

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1494

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΟΓΚΟΥ ΥΓΡΟΥ
**IMPLEMENTATION OF A LIQUID VOLUME
MEASUREMENT DIGITAL SYSTEM**

ΠΕΤΡΑΙΝΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΘΗΒΑΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΜΠΙΣΔΟΥΝΗΣ ΛΑΜΠΡΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη και η υλοποίηση (κατασκευή) ενός ψηφιακού συστήματος μέτρησης όγκου υγρού. Το σύστημα που θα υλοποιηθεί θα περιλαμβάνει μια κυλινδρική δεξαμενή ύψους ενός (1) μέτρου και διαμέτρου δεκατριών (13) περίπου εκατοστών, στο εσωτερικό της οποίας θα τοποθετηθούν κατ' ύψος δέκα (10) ισαπέχουσες μεταλλικές ακίδες. Ο μέγιστος όγκος που θα υποδεικνύεται από το σύστημα θα είναι 10 λίτρα. Το σύστημα θα περιλαμβάνει επίσης έναν κωδικοποιητή (encoder) 74HC147 10-σε-4, έναν αποκωδικοποιητή BCD-σε-επτά-τμήματα (BCD-to-seven-segment) και έναν ενδείκτη επτά τμημάτων (seven-segment-display) κοινής καθόδου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη και η υλοποίηση (κατασκευή) ενός ψηφιακού συστήματος μέτρησης όγκου υγρού. Αρχικά θα παρουσιαστεί διεξοδική ανασκόπηση των αισθητήρων και συστημάτων μέτρησης όγκου και στάθμης υγρών. Το σύστημα που θα υλοποιηθεί θα περιλαμβάνει μια κυλινδρική δεξαμενή ύψους ενός (1) μέτρου και διαμέτρου δεκατριών (13) περίπου εκατοστών, στο εσωτερικό της οποίας θα τοποθετηθούν κατ' ύψος δέκα (10) ισαπέχουσες μεταλλικές ακίδες. Η τοποθέτηση των ακίδων θα γίνει έτσι ώστε, σε κάθε ακίδα να αντιστοιχεί όγκος υγρού που θα ισούται με ένα ακέραιο πολλαπλάσιο του ενός λίτρου. Ο μέγιστος όγκος που θα υποδεικνύεται από το σύστημα θα είναι 10 λίτρα. Το σύστημα θα περιλαμβάνει επίσης έναν κωδικοποιητή (encoder) 74HC147 10-σε-4, έναν αποκωδικοποιητή BCD-σε-επτά-τμήματα (BCD-to-seven-segment) και έναν ενδείκτη επτά τμημάτων (seven-segment-display) κοινής καθόδου. Τέλος, απαραίτητος είναι και ο σχεδιασμός και υλοποίηση ενός κυκλώματος προσαρμογής μεταξύ των ακίδων της δεξαμενής και του κωδικοποιητή που θα χρησιμοποιηθεί. Ολοκληρώνοντας την υλοποίηση της κατασκευής θα διενεργηθεί συλλογή μετρήσεων όγκου καθώς και μελέτη των σφαλμάτων που εισάγονται

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ I

ΠΕΡΙΛΗΨΗ II

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 9

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....

ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ..... 9

1.1. Η δομή ενός συστήματος μέτρησης..... 10

1.2. Στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων..... 12

1.3. Δυναμικά χαρακτηριστικά αισθητήρων..... 18

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΜΕΤΡΗΣΗΣ..... 20

2.1. Μέτρηση Μετατόπισης..... 21

2.1.1. Είδη Μετρητών Μετατόπισης..... 21

2.2. Μέτρηση Θερμοκρασίας..... 24

2.2.1. Είδη Μετρητών Θερμοκρασίας..... 24

2.3. Μέτρηση Πίεσης..... 27

2.3.1. Είδη Μετρητών Πίεσης..... 27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 29

ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ 29

3.1. Επαγωγικοί, Χωρητικοί και Μαγνητικοί Αισθητήρες..... 29

3.2. Αισθητήρες Laser..... 30

3.3. Αισθητήρες Πίεσεως..... 30

3.4. Αισθητήρες Θερμοκρασίας..... 31

3.5. Αισθητήρες Υγρασίας..... 31

3.6. Αισθητήρες ταχύτητας..... 32

3.7. Αισθητήρες Ανίχνευσης Αερίων..... 32

3.8. Αισθητήρες Στάθμης..... 32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 34

ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΓΡΩΝ..... 34

4.1 Μέθοδοι Μέτρησης Στάθμης Υγρών..... 34

4.2 Αναλυτική παρουσίαση των αισθητήρων μέτρησης στάθμης..... 36

4.2.1 Σημειακή μέτρηση στάθμης..... 37

4.2.2 Συνεχής μέτρηση στάθμης..... 39

4.3 Μέτρηση στάθμης σε δεξαμενές διαφόρων σχημάτων..... 42

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 43

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ..... 43

5.1 Τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός κολλητηριού..... 44

5.2 Πως γίνεται η κόλληση..... 45

5.3 Τοποθέτηση Ηλεκτρονικών Στοιχείων στην Πλακέτα (PCB)..... 46

5.4 Η τέλεια κόλληση..... 46

5.5 Έλεγχος κολλήσεων..... 48

5.6 Μέθοδοι αποσυγκόλλησης..... 48

5.7 Άλλοι τύποι κολλητηριών..... 49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6
Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ .	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7
Η ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8
Η ΠΟΡΕΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	58
8.1 Η κατασκευή.....	58
8.2 Το Circuit Maker	66
8.3 Το ProtoMat S63	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9
ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ.....
ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΣΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ.....	70
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.....	74
ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗCΤ147	74
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.....	78
ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΒC547.....	78
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.....	81
ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ CD4511B.....	81
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.....	86
ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΤOΣ8102	86
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5.....	87
ΤΟ ΔΟΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ
ΤΥΠΩΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ	87
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6.....	88
Η ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	88
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	89

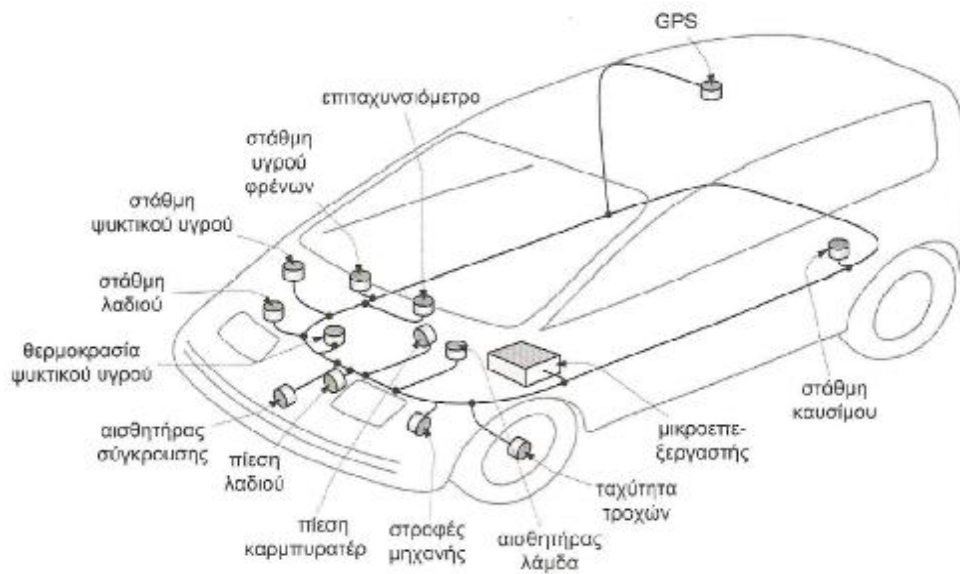
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έννοια των αισθητήρων είναι συνυφασμένη με τον άνθρωπο. Το μάτι και το αυτί είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα: το πρώτο ανιχνεύει τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και το δεύτερο τον ήχο, δηλαδή ένα κύμα πίεσης.

Με το πέρασμα των χρόνων ο άνθρωπος συνειδητοποιεί ότι χρειάζεται όργανα μέτρησης για να αντιμετωπίσει καθημερινά πρακτικά προβλήματα, όπως τη μέτρηση του μήκους, του βάρους ή του όγκου. Για το λόγο αυτό άρχισε να χρησιμοποιεί συστήματα μέτρησης. Ενδεικτικά αναφέρουμε, Τα πρώτα θερμομέτρα ονομάστηκαν θερμοσκόπια από τους αρχαίους Έλληνες Ήρωνα και Φίλωνα που φέρονται να είχαν επινοήσει τέτοια όργανα για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Η αρχή λειτουργίας του πρώτου θερμομέτρου βασιζόταν στη μεταβολή των διαστάσεων των σωμάτων με την θερμοκρασία.

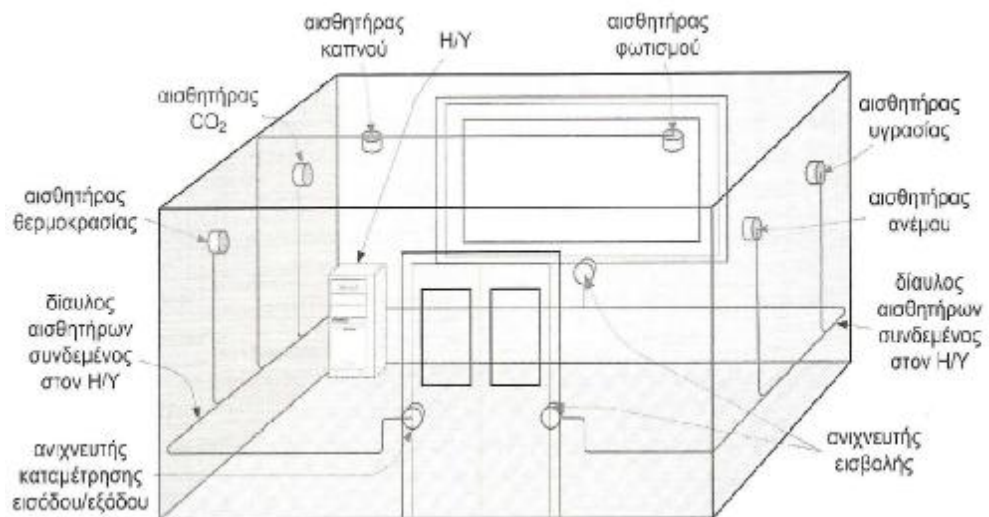
Οι πρώτοι αισθητήρες και τα όργανα μέτρησης ήταν μηχανικά. Η ανακάλυψη του ηλεκτρισμού οδήγησε στην ανάπτυξη ηλεκτρικών αισθητήρων, των οποίων η έξοδος ήταν αναλογικό σήμα. Με την ανάπτυξη των ημιαγωγών δημιουργήθηκαν αισθητήρες ημιαγωγών καθώς και ψηφιακά όργανα μέτρησης. Για να συνειδητοποιήσει κανείς τη ραγδαία εξέλιξη στον τομέα των αισθητήρων αρκεί να θυμηθεί, ότι τα αυτοκίνητα παραγωγής της δεκαετίας του '60 και του '70 περιλάμβαναν δύο μόνο απλούς ηλεκτρικούς αισθητήρες: έναν για την μέτρηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού και έναν δεύτερο για την μέτρηση της στάθμης του καυσίμου. Αντίθετα, τα σύγχρονα αυτοκίνητα διαθέτουν πολλαπλάσιους αισθητήρες (αρκετοί από τους οποίους φαίνονται στην παρακάτω εικόνα) που χρησιμοποιούνται:

- § Για τη μέτρηση της πίεσης των ελαστικών
- § Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα εισαγωγής,
- § Για την ανίχνευση βροχής
- § Για τη μέτρηση της φωτεινότητας του περιβάλλοντος,
- § Για την ανάγκη ενεργοποίησης των ζωνών ασφαλείας και των αερόσακων
- § Για την ανάγκη ενεργοποίησης του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των τροχών και για πληθώρα άλλων αναγκών



Εικόνα 1: Αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα αυτοκίνητα

Ένα επίσης παράδειγμα χρήσης πολλαπλών αισθητήρων είναι το σπίτι μας. Όπως φαίνεται και στην εικόνα που ακολουθεί πολλές από τις λειτουργίες του σπιτιού μπορούν να ενεργοποιηθούν με τη χρήση αισθητήρων



Εικόνα 2: Αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα κτίρια

- § Οι κάμερες των συστημάτων ασφαλείας τίθενται σε λειτουργία από το γραφείο ή το δρόμο
- § Στην κουζίνα υπάρχει μία οθόνη που λειτουργεί με το άγγιγμα, μέσω της οποίας ελέγχονται όλες οι ηλεκτρικές συσκευές.
- § Το ψυγείο ενημερώνεται (μέσω bar code των προϊόντων) για τις ελλείψεις.
- § Με ένα τηλεχειριστήριο ο ιδιοκτήτης ελέγχει τη λειτουργία της τηλεόρασης, στερεοφωνικού, του DVD κ.α.
- § Ένα ρολόι στέλνει στην καφετιέρα σήμα να αρχίσει να φτιάχνει καφέ.
- § Όταν κάποιος σηκώνεται τη νύχτα από το κρεβάτι, το σύστημα αυτοματισμού θ' ανάψει ήπια το φωτισμό του δωματίου. Παράλληλα θ' ανάψει το φως του διαδρόμου και του λουτρού ή του WC. Όταν επιστρέψει στο δωμάτιο και σβήσει το φως, το σύστημα θα σβήσει αυτόματα.
- § Στα δωμάτια υπάρχουν οθόνες αφής που ελέγχουν συσκευές σε άλλα δωμάτια, όπως το πλυντήριο ρούχων ή πιάτων.
- § Η τηλεόραση προσφέρει ταινίες κατά παραγγελία και δυνατότητα τηλεθέασης όχι μόνο από ένα, αλλά από πολλά δωμάτια του σπιτιού.
- § Τα φώτα μέσα στο σπίτι και έξω από αυτό ανάβουν και σβήνουν στην επιθυμητή ένταση από απόσταση.
- § Ο ένοικος μπορεί να διακόψει την παροχή ρεύματος σε κάποιες ή όλες τις πρίζες, προκειμένου να προστατεύσει άλλα άτομα (π.χ., μικρά παιδιά) από κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.
- § Η κατοικία εφοδιάζεται με βασικές λειτουργίες συναγερμού. Εάν παραβιαστούν τα παράθυρα ή οι πόρτες ή εντοπιστεί ανεπιθύμητη παρουσία ατόμου, ενεργοποιείται η σειρήνα, ενώ παράλληλα ειδοποιείστε τηλεφωνικώς. Εάν φεύγουμε από την κατοικία και ενεργοποιούμε το συναγερμό, το σύστημα αυτοματισμού θα σβήσει τα φώτα, θα κλείσει την ηλεκτρική κουζίνα ή το θερμοσίφωνα, εάν έχουν ξεχαστεί αναμμένα, θα μαζέψει όλες τις ηλεκτρικές τέντες κ.λπ.
- § Εάν κάτι έκτακτο συμβαίνει στην κατοικία π.χ., πυρκαγιά ή κάποια βλάβη κατά την απουσία του ιδιοκτήτη άμεση πληροφόρηση από το σύστημα αυτοματισμού.

- § Εάν ο ήλιος «καίει» το πάτωμα, το σύστημα θα κατεβάσει την ηλεκτρική τέντα. Εάν, όμως, ο άνεμος απειλεί να σχίσει την τέντα, τότε θα τη μαζέψει και θα κατεβάσει το ρολό για να προστατέψει το πάτωμα.
- § Σε περίπτωση διακοπών είναι δυνατόν να υπάρχουν συγκεκριμένες ώρες ποτίσματος, αλλά και να ληφθούν υπ' όψη άλλοι παράγοντες, όπως εάν βρέχει, να μην εκτελεστεί το πότισμα, ή, εάν έχουμε υψηλότερη θερμοκρασία, να παραταθεί ο χρόνος ποτίσματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Μέτρηση (measurement) είναι ο προσδιορισμός ενός μεγέθους ή ποσού με βάση ένα μέγεθος αναφοράς ιδίου τύπου, που χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης (measurement unit, πχ. το μέτρο, το κιλό κλπ.). Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα συστήματα μέτρησης (measurement systems).

Οι μετρήσεις των φυσικών και των χημικών φαινομένων αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα πολλών ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ο άνθρωπος από πολύ παλιά χρησιμοποίησε τη μέτρηση για να μπορέσει να εκφράσει ποσότητες (πχ. του λαδιού, της απόστασης κλπ.), ώστε να μπορέσει να επικοινωνήσει με τους άλλους ανθρώπους και να διεξάγει πλήθος δραστηριοτήτων (πχ. Πωλήσεις και αγορές προϊόντων κλπ.).

Τα πρώτα συστήματα μέτρησης βασιζόταν σε χειροκίνητες, μηχανικές ή άλλες διαδικασίες για την πραγματοποίηση της μέτρησης (πχ. η μέτρηση των διαστάσεων ενός αντικειμένου με χάρακα, η μέτρηση του βάρους ενός αντικειμένου με ζυγό ισορροπίας και χρήση πρότυπων βαρών, η μέτρηση της θερμοκρασίας με θερμόμετρο υδραργύρου, κλπ.). Με την έκρηξη όμως της τεχνολογίας των αναλογικών ηλεκτρονικών, η συντριπτική πλειοψηφία των μετρήσεων βασίζεται πλέον στην μετατροπή ενός φυσικού μεγέθους (πχ. θερμοκρασία, πίεση, κλπ.) στο αντίστοιχο ηλεκτρικό σήμα (συνήθως τάση). Ο λόγος είναι ότι το ηλεκτρικό σήμα είναι εύκολο να ενισχυθεί (στην περίπτωση μέτρησης μικρών μεγεθών), να φιλτραριστεί (στην περίπτωση που επιδρούν διαταραχές στη μέτρηση του μεγέθους), να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις (στην περίπτωση που η λήψη της μέτρησης πρέπει να γίνει σε απομακρυσμένο σημείο), να απεικονιστεί εύκολα, καθώς και να αποθηκευτεί για μελλοντική επεξεργασία και χρήση. Την μετατροπή του φυσικού μεγέθους στο αντίστοιχο ηλεκτρικό σήμα αναλαμβάνει μια μονάδα που ονομάζεται αισθητήρας (sensor). Την ανάπτυξη της τεχνολογίας των αναλογικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων ακολούθησε η ανάπτυξη των ψηφιακών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων (hardware) και του αντίστοιχου λογισμικού (software). Εξαιτίας των σημαντικών πλεονεκτημάτων που παρέχουν τα ψηφιακά ηλεκτρονικά συστήματα, το μεγαλύτερο μέρος των συστημάτων μέτρησης σήμερα βασίζεται σε ψηφιακά ηλεκτρονικά (μικροεπεξεργαστές/μικροελεγκτές).

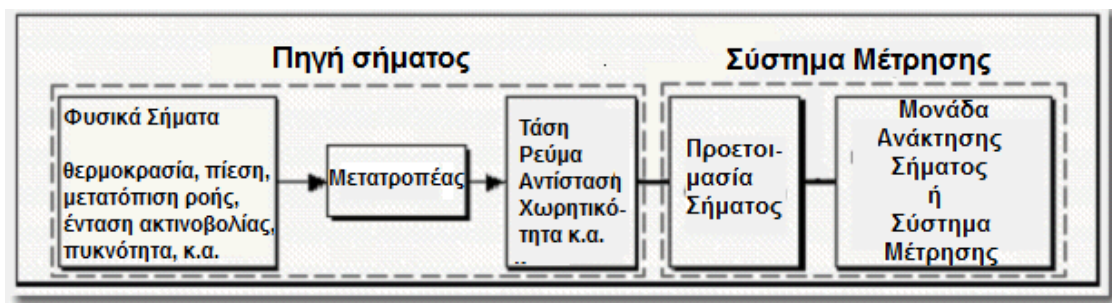
Τα ψηφιακά συστήματα προσφέρουν μεταξύ των άλλων και τα κάτωθι πλεονεκτήματα:

§ Εξαιρετική ακρίβεια

- § Πολύ μεγάλες δυνατότητες επεξεργασίας του σήματος (σύνθετους αλγόριθμους φιλτραρίσματος και μετατροπής, στατιστική ανάλυση, κλπ.)
- § Δυνατότητα μεταφοράς της μέτρησης σε πολύ μεγάλες αποστάσεις (σε οποιοδήποτε σημείο της γης ή ακόμα και σε διαστημικές αποστάσεις)
- § Απεικόνιση με μεγάλη ανάλυση (πχ. πολλά δεκαδικά ψηφία) χωρίς να επεμβαίνει η υποκειμενικότητα του παρατηρητή
- § Αναλλοίωτη στο χρόνο αποθήκευση των μετρήσεων.
- § Το λογισμικό επαναπρογραμματίζεται εύκολα για την προσαρμογή του συστήματος μέτρησης σε νέες απαιτήσεις.

1.1 Η δομή ενός συστήματος μέτρησης

Η γενική δομή ενός συστήματος μέτρησης εικονίζεται παρακάτω.



Εικόνα 3: Δομή ενός συστήματος μέτρησης

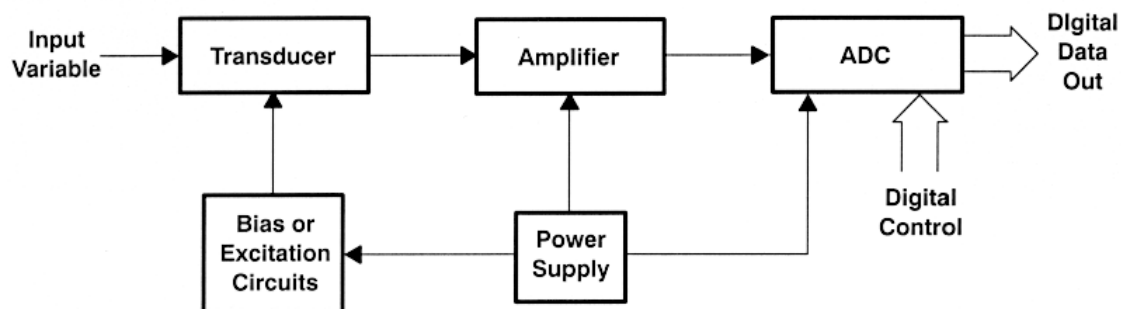
Το ηλεκτρικό σήμα που αντιστοιχεί στη μετρούμενη φυσική ποσότητα παρέχεται από το αισθητήριο (sensor) ή μετατροπέα φυσικών μεγεθών (transducer). Στη βιβλιογραφία οι δύο όροι χρησιμοποιούνται με την ίδια έννοια για να περιγράψουν τη διάταξη μετατροπής του φυσικού μεγέθους. Αυτό οφείλεται στην τάση των κατασκευαστών να παρέχουν ολοκληρωμένα μετρητικά στοιχεία, τα οποία περιλαμβάνουν τη διάταξη ανίχνευσης του φυσικού μεγέθους μαζί με ηλεκτρονικά κυκλώματα μορφοποίησης του ηλεκτρικού σήματος. Έτσι, τα δύο πρώτα μέρη στο γενικό σύστημα μέτρησης τείνουν να ενοποιηθούν. Το σύστημα προσαρμογής (conditioner), είτε είναι ενσωματωμένο με το αισθητήριο είτε ανεξάρτητα συνδέεται από την πλευρά της εισόδου με το αισθητήριο και παρέχει στην πλευρά της εξόδου ένα ηλεκτρικό σήμα κατάλληλο για τη μετάδοση στο σύστημα επεξεργασίας. Ένα σύστημα προσαρμογής περιλαμβάνει κυκλώματα ενίσχυσης, φιλτραρίσματος, μείωσης του θορύβου, γραμμικοποίησης και ακόμη διατάξεις μετατροπής της τάσης σε ρεύμα, σε συχνότητα ή σε ψηφιακή μορφή. Το ηλεκτρικό σήμα σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή από το σύστημα

προσαρμογής μεταδίδεται στο σταθμό επεξεργασίας. Η μετάδοση γίνεται είτε ενσύρματα, με διάφορα είδη αγωγών ανάλογα με τη μορφή του σήματος, είτε ασύρματα.

Χαρακτηριστικά που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος μέτρησης είναι:

- § Μεγάλη ευαισθησία
- § Μικρή κατανάλωση ισχύος
- § Μεγάλη ταχύτητα απόκρισης
- § Εύκολη μετάδοση του σήματος εξόδου σε απόσταση
- § Υψηλή αξιοπιστία

Η μονάδα απεικόνισης μπορεί να είναι αναλογική, όπως (πχ. ένα αναλογικό βολτόμετρο με βελόνα ένδειξης). Επίσης η μονάδα καταγραφής μπορεί να είναι αναλογική, όπως (πχ. ένα καταγραφικό με ακίδα μελάνης σε τύμπανο χαρτιού, όπως αυτό των σειсмоγράφων). Παρόλα αυτά, η εκμετάλλευση της ψηφιακής τεχνολογίας που είναι διαθέσιμη σήμερα δίνει ασύγκριτα περισσότερα πλεονεκτήματα. Για παράδειγμα, η ψηφιακή απεικόνιση δίνει μια ένδειξη με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από την αναλογική. Επίσης, η ψηφιακή καταγραφή των μετρήσεων δίνει τη δυνατότητα στον χειριστή να αναλύσει καλύτερα και να επεξεργαστεί τις μετρήσεις. Η τυπική δομή ενός ψηφιακού συστήματος μέτρησης φαίνεται παρακάτω



Εικόνα 4: Ένα ψηφιακό σύστημα μέτρησης

Ο μετατροπέας του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A/D converter, ADC) εξασφαλίζει την μετατροπή του σήματος σε ψηφιακή μορφή με το επιθυμητό μήκος ψηφιακής λέξης (8 bit, 10 bit, 12 bit κλπ.). Το σύστημα ελέγχεται από έναν H/Y ή ένα μικροεπεξεργαστή (μP), ο οποίος μπορεί να απεικονίζει τις μετρήσεις στην οθόνη, να τις επεξεργάζεται με κάποιον αλγόριθμο και να τις αποθηκεύει, είτε σε μνήμες (RAM, EEPROM, Flash κλπ.), είτε σε άλλα μέσα (σκληρό

δίσκο, δισκέτες, CD-ROM, DVD κλπ.), αλλά και να τις μεταδίδει σε μεγάλες αποστάσεις μέσω του κατάλληλου δικτύου (LAN, Internet, κλπ). Ένα άλλο μεγάλο πλεονέκτημα των ψηφιακών συστημάτων μέτρησης είναι και η δυνατότητα ταυτόχρονης μέτρησης πολλών μεγεθών, αξιοποιώντας το ίδιο ψηφιακό τμήμα του συστήματος.

1.2 Στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων

Στατικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων ονομάζονται κάποιες παράμετροι που χαρακτηρίζουν τους αισθητήρες. Τα χαρακτηριστικά αυτά επιτρέπουν την αξιολόγηση της ποιότητας του αισθητήρα και την επιλογή του κατάλληλου αισθητήρα για τη συγκεκριμένη εφαρμογή μέτρησης.

Ακρίβεια

Ο όρος ακρίβεια (accuracy) εκφράζει την ανεξαρτησία του αισθητήρα έναντι τυχαίων σφαλμάτων. Αν λάβουμε μεγάλο αριθμό μετρήσεων από έναν ακριβή αισθητήρα, τότε η μεταξύ τους διασπορά θα είναι μικρή. Η ακρίβεια συγγέεται συχνά με την πιστότητα. Η μεγάλη ακρίβεια δεν σημαίνει κατ' ανάγκην και μεγάλη πιστότητα. Ένας ακριβής αισθητήρας μπορεί να έχει κακή πιστότητα. Κακής πιστότητας μετρήσεις από έναν ακριβή αισθητήρα, σημαίνει ότι η μετρήσεις έχουν συστηματικό σφάλμα, γεγονός το οποίο μπορεί να διορθωθεί με βαθμονόμηση του αισθητήρα.

Πιστότητα

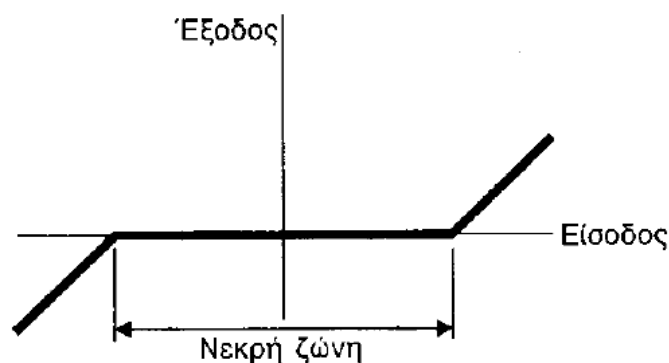
Η πιστότητα σχετίζεται με το κατά πόσο το αποτέλεσμα που δίνει ο αισθητήρας πλησιάζει την φυσική πραγματικότητα, μέσα σε ένα λογικό εύρος τιμών. Η πιστότητα δίνεται συνήθως «ως ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας του αισθητήρα». Για παράδειγμα εάν ένας αισθητήρας πίεσης, περιοχής λειτουργίας 0-10 bar έχει πιστότητα $\pm 1.0\%$ της πλήρους κλίμακας τότε η μέγιστη αβεβαιότητα του αισθητήρα θα είναι ίση με 0,1 bar. Αυτό σημαίνει ότι όταν ο αισθητήρας δίνει ως αποτέλεσμα 1 bar τότε η μέγιστη αναμενόμενη αβεβαιότητα θα είναι ίση με το 10% της τιμής αυτής. Αν έχουμε μία εφαρμογή στην οποία οι πιέσεις μεταβάλλονται στο διάστημα 0-1 bar, γίνεται εύκολα κατανοητό ότι είναι λάθος να επιλέξουμε αισθητήρα περιοχής λειτουργίας 0-10 bar.

Βαθμονόμηση

Η βαθμονόμηση (calibration) είναι η διαδικασία καθορισμού της συνάρτησης μεταφοράς ενός αισθητήρα ή γενικότερα ενός συστήματος μέτρησης. Η γνώση της συνάρτησης μεταφοράς του αισθητήρα είναι απαραίτητη κατά τη διαδικασία των μετρήσεων, διότι μετρώντας την τιμή του ηλεκτρικού σήματος εξόδου που παράγει ο αισθητήρας υπολογίζεται μέσω της συνάρτησης μεταφοράς και η αντίστοιχη τιμή του μετρούμενου μεγέθους. Κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης εφαρμόζονται γνωστές τιμές του μετρούμενου φυσικού μεγέθους στον αισθητήρα και μετρώνται οι αντίστοιχες τιμές του ηλεκτρικού σήματος εξόδου του. Η ακρίβεια με την οποία έχει καθοριστεί η συνάρτηση μεταφοράς του αισθητήρα επηρεάζει σημαντικά την ακρίβεια των μετρήσεων που λαμβάνονται κατά τη χρήση του αισθητήρα σε ένα σύστημα μέτρησης.

Νεκρή ζώνη

Νεκρή ζώνη (dead-zone, dead-band), αποκαλείται η περιοχή μετρήσεων (συνήθως γύρω από το μηδέν) για την οποία ο αισθητήρας δεν αποκρίνεται στις μεταβολές της μετρούμενης ποσότητας. Η εικόνα 5 δείχνει τα χαρακτηριστικά μίας νεκρής ζώνης.



Εικόνα 5: Τα χαρακτηριστικά μίας νεκρής ζώνης

Διαστάσεις

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

Ολίσθηση

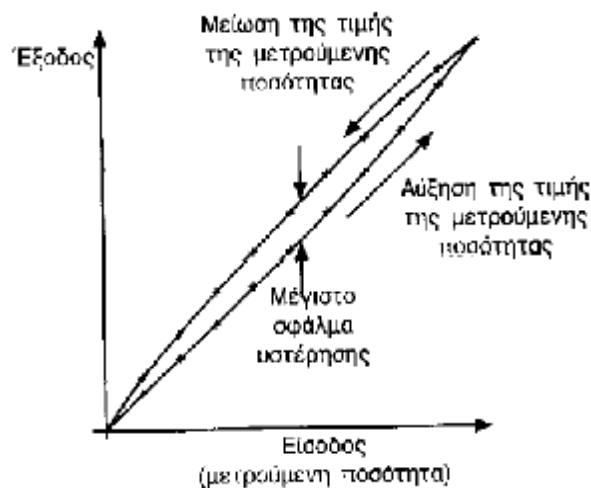
Ολίσθηση (drift) είναι η αργή μεταβολή του σήματος εξόδου του αισθητήρα, ενώ το μετρούμενο φυσικό μέγεθος παραμένει σταθερό. Μπορεί να οφείλεται σε παράγοντες, όπως η θερμοκρασία λειτουργίας, υγρασία κλπ. Η μακροχρόνια ολίσθηση(long term drift) είναι η μεταβολή των χαρακτηριστικών του αισθητήρα με την πάροδο μεγάλου χρονικού διαστήματος και μπορεί να οφείλεται σε παράγοντες, όπως η διάβρωση τμημάτων του αισθητήρα, η ρύπανση του αισθητήρα, η γήρανση των υλικών κατασκευής κλπ

Σφάλμα

Το σφάλμα ισούται με τη διαφορά ανάμεσα στη μετρούμενη τιμή και την πραγματική τιμή μίας ποσότητας. Τα σφάλματα μπορούν συχνά να εκφράζονται επί τοις εκατό (%), οπότε και αντιπροσωπεύουν την ακρίβεια του συστήματος

Υστέρηση

Η υστέρηση προκαλεί διαφορές στην έξοδο που δίνει ένας αισθητήρας, όταν η κατεύθυνση μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί. Με τον τρόπο αυτό παράγεται σφάλμα και επηρεάζεται η ακρίβεια της συσκευής. Η εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζει την επίδραση της υστέρησης με την βοήθεια μίας γραφικής παράστασης.



Εικόνα 6: Το φαινόμενο της υστέρησης σε έναν αισθητήρα

Η είσοδος του αισθητήρα, δηλαδή η μετρούμενη ποσότητα αυξάνεται 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,

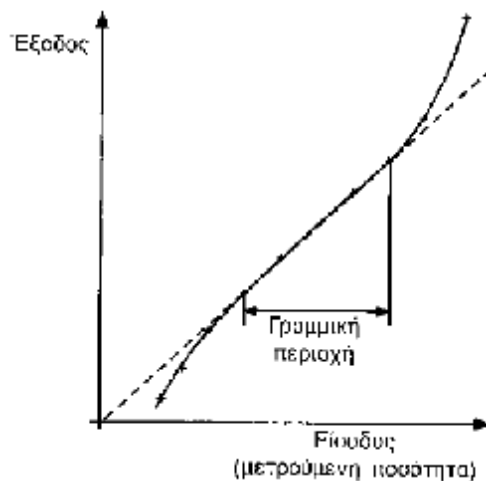
όταν η μετρούμενη ποσότητα αυξάνεται ή μειώνεται. Αυτό το γεγονός ονομάζεται υστέρηση του συστήματος. Δεν εμφανίζουν υστέρηση όλοι οι αισθητήρες και τα συστήματα μέτρησης. Η υστέρηση προκαλείται από διάφορους παράγοντες, ειδικότερα τη μηχανική τάση και την τριβή. Τα συστήματα μέτρησης που είναι πιθανό να εμφανίσουν υστέρηση πρέπει να περιέχουν μηχανικά γρανάζια, ρουλεμάν και άλλα κινητά μέρη, τα οποία να τείνουν να είναι ελαστικά, όπως είναι το λάστιχο, τα πλαστικά και κάποια μέταλλα.

Καθυστέρηση

Καθυστέρηση (lag) ονομάζεται η καθυστέρηση της αλλαγής της τιμής εξόδου ενός αισθητήρα ως προς την αλλαγή της εισόδου του. Μετριέται σε δευτερόλεπτα ή συνηθέστερα σε κλάσματα του δευτερολέπτου. Σε μερικές εφαρμογές, όπως είναι ο έλεγχος η καθυστέρηση μπορεί να επηρεάζει αποφασιστικά την απόδοση

Γραμμικότητα

Η γραμμικότητα (linearity) ενός αισθητήρα αποτελεί το βαθμό στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου ως προς την είσοδο του αισθητήρα προσεγγίζει μία ευθεία γραμμή. Ένας αισθητήρας μπορεί να είναι γραμμικός σε μία περιοχή τιμών εισόδου όπως απεικονίζεται στην εικόνα 7. 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.



Εικόνα 7: Περιοχή γραμμικότητας ενός αισθητήρα

Χρόνος λειτουργίας

Ο χρόνος λειτουργίας (operating life) ενός αισθητήρα αποτελεί ένδειξη του χρόνου κατά τον οποίο αυτός αναμένεται να λειτουργεί στα πλαίσια των προδιαγραφών του. Εκφράζεται σε μονάδες χρόνου ή με τον αριθμό των λειτουργιών ή των κύκλων λειτουργίας που μπορεί να διεκπεραιώσει με επιτυχία.

Επαναληψιμότητα

Η επαναληψιμότητα μίας συσκευής αποτελεί το μέτρο με το οποίο αυτή παράγει το ίδιο αποτέλεσμα, όταν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές τροφοδοτείται με ακριβώς την ίδια είσοδο. Στα αγγλικά αποδίδεται με τη λέξη «precision», η οποία συχνά συγχέεται με την καθημερινή έννοια της ακρίβειας (accuracy). Εντούτοις, στην ορολογία των συστημάτων μέτρησης ένας αισθητήρας μπορεί να έχει υψηλή επαναληψιμότητα και να δίνει παρόμοια έξοδο όταν μετρά πολλές φορές μία συγκεκριμένη είσοδο, αλλά, εάν υπάρχει σημαντικό σφάλμα στην έξοδο τότε η έξοδος δεν είναι ακριβής

Εύρος

Το εύρος λειτουργίας (operating range) είναι τα όρια, στα οποία μπορεί ο αισθητήρας να λειτουργεί αξιόπιστα. Το εύρος λειτουργίας ενός αισθητήρα εκφράζεται συνήθως με την ελάχιστη και μέγιστη τιμή που είναι ικανός να μετρά. Άλλες έννοιες του εύρους που αναγράφονται συχνά στις προδιαγραφές είναι το «θερμοκρασιακό εύρος», δηλαδή η περιοχή θερμοκρασιών στην οποία μπορεί να λειτουργεί ο αισθητήρας. Συχνά αναφέρονται επίσης το εύρος τιμών πίεσης και το εύρος τιμών υγρασίας.

Απόκριση

Η απόκριση (response) μίας συσκευής ισούται με το χρόνο που απαιτεί η συσκευή για να λάβει την τελική τιμή εξόδου της για μια δεδομένη είσοδο. Μπορεί να εκφραστεί σε δευτερόλεπτα ή κλάσματα του δευτερολέπτου, ή κάποιες φορές ως ποσοστό επί της τελικής τιμής εξόδου. Για παράδειγμα, εάν οι προδιαγραφές ορίζουν ότι ο χρόνος απόκρισης 95% είναι 3 sec αυτό σημαίνει, ότι η συσκευή χρειάζεται 3 sec για να λάβει η έξοδος της το 95% της τελικής τιμής.

Διακριτική ικανότητα

Η διακριτική ικανότητα (resolution) με την οποία μία συσκευή ή ένας αισθητήρας ανιχνεύει ή εμφανίζει μία 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 μετρηθεί. Όσο μεγαλύτερη είναι η διακριτική ικανότητα ενός ενδείκτη, τόσο μικρότερο είναι το βήμα που μπορεί ο αισθητήρας να μετρήσει.

Ευστάθεια

Η ευστάθεια (stability) αποτελεί το μέτρο της μεταβολής της εξόδου μίας συσκευής, όταν η είσοδος και οι συνθήκες παραμένουν σταθερά, κατά τη διάρκεια μίας μεγάλης χρονικής περιόδου.

Στατικό σφάλμα

Το στατικό σφάλμα (static error) είναι ένα σταθερό σφάλμα που υπεισέρχεται καθ' όλο το εύρος τιμών εισόδου μίας συσκευής. Εάν αυτό το σφάλμα είναι γνωστό, τότε μπορεί να αντισταθμιστεί χωρίς να υπάρξει υποβάθμιση της ακρίβειας του συστήματος

Ανοχή

Η ανοχή (tolerance) μίας συσκευής είναι το μέγιστο ποσό σφάλματος που μπορεί να υπάρξει κατά τη διάρκεια λειτουργίας της. Ανάλογα με τη φύση της συσκευής μπορεί συχνά να αναφέρεται η ανοχή αντί της ακρίβειας στις προδιαγραφές

Ευαισθησία

Η ευαισθησία (sensitivity) εκφράζει τη σχέση ανάμεσα στην αλλαγή της εξόδου και την αντίστοιχη αλλαγή της εισόδου, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Η ευαισθησία ενός αισθητήρα είναι ίση με τη διαφορά των τιμών εξόδου προς τη διαφορά των αντίστοιχων τιμών της εισόδου, δηλαδή της μετρούμενης ποσότητας.

Αρα είναι :

$$\text{Ευαισθησια} = \frac{[\text{ΜΧγιστη ΤιμΨ Εξόδου}] - [\text{ΕλΦχιστη ΤιμΨ Εξόδου}]}{[\text{ΜΧγιστη ΤιμΨ Εισόδου}] - [\text{ΕλΦχιστη ΤιμΨ Εισόδου}]}$$

Οι μονάδες στις οποίες μετριέται η ευαισθησία ορίζονται από την παραπάνω εξίσωση και επομένως διαφέρουν ανάλογα με τη φύση του αισθητήρα και τη μετρούμενη ποσότητα. Για παράδειγμα, υπάρχουν αισθητήρες που μετρούν μικρές αποστάσεις όπου κινείται κάποιο

αντικείμενο και παρέχουν τάση. Στην περίπτωση αυτή η ευαισθησία θα εκφράζεται σε volt ανά mm. Εάν η σχέση ανάμεσα στη μετρούμενη ποσότητα και την έξοδο είναι γραμμική, η ευαισθησία μπορεί να εκφράζεται ως προς το όλο εύρος. Εάν δεν είναι γραμμική, τότε η ευαισθησία της συσκευής θα διαφέρει από περιοχή και θα αναφέρεται ως προς συγκεκριμένες περιοχές τιμών εισόδου.

Ευαισθησία στη διαταραχή

Η βαθμονόμηση και τα χαρακτηριστικά ενός αισθητήρα ισχύουν, όταν αυτό λειτουργεί εντός συγκεκριμένου εύρους περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η σχετική υγρασία κ.λ.π. Το εύρος καθορίζεται από τον κατασκευαστή του αισθητήρα. Μεταβολή κάποιας από τις παραμέτρους αυτές ενδέχεται να μεταβάλλει κάποιο από τα στατικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα. Η μεταβολή αυτή ορίζεται ως η *ευαισθησία στη διαταραχή*. Τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα που μεταβάλλονται είναι κυρίως δύο και είναι γνωστά ως ολίσθηση του μηδενός (zero drift) και ολίσθηση ευαισθησίας (sensitivity drift). Η ολίσθηση του μηδενός είναι το μη μηδενικό σήμα εξόδου του αισθητήρα, όταν το σήμα εισόδου είναι μηδέν, λόγω μεταβολής των περιβαλλοντικών συνθηκών. Μετριέται συνήθως σε °C-1 στην περίπτωση (π.χ. βολτόμετρου το οποίο έχει επηρεαστεί από τη μεταβολή της θερμοκρασίας). Αν ένας αισθητήρας επηρεάζεται από περισσότερες από μία περιβαλλοντικές παραμέτρους, τότε αυτός χαρακτηρίζεται από αντίστοιχες σε αριθμό ολισθήσεις του μηδενός

1.3 Δυναμικά χαρακτηριστικά αισθητήρων

Η απόκριση ενός αισθητήρα σε ένα μεταβαλλόμενο σήμα εισόδου είναι διαφορετική από την απόκριση του σε ένα σταθερό ή αργά μεταβαλλόμενο σήμα εισόδου. Η απόκριση χαρακτηρίζεται από μια δυναμική συμπεριφορά που δε μπορεί να περιγράψει ικανοποιητικά από τα στατικά χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι λόγοι αυτής της διαφοροποίησης είναι ότι οι αισθητήρες περιλαμβάνουν στοιχεία που συσσωρεύουν ενέργεια όπως μάζες, πυκνωτές, επαγωγικά ή θερμικά στοιχεία κ. α.

Χαρακτηριστικά	Ιδανική Τιμή
Απόκριση	Γραμμική
Αρχική Τιμή Εξόδου	Μηδέν
Χρόνος Απόκρισης	Μηδέν
Εύρος Συχνοτήτων	Άπειρο
Χρόνος ως το 90%	Μηδέν
Ένδειξη Πλήρους κλίμακας	Βαθμονομημένη Μέγιστη Ένδειξη
Περιοχή Λειτουργίας	Άπειρη
Ευαισθησία	Υψηλή και Σταθερή
Διακριτική Ικανότητα	Άπειρη

Τα ιδανικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένας αισθητήρας αναγράφονται συνοπτικά στον παραπάνω πίνακα, σ' ένα όμως πραγματικό αισθητήρα η συμπεριφορά και τα χαρακτηριστικά του διαφέρουν αρκετά. Οι αιτίες είναι τόσο τα κατασκευαστικά προβλήματα που προκύπτουν όσο και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, που επηρεάζουν τη λειτουργία του, επιπλέον αν ο αισθητήρας συνοδεύεται από κάποιο ηλεκτρονικό κύκλωμα, τότε αυτό το κύκλωμα μπορεί επίσης να επιβάλλει περιορισμούς στην λειτουργία του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Ο τρόπος με τον οποίο προκαλείται η έξοδος του μετατροπέα , αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του. Οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενες αρχές μετατροπής αναφέρονται στην Εικόνα 1.

α) Φωτοβολταϊκή αρχή : Το μετρούμενο μέγεθος μετατρέπεται σε μια μεταβολή στη παραγόμενη τάση όταν δύο διαφορετικά υλικά που βρίσκονται σε επαφή φωτιστούν . Χρησιμοποιείται κυρίως σε οπτικούς αισθητήρες και σε μηχανικά κλείστρα με μετατροπείς, για τη μεταβολή της έντασης μιας φωτεινής δέσμης (Εικόνα 8.α).

β) Πιεζοηλεκτρική αρχή : Το μετρούμενο μέγεθος μετατρέπεται σε μια μεταβολή στη τάση ή στο παραγόμενο φορτίο που παράγεται σε ορισμένους κρυστάλλους αν εφαρμοστούν πάνω τους θλιπτικές , εφελκυστικές ή καμπτικές δυνάμεις (Εικόνα 8.β).

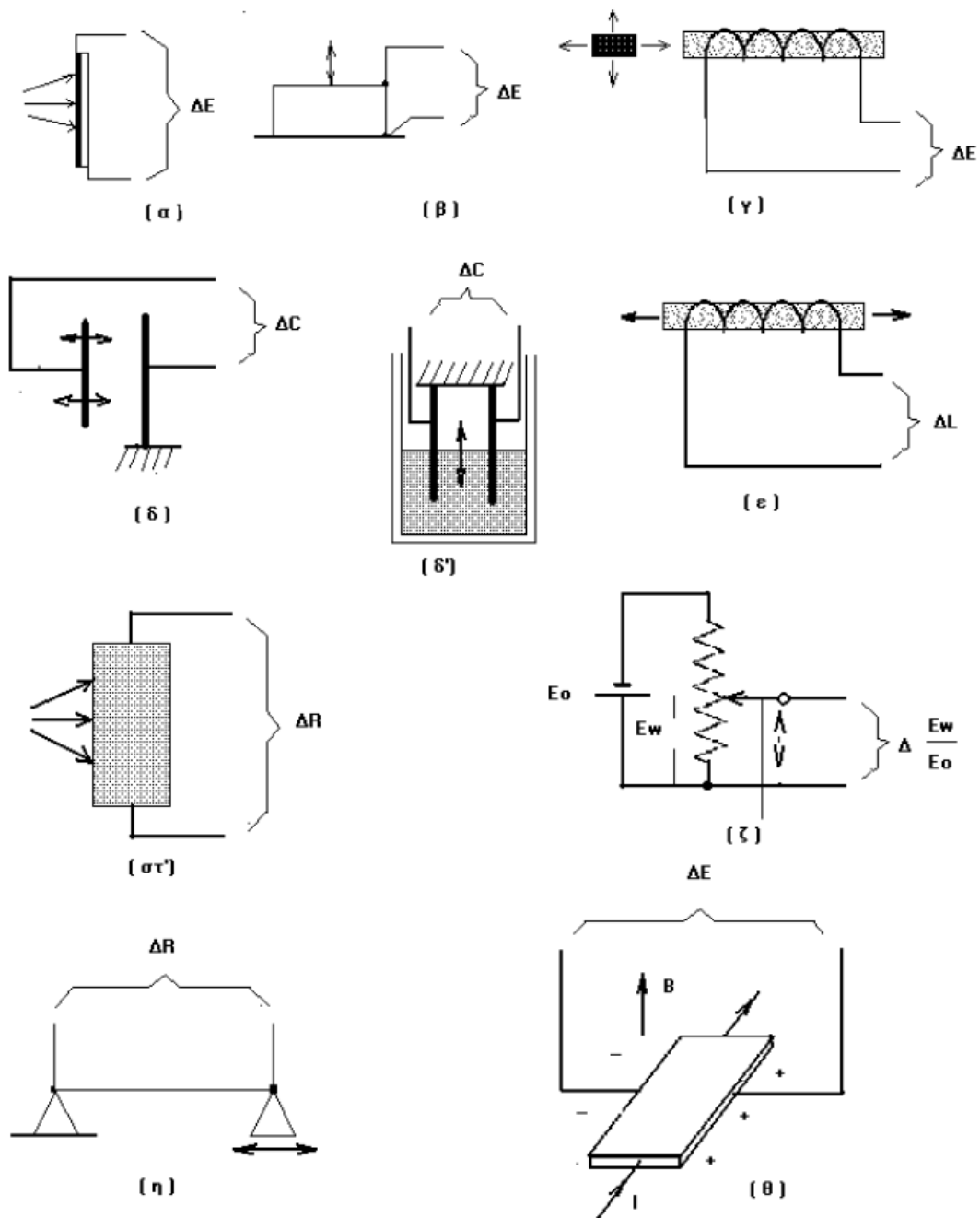
γ) Ηλεκτρομαγνητική αρχή : Το μετρούμενο μέγεθος μετατρέπεται σε τάση εξ επαγωγής στα άκρα ενός πηνίου λόγω μεταβολής της μαγνητικής ροής που προκαλείται από τη σχετική κίνηση ενός μόνιμου μαγνήτη και ενός πηνίου με πυρήνα μαλακού σιδήρου (Εικόνα 8.γ)

δ) Χωρητική αρχή: Το μετρούμενο μέγεθος μετατρέπεται σε μια μεταβολή της χωρητικότητας, είτε λόγω μετακίνησης ενός ηλεκτροδίου σε σχέση με κάποιο άλλο ακίνητο , είτε λόγω μεταβολής του διηλεκτρικού μεταξύ δύο σταθερών ηλεκτροδίων (Εικόνα 8.δ και δ') .

ε) Επαγωγική αρχή : Το μετρούμενο μέγεθος μετατρέπεται σε μια μεταβολή της αυτεπαγωγής κάποιου πηνίου (Εικόνα 8.ε) .

στ) Φωταγωγική αρχή : Το μετρούμενο μέγεθος μετατρέπεται σε μια μεταβολή της αγωγιμότητας (άρα μεταβολή αντίστασης) κάποιου ημιαγωγικού υλικού λόγω της μεταβολής στην ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια του υλικού αυτού (Εικόνα 8.στ) .

(ζ) Ποτενσιομετρική αρχή : Το μετρούμενο μέγεθος μετατρέπεται σε μια μεταβολή της θέσης μιας κινητής επαφής σε κάποιο ποτενσιόμετρο . Η μετακίνηση της επαφής προκαλεί μεταβολή στο λόγο αντιστάσεων των δύο άκρων και του ενός άκρου και της κινητής επαφής . Με τη χρήση εξωτερικής πόλωσης ο λόγος αντιστάσεων μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε λόγο τάσεων (Εικόνα 8.ζ) .



Εικόνα 8: Βασικές Αρχές Μετατροπής

η) Strain - Gauge αρχή : Το μετρούμενο μέγεθος μετατρέπεται σε μια μεταβολή της αντίστασης που προκαλείται από την επιμήκυνση (Strain) ενός ειδικού μεταλλικού αγωγού. Από τη γνωστή σχέση των παραμέτρων κατασκευής μίας αντίστασης R [ειδική αντίσταση (ρ), μήκος (l) και διατομή (A)

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

προκύπτει η σχέση:

$$\Delta R \frac{\Delta R}{R} = K \cdot \frac{\Delta l}{l}$$

που δηλώνει αυτή τη μεταβολή αντίστασης, που προκαλείται από τη μεταβολή του μήκους του αγωγού (Εικόνα 8.η) .

θ) Φαινόμενο Hall : Αν ένα κομμάτι ημιαγωγού τύπου p που μεταφέρει ηλεκτρικό ρεύμα τοποθετηθεί σε μαγνητικό πεδίο , τότε στα θετικά φορτία του ημιαγωγού ασκείται μια δύναμη λόγω του πεδίου που τα εξωθεί στο ένα άκρο του ημιαγωγικού κομματιού. Έτσι δημιουργείται μία διαφορά δυναμικού μεταξύ των δυο άκρων του ημιαγωγού , που είναι ανάλογη τόσο του ρεύματος I που διαρρέει τον ημιαγωγό, όσο και της έντασης B του επιβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου (Εικόνα 8.θ) .

2.1. Μέτρηση Μετατόπισης

Μετατόπιση είναι το διάνυσμα που παριστάνει τη μεταβολή της θέσης ενός σώματος ή ενός σημείου σε σχέση με τη θέση ενός σημείου αναφοράς. Οι μετρητές μετατόπισης χρησιμοποιούνται για να μετρούν γραμμική ή γωνιακή μετατόπιση και επίσης για τον καθορισμό της θέσης ενός σώματος.

2.1.1. Είδη Μετρητών Μετατόπισης

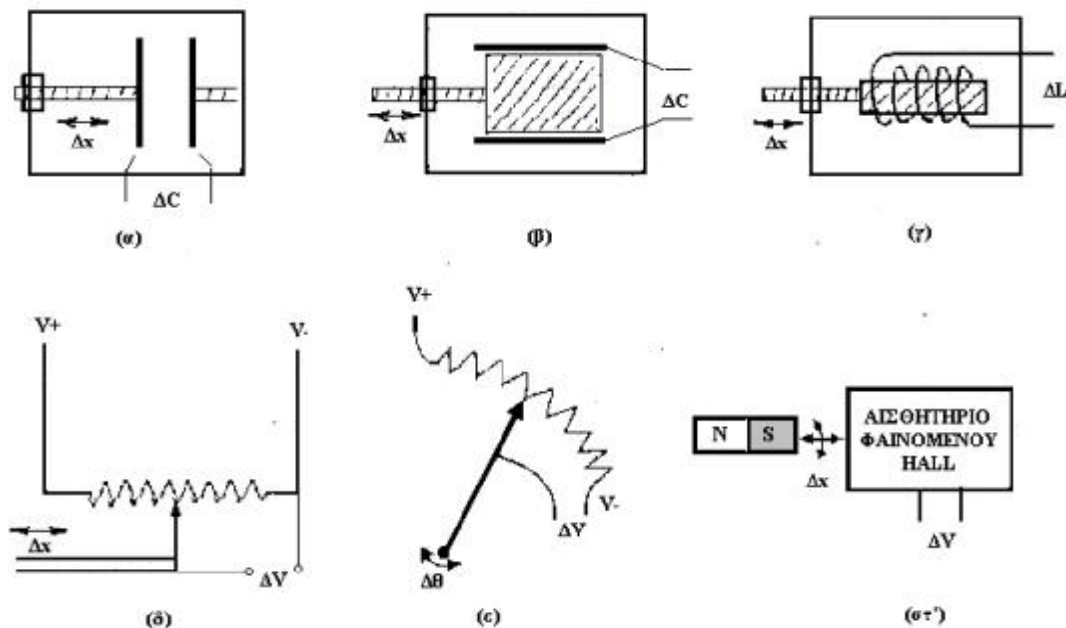
Το αισθητήριο στοιχείο των περισσότερων μετατροπών μετατόπισης είναι ο αισθητήριος άξονας και η συσκευή σύζευξης του άξονα , που πρέπει να σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να κάνει τη κίνηση του άξονα αντιπροσωπευτική της κίνησης του σημείου που μας ενδιαφέρει. Οι κυριότεροι μετατροπείς μετατόπισης είναι :

α) Χωρητικοί μετρητές : Στις συσκευές αυτές , η γραμμική ή η γωνιακή μετατόπιση που ανιχνεύτηκε προκαλεί μεταβολή στη χωρητικότητα ενός πυκνωτή , είτε λόγω της σχετικής μετατόπισης μεταξύ των οπλισμών του , είτε λόγω της μετακίνησης ενός κομματιού μονωτικού υλικού , με διηλεκτρική σταθερά διαφορετική από του αέρα , μεταξύ δυο σταθερών οπλισμών . Και οι δυο τύποι μετατροπών πρέπει στη συνέχεια να συνδεθούν με μια γέφυρα A.C. για να μας δώσουν ηλεκτρική έξοδο . Το κύκλωμα αυτό είναι συνήθως με ενσωματωμένο στους περισσότερους μετατροπείς του εμπορίου . Σχηματική παράσταση αυτών των μετατροπών φαίνονται στην Εικόνα 9α και Εικόνα 9β .

β) Επαγωγικοί μετρητές : Η γραμμική ή η γωνιακή μετατόπιση προκαλεί μεταβολή στην αυτεπαγωγή ενός πηνίου λόγω της μετατόπισης που προκαλεί ο αισθητήριος άξονας στο μαγνητικό πυρήνα που βρίσκεται σε μαγνητική σύζευξη με το πηνίο (Εικόνα 9γ)

γ) Ποτενσιομετρικοί μετρητές : Αποτελούν την πιο διαδεδομένη κατηγορία μετρητών μετατόπισης , λόγω της απλής τους κατασκευής και της ικανότητάς τους να παρέχουν έξοδο καλής στάθμης . Η γραμμική ή η γωνιακή μετατόπιση του αισθητήριου άξονα συνδεδεμένου με το κινητό σκέλος ενός ποτενσιόμετρου προκαλεί μεταβολή στην αντίσταση. Το στοιχείο αντίστασης μπορεί να σχεδιαστεί κατά τρόπο ώστε να έχει μια γραμμική ή μη γραμμική (π.χ. λογαριθμική) έξοδο . Η διακρισιμότητα τέτοιων συσκευών καθορίζεται από την ελάχιστη μεταβολή στην αντίσταση που μπορεί να προκληθεί από την ελάχιστη μετατόπιση του κινητού σκέλους του ποτενσιόμετρου (Εικόνα 9δ και ε) .

δ) Μετρητές φαινομένου Hall : Η σχετική μεταβολή στην απόσταση , μεταξύ ενός ανιχνευτή φαινομένου Hall και ενός μαγνήτη , λόγω της μετατόπισης του αισθητήριου άξονα , προκαλεί μεταβολή στη τάση εισόδου του ανιχνευτή, που είναι ανάλογη της μετατόπισης (Εικόνα 9στ) .



Εικόνα 9:Κυριότεροι Μετρητές Μετατόπισης

2.2. Μέτρηση Θερμοκρασίας

Η μέτρηση της θερμοκρασίας είναι μια από τις συνηθισμένες διαδικασίες τόσο στο βιομηχανικό αυτοματισμό όσο και στη βιομηχανική πρακτική .

2.2.1. Είδη Μετρητών Θερμοκρασίας

Οι τρεις βασικοί τύποι μετρητών θερμοκρασίας με την ευρύτερη χρήση είναι: Θερμοζεύγη , Αντιστατικοί ανιχνευτές θερμοκρασίας (RTD) και Θερμίστορ. Τα τελευταία χρόνια με τη μεγάλη ανάπτυξη που γνώρισαν τα ολοκληρωμένα κυκλώματα (I.C.), έχουν κατασκευαστεί ολοκληρωμένοι μετρητές θερμοκρασίας.

α) Θερμοζεύγη : Η κατασκευή τους γίνεται με τη σύνδεση ή συγκόλληση δύο διαφορετικών επιλεγμένων μετάλλων ηλεκτρικά συνδεδεμένων στη μια άκρη , που αποτελεί την επαφή μέτρησης ή «Θερμή επαφή». Οι άλλες δύο άκρες παρότι δεν είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένες, πρέπει να διατηρούνται στην ίδια θερμοκρασία . Αυτή η ισόθερμη σύνδεση ονομάζεται επαφή αναφοράς ή «Ψυχρή επαφή». Επειδή η έξοδος του θερμοζεύγους είναι συνάρτηση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ της επαφής μέτρησης και της επαφής αναφοράς (Φαινόμενο Seebeck) , είναι αναγκαίο να θέσουμε την επαφή αναφοράς σε μια δεδομένη θερμοκρασία (συνήθως στη θερμοκρασία πήξης του νερού, 0 °C) . Η απαίτηση της ύπαρξης αυτής της θερμοκρασίας αναφοράς είναι ένα σημαντικό μειονέκτημα , ιδίως όταν απαιτείται ακρίβεια στη μέτρηση. Ακριβώς γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται αντισταθμιστικοί αγωγοί μεταφοράς της τάσης εξόδου του θερμοζεύγους και έχουν κατασκευαστεί ολοκληρωμένα κυκλώματα για την ηλεκτρική αντιστάθμιση της ψυχρής επαφής. Τα θερμοζεύγη έχουν μια γραμμική σχέση τάσης εξόδου και μετρούμενης θερμοκρασίας για τμήματα και όχι για το σύνολο της περιοχής μετρήσεων. Για αυτό απαιτούνται ειδικές ηλεκτρονικές συσκευές για την αντιστάθμιση αυτής της μη γραμμικότητας.

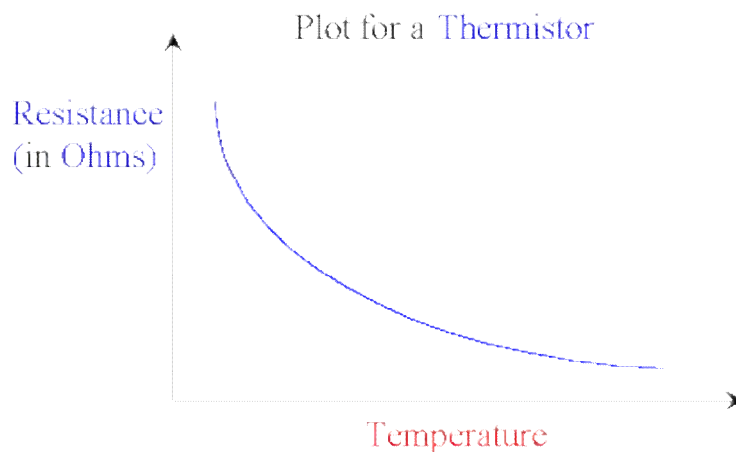
β) Αντιστατικοί ανιχνευτές θερμοκρασίας : Οι RTD συγκροτούνται από αντιστάσεις σύρματος , σε μορφή σπειρώματος , που παρουσιάζουν θετικό θερμικό συντελεστή (α) . Είναι γνωστό ότι η αντίσταση ενός μεταλλικού αγωγού αυξάνεται με τη θερμοκρασία με μια πολυωνυμική ή κατά προσέγγιση γραμμική σχέση :

$$\Delta R = 1 + \alpha \cdot \Delta t$$

Στη πράξη η πλατίνα είναι αυτή που χρησιμοποιείται από τα μέταλλα, γιατί παρουσιάζει σχεδόν γραμμική συμπεριφορά, και έχει καλά μηχανικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά.

Έτσι κατασκευάζονται ανιχνευτές πλατίνας με εύρος μετρήσεων από $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ μέχρι και $660\text{ }^{\circ}\text{C}$, μεγάλη σταθερότητα, υψηλή ακρίβεια και αξιοπιστία. Το αισθητήριο στοιχείο ενός τέτοιου ανιχνευτή αποτελείται συνήθως από ένα ορισμένου μήκους σύρμα πλατίνας, αντίστασης 1007, τυλιγμένο σε κεραμικό υλικό και τοποθετημένο σε κάψουλα. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά των RTD είναι η μεγάλη σταθερότητά τους, η υψηλή ακρίβεια και η σχεδόν γραμμική χαρακτηριστική τους. Λόγω της κατασκευής τους έχουν αργή απόκριση, είναι ευαίσθητα στους κραδασμούς και έχουν σχετικά μεγάλο κόστος.

γ) Θερμίστορ: Τα θερμίστορ κατασκευάζονται από ημιαγωγικά υλικά που εμφανίζουν πολύ αρνητικό θερμικό συντελεστή. Η αντίστασή τους μεταβάλλεται σημαντικά με τη θερμοκρασία (μεταβολή -2% ως -6% ανά βαθμό Κελσίου) παρέχοντας έτσι στο θερμίστορ μια διακρισιμότητα της τάξης του $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$. Όμως το πλεονέκτημα της υψηλής διακρισιμότητας αντισταθμίζεται από την εκθετική σχέση αντίστασης – θερμοκρασίας όπως φαίνεται και στην Εικόνα 10



Εικόνα 10: Χαρακτηριστική Θερμίστορ

Μέσα στην περιοχή μέτρησης μπορεί να έχουμε μεταβολές 5 ως 6 τάξεις μεγέθους, που προκαλούν προβλήματα στις μετρήσεις. Έτσι, μερικοί κατασκευαστές, για να ξεπεράσουν το πρόβλημα της εκθετικής χαρακτηριστικής, κατάφεραν, με συνδυασμό πολλών μετατροπέων και με τη βοήθεια παθητικών στοιχείων, να δημιουργήσουν θερμίστορ που παρουσιάζουν γραμμική συμπεριφορά. Ο αρνητικός θερμικός συντελεστής των θερμίστορ δημιουργεί ένα σημαντικό πρόβλημα,

γνωστό σαν θερμική διαφυγή , που μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες .

Έτσι , αν ένα θερμίστορ είναι συνδεδεμένο με μια σταθερή πηγή τάσης , το ρεύμα που το διαρρέει εξαρτάται από τη θερμοκρασία . Αύξηση της θερμοκρασίας θα προκαλέσει αύξηση στο ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα, το οποίο με τη σειρά του θα προκαλέσει νέα αύξηση στη θερμοκρασία του θερμίστορ (λόγω αυτοθέρμανσης) οπότε και το θερμίστορ θα καταστραφεί . Τα θερμίστορ παρουσιάζουν γρήγορη απόκριση , υψηλή ευαισθησία , αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις και σε συνδυασμό με το χαμηλό τους κόστος, είναι ιδανικά για τη μέτρηση της θερμοκρασίας στη περιοχή από -1000°C μέχρι και $+300^{\circ}\text{C}$.

δ) Ολοκληρωμένοι αισθητήρες θερμοκρασίας : Αρκετοί κατασκευαστές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (I.C.) έχουν παρουσιάσει συσκευές των οποίων η τάση ή το ρεύμα εξόδου είναι ανάλογα της απόλυτης θερμοκρασίας . Η αρχή της λειτουργία τους είναι η σταθερή μεταβολή της πτώσης τάσης στα άκρα μιας ορθά πολωμένης επαφής p-n κατά περίπου $-2,2 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$ για ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών. Οι ολοκληρωμένοι αισθητές περιέχουν εκτός από το αισθητήριο στοιχείο , την πηγή πόλωσης καθώς και τα κυκλώματα αντιστάθμισης. Οι σημαντικότεροι ολοκληρωμένοι αισθητές και τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους εξετάζονται παρακάτω:

I) AD590 : Είναι μια συσκευή δύο ακροδεκτών που όταν οδηγηθεί από μια τάση 4 - 30V, παράγει ρεύμα της τάξης των mA που είναι αριθμητικά ίσο με την απόλυτη θερμοκρασία (ή $I = [273+\theta \text{ }^{\circ}\text{C}] \text{ mA}$, όπου θ = θερμοκρασία από $-55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ μέχρι και $150 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Το AD590 έχει το πλεονέκτημα ότι αποτελεί μια σταθερή πηγή ρεύματος ελεγχόμενη από τη θερμοκρασία με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται για έλεγχο σε μεγάλες αποστάσεις (remote control) .

II) Σειρές LM135 : Τα ολοκληρωμένα LM135/LM235/LM335 της National Semiconductor είναι παραλλαγές μιας συσκευής που παράγει μια τάση ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας. Η συσκευή συμπεριφέρεται σαν μια δίοδος Zener δύο ακροδεκτών. Η τάση κατάρρευσης για το LM335 είναι $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{K}$ για ένα εύρος από 0°C μέχρι 100°C .

2.3. Μέτρηση Πίεσης

Πίεση είναι η δύναμη που ενεργεί σε μια επιφάνεια. Μετρείται σαν τη δύναμη που ενεργεί σε δεδομένο σημείο, ανά μονάδα επιφάνειας. Η Απόλυτη πίεση μετρείται σε σχέση με τη μηδενική πίεση (κενό) , ενώ η Διαφορική πίεση σε σχέση με μία πίεση αναφοράς. Το τέλειο κενό είναι η απόλυτη μηδενική πίεση.

2.3.1. Είδη Μετρητών Πίεσης

Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι μέτρησης πίεσης βασίζονται στη μετατόπιση που προκαλεί η πίεση σε κάποιο διάφραγμα. Οι πιο δημοφιλείς μετρητές πίεσης είναι :

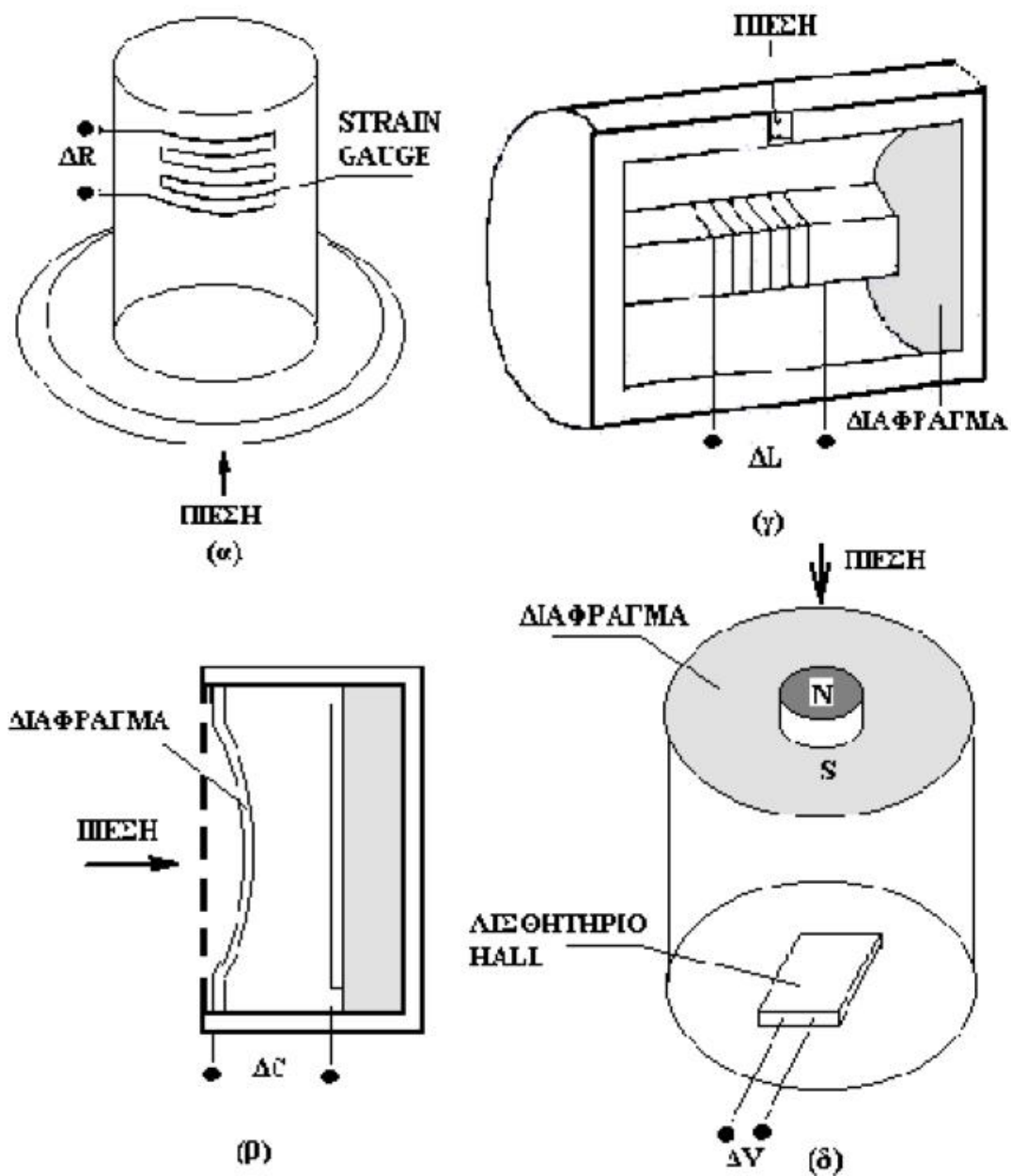
α) Strain - gauge μετρητής: Στην εξωτερική επιφάνεια ενός ελαστικού κυλίνδρου βρίσκεται στερεωμένος μεταλλικός αγωγός , ο οποίος με τη διόγκωση του κυλίνδρου, λόγω της πίεσης , επιμηκύνεται , με αποτέλεσμα τη μεταβολή της αντίστασής του (Εικόνα 11α) .

β) Χωρητικός μετρητής: Η μετακίνηση λόγω πίεσης ενός διαφράγματος προκαλεί μεταβολή της χωρητικότητας πυκνωτή που απαρτίζεται από το διάφραγμα και ένα σταθερό παράλληλο οπλισμό (Εικόνα 11β).

γ) Επαγωγικός μετρητής: Η μετακίνηση λόγω πίεσης ενός διαφράγματος από μαγνητικό υλικό , προκαλεί μεταβολή στην αυτεπαγωγή ενός πηνίου στο εσωτερικό του μετρητή (Εικόνα 11γ).

δ) Μετρητής φαινομένου Hall : Ένας μόνιμος μαγνήτης βρίσκεται στερεωμένος στην επιφάνεια του διαφράγματος (Εικόνα 11δ). Η μετακίνηση του διαφράγματος λόγω της πίεσης φέρνει το μαγνήτη πλησιέστερα σε ένα ανιχνευτή φαινομένου Hall .

ε) Ολοκληρωμένοι μετρητές : Πάνω σε ένα δίκτυο πυριτίου δημιουργούμε με κατάλληλη διάχυση προσμίξεων μια γέφυρα Wheatstone με στοιχεία ευαίσθητα στη πίεση . Έτσι μεταβολή στην πίεση προκαλεί μεταβολή στην ισορροπία της γέφυρας . Συνήθως στο ίδιο ολοκληρωμένο συμπεριλαμβάνονται και οι κατάλληλες διατάξεις ενίσχυσης και αντιστάθμισης . Χαρακτηριστικά της κατηγορίας αυτής είναι τα ολοκληρωμένα κυκλώματα της σειράς LX0503 , LX0607 , LX14XX , LX16XX και LX17XX της National Semiconductor καθώς και τα αντίστοιχα της σειράς MPX της Motorola .



Εικόνα 11. Κυριότεροι Μετρητές πίεσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Η ταξινόμηση των αισθητήρων γίνεται, είτε σύμφωνα με τη λειτουργία που επιτελούν (όπως π.χ. τη μέτρηση της θερμοκρασίας), είτε με βάση τη φυσική αρχή στην οποία στηρίζεται η λειτουργία τους.

3.1. Επαγωγικοί, Χωρητικοί και Μαγνητικοί Αισθητήρες

Οι Επαγωγικοί Αισθητήρες εκμεταλλεύονται το φυσικό φαινόμενο της μεταβολής του συντελεστή ποιότητας σε ένα κύκλωμα συντονισμού, η οποία οφείλεται σε απώλειες δινορευμάτων σε αγώγιμα υλικά. Αυτή η αρχή επιτρέπει την χωρίς επαφή ανίχνευση όλων των αγώγιμων υλικών (μεταλλικά αντικείμενα, γραφίτης κλπ).

Οι Χωρητικοί Αισθητήρες υπολογίζουν την μεταβολή της χωρητικότητας, που οφείλεται στην εισαγωγή ενός αντικειμένου σε ρόλο διηλεκτρικό στο ηλεκτρικό πεδίο ενός πυκνωτή. Οι χωρητικοί αισθητήρες προσέγγισης, αντίθετα με τους επαγωγικούς, δεν ανιχνεύουν μόνο αγώγιμα υλικά, όπως πχ τα μέταλλα, αλλά λόγω της αρχής λειτουργίας τους ανιχνεύουν επίσης και μη αγώγιμα υλικά, όπως κεραμικά, ξύλο, πλαστικό, γυαλί, υγρά κτλ.

Οι Μαγνητικοί Αισθητήρες ανιχνεύουν χωρίς επαφή μαγνητικά αντικείμενα. Παρόλο που χρησιμοποιούνται με τον ίδιο τρόπο όπως και οι επαγωγικοί, η αρχή λειτουργίας τους επιτρέπει την ανίχνευση σε μεγάλες αποστάσεις ακόμα και από μικρούς διακόπτες. Οι μαγνητικοί αισθητήρες βοήθησαν στο να αναλυθούν και να ελεγχθούν εκατοντάδες παράγοντες για αρκετές δεκαετίες. Οι υπολογιστές έχουν απεριόριστη μνήμη χάρη στη χρήση μαγνητικών αισθητήρων στους μαγνητικούς σκληρούς δίσκους και στις δισκέτες εγγραφής. Τα αεροπλάνα πετούν με υψηλότερα στάνταρ ασφάλειας εξαιτίας της υψηλής σταθερότητας των διακοπών χωρίς επαφή οι οποίοι έχουν μαγνητικούς αισθητήρες. Οι βιομηχανίες έχουν υψηλή παραγωγικότητα εξαιτίας της υψηλής σταθερότητας και του χαμηλού κόστους των μαγνητικών αισθητήρων.

Τα Φωτοκύτταρα έχουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο σε εφαρμογές αυτοματισμού, επειδή επιτρέπουν την ανίχνευση αντικειμένων με ακρίβεια σε μεγάλες αποστάσεις. Η βασική αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των φωτοκυτταρων είναι η εξής: ένας δέκτης λαμβάνει το εκπεμπόμενο φως (ορατό ή μη ορατό, υπέρυθρο) και το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα.

3.2. Αισθητήρες Laser

Αισθητήρες Φωτοκύτταρα

Αισθητήρες Laser Υπερήχων

Οι αισθητήρες ροής υπερήχων *doppler* (φαινόμενο Doppler) μετρούν τη ροή εξωτερικά του αγωγού μέσω δετού αισθητήρα. Εκπέμπουν συνεχώς υπέρηχους στα 640 kHz που διασχίζουν τα τοιχώματα του σωλήνα και το τρεχούμενο υγρό. Ο ήχος ανακλάται πίσω στον αισθητήρα από σωματίδια ή φυσαλίδες που υπάρχουν στο υγρό. Για παράδειγμα, αν το υγρό ρέει, η ηχώ επιστρέφει σε διαφορετική συχνότητα ανάλογη της ταχύτητας ροής. Οι μετρητές ροής *doppler* μετρούν διαρκώς αυτές τις μεταβολές συχνότητας για να υπολογίσουν τη ροή. Το «φαινόμενο *doppler*» παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1842 από έναν Αυστριακό φυσικό, τον Christian Doppler. Η τεχνική *doppler* εφαρμόζεται μόνο σε υγρά που περιέχουν σωματίδια ή φυσαλίδες που αντανακλούν το σήμα.

Αισθητήρες Laser Θερμιδομετρικοί

Οι ηλεκτρονικοί επιτηρητές ροής που βασίζονται στη θερμιδομετρική αρχή είναι οι πλέον κατάλληλοι για την ορθή επιτήρηση ροής. Οι ηλεκτρονικοί επιτηρητές ροής βασίζονται στην αρχή της θερμικής αγωγιμότητας. Ο επιτηρητής ροής αποτελείται από έναν αισθητήρα, ο οποίος μετατρέπει το φυσικό μέγεθος σε ένα ηλεκτρικό σήμα και ένα ελεγκτή που μετατρέπει τα σήματα του αισθητήρα σε δυαδικό σήμα εξόδου

3.3. Αισθητήρες Πίεσεως

Η Πίεση και η μηχανική τάση έχουν τον ίδιο βασικό ορισμό, καθώς αποτελούν μέτρα της δύναμης που ασκείται πάνω σε μία επιφάνεια. Η δύναμη που προκαλείται από ένα στερεό αντικείμενο ή ασκείται σε ένα στερεό αντικείμενο, αναφέρεται ως μηχανική τάση. Οι αισθητήρες που μετρούν την πίεση, η οποία ασκείται σε υγρά ή αέρια, ονομάζονται αισθητήρες πίεσεως. Ένας μετατροπέας πίεσεως ανιχνεύει ενέργεια με την μορφή πίεσης και τη μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα (ρεύμα ή τάση).

Ελαστικοί αισθητήρες πίεσης

Οι ελαστικοί αισθητήρες πίεσης (*elastic pressure sensors*) ονομάζονται έτσι, επειδή κάποιο τμήμα τους μπορεί να καμφθεί, να τεντωθεί ή παροδικά να παραμορφωθεί, όταν εφαρμόζεται σε αυτό μία πίεση.

Ένας μετρητής πίεσης με σωλήνα Bourdon μπορεί να χρησιμοποιηθεί γι' αυτή τη μέτρηση. Έχει ονομαστεί από τον Eugene Bourdon και είναι

ο πιο δημοφιλής μετρητής πίεσης. Είναι κατάλληλοι για χρήση σε υγρά και αέρια και χρησιμοποιούνται σε ευρύ πεδίο εφαρμογών, βιομηχανικών και οικιακών.

Αισθητήρες Θερμοκρασίας με επαφή

Σε εφαρμογές μέτρησης θερμοκρασίας συναντάμε συνήθως θερμοζεύγη επαφής και θερμοαντιστάσεις (RTD). Στα RTD η αγωγιμότητα αυξάνεται όσο αυξάνεται και η θερμοκρασία. Ο θετικός αυτός συντελεστής ονομάζεται «Άλφα» και εξαρτάται από το υλικό που είναι κατασκευασμένο το RTD. Για παράδειγμα, ο χαλκός έχει συντελεστή 0,0038, η πλατίνα 0,0039, το βολφράμιο 0,0045 και το νικέλιο 0,0067.

Στα πλεονεκτήματα συγκαταλέγονται η αποδοτικότητα και η γραμμικότητά του και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται περισσότερο από κάθε άλλο αισθητήρα. Το εύρος λειτουργίας του κυμαίνεται στις θερμοκρασίες από (-400ο C) μέχρι (+1700 ο C).

3.4. Αισθητήρες Θερμοκρασίας

Αισθητήρες Θερμοκρασίας χωρίς επαφή (Υπερύθρων)

Σε πολλές βιομηχανίες, οι διεργασίες λαμβάνουν χώρα κάτω από πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Ο σωστός αυτοματισμός και ο ποιοτικός έλεγχος απαιτεί ασφαλή ανίχνευση και επιτήρηση των θερμοκρασιών από απόσταση. Οι υπέρυθροι αισθητήρες θερμότητας απορροφούν τη θερμική ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα.

3.5. Αισθητήρες Υγρασίας

Η υγρασία είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους, που μετρούνται μαζί με την θερμοκρασία. Η υγρασία είναι στην πράξη μόρια νερού στον αέρα και πολλές χημικές αντιδράσεις, διαδικασίες ξήρανσης, μετεωρολογικές παράμετροι ακόμα και οι συνθήκες εργασίας μέσα στα γραφεία επηρεάζονται από αυτήν. Πρέπει να διακρίνουμε την απόλυτη από την σχετική υγρασία του αέρα. Η απόλυτη υγρασία είναι το βάρος του περιεχομένου του νερού στον αέρα, δηλαδή η πυκνότητα του νερού. Η μονάδα μέτρησης είναι gr/m^3 .

Η σχετική υγρασία δείχνει το ποσοστό της μέγιστης δυνατής ποσότητας υδρατμού στον αέρα με αναφορά την θερμοκρασία τη στιγμή της μέτρησης. Η μέτρηση γίνεται επί τοις εκατό (%). Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέτρησης της σχετικής υγρασίας.

3.6. Αισθητήρες ταχύτητας

Η διατήρηση της ροής του αέρα σε επιθυμητό επίπεδο είναι κρίσιμη σε ορισμένες εφαρμογές, ειδικά σε συστήματα κλιματισμού, θέρμανσης και εξαερισμού. Η ταχύτητα αέρα (διανυόμενη απόσταση ανά μονάδα χρόνου) εκφράζεται συνήθως σε πόδια ανά λεπτό ή σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec). Ο όγκος του αέρα μπορεί να προσδιοριστεί πολλαπλασιάζοντας την ταχύτητα του αέρα με την επιφάνεια της εγκάρσιας τομής ενός αγωγού. Συνήθως μετριέται σε κυβικά πόδια ανά λεπτό (cfm) ή κυβικά μέτρα ανά ώρα (m³/h)

3.7. Αισθητήρες Ανίχνευσης Αερίων

Η καθημερινή χρήση του αερίου (φυσικού ή υγραερίου) για μαγείρεμα, θέρμανση, ζεστό νερό, αλλά και η χρήση διαφόρων αερίων και των παραγώγων τους στη βιομηχανία δημιουργεί την ανάγκη ανίχνευσης των πιθανών διαρροών, που μπορεί να προκληθούν, είτε από το σύστημα διανομής, είτε ακόμη και από τις ίδιες τις συσκευές αερίου.

3.8. Αισθητήρες Στάθμης

Οι αισθητήρες στάθμης σημείου/σημείων χρησιμοποιούνται γενικά για έλεγχο υψηλής/χαμηλής στάθμης, ελάχιστου και μέγιστου ύψους στάθμης ή για ενεργοποίηση συναγερμού.

Αισθητήρες Στάθμης Σημείων

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούμε για έλεγχο σημείων είναι χωρίς κινούμενα μέρη και δίνουν λύσεις σε πολλές εφαρμογές.

Παραδείγματα αισθητήρων Στάθμης Σημείων είναι :

- § Προσέγγισης χωρητικοί
- § Χωρητικότητας
- § Φωτοκύτταρων
- § Υπερήχων
- § Λείζερ
- § Υπερύθρων

Αισθητήρες Συνεχούς Στάθμης

Παραδείγματα αισθητήρων Συνεχής Στάθμης είναι:

- § Χωρητικότητα
- § Υπερήχων
- § Πίεσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΓΡΩΝ

Μια μεγάλη ποικιλία τεχνικών μέτρησης και αισθητήρων έχουν επινοηθεί για το προσδιορισμό της στάθμης υγρών σε ανοικτά ή κλειστά δοχεία (δεξαμενές). Δεν είναι μόνο η γνώση της στάθμης αυτής καθ'εαυτής σημαντική, αλλά και άλλα σημαντικά στοιχεία μπορούν να εξαχθούν από τη γνώση τους. Από το προσδιορισμό της στάθμης, και με δεδομένα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και τις διαστάσεις του δοχείου, μπορούμε να προσδιορίσουμε τον όγκο του υγρού. Επίσης αν είναι γνωστή η πυκνότητα του υγρού, μπορούμε να υπολογίσουμε και τη μάζα του.

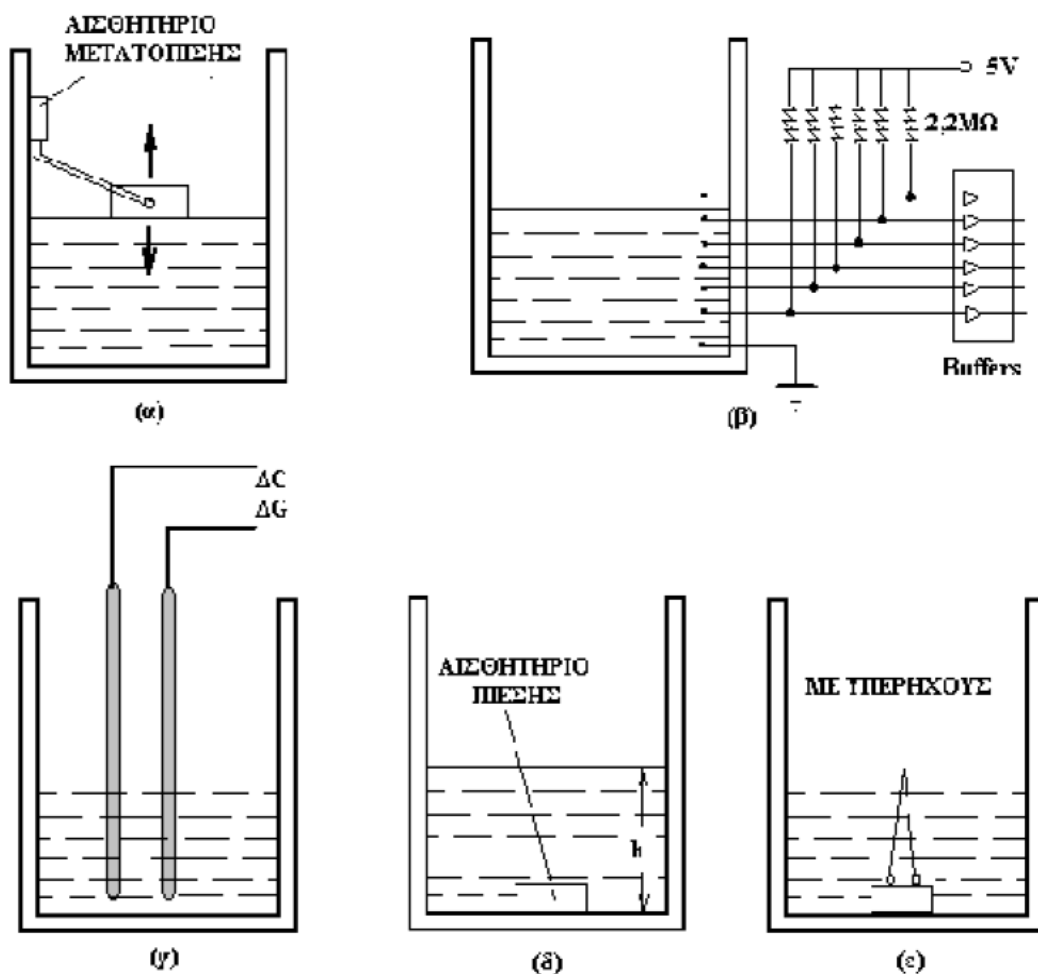
4.1 Μέθοδοι Μέτρησης Στάθμης Υγρών

Η στάθμη μπορεί γενικά να μετρηθεί είτε με διακριτό τρόπο (αν κάποια προκαθορισμένα σημεία καλύπτονται από το υγρό), είτε με συνεχή τρόπο (μεταβολή κάποιου αναλογικού μεγέθους ανάλογα με τη μεταβολή της στάθμης). Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι προσδιορισμού της στάθμης ενός υγρού είναι :

α) Χρήση πλωτήρα : Η μέτρηση της στάθμης μπορεί να γίνει αν χρησιμοποιήσουμε ένα πλωτήρα τοποθετημένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μεταβάλλεται η κατακόρυφη απομάκρυνσή του κάθε φορά που μεταβάλλεται η στάθμη του υγρού. Η μεταβολή στη θέση του πλωτήρα μπορεί εύκολα να ανιχνευθεί από ένα μετατροπέα μετατόπισης (Εικόνα 12α).

β) Μέθοδος αγωγιμότητας : Χρησιμοποιείται σε υγρά που παρουσιάζουν έστω και μια μικρή αγωγιμότητα (ηλεκτρική), και αποτελεί μια φτηνή και συγχρόνως αξιόλογη μέθοδο προσδιορισμού της στάθμης. Σχηματική παράσταση της μεθόδου βλέπουμε στο Εικόνα 12β. Όταν δεν υπάρχει καθόλου υγρό στη δεξαμενή, όλες οι έξοδοι οδηγούνται μέσω των αντιστάσεων 2,2 ΜΩ σε υψηλό δυναμικό. Όταν όμως κάποιο ηλεκτρόδιο έρθει σε επαφή με το αγωγίμο υγρό, τότε η αντίστοιχη έξοδος οδηγείται σε χαμηλό δυναμικό λόγω του γειωμένου ακροδέκτη. Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι έχουμε διακριτή και όχι συνεχή ένδειξη της στάθμης. Μια παραλλαγή της παραπάνω μεθόδου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σωστή ανίχνευση της στάθμης (Εικόνα 12γ). Επειδή η αγωγιμότητα μεταξύ των ηλεκτροδίων είναι ανάλογη του ύψους της στάθμης του υγρού, μέτρηση αυτής της αγωγιμότητας μας δίνει μία ένδειξη της στάθμης. Προσοχή πρέπει να δοθεί ώστε κατά

τη μέτρηση της αγωγιμότητας να χρησιμοποιηθεί εναλλασσόμενο και όχι συνεχές ρεύμα , το οποίο θα προκαλούσε ηλεκτρόλυση .Εναλλακτικά θα μπορούσε να μετρηθεί η μεταβολή της χωρητικότητας μεταξύ των ηλεκτροδίων που και αυτή εξαρτάται από τη στάθμη του υγρού .



Εικόνα 12:Μέθοδοι προσδιορισμού στάθμης υγρού

γ) Μέθοδος πίεσης : Ένας αισθητήρας πίεσης τοποθετημένος στη βάση της δεξαμενής , δίνει έξοδο που εξαρτάται από το ύψος της στάθμης του υγρού . Η σχέση που δείχνει αυτή την εξάρτηση είναι :

$$P = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

όπου P_0 είναι η πίεση στην επιφάνεια του υγρού (ατμοσφαιρική) , ρ είναι το ειδικό βάρος του υγρού , g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας και h το ύψος της στάθμης του υγρού. Σχηματική παράσταση της μεθόδου φαίνεται στην Εικόνα 12 δ.

δ) Ακουστική μέθοδος : Χρησιμοποιούνται υπέρηχοι που είτε εκπέμπονται από πομπό και ανιχνεύονται από ξεχωριστό δέκτη , είτε εκπέμπονται και λαμβάνονται από ένα μοναδικό πομποδέκτη που λειτουργεί εναλλακτικά σαν πομπός και δέκτης (Εικόνα 12ε) . Η μεταβολή στην εξασθένηση ή στη καθυστέρηση της ακτίνας του ήχου λόγω ανάκλασης στη διαχωριστική επιφάνεια υγρού - αέρα (στην επιφάνεια του υγρού) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το προσδιορισμό της στάθμης του υγρού .

4.2 Αναλυτική παρουσίαση των αισθητήρων μέτρησης στάθμης

Μαζί με την θερμοκρασία και πίεση, η μέτρηση στάθμης βρίσκεται στην κορυφή των μετρητικών αναγκών στην βιομηχανία, ναυτιλία αλλά και στην καθημερινή μας ζωή. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι αποτελεί τη βάση για την διαχείριση και έλεγχο στην χημική, πετροχημική βιομηχανία, περιβαλλοντικές εφαρμογές και άλλες σχετιζόμενες βιομηχανίες.

Με την πάροδο των ετών, η πληθώρα των εφαρμογών και η πολυπλοκότητα των συστημάτων επίβλεψης, αυξήθηκε τόσο που οδηγεί την κοινότητα των τεχνικών σε συνεχή έρευνα, επέκταση και βελτίωση των εφαρμοζόμενων αρχών μέτρησης στάθμης.

Μερικοί βασικοί ορισμοί στην μέτρηση στάθμης είναι:

- Στάθμη: Η απόσταση της επιφάνειας του μετρούμενου υλικού από ένα σημείο αναφοράς
- Ελάχιστο (minimum) : Η χαμηλότερη αποδεκτή στάθμη
- Μέγιστο (maximum) : Η υψηλότερη αποδεκτή στάθμη

Η μέτρηση της στάθμης κατηγοριοποιείται σε:

- Σημειακή μέτρηση: Η ανίχνευση συγκεκριμένης στάθμης
- Συνεχής μέτρηση: Μέτρηση της ακριβούς τιμής εντός μιας συγκεκριμένης περιοχής μέτρησης (π.χ. Στάθμη καυσίμων στα αυτοκίνητά μας)

4.2.1 Σημειακή μέτρηση στάθμης

Είναι η επίβλεψη του εάν έχει επιτευχθεί ή ξεπεραστεί ένα προκαθορισμένο όριο στάθμης ή εάν η στάθμη έχει πέσει κάτω από ένα κρίσιμο σημείο. Χρησιμοποιείται συνήθως για αποφυγή υπερχειλίσης καθώς και για τήρηση κανονισμών ελαχίστου-μεγίστου ορίου στάθμης. Οι βασικές μέθοδοι και πλέον διαδεδομένες για την σημειακή μέτρηση στάθμης είναι:

Δονητικός διακόπτης (Vibration)

Αρχή Μέτρησης: Το μετρούμενο φυσικό μέγεθος είναι η ολίσθηση συχνότητας. Ένα δίχαλο ή βέργα δονείται ηλεκτρονικά με συγκεκριμένη συχνότητα από πιέζο-κεραμικό κρύσταλλο ή αντίστοιχο. Όταν έλθει σε επαφή με το μετρούμενο μέσο, αυτή η συχνότητα μειώνεται. Το ηλεκτρολογικό μέρος της συσκευής αναγνωρίζει την αλλαγή της συχνότητας και δημιουργεί σήμα εξόδου βάση αυτής της αλλαγής

Πλεονεκτήματα: Πρόκειται για όργανο εύκολο και απλό στη χρήση. Χωρίς ιδιαίτερες ή καθόλου ρυθμίσεις, χωρίς κινούμενα μέρη, χωρίς περιορισμό στην εγκατάσταση- τοποθέτηση, ανεπηρέαστο από τα φυσικά χαρακτηριστικά του μετρούμενου μέσου, δυνατότητα-τεστ ορθής λειτουργίας.

Μειονεκτήματα: Υλικά παχύρρευστα ή κολλώδη μπορούν να δημιουργήσουν πρόβλημα, καθώς και στερεά με μεγάλη κοκκομετρία μπορούν να φράξουν το δίχαλο (και τα δύο αυτά μειονεκτήματα ελαχιστοποιούνται με τη χρήση δονητικού διακόπτη τύπου βέργας-VIBRATION ROD)

Εφαρμογές: Συναντά εφαρμογές σε υγρά και στερεά για έλεγχο στάθμης, έλεγχο μέγιστου-ελάχιστου, προστασία υπερχειλίσης κ.λ.π

Χωρητικός διακόπτης (Capacitive)

Αρχή Μέτρησης: Το μετρούμενο φυσικό μέγεθος είναι η χωρητικότητα. Ο αισθητήρας (probe) με το μεταλλικό τοίχωμα της δεξαμενής δημιουργεί ένα πυκνωτή που μεταβάλλει τη τιμή του καθώς προσθφαιρείται υλικό στην δεξαμενή.

Πλεονεκτήματα: Αποτελεί μέθοδο γενικής χρήσης, χωρίς κινούμενα μέρη και με αρκετά καλή ακρίβεια. Είναι όργανα κατάλληλα και για στερεά υλικά.

Μειονεκτήματα: Τα κολλώδη υλικά μπορούν να δημιουργήσουν πρόβλημα. Η εγκατάσταση μπορεί να είναι δύσκολη λόγω εξωτερικών παραμέτρων όπως το υλικό της δεξαμενής, επιρροή του καλωδίου (π.χ. χωρητικότητα). Η διηλεκτρική σταθερά (E_v) του προς μέτρηση υλικού πρέπει να είναι περίπου μεγαλύτερη από 1,4 ($E_v > 1,4$) Μερικές τιμές E_v : Τσιμέντο (1,5...4), Αλεύρι (4,5), Οινόπνευμα (3), Βενζίνη (1,3...3), Νερό (80), Λάδι (2,1)

Εφαρμογές: Συναντά εφαρμογές σε υγρά και στερεά, αγωγίμα και μη αγωγίμα. Καλύπτουν ευρεία γκάμα εφαρμογών σημειακής μέτρησης.

Ηλεκτρόδια αγωγιμότητας (Conductive Electrodes)

Αρχή Μέτρησης: Ένα ή περισσότερα ηλεκτρόδια διαμορφώνουν ένα probe (στέλεχος μέτρησης) και έχουν διαφορετικά μήκη. Τοποθετούνται σε δοχεία με αγωγίμο υγρό. Εάν η στάθμη του υλικού ανέβει έως το ηλεκτρόδιο “κλείνει” κύκλωμα μεταξύ δύο ηλεκτροδίων και δημιουργία σήματος εξόδου.

Εφαρμογές: Συναντά εφαρμογές στον έλεγχο στάθμης, έλεγχο ελάχιστου-μέγιστου για εύκολες και χαμηλού κόστους λύσεις.

Μαγνητικός αισθητήρας (Magnetic Immersion Probe)

Αρχή Μέτρησης: Το μέσο μέτρησης είναι ένας οδηγούμενος πλωτήρας που φέρει ενσωματωμένο μαγνήτη. Καθώς ο πλωτήρας κινείται βάση της στάθμης επάνω σε μία βέργα, ο μόνιμος μαγνήτης που περιέχεται μέσα στο πλωτήρα, ενεργοποιεί επαφές reed τοποθετημένες εντός της βέργας, με αποτέλεσμα αντίστοιχες ενεργοποιήσεις εξόδων.

Πλεονεκτήματα: Πρόκειται για απλή μέθοδο, εύκολη στην εγκατάσταση, χωρίς ανάγκες συντήρησης και με μεγάλη αξιοπιστία μετρήσεων.

Μειονεκτήματα: Η πλευστότητα εξαρτάται από το μέγεθος του πλωτήρα (float), τα μήκη δεν ξεπερνούν τα 3 με 5 μέτρα. Η πυκνότητα του υλικού θα πρέπει να είναι συνήθως μεγαλύτερη από 0.6 με 0.7 g/cm³. Εφαρμογές : Συναντά εφαρμογές ευρείας γκάμας σε σημειακή μέτρηση στάθμης σε υγρά

Πλωτήρες (Float Switches)

Η κίνηση /θέση του πλωτήρα καθώς βυθίζεται και ανυψώνεται βάση της στάθμης του υγρού, ανιχνεύεται από ένα ενσωματωμένο διακόπτη που δίνει σήμα εξόδου.

Εφαρμογές: Συναντά εφαρμογές στον έλεγχο αντλιών, σε βιολογικούς καθαρισμούς και αποτελεί γενικά απλή και οικονομική λύση για σημειακή μέτρηση στάθμης. Έχουν αναπτυχθεί και ειδικές μέθοδοι για ιδιαίζουσες εφαρμογές όπως: διακόπτες υπερήχων, ραδιομετρικός διακόπτης στάθμης, φωτοαισθητήρια στάθμης, διακόπτης περωτής, κ.λ.π.

4.2.2 Συνεχής μέτρηση στάθμης

Είναι η συνεχής μέτρηση της τρέχουσας της στάθμης υγρών ή στερεών καθώς αυτή αυξομειώνεται. Χρησιμοποιείται συνήθως για την συνεχή επίβλεψη, διαμόρφωση στρατηγικού ελέγχου, έλεγχο διεργασιών, εξαγωγή στατιστικών και πληροφοριών σχετικών με την κατανάλωση, αποφυγή απωλειών κ.λ.π. Οι βασικές μέθοδοι και πλέον διαδεδομένες για την συνεχή μέτρηση στάθμης είναι:

Αισθητήρας υπερήχων (Ultrasonic)

Αρχή Μέτρησης: Ο αισθητήρας μετρά το χρόνο που χρειάζεται το κύμα υπερήχου για να ταξιδέψει από τον αισθητήρα έως την επιφάνεια του υλικού και να ανακλαστεί πίσω στον αισθητήρα. Ο χρόνος αυτός έχει άμεση σχέση με την απόσταση και άρα τη στάθμη του υλικού. Η ηλεκτρονική μονάδα της συσκευής μεταφράζει αυτή τη τιμή σε αναλογικό σήμα.

Πλεονεκτήματα: Ο αισθητήρας δεν έρχεται σε επαφή με το μετρούμενο υλικό. Η μέτρηση είναι ανεξάρτητη από την πυκνότητα του υλικού. Δεν έχει κινητά μέρη, έχει στιβαρή κατασκευή.

Μειονεκτήματα: Η ταχύτητα του ήχου εξαρτάται κατά πολύ από τη θερμοκρασία και πίεση. Ο σχηματισμός αερίου επάνω από την επιφάνεια του υλικού μπορεί να επηρεάσει τη ταχύτητα του ήχου, ύπαρξη αφρού απορροφά μεγάλο μέρος των υπερήχων. Μηχανικά μέρη στην δεξαμενή (π.χ. άλλα εσωτερικά αισθητήρια, αναδευτήρες, προεξοχές κ.α) μπορούν να παρεμποδίσουν το σήμα. Οι σύγχρονοι αισθητήρες διαθέτουν συστήματα αντιστάθμισης θερμοκρασίας, υπολογισμού απορρόφησης σήματος, καθώς και απόρριψης ζωνών μέτρησης για να μειωθούν οι πιθανότητες εσφαλμένης μέτρησης.

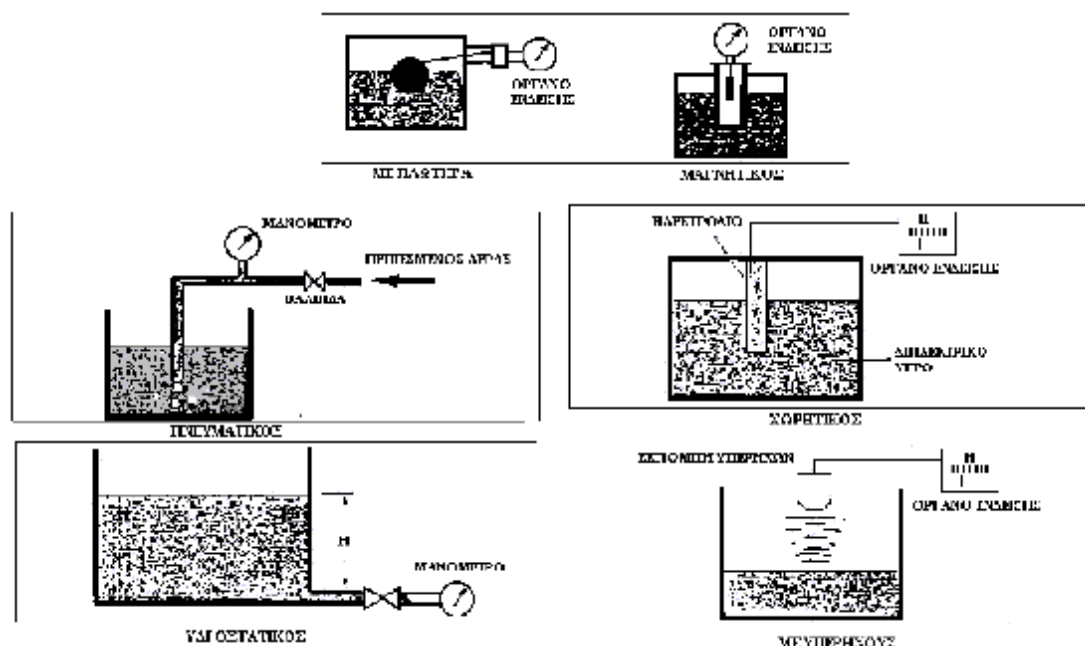
Εφαρμογές: Συναντά εφαρμογές σε μετρήσεις στάθμης σε υγρά και στερεά υλικά. Μεγάλο πεδίο εφαρμογών σε βιολογικούς καθαρισμούς, σιλό δημητριακών, άμμο, τσιμέντο, δεξαμενές υγρών κ.λ.π.

Αισθητήρας μικροκυμάτων (Guided Microwave or Radar)

Αρχή Μέτρησης: Η φυσική παράμετρος που μετράται είναι οι παλμοί οδηγούμενων μικροκυμάτων. Ο εκπεμπόμενος παλμός μικροκυμάτων κινείται επάνω στην μεταλλική βέργα και ανακλάται πίσω, επάνω στην επιφάνεια του υλικού. Η στάθμη του υλικού υπολογίζεται από την ηλεκτρονική μονάδα και βασίζεται στον συνολικό χρόνο αποστολής-λήψης του παλμού.

Πλεονεκτήματα: Η βαθμονόμηση μπορεί να γίνει και χωρίς να έχει τοποθετηθεί. Δεν έχει κινούμενα μέρη. Κατάλληλο και για στερεά υλικά (σε μορφή πούδρας, σκόνης, κόκκων). Υψηλή ακρίβεια μέτρησης. Ανεπηρέαστο από τη θερμοκρασία, πίεση.

Μειονεκτήματα: Κολλώδη υλικά μπορεί να δημιουργήσουν πρόβλημα. Η διηλεκτρική σταθερά του μετρούμενου υλικού θα πρέπει να είναι μικρότερη από 1,8 ($\epsilon_r < 1,8$). Δεν ισχύει αυτός ο περιορισμός για τα radar sensors. Η αρχή του radar είναι αντίστοιχη με την αναφερθείσα, μόνο που η εκπομπή γίνεται στον αέρα και όχι επάνω σε βέργα μεταλλική.



Εικόνα 13: Αισθητήρες Μέτρησης Στάθμης

Αισθητήρας πίεσης (Hydrostatic Pressure)

Αισθητήρας πίεσης (Hydrostatic Pressure) Αρχή Μέτρησης: Η μετρούμενη φυσική παράμετρος είναι η πίεση (μέσω κεραμικού χωρητικού αισθητήρα ή αντίστοιχου) του υγρού η οποία μεταβάλλεται σε σχέση με τη στάθμη. Το σήμα εξόδου του μεταδότη είναι ανάλογο της στάθμης του προς μέτρηση υγρού.

Πλεονεκτήματα: Προσφέρει μεγάλη ακρίβεια στη μέτρηση. Δεν έχει κινούμενα μέρη, δεν απαιτεί συντήρηση, κατάλληλο για μέτρηση σε απόβλητα, παχύρρευστα υλικά κ.λ.π.

Μειονεκτήματα: Η αντιστάθμιση της θερμοκρασίας είναι απαραίτητη για τη μεταβολή της πυκνότητας. Σε κλειστά δοχεία πρέπει να γίνεται αντιστάθμιση της πίεσης του αερίου επάνω από τη στάθμη του υγρού. Μεταβολές της πυκνότητας μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένη μέτρηση.

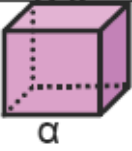
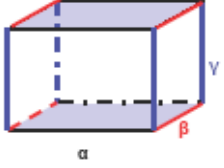
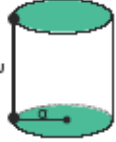
Εφαρμογές: Συναντά εφαρμογές σε μετρήσεις σε υγρά και παχύρρευστα υγρά, δεξαμενές αποβλήτων κ.λ.π.

Μαγνητικός αισθητήρας (Magnetic Immersion Probe)

Αρχή Μέτρησης: Οδηγούμενος πλωτήρας. Καθώς ο πλωτήρας κινείται ανάλογα με τη στάθμη του υγρού, επάνω σε μία βέργα, ο μόνιμος μαγνήτης που περιέχεται μέσα στο πλωτήρα, ενεργοποιεί επαφές reed τοποθετημένες εντός της βέργας που μεταβάλλουν την συνολική αντίσταση (μέσω των ανοιγο-κλεισιμάτων των reed διακοπών). Αυτή η συνολική αντίσταση μετατρέπεται από την ηλεκτρονική μονάδα σε σήμα εξόδου ανάλογο της στάθμης υγρού. Σχετικά με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ισχύει ότι και για τους μαγνητικούς αισθητήρες για σημειακή μέτρηση στάθμης. Υπάρχουν ακόμη χωρητικοί αισθητήρες για συνεχή μέτρηση, μεταδότες συνεχούς μέτρησης μέσω ραδιοϊσοτόπων (ραδιομέτρηση), ηλεκτρομηχανικοί μέθοδοι (Yο-Yο) κ.τ.λ.

4.3 Μέτρηση στάθμης σε δεξαμενές διαφόρων σχημάτων

Τα πιο συνηθισμένα και ευρέως διαδεδομένα σχήματα που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να αποθηκευθεί ένα ρευστό και επομένως να χρειαστεί να μετρηθεί ο όγκος του είναι ο κύβος, το ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο και ο κύλινδρος.

Τυπολόγιο εμβαδών και όγκων στερεών σωμάτων			
Όνομασία	Σχήμα	Όγκος	Σημειώσεις
Κύβος	 α	$O = \alpha^3$	α: ακμή του κύβου
Ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο	 α β γ	$O = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma$	α: μήκος β: πλάτος γ: ύψος
Κύλινδρος	 α u	$O = 3,14 \cdot \alpha^2 \cdot u$	α: ακτίνα της βάσης u: ύψος του κυλίνδρου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

Όλες οι ηλεκτρονικές συσκευές αποτελούνται από μια ή περισσότερες πλακέτες PCB (Printed Circuit Board). Πάνω στο PCB είναι τοποθετημένα τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα κολλημένα στις νησίδες του χαλκού. Υπάρχουν δυο τεχνολογίες κατασκευής PCB: Α)η Through-hole-technology στην οποία χρησιμοποιούνται εξαρτήματα με ακροδέκτες, που δια μέσω οπών εισέρχονται στο PCB και κολλιούνται στην άλλη πλευρά και Β) SMT Surface mount technology στην οποία τα εξαρτήματα δεν έχουν ακροδέκτες από σύρμα και κολλιούνται κατευθείαν πάνω στις νησίδες χαλκού του PCB.

Οι ηλεκτρονικές συσκευές ευρείας κατανάλωσης κατασκευάζονται βιομηχανικά με αυτοματοποιημένες μεθόδους. Όταν θέλουμε να φτιάξουμε ερασιτεχνικά μια ηλεκτρονική κατασκευή χρησιμοποιούμε χειροκίνητες μεθόδους, όπως με τη χρήση ηλεκτρικού κολλητηριού και χειροκίνητο κόψιμο των ακροδεκτών.



Εικόνα 14: Ένα ηλεκτρικό κολλητήρι

Η ιδέα της συγκόλλησης μεταλλικών ακροδεκτών εξαρτημάτων και καλωδίων πάνω στις χάλκινες πίστες τυπωμένων κυκλωμάτων είναι πολύ απλή: Χρησιμοποιώντας ένα σύρμα από κράμα μολύβδου και ψευδαργύρου την γνωστή μας κόλληση (ή καλάι), που λιώνει, με τη βοήθεια της θερμότητας που εκλύεται στη μύτη του κολλητηριού και

«αγκαλιάζει» τα σημεία συγκόλλησης πετυχαίνουνε μια σταθερή μόνιμη και άριστη ηλεκτρική επαφή.

5.1 Τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός κολλητηριού

Σε κάθε κατάστημα ηλεκτρονικών ειδών ή κατάλογο αντίστοιχης εταιρείας συναντάται μια τεράστια ποικιλία κολλητηριών, σταθμών κόλλησης, συσκευών αποσυγκόλλησης, ανταλλακτικών και συναφών βοηθητικών εξαρτημάτων. Οι διαφορές εντοπίζονται τόσο στις δυνατότητες όσο και στην αξία αγοράς τους. Τα πολύ φθηνά έχουν περιορισμένη δυνατότητα ανταλλακτικών (διάφοροι τύποι από μύτες, θερμαντικές αντιστάσεις κλπ) και σε ακραίες περιπτώσεις δεν πληρούν προδιαγραφές ασφαλείας. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που ο υποψήφιος αγοραστής πρέπει να έχει κατά νου είναι τα εξής:

Τάση Λειτουργίας: Για την Ελλάδα η τάση λειτουργίας πρέπει να είναι 220-240V (AC).

Ισχύς: Για τυπική χρήση μια ισχύς 30W είναι απολύτως ικανοποιητική. Περισσότερη ισχύς δεν σημαίνει πως η μύτη του κολλητηριού είναι θερμότερη αλλά πως το κολλητήρι μπορεί να απλώσει λιωμένη κόλληση σε μεγαλύτερες επιφάνειες, μετάλλων. Το τελευταίο βέβαια εξαρτάται κι από το είδος της μύτης.

Αντιστατική προστασία: Τα φθηνά κολλητήρια χωρίς βύσμα δικτύου «σούκο» είναι εξ' ορισμού ακατάλληλα για την κόλληση εξαρτημάτων ευαίσθητων σε ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις. Πρέπει να προτιμώνται αυτά που έχουν πρίζα τύπου «σούκο».

Μύτες: Είναι πολύ χρήσιμο ο κατασκευαστής του κολλητηριού να δίνει στον αγοραστή τη δυνατότητα προμήθειας μιας σειράς ανταλλακτικών σε «μύτες» διαφορετικού σχήματος και διαμέτρου ώστε να εξυπηρετούν διάφορες ανάγκες συγκολλήσεων. Όλες οι μύτες είναι συνήθως από σίδηρο επικαλυμμένες με χρώμιο ώστε να είναι εύκολος ο καθαρισμός τους.



Εικόνα 15: Διάφορες μύτες για διάφορες δουλειές

Ανταλλακτικά: Το βασικότερο ανταλλακτικό που ίσως χρειαστεί ένα καλό και κάπως ακριβό κολλητήριο, είναι η θερμαντική αντίσταση που ενδεχομένως να καεί εξαιτίας της πολύχρονης χρήσης. Για να μη μείνουμε χωρίς κολλητήριο όταν το χρειαζόμαστε είναι φρόνιμο να αγοραστεί ένα θερμοστοιχείο ταυτόχρονα με το κολλητήριο ως ανταλλακτικό πρώτης ανάγκης.

5.2 Πως γίνεται η κόλληση

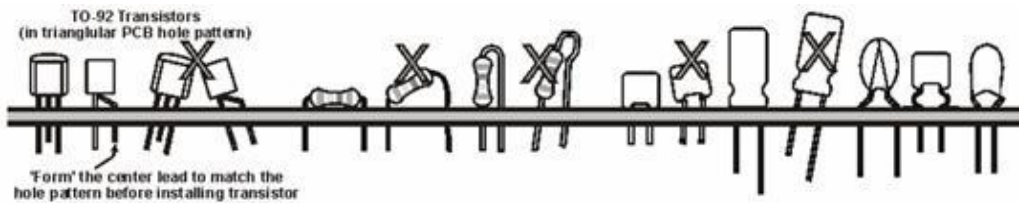
Όταν πρόκειται να συναρμολογήσουμε τυπωμένα κυκλώματα αρχικά στερεώνουμε την πλακέτα στην κατάλληλη μέγγενη – αναλόγιο, τοποθετούμε τα εξαρτήματα στην πλευρά των εξαρτημάτων - δηλαδή στην επάνω μεριά της πλακέτας - ενώ λυγίζουμε (ανοίγουμε) λίγο τους ακροδέκτες τους στην πλευρά των κολλήσεων – δηλαδή την πλευρά του χαλκού - ώστε να μην μετακινούνται από τη θέση τους.

Στη συνέχεια προχωράμε στη κόλληση όλων των εξαρτημάτων στις αντίστοιχες νησίδες του τυπωμένου και κατόπιν κόβουμε τους ακροδέκτες που περισσεύουν με έναν ειδικό κόφτη. Εξαρτήματα που ζεσταίνονται κατά τη λειτουργία του κυκλώματος (αντιστάσεις, δίοδοι κλπ) τοποθετούμε έτσι ώστε το «σώμα» τους να απέχει 2- 5 χιλιοστά από το τυπωμένο κύκλωμα ανάλογα βέβαια με το μέγεθος και την ισχύ τους..

Βαριά εξαρτήματα όπως οι μεγάλοι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές πρέπει είτε να στερεώνονται με βιδωτά κολάρα στο τυπωμένο είτε με βενζινόκολλα, είτε με ειδικές πλαστικές ταινίες στερέωσης τα γνωστά “tie wrap” πριν κολληθούν οι ακροδέκτες τους. Τα τρανζίστορ ισχύος πρώτα στερεώνονται στις κατάλληλες ψήκτρες και κατόπιν γίνεται η κόλληση των ακροδεκτών τους.

5.3 Τοποθέτηση Ηλεκτρονικών Στοιχείων στην Πλακέτα (PCB)

Με εξαίρεση κάποια τρανζίστορ π.χ. το TO-92 όλα τα στοιχεία πρέπει να τοποθετηθούν στην πλακέτα μέχρι να «πατήσουν» καλά στην επιφάνεια της πλακέτας και να τοποθετηθούν στις οπές όσο πιο βαθιά γίνεται. Η εικόνα 16 δείχνει πώς πρέπει να τοποθετηθούν σωστά τα στοιχεία και με (X) την λάθος τοποθέτηση. Κατά την εγκατάσταση των ηλεκτρονικών στοιχείων κολλάμε πρώτα μόνο ένα από τα ποδαράκια τους και μετακινούμε το στοιχείο στην επιθυμητή θέση και μετά κολλάμε και τα υπόλοιπα ποδαράκια. Ελέγχουμε ξανά την θέση του στοιχείου και αναθερμαίνουμε το καλσί αν χρειάζεται ώστε να έρθει το στοιχείο στην επιθυμητή θέση. Πολλές φορές χρειάζεται να διαμορφώσουμε τα ποδαράκια των στοιχείων ώστε να ταιριάζουν στις οπές. Αυτό γίνεται με ένα μυτοτσίμπιδο.



Εικόνα 16: Σωστή και λανθασμένη τοποθέτηση πάνω σε πλακέτα

Είναι γενικά αποδεκτή και θεωρείται μια καλή τεχνική τοποθέτησης εξαρτημάτων, να τα βάζουμε όλα στην πλακέτα με την ίδια κατεύθυνση οριζόντια ή κάθετα εφόσον είναι δυνατόν. Αυτό το κάνουμε ώστε να μπορούμε μετά να διαβάσουμε το κείμενο (τιμές αντιστάσεων, pins για IC) που υπάρχει στην πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος κρατώντας την κανονικά ή με κλίση 90°. Για παράδειγμα κρατώντας μια πλακέτα από μπροστά να μπορούμε να δούμε όλες τις τιμές των αντιστάσεων που έχουν τοποθετηθεί στο κύκλωμα. Γενικά καλό είναι να τοποθετούνται τα ηλεκτρονικά στοιχεία κατά τρόπο ώστε να είναι ευανάγνωστες οι τιμές αυτών στην πλακέτα.

5.4 Η τέλεια κόλληση

Η τέλεια κόλληση πρέπει να είναι ομοιόμορφη, λεία και γυαλιστερή. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητά της είναι οι εξής:

- **Καθαριότητα:** Λίπη από δάκτυλα ή λιπαντικά, και ακαθαρσίες από τη μύτη του κολλητηριού και οξείδωση πάνω στους ακροδέκτες του εξαρτήματος καταστρέφουν την ποιότητα της κόλλησης. Η κόλληση γενικής χρήσης (60% ψευδάργυρος και 40% μόλυβδος) περιέχει ρητίνες που βοηθούν την τήξη του κράματος και το «τρέξιμο» του γύρω από την επαφή συγκόλλησης. Επίσης βοηθά και την απομάκρυνση των οξειδίων από τις συγκολλούμενες

επιφάνειες κι αυτό φαίνεται όταν η ρητίνη μετά την κόλληση σχηματίζει ένα σκούρο καφέ συμπαγές κομμάτι στην κορυφή ή τη βάση του σημείου κόλλησης. Η χρήση αλοιφής κολλήσεων, ξέχωρα από αυτή που περιέχει το ίδιο το σύρμα κόλλησης, απαγορεύεται σε κάθε περίπτωση. Την παλιά “σολντερίνη” την χρησιμοποιούσαν οι παλιοί τεχνικοί όταν οι κολλήσεις είχαν πάνω από 70% μόλυβδο οι κολλήσεις είχαν μεγάλο μέγεθος και τα εξαρτήματα δεν είχαν όλα επικασσιτερωμένους ακροδέκτες με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούν την σολντερίνη σαν μέσο καθαρισμού του σημείου συγκόλλησης αλλά και της μύτης του κολλητηριού με επικίνδυνες όμως αναθυμιάσεις. Στην αγορά διατίθενται κι άλλα κράματα συρμάτων κόλλησης όπως αυτά που περιέχουν ψευδάργυρο (Zn) – Άργυρο (Ag) – μόλυβδο (Pb) με διάμετρο από 0,71mm έως 0,91mm καθώς και μη μολυβδούχες κολλήσεις με 99,7% ψευδάργυρο (Zn) - 0,3% (Cu). Οι τελευταίες είναι αρκετά ακριβότερες από την κοινή κόλληση κι απαιτούν υψηλότερες θερμοκρασίες από τη «μύτη» του κολλητηριού.

- **Θερμοκρασία:** Το επόμενο βήμα για την επιτυχία της κόλλησης είναι τα προς συγκόλληση μέταλλα να αποκτήσουν ίδια θερμοκρασία πριν «τρέξει» πάνω τους η λειωμένη κόλληση. Πρώτα λοιπόν φέρνουμε σε επαφή τη μύτη του κολλητηριού με τον ακροδέκτη του εξαρτήματος που θέλουμε να κολλήσουμε αλλά και την πίστα του τυπωμένου για λίγα δευτερόλεπτα για να ζεσταθούν. Κατόπιν ακουμπάμε το σύρμα κόλλησης στο σημείο επαφής των θερμών μετάλλων και της μύτης. Η κόλληση λειώνει και ρέει καπνίζοντας για ν’ αγκαλιάσει τις θερμές αυτές επιφάνειες. Ύστερα από λίγα δευτερόλεπτα απομακρύνουμε τη μύτη από την κόλληση. Το σημείο τήξης της τυπικής κόλλησης είναι 188°C ενώ η θερμοκρασία της μύτης ενός κολλητηριού είναι μεταξύ 330°C και 350°C. Οι ασημοκολλήσεις και αυτές χωρίς μόλυβδο απαιτούν τη χρήση σταθμού κόλλησης και θερμοκρασία μύτης περίπου 400°C. Όταν κολλάμε ημιαγωγούς (transistor, thyristor, triac, regulators διόδους κλπ), ειδικότερα χρήσιμο είναι να χρησιμοποιούμε με ειδική θερμοαπαγωγό λαβίδα στερεωμένη στον προς συγκόλληση ακροδέκτη του εξαρτήματος ώστε να εξασφαλίσουμε την προστασία του ημιαγωγού από την υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια της κόλλησης. Αν δεν έχουμε τέτοια λαβίδα πρέπει να κάνουμε τις κολλήσεις αυτές με πολλή προσοχή. Οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές πριν τοποθετηθούν στο τυπωμένο κύκλωμα πρέπει να είναι εντελώς αποφορτισμένοι ιδιαίτερα εκείνοι με μεγάλη χωρητικότητα.
- **Επιφάνεια κάλυψης:** Γύρω από τον ακροδέκτη πρέπει να δημιουργηθεί ένας μικρός γυαλιστερός κώνος από λειωμένη κόλληση δίχως να εφάπτεται με τις γειτονικές πίστες και νησίδες

5.5 Έλεγχος κολλήσεων

Μετά το πέρας των κολλήσεων μας, θα ήταν καλό να κάνουμε ένα οπτικό έλεγχο, για να δούμε κατά πόσο οι κολλήσεις μας είναι καλές. Πιο συγκεκριμένα:

1) Μια καλή κόλληση είναι ομοιόμορφη και έχει απαλή και γυαλιστερή εμφάνιση.

2) Αν η κόλληση είναι θολή και όχι ομοιόμορφη, τότε έχουμε μια «ψυχρή» κόλληση. Στην περίπτωση αυτή ξαναζεσταίνουμε την ένωση με το κολλητήρι και την αφήνουμε να κρυώσει χωρίς να την μετακινήσουμε.

3) Αν η κόλληση σχηματίζει μπαλάκι, τότε κατά πάσα πιθανότητα έχει χρησιμοποιηθεί υπερβολική ποσότητα καλαί. Η επόμενη κίνηση μας πρέπει να είναι η αφαίρεση μιας ποσότητας καλαί με το κολλητήρι και τη βοήθεια του κατάλληλου εργαλείου. 4) Αν η κόλληση δεν καλύπτει πλήρως τον ακροδέκτη στο σημείο κόλλησης, τότε θα χρειαστεί να επαναλάβουμε την κόλληση χρησιμοποιώντας μεγαλύτερη ποσότητα καλαί.

5.6 Μέθοδοι αποσυγκόλλησης

Όταν για κάποιο λόγο πρέπει να αποκολληθεί ένα εξάρτημα από την πλακέτα η συνηθέστερη μέθοδος είναι η χρήση μιας τρόμπας αποκόλλησης. Το έμβολο της τρόμπας πιέζεται μέχρι να «κουμπώσει» στο τέλος της διαδρομής του. Κατόπιν με το κολλητήρι θερμαίνουμε την κόλληση στη νησίδα του τυπωμένου και πλησιάζουμε την μύτη της τρόμπας ώστε να εφάπτεται με τη λειωμένη κόλληση. Πιέζοντας το κουμπί απελευθέρωσης του εμβόλου η λειωμένη κόλληση «ρουφιάται» στο εσωτερικό της τρόμπας, ελευθερώνοντας τον ακροδέκτη του εξαρτήματος.



Εικόνα 17: Τρόμπες αποκόλλησης

Οι μύτες στις τρόμπες αποσυγκόλλησης είναι είτε από κράμα αλουμινίου είτε από πλαστικό υλικό τεφλόν. Τα ψήγματα κόλλησης πρέπει να απομακρύνονται τακτικά, αποσυναρμολογώντας την τρόμπα, ώστε να διατηρείται η ικανότητα απορρόφησής τους.

Εναλλακτικός τρόπος είναι η χρήση πλεκτής χαλκοταινίας (φουτίλι) που προσφέρεται τυλιγμένη σε μικρά καρουλάκια. Αφού λιώσουμε την κόλληση γύρω από τον ακροδέκτη του εξαρτήματος, ακουμπάμε πιέζοντας με τη μύτη του κολλητηριού τη χαλκοταινία ώστε αυτή να απορροφήσει τη λειωμένη κόλληση και να ελευθερωθεί ο ακροδέκτης.

5.7 Άλλοι τύποι κολλητηριών

Θα έχετε σίγουρα δει στα ειδικά καταστήματα κολλητήρια που χρησιμοποιούν βουτανίο αντί για ηλεκτρικό ρεύμα για τη λειτουργία τους. Τα κολλητήρια αερίου έχουν ενσωματωμένο αναπτήρα για την αρχική τους έναυση καθώς κι ένα καταλύτη που όταν ζεσταθεί φωτοβολεί. Προορίζονται για χρήση από τεχνικούς που στο χώρο που δουλεύουν δεν υπάρχει δυνατότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας όπως στο ύπαιθρο, στο αυτοκίνητο κλπ. Τα κολλητήρια με σχήμα πιστολιού έχουν μεγάλη ισχύ (100W ή μεγαλύτερη) και είναι εντελώς ακατάλληλα για την συγκόλληση ηλεκτρονικών εξαρτημάτων προορίζονται μόνο για συγκολλήσεις χονδρών καλωδίων και γειώσεων σε σασί. Παλιά χρησιμοποιούνταν για τις κατασκευές σε σασί με λυχνίες.



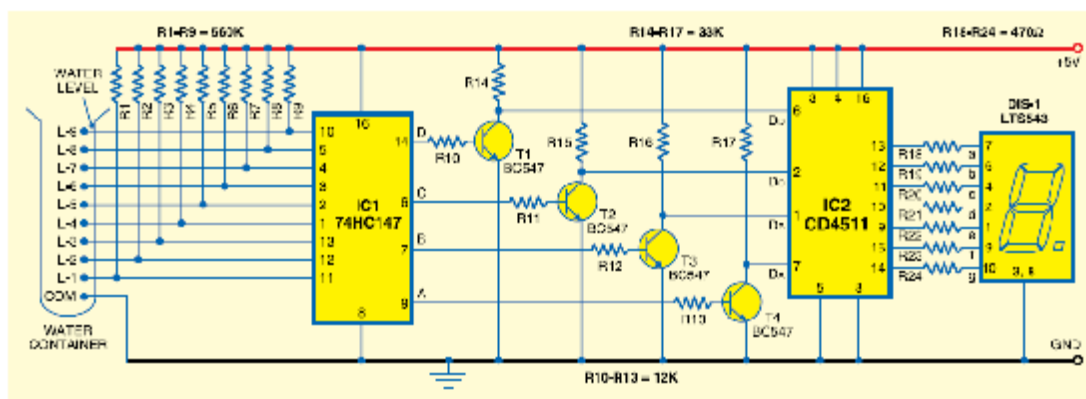
Εικόνα 18:Κολλητήρι βουτανίου

Μια ειδική βάση στήριξης κολλητηριού είναι εξαιρετικά χρήσιμη κι φυσικά προσφέρει μεγάλη ασφάλεια στη χρήση αλλά και στην αποθήκευση. Ένας απορροφητήρας ατμών κόλλησης, που είναι βασικός σε μια βιομηχανική εγκατάσταση κολλήσεων, σε μια απλή έκδοσή του είναι χρησιμότερος και σε ερασιτεχνικό ή τυπικό επίπεδο διότι απομακρύνει τους ατμούς από το πρόσωπο του τεχνικού και συγκρατεί στο φίλτρο του τα τοξικά στοιχεία του πριν ο ανεμιστήρας του «στείλει» πίσω στον αέρα του χώρου απλό «καπνό».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η διάταξη της πλακέτας με την οποία πραγματοποιείται η μέτρηση στάθμης. Μεγαλύτερη εικόνα φαίνεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5. Η διάταξη λειτουργεί ως εξής: Χρησιμοποιεί έναν ενδείκτη 7 σημείων (7-segment display) προκειμένου να απεικονίσει το επίπεδο του νερού σε κλίμακα από 0 μέχρι 9. Το κύκλωμα δέχεται μεταβλητή τροφοδοσία 5 V. Αποτελείται από έναν κωδικοποιητή προτεραιότητας IC 74HC147 (IC1), έναν κωδικοποιητή BCD-to-7-segment IC CD4511 (IC2), από έναν ενδείκτη 7 σημείων LTS543 (DIS1) και από ορισμένα διακριτά εξαρτήματα. Λόγω της υψηλής αντίστασης εισόδου, ο κωδικοποιητής αντιλαμβάνεται τη στάθμη του νερού μέσα στη δεξαμενή από τις εννέα ακίδες εισόδου που διαθέτει. Οι εισοδοί είναι συνδεδεμένες σε τάση +5 V μέσω αντιστάσεων 560 kΩ. Η στάθμη αναφοράς του αισθητήρα πρέπει να κρατείται στον πυθμένα της δεξαμενής. Το ολοκληρωμένο 74HC147 διαθέτει εννέα εισόδους χαμηλής λογικής (active-low) και μετατρέπει το σήμα εισόδου που λαμβάνει σε έξοδο χαμηλής λογικής προς τον BCD κωδικοποιητή. Η είσοδος L-9 έχει την μεγαλύτερη προτεραιότητα. Οι έξοδοι του κωδικοποιητή (A, B, C και D) προωθούνται στον κωδικοποιητή BCD μέσω των τρανζίστορς T1 μέχρι T4. Αυτός ο αντιστροφείας λογικής χρησιμοποιείται προκειμένου να μετατρέψει τις εξόδους χαμηλής λογικής του IC1, σε εισόδους υψηλής λογικής για το IC2. Ο BCD κώδικας που λαμβάνεται από το IC2 παρουσιάζεται στην οθόνη 7 σημείων LTS543. Οι αντιστάσεις R18 μέχρι R24 περιορίζουν το ρεύμα μέσα από την οθόνη. Όταν η δεξαμενή είναι άδεια, όλες οι εισοδοί του IC1 παραμένουν στο υψηλό δυναμικό. Σαν αποτέλεσμα και οι έξοδοι του παραμένουν στο υψηλό δυναμικό, κρατώντας όλες τις εισόδους του IC2 στο χαμηλό δυναμικό. Η οθόνη δείχνει '0', που σημαίνει ότι η δεξαμενή είναι άδεια. Ομοίως, όταν το επίπεδο του νερού φτάσει στην πρώτη θέση L-1, η οθόνη δείχνει '1' και όταν το επίπεδο του νερού φτάσει στην θέση L-8, η οθόνη δείχνει '8'. Τελικά όταν η δεξαμενή είναι γεμάτη, όλες οι εισοδοί του IC1 λαμβάνουν χαμηλό δυναμικό προκειμένου να μετατρέψουν όλες τις εισόδους του IC2 σε υψηλό δυναμικό. Η οθόνη τώρα δείχνει '9', που σημαίνει ότι η δεξαμενή είναι γεμάτη.



Εικόνα 19: Η διάταξη της πλακέτας που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία

Ξεκινώντας κανείς να κοιτάει από αριστερά προς δεξιά υπάρχει

- Η δεξαμενή του υγρού με τα εννέα σημεία μέτρησης, τα οποία με κατάλληλη συνδεσμολογία οδηγούνται στην είσοδο του κωδικοποιητή. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται η κατασκευή της δεξαμενής χωρίς και με τα σημεία μέτρησης (δηλαδή με τις οπές που δημιουργήθηκαν)



Εικόνα 20: Η δεξαμενή χωρίς και με τις οπές

- Χρησιμοποιήθηκε ο κωδικοποιητής 74HC/HCT147. Πρόκειται για μια διάταξη 10 εισόδων σε 4 εξόδους. Ονομάζεται κωδικοποιητής προτεραιότητας (priority encoders) διότι σε κάθε είσοδο έχει ανατεθεί μια συγκεκριμένη προτεραιότητα έτσι ώστε όταν δύο ή περισσότερες εισοδοί είναι ταυτόχρονα high, στην έξοδο αναπαρίσταται αυτή με την μεγαλύτερη προτεραιότητα. Το datasheet του κωδικοποιητή βρίσκεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.



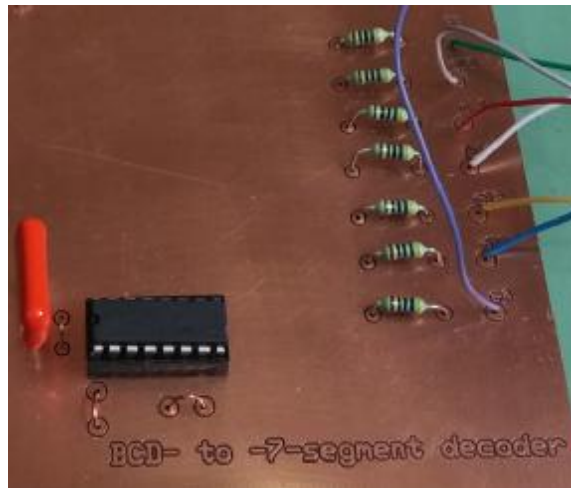
Εικόνα 21: Ο κωδικοποιητής 74HC/HCT147 πάνω στην πλακέτα

- Χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα BJT τρανζίστορ BC547. Το τρανζίστορ αυτό είναι κατάλληλο για εφαρμογές που απαιτούν μικρές τιμές ρεύματος. Από το datasheet που βρίσκεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 μπορεί κανείς να δει ότι το ρεύμα εκπομπού φτάνει τα 100mA



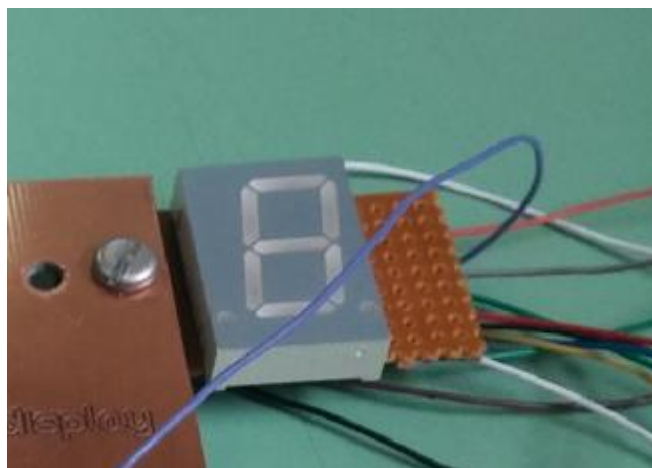
Εικόνα 22: Τα τέσσερα BJT τρανζίστορ BC547 πάνω στην πλακέτα

- Ακολουθεί το ολοκληρωμένο CD4511B. Πρόκειται για μετατροπέα BCD σε ενδείκτη 7 τμημάτων για απεικόνιση της μέτρησης. Αποτελείται από 4 εισόδους που συνδέονται με την προηγούμενη βαθμίδα, τον κωδικοποιητή, και 7 εξόδους οι οποίες οδηγούνται στον ενδείκτη 7 σημείων. Το datasheet του CD4511B βρίσκεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.



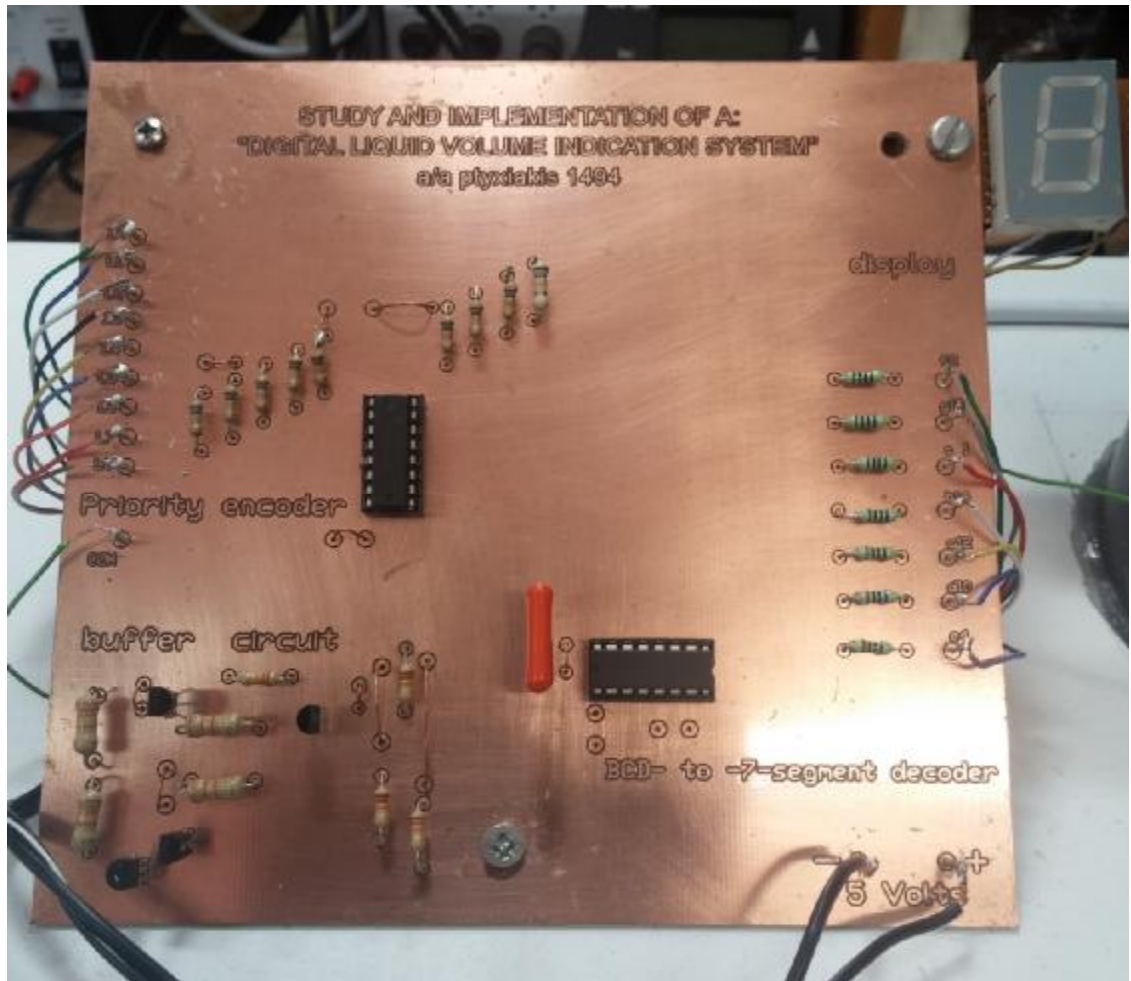
Εικόνα 23: Ο μετατροπέας CD4511B πάνω στην πλακέτα

- Τέλος, για την απεικόνιση της μετρούμενης τιμής χρησιμοποιήθηκε ο ενδείκτης LED 7 σημείων TOS8102, το datasheet του οποίου βρίσκεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4



Εικόνα 24: Το display TOS8102

Στις δύο επόμενες εικόνες φαίνεται η τελική μορφή της πλακέτας και η τελική μορφή όλης της κατασκευής



Εικόνα 25: Η τελική μορφή της πλακέτας



Εικόνα 26: Η τελική μορφή της κατασκευής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

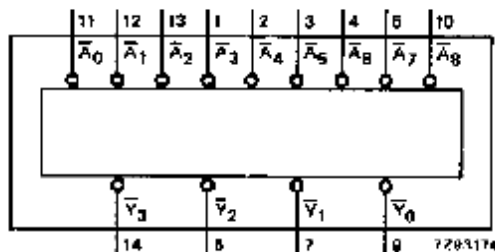
Η ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Οι εννέα έξοδοι της δεξαμενής οδηγούνται στις εννέα εισόδους του κωδικοποιητή 74HC/HCT147. Αρχικά οι εισόδους του κωδικοποιητή είναι όλες στο high (λογικό "1"), όπως φαίνεται και από την πρώτη γραμμή του πίνακα αληθείας που φαίνεται παρακάτω.

INPUTS								OUTPUTS				
\bar{A}_0	\bar{A}_1	\bar{A}_2	\bar{A}_3	\bar{A}_4	\bar{A}_5	\bar{A}_6	\bar{A}_7	\bar{A}_8	\bar{Y}_3	\bar{Y}_2	\bar{Y}_1	\bar{Y}_0
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	H	H	L
X	X	X	X	X	X	X	L	H	L	H	H	H
X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	L	L	L
X	X	X	X	X	L	H	H	H	H	L	L	H
X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	L
X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
X	X	L	H	H	H	H	H	H	H	L	L	L
X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

Εικόνα 25: Ο πίνακας αληθείας του κωδικοποιητή 74HC/HCT147

Καθώς η δεξαμενή αρχίζει να γεμίζει και λαμβάνουμε την πρώτη ένδειξη, η είσοδος A_0 μεταβαίνει στην κατάσταση low (λογικό "0") και η έξοδος γίνεται $Y_3Y_2Y_1Y_0=1110$ αλλά επειδή οι ακροδέκτες του ολοκληρωμένου είναι active low λογικής, τελικά στην έξοδο του ολοκληρωμένου λαμβάνεται η λέξη $Y_3Y_2Y_1Y_0=0001$.



Εικόνα 27: Το χονδρικό διάγραμμα του κωδικοποιητή 74HC/HCT147

Η έξοδος $Y_3Y_2Y_1Y_0=0001$ οδηγείται στην είσοδο του μετατροπέα CD4511 από τον πίνακα αληθείας του οποίου παρατηρούμε ότι ο BCD μετατροπέας ενεργοποιεί στην έξοδό του την ένδειξη 1 του display

TRUTH TABLE

LE	\overline{BI}	\overline{LT}	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	Display
X	X	0	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	8
X	0	1	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	3
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	7
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9
0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
1	1	1	X	X	X	X	*	*	*	*	*	*	*	*

Εικόνα 28: Ο πίνακας αληθείας του BCD μετατροπέα CD4511

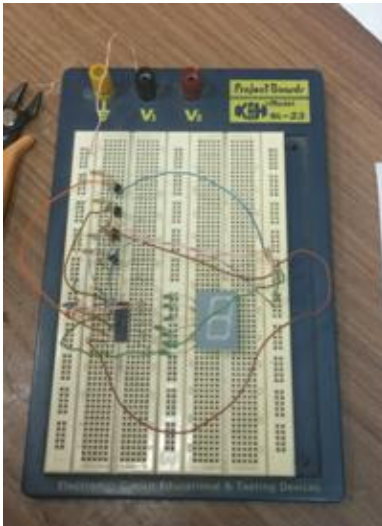
Λαμβάνοντας από τη δεξαμενή τη δεύτερη ένδειξη η είσοδος A_1 μεταβαίνει στην κατάσταση low (λογικό "0") και η έξοδος γίνεται $Y_3Y_2Y_1Y_0=1101$ και τελικά στην έξοδο του ολοκληρωμένου λαμβάνεται η λέξη $Y_3Y_2Y_1Y_0=0010$. Η έξοδος $Y_3Y_2Y_1Y_0=0010$ οδηγείται στην είσοδο του μετατροπέα CD4511 από τον πίνακα αληθείας του οποίου παρατηρούμε ότι ο BCD μετατροπέας ενεργοποιεί στην έξοδό του την ένδειξη 2 του display. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε είσοδο του κωδικοποιητή φθάνοντας στην τελευταία ένδειξη $Y_3Y_2Y_1Y_0=0110$, η οποία γίνεται $Y_3Y_2Y_1Y_0=1001$, οδηγείται στον μετατροπέα ο οποίος ενεργοποιεί την ένδειξη 9 του display.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Η ΠΟΡΕΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

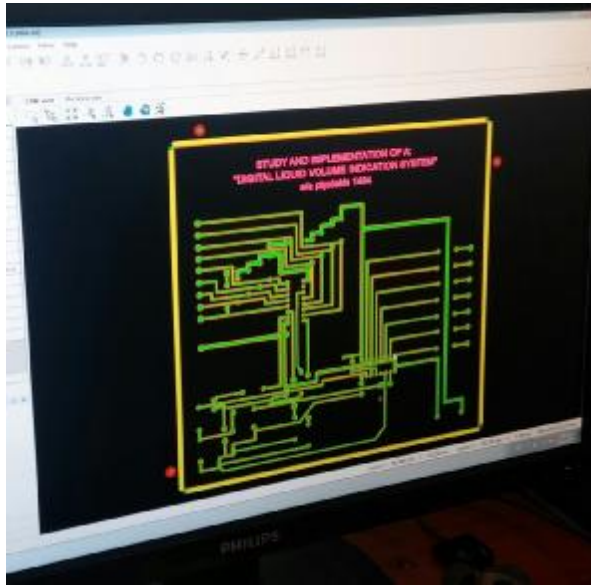
8.1 Η κατασκευή

Οι πρώτοι πειραματισμοί έγιναν με το display και τον BCD μετατροπέα που διασυνδέθηκαν μέσω των αντιστάσεων. Στο breadboard της παρακάτω εικόνας, πάνω αριστερά διακρίνονται και τα BJT

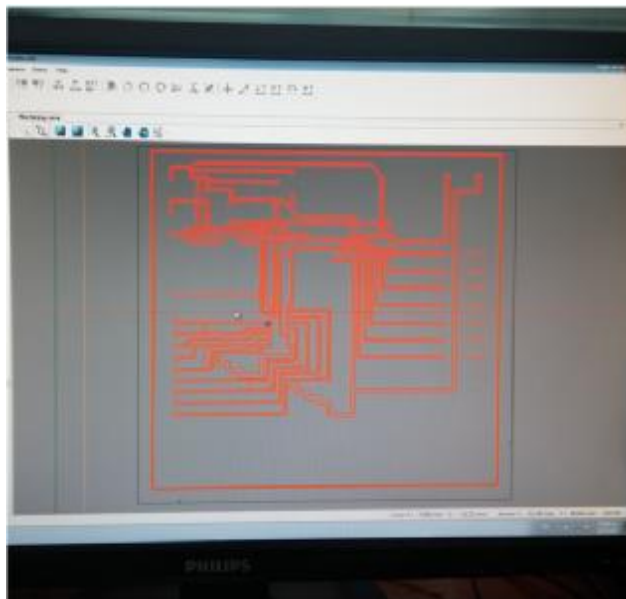


Εικόνα 29: Μία πρώτη διασύνδεση

Η χάραξη της πλακέτας έγινε στο πανεπιστήμιο Πατρών και συγκεκριμένα στο εργαστήριο υψηλής τάσης. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η απεικόνιση των διαδρομών στο πρόγραμμα που οδήγησε το μηχάνημα χάραξης.

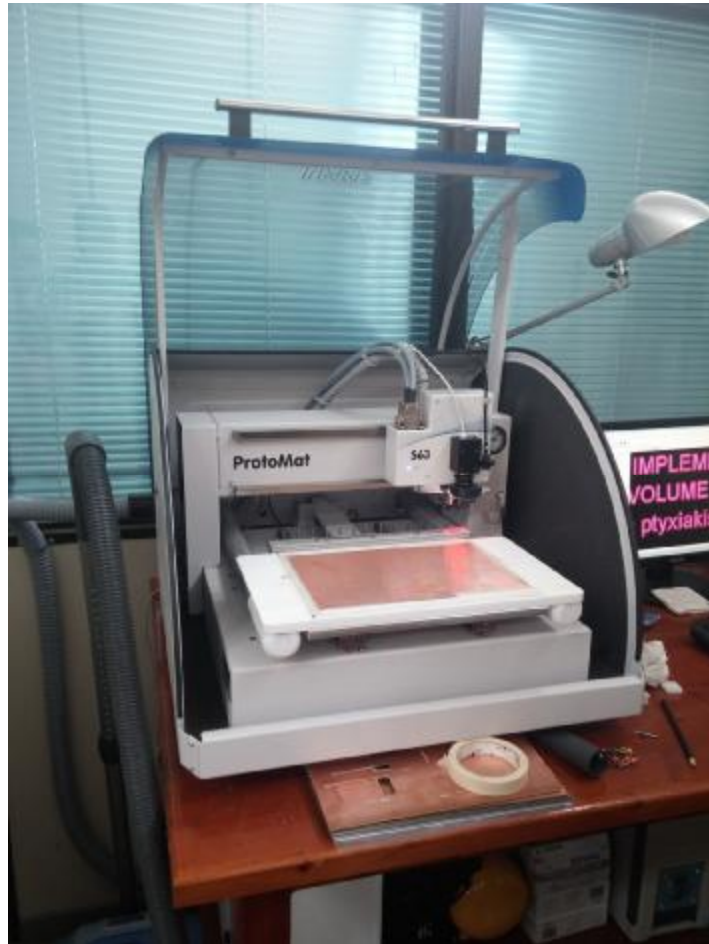


Εικόνα 30: Η απεικόνιση της πλακέτας πριν τη χάραξή της



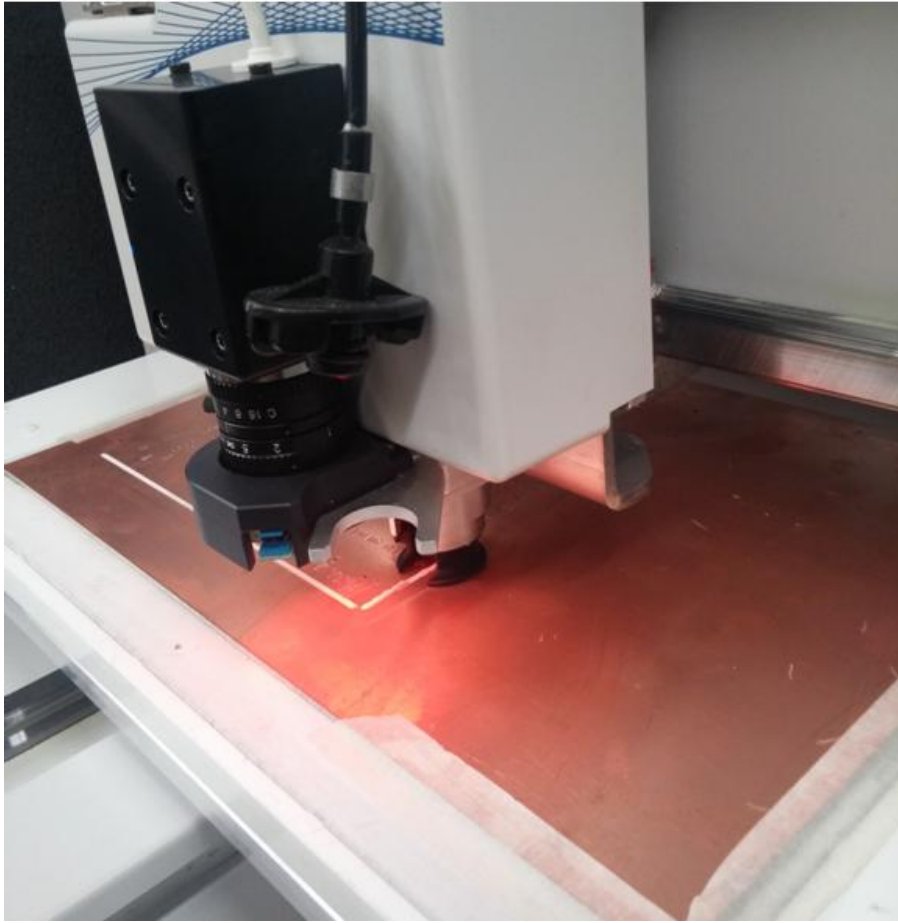
Εικόνα 31 Η απεικόνιση της πλακέτας πριν τη χάραξή της

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται το μηχάνημα χάραξης και η τοποθέτηση του χάλκινου κομματιού πάνω σε αυτό



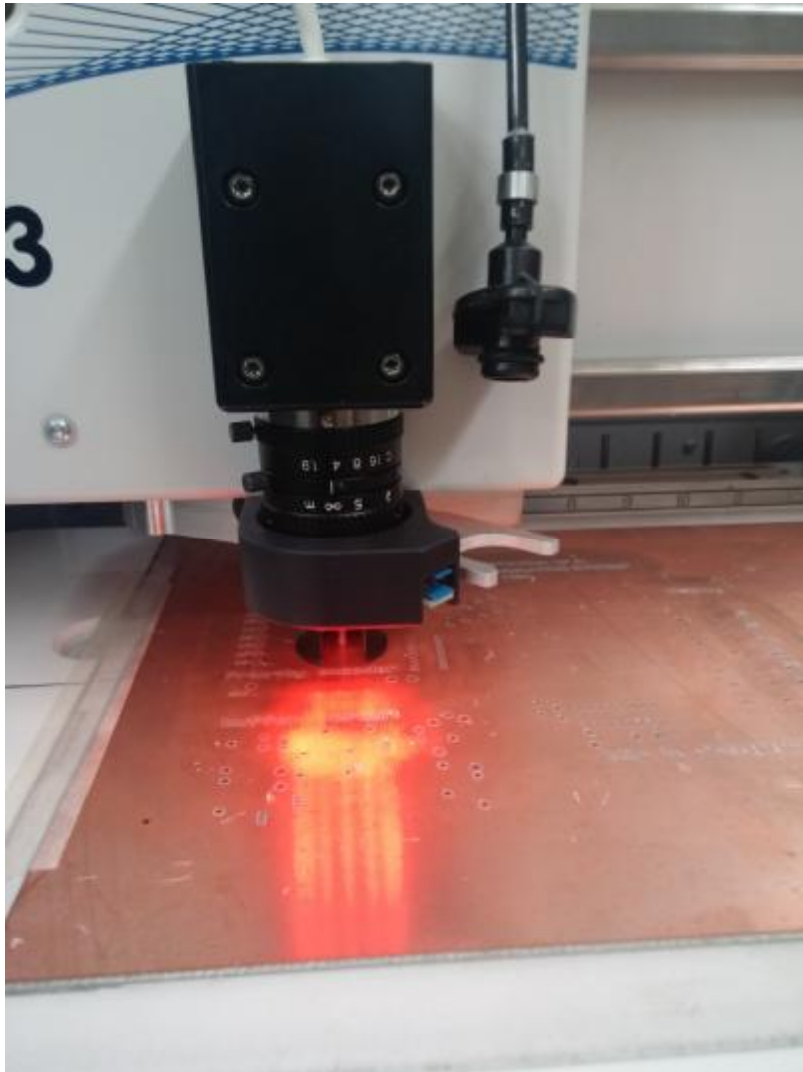
Εικόνα 32: Τοποθέτηση του κομματιού

Ακολουθούν εικόνες στις οποίες φαίνεται η πορεία της χάραξης από την αρχή μέχρι το τέλος. Στην εικόνα 32 φαίνεται η χάραξη του πρώτου διαδρόμου



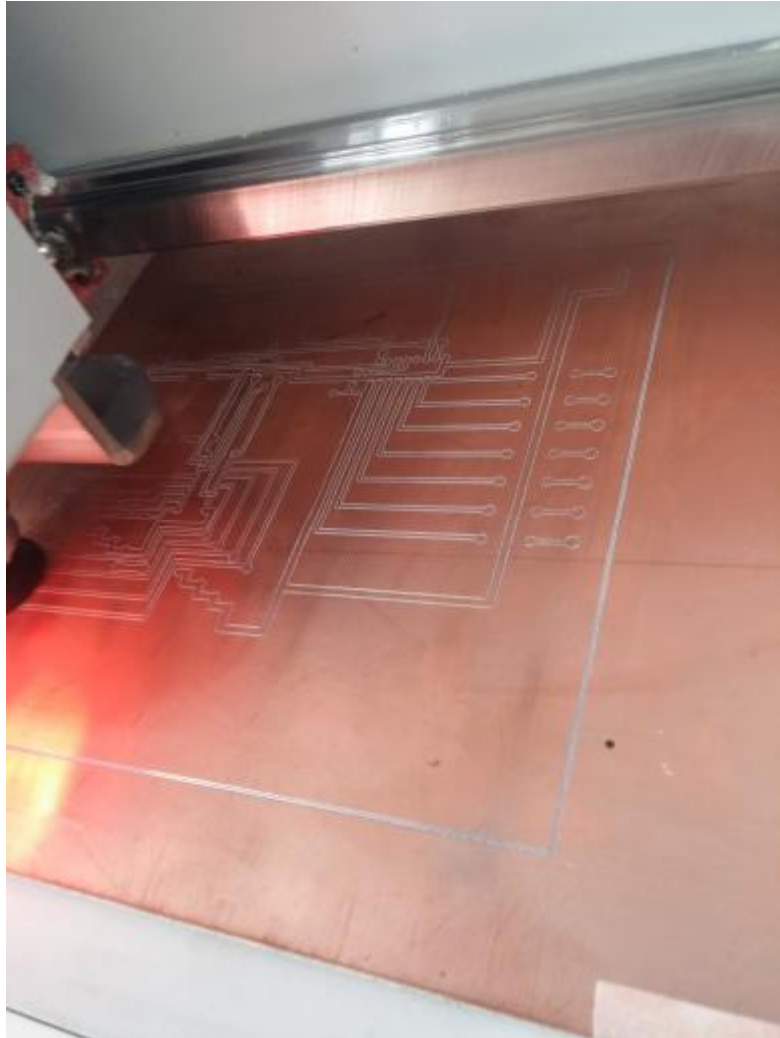
Εικόνα 33: Η χάραξη του πρώτου διαδρόμου

Στην επόμενη εικόνα φαίνονται οι οπές της πλακέτας



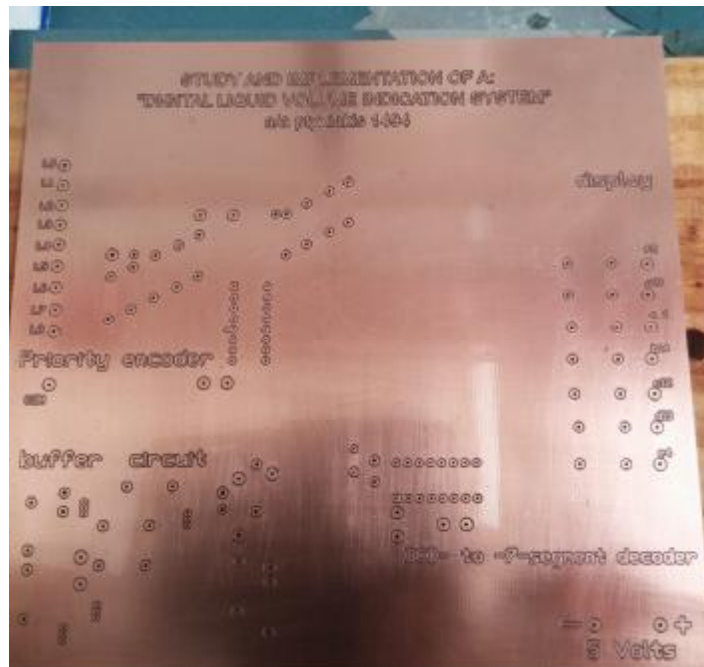
Εικόνα 34: Η χάραξη των οπών

Στην επόμενη εικόνα φαίνονται οι περισσότεροι διάδρομοι

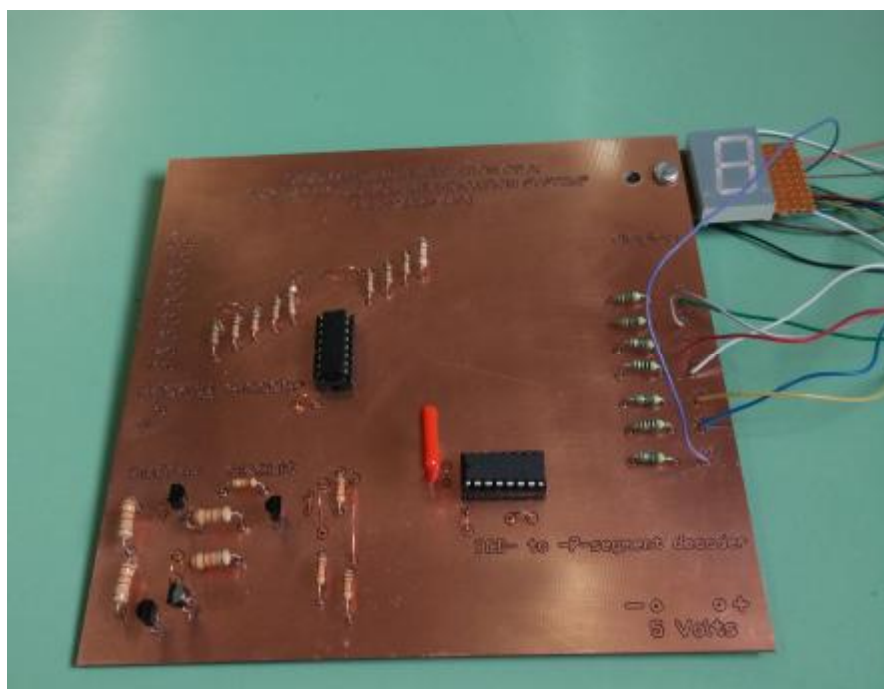


Εικόνα 35: Η χάραξη των διαδρόμων

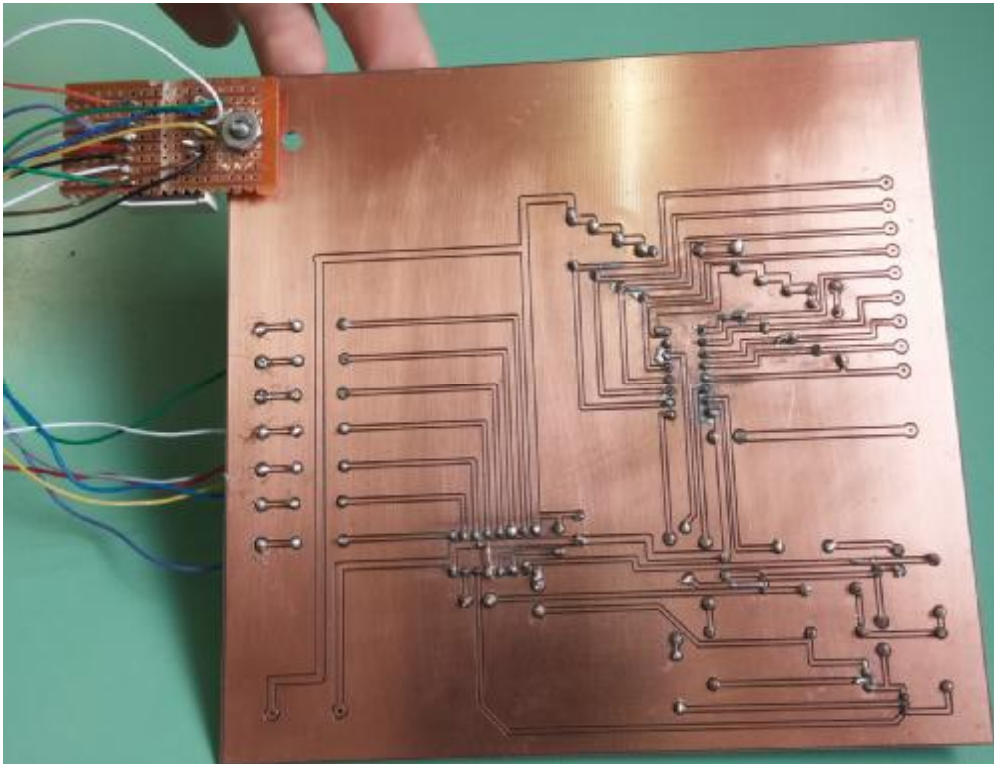
Και η τελική μορφή της πλακέτας είναι η παρακάτω



Εικόνα 36: Η τελική μορφή της πλακέτας



Εικόνα 37: Η σύνδεση των εξαρτημάτων πάνω στην πλακέτα



Εικόνα 38: Οι κολλήσεις της πλακέτας

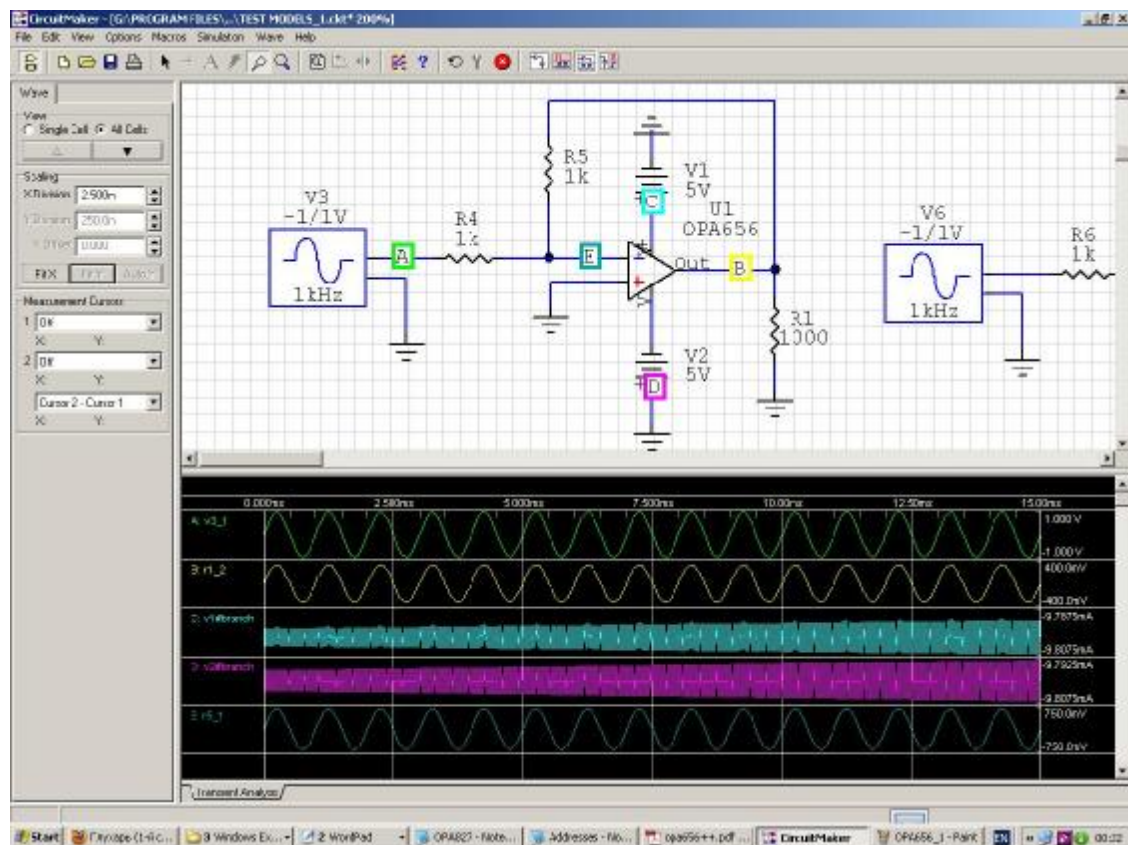


Εικόνα 39: Η εσωτερική πλευρά της δεξαμενής

8.2 Το Circuit Maker

Δημιουργήθηκε από την εταιρεία Electronics Design Automation (EDA) τα προϊόντα της οποίας χρησιμοποιούνται ευρέως στην ηλεκτρονική βιομηχανία. Το Circuit maker είναι από τα πιο ισχυρά και εύχρηστα εργαλεία στο χώρο της προσομοίωσης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Χρησιμοποιώντας τις προηγμένες δυνατότητες του στην δημιουργία των ηλεκτρονικών σχεδίων, το Circuit maker καθιστά εφικτό το σχεδιασμό ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, netlists εξόδου για TraxMaker, άλλα εργαλεία σχεδίασης PCB και autorouters. Τέλος είναι δυνατή η αναπαράσταση και προσομοίωση ψηφιακών, αναλογικών και μεικτών κυκλωμάτων καθώς διαθέτει τις πύλες και τα ολοκληρωμένα κυκλώματα για τον σχεδιασμό τους άλλα και τον προσομοιωτή Berkeley βασισμένο σε SPICE3f5/XSpice.

Το πρόγραμμα, λόγω της ευχρηστίας του έχει γίνει το πρότυπο σε ιδρύματα όλου του κόσμου. Δεν είναι μόνο αποτελεσματικό στην τάξη άλλα ταυτόχρονα είναι εύκολο στην εκμάθηση και στη χρήση του.



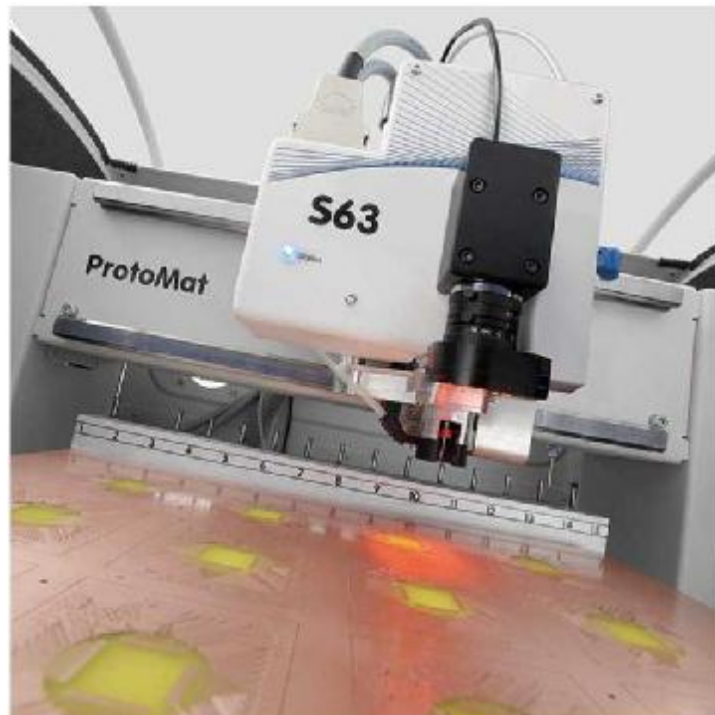
Εικόνα 40: Προσομοίωση με Circuit Maker

Τα εργαλεία που περιλαμβάνει είναι:

- § Χώρος 50 συσκευών ανά σχέδιο οποιοδήποτε τύπου.
- § Βιβλιοθήκη των συσκευών περιορίζεται στις 1000.
- § Εκχωρητή συμβόλων και γνωρίσματα Macro.
- § PCB netlist εξάγει σε μορφή TraxMaker.

8.3 Το ProtoMat S63

Το ProtoMat S63 εγκαινιάζει μια νέα εποχή στα μηχανήματα κατασκευής πρωτότυπων πλακετών με χάραξη. Το σύστημα παρέχει ακρίβεια και υψηλή απόδοση για ταχεία και εύκολη χάραξη πλακετών, με χαρακτηριστικά που συναντώνται σε πολύ ακριβότερα συστήματα.



Εικόνα 41: Το S63 επί το έργον



Εικόνα 42: Αποψη των κεφαλών του S63

Διαθέτει ανάλυση 0.50 μm στους X/Y άξονες (0.02 mils), με αποτέλεσμα την χάραξη πλακετών με εξαιρετικά λεπτά ίχνη συμπεριλαμβανομένων RF & μικροκυματικών πλακετών.

Διαθέτει υψηλής απόδοσης άτρακτο περιστροφής 60,000 rpm και ταχύτητα πρόωσης 150mm/sec που κάνουν το μηχάνημα να παράγει εξαιρετικής ποιότητας PCB. Ο κινούμενος άξονας Z επιτρέπει επίσης την κατεργασία 2.5 διαστάσεων κάνοντας το ιδανικό για τη δημιουργία εμπροσθίων όψεων (front panels) και προστατευτικών καλυμμάτων (housings).

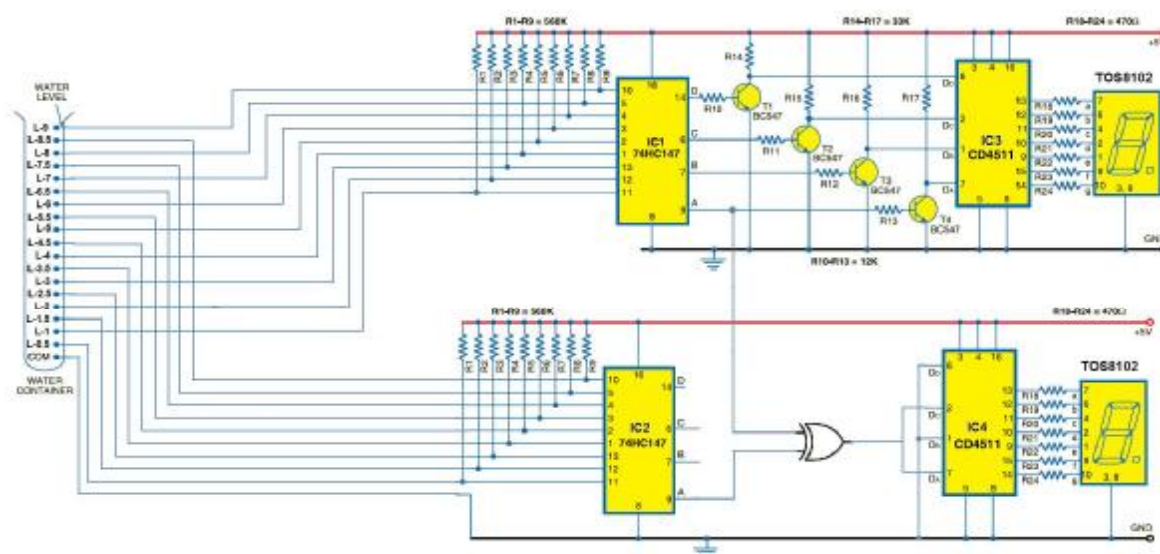
Επιπρόσθετα το σύστημα έχει τη δυνατότητα αυτόματης εναπόθεσης της πάστας κόλλησης στην πλακέτα, επιτυγχάνοντας την σωστή αναλογία.

Technical Specifications	ProtoMat S43	ProtoMat S63	ProtoMat S103
Part no.	127686	127411	127410
Max. material size and layout area (X/Y/Z)	229 mm x 305 mm x 27 mm (9" x 12" x 1")	229 mm x 305 mm x 35/22 mm (9" x 12" x 1.4/0.9")*	229 mm x 305 mm x 35/22 mm (9" x 12" x 1.4/0.9")*
Resolution (X/Y)	0.5 µm (0.02 Mil)	0.5 µm (0.02 Mil)	0.5 µm (0.02 Mil)
Repeatability	± 0.001 mm (± 0.4 Mil)	± 0.001 mm (± 0.04 Mil)	± 0.001 mm (± 0.04 Mil)
Precision of front-to-back alignment	± 0.02 mm (± 0.8 Mil)	± 0.02 mm (± 0.8 Mil)	± 0.02 mm (± 0.8 Mil)
Milling spindle	Max. 40,000 rpm, software controlled	Max. 60,000 rpm, software controlled	Max. 100,000 rpm, software controlled
Tool change	Manual, quick-release holder	Automatic, 15 positions	Automatic, 15 positions
Milling width adjustment	Manual	Automatic	Automatic
Tool holder	3.175 mm (1/8")	3.175 mm (1/8")	3.175 mm (1/8")
Drilling speed	100 strokes/min	120 strokes/min	120 strokes/min
Travel speed (X/Y)	Max. 150 mm/s (6"/s)	Max. 150 mm/s (6"/s)	Max. 150 mm/s (6"/s)
X/Y-drive	3 phase stepper motor	3 phase stepper motor	3 phase stepper motor
Z-drive	2-phase stepper motor	2-phase stepper motor	2-phase stepper motor
Dimensions (W x H x D)	670 mm x 540 mm x 840 mm (26.4" x 21.3" x 33")	670 mm x 540 mm x 840 mm (26.4" x 21.3" x 33")	670 mm x 540 mm x 840 mm (26.4" x 21.3" x 33")
Weight	59 kg (121 lbs)	68 kg (128 lbs)	60 kg (132 lbs)
Operating conditions			
Power supply	90-240 V, 50-60 Hz, 450 W	90-240 V, 50-60 Hz, 450 W	90-240 V, 50-60 Hz, 450 W
Compressed air supply	-	-	6 bar (87 psi), 100 l/min (3.5 cfm)
Required accessories	Dust extraction	Dust extraction	Dust extraction

Εικόνα 43: Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του S63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΣΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ

Με την παρούσα κατασκευή επιτυγχάνεται ακρίβεια μέτρησης σε ακέραια πολλαπλάσια του λίτρου, δηλαδή λαμβάνονται τιμές για 1 λίτρο, 2 λίτρα κτλ μέχρι και 10 λίτρα. Προκειμένου το σύστημα μέτρησης να γίνει πιο ακριβές μπορεί να υλοποιηθεί η διάταξη που φαίνεται παρακάτω. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6 φαίνεται μεγαλύτερη η εικόνα



Εικόνα 44 : Η προτεινόμενη διάταξη για τη βελτίωση της ακρίβειας στη μέτρηση

Οι αλλαγές είναι προφανείς συγκρίνοντας κανείς την αρχική διάταξη. Κατ' αρχήν η δεξαμενή έχει τα διπλάσια σημεία λήψης. Έχουν προστεθεί σημεία λήψης για τη μέτρηση του μισού του λίτρου, έτσι έχουμε μέτρηση για 0.5 λίτρα, 1 λίτρα, 1.5 λίτρα κ.ο.κ.

Οι μετρήσεις που αντιστοιχούν στις υποδιαιρέσεις του λίτρου οδηγούνται σε έναν δεύτερο κωδικοποιητή HCT147 από τον οποίο εκμεταλλευόμαστε μόνο την χαμηλότερης σημαντικότητας έξοδό του την οποία συνδυάζουμε με την αντίστοιχη έξοδο του πρώτου αποκωδικοποιητή.

Πιο συγκεκριμένα, το δεύτερο display ενεργοποιείται κάθε φορά που η στάθμη του υγρού περνάει από το 0.5, 1.5 κτλ και σε συνδυασμό με το πρώτο display θα έχουμε ένδειξη 0.5, 1.5, 2.5 κτλ. Άρα το δεύτερο

display πρέπει να δείχνει είτε 5 είτε 0. Από τον πίνακα αληθείας του CD4511 φαίνεται ότι για να έχουμε ένδειξη 0 στο display, πρέπει οι εισοδοί του CD4511 να είναι 0000 ενώ για ένδειξη 5, πρέπει οι εισοδοί του να είναι 0101

LE	\overline{BI}	\overline{LT}	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	Display
X	X	0	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	8
X	0	1	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	3
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9
0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
1	1	1	X	X	X	X			*					*

Εικόνα 45: Ο πίνακας αληθείας του BCD μετατροπέα με έμφαση στις δύο καταστάσεις

Δηλαδή οι εισοδοί D και B του CD4511 πρέπει να είναι μόνιμως στο λογικό '0', οπότε γειώνονται, ενώ οι εισοδοί C και A εναλλάσσονται μεταξύ του λογικού '0' και του λογικού '1', ανάλογα με την ένδειξη. Η εναλλαγή αυτή γίνεται εφικτή ως εξής: Από τον πίνακα λειτουργίας του HCT147 παρατηρούμε ότι η χαμηλότερης σημαντικότητας έξοδος, η A

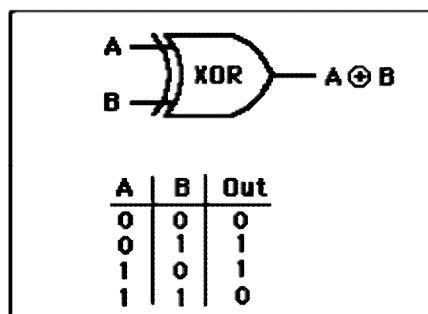
στην εικόνα, στην αρχή του κεφαλαίου, αλλάζει συνεχώς τιμή μεταξύ το 1 και του 0.

FUNCTION TABLE

INPUTS										OUTPUTS		
\bar{A}_0	\bar{A}_1	\bar{A}_2	\bar{A}_3	\bar{A}_4	\bar{A}_5	\bar{A}_6	\bar{A}_7	\bar{A}_8	\bar{Y}_3	\bar{Y}_2	\bar{Y}_1	\bar{Y}_0
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L
X	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L
X	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	L
X	X	X	L	L	H	H	H	H	H	L	H	L
X	X	L	L	H	H	H	H	H	H	L	H	L
X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

Εικόνα 46 :Ο πίνακας αληθείας του κωδικοποιητή με τις εναλλαγές της εξόδου Y_0

Εφόσον οι μετρήσεις στη δεξαμενή είναι διαδοχικές, στην αρχή που η δεξαμενή θα είναι άδεια και οι δυο έξοδοι A των κωδικοποιητών θα είναι 0. Όταν αρχίσει να γεμίζει η δεξαμενή, θα αλλάξει πρώτα η έξοδος του κάτω κωδικοποιητή σε 1 (0.5 λίτρα), ενώ η έξοδος του πάνω θα είναι 1. Στη συνέχεια και η έξοδος του πάνω κωδικοποιητή θα αλλάξει σε 1 (1 λίτρο) κ.ο.κ. Με λίγα λόγια θα παίρνουμε ενδείξεις 0.5,1.5, 2.5 κτλ όταν οι έξοδοι A των δύο κωδικοποιητών θα είναι διαφορετικές ενώ όταν θα είναι ίδιες θα παίρνουμε ενδείξεις 1,2,3 κτλ. Την κατάσταση αυτή μπορούμε να την εκμεταλλευτούμε οδηγώντας τις εξόδους A των κωδικοποιητών σε μία πύλη XOR της οποίας ο πίνακας αληθείας φαίνεται παρακάτω και από τον οποίο μπορούμε να δούμε πως η έξοδος της μηδενίζεται όταν οι εισοδοί της είναι ίδιες.



Εικόνα 47: Ο πίνακας αληθείας της πύλης XOR

Οι εισοδοί της πύλης XOR είναι οι έξοδοι A των κωδικοποιητών, οι οποίες γίνονται 0 ή 1 ταυτόχρονα όταν μετράμε τις ακέραιες τιμές του

λίτρου και έχουν διαφορετικές τιμές κάθε φορά που μετράμε τις δεκαδικές τιμές του λίτρου. Η έξοδος της πύλης είναι είσοδος για τους ακροδέκτες C και A του CD4511, οι οποίοι ενεργοποιούν την ένδειξη 5 όταν $C=A=1$ και την τιμή 0 όταν $C=A=0$. Όλα τα παραπάνω συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί

	D	C	B	A	XOR	DISPLAY1	DISPLAY 2
IC2 HCT147	0	0	0	0	0	0	0
IC1 HCT147	0	0	0	0			
IC2 HCT147	0	0	0	1	1	0	5
IC1 HCT147	0	0	0	0			
IC2 HCT147	0	0	0	1	0	1	0
IC1 HCT147	0	0	0	1			
IC2 HCT147	0	0	1	0	1	1	5
IC1 HCT147	0	0	0	1			
IC2 HCT147	0	0	1	1	0	2	0
IC1 HCT147	0	0	0	1			

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΗCΤ147

Philips Semiconductors

Product specification

10-to-4 line priority encoder

74HC/HCT147

FEATURES

- Encodes 10-line decimal to 4-line BCD
- Useful for 10-position switch encoding
- Used in code converters and generators
- Output capability: standard
- I_{CC} category: MSI

GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT147 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT147 9-input priority encoders accept data from nine active LOW inputs (\bar{A}_0 to \bar{A}_8) and provide a binary representation on the four active LOW outputs (\bar{Y}_0 to \bar{Y}_3). A priority is assigned to each input so that when two or more inputs are simultaneously active, the input with the highest priority is represented on the output, with input line \bar{A}_8 having the highest priority.

The devices provide the 10-line to 4-line priority encoding function by use of the implied decimal "zero". The "zero" is encoded when all nine data inputs are HIGH, forcing all four outputs HIGH.

QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; T_{amb} = 25 °C; t_r = t_f = 8 ns

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t _{PHL} /t _{PLH}	propagation delay \bar{A}_n to \bar{Y}_n	C _L = 15 pF; V _{CC} = 5 V	15	17	ns
C _I	input capacitance		3.5	3.5	pF
C _{PD}	power dissipation capacitance per package	notes 1 and 2	30	33	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in μW):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o) \text{ where:}$$

f_i = input frequency in MHz

f_o = output frequency in MHz

$\sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs

C_L = output load capacitance in pF

V_{CC} = supply voltage in V

2. For HC the condition is V_I = GND to V_{CC}
For HCT the condition is V_I = GND to V_{CC} - 1.5 V

ORDERING INFORMATION

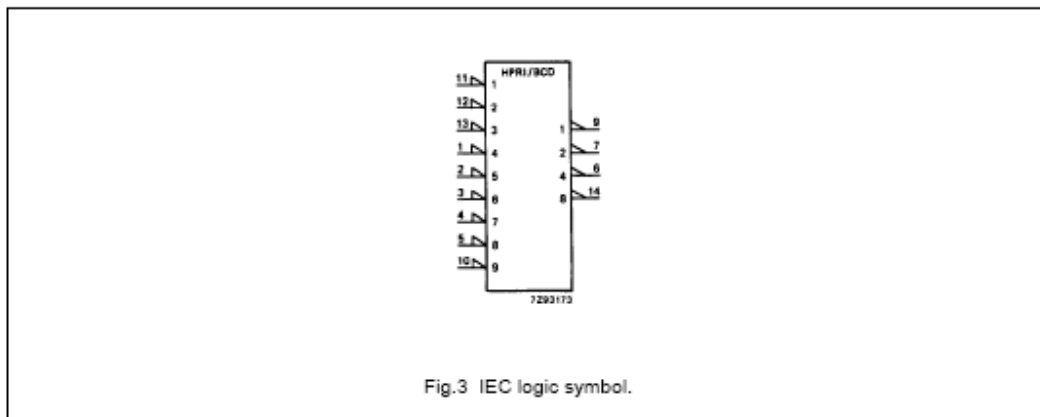
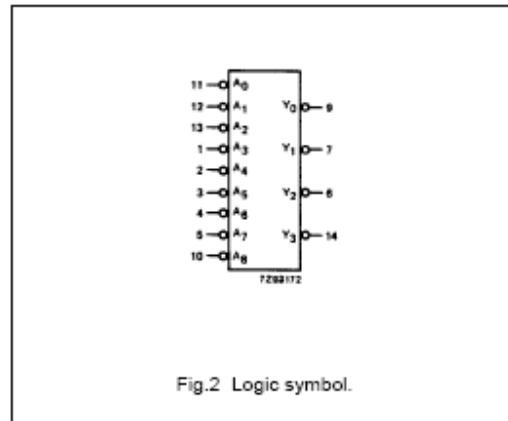
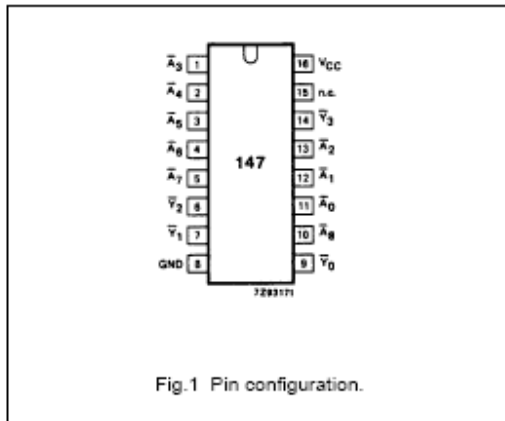
See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information".

10-to-4 line priority encoder

74HC/HCT147

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
8	GND	ground (0 V)
9, 7, 6, 14	\bar{Y}_0 to \bar{Y}_3	BCD address outputs (active LOW)
11, 12, 13, 1, 2, 3, 4, 5, 10	\bar{A}_0 to \bar{A}_9	decimal data inputs (active LOW)
15	n.c.	not connected
18	V _{CC}	positive supply voltage



10-to-4 line priority encoder

74HC/HCT147

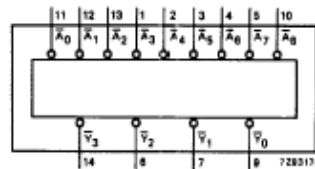


Fig.4 Functional diagram.

FUNCTION TABLE

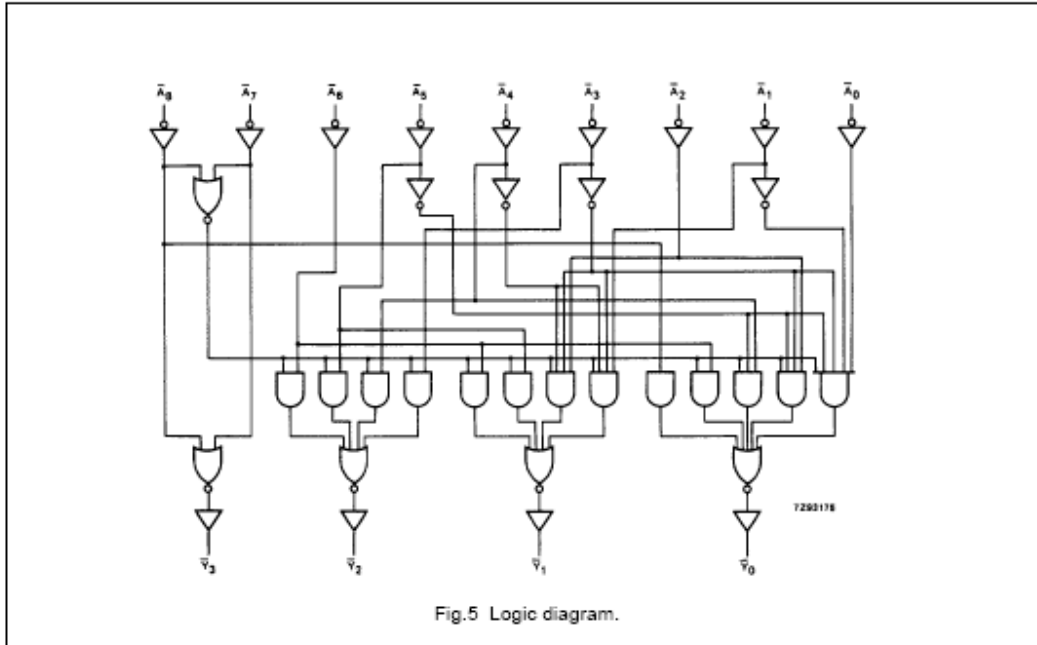
INPUTS									OUTPUTS			
\bar{A}_0	\bar{A}_1	\bar{A}_2	\bar{A}_3	\bar{A}_4	\bar{A}_5	\bar{A}_6	\bar{A}_7	\bar{A}_8	\bar{Y}_3	\bar{Y}_2	\bar{Y}_1	\bar{Y}_0
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	X	X	X	X	X	X	L	L	H	H	L
X	X	X	X	X	X	X	L	H	L	H	H	L
X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	L	L	L
X	X	X	X	L	H	H	H	H	H	L	H	L
X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	L
X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L	L
X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L	L
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

Notes

- H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = don't care



10-to-4 line priority encoder

74HC/HCT147



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ BC547

							
<h3>BC546/547/548/549/550</h3>							
Switching and Applications <ul style="list-style-type: none"> • High Voltage: BC546, $V_{CE0}=85V$ • Low Noise: BC549, BC550 • Complement to BC558 ... BC560 		 <p>TO-92 1. Collector 2. Base 3. Emitter</p>					
NPN Epitaxial Silicon Transistor							
Absolute Maximum Ratings $T_a=25^{\circ}C$ unless otherwise noted							
Symbol	Parameter	Value	Units				
V_{CB0}	Collector-Base Voltage : BC546	80	V				
	: BC547/550	50	V				
	: BC548/549	30	V				
V_{CE0}	Collector-Emitter Voltage : BC546	85	V				
	: BC547/550	45	V				
	: BC548/549	30	V				
V_{EB0}	Emitter-Base Voltage : BC546/547	6	V				
	: BC548/549/550	5	V				
I_C	Collector Current (DC)	100	mA				
P_C	Collector Power Dissipation	500	mW				
T_J	Junction Temperature	150	$^{\circ}C$				
T_{STG}	Storage Temperature	-65 ~ 150	$^{\circ}C$				
Electrical Characteristics $T_a=25^{\circ}C$ unless otherwise noted							
Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units	
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	$V_{CB}=30V, I_E=0$			15	nA	
h_{FE}	DC Current Gain	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$	110		800		
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_E=0.5mA$		90	250	mV	
		$I_C=100mA, I_E=5mA$		200	600	mV	
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_E=0.5mA$		700		mV	
		$I_C=100mA, I_E=5mA$		900		mV	
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$	580	660	700	mV	
		$V_{CE}=5V, I_C=10mA$			720	mV	
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE}=5V, I_C=10mA, f=100MHz$		300		MHz	
C_{cb}	Output Capacitance	$V_{CB}=10V, I_E=0, f=1MHz$		3.5	6	pF	
C_{ib}	Input Capacitance	$V_{EB}=0.5V, I_C=0, f=1MHz$		9		pF	
NF	Noise Figure	: BC546/547/548	$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$		2	10	dB
		: BC549/550	$f=1KHz, R_G=2K\Omega$		1.2	4	dB
		: BC549	$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$		1.4	4	dB
		: BC550	$R_G=2K\Omega, f=30\sim 15000MHz$		1.4	3	dB
h_{FE} Classification							
Classification	A	B					
h_{FE}	110 ~ 220	200 ~ 450	420 ~ 800				

Typical Characteristics

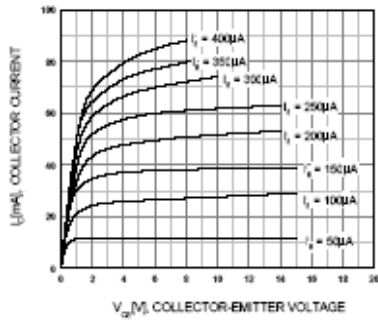


Figure 1. Static Characteristic

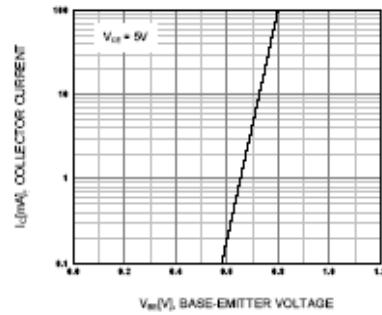


Figure 2. Transfer Characteristic

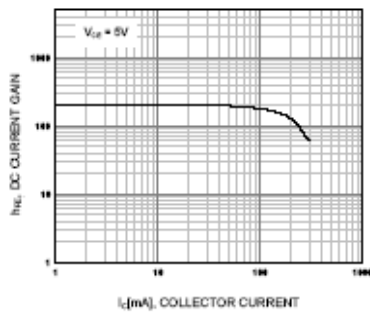


Figure 3. DC current Gain

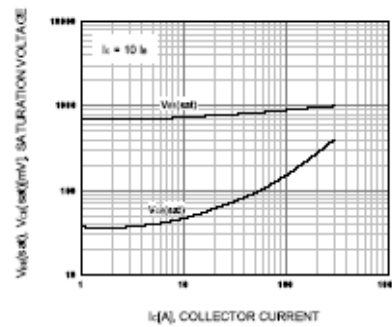


Figure 4. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

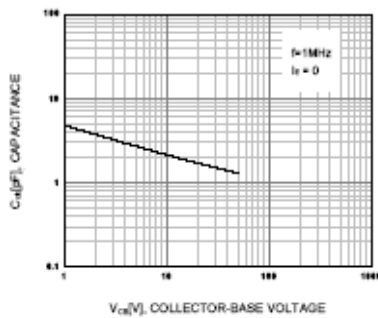


Figure 5. Output Capacitance

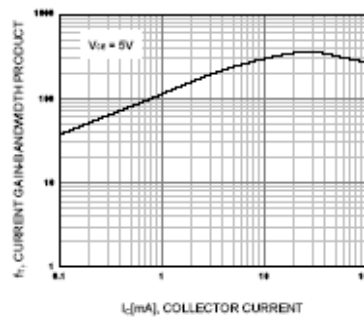
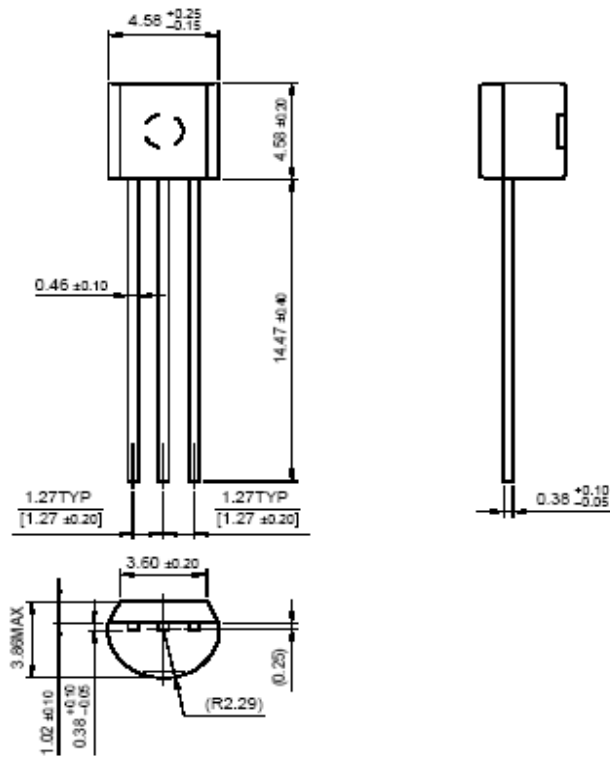


Figure 6. Current Gain Bandwidth Product

Package Dimensions

TO-92



Dimensions in Millimeters

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ CD4511B



CD4511B Types

CMOS BCD-to-7-Segment Latch Decoder Drivers

High-Voltage Types (20-Volt Rating)

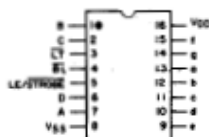


CD4511B types are BCD-to-7-segment latch decoder drivers constructed with CMOS logic and n-p-n bipolar transistor output devices on a single monolithic structure. These devices combine the low quiescent power dissipation and high noise immunity features of RCA CMOS with n-p-n bipolar output transistors capable of sourcing up to 25 mA. This capability allows the CD4511B types to drive LED's and other displays directly.

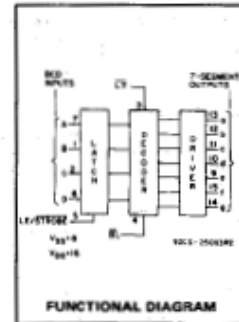
Lamp Test (LT), Blanking (BL), and Latch Enable or Strobe inputs are provided to test the display, shut off or Intensity-modulate it, and store or strobe a BCD code, respectively. Several different signals may be multiplexed and displayed when external multiplexing circuitry is used.

The CD4511B types are supplied in 16-lead hermetic dual-in-line ceramic packages (F3A suffix), 16-lead dual-in-line plastic packages (E suffix), 16-lead small-outline packages (NSR suffix), and 16-lead thin shrink small-outline packages (PW and PWR suffixes).

These devices are similar to the type MC14511.



TOP VIEW
16-LEAD DUAL-IN-LINE PLASTIC PACKAGE
CD4511B
TERMINAL ASSIGNMENT



Features:

- High-output-sourcing capability up to 25 mA
- Input latches for BCD Code storage
- Lamp Test and Blanking capability
- 7-segment outputs blanked for BCD input codes > 1001
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- Max. input current of 1 μ A at 18 V, over full package-temperature range, 100 nA at 18 V and 25°C
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings

Applications:

- Driving common-cathode LED displays
- Multiplexing with common-cathode LED displays
- Driving incandescent displays
- Driving low-voltage fluorescent displays

MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, (V _{DD})	-0.5V to +20V
Voltages referenced to V _{DD} Terminal	
INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS	-0.5V to V _{DD} +0.5V
DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT	\pm 10mA
POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P _D):	
For T _A = -55°C to +100°C	500mW
For T _A = +100°C to +125°C	Derate Linearly at 12mW/°C to 200mW
DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR	
FOR T _A = FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types)	100mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE (T _A)	-55°C to +125°C
STORAGE TEMPERATURE RANGE (T _{stg})	-65°C to +150°C
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):	
At distance 1/16 \pm 1/32 inch (1.58 \pm 0.79mm) from case for 10s max	+265°C

OPERATING CONDITIONS AT T_A = 25°C Unless Otherwise Specified

For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges

Characteristic	V _{DD}	Min.	Max.	Units
Supply-Voltage Range (T _A): (Full Package-Temperature Range)	-	3	18	V
Set-Up Time (t _S)	5	150	-	ns
	10	70	-	ns
	15	40	-	ns
Hold Time (t _H)	5	0	-	ns
	10	0	-	ns
	15	0	-	ns
Strobe Pulse Width (t _W)	5	400	-	ns
	10	160	-	ns
	15	100	-	ns

CD4511B Types

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

CHARACTERISTIC	TEST CONDITIONS				LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (°C)							Units
	I_{OH} (mA)	V_o (V)	V_{IN} (V)	V_{DD} (V)					+25			
					-55	-40	+85	+125	Min.	Typ.	Max.	
Quiescent Device Current: I_{DD} Max.	-	-	-	5	5	5	150	150	-	0.04	5	μA
	-	-	-	10	10	10	300	300	-	0.04	10	
	-	-	-	15	20	20	600	600	-	0.04	20	
	-	-	-	20	100	100	3000	3000	-	0.08	100	
Output Voltage: Low Level V_{OL} Max.	-	-	0.5	5	0.05				-	0	0.05	V
	-	-	0.10	10	0.05				-	0	0.05	
High Level V_{OH} Min.	-	-	0.5	5	4	4	4.2	4.2	4.1	4.55	-	V
	-	-	0.10	10	9	9	9.2	9.2	9.1	9.55	-	
Input Low Voltage, V_{IL} Max.	-	0.5, 3.8	-	5	1.5				-	-	1.5	V
	-	1.8, 8	-	10	3				-	-	3	
Input High Voltage, V_{IH} Min.	-	0.5, 3.8	-	5	3.5				3.5	-	-	V
	-	1.8, 8	-	10	7				7	-	-	
Output Drive Voltage: High Level V_{OH} Min.	0	-	-	5	4.0	4.0	4.20	4.20	4.10	4.55	-	V
	5	-	-	10	-	-	-	-	-	4.25	-	
	10	-	-	15	3.80	3.80	3.90	3.90	3.90	4.10	-	
	15	-	-	20	-	-	3.50	3.50	-	3.95	-	
	20	-	-	25	3.55	3.55	3.30	-	3.40	3.75	-	
	25	-	-	5	3.40	3.40	-	-	3.10	3.55	-	
	5	-	-	10	9.0	9.0	9.20	9.20	9.10	9.55	-	
	10	-	-	15	-	-	-	-	-	9.25	-	
	15	-	-	20	8.85	8.85	9.00	9.00	9.00	9.15	-	
	20	-	-	25	-	-	-	-	-	9.05	-	
	25	-	-	0	8.70	8.70	8.40	8.40	8.60	8.90	-	
	5	-	-	5	8.60	8.60	-	-	8.30	8.75	-	
10	-	-	10	14.0	14.0	14.20	14.20	14.10	14.55	-		
15	-	-	15	-	-	-	-	-	14.30	-		
20	-	-	20	13.90	13.90	14.0	14.0	14.0	14.20	-		
25	-	-	25	13.75	13.75	13.50	13.50	13.70	13.95	-		
0	-	-	0	13.65	13.65	-	-	13.50	13.80	-		
Output Low (Sink) Current, I_{OL} Min.	-	0.4	0.5	5	0.64	0.61	0.42	0.36	0.51	1	-	mA
	-	0.5	0.10	10	1.6	1.5	1.1	0.9	1.3	2.6	-	
	-	1.5	0.15	15	4.2	4	2.8	2.4	3.4	6.8	-	
Input Current, I_{IN} Max.	-	0.18	0.18	18	± 0.1	± 0.1	± 1	± 1	-	$\pm 10^{-5}$	± 0.1	μA

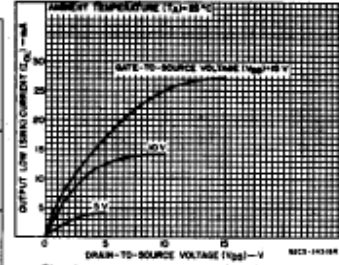


Fig. 1 - Typical output low (sink) current characteristics.

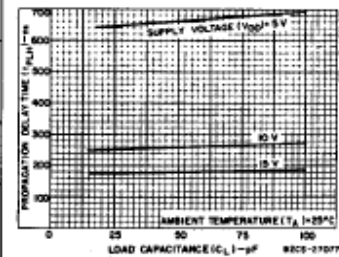


Fig. 2 - Typical data-to-output, low-to-high-level propagation delay time as a function of load capacitance.

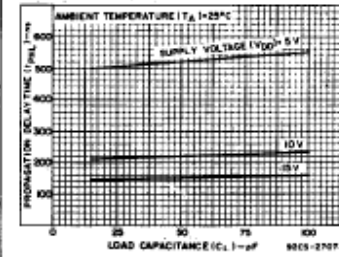


Fig. 3 - Typical data-to-output, high-to-low-level propagation delay time as a function of load capacitance.

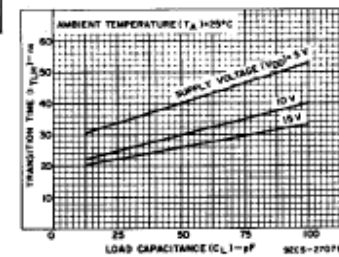


Fig. 4 - Typical low-to-high-level transition time as a function of load capacitance.

CD4511B Types

**DYNAMIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS at $T_A = 25^\circ\text{C}$, Input $t_r, t_f = 20\text{ ns}$,
 $C_L = 50\text{ pF}$, $R_L = 200\text{ k}\Omega$**

CHARACTERISTIC	Test Conditions	LIMITS All Packages			UNITS
		V_{DD} Volts	Min.	Typ.	
Propagation Delay Time: (Data) High-to-Low Level, t_{pHL}	5	—	520	1040	ns
	10	—	210	420	
	15	—	150	300	
Low-to-High Level, t_{pLH}	5	—	660	1320	ns
	10	—	260	520	
	15	—	180	360	
Propagation Delay Time: (BL) High-to-Low Level, t_{pHL}	5	—	350	700	ns
	10	—	175	350	
	15	—	125	250	
Low-to-High Level, t_{pLH}	5	—	400	800	ns
	10	—	175	350	
	15	—	150	300	
Propagation Delay Time: (LT) High-to-Low Level, t_{pHL}	5	—	250	500	ns
	10	—	125	250	
	15	—	85	170	
Low-to-High Level, t_{pLH}	5	—	150	300	ns
	10	—	75	150	
	15	—	50	100	
Transition Time: Low-to-High Level, t_{TLH}	5	—	40	80	ns
	10	—	30	60	
	15	—	25	50	
High-to-Low Level, t_{THL}	5	—	125	310	ns
	10	—	75	185	
	15	—	65	160	
Minimum Set-Up Time, t_S	5	150	75	—	ns
	10	70	35	—	
	15	40	20	—	
Minimum Hold Time, t_H	5	0	-75	—	ns
	10	0	-35	—	
	15	0	-20	—	
Strobe Pulse Width, t_W	5	400	200	—	ns
	10	160	80	—	
	15	100	50	—	
Input Capacitance, C_{iN}		—	5	7.5	pF

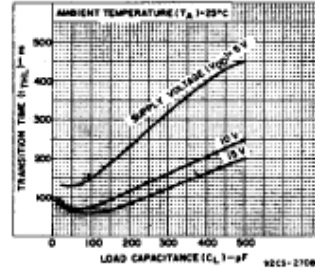


Fig. 5 - Typical high-to-low transition time as a function of load capacitance.

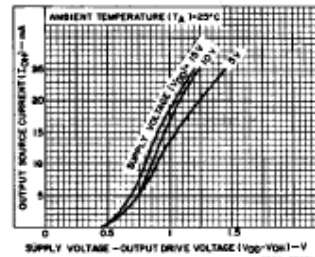


Fig. 6 - Typical voltage drop (V_{DD} to output) vs. output source current as a function of supply.

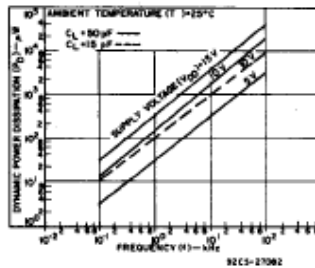


Fig. 7 - Typical dynamic power dissipation characteristics.

CD4511B Types

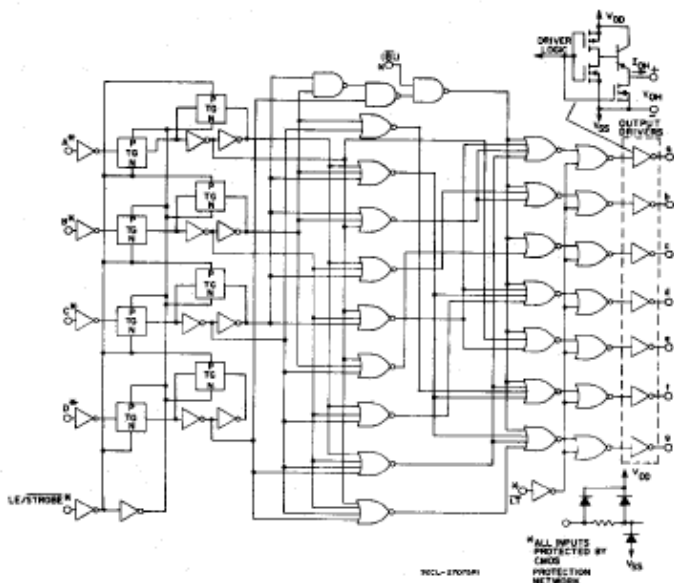


Fig. 8 - Logic diagram.

TRUTH TABLE

LE	ST	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	Display
X	X	0	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	8
X	0	1	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	2
0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	3
0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	5
0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	8
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	Blank
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Blank
1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Blank

X = Don't Care * Depends on BCD code previously applied when LE = 0
 Note: Display is blank for all illegal input codes (BCD > 1001).

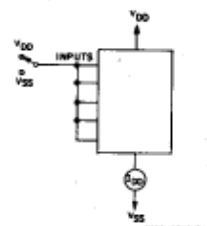


Fig. 9 - Quiescent device current.

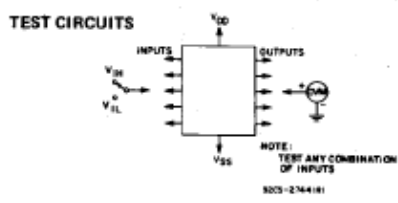


Fig. 10 - Input voltage.

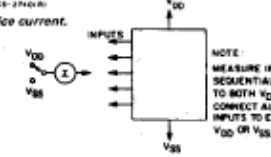


Fig. 11 - Input current.

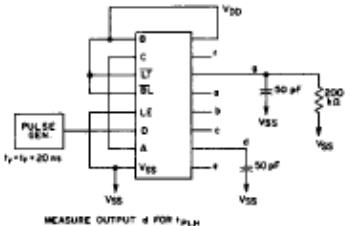


Fig. 12 - Data propagation delay.

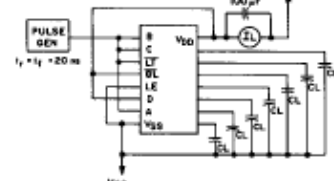
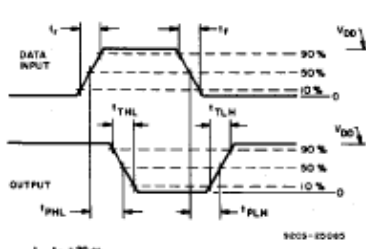


Fig. 13 - Dynamic power dissipation.



t1, t2 = 20 ns

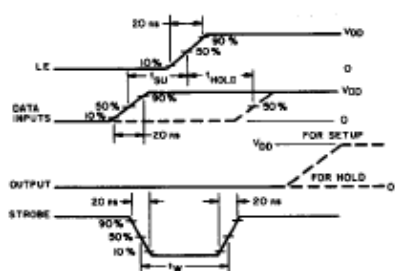
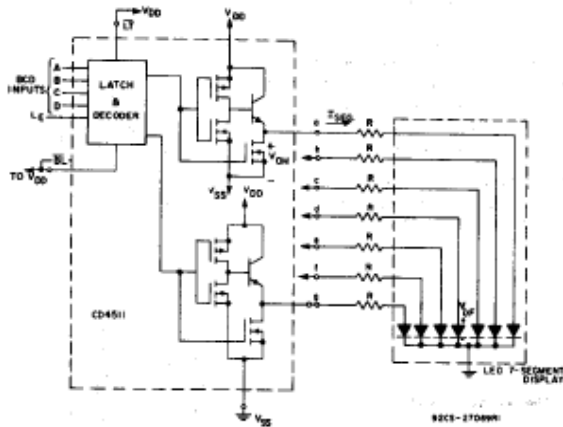


Fig. 14 - Dynamic waveforms.

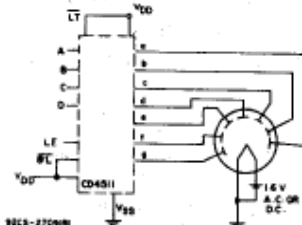
CD4511B Types

APPLICATIONS Interfacing with Various Displays

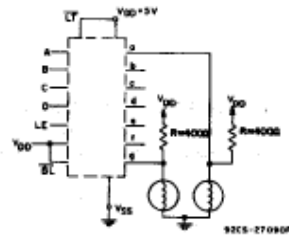


Duty Cycle = 100%
 $I_{SEG} = I_{DIODE\ AVG.} = 20\text{ mA at Luminous Intensity/Segment} = 250\text{ microcandles}$
 $R = \frac{V_{OH} - V_{DF}}{I_{SEG}}$

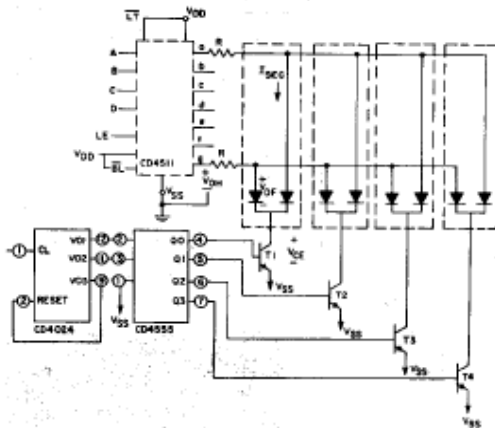
Fig. 15 - Driving common-cathode 7-segment LED displays (example Hewlett-Packard 5082-7740).



A medium-brightness intensity display can be obtained with low-voltage fluorescent displays such as the Tung-Sol Digivac S/G** Series.
 **Trademark Tung-Sol Division Wagner Electric Co.
 Fig. 16 - Driving low-voltage fluorescent displays.



2 of 7 Segments Shown Connected
 Resistors R from VDD to each 7-segment driver output are chosen to keep all Numitron segments slightly on and warm.
 Fig. 17 - Driving incandescent displays (RCA Numitron DR2000 series displays).

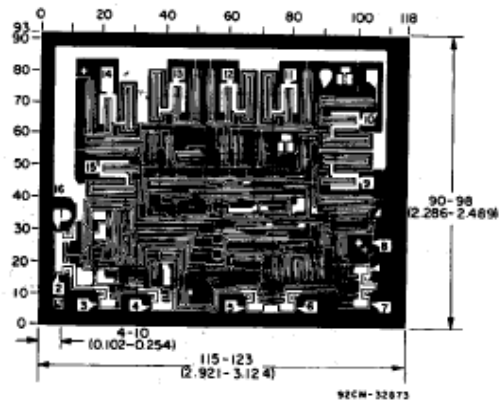


Multiplexing Scheme Showing 2 of 7 Segments Connected
 Transistors T₁-T₄ (RCA-2N3053 or 2N2102) have I_C Max. rating > 7xI_{SEG}

Duty Cycle = 25%
 $I_{SEG} = (I_{DIODE\ AVG.}) \times 4$
 $R = \frac{(V_{OH} - V_{DF} - V_{CE})}{I_{SEG}}$

All unused inputs on CD4555 are connected to VDD or VSS.

Fig. 18 - Multiplexing with common-cathode 7-segment LED displays (example Hewlett-Packard 5082-7404 4 character display or 4 discrete Monsanto Man 3 displays).

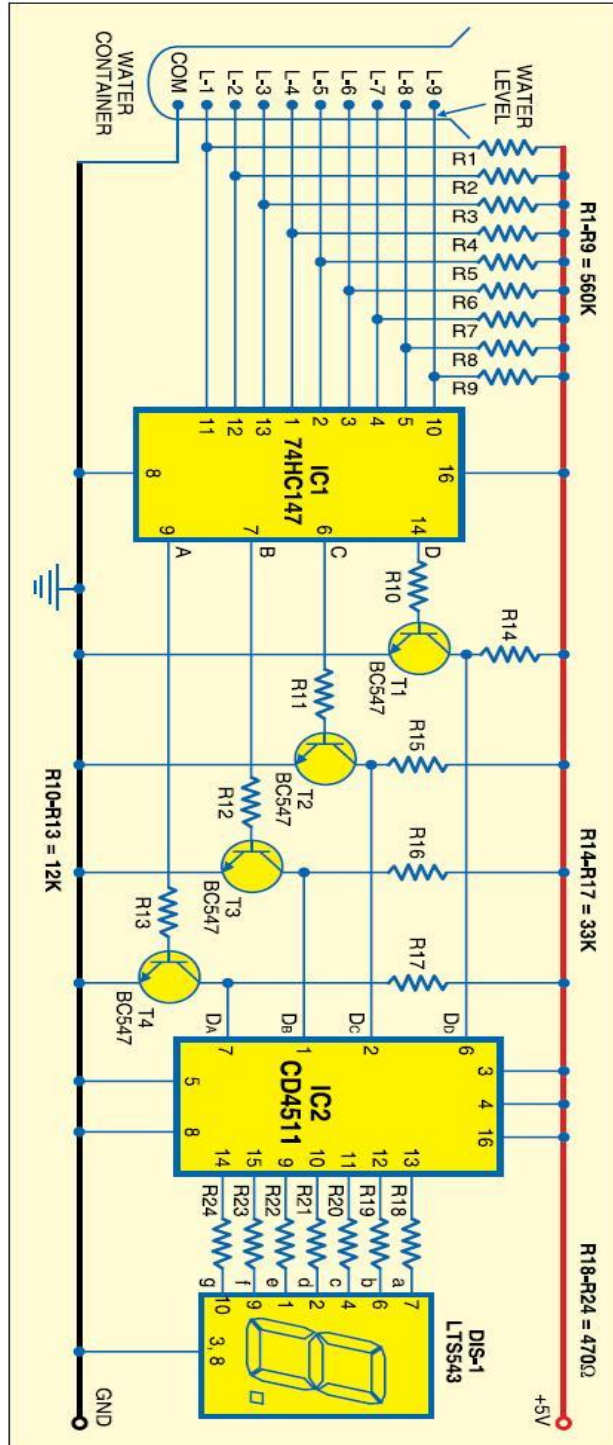


Dimensions and pad layout for CD4511B chip.

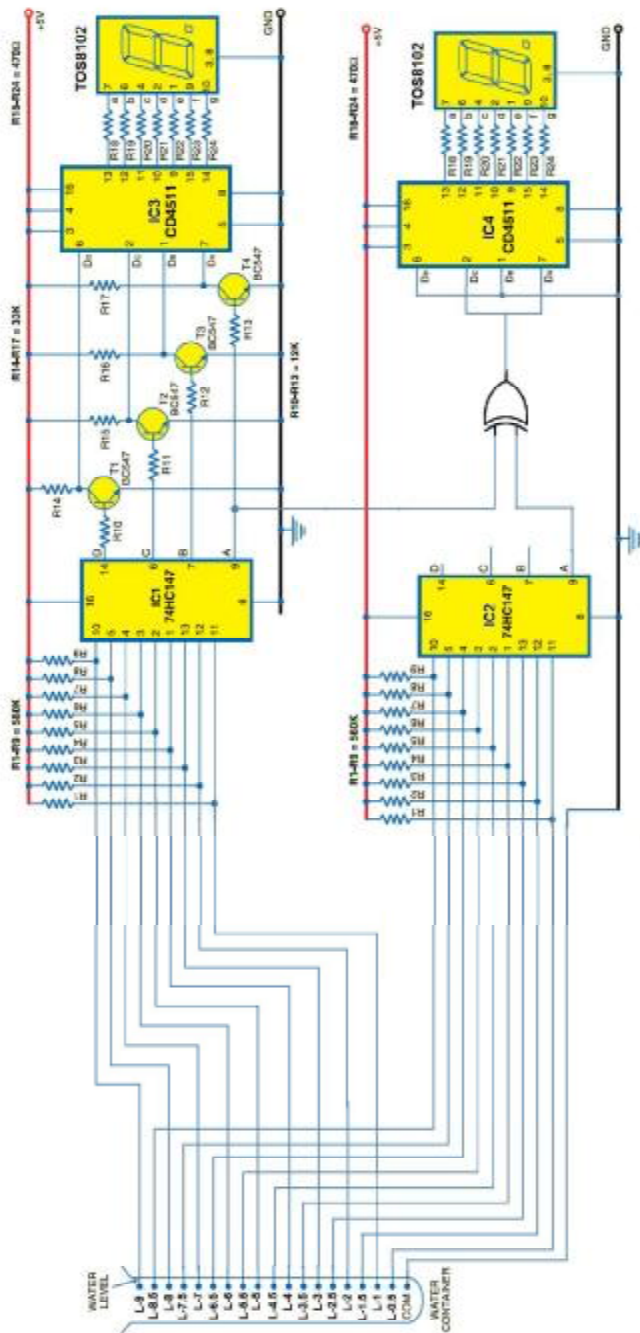
Dimensions in parentheses are in millimeters and are derived from the basic inch dimensions as indicated. Grid graduations are in mils (10⁻³ inch).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5

ΤΟ ΔΟΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΤΥΠΩΜΕΝΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6 Η ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δρ Λάμπρος Μπισδούνης, Τεχνολογία Μετρήσεων, Σημειώσεις Διδασκαλίας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας
- Αθανάσιος Αργυρίου, Αισθητήρες Ημιαγωγών, Αισθητήρες θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες, Σημειώσεις Διδασκαλίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Φυσικής
- Peter Elgar ,Αισθητήρες μέτρησης και ελέγχου, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑΣ, 2003
- Αντώνιος Γαστεράτος -Σπυρίδων Μουρούτσος- Ιωάννης Ανδρεάδης, Τεχνολογία μετρήσεων – αισθητήρια, ΓΚΙΟΥΡΔΑΣ ΕΚΔΟΤΙΚΗ, 2008
- <http://el.wikipedia.org/wiki/Θερμόμετρο> (ανάκτηση την 10/06/15)
- <http://www.ni.com/white-paper/5362/en/> (ανάκτηση την 10/06/15)
- http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1224762 (ανάκτηση την 10/06/15)
- <http://www.metadosi-ischios.gr/article.php?ID=91> (ανάκτηση την 10/06/15)
- 74HC/HCT147 10-to-4 line priority encoder datasheet
- The New LPKF ProtoMat Circuit Board Plotters Datasheet
- Fairchild Semiconductor BC546/547/548/549/550 datasheet
- Texas Instruments CD4511B BCD –to- 7- Segment Datasheet