

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1523



**Μελέτη και κατασκευή συστήματος μέτρησης
μικρών μετατοπίσεων με χρήση γραμμικού
κωδικοποιητή.**

ΜΟΥΡΤΖΑΠΗΣ ΠΕΤΡΟΣ

ΜΟΥΡΤΖΑΠΗΣ ΗΡΑΚΛΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΙΣΔΟΥΝΗΣ ΛΑΜΠΡΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2015

| | |
|---|----|
| Περιεχόμενα | |
| ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ | 4 |
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ/ΠΕΡΙΛΗΨΗ..... | 5 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 | 6 |
| 1.ΑΡΧΕΣ, ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ | 6 |
| 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ..... | 6 |
| 1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ | 7 |
| 1.2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ | 8 |
| 1.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΒΡΟΧΟΥ..... | 8 |
| 1.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΒΡΟΧΟΥ | 9 |
| 1.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ | 10 |
| 1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ | 16 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 | 19 |
| 2.ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ | 19 |
| 2.1 ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ..... | 21 |
| 2.1.1 ΧΩΡΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ..... | 22 |
| 2.1.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ | 25 |
| Ορισμός του αντιστάτη..... | 25 |
| Γραμμικό ποτενσιόμετρο..... | 25 |
| Γωνιακό Ποτενσιόμετρο (rotary potentiometer) | 27 |
| 2.1.3 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ | 30 |
| Γραμμικός Μεταβλητός Διαφορικός Μ/Σ (LVDT)..... | 30 |
| Στρεφόμενος Μεταβλητός Διαφορικός Μ/Σ (RVDT)..... | 33 |
| 2.1.4 ΟΠΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ..... | 34 |
| Δίοδος Εκπομπής Φωτός | 34 |
| Φωτοδίοδος(photodiode)..... | 37 |
| Γραμμικοί οπτικοί κωδικοποιητές θέσης | 39 |
| Γραμμικός οπτικός κωδικοποιητής απόλυτου..... | 41 |
| Περιστροφικοί οπτικοί κωδικοποιητές θέσης | 42 |
| Περιστροφικός οπτικός κωδικοποιητής απόλυτου..... | 43 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 | 46 |
| 3.ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ ΕΞΟΔΟΥ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ | 46 |
| 3.1 ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ..... | 46 |
| Κατωδιαβατά φίλτρα (Low Pass Filter, LPF) | 46 |

| | |
|--|----|
| Ζωνοδιαβατά Φίλτρα (Band Pass Filter BPF)..... | 48 |
| Ανωδιαβατά Φίλτρα (High Pass Filter HPF)..... | 49 |
| 3.2 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ..... | 50 |
| ΤΕ Αρνητικής Ενίσχυσης (Αναστρέφων) | 51 |
| ΤΕ Θετικής Ενίσχυσης (Μη Αναστρέφων) | 52 |
| ΤΕ ως αθροιστής..... | 53 |
| Ακολουθητής τάσης ή απομονωτής (buffer amplifier) | 54 |
| Ενισχυτής διαφοράς..... | 54 |
| Ενισχυτής Οργανολογίας..... | 56 |
| Ενισχυτής Ολοκλήρωσης (ολοκληρωτής Miller)..... | 57 |
| Ενισχυτής Διαφόρισης ή Διαφοριστής | 58 |
| Μετατροπέας Ρεύματος σε Τάση | 59 |
| Μετατροπέας Τάσης σε Ρεύμα..... | 59 |
| Συγκριτής Τάσεων..... | 60 |
| Μετατροπέας Ψηφιακού Σήματος σε Αναλογικό | 62 |
| Μετατροπέας Αναλογικού Σήματος σε Ψηφιακό | 63 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 | 65 |
| 4. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (ΕΦΑΡΜΟΓΗ) ΟΡΓΑΝΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΗΚΟΥΣ | 65 |
| 4.1 ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΡΑΒΔΟΣ ΕΔΡΑΣΗΣ | 65 |
| 4.2 ΔΡΟΜΕΑΣ..... | 66 |
| 4.3 ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗΣ..... | 67 |
| 4.4 ΑΠΑΡΙΘΜΗΤΗΣ ΠΑΛΜΩΝ..... | 72 |
| Block Διάγραμμα του συστήματος μέτρησης μικρών μετατοπίσεων..... | 75 |
| Ηλεκτρικό κύκλωμα συνδεσμολογίας Encoder και απαριθμητή..... | 76 |
| Παραμετροποίηση του απαριθμητή | 77 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 79 |

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Από τη θέση τούτη, τον συγγραφέων της παρούσης πτυχιακής, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον **Κ. Ανδρέα Κατσαίτη** για την πολύτιμη βοήθειά του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης αυτής της μελέτης. Το θέμα προτάθηκε από τον ίδιο και με παράλληλη αποδοχή εκ μέρους μας ξεκίνησε η αναζήτηση πληροφοριών. Σε όλη την πορεία της συγγραφής έκανε εύστοχες παρατηρήσεις και χρήσιμες υποδείξεις.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ/ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αφορά τη διερεύνηση μεθόδων και δυνατών τρόπων μέτρησης μικρών μετατοπίσεων. Θα παρουσιαστούν όλες οι μέχρι τώρα μέθοδοι μέτρησης μικρών μετατοπίσεων (μήκους) καθώς και τα όριά τους. Επίσης θα γίνει αναφορά στις βασικές θεωρητικές αρχές και στα αντίστοιχα φυσικά φαινόμενα που στηρίζεται η κάθε μια των μεθόδων. Θα ακολουθήσει σύντομη αλλά και πειστική ανάλυση. Θα αναλυθούν σχεδιαστικές και λειτουργικές αρχές, η έκταση των εφαρμογών και της ευρείας χρήσης που αυτές λαμβάνουν χώρα.

Η ανάπτυξη της μεθόδου και της τελικής υλοποίησης (εφαρμογή) θα στηριχτεί στη αξιοποίηση των δυνατοτήτων – ιδιοτήτων – ειδικού μηχανισμού (συσκευής) που φέρει την ονομασία Γραμμικός Οπτικός Κωδικοποιητής (Linear Optical Encoder)

Από την συσκευή εξέρχεται νήμα μη εκτατό περιελιγμένου επί ελατηριοτού τυμπάνου (στο τύμπανο δρα δύναμη επαναφοράς) που βρίσκεται στο εσωτερικό της συσκευής. Τραβώντας το νήμα προς τα έξω το τύμπανο περιστρέφεται παράγοντας οπτικούς παλμούς. Ο αριθμός των παραγόμενων παλμών είναι ανάλογος της μετατόπισης του νήματος. Η συσκευή θα τοποθετηθεί στο ένα άκρο μιας οριζόντιας βάσης μήκους ενός μέτρου μαζί με όλες τις απαιτούμενες ηλεκτρονικές μονάδες. Το εξωτερικό άκρο του νήματος θα είναι συνδεδεμένο επί ολισθαίνοντος (πάνω στη βάση) μηχανισμού καταγράφοντας τις επιθυμητές μετατοπίσεις μήκους.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί εφαρμογή των θεωρητικών και εργαστηριακών γνώσεων που αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια των σπουδών. Ιδιαίτερα βοήθησαν οι αποκτηθείσες γνώσεις από τα μαθήματα, της “τεχνολογίας μετρήσεων” των “ηλεκτρονικών I και II” καθώς και τα “ψηφιακά συστήματα” .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.ΑΡΧΕΣ, ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

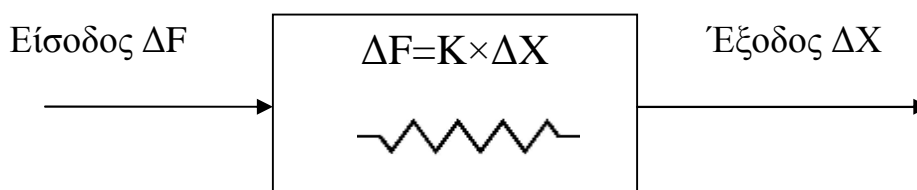
Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε την έννοια των αισθητήρων και θα αναφέρουμε την χρησιμοποιούμενη ορολογία. Οι αισθητήρες μπορεί να είναι είτε μηχανικοί είτε ηλεκτρονικοί, στην πλειονότητά τους όμως είναι ηλεκτρομηχανικοί . Οι επιτελούμενες εργασίες και οι εφαρμογές τους πραγματικά δεν έχουν όρια. Ενδεικτικά μόνο θα μπορούσαμε να αναφέρουμε, την **βιομηχανία** την **ιατρική** την **εκπαίδευση** το **δημόσιο** τον **στρατό** την **κατοικία** κ.λπ.

Μπορεί να προσδιοριστεί με **ακρίβεια** η θέση κοπής ενός αντικειμένου, να ανιχνευθούν ηλεκτρικά σήματα στον άνθρωπο, να ελεγχθεί η θερμοκρασία ενός δωματίου, η στάθμη του νερού στο οικιακό πλυντήριο κ.λπ. Λόγω του ευρύτατου πεδίου εφαρμογών πρέπει να ορίσουμε την έννοια του **αισθητήρα** (sensor) καθώς και την ακριβή σημασία της σχετικής ορολογίας.

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

Αισθητήρες είναι εκείνες οι συσκευές (απλές ή περίπλοκες) που ανιχνεύουν (είσοδος) διάφορα φυσικά μεγέθη (πίεση, θερμοκρασία, δύναμη, υγρασία, φώς) και στην έξοδό τους τα αποδίδουν σε ηλεκτρικό σήμα (συνήθως).

Παράδειγμα μια δύναμη F (είσοδος) επί ενός ελατηρίου οδηγεί σε αύξηση ή μείωση του μήκους του (Νόμος του Hooke) με αποτέλεσμα τον προσδιορισμό της **μετατόπισης** (έξοδος) ενός αντικειμένου



(α)

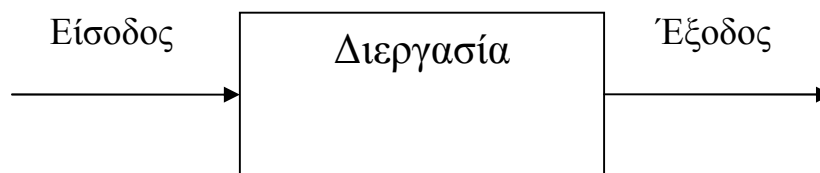
Άλλο παράδειγμα είναι η αλλαγή του μήκους ή της θέσης του δρομέα μια γέφυρας (είσοδος) μπορεί να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά ισοροπίας της και αυτά να καταγραφούν (έξοδος) μέσω ενός γαλβανομέτρου.



Σχήμα 1.1 Παράδειγμα αισθητήρων α) Δύναμης και b) μήκους

1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Βασικό σύστημα μπορεί να θεωρηθεί εκείνο που παράγει μια ποσοτική έξοδο από μια διαφορετικής μορφής είσοδο με τη βοήθεια κάποιας διεργασίας. Στο σχήμα 1.2 εμφανίζεται ένα τέτοιο **βασικό σύστημα** με τη μορφή δομικού (λειτουργικού) διαγράμματος.



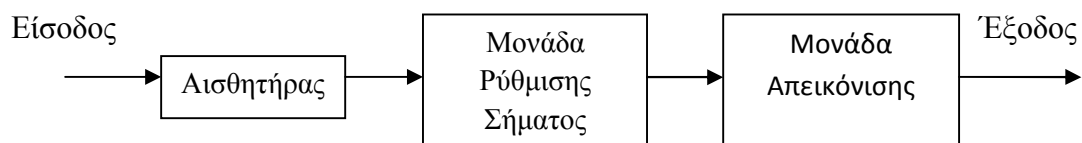
Σχήμα 1.2 Μορφή βασικού συστήματος

Σχόλιο: Τα δομικά διαγράμματα αποτελούν μια πολύ σπουδαία μέθοδο για την περιγραφή του συνόλου των διεργασιών που συμμετέχουν στη διαδικασία μιας μέτρησης.

Τα συστήματα των αισθητήρων μπορούμε να τα κατατάξουμε σε τρεις κατηγορίες. Τα συστήματα μέτρησης, τα συστήματα έλεγχου ανοιχτού βρόχου και τα συστήματα έλεγχου κλειστού βρόχου.

1.2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Αυτά τα συστήματα μετρούν την ποσότητα εισόδου και καταγράφουν την ποσότητα εξόδου. Κατά την διαδικασία το σύστημα **δεν αντιδρά και δεν επηρεάζει** την ποσότητα εισόδου. Απλά την εμφανίζει με κάποιο κατανοητό τρόπο στο χρήστη. Στο σχήμα 1.3 φαίνεται το δομικό διάγραμμα ενός συστήματος μέτρησης.

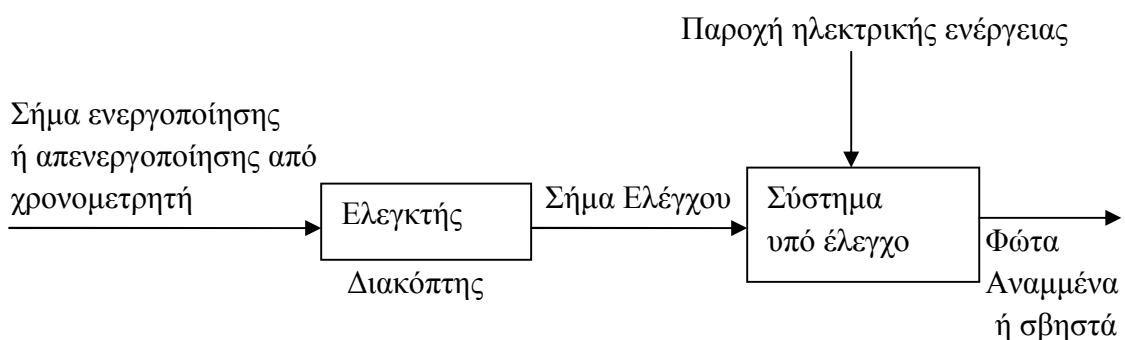


Σχήμα 1.3 Λειτουργικά στοιχεία ενός συστήματος μέτρησης

Σαν σήμα εισόδου στον αισθητήρα μπορεί να είναι μια σειρά από φωτεινούς παλμούς. Αυτά θα πρέπει να μετατραπούν σε ηλεκτρικούς παλμούς, από τη μονάδα ρύθμισης. Το τροποποιημένο σήμα να εισαχθεί στην μονάδα απεικόνισης και στην έξοδο να διαβαστεί από τον χρήστη.

1.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΒΡΟΧΟΥ

Σε τέτοια συστήματα **υπάρχει αντίδραση** στο σήμα εισόδου όπου αυτό ελέγχεται από μια προκαθορισμένη τιμή. Η προκαθορισμένη αυτή τιμή είναι ανεξάρτητη της τιμής εξόδου και δεν πρόκειται να μεταβληθεί ακόμα και για ανακριβή έξοδο. Σχήμα 1.4



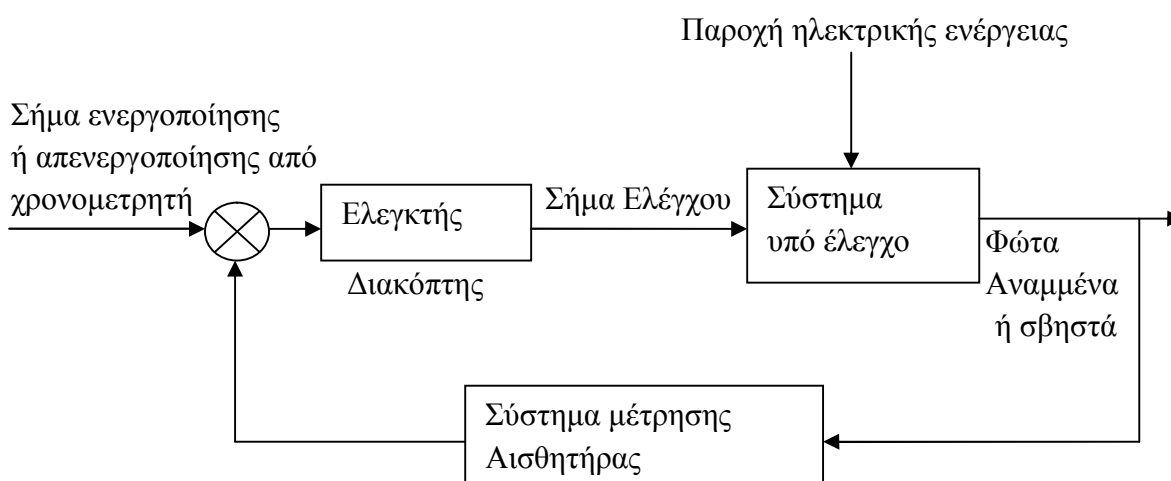
Σχήμα 1.4 Σύστημα ελέγχου ανοιχτού βρόχου

Αναφερόμενοι στο σχήμα 1.4 που περιγράφει ένα σύστημα ανοιχτού βρόχου, αυτό μπορεί να είναι μια φωτεινή επιγραφή που πρέπει να ανάβει το βράδυ και να σβήνει το πρωί μέσω ενός χρονοδιακόπτη. Εδώ ο χρονοδιακόπτης **αντιδρά** και υπακούει στην προκαθορισμένη ρύθμιση δηλαδή στο σήμα εισόδου. Το σύστημα αυτό δεν κάνει έλεγχο αν οι λαμπτήρες άναψαν ή όχι. Δεν αντιλαμβάνεται την φωτεινότητα ή το σκοτάδι (έντονη συννεφιά). Ένα τέτοιο σύστημα απλά μπορεί να επαναρυθμιστεί η είσοδος από το χρήστη. Τέτοια συστήματα είναι χρήσιμα σε περιπτώσεις που δεν μας ενδιαφέρει η ακρίβεια καθώς και λόγω του χαμηλού κόστους.

1.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΒΡΟΧΟΥ

Σε ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου το σήμα εισόδου λαμβάνει εκ των προτέρων μια **επιθυμητή** τιμή. Το σήμα στην έξοδο ελέγχεται συνεχώς αν έχει την **πραγματική** τιμή και συγκρίνεται (η έξοδος) με την επιθυμητή είσοδο. Το πιθανό σφάλμα (διαφορά επιθυμητής και πραγματικής τιμής) αξιοποιείται από τον ελεγκτή και δίνει εντολή στο υπό έλεγχο σύστημα να διορθώσει το σήμα εξόδου.

Σχήμα 1.5



Σχήμα 1.5 Δομικό διάγραμμα ροής συστήματος ελέγχου κλειστού βρόχου.

Συγκρίνοντας το σχήμα 1.5 με το σχήμα 1.4 παρατηρούμε την προσθήκη ενός βρόχου ανάδρασης που θα μπορούσε να ήταν ένα φωτοκύτταρο επισημαίνοντας με ακριβή τρόπο το φώς από το σκοτάδι. Καθώς επίσης και άλλος πρόσθετος ανάλογος μηχανισμός που θα έλεγχε αν πράγματι άναψαν οι όχι οι λαμπτήρες. Τέτοια συστήματα παρέχουν προφανώς πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια. Τα συστήματα έλεγχου κλειστού βρόχου ρυθμίζονται από μόνα τους και επομένως είναι λιγότερο επιρρεπή σε σφάλματα από τα συστήματα ανοιχτού βρόχου. Είναι γενικά πιο αποδοτικά και απαιτούν λιγότερη εξωτερική παρέμβαση από τον χρήστη. Εν τούτοις, το κόστος είναι υψηλότερο και είναι πιο πολύπλοκα.

1.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

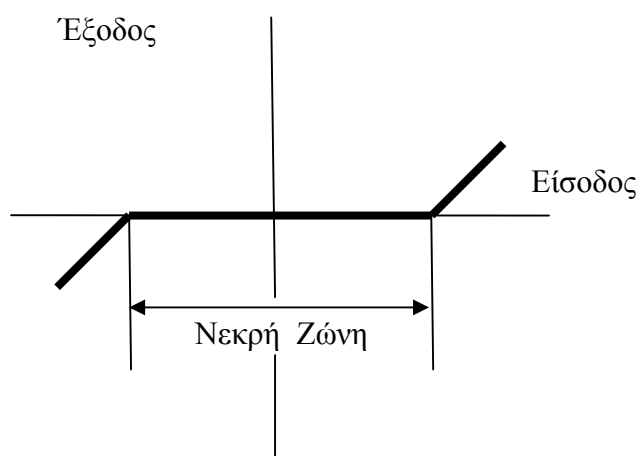
Η γνώση των χαρακτηριστικών μεγεθών των αισθητήρων είναι ιδιαίτερα χρήσιμη προκειμένου να επιλέξουμε ποιόν αισθητήρα θα χρησιμοποιήσουμε ανάλογα με το είδος της μέτρησης που θέλουμε. Τα χαρακτηριστικά που ακολουθούν μπορούν να εφαρμόζονται σε όλο το σύστημα μέτρησης καθώς και στα επιμέρους τμήματά του. Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι για να τα εκφράσουμε αλλά συνήθως αναφέρονται ως ποσοστά ή ως μέγιστη ή ελάχιστη τιμή, ανάλογα με την μορφή του συστήματος, την μετρούμενη ποσότητα και την επιθυμία του κατασκευαστή. Δεν εφαρμόζονται οπωσδήποτε όλα τα χαρακτηριστικά σε κάποιο δεδομένο αισθητήρα.

Ακρίβεια (accuracy)

Η ακρίβεια ενός συστήματος είναι ο βαθμός στον οποίο η τιμή την οποία δημιουργεί μπορεί να είναι εσφαλμένη, ή διαφορετικά το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να παράγει. Στην περίπτωση ενός αισθητήρα η ακρίβεια εκφράζει πόσο κοντά βρίσκεται η τιμή της εξόδου προς την μετρούμενη τιμή. Εκφράζεται δε ποσοτικά σε μονάδες της μετρούμενης ποσότητας.

Νεκρή Ζώνη (dead zone)

Η νεκρή ζώνη δηλώνει το μέγιστο ποσό της αλλαγής της μετρούμενης ποσότητας (είσοδος) δυο δεν προκαλεί αλλαγή στην έξοδο, ή διαφορετικά το εύρος των τιμών εισόδου που δεν προκαλεί την εμφάνιση κάποιας εξόδου. Σχήμα 1.6



Σχήμα 1.6 Νεκρή Ζώνη

Ένα παράδειγμα νεκρής ζώνης είναι ένας ρυθμιστής τάσης που τροφοδοτεί έναν λαμπτήρα. Αύξηση της τάσης από μηδέν και πάνω δεν σημαίνει ότι θα αρχίζει να φωτοβολεί ο λαμπτήρας. Απαιτείται μια ορισμένη τιμή τάσης πάνω από την οποία θα εμφανιστούν φωτεινά αποτελέσματα στον λαμπτήρα.

Ολίσθηση (drift)

Ολίσθηση είναι η χαρακτηριστική ιδιότητα ενός αισθητήρα ή ενός συστήματος να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του με τον χρόνο λόγω περιβαλλοντικών μεταβολών. Τότε εμφανίζεται μεταβολή στο σήμα εξόδου ενώ η είσοδος παραμένει αμετάβλητη με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η ακρίβεια. Ένα από τα συνηθισμένα αίτια της ολίσθησης είναι η επίδραση της θερμοκρασίας. Ακόμα και η γήρανση των υλικών αποτελεί πρόσθετο λόγο αλλαγής των χαρακτηριστικών του.

Σφάλμα (error)

Το σφάλμα ορίζεται ως η διαφορά ανάμεσα στη μετρούμενη και στην πραγματική τιμή μιας ποσότητας. Εκφράζεται συνήθως επί τις εκατό (%) δηλαδή εκφράζει την ακρίβεια.

Υστέρηση (hysteresis)

Υστέρηση είναι όταν η έξοδος ενός συστήματος λαμβάνει ορισμένες τιμές προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση και προς την αντίθετη κατεύθυνση αυτό λέγεται υστέρηση. Σχήμα 1.7

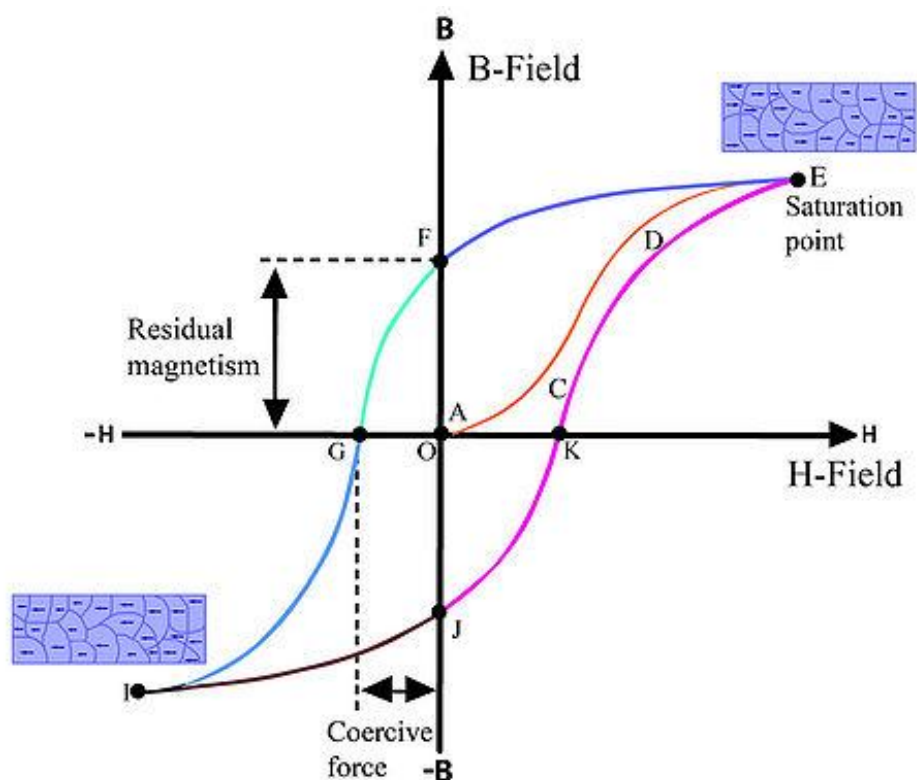


Fig Typical hysteresis loop of a ferromagnetic material

Σχήμα 1.7

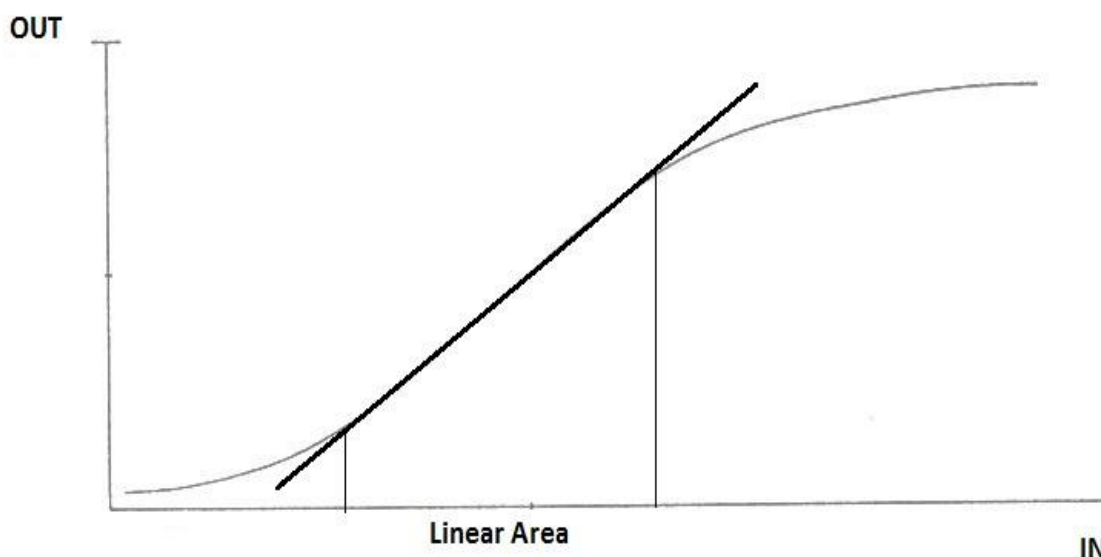
Αν στο σχήμα 1.7 υποθέσουμε ότι η ένταση του μαγνητικού πεδίου (είσοδος) H αυξάνετε με σταθερό βήμα τότε η έξοδος που είναι η μαγνητική επαγωγή B δίνετε από την καμπύλη AE μέχρι το σημείο κορεσμού (saturation point). Στη συνέχεια μειώνοντας την είσοδο H η έξοδος ακολουθεί την καμπύλη EF .

Καθυστέρηση (lag)

Η χρονική καθυστέρηση στην αλλαγή της τιμής εξόδου σχετικά με την αλλαγή της τιμής εισόδου ονομάζεται καθυστέρηση.

Γραμμικότητα (linearity)

Η γραμμικότητα εκφράζει κατά πόσο η καμπύλη της εξόδου ως προς τη είσοδο (ενός αισθητήρα) πλησιάζει μια ευθεία γραμμή. Ακόμα η γραμμικότητα εκφράζει το μέγιστο βαθμό απόκλισης από την ευθεία γραμμή, σε όλο το εύρος των τιμών εισόδου και τότε αναφέρεται σαν ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας. Σχήμα 1.8



Σχήμα 1.8 Μόνο σε μια περιοχή η έξοδος είναι γραμμική της εισόδου.

Επαναληψιμότητα (precision)

Η επαναληψιμότητα εκφράζει το βαθμό παραγωγής ίδιων αποτελεσμάτων σε διαφορετικές χρονικές στιγμές στην έξοδο όταν το σήμα εισόδου παραμένει ακριβώς ίδιο. Θα λέμε ότι ένας αισθητήρας έχει υψηλή (καλή) επαναληψιμότητα όταν δίνει παρόμοια αποτελέσματα σε πολλές μετρήσεις για την ίδια είσοδο. Η επαναληψιμότητα εκφράζεται ως ένα συν πλην (+/-) μέγιστο ποσοστό επί της ένδειξης.

Εύρος Λειτουργίας (operation range)

Ορίζουμε σαν εύρος λειτουργίας μιας συσκευής τα όρια στα οποία μπορεί να λειτουργήσει αξιόπιστα. Για έναν αισθητήρα το εύρος λειτουργίας δηλώνει την μέγιστη και ελάχιστη τιμή που μπορεί να μετράει.

Αξιοπιστία (reliability)

Η αξιοπιστία εκφράζει την ικανότητα ενός αισθητήρα ή συσκευής να παραμένει στα ίδια πλαίσια των προδιαγραφών που λειτουργεί κάτω από τις ίδιες συνθήκες, την ίδια χρονική στιγμή ή στους ίδιους κύκλους λειτουργίας.

Απόκριση (response)

Απόκριση μίας συσκευής ή αισθητήρα είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε η έξοδος να λάβει την τελική της τιμή για μια δεδομένη είσοδο. Εκφράζεται σε δευτερόλεπτα ή κλάσματα του δευτερολέπτου. Μερικές φορές εκφράζεται σαν ποσοστό επί της τελικής του τιμής. Παράδειγμα μια συσκευή που αναγράφει 90% στα 5sec αυτό σημαίνει ότι στα 5 sec η έξοδος λαμβάνει το 90% της τελικής τιμής.

Διακριτική Ικανότητα (resolution)

Διακριτική ικανότητα αισθητήρα αναφέρεται στην μικρότερη τιμή της εισόδου που μπορεί να γίνει αντιληπτή. 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 μέτρησης του αισθητήρα. Παράδειγμα ένας ενδείκτης τριών ψηφίων μπορεί να εμφανίσει τιμές από 0,001 και έχει την μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα από έναν ενδείκτη δυο ψηφίων. Συνήθως εκφράζεται επί τις εκατό (%).

Ευαισθησία (sensitivity)

Η ευαισθησία ενός αισθητήρα εκφράζει την σχέση της μεταβολής της εξόδου με την αντίστοιχη μεταβολή της εισόδου, κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

$$\text{ευαισθησία} = \frac{\mathbf{max} \text{ έξοδος} - \mathbf{min} \text{ έξοδος}}{\mathbf{max} \text{ είσοδος} - \mathbf{min} \text{ είσοδος}}$$

Οι μονάδες μέτρησης της ευαισθησίας ορίζονται από τις μονάδες των μεγεθών εισόδου και εξόδου. Παράδειγμα ένας αισθητήρας μέτρησης μικρών μετατοπίσεων όπου σαν είσοδο έχουμε μονάδες μήκους και σαν έξοδο μονάδες τάσης η ευαισθησία εκφράζεται σε Volt/Meter.

Στατικό Σφάλμα (static error)

Το στατικό σφάλμα ενός αισθητήρα είναι σταθερό και εμφανίζεται σε όλο το εύρος τιμών μέτρησης. Αν αυτό είναι γνωστό τότε μπορεί να αντισταθμιστεί χωρίς να υπάρξει υποβάθμιση της ακρίβειας του αισθητήρα.

Ανοχή (tolerance)

Ανοχή ενός αισθητήρα ή μιας συσκευής είναι το μέγιστο ποσό σφάλματος που μπορεί να υπάρξει κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Πολλές φορές μπορεί να αναφέρεται η ανοχή αντί της ακρίβειας.

1.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Θα παρουσιάσουμε τους πιο σημαντικούς όρους που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ελέγχου με αισθητήρες. Κάποιοι όροι ενδεχομένως να έχουν διαφορετική ερμηνεία σε διαφορετικά πεδία.

Απόλυτες Μετρήσεις (absolute measurement)

Η απόλυτη μέτρηση χρησιμοποιεί κλίμακες μέτρησης που βασίζονται στις βασικές μονάδες ενός συστήματος. Παράδειγμα η μέτρηση της θερμοκρασίας μπορεί να γίνει σε κλίμακες Κελσίου ή Κέλβιν. Η κλίμακα Κέλβιν είναι απόλυτη επειδή αυτή ορίστηκε από την θερμοκρασία μιας ουσίας με μηδενική τιμή. Αλλά η κλίμακα Κελσίου είναι αυθαίρετη διότι ορίστηκε η πήξη του νερού να είναι μηδέν βαθμούς.

Ρυθμισμένο Σήμα (conditioned signal)

Ένα ρυθμισμένο σήμα που προέρχεται από την έξοδο ενός αισθητήρα έχει τροποποιηθεί κατάλληλα ώστε να μπορεί να γίνει κατανοητό από μία συσκευή απεικόνισης ή καταγραφής.

Ηλεκτρομαγνητική Δύναμη, ΗΕΔ (electromagnetic force, EMF)

Πρόκειται για μία πηγή ενέργειας που δύναται να προκαλέσει ροή ρεύματος σε ένα κύκλωμα. Εκφράζει δε τον ρυθμό μεταφοράς της ενέργειας από την πηγή στη συσκευή. Μονάδα μέτρησης είναι το Volt.

Ολοκληρωμένο Κύκλωμα (integrated circuit)

Είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα κατασκευασμένο σε ένα δισκίο κάποιου ημιαγωγού υλικού και δεν μπορεί να διαχωριστεί σε επιμέρους τμήματα.

Τοπική Ένδειξη (local reading)

Δηλαδή όταν ο αισθητήρας έχει την δυνατότητα να παρέχει τοπική ένδειξη κοντά στο σημείο μέτρησης τότε θα λέμε ότι λαμβάνουμε τοπική ένδειξη στην έξοδο του αισθητήρα.

Μετρούμενη Ποσότητα (measurand)

Ονομάζουμε το μέγεθος της ποσότητας που πρόκειται να μετρηθεί. Παράδειγμα ένα θερμόμετρο έχει σαν μετρούμενη ποσότητα την θερμοκρασία

Ηλεκτρικός Θόρυβος

Η παρουσία ανεπιθύμητων ηλεκτρικών σημάτων πάνω στο προς μέτρηση ωφέλιμο σήμα λέγεται ηλεκτρικός θόρυβος. Αυτά τα ανεπιθύμητα σήματα αλλοιώνουν το σήμα της χρήσιμης πληροφορίας. Συχνά λαμβάνεται πρόνοια μέσω ειδικών φίλτρων για την απομάκρυνσή τους ή την καταστολή τους.

Ημιαγωγός (semiconductor)

Οι ημιαγωγοί είναι εκείνα τα υλικά, οι ιδιότητες των οποίων κατατάσσονται μεταξύ των μετάλλων και των μονωτών. Με εξωτερικά ελεγχόμενο τρόπο μπορούν να γίνουν είτε καλοί αγωγοί είτε μονωτές. Το πλήθος των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων χαμηλής ισχύος υλοποιούνται από ημιαγωγούς.

Μονάδες Διεθνούς Συστήματος (SI)

Πρόκειται για θεμελιώδεις μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται παγκόσμια μετά από διεθνή συμφωνία. Έτσι διασφαλίζεται η επιστημονική και τεχνική συμβατότητα. Βασικές μονάδες του SI είναι το μέτρο, το χιλιόγραμμα, το δευτερόλεπτο, το Αμπέρ, το Κέλβιν και το ακτίνιο.

Προδιαγραφές (specifications)

Οι προδιαγραφές μιας συσκευής αποτελούν την τεχνική περιγραφή των χαρακτηριστικών, της απόδοσης καθώς και κάθε άλλης σχετικής πληροφορίας.

Μεταβλητή (variable)

Μεταβλητή μπορεί να θεωρηθεί οποιαδήποτε μετρήσιμη φυσική ποσότητα που λαμβάνει διαφορετικές τιμές.

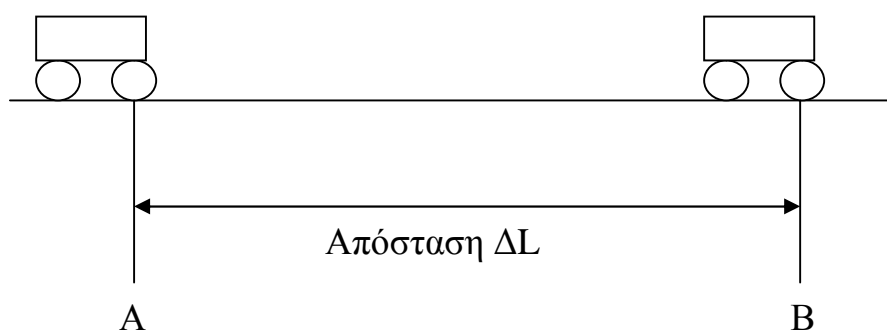
Περίληψη:

Σε αυτό το κεφάλαιο έγινε μια σύντομη εισαγωγή στους αισθητήρες καθώς και στην τεχνολογία αυτών. Περιγράφηκαν συστήματα μέτρησης και ελέγχου στα οποία αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Επίσης ορίστηκαν τα βασικά τους χαρακτηριστικά καθώς και η σχετική ορολογία που τα διέπει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΩΝ

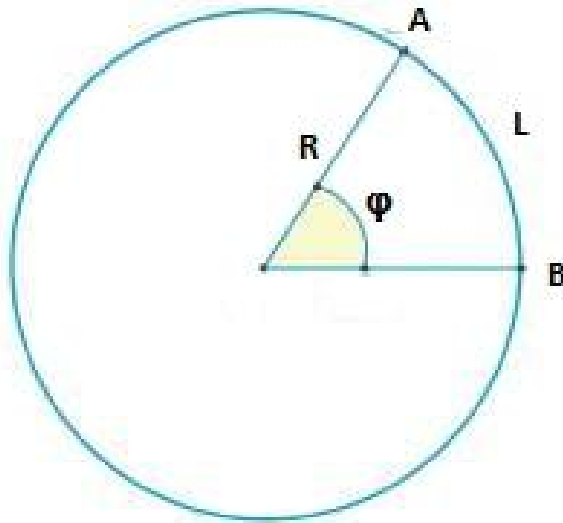
Στο παρόν κεφάλαιο θα περιγράψουμε τους αισθητήρες και τους μετατροπείς που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των μετατοπίσεων (μήκους). Για παράδειγμα ας εξετάσουμε την κίνηση ενός οχήματος που κινείται σε ευθύγραμμη τροχιά με σταθερή ταχύτητα. Το όχημα, σε χρονικό διάστημα Δt μετατοπίζεται κατά απόσταση Δx από ένα σημείο A σε ένα σημείο B



Σχήμα 2.1 Το κινητό μετατοπίζεται από τη θέση A στη θέση B κατά ΔL

Παρατηρώντας την κίνηση των τροχών του οχήματος (σχήμα 2.2) διαπιστώνουμε ότι αυτοί εκτελούν περιστροφική κίνηση με γωνιακή ταχύτητα ω (rad/sec) αλλά και ταυτόχρονα ευθύγραμμη κίνηση με γραμμική ταχύτητα v (m/sec). Τελικά λόγω της ύπαρξης συνδέσμου, το όχημα εκτελεί μεταφορική κίνηση. Αν μια ακτίνα του τροχού διαγράψει γωνία φ (rad) με αντίστοιχο μήκος περιφέρειας L (m) τότε από τον ορισμό της γωνίας έχουμε.

$$\varphi = \frac{L}{R}$$



Σχήμα 2.2 Τυπικός τροχός αυτοκινήτου

Από την παραπάνω σχέση γίνεται αντιληπτό ότι μεταβολή της γωνίας κατά $\Delta\phi$ οδηγεί σε μεταβολή του τόξου κατά $\Delta L=(R \times \Delta\phi)$

Δυο είδη κίνησης θα μας απασχολήσουν .

- Η ευθύγραμμη μετατόπιση και
- Η γωνιακή μετατόπιση.

Μετατόπιση(displacement)

Μετατόπιση είναι η αλλαγή της θέσης ενός αντικειμένου σε σχέση με την αρχή ενός συστήματος αναφοράς. Στην γενική περίπτωση πρόκειται για διανυσματικό μέγεθος με μέτρο και κατεύθυνση. Το μέτρο είναι ανεξάρτητο του συστήματος αναφοράς όχι όμως και η κατεύθυνση.

Γραμμική μετατόπιση (linear displacement)

Είναι η μετατόπιση του αντικείμενου πάνω σε μια ευθεία γραμμή .
Η μετατόπιση (γραμμική) έχει θετική αλγεβρική τιμή αλλά κατεύθυνση 0 μοίρες ή ± 180 μοίρες. Δηλαδή θετική ή αρνητική Μετατόπιση. Μονάδα μέτρησης είναι το μέτρο (m) που ορίστηκε, μετά από διεθνή συμφωνία σαν το μήκος που διανύει μια ακτίνα φωτός στο κενό σε χρόνο ίσο με το $(1/299792458)$ του δευτερολέπτου

Γωνιακή μετατόπιση (rotary displacement)

Είναι η γωνία που διαγράφει ένα σώμα στρεφόμενο γύρω από σταθερό άξονα περιστροφής (κίνηση στο επίπεδο) .Μονάδα μέτρησης της γωνιακής μετατόπισης είναι το (rad) ή ακίνιο και ορίζετε εκείνη η γωνία με αντίστοιχο μήκος τόξου ίσο με την ακτίνα. Δηλαδή όταν γίνει $L=R$ τότε $\varphi=1\text{rad}$
Πρακτική και εύχρηστη μονάδα είναι και οι μοίρες (οι 360 μοίρες αντιστοιχούν σε 2π rad)

2.1 ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ

Σε αυτήν την παράγραφο θα αναλύσουμε μερικά από τα πιο βασικά φαινόμενα που στηρίζεται η αρχή λειτουργίας των αισθητήρων μετατόπισης. Θα παρουσιάσουμε τα χωρητικά φαινόμενα, τα ηλεκτρικά φαινόμενα σε αγωγούς, τα ηλεκτρομαγνητικά και τέλος τα οπτικά φαινόμενα.

2.1.1 ΧΩΡΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Ένας τρόπος μέτρησης μικρών μετατοπίσεων μπορεί να επιτευχθεί με βάση το χωρητικό φαινόμενο ενός πυκνωτή.

Ορίζουμε ως χωρητικότητα C ενός πυκνωτή το ηλεκτρικό φορτίο Q που εναποτίθεται στα άκρα του προς την αναπτυσσόμενη τάση V στα άκρα του.

$$C = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

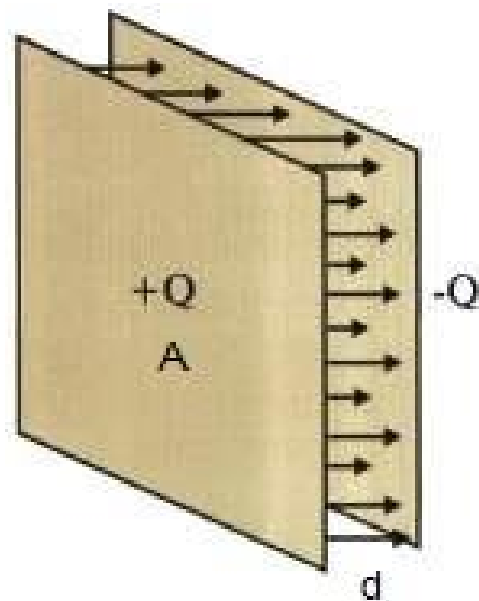
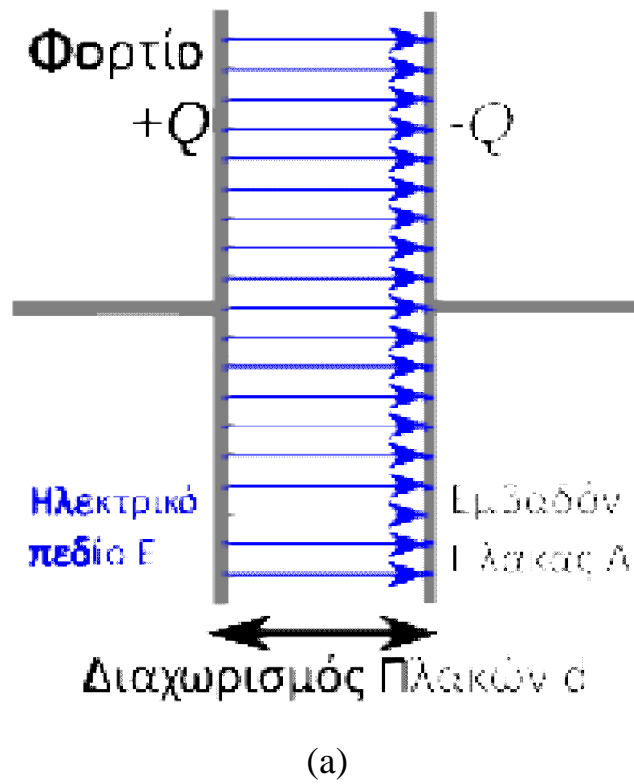
Μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας είναι το Farad.

1F=1 Coulomb /1 Volt

Αλλά η χωρητικότητα C δεν εξαρτάται ούτε από το φορτίο Q ούτε από την τάση V στα άκρα του αφού το πηλίκο (1) είναι σταθερό.

Εξαρτάται όμως από τις γεωμετρικές διαστάσεις των οπλισμών του καθώς και το είδος του διηλεκτρικού που υπάρχει μεταξύ των οπλισμών του.

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d} \quad (2)$$



Σχήμα 2.3 (a) Θεωρητικό σύμβολο πυκνωτή (τομή) και (b) Πλάγια όψη

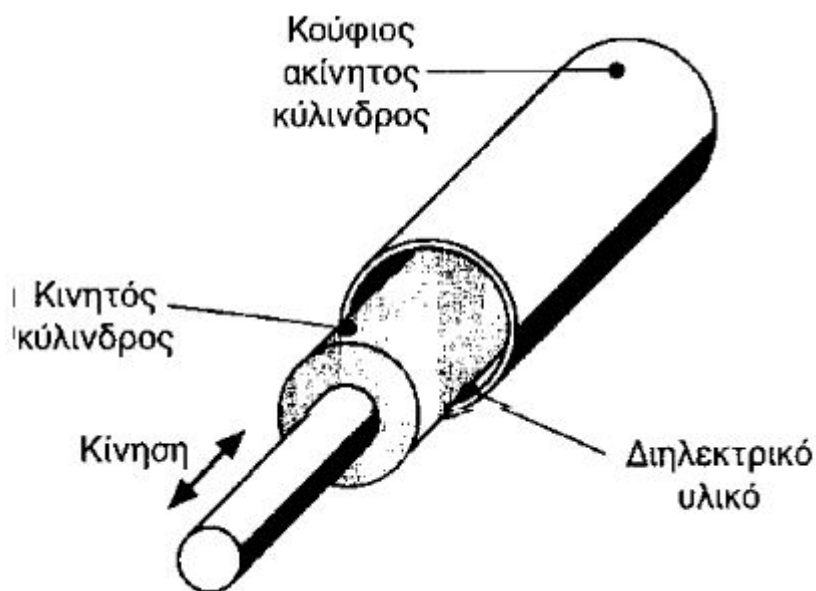
A : το εμβαδό των οπλισμών του

d : η απόστασή τους

ϵ_r : η σχετική διηλεκτρική σταθερά του υλικού

ϵ_0 : η απόλυτη διηλεκτρική σταθερά του κενού με τιμή 8.854×10^{-12} F/m

Η μεταβολή ενός εκ των τριών μεγεθών A , d , ϵ_r έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή της χωρητικότητας C . Για εφαρμογές μέτρησης μετατοπίσεων μεταβάλλουμε την απόσταση των οπλισμών d . Στην πρακτική εφαρμογή επιλέγουμε ο πυκνωτής να έχει κυλινδρική μορφή όπου η εξωτερική κυλινδρική επιφάνεια παραμένει σταθερή και μετακινούμε την εσωτερική κυλινδρική επιφάνεια. Σχήμα 2.4



Σχήμα 2.4 Χωρητικός μετατροπέας μετατόπισης

Παρατηρούμε ότι η κίνηση του εσωτερικού κυλίνδρου με ακίνητο τον εξωτερικό μεταβάλλει την επιφάνεια κάλυψης A άρα και της χωρητικότητας C . Αν στα άκρα των οπλισμών συνδεθεί κατάλληλο όργανο μπορεί να δείξει τις μεταβολές της χωρητικότητας που μπορούν να εκφραστούν σε μονάδες μήκους.

2.1.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

Ορισμός του αντιστάτη. Αν σε ένα σύρμα μήκους L εμβαδού διατομής S και ειδικής αντίστασης ρ εφαρμόσουμε στα άκρα του μια τάση V , τότε από το σύρμα διέρχεται ρεύμα I που είναι ανάλογο της τάσης

$$I = \frac{1}{R} \times V \quad (3)$$

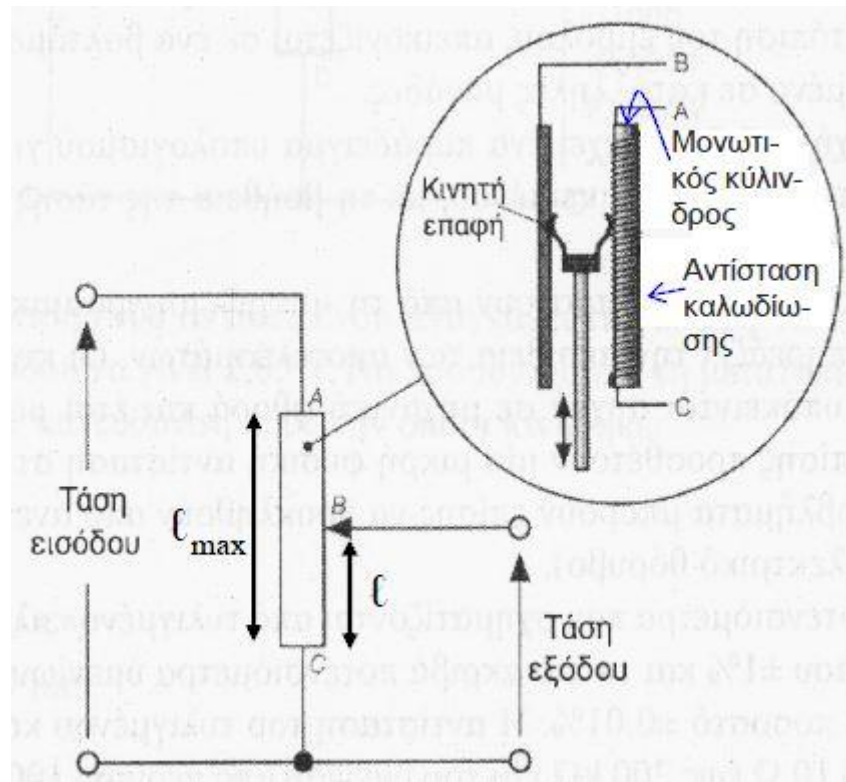
Η σταθερά R ονομάζεται ηλεκτρική αντίσταση του σύρματος και δεν εξαρτάται ούτε από την τάση V ούτε από το ρεύμα I αλλά εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του υλικού καθώς και από το είδος του υλικού

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (4)$$

Μονάδα μέτρησης της αντίστασης R είναι το Ohm. Και ορίζεται σαν την αντίσταση που εμφανίζει ένα σύρμα με τάση 1 Volt στα άκρα του που διαρρέεται από 1 Ampere.

Γραμμικό ποτενσιόμετρο

Αποτελείται από μια αντίσταση σύρματος τυλιγμένο πάνω σε μονωτικό κύλινδρο. Κατά μήκος του σύρματος εφάπτεται αγωγίμα και δύναται να ολισθαίνει κινητή επαφή



Σχήμα 2.5 Η αντίσταση σύρματος AC με λήψη στο B λειτουργεί ως διαιρέτης τάσης.

Η τάση εξόδου (Σχ. 2.5) εξαρτάται από την θέση της κινητής επαφής B δηλαδή είναι

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R_{BC}}{R_{AB} + R_{BC}} = \frac{R_{BC}}{R_{AC}} = \frac{l}{l_{\max}} \quad (5)$$

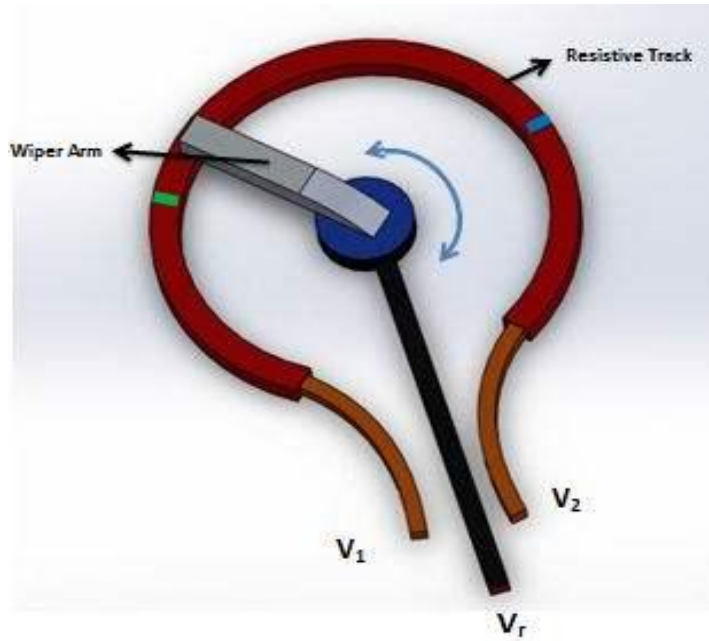
$$\frac{V_o + \Delta V_o}{V_i} = \frac{l + \Delta l}{l_{\max}} \quad (6)$$

$$\frac{\Delta V_o}{V_i} = \frac{\Delta \ell}{\ell_{\max}} \quad (7)$$

Από την (7) φαίνεται ότι κάθε μετατόπιση ΔL της κινητής επαφής οδηγεί σε μεταβολή της τάσης εξόδου ΔV_o αφού ισχύει $\Delta V_o = K \times \Delta L$ με $K = V_i / L_{\max}$. Στην έξοδο του διαιρέτη μπορεί να τοποθετηθεί βολτόμετρο βαθμονομημένο σε μονάδες μήκους. Στην γενική περίπτωση ο αντιστάτης μπορεί να είναι κυλινδρικός ή επίπεδος (τύπου φιλμ). Η διακριτική ικανότητα (resolution) για την κυλινδρική περίπτωση εξαρτάται από την πυκνότητα των τυλιγμάτων ενώ στην επίπεδη περίπτωση εξαρτάται από την πυκνότητα των αγωγίμων επιφανειών.

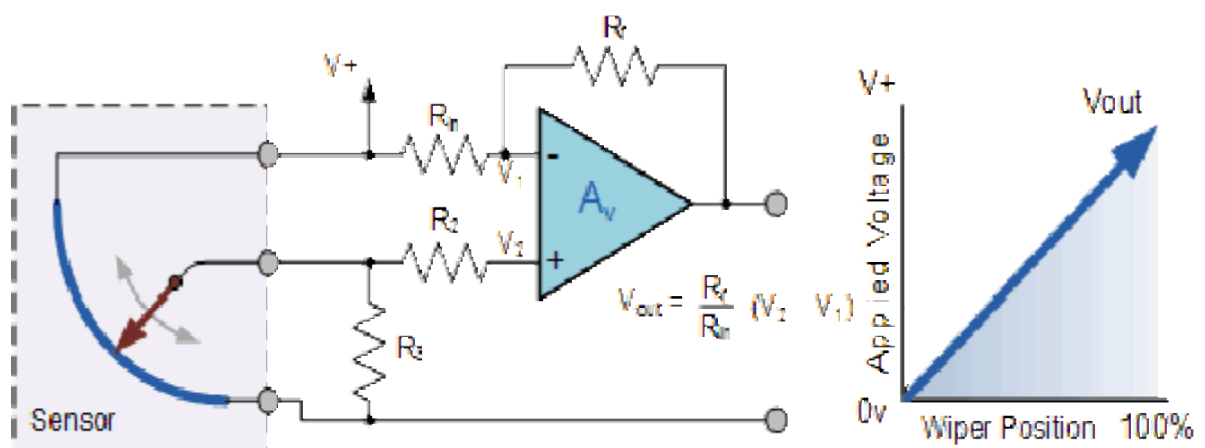
Γωνιακό Ποτενσιόμετρο (rotary potentiometer)

Ανάλογη περίπτωση του γραμμικού ποτενσιόμετρου αποτελεί το γωνιακό ποτενσιόμετρο. Μετρά γωνιακή μετατόπιση στρεφόμενων μαζών πράγμα ιδιαίτερα χρήσιμο για την ρύθμιση της λειτουργίας των μηχανών. Εδώ ο αντιστάτης λαμβάνει το σχήμα περιφέρειας τόξου και η κινητή επαφή αποτελεί την (αγωγήμη) ακτίνα του στερεωμένη σε άξονα που διέρχεται από το κέντρο (Σχ.2.6). Η γωνία στροφής της κινητής επαφής (δρομέας) διαγράφει τόξο από 0 έως 360 μοίρες αλλά υπάρχουν και ποτενσιόμετρα όπου ο αντιστάτης λαμβάνει την μορφή σπειροειδούς έλικας, επεκτείνοντας την γωνία μέτρησης και πέραν των 360 μοιρών σχήμα 2.8.

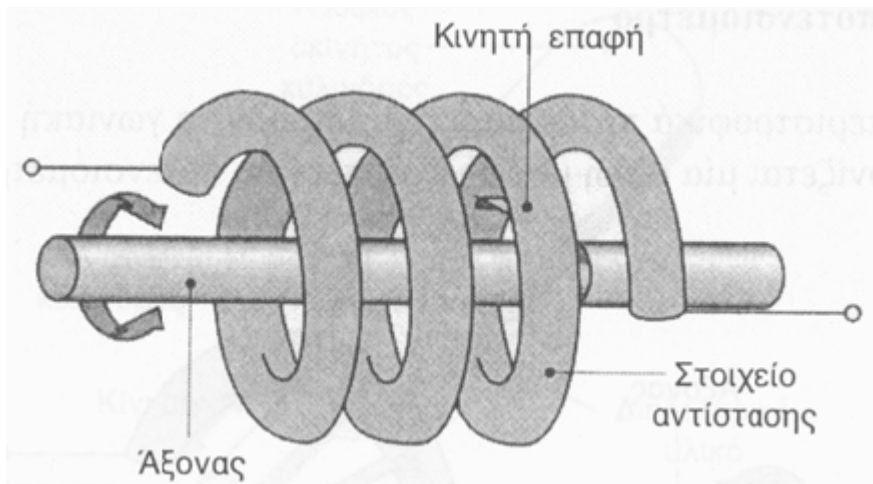


Σχήμα 2.6 Γωνιακό ποτενσιόμετρο με γωνία στροφής μικρότερη των 360°

Για να αξιοποιήσουμε το γωνιακό ποτενσιόμετρο πρέπει το σήμα που λαμβάνουμε από τον δρομέα να εισαχθεί στην είσοδο ενός τελεστικού ενισχυτή όπου στην έξοδο του Τ.Ε. λαμβάνουμε σήμα (τάση) ανάλογης της διαφοράς $V_2 - V_1$ (σχήμα 2.7)

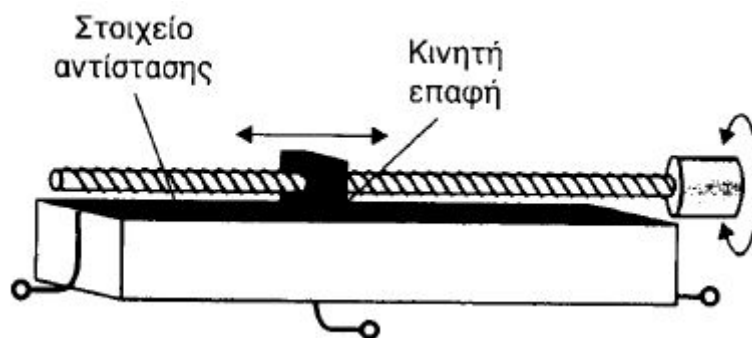


Σχήμα 2.7 Κύκλωμα Τ.Ε. που λειτουργεί σαν γραμμικός ενισχυτής θετικής ενίσχυσης.



Σχήμα 2.8 Γωνιακό ποτενσιόμετρο για γωνίες πολλαπλάσιες των 360°

Μία άλλη εκδοχή του ποτενσιομέτρου πολλών στροφών είναι αυτή του σχήματος 2.9. Χρησιμοποιεί μία κινητή επαφή (δρομέας) που είναι συνδεδεμένη σε έναν άξονα κοχλιοειδούς μορφής. Ο δρομέας ακουμπά στον αντιστάτη μορφής ράβδου και κινείται δεξιά και αριστερά καθώς περιστρέφεται ο άξονας.



Σχήμα 2.9 Ποτενσιόμετρο πολλαπλών στροφών

Τα περιστροφικά ποτενσιόμετρα μπορούν να έχουν ένα εύρος από 10° έως 3500° με πολύ καλή γραμμικότητα που κυμαίνεται από 0.01% μέχρι 1.5%. Βρίσκουν εφαρμογές από τα ηλεκτρονικά κυλιόμενα καθίσματα έως τα αεροσκάφη.

2.1.3 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Ο νόμος της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής δηλώνει ότι. Κινούμενος αγωγός μέσα σε μαγνητικό πεδίο B στα άκρα του αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη $HE\Delta$ που είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής Φ που αυτός αποκόπτει.

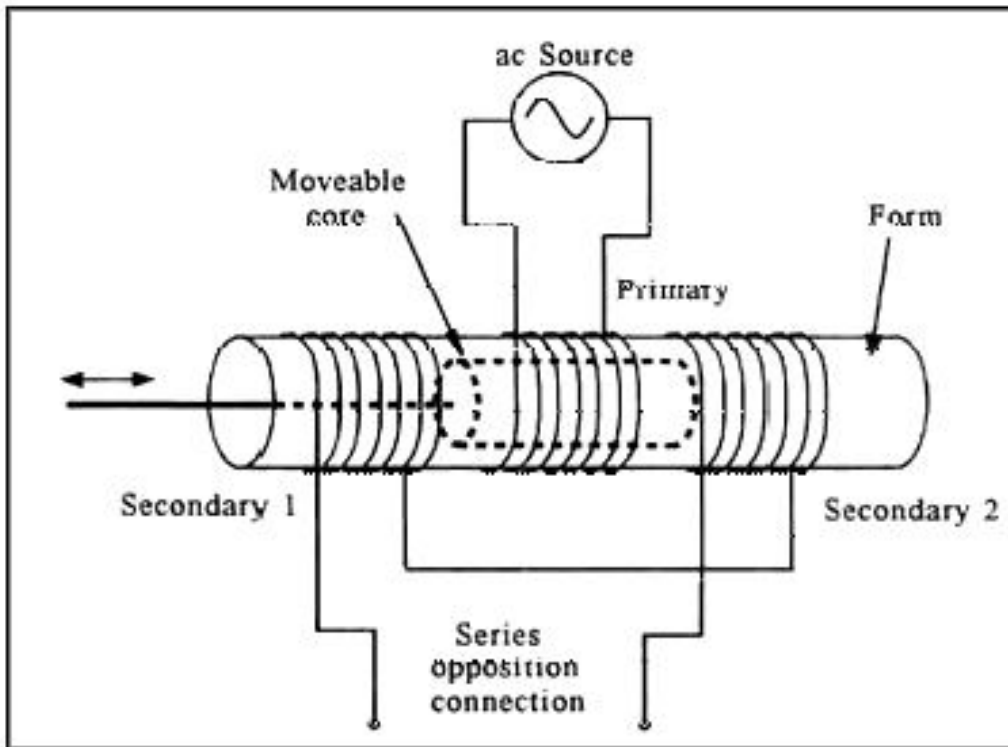
$$HE\Delta = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (8)$$

Όπου N ο αριθμός σπειρών του αγωγού.

Γραμμικός Μεταβλητός Διαφορικός Μ/Σ (LVDT)

Οι γραμμικοί διαφορικοί μεταβλητοί Μ/Σ (linear variable differential transformer) αποτελούν ίσως οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες για τον ακριβή προσδιορισμό μετατοπίσεων έως 300mm.

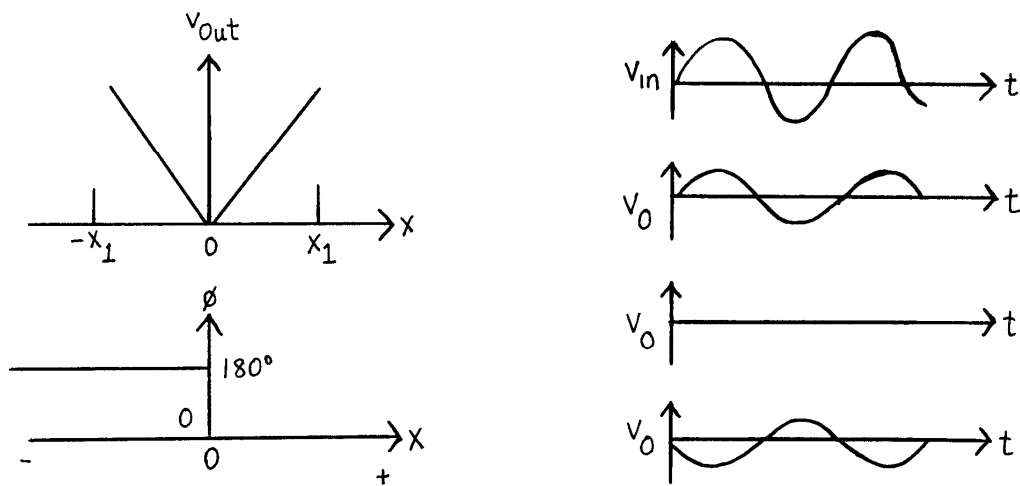
Ένας συμβατικός Μ/Σ αποτελείται από δύο πηνία που είναι σε ισχυρή ζεύξη και είναι τυλιγμένα γύρω από έναν κύλινδρο μαλακού σιδήρου. Αυτά ονομάζονται πρωτεύων και δευτερεύων πηνίο. Όταν εφαρμοστεί μια εναλλασσόμενη τάση στο πρωτεύων πηνίο, τότε επάγεται μια εναλλασσόμενη τάση στο δευτερεύων πηνίο. Αυτό συμβαίνει λόγω ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.



Σχήμα 2.7 Τα τυλίγματα του LVDT πάνω σε κοινό πυρήνα (core)

Αναφερόμενοι στο σχήμα 2.7 παρατηρούμε ότι ο LVDT αποτελείται από τρία τυλίγματα, ένα πρωτεύων και δυο δευτερεύοντα περιελιγμένα επί του ίδιου πυρήνα σε ομοαξονική επίστρωση. Το πρωτεύων αποτελεί την εσωτερική επίστρωση και τα δύο δευτερεύοντα τυλίγονται εκατέρωθεν του πρωτεύοντος. Τα δύο δευτερεύοντα (secondary 1 και secondary 2) συνδέονται εν σειρά και αντίρροπα. Έτσι λοιπόν όσο ο πυρήνας βρίσκεται στο κέντρο των δύο δευτερευόντων Η τάση εξόδου είναι ίση με το μηδέν.

Η μετακίνηση του κυλινδρικού πυρήνα αριστερά ή δεξιά έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση τάσης στο δευτερεύων που είναι ανάλογη της γραμμικής μετατόπισης του πυρήνα. (Σχ. 2.8) Για να αξιοποιήσουμε επαρκώς τα ανωτέρω για μετρούμενες μετατοπίσεις πρέπει το αντικείμενο, του οποίου θέλουμε την μετατόπιση να μετρήσουμε, να ακουμπά στο ένα άκρο του κινητού πυρήνα.



Σχήμα 2.8 Χαρακτηριστικές ενός LVDT.(αριστερά),
κυματομορφές (δεξιά)

Πάνω αριστερά φαίνεται ότι η τάση εξόδου μεταβάλλεται γραμμικά ανάλογα με την θέση X του πυρήνα. Δεξιά φαίνεται η κυματομορφή της τάσης εξόδου (πάνω) και ακολουθεί η κυματομορφή της τάσης εξόδου με τον πυρήνα στην μία ακραία θέση, στη μεσαία θέση (0 Volt) και στην άλλη ακραία θέση. Παρατηρούμε ότι οι κυματομορφές στις δυο ακραίες θέσεις έχουν διαφορά φάσης 180° .

Να σημειώσουμε εδώ ότι η περίπτωση του γραμμικού ποτενσιομέτρου εμφανίζει σοβαρά μειονεκτήματα όπως τριβές κινητού μέρους, απώλειες θερμότητας, μη ιδανικό διαιρέτη κ.λπ. Τα προβλήματα αυτά δεν υπάρχουν στον LVDT επειδή ο κινητός πυρήνας δεν εφάπτεται με τα πηνία, άρα πολύ μικρή τριβή και μηχανική φθορά. Ο LVDT παρέχει πολύ μεγάλη ακρίβεια για μετρήσεις μήκους, δύναμης, πίεσης και επιτάχυνσης. Ενδεικτικά αναφέρουμε μερικά χαρακτηριστικά.

Εξαιρετική ευαισθησία

Διακριτική ικανότητα

0.05mm

Εύρος λειτουργίας

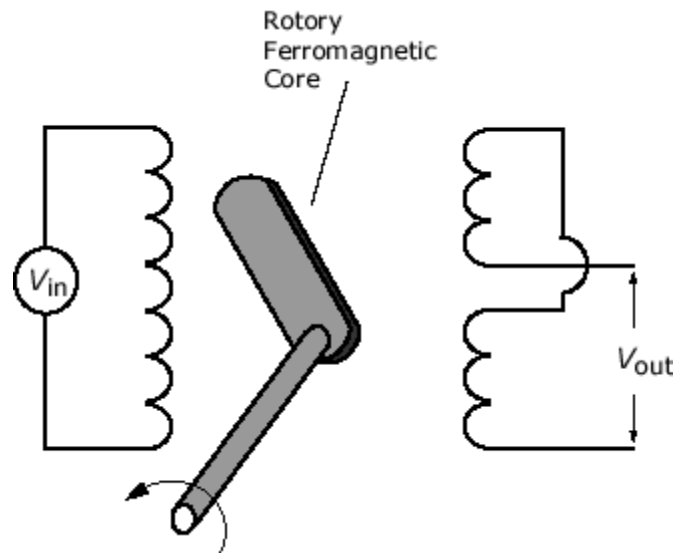
+/- 0.1mm έως +/- 300 mm

Ακρίβεια

+/- 0.5%

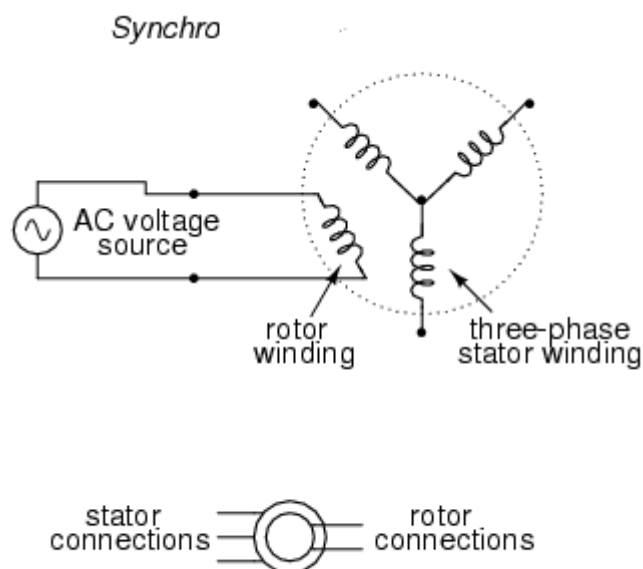
Στρεφόμενος Μεταβλητός Διαφορικός Μ/Σ (RVDT)

Στον στρεφόμενο μεταβλητό διαφορικό Μ/Σ (Rotary Variable Differential Transformer). Ο σιδηρομαγνητικός πυρήνας στρέφεται με τη βοήθεια ενός άξονα επάγοντας την τάση του πρωτεύοντος V_{in} στα δύο δευτερεύοντα (σχήμα 2.10)



Σχήμα 2.10 Στρεφόμενος μεταβλητός διαφορικός μετασχηματιστής

Μια εφαρμογή του στρεφόμενου διαφορικού Μ/Σ θα μπορούσε να είναι η παραγωγή τριών συμμετρικών τάσεων μέσω τριών δευτερευόντων σε γεωμετρική διάταξη 120° (σχήμα 2.11)



Σχήμα 2.11

2.1.4 ΟΠΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Φως ονομάζεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανιχνεύεται από το ανθρώπινο μάτι (οφθαλμό) και που εκλαμβάνεται ως αίσθηση (αντίληψη) αυτής. Συνεπώς είναι το αίτιο της όρασης. Όμως η αντίληψη αυτή του "ορατού" φωτός αποτελεί τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Καλύπτει ένα εύρος μηκών κύματος που «μεταφράζονται», από το μάτι, στα χρώματα του φωτεινού φάσματος (δηλαδή στα χρώματα του ουράνιου τόξου). Ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες το φως εκδηλώνει ιδιότητες είτε φωτεινού κύματος, (φωτεινή ακτίνα), είτε δέσμης σωματιδίων, (φωτεινή δέσμη ή δέσμες). Τα στοιχειώδη σωματίδια-κύματα (κβάντα) φωτός ονομάζονται φωτόνια. Η περιοχή του μήκους κύματος λ της φωτεινής ακτινοβολίας εκτείνεται από τα 340 nm (υπεριώδες) μέχρι τα 700 nm (υπέρυθρο). Ισχύουν για το ορατό φως οι χαρακτηριστικές ιδιότητες.

Πρόσπτωσης – Ανάκλασης

Διάθλασης

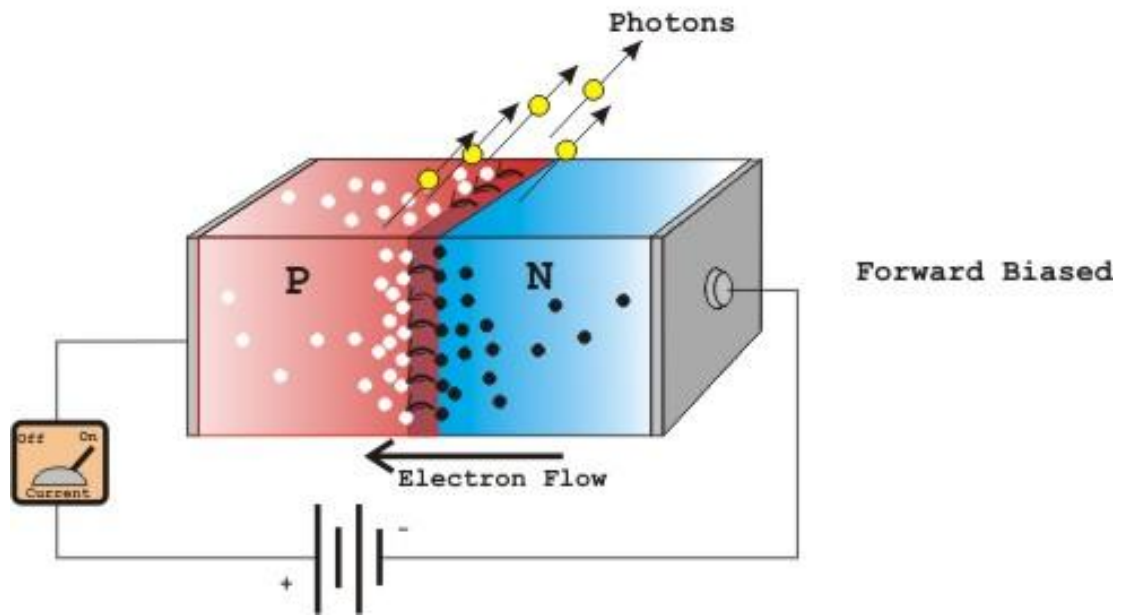
Περίθλασης

Συμβολής

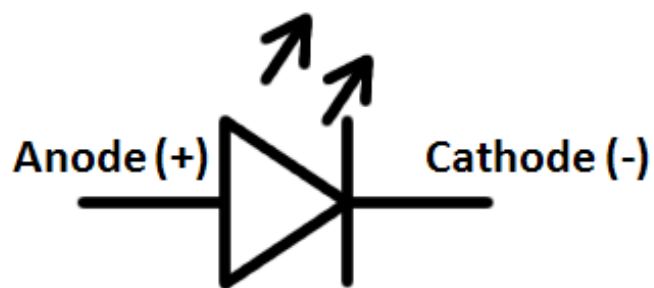
Δίοδος Εκπομπής Φωτός

Η δίοδος εκπομπής φωτός-LED (Light Emitting Diode) είναι μια επαφή p-n που εκπέμπει φως όταν είναι ορθά πολωμένη δηλαδή όταν διαφορά δυναμικού στα άκρα της επαφής είναι θετική. Ο ημιαγωγός τύπου -p εμφανίζει περίσσεια οπών και ο τύπου -n περίσσεια ηλεκτρονίων. Κάθε φορά που ένα ηλεκτρόνιο (επαφή -n) επανασυνδέεται με μια οπή (επαφή-p) εκπέμπεται και ένα φωτόνιο με μήκος κύματος λ που εξαρτάται από το υλικό. (Σχήμα 2.12)

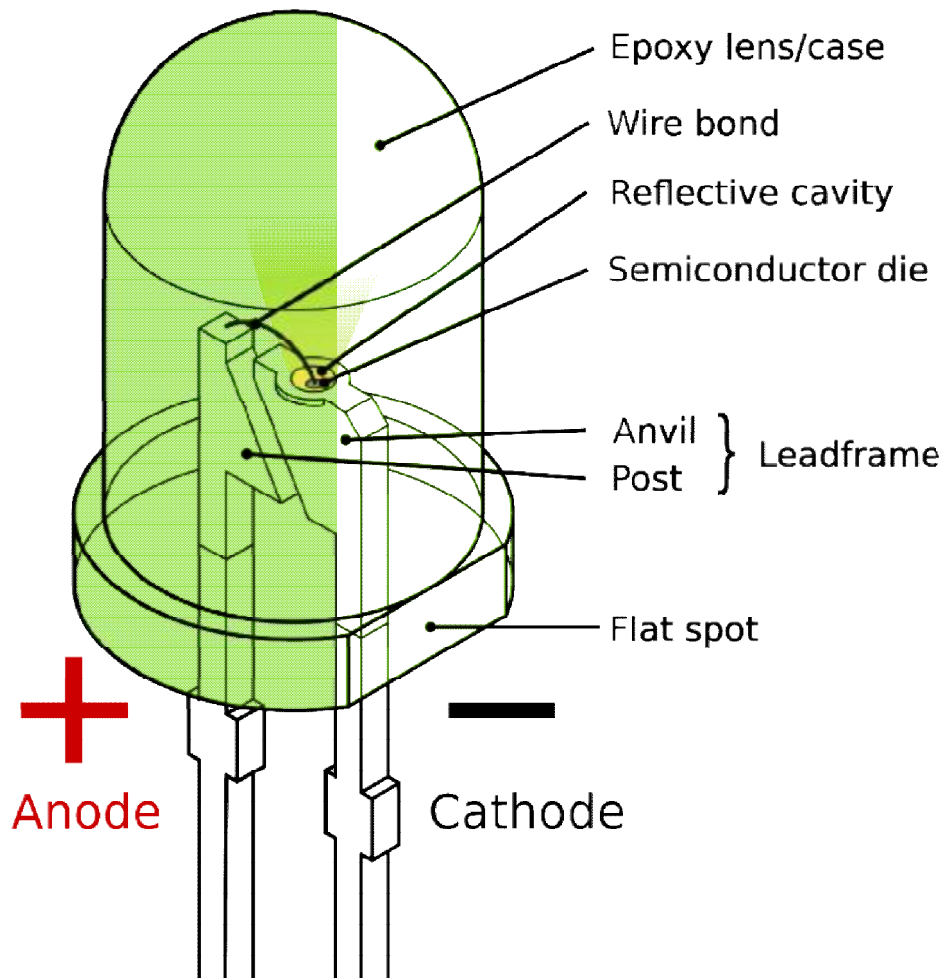
How an LED Works



(a)



(b)

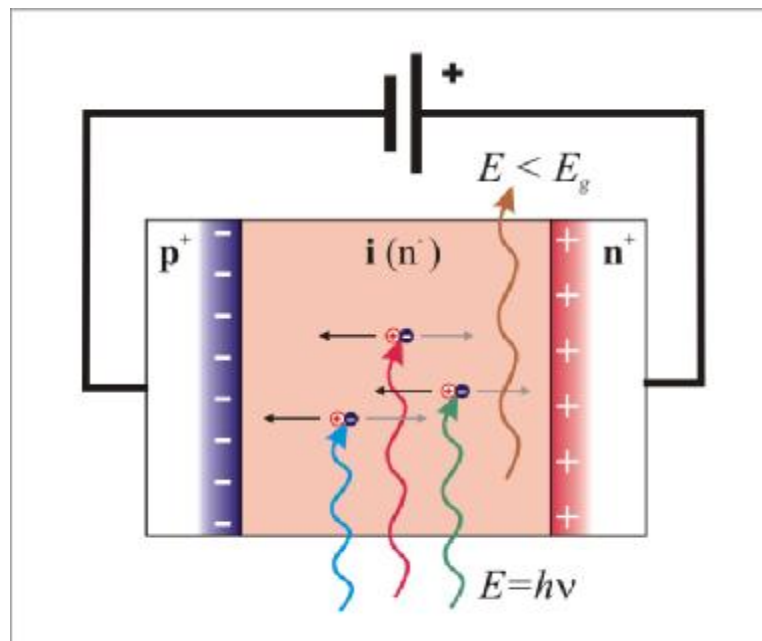


(c)

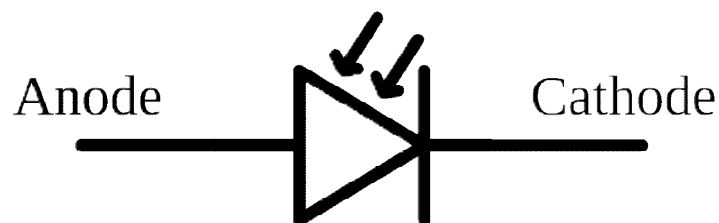
Σχήμα 2.12 a) Επαφή p-n ορθά πολωμένη, b) Σύμβολο LED, c) Πραγματική μορφή, Κατασκευαστική δομή

Φωτοδίοδος(photodiode)

Είναι μια επαφή p-n ανάστροφα πολωμένη η οποία όταν δεχτεί φως γίνεται αγώγιμη. Τα προσπίπτοντα φωτόνια δημιουργούν (γεννούν) άφθονα ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών στο εσωτερικό του υλικού(εσωτερικό φωτοηλεκτρικό φαινόμενο) Γίνεται φανερό , αν η επαφή (φωτιζόμενη) συνδεθεί σε σειρά με μια πηγή και ένα φορτίο τότε από το κύκλωμα θα διέλθει ρεύμα ανάλογο του φωτός.(Σχήμα 2.13)



(a)



(b)

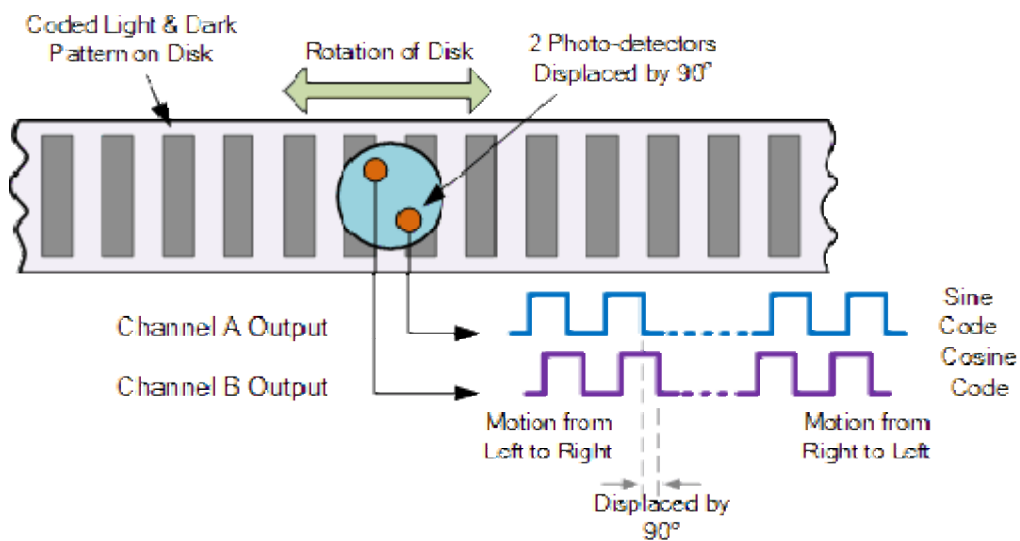


(c)

Σχήμα 2.13 a) Η επαφή p-n, b) Σύμβολο, c) Πραγματική μορφή

Γραμμικοί οπτικοί κωδικοποιητές θέσης

Οι γραμμικοί οπτικοί κωδικοποιητές θέσης (linear optical encoder) είναι συσκευές που η λειτουργία τους στηρίζεται στην ψηφιακή λογική (digital logic) ικανές να διαβάζουν την γραμμική θέση ενός αντικειμένου. Πάνω σε μία επιμήκης επιφάνεια (σχήμα 2.12) ανοίγονται ισαπέχουσες και παράλληλες τομές. Επί της λωρίδας προσαρμόζεται μηχανισμός τύπου φορείου (rotation of disk) δυνάμενος να ολισθαίνει και προς τις δυο κατευθύνσεις. Στην μπροστινή πλευρά του μηχανισμού τοποθετείται φωτεινή πηγή λεπτής δέσμης και στην πίσω πλευρά, φωτοδίοδος η φωτοτρανζίστορ. Κάθε φορά που ο μηχανισμός διέρχεται από μία τομή (κενό) τότε το φωτοτρανζίστορ άγει δίνοντας ένα λογικό ένα "1" ενώ μεταξύ των δύο διαδοχικών τομών το φωτοτρανζίστορ δεν άγει δίνοντας ένα λογικό μηδέν "0". Κατά την συνεχή κίνηση του μηχανισμού προς τη μία κατεύθυνση θα έχουμε την παραγωγή μιας συνεχούς παλμοσειράς από μηδέν και ένα "0-1"



Σχήμα 2.14 Τυπική μορφή οπτικού γραμμικού κωδικοποιητή

Η αρίθμηση των παλμών δηλώνει τον αριθμό των κενών που συνάντησε στην διαδρομή του ο μηχανισμός παλμοδότησης και αφού οι τομές ισαπέχουν συμπεράνουμε ότι η απόσταση που διανύει ο μηχανισμός θα είναι

$$L = k * d \quad (9)$$

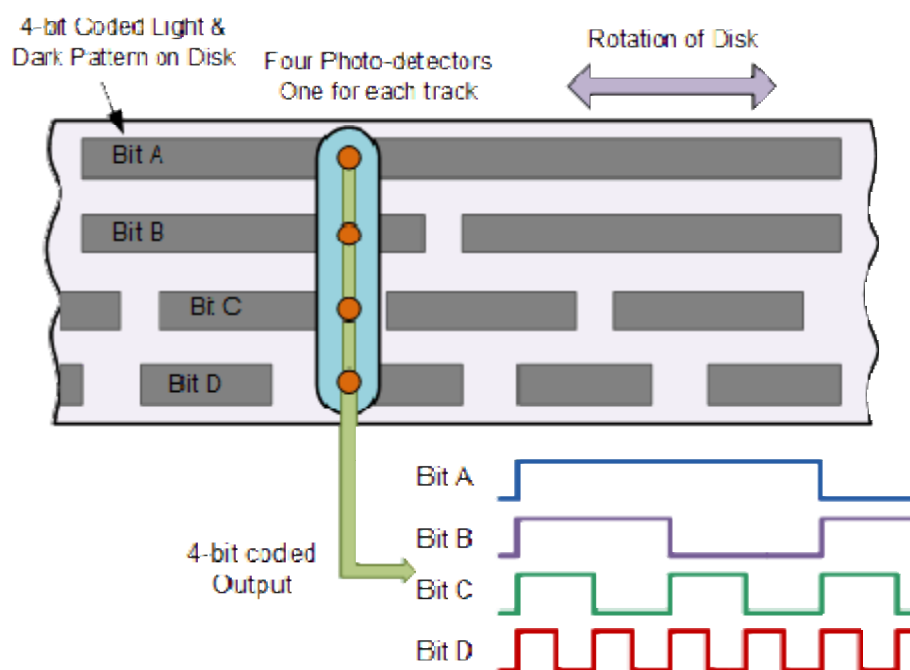
Όπου k είναι ο αριθμός των τομών (παλμών) και d η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών κενών.

Στο σχήμα 2.14 παρατηρούμε την ύπαρξη δυο φωτεινών πηγών – ανιχνευτών (photo detectors) που απέχουν μεταξύ τους το ένα τέταρτο ($1/4$) της απόστασης των κενών παρέχοντας έτσι δύο εξόδους A και B με διαφορά φάσης 90° . Η έξοδος B προηγείται της εξόδου A όταν η κίνηση γίνεται προς την μια κατεύθυνση και η κατάσταση αντιστρέφεται όταν η κίνηση γίνεται προς την άλλη κατεύθυνση. Δηλαδή έχουμε τη δυνατότητα να προσδιορίσουμε τη φορά της κίνησης (μετατόπισης). Να προσθέσουμε στο σημείο αυτό ότι το αντίστοιχο ηλεκτρονικό κύκλωμα ανίχνευσης της διαφοράς φάσης θα είναι προσαυξημένο. Η διακριτική ικανότητα ορίζεται από την απόσταση μεταξύ των δύο τομών. Υπάρχουν κωδικοποιητές θέσης με **διακριτική ικανότητα** που μπορεί να φτάσει μέχρι και το ένα δέκατο του χιλιοστού ($1/10$ mm).

Κωδικοποιητές σαν τους προηγούμενους αναφέρονται ως **αυξητικοί κωδικοποιητές** (incremental encoders). Αυτοί παράγουν ένα σήμα που δείχνει τι έχει συμβεί σε μια γραμμική μετατόπιση.

Γραμμικός οπτικός κωδικοποιητής απόλυτου

Ο απόλυτος κωδικοποιητής παράγει σήμα εξόδου που δείχνει την συνολική γραμμική μετατόπιση από μία αρχική μηδενική θέση. Αποτελεί προχωρημένη και πιο πολύπλοκη κατασκευή από την προηγούμενη. Το πλάτος της λωρίδας αυξάνει και δημιουργούνται νέες παράλληλες πίστες, τρεις ή τέσσερις κ.λπ. Οι πηγές φωτός και οι αντίστοιχοι οπτοσυζεύκτες αυξάνονται (σχήμα 2.15). Σε κάθε πίστα αντιστοιχεί και από ένα ζεύγος φωτεινής πηγής – οπτοσυζεύκτη.



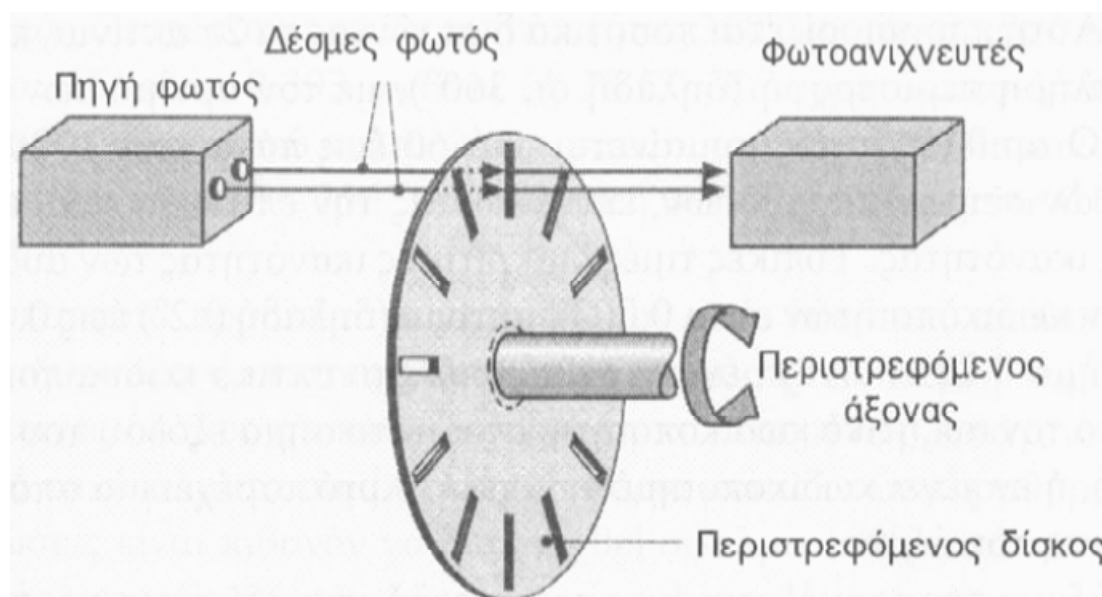
Σχήμα 2.15 Γραμμικός αποκωδικοποιητής απολύτου

Από το σχήμα 2.15 παρατηρούμε ότι κάθε πίστα αντιστοιχίζεται και με ένα δυαδικό ψηφίο. Για τις τέσσερις πίστες έχουμε τα τέσσερα δυαδικά ψηφία A, B, C, D. Καθώς κινείται ο μηχανισμός έχουμε και την παραγωγή ενός αντίστοιχου ψηφιακού αριθμού των τεσσάρων bit. Ο αριθμός αυτός μπορεί να μετατραπεί σε δεκαεξαδικό και να μας παρέχει την θέση κάθε φορά του μηχανισμού.

Σχόλιο: Εάν η λωρίδα κατασκευαστεί με μαγνητισμένες περιοχές ή μη τότε αυτός ο κωδικοποιητής λέγεται μαγνητικός κωδικοποιητής.

Περιστροφικοί οπτικοί κωδικοποιητές θέσης

Οι περιστροφικοί οπτικοί κωδικοποιητές θέσης (rotary optical position encoders) είναι οι αντίστοιχοι των γραμμικών. Αν η επίμηκες λωρίδα του γραμμικού κωδικοποιητή θέσης λάβει το σχήμα τόξου (δηλαδή οι τομές γίνουν στην περιφέρεια κυκλικού δίσκου) τότε έχουμε την περίπτωση ενός κωδικοποιητή γωνιακής θέσης (σχήμα 2.16).



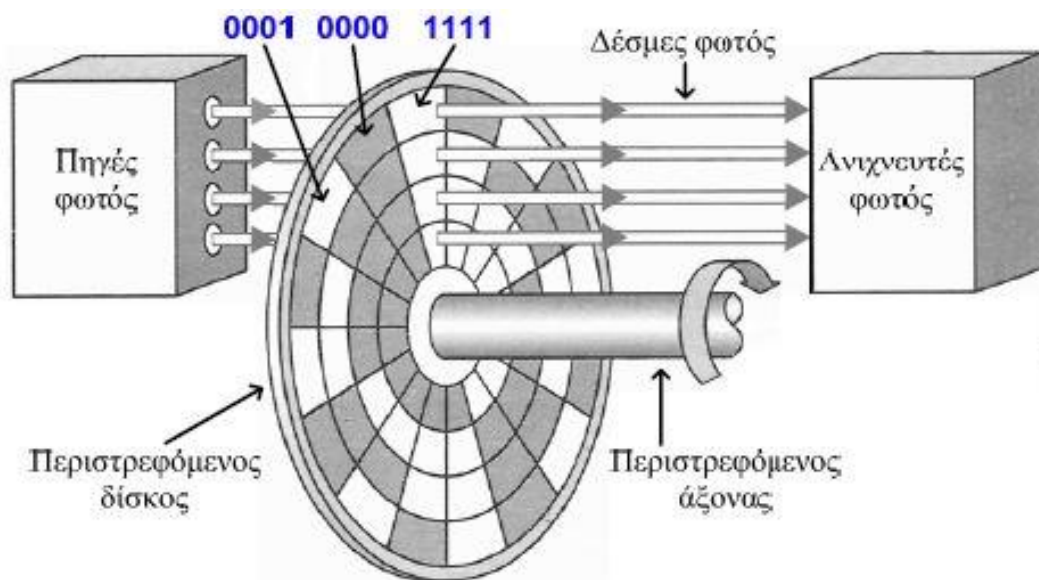
Σχήμα 2.16 Τυπικός οπτικός δίσκος όπου οι τομές καταλαμβάνουν περιφέρει κύκλου (αυξητικού τύπου).

Αναφερόμενοι στο σχήμα 2.16 παρατηρούμε έναν τυπικό αυξητικό οπτικό κωδικοποιητή σε σχήμα δίσκου. Είναι στερεωμένος σε άξονα, την γωνιακή μετατόπιση του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε. Η περιφέρεια έχει διαμορφωθεί με ισαπέχουσες τομές (οπές) μέσα από τις οποίες μπορεί να διέρχεται ή να αποκόπτεται μια διπλή φωτεινή δέσμη. Η διπλή δέσμη δίνει δύο παλμοσειρές στην έξοδο με διαφορά φάσης πράγμα που χρησιμεύει για την γνώση της φοράς περιστροφής. Ο αριθμός των παλμών που ανιχνεύονται δηλώνει την γωνιακή μετατόπιση του άξονα και του δίσκου. Η **διακριτική του ικανότητα** εξαρτάται από τον αριθμό των οπών, αυτή προσδιορίζεται διαιρώντας τις 360° με τον αριθμό των οπών. Με την προσθήκη πολλαπλών σειρών παραθύρων μπορούμε να πετύχουμε εξαιρετικά καλές τιμές διακριτικής ικανότητας. Τυπικές τιμές

της διακριτικής ικανότητας φτάνουν από 0.2° έως 6° . Ο παραπάνω κωδικοποιητής είναι αυξητικού τύπου.

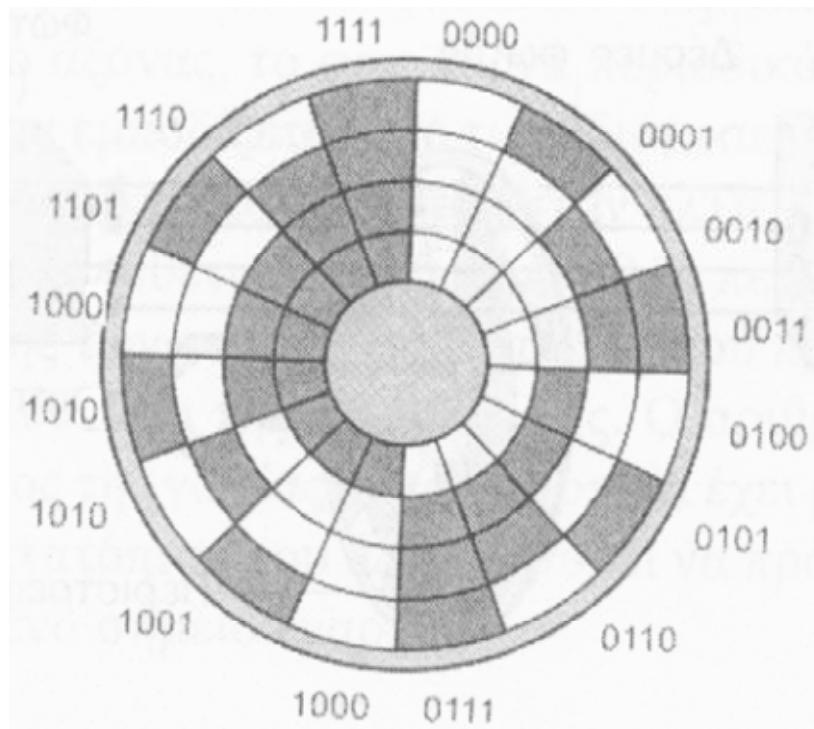
Περιστροφικός οπτικός κωδικοποιητής απολύτου

Ο περιστροφικός οπτικός κωδικοποιητής απολύτου (absolute) διαφέρει από τον αντίστοιχο αυξητικό στο ότι το σήμα εξόδου είναι ψηφιακό τριών, τεσσάρων κ.λπ. Bits άρα λοιπόν μπορούμε να έχουμε μια απόλυτη τιμή για την μετατόπιση του άξονα (σχήμα 2.17).



Σχήμα 2.17 Απόλυτος κωδικοποιητής

Ο δυαδικός δίσκος του παραπάνω σχήματος έχει τέσσερις λωρίδες (αυλακώσεις) άρα ο κάθε δυαδικός αριθμός εκφράζεται με τέσσερα bits. Ο συνολικός αριθμός των θέσεων που μπορούν να εντοπιστούν είναι $2^4 = 16$ θέσεις και οι δυαδική ακολουθία των αριθμών εκτείνεται από το μηδέν έως το δεκαπέντε (0-15). Η **διακριτική** του ικανότητα είναι $360^\circ / 16 = 22.5^\circ$. Αυξάνοντας τον αριθμό των αυλακώσεων αυξάνεται και η διακριτική ικανότητα. Στο επόμενο σχήμα (2.18) φαίνεται ο δίσκος ενός δυαδικού απόλυτου κωδικοποιητή.



Σχήμα 2.18 Δυαδικός Απόλυτος Κωδικοποιητής

Για να αποφευχθούν σφάλματα που εισάγονται λόγω της φύσης του διάδικου συστήματος αρίθμησης επινοήθηκε ο κώδικας Grey. Αυτός απεικονίζει τους δεκαδικούς αριθμούς με αντίστοιχη δυαδική μορφή, έτσι ώστε από το ένα δεκαδικό ψηφίο στο επόμενο ο αντίστοιχος ψηφιακός αριθμός να αλλάζει κατά ένα bit (σχήμα 2.19)

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

Σχήμα 2.19 Πίνακας αλήθειας για τον κώδικα Grey.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ ΕΞΟΔΟΥ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

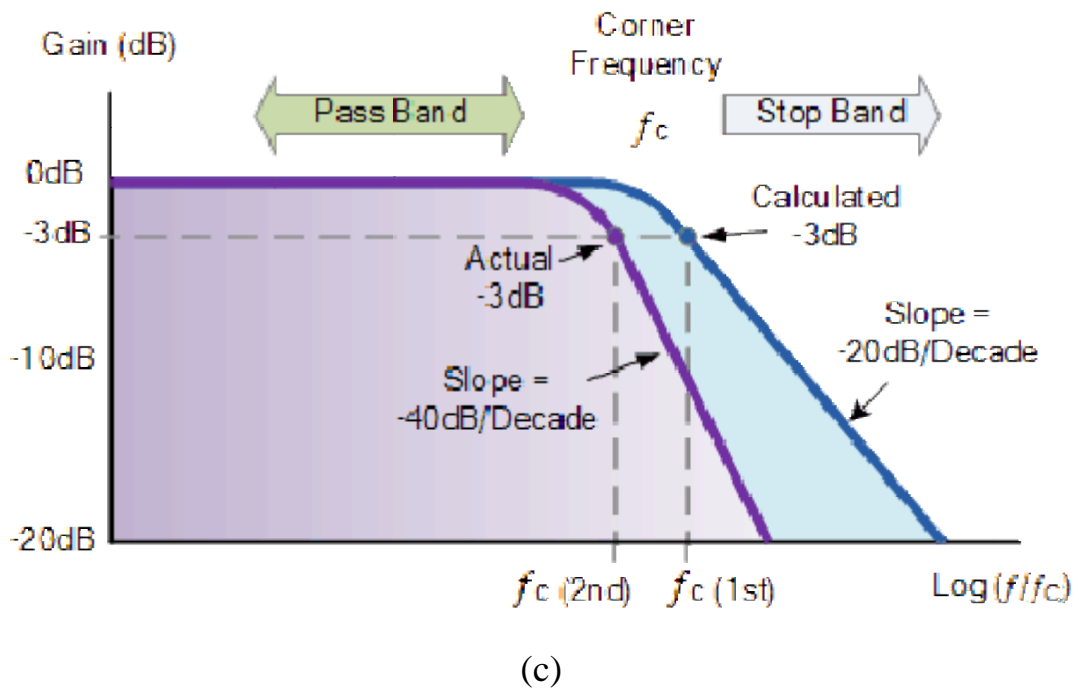
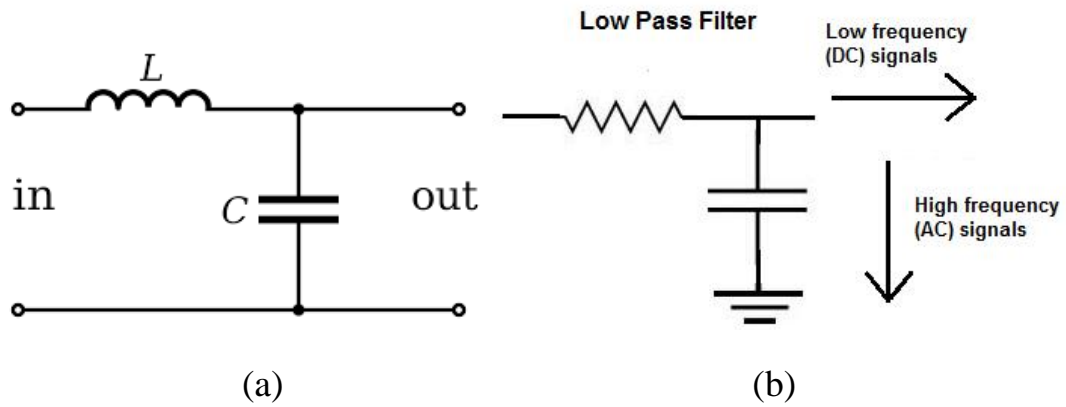
Οι αισθητήρες στην έξοδό τους παράγουν σήματα (τάση- ρεύμα) πολύ μικρής τιμής μη ικανού να διεγείρουν την τελική βαθμίδα (αποτέλεσμα). Τις περισσότερες φορές τα σήματα εξόδου μεταφέρουν επιπλέον σήματα υπό μορφή παρασίτων (ηλεκτρικοί θόρυβοι κ.λπ.). Καθίσταται λοιπόν αναγκαίο από τα σήματα αυτά να αφαιρεθούν τα παρασιτικά καθώς επίσης και να ενισχυθούν (στις περισσότερες των περιπτώσεων) ή να υποβιβαστούν. Υπάρχουν δύο τρόποι επεξεργασίας των ηλεκτρικών σημάτων. Η **παθητική** και η **ενεργητική** επεξεργασία.

3.1 ΠΑΘΗΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ

Η παθητική επεξεργασία γίνεται με τη χρήση δικτυωμάτων αντιστάσεων, πυκνωτών και πηνίων. Μπορούμε να κατασκευάσουμε ανάλογα με την περίπτωση διαφόρων ειδών φίλτρα που να επιτρέπουν ή όχι την διέλευση σημάτων διαφόρων συχνοτήτων ανάλογα με τις ανάγκες μας. Έχουμε λοιπόν **κατωδιαβατά**, **ζωνοδιαβατά** και **ανωδιαβατά** φίλτρα.

Κατωδιαβατά φίλτρα (Low Pass Filter, LPF)

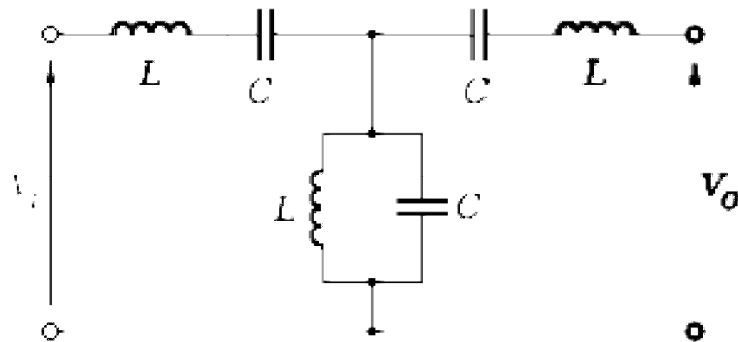
Τα φίλτρα αυτά επιτρέπουν την διέλευση σημάτων χαμηλών συχνοτήτων και αποκόπτουν τα σήματα υψηλών συχνοτήτων. Ένα τέτοιο φίλτρο φαίνεται στο σχήμα 3.1 όπου η παρουσία του πυκνωτή στην έξοδο δηλώνει ότι σήματα υψηλότερων συχνοτήτων βραχυκυκλώνονται (μηδενίζονται). Στις χαμηλές συχνοτήτες ο πυκνωτής είναι ανοιχτό κύκλωμα.



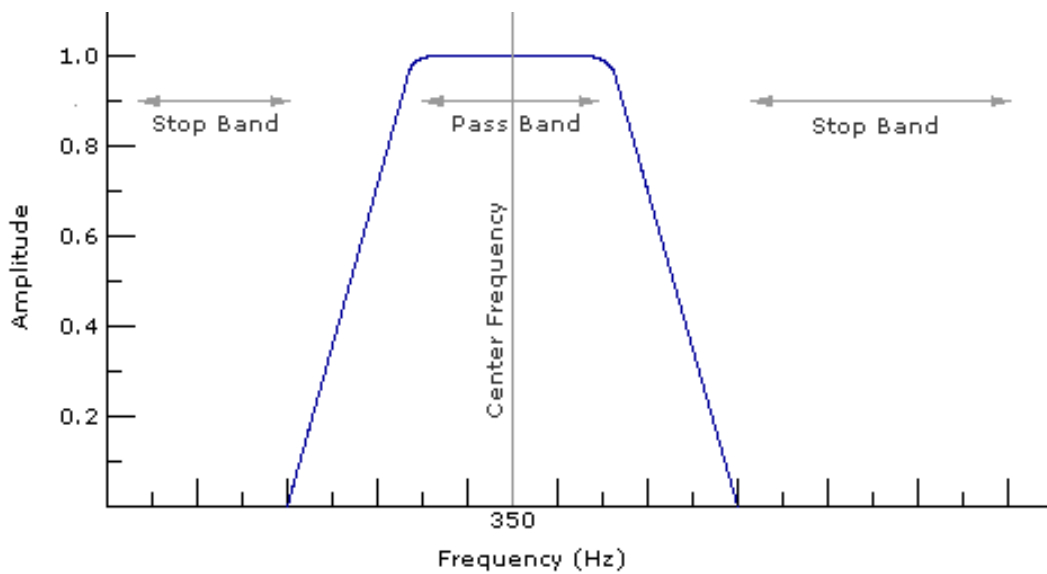
Σχήμα 3.1 a, b) Τυπική μορφή κατωδιαβατού φίλτρου c) Διάγραμμα Bode LPF όπου στην συχνότητα f_c η ενίσχυση μειώνεται κατά 3dB.

Ζωνοδιαβατά Φίλτρα (Band Pass Filter BPF)

Τα φίλτρα αυτά επιτρέπουν τη διέλευση σημάτων μιας συγκεκριμένης περιοχής συχνοτήτων και αποκόπτουν σήματα με συχνότητες κάτω και πάνω από την ωφέλιμη περιοχή συχνοτήτων (σχήμα 3.2)



(a)



Band pass filter with a center frequency of 350Hz

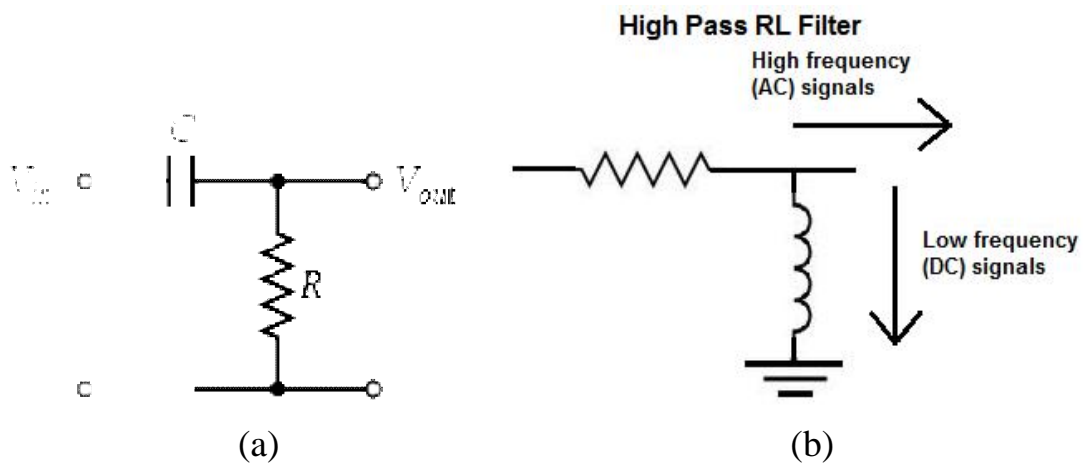
(b)

Σχήμα 3.2 a) Τυπικό δίκτυο ζωνοδιαβατού φίλτρου b) Ενίσχυση σήματος εξόδου συναρτήσει της συχνότητας f .

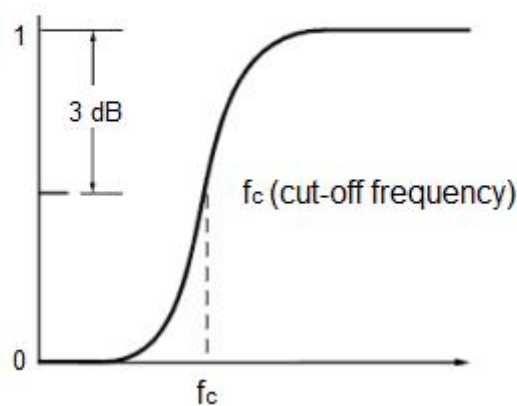
Στο σχήμα 3.2 α βλέπουμε την παρουσία του πυκνωτή C στην είσοδο του φίλτρου που αποκόπτει τις χαμηλές συχνότητες. Καθώς και ο πυκνωτής στην έξοδο βραχυκυκλώνει τις υψηλές συχνότητες.

Ανωδιαβατά Φίλτρα (High Pass Filter HPF)

Επιτρέπουν τη διέλευση σημάτων υψηλών συχνοτήτων αποκόποντας τόσο τις μεσαίες όσο και τις χαμηλές συχνότητες, στο σχήμα 3.3 βλέπουμε ένα τέτοιο φίλτρο.



High Pass Filter

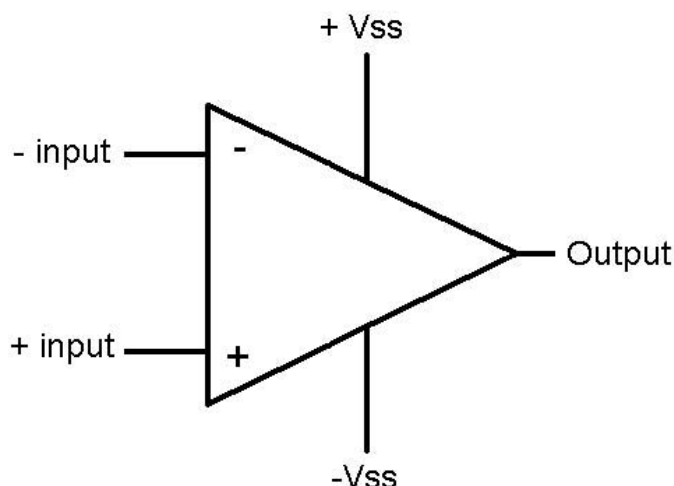


(c)

Σχήμα 3.3 α, β) Τυπική μορφή ανωδιαβατού φίλτρου γ) Ενίσχυση του φίλτρου.

3.2 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ

Για την ενεργητική επεξεργασία σήματος χρησιμοποιούμε ενεργά στοιχεία, όπως τρανζίστορ, τελεστικούς ενισχυτές (ΤΕ). Ένας τελεστικός ενισχυτής αποτελεί ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα με δύο εισόδους και μια έξοδο (Σχήμα 3.4)



Σχήμα 3.4 Τελεστικός Ενισχυτής (ΤΕ)

Ένας τελεστικός ενισχυτής λέγεται ιδανικός όταν ισχύουν ταυτόχρονα δύο προϋποθέσεις.

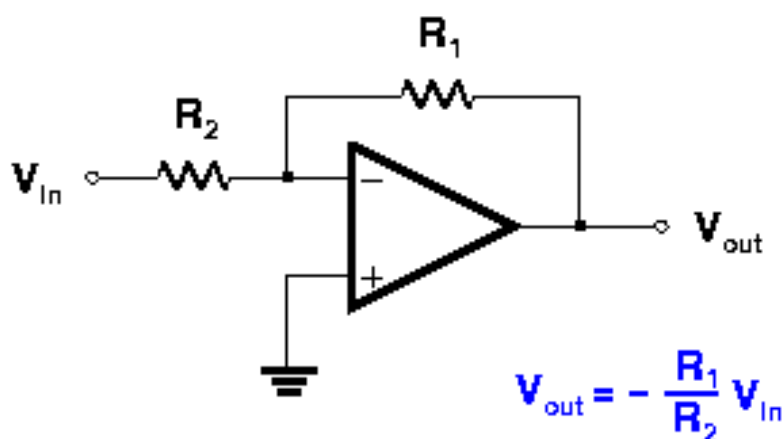
- Τα ρεύματα των δυο εισόδων προς το εσωτερικό του τελεστικού ενισχυτή είναι μηδέν. Δηλαδή $I_+ = I_- = 0$.
- Τα δυναμικά των δύο εισόδων είναι ίσια. Δηλαδή $V_+ = V_-$.

Από τα ανωτέρω είναι φανερό ότι ένας ιδανικός τελεστικός ενισχυτής παρουσιάζει άπειρη αντίσταση εισόδου και άπειρη ενίσχυση. Θα αναφέρουμε παρακάτω τις βασικές τοπολογίες του ΤΕ.

ΤΕ Αρνητικής Ενίσχυσης (Αναστρέφων)

Σε ένα τέτοιο ΤΕ το σήμα εισόδου εφαρμόζεται στην αναστρέφουσα είσοδο (-). Το σήμα στην έξοδο έχει αντίθετο πρόσημο από ότι το σήμα εισόδου. (σχήμα 3.5)

Negative gain op-amp



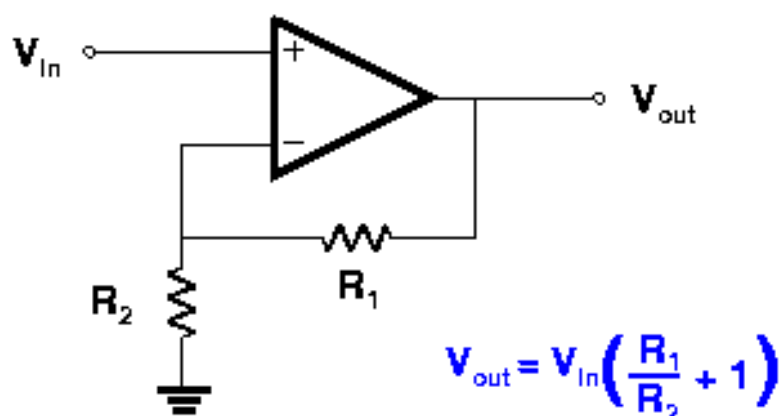
Σχήμα 3.5 Τελεστικός ενισχυτής αρνητικής ενίσχυσης.

Στο ανωτέρω σχήμα βλέπουμε ότι η αντίσταση R_1 παρέχει το αναγκαίο σήμα ανατροφοδότησης για πεπερασμένο κέρδος στην έξοδο. Η τάση εξόδου εξαρτάται από τις τιμές των δύο αντιστάσεων και έχει πρόσημο το αντίθετο της τάσης εισόδου, γεγονός από το οποίο έλαβε το όνομα ως αναστρέφων.

TE Θετικής Ενίσχυσης (Μη Αναστρέφων)

Σε αυτόν τον TE το σήμα εισάγεται από τον ακροδέκτη (+). Το σήμα εξόδου έχει το ίδιο πρόσημο με το σήμα εισόδου (σχήμα 3.6)

Positive gain op-amp

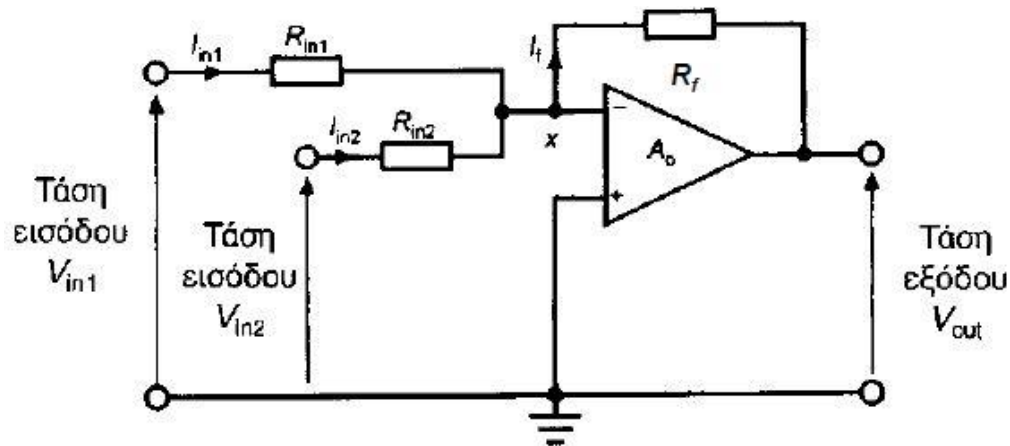


Σχήμα 3.6 Τελεστικός ενισχυτής θετικής ενίσχυσης.

Στον τελεστικός ενισχυτής θετικής ενίσχυσης το σήμα εισάγεται στην είσοδο (+). Το σήμα εξόδου εξαρτάται από τις R_1 και R_2 και έχει το ίδιο πρόσημο με το σήμα εισόδου. Η αντίσταση R_1 παρέχει την αναγκαία ανατροφοδότηση για ισορροπημένο κέρδος.

ΤΕ ως αθροιστής

Στον ΤΕ που λειτουργεί ως αθροιστής μπορούμε στην έσοδό του να εισάγουμε σήματα περισσότερα του ενός, το δε σήμα εξόδου αποτελείται από το άθροισμα των σημάτων εισόδου (Σχήμα 3.7).



Σχήμα 3.7 Ενισχυτής Άθροισης

Αποδεικνύετε ότι η τάση εξόδου δίνεται από την σχέση:

$$V_{out} = -R_f \cdot \left(\frac{V_{in1}}{R_{in1}} + \frac{V_{in2}}{R_{in2}} \right) \quad (10)$$

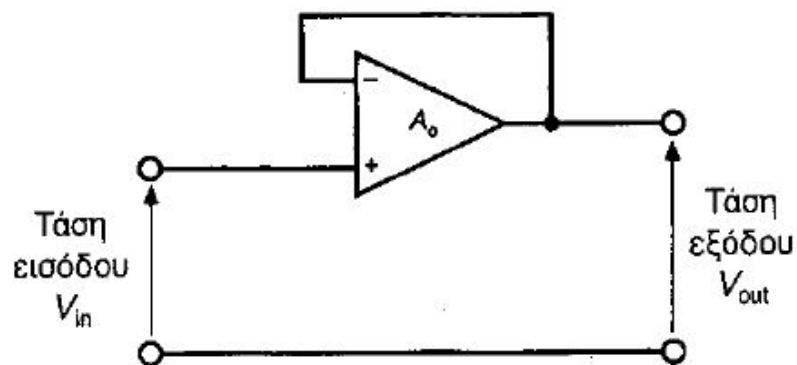
Εάν $R_{in1} = R_{in2} = R_f$:

$$V_{out} = -(V_{in1} + V_{in2}) \quad (11)$$

Από την σχέση (11) βλέπουμε ότι πράγματι το κύκλωμα προσθέτει τις δυο τάσεις εισόδου και τις αποδίδει στην έξοδο με αντίθετο πρόσημο (αναστρέφων αθροιστής). Η Άθροιση μπορεί να επεκταθεί σε περισσότερες των δυο εισόδων αν στον κόμβο x προστεθούν περισσότερες αντιστάσεις.

Ακολουθητής τάσης ή απομονωτής (buffer amplifier)

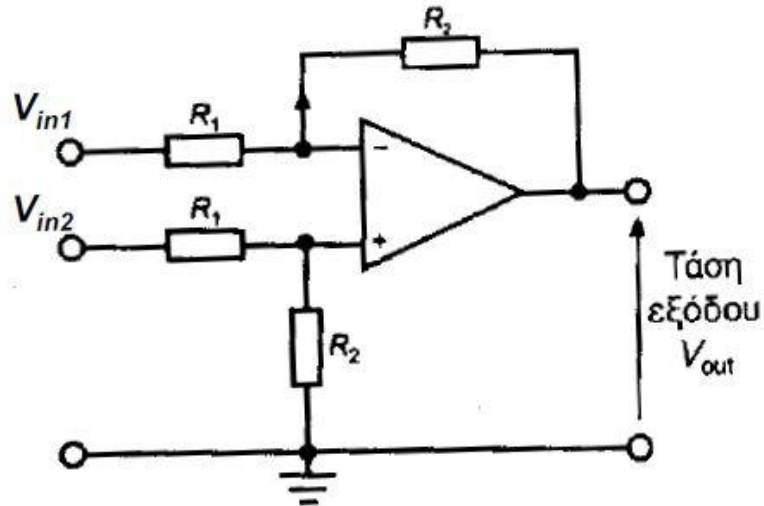
Η ιδιότητα της πολύ μεγάλης αντίστασης εισόδου του ΤΕ μας επιτρέπει να τον χρησιμοποιήσουμε ως απομονωτή (buffer amplifier). Σε πολλές εφαρμογές όπου ο αισθητήρας (πηγή) έχει πολύ μεγάλη αντίσταση και πρέπει να συνδεθεί σε φορτίο πολύ μικρής αντίστασης τότε ο ακολουθητής αναλαμβάνει το ρόλο της προσαρμογής των δυο αντιστάσεων. Η απολαβή του κυκλώματος είναι μοναδιαία που σημαίνει ότι η τάση εξόδου είναι ίση με την τάση εισόδου (Σχήμα 3.8).



Σχήμα 2.8 Ακολουθητής Τάσης

Ενισχυτής διαφοράς

Ο ενισχυτής διαφοράς ενισχύει μόνο εκείνα τα σήματα εισόδου που η διαφορά τους είναι διάφορη του μηδενός. Αν V_{in1} και V_{in2} είναι τα σήματα στις δυο εισόδους τότε η έξοδος του ΤΕ διαφοράς είναι:
 $V_{out} = K (V_{in2} - V_{in1})$. Σχήμα 3.9



Σχήμα 3.9 Ενισχυτής Διαφοράς

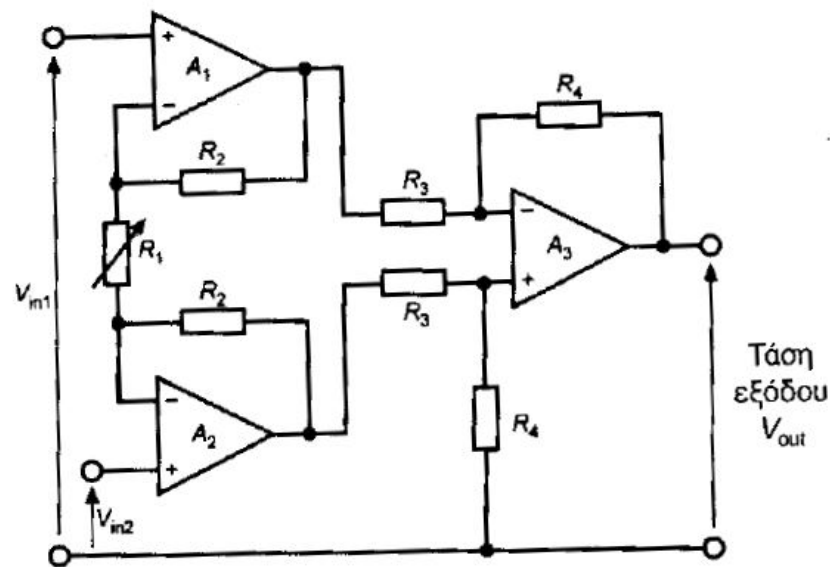
Με εφαρμογή της υπέρθεσης αποδεικνύεται ότι η τάση εξόδου είναι:

$$V_{out} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \cdot (V_{in2} - V_{in1}) \quad (12)$$

Οι ενισχυτές διαφοράς βρίσκουν εφαρμογή σε πολλούς τομείς, κυρίως στην κατασκευή οργάνων μέτρησης. Παράδειγμα έστω ένας αισθητήρας που παράγει στην έξοδό του ένα πολύ μικρό σήμα (1mV). Ωστόσο αν σε κάθε καλώδιο του αισθητήρα υπάρξει κάποια ανεπιθύμητο σήμα παρεμβολής (1V) τότε ο ενισχυτής θα απορρίψει το κοινό σήμα (1V-1V=0V) και θα ενισχύσει μόνο τη μικρή διαφορά του ωφέλιμου σήματος του ενός mV. Αποδεικνύεται ότι η αντίσταση εισόδου έχει πολύ μικρή τιμή πράγμα που αποτελεί μειονέκτημα αφού αυξάνεται η κατανάλωση του ρεύματος.

Ενισχυτής Οργανολογίας

Το πρόβλημα της χαμηλής αντίστασης εισόδου του προηγούμενου ενισχυτή μπορεί να επιλυθεί αν χρησιμοποιήσουμε για κάθε είσοδο V_{in1} και V_{in2} δυο ξεχωριστούς ΤΕ (σχήμα 3.10).



Σχήμα 3.10 Ενισχυτής Οργανολογίας

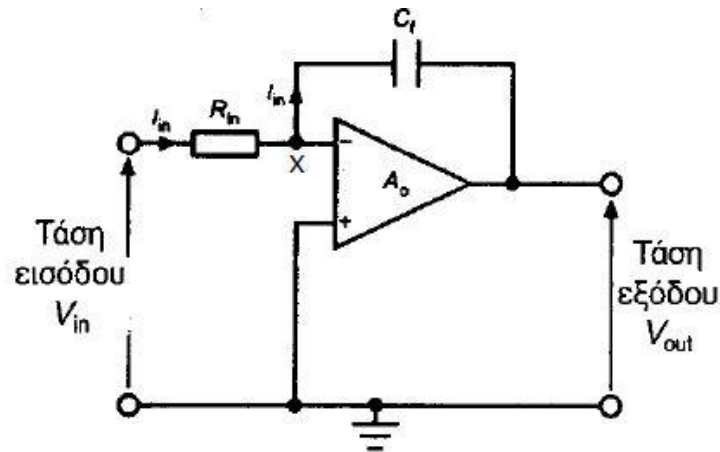
Τώρα οι εισοδοί V_{in1} και V_{in2} η κάθε μια βλέπει την άπειρη αντίσταση εισόδου του κάθε ενός τελεστικού ενισχυτή με αποτέλεσμα το σήμα να ρέει ανεπηρέαστα. Στη συνέχεια τα δυο σήματα από τις εξόδους των δυο ΤΕ οδηγούνται στον τρίτο ΤΕ που λειτουργεί σαν ενισχυτής διαφοράς ο οποίος λειτουργεί ενισχύοντας τη διαφορά των δυο σημάτων και απορρίπτει τα κοινά σήματα (common - mode signal). Αποδεικνύεται ότι η τάση εξόδου δίνεται από την σχέση:

$$V_{out} = \left(1 + 2 \cdot \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot \frac{R_3}{R_4} \cdot (V_{in2} - V_{in1}) \quad (13)$$

Η μεταβολή της αντίστασης R_1 μπορεί να ρυθμίζει την ενίσχυση καθώς και την απόρριψη σημάτων της ίδιας πολικότητας.

Ενισχυτής Ολοκλήρωσης (ολοκληρωτής Miller)

Έστω ότι η τάση εισόδου V_{in} είναι συνάρτηση του χρόνου t . Τότε ο ενισχυτής ολοκλήρωσης παράγει σήμα εξόδου V_{out} που αποτελεί το χρονικό ολοκλήρωμα της τάσης εισόδου (σχήμα 3.11)



Σχήμα 3.11 Ενισχυτής Ολοκλήρωσης Miller

Αποδεικνύεται ότι η τάση εξόδου δίνεται από τη σχέση:

$$V_{out} = -\frac{1}{R_{in} C_f} \int V_{in} dt \quad (14)$$

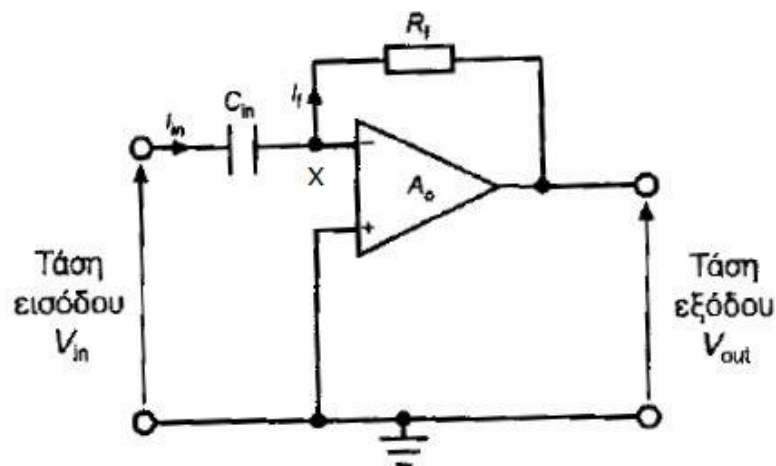
Εάν η τάση εισόδου είναι μία σταθερά τότε η τάση εξόδου μεταβάλλεται γραμμικά με τον χρόνο με σταθερή κλίση.

$$V_{out} = -\frac{V_{in} \cdot t}{R_{in} \cdot C_f} = -\frac{I_{in} \cdot t}{C_f} \quad (15)$$

Εφαρμογή έχουμε στους παλμογράφους δέσμης καθώς και στους σχεδιογράφους XY.

Ενισχυτής Διαφόρισης ή Διαφοριστής

Αν στο προηγούμενο κύκλωμα αλλάξουμε την θέση της αντίστασης με την θέση του πυκνωτή τότε το κύκλωμα που προκύπτει εκτελεί την πράξη της διαφορίσης (ολοκλήρωση) σχήμα 3.12



Σχήμα 3.12 Ενισχυτής Διαφόρισης

Μπορούμε να αποδείξουμε ότι η τάση εξόδου του ανωτέρω ενισχυτή δίνεται από την σχέση:

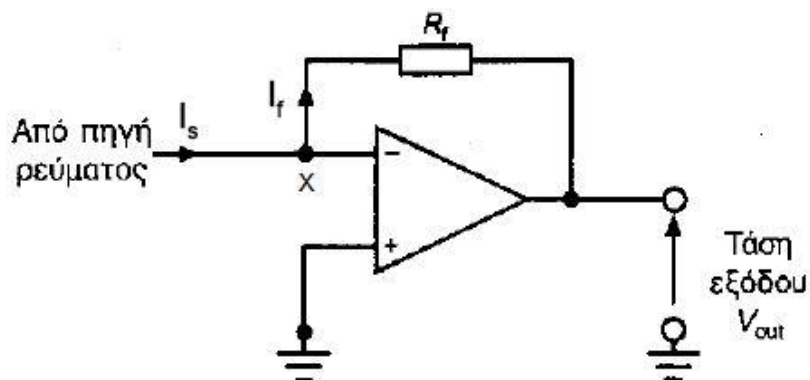
$$V_{out} = -R_f \cdot C_{in} \cdot \frac{dV_{in}}{dt} \quad (16)$$

Αν στην είσοδο θέσουμε μια σταθερή τάση τότε η έξοδος θα είναι μηδέν. Αν όμως η τάση εισόδου αυξάνεται γραμμικά με τον χρόνο τότε η έξοδος λαμβάνει μια σταθερή τιμή, όπως φαίνεται από την επόμενη σχέση:

$$V_{out} = -\frac{R_f \cdot C_{in} \cdot V_{in}}{t} \quad (17)$$

Μετατροπέας Ρεύματος σε Τάση

Υπάρχουν αισθητήρες που λειτουργούν ως ελεγχόμενες πηγές ρεύματος και θέλουμε το σήμα ρεύματος να μετατραπεί σε σήμα τάσης. Ένα κατάλληλο, για τον σκοπό αυτό κύκλωμα, είναι αυτό του σχήματος 3.13 .



Σχήμα 3.13 Μετατροπέας Ρεύματος σε Τάση

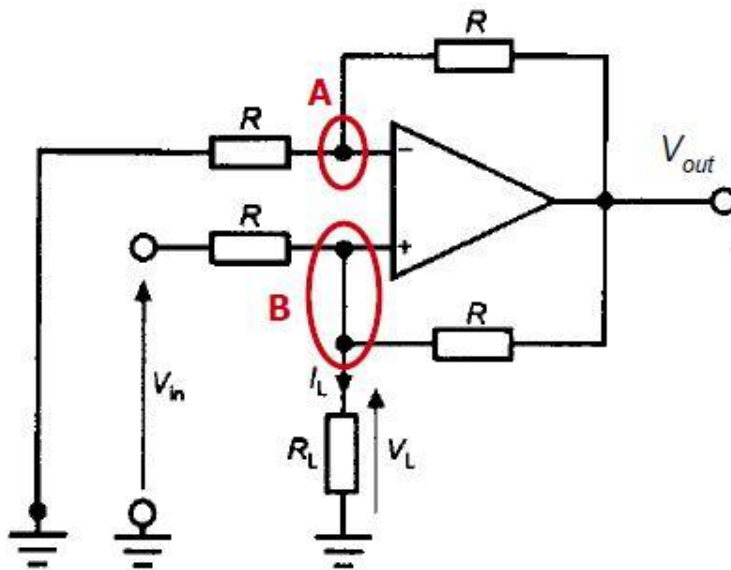
Με εφαρμογή του νόμου του Ohm πάνω στην R_f αποδεικνύεται ότι η τάση εξόδου είναι ανάλογη του ρεύματος εισόδου.

$$V_{out} = -I_s \cdot R_f \quad (18)$$

Ένα παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής είναι ο αισθητήρας φωτοδίοδος ο οποίος παράγει ρεύμα ανάλογο της έντασης της φωτεινής πηγής που προσπίπτει.

Μετατροπέας Τάσης σε Ρεύμα

Το σήμα που παράγει ένας αισθητήρας, έστω ότι είναι μια τάση και το σημείο ανίχνευσης με το σημείο αξιοποίησης της πληροφορίας απέχει μεγάλη απόσταση. Λόγο της αναπόφευκτης πτώσης τάσης κατά μήκος των καλωδίων η μεταφορά της πληροφορίας καθίσταται προβληματική. Αν όμως η πληροφορία μετατραπεί σε ρεύμα τότε το σήμα μεταφέρεται χωρίς απώλειες. Άρα μεταξύ αισθητήρα και σημείου αξιοποίησης της πληροφορίας συνδέουμε τον μετατροπέα τάσης σε ρεύμα (σχήμα 3.14)



Σχήμα 3.14 Μετατροπέας Τάσης σε Ρεύμα

Με τη βοήθεια του ΤΕ δημιουργούμε μια ελεγχόμενη πηγή ρεύματος εξόδου που ελέγχεται από την τάση εισόδου.

$$I_L = \frac{V_{in}}{R} \quad (19)$$

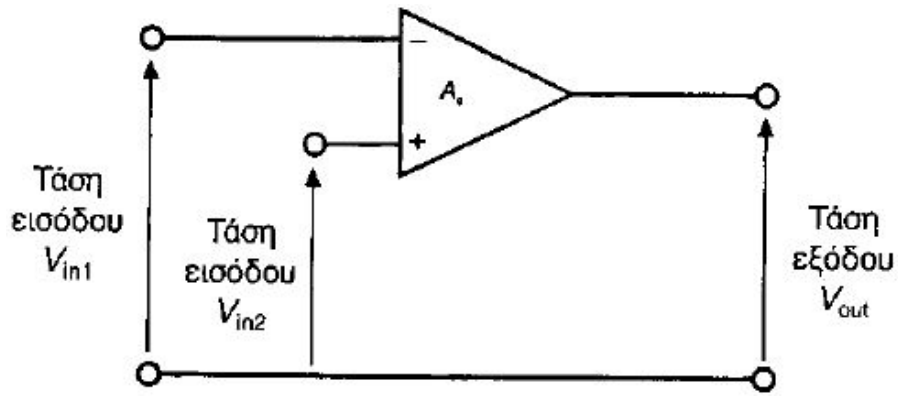
Παρατηρούμε ότι το ρεύμα εξόδου I_L στο φορτίο R_L είναι ανάλογος της τάσης εισόδου και δεν εξαρτάται από το φορτίο R_L .

Συγκριτής Τάσεων

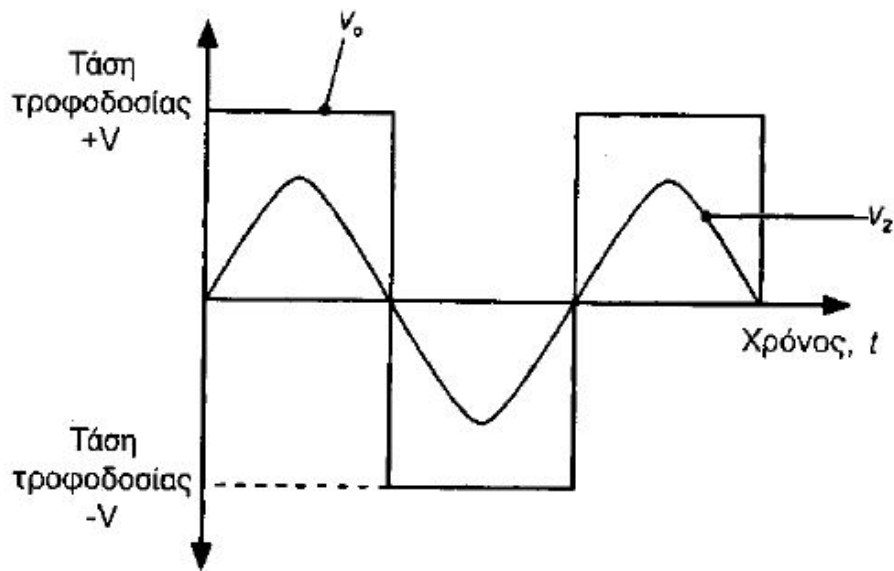
Στην περίπτωση του ΤΕ που λειτουργεί με ανοιχτό βρόχο (χωρίς ανατροφοδότηση) η ενίσχυση A_o λαμβάνει πολύ μεγάλη τιμή. Σε μια τέτοια περίπτωση η τάση εξόδου που δίνεται από τη σχέση,

$$V_{out} = A_o \cdot (V_{in2} - V_{in1}) \quad (20)$$

ακόμα και για μια ελάχιστη διαφορά των τάσεων εισόδου η τάση εξόδου οδηγείται σε πολύ μεγάλη τιμή. Βέβαια η πολύ μεγάλη τιμή στην πράξη είναι λίγο μικρότερη από την τάση τροφοδοσίας (σχήμα 3.15).



(a)



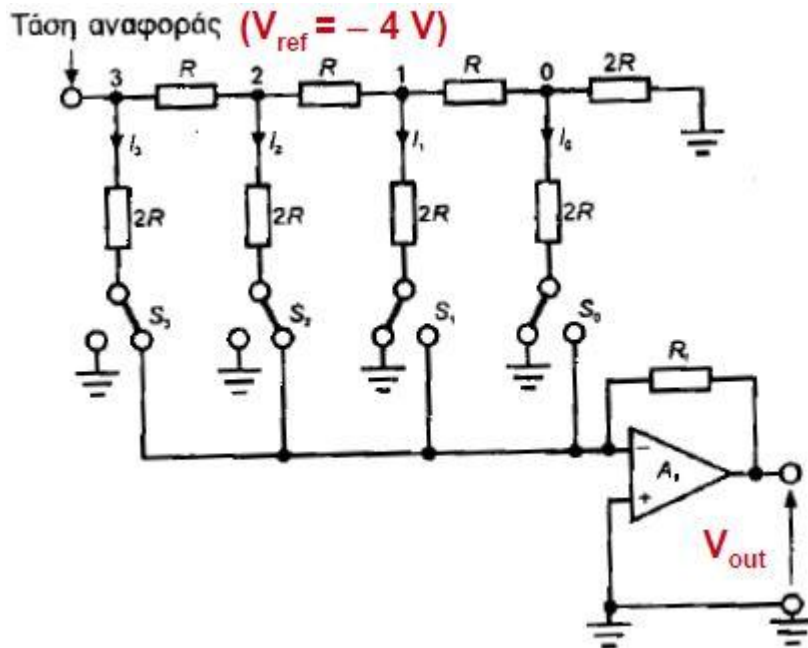
(b)

Σχήμα 3.15 a) Κύκλωμα συγκριτή τάσεων, b) Κυματομορφές τάσης εισόδου και εξόδου

Αν τη μια είσοδο του συγκριτή τη θέσουμε σε μηδέν volt (γη) και στην άλλη είσοδο θέσουμε μια ημιτονοειδή τάση τότε η έξοδος (κάθε φορά που η είσοδος διέρχεται από το μηδέν) θα λαμβάνει την θετική ή την αρνητική τάση τροφοδοσίας. Δηλαδή έχουμε την μετατροπή της ημιτονικής τάσης εισόδου σε τετραγωνική τάση εξόδου, της ίδιας συχνότητας.

Μετατροπέας Ψηφιακού Σήματος σε Αναλογικό

Αισθητήρες όπως οι οπτικοί κωδικοποιητές παράγουν ψηφιακά σήματα. Αν όμως ο τελικός έλεγχος αφορά αναλογικές συσκευές τότε πρέπει να το μετατρέψουμε σε αναλογικό σήμα. Ένας τέτοιος μετατροπέας είναι αυτός του σχήματος 3.16 .

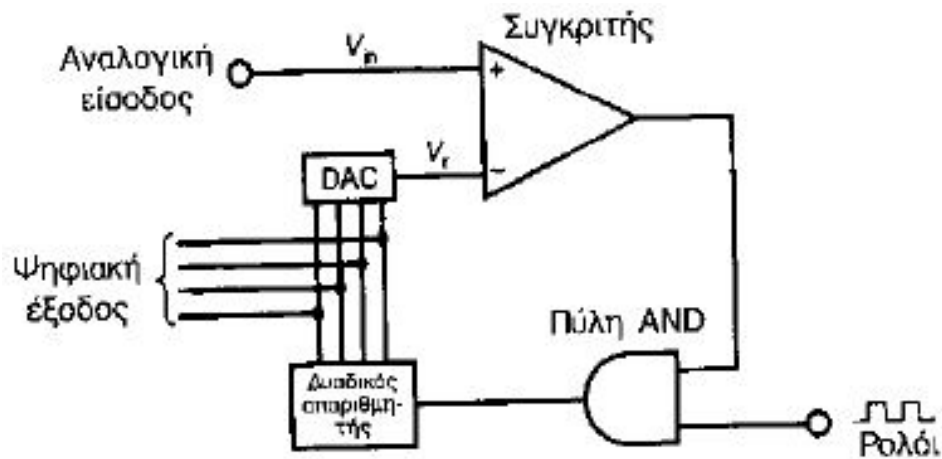


Σχήμα 3.16 Μετατροπέας Ψηφιακού Σήματος σε Αναλογικό

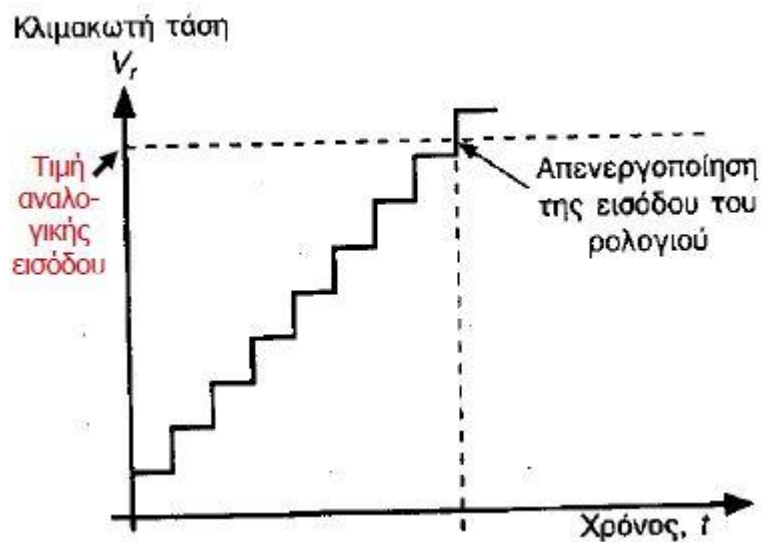
Ο μετατροπέας αυτός αποτελείται από ένα κλιμακωτό δίκτυωμα αντιστάσεων R και $2R$ καθώς και από μια τάση αναφοράς για την παραγωγή των ρευμάτων στους κλάδους. Ανάλογα με την θέση των διακοπών έχουμε και την παραγωγή ενός τετραψήφιου δυαδικού αριθμού. Διακόπτης κλειστός = 1 και διακόπτης ανοιχτός (γη) = 0. Για την θέση των διακοπών του παραπάνω κυκλώματος έχουμε τον διάδικο αριθμό 0011 όπου ο διακόπτης S_0 αντιστοιχεί στο LSB και ο διακόπτης S_3 στο MSB. Η διακριτική ικανότητα είναι $(V_{ref} / 2^n) = (4 / 2^4) = 0.25$. Όσο περισσότερα είναι τα bit του μετατροπέα η διακριτική ικανότητα θα καλυτερεύει και άρα αυξάνεται η ακρίβεια μετατροπής.

Μετατροπέας Αναλογικού Σήματος σε Ψηφιακό

Οι περισσότεροι αισθητήρες παράγουν αναλογικό σήμα. Αν το σήμα αυτό απαιτείται να επεξεργαστεί κατάλληλα (μέσω Η/Υ) τότε πρέπει αυτό να μετατραπεί σε αντίστοιχο ψηφιακό. Ένα τέτοιο κύκλωμα είναι αυτό του σχήματος 3.17 .



(a)



(b)

Σχήμα 2.17 a) Κύκλωμα b) Δείγματα των τιμών της τάσης εισόδου συναρτήσει του χρόνου.

Το αναλογικό σήμα εισόδου εισέρχεται σε έναν συγκριτή με σύγκριση αναφοράς την προηγούμενη ψηφιακή έξοδο. Το αποτέλεσμα της σύγκρισης (έξοδος του συγκριτή) οδηγείται δε μια πύλη AND ελεγχόμενη από ένα clock η έξοδος της πύλης οδηγείται σε έναν διάδικο απαριθμητή η έξοδος του οποίου αποτελεί το τελικό ψηφιακό σήμα.

Περίληψη:

Στο κεφάλαιο 3 έγινε μια σύντομη αναφορά στους διάφορους τρόπους ρύθμισης του σήματος των αισθητήρων καθώς και της προσαρμογής τους με τη χρήση T.E. Ακόμα αναφέρθηκαν και περιγράφηκαν οι βασικοί τύποι φίλτρων καθώς και τα χαρακτηριστικά τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ (ΕΦΑΡΜΟΓΗ) ΟΡΓΑΝΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΗΚΟΥΣ

Στο κεφάλαιο τούτο, που είναι και το τελευταίο θα προχωρήσουμε στην κατασκευή ενός οργάνου μέτρησης μικρών μετατοπίσεων μήκους της τάξεως των εκατοστών έως και ενός μέτρου περίπου. Το όργανο αυτό θα το ονομάσουμε ‘σεντίμετρο’. Το όνομα το συσχετίσαμε με το υποπολλαπλάσιο του μέτρου το centi ($1 \text{ centi} = 10^{-2}$). Για λόγους πληρότητας και συνοχής αυτής της εργασίας θα παρουσιάσουμε, αρχικά, όλα τα επιμέρους δομικά στοιχεία της κατασκευής του ‘σεντίμετρου’ (εξαρτήματα, υλικά, συσκευές κ.λπ.). Η παρουσίαση θα περιλαμβάνει τόσο την φυσική τους όψη (φωτογραφίες) όσο και τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά.

4.1 ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΡΑΒΔΟΣ ΕΔΡΑΣΗΣ

Πρόκειται για μια μεταλλική ράβδο κατασκευασμένη από χάλυβα διαστάσεων 1432x50x8 mm. Ο χάλυβας αυτός χαρακτηρίζεται ως **χάλυβας κατασκευών** επειδή περιέχει σχετικά μικρά ποσοστά από κράματα στοιχείων μαγγανίου Mn και χρωμίου Cr. Τέτοιος χάλυβας χρησιμοποιείται σε πλήθος κατασκευών όπως λέβητες, μεταλλικά δικτυώματα, άξονες μηχανών κ.λπ. Ανθίσταται σε μικρές και μεσαίες καταπονήσεις και σε συνδυασμό με την δυνατότητα εύκολης συγκόλλησης που διαθέτει (λόγω χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα) χρησιμοποιείται ευρέως σε βιομηχανικές κατασκευές (εικόνα 4.1).



Εικόνα 4.1 Μεταλλική Ράβδος

4.2 ΔΡΟΜΕΑΣ

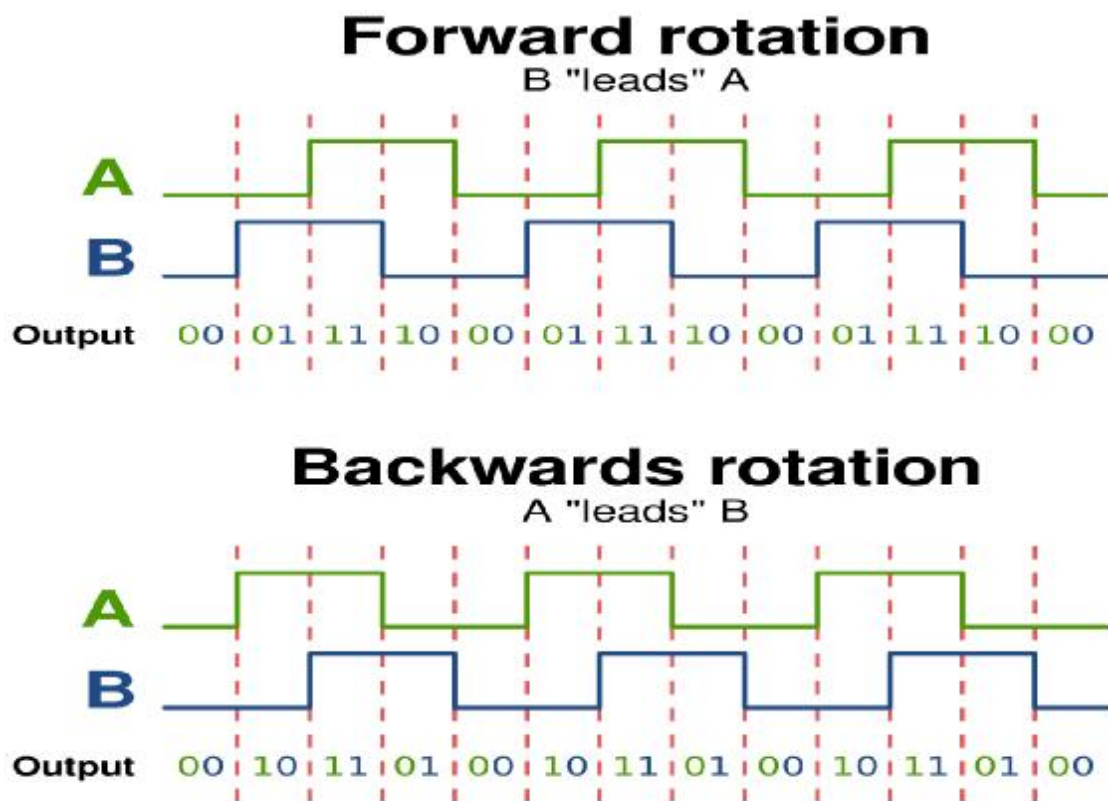
Ο δρομέας ένδειξης θέσης αποτελείται και αυτός από το ίδιο υλικό, όπως η υπόλοιπη ράβδος. Αυτός ‘αγκαλιάζει’ την ράβδο και έχει τη δυνατότητα να ολισθαίνει ελεύθερα επί αυτής επισημαίνοντας κάθε φορά το μήκος του αντικειμένου (εικόνα 4.2).



Εικόνα 4.2 Δρομέας

4.3 ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΗΣ

Για γραμμικό κωδικοποιητή (Linear Encoder) χρησιμοποιήσαμε της εταιρίας HONTKO CO , LTD το μοντέλο HLS-S-10-01 / FC 3000 1 που μας παραδόθηκε από το εργαστήριο ηλεκτρονικών του ΤΕΙ. Ο κωδικοποιητής αυτός παρέχει δυο εξόδους output A, output B. Πρόκειται για σήματα τετραγωνικών κυματομορφών το ύψος των οποίων καθορίζεται από την τάση τροφοδοσίας του τροφοδοτικού, η δε συχνότητα από την ταχύτητα κίνησης του δρομέα της βέργας. Παραθέτουμε τυπικές κυματομορφές εξόδου (σχήμα 4.1).



Σχήμα 4.1 Κυματομορφές εξόδου κωδικοποιητή.

Σχόλιο: Το πρόσημο της διαφοράς φάσης μεταξύ των δυο κυματομορφών μπορεί να δηλώσει τη φορά της κίνησης.

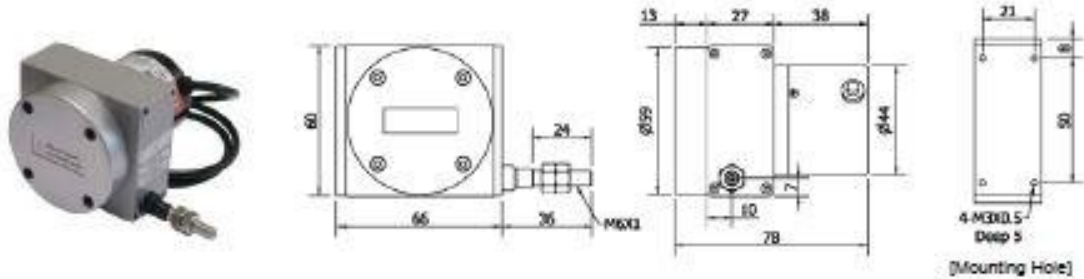


Εικόνα 4.4 Γραμμικός Κωδικοποιητής

Ακολουθούν αναλυτικά τεχνικά χαρακτηριστικά του γραμμικού κωδικοποιητή όπως αυτά καταγράφονται από την εταιρία κατασκευής.

HLS-S

LINEAR WIRE ENCODER



ELECTRICAL SPEC.

| | |
|-----------------------------------|---|
| Detection System | Incremental 增量型 |
| Output Wave 輸出波形 | Square Wave 方波 |
| Stroke (mm) 量測行程 | 1000 |
| Standard Resolution (mm/pulse) 解析 | 1, 0.1, 0.04 mm/pulse |
| Accuracy 精度 | ±0.05% FS, ±1 count |
| Output Phase 輸出相 | AB phase or ABZ phase |
| Electronics 電路特性 | NPN Voltage, NPN Open Collector, Push Pull or Line Driver |
| Power Supply 供應電源 | DC 8~26V, DC 5V fixed |
| Current Consumption 消耗電流 | ≈ 60 mA |
| Output Capacity 輸出容量 | Sync. Current: 20 mA, Residual Voltage: 0.5V or less |
| Max. Response 最大響應頻率 | 10K Hz ~ 50K Hz |
| Phase Different 相位差 | A, B phase different 90°±45° (T/4±T/8), Z phase T±T/2 |
| Wave Form Rise / Fall 波形上下時間 | 2 μs or less |
| Polarity 極性保護 | Against Reverse Protection (not with DC 5V) |

MECHANICAL SPEC.

| | |
|------------------------------|---|
| Wire Specification 線徑規格 | Material: SUS304 with nylon coating Diameter: 0.6 mm; Breaking load: 16 Kg |
| Max. Travel Speed 最大往復速度 | 1,000 mm / sec. |
| Vibration 震動 | 10g (10±1,500 Hz) |
| Shock 衝擊 | 20g per 11 ms |
| Cable 電線 | Ø4.5, 50 cm long |
| Weight 重量 | < 450g |
| Starting Torque on Spring 拉力 | Max. 700 g |

ORDERING INFORMATION

| | | | | | |
|-------|----------------------|--|----------------------------------|--|----------------------------------|
| HLS-S | Measuring Range 量測行程 | Resolution 解析 | Output Phase 輸出相 | Electronics 電路特性 | Supply Voltage 供應電源 |
| | 60 : 1000 mm | 1 : 1 mm 01 : 0.1 mm 004 : 0.04 mm | Blank: AB phase *Z: ABZ phase | Blank: NPN Voltage C: NPN Open-Collector PP: Push-Pull *L: Line Driver 5Vdc *HL: Line Driver 5-26Vdc | Blank: 8-26Vdc 5V: 5Vdc fixed |

Detection System: Πρόκειται για κωδικοποιητή αυξητικού τύπου (Σχήμα 2.16) όπου το σήμα εξόδου που παράγει είναι ένας συρμός 0 και 1. Δηλαδή μια δυαδική έξοδος. Η απαρίθμηση των άσσων 1 ή των μηδενικών 0 αντίστοιχα δηλώνει ότι έχει συμβεί μια γραμμική μετατόπιση.

Output Wave: Δηλώνει ότι η μορφή του σήματος εξόδου είναι ένα τετραγωνικό κύμα από άσσους και μηδενικά εναλλάξ με ίσους χρόνους υπό τον όρο η άκρη του νήματος (wire) να κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Stroke: Μπορεί να μετρήσει μέχρι 1000 mm (measuring range).

Standard Resolution: Έχει σταθερή διακριτική ικανότητα 0.1 mm/pulse ο συγκεκριμένος encoder (ordering information). Δηλαδή για μετατόπιση ενός μέτρου έχουμε παραγωγή 10000 παλμών.

Accuracy: Με τον τρόπο που δίνεται ως $\pm 0,05\%$ FS δηλαδή ένας πολύ μικρός εκατοστιαίος αριθμός δηλώνεται εδώ σαν το μέγιστο σφάλμα. Αν θέλουμε να εκφράσουμε ποσοτικά την ακρίβεια αυτή αναμένεται να είναι $A=1-0,05/100=0,999$ ή 99%

Output Phase: Από ordering information ότι έχει δύο εξόδους AB με διαφορά φάσης 90°

Electronics: Ομοίως από ordering information βλέπουμε ότι το σήμα εξόδου είναι τάση (voltage) που παρέχεται από τρανζίστορ τύπου NPN. Είναι η γνωστή τοπολογία με αντίσταση συλλέκτη και γειωμένο εκπομπό όπου το σήμα εισάγεται στη βάση του οδηγώντας το τρανζίστορ στον κόρο ή την αποκοπή (αντιστροφείας).

Power Supply: Η τάση τροφοδοσίας είναι από 8 έως 26VDC ή 5VDC fixed.

Current Consumption: Η συνολική κατανάλωση ρεύματος του encoder είναι μικρότερη από 60mA

Output Capacity: Το διαθέσιμο ρεύμα στην έξοδο είναι 20 mA που προορίζεται για την επόμενη βαθμίδα επεξεργασίας. Με μια παραμένουσα τάση 0,5VDC.

Max Response: Η απόκριση του σήματος εξόδου είναι από 10kHz έως 50kHz ανάλογα με την ταχύτητα που κινείται το νήμα παράγοντας αντίστοιχες κυματομορφές με περίοδο T από 0,1 ms(100μs) έως 20μs.

Phase Different: Η διαφορά φάσης των εξόδων AB είναι $90^\circ \pm 45^\circ$

Wave Form Rise/Fall: Η αποκατάσταση της τάσης στη μέγιστη τιμή (ρυθμός ανόδου), καθώς και η πτώση της διαρκεί 2μs (ρυθμός καθόδου)

Polarity: Δηλαδή διαθέτει προστασία για ανάστροφη τάση τροφοδοσίας, εκτός της περίπτωση των 5VDC fixed.


Για τα μηχανικά χαρακτηριστικά εν συντομία παρατηρούμαι ότι το νήμα είναι διαμέτρου 0,6 mm με μεγιστο μηχανικό φορτίο 16Kg. Μέγιστη ταχύτητα 1m / sec.

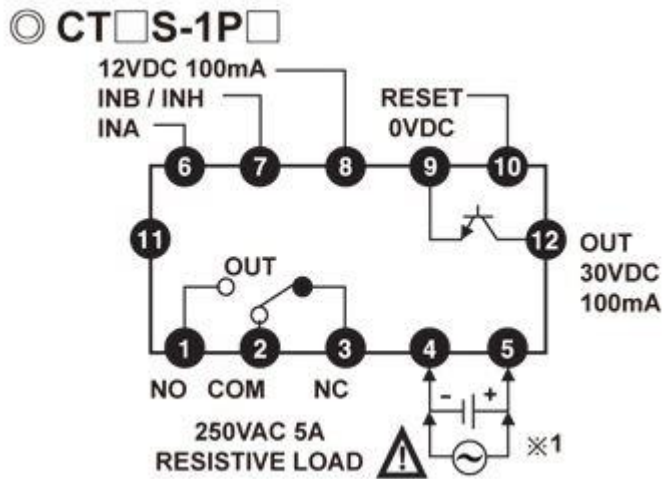
4.4 ΑΠΑΡΙΘΜΗΤΗΣ ΠΑΛΜΩΝ

Για απαριθμητή παλμών θα χρησιμοποιήσουμε τον CT6 της εταιρίας Autonics. Αυτός θα παραλάβει το σήμα εξόδου του γραμμικού κωδικοποιητή και μετρώντας τον αριθμό των εισαγόμενων παλμών θα το εμφανίσει στον ενδείκτη υπό μορφή δεκαδικών ψηφίων. Με κατάλληλη παραμετροποίηση του απαριθμητή παλμών η ένδειξη επί της οθόνης θα είναι σε μονάδες εκατοστών του μέτρου (cm). Παρακάτω φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του καθώς και η μορφή του.



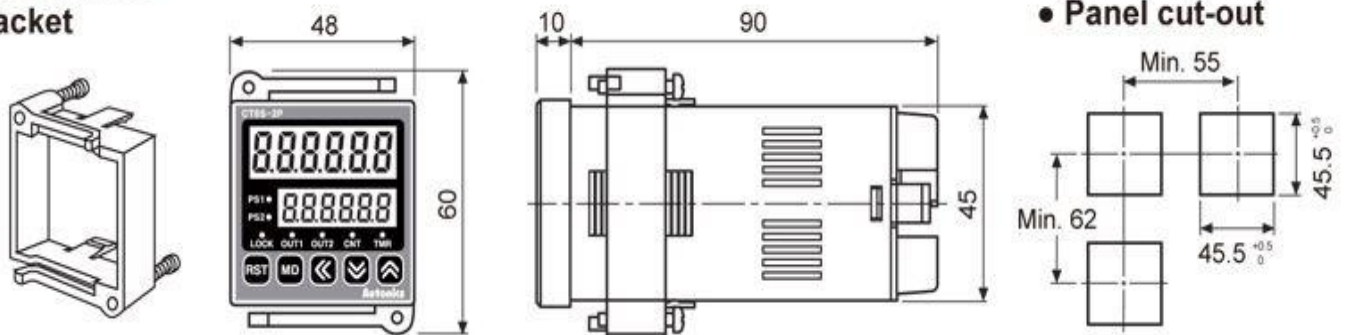
Εικόνα 4.5 Απαριθμητής Παλμών

| Series | | CTS | | CTY | CTM | |
|-----------------------------|---------------------|--|--|---|--|--------------------------|
| Digit | | 4 | 6 | 6 | 6 | |
| Model | Dual Preset | CT4S-2P□□ | CT6S-2P□□ | CT6Y-2P□□ | CT6M-2P□□ | |
| | Single Preset | CT4S-1P□□ | CT6S-1P□□ | CT6Y-1P□□ | CT6M-1P□□ | |
| | Single Preset | — | CT6S-1□□ | CT6Y-1□□ | CT6M-1□□ | |
| Digit size | Single Preset | 11mm | 10mm | 10mm | 13mm | |
| | Single Preset | 8mm | 7mm | 7mm | 9mm | |
| Power Supply | AC power | 100-240VAC 50/60Hz | | | | |
| | AC/DC power | 24VAC 50/60Hz, 24-48VDC | | | | |
| Allowable voltage range | | 90 to 110% of rated voltage | | | | |
| Power consumption | AC power | Max. 12VA (100-240VAC 50/60Hz) | | | | |
| | AC/DC power | Max. 10VA (24VAC 50/60Hz), Max. 8W (24-48VDC) | | | | |
| INA/INB Max. counting speed | | Selectable 1cps / 30cps / 1kcps / 5kcps / 10kcps | | | | |
| Min. input signal width | Counter | Reset signal: Selectable 1ms, 20ms | | | | |
| | Timer | INA, INB RESET: Selectable 1ms, 20ms | | | INA, INH, RESET, INHIBIT, BATCH RESET: Selectable 1ms, 20ms | |
| Input | | Selectable voltage input or No-voltage input [Voltage input] Input impedance is 5.4kΩ, 'H' level: 5-30VDC, 'L' level: 0-2VDC [No-voltage input] Short-circuit impedance: Max. 1kΩ, Residual voltage: Max. 2VDC | | | | |
| One-shot output | | Count, timer: Selectable 0.01s to 99.99s | | | | |
| Control output | Without com. | Contact output | Dual preset: SPST (1a) 2EA Single preset: SPDT (1c) 1EA | Dual preset: SPST (1a) 1EA, SPDT (1c) 1EA Single preset: SPDT (1c) 1EA | | |
| | | Solid state output | Dual preset: 1NPN open collector Single preset: 1NPN open collector | | Dual preset: 3NPN open collector Single preset: 2NPN open collector | |
| | Without com. | Contact output | Dual preset: SPST (1a) 2EA Single preset: SPDT (1c) 1EA | | Dual preset: SPST (1a), SPDT (1c) Single preset: SPDT (1c) | |
| | | Solid state output | — | Dual preset: - Single preset: 1NPN open collector | Dual preset: 2NPN open collector Single preset: 2NPN open collector | |
| | Without com. | Contact output | 250VAC 5A resistive load | | 250VAC 3A resistive load | 250VAC 5A resistive load |
| | | Solid state output | 30VDC Max. 100mA Max. | | | |
| External sensor power | | 12VDC ±10%, 100mA Max. | | | | |
| Memory retention | | 10years (When using non-volatile semiconductor memory type) | | | | |
| Timer | Repeat error | | | | | |
| | SET error | Power ON Start: Max. ±0.01% ±0.05 sec | | | | |
| | Voltage error | Signal Start: Max. ±0.01% ±0.03 sec | | | | |
| | Temperature error | | | | | |
| Insulation resistance | | Min. 100MΩ (500VDC Megger) | | | | |
| Dielectric strength | | 2,000VAC 50/60Hz for 1minute | | | | |
| Noise strength (AC Power) | | ±2kV the square wave noise (pulse width: 1μs) by the noise simulator | | | | |
| Vibration | Mechanical | 0.75mm amplitude at frequency of 10 to 55Hz (for 1 min.) in each X, Y, Z direction for 1 hour | | | | |
| | Malfunction | 0.5mm amplitude at frequency of 10 to 55Hz (for 1 min.) in each X, Y, Z direction for 10 min. | | | | |
| Shock | Mechanical | 300m/s ² (approx. 30G) in each X, Y, Z direction for 3 times | | | | |
| | Malfunction | 100m/s ² (approx. 10G) in each X, Y, Z direction for 3 times | | | | |
| Relay | Mechanical | Min. 10,000,000 operations | | | | |
| Life cycle | Electrical | Min. 100,000 operations | | | | |
| Protection structure | | IP65 (Front panel only) | | | | |
| Environment | Ambient temperature | -10 to 55°C, storage: -25 to 65°C | | | | |
| | Ambient humidity | 35 to 85%RH, storage: 35 to 85%RH | | | | |
| Approval | |  | | | | |
| Unit weight | | Approx. 159g | | Approx. 149g | Approx. 253g | |



Διάγραμμα συνδεσμολογίας ακροδεκτών του απαριθμητή

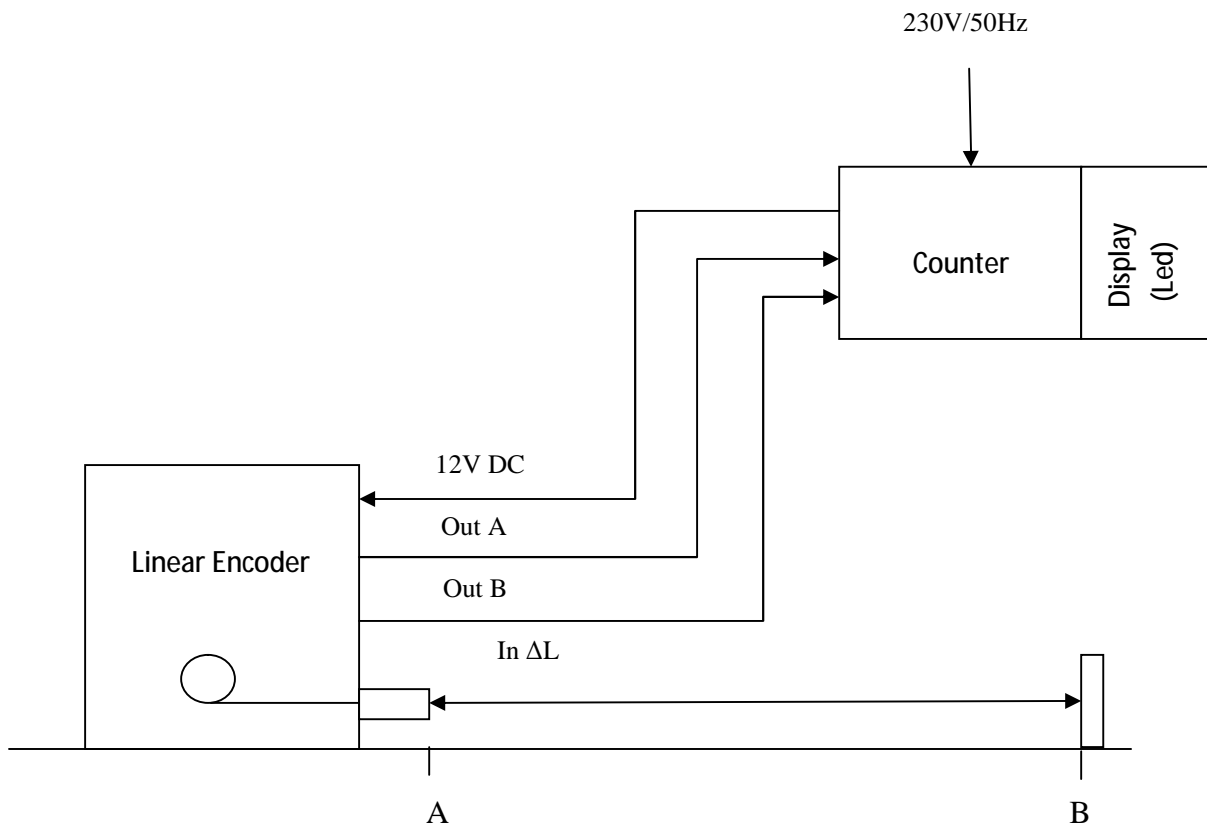
○ CTS Series
● Bracket



Διαστασιολόγηση του απαριθμητή

Το μοντέλο που χρησιμοποιήσαμε είναι το CT6 με τάση τροφοδοσίας από 100 έως 240VAC 50/60Hz με 6 ψηφία, με κατανάλωση ισχύος 10VA. Το σήμα στις εισόδους A και B ορίζεται στα 0-2VDC για low level και στα 5-30VDC για high level, δηλαδή τα αντίστοιχα 0 και 1. Η αντίσταση εισόδου των A και B ορίζεται στα 5,4kΩ.

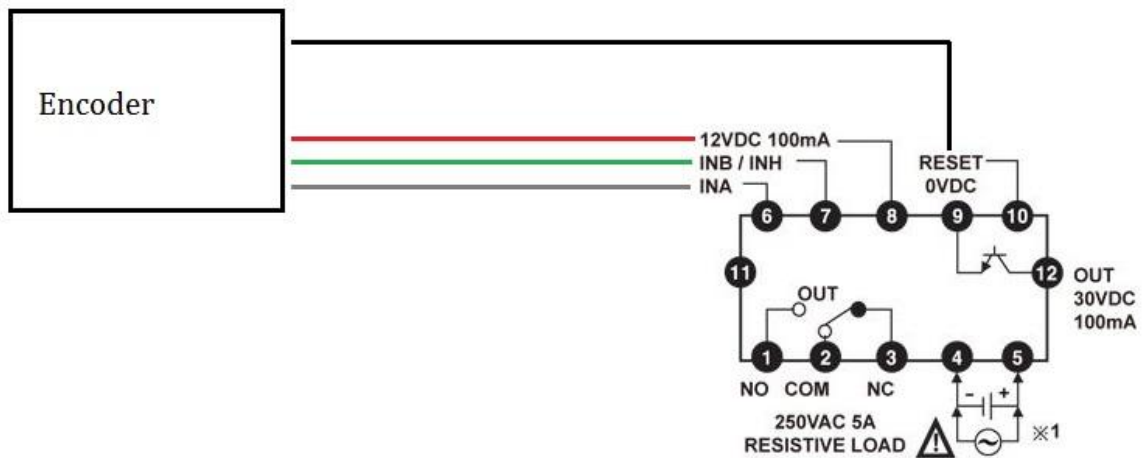
Block Διάγραμμα του συστήματος μέτρησης μικρών μετατοπίσεων.



Σχόλια:

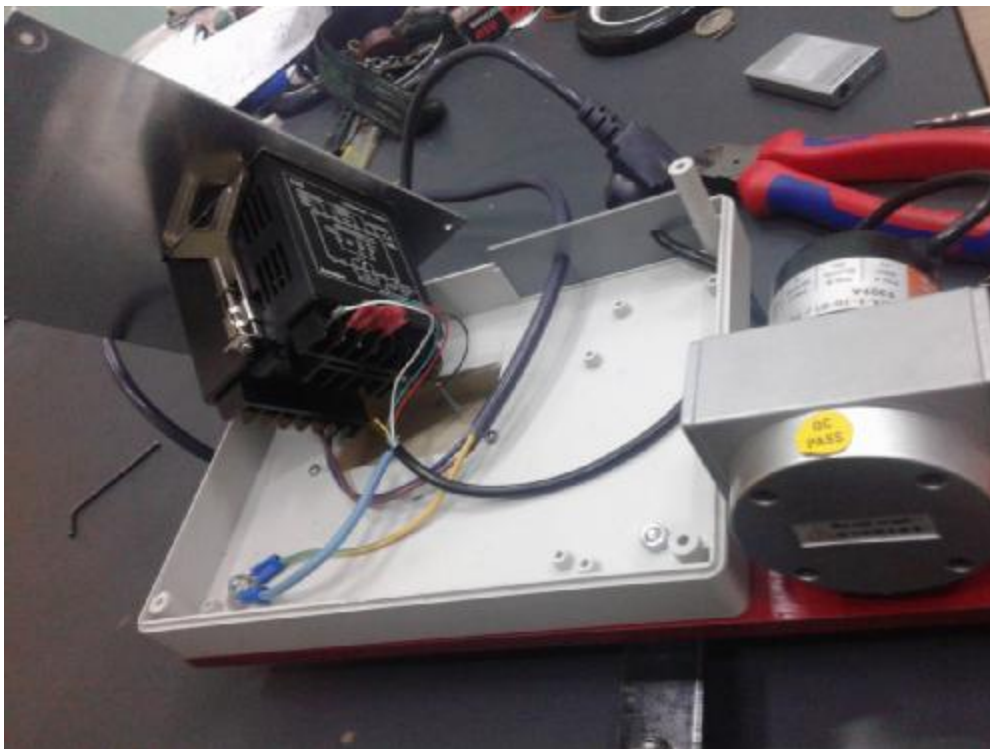
Αριστερά φαίνεται ο γραμμικός κωδικοποιητής με τον οπτικό δίσκο. Η είσοδος του In ΔL αποτελείται από νήμα μεταβλητού μήκους στο άκρο του οποίου κινείται ο ενδείκτης μέτρησης επι του ωφέλιμου μήκους A-B. Στο κέντρο και πάνω φαίνεται ο απαριθμητής παλμών καθώς και η ενσωματωμένη μονάδα απεικόνισης του μετρούμενου μήκους (Display). Ο απαριθμητής παλμών που τροφοδοτείται με 230VAC/50Hz παράγει πλην των άλλων και μία τάση 12VDC χρήσιμη για την τροφοδοσία του οπτικού κωδικοποιητή. Οι δύο έξοδοι του οπτικού κωδικοποιητή Out A και Out B εισάγονται στον απαριθμητή.

Ηλεκτρικό κύκλωμα συνδεσμολογίας Encoder και απαριθμητή



Σχόλιο:

Να σημειώσουμε εδώ ότι ο απαριθμητής παρέχει και δύο εξόδους μη χρησιμοποιούμενες στην παρούσα εφαρμογή. Η μία έξοδος είναι ψηφιακή αποτελούμενη από ρελέ 250VAC/5A. Η άλλη είναι αναλογική 30VDC/100mA.



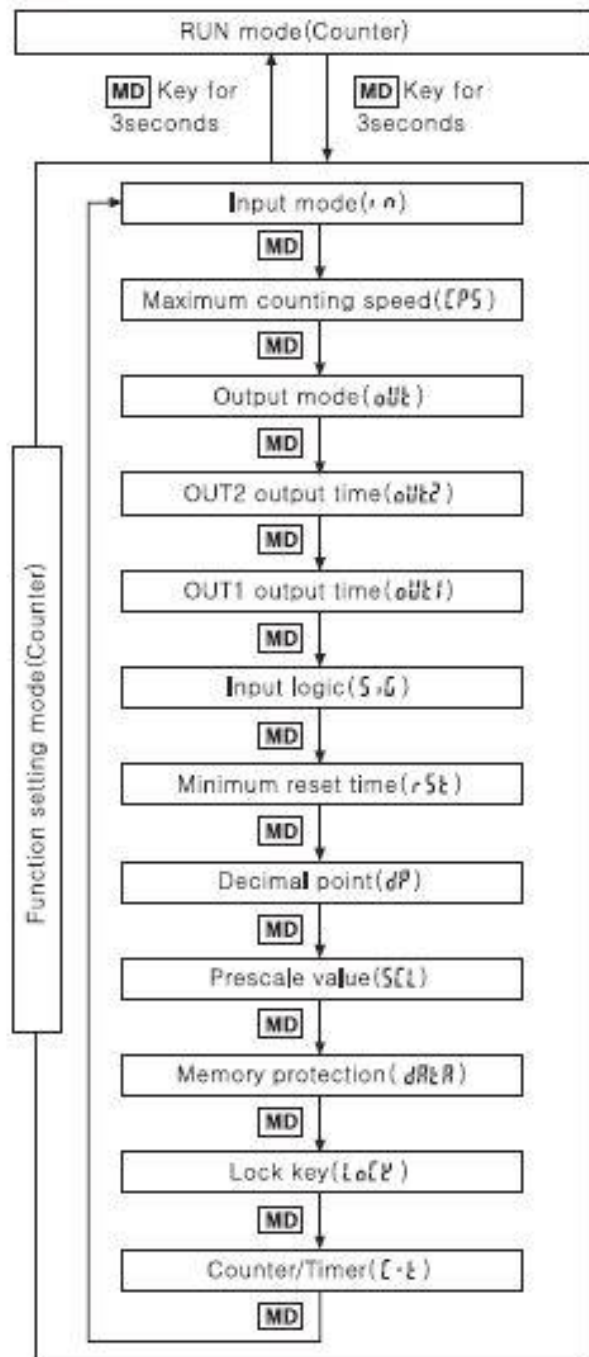
Εικόνα 4.6 Συνδεσμολογία Encoder και απαριθμητή

Παραμετροποίηση του απαριθμητή

Παραθέτουμε διάγραμμα ροής παραμετροποίησης του απαριθμητή όπως αυτή παρέχεται στις σχετικές οδηγίες του κατασκευαστή (Autonics).

■ Counter mode

○ Operation mode in Counter



Όπως φαίνεται από το παραπάνω διάγραμμα για εισαγωγή των παραμέτρων πατάμε το πλήκτρο MD για 3sec. Πιέζοντας κάθε φορά το πλήκτρο MD αλλάζει παραμέτρους από την Input Mode μέχρι την Counter/Timer. Οι παράμετροι επαναλαμβάνονται έως ότου πατηθεί το πλήκτρο MD για 3sec και να επανέλθω στην αρχική οθόνη.

Στην παράμετρο **Input Mode** θέσαμε την τιμή Ud-C πράγμα το οποίο σημαίνει πως μετράει τη διαφορά φάσης των σημάτων AB από το σημείο μηδενισμού (διαθέτει reset) και μετά.

Στην παράμετρο **Maximum Counting Speed** που δηλώνει την ταχύτητα μέτρησης των ψηφίων την θέσαμε στο μέγιστο (10y) που σημαίνει 10000 ψηφία ανά δευτερόλεπτο. Αυτή η ρύθμιση είναι συμβατή με την έξοδο του κωδικοποιητή όπου όπως είδαμε στην σχετική του ανάλυση αυτός παράγει 10000 παλμούς για να μετρήσουμε 1 μέτρο (1000mm). Επιπλέον η ρύθμιση είναι σύμφωνη και με την διακριτική ικανότητα του encoder που όπως είδαμε είναι 0,1 mm/pulse.

Στην παράμετρο **Decimal Point** ρυθμίζω την θέση της υποδιαστολής στα 6 ψηφία. Αυτή τέθηκε στα 2 ψηφία αριστερά.

Στην παράμετρο **Prescale Value** ρυθμίζω την μονάδα μέτρησης που θα εμφανιστεί στην οθόνη σε συνδυασμό με την προηγούμενη παράμετρο **Decimal Point**. Αυτή ρυθμίστηκε στο 0,01. Αφού λάβαμε υπ' όψιν την διακριτική ικανότητα του encoder που είναι 0,1 mm/pulse. Το τελικό αποτέλεσμα επί της οθόνης εμφανίζεται σε εκατοστά πριν την υποδιαστολή και ακολουθούν 2 ψηφία που εκφράζουν τα χιλιοστά. Η παράμετρος αυτή έχει την ικανότητα να πολλαπλασιάζει ή να διαιρεί την είσοδο του counter ανάλογα με το επιθυμητό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ. Peter Elgar BSc. εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ 2003.
2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ . Σημειώσεις Διδασκαλίας Δρ. Λάμπρος Μπισδούνης e class teipat 2009.
3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ Σημειώσεις Διδασκαλίας Δρ. Χατζηγεωργίου Αντώνης www.ee.teihal.gr 2005-2006
4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ. Σ. Λουτρίδης. Εκδόσεις ΙΩΝ 2008.
5. MICROELECTRONICS CIRCUITS. Sendra / Smith 5th Edition, Επιστημονική επιμέλεια Γ.Ε. Παπαπάνος. Εκδόσεις Παπασωτηρίου 2010.
6. ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ. Κ. Καλοβρέκτης / Ν. Κατέβα. Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ 2014.
7. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ. Κ. Καλαϊντζάκη / Ε. Κουτρούλη. Εκδόσεις Κλειδάριθμος 2010.
8. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ Ι. Γιάννης Χαριτάντης Καθ. Παν. Πατρών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις ΑΡΑΚΥΝΘΟΣ 2006
9. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ. Tran Tien Lang. Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ