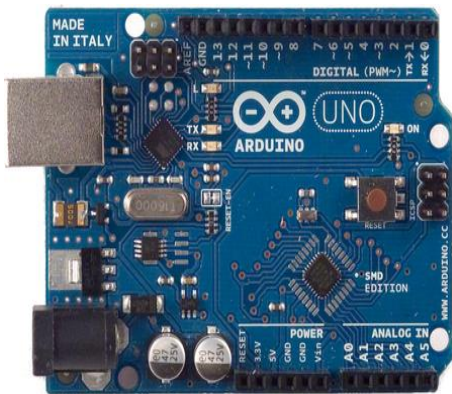


ΤΕΙ Ηπείρου, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε

ΤΙΤΛΟΣ:

Σύστημα μέτρησης στάθμης υγρών με χρήση μικροεπεξεργαστή



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ:ΜΠΑΖΟΥΚΗ ΧΡΥΣΟΥΛΑ

Α.Μ:13463

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Θ. ΑΓΓΕΛΗΣ

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	3
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΤΗΣ LCD ΟΘΟΝΗΣ	5
2.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.....	5
2.2 ΘΕΩΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	5
2.3 ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	5
2.4 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ	7
2.5 ΚΥΚΛΩΜΑ ΧΡΟΝΟΥ RC	7
2.6 ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ	8
2.6.1 BASIC STAMP ΜΕ ΣΥΝΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ.....	9
2.6.2 ΟΘΟΝΗ LCD.....	9
2.6.3 ΚΟΥΜΠΙ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ	10
2.6.4 ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	10
2.6.5 Ο ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ OP AMP ΚΑΙ Η ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΓΕΙΩΣΗ	12
3.ARDUINO UNO.....	15
3.1 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ.....	15
3.2 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ.....	16
4.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ-ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ	17
6.ΚΩΔΙΚΑΣ.....	24
7.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	26
8.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	27

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο αισθητήρας στάθμης υγρού eTapε είναι ένας αισθητήρας στερεάς κατάστασης με μια αντίσταση εξόδου όπου μεταβάλλεται ανάλογα με το επίπεδο του υγρού ή του ρευστού^[7].

Ο αισθητήρας υγρού διασυνδέεται εύκολα με ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου.

Το περίβλημα του αισθητήρα eTapε συμπιέζεται από την υδροστατική πίεση του υγρού μέσα στον οποίο είναι βυθισμένος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή της αντίστασης που αντιστοιχεί στην απόσταση από την κορυφή του αισθητήρα προς την επιφάνεια του υγρού.

Η αντίσταση εξόδου του αισθητήρα είναι αντιστρόφως ανάλογη με το ύψος του υγρού: όσο χαμηλότερο είναι το επίπεδο του υγρού, τόσο υψηλότερη είναι η αντίσταση εξόδου και όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο του υγρού, τόσο χαμηλότερη είναι η αντίσταση εξόδου^{[7][3]}.

Αυτός είναι ένας μοναδικός αισθητήρας όπου δεν έχουμε δει τίποτε άλλο για το οποίο μπορεί να είναι προσιτό και ακριβές για την μέτρηση στάθμης υγρού. Επίσης ο αισθητήρας φαίνεται ότι είναι χρήσιμος εφαρμόζοντας τον στην υδροπονική, σε ένα ενυδρείο, σε ένα σιντριβάνι, ή σε έναν ελεγκτή πισίνας, ή ακόμη για την μέτρηση ενός σωλήνα βροχής^[7].

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας είναι το όγδοο μοντέλο όπου θα συμπεριλαμβάνουμε επίσης μια συνδεσμολογία τεσσάρων ακίδων και μια αντίσταση των 560 ohm. Η υποδοχή είναι διαμορφωμένη έτσι ώστε να μην χρειάζεται να κολλήσεις απευθείας στο λεπτό τις ακίδες. Αντί αυτού, απλά κολλάμε στην υποδοχή και το συνδέουμε στον αισθητήρα. Ελέγχουμε την καρτέλα tutorials για έναν δείκτη άμεσης έναρξης.

Ο αισθητήρας στερεάς κατάστασης eTapε, είναι ένας συνεχής αισθητήρας μέτρησης της στάθμης υγρών όπως νερό, μη διαβρωτικά υγρά αραιωμένα σε νερό και πούδρα(σκόνη)^[7].

Ο αισθητήρας eTapε κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας τυπωμένες ηλεκτρονικές τεχνολογίες με τη χρήση πρόσθετων και άμεσων διαδικασιών εκτύπωσης για την παραγωγή λειτουργικών κυκλωμάτων.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΚΑΙ ΤΗΣ LCD ΟΘΟΝΗΣ

2.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ

^{[3][7]}Μήκος αισθητήρα: 10.1''(257 mm)

Πλάτος: 1.0''(25.4 mm)

Πάχος: 0.015''(0.208 mm)

Κλίση αντίστασης: 140Ω/ίντσα(56Ω/cm), ±10%

Ενεργό μήκος του αισθητήρα: 8.4''(213 mm)

Υπόστρωμα: Τερεφθαλικό Πολυαιθυλένιο(PET)

Έξοδος αισθητήρα: 1500Ω άδειο, 300Ω γεμάτο,±10%

Βάθος ενεργοποίησης: Ονομαστική 1 ίντσα(25.4 mm)

Ανάλυση: 0.01 ίντσα(0.25 mm)

Εύρος θερμοκρασίας: 15°F - 140°F(-9°C - 60°C)

Ονομαστική ισχύς:0.5 Watts(Vmax=10V)

Συνδέουμε την ακίδα 2 του αισθητήρα στην γείωση, μετά την ακίδα 3 στην αντίσταση των 560 ohm. Το άλλο άκρο της αντίστασης των 560 ohm είναι στην VCC δηλαδή στην θετική τάση της τροφοδοσίας(3.3V ή 5V για παράδειγμα) για να δημιουργήσει έναν διαιρέτη τάσης.

Την ακίδα του αναλογικού-ψηφιακού μετατροπέα

την συνδέουμε στο σημείο ανάμεσα στην αντίσταση και στον αισθητήρα.

2.2 ΘΕΩΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Ο αισθητήρας στάθμης υγρού Milone eTape είναι ένας πρωτοποριακός αισθητήρας ο οποίος κάνει χρήση των τυπωμένων ηλεκτρονικών, αντί των μηχανικά κινούμενων φλοτέρ^[2]. Το περίβλημα του eTape συμπιέζεται από την υδροστατική πίεση του υγρού στο οποίο είναι βυθισμένο, τον οποίο έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή της αντίστασης η οποία αντιστοιχεί στην απόσταση από την κορυφή του αισθητήρα προς την επιφάνεια του υγρού. Ο eTape μπορεί να μοντελοποιηθεί σαν μια μεταβλητή αντίστασης(60-550 Ω ± 20%). Κατά την λειτουργία, όσο το επίπεδο του υγρού αυξάνεται και πέφτει, η μετρούμενη αντίσταση μειώνεται και αυξάνεται αντίστοιχα.

2.3 ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Αφού έχουμε κολλήσει τα καλώδια στον 4-πινο συνδετήρα, συνδέουμε τον συνδετήρα στους ακροδέκτες του αισθητήρα(Crimpflex pins)^[3].

ΠΡΟΣΟΧΗ!!! Μη κολλήσετε άμεσα τα καλώδια στις ακίδες πάνω στον αισθητήρα (Crimflex pins).

Οι εσωτερικές ακίδες(ακίδες 2 και 3) είναι η έξοδος του αισθητήρα. Οι εξωτερικές ακίδες(ακίδες 1 και 4) είναι η αντίσταση αναφοράς, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιστάθμιση της θερμοκρασίας.

Τοποθετούμε τον αισθητήρα eTape στο υγρό που πρόκειται να μετρηθεί. Για την σωστή λειτουργία του αισθητήρα δεν πρέπει να λυγίζεται αλλά πρέπει να παραμείνει στην ευθεία.

Για καλύτερα αποτελέσματα τοποθετούμε τον αισθητήρα μέσα σε ένα τμήμα σωλήνα PVC διαμέτρου μιας ίντσας.

Διπλής όψης κολλητική ταινία μπορεί να εφαρμοστεί στην πάνω πίσω μεριά του αισθητήρα ώστε να κρατάει σταθερό τον αισθητήρα στο εσωτερικό τοίχωμα του δοχείου στο οποίο θα γίνει η μέτρηση.

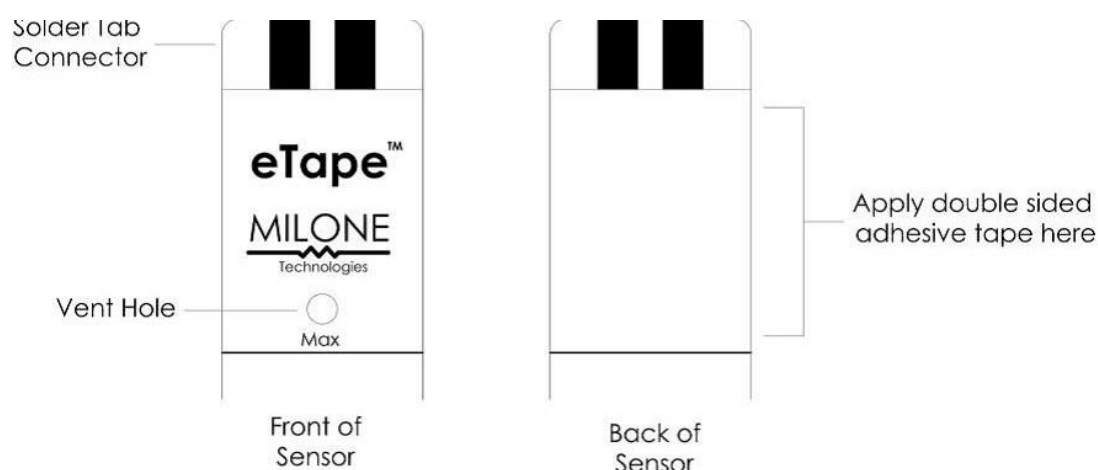
Τοποθετούμε την ταινία στην πάνω πίσω μεριά του αισθητήρα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Αν η κολλητική ταινία τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε άνω τμήμα του αισθητήρα μπορεί να μην λειτουργήσει σωστά^[3].

Ωστόσο το υγρό θα πρέπει να αφήνεται ή να επιτρέπεται να αλληλοεπιδρά και με τις δυο πλευρές του αισθητήρα.

Ο αισθητήρας δεν θα πρέπει να βυθίζεται πέρα από την γραμμή Max για να αποφευχθεί η βύθιση της οπής εξαέρωσης.

Η οπή εξαέρωσης επιτρέπει στον αισθητήρα eTape να εξισορροπείται με την ατμοσφαιρική πίεση και δεν πρέπει να βυθίζεται το υγρό για να λειτουργεί σωστά.

Επίσης η οπή εξαέρωσης είναι εφοδιασμένη με ένα φίλτρο υδρόφιλης μεμβράνης για να εμποδίσει τον αισθητήρα από το να πλημμυρίσει εάν κατά λάθος βυθιστεί.



2.4 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ

Χρησιμοποιώντας τον eTape με τον Parallax Basic Stamp

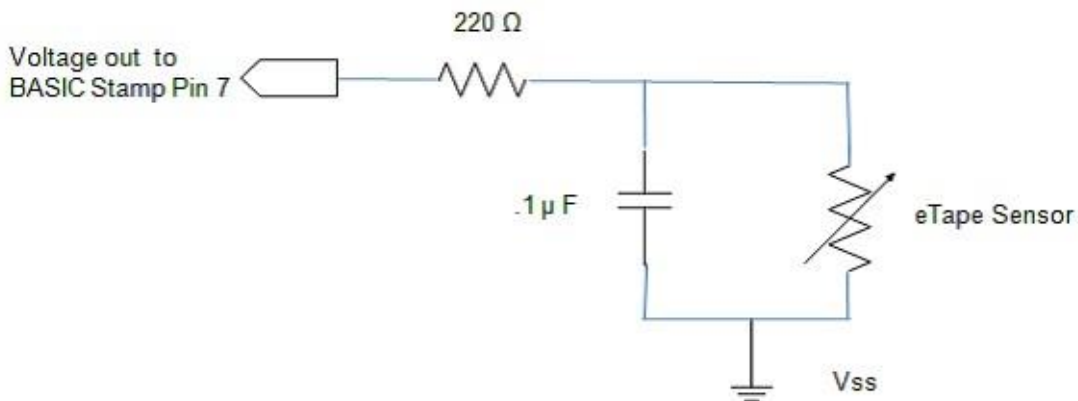
Ο αισθητήρας eTape μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τρεις συνδεσμολογίες^[2]. Η μία από αυτές είναι ότι ο αισθητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια ποικιλία εφαρμογών και πειράματα με τον Parallax Basic Stamp. Ο eTape μπορεί να μοντελοποιηθεί ως μια μεταβλητή αντίσταση. Υπάρχουν αρκετοί μέθοδοι για την μέτρηση μεταβολής της αντίστασης.

2.5 ΚΥΚΛΩΜΑ ΧΡΟΝΟΥ RC

^[2]Μια κοινή προσέγγιση είναι να μετρηθεί το χρονικό διάστημα το οποίο χρειάζεται για την φόρτιση ή την εκφόρτωση της τάσης σε ένα κύκλωμα RC. Ο Parallax Basic Stamp έχει μια ενσωματωμένη λειτουργία που ονομάζεται RCTIME η οποία κάνει χρήση αυτής της μεθόδου για την μέτρηση της αντίστασης σε ένα κύκλωμα RC. Σε ένα κύκλωμα RC ο χρόνος που χρειάζεται για την φόρτιση ή την εκφόρτωση του πυκνωτή συνδέεται με την τιμή της αντίστασης από την εξίσωση:

$\tau = R * C$, όπου τ είναι η σταθερά χρόνου RC.

Η λειτουργία RCTIME μετρά το χρόνο για την φόρτιση ή την εκφόρτωση σε ένα κύκλωμα RC. Δίνεται μια σταθερή τιμή για έναν πυκνωτή, το εύρος των τιμών μιας μεταβλητής αντίστασης το οποίο μπορεί να προσδιοριστεί με τη μέτρηση του χρόνου για ποικίλες διαφορετικές τιμές της αντίστασης. Ο αισθητήρας Milone Etape μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα κύκλωμα RC όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. RC κύκλωμα χρησιμοποιώντας τον eTape ως μια μεταβλητή αντίσταση

^[2]Το δείγμα του κώδικα για το Parallax Basic Stamp το οποίο χρησιμοποιεί το κύκλωμα του σχήματος 1, παρατίθεται παρακάτω στο Σχήμα 2. Στο πρόγραμμα εκτελείται επανειλημμένα ένας βρόγχος, ο οποίος μετράει το χρόνο εκφόρτωσης της τάσης στο κύκλωμα RC. Ο χρόνος εμφανίζεται στο debug terminal. Υψηλά επίπεδα υγρού έχουν ως αποτέλεσμα μικρότερη τιμή στο χρόνο. Χαμηλά επίπεδα υγρού έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερη τιμή στο χρόνο.

```

'{$STAMP BS2}
'{$PBASIC 2.5}
'=====
'-----I/O pin definitions-----
RC_Measure PIN 7 ' connection to RC circuit
'----- variables -----
time VAR Word ' holds measure time for
'-----
' --- Main routine
DO
HIGH RC_Measure
PAUSE 1000
RCTIME RC_Measure,1, time
DEBUG HOME, "time - "
DEBUG HOME, "time - ", DEC time
PAUSE 200
LOOP
END

```

Σχήμα 2. Δείγμα κώδικα του Basic Stamp για τη μέτρηση του κυκλώματος χρόνου RC

2.6 ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ

Επίσης υπάρχουν επιπλέον 2 συνδεσμολογίες. Σε κάθε μια από αυτές τις συνδεσμολογίες, ένα ξεχωριστό κύκλωμα αισθητήρα μετατρέπει την έξοδο eTape από την αντίσταση στην τάση που χρησιμοποιείται^[2]. Οι δυο συνδεσμολογίες είναι:

1. Ένας παθητικός διαιρέτης τάσης.
2. Ένα ενεργό κύκλωμα με τον αντιστροφέα op amp και την εικονική γείωση.

Και στις δύο συνδεσμολογίες χρειάζονται τα εξής: τον Parallax Basic Stamp, έναν συνεπεξεργαστή και μια οθόνη LED. Τα κύρια συστατικά που έχουν συσταθεί στο κοινό είναι:

BASIC Stamp

Parallax Board of Education USB (#28850)

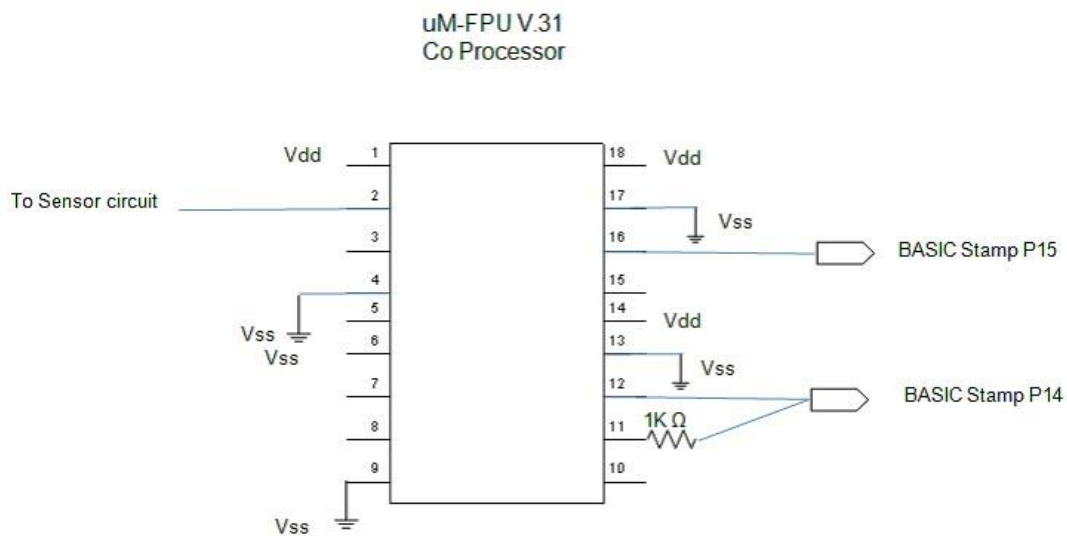
Parallax Serial LCD (4 rows*20 Characters Backlit (#27979))

Micromega Corporation uM-FPU V3 floating point coprocessor

Push button switch (4 leg PN 400-00002)

2.6.1 BASIC STAMP ME ΣΥΝΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ

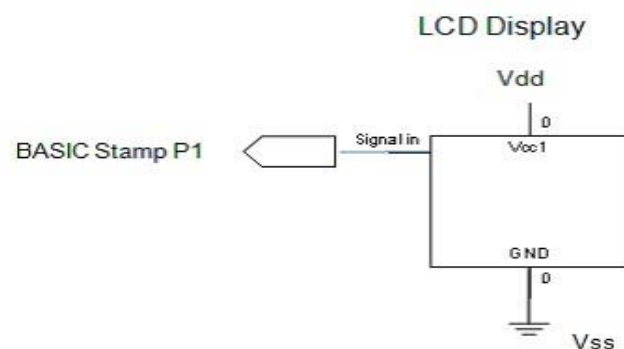
Αυτές οι συνδεσμολογίες κάνουν χρήση του συνεπεξεργαστή Micromega Corporation για να απλοποιήσει τους υπολογισμούς που εμπλέκονται στον υπολογισμό των επιπέδων υγρού^[2]. Ο συνεπεξεργαστής χρησιμοποιείται επίσης για την μετατροπή της τάσης από μια αναλογική τιμή σε μια ψηφιακή τιμή έτσι ώστε ο Basic Stamp να εκτελέσει υπολογισμούς σχετικά με την έξοδο του αισθητήρα. Σχήμα 3 απεικονίζει τη διαμόρφωση του συνεπεξεργαστή um-FPU V3.



Σχήμα 3. Διαμόρφωση συνεπεξεργαστή

2.6.2 ΟΘΟΝΗ LCD

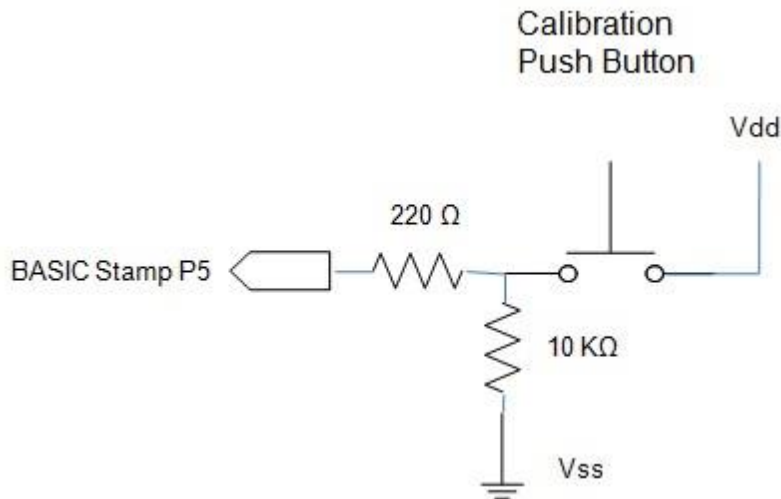
Μια οθόνη LCD τεσσάρων σειρών χρησιμοποιείται για να εμφανίσει τις τιμές που μετρήθηκαν για τον όγκο του νερού^[2]. Στο σχήμα 4 απεικονίζεται η σύνδεση της οθόνης LCD με το Basic. Η συσκευή η οποία χρησιμοποιήθηκε σε αυτό το δείγμα είναι από το Parallax.



Σχήμα 4. Συνδέσεις LCD

2.6.3 ΚΟΥΜΠΙ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ

Στο σχήμα 5 απεικονίζεται ένα απλό κουμπί ώθησης. Αυτό το κουμπί ώθησης χρησιμοποιείται για να επιτρέψει τον πραγματικό χρόνο βαθμονόμησης του κυκλώματος του αισθητήρα^[2]. Και στα δυο αυτά παραδείγματα εάν το πλήκτρο είναι πατημένο, ενώ το πρόγραμμα τρέχει, η βαθμονόμηση ρουτίνας εκτελεί και εμφανίζει οδηγίες στην οθόνη LCD. Με την ρουτίνα βαθμονόμησης συλλαμβάνουμε τις πραγματικές μετρούμενες ελάχιστες και μέγιστες τιμές για την ψηφιακή τάση από το κύκλωμα.



Σχήμα 5. Συνδέσεις για το κουμπί ώθησης

2.6.4 ΔΙΑΙΡΕΤΗΣ ΤΑΣΗΣ

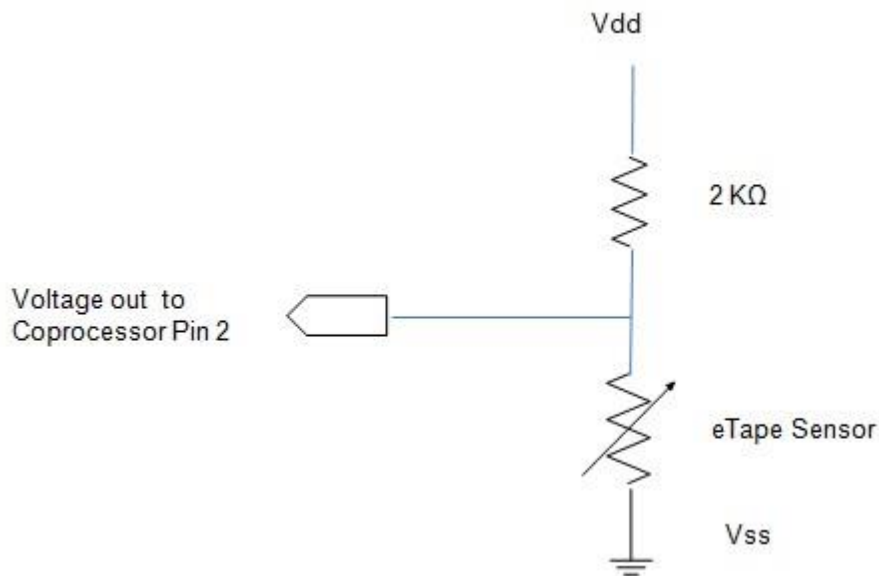
Στη συνέχεια έχουμε την δεύτερη συνδεσμολογία η οποία είναι ο διαιρέτης τάσης. Εδώ σε αυτήν την συνδεσμολογία γίνεται χρήση ενός απλού κυκλώματος διαιρέτη τάσης για να μετατρέψει τις μεταβαλλόμενες τιμές της αντίστασης του αισθητήρα eTapε σε μια τάση, όπου μπορεί να μετρηθεί και να μετατραπεί από ένα μετατροπέα συνεπεξεργαστή A/D^[2].

Ο κώδικας για αυτήν την συνδεσμολογία είναι γραμμένος σε μια κυλινδρική δεξαμενή με διάμετρο 5.5 εκατοστά. Αυτή η τιμή μπορεί να αλλάξει.

Αν τα πραγματικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα eTapε ή του κυκλώματος προκαλούν αυτές τις τιμές να είναι λανθασμένες, η ρουτίνα βαθμονόμησης μπορεί να εκτελεστεί με το πάτημα του κουμπιού, ενώ το πρόγραμμα εκτελείται.

Η οθόνη LCD εμφανίζει τον όγκο του υγρού σε μία δεξαμενή με κύπελλα, με ουγκιά και ml.

Το κύκλωμα αισθητήρα για αυτήν την συνδεσμολογία είναι το Σχήμα 6.

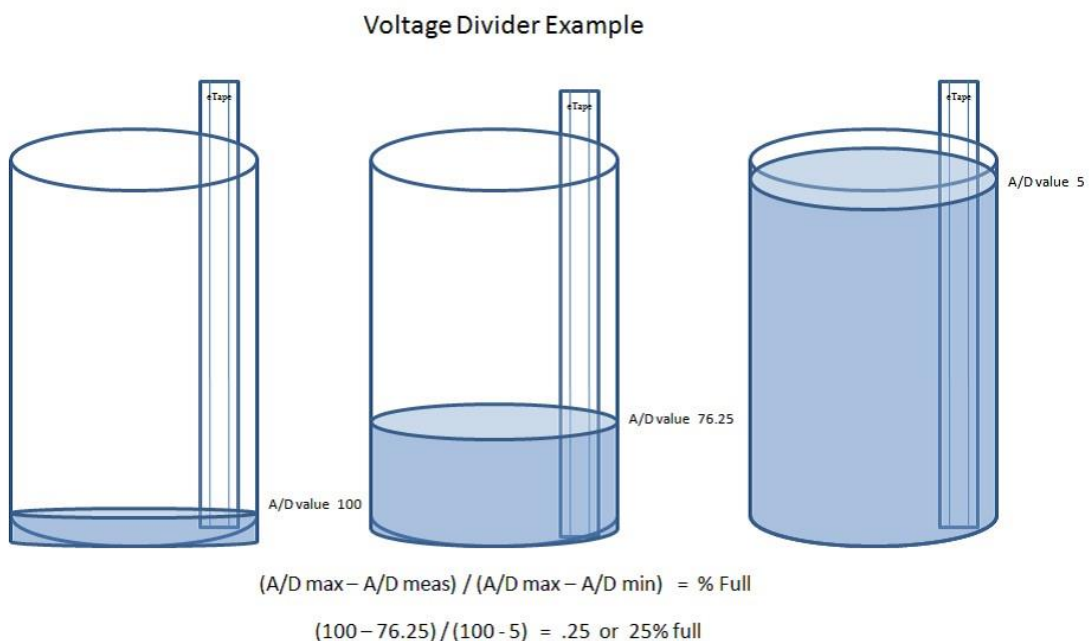


Σχήμα 6. Κύκλωμα διαιρέτη τάσης

Σε αυτό το κύκλωμα η τάση είναι άμεσα ανάλογη για την αντίσταση του αισθητήρα eTape

$$V \text{ at Pin 2} = [V_{dd} * R_{eTape}] / [2K\Omega + R_{eTape}]$$

Ο αισθητήρας eTape έχει χαμηλότερη αντίσταση σε υψηλότερα επίπεδα υγρών και υψηλότερη αντίσταση σε χαμηλότερα επίπεδα υγρών. Επομένως, η μέγιστη ψηφιακή ένδειξη τάσης αντιστοιχεί σε μια άδεια δεξαμενή και η ελάχιστη ψηφιακή ένδειξη της τάσης σε μια πλήρη δεξαμενή. Στο σχήμα 7 απεικονίζεται αυτή η σχέση.



Σχήμα 7. Χρησιμοποιώντας τον eTape και το κύκλωμα του διαιρέτη τάσης για τον υπολογισμό του πλήρες ποσοστού επί τις εκατό

^[2] Το πρόγραμμα εκτελεί την ακόλουθη αλληλουχία βημάτων:

1. Ξεκινάμε αρχικά με τον βρόγχο ώστε να μπορέσουν να εκτελεστούν συνεχώς τα παρακάτω βήματα.
2. Παίρνουμε την μέτρηση και μετατρέπουμε την αναλογική τάση σε μια ψηφιακή τιμή.
3. Αφαιρούμε τη μετρούμενη ψηφιακή τιμή από τη μέγιστη ψηφιακή τιμή του κυκλώματος(άδεια δεξαμενή) και διαιρούμε από το εύρος(μέγιστες- ελάχιστες ψηφιακές τιμές)- το οποίο δίνει το πλήρες ποσοστό επί τις εκατό.
4. Πολλαπλασιάζουμε το μήκος του αισθητήρα από το ποσοστό πλήρους αξίας για να πάρουμε τη στάθμη του υγρού σε cm.
5. Υπολογίζουμε τους όγκους.
6. Εμφανίζουμε τα αποτελέσματα στην οθόνη LCD.
7. Τέλος επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία.

2.6.5 Ο ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ OP AMP ΚΑΙ Η ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΓΕΙΩΣΗ

Τέλος έχουμε την συνδεσμολογία με το κύκλωμα του αντιστροφέα Op Amp και της εικονικής γείωσης.

Αυτή η συνδεσμολογία κάνει χρήση ενός ενεργού κυκλώματος op amp για να μετατρέψει τις μεταβαλλόμενες τιμές της αντίστασης του αισθητήρα eTape σε μια τάση που μπορεί να μετρηθεί και να μετατραπεί από το μετατροπέα συνεπεξεργαστή A/D^[2].

Το κύκλωμα που χρησιμοποιείται είναι ένας αντιστροφέας Op Amp. Ένας αντιστροφέας op amp γενικά απαιτεί τόσο θετικές όσο και αρνητικές πηγές τάσης.

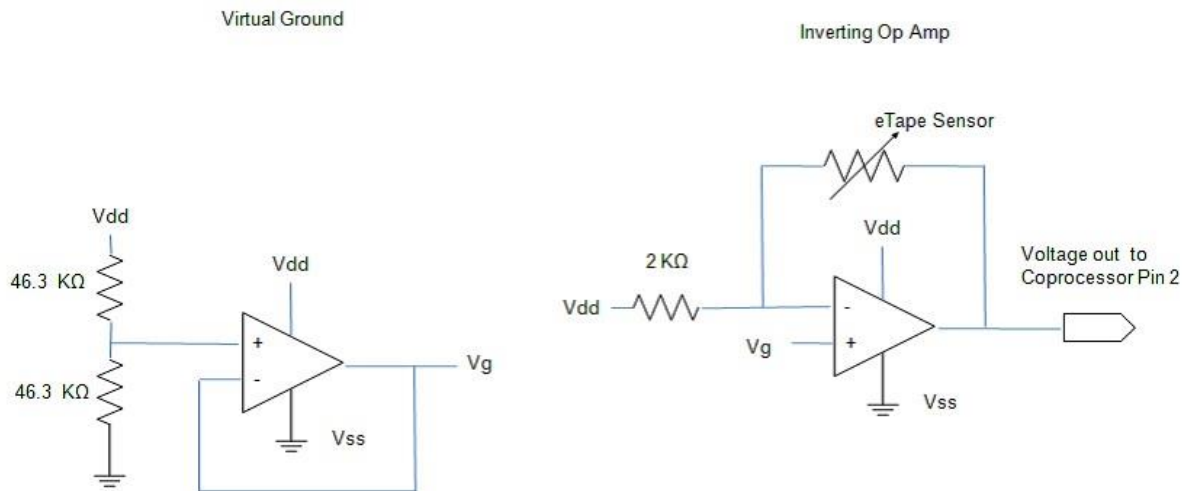
Ένα εικονικό κύκλωμα γείωσης χρησιμοποιείται για να επιτραπεί η χρήση αυτού του κυκλώματος όπου μόνο μία πηγή θετικής τάσης είναι διαθέσιμη.

Ο κώδικας γι' αυτό το κύκλωμα είναι γραμμένος σε μια κυλινδρική δεξαμενή με διάμετρο 5.5 εκατοστά. Αυτή η τιμή μπορεί να αλλάξει. Οι προεπιλεγμένες τιμές για τις ελάχιστες και μέγιστες ψηφιακές τάσεις περιέχονται στον κώδικα.

Αν τα πραγματικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα eTape ή του κυκλώματος προκαλούν αυτές τις τιμές να είναι λανθασμένες, η ρουτίνα βαθμονόμησης μπορεί να εκτελεστεί με το πάτημα του κουμπιού, ενώ το πρόγραμμα εκτελείται.

Η οθόνη LCD εμφανίζει τον όγκο του υγρού σε μια δεξαμενή με κύπελλα, με ουγκιά και ml.

Το κύκλωμα αισθητήρα για αυτήν τη συνδεσμολογία του αντιστροφέα op amp παρουσιάζεται στο Σχήμα 8.

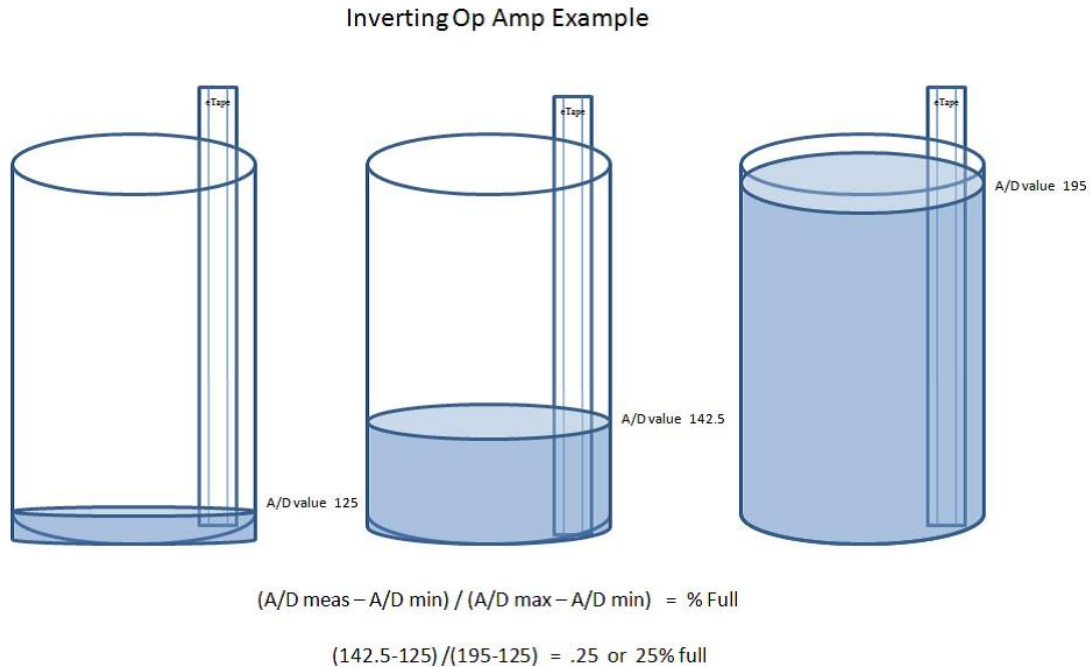


Σχήμα 8. Μετατροπέας του κυκλώματος ενεργούς τάσης χρησιμοποιώντας τον αντιστροφέα Op Amp και την εικονική γείωση

Σε αυτό το κύκλωμα η τάση είναι άμεσα ανάλογη για την αντίσταση του αισθητήρα eTape

$$V \text{ at Pin 2} \approx V_{dd} * [-R \text{ eTape}] / [2K\Omega]$$

Ο αισθητήρας eTape έχει χαμηλότερη αντίσταση σε υψηλότερα επίπεδα υγρών. Επομένως, η μέγιστη ψηφιακή ένδειξη της τάσης αντιστοιχεί σε μια πλήρη δεξαμενή. Το Σχήμα 9 απεικονίζει αυτή τη σχέση.



Σχήμα 9. Χρησιμοποιώντας τον eTape και το κύκλωμα του διαιρέτη τάσης για τον υπολογισμό του πλήρες ποσοστού επί τις εκατό

^[2] Το πρόγραμμα εκτελεί την ακόλουθη αλληλουχία βημάτων:

1. Ξεκινάμε αρχικά με το βρόγχο ώστε να μπορέσουν να εκτελεστούν συνεχώς τα παρακάτω βήματα.
2. Παίρνουμε την μέτρηση και μετατρέπουμε την αναλογική τάση σε μια ψηφιακή τιμή.
3. Αφαιρούμε τη μετρούμενη ψηφιακή τιμή από τη μέγιστη ψηφιακή τιμή του κυκλώματος(άδεια δεξαμενή) και διαιρούμε από το εύρος(μέγιστες-ελάχιστες ψηφιακές τιμές)- το οποίο δίνει το πλήρες ποσοστό επί τις εκατό.
4. Πολλαπλασιάζουμε το μήκος του αισθητήρα από το ποσοστό πλήρους αξίας για να πάρουμε τη στάθμη του υγρού σε cm.
5. Υπολογίζουμε τους όγκους.
6. Εμφανίζουμε τα αποτελέσματα στην οθόνη LCD.
7. Τέλος επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία.

3.ARDUINO UNO

^[5]Στα πλαίσια αυτής της εργασίας χρησιμοποιήσαμε το Arduino Uno. Το Arduino Uno είναι μια πλακέτα η οποία βασίζεται στην τεχνολογία του μικροελεγκτή ATmega328. Αποτελείται από 14 ψηφιακές εισόδους ή εξόδους ακίδες(εκ των οποίων οι 6 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως PWM εξόδους), 6 αναλογικές εισόδους, έναν ταλαντωτή κρυστάλλου 16 MHz, μια σύνδεση USB, υποδοχή τροφοδοσίας, μια επικεφαλίδα ICSP και ένα κουμπί επαναφοράς(reset). Στη συνέχεια έχουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Arduino Uno τα οποία παρατίθενται στον πίνακα 1 που βρίσκεται παρακάτω:

Μικροελεγκτή	ATmega328
Τάση λειτουργίας	5V
Τάση εισόδου (συνιστάται)	7-12V
Τάση εισόδου (όρια)	6-20V
Ψηφιακές I / O Καρφίτσες	14 (εκ των οποίων 6 παρέχουν PWM εξόδου)
Αναλογική ακροδέκτες εισόδου	6
DC ρεύματος ανά I / O Pin	40 mA
DC ρεύμα για 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB(ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Ταχύτητα ρολογιού	16 MHz
Μήκος	68,6 χιλιοστά
Πλάτος	53,4 χιλιοστά
Βάρος	25 g

Πίνακας 1. Τεχνικά χαρακτηριστικά του Arduino Uno

3.1 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ

Το Arduino Uno μπορεί να τροφοδοτηθεί είτε από εξωτερική τροφοδοσία είτε απευθείας μέσω της θύρας USB^[5]. Για εξωτερική τροφοδοσία μπορούμε να ορίσουμε μια μπαταρία. Την μπαταρία μπορούμε να τη συνδέσουμε στις υποδοχές του Arduino

Vin και GND οι οποίες τοποθετούνται στον θετικό και στον αρνητικό πόλο αντίστοιχα. Οι ακίδες της τροφοδοσίας είναι:

1. VIN. Είναι η τάση εισόδου πάνω στην πλακέτα του Arduino η οποία μπορεί να συνδεθεί με μια εξωτερική πηγή τροφοδοσίας.
2. 5V. Είναι η ακίδα σταθεροποιημένης τάσης 5V και χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του μικροελεγκτή^[5].
3. 3V3. Στην πλακέτα του Arduino βρίσκεται το ολοκληρωμένο FTDI το οποίο παράγει τάση 3.3V με μέγιστο ρεύμα 50mA.
4. GND. Ακροδέκτες γείωσης.

3.2 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Ο Arduino Uno έχει την δυνατότητα να συνδέεται σε έναν υπολογιστή και ταυτόχρονα να δημιουργείται επικοινωνία^[5]. Χάρη στο ολοκληρωμένο FTDI FT232RL καθίσταται εφικτή η επικοινωνία για να μπορέσουμε να προγραμματίσουμε. Η σύνδεση γίνεται μέσω μιας θύρας USB, τα drivers και το software δίνονται μαζί με το Arduino Uno.

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ-ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ

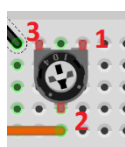
Για την κατασκευή της πειραματικής διαδικασίας αρχικά χρειαστήκαμε μερικά καλώδια, δυο αντιστάσεις των 1 ΚΩ, ένα breadboard, τον Arduino Uno και μια μεταβλητή αντίσταση δηλαδή ένα ποτενσιόμετρο. Αυτά τα καλώδια τα χρησιμοποιήσαμε για να συνδέσουμε τον Arduino Uno με το breadboard.

Στην συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιήσαμε το ποτενσιόμετρο αντί για τον αισθητήρα eTapε για να δούμε αν δουλεύει το κύκλωμα μας με αυτή την συνδεσμολογία και παρακάτω θα κάνουμε την ίδια συνδεσμολογία με τον αισθητήρα eTapε.

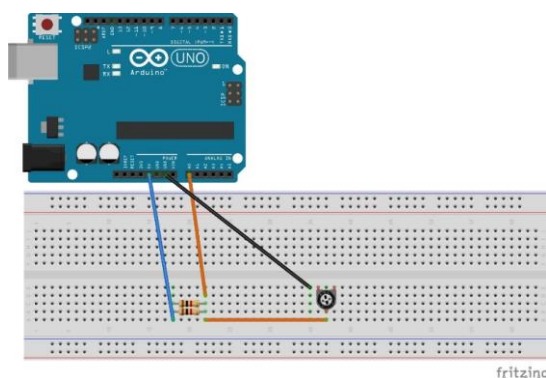
Σε αυτό το πείραμα χρησιμοποιήσαμε την συνδεσμολογία του διαιρέτη τάσης όπου για να την υλοποιήσουμε βάλουμε δυο αντιστάσεις των 1 ΚΩ παράλληλα και ένα ποτενσιόμετρο πάνω στο breadboard.

Παίρνουμε ένα καλώδιο, όπου η μια άκρη του καλωδίου πηγαίνει στις δυο αντιστάσεις των 1 ΚΩ και η άλλη άκρη του πηγαίνει στο A0 του Arduino Uno. Έπειτα πηγαίνουμε με ένα άλλο καλώδιο όπου το ένα το καλώδιο το βάζουμε στις αντιστάσεις και το άλλο το βάζουμε στα 5V του Arduino Uno.

Μετά τοποθετούμε δυο ακόμη καλώδια ώστε με το ένα καλώδιο συνδέουμε την τρίτη ακίδα(μαύρο) από το ποτενσιόμετρο με την γείωση του Arduino Uno και το άλλο καλώδιο είναι για να συνδέσουμε την δεύτερη ακίδα(πορτοκαλί) από το ποτενσιόμετρο με τις αντιστάσεις που βρίσκονται παράλληλα πάνω στο breadboard. Τις ακίδες αυτές τις βλέπουμε στο σχήμα 10 που είναι πιο κάτω. Επίσης η συνδεσμολογία που περιγράψαμε παραπάνω φαίνεται στο σχήμα 11.



Σχήμα 10. Ακίδες του ποτενσιόμετρου



Σχήμα 11. Συνδεσμολογία του κυκλώματος διαιρέτη τάσης με τον Arduino Uno

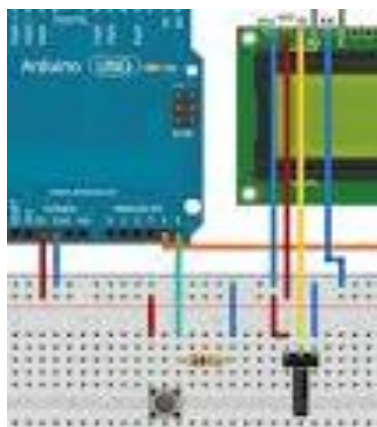
Στη συνέχεια περιγράφουμε την συνδεσμολογία του Arduino Uno με την οθόνη LCD ώστε να μπορούμε να βλέπουμε στην οθόνη την τιμή της αντίστασης κάθε φορά. Η LCD βασίζεται στον μικροελεγκτή HD44780(Hitachi) με 16 ακίδες-ακροδέκτες^[4]. Αυτό σημαίνει ότι ο μικροελεγκτής χειρίζεται πολλές ακίδες διασύνδεσης ταυτόχρονα για τον έλεγχο της οθόνης. Η οθόνη LCD αποτελείται από τις ακόλουθες ακίδες^[1]:

- RS:(Register Select) Ο μικροελεγκτής HD44780 έχει δυο καταχωρητές^[4]:
 - 1) Τον καταχωρητή εντολών, όπου τοποθετούνται οι αιτούμενες εντολές και
 - 2) Τον καταχωρητή δεδομένων, όπου λαμβάνονται τα δεδομένα των εντολών.Το RS σήμα επιλέγει τον καταχωρητή κατά την προσπέλαση (με 0 επιλέγεται ο καταχωρητής εντολών, με 1 ο καταχωρητής δεδομένων).
- R/W: (Read/Write) Είναι η λειτουργία ανάγνωσης ή εγγραφής^[4].
- E: (Enable) Είναι το σήμα το οποίο επιτρέπει την εγγραφή ή την ανάγνωση των δεδομένων^[6].
- DB7-DB0:(Databit) Είναι οι 8 ακίδες δεδομένων όπου τα DB0-DB3 είναι τα 4 bit χαμηλής τάξης τα οποία δεν τα χρησιμοποιούμε και τα DB4-DB7 είναι τα 4 bit υψηλής τάξης τα οποία χρησιμοποιούνται για την σύνδεση της LCD οθόνης με τον Arduino Uno^[4].
- V0: Είναι η ακίδα για τον έλεγχο της αντίθεσης της οθόνης^[4].
- Τροφοδοσία: Έχουμε για τη τροφοδοσία τα 5V (Vcc), την γείωση (GND)^[4].
- LED+: Είναι η τροφοδοσία ρεύματος για τον κρυφό φωτισμό (backlight)^[6].
- LED-: Είναι η γείωση για τον κρυφό φωτισμό (backlight)^[6].

Αφού περιγράψαμε την λειτουργία της LCD οθόνης στη συνέχεια θα δούμε τη συνδεσμολογία της στον Arduino Uno.

Καταρχάς έχουμε το ποτενσιόμετρο το οποίο είναι για τη ρύθμιση της φωτεινότητας της LCD οθόνης και αυτό φαίνεται στο σχήμα 12.

Έπειτα με ένα καλώδιο συνδέουμε στο Vss (GND) της LCD με την γείωση του breadboard όπου αυτή η γείωση συνδέεται με ένα άλλο καλώδιο στην γείωση του Arduino Uno.



Σχήμα 12. Σύνδεση ακίδων του Arduino Uno, της LCD οθόνης και του ποτενσιόμετρου

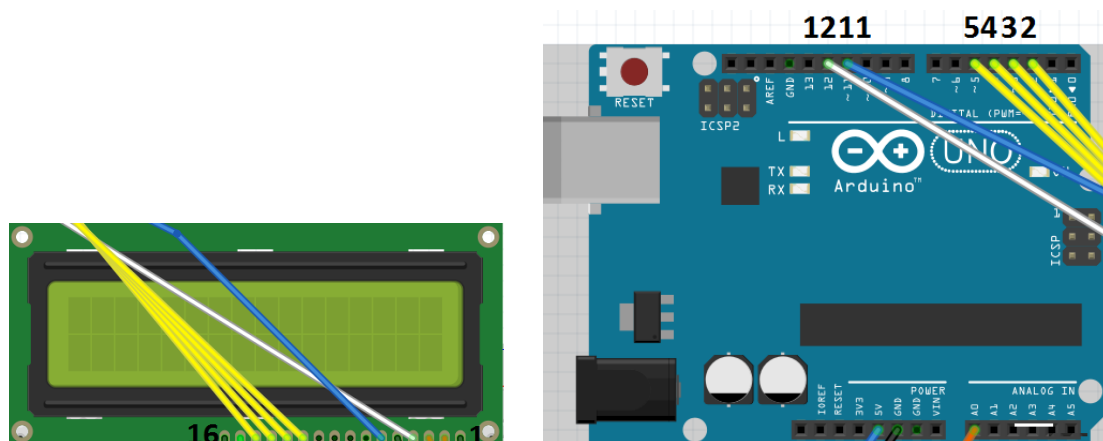
Όπως τώρα με τη γείωση έτσι κάνουμε και για τα 5V. Δηλαδή συνδέω το Vdd (5V) της LCD με τα 5V της τροφοδοσίας του breadboard όπου αυτή η τροφοδοσία συνδέεται με ένα καλώδιο στη τροφοδοσία του Arduino Uno.

Μετά με καλώδια συνδέουμε τη V0 της LCD με την δεύτερη ακίδα του ποτενσιόμετρου, τον RS(άσπρο καλώδιο) της LCD με την ακίδα 12(άσπρο καλώδιο) του Arduino Uno το οποίο φαίνεται στο σχήμα 13,

την Read/Write η οποία είναι για την ανάγνωση ή την εγγραφή της LCD με την γείωση του breadboard και το E(μπλε καλώδιο) της LCD το οποίο είναι το σήμα που ενεργοποιεί(enable) την ανάγνωση ή την εγγραφή δεδομένων το συνδέουμε με την ακίδα 11(μπλε καλώδιο) του Arduino Uno και το οποίο υπάρχει παρακάτω στο σχήμα 13.

Από τις οχτώ ακίδες δεδομένων όπου χρησιμοποιούμε τα DB4-DB7 αντιστοιχούν στις ακίδες 11,12,13 και 14 της οθόνης LCD.

Αυτές τις συνδέουμε ως εξής: συνδέουμε τις ακίδες 11,12,13 και 14(κίτρινα καλώδια) της LCD με τις ακίδες 5,4,3 και 2(κίτρινα καλώδια) του Arduino Uno αντίστοιχα τα οποία φαίνονται στο σχήμα 13.

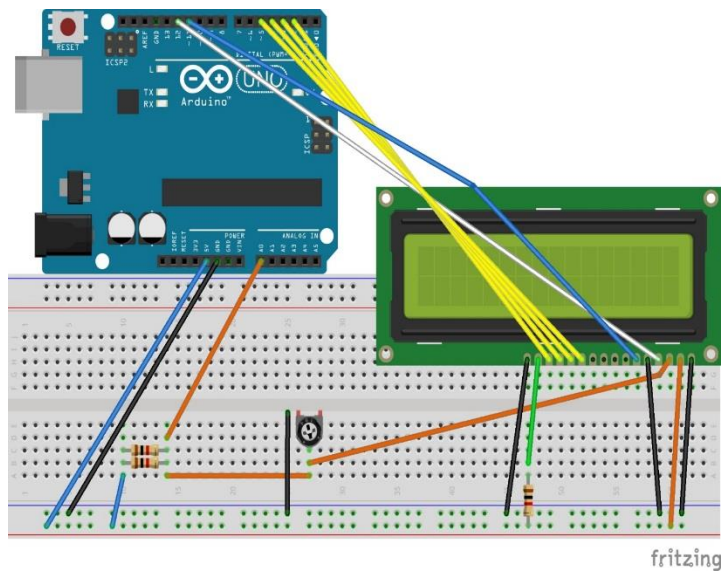


Σχήμα 13. Σύνδεση ακίδων του Arduino Uno και της LCD οθόνης

Τέλος έχουμε τις ακίδες 15 και 16 της LCD που είναι για την τροφοδοσία του ρεύματος και την γείωση του κρυφού φωτισμού.

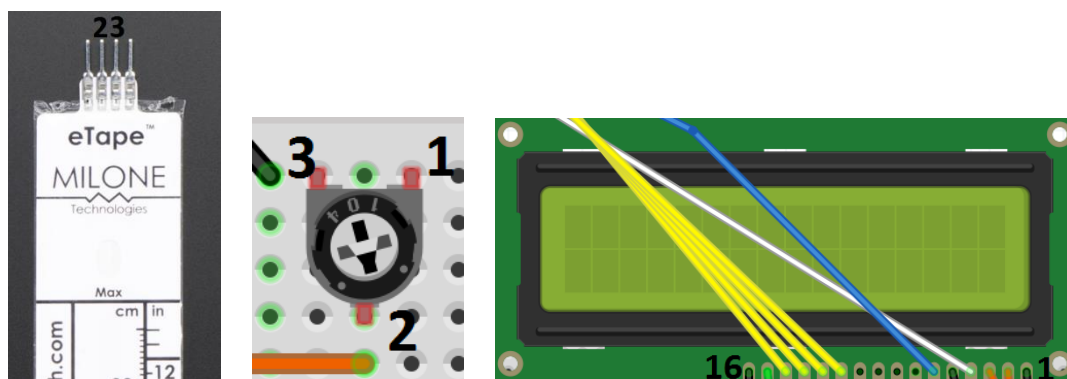
Άρα την ακίδα 15 της LCD την συνδέουμε με την μια άκρη της αντίστασης 1 KΩ και η άλλη άκρη της αντίστασης πηγαίνει στην τροφοδοσία του breadboard δηλαδή τα 5V και την ακίδα 16 της LCD με την γείωση στο breadboard.

Αυτή η συνδεσμολογία που περιγράψαμε πιο πάνω φαίνεται στο σχήμα 14 που ακολουθεί.



Σχήμα 14. Συνδεσμολογία Arduino Uno και LCD οθόνης

Τώρα στη θέση της μεταβλητής αντίστασης δηλαδή του ποτενσιόμετρου θα βάλουμε τον αισθητήρα eTape. Από την προηγούμενη συνδεσμολογία το μόνο που βγάζουμε από το breadboard είναι το ποτενσιόμετρο και βάζουμε τον αισθητήρα. Με άλλα λόγια τα καλώδια που είχαμε προηγουμένως στη ακίδα 2(πορτοκαλί καλώδιο) και 3(μαύρο καλώδιο) του ποτενσιόμετρου αντιστοιχίζονται με τις ακριβώς ίδιες ακίδες του αισθητήρα.



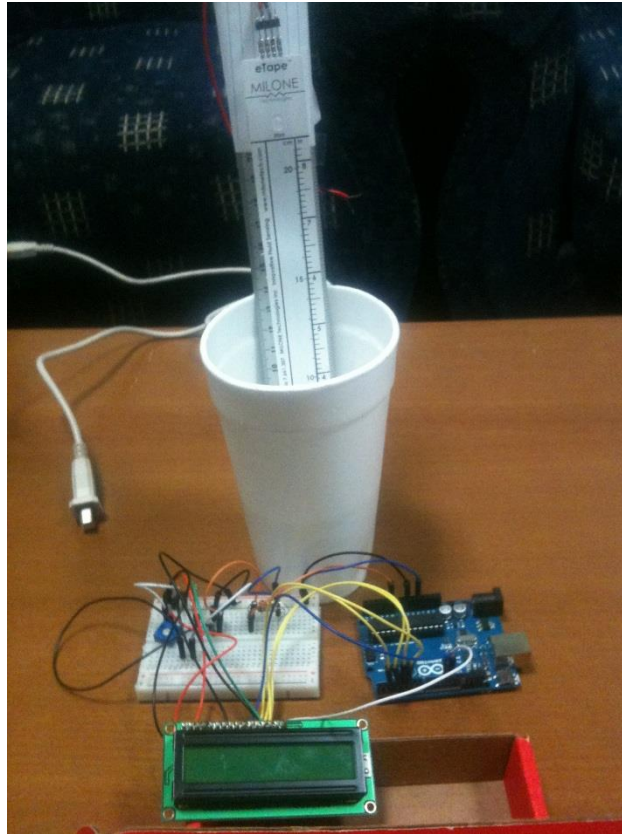
Σχήμα 15. Ακίδες ποτενσιόμετρου, ακίδες αισθητήρα και LCD οθόνης

Όμως το ποτενσιόμετρο δεν το βγάζουμε τελείως από το breadboard γιατί το χρειαζόμαστε για την ρύθμιση της φωτεινότητας της LCD οθόνης οπότε το τοποθετούμε πάνω στο breadboard λίγο πιο πέρα από εκεί που είναι ο αισθητήρας.

Σύμφωνα με το σχήμα 6 το οποίο είναι το κύκλωμα διαιρέτη τάσης συνδέουμε την ακίδα 2 του αισθητήρα με την γείωση και την ακίδα 3 με την άλλη άκρη της αντίστασης και στην είσοδο της LCD οθόνης. Οι ακίδες του αισθητήρα φαίνονται στο σχήμα 15.

Με άλλα λόγια εδώ παίρνουμε με καλώδιο την τρίτη ακίδα της LCD οθόνης και την συνδέουμε στην δεύτερη ακίδα(πορτοκαλί καλώδιο) του ποτενσιόμετρου και η τρίτη ακίδα(μαύρο καλώδιο) του ποτενσιόμετρου την συνδέουμε με ένα άλλο καλώδιο στην γείωση του breadboard. Οι ακίδες του ποτενσιόμετρου και της LCD οθόνης φαίνονται στο σχήμα 15.

Η διαδικασία που περιγράψαμε παραπάνω εμφανίζεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 16. Συνδεσμολογία LCD οθόνης, Arduino Uno και αισθητήρα

5.ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ

Αφού τελειώσαμε την πειραματική διαδικασία με τον διαιρέτη τάσης, στην πορεία κάνουμε το πειραματικό μέρος το οποίο είναι η μέτρηση υγρού σε ένα πλαστικό ποτήρι μισού λίτρου δηλαδή 500 ml(με διαστάσεις $\rho_1=2.65\text{cm}$, $\rho_2=4.25\text{cm}$ και $h=13.5\text{cm}$) με την χρήση του αισθητήρα Milone eTape.

Όπου για το πείραμα χρειαστήκαμε ένα ποτήρι πλαστικό των 500 ml, ένα δοχείο το οποίο θα μετράει με ακρίβεια το υγρό δηλαδή τα πόσα ml ρίχνουμε κάθε φορά, τον αισθητήρα ο οποίος είναι συνδεδεμένος με το κύκλωμα του διαιρετή τάσης που περιγράψαμε πιο πάνω και έναν χάρακα όπου τοποθετούμε πάνω του τον αισθητήρα ώστε να μπορεί να είναι σταθερός δηλαδή να είναι σε ευθεία και να μην κάμπτεται.

Στον αισθητήρα κολλάμε πίσω του μικρά κομματάκια από αυτοκόλλητη ταινία για να μπορέσει να κολλήσει πάνω στον χάρακα.

Δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε για την μέτρηση του υγρού πλαστικό ποτήρι, μπορούμε όμως να την κάνουμε σε οποιοδήποτε άλλο δοχείο. Εμείς όμως στο συγκεκριμένο πείραμα χρησιμοποιήσαμε ένα πλαστικό ποτήρι μισού λίτρου.

Στη συνέχεια τοποθετούμε τον αισθητήρα μέσα στο ποτήρι και αφού δώσουμε ρεύμα στον Arduino Uno μέσω της θύρας USB για να λειτουργήσει το κύκλωμα τότε αρχίζουμε την βαθμονόμηση.

Ξεκινάμε με το δοχείο το οποίο μετράμε με ακρίβεια το υγρό και για αρχή του στο περίπου 50 ml.

Μετά αυτά τα 50 ml τα βάζουμε στο ποτήρι που έχουμε βάλει τον αισθητήρα και από εκεί βλέπουμε στην LCD οθόνη την τιμή της αντίστασης για τα 50 ml που βάλουμε και επίσης τα ml που προσθέσαμε.

Έπειτα κάνουμε την ίδια δουλειά. Με άλλα λόγια θα βάζουμε στο δοχείο μέτρησης υγρού το οποίο μας δείχνει ακριβή μέτρηση κάθε φορά 50 ml και μετά αυτά τα ml θα τα ρίχνουμε στο ποτήρι το οποίο έχει τον αισθητήρα και από εκεί η LCD οθόνη θα μας δείχνει ανά 50 ml που προσθέτουμε κάθε φορά μέσα στο ποτήρι την τιμή της αντίστασης και τα ml που έχουμε προσθέσει.

Για παράδειγμα για 50 ml η LCD οθόνη θα μας εμφανίζει ότι όντως έχουμε βάλει 50 ml μέσα στο ποτήρι και ότι η αντίστοιχη τιμή της αντίστασης είναι στο περίπου 1783.

Κατόπιν για κάθε δοχείο θα πρέπει να κάνουμε νέα βαθμονόμηση όπως επίσης και για διαφορετικές πυκνότητες υγρών.

Από αυτήν την διαδικασία που περιγράψαμε, πήραμε τις παρακάτω μετρήσεις που φαίνονται στον πίνακα 2.

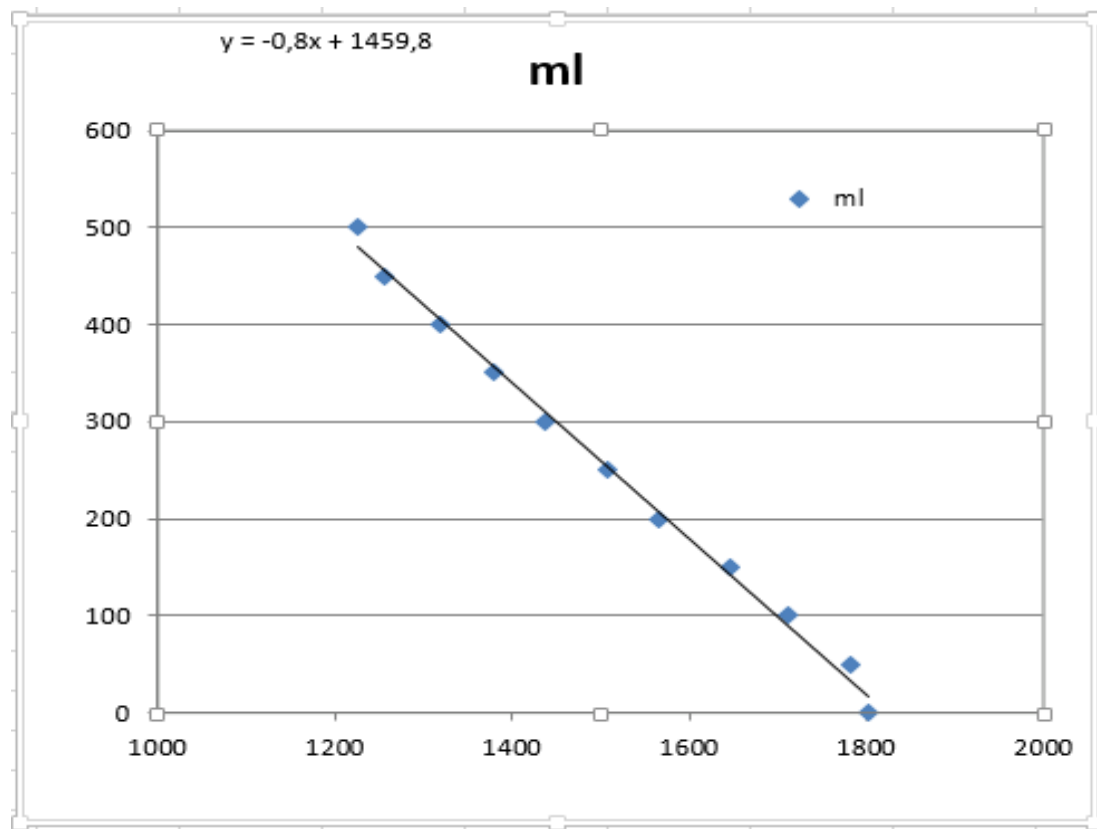
V(ml)	R(Ω)
0	1803
50	1783
100	1712

150	1646
200	1566
250	1508
300	1438
350	1380
400	1319
450	1255
500	1225

Πίνακας 2. Πειραματικές μετρήσεις Βαθμονόμησης

Σύμφωνα με αυτές τις τιμές που βγάλαμε από το πείραμα δηλαδή τις τιμές της αντίστασης με τις αντίστοιχες για τα ml βλέπουμε ότι όσο αυξάνουμε τα ml τόσο μειώνεται η τιμή της αντίστασης.

Από τον παραπάνω πίνακα βγάζουμε την παρακάτω γραφική παράσταση.



Σχήμα 17. Γραφική παράσταση των μετρήσεων Βαθμονόμησης

Από την γραφική παράσταση που βρίσκεται στο σχήμα 17 παρατηρούμε ότι οι τιμές της αντίστασης συμπίπτουν στο περίπου με τις τιμές των ml σύμφωνα με το πείραμα που υλοποιήσαμε και επίσης βγαίνει η εξίσωση $y = -0.8x + 1459.8$. Από την εξίσωση $y = -0.8x + 1459.8$ γνωρίζουμε ότι το y είναι τα ml, το x είναι η αντίσταση, ο αριθμός -0.8 είναι ml/ohm και ο αριθμός 1459.8 είναι ml. Παρακάτω στον κώδικα εξηγούμε για το πως βγαίνει η εξίσωση αυτή.

6.ΚΩΔΙΚΑΣ

Στον κώδικα καταρχάς γίνεται η δήλωση της βιβλιοθήκης για την LCD οθόνη και η δήλωση των ακροδεκτών της LCD.

Μετά έχουμε την void loop() η οποία είναι μια συνάρτηση που επαναλαμβάνεται συνεχώς και μέσα σε αυτήν την συνάρτηση δηλώνουμε τέσσερις μεταβλητές όπου οι δύο είναι οι αντιστάσεις R1 και R2, η μια είναι η τάση εισόδου(Vin) και η άλλη είναι η vol0 η οποία προέκυψε από την μετατροπή της αντίστασης σε ml ώστε να μπορεί να μας εμφανίζει τα ml στην LCD οθόνη μαζί με την τιμή της αντίστασης.

Αρχικοποιούμε την R1 στα 480Ω και την Vin στα 5V.

Υστερα διαβάζει την αναλογική είσοδο A0 την οποία αναθέτει στην ακέραια τιμή του αισθητήρα.

Στη συνέχεια μετατρέπουμε την αναλογική είσοδο σε τάση με την εξίσωση $V_{out} = \text{sensorValue} * (5.0 / 1023.0)$.

Αφού έχουμε βρει την τάση σε κάθε μέτρηση την μετατρέπουμε σε αντίσταση με βάση του τύπου $R2=R1*V_{out}/(V_{in}-V_{out})$.

Ο τύπος της αντίστασης προκύπτει από τον τύπο του διαιρέτη τάσης ο οποίος είναι $V_{out}=V_{in}*R2/(R1+R2)$.

Κατόπιν τυπώνει την τιμή της αντίστασης R2 στην πρώτη σειρά της LCD οθόνης.

Επειτα γνωρίζοντας την αντίσταση και με βάση το φυλλάδιο προδιαγραφών του αισθητήρα γίνεται η μετατροπή της αντίστασης σε ml με την εξίσωση $vol0=-0.8R2+1459,8$ η οποία είναι η εξίσωση της ευθείας και εμφανίζονται στην οθόνη τα ml που έχουμε βάλει καθώς και την αντίστοιχη τιμή της αντίστασης.

Τέλος για να βλέπουμε στην LCD οθόνη ότι τυπώνεται η λέξη ml γίνεται με την εντολή `lcd.print(" ml ")`.

Ακόμη τυπώνουμε στην σειριακή οθόνη την τάση εξόδου, την R2 και βάζουμε μια καθυστέρηση 1000ms.

Ο κώδικας που περιγράψαμε εμφανίζεται παρακάτω και είναι ο εξής:

```
#include <LiquidCrystal.h>

LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2);

void setup() {

  // initialize serial communication at 9600 bits per second:

  lcd.begin(16,2);

  Serial.begin(9600);

}
```



```

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // read the input on analog pin 0:
  float R1,R2,Vin, vol0;
  Vin=5.0;
  R1=480.0;

  int sensorValue = analogRead(A0);
  // Convert the analog reading (which goes from 0 - 1023) to a voltage (0 - 5V):
  float Vout = sensorValue * (5.0 / 1023.0);

  R2=R1*Vout/(Vin-Vout);    //Μετατροπή της τάσης σε αντίσταση
  // print out the value you read:
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(R2);            //Τύπωση της αντίστασης στην οθόνη LCD

  vol0=-0.8*R2+1459.8;      //Μετατροπή της αντίστασης σε ml
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(vol0);         // Τύπωση των ml στην οθόνη LCD
  lcd.print(" ml  ");

  Serial.println(Vout);
  Serial.println(R2);
  delay(1000);
}

```

7.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αφού ακολουθήσαμε την πειραματική διαδικασία με το διαιρέτη τάσης μετά χρησιμοποιήσαμε δοχείο μισού λίτρου σχήματος κωνοειδές(με διαστάσεις $\rho_1=2.65\text{cm}$, $\rho_2=4.25\text{cm}$ και $h=13.5\text{cm}$)όπου για να μετρήσουμε τον όγκο του υγρού τον υπολογίσαμε από τον τύπο $V=\pi/3*h(\rho_1^2+\rho_1\rho_2+\rho_2^2)$ και η βαθμονόμηση έγινε περίπου κάθε 50 ml.

Από τις μετρήσεις που πήραμε, υπολογίσαμε την εξίσωση $y=-0.8x+1459.8$.

Στη συνέχεια βρήκαμε την τάση σε κάθε μέτρηση και την μετατρέψαμε σε αντίσταση.

Αυτό έγινε με τον τύπο $R_2=R_1*V_{out}/(V_{in}-V_{out})$.

Επειδή όμως γνωρίζουμε την αντίσταση και με βάση το φυλλάδιο προδιαγραφών του αισθητήρα γίνεται η μετατροπή της αντίστασης σε όγκο δηλαδή ml.

Η μετατροπή αυτή γίνεται με την εξίσωση της ευθείας η οποία είναι η $v_{010}=-0.8*R_2+1459.8$ και είναι η χαρακτηριστική εξίσωση για την πειραματική διάταξη με συγκεκριμένο δοχείο και υγρό.

Εάν χρησιμοποιηθεί άλλο δοχείο θα πρέπει η διαδικασία του πειράματος να ξαναγίνει και να βαθμονομηθεί. Ομοίως και για υγρό διαφορετικής πυκνότητας

Επίσης από τις μετρήσεις που πήραμε βλέπουμε ότι όσο αυξάνουμε τα ml κάθε φορά δηλαδή προσθέτουμε 50 ml μέσα στο ποτήρι τόσο μειώνεται η τιμή της αντίστασης.

Τέλος ο αισθητήρας eTape μπορεί να εφαρμοστεί και να χρησιμοποιηθεί στην παρακολούθηση του ρυθμού εξάτμισης του υγρού, σε έργα υδατοκαλλιέργειας και σε βιομηχανικά συστήματα ελέγχου μείγματος υγρών^[8].

8.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Arduino. From LiquidCrystal: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/LiquidCrystal>

[2] Milone eTape Liquid Level Sensor. From Adafruit:
<http://www.adafruit.com/datasheets/eTapeApp.pdf>

[3]eTape Liquid Level Sensor Datasheet. From Solarbotics :
<https://solarbotics.com/download.php?file=1212>

[4]Αιγινήτης Νικόλαος Στυλιανός και Μαρινάκης Ιωάννης. LCD (Liquid Crystal Display) Τηλεόραση<<Project>>. ΤΕΙ Κρήτης / Παράρτημα Χανίων Τμήμα Ηλεκτρονικής: http://users.sch.gr/imarinakis/Lcd_project.doc

[5]Γκιρίνης Αθανάσιος. Κατασκευή και έλεγχος ενός δικτύου δεξαμενών<<Διπλωματική Εργασία>>. ΤΕΙ Σερρών, Τμήμα Πληροφορικής και Επικοινωνιών

[6]Τρίτο Μέρος: <http://lyk-falan.lar.sch.gr/digifest4/part3.pdf>

[7]8" eTape Liquid Level Sensor + extras. From Adafruit:
<https://www.adafruit.com/products/463>

[8]eTape Chemical Liquid Level Sensor, 12-inch. From Parallax:
<https://www.parallax.com/product/29137>