

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

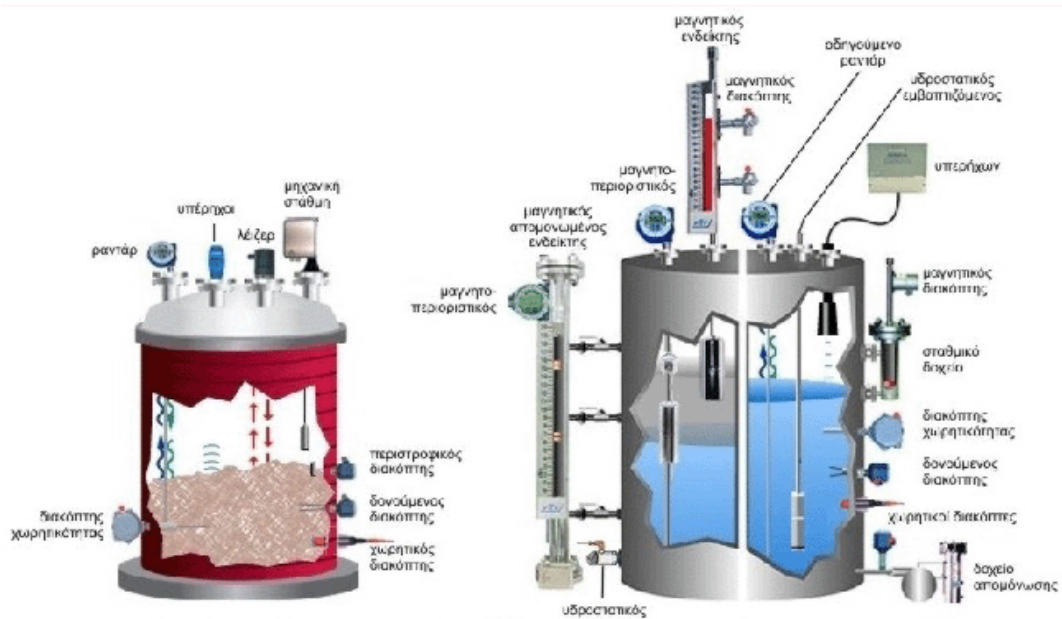
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ : ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΡΙΘΜΟΣ 1242

# ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΓΡΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ



ΓΕΡΟΝΙΚΟΛΑΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΑΜ:4796

ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΜ:5057

*Εισηγητές: Μπισδούνης Α. / Κατσαϊτης Α. / Γαλετάκης Μ.*

ΠΑΤΡΑ 2013

## Περίληψη:

Στην πτυχιακή μας εργασία θα ασχοληθούμε με την μελέτη - προγραμματισμό - κατασκευή ενός οργάνου το οποίο θα είναι σε θέση να παίρνει ένα σήμα από τον αισθητήρα και κάνοντας τις απαραίτητες διεργασίες, το σήμα αυτό να μετατρέπεται σε λίτρα και να εμφανίζεται σε μια οθόνη, έτσι ώστε να μπορεί ο χρήστης να παρακολουθεί από απόσταση τις μεταβολές στο εσωτερικό της δεξαμενής.

Η πλακέτα θα προγραμματιστεί με τρόπο ώστε να δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να επιλέξει:

1. Αν η δεξαμενή είναι κυλινδρική η ορθογωνική,
2. Να ορίσει τις τιμές μήκους – πλάτους της δεξαμενής,
3. Να εμφανίσει το αποτέλεσμα σε κυβικά μέτρα η λίτρα.

Σκοπός μας είναι να κατασκευάσουμε ένα όργανο απλό, εύχρηστο για κάθε πιθανό χρήστη στο μέλλον.

## Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> .....	1
1.1. Τι είναι αισθητήρας.....	1
1.2. Διαφοροποίηση αισθητήρων.....	2
1.3. Χρήση αισθητήρων στην καθημερινότητα.....	2
1.4. Εξέλιξη αισθητήρων.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> .....	7
2.1. Βασικές Αρχές.....	7
2.2. Συστήματα Αισθητήρων.....	8
2.2.1. Συστήματα Μέτρησης.....	8
2.2.2. Συστήματα Ελέγχου Ανοικτού Βρόγχου.....	9
2.2.3. Συστήματα Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> .....	13
3.1. Επαγωγικοί, Χωρητικοί, Μαγνητικοί αισθητήρες.....	13
3.1.1. Επαγωγικοί αισθητήρες.....	13
3.1.2. Χωρητικοί αισθητήρες.....	14
3.1.3. Μαγνητικοί αισθητήρες.....	15
3.2 Αισθητήρες Θερμοκρασίας.....	17
3.2.1. Αισθητήρες Θερμοκρασίας με επαφή.....	18
3.2.2. Αισθητήρες θερμοκρασίας χωρίς επαφή (υπερύθρων).....	19
3.3. Αισθητήρες ανίχνευσης αέριων.....	20
3.4. Αισθητήρες Laser.....	23
3.4.1. Φωτοκύτταρα.....	23
3.4.2. Αισθητήρες Laser υπερήχων.....	25
3.4.3. Αισθητήρες Laser θερμοδομετρικοί.....	26
3.5. Βιοχημικοί Αισθητήρες.....	27

3.5.1. Χημοαντιστάτες .....	27
3.5.2. Χημοχωρητικότητες .....	28
3.5.3. Χημοτρανζίστορες .....	28
3.6. Αισθητήρες Πίεσης .....	28
3.6.1. Ελαστικοί αισθητήρες πίεσης.....	30
3.6.2. Χωρητικοί αισθητήρες πίεσης.....	31
3.6.3. Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης .....	32
3.7. Αισθητήρες Στάθμης .....	33
3.7.1. Αισθητήρες στάθμης σημείων.....	33
3.7.2. Αισθητήρες συνεχούς στάθμης .....	35
3.8. Αισθητήρες υγρασίας .....	37
3.9. Παράδειγμα Αξιοποίησης Εφαρμογών .....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο .....	46
4.1. Τεχνικές Μέτρησης Στάθμης.....	46
4.1.1. Σημειακή μέτρηση στάθμης.....	47
4.1.2. Συνεχής μέτρηση στάθμης .....	49
4.2. Τύποι Μέτρησης Στάθμης.....	51
4.2.1. Δοχείο Παρατήρησης (Sight Glass) .....	52
4.2.2. Ράβδος Βυθομέτρησης (Dipstick).....	53
4.2.3. Μετρητές με Πλωτήρα (Float-Operated Gauges) .....	55
4.2.4. Βελόνες Χωρητικότητας (Capacitance Probes.....	56
4.2.5. Βελόνη Αγωγιμότητας (Conductance Probe).....	57
4.2.6. Μετρητής Στάθμης Υγρού με Υπέρηχους (Ultrasonic Level Indicator).....	58
4.2.7. Μετρητής Στάθμης Φυσαλίδων (Bubbler Level Gauge).....	59
4.2.8. Μετρητής Στάθμης με Αισθητήρα Πίεσης.....	60
4.2.9. Κυψελίδες Φόρτισης (Load Cells) .....	60
4.3. Αισθητήρας Στάθμης Υγρού με Υπερήχους .....	62

4.3.1. Εισαγωγή.....	62
4.3.2 Αισθητήρας Υπερήχων HC-SR04.....	63
4.3.2.1 Εισαγωγή.....	63
4.3.2.2 Διάταξη – Προδιαγραφές του Αισθητήριου.....	64
4.3.2.3 Προβλήματα Αναγνώρισης Αντικειμένων.....	65
4.3.2.4 Λειτουργία.....	66
Κεφάλαιο 5ο:.....	68
5.1 Arduino.....	68
5.1.1 Εισαγωγή.....	68
5.1.2 Πλατφόρμα.....	69
5.1.3 Λογισμικό.....	69
5.1.4 Πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλους μικροελεγχτές.....	70
5.1.5 Το υλικό του Arduino (Hardware).....	71
5.1.6 Χαρακτηριστικά.....	73
5.2 Arduino – Ethernet.....	75
Κεφάλαιο 6°.....	77
6.1 Γλώσσες Προγραμματισμού.....	77
6.1.1 Χαρακτηριστικά των Γλωσσών Προγραμματισμού.....	77
6.1.2 Κατηγοριοποίηση Γλωσσών Προγραμματισμού.....	77
6.2 Γλωσσά Προγραμματισμού C.....	79
6.2.1 Φιλοσοφία.....	80
6.2.2 C Πρότυπη Βιβλιοθήκη.....	80
6.3 Γλωσσά Προγραμματισμού C++.....	81
6.3.1 Φιλοσοφία.....	81
6.3.2 Τελεστές και Υπερφόρτωση Τελεστών.....	82
6.4 Wiring.....	82
6.5 Κώδικας Arduino - Ethernet.....	83

6.6 Διάγραμμα Ροής .....	98
6.7 Hyper Text Markup Language (HTML) .....	109
6.7.1 Ιστορική Αναδρομή.....	109
6.7.2 Πρώτες Προδιαγραφές .....	110
6.8 Κώδικας HTML.....	111
Κεφάλαιο 7° .....	133
7.1 Κατασκευή .....	133
7.2 Συνδεσμολογία .....	138
7.3 Περιγραφή Λειτουργίας .....	144
7.4 Μετρήσεις.....	146
7.5 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα Πειράματος.....	159
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	164
ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ.....	164
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	166
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Arduino-Atmega 328.....	166
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : Arduino-Ethernet –W5100 .....	172
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ : Εγχειρίδιο Ultrasonic Sensor HC-SR04.....	177

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## 1.1. Τι είναι αισθητήρας

Προτού ξεκινήσουμε την μελέτη του αισθητηρίου μας θα πρέπει να γνωρίζουμε τι είναι οι αισθητήρες. **Οι αισθητήρες μπορούν να είναι ξεχωριστές συσκευές ή περίπλοκες κατασκευές, αλλά όποια και να είναι η μορφή τους επιτελούν όλοι την ίδια βασική λειτουργία, που είναι η ανίχνευση ενός σήματος ή μιας διέγερσης και η παραγωγή μιας μετρήσιμης εξόδου.**

Οι φυσικές ποσότητες που συναντώνται συχνά είναι συνήθως, η θέση, η ταχύτητα, η επιτάχυνση, η ροή ενός ρευστού, η στάθμη ενός υγρού, η δύναμη, η πίεση, η προσέγγιση καθώς και η θερμοκρασία. Η χρήση βέβαια των αισθητήρων, δεν περιορίζεται στην μέτρηση των συγκεκριμένων βασικών – φυσικών ποσοτήτων. Ειδικοί αισθητήρες ακριβείας, μπορούν και μετρούν τις χημικές ποσότητες, τον ήχο, την πυρηνική ακτινοβολία και άλλα που ξεφεύγουν από έναν κοινό αισθητήρα και χρήζουν περαιτέρω διεργασίας.

Συμπερασματικά, ο αισθητήρας καθίσταται, ως το απαραίτητο όργανο ενός συστήματος μετρήσεων, καθώς η ακρίβεια και η επαναληψιμότητα, είναι αυτές που στοιχειοθετούν και την ποιότητα του συστήματος.



Εικόνα 1.1 : Αισθητήρες.

## **1.2. Διαφοροποίηση αισθητήρων**

Οι ειδικές ανάγκες της εκάστοτε βιομηχανίας και εφαρμογής για την οποία προτίθενται να χρησιμοποιηθούν, είναι οι παράγοντες που καθορίζουν την ανάγκη μέτρησης των φυσικών παραμέτρων που αναφέρθηκαν παραπάνω. (βλ. κεφ. 1.1)

Η σωστή επιλογή του αισθητήρα εξαρτάται από τη φύση των παραμέτρων που χρειάζεται να αναλυθούν, καθώς και από παράγοντες, όπως είναι το κόστος, η αξιοπιστία και η ποιότητα της πληροφορίας. Άλλοι παράγοντες μπορεί να περιλαμβάνουν, την καταλληλότητα της μορφής του αισθητήρα, ώστε να ταιριάζει με το συγκεκριμένο περιβάλλον χρήσης και την άμεση ανάγκη αξιοποίησης της εμπειροχόμενης πληροφορίας, μετά από κάποιο συγκεκριμένο χρόνο ή σε κάποια άλλη θέση. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα ενός αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασίας οικιακής χρήσης, με έναν που ενδείκνυται για βιομηχανική χρήση. Παρότι κάνουν την ίδια λειτουργία, θα έχουν διαφορετική μορφή και φυσικά ο τελευταίος θα είναι απροσπέλαστος, καθώς θα υπόκειται σε υψηλές πιέσεις, θερμοκρασίες και σε ένα εξαιρετικά διαβρωτικό περιβάλλον.

## **1.3. Χρήση αισθητήρων στην καθημερινότητα**

Οι αισθητήρες είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι πλέον με την καθημερινότητα του ανθρώπου. Αυτό συμβαίνει διότι, όπως αναφέραμε παραπάνω, οι αισθητήρες μπορούν να ανιχνεύουν διάφορες φυσικές παραμέτρους, τα αποτελέσματα των οποίων όταν αξιοποιηθούν σωστά καθίστανται πολύτιμα και μετατρέπουν αυτόματα τον αισθητήρα σε ένα αναγκαίο όργανο.

**Γενικά υπάρχουν δυο ξεχωριστές περιοχές όπου χρησιμοποιείται η τεχνολογία των αισθητήρων:**

**1) στη συλλογή πληροφορίας και**

**2) στον έλεγχο συστημάτων.**

Υπάρχουν οι ανιχνευτές που χρησιμοποιούνται για την συλλογή πληροφοριών, αυτοί παρέχουν δεδομένα με σκοπό την παρουσίαση τους, δηλαδή, να είναι διαρκώς γνωστή η τρέχουσα κατάσταση των παραμέτρων του εκάστοτε συστήματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο ανιχνευτής ταχύτητας, καθώς και το ταχύμετρο του αυτοκινήτου. Επίσης, μπορεί να περιέχουν μια εικόνα, μέσω της οποίας καταγράφουν και ενημερώνουν τον χρήστη για την εξέλιξη της παραμέτρου του συστήματος, όπως είναι ο ταχογράφος που χρησιμοποιείται στα φορτηγά, που πληροφορεί την χρονική εξέλιξη της ταχύτητας. Η διαφορά ανάμεσα στους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα ελέγχου και στους αισθητήρες, που χρησιμοποιούνται για την συλλογή πληροφορίας είναι συνήθως μηδενική, εντούτοις αυτό που διαφέρει είναι ο τρόπος αξιοποίησης της πληροφορίας. Σε ένα σύστημα ελέγχου, ο ελεγκτής τροφοδοτείται από το σήμα που εκπέμπει ο αισθητήρας και με τη σειρά του, αφού έχει τροφοδοτηθεί, παράγει μια έξοδο που ρυθμίζει την τιμή της μετρούμενης παραμέτρου.



## 1.4. Εξέλιξη αισθητήρων

Κατά κύριο λόγο η ιστορική αναδρομή του αισθητήρα, μπορούμε να πούμε, ότι προέρχεται από τον ίδιο τον άνθρωπο δηλαδή, το μάτι, το αυτί είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα. Το μάτι ανιχνεύει τμήμα του φάσματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ενώ το αυτί κύματα πίεσης δηλαδή τον ήχο. Στη συνέχεια ο άνθρωπος συνειδητοποιεί ότι χρειάζεται όργανα μέτρησης για να λύσει καθημερινά προβλήματα, όπως την μέτρηση μήκους, την μέτρηση βάρους ή όγκου κ.α. Οι πρώτοι αισθητήρες και όργανα μέτρησης είναι μηχανικά. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το πρώτο θερμομέτρο εμφανίστηκε το 1585 ενώ το πρώτο βαρόμετρο το 1643. Η αρχή λειτουργίας του θερμομέτρου βασίζεται στην μεταβολή των διαστάσεων των σωμάτων με την θερμοκρασία. Αντίστοιχα η αρχή λειτουργίας του βαρομέτρου βασίζεται στην μεταβολή της στάθμης ενός ρευστού, ανάλογα με την ασκούμενη σε αυτό πίεση.<sup>1</sup>



Εικόνα 1.2 : Θερμόμετρο.

---

<sup>1</sup> Αθανάσιος Α. Αργυρίου (2004) Αισθητήρες Ημιαγωγών, Αισθητήρες Θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες.



**Εικόνα 1.3 : Βαρόμετρο.**

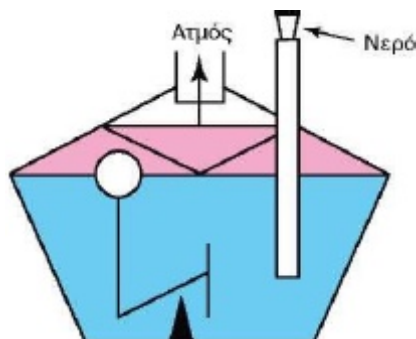
Ημερομηνία ορόσημο αποτελεί το 1765, όπου ο ρώσος μηχανικός Ιβάν Πουλζούνωφ, επινόησε το σύστημα της ρύθμισης του νερού με τη χρήση ατμολέβητα. Καθώς το νερό θερμαινόταν, μετατρέποταν σε ατμό, με αποτέλεσμα να κατεβαίνει η στάθμη του νερού. Η εισροή της απαιτούμενης ποσότητας νερού στον λέβητα, εξασφαλιζόταν από τον πλωτήρα, ο οποίος κατεβαίνοντας υποχρέωνε το πώμα (μέσω μοχλών) να απομακρυνθεί από την θέση έμφραξης του στομίου του σωλήνα παροχής νερού.<sup>2</sup>

Ένα καινούριο σύστημα αναπτύσσεται γύρω στα 1990, με το οποίο οι ερευνητές εργαστηρίων της AT&T στο πανεπιστήμιο του Cambridge, μπορούσαν να εντοπίσουν τα μέλη του προσωπικού μέσα σε ένα κτίριο ή ένα σύμπλεγμα κτηρίων. Αυτό συντελούνταν μέσω ενός μικροεπεξεργαστή, ο οποίος τοποθετούνταν στην κάρτα η στην καρφίτσα που έφερε κάθε μέλος του προσωπικού. Επεξεργαστής ήταν προγραμματισμένος να εκπέμπει περιοδικά έναν κώδικα 48 bits, ο οποίος μεταδιδόταν ως υπέρυθρο σήμα σε αισθητήρες που ήταν τοποθετημένοι μέσα στο κτήριο. Κάθε αισθητήρας ήταν τοποθετημένος με τέτοιο τρόπο που να μπορεί να ταχτοποιεί την τοποθεσία της κάρτας, άρα και αυτόν που την φόραγε, με βάση πάντα το σήμα που εξέπεμπε αυτή. Η πληροφορία αυτή, στελνόταν από τους αισθητήρες, σε ένα διακομιστή που διατηρούσε μια βάση δεδομένων, με τους ανθρώπους που φορούσαν την κάρτα, αλλά και τις τοποθεσίες τους. Στο Cambridge, υπάρχει ένας διακομιστής δικτύου, στον οποίο έχουν πρόσβαση μέλη του προσωπικού και εξωτερικοί χρήστες, επιτρέποντας έτσι την προβολή της τοποθεσίας κάθε ανθρώπου με κάρτα.

Τέτοια συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια ποικιλία από περιβάλλοντα. Σημαντικότερη εφαρμογή τέτοιου συστήματος, είναι τα νοσοκομεία. Όταν κάποιο μέλος του ιατρικού προσωπικού απαιτείται για κάποιο έκτακτο περιστατικό, καλείται στο βομβητή του. Οι ενεργές κάρτες δίνουν στο νοσοκομείο, τη δυνατότητα, ανάλογα

<sup>2</sup> [http://www.scribd.com/doc/Αυτόματος\\_ρυθμιστής\\_στάθμης\\_νερού\\_σε\\_ατμολέβητα](http://www.scribd.com/doc/Αυτόματος_ρυθμιστής_στάθμης_νερού_σε_ατμολέβητα)

με το περιστατικό, να καλέσει αυτόν που βρίσκεται πιο κοντά, ώστε να παρέχει βοήθεια.<sup>3</sup>



Εικόνα 1.4 : Αυτόματος ρυθμιστής στάθμης νερού σε ατμολέβητα.

Στην πορεία παρατηρεί κανείς, ότι με την συστηματική μελέτη του ηλεκτρισμού αναπτύχθηκαν νέοι αισθητήρες (ηλεκτρικοί), όπου η έξοδος ήταν ένα αναλογικό σήμα. Η δημιουργία αισθητήρων ημιαγωγών αλλά και ψηφιακών οργάνων μέτρησης, είναι αποτελέσματα της ανάπτυξης ημιαγωγών.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας, οι περίπλοκες συσκευές που βρίσκονται σήμερα στους χώρους εργασίας, στα σπίτια και σε άλλα περιβάλλοντα, περιλαμβάνουν πληροφορίες οι οποίες αποτελούσαν επιστημονικές εφευρέσεις. Η εξέλιξη των υπολογιστών και των μικροεπεξεργαστών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως ευέλικτοι, ειδικευμένοι, περίπλοκοι, αν και ελεγκτές χαμηλού κόστους, είναι υπεύθυνοι για την ύπαρξη και την διαθεσιμότητα αυτού του εξοπλισμού. Εντούτοις, η λειτουργία τέτοιων συστημάτων θα ήταν πολύ φτωχή και πιθανόν αδύνατη, εάν τα προγράμματα υπολογιστών που λαμβάνουν αποφάσεις, δεν τροφοδοτούνται από την κατάλληλη, σύγχρονη και υψηλού επιπέδου πληροφορία για την κατάσταση του εξωτερικού συστήματος. Όταν μια πληροφορία συλλέγεται από τους αισθητήρες, ρυθμίζεται να έχει μια κατάλληλη μορφή, ώστε στην συνέχεια να παρέχεται στο σύστημα του υπολογιστή, από εκεί να αξιοποιείται σωστά, με σκοπό να δημιουργήσει μια κατάλληλη απόκριση.

Όλα τα στοιχεία μιας διάταξης αισθητήρα, θα πρέπει να παρέχουν τα απαιτούμενο επίπεδο απόδοσης, το οποίο πρέπει να ταιριάζει με την ποιότητα που απαιτείται από την εκάστοτε εφαρμογή. Όλη η διαδικασία μπορεί να υποβαθμιστεί εάν κάποιο στοιχείο του αισθητήρα είναι κατώτερο των προδιαγραφών που απαιτούνται. Συχνά η ύπαρξη τους θεωρείται δεδομένη, καθώς οι αισθητήρες έχουν καταστεί τόσο συγκεκριμένοι στην σύγχρονη κοινωνία. Αυτό δημιουργεί την απαίτηση οι τεχνικοί, αλλά και οι μηχανικοί να έχουν μια σωστή, πρακτική γνώση για αυτούς, ώστε να είναι σε θέση να επιλέξουν την κατάλληλη συσκευή από ένα κατάλογο με αναλυτικές

<sup>3</sup> Άρθρο με θέμα «Καταναεμημένες Εφαρμογές και Ηλεκτρονικό Εμπόριο», [Ενεργές κάρτες αναγνώρισης](#)

προδιαγραφές ή να κατασκευάζουν και να βαθμονομούν τους αισθητήρες που υπάρχουν σε κάποιο τμήμα εξοπλισμού που λειτουργεί.

Για την καλύτερη κατανόηση της ραγδαίας εξέλιξης στον τομέα των αισθητήρων, θα πρέπει κανείς να θυμηθεί ότι τα αυτοκίνητα παράγωγης της δεκαετίας του 60' και του 70', περιλαμβάνουν δυο (2) απλούς ηλεκτρονικούς αισθητήρες. Ο ένας ήταν υπεύθυνος για την μέτρηση της θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού και ο δεύτερος για την μέτρηση του καυσίμου. Αντιθέτως, τα σύγχρονα αυτοκίνητα διαθέτουν πολλαπλάσιους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την:

- Μέτρηση πίεσης ελαστικών ,
- Μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα εισαγωγής,
- Ανίχνευση βροχής,
- Μέτρηση φωτεινότητας του περιβάλλοντος,
- Ανάγκη ενεργοποίησης των ζωνών ασφαλείας και των αερόσακων,
- Ανάγκη ενεργοποίησης του συστήματος αντί -μπλοκαρίσματος των τροχών και πληθώρα άλλων αναγκών

Η ανάγκη αντιμετώπισης των προβλημάτων της σύγχρονης έρευνας στις θετικές επιστήμες αλλά και η εξέλιξη της τεχνολογίας, αποτελούν σημαντική ώθηση στην εξέλιξη των αισθητήρων. Τέτοιοι αισθητήρες χρησιμοποιούνται στην διαστημική τεχνολογία και στην φυσική των σωματιδίων.

Τέλος, από την έρευνα της νανοτεχνολογίας και της βιοτεχνολογίας, αναμένεται ότι θα προκύψουν μελλοντικοί, πιο εξελιγμένοι αισθητήρες.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Αθανάσιος Α. Αργυρίου, 2004, *Αισθητήρες Ημιαγωγών , Αισθητήρες θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες*, Πάτρα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### 2.1. Βασικές Αρχές

**Οι αισθητήρες και τα συστήματα αισθητήρων μπορεί να είναι μηχανικά, ηλεκτρικά ή και τα δύο μαζί.** Η χρήση τους είναι γενικευμένη, οικιακή, στρατιωτική, δημόσια, ακόμα και βιομηχανική. Ο έλεγχος των διαστάσεων ενός αντικειμένου σε μια γραμμή παραγωγής, ο έλεγχος ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής ο έλεγχος στάθμης του νερού στο οικιακό πλυντήριο και η απεικόνιση της ταχύτητας ενός αυτοκίνητου είναι μερικές από τις εργασίες που μπορούν να επιτελέσουν. Είναι πολύ σημαντικό να οριστεί το τι είναι ένας αισθητήρας και να εισαχθεί η ακριβής σημασία της σχετικής ορολογίας, καθώς η φύση και οι εφαρμογές των αισθητήρων καλύπτουν ένα ευρύ πεδίο.

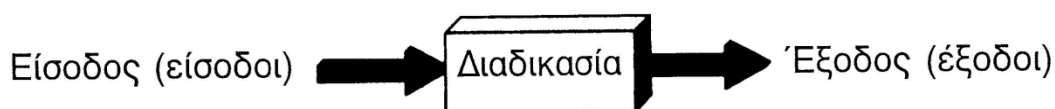
**Γενικά, ένας αισθητήρας, όπως προείπαμε, είναι μια συσκευή που ανιχνεύει ένα σήμα ή μια διέγερση και παράγει από αυτό μια μετρήσιμη έξοδο.** Αυτή η έξοδος, παράγεται από το θερμίστορ και τον ανιχνευτή μηχανικής τάσης και είναι ουσιαστικά, η αλλαγή κάποιας ηλεκτρικής αντίστασης. Υπάρχουν πολλοί αισθητήρες που παράγουν ηλεκτρικές εξόδους, όμως δεν σχετίζονται με την φυσική ποσότητα που μετριέται μέσω μιας τιμής, της αντίστασης, αλλά μέσω κάποιας τάσης, ρεύματος, ή συχνότητας. Χαρακτηριστικό, είναι το παράδειγμα με το ελατήριο, το οποίο παράγει μια αλλαγή στη θέση και έτσι η βελόνα μπορεί να μετατοπίζεται κατά μήκος μια κλίμακας, ανάλογα βεβαίως, με το βάρος που έχει αναρτηθεί στο ελατήριο. Με τον σωλήνα Venturi, μετράται η διαφορά ανάμεσα σε δυο (2) πιέσεις και κατά αυτό τον τρόπο προσδιορίζεται η ροή κάποιου υγρού.

Συμπερασματικά, καταλήγει κάποιος πως, οι έξοδοι των αισθητήρων έχουν πολλές και διαφορετικές μορφές. Για να παρουσιαστούν από το σύστημα, οι έξοδοι πρέπει να έχουν και την κατάλληλη μορφή.

**Η διάφορα του όρου αισθητήρας και μετατροπέας συχνά βρίσκεται σε σύγχυση. Μετατροπέας είναι οποιαδήποτε συσκευή μετασχηματίζει μια μορφή ενέργειας σε άλλη ενώ ένας αισθητήρας είναι συνήθως μετατροπέας αλλά όχι το αντίθετο.** Για παράδειγμα ένας οικιακός λαμπτήρας πυρακτώσεως, είναι ένας μετατροπέας (ηλεκτρική ενέργεια → φωτεινή ενέργεια + θερμότητα). Αν όμως ένα τέτοιος λαμπτήρας χρησιμοποιηθεί σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα για να δείχνει πότε κάποιο τμήμα του κυκλώματος διαρρέεται από ρεύμα και πότε όχι, τότε θα μπορούσε να ονομαστεί αισθητήρας.

## 2.2. Συστήματα Αισθητήρων

Βασικό σύστημα αισθητήρα, θα θεωρηθεί, σε αυτή την περίπτωση, κάτι που παράγει μια ποσοτική έξοδο, από μια είσοδο διαφορετικής μορφής, με τη βοήθεια κάποιας διαδικασίας. Αυτό γίνεται γιατί υπάρχουν πολλές μορφές και ορισμοί συστημάτων.



Σχήμα 1 : Βασικό Σύστημα.

Γενικά μπορούμε να κατατάξουμε τις εφαρμογές των αισθητήρων σε τρεις κατηγορίες:

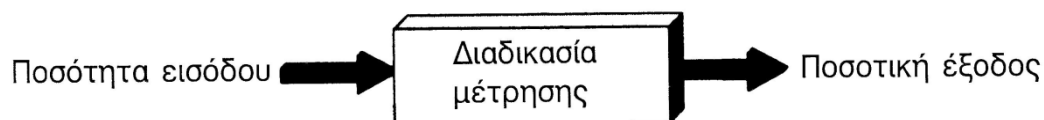
A) συστήματα μέτρησης

B) συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόγχου

Γ) συστήματα ελέγχου κλειστού βρόγχου.

### 2.2.1. Συστήματα Μέτρησης

Ένα σύστημα μέτρησης εμφανίζει ή καταγράφει μια ποσοτική έξοδο που αντιστοιχεί στη μεταβλητή που μετρά, η οποία αποτελεί την ποσότητα εισόδου. Τα συστήματα μέτρησης, εμφανίζουν την τιμή της ποσότητας εισόδου, με έναν τρόπο που είναι κατανοητός από το χρήστη, δεν αντιδρούν με αυτή. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα, ενός τέτοιου συστήματος μέτρησης, είναι το θερμόμετρο υδραργύρου. Η είσοδος, είναι η θερμότητα (που για παράδειγμα, μεταφέρεται στον αέρα) και η ποσοτική έξοδος, είναι η αναγραφόμενη, σε βαθμούς κελσίου, θερμοκρασία πάνω στο θερμόμετρο. Το θερμόμετρο, επειδή δεν ελέγχει την εξωτερική θερμοκρασία –με κανέναν τρόπο , αποτελεί ένα απλό σύστημα μέτρησης. Στο παρακάτω διάγραμμα ροής φαίνονται οι διαδικασίες ενός απλού συστήματος μέτρησης.

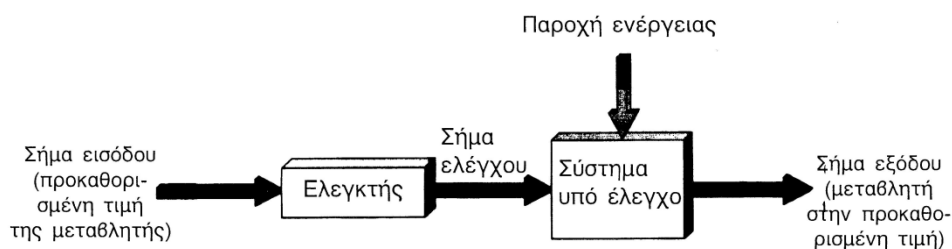


Σχήμα 2 : Σύστημα Μέτρησης.

Στο παραπάνω σχήμα, παρατηρεί κανείς, πως μέσα στον αισθητήρα, εισάγεται μια φυσική ποσότητα, η οποία μετριέται και στην συνέχεια μετατρέπεται σε ένα σήμα. Αυτό το σήμα, που εμφανίζεται, θα είναι πάντα, σε τέτοια μορφή, η οποία θα γίνεται κατανοητή από τον εκάστοτε χρήστη. Το σήμα που δημιουργεί ο αισθητήρας, τροποποιείται από την μονάδα ρύθμισης του σήματος και παράγει ένα σήμα, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την μονάδα εμφάνισης και καταγραφής. Εάν αυτό, παραδείγματος χάριν, είναι μια ηλεκτρική τάση, τότε θα πρέπει, ίσως να ενισχυθεί. Εάν πάλι αυτό, είναι μια μηχανική κίνηση, θα πρέπει πιθανότατα να μετατραπεί σε μια διαφορετική κίνηση. Μπορεί ακόμα, να είναι μια σειρά από παλμούς φωτός, η οποία μετατρέπεται μια σειρά ηλεκτρικών παλμών. Όταν έχει τελειώσει η τροποποίηση, στον χρήστη εμφανίζεται ένα σήμα. Αυτό το σήμα ο χρήστης είναι σε θέση να το αποθηκεύσει σε μια μονάδα καταγραφής, για μεταγενέστερη χρήση. Υπάρχουν πολλά είδη μονάδων καταγραφής, που μπορούν να αποθηκεύσουν την ποσότητα η οποία μετριέται, αλλά υπάρχουν και πολλές μέθοδοι που εμφανίζουν αυτή την ποσότητα. Για παράδειγμα, αυτή η ποσότητα, μπορεί να εμφανιστεί με τη μορφή μιας αριθμητικής εξόδου, η με την μετακίνηση μιας βελόνας σε μια κλίμακα, η ακόμα με την εντύπωση σε ειδικό χαρτί, η σε γραφική παράσταση.

### 2.2.2. Συστήματα Ελέγχου Ανοικτού Βρόγχου

**Τα συστήματα ανοικτού και κλειστού βρόγχου έχουν σκοπό τη διατήρηση μιας μεταβλητής σε κάποια προκαθορισμένη τιμή. Τα συστήματα ελέγχου, περιλαμβάνουν συστήματα μέτρησης. Η αντίθεση ανάμεσα σε ένα σύστημα μέτρησης και ένα σύστημα έλεγχου, είναι ότι στο δεύτερο, η έξοδος ρυθμίζει κάποια παράμετρο, η τιμή της οποίας μπορεί να μην εμφανίζεται αναγκαστικά στο χρήστη.**



**Σχήμα 3 : Σύστημα Ελέγχου Ανοικτού Βρόγχου.**

Στο παραπάνω σχήμα, απεικονίζεται, το διάγραμμα ροής ενός συστήματος ανοικτού βρόγχου. Βασικό στοιχείο, ενός τέτοιου συστήματος, είναι το γεγονός, ότι αυτό ελέγχεται από ένα σήμα, το οποίο πάντοτε έχει μια προκαθορισμένη τιμή. Αυτή η προκαθορισμένη τιμή, θεωρεί ότι, ο απαιτούμενος έλεγχος μπορεί να πραγματοποιείται, χωρίς να μετριέται η επίδραση της εξόδου του συστήματος, στην παράμετρο που πρέπει να ελέγχεται. Ακόμα και αν οι άλλοι παράγοντες αλλάξουν και καταστήσουν την έξοδο του συστήματος ανακριβή, η προκαθορισμένη τιμή, δεν πρόκειται να αλλάξει.

Για παράδειγμα, ως σύστημα ανοιχτού βρόγχου, θεωρείται αυτό το οποίο ανάβει και σβήνει τους λαμπτήρες ενός δημοτικού φωτισμού σε ένα δρόμο. Ο απαιτούμενος έλεγχος είναι ο εξής:

- Όταν πέφτει το σκοτάδι να ανάβουν τα φωτά και
- Όταν ξημερώνει να σβήνουν.

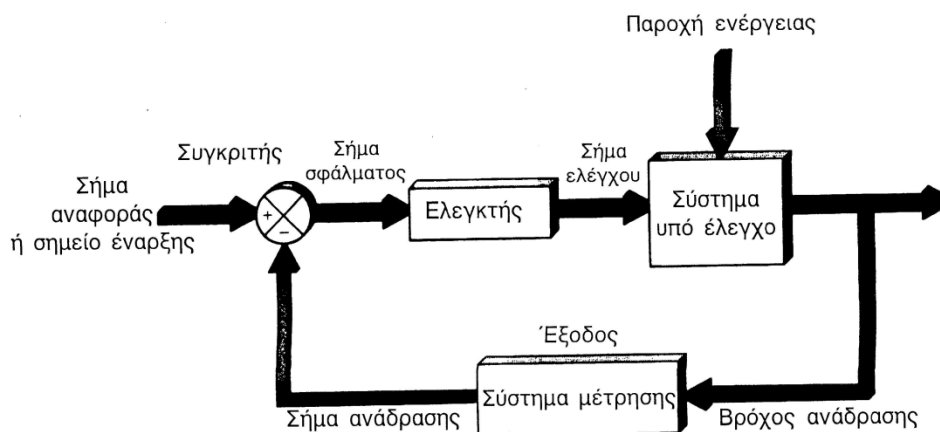
Με τη βοήθεια ενός συστήματος χρονομέτρησης, το σήμα έλεγχου μπορεί να προγραμματιστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να ανάβουν και να σβήνουν τα φωτά σε συγκεκριμένες ώρες την ημέρα, οποιαδήποτε ημέρα. Το σύστημα αυτό, είναι πιθανόν να εργάζεται ικανοποιητικά για αρκετές εβδομάδες. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιοι προβληματισμοί, καθώς από εποχή σε εποχή οι ώρες ανατολής και δύσης του ηλίου αλλάζουν. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα, ο φωτισμός να ανάβει είτε πολύ νωρίς, είτε πολύ αργά, καθιστώντας το προκαθορισμένο σήμα ανακριβές. Το γεγονός ότι οι λάμπες από μόνες τους δεν αντιλαμβάνονται εάν επικρατεί φως ή σκότος, βοηθά να κατανοηθεί ότι δεν υπάρχει καμία είσοδος, η οποία, να είναι σε θέση να ανιχνεύει το τι συμβαίνει πραγματικά στην παράμετρο που επηρεάζει το σύστημα. Γι αυτά τα συστήματα, απαραίτητη είναι η ύπαρξη ενός εξωτερικού παρατηρητή, ο οποίος, επεμβαίνει και ρυθμίζει κατάλληλα τον χρονομετρητή, ώστε αυτός να αναβοσβήνει τα φωτά ανάλογα. Καθώς οι ώρες δύσης και ανατολής του ηλίου αλλάζουν, ανάλογα με την εποχή, θα πρέπει να μεταβάλλονται οι προκαθορισμένες χρονικές στιγμές. Επομένως, για την καλύτερη λειτουργία του συστήματος και για την αποφυγή ελάττωσης της καλύτερης απόδοσης του, απαιτείται η συχνή επέμβαση του εξωτερικού παρατηρητή. Επιπρόσθετα, πρέπει να γνωστοποιηθεί, ότι οποιαδήποτε απρόβλεπτη ή απροσδόκητη συμπεριφορά, δεν θα γίνει αντιληπτή και δεν θα ληφθεί υπόψιν από το σύστημα. Δηλαδή, μια συννεφιασμένη μέρα, με χαμηλή ορατότητα, το σύστημα θα έπρεπε να είναι σε θέση να ανάβει τα φωτά νωρίτερα – για καλύτερη ορατότητα – από την προκαθορισμένη τιμή.

**Τα συστήματα ελέγχου** ανοιχτού βρόγχου είναι γενικά, απλά στη σχεδίαση και οικονομικά στην κατασκευή. Εντούτοις, μπορούν να **είναι μη αποδοτικά και να απαιτούν συχνή παρέμβαση του χειριστή**. Οι προκαθορισμένες τιμές, αποδεικνύονται συχνά ανεπαρκείς και θα πρέπει να ρυθμίζονται εκ νέου, καθώς η παράμετρος που ελέγχουν, κατά κάποιο τρόπο αλλάζει, κάτω από διαφορετικές συνθήκες ( το ερέθισμα, την εκάστοτε φορά, μπορεί να είναι διαφορετικό). Η προκαθορισμένη τιμή, για να έχει κάθε φορά την απαιτούμενη και ενδεδειγμένη τιμή, θα πρέπει να έχει ένα υψηλό επίπεδο ικανότητας και κρίσης. Τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου, μπορεί να κριθούν ανεπαρκή, στις περιπτώσεις όπου οι συνέπειες, από τον μη σωστό έλεγχο της παραμέτρου, είναι σημαντικές. Παραδείγματος χάριν, η στάθμη ενός τοξικού υγρού σε μια δεξαμενή.



### 2.2.3. Συστήματα Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου

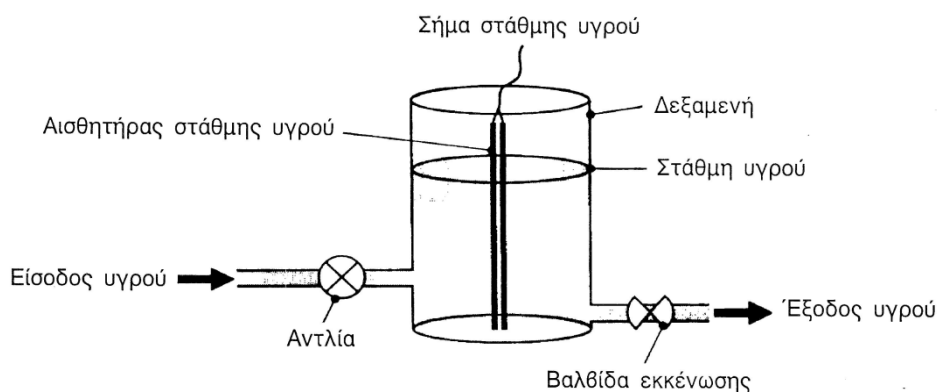
Σε ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόγχου η κατάσταση της εξόδου επηρεάζει άμεσα την κατάσταση της εισόδου. Ένα τέτοιο σύστημα είναι υπεύθυνο για την μέτρηση της τιμής, της ελεγχόμενης παραμέτρου στην έξοδο του συστήματος και για την σύγκριση με την επιθυμητή τιμή (αρνητική ανατροφοδότηση).



Σχήμα 4 : Σύστημα Ελέγχου Κλειστού Βρόγχου.

Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα ροής του συστήματος κλειστού βρόγχου, η επιθυμητή τιμή, ονομάζεται σήμα αναφοράς (reference signal) ή σημείο έναρξης (set point). Η τιμή αυτή, στην συνέχεια συγκρίνεται με το σήμα από την συσκευή μέτρησης, που είναι γνωστή ως σήμα ανάδρασης (feedback signal). Το σήμα σφάλματος (error signal) είναι η διαφορά ανάμεσα στο σήμα ανάδρασης και στο σήμα αναφοράς. Στην συνέχεια αυτό τροποποιείται, έτσι ώστε να ρυθμίζεται η καλύτερη απόδοση του συστήματος. Για παράδειγμα, εάν το σήμα σφάλματος, είναι ηλεκτρικό σήμα, τότε μπορεί να χρειάζεται ενίσχυση. Όταν τροποποιείται το σήμα σφάλματος, αυτόματα μετονομάζεται σε σήμα έλεγχου (control signal). Στην συνέχεια, το σήμα έλεγχου είναι αυτό που ρυθμίζει την έξοδο του συστήματος, έτσι ώστε το σήμα ανάδρασης να πλησιάζει την τιμή του σήματος αναφοράς. Τότε το σήμα σφάλματος θα μειωθεί στο μηδέν και με αυτόν τον τρόπο θα επιτευχθεί και η επιθυμητή τιμή. Στο παράδειγμα με την δεξαμενή με το τοξικό υγρό, που αναφέρθηκε παραπάνω, θα πρέπει να αναφερθεί πως η δεξαμενή γεμίζει υγρό, με την βοήθεια μιας αντλίας. Όταν το υγρό της αντλίας, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί για μια περαιτέρω επεξεργασία, τότε αυτόματα ενεργοποιείται ένα άλλο σύστημα, με την βοήθεια του οποίου ανοίγει μια βαλβίδα εκκένωσης και λαμβάνει την απαιτούμενη ποσότητα του υγρού. Με αυτόν τον τρόπο ελαττώνεται η στάθμη του υγρού της δεξαμενής. Ένα σύστημα ανοικτού βρόγχου, δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται, καθώς οι συνέπειες που θα προκύψουν θα είναι σοβαρές, σε περίπτωση που η τιμή που έχει προκαθοριστεί, αποδειχτεί εσφαλμένη. Σε αυτή την περίπτωση, η δεξαμενή μπορεί να υπερχειλίσει και το τοξικό υγρό να πλημμυρίσει τους γύρω χώρους ή ακόμα μπορεί και να αδειάσει ολοκληρωτικά, εμποδίζοντας έτσι την συνέχεια της επόμενης

διαδικασίας. Για την βέλτιστη λειτουργία και αξιοπιστία του εκάστοτε εργοστασίου, η δεξαμενή θα πρέπει να είναι συνεχώς γεμάτη στο μέγιστο επίπεδο. Άρα, απαραίτητη προϋπόθεση, είναι η χρήση ενός αισθητήρα ο οποίος θα ανιχνεύει κάθε στιγμή την στάθμη του υγρού της δεξαμενής και στη συνέχεια θα παράγεται μια ηλεκτρική έξοδος.



Σχήμα 5 : Έλεγχος Στάθμης Δεξαμενής.

Το άνωθεν σχήμα απεικονίζει το διάγραμμα ροής συστήματος ελέγχου κλειστού βρόγχου που ταιριάζει στην διαδικασία με την δεξαμενή που αναφέρθηκε και παραπάνω. Η έξοδος από τον αισθητήρα στάθμης υγρού, το σήμα ανάδρασης, θα πρέπει να συγκριθεί με το σήμα που αντιπροσωπεύει την ιδανική στάθμη του υγρού (ορίζεται από τον χρήστη). Κατ'αυτόν τον τρόπο, παράγεται το σήμα σφάλματος. Όταν το σήμα σφάλματος, ενισχύεται από τον ελεγκτή τότε, γίνεται σήμα ελέγχου. Στην συνέχεια, το σήμα ελέγχου οδηγεί τον κινητήρα της αντλίας και έτσι καθορίζεται ο ρυθμός ροής του υγρού, από την αντλία προς την δεξαμενή. Με αυτό τον τρόπο, προκαλείται και η πλήρωση της δεξαμενής. Όταν το σήμα σφάλματος είναι μηδέν (0), το σήμα ελέγχου γίνεται επίσης μηδενικό, τότε η στάθμη του νερού, πρέπει να είναι η ιδανική στάθμη και η αντλία σταματά. Με αυτόν τον τρόπο, η πληροφορία που περιέχεται στο ηλεκτρικό σήμα, που σχετίζεται με την στάθμη του υγρού, είτε αυτή είναι σταθερή, είτε είναι μεταβλητή, ελέγχει τη ροή που παρέχει η αντλία και διατηρεί τη στάθμη του υγρού σταθερή, ανεξάρτητα από τις πιθανόν μεταβλητές συνθήκες εκκένωσης.

**Τα συστήματα ελέγχου κλειστού βρόγχου ρυθμίζονται από μόνα τους και επομένως είναι πολύ λιγότερο επιρρεπή σε σφάλματα σε σχέση με τα συστήματα έλεγχου ανοικτού βρόγχου. Είναι γενικά πιο αποδοτικά και απαιτούν λιγότερη εξωτερική παρέμβαση από κάποιον χειριστή.** Εντούτοις, το κόστος εγκατάστασης μπορεί να είναι υψηλό και είναι συνήθως πολύπλοκα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή δημιουργία και εισαγωγή στη ζωή μας νέων εφαρμογών, μερικές από τις οποίες αποδεικνύονται περισσότερο από χρήσιμες. Παρακάτω θα αναλύσουμε μερικούς αισθητήρες και το πώς έχουν μπει στην ζωή μας, σε σημείο που να θεωρούνται απαραίτητοι.

Η ταξινόμηση των αισθητήρων γίνεται, είτε σύμφωνα με τη λειτουργία που επιτελούν, είτε με βάση τη φυσική αρχή στην οποία στηρίζεται η λειτουργία τους.

### 3.1. Επαγωγικοί, Χωρητικοί, Μαγνητικοί αισθητήρες

Η τεχνολογία στις μέρες μας έχει αναπτύξει σε μεγάλο βαθμό τους αισθητήρες και αυτό το αντιλαμβανόμαστε κοιτώντας διάφορους αισθητήρες, οι οποίοι είναι βασισμένοι σε απλές ηλεκτρολογικές αρχές (πχ. ηλεκτρομαγνητισμός). Τέτοιοι αισθητήρες είναι οι επαγωγικοί, οι χωρητικοί και οι μαγνητικοί που θα αναλύσουμε παρακάτω.

#### 3.1.1. Επαγωγικοί αισθητήρες

Οι **Επαγωγικοί αισθητήρες** εκμεταλλεύονται το φυσικό φαινόμενο της μεταβολής του συντελεστή ποιότητας σε ένα κύκλωμα συντονισμού, η οποία οφείλεται σε απώλειες δινορευμάτων σε αγωγίμα υλικά. Αυτή η αρχή επιτρέπει την χωρίς επαφή ανίχνευση όλων των αγωγίμων υλικών (μεταλλικά αντικείμενα, γραφίτης κλπ).<sup>5</sup>



Εικόνα 3.1 : Επαγωγικοί αισθητήρες προσέγγισης για επικίνδυνες περιοχές

<sup>5</sup> Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Επαγωγικοί Αισθητήρες](#)

Μια **εφαρμογή** που συναντάμε στους επαγωγικούς αισθητήρες είναι : οι επαγωγικοί αισθητήρες με τελείως μεταλλικό περίβλημα για σκληρή χρήση. Το περίβλημα με το σπείρωμα καθώς και η επιφάνεια ανίχνευσης είναι κατασκευασμένα από άριστης ποιότητας ανοξείδωτο χάλυβα. Η αντικολλητική επίστρωση επιτρέπει τα γρέζια να κυλήσουν πάνω στον αισθητήρα και το υψηλό εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας, μέχρι 85<sup>0</sup> C, επιτρέπει τη χρήση σε κρίσιμες εφαρμογές. Επιπλέον είναι εξαιρετικά ανθεκτικοί σε μηχανικές φθορές και ιδανικοί για εφαρμογές μεταλλουργικής κατεργασίας. Επίσης, όπως προαναφέραμε, έχουν αντικολλητική επίστρωση προστασίας από γρέζια ηλεκτροσυγκολλήσεων αλλά είναι και μηχανικά ανθεκτικοί, σε κτυπήματα στην επιφάνεια ανίχνευσης και έχουν μεγάλη αντοχή σε δονήσεις και κρούσεις. Κατά κύριο λόγο εφαρμόζονται σε τεχνικές συγκόλλησης.<sup>6</sup>



Εικόνα 3.2 : Επαγωγικοί αισθητήρες με τελείως μεταλλικό περίβλημα για σκληρή χρήση

### 3.1.2. Χωρητικοί αισθητήρες

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.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> <http://www.ifm.com/ifmgr/inductive-sensors-for-heavy-duty.html>

<sup>7</sup> Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Χωρητικοί Αισθητήρες](#)



Εικόνα 3.3 : Χωρητικοί αισθητήρες για τη βιομηχανία πλαστικών.

Μια **εφαρμογή** που συναντάμε στους χωρητικούς αισθητήρες είναι : οι χωρητικοί αισθητήρες για την βιομηχανία πλαστικών. Το πεδίο εφαρμογής του συγκεκριμένου αισθητήρα είναι στην ανίχνευση κόκκων πλαστικού και χύδην υλικών διαμέσω μη μεταλλικού τοιχώματος δοχείων. Δηλαδή, οπουδήποτε κι αν μεταφέρονται και επεξεργάζονται πλαστικοί κόκκοι, οι χωρητικοί αισθητήρες επιτηρούν, στάθμες μέσα σε σωλήνες και σιλό ή διαμέσω γυαλιών θέασης σε φορτωτές μηχανών έγχυσης μορφοποίησης. Ο αισθητήρας έχει αντοχή σε ηλεκτροστατικές εκφορτώσεις όπως και ευδιάκριτη ένδειξη κατάστασης μεταγωγής. Επίσης έχει αυτόματη ανίχνευση PNP ή NPN φορτίου. Τέλος ο αισθητήρας θα πρέπει να ανιχνεύει αξιόπιστα ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών πλαστικών.<sup>8</sup>

### 3.1.3. Μαγνητικοί αισθητήρες

Εδώ και πολλές δεκαετίες οι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιούνται στην ανάλυση και τον έλεγχο λειτουργίας χιλιάδων συσκευών και διατάξεων. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μαγνητικών αισθητήρων περιέχουν γνώσεις φυσικής και ηλεκτρονικών.

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. Υπάρχουν πολλοί τρόποι να ανιχνεύσει κανείς το μαγνητικό πεδίο, οι περισσότεροι από αυτούς βασίζονται στην στενή σχέση μεταξύ των μαγνητικών και ηλεκτρικών φαινομένων. Ένα κοινό στοιχείο όλων των εφαρμογών

<sup>8</sup> <http://www.ifm.com/ifmgr/capacitive-sensors-especially-for-the-plastics-industry.html>

είναι ότι οι μαγνητικοί αισθητήρες εξασφαλίζουν μία αξιόπιστη τεχνολογία συγκρινόμενοι με άλλες τεχνολογίες αισθητήρων.<sup>9</sup>

Επίσης μια κατηγορία των μαγνητικών αισθητήρων είναι και το αισθητήριο **Hall Effect**. Το αισθητήριο στηρίζεται στο φαινόμενο Hall Effect, αναφέρεται στη διαφορά δυναμικού τάσης που εμφανίζεται στις απέναντι πλευρές ενός λεπτού φύλλου αγώγιμου ή μη αγώγιμου υλικού μέσα από το οποίο περνά ένα ρεύμα δημιουργούμενο από το μαγνητικό πεδίο κάθετο προς το φύλλο. Ένα αισθητήριο Hall Effect, μεταβάλλει την τάση εξόδου του αποκρινόμενο σε αλλαγή μαγνητικού πεδίου. Τα αισθητήρια αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για την εύρεση θέσης ή για την εύρεση της γωνίας περιστροφής. Κατά κύριο λόγο, τοποθετούνται κοντά στο μετρούμενο αντικείμενο έτσι ώστε όταν το αισθητήριο Hall Effect είναι κοντά σε ένα μαγνήτη, που είναι προσαρμοσμένος στο κινούμενο προς μέτρηση αντικείμενο, λαμβάνουμε μια τάση ανάλογη της απόστασης – προσανατολισμού – γωνιακής θέσης του μαγνήτη και κατά συνέπεια του άξονα πάνω στον οποίο είναι προσαρμοσμένος ο μαγνήτης.



Εικόνα 3.4 : Μαγνητικός Αισθητήρας

Μια **εφαρμογή** του μαγνητικού αισθητήρα είναι : οι μαγνητικοί διακόπτες. Οι μαγνητικοί διακόπτες χρησιμεύουν στα συστήματα ελέγχου για την ανίχνευση της θέσης εξ απόστασεως και χωρίς φθορές. Χρησιμοποιούνται εκεί όπου δεν αντέχουν οι επαγωγικοί διακόπτες προσέγγισης. Η μόνη προϋπόθεση είναι ότι, το προς αναγνώριση αντικείμενο πρέπει να είναι εξοπλισμένο με ένα μαγνήτη, διότι μόνον έτσι μπορεί ο διακόπτης να αντιδράσει.<sup>10</sup>

<sup>9</sup>Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas», [Μαγνητικοί Αισθητήρες](http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/010_030_030.html)

<sup>10</sup> [http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/010\\_030\\_030.html](http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/010_030_030.html)



Εικόνα 3.5 : Μαγνητικός διακόπτης

### 3.2 Αισθητήρες Θερμοκρασίας

**Θερμοκρασία ονομάζεται ο βαθμός κατά τον οποίο ένα σώμα, ουσία ή μέσο είναι θερμό σε σύγκριση με κάποιο άλλο.** Όταν μετράμε τη θερμοκρασία συγκρίνουμε το βαθμό θερμότητας με κάποιο άλλο συγκεκριμένο σημείο αναφοράς χρησιμοποιώντας κάποιες θερμοκρασιακές κλίμακες.

Η θερμοδυναμική κλίμακα Κέλβιν χρησιμοποιεί το απόλυτο μηδέν ως σημείο αναφοράς. Η κλίμακα Κελσίου χρησιμοποιεί ως πρώτο σημείο αναφοράς το σημείο πήξης του νερού (0 °C) και ως δεύτερο σημείο αναφοράς το σημείο βρασμού του νερού (100 °C). Η θερμοκρασία είναι ένα από τα συνηθέστερα μετρούμενα φυσικά μεγέθη. Για το λόγο αυτό ο αριθμός των αισθητήριων και των τρόπων μέτρησης είναι ένας μακρύς δρόμος. Η μέτρηση της θερμοκρασίας μπορεί να γίνει με αισθητήρες επαφής και υπερύθρων.



Εικόνα 3.6 : Αισθητήρας θερμοκρασίας

### 3.2.1. Αισθητήρες Θερμοκρασίας με επαφή

Οι πιο κοινοί αισθητήρες θερμοκρασίας με επαφή είναι συνήθως θερμοζεύγη επαφής, θερμοαντιστάσεις (RTD) και θερμίστορες.

- Η λειτουργία ενός θερμοζεύγους στηρίζεται στο φαινόμενο Seebeck. Όταν τα σημεία επαφής δυο διαφορετικών αγώγιμων υλικών βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες σε συνδεσμολογία ανοικτού κυκλώματος, αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη (HEΔ) που εξαρτάται από τα υλικά και τη διαφορά της θερμοκρασίας. Σε ένα θερμοζεύγος, αν κρατάμε σταθερή τη θερμοκρασία της μιας επαφής (επαφή αναφοράς), η HEΔ θα είναι συναρτήσεως της θερμοκρασίας στην άλλη επαφή, την οποία και ονομάζουμε επαφή μέτρησης. Πινάκες αναφοράς δίνουν την τάση που λαμβάνουμε σε συνάρτηση με την υπό μέτρηση θερμοκρασία σε μια επαφή χρησιμοποιώντας θερμοζεύγη, όταν η επαφή αναφοράς είναι στους 0 °C. Βέβαια η εφαρμογή του θερμοζεύγους υπόκειται σε διάφορους περιορισμούς. Πρώτα από όλα πρέπει να επιλέξουμε το είδος θερμοζεύγους ώστε να μην λιώνει στην περιοχή θερμοκρασιών που μας ενδιαφέρει. Επίσης πρέπει να προσέχουμε ώστε το περιβάλλον να μην επιτίθεται στις επαφές και τις αλλοιώνει. Σημαντικός επίσης περιορισμός είναι η διατήρηση της επαφής αναφοράς σε μια σταθερή και γνωστή θερμοκρασία.
- 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 (-400 °C) μέχρι (+1700 °C). Το καλύτερο υλικό είναι η πλατίνα, η οποία χρησιμοποιείται για μετρήσεις σε θερμοκρασίες από (-270 °C) μέχρι (+660 °C). **Η καρδιά ενός τυπικού RTD είναι ένα αισθητήριο στοιχείο κατασκευασμένο από μία συρμάτινη πλατίνα περιτριγυρισμένη από ένα κεραμικό πηνίο.** Το στοιχείο αυτό είναι προσεχτικά τοποθετημένο και ακινητοποιημένο ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος καταστροφής και καταπόνησης. Επίσης η βάση του είναι από ανοξείδωτο ατσάλι με τέτοιο τρόπο, ώστε να παρέχει καλή μεταφορά θερμοκρασίας και προστασία από την υγρασία. Εξαιτίας της μεγάλης ηλεκτρικής εξόδου, το RTD παρέχει ακρίβεια στην είσοδο σε καταγραφικά, ελεγκτές, σαρωτές και υπολογιστές. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του είναι το μέγεθός του, αφού δεν ξεπερνάει το μέγεθος της μύτης ενός μολυβιού.





Εικόνα 3.7 : Αισθητήρας θερμοκρασίας με επαφή (RTD)

- **Θερμίστορς ονομάζουμε αντιστάσεις εξαρτώμενες από τη θερμοκρασία που κατασκευάζονται από ημιαγωγούς.** Για χαμηλό επίπεδο νόθευσης του ημιαγωγού, ο αριθμός των ηλεκτρονίων αγωγιμότητας αυξάνεται με τη θερμοκρασία με αποτέλεσμα τη μείωση της αντίστασης. Ως ενδογενής ημιαγωγός χρησιμοποιείται συνήθως το γερμάνιο, μια και το πυρίτιο δύσκολα κατασκευάζεται με επίπεδο προσμίξεων μικρότερο του  $10^{12} \text{ cm}^{-3}$ , που είναι ανώτερο από την ενδογενή συγκέντρωση ηλεκτρονίων σε θερμοκρασία δωματίου. Αντίθετα το πυρίτιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όταν είναι αρκετά νοθευμένο. Υπάρχουν δυο βασικοί τύποι θερμίστορ, τα θερμίστορ NTC και PTC:
  - Τα θερμίστορ NTC (Negative Temperature Coefficient) εμφανίζουν μεγάλες μεταβολές αντίστασης όταν υφίστανται μικρές μεταβολές θερμοκρασίας. Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση θερμοκρασιών μεταξύ  $-100 \text{ }^\circ\text{C}$  και  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ .
  - Τα θερμίστορ τύπου PTC (Positive Temperature Coefficient) είναι τα αντίστροφα από τα NTC. Δηλαδή με την άνοδο της θερμοκρασίας αυτά αυξάνουν την αντίστασή τους. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις που θέλουμε προστασία ευαίσθητων κυκλωμάτων από υπερφόρτωση και γενικότερα σε εφαρμογές όπου η θερμοκρασία καθορίζεται πρωτίστως από το ρεύμα που διαρρέει το θερμίστορ.

### 3.2.2. 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.** Το πλεονέκτημα της έλλειψης μηχανικής επαφής μεταξύ του αισθητήρα και του αντικειμένου καθιστά τους υπέρυθρους αισθητήρες

ιδανικούς για εφαρμογές επιτήρησης θερμοκρασίας, όπως πχ. κινούμενα αντικείμενα σε χώρους με δύσκολη πρόσβαση, αγωγίμα ή κολλώδη υλικά σε διαβρωτικά μέσα, όπου αφενός απαιτούνται μικροί χρόνοι απόκρισης και αφετέρου είναι επικίνδυνη η απ' ευθείας επαφή.



Εικόνα 3.8 : Αισθητήρας θερμοκρασίας χωρίς επαφή

### 3.3. Αισθητήρες ανίχνευσης αέριων

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. Σε αυτή την κατηγορία αισθητήρων υπάρχουν πολλοί τύποι ανιχνευτών. Οι διαφορές συνίστανται συνήθως στην μέθοδο ανίχνευσης, που έχει σχέση με τον τύπο του αισθητήρα (gas sensor) και στην κατηγορία του περιβάλλοντος, όπου λειτουργούν (π.χ. αντιεκρηκτικού τύπου). **Οι πιο συνηθισμένοι τύποι αισθητήρα είναι:**

#### **A) Καταλυτικοί με πυρακτωμένο στοιχείο (Hot-wire catalytic type).**

Η αρχή λειτουργίας των καταλυτικών αισθητήρων βασίζεται στην οξείδωση εύφλεκτου αερίου στην επιφάνεια ενός καταλυτικού στοιχείου με την βοήθεια ηλεκτρικά παραγόμενης θερμότητας. Το ευαίσθητο στοιχείο ονομάζεται και νήμα ή **“pellistor”** (αρκετές φορές αναφέρεται και ως αρχή του πυρακτωμένου στοιχείου). Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες του χώρου στον οποίο βρίσκεται όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και οι μεταβολές της πίεσης επηρεάζουν και τους δυο ακροδέκτες του καταλυτικού αισθητήριου, οπότε δεν υπάρχει αλλαγή της “ισορροπίας”. Αυτό το χαρακτηριστικό δίνει τη δυνατότητα στα **“pellistor”** να μπορούν να κάνουν ακριβείς μετρήσεις σε πολύ δύσκολα περιβάλλοντα. Επίσης, τα καταλυτικά αισθητήρια έχουν δυο σημαντικά πλεονεκτήματα:

- Την επαναληψιμότητα, που σημαίνει ότι όλες οι μετρήσεις που θα γίνουν υπό την ίδια συγκέντρωση αερίου θα έχουν πάντα την ίδια τιμή.

- Η αποφυγή αποκλίσεων από αισθητήρα σε αισθητήρα, που σημαίνει ότι θα έχουν όλα τα ίδια χαρακτηριστικά, λόγω της παραγωγής τους από την ίδια εταιρία.

Τέλος οι καταλυτικοί αισθητήρες με πυρακτωμένο στοιχείο, χρησιμοποιούνται πολύ συχνά σε ανίχνευση εκρηκτικών αερίων.

### **B) Ηλεκτροχημικοί (Electrochemical type).**

Ο ηλεκτροχημικός αισθητήρας έχει δυο ηλεκτρόδια, το ένα για “αισθητήριο” και το άλλο για τη “μέτρηση”, τα οποία χωρίζονται από μια λεπτή μεμβράνη, τον ηλεκτρολύτη. Ο ηλεκτρολύτης μπορεί να είναι σε υγρή μορφή ή σε gel και πρόσφατα σε στερεή μορφή. Ο ηλεκτρολύτης είναι μονωμένος στο εξωτερικό περίβλημα από μια μεμβράνη διαπερατή από το αέριο. Το αέριο έρχεται στον αισθητήρα με διάχυση μέσω της μεμβράνης όπου και γίνεται οξειδωτική αντίδραση (η οποία δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα ανάλογο με τη συγκέντρωση του αερίου), αν μια τάση πόλωσης εφαρμοστεί στα ηλεκτρόδια. Η διάρκεια των ηλεκτροχημικών στοιχείων είναι περίπου 2 – 3 χρόνια. Έκτος του αισθητήρα για το οξυγόνο, του οποίου η διάρκεια ζωής είναι περίπου 1 – 2 χρόνια λόγω της ταχύτερης κατανάλωσης και μείωσης του ηλεκτρολύτη. Είναι κατανοητό ότι η διάρκεια ζωής εξαρτάται από :

- Τις συνθήκες του περιβάλλοντος της εγκατάστασης.
- Από την συγκέντρωση του αερίου προς ανίχνευση.

Τέλος, χρησιμοποιούνται κυρίως για ανίχνευση τοξικών αερίων σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση.

### **Γ) Υπέρυθροι (IR).**

Πολλά εύφλεκτα και τοξικά αέρια έχουν περιοχές απορρόφησης του υπεριώδους φωτός. Η καινούργια αυτή τεχνολογία στην ανίχνευση αερίων έχει χωρίς αμφιβολία πολλά πλεονεκτήματα όπως :

- Λιγότερη επιρροή από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία και υγρασία).
- Τη συνολική επιλεκτικότητα και ικανότητα να μην “δηλητηριάζεται” σε σύγκριση με τα καταλυτικά στοιχεία. Σε μερικές περιπτώσεις ο υπέρυθρος αισθητήρας είναι στην πράξη αντικατάστατος (όπως στην ανίχνευση Διοξειδίου του Άνθρακα CO<sub>2</sub>).
- Η συχνότητα απορρόφησης των IR ή του μήκους κύματος ανταποκρίνονται σε μοριακές σχέσεις σε αντίστοιχα διαφορετικά άτομα.

Τέλος, χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση τοξικών αερίων σε χαμηλή συγκέντρωση.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Το άρθρο του Γ. Ευθυμιάδης με τίτλο «Μαγνητικοί Αισθητήρες» είναι αναρτημένο στην σελίδα: [http://www.pyrodomi.gr/userfiles/file/GAS\\_DETECTION\\_SYSTEMS.pdf](http://www.pyrodomi.gr/userfiles/file/GAS_DETECTION_SYSTEMS.pdf)



Εικόνα 3.9 : Αισθητήρας ανίχνευσης ενός ή πολλαπλών αερίων

Μια **εφαρμογή** των αισθητήρων ανίχνευσης αερίων είναι η επιτήρηση αμμωνίας σε χώρο στερεών αποβλήτων μεταλλοβιομηχανίας. Κάτω από ορισμένες καιρικές συνθήκες ο χώρος στερεών αποβλήτων μίας μεταλλοβιομηχανίας δημιουργεί αναθυμιάσεις αμμωνίας. Για αυτό το λόγο κρίθηκε απαραίτητο να εγκατασταθούν ανιχνευτές αμμωνίας για τη συνεχή επιτήρηση, καταγραφή και ενεργοποίηση φάρου και σειρήνας συναγερμού. Τα συστήματα είναι τοποθετημένα σε περιβλήματα ανθεκτικά στις περιβαλλοντικές συνθήκες.<sup>12</sup>



Εικόνα 3.10 : Αισθητήρας Ανίχνευσης Αερίων - Επιτήρηση Αμμωνίας

<sup>12</sup>Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Αισθητήρας Ανίχνευσης Αέριων](#)

### 3.4. Αισθητήρες Laser

Οι αισθητήρες laser χρησιμοποιούνται συχνά στην βιομηχανία και σε αυτοματισμούς. Μας δίνουν την δυνατότητα ελέγχου από απόσταση και δεν χρειάζονται επιτήρηση καθώς, ανάλογα την εφαρμογή, το κάθε είδος αισθητήρα laser έχει συγκεκριμένη λειτουργία η οποία ορίζεται από τις προδιαγραφές του κάθε αισθητήρα.

Μερικές **εφαρμογές** με αισθητήρες Laser είναι : η μέτρηση ύψους γέφυρας, προφίλ κατασκευής οδοστρωμάτων, χαλυβουργία, γερανοί, προφίλ πολύτιμων λίθων, μέτρηση πάχους ξυλείας. Όπως προαναφέραμε έχουμε εφαρμογή υπερυψωμένων γερανών και ανελκυστήρων. Ο έλεγχος της θέσης των γερανών, γερανογεφυρών και ανελκυστήρων στους μεγάλους λιμένες απαιτεί μετρήσεις απόστασης ακριβείας που παρέχονται από το πρότυπο αισθητήρα λέιζερ απόστασης.<sup>13</sup>

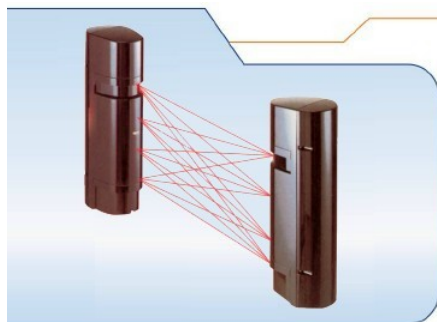


Εικόνα 3.11 : Έλεγχος της θέσης των γερανών, γερανογεφυρών και ανελκυστήρων

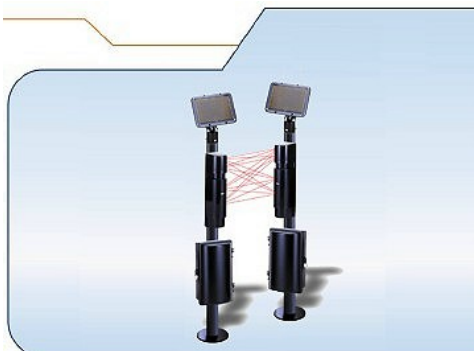
#### 3.4.1. Φωτοκύτταρα

Τα Φωτοκύτταρα έχουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο σε εφαρμογές αυτοματισμού, επειδή επιτρέπουν την ανίχνευση αντικειμένων με ακρίβεια σε μεγάλες αποστάσεις. Οπου υπάρχει περιορισμός χώρου ή και υψηλές θερμοκρασίες, η χρήση των οπτικών ινών επιτρέπει την υλοποίηση ιδιαίτερα αποτελεσματικών συστημάτων ανίχνευσης. **Η βασική αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των φωτοκύτταρων είναι η εξής: ένας δέκτης λαμβάνει το εκπεμπόμενο φως (ορατό ή μη ορατό, υπέρυθρο) και το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα.** Οι αισθητήρες laser αποτελούν τη λύση σε αμέτρητες βιομηχανικές εφαρμογές ειδικά, όταν το μέγεθος του προς ανίχνευση αντικειμένου είναι πολύ μικρό ή όταν αυτό βρίσκεται σε πολύ μεγάλη απόσταση. Η μέτρηση ροής υγρών είναι απαραίτητη σε πολλές βιομηχανίες. Η ροή διακρίνεται σε ροή ανοιχτού καναλιού και σε ροή κλειστού αγωγού. Τα περισσότερα όργανα μετράνε την ροή έμμεσα και διαχωρίζονται σε αυτά που μετράνε ταχύτητα και σε αυτά που μετράνε πίεση ή στάθμη.

<sup>13</sup> Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas», [Αισθητήρες Laser](#)



**Εικόνα 3.12 : Συγχρονισμένο τετραπλό φωτοκύτταρο εμβέλεια 50m εξωτερικά / 100m εσωτερικά**



**Εικόνα 3.13 : Τετραπλό φωτοκύτταρο εμβέλειας 75m εξωτερικά**

Η αγορά κατακλύζεται από μια πληθώρα φωτοκύτταρων, όπως το φωτοκύτταρο ανάκλασης, όπου περιλαμβάνει τη μονάδα του πομπού και του δέκτη μέσα σε ένα περίβλημα. Με τη βοήθεια ενός καθρέφτη στέλνεται η εκπεμπόμενη ακτίνα φωτός ξανά πίσω στον δέκτη. Κάποιο τυχόν αντικείμενο μέσα στη διαδρομή του φωτός δημιουργεί μια διακοπή της ακτίνας και διεγείρει έτσι μια διαδικασία ενεργοποίησης. Φωτοκύτταρα χωρίς φίλτρα πόλωσης λειτουργούν στην υπέρυθρη περιοχή, συστήματα με φίλτρα πόλωσης στην περιοχή του ορατού κόκκινου φωτός.<sup>14</sup>

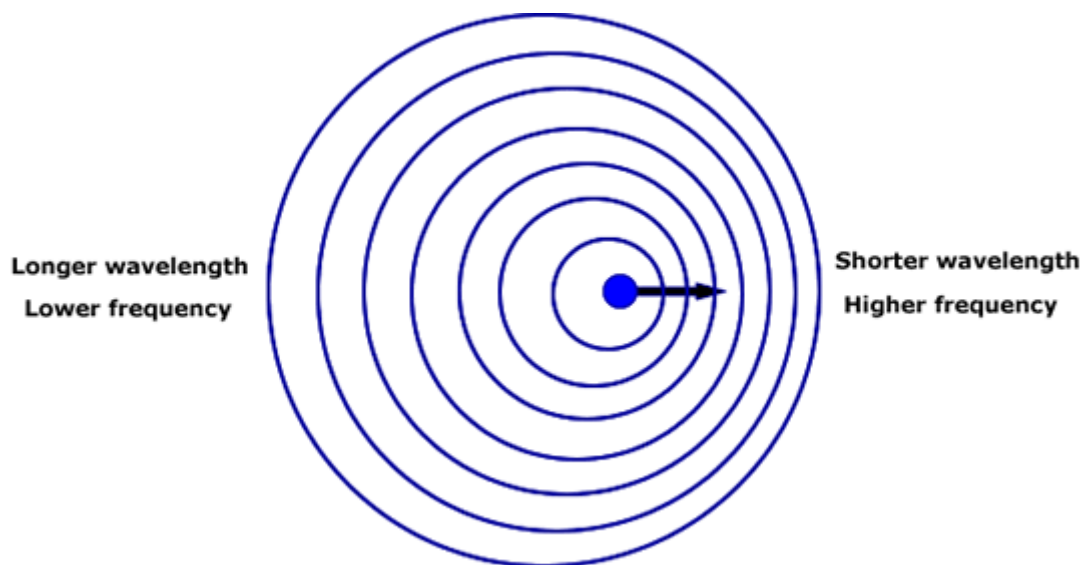


**Εικόνα 3.14 : Φωτοκύτταρο Ανάκλασης**

<sup>14</sup> [http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/010\\_050\\_030.html](http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/010_050_030.html)

### 3.4.2. 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.<sup>15</sup>



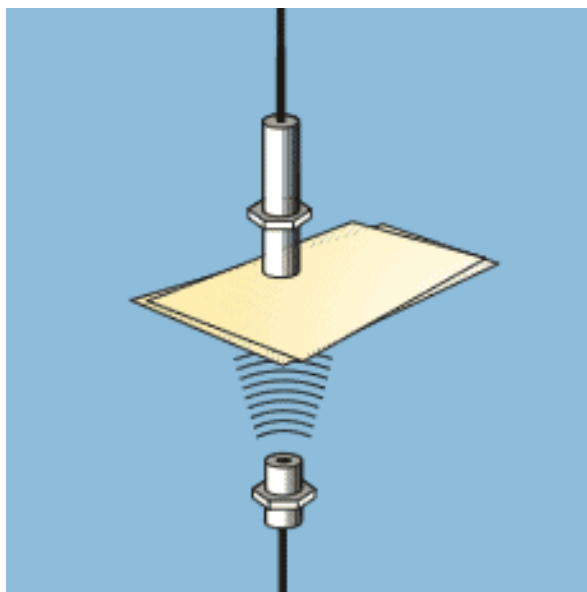
Εικόνα 3.15 : Φαινόμενο Doppler

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. Υπάρχουν ορισμένα “δύσκολα” υγρά που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στους κανονικούς μετρητές ροής: παχύρρευστα, κατακάθια, λήμματα, σπλιβωτικά, διαβρωτικά χημικά κλπ. Επιπλέον, λόγω της εξωτερικής εγκατάστασης του αισθητήρα δεν προκαλείται πτώση της πίεσης ή παρεμπόδιση του υγρού. Για καλύτερα αποτελέσματα οι αισθητήρες doppler πρέπει να τοποθετούνται μακριά από αναταράξεις και διαταραχές της ροής, όπως γωνίες σωληνώσεων και μακριά από εξαρτήματα επιτάχυνσης της ροής, όπως πχ βαλβίδες ελέγχου και αντλίες. Η τυπική ακρίβεια είναι  $\pm 2\%$  της πλήρους κλίμακας. Το σύστημα περιλαμβάνει ένα δετό αισθητήρα, καλώδιο σύνδεσης και μονάδα ελέγχου, που μπορεί να τοποθετηθεί σε μια βολική θέση (εντός 150 m). Οι αισθητήρες αυτού του είδους θεωρούνται εξαιρετικά ασφαλείς για εφαρμογές σε επικίνδυνες περιοχές.

Μια εφαρμογή όσον αφορά τους αισθητήρες λέιζερ υπερήχων είναι η ανίχνευση με υπέρηχους δυο φύλλων. Προσδιορίζει δύο ή περισσότερα φύλλα του υλικού το ένα

<sup>15</sup> Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Φαινόμενο Doppler](#)

πάνω στο άλλο. Υπάρχουν αισθητήρες για χαρτιά εκτυπωτών, φωτοτυπικών αλλά και για παχύτερα υλικά όπως τα πλαστικά φύλλα.<sup>16</sup>



Εικόνα 3.16 : Αισθητήρες λέιζερ υπερήχων

### 3.4.3. Αισθητήρες Laser θερμοδομετρικοί

Σε πολλούς τομείς της βιομηχανικής παραγωγής τα υγρά και τα αέρια παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στον ποιοτικό έλεγχο και στην ασφάλεια λειτουργίας. Οι ηλεκτρονικοί επιτηρητές ροής που βασίζονται στη θερμοδομετρική 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. Ο αισθητήρας τοποθετείται εντός του μέσου σε επαφή με αυτό.<sup>17</sup>

Μια εφαρμογή πάνω στους ηλεκτρονικούς επιτηρητές ροής είναι ότι εμποδίζουν την ζημία στην αντλία. Δηλαδή η χαμηλή ροή ή έλλειψη υγρών η οποία μπορεί να προκαλέσει σημαντική ζημία και δαπανηρή διακοπή σε φυγοκεντρικές και θετικής εκτόπισης αντλίες, μπορεί να εμποδιστεί με την χρήση ηλεκτρονικών επιτηρητών ροής που εύκολα μπορούν να ενσωματωθούν στο σύστημα ελέγχου. Ο επιτηρητής ροής «SI» είναι ένας αξιόπιστος αισθητήρας στιβαρής κατασκευής, χωρίς κινούμενα εξαρτήματα τα οποία είναι δυνατόν να δημιουργήσουν προβλήματα στην συνέχεια. Ο επιτηρητής ροής «SI» έχει ενσωματωμένο ένα μικρο-επεξεργαστή με

<sup>16</sup> Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Αισθητήρες Laser Υπερήχων](http://www.sigmahellas.gr/sectors/flow_categories/calorimetric_he.htm)

<sup>17</sup> [http://www.sigmahellas.gr/sectors/flow\\_categories/calorimetric\\_he.htm](http://www.sigmahellas.gr/sectors/flow_categories/calorimetric_he.htm)



δύο απλά μπουτόν. Αυτά δίνουν την δυνατότητα γρήγορης και εύκολης ρύθμισης του αισθητήρα για κάθε εφαρμογή.<sup>18</sup>



Εικόνα 3.17 : Ηλεκτρονικοί Επιτηρητές Ροής

### 3.5. Βιοχημικοί Αισθητήρες

Βιοχημικός αισθητήρας είναι η διάταξη που είναι ικανή να μετατρέπει μια χημική ή βιολογική ποσότητα σε ηλεκτρικό σήμα. Για παράδειγμα ένας χημικός αισθητήρας μπορεί να διακρίνει την παρουσία υδρογόνου στον αέρα (αισθητήρας αερίων) ή την παρουσία νερού στον αέρα (αισθητήρας υγρασίας) ή την παρουσία ιόντων ποτάσας στο νερό. Ένας χημικός αισθητήρας θα μπορούσε επίσης να διακρίνει την παρουσία πιο σύνθετων μορίων όπως, πρωτεϊνών σε ένα υγρό.

#### 3.5.1. Χημοαντιστάτες

Η λειτουργία τους βασίζεται στη μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης ενός «ενεργού υλικού» ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ) κάτω από το περιβάλλον ενός αερίου. Η μεταβολή της αντίστασης οφείλεται σε παραγωγή ελεύθερων ηλεκτρονίων που προκύπτουν ως προϊόν αντίδρασης του υπό μέτρηση αερίου με οξυγόνο. Το οξυγόνο που αντιδρά απορροφάται από την ατμόσφαιρα σε θέσεις διακένων του «ενεργού υλικού». Ένας πτυχωμένος αισθητήρας τέτοιου τύπου είναι ο αισθητήρας προσδιορισμού μεθάνης ( $\text{CH}_4$ ).

<sup>18</sup> Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Ηλεκτρονικοί Επιτηρητές Ροής](#)

### 3.5.2. Χημοχωρητικότητες

Στην περίπτωση αυτή το ενεργό υλικό χρησιμοποιείται ως διηλεκτρικό ενός πυκνωτή. Στη διάταξη του σχήματος το πολυμερές που ευρίσκεται ανάμεσα στους οπλισμούς του πυκνωτή απορροφά υγρασία μεταβάλλοντας τη διηλεκτρική σταθερά του πυκνωτή και χρησιμοποιείται ως υγρόμετρο.

### 3.5.3. Χημοτρανζίστορες

- **MOSFET's**

Μια επιτυχής διάταξη χημοτρανζίστορ είναι αυτή που αναπαριστά τρανζίστορ τύπου MOS. Η μόνη κατασκευαστική διαφορά με ένα σύνηθες τρανζίστορ, ιδίου τύπου είναι το υλικό κατασκευής της πύλης, το οποίο είναι στην περίπτωση του χημικού τρανζίστορ παλλάδιο, ενώ τα συνηθισμένα τρανζίστορ είναι από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο. Το τρανζίστορ χρησιμοποιείται για την ανίχνευση H<sub>2</sub>. Το υδρογόνο διαχέεται πολύ γρήγορα μέσα στο παλλάδιο, με αποτέλεσμα το παλλάδιο να μεταβάλλει το έργο εξόδου του. Με λίγα λόγια η μεταβολή αυτή μεταβάλλει την τάση εξόδου του τρανζίστορ.

- **ISFET's**

Παρόμοια με τα MOS με μια βασική διαφορά. Η διαφορά έγκειται στο ότι δεν υπάρχει υλικό πύλης, αλλά το ρόλο αυτό παίζει ένα ηλεκτροδίο αναφοράς εμβαπτισμένο εντός ηλεκτρολύτη, σε επαφή με τον οποίο είναι το οξειδίο πύλης. Το δυναμικό του ηλεκτροδίου αναφοράς επηρεάζει το δυναμικό του καναλιού του τρανζίστορ, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της τάσης κατωφλιού σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση του προς μέτρηση ιόντος.

### 3.6. Αισθητήρες Πίεσης

**Η Πίεση και η μηχανική τάση έχουν τον ίδιο βασικό ορισμό, καθώς αποτελούν μέτρα της δύναμης που ασκείται πάνω σε μία επιφάνεια.** Επομένως μετρούνται και τα δύο με τις ίδιες μονάδες, που είναι «νιούτον ανά τετραγωνικό μέτρο (N/m<sup>2</sup>)». Η λέξη πίεση αποτελεί ένα γενικό όρο και γενικά είναι μία μορφή μηχανικής τάσης. Όταν αναλύουμε τη δύναμη που παράγεται από ένα ρευστό, για παράδειγμα τον αέρα ή κάποιο υγρό, χρησιμοποιούμε συνήθως τη λέξη «πίεση». 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). Η σχέση ανάμεσα στην πραγματική ηλεκτρική έξοδο και στην θεωρητική κλίμακα της πίεσης του οργάνου ορίζεται ως η ακρίβεια του μετατροπέα ή μεταδότη. Η πίεση είναι μια σημαντική παράμετρος στις

βιομηχανικές εφαρμογές, στην διαχείριση συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού, όπως επίσης και σε μετεωρολογικούς σταθμούς.<sup>19</sup>

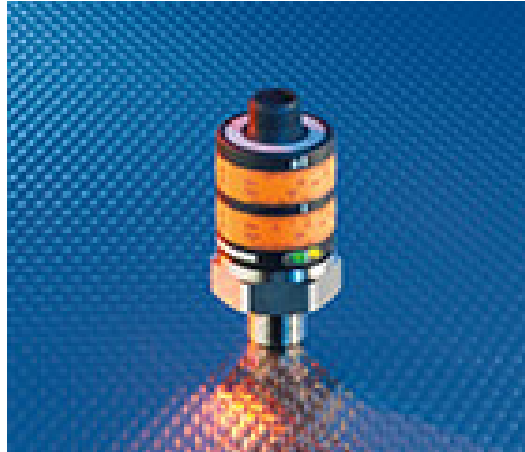


Εικόνα 3.18 : Αισθητήρες πίεσης αέρος

Μια **εφαρμογή** πάνω στους αισθητήρες πίεσης είναι : οι αισθητήρες πίεσης με κεφαλή μέτρησης από ανοξείδωτο χάλυβα. Τέτοιου είδους εφαρμογές είναι, για συστήματα πεπιεσμένου αέρα, υδραυλικά συστήματα αλλά και υγρά και αέρια μέσα. Οι συσκευές με διαστελλόμενες λωρίδες μέτρησης με τεχνολογία παχύ στρώματος επάνω πάνω σε μία κεφαλή μέτρησης ανοξείδωτου χάλυβα χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα συμπαγή και ανθεκτική κατασκευή. Η χωρίς παρεμβύσματα συγκολλημένη κεφαλή μέτρησης από ανοξείδωτο χάλυβα εξασφαλίζει ένα υψηλό επίπεδο ασφάλειας. Η 3-πλή έως 30-πλή πίεση διάρρηξης, ανάλογα με την επιλογή της περιοχής μέτρησης στη συσκευή και η επίσης υψηλή αντοχή σε κτυπήματα και κραδασμούς, υπογραμμίζουν την επίτευξη της μέγιστης δυνατής ασφάλειας λειτουργίας των αισθητήρων πίεσης με κεφαλές μέτρησης ανοξείδωτου χάλυβα.<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Αισθητήρες Πίεσης](#)

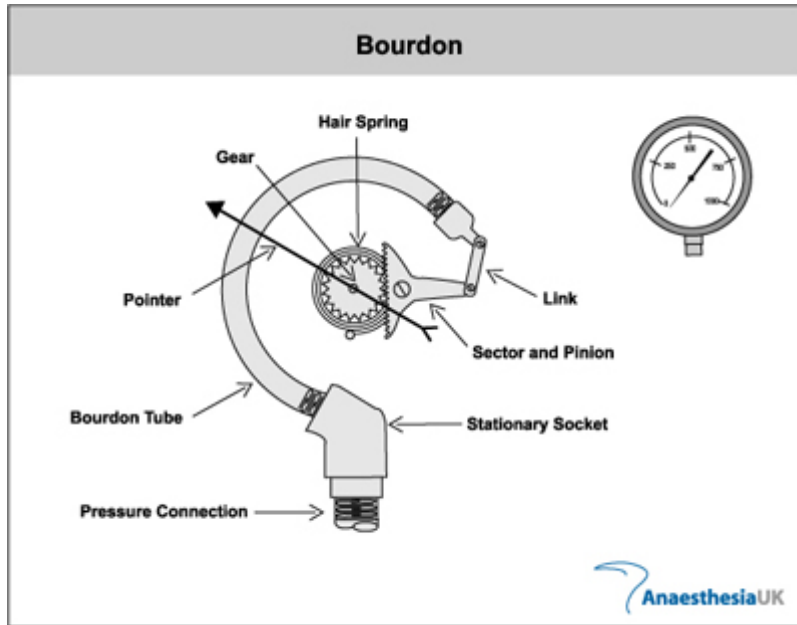
<sup>20</sup> [http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/040\\_010\\_030.html](http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/040_010_030.html)



Εικόνα 3.19 : Αισθητήρας πίεσης με κεφαλή μέτρησης από ανοξείδωτο χάλυβα

### 3.6.1. Ελαστικοί αισθητήρες πίεσης

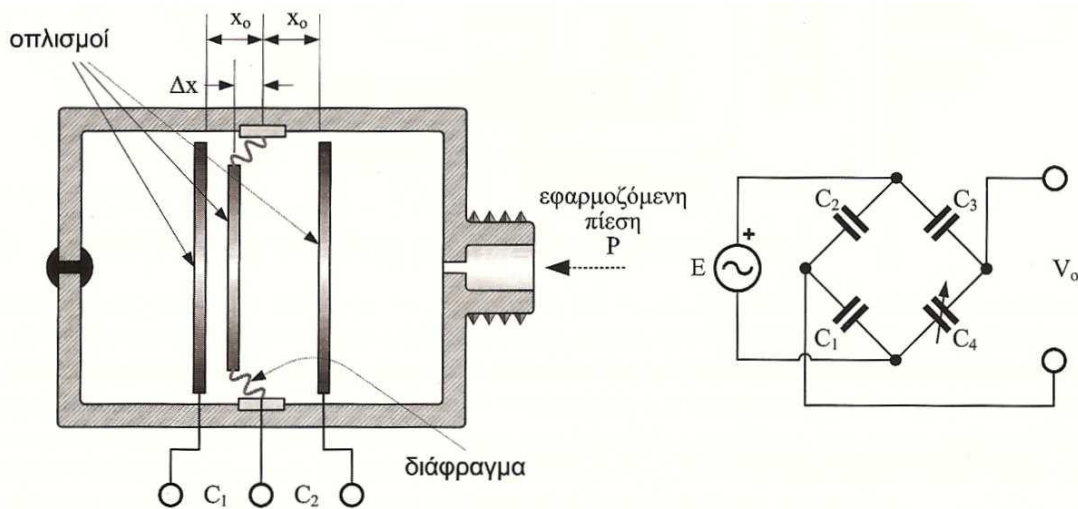
Οι ελαστικοί αισθητήρες πίεσης (elastic pressure sensors) ονομάζονται έτσι, επειδή κάποιο τμήμα τους μπορεί να καμφθεί, να τεντωθεί ή παροδικά να παραμορφωθεί, όταν εφαρμόζεται σε αυτό μία πίεση. Ένας μετρητής πίεσης με σωλήνα Bourdon μπορεί να χρησιμοποιηθεί γι' αυτή τη μέτρηση. Έχει ονομαστεί από τον Eugene Bourdon και είναι ο πιο δημοφιλής μετρητής πίεσης. Οι σωλήνες Bourdon κατασκευάζονται στην απλούστερη περίπτωση από μεταλλικά κράματα, όπως είναι ο ανοξείδωτος χάλυβας και ο ορείχαλκος. Αποτελούνται από ένα σωλήνα με ελλειπτική ή οβάλ διατομή, ο οποίος είναι σφραγισμένος στο ένα άκρο. Ο σωλήνας συνδέεται με μία ενδεικτική βελόνα. Η βελόνα μετακινείται επάνω σε μια βαθμονομημένη κλίμακα. Όταν εφαρμόζεται κάποια πίεση, η κίνηση του σωλήνα είναι σχετικά μικρή και έτσι για να αυξηθεί η απόκλιση της βελόνας πραγματοποιείται μηχανική ενίσχυση **(οι ελαστικοί αισθητήρες πίεσης αρχικά μετατρέπουν την πίεση σε μετατόπιση)**. Στην περίπτωση μετρήσεων από απόσταση, η μετατόπιση που υφίσταται ο σωλήνας Bourdon λόγω αλλαγών πίεσης μπορεί να ανιχνευθεί από κάποιον κατάλληλο αισθητήρα μετατόπισης. Υπάρχουν διάφορες μορφές σωλήνων Bourdon, όπως είναι ο σπειροειδής, ο ελικοειδής και ο συνεστραμμένος. Οι σωλήνες Bourdon τείνουν να είναι σχετικά φθηνοί, επειδή παράγονται μαζικά και έχουν μειωμένο κόστος παραγωγής. Είναι κατάλληλοι για χρήση σε υγρά και αέρια και χρησιμοποιούνται σε ευρύ πεδίο εφαρμογών, βιομηχανικών και οικιακών. Μερικοί αισθητήρες πίεσης ονομάζονται με βάση τη μέθοδο που χρησιμοποιούν για να μετρούν αυτήν την μετατόπιση, όπως οι πιεζοηλεκτρικοί και οι χωρητικοί αισθητήρες πίεσης.



Εικόνα 3.20 : Ελικοειδής σωλήνας BOURDON

### 3.6.2. Χωρητικοί αισθητήρες πίεσης

Η κατασκευή ενός χωρητικού αισθητήρα απόλυτης πίεσης απεικονίζεται στην εικόνα 3.21. Το διάφραγμα βρίσκεται ανάμεσα σε δύο οπλισμούς, οπότε το διάφραγμα και κάθε οπλισμός σχηματίζουν έναν πυκνωτή. Οι δύο πυκνωτές συνδέονται σε γέφυρα, όπως φαίνεται στο σχήμα, η οποία ισορροπεί όταν η εφαρμοζόμενη πίεση είναι μηδέν. Η κίνηση του διαφράγματος εξαιτίας της εφαρμοζόμενης πίεσης μεταβάλλει τη χωρητικότητα των πυκνωτών, η ισορροπία της γέφυρας διαταράσσεται και συνακόλουθα αναπτύσσεται τάση ανάλογη της πίεσης.

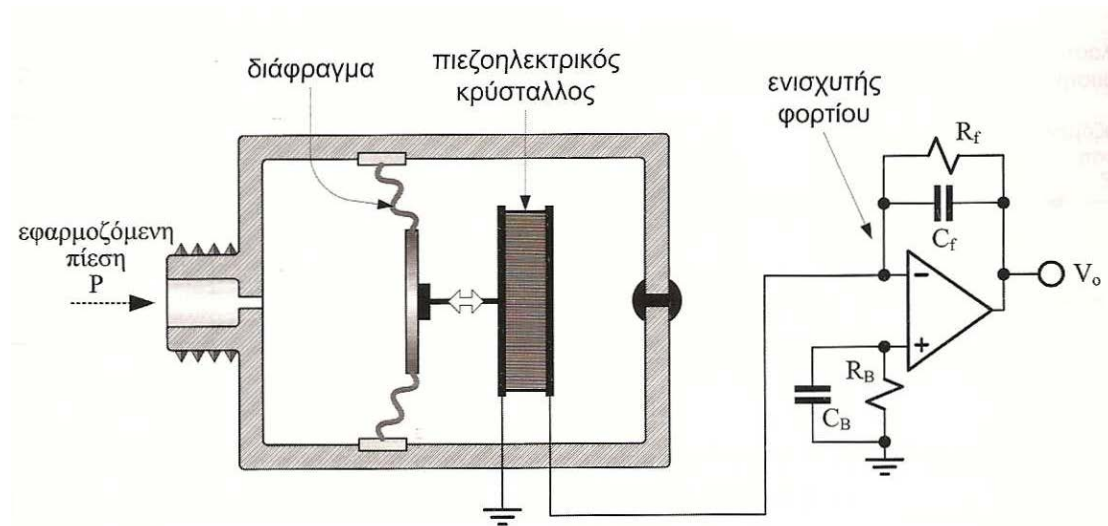


Εικόνα 3.21 : Χωρητικός αισθητήρας απόλυτης πίεσης

Εναλλακτικά, αντί για συνδεσμολογία γέφυρας, η μεταβλητή χωρητικότητα χρησιμοποιείται, ώστε να προκαλεί μεταβολή της συχνότητας ενός ταλαντωτή, οπότε η συχνότητα του ταλαντωτή είναι ανάλογη της εφαρμοζόμενης πίεσης. Οι χωρητικοί αισθητήρες πίεσης έχουν καλή ακρίβεια, αλλά παρουσιάζουν ευαισθησία στις ταλαντώσεις και τη θερμοκρασία.

### 3.6.3. Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης

Λόγω των δυναμικών χαρακτηριστικών λειτουργίας των πιεζοηλεκτρικών υλικών, οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση δυναμικών φαινομένων πίεσης (πχ. λόγω εκρήξεων, δονήσεων σε κινητήρες κλπ.). Η κατασκευή ενός πιεζοηλεκτρικού αισθητήρα απόλυτης πίεσης παρουσιάζεται στην εικόνα 3.22. Όταν εφαρμόζεται η μετρούμενη πίεση προκαλείται μετατόπιση του διαφράγματος. Για τη μέτρηση αυτής της μετατόπισης χρησιμοποιείται ένας πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος.

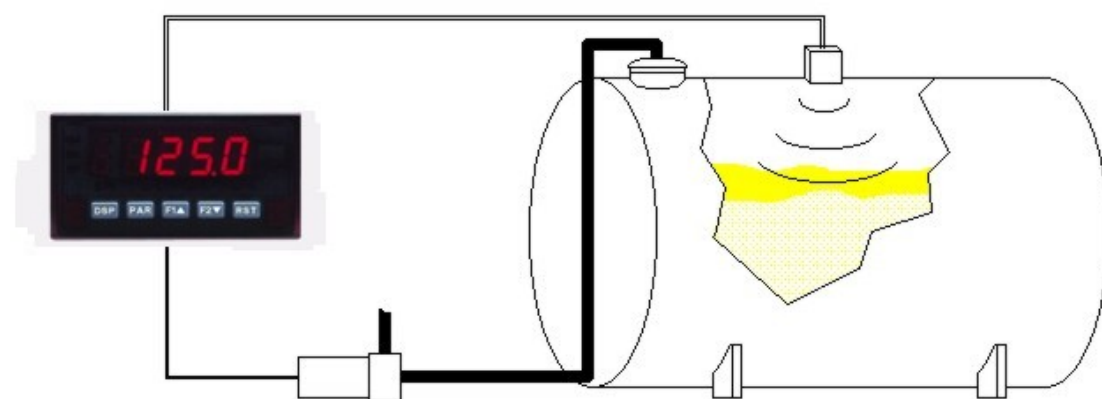


Εικόνα 3.22 : Πιεζοηλεκτρικός αισθητήρα απόλυτης πίεσης

Όταν χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί αισθητήρες μετατόπισης, η μέθοδος ανίχνευσης της αλλαγής πίεσης χρησιμοποιεί ένα διάφραγμα.

### 3.7. Αισθητήρες Στάθμης

Η μέτρηση στάθμης αποτελεί ένα σημαντικό μέρος των διαδικασιών ελέγχου και χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανίες. Τέτοιες βιομηχανίες παρέχουν αισθητήρες για μέτρηση στάθμης σημείου/σημείων και συνεχούς μετρήσεως. **Οι αισθητήρες στάθμης σημείου/σημείων χρησιμοποιούνται γενικά για έλεγχο υψηλής/χαμηλής στάθμης, ελάχιστου και μέγιστου ύψους στάθμης ή για ενεργοποίηση συναγερμού.** Οι αισθητήρες στάθμης συνεχούς μέτρησης χρησιμοποιούνται για μέτρηση της στάθμης εντός ορισμένων ορίων και εξασφαλίζουν συνεχή επιτήρηση στάθμης.<sup>21</sup>



Εικόνα 3.23 : Αισθητήρας Στάθμης

#### 3.7.1. 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

<sup>21</sup>Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Αισθητήρες Στάθμης](#)



Εικόνα 3.24 : Έλεγχος σημείου στάθμης με αισθητήρα τύπου ΚΙ σε ένα αλευρόμυλο

Μερικές **εφαρμογές** με αισθητήρες σημείων (τιμή οριακής κατάστασης) είναι : τα ελαία, γαλακτώματα ψυκτικών, υγρά καθαρισμού, νερό και υδατικά διαλύματα, απόβλητα, ημίρρευστα και υγρά με αιωρούμενα σωματίδια, βιομηχανία τροφίμων, κόκκοι πλαστικού και χύμα υλικά άλλα και στον τομέα υγιεινής. Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά είναι η περιοχή υψηλής θερμοκρασίας και η προστασία υπερχειλίσης. Κατά τη μέτρηση οριακών σημείων ανιχνεύεται το ύψος μιας καθορισμένης στάθμης και μετατρέπεται στη συνέχεια σε ένα ηλεκτρικό σήμα. Η προσαρμογή των αισθητήρων ανάλογα με το υλικό μέσο μπορεί να διεκπεραιωθεί από το χρήστη με ένα μόνο πάτημα πλήκτρου, χάρη στο μικροεπεξεργαστή.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> [http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/040\\_040\\_030.html](http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/040_040_030.html)





Εικόνα 3.25 : Αισθητήρας στάθμης σημείων (τιμή οριακής κατάστασης)

### 3.7.2. Αισθητήρες συνεχούς στάθμης

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούμε για συνεχή μέτρηση στάθμης είναι χωρίς κινούμενα μέρη και δίνουν μια αναλογική έξοδο που αντιστοιχεί με το περιεχόμενο της δεξαμενής. Οι αισθητήρες υπερήχων τοποθετούνται στην κορυφή της δεξαμενής ή σε κάποια θέση πάνω από το υπό μέτρηση υλικό. Ο αισθητήρας μεταδίδει συνεχώς ηχητικούς παλμούς υψηλής συχνότητας (τυπικά 42 kHz), οι οποίοι ανακλώνται στην επιφάνεια του υλικού και κατόπιν επιστρέφουν στον αισθητήρα. Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα του οργάνου μετράνε τον χρόνο που μεσολαβεί από την εκπομπή μέχρι τη λήψη του ηχητικού σήματος. Με αναφορά την ταχύτητα του ήχου στον αέρα, η ακριβής απόσταση της επιφάνειας του υγρού από τον αισθητήρα μπορεί να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια ( $\pm 0.25\%$  της μέγιστης κλίμακας).

Καθώς η ταχύτητα του ήχου επηρεάζεται από την θερμοκρασία του αέρα, οι αισθητήρες στάθμης υπερήχων διαθέτουν έναν ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας. Επίσης γίνεται αυτόματη αντιστάθμιση των μετρήσεων στάθμης/απόστασης σε όλη την κλίμακα θερμοκρασίας του αισθητήρα. Ο αισθητήρας πρέπει να τοποθετείται έτσι ώστε να «βλέπει» απ' ευθείας στην επιφάνεια του υλικού και μακριά από σκάλες, σωλήνες και άλλα εμπόδια. Συνιστάται μια απόσταση 30 cm από το πλευρικό τοίχωμα για κάθε 3 m βάθους. Η ανεπιθύμητη ηχώ από αναδευτήρες (που κινούνται κάτω από τον αισθητήρα) από αναταραχές και κύματα φιλτράρονται και αγνοούνται από το όργανο. Υπάρχουν διάφοροι τύποι από απλούς μεταδότες στάθμης 4-20mA μέχρι έξυπνα συστήματα επιτήρησης, ελέγχου και καταγραφής.<sup>23</sup>

Παραδείγματα αισθητήρων Συνεχής Στάθμης είναι:

<sup>23</sup>Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Αισθητήρες Συνεχούς Μέτρησης](#)

- Χωρητικότητας
- Υπερήχων
- Πίεσης



Εικόνα 3.26 : Έλεγχος σημείου στάθμης χωρίς επαφή με αισθητήρα

Μερικές **εφαρμογές** με αισθητήρες συνεχούς στάθμης (συνεχής μέτρηση) είναι : τα ελαία, γαλακτώματα ψυκτικών, υγρά καθαρισμού, νερό και υδατικά διαλύματα, απόβλητα, ημίρρευστα και υγρά με αιωρούμενα σωματίδια, βιομηχανία τροφίμων, αλλά και στον τομέα υγιεινής. Ιδιαίτερα χαρακτηριστικό του αισθητήρα είναι η προστασία υπερχείλισης αλλά και επιτήρηση διαρροών. Κατά τη συνεχή μέτρηση, το ύψος της στάθμης ανιχνεύεται γραμμικά, μετατρέπεται σε ένα ηλεκτρικό σήμα και παρουσιάζεται στην ένδειξη.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> [http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/040\\_040\\_030.html](http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/040_040_030.html)



Εικόνα 3.27 : Αισθητήρας συνεχούς στάθμης (συνεχής μέτρηση)

### 3.8. 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.<sup>25</sup>



Εικόνα 3.28 : Αισθητήρας υγρασίας εδάφους

<sup>25</sup> Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Αισθητήρες Υγρασίας](#)

### 3.9. Παράδειγμα Αξιοποίησης Εφαρμογών

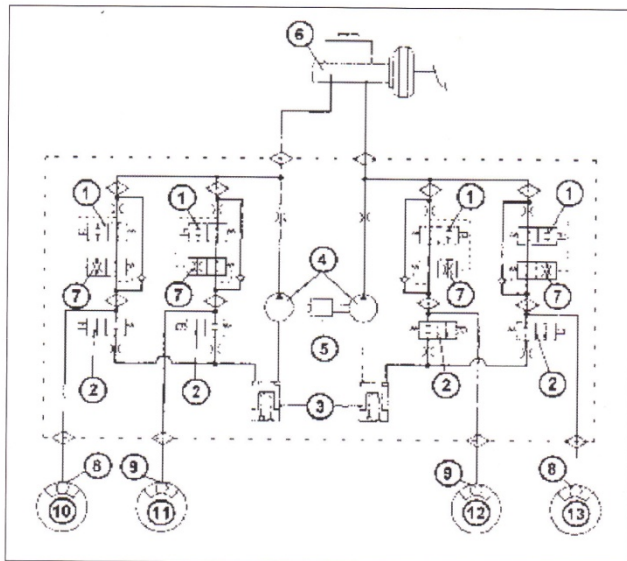
Μια εφαρμογή που μπορούμε να αναφέρουμε είναι το αυτοκίνητο, που με την πάροδο του χρόνου θα εξελίσσεται συνέχεια. Τα σύγχρονα αυτοκίνητα αποτελούν μικρά δίκτυα υπολογιστών επάνω σε τέσσερις ρόδες, στα οποία οι πάσης φύσεως αισθητήρες αποτελούν τους διαμεσολαβητές με τον πραγματικό χρόνο. Οι αισθητήρες των οχημάτων είναι απαραίτητο να ανταποκρίνονται σε ιδιαίτερα αυστηρές προδιαγραφές.

Ο στόχος της αυτοκινητοβιομηχανίας (μέσω των αισθητήρων), είναι το κάθε μέρος του οχήματος να είναι ενήμερο για το τι κάνουν τα υπόλοιπα. Εν συνεχεία θα αναλύσουμε κάποιους από τους αισθητήρες που έχουν εφαρμοστεί στο αυτοκίνητο.<sup>26</sup>

- **ABS (Anti-Lock Braking System / Σύστημα Αποφυγής Μπλοκαρίσματος Τροχών):** Η πίεση στα τακάκια του κάθε τροχού ελέγχεται ηλεκτρονικά και ελαττώνεται ούτως ώστε να αποτρέπεται το μπλοκάρισμα των τροχών, με σκοπό τον καλύτερο έλεγχο του οχήματος. Τα τελευταία μοντέλα χρησιμοποιούν ABS με 4 αισθητήρες ταχύτητας τροχών και διαμόρφωση τριών ή τεσσάρων καναλιών: Η διαμόρφωση τριών καναλιών παρέχει έλεγχο ABS για κάθε μπροστινό τροχό ξεχωριστά και για τους πίσω μαζί, σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας "Χαμηλή Επιλογή". Η αρχή λειτουργίας "Χαμηλή Επιλογή" σημαίνει ότι η στρατηγική ελέγχου του ABS που ρυθμίζει την πίεση των φρένων και για τους δύο πίσω τροχούς καθορίζεται από τον τροχό που έχει την τάση να μπλοκάρει πρώτος. Η ιδέα πίσω από αυτή τη στρατηγική είναι να εξασφαλίζει τη σταθερότητα του αυτοκινήτου σε κάθε περίπτωση επειδή αυτή εξαρτάται κυρίως από την ικανότητα κίνησης σε ευθεία των πίσω τροχών. Όλα τα σύγχρονα μοντέλα χρησιμοποιούν τη διαμόρφωση "Χαμηλή Επιλογή" ως στρατηγική ελέγχου του ABS για τους πίσω τροχούς. Χρησιμοποιείται σε μοντέλα με κίνηση στους πίσω τροχούς. Η διαμόρφωση τεσσάρων καναλιών επιτρέπει ξεχωριστό έλεγχο της πίεσης φρένων για κάθε τροχό. Αυτό απαιτείται όταν το σύστημα των φρένων έχει διαγώνιο διαχωρισμό, όπως συμβαίνει σε μοντέλα με κίνηση στους μπροστινούς τροχούς. Κατά τη λειτουργία του ABS οι ηλεκτροβαλβίδες στην υδραυλική μονάδα (HU) του πίσω άξονα ελέγχονται μαζί ακολουθώντας επίσης την αρχή λειτουργίας "Χαμηλή Επιλογή". Σε περίπτωση βλάβης ανάβει η λυχνία ελέγχου του ABS και πρέπει να ελεγχθεί η μνήμη κωδικών βλάβης της μονάδας ελέγχου του ABS για αποθηκευμένους κωδικούς βλάβης ABS με διαμόρφωση τεσσάρων καναλιών.

---

<sup>26</sup> Το άρθρο του Helmeth Lemme με τίτλο «Αισθητήρες Αυτοκινήτων : Αισθητήρια Όργανα για οχήματα κάθε μορφής» είναι αναρτημένο στην σελίδα: [http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires\\_autokinitwn.pdf](http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires_autokinitwn.pdf)



### Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος του σύγχρονου ABS

ABS του Premacy

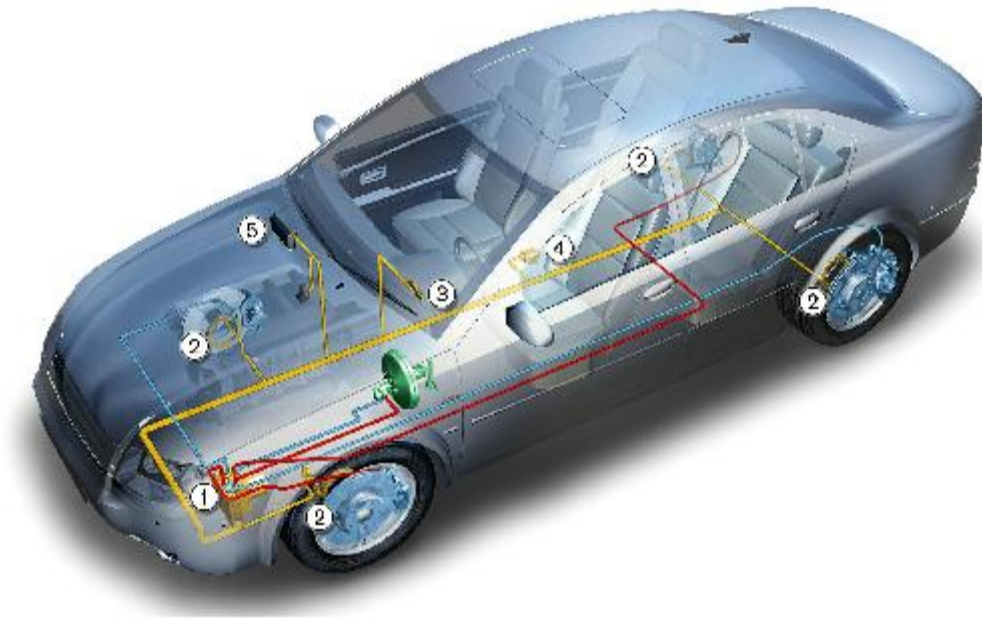
- 1 Βαλβίδα εισαγωγής
- 2 Βαλβίδα εξαγωγής
- 3 Δοχείο υγρού
- 4 Αντλία
- 5 Μοτέρ ABS
- 6 Κύρια τρόμπα φρένων
- 7 Βαλβίδα ελέγχου ροής
- 8 Δαγκάνα φρένων
- 9 Έμβολο τροχού
- 10 Μπροστινό δεξί φρένο
- 11 Πίσω αριστερό φρένο
- 12 Πίσω δεξιά φρένο
- 13 Μπροστινό αριστερό φρένο
- 14 Υδραυλική μονάδα

Εικόνα 3.29 : Διάγραμμα υδραυλικού κυκλώματος του σύγχρονου ABS

Επίσης μια εξελιγμένη μορφή του ABS είναι το ASR (Acceleration Slip Regulation, “Traction Control”, / Έλεγχος Πρόσφυσης. Το 1986 κυκλοφόρησε στην αγορά το σύστημα αντιολίσθησης ASR, πρώτα για επαγγελματικά αυτοκίνητα, και το 1987 και για επιβατικά αυτοκίνητα. Το ASR συμπληρώνει τη λειτουργία του ABS. Κατά την εκκίνηση και την επιτάχυνση το ASR εμποδίζει την διολίσθηση των τροχών κίνησης με μια ανάλογη επέμβαση στον κινητήρα και ενδεχομένως και με υποστηρικτικές επεμβάσεις πέδησης στον τροχό που διολισθαίνει. Έτσι προκύπτει καλύτερη έλξη (προώθηση) και αυξημένη ασφάλεια οδήγησης.<sup>27</sup>

- **ESP (Electronic Stability Program / Πρόγραμμα Ηλεκτρονικής Ευσταθείας:** Αποτρέπει την πλαγιολίσθηση με σκοπό να διατηρήσει το όχημα στην επιθυμητή από τον οδηγό πορεία. Τα μέρη ενός συστήματος ESP είναι : 1) Υδραυλικό σύστημα με προσαρτούμενη συσκευή ελέγχου , 2) Αισθητήρες αριθμού στροφών, 3) Αισθητήρες γωνίας διεύθυνσης, 4) Αισθητήρας εκτροπής και εγκάρσιας επιτάχυνσης και 5) Επικοινωνία και διαχείριση κινητήρα.

<sup>27</sup> [http://rb-kwin.bosch.com/el/el/safety\\_comfort/drivingsafety/abs/tcs.html](http://rb-kwin.bosch.com/el/el/safety_comfort/drivingsafety/abs/tcs.html)



Εικόνα 3.30 : Ηλεκτρονικό Πρόγραμμα Ευστάθειας (ESP)

- **ACC (Adaptive Cruise Control / Προσαρμοζόμενος Έλεγχος Ταξιδιού:** Αυτόματη διατήρηση της βέλτιστης απόστασης από προπορευόμενο όχημα, σύμφωνα πάντα με την τρέχουσα ταχύτητα του οχήματος. Στο σύστημα Προσαρμοζόμενου Έλεγχου Ταξιδιού, υπάρχουν τέσσερα επικαλυπτόμενα ραντάρ τα οποία σαρώνουν την περιοχή εμπρός από το όχημα, με εμβέλεια μέτρησης μέχρι διακόσια μέτρα όπως και επίσης, είναι σε θέση να διαχωρίσει και διαφορετικά οχήματα εντός της περιοχής που καλύπτει.<sup>28</sup>
- **Αυτόματη Διατήρηση των Αποστάσεων Ασφαλείας.** Για την μέτρηση της απόστασης από το προπορευόμενο όχημα υπάρχουν αισθητήρες ραντάρ οι οποίοι λειτουργούν με μικροκύματα στην περιοχή των 76 – 77 GHz. Η εκπεμπόμενη δέσμη είναι ιδιαίτερα στενή ώστε να αποφεύγεται η οποιαδήποτε παρεμβολή από αντικείμενα που βρίσκονται στο πλάι του δρόμου.<sup>29</sup>
- **Αισθητήρας Λάμδα.** Ελαχιστοποίησης της εκπομπής βλαβερών ρύπων, μέσω παρακολούθησης των αερίων στην εξαγωγή και κατάλληλη ρύθμιση του μείγματος αέρα/καυσίμου. Η ελαχιστοποίηση των εκπεμπόμενων ρύπων (αισθητήρας λάμδα), όπου προϋποθέτει την διατήρηση ενός βέλτιστου λόγου αέρα/καυσίμου (λάμδα) στο μείγμα που εισάγουμε προς καύση στον κινητήρα. Οι αισθητήρες λάμδα που βρίσκεται στην εξάτμιση είναι στην ουσία ένας αισθητήρας οξυγόνου ο οποίος βασίζεται στην αρχή μεταφοράς

<sup>28</sup> Το άρθρο του Helmeth Lemme με τίτλο «Αισθητήρες Αυτοκινήτων : Αισθητήρια Όργανα για οχήματα κάθε μορφής» είναι αναρτημένο στην

σελιδα::[http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires\\_autokinitwn.pdf](http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires_autokinitwn.pdf)

<sup>29,30</sup> Το άρθρο του Helmeth Lemme με τίτλο «Αισθητήρες Αυτοκινήτων : Αισθητήρια Όργανα για οχήματα κάθε μορφής» είναι αναρτημένο στην

σελιδα::[http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires\\_autokinitwn.pdf](http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires_autokinitwn.pdf)

ιόντων σε ένα στερεό ηλεκτρολύτη. Το σήμα που προκύπτει από τον αισθητήρα λάμδα χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει το μείγμα καυσίμου/αέρα που τροφοδοτεί τον κινητήρα. Τα τελευταία χρόνια και οι αισθητήρες λάμδα έχουν εξελχτεί σε ιδιαίτερα σύνθετες μονάδες οι οποίες διατίθενται σε διάφορες εκδόσεις που αντιστοιχούν σε διάφορες απαιτήσεις χρήσης.<sup>30</sup>

- **Ο Αερόσακος (airbag)**, γνωστό και ως συμπληρωματικό σύστημα συγκράτησης (**supplementary restraint system / S.R.S.**), είναι ένα σύστημα παθητικής ασφάλειας των νεότερων και σύγχρονων αυτοκινήτων. Περιλαμβάνει έναν σάκο, σχεδιασμένο κατάλληλα έτσι ώστε κατά τη διάρκεια μιας πρόσκρουσης να φουσκώνει μπροστά ή στο πλάι του οδηγού και των επιβατών και να προστατεύει τους επιβαίνοντες στο όχημα από βίαια χτυπήματα στο τιμόνι και στις εσωτερικές επιφάνειες του αυτοκινήτου. Στα πιο σύγχρονα αυτοκίνητα, το σύστημα αυτό αποτελείται πλέον από ένα μεγάλο αριθμό τέτοιων αερόσακων, οι οποίοι και ελέγχονται πλήρως από μία Κεντρική Ηλεκτρονική Μονάδα, με σκοπό την προστασία από πολλά ενδεχόμενα είδη πρόσκρουσης. Ο αερόσακος κατασκευάζεται από λεπτό ύφασμα πολυμερούς υλικού και συγκεκριμένα από πολυαμίδη. Η χωρητικότητα του αερόσακου του οδηγού είναι 35 - 60 λίτρα, ενώ του συνοδηγού είναι 60 - 100 λίτρα και βρίσκεται διπλωμένος κάτω από το κάλυμμα του τιμονιού για τον οδηγό και μέσα στο ταμπλό για το συνοδηγό. Κατά τη σύγκρουση γεμίζει με αέριο (Αζωτο ή Αργό) και φουσκώνει. Μετά το αρχικό άνοιγμα, αρχίζει να ξεφουσκώνει λόγω διαφυγής του αερίου στην ατμόσφαιρα μέσω οπών που φέρει ο αερόσακος στο πίσω μέρος του, για να μην υπάρχει κίνδυνος συμπίεσης των επιβαινόντων από αυτόν.<sup>31</sup>



Εικόνα 3.31 : Εμπρόσθιοι αερόσακοι οδηγού και συνοδηγού

---

<sup>31</sup> Άρθρο από το Wikipedia, [Αερόσακος](#)

Επίσης, το σύστημα του αερόσακου περιλαμβάνει ένα σύνολο από αισθητήρες, όπως:

1. Ένας αισθητήρας ανατροπής (angular rate sensor), βρίσκεται ενσωματωμένος εντός της Η.Μ.Ε. σε νεότερης γενιάς συστήματα αερόσακων και μετράει το ρυθμό περιστροφής του οχήματος γύρω από τον διαμήκη άξονα.
2. Αισθητήρες ή διακόπτες στη θήκη των ζωνών ασφαλείας, για ανίχνευση πρόσδεσης ή μη των ζωνών ανάσχεσης (ζώνες ασφαλείας).
3. Αισθητήρας στην ράγα του καθίσματος, για την εμπρός-πίσω ρύθμιση του (απόσταση από τιμόνι-ταμπλό).
4. Αισθητήρες πίεσης, τοποθετούνται στα καθίσματα οδηγού/συνοδηγού και ανιχνεύουν το βάρος και την ύπαρξη επιβάτη, ώστε η Η.Μ.Ε. να γνωρίζει την ύπαρξη επιβάτη και το βάρος αυτού.
5. Τέλος μία κάμερα, τοποθετημένη σε σημείο κοντά στον εσωτερικό καθρέπτη, ανιχνεύει αφενός την κίνηση των επιβατών κοντά στην κρίσιμη ζώνη ανοίγματος του αερόσακου και αφετέρου ανιχνεύει την ύπαρξη παιδικών καθισμάτων και τον όγκο επιβατών για κάθε επιβάτη των εμπρόσθιων καθισμάτων ξεχωριστά.

Επιπλέον όσον αφορά για τις πλευρικές προσκρούσεις, υπάρχουν αισθητήρες πίεσης στα πλαϊνά του οχήματος (πχ πόρτες) ή αισθητήρες επιτάχυνσης δυο αξόνων.



Εικόνα 3.32 : Κεντρική Ηλεκτρονική Μονάδα Επεξεργασίας Αερόσακου.

- **“Εξυπνα Παράθυρα”**. Το άνοιγμα ενός παραθύρου στην περίπτωση όπου αυτό είναι αδύνατον να κλείσει χωρίς να αντιμετωπίζει αντίσταση (πχ σε περίπτωση όπου έχει σφηνώσει κάποιο δάκτυλο). Τα ηλεκτρικά παράθυρα και ηλιοροφές διαθέτουν αισθητήρες οι οποίοι ανιχνεύουν την αντίσταση κατά



την διαδικασία κλεισίματος. Αυτό γίνεται λόγω του κινδύνου που υπάρχει να σφηνώσει στην διαδρομή του παραθύρου κάποιο ανθρώπινο μέλος, ειδικά μάλιστα στην περίπτωση των παιδιών που παίζουν ανέμελα με τα παράθυρα ή την ηλιοροφή. Τόσο τα παράθυρα όσο και η ηλιοροφή θα πρέπει στην περίπτωση όπου αντιμετωπίζουν αντίσταση, να ανοίγουν τελείως αυτόματα. Έτσι, ο αισθητήρας που χρησιμοποιείται είναι ένας διπλός αισθητήρας Hall οποίος περιλαμβάνει δυο στοιχειά φαινομένου Hall σε ένα ολοκληρωμένο. Τα στοιχειά αυτά είναι σε θέση να προσδιορίσουν την θέση και την κατεύθυνση της κίνησης.<sup>32</sup>

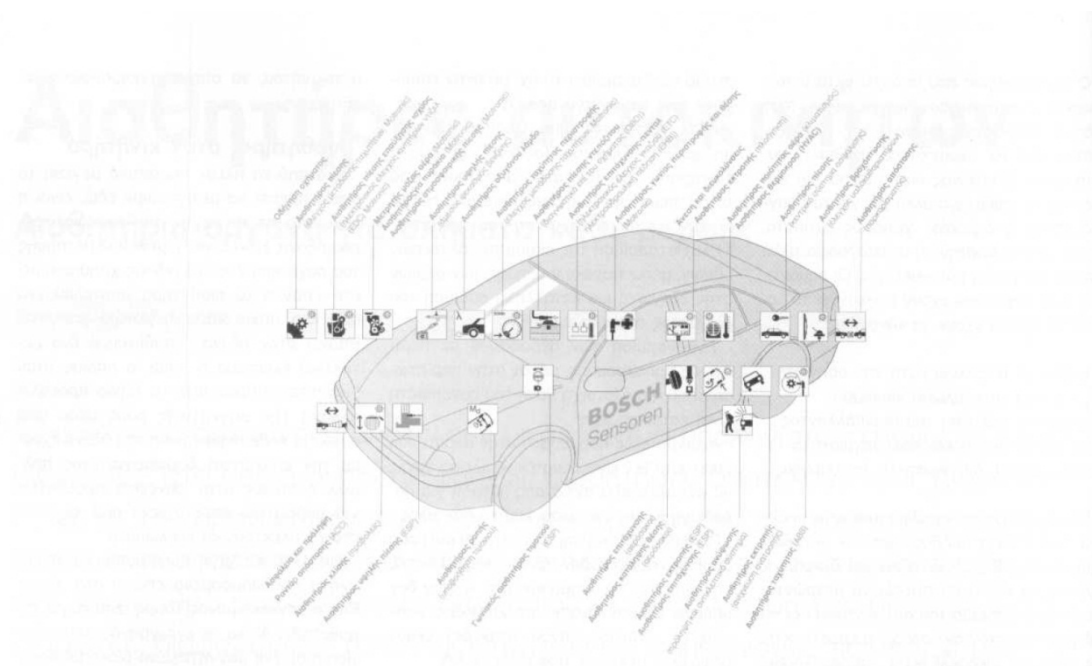
- **Αισθητήρας Πίεσης Ελαστικών και Θερμοκρασίας.** Τα ελαστικά ανήκουν στα πλέον σημαντικά μέρη σχετικά με την ασφάλεια. Οι καταστροφές των ελαστικών έχει θεωρηθεί υπεύθυνη για αναρίθμητα ατυχήματα. Η χαμηλή πίεση είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη, διότι η υπερβολική πλευρική παραμόρφωση είναι δυνατόν να οδηγήσει σε υπερθέρμανση και καταστροφή. Σε περίπτωση απώλειας της πίεσης στα ελαστικά, τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου είναι σε θέση να εξασφαλίσουν την κατάλληλη προειδοποίηση με ασφάλεια. Όμως από τις αυτοκινητο-βιομηχανίες τέθηκε ένα πρόβλημα όσον αφορά με την μεταφορά της πληροφορίας από τον περιστρεφόμενο τροχό, σε σχέση με το σταθερό σασί. Στην αρχή, χρησιμοποιήσαν το σύστημα ασύρματης μεταφοράς της πληροφορίας όπου, οι αισθητήρες πίεσης και θερμοκρασίας συνδέονται με ένα πομπό στο εσωτερικό του ελαστικού και οι μετρήσεις αποστέλλονται μέσω ραδιοκυμάτων. Οι πρώτες εκδόσεις των συστημάτων αυτών τροφοδοτούνταν από μπαταρίες λιθίου, αλλά είναι προφανές ότι για λόγους συντήρησης μας εξυπηρετούν ιδιαίτερα τα συστήματα που δεν χρησιμοποιούν καθόλου μπαταρίες. Στην πορεία, τα σύγχρονα συστήματα λειτουργούν χωρίς μπαταρίες και χρησιμοποιούν πομπούς επιφανειακών ηχητικών σημάτων οι οποίοι λαμβάνουν την απαιτούμενη ισχύ από το πεδίο RF.<sup>33</sup>
- **Αισθητήρας Ανίχνευση βροχής.** Οι αισθητήρες βροχής λειτουργούν οπτικά και χρησιμοποιούν ένα συνδυασμό από LED και φωτοδιόδους υπερύθρων. Οι χαρακτηριστικές ανάκλασης της επιφάνειας του παρμπρίζ του αυτοκινήτου είναι διαφορετικές όταν αυτό είναι στεγνό και διαφορετικές όταν αυτό είναι υγρό. Σύμφωνα λοιπόν με την μετρούμενη ποσότητα βροχόπτωσης, είναι δυνατόν να ρυθμίσουμε ακόμη και την ταχύτητα σάρωσης των υαλοκαθαριστήρων.<sup>34</sup>
- **Αισθητήρας Εξωτερικής Θερμοκρασίας.** Η ένδειξη εξωτερικής θερμοκρασίας στον πίνακα των οργάνων είναι πολύ σημαντική, ιδιαίτερα το χειμώνα. Τα περισσότερα από τα σύγχρονα αυτοκίνητα διαθέτουν τους αισθητήρες εξωτερικής θερμοκρασίας μαζί με το αντίστοιχο σύστημα

---

<sup>32,33,34</sup> Το άρθρο του Helmeth Lemme με τίτλο «Αισθητήρες Αυτοκινήτων : Αισθητήρια Όργανα για οχήματα κάθε μορφής» είναι αναρτημένο στην σελίδα: [http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires\\_autokinitwn.pdf](http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires_autokinitwn.pdf)

προειδοποίησης για ενδεχόμενη “παρουσία” πάγου στο οδόστρωμα. Η στήριξη των συγκεκριμένων αισθητήρων γίνεται αρκετά μακριά από τον κινητήρα του οχήματος αλλά και από το σύστημα της εξάτμισης έτσι ώστε οι ενδείξεις τους να μην επηρεάζονται από την θερμοκρασία που αυτά εκπέμπουν.<sup>35</sup>

- **Αισθητήρες Παρκαρίσματος.** Πιεζοηλεκτρικοί ταλαντωτές τοποθετημένοι στον προφυλακτήρα εκπέμπουν υπερηχητικούς παλμούς και λαμβάνουν την ανάκλαση των παλμών αυτών. Το εύρος μέτρησης είναι περίπου τρία μέτρα.<sup>36</sup>

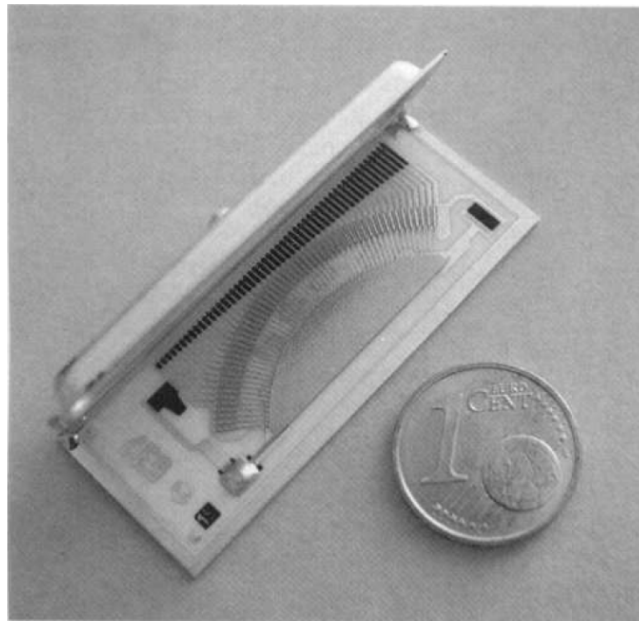


Εικόνα 3.33 : Αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο εύρος συστημάτων του οχήματος

**Αισθητήρας μέτρηση στάθμης του καυσίμου.** Η αξιόπιστη μέτρηση στάθμης του καυσίμου όπου σαν μέθοδος μέτρησης στάθμης, χρησιμοποιεί ένα πλωτήριο μέσα στο ντεπόζιτο, ο οποίος μέσω ενός βραχίονα συνδέεται με ένα ποτενσιόμετρο όπου και είναι σφραγισμένο για αν αποφευχθεί η διείσδυση του καυσίμου σε αυτό. Το μειονέκτημα αυτής της διάταξης είναι ότι με την πάροδο του χρόνου, η φθορά από τις τριβές είναι πιθανόν να οδηγήσει σε εσφαλμένες ενδείξεις. Η Siemens-VDO κατασκεύασε ένα αισθητήρα ο οποίος δεν παρουσιάζει καθόλου φθορές. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας περιλαμβάνει μια διάταξη στοιχείων επαφής που μοιάζει με μια άρπα στην οποία το κάθε στοιχείο ενεργοποιείται μαγνητικά. Στον βραχίονα που κινείται μέσω του πλωτήρα, είναι προσαρμοσμένος ένας μαγνήτης ο οποίος

<sup>35,36</sup> Το άρθρο του Helmeth Lemme με τίτλο «Αισθητήρες Αυτοκινήτων : Αισθητήρια Όργανα για οχήματα κάθε μορφής» είναι αναρτημένο στην σελίδα:[http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires\\_autokinitwn.pdf](http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires_autokinitwn.pdf)

διερχόμενος επάνω από την διάταξη της άρπας ενεργοποιεί την κάθε επαφή ξεχωριστά. Επίσης η εταιρία Morgan Electro Caremics έχει παρουσιάσει μια διαφορετική αρχή λειτουργίας, η οποία δεν χρειάζεται πλωτήρα. Σε αυτήν την εκδοχή έχουμε υπερηχητικά κύματα τα οποία εκπέμπονται από πιεζοηλεκτρικούς μορφοτροπέες που βρίσκονται στον πυθμένα του νεπόζιτου και μετρούν την στάθμη του καυσίμου. Το ύψος της στάθμης του καυσίμου προκύπτει μέσω μέτρησης του χρόνου όδευσης των ανακλώμενων κυμάτων.<sup>37</sup>



**Εικόνα 3.34 : Αισθητήρας στάθμης καυσίμου**

Τέλος, από την στιγμή που έχουν να κάνουν με την ανθρώπινη ζωή αλλά και με τη φήμη μιας ολόκληρης εταιρίας αυτοκινήτων, εξαρτάται από την αξιοπιστία τους, οι συγκεκριμένοι αισθητήρες υπόκεινται σε εξαιρετικά αυστηρές προδιαγραφές.

---

<sup>37</sup> Το άρθρο του Helmeth Lemme με τίτλο «Αισθητήρες Αυτοκινήτων : Αισθητήρια Όργανα για οχήματα κάθε μορφής» είναι αναρτημένο στην σελίδα: [http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires\\_autokinitwn.pdf](http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires_autokinitwn.pdf)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

### Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα κατηγοριοποιήσουμε τους αισθητήρες μέτρησης στάθμης ανάλογα με τις φυσικές παραμέτρους και το πώς εμπλέκεται η κάθε παράμετρος με την άλλη, θα καθορίσουμε τις τεχνικές μέτρησης που χρησιμοποιούνται περισσότερο και θα αναλύσουμε μερικούς τύπους αισθητήρα μέτρησης στάθμης.

### 4.1. Τεχνικές 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.<sup>38</sup>

Ας δούμε αρχικά μερικούς βασικούς ορισμούς στην μέτρηση στάθμης :

- 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
- Συνεχή μέτρηση : Μέτρηση της ακριβής τιμής εντός μιας μιας συγκεκριμένης περιοχής μέτρησης (πχ στάθμη καυσίμων στα αυτοκίνητα μας)

---

<sup>38</sup> Τεχνικό Άρθρο με θέμα : «Αρχές και Μέθοδοι Μέτρησης Στάθμης» [Τεχνικές Μέτρησης Στάθμης](#)

#### 4.1.1. 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 ή εν ξηρών λειτουργίας καθώς και για τήρηση κανονισμών ελαχίστου - μεγίστου ορίου στάθμης. Οι βασικές μέθοδοι και πλέον διαδεδομένες για την σημειακή μέτρηση στάθμης είναι : <sup>39</sup>

##### 1. Δονητικός διακόπτης (Vibration)

- **Αρχή Μέτρησης:** Το μετρούμενο φυσικό μέγεθος είναι η ολίσθηση συχνότητας. Ένα δίχαλο ή βέργα δονείται ηλεκτρονικά με συγκεκριμένη συχνότητα από πιεζο-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 κοκομετρία 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 κλπ.

##### 2. 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 προσθαφαιρείται 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.

<sup>39</sup> <http://www.metadosi-ischios.gr/article.php?ID=91>

χωρητικότητα). Η διηλεκτρική σταθερά ( $\epsilon_v$ ) του προς μέτρηση υλικού πρέπει να είναι περίπου μεγαλύτερη από 1,4 ( $\epsilon_v > 1,4$ ) Μερικές τιμές  $\epsilon_v$ : 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.

### 3. 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 δημιουργεί ένα σήμα εξόδου.
- **Εφαρμογές:** Συναντά εφαρμογές στον έλεγχο στάθμης, έλεγχο ελάχιστου-μέγιστου για εύκολες και χαμηλού κόστους λύσεις.

### 4. 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/cm<sup>3</sup>.
- **Εφαρμογές :** Συναντά εφαρμογές ευρείας γκάμας σε σημειακή μέτρηση στάθμης σε υγρά

### 5. Πλωτήρες (Float Switches)

- **Αρχή λειτουργίας:** 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 πτερωτής, κλπ.

#### 4.1.2. 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 κλπ. Οι βασικές μέθοδοι και πλέον διαδεδομένες για την συνεχή μέτρηση στάθμης είναι:

##### 1. 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 κλπ.

##### 2. 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 ( $\epsilon_v < 1,8$ ). 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.*

### 3. 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 κλπ.
- **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 κλπ.

### 4. 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 (Yo-Yo) κ.τ.λ.



## 4.2. Τύποι Μέτρησης Στάθμης

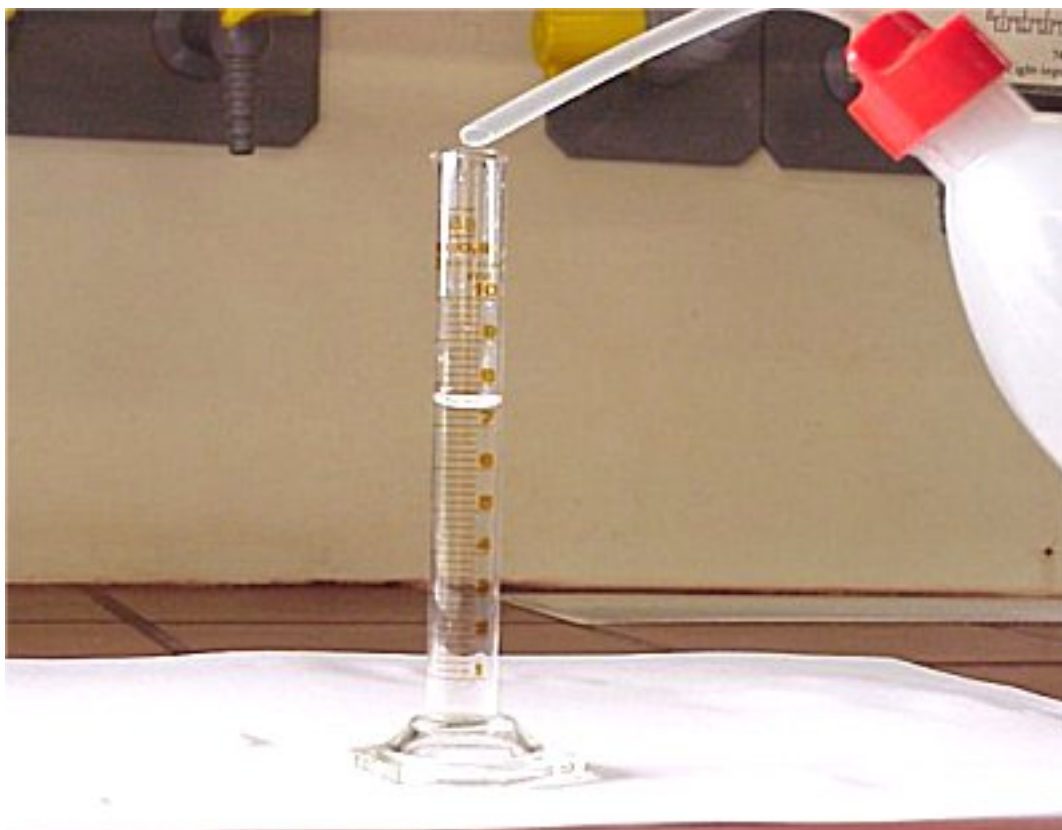
Οι φυσικές παράμετροι της στάθμης και του ύψους μπορούν να σχετιστούν με την μάζα και έτσι να μας οδηγήσουν στις ποσότητες της δύναμης και του βάρους. Παρατηρούμε ότι, όλες οι βασικές ποσότητες επηρεάζονται άμεσα από την ποσότητα του υλικού, στερεού, υγρού ή αέριου που περιέχεται σε ένα δοχείο. Παρακάτω θα μελετήσουμε κάποιες συσκευές για την μέτρηση στάθμης υγρού όπου μπορούν να βαθμονομηθούν με βάση κάποια από τις παραμέτρους αυτές. Η έννοια της ποσότητας μπορεί να εκφραστεί με την βοήθεια της στάθμης, του ύψους, του όγκου, του βάρους και της δύναμης, οι οποίες είναι διαφορετικές φυσικές παράμετροι αλλά σχετίζονται η μια με την άλλη. Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε την σχέση ανάμεσα στην στάθμη, το ύψος, τον όγκο, το βάρος και την δύναμη, ας θεωρήσουμε το δοχείο που απεικονίζεται στο σχήμα 4.1. Αυτό το απλό, ομοιόμορφου σχήματος δοχείο είναι κατασκευασμένο από ένα καθαρό υλικό, όπως γυαλί ή πλαστικό και είναι σχεδιασμένο για να χωράει ένα λίτρο νερό. Όταν το δοχείο είναι άδειο, η στάθμη του υγρού σε αυτό είναι μηδέν. Αυτό σημειώνεται στην πλευρά του δοχείου και είναι εύκολα ορατό. Με όμοιο τρόπο, όταν το δοχείο περιέχει ένα λίτρο νερό (δηλαδή γεμάτο έως επάνω), η στάθμη αντιστοιχεί στην χαραγή του ενός λίτρου που υπάρχει στην πλευρά του δοχείου και είναι επίσης εύκολα ορατή. Επειδή το δοχείο έχει ομοιόμορφη διατομή, η κλίμακα μπορεί να αποτελείται από ένα σύνολο από ισαπέχουσες χαραγές, στην πλευρά του δοχείου, οι οποίες θα αντιστοιχούν σε εύχρηστες ποσότητες υγρού. **Αυτό το είδος κλίμακας ονομάζεται γραμμική και περιλαμβάνει ισαπέχουσες ενδείξεις. Οι χαραγές ονομάζονται ενδείξεις βαθμονόμησης, επειδή αντιστοιχούν σε κάποια προκαθορισμένη ποσότητα.** Μια γραμμική κλίμακα είναι χρήσιμη όταν θέλουμε να προσδιορίσουμε το ύψος μιας στάθμης που βρίσκεται μεταξύ δυο διαδοχικών χαραγών. Εναλλακτικά το δοχείο θα πρέπει να βαθμονομηθεί έτσι ώστε κάθε χαραγή να αντιστοιχεί στο ύψος, ή βάθος του υγρού σε χιλιοστόμετρα για παράδειγμα. Οι χαραγές θα πρέπει να βαθμονομηθούν σε μονάδες όγκου για παράδειγμα σε  $\text{mm}^3$ . Η επιλογή των μονάδων εξαρτάται από την πληροφορία που θέλουμε να έχουμε και καθορίζεται από την εκάστοτε εφαρμογή. Στην πράξη όταν είναι γνώστες οι διαστάσεις του δοχείου, τότε οι θέσεις των ενδείξεων βαθμονόμησης μπορούν να υπολογιστούν εύκολα. Μερικές φορές είναι εύκολο να βαθμονομήσουμε ένα δοχείο προσθέτοντας σε αυτό κάποια γνωστής ποσότητας υγρού και σημειώνοντας μια χαραγή στο ύψος όπου ανεβαίνει η στάθμη κάθε φορά. Ο ογκομετρικός κύλινδρος αποτελεί ένα παράδειγμα μεθόδου για την μέτρηση της ποσότητας ενός υγρού και μπορεί να βαθμονομηθεί με βάση διάφορες παραμέτρους.



Εικόνα 4.1 : Ογκομετρικός Κύλινδρος

#### 4.2.1. Δοχείο Παρατήρησης (Sight Glass)

Το δοχείο παρατήρησης είναι μια απλή και ανέξοδη μέθοδος για τη μέτρηση της στάθμης του υγρού σε ένα δοχείο. Έχει παρόμοια αρχή με τον ογκομετρικό κύλινδρο αλλά επιτρέπει τη χρήση αδιαφανών υλικών για την κατασκευή του δοχείου επομένως τη δημιουργία ανθεκτικότερων και φθηνότερων κατασκευών. Η ακρίβεια του αποτελέσματος εξαρτάται από την ικανότητα του αναγνώστη και το βαθμό ακρίβειας της χαραγμένης κλίμακας στη γυάλινη στήλη παρατήρησης. Το είδος του υγρού στο δοχείο και η διάμετρος της στήλης παρατήρησης επηρεάζουν επίσης την ακρίβεια της μεθόδου. Επομένως τα δοχεία παρατήρησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές όπου δεν είναι απαραίτητη η υψηλή ακρίβεια, όπως είναι η αποθήκευση πετρελαίου σε δεξαμενές ή σε οικιακές κουζίνες πετρελαίου.



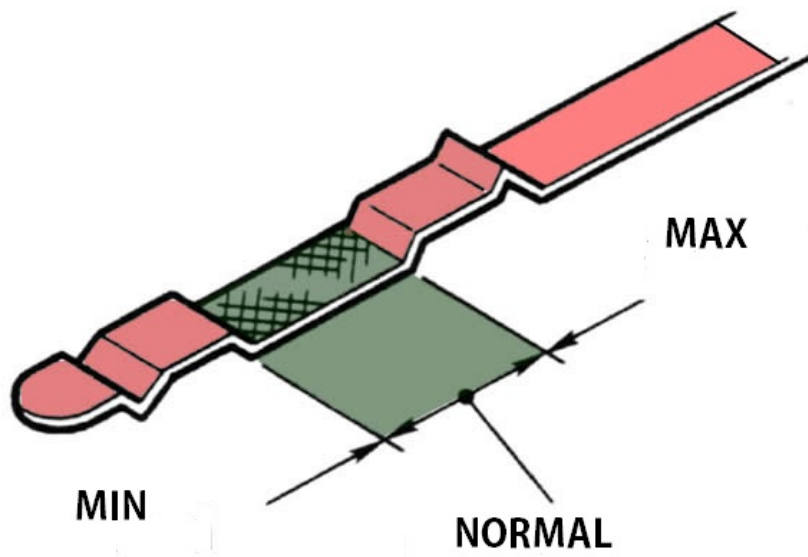
Εικόνα 4.2 : Δοχείο Παρατήρησης

#### 4.2.2. Ράβδος Βυθομέτρησης (Dipstick)

Η ράβδος βυθομέτρησης είναι μια απλή και φθηνή μέθοδος για τον προσδιορισμό της στάθμης ενός υγρού. Η ράβδος βυθομέτρησης αποτελείται από μια λεπτή ράβδο που έχει χαραγμένη επάνω της μια κλίμακα, και βυθίζεται κάθετα μέσα στην δεξαμενή, μέσα στο υγρό, μέχρις ότου συναντήσει τη βάση της. Στη συνέχεια αποσύρεται η ράβδος από την δεξαμενή και τότε επικάθεται ένα λεπτό στρώμα από το υγρό επάνω της, οπότε ελέγχοντας μέχρι που έχει φτάσει το υγρό, προσδιορίζουμε το ύψος της στάθμης με την βοήθεια της κλίμακας. Αυτό το όργανο μέτρησης λειτουργεί ουσιαστικά όπως ο ογκομετρικός κύλινδρος που έχει στην πλευρά του μια κλίμακα βαθμονόμησης. Αντί να είναι μόνιμα στερεωμένη στην πλευρά της δεξαμενής ή του δοχείου, η κλίμακα άδω έχει τοποθετηθεί σε μια μη-μόνιμη ράβδο, βελόνα ή βραχίονα. Για μερικές εφαρμογές, όπως στις ράβδους που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της στάθμης πετρελαίου, η κλίμακα είναι βαθμονομημένη σε μονάδες όγκου για να δείχτει το ποσό που υπάρχει. Στην περίπτωση των ράβδων βυθομέτρησης που υπάρχουν στις μηχανές των αυτοκινήτων, η κλίμακα έχει συνήθως δυο χαραγές, την χαραγή MAX και την χαραγή MIN, όπου MAX : δείχνει τη μέγιστη επιτρεπτή στάθμη λαδιού και MIN : δείχνει την ελάχιστη επιτρεπτή στάθμη λαδιού. Όσο η στάθμη του λαδιού ευρίσκεται μεταξύ δυο ορίων, τότε υπάρχει αποδεκτή ποσότητα λαδιού λιπάνσεως στη μηχανή.



Εικόνα 4.3 : Ράβδος Βυθομέτρησης



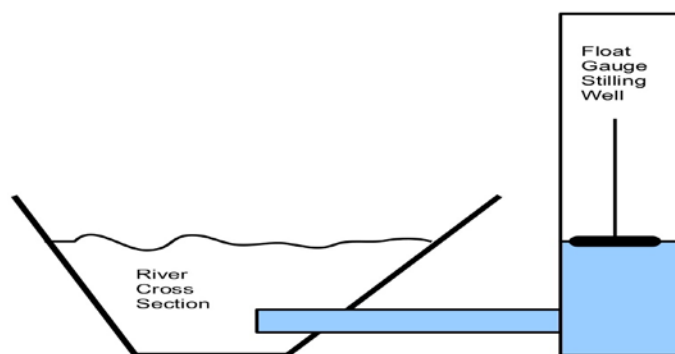
Εικόνα 4.4 : Κλίμακα Ράβδου Βυθομέτρησης

### 4.2.3. Μετρητές με Πλωτήρα (Float-Operated Gauges)

Υπάρχουν δύο κύρια είδη μετρητών με πλωτήρα : ο μετρητής με αντίβαρο και ο ηλεκτρικός μετρητής.

#### 1. Μετρητής με Αντίβαρο (Counterweight)

Η αρχή μέτρησης του μετρητή με πλωτήρα και αντίβαρο είναι, η κίνηση του πλωτήρα να ακολουθεί τη μεταβαλλόμενη στάθμη του υγρού και επομένως κινεί την ενδεικτική βελόνα. Η κλίμακα μπορεί να βαθμονομηθεί σε μονάδες όγκου ή μάζας. Επίσης, μπορούν να ληφθούν ακριβείς ενδείξεις αλλά αυτό εξαρτάται από το μήκος της κλίμακας και το πλήθος χαραγών που υπάρχουν σε αυτή.



Εικόνα 4.5 : Μετρητής με Αντίβαρο

#### 2. Ηλεκτρικός Μετρητής

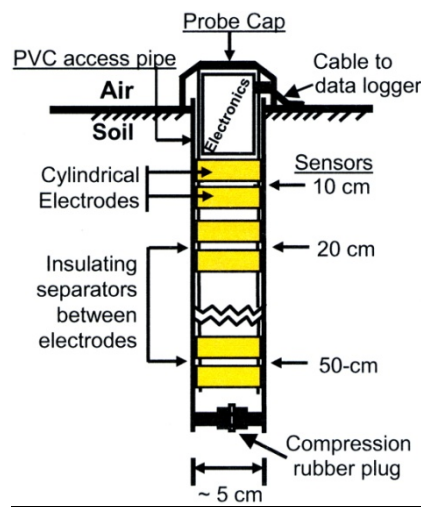
Ο πλωτήρας με ηλεκτρικό μετρητή είναι σχεδιασμένος ώστε να ακολουθεί τη μεταβαλλόμενη στάθμη του υγρού όταν αυτή αλλάζει, δηλαδή, η κίνηση του πλωτήρα προκαλεί μια γωνιακή μετατόπιση της κινητής επαφής, που συνδέεται στο κέντρο του ποτενσιόμετρου. Αυτό αλλάζει τη διαφορά δυναμικού και δημιουργεί μια ένδειξη τάσης που είναι ανάλογη της στάθμης του υγρού. Η κλίμακα του βολτομέτρου μπορεί να βαθμονομηθεί σε μονάδες όγκου, μάζας ή ύψους. Επειδή το σήμα που δημιουργείται είναι ηλεκτρικό, μπορεί να ρυθμιστεί για τη λήψη ενδείξεων, καταγραφών και απεικόνισης από απόσταση, καθώς και να χρησιμοποιηθεί ως σήμα ανάδρασης από ένα σύστημα έλεγχου.



Εικόνα 4.6 : Ηλεκτρικός Μετρητής

#### 4.2.4. Βελόνες Χωρητικότητας (Capacitance Probes)

Η χρήση των βελόνων χωρητικότητας ( ή μετρητές χωρητικότητας), είναι εκφύσεις ασφαλής και έτσι αυτές χρησιμοποιούνται για να καταγράφουν τη στάθμη των καυσίμων στα αεροπλάνα. **Ο αισθητήρας αυτός αποτελείται από δυο κυλινδρικούς σωλήνες, που ευρίσκονται ο ένας μέσα στον άλλον και σχηματίζουν έναν πυκνωτή στο εσωτερικό της δεξαμενής καύσιμου.** Το κενό μεταξύ του εσωτερικού και εξωτερικού οπλισμού είναι κανονικά αέρας, αλλά όσο ανεβαίνει η στάθμη του υγρού, γεμίζει το υγρό. Εάν γεμίσει η δεξαμενή η χωρητικότητα θα αλλάξει καθώς το καύσιμο έχει υψηλότερη διηλεκτρική σταθερά από τον αέρα. Εάν η δεξαμενή είναι μερικώς γεμάτη, η χωρητικότητα θα αλλάξει ανάλογα με το ύψος της στάθμης του καυσίμου στη δεξαμενή. Καθώς η στάθμη του καυσίμου ανεβαίνει και κατεβαίνει, η πρόσθετη χωρητικότητα λόγω ύπαρξης του καυσίμου αυξάνει και μειώνεται με ανάλογο τρόπο. Έτσι οποιαδήποτε αλλαγή της χωρητικότητας μπορεί να προκαλέσει μια αλλαγή στην τάση εξόδου, η οποία μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για να ενεργοποιήσει μια οθόνη ή ένα μετρητή, καθώς και να καθοδηγήσει μια συσκευή έλεγχου. Τέλος επειδή ο περιβάλλον χώρος περιέχει καύσιμο, κατά τη σχεδίαση μια τέτοιας βελόνης χωρητικότητας θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη παράγοντες διάβρωσης και πιθανής διαρροής.

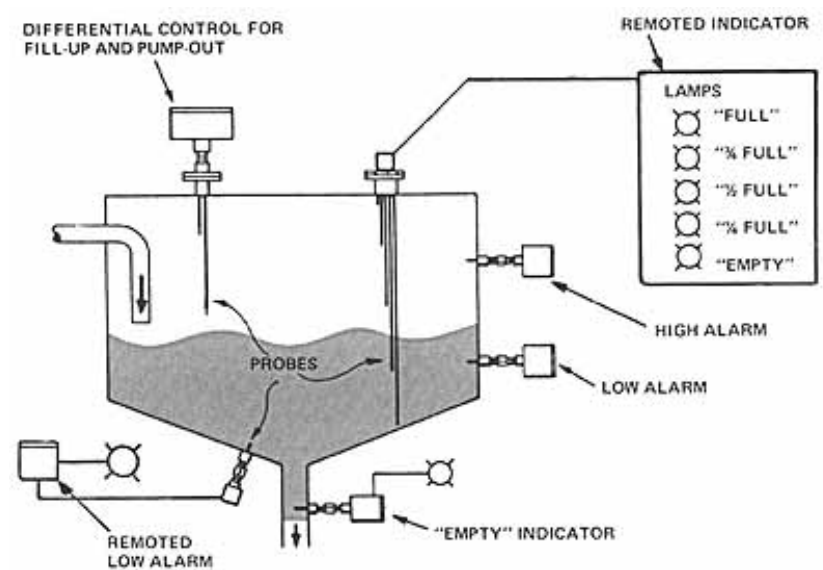


Εικόνα 4.7 : Βελόνα Χωρητικότητας

#### 4.2.5. Βελόνη Αγωγιμότητας (Conductance Probe)

Η αρχή μέτρησης της βελόνης αγωγιμότητας είναι παρόμοια με την βελόνη χωρητικότητας δηλαδή, αντί να μετρούμε αλλαγές χωρητικότητας, μετράμε αλλαγές της αντίστασης ενός ηλεκτρικά αγώγιμου ρευστού. Η βελόνη αγωγιμότητας αντιλαμβάνεται την αλλαγή στην αντίσταση μεταξύ δυο ηλεκτροδίων, καθώς μεταβάλλεται η στάθμη του υγρού. Το όργανο μετρά την αλλαγή της αντίστασης και μπορεί να βαθμονομηθεί σε κατάλληλες μονάδες για να λειτουργήσει ως δείκτης της στάθμης ή της ποσότητας, καθώς και να συνδέεται με μια συσκευή ελέγχου. Όταν χρησιμοποιούμε μια βελόνη αγωγιμότητας πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη παράγοντες, όπως η διάβρωση, η διαρροή και η αγωγιμότητα του υγρού που μετριέται. Οι περιβαλλοντικές αλλαγές, όπως η θερμοκρασία, επηρεάζουν την αγωγιμότητα του υγρού και επομένως το σύστημα μέτρησης, όπως μπορεί και η ύπαρξη προσμίξεων και η αλλαγή της χημικής σύνθεσης του υγρού. Επίσης επειδή υπάρχει μια διαφορά δυναμικού, σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να σημειωθεί εκκένωση τόξου μεταξύ των δυο ακρών των βελονών, εάν αυτές παραμείνουν

ακάλυπτες. Αυτό αποτελεί ένα σημαντικό περιοριστικό παράγοντα, όταν θέλουμε να μετρούμε τη στάθμη εύφλεκτων υγρών.

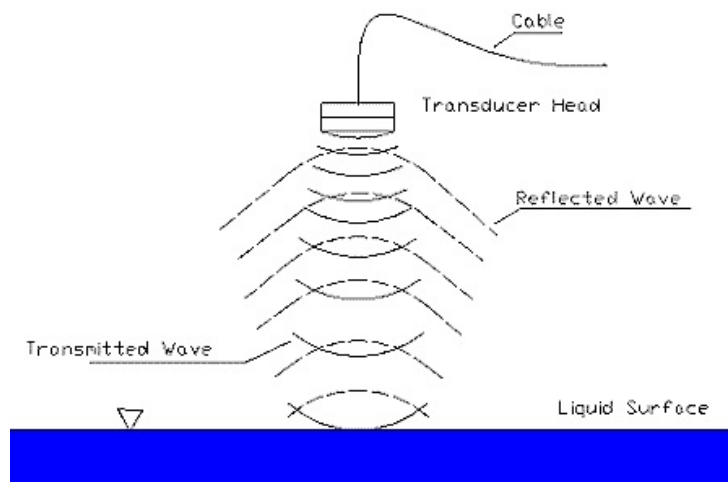


Εικόνα 4.8 : Βελόνη Αγωγιμότητας

#### 4.2.6. Μετρητής Στάθμης Υγρού με Υπέρηχους (Ultrasonic Level Indicator)

Η αρχή μέτρησης του μετρητή στάθμης με υπέρηχους είναι πολύ απλή και βασίζεται στην αντανάκλαση των υπερήχων. Προς το υγρό εκπέμπονται παλμοί υπερήχων και ένα μικρό ποσοστό αυτών ανακλάται προς τα πίσω από την επιφάνεια του υγρού. Το υπόλοιπο των παλμών ανακλάται από τη βάση του δοχείου. Και οι δυο ανακλώμενοι παλμοί μπορούν απεικονισθούν στην οθόνη ενός παλμογράφου ή άλλης συσκευής απεικόνισης. Η διαφορά στον χρόνο άφιξης των δυο παλμών σχετίζεται άμεσα με το βάθος του υγρού που μετρείται και έτσι είναι δυνατή η βαθμονόμηση της οθόνης με βάση το ύψος, το βάθος ή τον όγκο. Η μέτρηση στάθμης με υπέρηχο παρέχει μεγάλη ακρίβεια και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα μεγάλο εύρος τιμών βάθους παρότι είναι ακριβή. Επιπλέον έχει εφαρμογή σε πολλούς τομείς, όπως από τι βυθομετρήσεις σε θαλάσσιο περιβάλλον έως τον ιατρικό εξοπλισμό. Τέλος, δεν περιορίζεται μονό στη μέτρηση της στάθμης υγρών.

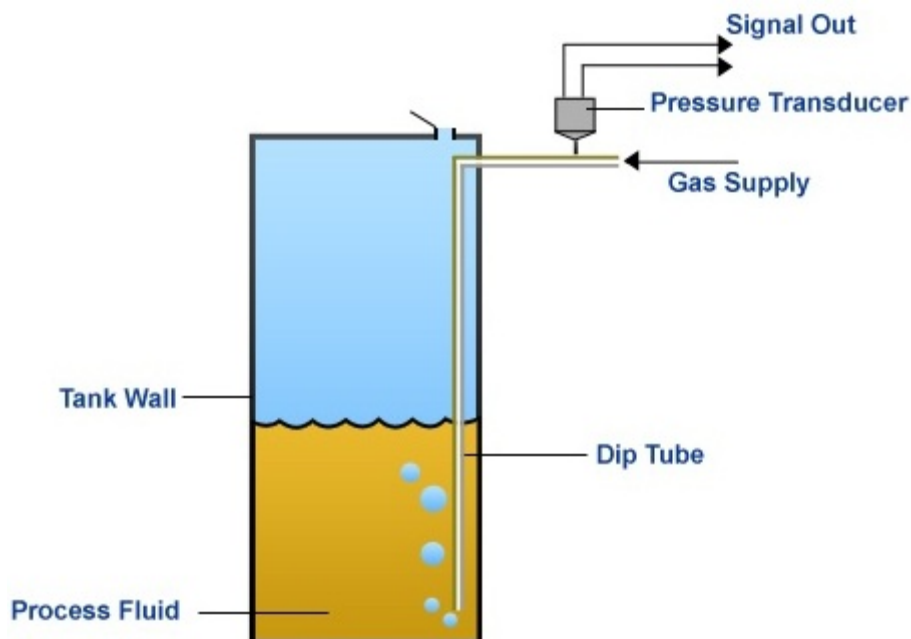




Εικόνα 4.9 : Μετρητής Στάθμης Υγρού με Υπέρηχους

#### 4.2.7. Μετρητής Στάθμης Φυσαλίδων (Bubbler Level Gauge)

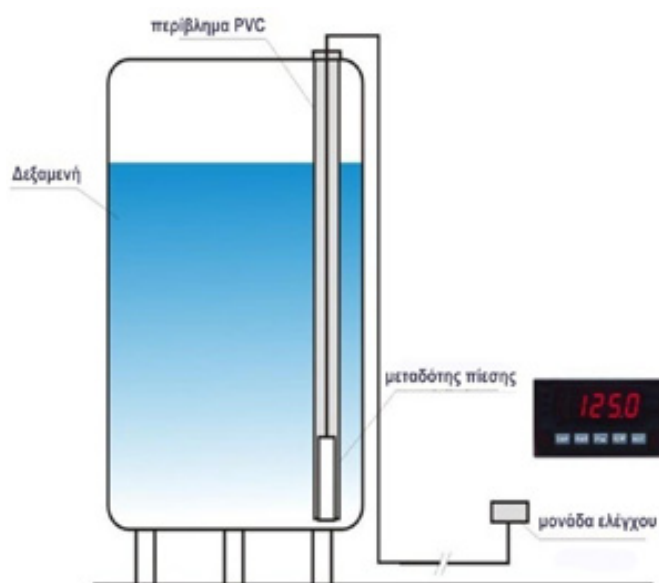
Η αρχή μέτρησης του μετρητή στάθμης φυσαλίδων είναι , η πίεση του αέρα στο σωλήνα των φυσαλίδων ρυθμίζεται με τη βοήθεια της βαλβίδας ρύθμισης έως ότου εμφανιστούν φυσαλίδες στη βάση του σωλήνα φυσαλίδων. Ο μετρητής μπορεί να βαθμονομηθεί σε μονάδες ύψους ή όγκου, εφόσον η πίεση στην οποία θα εμφανιστούν φυσαλίδες είναι ευθέως ανάλογη του ύψου ή του υγρού μέσα στο παραλληλόγραμμο ή κυλινδρικό δοχείο. Ακόμη με αυτήν την μέθοδο μπορούν να ληφθούν ακριβείς ενδείξεις, παρότι, η μέτρηση απαιτεί ανθρώπινη παρέμβαση.



Εικόνα 4.10 : Μετρητής Στάθμης Φυσαλίδων

#### 4.2.8. Μετρητής Στάθμης με Αισθητήρα Πίεσης

Σε περιπτώσεις λήψης μετρήσεων στάθμης ή βάρους όπου απαιτείται η δημιουργία ενός ηλεκτρικού σήματος, μπορούν να χρησιμοποιούνται αισθητήρες πίεσης. Σε ένα αισθητήρα πίεσης, η πίεση χρησιμοποιείται για να προκαλεί μετατόπιση σε ένα διάφραγμα. Η μετατόπιση αυτή δημιουργεί ένα ηλεκτρικό σήμα μέσω μιας συσκευής, όπως ο μετρητής μηχανικής τάσης, και έτσι το σήμα είναι ανάλογο της πίεσης. Οι αισθητήρες πίεσης τοποθετούνται σε μια δεξαμενή, στην οποία θέλουμε να μετρούμε το ύψος ή βάθος του περιεχόμενου υγρού. Κάθε αλλαγή του ύψους ή βάθους παράγει μια ανάλογη μεταβολή στην έξοδο του αισθητήρα.



Εικόνα 4.11 : Μέτρηση Στάθμης Μέσω Υδροστατικής Πίεσης

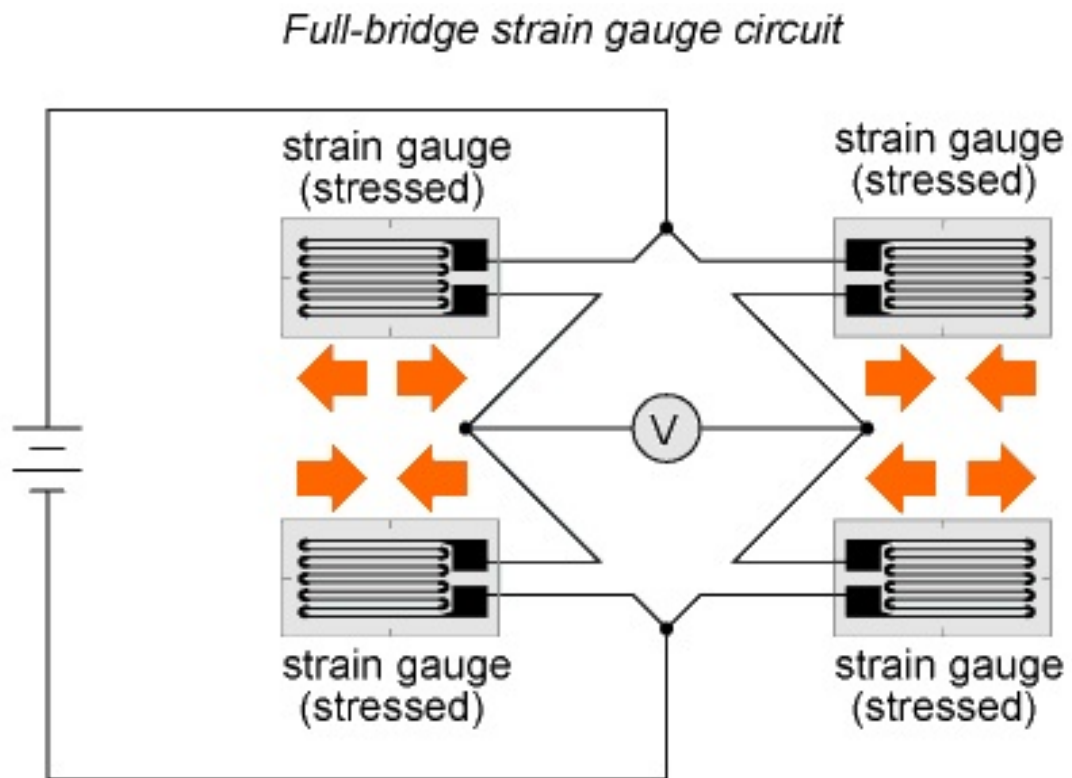
#### 4.2.9. Κυψελίδες Φόρτισης (Load Cells)

Οι κυψελίδες φόρτισης είναι συσκευές που χρησιμοποιούν μετρητές μηχανικής τάσης για να προσδιορίζουν την τιμή μιας άγνωστης δύναμης που συχνά ονομάζεται φορτίο. Η κυψελίδα φόρτισης χρησιμοποιεί τέσσερις μετρητές μηχανικής τάσης, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι στο στοιχείο στήριξης φορτίου, το οποίο δέχεται τη δύναμη. Όταν το στοιχείο αυτό ευρίσκεται υπό μηχανική τάση, τότε προκαλούνται μικρές μεταβολές στις αντιστάσεις των τεσσάρων μετρητών. Τα στοιχεία, μαζί με κατάλληλες αντιστάσεις σταθερής τιμής, συγκροτούν μια γέφυρα Wheatstone, η ακριβής φύση της οποίας εξαρτάται από την εφαρμογή και τη μορφή μηχανικής τάσης που ασκείται. Η γέφυρα Wheatstone ρυθμίζει το σήμα εξόδου της ώστε να είναι ανάλογο του είδους της μηχανικής τάσης που ασκείται. Η τιμή της διαφοράς δυναμικού στην έξοδο της σχετίζεται με το μέγεθος του εφαρμοζόμενου φορτίου. Οι κυψελίδες φόρτισης χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση :

- Του βάρους υλικών που αποθηκεύονται σε κάδους.

- Του βάρους οχημάτων σε γέφυρες ζύγισης.
- Της στάθμης και του όγκου υγρών σε δεξαμενές.

Τέλος, η τεχνική είναι ακριβής, ευέλικτη και σχετικά φθηνή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ευρύ φάσμα φορτίων.



Εικόνα 4.12 : Κυψελίδες Φόρτισης

## 4.3. Αισθητήρας Στάθμης Υγρού με Υπερήχους

### 4.3.1. Εισαγωγή

Οι αισθητήρες υπερήχων εκπέμπουν συνεχώς ηχητικούς παλμούς υψηλής συχνότητας προς την επιφάνεια του στόχου και ανακλώνται πίσω στον αισθητήρα. Τα ηλεκτρονικά του αισθητήρα μετρούν το χρόνο λήψης του σήματος και τον μετατρέπουν σε μονάδα μήκους. Δεδομένου ότι η ταχύτητα του ήχου επηρεάζεται από τη θερμοκρασία αέρα, οι αισθητήρες υπερήχων περιλαμβάνουν έναν ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας. Οι μετρήσεις στάθμης/απόστασης αντισταθμίζονται αυτόματα σε όλη την κλίμακα λειτουργίας του αισθητήρα.

Κλασικές εφαρμογές περιλαμβάνουν την ανίχνευση προσέγγισης, την παρουσία ή την απουσία αντικειμένου, την ανίχνευση εμποδίων σε αυτοματοποιημένα οχήματα, την μέτρηση απόστασης, μέτρηση στάθμης, κ.λπ.

Οι αισθητήρες υπερήχων παρέχουν μια οικονομικά αποδοτική μέθοδο ανίχνευσης με ιδιότητες που δεν υπάρχουν σε άλλες τεχνολογίες. Με τη χρήση μιας ευρείας ποικιλίας μετατροπέων υπερήχων και διάφορα φάσματα συχνοτήτων, ένας αισθητήρας υπερήχων μπορεί να σχεδιαστεί για να λύσει πολλά προβλήματα εφαρμογών που είναι απαγορευτικά στο κόστος ή απλά δεν μπορούν να λυθούν από άλλους αισθητήρες.

Για την υλοποίηση του πειραματικού μέρους της μέτρησης στάθμης της δεξαμενής θα χρησιμοποιήσουμε τον αισθητήρα υπερήχων Ultrasonic Sensor HC-SR04.

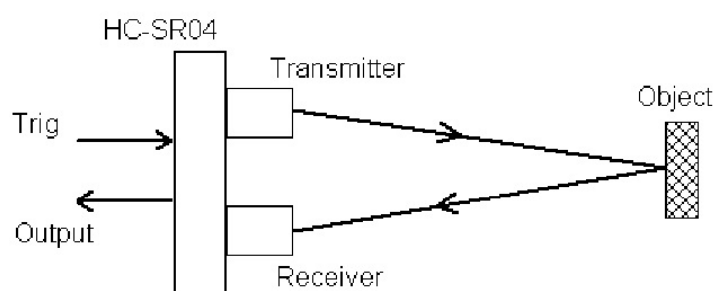
Τα κριτήρια επιλογής του συγκεκριμένου αισθητήρα είναι τα εξής :

- Ακρίβεια στη μέτρηση.
- Χρηστικότητα – Λειτουργικότητα, είναι μικρός , εύκολος στην εγκατάσταση και την μετακίνηση, εύκολο στον προγραμματισμό με βάση της ήδη υπάρχουσες βιβλιοθήκες.
- Κόστος, εύκολο στην αγορά του συγκριτικά με κάποιους άλλους αισθητήρες υπέρηχων (Pepperl + Fuchs Ultrasonic Sensor UB4000-F42-I-V15).

## 4.3.2 Αισθητήρας Υπερήχων HC-SR04

### 4.3.2.1 Εισαγωγή

Ο αισθητήρας HC-SR04 είναι ένα αισθητήριο υπερήχων που παρέχει ακριβής μετρήσεις απόστασης χωρίς επαφή με τα εμπόδια. Έχει την ικανότητα να αναγνωρίσει εμπόδια σε αποστάσεις από 2 εκατοστά έως 4 μέτρα.

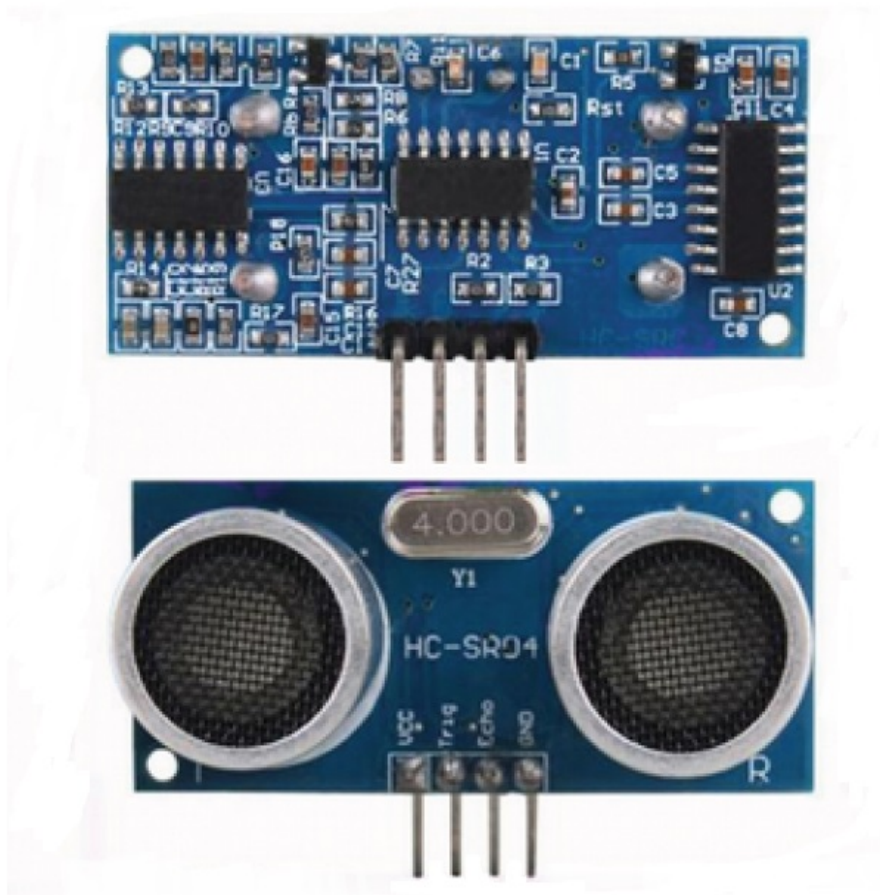


Εικόνα 4.13 : Σχέδιο Μετάδοσης Σήματος του Αισθητήρα HC-SR04

Χαρακτηριστικά:

- Τροφοδοσία : +5V DC
- Ρεύμα Λειτουργίας : 15mA
- Ωφέλιμη Γωνία Μέτρησης :  $<15^\circ$
- Μετρούμενη Απόσταση : 2cm – 400cm
- Γωνία Μέτρησης :  $30^\circ$
- Είσοδος Παλμού : 10ms
- Διαστάσεις : 45mm x 20mm x 25mm

### 4.3.2.2 Διάταξη – Προδιαγραφές του Αισθητήριου



Εικόνα 4.14 : Αισθητήρας HC - SR04

VCC = +5V

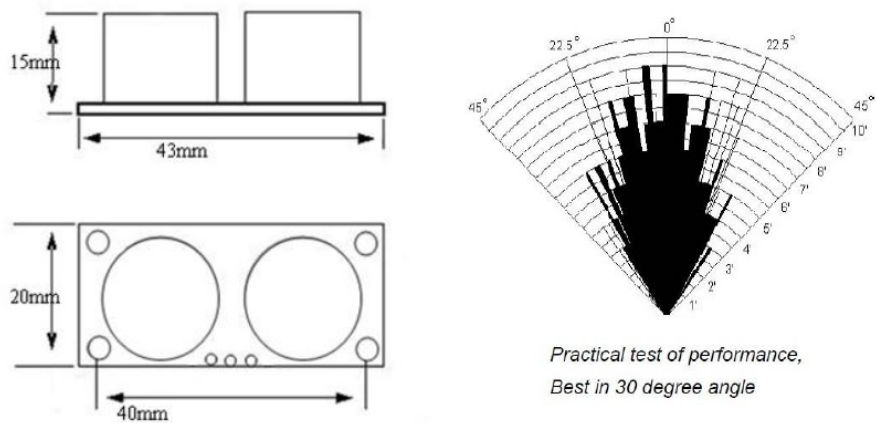
Trig = Trigg Input of Sensor

Echo = Echo Output of Sensor

GND = GND

Parameter	Min	Type	Max	Unit
Operating Voltage	4.50	5.0	5.5	V
Quiescent Current	1.5	2	2.5	mA
Working Current	10	15	20	mA
Ultrasonic Frequency	-	40	-	Khz

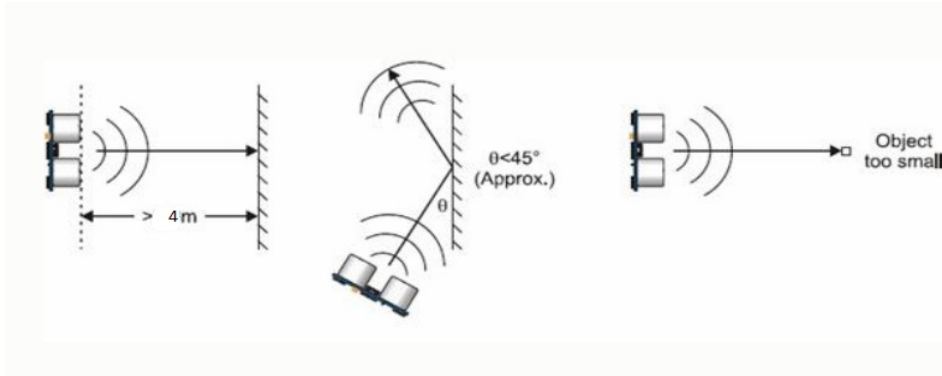
Πίνακας 1 : Προδιαγραφές Αισθητήρα



Εικόνα 4.15 : Διαστάσεις Αισθητήρα , Μέγιστη Γωνία Μέτρησης

### 4.3.2.3 Προβλήματα Αναγνώρισης Αντικειμένων

Υπάρχουν κάποιες περιπτώσεις που το αισθητήριο υπερήχων αδυνατεί να αναγνωρίσει εμπόδια. Μια περίπτωση, είναι το εμπόδιο να βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 4 μέτρων. Μία άλλη περίπτωση είναι Το εμπόδιο να βρίσκεται υπό γωνία  $\theta$  με το αισθητήριο και η γωνία αυτή να είναι μικρότερη των 45 μοιρών και ο ήχος δεν θα αντανακλαστεί προς τα πίσω. Επίσης υπάρχει η περίπτωση ένα αντικείμενο να είναι υπερβολικά μικρό, όπου και πάλι δεν θα είναι εφικτή η αντανάκλαση του ήχου. Επίσης υπάρχουν και περιπτώσεις που οι υπέρηχοι που παράγει το αισθητήριο, προσπίπτουν σε απορροφητικές για τον ήχο επιφάνειες και δεν ανακλώνται οι παλμοί. Τέτοιες είναι συνήθως πορώδεις επιφάνειες σαν αυτή που έχουν τα ηχομονωτικά υλικά κτλ



Εικόνα 4.16 : Τρεις βασικές περιπτώσεις που ο αισθητήρας λειτουργεί λανθασμένα ή καθόλου

#### 4.3.2.4 Λειτουργία

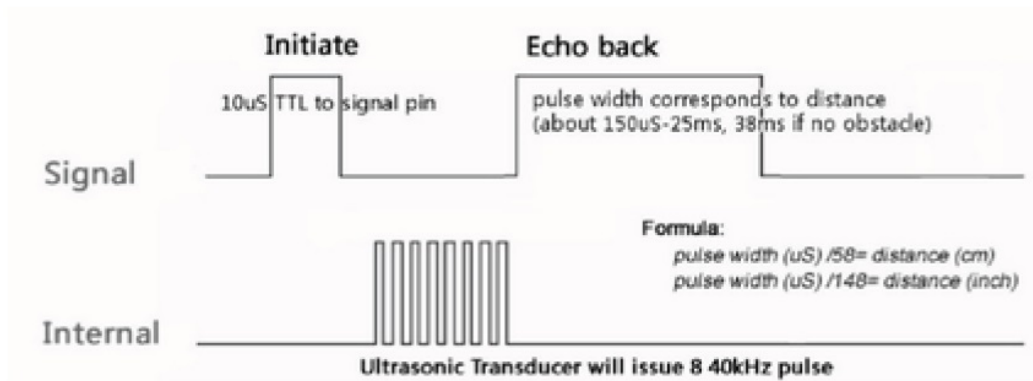
Ο αισθητήρας πρέπει να δεκτή ένα παλμό μεγαλύτερο των 5V για περισσότερα από 10ms. Αυτή η διαδικασία θα πυροδοτήσει το αισθητήριο, το οποίο θα μεταδίδει οκτώ (8) “κύκλους” (ριπές) παλμών στα 40KHz και θα περιμένει να λάβει την αντανακλώμενη ριπή του ήχου. Όταν ανιχνεύσει τον υπέρηχο αυτό από το δέκτη, θα ρυθμίσει το Echo Pin για μια χρονική περίοδο ανάλογη της απόστασης. Δηλαδή, το αισθητήριο βρίσκει την απόσταση εκπέμποντας κύματα στο φάσμα των υπερήχων (που βρίσκονται πολύ υψηλότερα από την ανθρώπινη ακοή) και παράγει ένα παλμό προς το Pin Εισόδου/ Εξόδου του μικροελεγκτή σύμφωνα με τον χρόνο που κάνουν τα κύματα αυτά να επιστρέψουν πίσω στο αισθητήριο όργανο, στην περίπτωση που θα βρουν κάποιο εμπόδιο. Αυτό που στέλνει πίσω είναι ένας παλμός μεταβλητού χρονικού πλάτους. Το αισθητήριο εκπέμπει ριπές από παλμούς στο φάσμα των υπερήχων και περιμένει την ηχώ αυτών. .

Με λίγα λόγια :

Χρόνος = Πλάτος του παλμού της ήχου σε ms

- Απόσταση σε εκατοστά = Χρονος/58
- Απόσταση σε ίντσες = Χρονος/148
- Ή μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την ταχύτητα του ήχου όπου είναι 340m/s





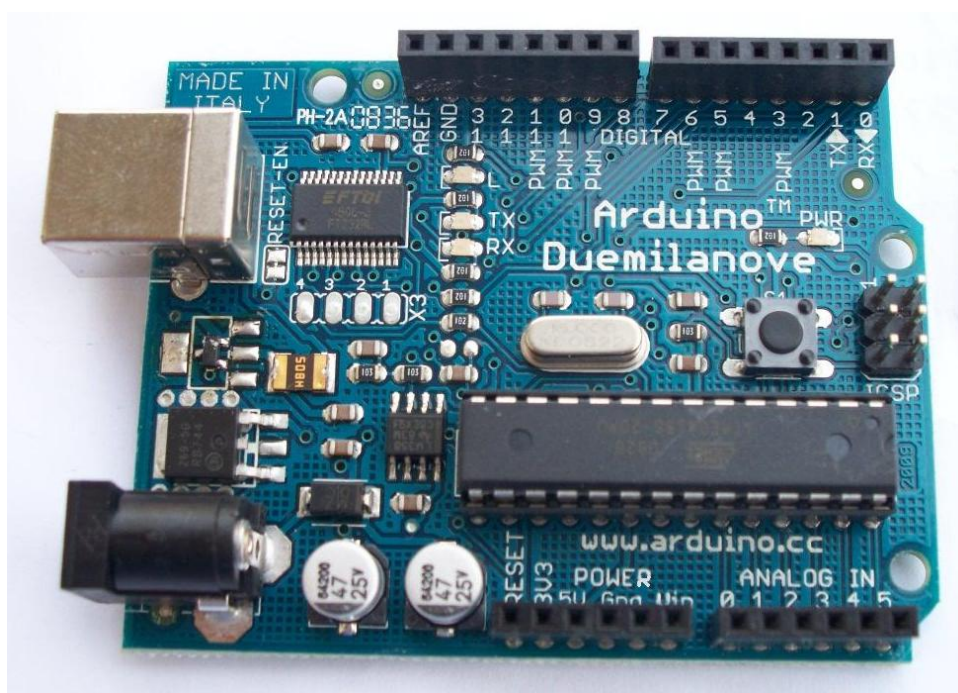
Εικόνα 4.17 : Χρονικό Διάγραμμα του HC-SR04

## Κεφάλαιο 5ο:

### 5.1 Arduino

#### 5.1.1 Εισαγωγή

Η πλατφόρμα Arduino θα λέγαμε ότι είναι ένα εργαλείο για να κατασκευάσουμε ένα υπολογιστικό σύστημα με την έννοια ότι με αυτό θα μπορούμε να ελέγχουμε συσκευές του φυσικού κόσμου, σε αντίθεση με τον κοινό μας Ηλεκτρονικό Υπολογιστή. Είναι ανοιχτού υλικού και λογισμικού και βασίζεται σε μια αναπτυξιακή πλακέτα που ενσωματώνει επάνω έναν μικροελεγκτή και συνδέεται με τον Η/Υ για να τον προγραμματίσουμε μέσα από ένα απλό περιβάλλον ανάπτυξης. Ένας Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναπτύξουμε διαδραστικά αντικείμενα, να δεχτούμε εισόδους από πληθώρα αισθητηρίων οργάνων και διακόπτες, αλλά και να ελέγχουμε διάφορα φώτα, κινητήρες και άλλες συσκευές εξόδου του φυσικού κόσμου. Τα Projects στον εν λόγω Μικροελεγκτή μπορούν να είναι αυτόνομα (σε επίπεδο hardware) ή να επικοινωνούν με κάποιο software στον Η/Υ του προγραμματιστή (προγράμματα όπως τα Flash, Processing, MaxMSP). Το περιβάλλον ανάπτυξης του λογισμικού βασίζεται στην γλώσσα προγραμματισμού Processing και την γλώσσα προγραμματισμού Wiring, οι οποίες είναι ανοιχτού κώδικα (open source) και μπορεί κάποιος να τις "κατεβάσει δωρεάν". Οι πλακέτες μπορούν εύκολα να συναρμολογηθούν ακόμη και από έναν αρχάριο ή να αγοραστούν μονταρισμένες. Τέλος, το πρόγραμμα Arduino έλαβε τιμητική μνεία στην κατηγορία Digital Communities στο Prix Ars Electronica το 2006.<sup>40</sup>



Εικόνα 5.1 : Πλακέτα Arduino Duemilanove

<sup>40</sup> Μικροελεγκτής Arduino, Εγχειρίδιο από την ιστοσελίδα : [Microplanet](http://Microplanet)

## 5.1.2 Πλατφόρμα

Μια πλακέτα Arduino αποτελείται από ένα μικροελεγκτή Atmel AVR (ATmega328 και ATmega168 στις νεότερες εκδόσεις, ATmega8 στις παλαιότερες) και συμπληρωματικά εξαρτήματα για διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωση του σε άλλα κυκλώματα.

Όλες οι πλακέτες περιλαμβάνουν ένα γραμμικό ρυθμιστή τάσης 5V και ένα κρυσταλλικό ταλαντωτή 16MHz ή κεραμικό αντηχητή σε κάποιες παραλλαγές. Ο μικροελεγκτής είναι από κατασκευής προγραμματισμένος με ένα Bootloader έτσι ώστε να μην χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής. Γενικά όλες οι πλακέτες είναι προγραμματισμένες μέσω μιας σειριακής σύνδεσης RS-232, αλλά ο τρόπος με τον οποίο αυτό υλοποιείται ποικίλλει ανάλογα με την έκδοση. Οι σειριακές πλακέτες Arduino περιέχουν ένα απλό κύκλωμα αντιστροφής για την μετατροπή ανάμεσα στα σήματα των επιπέδων RS-232 και TTL.

Οι πλακέτες Arduino που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά, προγραμματίζονται μέσω USB εφαρμόζοντας ένα τσιπ προσαρμογέα USB – to – serial όπως οι FTDI FT232. Κάποιες παραλλαγές, όπως το Arduino mini και το ανεπίσημο Boarduino, χρησιμοποιούν προσαρμογέα USB – to – serial σε μορφή πλακέτας ή καλωδίου.

Η πλακέτα Arduino έχει εκτεθειμένες τις περισσότερες επαφές εισόδου-εξόδου για χρήση με άλλα κυκλώματα.<sup>41</sup>

## 5.1.3 Λογισμικό

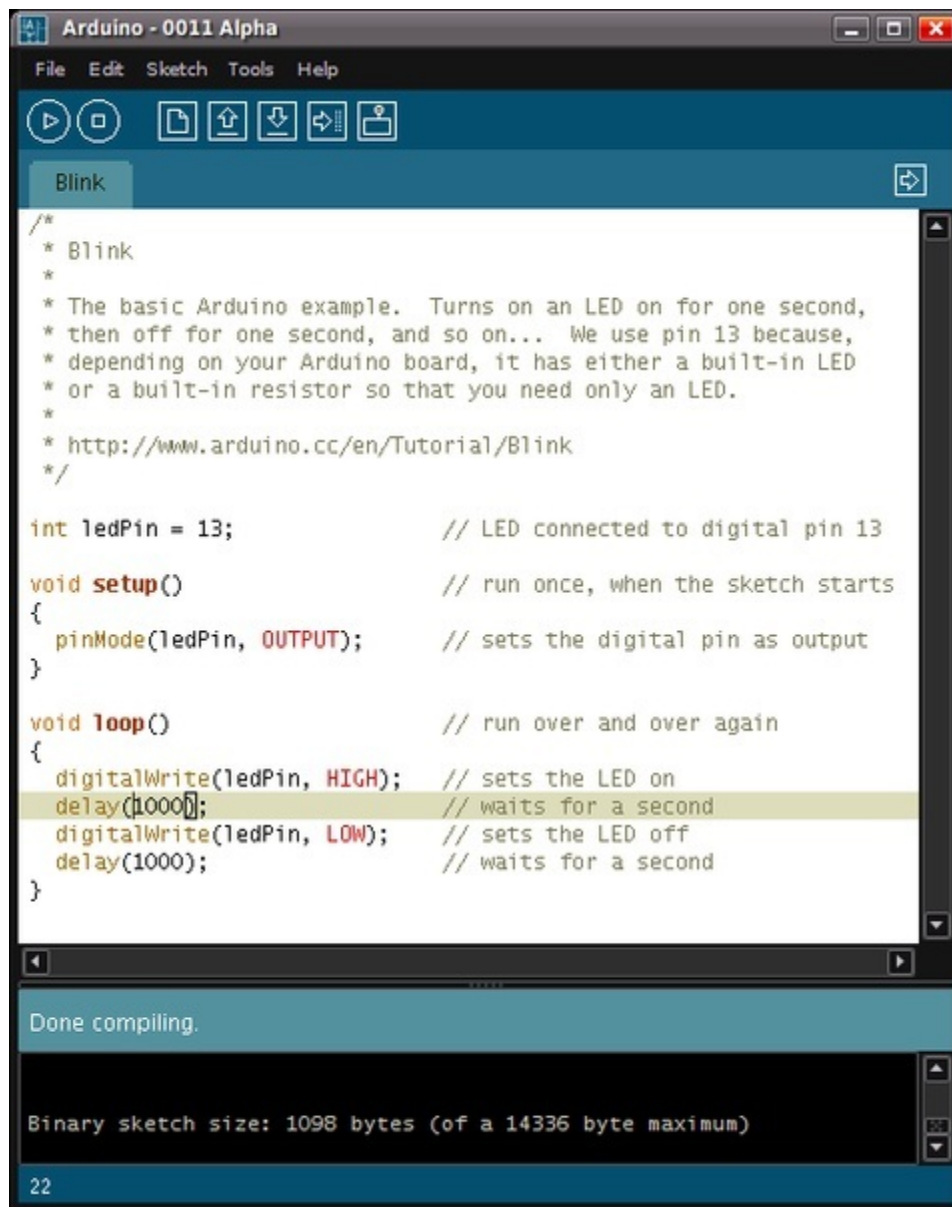
Το IDE του Arduino είναι γραμμένο σε Java και μπορεί να τρέξει σε πολλαπλές πλατφόρμες. Περιλαμβάνει επεξεργαστή κώδικα (επεξεργαστή κειμένου με διάφορα εύχρηστα εργαλεία) και μεταγλωττιστής και έχει την ικανότητα να φορτώνει εύκολα το πρόγραμμα μέσω σειριακής θύρας από τον υπολογιστή στην πλακέτα.

Το περιβάλλον ανάπτυξης είναι βασισμένο στην Processing, ένα περιβάλλον ανάπτυξης σχεδιασμένο να εισαγάγει στον προγραμματισμό καλλιτέχνες μη εξοικειωμένους με την ανάπτυξη λογισμικού. Η συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού προέρχεται από την Wiring, μια γλώσσα που μοιάζει με την C η οποία παρέχει παρόμοια λειτουργικότητα για μια πιο περιορισμένης σχεδίασης πλακέτα, της οποίας το περιβάλλον ανάπτυξης βασίζεται επίσης στην Processing.<sup>42</sup>

---

<sup>41</sup> Μικροελεγκτής Arduino, Εγχειρίδιο από την ιστοσελίδα : [Microplanet](#)

<sup>42</sup> Άρθρο από το Wikipedia, [Λογισμικό](#)



Εικόνα 5.2 : Στιγμιότυπο Λογισμικού Arduino

#### 5.1.4 Πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλους μικροελεγχτές

Υπάρχει πληθώρα άλλων μικροελεγκτών και αναπτυξιακών στο εμπόριο για να ασχοληθεί κάποιος εκεί έξω. Ο Basic Stamp της Parallax, ο BX-24 της Netmedia, το Handyboard του MIT και πολύ άλλη όμοιας λειτουργικότητας. Όλα αυτά τα εργαλεία που προαναφέραμε είναι απλά και για τον αρχάριο χρήστη καθώς "κρύβουν" τις δύσκολες λεπτομέρειες της αρχιτεκτονικής και επιτρέπουν τον άμεσο προγραμματισμό του μικροελεγκτή, προσφέροντας τα πάντα σε ένα και μόνο "πακέτο" έτοιμο για χρήση. Ο Arduino διαφέρει από τους προηγούμενους γιατί απλοποιεί την διαδικασία να δουλεύει κάποιος με μικροελεγχτές, αλλά κάποια πλεονεκτήματα που προσφέρει σε σχέση με άλλους μικροελεγχτές για χρήση από δασκάλους, μαθητές και άλλους hobbιστες είναι τα παρακάτω:

- Φθηνός - Οι πλακέτες του Arduino είναι εξαιρετικά φθηνές σε σχέση με άλλες πλατφόρμες μικροελεγκτών. Ειδικά δε μπορεί με τα σχηματικά που κυκλοφορούν στο Internet να κατασκευάσει κάποιος την φθηνότερη εκδοχή ενός Arduino. Ωστόσο ακόμα και αν προμηθευτεί την έτοιμη (μονταρισμένη πλακέτα) αυτή θα κοστίσει το μέγιστο 50 Euro.
- Τρέχει σε διάφορα Λειτουργικά Συστήματα. Οι μηχανικοί λογισμικού, ανέπτυξαν το περιβάλλον προγραμματισμού του Arduino για Windows, Macintosh OSX και για λειτουργικά συστήματα Linux. Τα περισσότερα συστήματα ανάπτυξης Μικροελεγκτών περιορίζονται στα Windows.
- Απλό, ξεκάθαρο προγραμματιστικό περιβάλλον. Το περιβάλλον προγραμματισμού ενός Arduino ενδείκνυται για αρχάριους, αλλά είναι ταυτόχρονα και ευέλικτο και για πιο προχωρημένους χρήστες.
- Ανοιχτού λογισμικού και λογισμικού που επεκτείνεται και παραμετροποιείται. Το software του Arduino διανέμεται με την μορφή εργαλείων ανοιχτού λογισμικού και είναι διαθέσιμο προς επέκταση για έμπειρους προγραμματιστές. Η γλώσσα προγραμματισμού του μπορεί να επεκταθεί διαμέσου των βιβλιοθηκών την C++ και οι άνθρωποι που θέλουν να ασχοληθούν περισσότερο με τους μικροελεγχτές μπορούν να μεταβούν από τον Arduino στην AVR C που είναι για προγραμματισμό των Atmel Μικροελεγκτών και η γλώσσα στην οποία βασίστηκε το λογισμικό του Arduino. Ομοίως μπορεί κάποιος να προσθέσει κώδικα της AVR-C στο πρόγραμμα που έχει γράψει για τον Arduino του.
- Ανοιχτού Υλικού το οποίο μπορεί να επεκταθεί. Ο Arduino βασίζεται στους μικροελεγχτές της Atmel ATMEGA8 και ATMEGA168. Τα σχηματικά για τα αναπτυξιακά είναι κάτω από την άδεια της Creative Commons, επιτρέποντας σε έμπειρους σχεδιαστές να κατασκευάσουν το δικό τους αναπτυξιακό, εξελίσσοντας το ήδη υπάρχον χωρίς να έχουν νομικά προβλήματα. Η ακόμη καλύτερα όχι τόσο έμπειροι χρήστες μπορούν να επιδιώξουν την αντιγραφή και κατασκευή της πλακέτας σε ράστερ για να καταλάβουν την λειτουργία ενός Arduino.

### 5.1.5 Το υλικό του Arduino (Hardware)

Ο μικροελεγκτής Arduino είναι στην ουσία μια αναπτυξιακή πλακέτα που ενσωματώνει έναν ATMEL ATMEGA168. Υπάρχουν πολλές εκδόσεις του μικροελεγκτή. Η τελευταία έκδοση (2009) είναι αυτή του Arduino Duemilanove. Οι κατασκευαστές του Arduino έχουν τοποθετήσει στις πλακέτες όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα για την τροφοδοσία και την διασύνδεση των μικροελεγκτών με τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή. Η πλακέτα μπορεί να τροφοδοτηθεί είτε με τροφοδοτικό των 9Volt, είτε απευθείας από την USB θύρα του Υπολογιστή.

Ο Arduino έχει 14 ψηφιακούς ακροδέκτες Εισόδου/Εξόδου. Αυτοί μπορούν να τεθούν ως είσοδοι ή ως έξοδοι με τις εντολές-συναρτήσεις pinMode(), digitalWrite(), and digitalRead(). Λειτουργούν στα 5 Volts και έχουν την δυνατότητα να παρέχουν ή να καταβυθίζουν ένταση της τάξεως των 40mA. Σε κάθε Pin υπάρχει εσωτερικά ένας Pull-up αντιστάτης στα 20-50KΩ. Επιπλέον έχει 5 Αναλογικούς ακροδέκτες

Εισόδου. Αυτοί μπορούν να διαβάσουν αναλογικές τιμές όπως η τάση μιας μπαταρίας κτλ και να τις μετατρέψουν σε έναν αριθμό από 0-1023. Η μέτρηση της τάσης γίνεται από προκαθορισμένα από 0 έως 5 volts. Εκτός αυτού 6 εκ των 14 ψηφιακών ακροδεκτών οι P3, P5, P6, P9, P10 και P11 έχουν την δυνατότητα να προγραμματιστούν ώστε να λειτουργούν ως Αναλογικές Έξοδοι.

Κάποιοι ακροδέκτες έχουν συγκεκριμένες λειτουργίες :

- Σειριακή Λειτουργία: 0 (RX) and 1 (TX). Χρησιμοποιούνται για λήψη (RX) και εκπομπή (TX) TTL σειριακών δεδομένων. Αυτοί οι ακροδέκτες είναι συνδεδεμένοι με τους αντίστοιχους του ολοκληρωμένου FTDI USB-to-TTL Serial.
- Εξωτερικές Διακοπές: 2 και 3. Αυτοί οι ακροδέκτες μπορούν να ενεργοποιούν διακοπές αν ανιχνευθεί παλμός χαμηλής τάσης. Με την συνάρτηση attachInterrupt().
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11. Παρέχουν Έξοδο 8-bit PWM με την συνάρτηση analogWrite().
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Αυτοί οι ακροδέκτες επιτρέπουν επικοινωνία SPI, η οποία αν και παρέχεται από το hardware δεν είναι ακόμα διαθέσιμη στην γλώσσα προγραμματισμού του Arduino.
- LED: 13. Στον ακροδέκτη 13 υπάρχει ένα ενσωματωμένο LED. Όταν ο ακροδέκτης έχει τιμή HIGH, το LED φωτοβολεί.

Επιπλέον υπάρχουν ακροδέκτες για ειδικές λειτουργίες όπως:

- I2C: 4 (SDA) and 5 (SCL). Υποστηρίζει το πρωτόκολλο I2C (TWI) χρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες τις Γλώσσας προγραμματισμού Wiring.

Υπάρχουν και κάποιοι άλλοι ακροδέκτες:

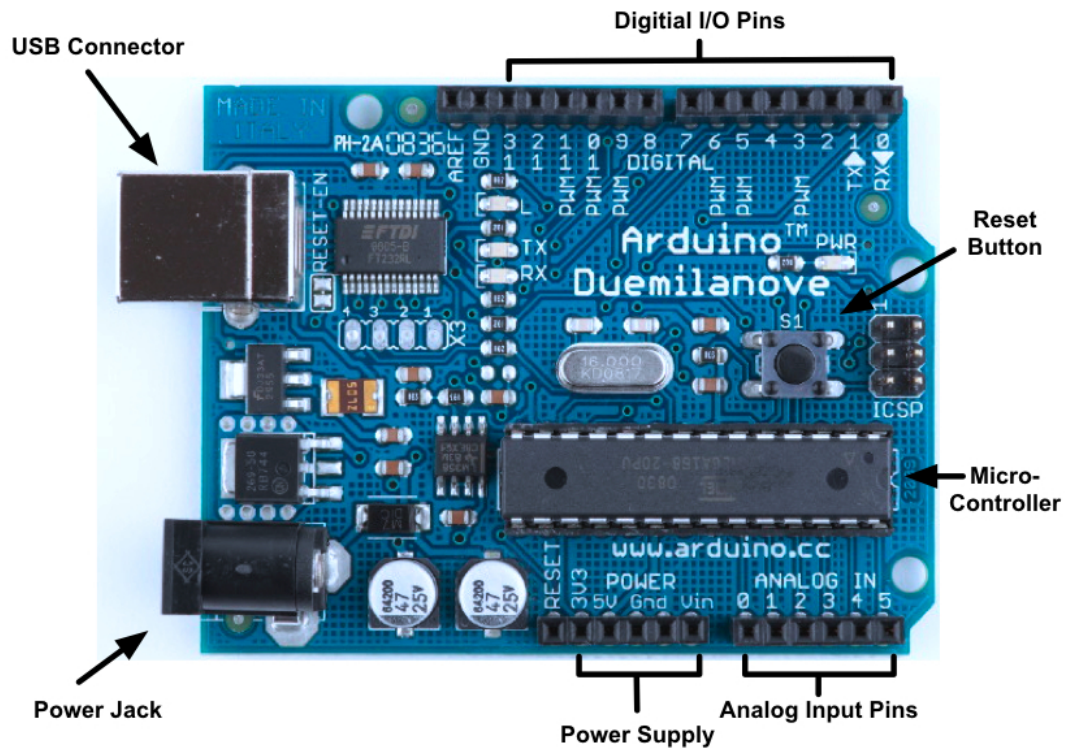
- AREF. Reference voltage for the analog inputs. Χρησιμοποιείται με την συνάρτηση analogReference().
- Reset. Αν τεθεί σε κατάσταση LOW τότε επαννεκινεί τον Μικροελεγκτή. Σε αυτή τη γραμμή τοποθετείται ένας διακόπτης.

Επιπλέον υπάρχουν και άλλοι ακροδέκτες με ειδικές λειτουργίες:

- I2C: 4 (SDA) and 5 (SCL). Υποστηρίζει το πρωτόκολλο I2C (TWI) χρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες τις Γλώσσας προγραμματισμού Wiring.

Υπάρχουν και κάποιοι άλλοι ακροδέκτες:

- AREF. Reference voltage for the analog inputs. Χρησιμοποιείται με την συνάρτηση analogReference().
- Reset. Αν τεθεί σε κατάσταση LOW τότε επαννεκινεί τον Μικροελεγκτή. Σε αυτή τη γραμμή τοποθετείται ένας διακόπτης.



Εικόνα 5.3 : Hardware Arduino

### 5.1.6 Χαρακτηριστικά

Μικροελεγκτής	ATmega168
Τάση Λειτουργίας	5V
Τάση Εισόδου	7-12V
Όρια Τάσης	6-20V
Ψηφιακοί Ακροδέκτες I/O	14 (of which 6 provide PWM output)
Ψηφιακοί Ακροδέκτες Εισόδου	6
DC ρεύμα ανά I/O Ακροδέκτη	40 mA
DC ρεύμα για 3.3V Ακροδέκτη	50 mA
Μνήμη Flash	16 KB ( 2 KB χρησιμοποιούνται από τον bootloader)
SRAM	1 KB

EEPROM	512 bytes
Ταχύτητα Ρολογιού	16 MHz

**Πινάκας 5.1 : Χαρακτηριστικά μικροελεγκτή**

## Μνήμη

Το ολοκληρωμένο ATmega168 έχει 16KB μνήμης Flash για την αποθήκευση κώδικα (2 KB εκ των οποίων χρησιμοποιούνται από τον bootloader). Έχει επίσης 1 KB SRAM και 512 bytes μνήμης EEPROM (τα οποία μπορούν να διαβαστούν και να γραφτούν με την βιβλιοθήκη EEPROM).

## Τροφοδοσία

Το αναπτυξιακό Arduino Duemilanove τροφοδοτείται είτε από εξωτερική τροφοδοσία είτε απευθείας από την θύρα USB. Η επιλογή της πηγής γίνεται αυτόματα από το αναπτυξιακό. Ως εξωτερική τροφοδοσία ορίζεται είτε μια μπαταρία, είτε μετασχηματιστής των 9Volt από 220V. Η μπαταρία μπορεί να συνδεθεί στις υποδοχές του Arduino Vin και GND όπου τοποθετούνται ο θετικός πόλος και ο αρνητικός αντίστοιχα. Από την άλλη αν τροφοδοτήσουμε με μετασχηματιστή απλά τοποθετούμε το βύσμα στην υποδοχή που υπάρχει με τον θετικό πόλο στο κέντρο.

Η πλακέτα μπορεί να λειτουργήσει με εξωτερική πηγή από 6 έως 20 Volts. Αν ωστόσο τροφοδοτηθεί με λιγότερα από 7 Volt τα pin εξόδου 5Volt δεν θα καταφέρουν να εξάγουν τάση 5 Volts. Αν από την άλλη δώσουμε πάνω από 12 Volts θα υπερθερμανθεί ο σταθεροποιητής τάσης στην πλακέτα και ενδεχομένως να καταστrophή. Συνεπώς μια ιδανική τάση είναι τα 9 Volts.

Οι ακροδέκτες τροφοδοσίας είναι οι εξής:

- **VIN.** Ακροδέκτης για μη σταθεροποιημένη τάση. Συνήθως εδώ συνδέεται μια εξωτερική πηγή τροφοδοσίας.
- **5V.** Ακροδέκτης σταθεροποιημένης τάσης 5Volt. Χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του μικροελεγκτή ή άλλων ηλεκτρονικών στοιχείων.
- **3V3.** Το ολοκληρωμένο FTDI που βρίσκεται στην πλακέτα του Arduino παράγει τάση των 3.3V με μέγιστο ρεύμα 50mA.
- **GND.** Ακροδέκτες Γείωσης



## Επικοινωνία

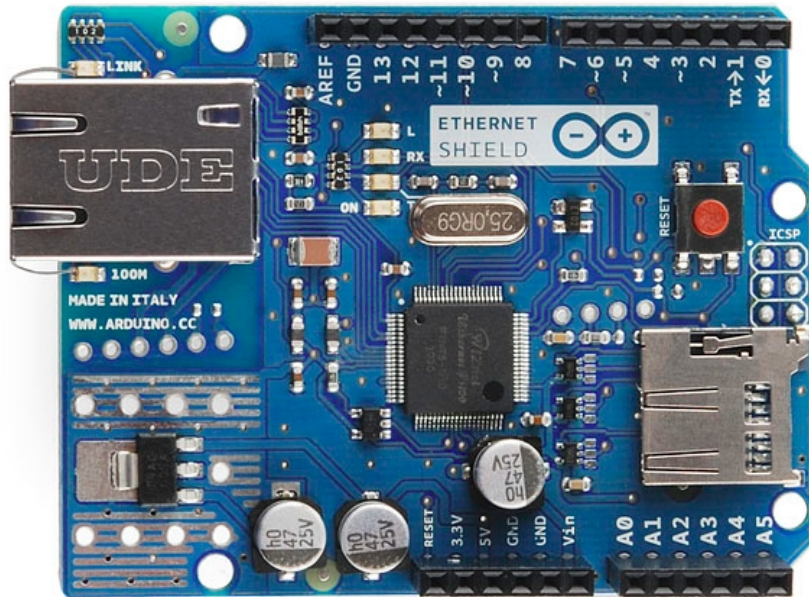
Ο Arduino Duemilanove έχει την δυνατότητα να επικοινωνεί με τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή, έναν άλλον Arduino ή άλλους μικροελεγχτές. Το ολοκληρωμένο ATmega 168 παρέχει σειριακή επικοινωνία TTL 5Volt UART, η οποία είναι διαθέσιμη από τους ακροδέκτες (λήψη RX) 0 και (εκπομπή TX) 1 του ολοκληρωμένου. Επιπλέον στην αναπτυξιακή πλακέτα του Arduino είναι ενσωματωμένο ένα ολοκληρωμένο το FTDI FT232RL το οποίο παρέχει σειριακή επικοινωνία με τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή για προγραμματισμό, πάνω από την θύρα USB με την βοήθεια των ανάλογων FTDI drivers. Οι drivers αυτοί περιλαμβάνονται στο software για τον Arduino και παρέχουν μια ιδεατή θύρα επικοινωνίας στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή για τους σκοπούς της επικοινωνίας.

## 5.2 Arduino – Ethernet

Το Arduino Ethernet shield επιτρέπει την πλακέτα Arduino να συνδέεται στο internet. Βασίζεται στο τσιπ Ethernet Wiznet W5100. Το τσιπ αυτό παρέχει δικτύωση των δυο τύπων UDP και TCP και υποστηρίζει έως και τέσσερις ταυτόχρονες συνδέσεις. Το Ethernet Shield υποστηρίζει κάρτα μνήμης SD στην οποία μπορούμε να αποθηκεύσουμε αρχεία που χρησιμοποιούμε για την δικτύωση μας. Το Arduino επικοινωνεί με το τσιπ W5100 και την κάρτα SD χρησιμοποιώντας την σειριακή περιφερειακή αμφίδρομη επικοινωνία Serial Peripheral Interface Bus (SPI Bus). Αυτό επιτυγχάνεται με τους ακροδέκτες 11,12 και 13. Και στις δυο πλακέτες ο ακροδέκτης 10 χρησιμοποιείται για να επιλέξουμε το W5100 και η κάρτα SD μοιράζονται την επικοινωνία SPI, μόνο το ένα μπορεί να είναι ενεργό κάθε φορά. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε και τα δυο περιφερειακά στο πρόγραμμα μας πρέπει να λάβουμε υπόψιν τη σωστή χρήση βιβλιοθηκών. Στην περίπτωση που δεν χρησιμοποιούμε το ένα απο τα δυο περιφερειακά στο πρόγραμμα μας είναι απαραίτητο να το απενεργοποιήσουμε. Για να γίνει αυτό με την κάρτα μνήμης ορίζουμε τον ακροδέκτη 4 ως έξοδο και του δίνουμε την κατάσταση “high”, ενώ για το W5100 ορίζουμε τον ακροδέκτη 10 ως έξοδο και του δίνουμε την κατάσταση “high”. Το Ethernet Shield διαθέτει υποδοχή για σύνδεση με καλώδιο Ethernet RJ145, μπουτόν reset το οποίο επανενεκινεί το τσιπ W5100 αλλά και την πλακέτα Arduino. Τέλος το Ethernet διαθέτει 6 ενδεικτικά LED’s τα οποία είναι τα εξής :<sup>43</sup>

---

<sup>43</sup> Arduino Official Site, [Ethernet Shield](#)



Εικόνα 5.4 : Arduino Ethernet Shield

- **PWR:** Ενδεικτικό Led για την τροφοδοσία των πλακετών.
- **LINK:** Ένδειξη για την ύπαρξη δικτύου το οποίο αναβοσβήνει όταν εισέρχονται και εξέρχονται δεδομένα.
- **FULLD:** Ένδειξη ότι η σύνδεση δικτύου είναι πλήρως αμφίδρομη.
- **100M:** Δείχνει την ύπαρξη δικτύου σύνδεσης της τάξης των 100Mb/s.
- **RX:** Αναβοσβήνει όταν το Ethernet Shield λαμβάνει δεδομένα.
- **TX:** Αναβοσβήνει όταν το Ethernet Shield στέλνει δεδομένα.
- **COLL:** Αναβοσβήνει όταν εντοπιστούν συγκρούσεις δικτύων.

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

### 6.1 Γλώσσες Προγραμματισμού

Γλώσσα προγραμματισμού λέγεται μια τεχνητή γλώσσα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο μιας μηχανής, συνήθως ενός υπολογιστή. Οι γλώσσες προγραμματισμού (όπως άλλωστε και οι ανθρώπινες γλώσσες) ορίζονται από ένα σύνολο συντακτικών και εννοιολογικών κανόνων, που ορίζουν τη δομή και το νόημα, αντίστοιχα, των προτάσεων της γλώσσας.

Οι γλώσσες προγραμματισμού χρησιμοποιούνται για να διευκολύνουν την οργάνωση και διαχείριση πληροφοριών, αλλά και για την ακριβή διατύπωση αλγορίθμων. Ορισμένοι ειδικοί χρησιμοποιούν τον όρο γλώσσα προγραμματισμού μόνο για τυπικές γλώσσες που μπορούν να εκφράσουν όλους τους πιθανούς αλγορίθμους. Μη-υπολογιστικές γλώσσες όπως η HTML ή τυπικές γραμματικές όπως η BNF δεν λέγονται συνήθως γλώσσες προγραμματισμού.

Υπάρχουν χιλιάδες διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού, και κάθε χρόνο δημιουργούνται περισσότερες.<sup>44</sup>

#### 6.1.1 Χαρακτηριστικά των Γλωσσών Προγραμματισμού

Κάθε γλώσσα προγραμματισμού έχει το δικό της σύνολο τυπικών προδιαγραφών (ή κανόνων) που αφορούν το συντακτικό, το λεξιλόγιο και το νόημα της. Υπάρχουν ειδικοί φορείς τυποποίησης, οι οποίοι μέσα από τακτές συναντήσεις δημιουργούν, τροποποιούν ή επεκτείνουν τις τυπικές προδιαγραφές που διέπουν τη χρήση μιας γλώσσας προγραμματισμού.

#### 6.1.2 Κατηγοριοποίηση Γλωσσών Προγραμματισμού

Δεν υπάρχει απλός τρόπος να κατηγοριοποιηθούν οι γλώσσες προγραμματισμού. Αυτό συμβαίνει γιατί συνήθως κάθε γλώσσα προγραμματισμού περιέχει επιρροές από πολλές προηγούμενες γλώσσες, συνδυάζοντας θετικά στοιχεία και προσθέτοντας νέα. Χαρακτηριστικά που εμφανίζονται σε μια γλώσσα και έχουν θετική αποδοχή, συνήθως υιοθετούνται από μεταγενέστερες γλώσσες ακόμα και αν πρόκειται για γλώσσες που ανήκουν σε διαφορετική κατηγορία.

Η κατηγοριοποίηση είναι ακόμα πιο περίπλοκη για το λόγο ότι πολλές γλώσσες συνήθως ανήκουν σε παραπάνω από μία κατηγορίες. Για παράδειγμα, η Java είναι τόσο αντικειμενοστραφής όσο και παράλληλη γλώσσα, δεδομένου ότι υποστηρίζει την οργάνωση των δεδομένων και υπολογισμών σε αντικείμενα, αλλά επιτρέπει επίσης και την δημιουργία προγραμμάτων με ταυτόχρονα νήματα (threads) που εκτελούνται παράλληλα.

---

<sup>44</sup> Άρθρο από το Wikipedia, [Γλώσσα Προγραμματισμού](#)

Δεδομένης της δυσκολίας στην κατηγοριοποίηση, μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις γλώσσες προγραμματισμού με διάφορους τρόπους. Οι συνηθέστεροι τρόποι είναι:

- με βάση τον τρόπο οργάνωσης του προγράμματος
- με βάση τον στόχο που έχει η γλώσσα
- με βάση τον τρόπο που περιγράφουν το ζητούμενο αποτέλεσμα

Στην πρώτη περίπτωση προκύπτουν κατηγορίες όπως:

- Διαδικαστικές γλώσσες (procedural) όπου το πρόγραμμα είναι οργανωμένο σε διαδικασίες, που αποτελούνται από σειρές εντολών που περιγράφουν αλγόριθμους. Παραδείγματα γλωσσών που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι η Pascal ή η C.
- Αντικειμενοστραφείς γλώσσες (object-oriented) όπου το πρόγραμμα είναι οργανωμένο σε αντικείμενα. Ένα αντικείμενο είναι μια μονάδα που αποτελείται από την περιγραφή κάποιων δεδομένων και την περιγραφή των αλγορίθμων που τα επεξεργάζονται. Ένα αντικειμενοστραφές πρόγραμμα αποτελείται από διάφορα αντικείμενα που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Παραδείγματα αντικειμενοστραφών γλωσσών είναι η Java ή η C++.
- Συναρτησιακές γλώσσες (functional) όπου οι υπολογισμοί εκφράζονται ως εφαρμογές μαθηματικών συναρτήσεων, σε αντίθεση με τα άλλα είδη προγραμματισμού όπου οι υπολογισμοί εκφράζονται ως σειρές εντολών, όπου η κάθε μία αλλάζει με κάποιο τρόπο την κατάσταση του συστήματος. Θεωρητικό τους υπόβαθρο είναι ο λ-λογισμός. Χαρακτηριστικές συναρτησιακές γλώσσες είναι η Lisp, η Haskell και η OCaml.

Στην περίπτωση που οι κατηγοριοποίηση των γλωσσών προγραμματισμού γίνει με βάση το στόχο που έχει η γλώσσα, υπάρχουν οι παρακάτω κατηγορίες:

- Γλώσσες γενικής χρήσης. Σε αυτήν την κατηγορία ταξινομούνται γλώσσες που δημιουργήθηκαν για τον προγραμματισμό γενικών εφαρμογών, καθώς και πολλές εκπαιδευτικές γλώσσες που αποδείχτηκαν χρήσιμες για την ανάπτυξη γενικών εφαρμογών, όπως η Pascal.
- Γλώσσες προγραμματισμού συστημάτων, που χρησιμοποιούνται συνήθως για τον προγραμματισμό λειτουργικών συστημάτων ή οδηγών (drivers) υλικού, όπου χρειάζεται πολλές φορές ο προγραμματιστής να έχει έλεγχο και γνώση του πώς λειτουργεί το υλικό. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη γλώσσα προγραμματισμού συστημάτων είναι η C.
- Γλώσσες σεναρίων (scripting). Αυτές οι γλώσσες χρησιμοποιούνται συνήθως για τη γρήγορη ανάπτυξη μικρών προγραμμάτων, σε περιπτώσεις που ο χρόνος του προγραμματιστή είναι πιο πολύτιμος από την ταχύτητα εκτέλεσης του προγράμματος, όπως για παράδειγμα συμβαίνει όταν το πρόγραμμα απλά αυτοματοποιεί απλές λειτουργίες. Παραδείγματα γλωσσών σεναρίων

(scripting) είναι η Perl, η Python, η Ruby ή τα κελύφη του λειτουργικού συστήματος Unix (shells).

- Γλώσσες ειδικών εφαρμογών. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν γλώσσες που αναπτύχθηκαν ειδικά για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Για παράδειγμα, η γλώσσα PostScript είναι σχεδιασμένη ειδικά για να περιγράφονται με λεπτομέρεια κείμενα προς εκτύπωση, ενώ η γλώσσα Matlab είναι σχεδιασμένη για την επεξεργασία πινάκων από αριθμητικά δεδομένα.
- Παράλληλες ή καταναεμημένες γλώσσες. Στη συγκεκριμένη κατηγορία ταξινομούνται γλώσσες που επιτρέπουν τη ανάπτυξη παράλληλων προγραμμάτων, όπου πολλές εντολές εκτελούνται ταυτόχρονα σε πολλούς υπολογιστές, έτσι ώστε το τελικό αποτέλεσμα να προκύψει γρηγορότερα. Οι παράλληλες γλώσσες προσφέρουν συνήθως εύκολους τρόπους επικοινωνίας μεταξύ των νημάτων που εκτελούνται παράλληλα, καθώς και τρόπους ώστε να δημιουργούνται καινούριες παράλληλες εκτελέσεις. Παραδείγματα γλωσσών που ανήκουν (και) σε αυτή την κατηγορία είναι η Java, η Erlang, η MultiLisp ή η Cilk.

Τέλος, στην περίπτωση που η κατηγοριοποίηση γίνεται με βάση τον τρόπο που περιγράφεται το ζητούμενο, υπάρχουν οι παρακάτω κατηγορίες:

- Προστακτικές γλώσσες προγραμματισμού (imperative) είναι οι γλώσσες που περιγράφουν το ζητούμενο αποτέλεσμα κατασκευαστικά, δίνοντας μια σειρά εντολών που όταν εκτελεστούν παράγουν το ζητούμενο αποτέλεσμα. Τέτοιες γλώσσες είναι η C, η Java αλλά και η OCaml.
- Δηλωτικές γλώσσες προγραμματισμού (declarative) είναι οι γλώσσες που περιγράφουν το ζητούμενο αποτέλεσμα χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες που έχει, και όχι τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται. Παραδείγματα δηλωτικών γλωσσών είναι η Haskell, η SQL και η Prolog

## 6.2 Γλωσσά Προγραμματισμού C

Η C είναι μια διαδικαστική γλώσσα προγραμματισμού γενικής χρήσης η οποία αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας 1970-1980 από τον Ντένις Ρίτσι στα εργαστήρια Bell Labs για να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη του λειτουργικού συστήματος UNIX. Από τότε χρησιμοποιείται ευρύτατα, και ιδιαίτερα για ανάπτυξη προγραμμάτων συστήματος (system software) αλλά και για απλές εφαρμογές. Οι λόγοι της ραγδαίας ανάπτυξης της συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού είναι η ταχύτητα της, καθώς και το γεγονός ότι είναι διαθέσιμη στα περισσότερα σημερινά λειτουργικά συστήματα.<sup>45</sup>

---

<sup>45</sup> Άρθρο από το Wikipedia, [Γλωσσά Προγραμματισμού C](#)

### 6.2.1 Φιλοσοφία

Η C είναι μια σχετικά μινιμαλιστική γλώσσα προγραμματισμού. Ανάμεσα στους σχεδιαστικούς στόχους που έπρεπε να καλύψει η γλώσσα περιλαμβανόταν το ότι θα μπορούσε να μεταγλωττιστεί (να γίνεται compile) άμεσα με τη χρήση single-pass compiler — με άλλα λόγια, ότι θα απαιτούνταν μόνο ένας μικρός αριθμός από εντολές (instructions) σε γλώσσα μηχανής (machine language) για κάθε βασικό στοιχείο της, χωρίς εκτεταμένη run-time υποστήριξη. Ως αποτέλεσμα, είναι δυνατό να γραφτεί κώδικας σε C σε low level επίπεδο προγραμματισμού με ακρίβεια ανάλογη της συμβολικής γλώσσας, στην πραγματικότητα η C ορισμένες φορές αποκαλείται (και χωρίς να υπάρχει πάντα αντιπαράθεση) "high-level assembly" ή "portable assembly." Επίσης, γίνονται αναφορές στη C ως mid-level γλώσσα προγραμματισμού.

### 6.2.2 C Πρότυπη Βιβλιοθήκη

Η C πρότυπη βιβλιοθήκη είναι μια πρότυπη (στάνταρ) συλλογή από αρχεία επικεφαλίδες και συναρτήσεις βιβλιοθήκης που υλοποιούν κάποιες κοινές λειτουργίες, όπως είσοδος/έξοδος και χειρισμό αλφαριθμητικών, στη C. Σε αντίθεση με άλλες γλώσσες όπως η COBOL, η Fortran και η PL/I, η C δεν περιλαμβάνει ενσωματωμένες δεσμευμένες λέξεις για αυτές τις λειτουργίες, και γι' αυτό σχεδόν όλα τα προγράμματα γραμμένα στη C βασίζονται στην πρότυπη βιβλιοθήκη για να λειτουργήσουν.<sup>46</sup>

<assert.h>	<inttypes.h>	<signal.h>	<stdlib.h>
<complex.h>	<iso646.h>	<stdarg.h>	<string.h>
<ctype.h>	<limits.h>	<stdbool.h>	<tgmath.h>
<errno.h>	<locale.h>	<stddef.h>	<time.h>
<fenv.h>	<math.h>	<stdint.h>	<wchar.h>
<float.h>	<setjmp.h>	<stdio.h>	<wctype.h>

Πινάκας 6.2 : C Πρότυπη Βιβλιοθήκη

<sup>46</sup>Άρθρο από το Wikipedia,. [C Πρότυπη Βιβλιοθήκη](#)

## 6.3 Γλωσσά Προγραμματισμού C++

Η C++ είναι μια γενικού σκοπού γλώσσα προγραμματισμού H/Y. Θεωρείται μέσου επιπέδου γλώσσα, καθώς περιλαμβάνει έναν συνδυασμό χαρακτηριστικών από γλώσσες υψηλού και χαμηλού επιπέδου. Είναι μια μεταγλωττιζόμενη γλώσσα πολλαπλών παραδειγμάτων, με τύπους. Υποστηρίζει δομημένο, αντικειμενοστραφή και γενικό προγραμματισμό.

Η γλώσσα αναπτύχθηκε από τον Bjarne Stroustrup το 1979 στα εργαστήρια Bell της AT&T, ως βελτίωση της ήδη υπάρχουσας γλώσσας προγραμματισμού C, και αρχικά ονομάστηκε "C with Classes", δηλαδή C με Κλάσεις. Μετονομάστηκε σε C++ το 1983. Οι βελτιώσεις ξεκίνησαν με την προσθήκη κλάσεων, και ακολούθησαν, μεταξύ άλλων, εικονικές συναρτήσεις, υπερφόρτωση τελεστών, πολλαπλή κληρονομικότητα, πρότυπα κ.α.

Η γλώσσα ορίστηκε παγκοσμίως, το 1998, με το πρότυπο ISO/IEC 14882:1998. Η τρέχουσα έκδοση αυτού του προτύπου είναι αυτή του 2003, η ISO/IEC 14882:2003. Μια καινούρια έκδοση είναι υπό ανάπτυξη, γνωστή ανεπίσημα με την ονομασία C++0x.<sup>47</sup>

### 6.3.1 Φιλοσοφία

Στο βιβλίο του "The Design and Evolution of C++ (1994), ο Bjarne Stroustrup περιγράφει κάποιους κανόνες που χρησιμοποιεί για το σχεδιασμό της C++:

- η C++ είναι σχεδιασμένη ως μια γενικής χρήσης γλώσσα με στατικούς τύπους, που είναι όσο αποτελεσματική και φορητή, όσο η C
- η C++ είναι σχεδιασμένη να υποστηρίζει άμεσα και σφαιρικά πολλά είδη προγραμματισμού (δομημένος προγραμματισμός, αντικειμενοστραφής προγραμματισμός, γενικός προγραμματισμός)
- η C++ είναι σχεδιασμένη να δίνει επιλογές στον προγραμματιστή, ακόμα κι αν του επιτρέπει να επιλέξει λανθασμένα
- η C++ είναι σχεδιασμένη να είναι όσο το δυνατόν συμβατή με τη C, ώστε να διευκολύνει τη μετάβαση από τη C
- η C++ αποφεύγει χαρακτηριστικά που αναφέρονται σε συγκεκριμένες πλατφόρμες ή δεν είναι γενικής χρήσης
- η C++ δεν έχει κόστος για χαρακτηριστικά της γλώσσας που δεν χρησιμοποιούνται
- η C++ είναι σχεδιασμένη να λειτουργεί χωρίς κάποιο εξελιγμένο προγραμματιστικό περιβάλλον

Το βιβλίο *Inside the C++ Object Model* (Lippman, 1996) περιγράφει πως οι μεταγλωττιστές μπορούν να μετατρέψουν εντολές ενός προγράμματος C++ σε μια

---

<sup>47</sup> Άρθρο από το Wikipedia, [Γλωσσά Προγραμματισμού C++](#)

διάταξη στη μνήμη. Παρ' όλα αυτά, οι συγγραφείς μεταγλωττιστών είναι γενικά ελεύθεροι να υλοποιήσουν το πρότυπο με δικό τους τρόπο.

### **6.3.2 Τελεστές και Υπερφόρτωση Τελεστών**

Η C++ παρέχει περισσότερους από 30 τελεστές, που καλύπτουν τη βασική αριθμητική, το χειρισμό bit, αναφορά δεικτών, συγκρίσεις, λογικές πράξεις κ.α. Σχεδόν όλοι οι τελεστές μπορούν να υπερφορτωθούν για τύπους ορισμένους από το χρήστη, με λίγες εξαιρέσεις όπως πρόσβαση μέλους (. και .\*). Το πλούσιο σύνολο από τελεστές που μπορούν να υπερφορτωθούν είναι βασικό για τη χρήση της C++ ως γλώσσα ειδικού πεδίου (domain specific language). Οι υπερφορτώσιμοι τελεστές είναι ακόμα βασικό μέρος πολλών προχωρημένων τεχνικών προγραμματισμού της C++, όπως οι έξυπνοι δείκτες. Η υπερφόρτωση ενός τελεστή δεν αλλάζει την προτεραιότητα των υπολογισμών όπου χρησιμοποιείται, ούτε τον αριθμό των τελεστών που χρησιμοποιεί ο τελεστής (αν και οποιοσδήποτε τελεστέος μπορεί απλά να αγνοείται).

### **6.4 Wiring**

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιούμε για την πλακέτα Arduino είναι η Wiring , η οποία είναι μια γλώσσα που μοιάζει με την C και παρέχει παρόμοια λειτουργικότητα για μια πιο περιορισμένης σχεδίασης πλακέτα, της οποίας το περιβάλλον ανάπτυξης βασίζεται επίσης στην Processing



## 6.5 Κώδικας Arduino - Ethernet

```
#include <SdFat.h>    //Βιβλιοθήκες για την δημιουργία του file system - 2 lines
#include <SdFatUtil.h>

#include <Ethernet.h> //Βιβλιοθήκη για Ethernet Interface και Web Server
#include <SPI.h>      // Βιβλιοθήκη για το Spi Interface

//Δήλωση γενικών μεταβλητών που χρησιμοποιούνται σε διάφορα σημεία του
//προγράμματος

float kulindrikh;

float or8ogwnikh;

int max = 15;

int min = 130;

float p = 3.14;

float d = 31.5;

float y = 150;

float m = 200;

float pl = 100;

int buz = 5;

int LedPin = 3;

//Μεταβλητές που αφορούν το Ethernet Interface και το Web Server

byte mac[] = { 0x00, 0x26, 0x2D, 0x5E, 0x6B, 0x53 };

byte ip[] = { 192, 168, 2, 177 };

EthernetServer server(80);

// Μεταβλητές που αφορούν την κάρτα Sd και το File System

Sd2Card card;
```

```

SdVolume volume;

SdFile root;

SdFile file;

//Δήλωση γενικής συνάρτησης για την εκτύπωση
//στην συριακή πόρτα μηνυμάτων λάθους
//Σε περίπτωση λάθους η εκτέλεση του προγράμματος
//τερματίζεται -> while(1)
#define error(s) error_P(PSTR(s))

void error_P(const char* str) {
    PgmPrint("error: ");
    SerialPrintln_P(str);
    if (card.errorCode() {
        PgmPrint("SD error: ");
        Serial.print(card.errorCode(), HEX);
        Serial.print(',');
        Serial.println(card.errorData(), HEX);
    }
    while(1);
}

//Συνάρτηση αρχικοποίησης του συστήματος
//Εκτελείται κατά την εκκίνηση του συστήματος
void setup() {
    pinMode(3,OUTPUT);//led
    pinMode(5,OUTPUT);//buz

```

```

//Αρχικοποίηση της σειριακής πόρτας στα 9600 bps
Serial.begin(9600);

//Εκτύπωση της διαθέσιμης ελεύθερης μνήμης
PgmPrint("Free RAM: ");
Serial.println(FreeRam());

//Αρχικοποίηση του pin στο οποίο είναι συνδεδεμένη η κάρτα Sd
pinMode(10, OUTPUT);
digitalWrite(10, HIGH);

// Αρχικοποίηση της κάρτας Sd
if (!card.init(SPI_HALF_SPEED, 4)) error("card.init failed!");

//Αρχικοποίηση του File System στην κάρτα Sd
if (!volume.init(&card)) error("vol.init failed!");

PgmPrint("Volume is FAT");
Serial.println(volume.fatType(),DEC);
Serial.println();

//Άνοιγμα του Root Directory απο το File System
//Εκτύπωση όλων των αρχείων που υπάρχουν
if (!root.openRoot(&volume)) error("openRoot failed");

PgmPrintln("Files found in root:");
root.ls(LS_DATE | LS_SIZE);
Serial.println();

PgmPrintln("Files found in all dirs:");
root.ls(LS_R);
Serial.println();

PgmPrintln("Done");

//Εκκίνηση του Ethernet Interface

```

```

Ethernet.begin(mac, ip);

// Εκκίνηση του Web Server

server.begin();

}

//Βοηθητική συνάρτηση που επιστρέφει σαν Html List όλες
//τις διαθέσιμες σελίδες του Web Server

void ListFiles(EthernetClient client, uint8_t flags) {

    dir_t p;

    root.rewind();

    client.println("<ul>");

    while (root.readDir(&p) > 0) {

        if (p.name[0] == DIR_NAME_FREE) break;

        if (p.name[0] == DIR_NAME_DELETED || p.name[0] == '.') continue;

        if (!DIR_IS_FILE_OR_SUBDIR(&p)) continue;

        client.print("<li><a href=\");

        for (uint8_t i = 0; i < 11; i++) {

            if (p.name[i] == ' ') continue;

            if (i == 8) {

```

```

    client.print('.');
}
client.print((char)p.name[i]);
}
client.print("\>");

for (uint8_t i = 0; i < 11; i+) {
    if (p.name[i] == ' ') continue;
    if (i == 8) {
        client.print('.');
    }
    client.print((char)p.name[i]);
}

client.print("</a>");

if (DIR_IS_SUBDIR(&p)) {
    client.print('/');
}

if (flags & LS_DATE) {
    root.printFatDate(p.lastWriteDate);
    client.print(' ');
    root.printFatTime(p.lastWriteTime);
}

```

```

if (!DIR_IS_SUBDIR(p) && (flags & LS_SIZE)) {
    client.print(' ');
    client.print(p.fileSize);
}
client.println("</li>");
}
client.println("</ul>");
}

```

*//Κυρίως Πρόγραμμα*

*//Βρόχος που εκτελείται συνέχεια (loop)*

```
#define BUFSIZ 100
```

```
void loop()
```

```
{
```

*//Δήλωση τοπικών μεταβλητών*

*//Διαθέσιμη μόνο μέσα από την*

*//συνάρτηση loop*

```
char clientline[BUFSIZ];
```

```
int index = 0;
```

```
long duration, inches, cm;
```

*//Έλεγχος αν κάποιο request από client*

*//είναι διαθέσιμο*

*//αλλιώς περιμένει για 100 ms (delay(100) στο τέλος του loop)*

```

//και ελέγχει ξανά
EthernetClient client = server.available();

//Αν κάποιο request είναι διαθέσιμο
//μπες στην if και ξεκίνα το
if (client) {

//Διαβάζει μια γραμμή για να πάρει το request

boolean current_line_is_blank = true;

index = 0;

while (client.connected()) {

  if (client.available()) {

    char c = client.read();

    if (c != '\n' & c != '\r') {

      clientline[index] = c;

      index++;

      if (index >= BUFSIZ)

        index = BUFSIZ -1;

      continue;

    }

    clientline[index] = 0;

    //Το request έχει διαβαστεί , το τυπώνει στην σειριακή
    //για debugging

    Serial.println(clientline);

```

```

//Αν το request δεν είναι για συγκεκριμένο αρχείο
//τύπωσε σαν Html List όλα τα αρχεία που είναι
//διαθέσιμα
if (strstr(clientline, "GET / ") != 0) {

    client.println("HTTP/1.1 200 OK");

    client.println("Content-Type: text/html");

    client.println();

    client.println("<h2>Files:</h2>");

    ListFiles(client, LS_SIZE);

}

//Αλλιώς αν το request είναι για συγκεκριμένο αρχείο,
//τύπωσε την συγκεκριμένη html σελίδα είτε δυναμικά
//είτε από τα αρχεία στο File System
else if (strstr(clientline, "GET /") != 0) {

    // Παίρνει το όνομα του request

    char *filename;

    filename = clientline + 5;

    (strstr(clientline, " HTTP"))[0] = 0;

    //Τυπώνει το όνομα του αρχείου του request

    //για debugging

    Serial.println(filename);

    //Αν ζητηθεί η monitor.htm η οποία είναι δυναμική

    //διάβασε την τιμή από τον αισθητήρα και

```



```

//δημιούργησε την html δυναμικά
if (! strcmp(filename, "monitor.htm")) {

    //Αρχικοποιήσει τα pin που είναι συνδεδεμένος ο αισθητήρας
    //και διαβάζει την τιμή του
    digitalWrite(2, HIGH);
    pinMode(8, OUTPUT);
    digitalWrite(8, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(8, HIGH);
    delayMicroseconds(5);
    digitalWrite(8, LOW);
    pinMode (7, INPUT);
    duration = pulseIn(7, HIGH);

    //Μετατροπή της τιμής του αισθητήρα από msec σε cm
    cm = microsecondsToCentimeters(duration);

    //Δημιουργεί δυναμικά τον κώδικα html που θα περιέχει και
    //την τιμή του αισθητήρα
    client.println("HTTP/1.1 200 OK");
    client.println("Content-Type: text/html");
    client.println("Connnection: close");
    client.println();
    client.println("<!DOCTYPE HTML>");
    client.println("<center><html></center>");
    client.println("<meta http-equiv=\"refresh\" content=\"3\">");
    float sensorReading = cm;
    client.print("<h3><center>The measurable heigh is: ");

```

```

client.print((sensorReading));

client.print(" cm");

client.print("<center>The liquid level is: ");

//Τυπώνει την στάθμη της δεξαμενής

client.print((y-sensorReading));

client.print(" cm");

client.println("<br />");

client.println();

client.println("<center></html></center>");

//Εξίσωση για να μας εμφανίζει τα λίτρα
//της ορθογωνικής δεξαμενής

or8ogwnikh = ((m*pl)*(y-cm))/1000;

//Εξίσωση για να μας εμφανίζει τα λίτρα
//της κυλινδρικής δεξαμενής

kulindrikh = (p*((d*d)/4)*(y-cm))/1000;

client.println("<center>The liters of the tank is: ");

client.println(kulindrikh);

//client.println(or8ogwnikh);

//Έλεγχος στάθμης υγρού

//Αν είναι μικρότερο το min και
//μεγαλύτερο του max

//Η στάθμη του υγρού μας είναι ok!

if (cm > max & cm < min )

{

// Τύπωσε το μήνυμα αυτό και

// ενεργοποίησε το πράσινο led

```

```

Serial.println("The level of the liquid is ok!");

digitalWrite(buz,LOW);

digitalWrite(LedPin,HIGH);

}

//Αν είναι μεγαλύτερο του min

//Χρειάζεται γέμισμα η δεξαμενή μας

else if(cm > min)

{

//Τύπωσε μου το μήνυμα αυτό και

//ενεργοποίησε το buzzer και το κόκκινο led με

//με καθυστέρηση 200ms

Serial.println("Refill The Tank!!!");

digitalWrite(buz,HIGH);

delay(200);

digitalWrite(LedPin,LOW);

digitalWrite(buz,LOW);

client.println();

client.println("<center>Low Level Alarm");

}

//Αν είναι μικρότερο του max

//Κίνδυνος για υπερπλήρωση της

//δεξαμενής

else if (cm < max)

{

//Τύπωσε μου το μήνυμα αυτό και

//ενεργοποίησε το buzzer και το κόκκινο led με

```

```

    //με καθυστέρηση 200ms
    Serial.println("Danger for OverFlow!!!");
    digitalWrite(buz,HIGH);
    delay(200);
    digitalWrite(LedPin,LOW);
    digitalWrite(buz,LOW);
    client.println();
    client.println("<center>Danger for OverFlow");
    client.println();
}
//Αν η μέτρηση του αισθητήρα είναι
//μικρότερη των 5cm, τότε έχουμε
//overflow
if (cm < 5 )
{
    //Τύπωσε μου το μήνυμα αυτό και
    //ενεργοποίησε το buzzer και το κόκκινο led
    Serial.println("OverFlow!!!");
    digitalWrite(buz,HIGH);
    digitalWrite(LedPin,LOW);
    client.println();
    client.println("<center>OverFlow");
}
//Αν η μετρηση του αισθητήρα είναι
//μεγαλύτερη των 145cm, τότε έχουμε
//άδεια δεξαμενή
if (cm > 145 )

```

```

{
    //Τύπωσε μου το μήνυμα αυτό και
    //ενεργοποίησε το buzzer και το κόκκινο led
    Serial.println("Empty Tank");
    digitalWrite(buz,HIGH);
    digitalWrite(LedPin,LOW);
    client.println();
    client.println("<center>Low Liquid Level");
}

//Τέλος δημιουργίας δυναμικής σελίδας
//Ξεκινάει από την αρχή για το επόμενο request
break;
}

//Αν από τον παραπάνω έλεγχο δεν προκύπτει
//η σελίδα που ζητήθηκε να είναι δυναμική
//τότε άνοιξε την από το File System
//αλλιώς επέστρεψε από την αντίστοιχη error page
//και html code 404
if (! file.open(&root, filename, O_READ)) {
    client.println("HTTP/1.1 404 Not Found");
    client.println("Content-Type: text/html");
    client.println();
    client.println("<h2>File Not Found!</h2>");
    break;
}

//Αν το αρχείο υπάρχει, δημιούργησε την html από

```

```

//τα περιεχόμενα του
Serial.println("Opened!");
client.println("HTTP/1.1 200 OK");
client.println("Content-Type: text/html");
client.println();
int16_t c;
while ((c = file.read()) > 0) {
    client.print((char)c);
}
file.close();
}
//Για οποιαδήποτε άλλο πρόβλημα επέστρεψε
//την error page και html code 404
else {

    client.println("HTTP/1.1 404 Not Found");
    client.println("Content-Type: text/html");
    client.println();
    client.println("<h2>File Not Found!</h2>");
}
break;
}
}

delay(1);
client.stop()
}

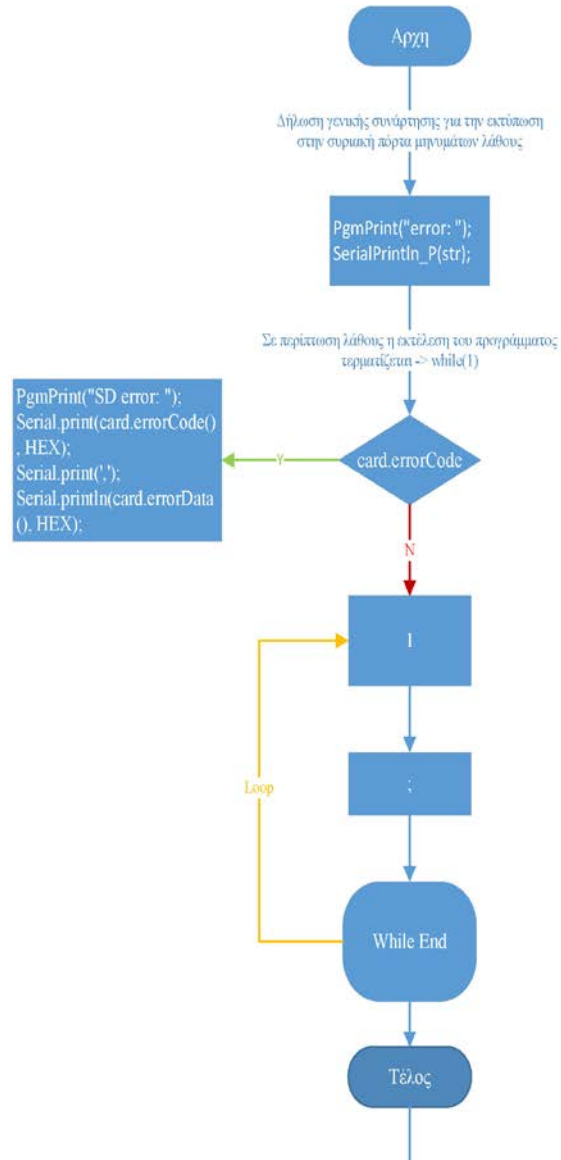
```

```
delay(100)
}

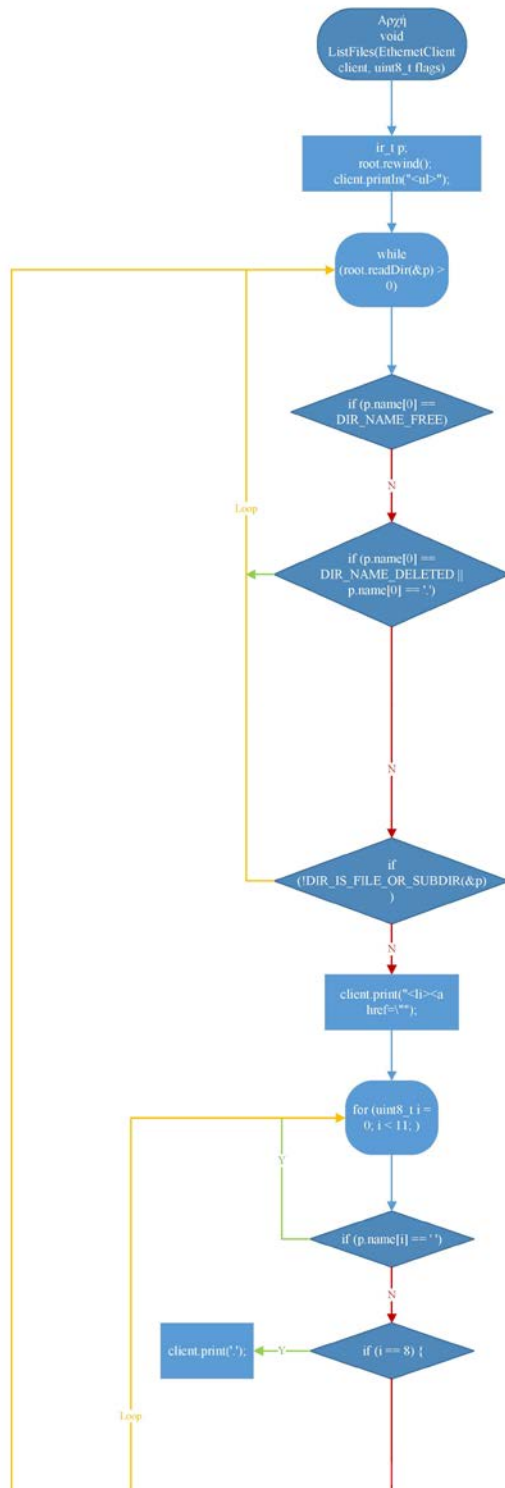
//Βοηθητική συνάρτηση
//που μετατρέπει τα msec που μετράει ο αισθητήρας σε cm
long microsecondsToCentimeters(long microseconds)
{
    // Η ταχύτητα του ήχου είναι 340 m/s ή 29 ms/cm
    //Το ring λαμβάνει και στέλνει πακέτα δεδομένων, άρα στην προκειμένη
    //περίπτωση για να βρούμε την απόσταση του αντικειμένου
    //αρκεί να πάρουμε την μισή απόσταση που ταξιδεύει το πακέτο

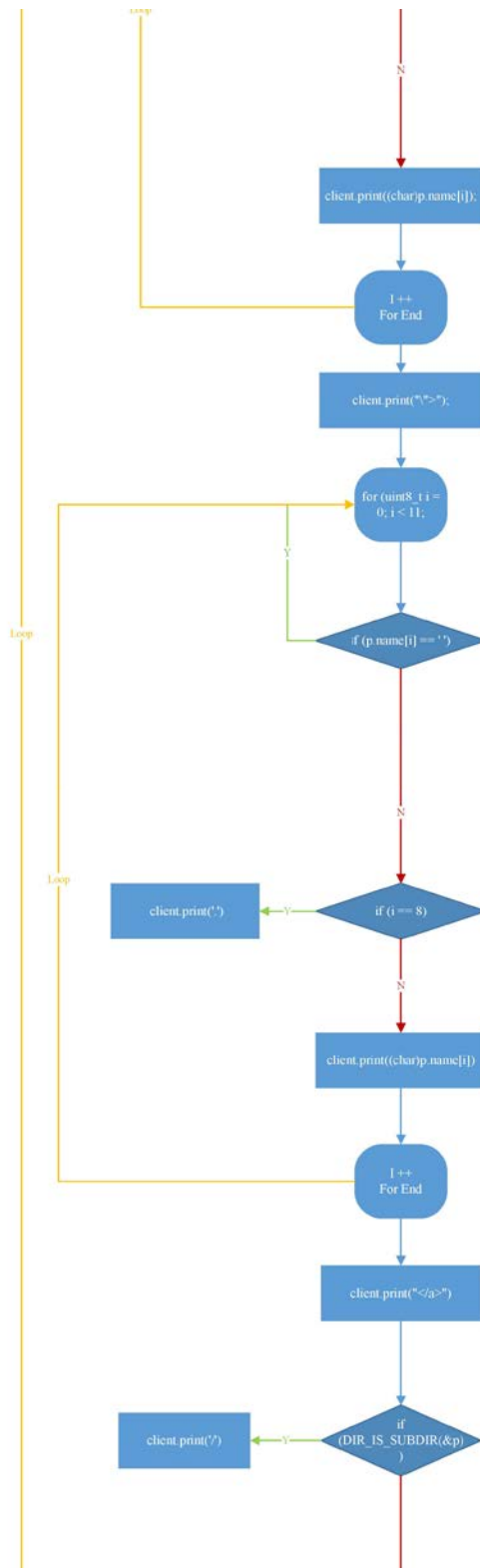
    return microseconds / 29 / 2;
```

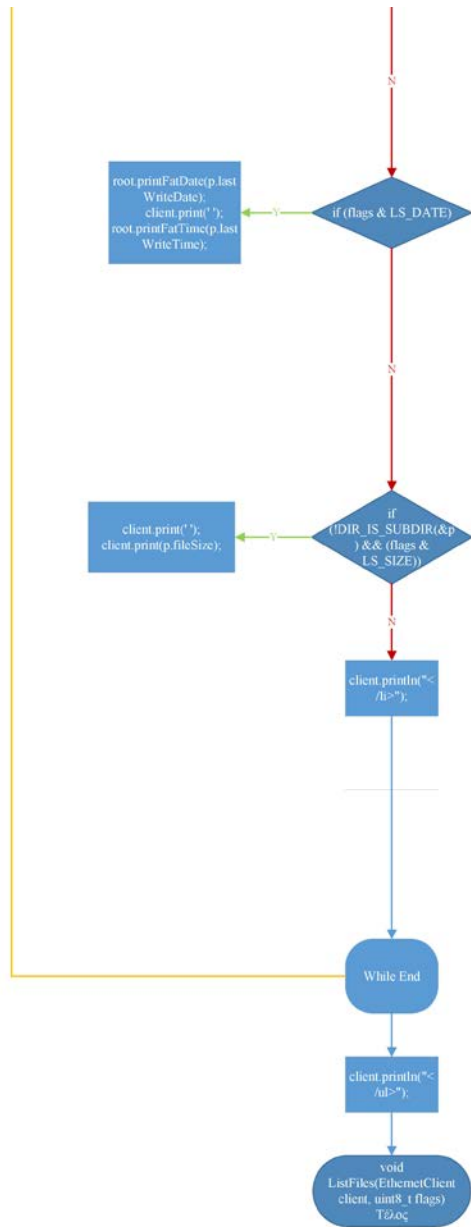
## 6.6 Διάγραμμα Ροής

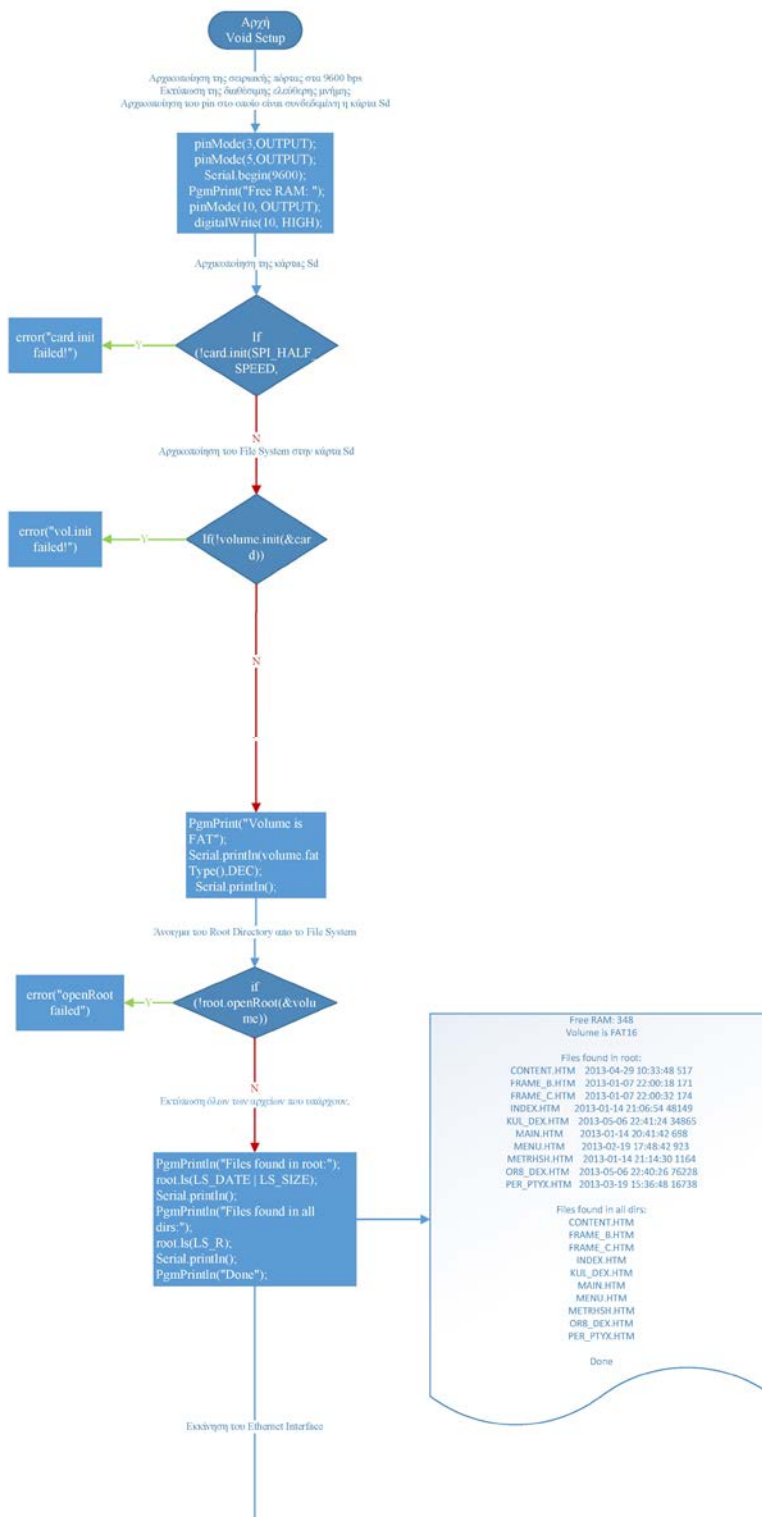




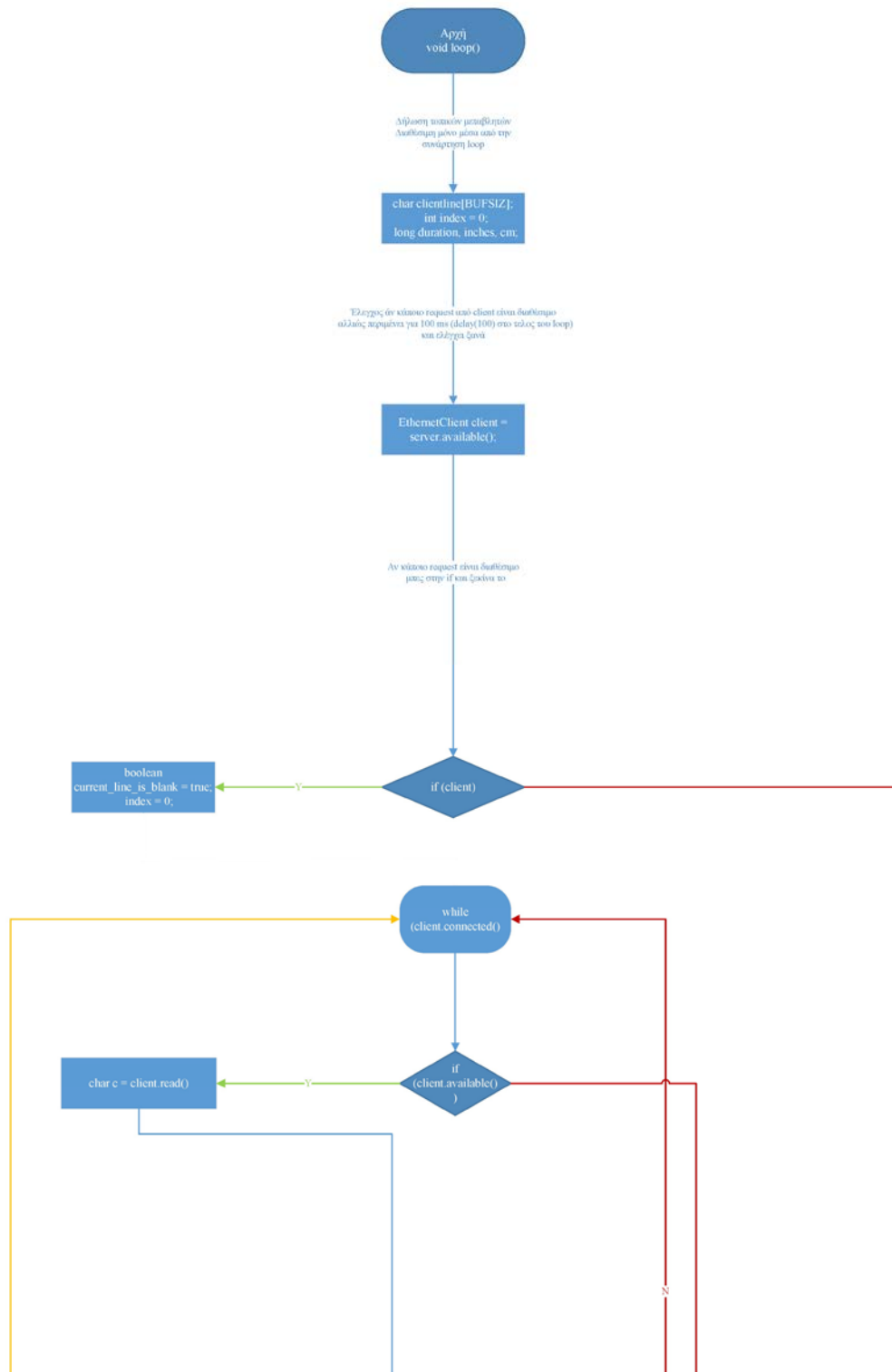


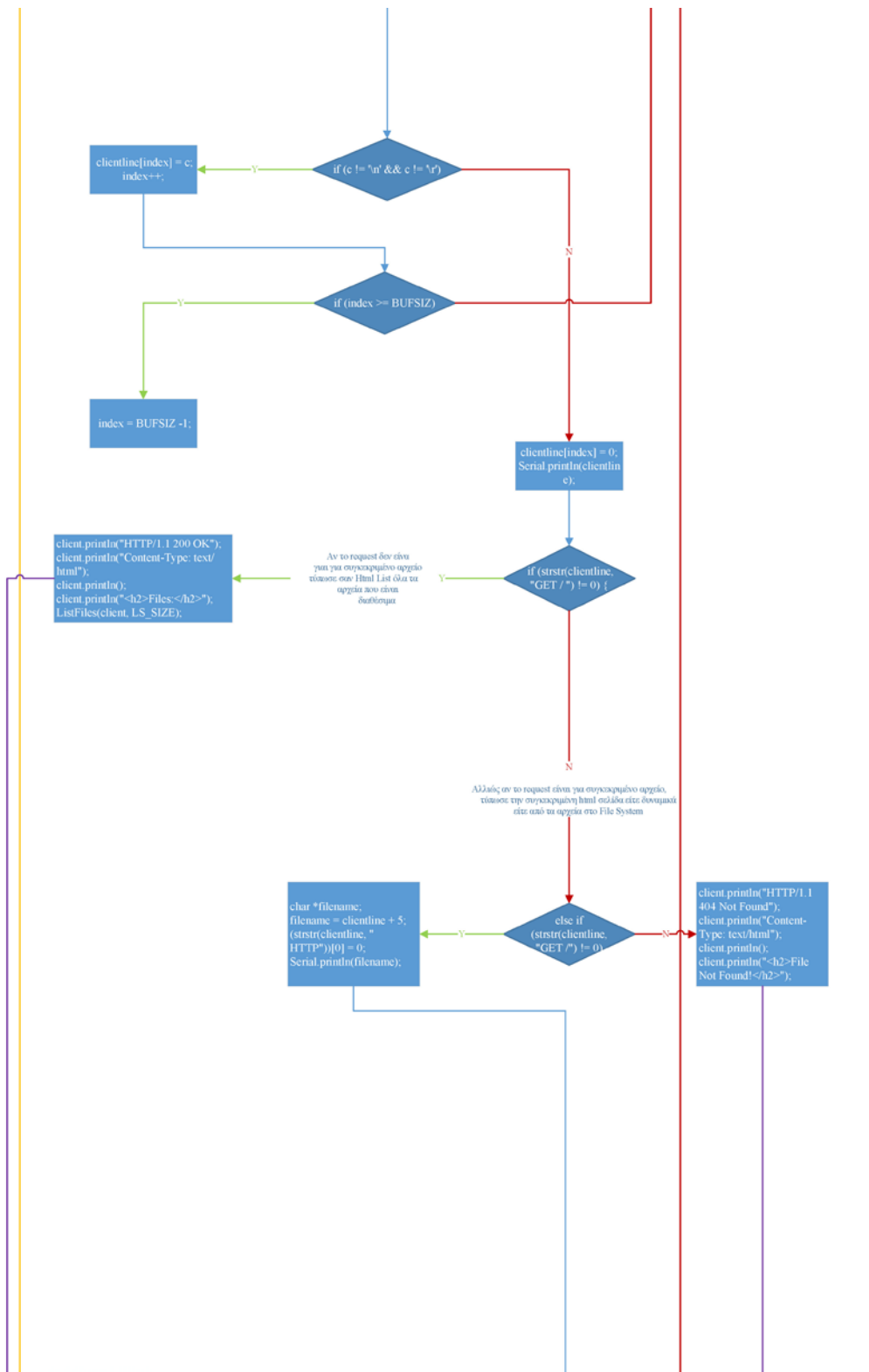


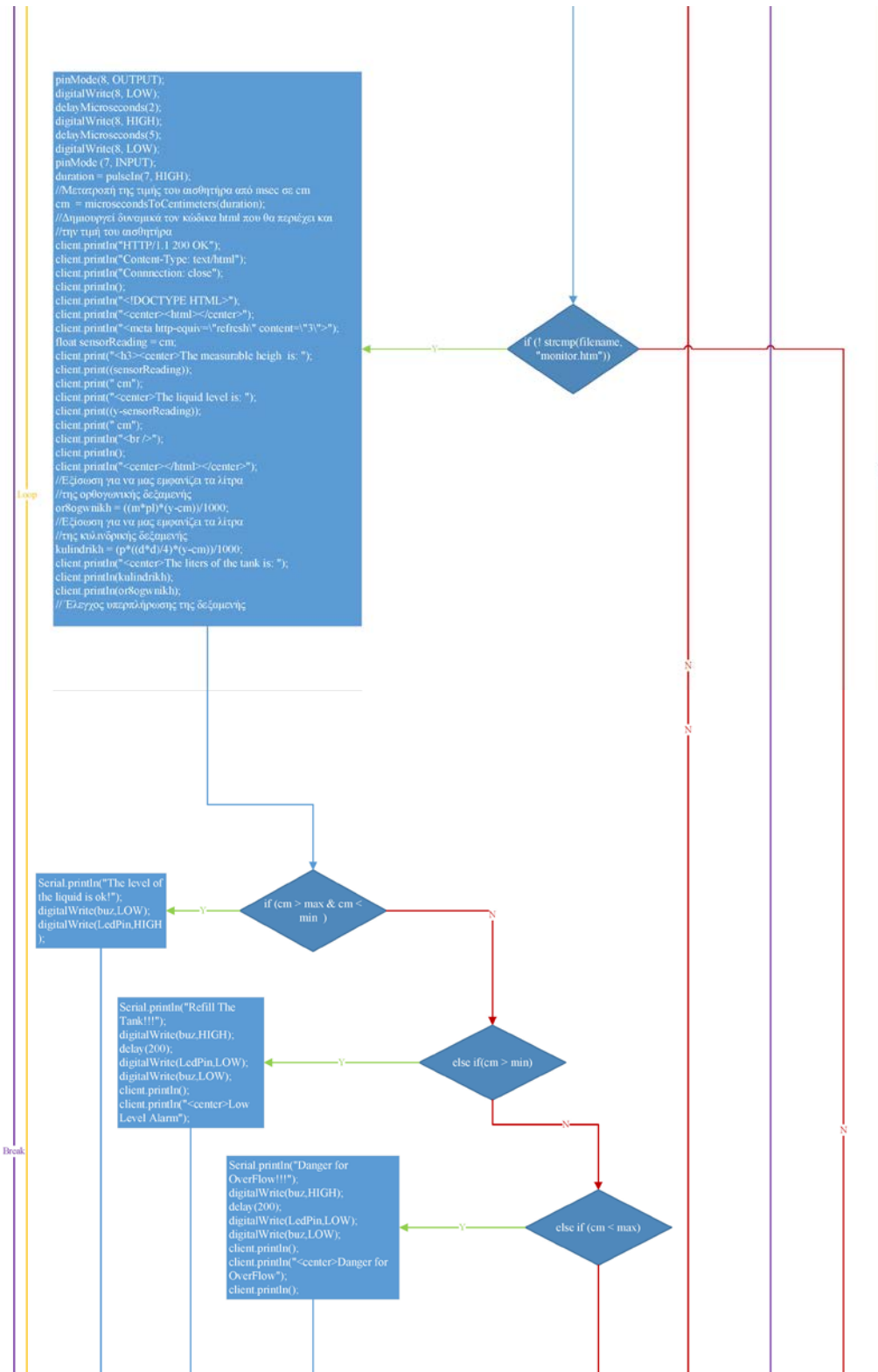




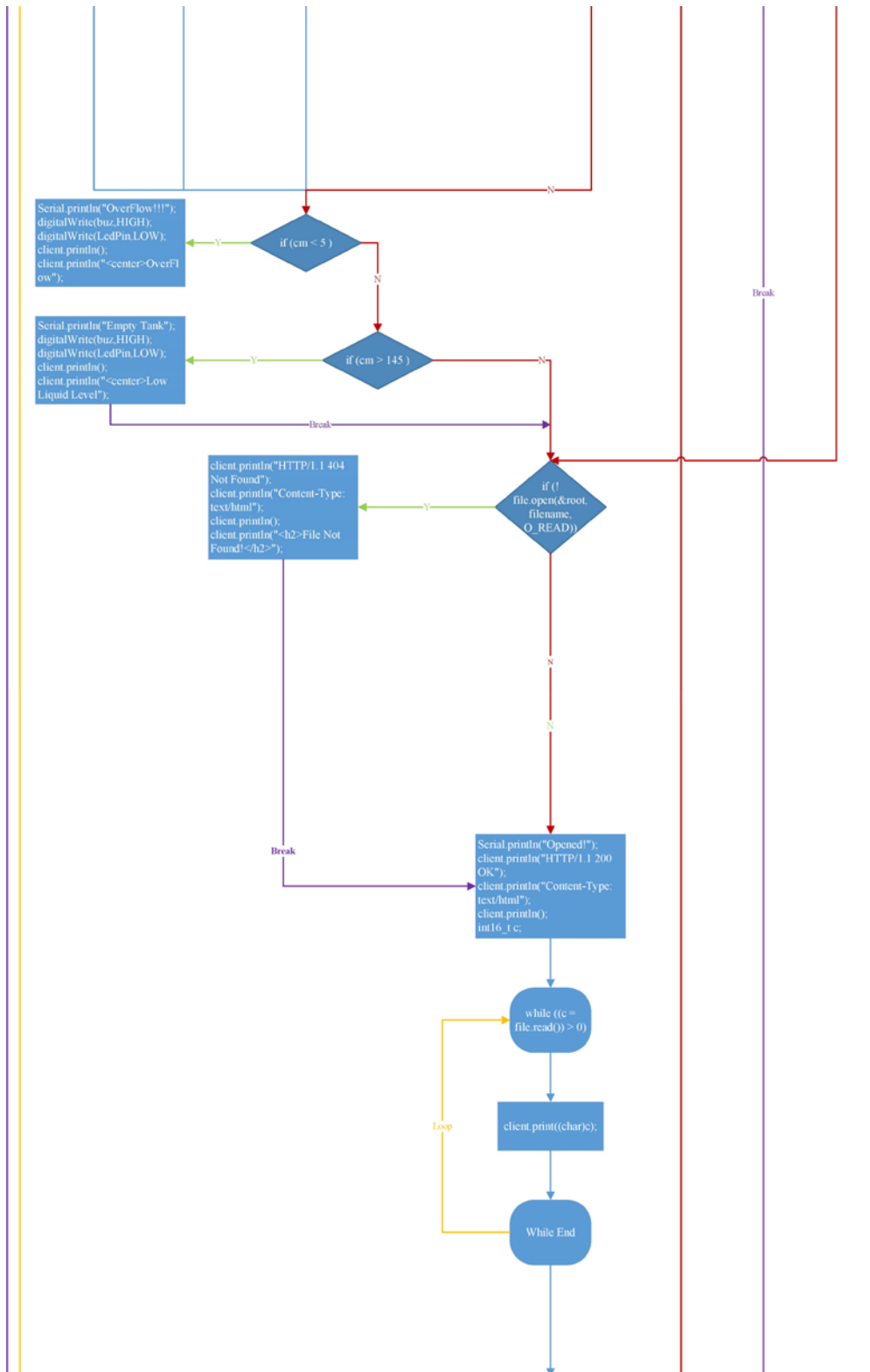


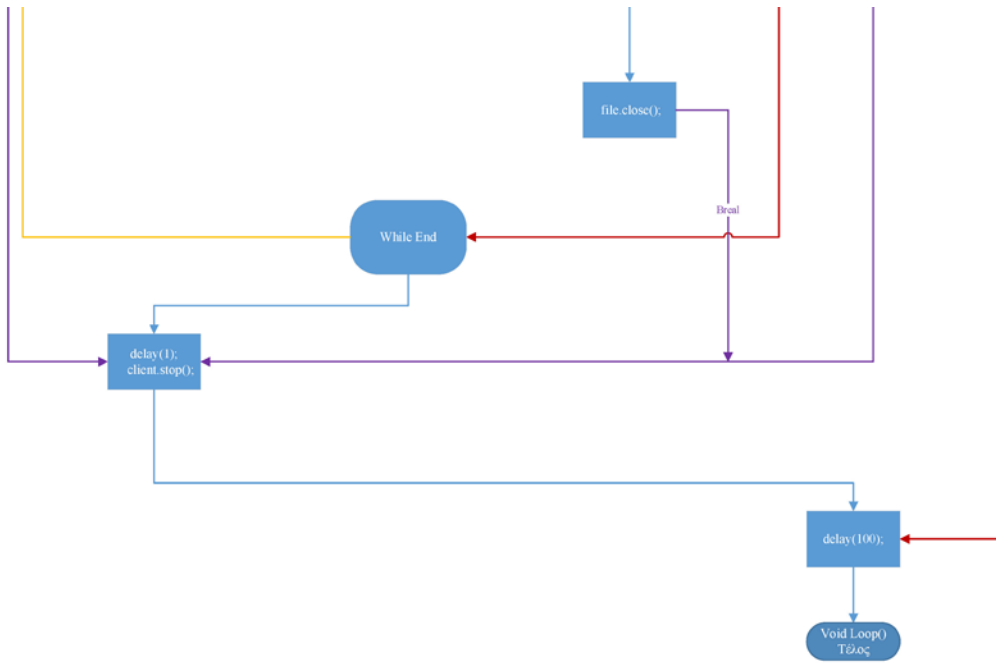












## 6.7 Hyper Text Markup Language (HTML)

Η HTML (Γλώσσα Σήμανσης Υπερκειμένου) είναι η κύρια γλώσσα σήμανσης για τις ιστοσελίδες, και τα στοιχεία της είναι τα βασικά δομικά στοιχεία των ιστοσελίδων.

Η γλώσσα HTML αποτελείται από *ετικέτες*, οι οποίες περιλαμβάνονται μέσα σε σύμβολα «μεγαλύτερο από» και «μικρότερο από» (για παράδειγμα `<html>`), μέσα στο περιεχόμενο της ιστοσελίδας. Οι ετικέτες HTML συνήθως λειτουργούν ανά ζεύγη (για παράδειγμα `<h1>` και `</h1>`), με την πρώτη να ονομάζεται *ετικέτα έναρξης* και τη δεύτερη *ετικέτα λήξης* (ή σε άλλες περιπτώσεις *ετικέτα ανοίγματος* και *ετικέτα κλεισίματος* αντίστοιχα). Επίσης η HTML επιτρέπει την ενσωμάτωση εικόνων και άλλων αντικειμένων μέσα στη σελίδα, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εμφανίσει διαδραστικές φόρμες. Παρέχει τις μεθόδους δημιουργίας δομημένων εγγράφων (δηλαδή εγγράφων που αποτελούνται από το περιεχόμενο που μεταφέρουν και από τον κώδικα μορφοποίησης του περιεχομένου) καθορίζοντας δομικά σημαντικά στοιχεία για το κείμενο, όπως κεφαλίδες, παραγράφους, λίστες, συνδέσμους, παραθέσεις και άλλα. Μπορούν επίσης να ενσωματώνονται σενάρια εντολών σε γλώσσες όπως η JavaScript, τα οποία επηρεάζουν τη συμπεριφορά των ιστοσελίδων HTML.

Τελος, ο σκοπός ενός web browser είναι να διαβάζει τα έγγραφα HTML και τα συνθέτει σε σελίδες που μπορεί κανείς να διαβάσει ή να ακούσει. Ο browser δεν εμφανίζει τις ετικέτες HTML, αλλά τις χρησιμοποιεί για να ερμηνεύσει το περιεχόμενο της σελίδας.<sup>48</sup>

### 6.7.1 Ιστορική Αναδρομή

Το 1980, ο φυσικός Τιμ Μπέρνερς Λι, ο οποίος εργαζόταν στο CERN, επινόησε το ENQUIRE, ένα σύστημα χρήσης και διαμοιρασμού εγγράφων για τους ερευνητές του CERN, και κατασκεύασε ένα πρωτότυπό του. Αργότερα, το 1989, πρότεινε ένα σύστημα βασισμένο στο διαδίκτυο, το οποίο θα χρησιμοποιούσε υπερκείμενο. Έτσι, έφτιαξε την προδιαγραφή της HTML και έγραψε τον browser και το λογισμικό εξυπηρετητή στα τέλη του 1990. Τον ίδιο χρόνο, ο Μπέρνερς Λι και ο μηχανικός συστημάτων πληροφορικής του CERN Robert Cailliau συνεργάστηκαν σε μια κοινή προσπάθεια εύρεσης χρηματοδότησης, αλλά το έργο δεν υιοθετήθηκε ποτέ επίσημα από το CERN. Στις προσωπικές του σημειώσεις από το 1990, ο Μπέρνερς Λι αριθμεί «μερικές από τις πολλές χρήσεις του υπερκείμενου», και αναφέρει πρώτα από όλες μια εγκυκλοπαίδεια

---

<sup>48</sup> Άρθρο από το Wikipedia, [HTML](#)

## 6.7.2 Πρώτες Προδιαγραφές

Η πρώτη δημόσια διαθέσιμη περιγραφή της HTML ήταν ένα έγγραφο με το όνομα *Ετικέτες HTML*, από τον Μπέρνερς Λι στα τέλη του 1991. Περιέγραφε τα 20 στοιχεία τα οποία αποτελούσαν τον αρχικό και σχετικά απλό σχεδιασμό της HTML. Εκτός από την ετικέτα υπερσυνδέσμου, οι υπόλοιπες ήταν έντονα επηρεασμένες από την SGMLguid, μια μορφή δημιουργίας τεκμηρίωσης, φτιαγμένη στο CERN και βασισμένη στην SGML. Δεκατρία από εκείνα τα αρχικά στοιχεία υπάρχουν ακόμα σήμερα στην HTML 4.

Το ίδιο το πρότυπο SGML αναπαράγει μερικές από τις τεχνικές των τυπογράφων, αλλά εκτός από απλή μίμηση της τυπογραφίας προσθέτει γενικευμένη σήμανση βασισμένη σε στοιχεία, τα οποία μπορούν να εμφωλεύονται το ένα μέσα στο άλλο και να φέρουν ιδιότητες. Ακόμα, το SGML διαχωρίζει τη δομή από το περιεχόμενο, κατεύθυνση προς την οποία αργότερα κινήθηκε και η HTML, με τα CSS. Πολλά από τα στοιχεία κειμένου προέρχονται από την τεχνική αναφορά ISO TR 9537, *Techniques for using SGML* (τεχνικές χρήσης της SGML), η οποία με τη σειρά της καλύπτει τα χαρακτηριστικά των πρώιμων γλωσσών μορφοποίησης κειμένου που χρησιμοποιούνταν από τα TYPSET και RUNOFF, και είχαν αναπτυχθεί στις αρχές της δεκαετίας του 1960 για το λειτουργικό σύστημα CTSS.

Ο Μπέρνερς Λι θεώρησε την HTML ως μια υλοποίηση του SGML. Αυτό ορίστηκε και επίσημα από το Internet Engineering Task Force (IETF) με τη δημοσίευση της πρώτης πρότασης για μια προδιαγραφή της HTML, στα μέσα του 1993, η οποία περιλάμβανε και έναν “Ορισμό τύπου εγγράφου” (DTD, Document Type Definition) της SGML, ο οποίος όριζε την γραμματική. Αυτό το πρόχειρο έληξε μετά την πάροδο έξι μηνών, αλλά περιέχει κάτι αξιοσημείωτο: την αναγνώριση της ετικέτας του NCSA Mosaic για την ενσωμάτωση εικόνων μέσα στο κείμενο, η οποία αντικατοπτρίζει την φιλοσοφία του IETF για ενσωμάτωση επιτυχημένων πρωτότυπων μέσα στα πρότυπα. Κάτι παρόμοιο περιείχε και το ανταγωνιστικό πρόχειρο του Dave Raggett, «HTML+ (Hypertext Markup Format)», από τα τέλη του, το οποίο πρότεινε την προτυποποίηση μερικών ήδη υλοποιημένων δυνατοτήτων, όπως οι πίνακες και οι φόρμες.

Μετά που τα πρόχειρα HTML και HTML+ έληξαν, στις αρχές του 1994, το IETF δημιούργησε την Ομάδα Εργασίας για την HTML, η οποία το 1995 ολοκλήρωσε την «HTML 2.0», με την πρόθεση να αποτελέσει την πρώτη προδιαγραφή πάνω στην οποία θα βασίζονταν οι μελλοντικές υλοποιήσεις. Η HTML 2.0 δημοσιεύτηκε ως RFC 1866, και περιείχε ιδέες από τα πρόχειρα HTML και HTML+. Η αρίθμηση 2.0 σκόπευε απλά να ξεχωρίσει την νέα έκδοση από τα πρόχειρα που προηγήθηκαν.

Η περαιτέρω ανάπτυξη κάτω από την επίβλεψη του IETF καθυστέρησε λόγω σύγκρουσης ενδιαφερόντων. Από το 1996 και μετά, οι προδιαγραφές της HTML τηρούνται, μαζί με ανάδραση από τους δημιουργούς λογισμικού, από το World Wide Web Consortium (W3C). Ωστόσο, το 2000 η HTML έγινε επίσης παγκόσμιο πρότυπο (ISO/IEC 15445:2000). Η τελευταία προδιαγραφή της HTML, η HTML 4.01 δημοσιεύτηκε από το W3C το 1999, και το 2001 δημοσιεύτηκαν επίσης και τα λάθη και οι παραλείψεις της (errata).

## 6.8 Κώδικας HTML

### Index:

```
<doctype html>
```

```
<html>
```

```
<head>
```

```
        <title>ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΓΡΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ  
ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ</title>
```

```
</head>
```

```
<body>
```

```
<meta charset="GREEK">
```

```
<h1><center><strong>ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΓΡΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ  
ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ</h1></center></strong></br>
```

```
<h2><center><i>FLUID LEVEL MONITORING VIA ULTRASONIC  
SENSOR</h2></center></i></br>
```

```
<center></center>
```

```
<center><p> Για να συνεχίσετε,πατήστε το <b>"Επόμενο"</b></P></center>
```

```
<center><a href="Main.html"><button type="button"  
>Επόμενο</button></a><center>
```

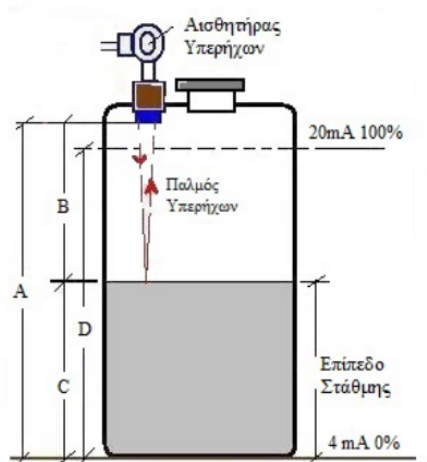
```
<p><small><b><i>Γερονικόλας Χαράλαμπος/Σταυρόπουλος  
Γεώργιος</small></b></i>
```

```
</body>
```

```
</html>
```

# ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΓΡΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ

## FLUID LEVEL MONITORING VIA ULTRASONIC SENSOR



A = Ύψος Δεξαμενής , B = Απόσταση του αισθητήρα από το υγρό  
C = Στάθμη Υγρού , D = Εύρος Μέτρησης

Για να συνεχίσετε, πατήστε το "Επόμενο"

Γερονικόλας Χαράλαμπος/Σταυρόπουλος Γεώργιος

## **Main:**

```
<doctype html>
<html>

<head>
    <title>Main</title>
</head>

<frameset cols="200,*" frameborder="0" border="0" framespacing="0">
    <frame name="MENU" src="MENU.htm" marginheight="0"
marginwidth="0" scrolling="off" noresize>

<frameset rows="10%,20%,60%" frameborder="0" border="0" framespacing="0">
    <frame name="CONTENT" src="CONTENT.htm" marginheight="0"
marginwidth="0" scrolling="off" noresize>
    <frame name ="FRAME_B"src="FRAME_B.htm" marginheight="0"
marginwidth="0" scrolling="auto" noresize>
    <frame name ="FRAME_C"src="FRAME_C.htm" marginheight="0"
marginwidth="0" scrolling="auto" noresize>
    <noframes>
        </noframes>
    </frameset>
</frameset>

</html>
```

## **Menu:**

```
<doctype html>
```

```
<html>
```

```
<head>
```

```
    <title>Περιεχόμενα</title>
```

```
<style type="text/css">
```

```
body {
```

```
    font-family:verdana,arial,sans-serif;
```

```
    font-size:10pt;
```

```
    margin:10px;
```

```
    background-color:#85A3E0;
```

```
    }
```

```
</style>
```

```
</head>
```

```
<script type="text/javascript">
```

```
function newPopup(url) {
```

```
    popupWindow = window.open(
```

```
        url,'popUpWindow','height=700,width=800,left=100,top=100,resizable=yes,sc  
rollbars=yes,toolbar=yes,menubar=no,location=no,directories=no,status=yes')
```

```
    }
```

```
</script>
```



<body>

</br>

<h3><b>Περιεχόμενα</b></h3></br>

<p> <a href="MAIN.htm" target="\_top" ><font color="black"</> Αρχική </a> </p>

<p> <a href="METRSHS.htm" target="FRAME\_B"><font color="black"</>  
Μετρήσεις </a> </p>

<p> <a href="monitor.htm" target="FRAME\_B"><font color="black"</> Monitor  
</a> </p>

<p> <a href="JavaScript:newPopup('PER\_PTYX.htm');"><font color="black"</>  
Περίληψη Πτυχιακής</a>

</body>

</html>

Περιεχόμενα

## Εφαρμογή Μέτρηση Στάθμης Υγρού

[Αρχική](#)

[Μετρήσεις](#)

[Monitor](#)

[Περίληψη Πτυχιακής](#)

## Metrhsh Sta8mhs:

```
<doctype html>
<html>
<style type="text/css">
body {
    font-family:verdana,arial,sans-serif;
    font-size:10pt;
    margin:30px;
    background-color:#FFFFFF;
    }
</style>
<head>
<title>Εφαρμογή Μέτρησης Στάθμης Υγρού </title>

<script type="text/javascript">
<!--
function dropdown(mySel)
{
var myWin, myVal;
myVal = mySel.options[mySel.selectedIndex].value;
if(myVal)
    {
    if(mySel.form.target)myWin = parent[mySel.form.target];
    else myWin = window;
    if (! myWin) return true;
    myWin.location = myVal;
    }
return false;
```

```

}
//-->
</script>
</head>

<body>
<meta charset="GREEK">
<center><h1>Μέτρηση Στάθμης</h1></center>
<center><h3>Επέλεξε Τύπο Δεξαμένης</h3></center>

<center><form
  action=" ../cgi-bin/redirect.pl"
  method=POST onSubmit="return dropdown(this.gourl)"
  target=FRAME_C
  >
<center><select name="gourl"></center>
<center><option value=""></center>

<center><option value="OR8_DEX.htm">Ορθογωνική Δεξαμένη</center>
<center><option value="KUL_DEX.htm">Κυλινδρική Δεξαμένη</center>

</center></select></center>
<INPUT type=submit value="Επόμενο">
<center></form></center>
</body>
</html>

```

[Αρχική](#)

[Μετρήσεις](#)

[Monitor](#)

[Περίληψη Πτυχιακής](#)

## Μέτρηση Στάθμης

Επέλεξε Τύπο Δεξαμενής

Ορθογωνική Δεξαμενή
Κυλινδρική Δεξαμενή

## Ορθογώνιχη Δεξαμένη

```
<doctype html>
```

```
<html>
```

```
<style type="text/css">
```

```
body {
```

```
    font-family: verdana, arial, sans-serif;
```

```
    font-size: 10pt;
```

```
    margin: 30px;
```

```
    background-color: #FFFFFF;
```

```
}
```

```
</style>
```

```
<title>Ορθογώνιχη Δεξαμένη</title>
```

```
<head>
```

```
<title>Ορθογώνιχη Δεξαμένη</title>
```

```
<h1><strong>Ορθογώνιχη Δεξαμένη</h1></strong>
```

```
<script language="javascript">
```

```
    function addNumbers()
```

```
    {
```

```
        var val1 = parseFloat(document.getElementById("Μηκος").value);
```

```
        var val2 = parseFloat(document.getElementById("Πλατος").value);
```

```
        var val3 = parseFloat(document.getElementById("Υψος").value);
```

```
        var ansD = document.getElementById("answer");
```

```
        ansD.value = [(val1 * val2) * val3];
```

```
        var ansD = document.getElementById("answer1");
```

```
        ansD.value = [(val1 * val2) * (val3)]*1000;
```

```
    }
```

</script>

</head>

<body>

<meta charset="GREEK">

<p>

 <p>Μια ορθογωνική δεξαμενή ορίζεται από το εμβαδό βάσεως, δηλαδή το γινόμενο μήκους και πλάτους της δεξαμενής,</br> και το ύψος της. Ο όγκος της ορθογωνικής δεξαμενής δίνεται από το γινόμενο εμβαδού βάσεως με το ύψος της.</br> Επίσης έχοντας της διαστάσεις της δεξαμενής (μήκος, πλάτος, ύψος ) και με την βοήθεια του αισθητήρα υπερήχων μπορούμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια την στάθμη του υγρού της ορθογωνικής δεξαμενής, από όπου προκύπτει ο τελικός ζητούμενος όγκος της δεξαμενής, σε κυβικά μέτρα (m3) ή σε λίτρα (litres)</p><br><br>

Άρα :<br>

<b>V = E \* h <=> V = (a\*b) \* h</b></br></br>

<p>Δώσε Τιμές στις Μεταβλητές Μήκος, Πλάτος, Ύψος σε <b>Μέτρα</b> :</p></br>

<form>

Μηκος Δεξαμενης = <input type="text" id="Μηκος" name="Μηκος"/></br>

Πλατος Δεξαμενης = <input type="text" id="Πλατος" name="Πλατος"/></br>

Υψος Δεξαμενης = <input type="text" id="Υψος" name="Υψος"/></br>

<input type="button" name="Sumbit" value="Υπολόγισε" onclick="javascript:addNumbers();true;" />

<input type="button" value="Reset" onClick="this.form.reset()" /></br></br>

Ο όγκος της δεξαμενής=   
value=""<p>κυβ.μέτρα</p>

<p> ή</p>

Ο όγκος της δεξαμενής<input type="text" id="answer1" name="Ο όγκος είναι" value=""/>  
value=""<p>λίτρα</p> </form>

</body>

</html>



## Μέτρηση Στάθμης

Επέλεξε Τύπο Δεξαμενής

Ορθογωνική Δεξαμενή ▾

Επόμενο

### Ορθογωνική Δεξαμενή

Μια ορθογωνική δεξαμενή ορίζεται από το εμβαδό βάσεως, δηλαδή το γινόμενο μήκους και πλάτους της δεξαμενής, και το ύψος της. Ο όγκος της ορθογωνικής δεξαμενής δίνεται από το γινόμενο εμβαδού βάσεως με το ύψος της. Επίσης έχοντας τις διαστάσεις της δεξαμενής (μήκος, πλάτος, ύψος) και με την βοήθεια του αισθητήρα υπερήχων μπορούμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια την στάθμη του υγρού της ορθογωνικής δεξαμενής, από όπου προκύπτει ο τελικός ζητούμενος όγκος της δεξαμενής, σε κυβικά μέτρα (m<sup>3</sup>) ή σε λίτρα (litres)

Άρα :

$$V = E * h \Leftrightarrow V = (a*b) * h$$

Δώσε Τιμές στις Μεταβλητές Μήκος, Πλάτος, Ύψος σε **Μέτρα** :

Μήκος Δεξαμενης =

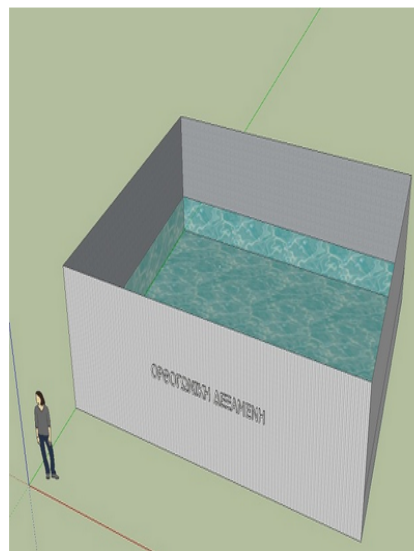
Πλάτος Δεξαμενης =

Ύψος Δεξαμενης =

Ο όγκος της δεξαμενής =  κυβ.μέτρα

ή

Ο όγκος της δεξαμενής =  λίτρα



## Kylindriki Dexamenh

```
<doctype html>

<html>

<style type="text/css">
body {
    font-family:verdana,arial,sans-serif;
    font-size:10pt;
    margin:30px;
    background-color:#FFFFFF;
}
</style>
<title>Ορθογωνική Δεξαμενή</title>

<head>
    <h1><strong>Κυλινδρική Δεξαμενή</h1></strong>
    <script language="javascript">
        function addNumbers()
        {

            var val1 = parseFloat(document.getElementById("π").value);
            var val2 = parseFloat(document.getElementById("Διαμετρος").value);
            var val3 = parseFloat(document.getElementById("Υψος").value);
            var ansD = document.getElementById("answer");
            ansD.value = [(val1 * ((val2 * val2)/4)] * val3];
            var ansD = document.getElementById("answer1");
            ansD.value = [(val1 * ((val2 * val2)/4)] * val3]*1000;
        }
    </script>
</head>

<body>
    <div style="text-align:center">
        <input type="text" id="π" value="3.14159" />
        <input type="text" id="Διαμετρος" value="100" />
        <input type="text" id="Υψος" value="100" />
        <input type="button" value="Υπολογισμός" />
        <input type="text" id="answer" value="0" />
        <input type="text" id="answer1" value="0" />
    </div>
</body>
</html>
```

</script>

</head>

<body>

<meta charset="GREEK">

<p>

 <p> Μια κυλινδρική δεξαμενή ορίζεται από το εμβαδό βάσης, δηλαδή το γινόμενο, της μαθηματικής σταθεράς  $\pi$  της ακτίνας\*\* (r) και το ύψος της (h). Ο όγκος της κυλινδρικής δεξαμενής είναι ίσος με το γινόμενο του εμβαδού βάσης επί το ύψος της, δηλαδή στη συγκεκριμένη περίπτωση  $\pi \cdot r^2 \cdot h$ . Επίσης έχοντας της διαστάσεις της δεξαμενής (ακτίνα, ύψος) και με την βοήθεια του αισθητήρα υπερήχων μπορούμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια την στάθμη του υγρού της κυλινδρικής δεξαμενής, από όπου προκύπτει ο τελικός ζητούμενος όγκος της δεξαμενής, σε κυβικά μέτρα ( $m^3$ ) ή σε λίτρα (litres)</p> <br><br>

<b>V = [  $\pi \cdot [(d \cdot d) / 4] \cdot h$  </b> όπου <b> $\pi = 3,14$ </b> και <b>d = Διάμετρος</b>

</p>

</br>

<p>Δώσε Τιμές στις Μεταβλητές Διάμετρος, Ύψος σε <b>Μέτρα</b>: </p></br>

<form>

$\pi$  = <input type="text" id="π" name="π" value="3.14"/></br>

Διάμετρος Δεξαμενής = <input type="text" id="Διάμετρος" name="Διάμετρος" /></br>

Ύψος Δεξαμενής = <input type="text" id="Ύψος" name="Ύψος" /></br>

<input type="button" name="Submit" value="Υπολόγισε" onclick="javascript:addNumbers()" />

<input type="button" value="Reset" onClick="this.form.reset()" /></br></br></br>

Ο όγκος της δεξαμενής=   
<p>κυβ.μέτρα</p>

<p>ή</p>

Ο όγκος της δεξαμενής<input type="text" id="answer1" name="Ο όγκος είναι" value=""/>  
<p>λίτρα</p>

</form>

<p>\*  $\pi$  είναι ένας πραγματικός αριθμός που μπορεί να οριστεί ως ο λόγος του μήκους της περιφέρειας ενός κύκλου προς τη διάμετρό του στην Ευκλείδεια γεωμετρία</br>

\*\* Στην προκειμένη περίπτωση η ακτίνα ισούται με το μισό της διαμέτρου</p>

</body>

</html>

## Μέτρηση Στάθμης

Επέλεξε Τύπο Δεξαμενής

Κυλινδρική Δεξαμενή ▾

Επόμενο

### Κυλινδρική Δεξαμενή

Μια κυλινδρική δεξαμενή ορίζεται από το εμβαδό βάσης, δηλαδή το γινόμενο, της μαθηματικής σταθεράς  $\pi$ \* της ακτίνας\*\* (r) και το ύψος της (h). Ο όγκος της κυλινδρικής δεξαμενής είναι ίσος με το γινόμενο του εμβαδού βάσης επί το ύψος της, δηλαδή στη συγκεκριμένη περίπτωση  $\pi*r^2*h$ . Επίσης έχοντας της διαστάσεις της δεξαμενής (ακτίνα, ύψος) και με την βοήθεια του αισθητήρα υπερήχων μπορούμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια την στάθμη του υγρού της κυλινδρικής δεξαμενής, από όπου προκύπτει ο τελικός ζητούμενος όγκος της δεξαμενής, σε κυβικά μέτρα (m<sup>3</sup>) ή σε λίτρα (litres)

$V = [\pi * ((\delta^2)/4)] * h$  όπου  $\pi = 3,14$  και  $\delta =$  Διάμετρος

Δώσε Τιμές στις Μεταβλητές Διάμετρος, Ύψος σε **Μέτρα**:

$\pi = 3.14$

Διάμετρος Δεξαμενής =

Ύψος Δεξαμενής =

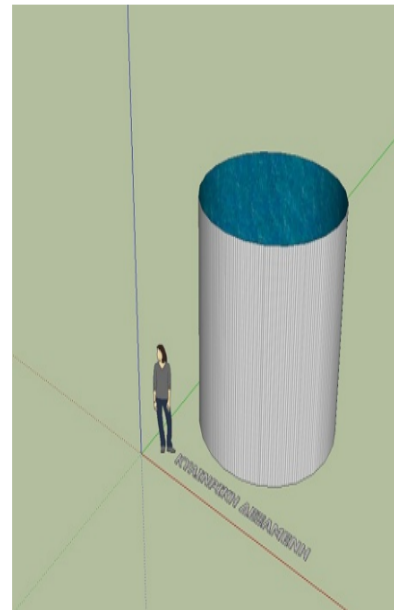
Υπολόγισε

Reset

Ο όγκος της δεξαμενής =  κυβ.μέτρα

ή

Ο όγκος της δεξαμενής =  λίτρα



\*  $\pi$  είναι ένας πραγματικός αριθμός που μπορεί να οριστεί ως ο λόγος του μήκους της περιφέρειας ενός κύκλου προς τη διάμετρό του στην Ευκλείδεια γεωμετρία

\*\* Στην προκειμένη περίπτωση η ακτίνα ισούται με το μισό της διαμέτρου

## Perilhpsh Ptuxiakhs

```
<doctype html>

<html>

<title> Περίληψη Πτυχιακής </title>

<style type="text/css">
body {
    font-family: verdana,arial,sans-serif;
    font-size: 10pt;
    margin: 30px;
    background-color: #E0E0E0;
}
</style>

<body>

<meta charset="GREEK">

center></center><p><center><b>
</center><p><center><b> A.T.E.I
ΠΑΤΡΩΝ</p></center></b><p><center><b>ΤΜΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ</p></center></b>

<p><b><i><center>Γερονικόλας Χαράλαμπος/Σταυρόπουλος
Γεώργιος</p></b></i></center>

</br>

<strong><center><h1>Περίληψη Πτυχιακής</h1></center></br></strong>

<small><center><h2>ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΓΡΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ
ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ</h2></center></br></small>

<small><i><center><h2>FLUID LEVEL MONITORING VIA
ULTRASONIC SENSOR</h2></center></i></small>
```

<p>Θέμα της πτυχιακής μας εργασίας είναι ο έλεγχος στάθμης υγρού με την χρήση αισθητήρα με υπέρηχους. Με λίγα λόγια θα ασχοληθούμε με την μελέτη / προγραμματισμό / κατασκευή ενός kit το οποίο θα είναι σε θέση να παίρνει ένα σήμα από τον αισθητήρα και κάνοντας τις απαραίτητες διεργασίες, το σήμα αυτό να μετατρέπεται σε λίτρα και να εμφανίζεται σε ένα display, για να μπορεί ο χρήστης να παρακολουθεί από απόσταση τις μεταβολές στο εσωτερικό της δεξαμενής.</p></br>

Τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε είναι:

<ul>

<li>Αισθητήρας Υπερήχων: <a href="https://docs.google.com/document/d/1Y-yZnNhMYy7rwhAgyL\_pfa39RsB-x2qR4vP8saG73rE/edit">Ultrasonic Ranging Module HC-SR04</a></li>

<li>Πλακέτα ανοιχτού κώδικα της: <a href="http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDuemilanove">Arduino Duemilanove</a> (με <a href="http://arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield">Ethernet shield</a>).</li>

</ul>

Περίληπτικά, η πλακέτα θα προγραμματιστεί με τρόπο ώστε να δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να επιλέξει:

<ol>

<li>Αν η δεξαμενή είναι κυλινδρική η ορθογώνια</li>

<li>Να ορίσει τις τιμές μήκους – πλάτους της δεξαμενής</li>

<li>Να εμφανίσει το αποτέλεσμα σε κυβικά μέτρα η λίτρα</li>

</ol>

Σκοπός μας είναι να κατασκευάσουμε ένα όργανο απλό, εύχρηστο για κάθε πιθανό χρήστη στο μέλλον. Τελικά, θα γίνει μελέτη του οργάνου και των σφαλμάτων μέτρησης του, καθώς και παρουσίαση των τρόπων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. (Η παρουσίαση αυτή θα περιλαμβάνει τα αποτελέσματα των δοκιμών και φωτογραφικό υλικό με τις απαραίτητες συνδεσμολογίες).</p></br></br>

<center><a href="JavaScript:window.close()" ><button type="button">Close</button></a></center>

</body>


</html>

Περίληψη Πτυχιακής - Mozilla Firefox

Περίληψη Πτυχιακής

file:///K:/Εγγραφα/Html/WebSite/PER\_PTYX.htm

Google



**Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**  
*Γερονικόλας Χαράλαμπος/Σταυρόπουλος Γεώργιος*

## Περίληψη Πτυχιακής

### ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΓΡΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ

#### FLUID LEVEL MONITORING VIA ULTRASONIC SENSOR

Θέμα της πτυχιακής μας εργασίας είναι ο έλεγχος στάθμης υγρού με την χρήση αισθητήρα με υπέρηχους. Με λίγα λόγια θα ασχοληθούμε με την μελέτη / προγραμματισμό / κατασκευή ενός kit το οποίο θα είναι σε θέση να παίρνει ένα σήμα από τον αισθητήρα και κάνοντας τις απαραίτητες διεργασίες, το σήμα αυτό να μετατρέπεται σε λίτρα και να εμφανίζεται σε ένα display, για να μπορεί ο χρήστης να παρακολουθεί από απόσταση τις μεταβολές στο εσωτερικό της δεξαμενής.

Τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε είναι:

- Αισθητήρας Υπερήχων: [Ultrasonic Ranging Module HC-SR04](#)
- Πλακέτα ανοιχτού κώδικα της: [Arduino Duemilanove](#) (με [Ethernet shield](#)).

Περίληπτικά, η πλακέτα θα προγραμματιστεί με τρόπο ώστε να δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να επιλέξει:

1. Αν η δεξαμενή είναι κυλινδρική ή ορθογώνια
2. Να ορίσει τις τιμές μήκους πλάτους της δεξαμενής
3. Να εμφανίσει το αποτέλεσμα σε κυβικά μέτρα ή λίτρα

Σκοπός μας είναι να κατασκευάσουμε ένα όργανο απλό, εύχρηστο για κάθε πιθανό χρήστη στο μέλλον. Τελικά, θα γίνει μελέτη του σονόλου και των συναλλοτάτων μέτρησής του, καθώς και παρουσίαση των τρόπων



## **Content:**

```
<doctype html>

<html>
<head>
<title>Content</title>
<style type="text/css">
body {
    font-family: verdana,arial,sans-serif;
    font-size: 10pt;
    margin: 30px;
    background-color: 85A3E0;
}
</style>

</head>
<body>
<meta charset="GREEK">

<iframe
src="http://free.timeanddate.com/clock/i3e8c5ov/n26/tlgr17/fs12/tct/pct/tt0/tw1/tm1"
frameborder="0" width="174" height="17" allowTransparency="true"
align="right"></iframe>

<h1><small>Εφαρμογή Μέτρηση Στάθμης Υγρού </small></h1>

</body>
</html>
```

**Frame b:**

```
<doctype html>

<html>
<style type="text/css">
body {
    font-family:verdana,arial,sans-serif;
    font-size:10pt;
    margin:30px;
    background-color:#FFFFFF;
    }
</style>
```

**Frame c:**

```
<doctype html>

<html>
<style type="text/css">
body {
    font-family:verdana,arial,sans-serif;
    font-size:10pt;
    margin:30px;
    background-color:#FFFFFF;
    }
</style>
```

## Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>

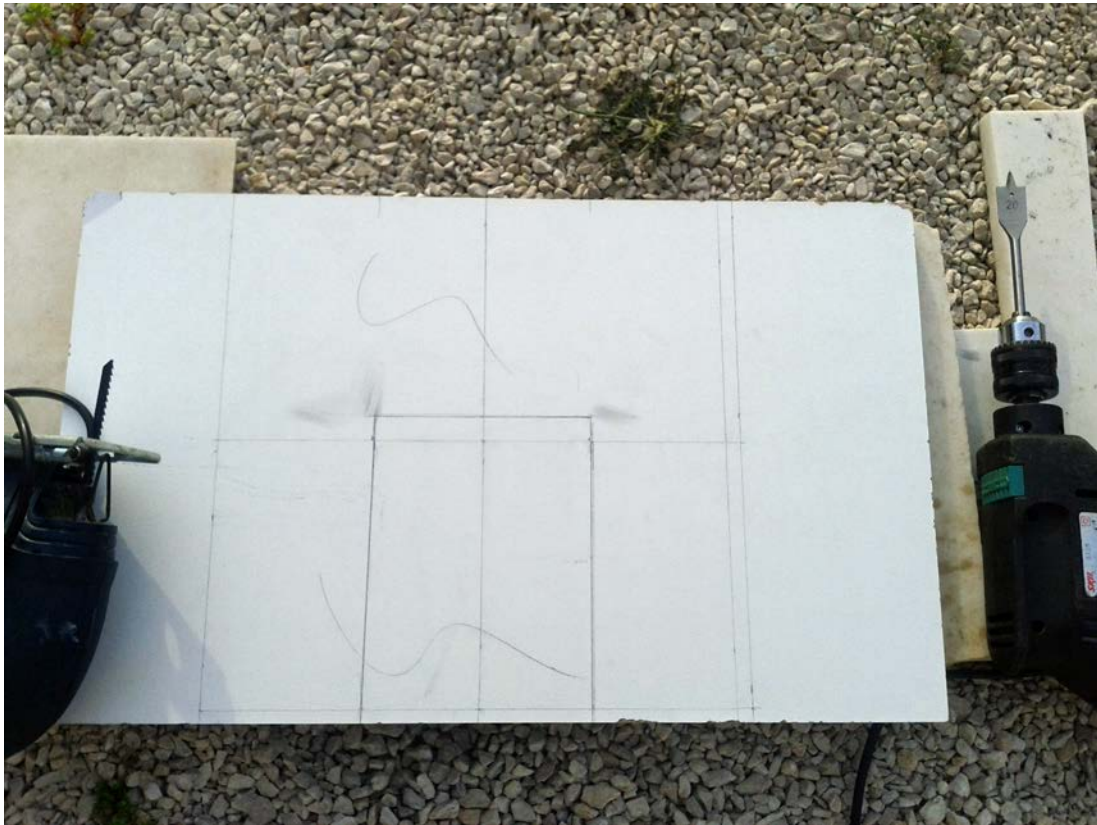
### 7.1 Κατασκευή

Στο πρακτικό κομμάτι της πτυχιακής μας θα υλοποιήσουμε την κατασκευή για την λειτουργία της μέτρησης στάθμης υγρού με την χρήση αισθητήρα υπερήχων σε μια δεξαμενή. Η δεξαμενή που θα χρησιμοποιηθεί είναι κυλινδρική, με διάμετρο 31.5cm και ύψος 1.50cm.



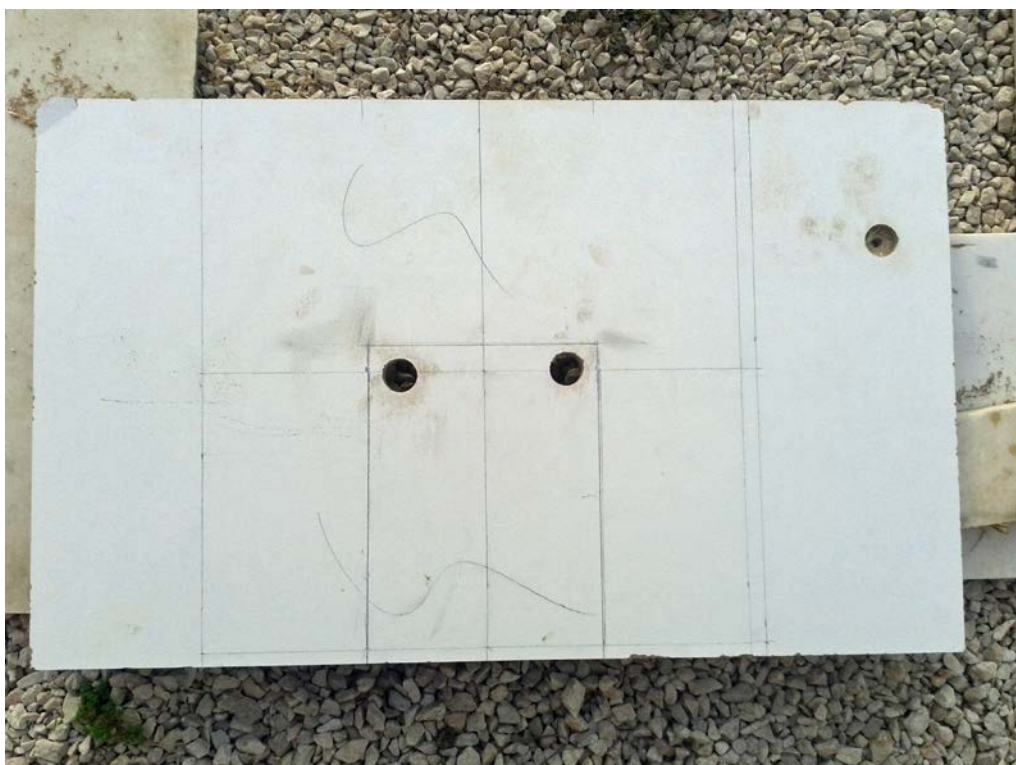
Εικόνα 7.1 : Δεξαμενή Εργαστηρίου

Για την υλοποίηση του πειραματικού μέρους της πτυχιακής θα χρειαστεί να κάνουμε μια κατασκευή ώστε ο αισθητήρας να τοποθετηθεί στο επάνω μέρος της κυλινδρικής δεξαμενής ( ουσιαστικά θα φτιάξουμε είναι ένα ξύλινο “καπάκι”). Για την κατασκευή θα χρησιμοποιήσουμε ένα κομμάτι ξύλο με διατάσεις 56.5cm μήκος x 35cm πλάτος.



**Εικόνα 7.2 : Προετοιμασία για την Κατασκευή**

Η διάμετρος της δεξαμενής είναι 31,5cm, το ξύλο θα κοπεί σε σχήμα τετράγωνο, με διατάσεις 34cm πλάτος x 34cm μήκος (το κάναμε λίγο μεγαλύτερο για πρακτικούς λόγους). Το καπάκι της δεξαμενής θα είναι σε σχήμα “Π” και αυτό θα γίνει για την καλύτερη στήριξη του στην κυλινδρική δεξαμενή. Επίσης δημιουργήσαμε δυο τρύπες για την διευκόλυνση στην κοπή του ξύλου.



**Εικόνα 7.3 : Επιφάνεια Ξύλου**



**Εικόνα 7.4 : Κοπή Ξύλου**

Εν συνεχεία, αφού αφαιρέσαμε το κομμάτι, θα κόψουμε ένα κομμάτι ξύλο σε διαστάσεις 14.5cm πλάτος x 9cm μήκος, ώστε να το τοποθετήσουμε κάθετα στην επιφάνεια του ξύλου για την στήριξη του αισθητήρα.



**Εικόνα 7.5: Τοποθέτηση Κάθετης Επιφάνειας στο Ξύλο (Οψη)**

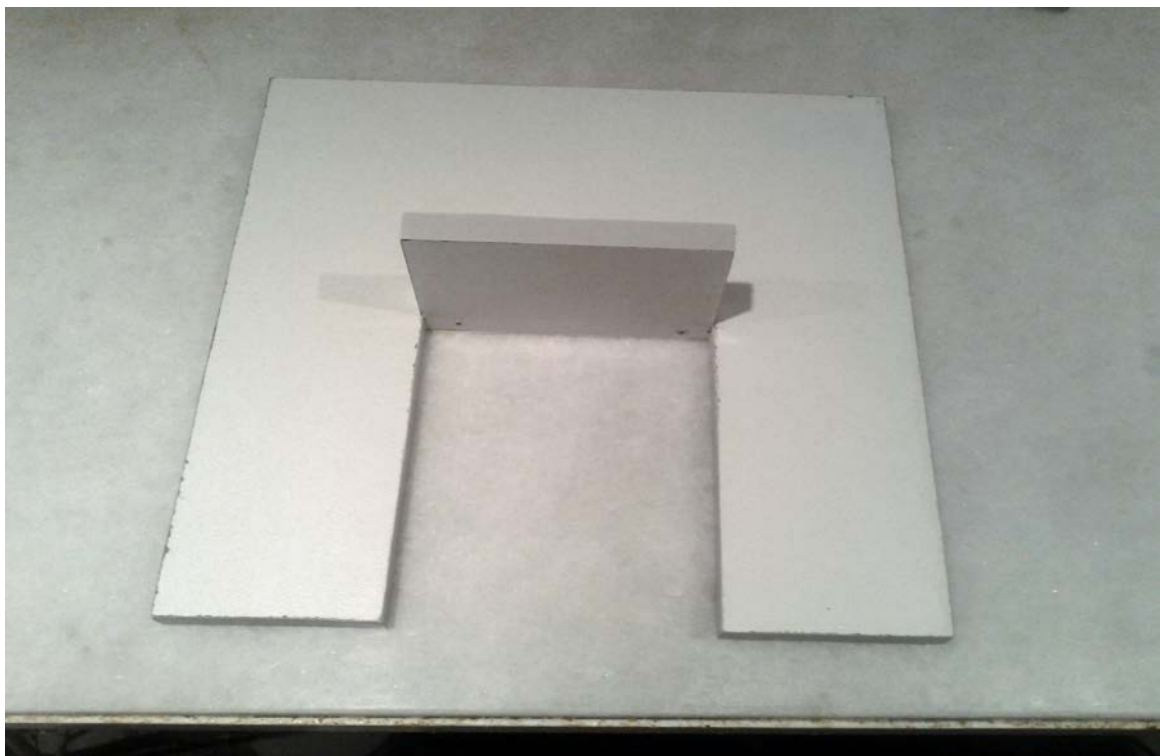


**Εικόνα 7.6 : Τοποθέτηση Κάθετης Επιφάνειας στο Ξύλο (Κάτοψη)**

Η τελική μορφή της κατασκευής μας είναι η παρακάτω .



**Εικόνα 7.7 : Τελική Μορφή της Κατασκευής (Όψη)**

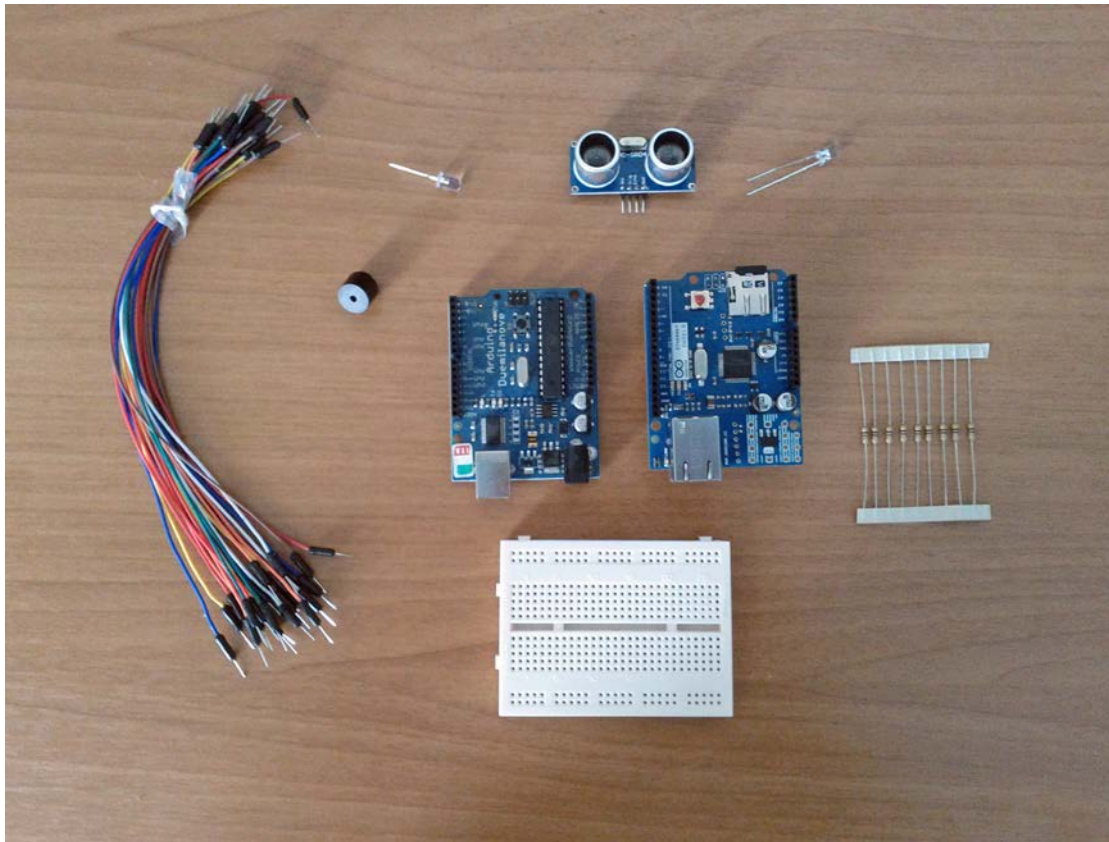


**Εικόνα 7.8 : Τελική Μορφή της Κατασκευής (Κάτοψη)**

## 7.2 Συνδεσμολογία

Τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε για την διαδικασία σύνδεσης του αισθητήρα με την πλακέτα Arduino είναι τα εξής :

- Πλακέτα Arduino Duemilanove + Ethernet Shield
- Αισθητήρας Υπερήχων HC-SR04
- Breadboard
- Καλώδια σύνδεσης
- Δύο Led (κοκκίνο και πράσινο)
- Buzzer
- Μια Αντίσταση 470Ω

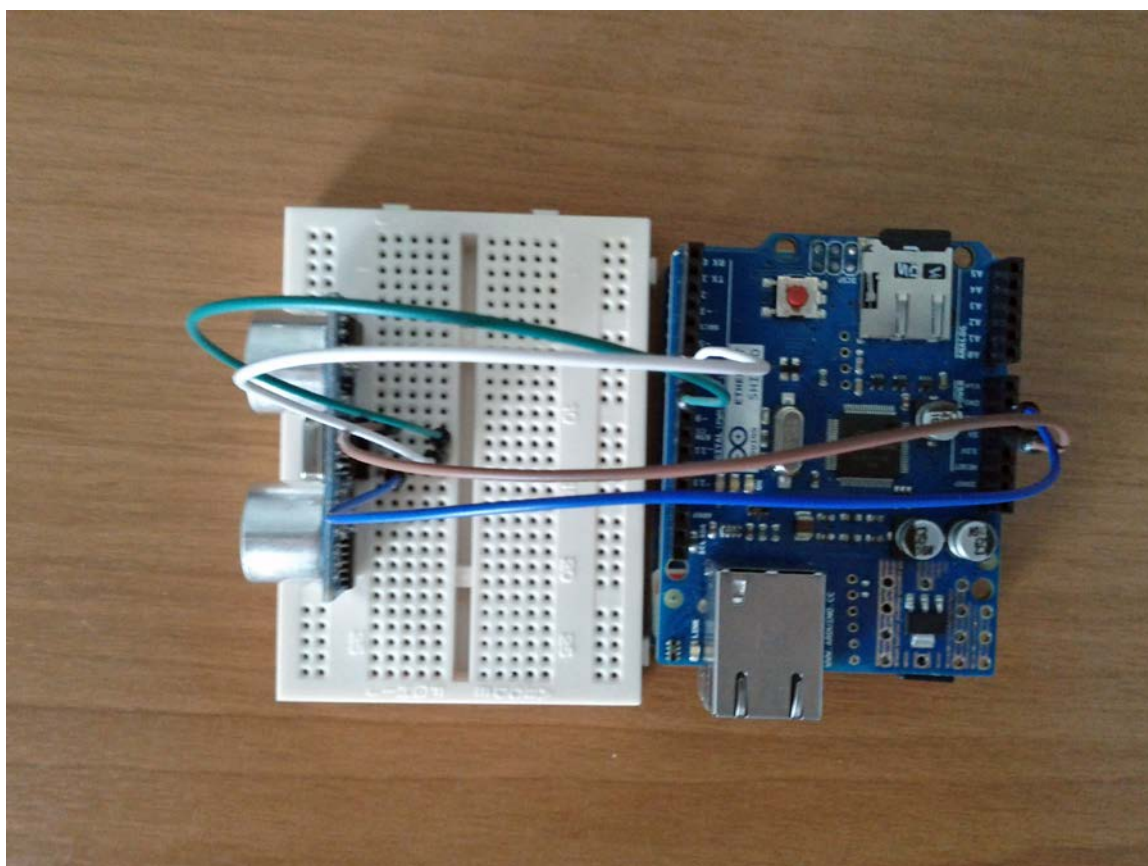


Εικόνα 7.9 : Εξαρτήματα για την Κατασκευή



Η συνδεσμολογία της πλακέτας Arduino + Ethernet Shield με τον αισθητήρα υπερήχων HC-SR04 είναι η ακόλουθη :

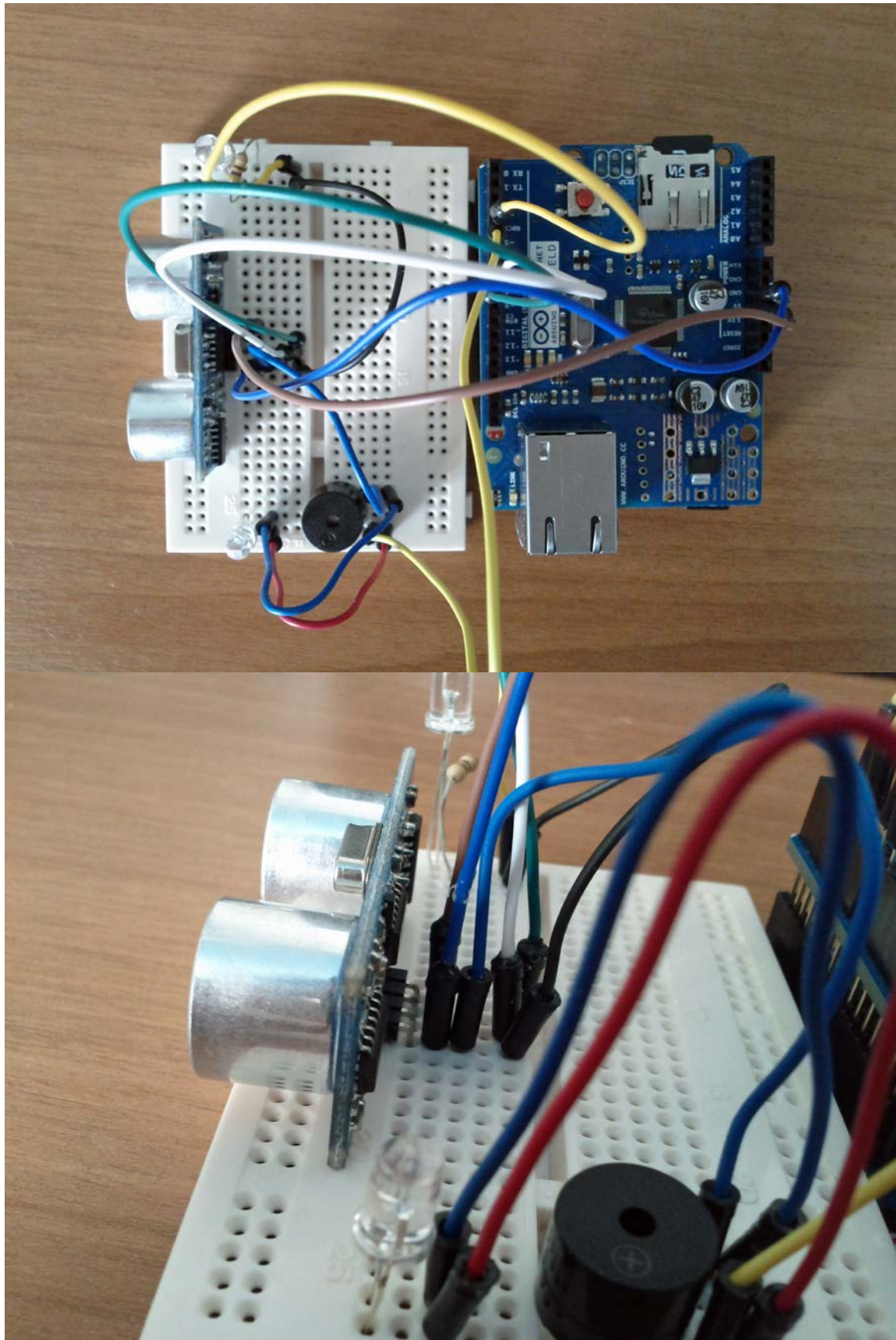
Το pin +5V της πλακέτας μας θα συνδεθεί στο + Vcc του αισθητήρα μας και αντίστοιχα το pin GND στον ακροδέκτη GND του αισθητήρα μας. Έχουμε ορίσει μέσα από τον κώδικα μας , το pin7 και το pin8 θα είναι οι ακροδέκτες Trigger και Echo του αισθητήρα μας.



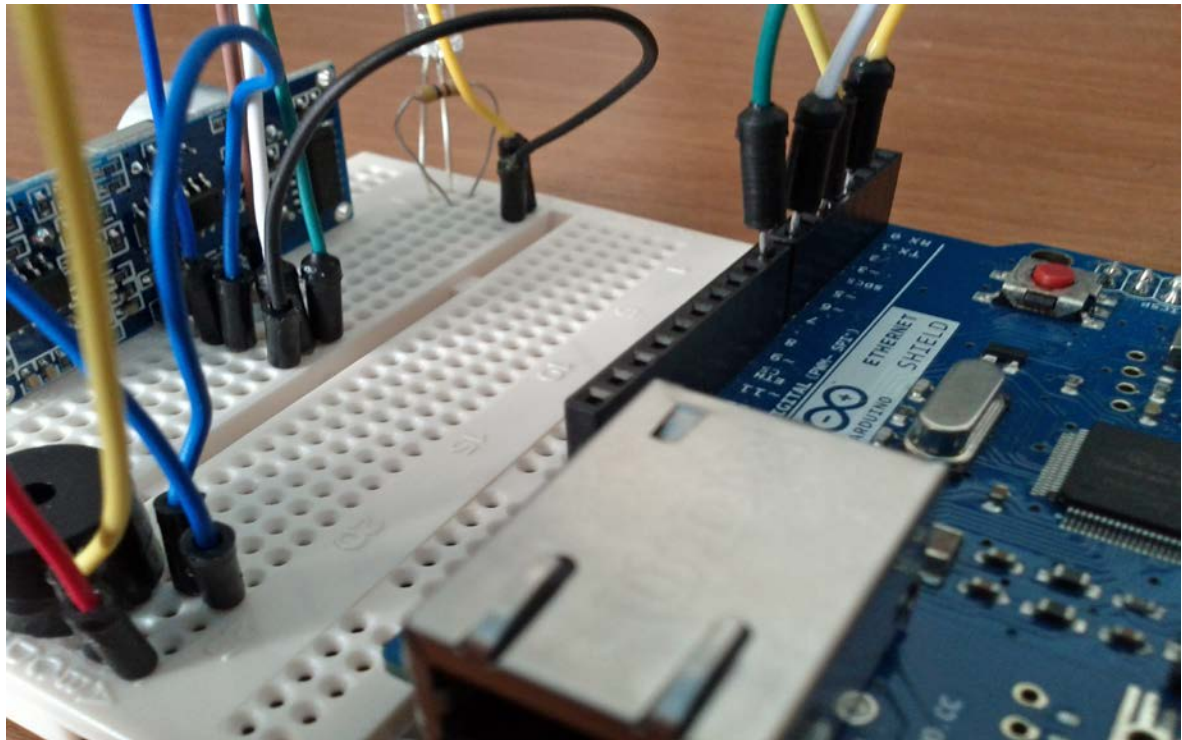
**Εικόνα 7.10 : Συνδεσμολογία του HC- SR04 με την Πλακέτα Arduino**

Η σύνδεση του buzzer και των led στο breadboard είναι η εξής :

Έχουμε ορίσει από τον κώδικα ότι, το pin5 είναι για το buzzer και το pin3 είναι για το led (πράσινο). Άρα, συνδέουμε από το pin5 της πλακέτας στο θετικό άκρο του buzzer και το αρνητικό άκρο στο GND του αισθητήρα. Επίσης, συνδέουμε παράλληλα το κόκκινο led με τον buzzer, ώστε όταν μας ειδοποιεί ηχητικά να έχουμε και μια ενδεικτική λυχνία. Ομοίως, συνδέουμε το pin3 στο θετικό άκρο του πράσινου led και το αρνητικό στο GND του αισθητήρα μας. Επίσης ενδιάμεσα βάζουμε παράλληλα μια αντίσταση των 470Ω.

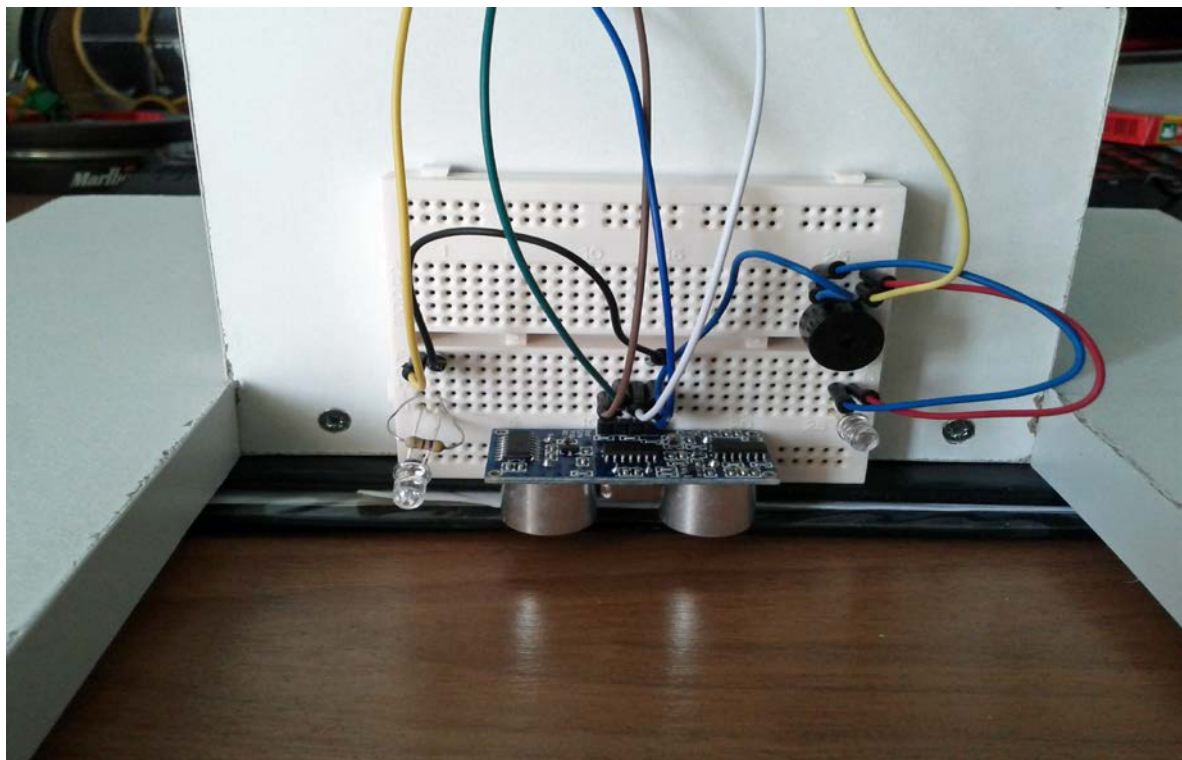


Εικόνα 7.11 : Συνδεσμολογία Led & Buzzer

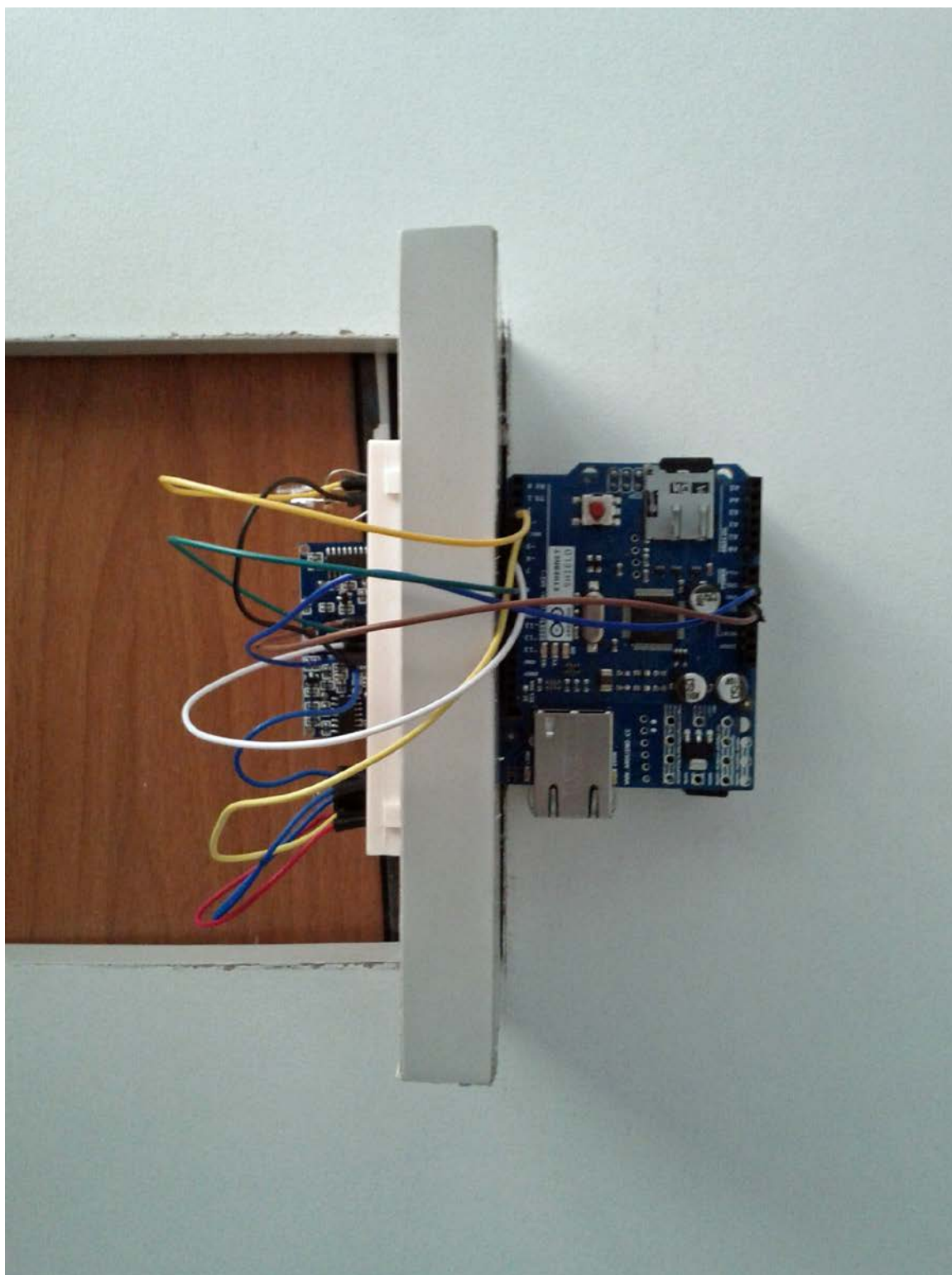


**Εικόνα 7.12 : Συνδεσμολογία Led & Buzzer**

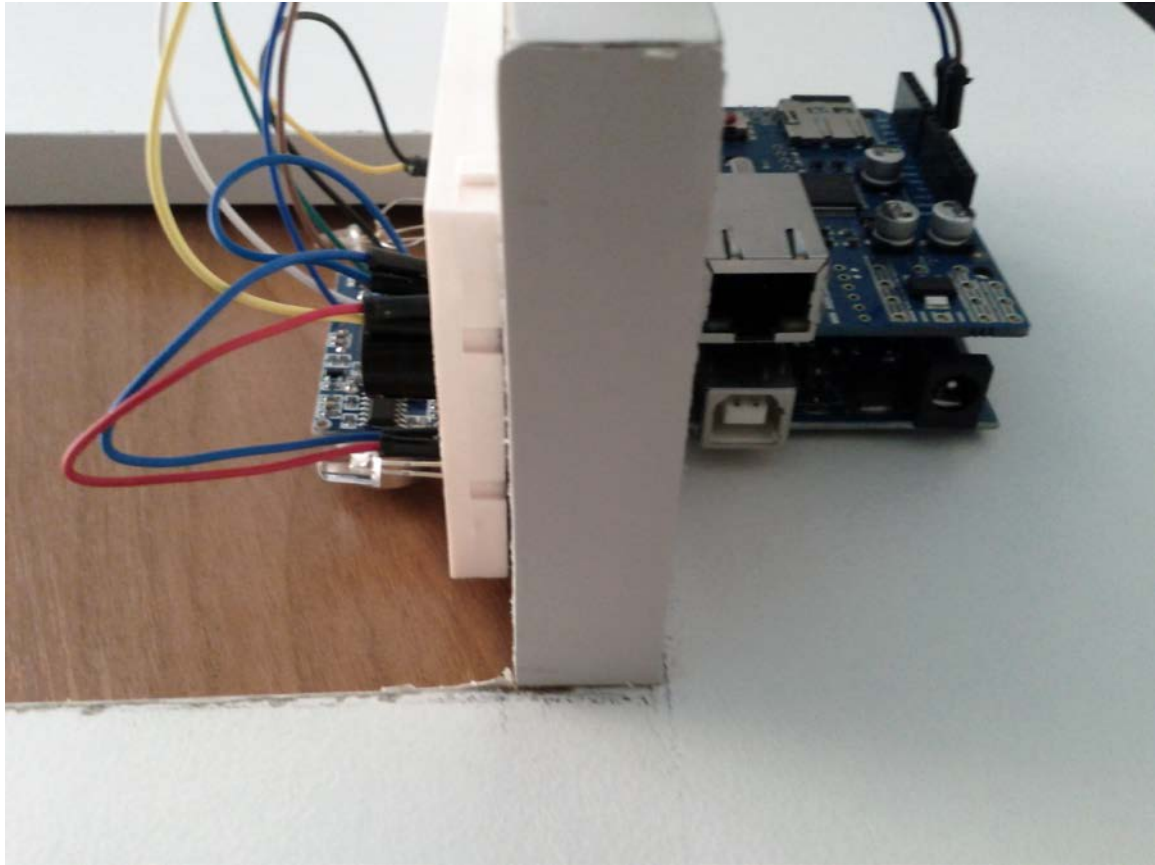
Στην συνέχεια τοποθετούμε το breadboard με τον αισθητήρα στην κάθετη επιφάνεια της ξύλινης κατασκευής και βιδώνουμε την πλακέτα Arduino στο πίσω μέρος της.



**Εικόνα 7.13 : Τοποθέτηση του Αισθητήρα στην Κατασκευή (Όψη)**



**Εικόνα 7.14 : Τοποθέτηση του Αισθητήρα στην Κατασκευή (Κάτοψη)**



**Εικόνα 7.15 : Τοποθέτηση του Αισθητήρα στην Κατασκευή (Πλάγια Όψη)**

## 7.3 Περιγραφή Λειτουργίας

Η κατασκευή που έχουμε δημιουργήσει έχει σαν στόχο την εξυπηρέτηση αλλά και την διευκόλυνση του παρατηρητή στο να ελέγχει την στάθμη του υγρού σε μια δεξαμενή από απόσταση.

Το βασικό εξάρτημα της κατασκευής μας είναι ο μικροελεγκτής της Atmel (Atmega 328), ο οποίος είναι προσαρμοσμένος στην πλακάτα Arduino. Ο μικροελεγκτής διαθέτει 6 αναλογικές εισόδους και 14 ψηφιακές εισόδους/ εξόδους.

Στην ψηφιακή είσοδο έχουμε συνδέσει τον αισθητήρα μας. Ο αισθητήρας που έχουμε επιλέξει είναι αισθητήρας μέτρησης απόστασης με την χρήση υπερήχων, όπου θα τοποθετηθεί στο επάνω μέρος της δεξαμενής. Ο αισθητήρας πρέπει να δεκτεί ένα παλμό μεγαλύτερο των 5V για περισσότερα από 10ms. Αυτή η διαδικασία θα πυροδοτήσει το αισθητήριο, το οποίο θα μεταδίδει οκτώ (8) “κύκλους” (ριπές) παλμών στα 40KHz και θα περιμένει να λάβει την αντανακλώμενη ριπή του ήχου. Όταν ανιχνεύσει τον υπέρηχο αυτό από το δέκτη, θα ρυθμίσει το Echo Pin για μια χρονική περίοδο ανάλογη της απόστασης. Δηλαδή, το αισθητήριο βρίσκει την απόσταση εκπέμποντας κύματα στο φάσμα των υπερήχων (που βρίσκονται πολύ υψηλότερα από την ανθρώπινη ακοή) και παράγει ένα παλμό προς το Pin Εισόδου/ Εξόδου του μικροελεγκτής, σύμφωνα με τον χρόνο που κάνουν τα κύματα αυτά να επιστρέψουν πίσω στο αισθητήριο όργανο στην περίπτωση που θα βρουν κάποιο εμπόδιο.

Επιπλέον στους ακροδέκτες 3 και 5 έχουμε συνδέσει το buzzer και την πράσινη ενδεικτική λυχνία led, τα οποία χρησιμοποιούμε για τον έλεγχο στάθμης υγρού. Παράλληλα με το buzzer έχουμε και μια κόκκινη ενδεικτική λυχνία για οπτική επαφή. Τα εξαρτήματα αυτά τα τοποθετήθηκαν, αφού για το λόγο ότι έχουμε ορίσει μέσα στον κώδικα μας κάποιες περιπτώσεις για την καλύτερη μέτρηση στάθμης υγρού. Οι περιπτώσεις αυτές είναι:

1. Όταν θα έχουμε κίνδυνο για υπερπλήρωση της δεξαμενής (δηλαδή η μέτρηση να είναι λιγότερη των 15cm από την επιφάνεια της δεξαμενής), τότε έχουμε ηχητική ειδοποίηση από το buzzer αλλά και ενεργοποίηση της κόκκινης ενδεικτικής λυχνίας με καθυστέρηση 200ms και εμφάνιση ενός μηνύματος στην οθόνη μας, “ Danger for OverFlow!!! ”
2. Όταν έχουμε υπερπλήρωση της δεξαμενής (δηλαδή μέτρηση να είναι λιγότερη των 5cm από την επιφάνεια της δεξαμενής), τότε έχουμε συνεχή οπτική και ηχητική ειδοποίηση και εμφάνιση ενός μηνύματος στην οθόνη μας, “ OverFlow!!! ”
3. Όταν ο αισθητήρας μετρήσει μικρότερη στάθμη από το επιτρεπόμενο όριο (το οποίο το έχουμε ορίσει εμείς, δηλαδή στην προκειμένη περίπτωση 130cm ), τότε έχουμε ηχητική ειδοποίηση από το buzzer αλλά και ενεργοποίηση της κόκκινης ενδεικτικής λυχνίας με καθυστέρηση 200ms και εμφάνιση ενός μηνύματος στην οθόνη μας, “ Low Level Alarm!!! ”
4. Όταν ο αισθητήρας μετρήσει μικρότερη στάθμη από το επιτρεπόμενο όριο (το οποίο το έχουμε ορίσει εμείς, δηλαδή στην προκειμένη περίπτωση 145cm ),

τότε έχουμε συνεχή οπτική και ηχητική ειδοποίηση και εμφάνιση ενός μηνύματος στην οθόνη μας, “ Low Liquid Level !!!”

5. Όταν ο αισθητήρας μετράει μέσα στο επιτρεπόμενο όριο, δηλαδή στην προκειμένη περίπτωση η στάθμη υγρού να είναι μικρότερη των 130cm από τον πάτο της δεξαμενής και ταυτόχρονα μεγαλύτερη των 15cm από την επιφάνεια της δεξαμενής, τότε έχουμε μια συνεχή οπτική ειδοποίηση από την πράσινη ενδεικτική λυχνία led και εμφάνιση ενός μηνύματος στην οθόνη μας, "The level of the liquid is ok!"

Επιπλέον, έχουμε ορίσει κάποιες παραμέτρους μέσα στον κώδικα μας, οι οποίες εμφανίζουν στην οθόνη μας τον όγκο της δεξαμενής σε λίτρα, το ύψος της στάθμης της δεξαμενής όπως και την απόσταση του αισθητήρα από την στάθμη.

Η μονάδα Ethernet ενσωματώνεται πάνω στην πλακέτα Arduino και χρησιμοποιεί τους ακροδέκτες 11,12 και 13 για την επικοινωνία μεταξύ τους. Έτσι μπορούμε να βλέπουμε την στάθμη υγρού σε μια δεξαμενή μέσω internet. Με το Ethernet Shield έχουμε δημιουργήσει έναν εικονικό διακομιστή (server), ο οποίος συνδέεται μέσω του τοπικού δικτύου με τον υπολογιστή μας. Για να γίνει η συνδέση αυτή θα ορίσουμε στην μονάδα Ethernet την ip 192.168.2.177, έτσι ώστε να υπάρχει πρόσβαση μέσω τοπικού δικτύου. Ο εικονικός διακομιστής (server) τραβάει τα δεδομένα μέσω της SD κάρτας αλλά και από τον αισθητήρα μας, όπου μας τα εμφανίζει στην Html σελίδα που έχουμε δημιουργήσει. Επίσης, με την Html σελίδα μπορούμε να κάνουμε επαλήθευση της μέτρησης στάθμης υγρού αλλά και την εύρεση του όγκου της δεξαμενής.

## 7.4 Μετρήσεις

Κατόπιν των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στην κυλινδρική δεξαμενή του εργαστηρίου μας, με διάμετρο 31,5cm και ύψους 150cm, και με την χρήση του αισθητήρα μας, θα καταλήξουμε σε κάποιες παρατηρήσεις - συμπεράσματα.

Στον παρακάτω πίνακα ο αριθμός των μετρήσεων είναι 247, το βήμα δεν είναι σταθερό αλλά τυχαίο, έτσι ώστε να είναι πιο τεκμηριωμένα τα συμπεράσματα μας. Σκοπός των μετρήσεων μας, είναι να βρούμε κατά πόσο έχει σφάλμα ο αισθητήρας μας με τον παρατηρητή (εμείς). Για αυτό τον σκοπό χρησιμοποιούμε το Απόλυτο Σφάλμα, όπου ορίζεται η διαφορά της πραγματικής (ο αισθητήρας μας) με την παρατηρηθείσα τιμή (εμείς). Επίσης, εκτός από το Απόλυτο Σφάλμα υπάρχει και το Σχετικό Σφάλμα, το οποίο ορίζεται ως το πηλίκο του Απόλυτου Σφάλματος δια της αληθούς τιμής του μεγέθους και εκφράζεται συνήθως ως ποσοστό %.

Συνομογραφίες του Πίνακα Μετρήσεων:

- No. : *Αριθμός Μετρήσεων*
- $Y_{\psi\sigma\tau\alpha\theta. \text{ Αισθ.}}$  : *Ύψος Στάθμης Αισθητήρα*
- $Y_{\psi\sigma\tau\alpha\theta. \text{ Παρατ.}}$  : *Ύψος Στάθμης Παρατηρητή*
- $V_{\text{αισθ.}}$  : *Όγκος Αισθητήρα*
- $V_{\text{παρατ.}}$  : *Όγκος Παρατηρητή*
- $\Delta_{\chi}$  : *Απόλυτο Σφάλμα (Αισθ. – Παρατ.)*
- $\Delta \%$  : *Σχετικό Σφάλμα (Αισθ. – Παρατ.)*



**Πίνακας 7.1 : Πίνακας Μετρήσεων**

No.	Υψσταθ. Αισθ. [cm]	Υψσταθ. Παρατ. [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δz	Δ%
1	138	137	3,14	31,5	107,49	106,71	1	0,7299
2	137	136,4	3,14	31,5	106,71	106,24	0,6	0,4399
3	135	135	3,14	31,5	105,15	105,15	0	0,0000
4	134	133	3,14	31,5	104,37	103,60	1	0,7519
5	134	132,5	3,14	31,5	104,37	103,21	1,5	1,1321
6	132	131,4	3,14	31,5	102,82	102,35	0,6	0,4566
7	131	130	3,14	31,5	102,04	101,26	1	0,7692
8	129	128,3	3,14	31,5	100,48	99,93	0,7	0,5456
9	128	127,6	3,14	31,5	99,70	99,39	0,4	0,3135
10	127	126,2	3,14	31,5	98,92	98,30	0,8	0,6339
11	126	125	3,14	31,5	98,14	97,36	1	0,8000
12	125	124,3	3,14	31,5	97,36	96,82	0,7	0,5632
13	124	123	3,14	31,5	96,59	95,81	1	0,8130
14	123	122	3,14	31,5	95,81	95,03	1	0,8197
15	122	121	3,14	31,5	95,03	94,25	1	0,8264
16	122	120,5	3,14	31,5	95,03	93,86	1,5	1,2448
17	121	119,8	3,14	31,5	94,25	93,31	1,2	1,0017
18	120	119,3	3,14	31,5	93,47	92,92	0,7	0,5868
19	119	118,6	3,14	31,5	92,69	92,38	0,4	0,3373
20	119	118	3,14	31,5	92,69	91,91	1	0,8475
21	118	117,5	3,14	31,5	91,91	91,52	0,5	0,4255

No.	Υψσταθ. Αισθ. [cm]	Υψσταθ. Παρατ. [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>γ</sub>	Δ%
22	118	116,5	3,14	31,5	91,91	90,74	1,5	1,2876
23	117	116,3	3,14	31,5	91,13	90,59	0,7	0,6019
24	117	115,4	3,14	31,5	91,13	89,89	1,6	1,3865
25	116	114,8	3,14	31,5	90,35	89,42	1,2	1,0453
26	115	114,2	3,14	31,5	89,58	88,95	0,8	0,7005
27	114	113	3,14	31,5	88,80	88,02	1	0,8850
28	114	112,3	3,14	31,5	88,80	87,47	1,7	1,5138
29	113	111,7	3,14	31,5	88,02	87,00	1,3	1,1638
30	112	111,2	3,14	31,5	87,24	86,62	0,8	0,7194
31	111	110,4	3,14	31,5	86,46	85,99	0,6	0,5435
32	110	109,5	3,14	31,5	85,68	85,29	0,5	0,4566
33	110	108,5	3,14	31,5	85,68	84,51	1,5	1,3825
34	109	108,1	3,14	31,5	84,90	84,20	0,9	0,8326
35	109	107,5	3,14	31,5	84,90	83,73	1,5	1,3953
36	108	106,3	3,14	31,5	84,12	82,80	1,7	1,5992
37	107	105,6	3,14	31,5	83,34	82,25	1,4	1,3258
38	106	104,2	3,14	31,5	82,57	81,16	1,8	1,7274
39	105	104	3,14	31,5	81,79	81,01	1	0,9615
40	104	103,1	3,14	31,5	81,01	80,31	0,9	0,8729
41	104	102,7	3,14	31,5	81,01	79,99	1,3	1,2658
42	104	102,2	3,14	31,5	81,01	79,61	1,8	1,7613
43	103	101,2	3,14	31,5	80,23	78,83	1,8	1,7787

No.	Υψσταθ. Αισθ. [cm]	Υψσταθ. Παρατ. [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>γ</sub>	Δ%
44	102	100,6	3,14	31,5	79,45	78,36	1,4	1,3917
45	101	100	3,14	31,5	78,67	77,89	1	1,0000
46	101	99,4	3,14	31,5	78,67	77,42	1,6	1,6097
47	100	98,8	3,14	31,5	77,89	76,96	1,2	1,2146
48	100	98,5	3,14	31,5	77,89	76,72	1,5	1,5228
49	99	97,9	3,14	31,5	77,11	76,26	1,1	1,1236
50	99	97,7	3,14	31,5	77,11	76,10	1,3	1,3306
51	99	97,4	3,14	31,5	77,11	75,87	1,6	1,6427
52	98	96,8	3,14	31,5	76,33	75,40	1,2	1,2397
53	98	96,3	3,14	31,5	76,33	75,01	1,7	1,7653
54	97	95,8	3,14	31,5	75,55	74,62	1,2	1,2526
55	97	95	3,14	31,5	75,55	74,00	2	2,1053
56	96	94,6	3,14	31,5	74,78	73,69	1,4	1,4799
57	96	94	3,14	31,5	74,78	73,22	2	2,1277
58	95	93,6	3,14	31,5	74,00	72,91	1,4	1,4957
59	95	93,2	3,14	31,5	74,00	72,59	1,8	1,9313
60	94	92,7	3,14	31,5	73,22	72,21	1,3	1,4024
61	94	92,4	3,14	31,5	73,22	71,97	1,6	1,7316
62	93	91,8	3,14	31,5	72,44	71,50	1,2	1,3072
63	92	90,6	3,14	31,5	71,66	70,57	1,4	1,5453
64	91	89,9	3,14	31,5	70,88	70,02	1,1	1,2236
65	91	89	3,14	31,5	70,88	69,32	2	2,2472

No.	Υψοστάθ. Αισθ. [cm]	Υψοστάθ. Παρατ. [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>γ</sub>	Δ%
66	90	88,5	3,14	31,5	70,10	68,93	1,5	1,6949
67	90	87,8	3,14	31,5	70,10	68,39	2,2	2,5057
68	89	87,2	3,14	31,5	69,32	67,92	1,8	2,0642
69	88	86,5	3,14	31,5	68,54	67,38	1,5	1,7341
70	87	85,6	3,14	31,5	67,77	66,68	1,4	1,6355
71	87	84,8	3,14	31,5	67,77	66,05	2,2	2,5943
72	86	84,1	3,14	31,5	66,99	65,51	1,9	2,2592
73	85	83,6	3,14	31,5	66,21	65,12	1,4	1,6746
74	85	83	3,14	31,5	66,21	64,65	2	2,4096
75	84	82,5	3,14	31,5	65,43	64,26	1,5	1,8182
76	84	82	3,14	31,5	65,43	63,87	2	2,4390
77	83	81,2	3,14	31,5	64,65	63,25	1,8	2,2167
78	82	80,4	3,14	31,5	63,87	62,62	1,6	1,9900
79	81	79,5	3,14	31,5	63,09	61,92	1,5	1,8868
80	81	78,7	3,14	31,5	63,09	61,30	2,3	2,9225
81	80	78,3	3,14	31,5	62,31	60,99	1,7	2,1711
82	80	77,6	3,14	31,5	62,31	60,44	2,4	3,0928
83	79	77	3,14	31,5	61,53	59,98	2	2,5974
84	78	76,3	3,14	31,5	60,76	59,43	1,7	2,2280
85	78	75,6	3,14	31,5	60,76	58,89	2,4	3,1746
86	77	75,2	3,14	31,5	59,98	58,57	1,8	2,3936
87	76	74,3	3,14	31,5	59,20	57,87	1,7	2,2880

No.	Υψοστάθ. Αισθ. [cm]	Υψοστάθ. Παρατ. [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>γ</sub>	Δ%
88	76	74,1	3,14	31,5	59,20	57,72	1,9	2,5641
89	76	73,8	3,14	31,5	59,20	57,48	2,2	2,9810
90	76	73,5	3,14	31,5	59,20	57,25	2,5	3,4014
91	75	73	3,14	31,5	58,42	56,86	2	2,7397
92	75	72,6	3,14	31,5	58,42	56,55	2,4	3,3058
93	74	72,2	3,14	31,5	57,64	56,24	1,8	2,4931
94	73	71,3	3,14	31,5	56,86	55,54	1,7	2,3843
95	73	70,8	3,14	31,5	56,86	55,15	2,2	3,1073
96	72	70,1	3,14	31,5	56,08	54,60	1,9	2,7104
97	72	69,7	3,14	31,5	56,08	54,29	2,3	3,2999
98	71	69,2	3,14	31,5	55,30	53,90	1,8	2,6012
99	71	68,9	3,14	31,5	55,30	53,67	2,1	3,0479
100	71	68,4	3,14	31,5	55,30	53,28	2,6	3,8012
101	70	67,8	3,14	31,5	54,52	52,81	2,2	3,2448
102	70	67,3	3,14	31,5	54,52	52,42	2,7	4,0119
103	69	66,9	3,14	31,5	53,75	52,11	2,1	3,1390
104	68	66,3	3,14	31,5	52,97	51,64	1,7	2,5641
105	68	65,6	3,14	31,5	52,97	51,10	2,4	3,6585
106	67	65,1	3,14	31,5	52,19	50,71	1,9	2,9186
107	67	64,8	3,14	31,5	52,19	50,47	2,2	3,3951
108	67	64,5	3,14	31,5	52,19	50,24	2,5	3,8760
109	67	64,1	3,14	31,5	52,19	49,93	2,9	4,5242

No.	Υψσταθ. Αισθ. [cm]	Υψσταθ. Παρατ. [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>γ</sub>	Δ%
110	66	63,6	3,14	31,5	51,41	49,54	2,4	3,7736
111	66	63,1	3,14	31,5	51,41	49,15	2,9	4,5959
112	65	62,7	3,14	31,5	50,63	48,84	2,3	3,6683
113	65	62,2	3,14	31,5	50,63	48,45	2,8	4,5016
114	64	61,6	3,14	31,5	49,85	47,98	2,4	3,8961
115	64	61,1	3,14	31,5	49,85	47,59	2,9	4,7463
116	63	60,6	3,14	31,5	49,07	47,20	2,4	3,9604
117	63	60	3,14	31,5	49,07	46,73	3	5,0000
118	62	59,8	3,14	31,5	48,29	46,58	2,2	3,6789
119	61	58,7	3,14	31,5	47,51	45,72	2,3	3,9182
120	61	58,1	3,14	31,5	47,51	45,26	2,9	4,9914
121	60	57,5	3,14	31,5	46,73	44,79	2,5	4,3478
122	60	57	3,14	31,5	46,73	44,40	3	5,2632
123	59	56,6	3,14	31,5	45,96	44,09	2,4	4,2403
124	59	56	3,14	31,5	45,96	43,62	3	5,3571
125	58	55,7	3,14	31,5	45,18	43,39	2,3	4,1293
126	58	55,3	3,14	31,5	45,18	43,07	2,7	4,8825
127	57	54,7	3,14	31,5	44,40	42,61	2,3	4,2048
128	57	54,5	3,14	31,5	44,40	42,45	2,5	4,5872
129	57	54,1	3,14	31,5	44,40	42,14	2,9	5,3604
130	57	53,6	3,14	31,5	44,40	41,75	3,4	6,3433
131	56	53,5	3,14	31,5	43,62	41,67	2,5	4,6729

No.	Υψοστάθ. Αισθ. [cm]	Υψοστάθ. Παρατ. [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>γ</sub>	Δ%
132	55	52,9	3,14	31,5	42,84	41,20	2,1	3,9698
133	55	52,5	3,14	31,5	42,84	40,89	2,5	4,7619
134	55	52	3,14	31,5	42,84	40,50	3	5,7692
135	54	51,6	3,14	31,5	42,06	40,19	2,4	4,6512
136	54	51,5	3,14	31,5	42,06	40,11	2,5	4,8544
137	54	51	3,14	31,5	42,06	39,72	3	5,8824
138	53	50,6	3,14	31,5	41,28	39,41	2,4	4,7431
139	53	50,2	3,14	31,5	41,28	39,10	2,8	5,5777
140	52	49,7	3,14	31,5	40,50	38,71	2,3	4,6278
141	52	49,3	3,14	31,5	40,50	38,40	2,7	5,4767
142	51	48,9	3,14	31,5	39,72	38,09	2,1	4,2945
143	51	48,4	3,14	31,5	39,72	37,70	2,6	5,3719
144	51	48	3,14	31,5	39,72	37,39	3	6,2500
145	50	47,7	3,14	31,5	38,95	37,15	2,3	4,8218
146	50	47,3	3,14	31,5	38,95	36,84	2,7	5,7082
147	50	46,9	3,14	31,5	38,95	36,53	3,1	6,6098
148	49	46,5	3,14	31,5	38,17	36,22	2,5	5,3763
149	49	46,2	3,14	31,5	38,17	35,99	2,8	6,0606
150	48	45,7	3,14	31,5	37,39	35,60	2,3	5,0328
151	48	45,2	3,14	31,5	37,39	35,21	2,8	6,1947
152	48	44,7	3,14	31,5	37,39	34,82	3,3	7,3826
153	47	44,3	3,14	31,5	36,61	34,51	2,7	6,0948

No.	Υψοστάθ. Αισθ. [cm]	Υψοστάθ. Παρατ. [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>γ</sub>	Δ%
154	47	44	3,14	31,5	36,61	34,27	3	6,8182
155	46	43,5	3,14	31,5	35,83	33,88	2,5	5,7471
156	46	43,2	3,14	31,5	35,83	33,65	2,8	6,4815
157	45	42,7	3,14	31,5	35,05	33,26	2,3	5,3864
158	45	42,2	3,14	31,5	35,05	32,87	2,8	6,6351
159	44	41,1	3,14	31,5	34,27	32,01	2,9	7,0560
160	44	40,7	3,14	31,5	34,27	31,70	3,3	8,1081
161	43	40	3,14	31,5	33,49	31,16	3	7,5000
162	43	39,8	3,14	31,5	33,49	31,00	3,2	8,0402
163	42	38,8	3,14	31,5	32,71	30,22	3,2	8,2474
164	41	38,2	3,14	31,5	31,94	29,75	2,8	7,3298
165	41	37,7	3,14	31,5	31,94	29,37	3,3	8,7533
166	40	37,2	3,14	31,5	31,16	28,98	2,8	7,5269
167	40	36,8	3,14	31,5	31,16	28,66	3,2	8,6957
168	39	36,4	3,14	31,5	30,38	28,35	2,6	7,1429
169	39	35,6	3,14	31,5	30,38	27,73	3,4	9,5506
170	38	35,1	3,14	31,5	29,60	27,34	2,9	8,2621
171	38	34,5	3,14	31,5	29,60	26,87	3,5	10,1449
172	37	34,2	3,14	31,5	28,82	26,64	2,8	8,1871
173	37	33,9	3,14	31,5	28,82	26,41	3,1	9,1445
174	36	33,4	3,14	31,5	28,04	26,02	2,6	7,7844
175	36	32,6	3,14	31,5	28,04	25,39	3,4	10,4294



No.	Υψοστάθ. Αισθ. [cm]	Υψοστάθ. Παρατ. [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>γ</sub>	Δ%
176	35	32,2	3,14	31,5	27,26	25,08	2,8	8,6957
177	35	31,9	3,14	31,5	27,26	24,85	3,1	9,7179
178	34	31,2	3,14	31,5	26,48	24,30	2,8	8,9744
179	33	30,6	3,14	31,5	25,70	23,83	2,4	7,8431
180	33	29,8	3,14	31,5	25,70	23,21	3,2	10,7383
181	32	29,4	3,14	31,5	24,93	22,90	2,6	8,8435
182	31	28,5	3,14	31,5	24,15	22,20	2,5	8,7719
183	31	27,9	3,14	31,5	24,15	21,73	3,1	11,1111
184	31	27,4	3,14	31,5	24,15	21,34	3,6	13,1387
185	30	27,1	3,14	31,5	23,37	21,11	2,9	10,7011
186	30	26,7	3,14	31,5	23,37	20,80	3,3	12,3596
187	29	26,2	3,14	31,5	22,59	20,41	2,8	10,6870
188	29	25,9	3,14	31,5	22,59	20,17	3,1	11,9691
189	29	25,4	3,14	31,5	22,59	19,78	3,6	14,1732
190	28	25	3,14	31,5	21,81	19,47	3	12,0000
191	28	24,5	3,14	31,5	21,81	19,08	3,5	14,2857
192	27	24,2	3,14	31,5	21,03	18,85	2,8	11,5702
193	27	23,6	3,14	31,5	21,03	18,38	3,4	14,4068
194	27	23,3	3,14	31,5	21,03	18,15	3,7	15,8798
195	26	22,9	3,14	31,5	20,25	17,84	3,1	13,5371
196	26	22,4	3,14	31,5	20,25	17,45	3,6	16,0714
197	25	22,1	3,14	31,5	19,47	17,21	2,9	13,1222

No.	Υψοστάθ. Αισθ. [cm]	Υψοστάθ. Παρατ. [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>γ</sub>	Δ%
198	25	21,7	3,14	31,5	19,47	16,90	3,3	15,2074
199	25	21,1	3,14	31,5	19,47	16,44	3,9	18,4834
200	24	20,8	3,14	31,5	18,69	16,20	3,2	15,3846
201	23	20,2	3,14	31,5	17,92	15,73	2,8	13,8614
202	23	19,7	3,14	31,5	17,92	15,34	3,3	16,7513
203	22	19,3	3,14	31,5	17,14	15,03	2,7	13,9896
204	22	18,7	3,14	31,5	17,14	14,57	3,3	17,6471
205	21	18,3	3,14	31,5	16,36	14,25	2,7	14,7541
206	21	17,8	3,14	31,5	16,36	13,86	3,2	17,9775
207	21	17,4	3,14	31,5	16,36	13,55	3,6	20,6897
208	20	16,8	3,14	31,5	15,58	13,09	3,2	19,0476
209	20	16,5	3,14	31,5	15,58	12,85	3,5	21,2121
210	19	16,2	3,14	31,5	14,80	12,62	2,8	17,2840
211	19	15,7	3,14	31,5	14,80	12,23	3,3	21,0191
212	19	15,3	3,14	31,5	14,80	11,92	3,7	24,1830
213	18	15	3,14	31,5	14,02	11,68	3	20,0000
214	18	14,7	3,14	31,5	14,02	11,45	3,3	22,4490
215	18	14,4	3,14	31,5	14,02	11,22	3,6	25,0000
216	17	14	3,14	31,5	13,24	10,90	3	21,4286
217	16	13,3	3,14	31,5	12,46	10,36	2,7	20,3008
218	16	13	3,14	31,5	12,46	10,13	3	23,0769
219	16	12,6	3,14	31,5	12,46	9,81	3,4	26,9841

No.	Υψοστάθ. Αισθ. [cm]	Υψοστάθ. Παρατ. [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>γ</sub>	Δ%
220	15	12,2	3,14	31,5	11,68	9,50	2,8	22,9508
221	15	12	3,14	31,5	11,68	9,35	3	25,0000
222	15	11,6	3,14	31,5	11,68	9,04	3,4	29,3103
223	15	11,4	3,14	31,5	11,68	8,88	3,6	31,5789
224	14	10,6	3,14	31,5	10,90	8,26	3,4	32,0755
225	14	9,8	3,14	31,5	10,90	7,63	4,2	42,8571
226	13	9,6	3,14	31,5	10,13	7,48	3,4	35,4167
227	12	9,1	3,14	31,5	9,35	7,09	2,9	31,8681
228	12	8,7	3,14	31,5	9,35	6,78	3,3	37,9310
229	11	8,2	3,14	31,5	8,57	6,39	2,8	34,1463
230	11	7,9	3,14	31,5	8,57	6,15	3,1	39,2405
231	11	7,5	3,14	31,5	8,57	5,84	3,5	46,6667
232	11	7	3,14	31,5	8,57	5,45	4	57,1429
233	10	6,8	3,14	31,5	7,79	5,30	3,2	47,0588
234	10	6,5	3,14	31,5	7,79	5,06	3,5	53,8462
235	9	6,4	3,14	31,5	7,01	4,99	2,6	40,6250
236	9	5,9	3,14	31,5	7,01	4,60	3,1	52,5424
237	9	5,4	3,14	31,5	7,01	4,21	3,6	66,6667
238	8	5	3,14	31,5	6,23	3,89	3	60,0000
239	8	4,7	3,14	31,5	6,23	3,66	3,3	70,2128
240	8	4,4	3,14	31,5	6,23	3,43	3,6	81,8182
241	7	4,1	3,14	31,5	5,45	3,19	2,9	70,7317

No.	Υψοστάθ. Αισθ. [cm]	Υψοστάθ. Παρατ. [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>γ</sub>	Δ%
242	7	3,7	3,14	31,5	5,45	2,88	3,3	89,1892
243	6	3,1	3,14	31,5	4,67	2,41	2,9	93,5484
244	6	2,5	3,14	31,5	4,67	1,95	3,5	140,0000
245	5	1,9	3,14	31,5	3,89	1,48	3,1	163,1579
246	5	1,7	3,14	31,5	3,89	1,32	3,3	194,1176
247	5	1,1	3,14	31,5	3,89	0,86	3,9	354,5455
<b>Μέσος Όρος</b>							<b>2,34</b>	<b>13,4197</b>

## 7.5 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα Πειράματος

Για τις παρατηρήσεις του πειράματος θα κάνουμε μια δειγματοληψία των μετρήσεων, σε τρεις φάσεις. Θα πάρουμε ενδεικτικά δείγματα των μετρήσεων όταν η δεξαμενή είναι πλήρης, είναι ημιπλήρης και τέλος όταν η τιμή της στάθμης είναι πολύ χαμηλή

Παρατηρούμε ότι, στις 15 πρώτες μετρήσεις, οι πραγματικές τιμές (Υψ<sub>σταθ. Αισθ.</sub>) σε σχέση με τις παρατηρηθείσες τιμές (Υψ<sub>σταθ. Παρατ.</sub>) δεν έχουν μεγάλη απόκλιση, όπως επίσης σύμφωνα με τους τύπους του Απολυτού και Σχετικού Σφάλματος έχουμε μικρό σφάλμα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.2.

Πίνακας 7.2 : Μετρήσεις με Πλήρης Δεξαμενή

No.	Υψ <sub>σταθ. Αισθ.</sub> [cm]	Υψ <sub>σταθ. Παρατ.</sub> [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>γ</sub>	Δ%
1	138	137	3,14	31,5	107,49	106,71	1	0,7299
2	137	136,4	3,14	31,5	106,71	106,24	0,6	0,4399
3	135	135	3,14	31,5	105,15	105,15	0	0,0000
4	134	133	3,14	31,5	104,37	103,60	1	0,7519
5	134	132,5	3,14	31,5	104,37	103,21	1,5	1,1321
6	132	131,4	3,14	31,5	102,82	102,35	0,6	0,4566
7	131	130	3,14	31,5	102,04	101,26	1	0,7692
8	129	128,3	3,14	31,5	100,48	99,93	0,7	0,5456
9	128	127,6	3,14	31,5	99,70	99,39	0,4	0,3135
10	127	126,2	3,14	31,5	98,92	98,30	0,8	0,6339
11	126	125	3,14	31,5	98,14	97,36	1	0,8000
12	125	124,3	3,14	31,5	97,36	96,82	0,7	0,5632
13	124	123	3,14	31,5	96,59	95,81	1	0,8130
14	123	122	3,14	31,5	95,81	95,03	1	0,8197
15	122	121	3,14	31,5	95,03	94,25	1	0,8264
<b>Μέσος Όρος</b>							<b>0,81</b>	<b>0,6263</b>

Εν συνέχεια, αδειάζοντας την δεξαμενή στην μέση, παρατηρούμε ότι, η διαφορά μεταξύ πραγματικής (Υ<sub>σταθ. Αισθ.</sub>) και παρατηρηθείσας (Υ<sub>σταθ. Παρατ.</sub>) τιμής έχει μεγαλώσει. Δηλαδή, παίρνοντας ένα δείγμα μετρήσεων από Νο.(110-125) βλέπουμε ότι ο μέσος όρος του σφάλματος έχει αυξηθεί σε σχέση με τις πρώτες μετρήσεις, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 7.3 : Μετρήσεις με Ημιπλήρης Δεξαμενή**

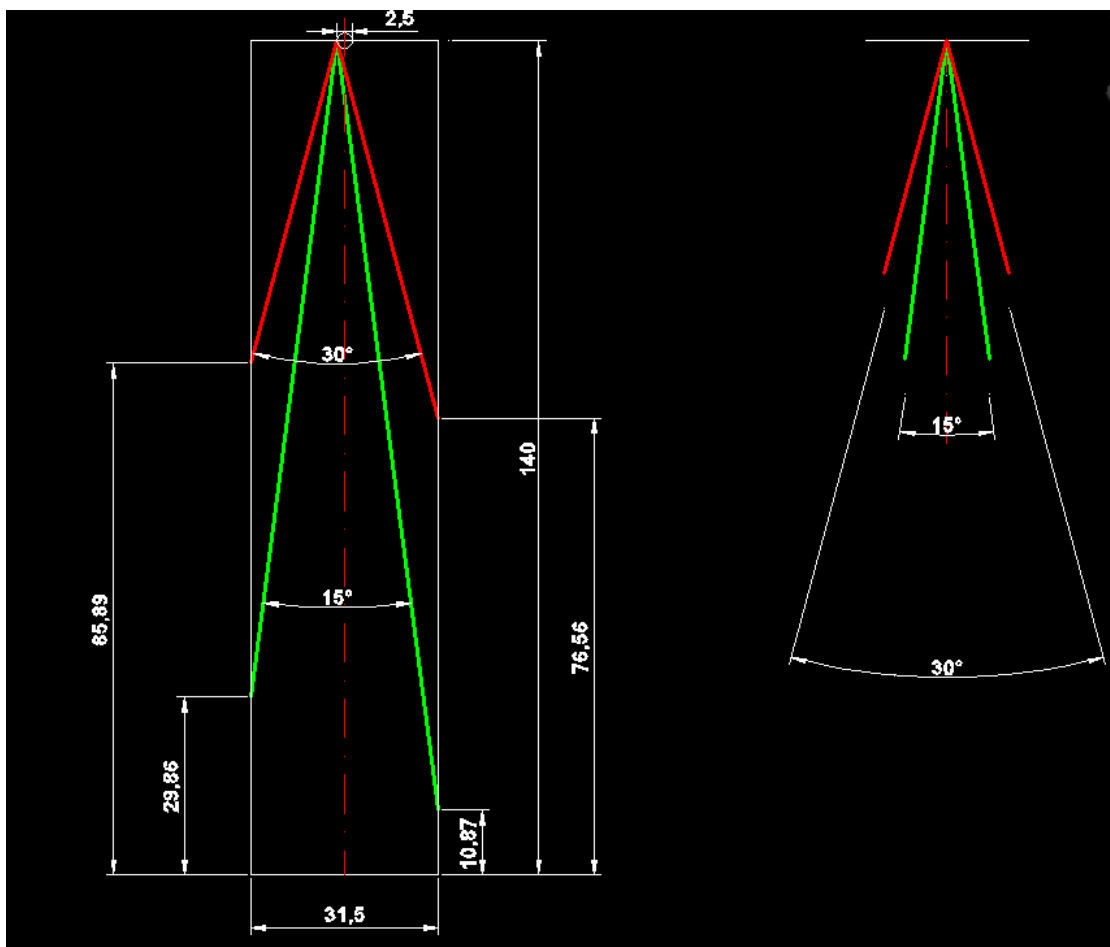
No.	Υ <sub>σταθ. Αισθ.</sub> [cm]	Υ <sub>σταθ. Παρατ.</sub> [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>χ</sub>	Δ%
110	66	63,6	3,14	31,5	51,41	49,54	2,4	3,7736
111	66	63,1	3,14	31,5	51,41	49,15	2,9	4,5959
112	65	62,7	3,14	31,5	50,63	48,84	2,3	3,6683
113	65	62,2	3,14	31,5	50,63	48,45	2,8	4,5016
114	64	61,6	3,14	31,5	49,85	47,98	2,4	3,8961
115	64	61,1	3,14	31,5	49,85	47,59	2,9	4,7463
116	63	60,6	3,14	31,5	49,07	47,20	2,4	3,9604
117	63	60	3,14	31,5	49,07	46,73	3	5,0000
118	62	59,8	3,14	31,5	48,29	46,58	2,2	3,6789
119	61	58,7	3,14	31,5	47,51	45,72	2,3	3,9182
120	61	58,1	3,14	31,5	47,51	45,26	2,9	4,9914
121	60	57,5	3,14	31,5	46,73	44,79	2,5	4,3478
122	60	57	3,14	31,5	46,73	44,40	3	5,2632
123	59	56,6	3,14	31,5	45,96	44,09	2,4	4,2403
124	59	56	3,14	31,5	45,96	43,62	3	5,3571
125	58	55,7	3,14	31,5	45,18	43,39	2,3	4,1293
Μέσος Όρος							2,61	4,3793

Ομοίως, αδειάζοντας την δεξαμενή κάτω από την μέση, παρατηρούμε ότι, η διαφορά μεταξύ πραγματικής (Υψ<sub>σταθ. Αισθ.</sub>) και παρατηρηθείσας τιμής (Υψ<sub>σταθ. Παρατ.</sub>) έχει αυξηθεί, όπως αντίστοιχα παίρνοντας ένα δείγμα μετρήσεων από Νο(190-205), βλέπουμε ότι ο μέσος όρος του σφάλματος μας έχει αυξηθεί αρκετά όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

**Πίνακας 7.4 : Μετρήσεις με Χαμηλή Τιμή της Στάθμης**

No.	Υψ <sub>σταθ. Αισθ.</sub> [cm]	Υψ <sub>σταθ. Παρατ.</sub> [cm]	π	Διάμετρος [cm]	V <sub>αισθ.</sub> [lt]	V <sub>παρατ.</sub> [lt]	Δ <sub>χ</sub>	Δ%
190	28	25	3,14	31,5	21,81	19,47	3	12,0000
191	28	24,5	3,14	31,5	21,81	19,08	3,5	14,2857
192	27	24,2	3,14	31,5	21,03	18,85	2,8	11,5702
193	27	23,6	3,14	31,5	21,03	18,38	3,4	14,4068
194	27	23,3	3,14	31,5	21,03	18,15	3,7	15,8798
195	26	22,9	3,14	31,5	20,25	17,84	3,1	13,5371
196	26	22,4	3,14	31,5	20,25	17,45	3,6	16,0714
197	25	22,1	3,14	31,5	19,47	17,21	2,9	13,1222
198	25	21,7	3,14	31,5	19,47	16,90	3,3	15,2074
199	25	21,1	3,14	31,5	19,47	16,44	3,9	18,4834
200	24	20,8	3,14	31,5	18,69	16,20	3,2	15,3846
201	23	20,2	3,14	31,5	17,92	15,73	2,8	13,8614
202	23	19,7	3,14	31,5	17,92	15,34	3,3	16,7513
203	22	19,3	3,14	31,5	17,14	15,03	2,7	13,9896
204	22	18,7	3,14	31,5	17,14	14,57	3,3	17,6471
205	21	18,3	3,14	31,5	16,36	14,25	2,7	14,7541
<b>Μέσος Όρος</b>							<b>3,2</b>	<b>14,8095</b>

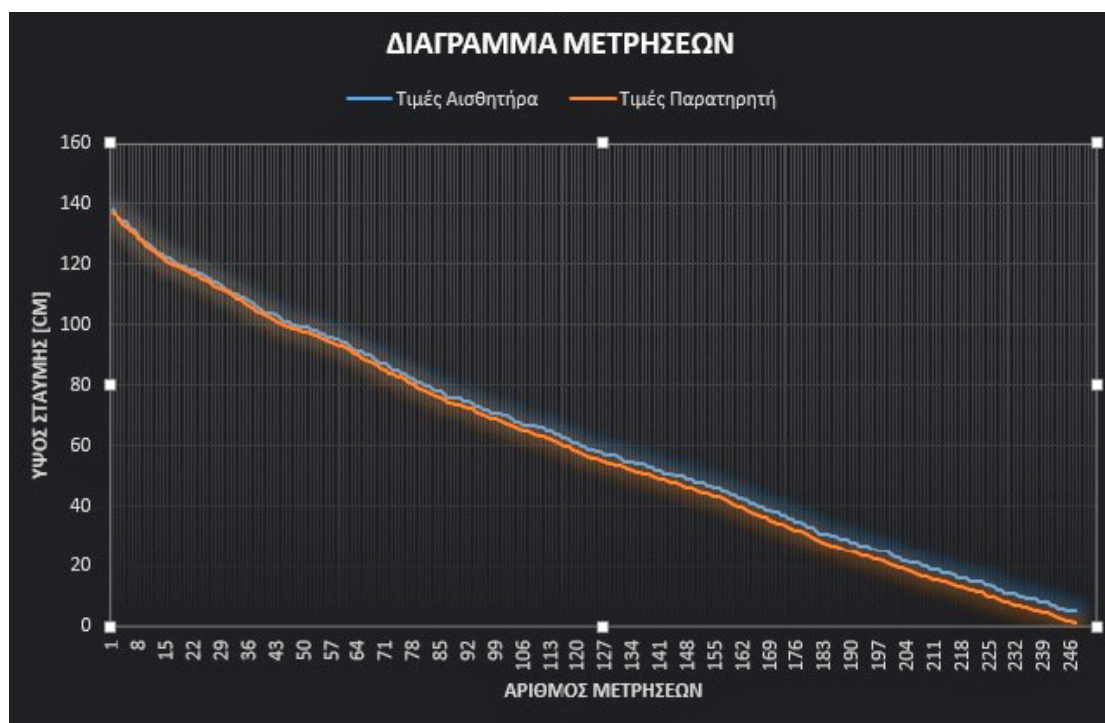
Σύμφωνα, με τα παραπάνω δείγματα παρατηρούμε ότι, καθώς κατεβαίνει η στάθμη του υγρού στην δεξαμενή το σφάλμα μέτρησης του αισθητήρα αυξάνεται. Αυτό συμβαίνει διότι, η κυλινδρική δεξαμενή του εργαστηρίου έχει μικρή διάμετρο (31.5cm) και ο αισθητήρας, επειδή ανήκει στην κατηγορία των υπέρηχων αισθητήρων, στέλνει κύματα (ριπές) υπέρηχων με γωνία μέτρησης  $30^\circ$  και ωφέλιμη γωνία μέτρησης στις  $15^\circ$ , με αποτέλεσμα όταν η στάθμη είναι σε χαμηλά επίπεδα τα κύματα (ριπές) των παλμών αντικρούουν στα πλευρικά τοιχώματα της δεξαμενής και σαν επακόλουθο είναι να μην έχουμε ακριβής μετρήσεις. Αυτό μπορούμε να το δούμε και στην παρακάτω εικόνα, όταν η στάθμη του υγρού είναι περίπου στα 30cm έχουμε μεγάλο σφάλμα και οι μετρήσεις που παίρνουμε δεν είναι ακριβής.



Εικόνα 7.16 : Τομή Δεξαμενής



Ακόμη, με το παρακάτω διάγραμμα μετρήσεων φαίνεται η απόκλιση των τιμών του αισθητήρα με τον παρατηρητή.



Μετά την διεξαγωγή του πειράματος και την διαδικασία της δειγματοληψίας συμπεραίνουμε ότι, ο αισθητήρας μας ενδείκνυται για δεξαμενές μεγαλύτερων διαστάσεων (είτε κυλινδρικές, είτε ορθογωνικές), έτσι ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις. Επίσης ο αισθητήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οικιακή χρήση και όχι για βιομηχανική, λόγω του μικρού εύρους μετρήσεων. Παρόλα αυτά, είναι εύχρηστος, λειτουργικός, μικρός σε μέγεθος, εύκολος στην εγκατάσταση και την μετακίνηση, εύκολος στον προγραμματισμό με βάση της ήδη υπάρχουσες βιβλιοθήκες. Τέλος, το κόστος του στην αγορά είναι προσιτό συγκριτικά με κάποιους άλλους αισθητήρες υπέρηχων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αθανάσιος Α. Αργυρίου ,2004, *Αισθητήρες Ημιαγωγών , Αισθητήρες θερμικοί, μηχανικοί, μαγνητικοί, αισθητήρες ακτινοβολίας και χημικοί αισθητήρες*, Πάτρα.
2. Κώστας Καλαϊτζάκης, Ευτύχης Κουτρούλης, 2010, *Ηλεκτρικές Μηχανές Και Αισθητήρες*, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
3. Σπυρίδων.Ι Λουτρίδης,2008,*Τεχνολογία Μετρήσεων και Αισθητήρων*, Εκδόσεις Ίων.
4. Μάριος Ε. Χαατζηπρακοπίου,2006, *Αισθητήρες: Τεχνικές και Εφαρμογές*, Επιστημονικές Εκδόσεις και Λογισμικό.
5. Peter Elgar,2003, *Αισθητήρες Μέτρησης και Έλεγχου*, Εκδόσεις Τζίολα.
6. ΡΟΒΕΡΤΟΣ Ε.ΚΙΝΓΚ, Συστήματα Μετρήσεως, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα
7. Α. Γαστεράτου, Σ. Μουρούτσου, Ι. Ανδρεάδη, *Τεχνολογία μετρήσεων - Αισθητήρια*, Εκδόσεις Γκιούρδας, 2009

## ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

1. [http://www.scribd.com/doc/Αυτόματος\\_ρυθμιστής\\_στάθμης\\_νερού\\_σε\\_ατμολέβητα](http://www.scribd.com/doc/Αυτόματος_ρυθμιστής_στάθμης_νερού_σε_ατμολέβητα)
2. Άρθρο με θέμα «Κατανεμημένες Εφαρμογές και Ηλεκτρονικό Εμπόριο», [Ενεργές κάρτες αναγνώρισης](#)
3. Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» ,[Επαγωγικοί Αισθητήρες](#)
4. <http://www.ifm.com/ifmgr/inductive-sensors-for-heavy-duty.html>
5. Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Χωρητικοί Αισθητήρες](#)
6. <http://www.ifm.com/ifmgr/capacitive-sensors-especially-for-the-plastics-industry.html>
7. Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas», [Μαγνητικοί Αισθητήρες](#)
8. [http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/010\\_030\\_030.htm](http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/010_030_030.htm)
9. Το άρθρο του Γ. Ευθυμιάδης με τίτλο «Μαγνητικοί Αισθητήρες» είναι αναρτημένο στην σελίδα: [http://www.pyrodomi.gr/userfiles/file/GAS\\_DETECTION\\_SYSTEM\\_S.pdf](http://www.pyrodomi.gr/userfiles/file/GAS_DETECTION_SYSTEM_S.pdf)
10. Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Αισθητήρας Ανίχνευσης Αέριων](#)
11. Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» ,[Αισθητήρες Laser](#)
12. [http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/010\\_050\\_030.html](http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/010_050_030.html)
13. Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Φαινόμενο Doppler](#)
14. Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Αισθητήρες Laser Υπερήχων](#)
15. [http://www.sigmahellas.gr/sectors/flow\\_categories/calorimetric\\_he.htm](http://www.sigmahellas.gr/sectors/flow_categories/calorimetric_he.htm)

16. Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Ηλεκτρονικοί Επιτηρητές Ροής](#)
17. Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Αισθητήρες Πίεσης](#)
18. [http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/040\\_010\\_030.html](http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/040_010_030.html)
19. Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Αισθητήρες Στάθμης](#)
20. [http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/040\\_040\\_030.html](http://www.ifm.com/ifmgr/web/pmain/040_040_030.html)
21. Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Αισθητήρες Συνεχούς Μέτρησης](#)
22. Πληροφορίες από την ιστοσελίδα της εταιρίας «Sigma Hellas» [Αισθητήρες Υγρασίας](#)
23. Το άρθρο του Helmeth Lemme με τίτλο «Αισθητήρες Αυτοκινήτων : Αισθητήρια Όργανα για οχήματα κάθε μορφής» είναι αναρτημένο στην σελίδα: [http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires\\_autokinitwn.pdf](http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires_autokinitwn.pdf)
24. [http://rb-kwin.bosch.com/el/el/safety\\_comfort/drivingsafety/abs/tcs.html](http://rb-kwin.bosch.com/el/el/safety_comfort/drivingsafety/abs/tcs.html)
25. Το άρθρο του Helmeth Lemme με τίτλο «Αισθητήρες Αυτοκινήτων : Αισθητήρια Όργανα για οχήματα κάθε μορφής» είναι αναρτημένο στην σελίδα: [http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires\\_autokinitwn.pdf](http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires_autokinitwn.pdf)
26. Το άρθρο του Helmeth Lemme με τίτλο «Αισθητήρες Αυτοκινήτων : Αισθητήρια Όργανα για οχήματα κάθε μορφής» είναι αναρτημένο στην σελίδα: [http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires\\_autokinitwn.pdf](http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires_autokinitwn.pdf)
27. Άρθρο από το Wikipedia, [Αεροσακος](#)
28. Το άρθρο του Helmeth Lemme με τίτλο «Αισθητήρες Αυτοκινήτων : Αισθητήρια Όργανα για οχήματα κάθε μορφής» είναι αναρτημένο στην σελίδα: [http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires\\_autokinitwn.pdf](http://users.sch.gr/jabatzo/files/articles/aisthitires_autokinitwn.pdf)
29. Τεχνικό Άρθρο με θέμα : «Αρχές και Μέθοδοι Μέτρησης Στάθμης» [Τεχνικές Μέτρησης Στάθμης](#)
30. <http://www.metadosi-ischios.gr/article.php?ID=91>
31. Μικροελεγκτής Arduino, Εγχειρίδιο από την ιστοσελίδα : [Microplanet](#)
32. Άρθρο από το Wikipedia, [Λογισμικό](#)
33. Άρθρο από το Wikipedia, [Γλώσσα Προγραμματισμού](#)
34. Άρθρο από το Wikipedia, [Γλώσσα Προγραμματισμού C](#)
35. Άρθρο από το Wikipedia, [C Πρότυπη Βιβλιοθήκη](#)
36. Άρθρο από το Wikipedia, [Γλώσσα Προγραμματισμού C++](#)
37. Άρθρο από το Wikipedia, [HTML](#)

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Arduino-Atmega 328

### Features

- High Performance, Low Power AVR<sup>®</sup> 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
  - 256/512/512/1K Bytes EEPROM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
  - 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
    - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Six PWM Channels
  - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
    - Temperature Measurement
  - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
    - Temperature Measurement
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I<sup>2</sup>C compatible)
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 23 Programmable I/O Lines
  - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
  - 1.8 - 5.5V for ATmega48PA/88PA/168PA/328P
- Temperature Range:
  - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
  - 0 - 20 MHz @ 1.8 - 5.5V
- Low Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C for ATmega48PA/88PA/168PA/328P:
  - Active Mode: 0.2 mA
  - Power-down Mode: 0.1 µA
  - Power-save Mode: 0.75 µA (Including 32 kHz RTC)



8-bit **AVR<sup>®</sup>**  
Microcontroller  
with 4/8/16/32K  
Bytes In-System  
Programmable  
Flash

ATmega48PA  
ATmega88PA  
ATmega168PA  
ATmega328P

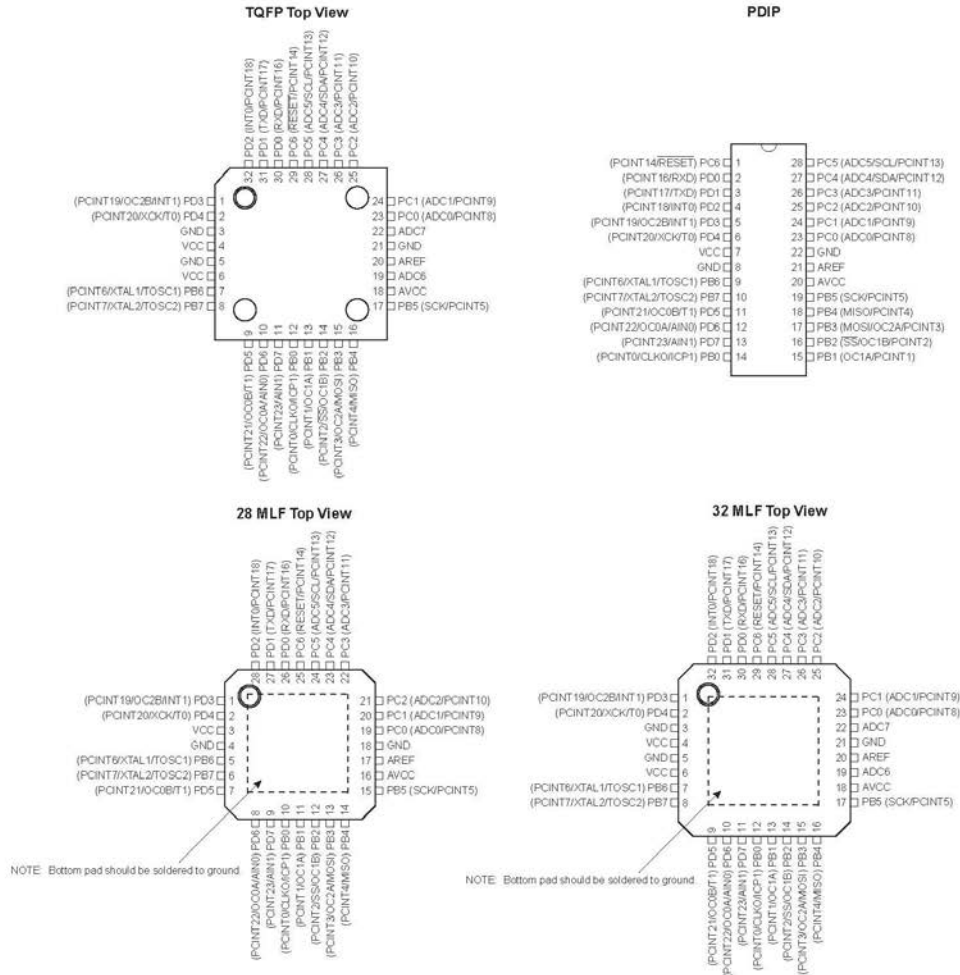
Rev. 8161D-AVR-10/08



# ATmega48PA/88PA/168PA/328P

## 1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48PA/88PA/168PA/328P.



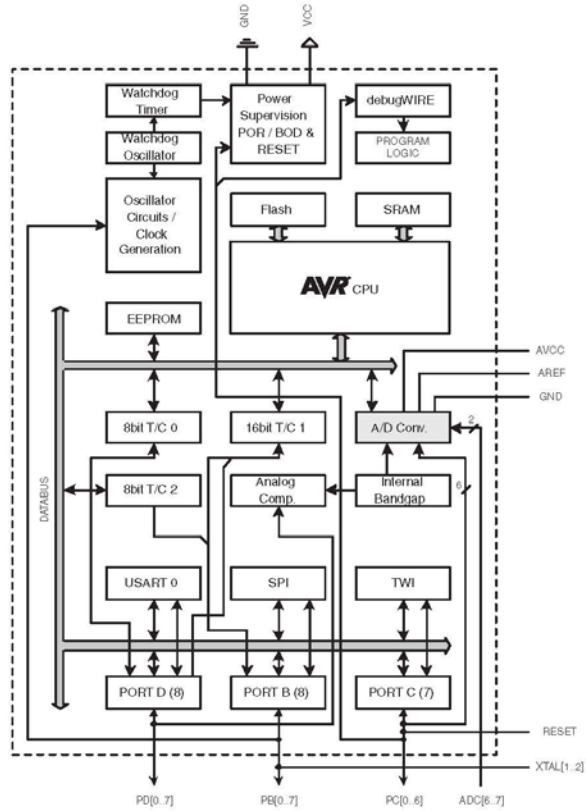
# ATmega48PA/88PA/168PA/328P

## 2. Overview

The ATmega48PA/88PA/168PA/328P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega48PA/88PA/168PA/328P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

### 2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram

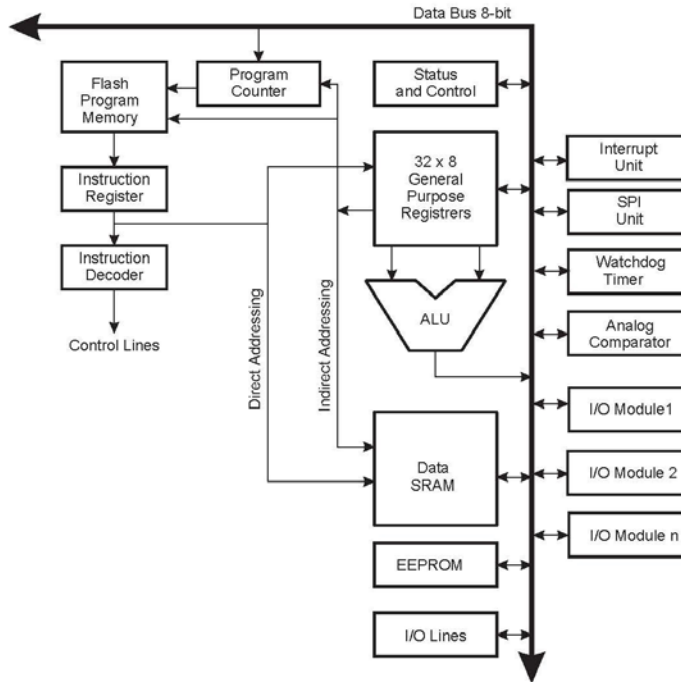


6. AVR CPU Core

6.1 Overview

This section discusses the AVR core architecture in general. The main function of the CPU core is to ensure correct program execution. The CPU must therefore be able to access memories, perform calculations, control peripherals, and handle interrupts.

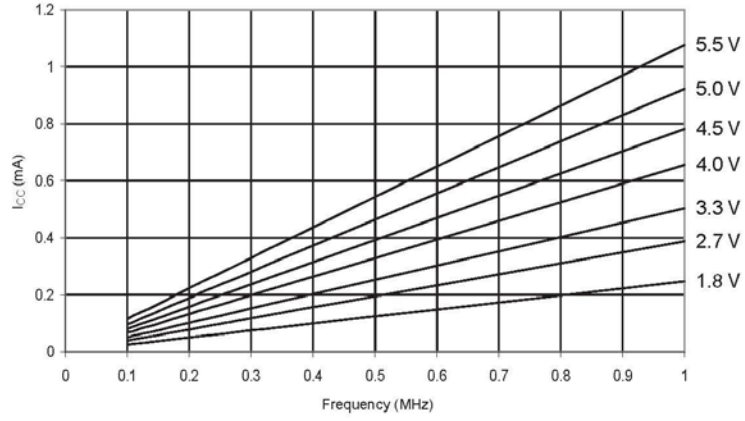
Figure 6-1. Block Diagram of the AVR Architecture



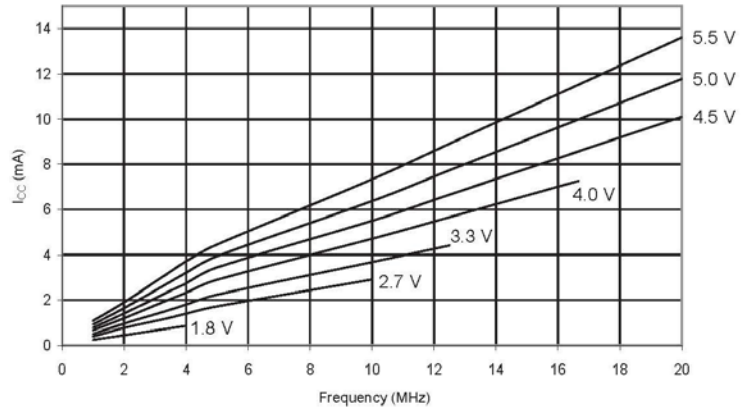
**29.4 ATmega328P Typical Characteristics**

**29.4.1 Active Supply Current**

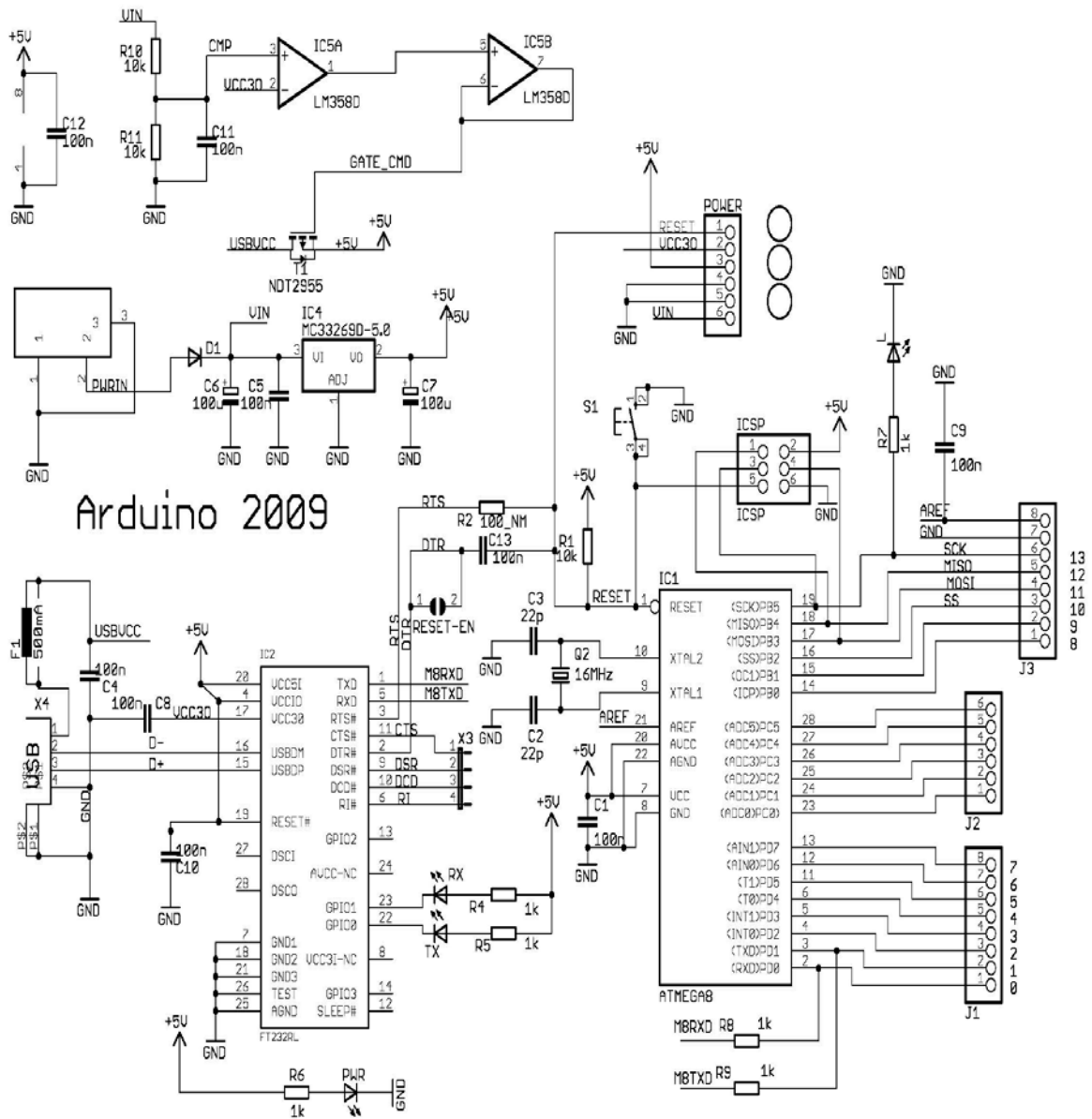
**Figure 29-139.** ATmega328P: Active Supply Current vs. Low Frequency (0.1-1.0 MHz)



**Figure 29-140.** ATmega328P: Active Supply Current vs. Frequency (1-20 MHz)







Arduino 2009

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : Arduino-Ethernet –W5100



## W5100 Datasheet

Version 1.1.6

W5100 Datasheet



© 2008 WIZnet Co., Inc. All Rights Reserved.

For more information, visit our website at <http://www.wiznet.co.kr>

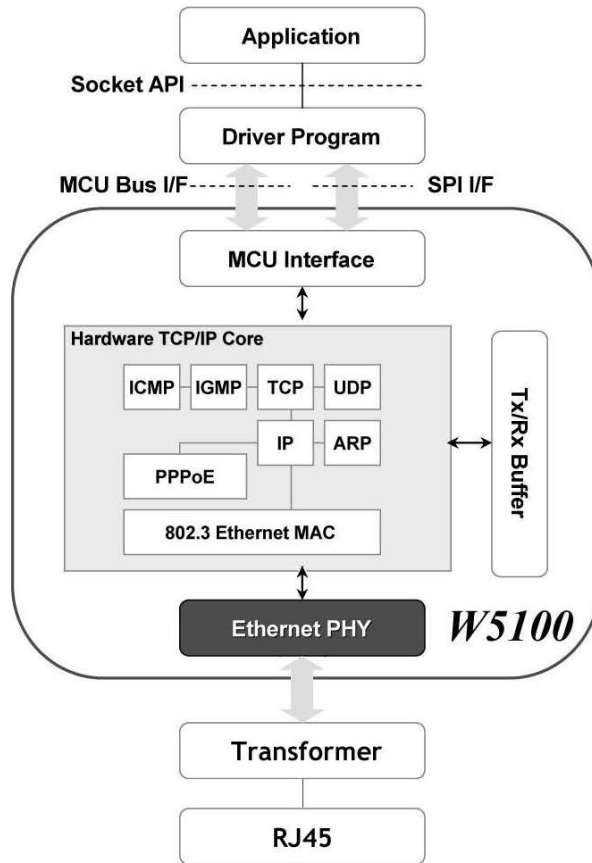
© Copyright 2008 WIZnet Co., Inc. All rights reserved.



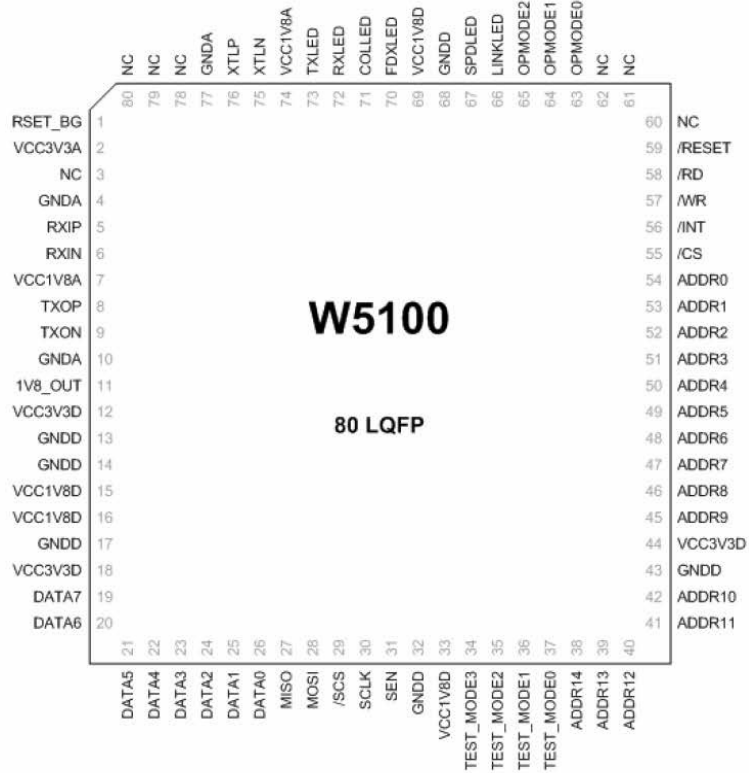
## Features

- Support Hardwired TCP/IP Protocols : TCP, UDP, ICMP, IPv4 ARP, IGMP, PPPoE, Ethernet
- 10BaseT/100BaseTX Ethernet PHY embedded
- Support Auto Negotiation (Full-duplex and half duplex)
- Support Auto MDI/MDIX
- Support ADSL connection (with support PPPoE Protocol with PAP/CHAP Authentication mode)
- Supports 4 independent sockets simultaneously
- Not support IP Fragmentation
- Internal 16Kbytes Memory for Tx/Rx Buffers
- 0.18  $\mu\text{m}$  CMOS technology
- 3.3V operation with 5V I/O signal tolerance
- Small 80 Pin LQFP Package
- Lead-Free Package
- Support Serial Peripheral Interface(SPI MODE 0, 3)
- Multi-function LED outputs (TX, RX, Full/Half duplex, Collision, Link, Speed)

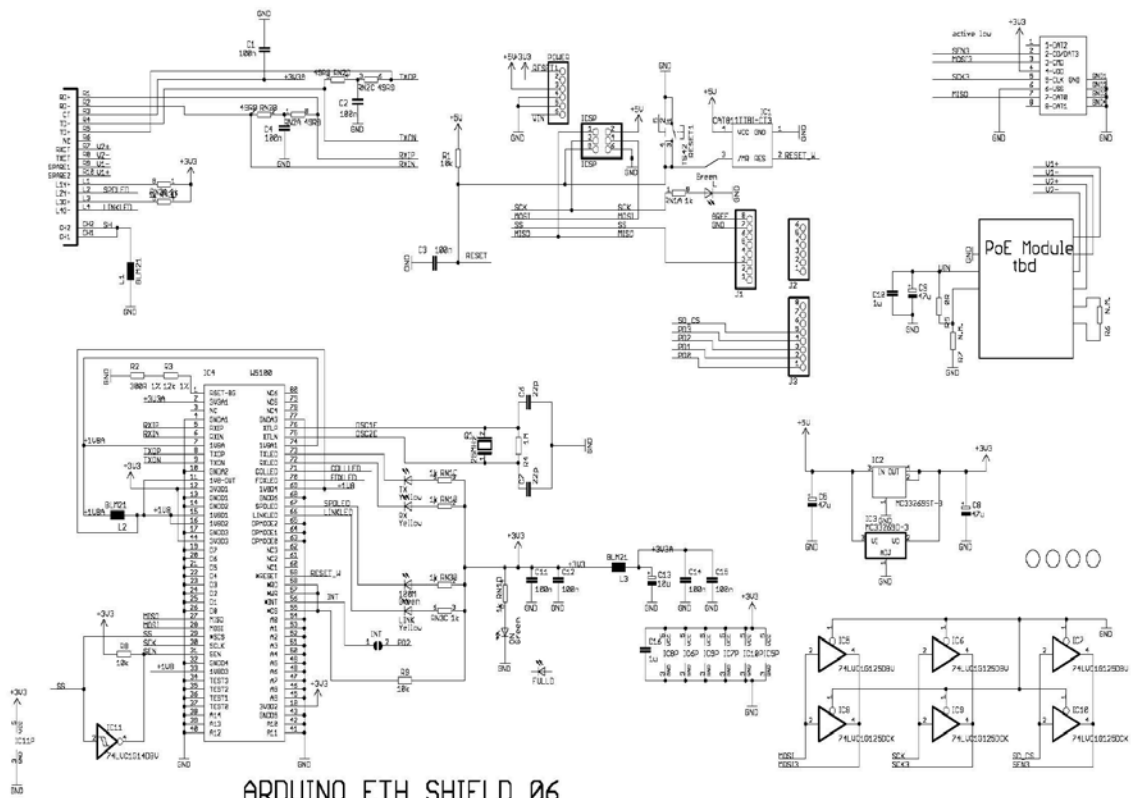
### Block Diagram



# 1. Pin Assignment



**Pinout W5100**



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ : Εγχειρίδιο Ultrasonic Sensor HC-SR04



## User's Manual

V1.0

September 2012

Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Cytron Technologies Incorporated with respect to the accuracy or use of such information or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Cytron Technologies's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Cytron Technologies. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

## Index

1. <a href="#">Introduction</a>	3
2. <a href="#">Product Layout</a>	4
3. <a href="#">Product Specification and Limitation</a>	5
4. <a href="#">Operation</a>	6
5. <a href="#">Warranty</a>	7



## 1.0 INTRODUCTION

The HC-SR04 ultrasonic sensor uses sonar to determine distance to an object like bats or dolphins do. It offers excellent non-contact range detection with high accuracy and stable readings in an easy-to-use package. From 2cm to 450cm or 1" to 16ft. It operation is not affected by sunlight or black material like Sharp rangefinders are (although acoustically soft materials like cloth can be difficult to detect). It comes complete with ultrasonic transmitter and receiver module.

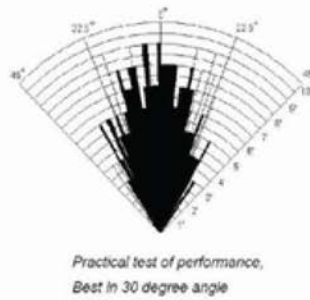
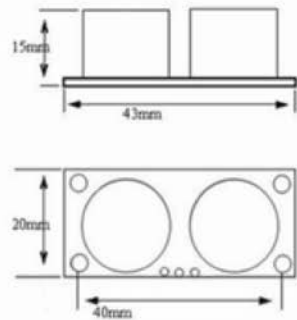
### Features:

- Power Supply :+5V DC
- Quiescent Current : <2mA
- Working Currnt: 15mA
- Effectual Angle: <15°
- Ranging Distance : 2cm – 400 cm/1" - 13ft
- Resolution : 0.3 cm
- Measuring Angle: 30 degree
- Trigger Input Pulse width: 10uS
- Dimension: 45mm x 20mm x 15mm

## 2.0 PRODUCT LAYOUT



VCC = +5VDC  
Trig = Trigger input of Sensor  
Echo = Echo output of Sensor  
GND = GND



### 3.0 PRODUCT SPECIFICATION AND LIMITATIONS

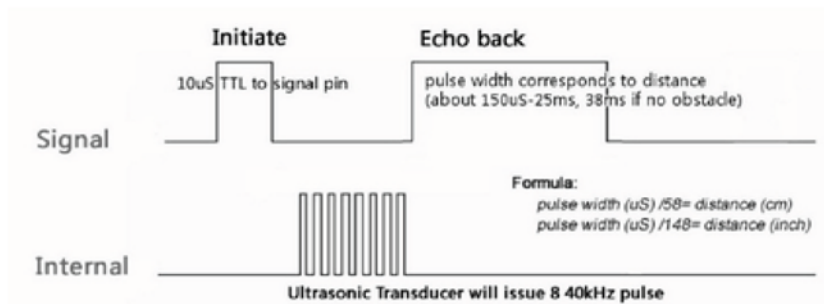
Parameter	Min	Typ.	Max	Unit
Operating Voltage	4.50	5.0	5.5	V
Quiescent Current	1.5	2	2.5	mA
Working Current	10	15	20	mA
Ultrasonic Frequency	-	40	-	kHz

#### 4.0 OPERATION

The timing diagram of HC-SR04 is shown. To start measurement, Trig of SR04 must receive a pulse of high (5V) for at least 10us, this will initiate the sensor will transmit out 8 cycle of ultrasonic burst at 40kHz and wait for the reflected ultrasonic burst. When the sensor detected ultrasonic from receiver, it will set the Echo pin to high (5V) and delay for a period (width) which proportion to distance. To obtain the distance, measure the width (Ton) of Echo pin.

Time = Width of Echo pulse, in uS (micro second)

- Distance in centimeters = Time / 58
- Distance in inches = Time / 148
- Or you can utilize the speed of sound, which is 340m/s



**Note:**

- Please connect the GND pin first before supplying power to VCC.
- Please make sure the surface of object to be detect should have at least 0.5 meter<sup>2</sup> for better performance.

## 5.0 WARRANTY

- Product warranty is valid for 6 months.
- Warranty only applies to manufacturing defect.
- Damaged caused by miss-use is not covered under warranty
- Warranty does not cover freight cost for both ways.

*Prepared by*  
**Cytron Technologies Sdn. Bhd.**  
19, Jalan Kebudayaan 1A,  
Taman Universiti,  
81300 Skudai,  
Johor, Malaysia.

*Tel:* +607-521 3178  
*Fax:* +607-521 1861

*URL:* [www.cytron.com.my](http://www.cytron.com.my)  
*Email:* [support@cytron.com.my](mailto:support@cytron.com.my)  
[sales@cytron.com.my](mailto:sales@cytron.com.my)