει την στάθμη της δεξαμενής. Τέλος υπάρχει και ένας διακόπτης από τον οποίο επιλέγουμε την διαδικασία που θα εκτελέσουμε (Βαθμονόμηση μετατροπέα ή έλεγχο και μετρήσεις).

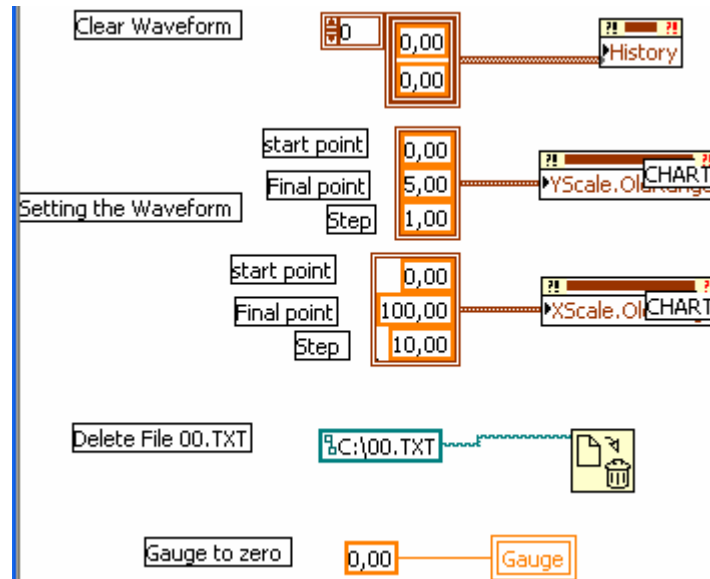


Κεντρική οθόνη του προγράμματος

Ο κώδικας του προγράμματος χωρίζεται σε τρία επιμέρους τμήματα. Το πρώτο τμήμα είναι αυτό που εκτελείται πριν αρχίσει η διαδικασία λήψης μετρήσεων και έχει σκοπό να αρχικοποιεί ορισμένες παραμέτρους του προγράμματος που θα δούμε παρακάτω. Το δεύτερο τμήμα του κώδικα είναι αυτό που εκτελείται όταν θέλουμε να βαθμονομήσουμε τον μετατροπέα και το τρίτο μέρος και το κυριότερο είναι αυτό που όταν εκτελείτε λαμβάνει τις μετρήσεις

## Αρχικοποίηση

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε τον κώδικα που απαρτίζει το τμήμα της αρχικοποίησης.

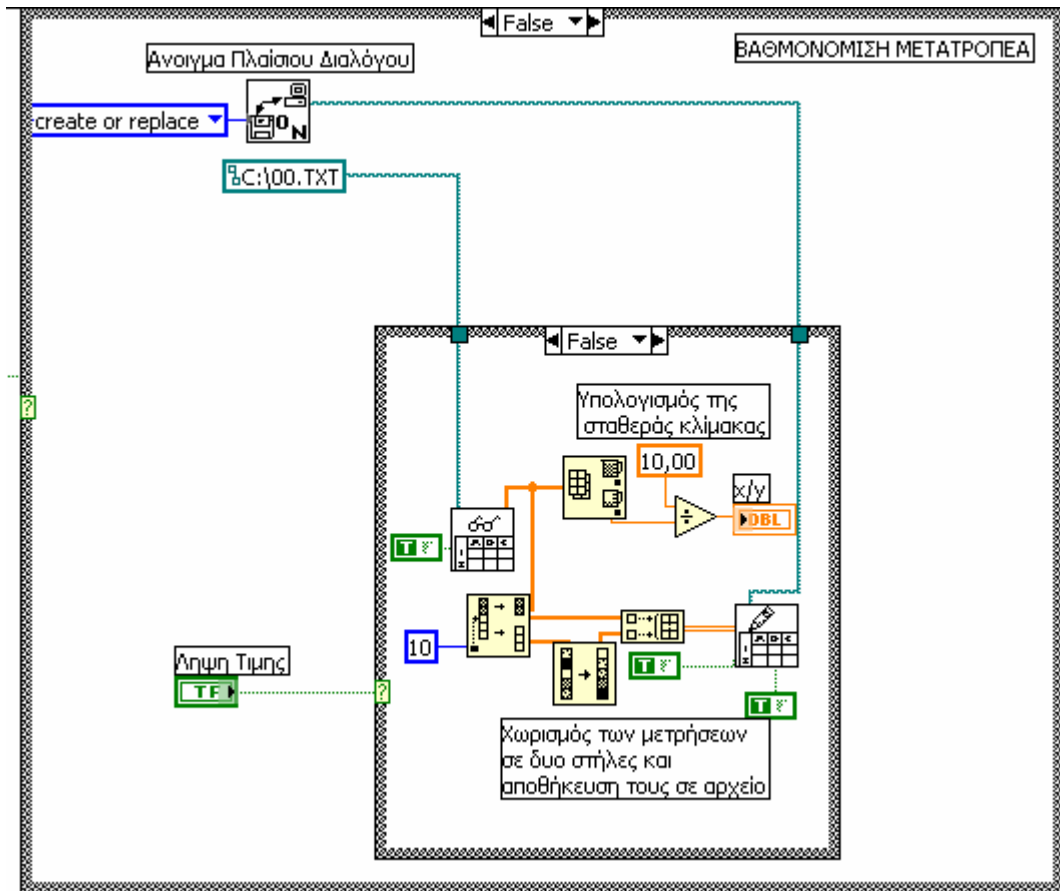


Κώδικας αρχικοποίησης παραμέτρων

Τα τρία πρώτα κουτιά όπως φαίνεται και στα σχόλια που υπάρχουν σβήνουν τις τυχόν καμπύλες που υπάρχουν στο γράφημα και καθορίζουν την κλίμακα αυτού. Για να μπορέσουμε να εμφανίσουμε αυτές τις εντολές όταν τοποθετήσουμε το γράφημα στο front panel κάνουμε δεξί κλικ σε αυτό και στην συνέχεια από την επιλογή Create κάνουμε κλικ στη εντολή Attribute Node. Η επιλογή αυτή υπάρχει σε όλα αντικείμενα του front panel και καθορίζει ένα πλήθος γραφικών χαρακτηριστικών των αντικειμένων. Η επόμενη εντολή διαγράφει το αρχείο 00.txt, ο σκοπός του οποίου θα εξηγηθεί όταν αναλυθεί ο κώδικας για την βαθμονόμηση του μετατροπέα. Τέλος, θέτουμε την ταχύτητα του γραναζιού στο μηδέν.

Στην πιο κάτω εικόνα βλέπουμε ένα τμήμα του προγράμματος στο οποίο διαβάζει την τάση εξόδου του μετατροπέα, μετά το τέλος της διαδικασίας λήψης μετρήσεων γράφει τις μετρήσεις σε ένα αρχείο. Στην αρχή εμφανίζεται ένα πλαίσιο όπου ο κάθε σπουδαστής γράφει το όνομα του αρχείου στο οποίο θα αποθηκευτούν οι μετρήσεις. Όταν πατηθεί, ο διακόπτης αυτός το πρόγραμμα διαβάζει την τιμή εξόδου του μετατροπέα την εμφανίζει στο γράφημα και την αποθηκεύει προσωρινά στο αρχείο 00.txt. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας όταν πατηθεί το μπουτόν 'ΕΝΑΡΞΗ', το αρχείο 00.txt διαβάζεται, βρίσκεται η μέγιστη τάση του μετατροπέα. Για να είναι οι μετρήσεις πιο εύκολα επεξεργάσιμες τις χωρίζουμε σε δυο στήλες. Το

νέο αρχείο σώζεται με το όνομα που έχουμε δώσει στο πλαίσιο διαλόγου στην αρχή της διαδικασίας.



## Μετρήσεις

Το κύριο μέρος της άσκησης είναι οι σπουδαστές να διεξάγουν πειράματα για ανοικτό σύστημα ελέγχου. Στο ανοικτό σύστημα ελέγχου, το μόνο που απαιτείται από το πρόγραμμα είναι διαβάζονται μετρήσεις ανά ένα σταθερό χρονικό διάστημα και στην συνέχεια οι μετρήσεις αποθηκεύονται σε ένα αρχείο όπου περιέχει στην μια στήλη τον χρόνο και στην άλλη στήλη την τάση. Οι ακροδέκτες που θα συνδεθούν με την κάρτα είναι το pin 68 είναι στην γείωση το pin 32 στην έξοδο του μετατροπέα το pin 33 στην γείωση και το pin 22 δεν το συνδέουμε πουθενά. Μετά από αυτές τις συνδέσεις τρέχουμε το πρόγραμμα και παίρνουμε τις μετρήσεις μας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μικροαισθητήρες Αρχές και εφαρμογές Julian W.Gardner
- Σημειώσεις Αισθητήρια και Μετατροπείς Φραγκιαδάκης Νικόλαος
- Σημειώσεις για το μαθημα τεχνολογία μετρήσεων ΔΡ. Χατζηευφραιμίδης Αντώνης
- Elgar Peter: Αισθητήρες Μέτρησης και ελέγχου
- Sensors and Transducers, Second Edition Ronald K. Jurgen
- Περιοδικό Ελέκτορ τευχος 255 και 256
- Labview για μηχανικούς, προγραμματισμός συστημάτων DAQ Κωνσταντίνος ΠΙ. Καλοβρετακης
- Εισαγωγή στη χρήση του Labview Πουλης Δ
- Συστήματα Αυτομάτου ελέγχου Πακτίτης Σπύρος Α.
- Πτυχιακή μέτρηση στάθμης ελέγχου Καπνισάκης Ιωάννης

## ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- [www.adac.com/LabVIEW/LabVIEW.html](http://www.adac.com/LabVIEW/LabVIEW.html)
- [labview.pica.army.mil](http://labview.pica.army.mil)
- [www.ni.com](http://www.ni.com)

