



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Προηγμένα Συστήματα και Μέθοδοι στη Βιοϊατρική Τεχνολογία»

**“Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές
Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino”**

ΦΕΓΓΕΡΟΣ ΣΤΑΜΟΣ ΑΓΓΕΛΟΣ

Αριθμός Μητρώου: 1918

Επιβλέπων Καθηγητής

ΙΩΑΝΝΗΣ ΒΑΛΛΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Αιγάλεω Οκτώβριος 2022

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών
Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Ιωάννης Βαλαής

Γεώργιος Φούντος

Χρήστος Μιχαήλ

Καθηγητής

Καθηγητής

Επικ. Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η υπογράφων/ουσα ...Φεγγερός Στάμος Άγγελος... τουΓεωργίου....., με αριθμό μητρώου ...1918... φοιτητής/τρια του Τμήματος ... Μηχανικών Βιοϊατρικής της ΣχολήςΤεχνολογικών Εφαρμογών..... του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία: 28/9/2022

Ο/Η Δηλών/ούσα

Φεγγερός Στάμος Άγγελος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στην κατασκευή διάταξης εντοπισμού της στάθμης υγρών σε κλειστού τύπου δεξαμενές και της ασύρματης καταγραφής των μετρήσεων. Η συσκευή τροφοδοτείται από μπαταρία για μέγιστη δυνατότητα φορητότητας και βασίζεται σε έναν ειδικό αισθητήρα υπερήχων και έναν μικροεπεξεργαστή τύπου Arduino για βέλτιστη μέτρηση. Η ανάγνωση της μέτρησης γίνεται με μια διαφορετική κατασκευή συσκευής-δέκτη, η οποία επίσης βασίζεται σε μικροελεγκτή Arduino και η ζεύξη μεταξύ τους είναι ασύρματη.

Λέξεις κλειδιά: Αισθητήρας Υπέρηχου, εντοπισμός απόστασης, Arduino.

ABSTRACT

The present dissertation concerns the construction of a device for locating the level of liquids in closed type tanks and the wireless recording of measurements. The device is powered by a battery for maximum portability and is based on a special ultrasonic sensor and an Arduino microprocessor for optimal measurement. The reading of the measurement is done using a different receiver device construction which is also based on an Arduino microcontroller platform and the communication between them is wireless.

Keywords: Ultrasonic sensor, distance sensing, Arduino

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τον κ. Βαλαή Ιωάννη, Καθηγητή στο τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, ο οποίος μου ανέθεσε και επέβλεψε την παρούσα διπλωματική εργασία, μου έδωσε πρωτοβουλίες και με βοήθησε ώστε να ξεπεράσω τις δυσκολίες που συνάντησα.

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| 1. Εισαγωγή | 9 |
| 2. Θεωρητικό μέρος | 3 |
| 2.1 Οι Αισθητήρες | 3 |
| 2.2 Χαρακτηριστικά απόδοσης αισθητήρων..... | 5 |
| 2.2.1 Πιστότητα – Accuracy | 5 |
| 2.2.2 Ακρίβεια (Precision) , Επαναληψιμότητα (Repeatability) , Αναπαραγωγικότητα (Reproducibility)..... | 5 |
| 2.2.3 Ανοχή (Tolerance) | 6 |
| 2.2.4 Εύρος τιμών (Bandwidth) | 6 |
| 2.2.5 Συστηματικό Σφάλμα (Bias)..... | 7 |
| 2.2.6 Γραμμική Απόκριση (Linearity) | 8 |
| 2.2.7 Ευαισθησία στη μέτρηση (Sensitivity) | 8 |
| 2.2.8 Ευαισθησία στις μεταβολές (Sensitivity Drift)..... | 8 |
| 2.2.9 Υστέρηση (Delay)..... | 10 |
| 2.2.10 Νεκρό εύρος (Dead Space) | 11 |
| 2.2.11 Κατώφλι (Threshold) | 12 |
| 2.2.12 Διακριτική ικανότητα (Distinction) | 13 |
| 2.3 Δυναμικά χαρακτηριστικά (Dynamic Characteristics) | 13 |
| 2.3.1 Αισθητήρες Μηδενικής τάξης..... | 14 |
| 2.3.2 Αισθητήρας πρώτης τάξης | 15 |
| 2.4 Αισθητήρες Απόστασης..... | 16 |
| 2.4.1 Αισθητήρας υπερήχων | 17 |
| 2.4.2 Αισθητήρες απόστασης με υπέρυθρο φως..... | 20 |
| 2.4.3 Αισθητήρας μέτρησης απόστασης με Λείζερ (LIDAR). | 22 |
| 2.4.4 Time of flight αισθητήρες | 24 |
| 2.4.5 Σύγκριση όλων των αισθητήρων απόστασης..... | 26 |
| 2.5 Αισθητήρας υπερήχων βαθμονόμηση..... | 26 |
| 3 Κατασκευαστικό Μέρος | 28 |

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

| | |
|---|----|
| 3.1 Μέθοδος Κατασκευής..... | 28 |
| 3.1.1 Ο Μικροεπεξεργαστής | 29 |
| 3.1.2 Ο Αισθητήρας | 29 |
| 3.1.3 Ασύρματη Ζεύξη..... | 33 |
| 3.2 Σχεδιασμός Κατασκευής..... | 35 |
| 3.3 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν | 38 |
| 3.3.1 MB7368 HRXL-MaxSonar-WRML..... | 38 |
| 3.3.2 Ο Μικροεπεξεργαστής | 39 |
| 3.3.3 Ασύρματη Ζεύξη..... | 40 |
| 3.3.4 Τροφοδοσία των μονάδων | 41 |
| 3.3.5 Οθόνη Απεικόνισης LCD 16X2 I2C..... | 42 |
| 3.3.6 Κουτί κατασκευής..... | 43 |
| 3.4 Συνολικό κόστος..... | 44 |
| 3.5 Σύνοψη κατασκευής..... | 45 |
| 3.5.1 Κατασκευή Εκπομπού | 45 |
| 3.5.2 Κατασκευή Δέκτη | 47 |
| 4 Μικροεπεξεργαστής και ανάπτυξη κώδικα..... | 48 |
| 4.1 Εισαγωγή στο Arduino | 48 |
| 4.2 Ανάλυση Κώδικα Εκπομπού | 51 |
| 4.3 Ανάλυση κώδικα λήψης..... | 53 |
| 5. Λειτουργία Συστήματος..... | 55 |
| 5.1 Οδηγίες χρήσης..... | 57 |
| 5.2 Βλάβες - Δυσλειτουργίες | 58 |
| 5.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά | 58 |
| 5.4 Τελική Κατασκευή εκπομπού..... | 60 |
| 6. Συμπέρασμα και μελλοντικές επεκτάσεις..... | 61 |
| 7. Βιβλιογραφία - Πηγές | 63 |
| 8. Παραρτήματα..... | 65 |
| 8.1 Παράρτημα 1: Φύλλο δεδομένων (Datasheet) του αισθητήρα MB7368 | 65 |
| Παράρτημα 2: Κώδικας Εκπομπής Arduino..... | 69 |
| Παράρτημα 3: Κώδικας λήψης Arduino..... | 70 |
| Παράρτημα 3: Συντελεστές μείωσης συχνότητας ρολογιών | 72 |

1. Εισαγωγή

Είναι κοινή πρακτική στις διάφορες δομές, είτε υγείας είτε οπουδήποτε αλλού πρέπει να υπάρχει ένας σωστός τρόπος παρακολούθησης των συστημάτων, ειδικά εκείνα που έχουν ύψιστη σημασία για τη συγκεκριμένη δομή. Επίσης είναι γνωστό πως στις δομές υγείας που θα επικεντρωθούμε υπάρχουν διάφορες δεξαμενές είτε χημικών που χρειάζεται παρακολούθηση η στάθμη τους σαν προειδοποίηση, είτε υπερβεί κάποιο όριο, είτε είναι άδεια. Το ίδιο μπορεί να ισχύει σε και σε δεξαμενές λυμάτων να γίνει ο έλεγχος της στάθμης. Είναι σημαντικό για την προσωπική μας ασφάλεια από διάφορους επικίνδυνους παράγοντες, η παρακολούθηση να γίνει εξ αποστάσεως από την ασφάλεια ενός παραπλήσιου χώρου, ή ακόμα και από το γραφείο .

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η κατασκευή δύο συσκευών εκ των οποίων η μία μετρά την τη στάθμη από τον υγρό στόχο και η άλλη να καταγράφει τη μέτρηση σε μία οθόνη με ευανάγνωστο τρόπο προς έναν βασικό χρήστη. Ο αισθητήρας μέτρησης θα είναι μία πηγή παραγωγής υπερηχητικών κυμάτων που βασίζεται στην αρχή μέτρησης χρόνου από εκπομπή παραγωγής κύματος έως ανάκλασης του προς τον στόχο. Για να υπάρχει η μέγιστη δυνατότητα φορητότητας η τροφοδοσία γίνεται με μπαταρία. Η ασύρματη ζεύξη εξασφαλίζεται με τη χρήση κεραιών με κλειστό δίαυλο επικοινωνίας.

Επιπλέον το κύκλωμα πέρα από τον αισθητήρα υπερήχων, έχει και μικροεπεξεργαστή τύπου Arduino για την επεξεργασία και υπολογισμό των χρόνων και των τιμών που θέλουμε να αναγράφεται σε μία οθόνη υγρών κρυστάλλων.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Το κείμενο της εργασίας είναι δομημένο με τον ακόλουθο τρόπο:

Αρχικά αναπτύσσεται η αρχή λειτουργίας του αισθητήρα μαζί και τα χαρακτηριστικά του, μαθηματικές έννοιες που θα βοηθήσουν στην κατανόηση κάποιων βασικών χαρακτηριστικών σε αισθητήρες. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε ειδικούς αισθητήρες που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία. Αργότερα θα αναφερθούν ενδεικτικά κάποιες μετρήσεις για την γραμμικότητα και ευστάθεια του αισθητήρα που έγινε χρήση σε στέρεους αλλά και υγρούς στόχους. Επίσης θα παρατεθούν σχέδια κατασκευής, τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν όπως και τον κώδικα προγραμματισμού μαζί με αναλυτική επεξήγηση του. Συμπερασματικά θα επισημανθούν τρόποι ορθής λειτουργίας της κατασκευής, όπως επίσης και πιθανές μελλοντικές βελτιώσεις και παραμετροποιήσεις.

2. Θεωρητικό μέρος

2.1 Οι Αισθητήρες

Η έννοια των αισθητήρων για τον άνθρωπο είναι πέρα από γνωστοί, αλλά και διαχρονική. Οι πρώτοι αισθητήρες που μπορούμε να ορίσουμε είναι οι βιολογικοί, δηλαδή τα αισθητήρια όργανα των ανθρώπων. Το αφτί ως αισθητήρας ήχου δηλαδή κυμάτων πίεσης, το μάτι ως αισθητήρας ανίχνευσης ενός συγκεκριμένου φάσματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Αργότερα ο άνθρωπος συνειδητοποίησε ότι χρειάζεται διάφορα όργανα μέτρησης του μήκους του βάρους ή του όγκου για να λύσει τα καθημερινά του προβλήματα. Ύστερα για πρακτικούς λόγους δημιουργείται η ανάγκη για μέτρηση παραπάνω φυσικών μεγεθών όπως ενδεικτικά θα αναφερθούν, το θερμόμετρο και το βαρόμετρο. [1]

Οι αρχικοί αισθητήρες μέτρησης που εφευρέθηκαν ήταν μηχανικής κατασκευής. Όπως το πρώτο θερμόμετρο βασίζεται στην μεταβολή διαστάσεων σωμάτων κατά τη μεταβολή της θερμοκρασίας, ενώ το βαρόμετρο κατά την μεταβολή της στάθμης ενός ρευστού ανάλογα με την πίεση του του ασκείται σε αυτό. Αργότερα με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την μελέτη του ηλεκτρισμού, οδήγησε στην ανάπτυξη μιας νέας γενιάς αισθητήρων, των ηλεκτρικών, όπου η έξοδος τους είναι αναλογικό σήμα. Κατόπιν με την ανάπτυξη των ημιαγωγών βοήθησε στην ανάπτυξη ημιαγωγών αισθητήρων και ψηφιακών οργάνων μέτρησης.

Σχολιάζοντας την εξέλιξη των αισθητήρων, αρκεί να ρίξουμε μια ματιά στα αυτοκίνητα τα σημερινά και τα αυτοκίνητα της δεκαετίας του 60'-70' όπου τότε περιλάμβαναν ελάχιστους απλούς ηλεκτρικούς αισθητήρες. Ένα για τη μέτρηση θερμοκρασίας του ψυκτικού υγρού και έναν

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

αισθητήρα για τη μέτρηση της στάθμης των καυσίμων. Τα σύγχρονα αυτοκίνητα διαθέτουν πολλούς περισσότερους αισθητήρες, όπως ενδεικτικά.

- Πίεση για τα ελαστικά
- Μέτρηση θερμοκρασίας αέρα εισαγωγής.
- Ανίχνευσης βροχής
- Μέτρηση φωτεινότητας περιβάλλοντος
- Ενεργοποίησης των ζωνών ασφαλείας και των αερόσακων
- Ενεργοποίησης του συστήματος αντιμπλοκαρίσματος των τροχών
- Αισθητήρας απόστασης για υποβοήθηση στάθμευσης

Και πληθώρα άλλων αναγκών που δεν χρειάζεται επιπλέον επέκταση.

Σημαντική ώθηση ανάπτυξης αισθητήρων έδωσε η ανάγκη αντιμετώπισης προβλημάτων στις σύγχρονες θετικές επιστήμες καθώς και η εξέλιξη της τεχνολογίας. Όπως πχ η διαστημική τεχνολογία, αλλά και η τεχνολογία μελέτης σωματιδίων, εξέλιξή στην βιολογία και την νανοτεχνολογία. [2]

Γενικότερα τους αισθητήρες μπορούν να τους κατηγοριοποιήσουμε σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

Παθητικοί αισθητήρες: Αυτή η κατηγορία μετατρέπει ένα μικρό ποσό ενέργειας σε μια μορφή παρατηρήσιμη. Π.χ. το θερμοζεύγος μετατρέπει την θερμότητα σε τάση.

Ενεργοί αισθητήρες ή Ενεργοποιητές: Παρέχουν ενέργεια στο περιβάλλον σαν μέρος της διαδικασίας μέτρησης. Όπως για παράδειγμα ένα σόναρ για μέτρηση κάποιου αντικειμένου που μέσω την ανάκλασης ενός ακουστικού ή ηλεκτρομαγνητικού κύματος, μετράει την απόσταση του αντικειμένου από την πηγή. Στην προκειμένη περίπτωση, τον αισθητήρα [5]

2.2 Χαρακτηριστικά απόδοσης αισθητήρων.

Τα χαρακτηριστικά απόδοσης στους αισθητήρες, δείχνουν την κατάσταση την οποία έχει επέλθει ισορροπία μεταξύ αισθητήρα και μετρούμενου μεγέθους. Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει το μετρούμενο μέγεθος, είτε να είναι σταθερό, είτε να μεταβάλλεται αρκετά αργά σε σχέση με τη δυνατότητα του αισθητήρα να αντιληφθεί την μεταβολή αυτή

2.2.1 Πιστότητα – Accuracy

Η πιστότητα δεν σχετίζεται με τον αριθμό των δεκαδικών Ψηφίων με το οποίο μπορεί να γίνει η μέτρηση, αλλά με το κατά πόσο τα αποτελέσματα του αισθητήρα ανταποκρίνονται στη πραγματική μετρούμενη τιμή, δηλαδή εντός του εύρους τιμών του. Η πιστότητα δίνεται συνήθως ως ποσοστό επί του εύρους λειτουργίας του αισθητήρα. Αν, για παράδειγμα, ένας αισθητήρας θερμοκρασίας, περιοχής λειτουργίας 0-100K, έχει πιστότητα $\pm 1.0\%$ της πλήρους κλίμακας, τότε η μέγιστη αβεβαιότητα του αισθητήρα θα είναι 1K. Αυτό σημαίνει όταν ο αισθητήρας δίνει ως αποτέλεσμα 10K, τότε η μέγιστη αναμενόμενη αβεβαιότητα θα είναι ίση με το 10% της τιμής αυτής. Γ' αυτό θα πρέπει το εύρος λειτουργίας του αισθητήρα να είναι όσο το δυνατόν εγγύτερα στο εύρος των μετρούμενων τιμών, ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή πιστότητα. [3]

2.2.2 Ακρίβεια (Precision) , Επαναληψιμότητα (Repeatability) , Αναπαραγωγικότητα (Reproducibility)

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Η ακρίβεια εκφράζει τον βαθμό ελευθερίας του αισθητήρα από σφάλματα. Η ακρίβεια πολλές φορές συγχέεται με την Πιστότητα, αλλά η μεγάλη ακρίβεια δε σημαίνει πάντα και μεγάλη πιστότητα. Μπορεί ένας ακριβής αισθητήρας να έχει και κακή πιστότητα. Μετρήσεις με κακή ποιότητα από αισθητήρα με υψηλή ακρίβεια σημαίνει ότι θα έχουμε και συστηματικά σφάλματα. Τέτοιου είδους προβλήματα, διορθώνονται με τη κατάλληλη βαθμονόμηση στον αισθητήρα.

Οι όροι επαναληψιμότητα και αναπαραγωγικότητα ταυτίζονται, αλλά χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές περιπτώσεις. Εξίσου αναφέρονται στο πόσο κοντά είναι οι τιμές του αισθητήρα με την ίδια σταθερή μέτρηση. Από τη μία η επαναληψιμότητα όταν οι συνθήκες μέτρησης είναι σταθερές, και απ' την άλλη η αναπαραγωγικότητα όταν οι συνθήκες μεταβάλλονται.

2.2.3 Ανοχή (Tolerance)

Η ανοχή συνδέεται στενά με την πιστότητα και καθορίζει το μέγιστο σφάλμα μιας μετρούμενης τιμής. Δεν αποτελεί στατιστικό χαρακτηριστικό στον αισθητήρα, αλλά αναφέρεται διότι η πιστότητα πολλές φορές ορίζεται ως ανοχή.

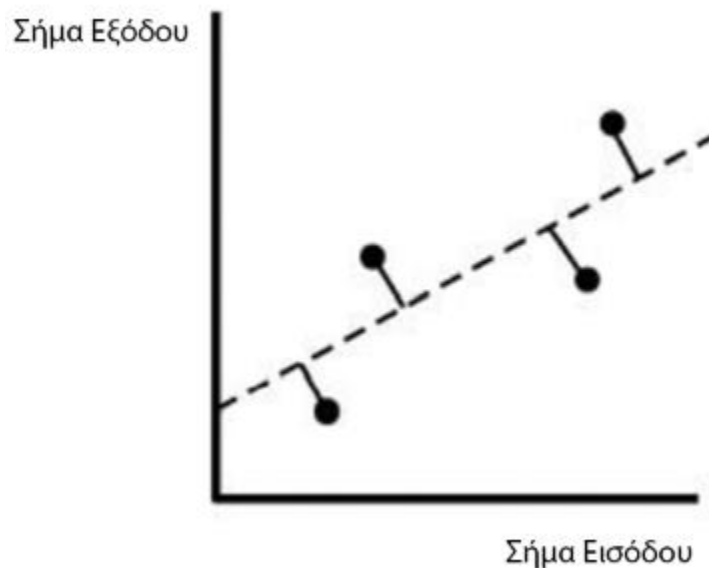
2.2.4 Εύρος τιμών (Bandwidth)

Με αυτόν τον όρο αναφερόμαστε στην μέγιστη και στην ελάχιστη τιμή του μετρούμενου φυσικού μεγέθους που θα μετρήσει ένας αισθητήρας.

2.2.5 Συστηματικό Σφάλμα (Bias)

Συστηματικό σφάλμα ή και Bias θα το συναντήσουμε, είναι ένα σφάλμα σταθερό σε όλο το εύρος τιμών ενός αισθητήρα. Συνήθως μπορεί να ελαχιστοποιηθεί ή να μηδενιστεί μέσω της βαθμονόμησης.

Πολύ χαρακτηριστικό παράδειγμα στις ζυγαριές μπάνιου ή και μέτρησης φαγητού. Μπορεί αρχικά να μην δείχνουν μηδενική ένδειξη χωρίς να του βάλουμε κάποιο φορτίο. Αυτή η ένδειξη χωρίς αρχική τιμή το μηδέν, είναι το συστηματικό σφάλμα, το οποίο πρέπει να αφαιρεθεί από την ένδειξη, ώστε να έχουμε μια πραγματική μέτρηση.



Εικόνα 1 Χαρακτηριστική Εξόδου Αισθητήρα

2.2.6 Γραμμική Απόκριση (Linearity)

Το επιθυμητό για έναν αισθητήρα είναι η απόκριση του να είναι γραμμική με το μετρούμενο μέγεθος. Στην Εικόνα 1 απεικονίζεται η σχέση του σήματος εισόδου (Οριζόντια) με το σήμα εξόδου ενός αισθητήρα (κατακόρυφα). Η μη γραμμικότητα εκφράζεται ως η μέγιστη απόκλιση μεταξύ των σημείων της γραμμής.

2.2.7 Ευαισθησία στη μέτρηση (Sensitivity)

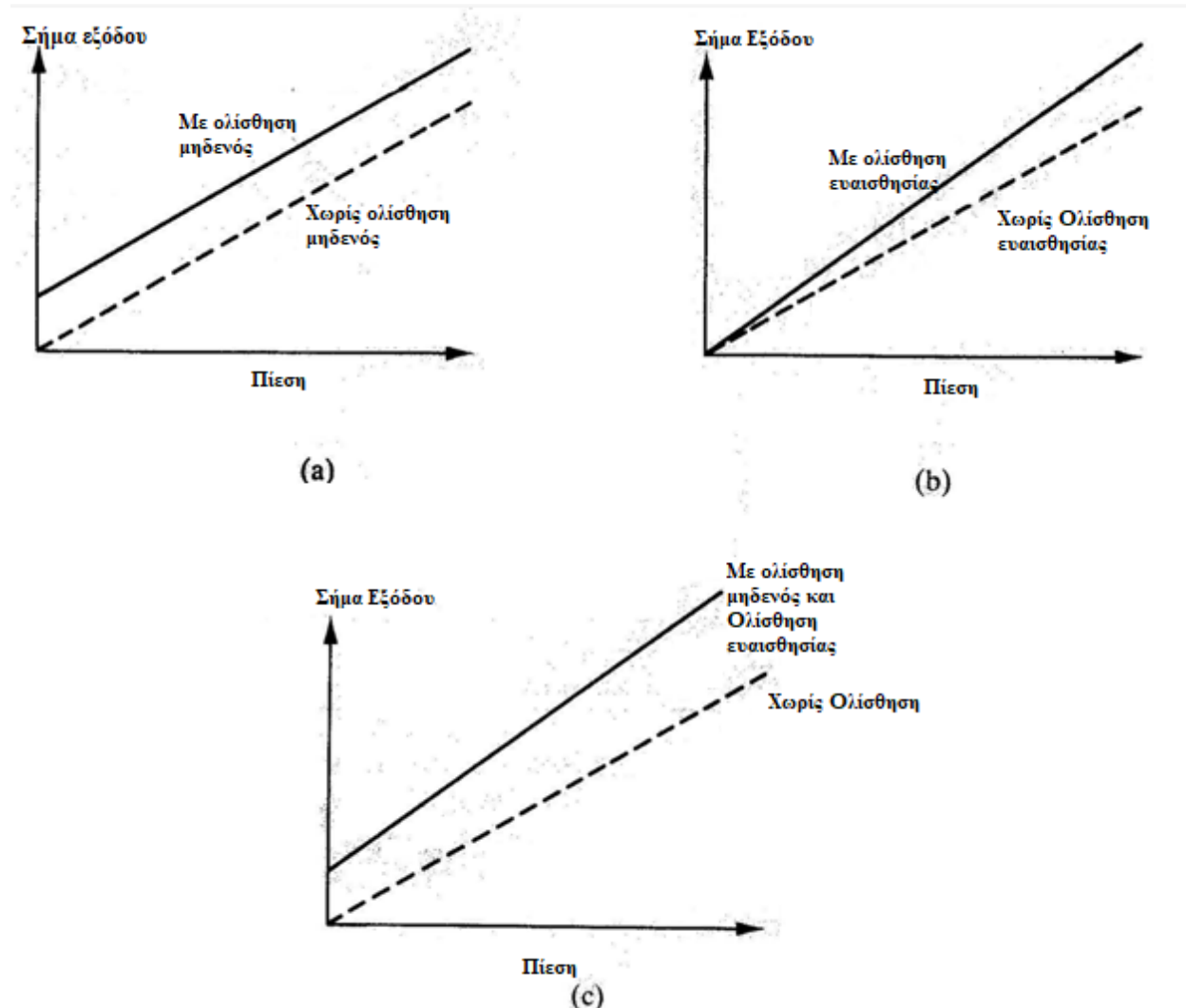
Πρόκειται για τον λόγο της μεταβολής ένδειξης ενός αισθητήρα ως προς τη μεταβολή του φυσικού μεγέθους που την προκάλεσε. Εξ' ορισμού προκύπτει ότι η ευαισθησία είναι ίση με την εφαπτομένη της γραφικής παράστασής στην Εικόνα 1.

2.2.8 Ευαισθησία στις μεταβολές (Sensitivity Drift)

Η βαθμονόμηση ενός αισθητήρα, όπως και τα χαρακτηριστικά του ισχύουν για λειτουργία ενός συγκεκριμένου εύρους Περιβαλλοντικών παραμέτρων. Πχ Υψηλή ή χαμηλή θερμοκρασία, στην υγρασία, στην πίεση αλλά και στην υγρασία. Το εύρος το καθορίζει ο εκάστοτε κατασκευαστής αισθητήρων. Η μεταβολή στις παραμέτρους πιθανόν να μεταβάλλει κάποιο από τα στατιστικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα. Αυτή η μεταβολή ορίζεται ως ευαισθησία στη μεταβολή.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Τα κύρια χαρακτηριστικά διαταραχής είναι δύο. Ολίσθηση μηδενός (Zero Drift) και ολίσθηση ευαισθησίας (Sensitivity Drift).



Εικόνα 2 (α) Ολίσθηση μηδενός, (β) Ολίσθηση Ευαισθησίας, (c) Συνδυασμός των α και των β

Το Zero Drift είναι μη μηδενικό σήμα εξόδου του αισθητήρα όταν το σήμα εισόδου είναι μηδέν λόγω μεταβολής περιβαλλοντικών συνθηκών. Ορίζεται σαν $V^0.C^{-1}$ Για περίπτωση βολτομέτρου

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

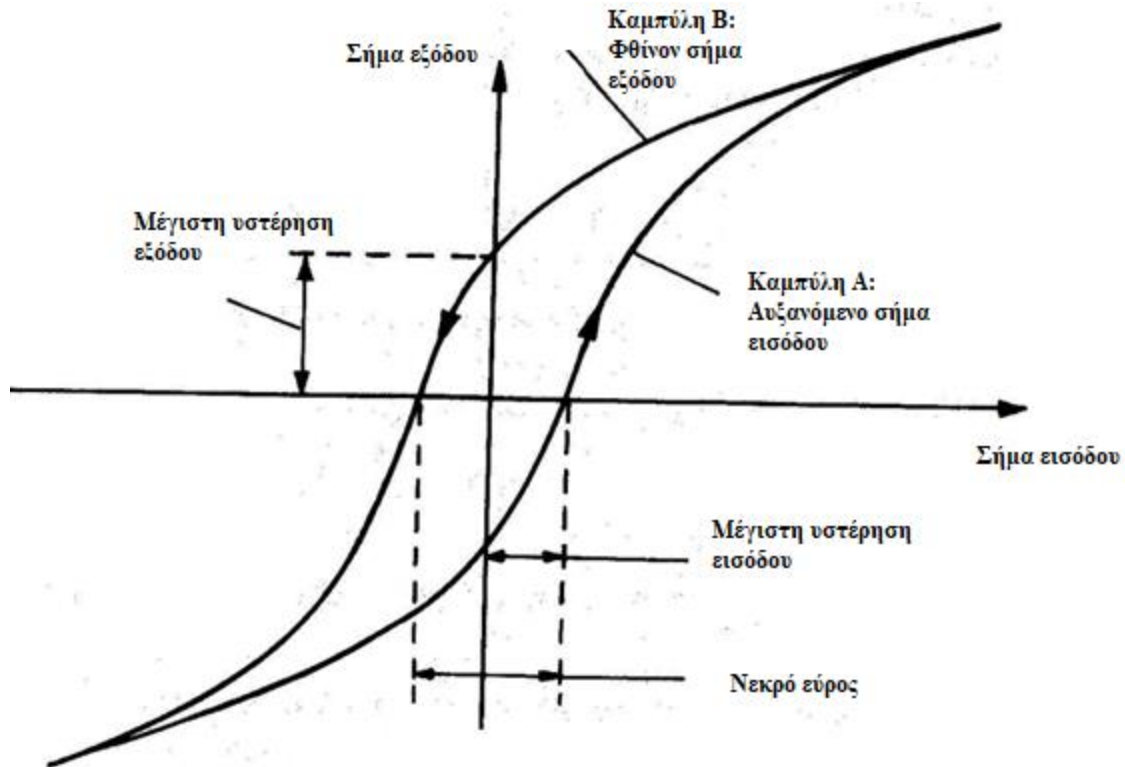
το οποίο έχει επηρεαστεί από τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Ανάλογη περίπτωση ολίσθησης μηδενός είναι στην Εικόνα 2a.

Sensitivity Drift ορίζεται το ποσό μεταβολής της ευαισθησίας ενός αισθητήρα λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών. Εκφράζεται μέσω συντελεστών ολίσθησης ευαισθησίας που το μέγεθος τους εκφράζεται ανά μονάδα μεταβολής της περιβαλλοντικής παραμέτρου απ' όπου το προκάλεσε. Σχετικό σχήμα είναι στην Εικόνα 2b. Και στην Εικόνα 2c είναι για περίπτωση συνδυασμού των δύο ολισθήσεων. [2]

2.2.9 Υστέρηση (Delay)

Στο παρακάτω Σχήμα 3 το σήμα εξόδου ενός αισθητήρα παρουσιάζει ένα Delay. Αν η τιμή του σήματος μεταβάλλεται σταθερά, ξεκινώντας με αρνητικές τιμές, το σήμα εξόδου περιγράφεται από την καμπύλη A. Αν κατόπιν το σήμα εξόδου μειώνεται σταδιακά, το σήμα περιγράφεται από την καμπύλη B. Η μη ταύτιση των δύο καμπυλών «φορτίσεως – εκφορτίσεως» είναι γνωστή ως υστέρηση. Επιπλέον στο Σχήμα 3 η υστέρηση εκφράζεται μέσω της μέγιστης υστέρησης εισόδου και μέγιστης υστέρησης εξόδου. [2]

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

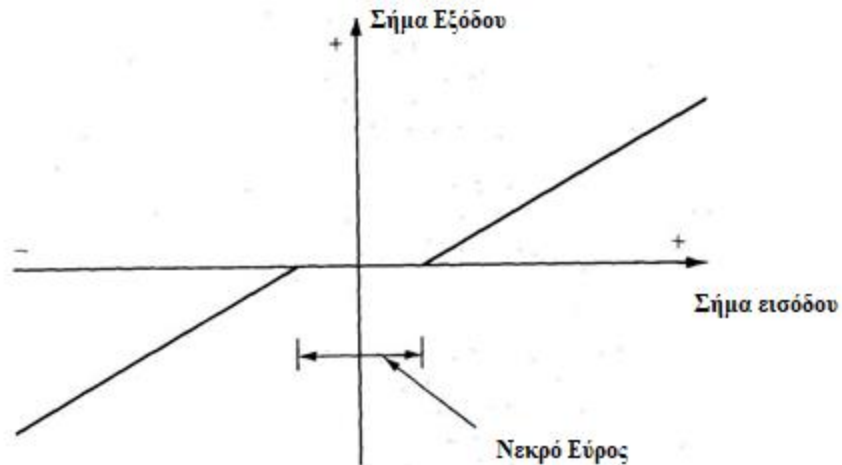


Εικόνα 3. Χαρακτηριστικά εξόδου ενός αισθητήρα με υστέρηση

2.2.10 Νεκρό εύρος (Dead Space)

Νεκρό εύρος ή Dead Space ορίζεται το εύρος σήματος εισόδου όπου η έξοδος είναι μηδενική. Σχετικό διάγραμμα στην Εικόνα 4. Όπως παρατηρούμε στο σχήμα, όποιος αισθητήρας εμφανίζει υστέρηση, εμφανίζει και νεκρό εύρος. Επιπλέον αξίζει να σημειωθεί πως αν δεν εμφανίζεται σημαντική υστέρηση, μπορεί να εμφανίζει και νεκρό εύρος.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino



Εικόνα 4. Νεκρό εύρος

2.2.11 Κατώφλι (Threshold)

Αν το σήμα εισόδου ενός αισθητήρα αυξάνεται σταδιακά ξεκινώντας από μηδενική τιμή, αυτό θα πρέπει να λάβει μια ορισμένη μη μηδενική τιμή πριν ο αισθητήρας δώσει κάποιο μη μηδενικό σήμα εξόδου. Αυτή η μικρή τιμή του σήματος εισόδου ονομάζεται κατώφλι του αισθητήρα. Συνήθως το κατώφλι δίνει απόλυτη τιμή και σε άλλη περίπτωση σαν ποσοστό εύρους εξόδου ενός αισθητήρα

2.2.12 Διακριτική ικανότητα (Distinction)

Η διακριτική ικανότητα ενός αισθητήρα είναι η απαιτούμενη ελάχιστη μεταβολή του σήματος εισόδου, ώστε να προκληθεί μία μεταβολή στο σήμα εξόδου ενός αισθητήρα.

2.3 Δυναμικά χαρακτηριστικά (Dynamic Characteristics)

Πέραν των στατιστικών χαρακτηριστικών που προαναφέραμε για τη περίπτωση όπου έχει επέλθει ισορροπία μεταξύ σήματος εισόδου και αισθητήρα, ο εκάστοτε αισθητήρας, διαθέτει και κάποια δυναμικά χαρακτηριστικά.

Αυτά περιγράφουν τη συμπεριφορά ενός αισθητήρα μεταξύ της στιγμής κατά την οποία το σήμα εισόδου μεταβάλλεται έως τη στιγμή κατά την οποία το σήμα εξόδου σταθεροποιηθεί εκ νέου. Αυτά ισχύουν όπως και τα στατιστικά χαρακτηριστικά εντός συγκεκριμένου εύρους συνθηκών λειτουργίας του αισθητήρα. Στη περίπτωση που ο αισθητήρας βρεθεί εκτός αυτού του εύρους, τότε τα δυναμικά χαρακτηριστικά όπως είναι αναμενόμενο μεταβάλλονται.

Υποθετικά ένας γραμμικός αισθητήρας, του οποίου οι ιδιότητες δεν είναι χρονικά μεταβαλλόμενες, η σχέση σήματος εισόδου και εξόδου περιγράφονται από την εξίσωση:

$$\alpha_n \frac{d^n q_0}{dt^n} + \alpha_{n-1} \frac{d^{n-1} q_0}{dt^{n-1}} + \dots + \alpha_1 \frac{dq_0}{dt} + \alpha_0 q_0 = b_m \frac{d^m q_i}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} q_i}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dq_i}{dt} + b_0 q_i \quad (1.1)$$

Όπου q_i και q_0 τα σήματα εισόδου και εξόδου αντίστοιχα και $\alpha_0 \dots \alpha_n, b_0 \dots b_m$ σταθερές.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Εάν περιορίσουμε στη περίπτωση κατά την οποία το σήμα εισόδου είναι συνάρτηση Heaviside¹, έχουμε μια απλουστευμένη μορφή στην (1.1):

$$\alpha_n \frac{d^n q_0}{dt^n} + \alpha_{n-1} \frac{d^{n-1} q_0}{dt^{n-1}} + \dots + \alpha_1 \frac{dq_0}{dt} + \alpha_0 q_0 = b_0 q_i \quad (1.2)$$

2.3.1 Αισθητήρες Μηδενικής τάξης

Αυτοί οι αισθητήρες είναι όπου οι συντελεστές $\alpha_0 \dots \alpha_n$ είναι μηδέν και μόνο ο $\alpha_0 \neq 0$. Σε αυτή τη περίπτωση ο (1.2) απλουστεύεται κ άλλο

$$a_0 q_0 = b_0 q_i \Rightarrow q_0 = \frac{b_0}{a_0} q_i = K q_i \quad (1.3)$$

Όπου K σταθερά, γνωστή ως και ευαισθησία του αισθητήρα. [2] [4]

^{σσ1} Heaviside συνάρτηση η αλλιώς και κλιμακωτή συνάρτηση είναι η $f(x) = H(x - a)$, όπου

$$H(x - a) \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{1}{2} & x = a \\ 1 & x > a \end{cases}$$

Η τιμή της συνάρτησης κάνει άλμα από τη τιμή 0 στην τιμή 1 για $x = a$.

2.3.2 Αισθητήρας πρώτης τάξης

Πρόκειται για την συμπεριφορά του αισθητήρα του οποίου περιγράφεται ως εξής:

$$a_1 \frac{dq_0}{dt} + a_0 q_0 = b_0 q_i \quad (1.4)$$

Ορίζουμε επίσης τελεστή $D = d/dt$, τότε η (1.4) γίνεται:

$$a_1 D + a_0 q_0 = b_0 q_i$$

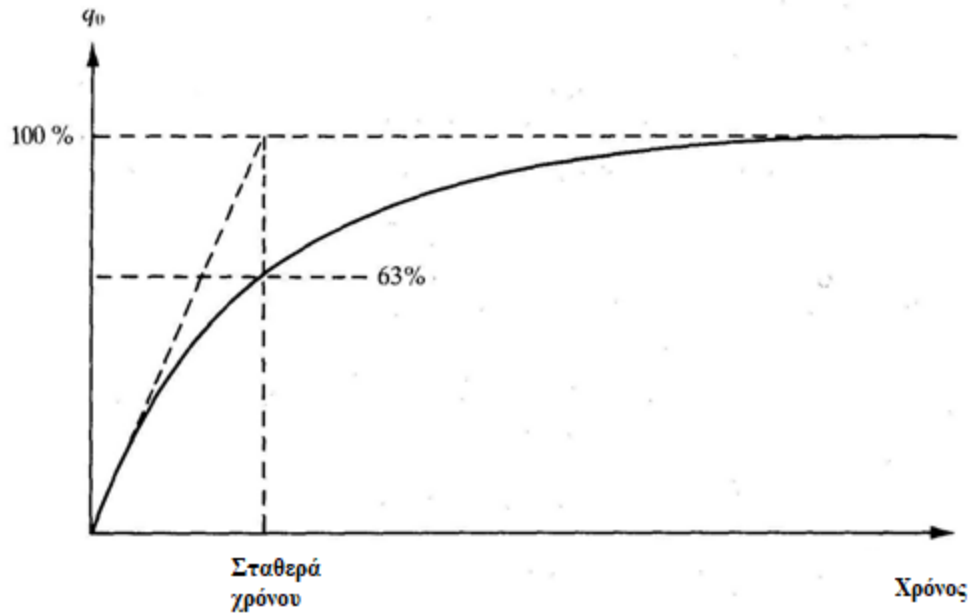
Οπού προκύπτει :

$$q_0 = \frac{\frac{b_0 q_i}{a_0}}{1 + \frac{a_1 D}{a_0}} \quad (1.5)$$

Επίσης εάν ορίσουμε $K = \frac{b_0}{a_0}$ τη στατική ευαισθησία και $\tau = \frac{a_1}{a_0}$ τη σταθερά χρόνου του αισθητήρα, η εξίσωση (1,5) γράφεται:

$$q_0 = \frac{K q_i}{1 + \tau D} \quad (1.6)$$

Η ανάλυση της εξίσωσης (1.6) φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνας5 . Η σταθερά χρόνου τ της απόκρισης του αισθητήρα στην κλιμακωτή μεταβολή του σήματος εισόδου, είναι ο χρόνος που απαιτείται έτσι ώστε το σήμα εξόδου να γίνει ίσο με το 63% της τελικής τιμής εξόδου. [2] [4]



Εικόνα 5 Χαρακτηριστική αισθητήρα πρώτης Τάξης

2.4 Αισθητήρες Απόστασης

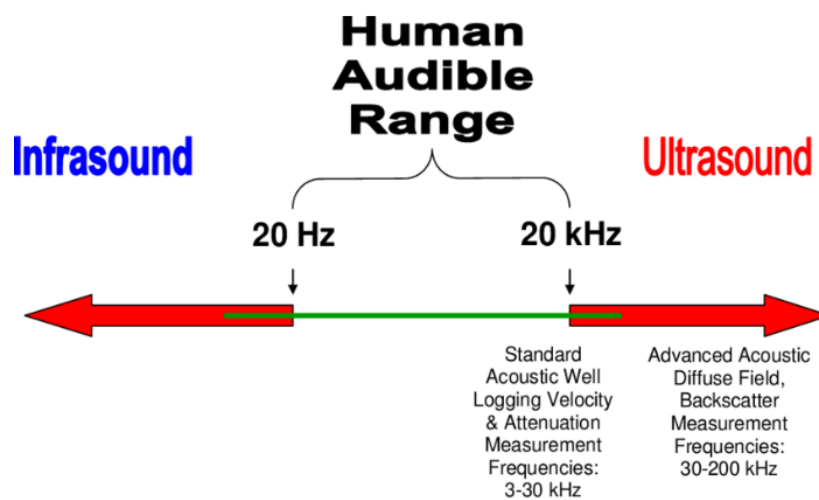
Σε αυτήν την ενότητα θα εστιάσουμε πιο πολύ στα είδη των αισθητήρων απόστασης το οποίο μας ενδιαφέρει περισσότερο λόγω της εφαρμογής παρακάτω. Ένας αισθητήρας απόστασης, όπως λέει και το όνομα του, είναι μια ηλεκτρονική κατασκευή η οποία μας βοηθά να υπολογίσουμε την απόσταση από ένα αντικείμενο από ένα άλλο χωρίς να έχουμε φυσική επαφή με αυτό (όπως π.χ. χάρακας, μεζούρα). Όσον αφορά τους αισθητήρες απόστασης, υπάρχουν διάφοροι τύποι, όπως, αισθητήρες υπερήχων, Αισθητήρες απόστασης με τη χρήση υπέρυθρων, Αισθητήρες απόστασης με χρήση Λέιζερ. Η επιλογή του κατάλληλου αισθητήρα πάντα αποτελεί ένα δύσκολο πρόβλημα που πρέπει να διαχειριστούμε. Σήμερα υπάρχει πληθώρα αισθητήρων απόστασης. Και οι τύποι

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

τους, μας βοηθούν να έχουμε μια καλύτερη ιδέα για το ποιος μας ταιριάζει καλύτερα ανάλογα τις ανάγκες μας.

2.4.1 Αισθητήρας υπερήχων

Ο υπέρηχος είναι ένα είδος μηχανικής ταλάντωσης με συχνότητα μεγαλύτερη από το άνω όριο της συχνότητας της ανθρώπινης ακοής. Στις συνήθειες συσκευές υπερήχων οι συχνότητα κυμαίνεται από 20KHz έως πολλά GHz, πάντα ανάλογα με την εφαρμογή [8].



Εικόνα 6 Φάσμα υπερήχων [8]

Αυτός ο τύπος αισθητήρα, είναι ο πιο κοινός αισθητήρας μέτρησης απόστασης, διαβάζεται και ως Sonar Sensor. Μπορεί να ανιχνεύσει αντικείμενα εκπέμποντας ηχητικά κύματα υψηλής συχνότητας. Προτεινόμενες εφαρμογές είναι για να γίνει μέτρηση απόστασης στη ρομποτική σύγχρονα αμάξια σε μη επανδρωμένα αεροσκάφη [6]

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

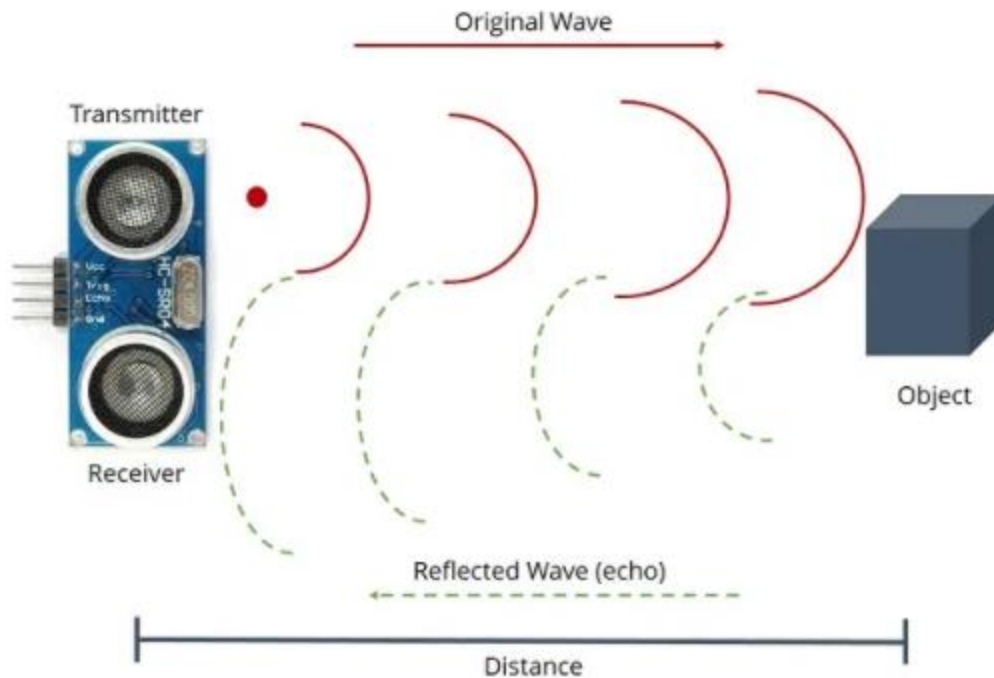


Εικόνα 7 Αισθητήρες υπερήχων. Αριστερά επαγγελματικός αισθητήρας, Δεξιά πειραματικός αισθητήρας, μικρής απόστασης

Αρχή λειτουργίας

Αρχικά ο αισθητήρας στέλνει το ηχητικό κύμα υψηλής συχνότητας στον στόχο ή αντικείμενο μελέτης, και από εκεί ξεκινάει να μετράει ο χρόνος. Στη συνέχεια το αντικείμενο ανακλά τον ήχο και το στέλνει πίσω στον αισθητήρα. Ο δέκτης λαμβάνει το ανακλώμενο κύμα και εκεί σταματά ο χρόνος που ορίσαμε πριν. Ο χρόνος που διήρκεσε για την επιστροφή του κύματος ως προς την στιγμή που ξεκίνησε η εκπομπή καθορίζει την απόσταση που ταξίδεψε το κύμα.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino



Εικόνα 8 Σχηματικό διάγραμμα εκπομπής και λήψης υπερηχητικού κύματος

Πλεονεκτήματα

- Δεν επηρεάζονται από το χρώμα του αντικειμένου.
- Δυνατότητα μέτρησης στο σκοτάδι
- Ανεξάρτητο από το είδος υλικού
- Οι μετρήσεις μένουν ανεπηρέαστες από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας
- Κατανάλωση χαμηλότερης ενέργειας.
- Πολλαπλές επιλογές διεπαφής για σύζευξη με μικροελεγκτές
- Δυνατότητα λειτουργίας σε συνθήκες υψηλής υγρασίας

Μειονεκτήματα

- Περιορισμένο εύρος απόστασης
- Χαμηλή ανάλυση και αργό ρυθμό ανανέωσης το οποίο το καθιστά ακατάλληλο για εντοπισμό κινούμενου στόχου
- Δεν μπορεί να ανιχνεύσει απόσταση από αντικείμενα με ανώμαλη επιφάνεια ή και ανώμαλες επιφάνειες γενικότερα
- Δυσκολεύονται να ανιχνεύσουν μικρά αντικείμενα, αν δεν είναι τοποθετημένα σε κατάλληλο σημείο.
- Επίσης ιδιαίτερη σημασία έχει ο τρόπος με τον οποίο είναι τοποθετημένο κάποιο αντικείμενο, ώστε να μπορέσει να ανακλάσει σωστά τους υπερήχους.
- Αντικείμενα τα οποία είναι από υλικά που απορροφούν τον ήχο (π.χ. σφουγγάρια) δεν είναι εύκολο να εντοπιστούν καθώς δεν αντανακλούν τους υπερήχους. [7]

2.4.2 Αισθητήρες απόστασης με υπέρυθρο φως

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας μετράει απόσταση εκπέμποντας Υπεριώδες κύματα ή φως (infrared light/wave sensors IR sensors) , και στη συνέχεια υπολογίζοντας την γωνία ανάκλασης. Προτεινόμενες χρήσεις είναι σε τηλεοράσεις και ηλεκτρονικούς υπολογιστές, μέτρηση απόστασης. Σε συστήματα ασφαλείας όπως αντικλεπτικά συστήματα και σε εφαρμογές επίβλεψης και χειρισμού. [7]

Οι IR αισθητήρες έχουν 2 φακούς:

- Ο πρώτος είναι ένα LED που εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία

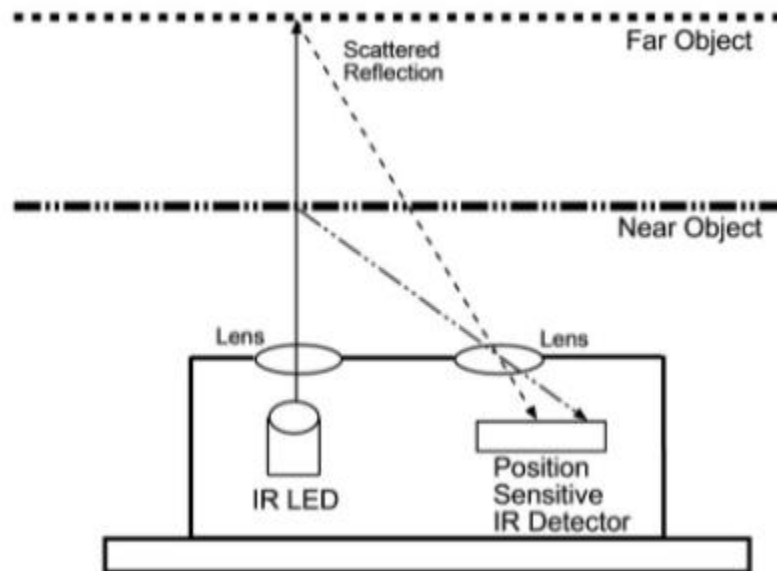
Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

- Ο δεύτερος είναι ένας αισθητήρας που εντοπίζει θέση από την ανακλώμενη ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτόν (position-sensitive photodetector (PSD))

Αρχές λειτουργίας

Οι αισθητήρες IR λειτουργούν μέσω της αρχής του τριγωνισμού, μέσω της οποίας η απόσταση μετράται βάσει της γωνίας πρόσκρουσης της ανακλώμενης ακτινοβολίας στο PSD.

Ακολουθεί σχετική εικόνα και επεξήγησης της λειτουργίας τριγωνισμού.



Εικόνα 9 Μέθοδος τριγωνισμού [7]

1. Το υπέρυθρο φως εκπέμπεται από την πηγή (IR LED).
2. Η ακτίνα προσκρούει στο αντικείμενο στόχο και ανακλάται με συγκεκριμένη γωνία.
3. Η ακτίνα φτάνει στον φακό PSD.

4. Ο PSD καθορίζει την θέση ή την απόσταση του ανακλώμενου φωτός.

Πλεονεκτήματα

- Μικροί σε μέγεθος αισθητήρες
- Εφαρμόσιμοι σε συνθήκες ημέρας και νύχτας.
- Εξασφαλισμένη επικοινωνία σε οπτική επαφή με το αντικείμενο (Line of Sight (LOS))
- Δυνατότητα μέτρησης απόστασης σε αντικείμενα με ανώμαλη επιφάνεια.

Μειονεκτήματα

- Περιορισμένο εύρος μέτρησης
- Εξαρτάται και επηρεάζεται από συνθήκες περιβάλλοντος και σκληρά αντικείμενα.

2.4.3 Αισθητήρας μέτρησης απόστασης με Λείζερ (LIDAR).

Το LiDAR, προέρχεται από τα αρχικά “Light Detection and Ranging” δηλαδή ανίχνευση εμβέλειας φωτός, αλλά μπορούμε και να τον ορίσουμε και σαν αισθητήρας απόστασης με Λείζερ.

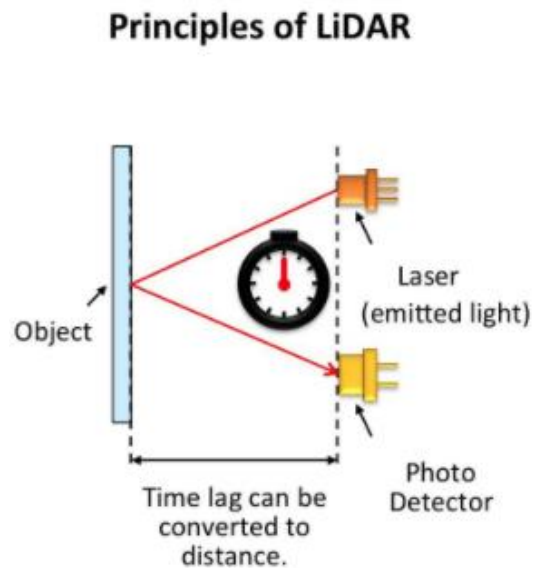
Η απόσταση ανιχνεύεται μέσω κυμάτων φωτός από ένα λέιζερ αντί για ηχητικό κύμα ή ραδιοκύμα.

Προτεινόμενες χρήσεις είναι για μέτρηση απόστασης, για χρήση χαρτογράφησης, για ασφάλεια και έλεγχο μηχανών και για 3D ρομποτική εικονοποίηση [7]

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Αρχή λειτουργίας

Υπάρχουν πολλοί τρόποι να εξηγήσουμε πως το Lidar λειτουργεί, (τριγωνισμό, παλμικά κ.λ.π), αλλά στην παρακάτω εικόνα είναι ο πιο απλός.



Εικόνα 10 Αρχή λειτουργίας LiDAR [9]

1. Ο εκπομπός του LiDAR εκπέμπει μια ακτίνα λέιζερ στον στόχο.
2. Ο παλμός του λέιζερ ανακλάται από τον στόχο.
3. Η απόσταση υπολογίζεται μέσω της σχέσης της ταχύτητας του φωτός στο κενό και το χρόνο μεταξύ εκπομπής και λήψης του σήματος.

Πλεονεκτήματα

- Υψηλή ακρίβεια στη μέτρηση ακόμα και σε μεγάλες αποστάσεις.
- Δυνατότητα να μετρήσει τρισδιάστατες δομές.
- Μικρό χρόνο ανανέωσης (Refresh rate), και είναι ιδανικό για κινούμενους στόχους

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

- Μικρότερα μήκη κύματος σε σύγκριση με τα υπερηχητικά σόναρ. Ιδανικό για ανίχνευση μικρών αντικειμένων.
- Εφαρμόσιμο για χρήση σε συνθήκες ημέρας και νύχτας.

Μειονεκτήματα

- Υψηλό κόστος σε σύγκριση με τους υπερηχητικούς αισθητήρες και τους αισθητήρες IR.
- Έχει αρνητική επίδραση αν εκτεθεί η ακτίνα σε γυμνό μάτι, λόγω των δυνατών παλμών λέιζερ.

2.4.4 Time of flight αισθητήρες.

Τέλος θα αναφερθούμε στους αισθητήρες Time of flight (ToF). Είναι τρόπος που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση αποστάσεων με τη τεχνολογία “Χρόνου Πτήσης”

Αρχή λειτουργίας

Οι αισθητήρες χρόνου πτήσης μετρούν τον χρόνο που έχει περάσει από την εκπομπή ενός παλμού κύματος από τον αισθητήρα έως τη στιγμή που επιστρέφει στον αισθητήρα μετά την ανάκλαση ενός αντικειμένου. Είναι σε θέση να παράγει μια τρισδιάστατη εικόνα με ένα μόνο στιγμιότυπο, μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται για να ταξιδέψει το φως από τον πομπό στον δέκτη.

Η τεχνολογία Χρόνου Πτήσης προσφέρει πολλά σημαντικά προτερήματα σε σχέση με άλλες μεθόδους μέτρησης απόστασης που καλύψαμε παραπάνω.

- Ευρύτερο μήκος.
- Πιο γρήγορες αναγνώσεις.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

- Καλύτερη ευστοχία μέτρησης.

Οι ToF λειτουργούν παρόμοια με τους αισθητήρες LiDAR που προαναφέραμε. Ο πομπός στη συσκευή χρόνου πτήσης εκπέμπει κύματα προς τον στόχο. Το κύμα ανακλάται μόλις φτάσει στον στόχο. Στη συνέχεια, η απόσταση υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την ταχύτητα του φωτός στον αέρα και το χρόνο μεταξύ αποστολής/λήψης του σήματος.

Πλεονεκτήματα

- Υψηλό εύρος μέτρησης με ακρίβεια.
- Δυνατότητα 3D ανακατασκευής
- Χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές αφού έχει την δυνατότητα να αναγνωρίζει μεγάλα αντικείμενα.

Μειονεκτήματα

- Υψηλό κόστος
- Η ανάλυση στον άξονα Z είναι κακή. [7]

2.4.5 Σύγκριση όλων των αισθητήρων απόστασης.

Για την επιλογή του κατάλληλου αισθητήρα απόστασης παραθέτω έναν πίνακα. Ωστόσο, δεδομένου ότι το καθένα έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του, θα πρέπει πρώτα να προσδιοριστεί ο στόχος της εφαρμογής.

| Τύπος αισθητήρα | Υπέρηχου | IR | LiDAR | ToF |
|--|----------|--------|-------|--------|
| Κατάλληλο για μέτρηση μεγάλων αποστάσεων | OXI | OXI | NAI | NAI |
| Συχνότητα γρήγορης ανάγνωσης | OXI | OXI | NAI | NAI |
| Χρηματικό Κόστος | ΧΑΜΗΛΟ | ΧΑΜΗΛΟ | ΥΨΗΛΟ | ΜΕΤΡΙΟ |
| Κατάλληλο για μέτρηση σε ανώμαλος στόχο | OXI | NAI | NAI | NAI |
| Ευαίσθητο σε εξωτερικές συνθήκες | NAI | OXI | OXI | OXI |
| Δυνατότητα τρισδιάστατης ανακατασκευής | OXI | OXI | NAI | NAI |

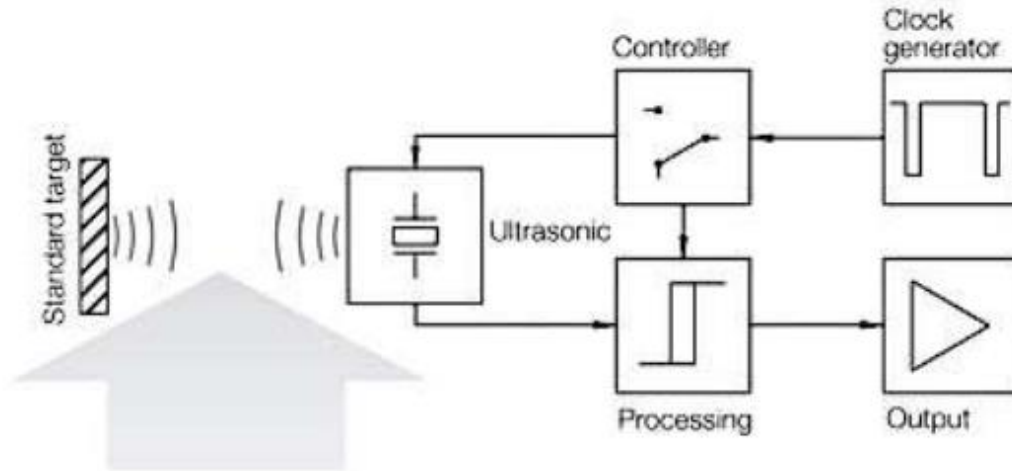
2.5 Αισθητήρας υπερήχων βαθμονόμηση

Οι αισθητήρες απόστασης υπερήχων έχουν σχεδιαστεί για μέτρηση απόστασης χωρίς επαφή και αυτοί οι τύποι αποτελούνται από πομπό και δέκτη ή πομποδέκτη που είναι σε θέση να εκπέμπει και να λαμβάνει υπερήχους. Η κύρια ιδέα είναι να μετρηθεί ο χρόνος για να πετάξει το

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

υπερηχητικό κύμα ήχου από τον αισθητήρα στο ανιχνευμένο αντικείμενο. Ένας πομπός υπερήχων στέλνει μια συχνότητα ήχου άνω των 18 kHz στον αέρα στο ταχύτητα 344 μέτρα ανά δευτερόλεπτο (στους 20°C) και ο δέκτης λαμβάνει τον ανακλώμενο ήχο από το αντικείμενο. Η απόσταση μεταξύ του πομπού και του αντικειμένου μπορεί να υπολογιστεί με απλό υπολογισμό, λαμβάνοντας υπόψη τον χρόνο που χρειάζεται το κύμα υπερήχων για να ταξιδέψει από τον πομπό και να ληφθεί πίσω (ανακλάται) από τον δέκτη. Το εύρος μέτρησης είναι έως και αρκετά μέτρα. Αρχή λειτουργίας του αισθητήρα υπερήχων Σχεδόν όλα τα υλικά αντανακλούν τα ηχητικά κύματα, επομένως οι αισθητήρες υπερήχων είναι μια καλή επιλογή για πολλές εργασίες. Η αριστεία στην ανίχνευση και τη μέτρηση φιλμ, διαφανών αντικειμένων και υγρών διαχωρίζει αυτούς τους αισθητήρες από τους φωτοηλεκτρικούς αντίστοιχους. Το χρώμα στόχου ή οι συχνές αλλαγές χρώματος δεν έχουν επίσης καμία επίδραση στους αισθητήρες υπερήχων. Λόγω της χρήσης ηχητικών κυμάτων, οι αισθητήρες υπερήχων αποδίδουν επίσης καλά σε σκονισμένα, βρώμικα περιβάλλοντα. Ωστόσο, δεν λειτουργούν καλά με μικρούς στόχους σε μεγάλα υπόβαθρα ή στόχους όπως το χτύπημα αφρού που είναι εξαιρετικό για την απορρόφηση ηχητικών κυμάτων. Ένας τυπικός αισθητήρας υπερήχων (Εικόνα 11) περιλαμβάνει μια γεννήτρια ρολογιού (σήμα) και έναν ελεγκτή για να διεγείρει τον μορφοτροπέα, στη συνέχεια έναν επεξεργαστή και έναν ενισχυτή εξόδου για να χειριστεί το σήμα επιστροφής

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino



Εικόνα 11 Μπλοκ Διάγραμμα υπερηχητικού αισθητήρα

Εκτός από την αρχή του χρόνου πτήσης χρησιμοποιούνται επίσης φυσικές αρχές που βασίζονται στο φαινόμενο Doppler και την εξασθένηση των ηχητικών κυμάτων. Συχνά η εφαρμογή είναι ως αισθητήρας πλοήγησης για κινητά ρομπότ για αποφυγή εμποδίων.

3 Κατασκευαστικό Μέρος

3.1 Μέθοδος Κατασκευής

Στην αρχή, η κατασκευή του πρακτικού μέρους αναζητήθηκαν τρόποι για να έχουμε τον βέλτιστο τρόπο μέτρησης, δηλαδή πρέπει να έχουμε υπ' όψιν τα εξής:

- a) Κάλυψη μεγάλης απόστασης
- b) Έγκυρη και γρήγορη μέτρηση
- c) Καλή Επαναληψιμότητα

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

- d) Αντοχή στις ανάλογες συνθήκες
- e) Ευκολία αναβάθμισης της κατασκευής
- f) Σχετική αυτονομία

Με λίγα λόγια, όλα τα παραπάνω θα πρέπει να τηρούνται, έτσι ώστε να θεωρηθεί το τελικό αποτέλεσμα επιτυχές.

3.1.1 Ο Μικροεπεξεργαστής

Με γνώμονα τα παραπάνω χαρακτηριστικά η αναζήτηση του αισθητήρα και όλων των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν βασίστηκαν στην συμβατότητα με τη πλατφόρμα Arduino.

3.1.2 Ο Αισθητήρας

Αρχικά έγινε η αναζήτηση του αισθητήρα, ο οποίος θα αποτελέσει πρωτεύον ρόλο σε όλη την κατασκευή. Λόγω των πλεονεκτημάτων και της προσιτής του τιμής, έγινε χρήση ενός αισθητήρα μέτρησης απόστασης με υπερήχων.

Παρακάτω αναφέρονται ενδεικτικά οι λόγοι που δεν επιλέχθηκε αισθητήρας τύπου Lidar.

- a) Πολύ μεγάλη πιθανότητα ψευδούς αποτελέσματος στη μέτρηση σε υγρό με δείκτη διάθλασης όπως του νερού.
- b) Γρήγορη καταστροφή του αισθητήρα λόγω της υγρασίας, δεν υπάρχει στο εμπόριο ανάλογος αισθητήρας με υψηλή IP (Δείκτης διεθνούς προστασίας, International Protection).

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

- c) Σε περιοχές που υπάρχουν χημικές αναθυμιάσεις, θα πρέπει να καθαρίζονται συχνά οι φακοί.

Με γνώμονα τα παραπάνω, αλλά και έρευνα αγοράς, ο οπτικός αισθητήρας δεν είναι κατάλληλος για την παρούσα εργασία. Έτσι έγινε εστίαση σε αισθητήρα μέτρησης απόστασης με χρήση υπερήχων, που υπάρχει και μεγαλύτερη ποικιλία επιλογών και περιορίζει τα παραπάνω προβλήματα. Το μειονέκτημα τους είναι ότι στο εμπόριο δεν υπάρχουν αισθητήρες υπερήχων που μετράνε αποστάσεις μεγαλύτερες των 10 μέτρων.

Έπειτα πάλι από εκτενή έρευνα και μετά από προσωπική επικοινωνία με την εταιρία Maxbotics (USA.) η οποία κατασκευάζει αισθητήρα για παρόμοιες εφαρμογές υπερήχων στις Η.Π.Α. (Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής), έτσι ώστε να με βοηθήσουν στην επιλογή του ιδανικού αισθητήρα για την εφαρμογή μου.

Εφόσον έγινε η επιλογή του αισθητήρα, και οι ανάλογες δοκιμές σε διάφορες συνθήκες, όπως σε στέρεα επιφάνεια, αλλά και σε υγρή επιφάνεια, βγήκαν τα παρακάτω αποτελέσματα μετρήσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μέτρηση απόστασης από στερεό πέτασμα

| <i>Πραγματική Απόσταση (m)</i> | <i>Μετρούμενη (m)</i> |
|--------------------------------|-----------------------|
| 0,7 | 0,7 |
| 1,2 | 1,2 |
| 1,84 | 1,83 |
| 2,35 | 2,33 |
| 3,14 | 3,14 |
| 4,5 | 4,54 |

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

| | |
|------|------|
| 5,23 | 5,25 |
| 6,54 | 6,52 |
| 7,1 | 7,13 |
| 8,05 | 7,99 |
| 8,15 | 8,1 |
| 8,5 | 8,47 |
| 9,05 | 9,08 |
| 9,6 | 9,51 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Μέτρηση απόστασης από υγρή επιφάνεια (Πισίνα)

| <i>Πραγματική</i> | |
|---------------------|-----------------------|
| <i>Απόσταση (m)</i> | <i>Μετρούμενη (m)</i> |
| 0,7 | 0,7 |
| 1,3 | 1,32 |
| 1,74 | 1,74 |
| 2,3 | 2,33 |
| 3,14 | 3,11 |
| 4,1 | 4,12 |

Οι μετρήσεις των παραπάνω πινάκων πραγματοποιήθηκαν σε μία πισίνα, έτσι ώστε να έχουμε συνθήκες παρόμοιες μιας δεξαμενής.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Αρχικά η πισίνα είχε νερό βροχής που είχε μαζευτεί στον πυθμένα της, αφού είχε ήδη αδειάσει από τη καλοκαιρινή σεζόν, με αποτέλεσμα το νερό βροχής μαζί με τη σκόνη και τα πράσινα άλγη που συγκεντρώνονται στην επιφάνεια, προσομοιώθηκε ένα περιβάλλον δεξαμενής χημικών ή και λυμάτων. Έτσι έγιναν μετρήσεις από την επιφάνεια του υγρού.

Οι πραγματικές μετρήσεις βασίστηκαν στο μήκος μίας ράβδου που το καθαρό μήκος εκτός νερού να είναι κοντά στα 4 μέτρα. Δυστυχώς, δεν υπήρχε τρόπος να πάρω μέτρηση πάνω από αυτή την απόσταση. Παρ' ολ' αυτά, οι μετρήσεις ήταν αρκετά ακριβής, με ελάχιστο σφάλμα.



Εικόνα 12 Πισίνα που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις

Οι μετρήσεις σε στέρεα επιφάνεια γίναν εντός της ίδιας πισίνας λίγες ημέρες μετά, εφόσον άδειασε από τα προαναφερόμενα υγρά. Το σημείο μέτρησης ήταν ο επίπεδος τοίχος απέναντι από την πισίνα, που η μέγιστη απόσταση ήταν περίπου στα 12 μέτρα. Υπενθυμίζω ότι ο αισθητήρας μετράει Maximum 9,99μ μέτρα. Η πραγματική μέτρηση απόστασης γινόταν στις μικρές αποστάσεις με γνώμονα το ύψος μου, ύψος οροφής του δωματίου μου και ύστερα για τις

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

μεγαλύτερες αποστάσεις γίναν μετρήσεις εντός της πισίνας. Στις τελευταίες μετρήσεις, χρησιμοποίησα οικοδομική μεζούρα 50 μέτρων για την απόσταση από τον κρύσταλλο του αισθητήρα, έως τη στέρη επιφάνεια.



Εικόνα 13 Μέτρηση απόστασης αισθητήρα μέχρι την στέρη επιφάνεια

3.1.3 Ασύρματη Ζεύξη

Ένα ακόμα ζητούμενο ήταν οι μετρήσεις του αισθητήρα να λαμβάνονται σε άλλη συσκευή, και όχι στην ίδια. Σε αυτή τη περίπτωση υπάρχουν τρόποι να επιτευχθεί η ασύρματη μετάδοση.

- a) Bluetooth επικοινωνία με το κινητό αλλά και άλλη συσκευή με Arduino
- b) Επικοινωνία RF (Ραδιοσυχνότητα) με μια άλλη συσκευή Arduino.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

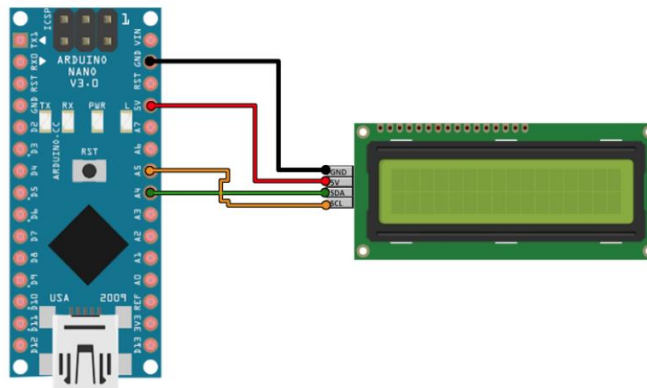
Η τελική επιλογή έγινε με γνώμονα την άμεση και ασφαλή μετάδοση δεδομένων μεταξύ των δύο μονάδων. Η πρώτη επιλογή, με χρήση Bluetooth θεωρείται μέθοδος όπου μπορεί να γίνει ευκολότερη υποκλοπή στοιχείων. Στην δεύτερη μέθοδο, με RF, περιορίζεται σημαντικά η πιθανότητα υποκλοπής, εφόσον σχηματίζεται μεταξύ του εκπομπού και του δέκτη ένας διάυλος επικοινωνίας κωδικοποιημένος και ορισμένος σε συγκεκριμένα κανάλια όπου επιλέγονται από τον εκάστοτε προγραμματιστή.

Τέλος, όλα τα παραπάνω χωρίστηκαν σε εκπομπό και δέκτη τροφοδοτούμενα με μπαταρίες ιόντων λιθίου αμφότερα. Το πρώτο είναι η συσκευή που λαμβάνει μετρήσεις, και μεταδίδει με ασύρματο τρόπο τα αποτελέσματα στον δέκτη. Ο οποίος εμφανίζει τις μετρήσεις και κάποιες ειδοποιήσεις σε μία LCD 16x2 στοιχείων και κάποιων οπτικών ειδοποιήσεων με πράσινο κίτρινο και κόκκινο LED ανάλογα με τη στάθμη μπαταρίας του πρώτου.

Το σύνολο της κατασκευής τοποθετήθηκε σε πλαστικά κουτιά με το καθένα να έχει διακόπτες ON- OFF, έτσι ώστε να είναι ολοκληρωμένα προς άμεση χρήση.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

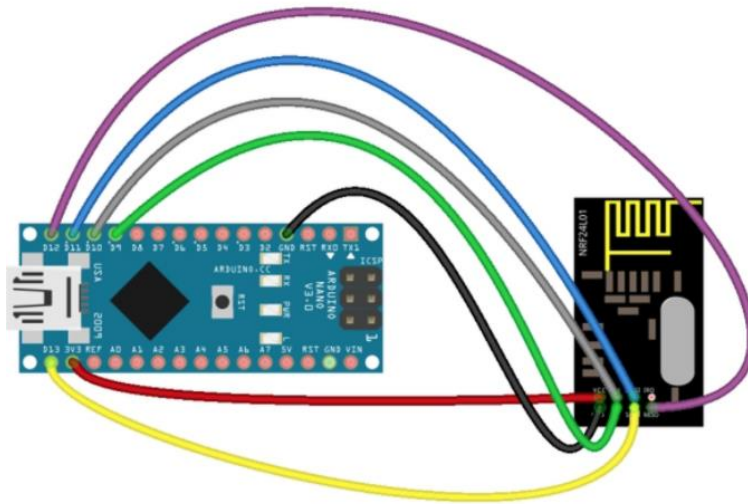
3.2 Σχεδιασμός Κατασκευής



Εικόνα 14 Συνδεσμολογία Arduino Nano με I2C LCD 16X2

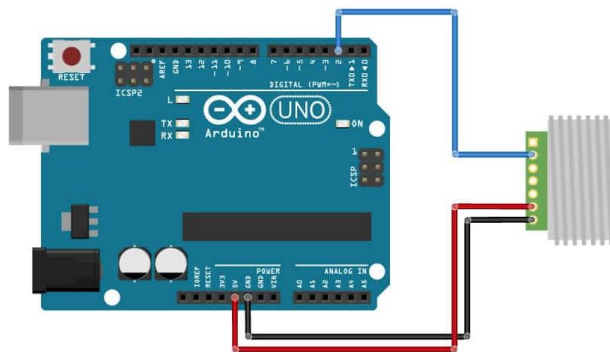
Στην Εικόνα 14 έγινε χρήση μιας πολύ απλής οθόνης LCD 16X2 με αντάπτορα I2C ώστε να μας απλοποιήσει το σχέδιο, να ελαχιστοποιήσει την καλωδίωση και να χρησιμοποιήσουμε μόνο 2 pin (πέρα των 2 επιπλέον για τροφοδοσία. Τα I2C για να λειτουργήσουν χρειάζονται 2 γραμμές για να λάβουν και να στείλουν δεδομένα. Αυτά είναι το σειριακό ρολόι SCL (Serial Clock) όπου ο μικροεπεξεργαστής δημιουργεί σταθερό παλμό, και τη σειριακή θύρα δεδομένων SDA (Serial data pin) όπου είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των 2 αυτών συσκευών. Οι αντίστοιχες θύρες στο Arduino είναι οι A4 και A5 [11]

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino



Εικόνα 15 Συνδεσμολογία κεραίας Εκπομπής/Λήψης σε Arduino

Στην παραπάνω εικόνα χρησιμοποιούμε την Antenna NRF24L01 ως πομπό να μεταδοθεί η μέτρηση του αισθητήρα στο δεύτερο μέρος της κατασκευής, τον δέκτη, ώστε να έχω μια μετρήσιμη τιμή στην LCD. Το σήμα λαμβάνεται από τον δέκτη με την ίδια κεραία και την ίδια συνδεσμολογία.

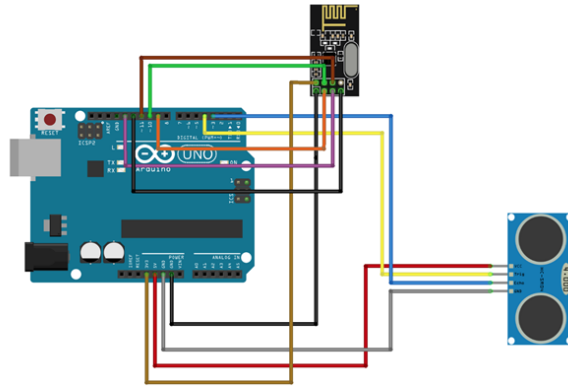


Εικόνα 16 Συνδεσμολογία Αισθητήρα απόστασης με Arduino

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Στην Εικόνα 16 ο κύριος αισθητήρας, επιλέξαμε να συνδεθεί στον μικροεπεξεργαστή μας με ψηφιακό τρόπο. Το pin 2 αντιστοιχεί σε σήμα PWM και το pin 3 σε αναλογικές τιμές εξόδου.

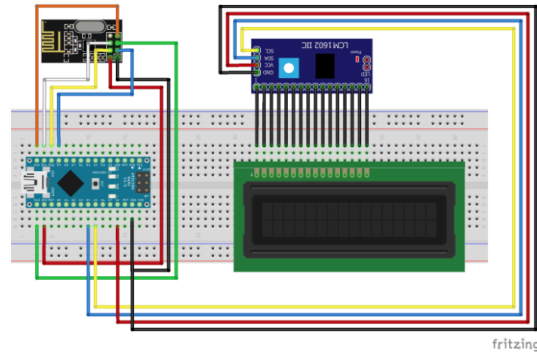
[Παράρτημα 1]



Εικόνα 17 Πρότυπο σχέδιο για το μέρος εκπομπού

Στην Εικόνα 17 βλέπουμε περίπου πως θα είναι το σχέδιο στον εκπομπό, με την NRF24L01 και τον αισθητήρα απόστασης. (Ο αισθητήρας στην παραπάνω εικόνα είναι διαφορετικός αλλά η λογική συνδεσμολογίας παραμένει ίδια).

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino



Εικόνα 18 Πρότυπο σχέδιο για το μέρος δέκτη

Στην προηγούμενη εικόνα παρατηρούμε το σχέδιο του δέκτη με την οθόνη και την κεραία.

3.3 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

3.3.1 MB7368 HRXL-MaxSonar-WRML

Ο αισθητήρας υπέρηχου MB7368 λόγω της λεπτής δέσμης υπερήχων που μεταδίδεται, τον καθιστά τον πλέον κατάλληλο για την χρήση μέτρησης στάθμης σε δεξαμενή υγρών στόχων.

Η λεπτή δέσμη εκπομπής, ανιχνεύει τον στόχο κατακόρυφα, και πιθανοί παράπλευροι στόχοι αγνοούνται.

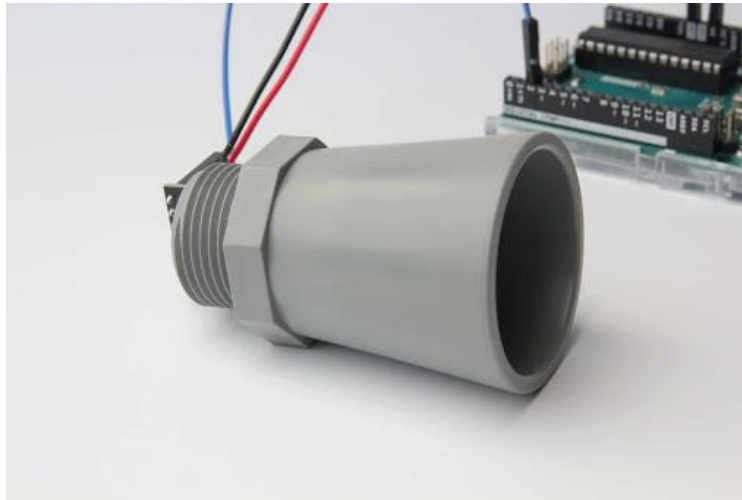
Η τιμή της απλής έκδοσης ήταν στα 132\$.

- Αυτή η έκδοση έχει ανάλυση 1mm. Μπορεί να μετρήσει από 0,5 μέτρα έως 9,99Μέτρα απόσταση.
- Βασικό χαρακτηριστικό που το κάνει να είναι ιδανικό για την περίπτωση που εξετάζουμε είναι ότι έχει στενή ζώνη ανάγνωσης, ώστε να μην εντοπίζει τυχόν εμπόδια.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

- Επίσης έχει δείκτη προστασίας IP67 οπότε ο αισθητήρας προστατεύεται από το υδάτινο περιβάλλον όπου θα εκτεθεί.

Σε περίπτωση που χρειαστεί επιπλέον προστασία, από βαριά χημικά ή χρειαστούμε προστατευτικό καπάκι, η εταιρία μπορεί να τα διαθέσει με επιπλέον κόστος.



Εικόνα 19 MB7368 HRXL-MaxSonar-WRML

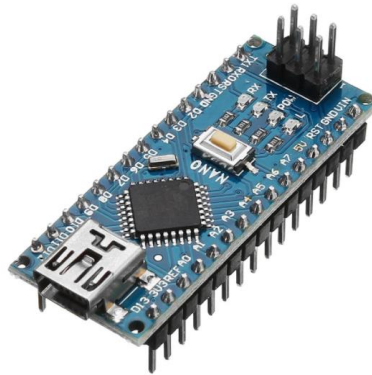
3.3.2 Ο Μικροεπεξεργαστής

Όσον αφορά την επιλογή του επεξεργαστή, Έγινε χρήση του μικροεπεξεργαστή Atmel και πιο συγκεκριμένα του Arduino Nano.

Η έκδοση Nano είναι ιδανική στη περίπτωση μας, διότι οι απαιτήσεις της εφαρμογής μας είναι μικρές, αλλά και ο χώρος ο οποίος διατίθεται περιορισμένος για μεγαλύτερες σε όγκο εκδόσεις.

Μέσο κόστος του συμβατού μικροεπεξεργαστή ήταν περίπου 5€.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino



Εικόνα 20 Arduino Nano

3.3.3 Ασύρματη Ζεύξη

Για την ασύρματη επικοινωνία μεταξύ των 2 κατασκευών, έγινε χρήση της μονάδας nRF24L01 που λειτουργεί στα 2,4GHz.

Βασικά χαρακτηριστικά που βοήθησαν για την επιλογή του αισθητήρα είναι:

- Λειτουργεί στην κλίμακα των 2,4GHz το οποίο μπορεί να βοηθήσει σε μελλοντικές τροποποιήσεις ή εφαρμογές
- Πάρα πολύ χαμηλή κατανάλωση
- Πολύ χαμηλό κόστος
- Πολύ μικρός όγκος μονάδας
- Μικρό ρεύμα σε συνθήκες Standby

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Σημείωση, στην αγορά υπάρχει συμβατή πλατφόρμα Arduino με ενσωματωμένο πομποδέκτη Wi-Fi και Bluetooth

Μέσο κόστος ανά μονάδα 2,5€



Εικόνα 21 Μονάδα nRF24L01

3.3.4 Τροφοδοσία των μονάδων

Ως προς την τροφοδοσία των μονάδων εκπομπού και λήψης, έγινε χρήση μιας έτοιμης μπαταριοθήκης με μπαταρία λιθίου. Έχει ενσωματωμένα ηλεκτρονικά ώστε οι τροφοδοσίας των ηλεκτρονικών να είναι 5V ή 3.3Volt. Επίσης διαθέτει και θύρα Micro USB ώστε να μπορεί να φορτίζεται η μπαταρία.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino



Εικόνα 22 Φορτιστής για Μπαταρία 18650 με Step-Up 5V - USB

Οι δυνατότητες του είναι αρκετές ώστε να τροφοδοτήσουμε το βασικό κύκλωμα, αλλά και διάφορα περιφερειακά. Υπάρχει και η δυνατότητα για μπαταριοθήκη με δύο μπαταρίες, αλλά και τέσσερις. Η επιλογή της Μπαταριοθήκη με μία μπαταρία έγινε για εξοικονόμηση χώρου

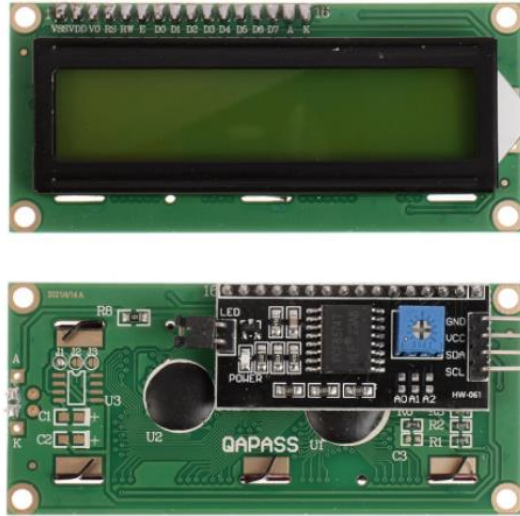
Μέσο κόστος μονάδας 4,5€.

3.3.5 Οθόνη Απεικόνισης LCD 16X2 I2C

Για τη μονάδα λήψης, έγινε χρήση μιας οθόνης LCD με αντάπτορα I2C ώστε να γίνει η απεικόνιση. Ο αντάπτορας I2C είναι μια υπομονάδα που απλοποιεί την συνδεσμολογία προς το Arduino δίνοντας στο τέλος μόνο 4 ακροδέκτες. Αυτοί είναι: Το GND που τοποθετείται στην γείωση, το VCC όπου συνδέεται στην τάση 5Volt και τέλος SDA και SDL αντίστοιχα στις θύρες Αναλογικό 5 και 6.

Μέσο κόστος μονάδας 4,5€

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino



Εικόνα 23 Μονάδα οθόνης LCD 16X2 με αντάπτορα I2C

3.3.6 Κουτί κατασκευής

Για κουτί κατασκευών, όσο για τον εκπομπό, όσο για τον λήπτη, έγινε χρήση ενός πλαστικού μαύρου κουτιού 130x68x44mm. Η επιλογή του μεγέθους έγινε μετά από υπολογισμού του μέσου όγκου των παραπάνω υλικών.

Μέσο κόστος μονάδας 2€



Εικόνα 24 Κουτί Κατασκευών 130x68x44mm Μαύρο - G1022B

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

3.4 Συνολικό κόστος

ΠΙΝΑΚΑΣ xx. Κόστος υλικών

| Είδος | Μονάδες | Κόστος μονάδας | Κόστος |
|------------------|---------|----------------|----------------|
| Αισθητήρας | 1 | 132€ | 132€ |
| Arduino Nano | 2 | 5€ | 10€ |
| nRF24L01 | 2 | 2.5€ | 5€ |
| Μπαταριοθήκη | 2 | 4,5€ | 9€ |
| Κουτί κατασκευής | 2 | 2€ | 4€ |
| LED | 3 | 0.05€ | 0.15€ |
| Μπαταρίες 18650 | 2 | 6,40€ | 12,80€ |
| Οθόνη LCD | 1 | 4.5€ | 4.5€ |
| Διάτρητη Πλακέτα | 1 | 3€ | 3€ |
| Jumper Wires | 1 | 1.80€ | 1.80€ |
| Διακόπτες | 2 | 0,60€ | 1,20€ |
| Μεταφορικά | - | 10€ | 10€ |
| Τελωνείο MB7368 | - | 120€ | 120€ |
| ΣΥΝΟΛΟ | - | - | 313,45€ |

Στον παραπάνω πίνακα δεν υπολογίστηκε το κόστος των μονάδων USB τα οποία προέρχονται από παλιές συσκευές κινητών, όπως και τροφοδοτικό USB 5V.

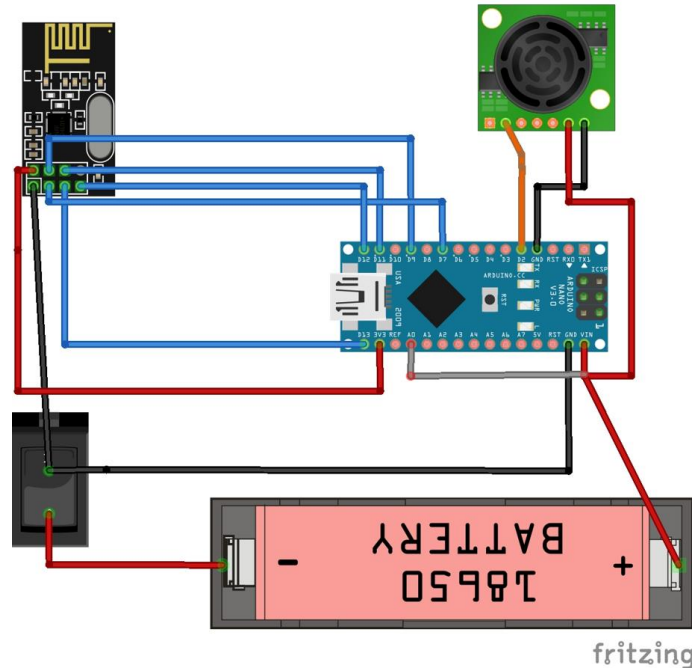
3.5 Σύνοψη κατασκευής.

Η κατασκευή των δύο μονάδων έγινε με την φιλοσοφία της εύκολης πρόσβασης όλων των αναλωσίμων και την άμεση αντικατάστασης τους σε περίπτωση βλάβης. Όλα αυτά σταθεροποιημένα με θερμή σιλικόνη εντός των κουτιών κατασκευής. Επιπλέον υπάρχει και επιπλέον δυνατότητα μελλοντικής αναβάθμισης είτε σε κάποιον βέλτιστο αισθητήρα σε περίπτωση που αναπτυχθεί αργότερα.

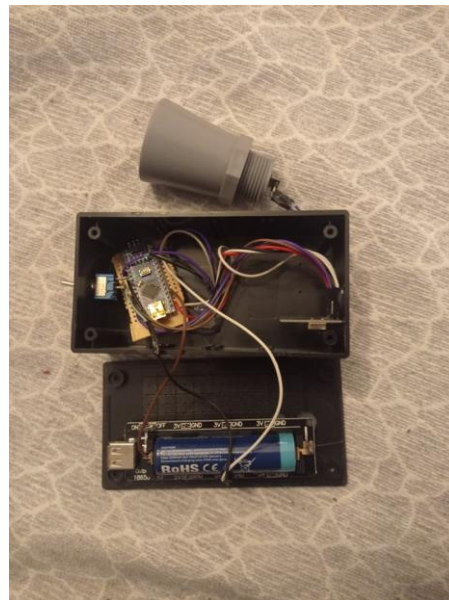
3.5.1 Κατασκευή Εκπομπού

Ως προς την σύνθεση του εκπομπού, αρχικά έπρεπε να δημιουργηθούν οπές για τα καλώδια τροφοδοσίας Micro USB προς την μονάδα μπαταρίας, καλώδια του αισθητήρα και του διακόπτη. Στη συνέχεια σταθεροποιήθηκαν με σιλικόνη στην βάση του κουτιού κατασκευής η μπαταριοθήκη, και στα πλάγια η κεραία εκπομπής. Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, παρατηρώ ένα καλώδιο να οδηγείται από την μπαταρία ως προς την αναλογική θύρα A₀, από το οποίο διαβάζεται η μέτρηση από τον μικροεπεξεργαστή, έτσι ώστε στην λήψη να εμφανίζεται η στάθμη της μπαταρίας.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino



Εικόνα 25 Αναπαράσταση της κατασκευής Εκπομπού μέσω εφαρμογής Fritzing

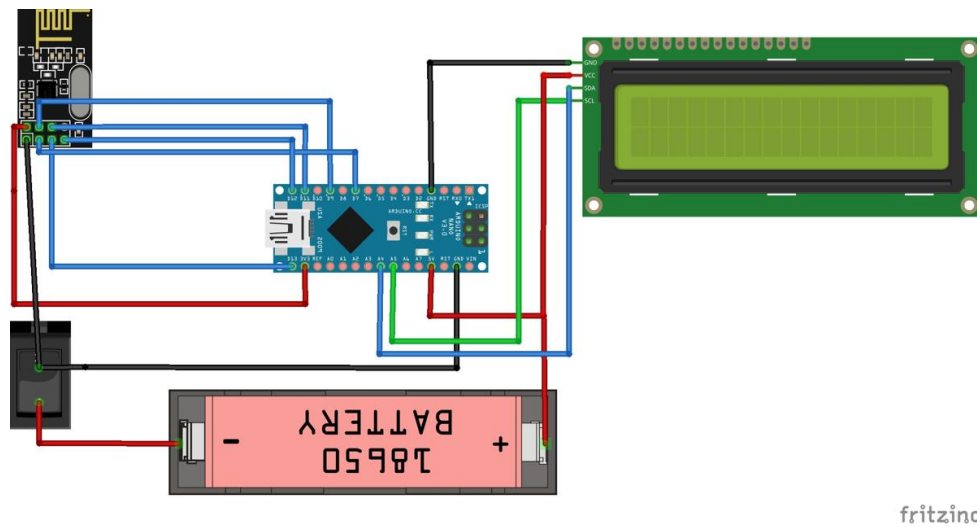


Εικόνα 26 Εσωτερικό μονάδας Εκπομπού

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

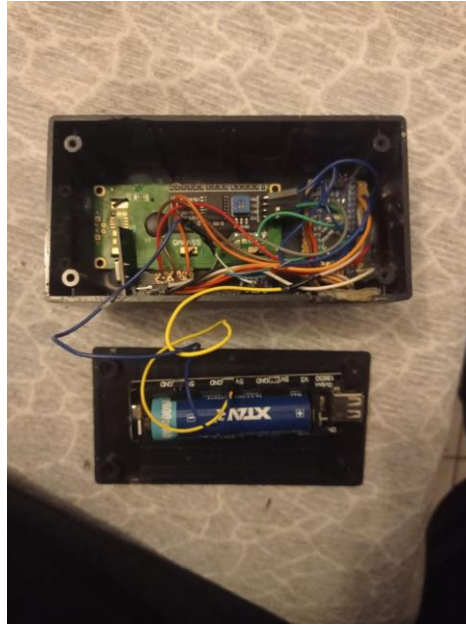
3.5.2 Κατασκευή Δέκτη

Όσον αφορά την κατασκευή δέκτη, ακολουθήθηκε παρόμοια διαδικασία με του εκπομπού, με την διαφορά την δημιουργία οπών για την LCD 16X2 και τους ενδείκτες LED για την φωτεινή ένδειξη στάθμης μπαταρίας του πομπού.



Εικόνα 27 Αναπαράσταση της κατασκευής Λήψης μέσω εφαρμογής Fritzing

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino



Εικόνα 28 Εσωτερικό μονάδας Δέκτη

4 Μικροεπεξεργαστής και ανάπτυξη κώδικα

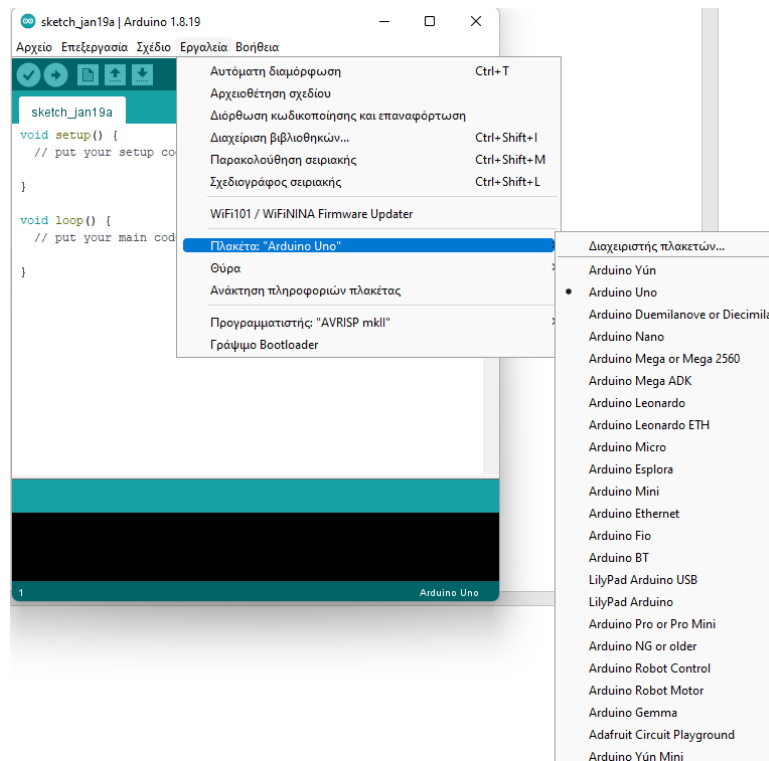
4.1 Εισαγωγή στο Arduino

Στις παρακάτω ενότητες θα αναλυθεί ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για να συνταχθεί όσο στον εκπομπό, τόσο και στον δέκτη. Η εφαρμογή που θα χρησιμοποιηθεί είναι η Arduino IDE όπου μπορούμε κατεβάσουμε το λογισμικό δωρεάν από την παρακάτω επίσημη ιστοσελίδα της Arduino <https://www.arduino.cc/en/software> αλλά και απο το Microsoft Store αναζητώντας με το όνομα της.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

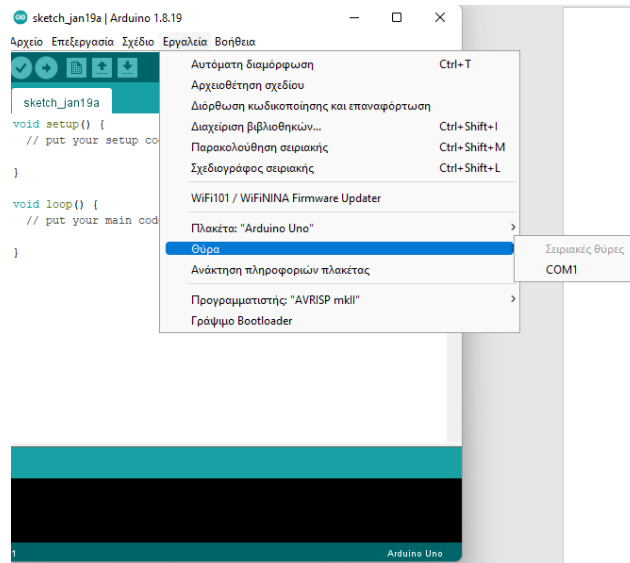
Για την ανάπτυξη του κώδικα, αρκούν γενικές απλές γνώσεις προγραμματισμού, όπως και αυτές που έχω. Επίσης θα βοηθήσει ακόμα περισσότερο όποιον χρήστη έχει εντυφλήσει στην γλώσσα προγραμματισμού C++ , C και C# διότι είναι αρκετά συγγενείς με την γλώσσα του Arduino.

Όσον αφορά την σύνδεση της πλακέτας με το πρόγραμμα, εφόσον συνδεθεί το Arduino με κάποια από USB, πρέπει μέσω των εργαλείων να αντιστοιχίσουμε το είδος πλακέτας που λειτουργούμε μέσω της επιλογής **Εργαλεία → Πλακέτα** και ύστερα επιλέγουμε την αντίστοιχη πλακέτα. Μετά ένα ακόμα πιο σημαντικό βήμα είναι η επιλογή της σωστής θύρας. Πάλι επιλέγουμε **Εργαλεία → Θύρα** → επιλέγω την αντίστοιχη θύρα που θα αναγνωρίσει την πλακέτα προγραμματισμού.



Εικόνα 29 Επιλογή είδους πλακέτας

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino



Εικόνα 30 Επιλογή σειριακής θύρας για πλακέτα

Στη συνέχεια για την συγγραφή του κώδικα, σημαντικό είναι τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν. Το πιο σημαντικό είναι να έχουμε τις κατάλληλες βιβλιοθήκες. Αντίστοιχα είναι για τον nRF24L01 και για την LCD I2C. Επιπλέον πολλά παραδείγματα κώδικα που εμπεριέχονται στις βιβλιοθήκες μπορούν να φανούν χρήσιμοι στην ανάπτυξη ενός ενιαίου κώδικα με πλήθος βιβλιοθηκών.

- <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/liquidcrystal-i2c/>
- <https://github.com/nRF24/RF24>
- <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/liquidcrystal-i2c/>

4.2 Ανάλυση Κώδικα Εκπομπού

Όσον αφορά το πρόγραμμα, καλούμε την βιβλιοθήκη του RF24-master. Στη συνέχεια θέτουμε την ψηφιακή θύρα 2 τον αισθητήρα, στη περίπτωση μας τον MB7368. Έπειτα αρχικοποιούμε την απόσταση και την διάρκεια με την τιμή 0. Υπενθυμίζεται ότι η απόσταση βρίσκεται με την διάρκεια του παλμού που στάλθηκε από τον ταλαντωτή του αισθητήρα και την επιστροφή του. Οπότε είναι καλό να έχει μια αρχική τιμή μηδενική,

Σημαντικές εντολές για την διατήρηση κατανάλωσης χαμηλής ενέργειας στο Arduino είναι οι CLKPR=0x80, CLKPR=0x1; Όπου αντίστοιχα οι εντολές σημαίνουν, να αρχίσει ο μικροεπεξεργαστής να αλλάζει την συχνότητα του ρολογιού. Ύστερα στη επόμενη εντολή μειώνεται η συχνότητα στο μισό.

Η εντολή RF24 myRadio (7, 8)// CE, CSN; μας βοηθά να φτιάξουμε ένα RF24 αντικείμενο, όπου CSN Chip Select NOT. Αυτή είναι η ακίδα ενεργοποίησης για το δίαυλο SPI και είναι ενεργή χαμηλά (εξ ου και το "όχι" στο όνομα). Θέλουμε να διατηρούμε πάντα αυτόν τον ακροδέκτη σε HIGH, εκτός από την περίπτωση που στέλνονται στη συσκευή μια εντολή SPI ή λαμβάνονται δεδομένα στο δίαυλο SPI από το τσιπ. Όταν αυτή η ακίδα χαμηλώσει, το 24L01 αρχίζει να ανιχνεύει δεδομένα στη θύρα SPI του και τα επεξεργάζεται ανάλογα. Ο CE ακροδέκτης είναι πάντοτε είσοδος του 24L01 χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των μεταδιδόμενων πληροφοριών [12].

Με την εντολή byte addresses[][6] = {"0"}; δημιουργείται ένας πίνακας byte που θα αντιπροσωπεύει τη διεύθυνση ή τον λεγόμενο σωλήνα μέσω του οποίου θα επικοινωνούν οι δύο μονάδες.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Έπειτα με την εντολή `struct package{ float distance = 0; int voltage = 0; }; typedef struct package Package; Package data;` δημιουργείται ένα αρχικό πακέτο αποστολής δεδομένων με το όνομα `data`, το οποίο εμπεριέχει την απόσταση αλλά και τα `Volt` από την μπαταρία. Αρχικά είναι μηδενικό. Στη συνέχεια θα αποστέλλονται τα δεδομένα στην λήψη.

Μετά την εντολή `Setup` οπου ορίζεται κάποιες αρχικοποιήσεις, έχουμε `pinMode(sensorPin, INPUT);` οπου ορίζουμε την θύρα 2 σαν είσοδο.

Εντολές `myRadio.begin(); myRadio.setChannel(115); myRadio.setPALevel(RF24_PA_MAX); myRadio.setDataRate(RF24_250KBPS); myRadio.openWritingPipe(addresses[0]);` Αντίστοιχα δίνουν την εκίνηση του αισθητήρα `nRF24L01` δίνοντάς του έπειτα ένα κανάλι (στη περίπτωση μας 115), θέτοντας την εμβέλεια σε μέγιστη τιμή (μπορούμε με το `MIN` αντί για `MAX`, να έχουμε μικρότερη εμβέλεια), στη συνέχεια ορίζεται ο ρυθμός μετάδοσης 250kbps και τέλος ορίζεται πάλι το `Address` του εκπομπού.

Στο διάστημα της “`Loop`”, εκτελούνται όλες οι εντολές οι οποίες είναι επαναλαμβανόμενες και μας δίνουν στην ουσία τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας. Οι εντολές `duration = pulseIn(sensorPin, HIGH); distance = duration;` παράδειγμα μας ενεργοποιούν τον αισθητήρα να μετρήσει απόσταση μέσω παλμών που στέλνει, ύστερα τον χρόνο διαδρομής των παλμών τον ονομάζουμε απόσταση. Ύστερα οι εντολές `float voltage = sensorValue; int sensorValue = analogRead(A0);` θέτουν μεταβλητή την τιμή `Voltage` και διαβάζει την τιμή της αναλογικής θύρας.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Οι εντολές `myRadio.write(&data, sizeof(data));` Αποθηκεύουν τις τιμές που πήραμε στο πακέτο και τα στέλνει μέσω του διαύλου που φτιάξαμε στον λήπτη.

Οι εντολές `Serial.print("\nDistance:");Serial.print("\n");Serial.print("\nVoltage:");Serial.print("\n"); Serial.println(data.voltage); Serial.print(data.distance);` για διαγνωστικούς λόγους βοηθάνε στο να διαβάζονται οι τιμές στη σειριακή θύρα στον υπολογιστή, σε περίπτωση κάποιας βλάβης, να δούμε ένα στέλνονται οι τιμές κανονικά ή αν διαβάζει ο αισθητήρας.

`LowPower.idle(SLEEP_8S, ADC_OFF, TIMER2_OFF, TIMER1_OFF, TIMER0_OFF, SPI_OFF, USART0_OFF, TWI_OFF);`

Στην παρακάτω εντολή, γίνεται μία ρουτίνα περεταίρω εξοικονόμησης ενέργειας του εκπομπού. Αυτό επιτυγχάνεται θέτοντας κάποιες μονάδες του μικροεπεξεργαστή σε κατάσταση ύπνου για 8 δευτερόλεπτα. Αφού εμφανιστεί μία μέτρηση, τίθεται ξανά σε κατάσταση ύπνου για 8 δευτερόλεπτα.

4.3 Ανάλυση κώδικα λήψης

Αρχικά πέρα από τις προηγούμενες βιβλιοθήκες που χρησιμοποιούνται συχνά έχουμε και την βιβλιοθήκη `#include <LiquidCrystal_I2C.h>` η οποία αφορά την LCD και θέτουμε εισόδους ψηφιακές για τα LED, δηλαδή 3 για πράσινο, 4 για κίτρινο και 5 για κόκκινο

Έπειτα το πακέτο εντολών `struct package{ int voltage = 0.0; float distance =0.0; }; byte addresses[][6] = {"0"}; typedef struct package Package; Package data;` μας βοηθά πάλι να κατασκευαστεί το πακέτο με τα ίδια περιεχόμενα.

Μετά την `Setup pinMode(red,OUTPUT); pinMode(yellow,OUTPUT); pinMode(green,OUTPUT);` που θέτει τα led ως εξόδους και στη συνέχεια υπάρχει μια σειρά

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

εντολών για την lcd: `lcd.init(); lcd.backlight(); lcd.setCursor(0,0);` οι οποίες αρχικοποιούν την οθόνη. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να ελεγχθεί ο τόνος φωτισμού στο περιβάλλον. Ύστερα θέτουμε τον κέρσορα σε κάποιο σημείο (παράδειγμα η θέση 0,0 είναι η άνω αριστερά θέση).

Με τις εντολές `myRadio.begin(); myRadio.setChannel(115); myRadio.setPALevel(RF24_PA_MAX); myRadio.setDataRate(RF24_250KBPS); myRadio.openReadingPipe(1, addresses[0]); myRadio.startListening();` Ακολουθείται την αντίστροφη διαδικασία ώστε να συντονιστεί το σύστημα λήψης με το σύστημα εκπομπού και να αρχίσει να δέχεται τις τιμές από τον εκπομπό.

Στην Loop μέσω μιας σειράς εντολών `if (myRadio.available()) { while yRadio.available()){ myRadio.read(&data, sizeof(data));` εξετάζουν συνεχώς τις πληροφορίες που λαμβάνονται από τον δίαυλο επικοινωνίας μεταξύ των δύο nRF24L01. Παρακάτω με τις εντολές `Serial.print("\nDistance:"); Serial.println(data.distance); Serial.print("\nBattery Voltage:"); Serial.println(data.voltage*(5/1023.0));` για λόγους διαγνωστικούς όπως στην προηγούμενη ενότητα, οι πληροφορίες αποστέλλονται ώστε να τυπώνονται και στην οθόνη της σειριακής θύρας. Δηλαδή την απόσταση αλλά και τη στάθμη της μπαταρίας σε Volt. (Η πράξη $5/1023$ βοηθά να μετατραπεί μια τιμή κβαντισμένη από μετατροπέα από αναλογικό σε ψηφιακό των 8bit. Γνωρίζοντας ότι $2^8=1024$ στάθμες, αλλά η αρίθμηση ξεκινάει από το 0, γ αυτό και ο αριθμός 1023 και το 5 σαν αριθμητής, εφόσον ξέρουμε ότι η μέγιστη τάση που δέχεται στις αναλογικές θύρες ο μετατροπέας είναι 5Volt.) Στη συνέχεια με τις εντολές `lcd.clear(); lcd.setCursor(0,0); lcd.print("Battery"); lcd.print(Mvoltage); lcd.print("V");` Γίνεται εκκαθάριση της οθόνης από προηγούμενες τιμές και τίθεται ο κέρσορας στην αρχή της οθόνης ώστε να τυπωθεί η τιμή της στάθμης της μπαταρίας. Ύστερα στις επόμενες λίγες γραμμές

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

του κώδικα γίνεται υπόθεση ανάλογα με την στάθμη της μπαταρίας ποιος λαμπτήρας να ανάψει. Δηλαδή αν η στάθμη της μπαταρίας είναι κάτω από 3 Volt να ανάψει κόκκινο φωτάκι, αν η τιμή είναι ανάμεσα στα 3 - 3,7Volt να ανάψει το κίτρινο φωτάκι, και αν η τιμή είναι πάνω από τα 3.7Volt να ανάψει το πράσινο φωτάκι. Στις τελευταίες τιμές του κώδικα αρχικοποιεί τον κέρσορα στη πρώτη στήλη της δεύτερης γραμμής της LCD ώστε να δώσει τιμή για την απόσταση του βάθους. Δημιουργούνται κάποιες συνθήκες για να περιοριστούν οι τιμές εκτός πεδίου θέασης του αισθητήρα. Αρχικά εάν η απόσταση είναι λιγότερο από 60cm να αναγράφει «Πλήρης», ενώ εάν η απόσταση είναι μεταξύ 60cm και 9,2m να αναγράφει την τιμή, ενώ υπάρχει και αχρησιμοποίητη γραμμή να αναγράφει και ποσοστό ως προς τα 15Μέτρα. Τέλος σαν εναπομένουσα υπόθεση, θα αναγράφεται ότι το βάθος είναι άνω των 9,2Μέτρων.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στον κώδικα η απόσταση είναι κανονικοποιημένη σε μέτρα, ενώ ο αισθητήρας δίνει την τιμή σε χιλιοστά του μέτρου. Οπότε για μια τιμή που θα διαβάζεται από έναν απλό χρήστη, πολλαπλασιάζεται η τιμή που δίνεται από τον αισθητήρα με το 1000, ώστε να αναγράφεται στο LCD η απόσταση σε μέτρα.

5. Λειτουργία Συστήματος

Σε αυτή την ενότητα θα αναλυθεί η λειτουργία των συστημάτων που αναπτύχθηκαν σε προηγούμενες ενότητες, τόσο κάποια τεχνικά όσο και κάποιες οδηγίες χρήσης.

Το σύστημα που αναπτύχθηκε, είναι πολύ απλό στη χρήση και η αποτελεσματικότητά που προσφέρει είναι πολύ καλή ως προς την ακρίβεια των μετρήσεων. Παρ' όλο που ο αισθητήρας παρέχει εμβέλεια 10 μέτρων υπάρχουν και διάφοροι περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Οι αισθητήρες MaxSonar χρησιμοποιούν ηχητικά κύματα υπερήχων για να δημιουργήσουν μια «ηχητική έκρηξη». Τα ηχητικά κύματα διαλύονται καθώς ρέουν στον αέρα. Εάν δεν επιστρέψουν στον αισθητήρα, τότε ο αισθητήρας δεν μπορεί να υπολογίσει την απόσταση από τον στόχο. Η ανίχνευση στόχου πέραν των 10 μέτρων απαιτεί τα ηχητικά κύματα να επιστρέφουν με αρκετό πλάτος ώστε ο αισθητήρας να επεξεργάζεται σωστά τα δεδομένα ήχου. Τυπικά, μόνο μεγάλοι επίπεδοι στόχοι που είναι το δυνατόν καλύτερα ευθυγραμμισμένοι με τον αισθητήρα μπορούν να παράγουν μια τέτοια ανάκλαση. Αυτό είναι δυνατό σε περιβάλλον εργαστηρίου. Ωστόσο, αυτό δεν είναι πρακτικό εκτός μιας ελεγχόμενης εγκατάστασης.

Επιπλέον, η γωνία πρόσπτωσης ή η γωνία με την οποία τα ηχητικά κύματα χτυπούν τον στόχο θα επηρεάσει επίσης την ανίχνευση μεγάλης εμβέλειας. Εάν το αντικείμενο στόχος δεν είναι εντελώς κάθετο στον αισθητήρα, τα ηχητικά κύματα μπορεί να χάσουν τον αισθητήρα στην επιστροφή από τον στόχο. Όσο πιο μακριά είναι τοποθετημένος ο αισθητήρας από τον στόχο, τόσο πιο ακριβής πρέπει να είναι κάθετος ο αισθητήρας στον στόχο. Επειδή η ανίχνευση μεγάλης εμβέλειας απαιτεί τόσο υψηλό βαθμό ακρίβειας στην τοποθέτηση του αισθητήρα, οι αισθητήρες μεγάλης εμβέλειας έχουν περιοριστεί στα 10 μέτρα από την συγκεκριμένη εταιρία. [13]

Στους πιο κοντινούς στόχους δεν έχει παρατηρηθεί κάποιος περιορισμός, διότι δεν επηρεάζεται άμεσα από τη γωνία πρόσπτωσης.

Όσον αφορά την λειτουργία των δυο μονάδων που αναπτύχθηκαν, είναι πολύ απλή, εφόσον είναι και οι δύο σε κατάσταση ON από τον κύριο διακόπτη, ξεκινάει η μέτρηση.

Επιπλέον η εμβέλεια που μπορούν να καλύψουν οι κεραίες, σε ανοιχτό πεδίο μετράει στα 20-27 μέτρα. Σε περίπτωση τοίχους, η απόσταση μειώνεται αισθητά. Οπότε ο χώρος παρακολούθησης συνίσταται να είναι κοντά με την κύρια μονάδα.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Τέλος αξίζει να σημειωθεί πως το σύστημα εκπομπής έχει επαρκή αυτονομία ενέργειας. Ο χρόνος από την πλήρη φόρτιση της μπαταρίας μέχρι την αποφόρτιση της είναι τουλάχιστον 120 ώρες. Αυτό επιτυγχάνεται αρχικά από την ρουτίνα που ανιχνεύεται η μέτρηση κάθε 8 δευτερόλεπτα, αλλά και από τη χαμηλή λειτουργία του επεξεργαστή σε λιγότερους κύκλους. Ως προς το σύστημα λήψης, θέλουμε να έχει συνεχόμενη λειτουργία, το οποίο το καθιστά εξαρτώμενο από ενέργεια

5.1 Οδηγίες χρήσης

Κατά το πρώτο άνοιγμα και των δύο μονάδων, θα πρέπει να αναμένουμε δύο διαδοχικές μετρήσεις οι οποίες είναι ψευδείς, έτσι ώστε να γίνει λήψη της πραγματικής μέτρησης.

Οι μονάδες λειτουργούν αμφότερα με μπαταρία. Η μονάδα λήψης, εφόσον θα είναι σε χώρο κάποιου γραφείου, συνίσταται να είναι συνδεδεμένη σε τροφοδοσία, ενώ η μονάδα εκπομπού τροφοδοτείται από μπαταρία, με μεγάλη αυτονομία (100-115 ώρες) . Η ένδειξη στάθμης της μπαταρίας του εκπομπού είναι τυπωμένο στην οθόνη της μονάδας λήψης, αλλά και σε Led χρώματος Πράσινο, κίτρινο και Κόκκινο. Με την ένδειξη πράσινο γίνεται αντιληπτό ότι δε χρειάζεται φόρτιση, με την κίτρινη λάμπα έχουμε ένδειξη ότι η μπαταρία βρίσκεται σε ενδιάμεση κατάσταση αλλά δε χρειάζεται φόρτιση, και με την Κόκκινη ένδειξη σημαίνει ότι υπάρχει ανάγκη για φόρτιση σύντομα. Σε σπάνια περίπτωση που η οθόνη του δέκτη δεν έχει κάποια ένδειξη, συνίσταται μια επανεκκίνηση και των 2 μονάδων.

5.2 Βλάβες - Δυσλειτουργίες

1. Ως προς τη μέτρηση, εάν ο αισθητήρας δεν είναι τοποθετημένος κατακόρυφα ως προς το μετρούμενο στόχο, θα λάβουμε ψευδή μέτρηση.
2. Σε περίπτωση που χρειαστεί να γίνει περεταίρω προγραμματισμός για τα ρολόγια του μικροεπεξεργαστή, θα έχουμε εσφαλμένα αποτελέσματα στις μετρήσεις.
3. Ως προς την αυτονομία στη λήψη, θέτοντας την εντολή για μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, θα υπάρξει πρόβλημα συντονισμού μεταξύ εκπομπού και δέκτη.
4. Σε δοκιμή με μπαταριοθήκη δύο μονάδων μπαταρίας λιθίου 18650 παρατηρήθηκε ότι η συγκεκριμένη μπαταριοθήκη είχε αυξημένη την κατανάλωση μπαταρίας. Αποτέλεσμα αυτού να διακοπεί η δοκιμασία πρόωρα.
5. Εάν που έχουμε γρήγορη αποφόρτισή της μπαταρίας εκπομπού, τότε συνίσταται άμεση αλλαγή της.

5.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

- Κατάλληλο για μετρήσεις αποστάσεων έως 9 μέτρα
- Εύκολο στη χρήση με 2 διακόπτες
- Ενσωματωμένη LCD οθόνη

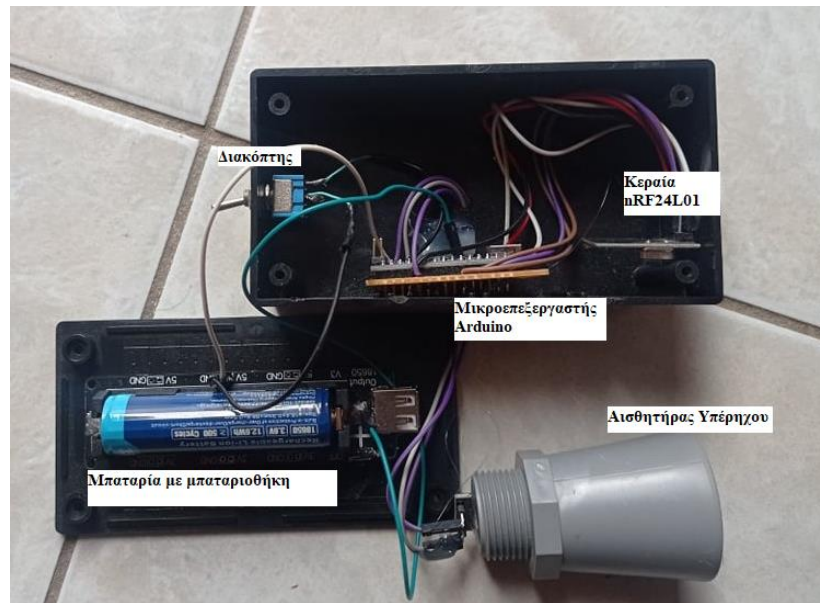
| Διαστάσεις | | |
|-----------------------|------|----|
| Ολικό μήκος Εκπομπού | (cm) | 15 |
| Ολικό πλάτος Εκπομπού | (cm) | 7 |
| Ύψος μονάδας Εκπομπού | (cm) | 4 |

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

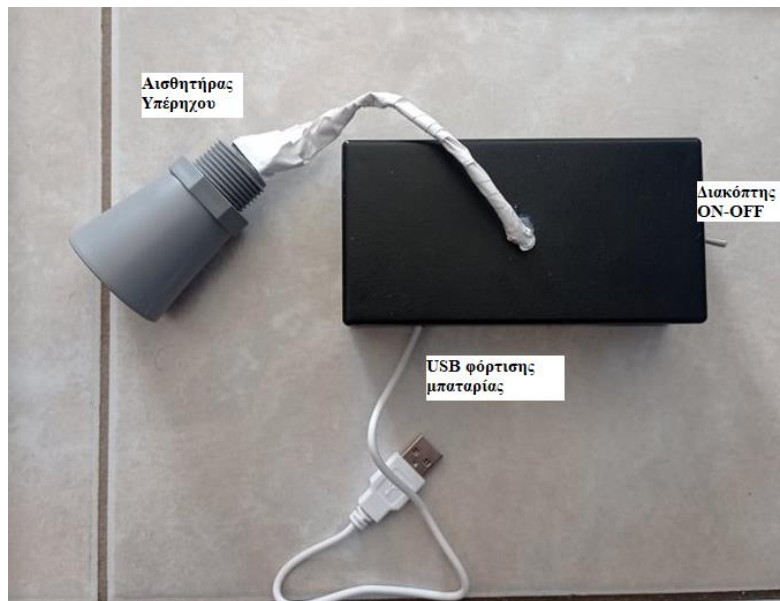
| | | |
|--------------------------------|-------|-------------|
| Μέγιστο Ύψος μονάδας αισθητήρα | (cm) | 16 |
| Ολικό μήκος Δέκτη | (cm) | 13 |
| Ολικό πλάτος | (cm) | 7 |
| Ολικό ύψος Εκπομπού | (cm) | 5 |
| | | |
| Αισθητήρες Απόστασης | | |
| Τύπος | | MB-7368 |
| Είδος αισθητήρα | | Υπερήχου |
| Εύρος μέτρησης | (m) | 0,60-9,99 |
| | | |
| Διασύνδεση | | |
| Είδος | | nRF24L01 |
| Μέγιστη απόσταση μέτρησης | (m) | 25 |
| | | |
| Τροφοδοσία | | |
| Είδος | | Micro-USB |
| Τάση | (V) | 5 |
| | | |
| Μπαταρία | | |
| Είδος | | Li-po 18650 |
| Χωρητικότητα | mAh | 2600 |
| Αυτονομία | hours | 100-115 |
| Κύκλοι | | 500 |

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

5.4 Τελική Κατασκευή εκπομπού

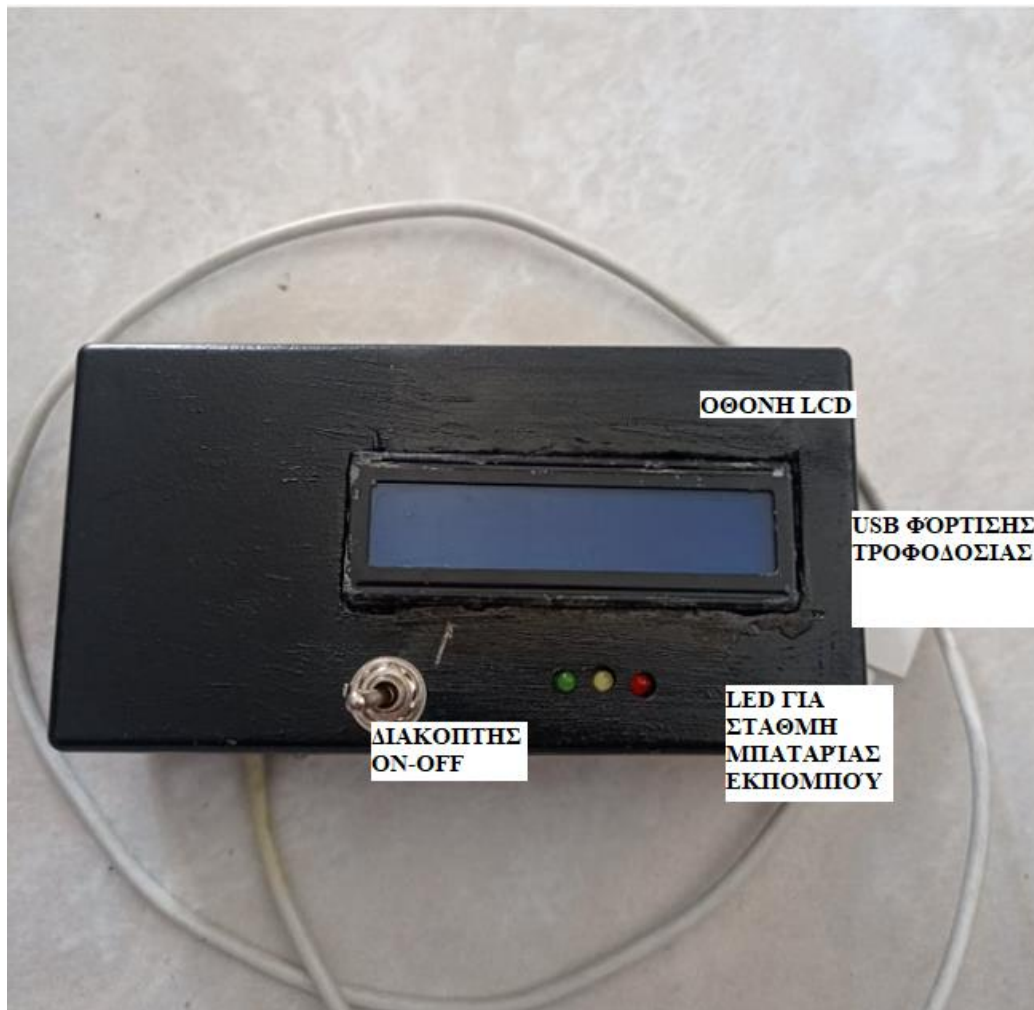


Εικόνα 31 Εσωτερικό κατασκευής εκπομπού



Εικόνα 32 Τελικό αποτέλεσμα κατασκευής εκπομπού

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino



Εικόνα 33 Τελικό αποτέλεσμα κατασκευής Δέκτη

6. Συμπέρασμα και μελλοντικές επεκτάσεις

Συμπερασματικά, ο εκπομπός σχεδιάστηκε ώστε να έχει αυτονομία περίπου 5 ημέρες σε συνθήκες δωματίου και οι μετρούμενες αποστάσεις να μη ξεπερνούν τα 9,2 μέτρα.

Ως προς τον δέκτη, έχει σχεδιαστεί να είναι εξαρτώμενο από τροφοδοσία. Ένα μειονέκτημα είναι η χαμηλή αυτονομία της μπαταρίας του, διότι το μεγαλύτερο μέρος καταναλώνεται στην οθόνη.

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

Έτσι η ενέργεια από τη μπαταρία δίνει μέτρηση σε κάποια τυχόν διακοπή ρεύματός μέγιστης διάρκειας μιάμιση με δύο μέρες.

Ως προς μελλοντικές επεκτάσεις ή και βελτιώσεις, να μην γίνει αλλαγή στον αισθητήρα, αλλά να βελτιώσουμε την ανάγκη για εξάρτηση από ενέργεια. Παρακάτω παραθέτω προτεινόμενες λύσεις.

Σε περίπτωση που η εφαρμογή βρίσκεται εκτός στεγασμένου χώρου, λύση στο ζήτημα της αυτονομίας θα μπορούσε να ήταν άμεση φόρτιση της μπαταρίας με ένα μικρό ηλιακό panel, ώστε να επιτύχουμε την αυτονομία κατά τη διάρκεια της νύχτας σε περίπτωση που θέλουμε μόνιμες ενδείξεις, αλλιώς μπορούμε να πετύχουμε φόρτιση με ένα απλό power bank.

Τέλος ακόμα μία προγραμματιστική επέκταση, θα μπορούσε να γίνεται αποστολή των τιμών του βάθους σε μία βάση δεδομένων και οι τιμές να λαμβάνονται μέσω εφαρμογής σε μία έξυπνη συσκευή.

7. Βιβλιογραφία - Πηγές

- [1] Φλόκα Αθ. Απ. Μαθήματα μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1992.
- [2] Morris A.S. Principles of measurement and instrumentation. Prentice Hall, New York, 1993.
- [3] Nicholas J.V., White David R.. Traceable Temperatures – An introduction to Temperature Measurement and Calibration. John Wiley and Sons, 1994.
- [4] Doebelin E.O. Measurement Systems Application and Design. McGraw-Hill International Editions, New York, 1990.
- [5] Webster G. J. The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook 1st Edition, New York, 1998
- [6] Shawn L. (2019). Types of Distance Sensors and How to Select One? Διαθέσιμο στο <https://www.seeedstudio.com/blog/2019/12/23/distance-sensors-types-and-selection-guide/> Ημ/νια πρόσβασης 23/12/2019.
- [7] Αρβανιτάκης Ι. (2018). Αισθητήρες απόστασης υπερήχων. Διαθέσιμο στο <https://ppf.edu.gr/hackers/archives/539>. Ημ/νια πρόσβασης 12/12/2018).
- [8] Leopold J. B. et al. (2010). “ Evaluation of Non-Nuclear Techniques for Well Logging: Technology Evaluation”, DOI:10.2172/1006309

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

[9] Panasonic Key Technologies. "Eyes" for Autonomous Mobile Robots - "3D LiDAR" Enables 3D Detection of Distances with Wide Angle of View (2017) Διαθέσιμο στο <https://news.panasonic.com/global/stories/2017/51251.html>. Ημ/νια πρόσβασης (04/10/2017).

[10] Kelemen M., Virgala I., et al. (2015) "Journal of Automation and Control, 2015, Vol. 3, No. 3, 71-74", DOI:10.12691/automation-3-3-6

[11] Zambetti N. (2021) A guide to Arduino & the I2C Protocol (Two Wire). Διαθέσιμο στο <https://docs.arduino.cc/learn/communication/wire>. Ημ/νια πρόσβασης 23/12/2021).

[12] Manoj R. (2016), Getting started with nRF24L01+. Διαθέσιμο στο <https://www.rhydolabz.com/wiki/?p=15956>. Ημ/νια πρόσβασης 14/05/2016)

[13] Long Range Sensing διαθέσιμο στο <https://www.maxbotix.com/tutorials2/long-range-sensing.htm>. Ημ/νια πρόσβασης: 7/2/2022)

8. Παραρτήματα

8.1 Παράρτημα 1: Φύλλο δεδομένων (Datasheet) του αισθητήρα MB7368


HRXL-MaxSonar® - WR/WRC™ Series

HRXL-MaxSonar® - WR/WRC™ Series ✓ RoHS COMPLIANT

High Resolution, Precision, IP67 Weather Resistant, Ultrasonic Range Finder
MB7334, MB7344, MB7354, MB7360, MB7363, MB7364, MB7366, MB7367, MB7369, MB7374, MB7380, MB7383, MB7384, MB7386, MB7387, MB7389

The HRXL-MaxSonar-WR/WRC sensor line is the most cost-effective solution for applications where precision range-finding, low-voltage operation, space saving, low-cost, and IP67 weather resistance rating is needed. This sensor component module allows users of other, more costly precision rangefinders to lower the cost of their systems without sacrificing performance. Additionally, this sensor line allows cost-sensitive designers to choose this precision sensor as a performance upgrade over other lower performance sensors.

The HRXL-MaxSonar-WR/WRC sensor line provides high accuracy and high resolution ultrasonic proximity detection and ranging in air, with an IP67 weather resistant rating. This sensor line features 1-mm resolution, target-size and operating-voltage compensation for improved accuracy, superior rejection of outside noise sources, internal speed-of-sound temperature compensation and optional external speed-of-sound temperature compensation. The HRXL-MaxSonar-WR/WRC models are available in 5-meter or 10-meter models. This ultrasonic sensor detects objects from 1-mm and ranges to objects from 30-cm to maximum range. Objects closer than 30-cm* are typically reported as 30-cm*. The interface output formats are pulse width, analog voltage, and digital serial in either RS232 (MB7360 series) or TTL (MB7380 series). Factory calibration is standard. *For select sensors this distance is 50-cm, refer to pages 5 and 6.*



| | | |
|---|---|---|
| <p>Precision Ultrasonic Range Sensing</p> <ul style="list-style-type: none"> Range-finding at a fraction of the cost of other precision rangefinders Reading-to-reading stability of 1-mm at 1-meter is typical¹ Accuracy is factory-matched providing a typical accuracy of 1% or better^{1,2} Compensation provided for target size variation and operating voltage range Internal temperature compensation is standard Optional external temperature compensation Determines range to largest object (MB7369, MB7389) Determines range to first detectable object (MB7360, MB7363, MB7364, MB7366, MB7367, MB7380, MB7383, MB7384, MB7386, MB7387) Excellent clutter rejection Additional chemical resistance available⁹ <p>Very Low Power Requirements</p> <ul style="list-style-type: none"> Wide, low supply voltage requirements eases battery powered design Low current draw reduces current drain for battery operation Fast first reading after power-up eases battery requirements Very low-power rangefinder, excellent for multiple sensor or battery based systems | <p>Easy to use Component Module</p> <ul style="list-style-type: none"> Gracefully handles other ultrasonic sensors⁸ Stable and reliable range readings and excellent noise rejection make the sensor easy to use for most users Easy to use interface with distance provided in a variety of outputs Target size compensation provides greater consistency and accuracy Sensor automatically handles acoustic noise^{2,4} Small and easy to mount Calibrated sensor eliminates most sensor to sensor variations <p>Range Outputs</p> <ul style="list-style-type: none"> Pulse width, 1uS/mm resolution Analog Voltage, 5-mm resolution (5-meter sensors) Analog Voltage, 10-mm resolution (10-meter sensors) Serial, 1-mm resolution Available in RS232 (MB7360 series) or TTL (MB7380 series) <p>General Characteristics</p> <ul style="list-style-type: none"> Low cost ultrasonic rangefinder Sensor dead zone virtually gone¹ Detection out to 5-meters or 10-meters Resolution of 1-mm Distance sensor from 30-cm to 5-meters or 50-cm to 10-meters based on model Excellent² Mean Time Between Failure (MTBF) | <ul style="list-style-type: none"> Triggered operation yields real-time range data Free run operation with superior noise rejection³ Operating temperature range from -40°C to +65°C Operating voltage from 2.7V to 5.5V Nominal current draw of 2.3mA at 3.3V, and 3.1mA at 5V IP67 Rated <p>Applications & Uses</p> <ul style="list-style-type: none"> Grain sensor⁵ Tank level measurement⁶ Weather station monitoring⁷ Bin level measurement Corn and grain level measurement⁵ Proximity zone detection People detection Robot ranging sensor Long range object detection Environments with acoustic and electrical noise Height monitors Auto sizing Box dimensions Automated factory systems This product is not recommended as a device for personal safety <p>Notes:</p> <p>¹ Refer to section that compares WR to WRC on page 4</p> <p>² Users are encouraged to evaluate the sensor performance in their application</p> <p>³ Reference pages 8-9 for part specific timing information by design</p> <p>⁴ MB7363 or MB7383 is the recommended sensor</p> <p>⁵ MB7369 or MB7389 is the recommended sensor</p> <p>⁶ MB7354 or MB7374 is the recommended sensor</p> <p>⁷ See page 7 for multi-sensor operation</p> <p>⁸ F-Option provides additional protection from hazardous chemical environments</p> |
|---|---|---|

MaxBotix® Inc.
Copyright 2005 - 2012 MaxBotix Incorporated
 Patent 7,679,996

MaxBotix Inc., products are engineered and assembled in the USA.

Page 1
 Web: www.maxbotix.com
 PD11500g

HRXL-MaxSonar® - WR/WRC™ Series

HRXL-MaxSonar-WR Circuit

The sensor functions using a variety active components which create an excellent ultrasonic sensor solution. The schematic is shown to provide the user with detailed connection information.

HRXL-MaxSonar-WR Pin Out

Pin 1- Temperature Sensor Connection: Leave this pin unconnected if an external temperature sensor is not used. For best accuracy, this pin is optionally connected to the HR-MaxTemp temperature sensor. Some additional information for the temperature sensor can be found on page 7 of the datasheet.

Pin 2- Pulse Width Output: This pin outputs a pulse width representation of the distance with a scale factor of $1\mu\text{s}$ per mm. The pulse width output is sent with a value within 0.5% of the serial output.

Pin 3- Analog Voltage Output: This pin outputs a single ended analog voltage scaled representation of the distance. This output is referenced to the sensor ground and V_{cc} . After the $\sim 50\text{mS}$ power up initialization, the voltage on this pin is set to a low voltage. Once the sensor has completed a range reading the voltage on this pin is set to the voltage corresponding to the latest measured distance.

The 5-meter sensors (MB7360, MB7364, MB7367, MB7369, MB7380, MB7384, MB7387, and MB7389) use a scale factor of $(V_{cc}/5120)$ per 1-mm. The distance is output with a 5-mm resolution. The analog voltage output is typically within $\pm 5\text{-mm}$ of the serial output.

The 10-meter sensors (MB7363, MB7366, MB7383, and MB7386) use a scale factor of $(V_{cc}/10240)$ per 1-mm. The distance is output with a 10-mm resolution. The analog voltage output is typically within $\pm 10\text{-mm}$ of the serial output.

Using a 10-bit analog to digital converter with the 5-meter sensors, one can read the analog voltage counts (i.e. 0 to 1023) directly and just multiply the number of counts in the value by 5 to yield the range in mm. For example, a converted value of 60 corresponds to 300-mm (where $60 \times 5 = 300$), and 1000 counts corresponds to 5,000-mm (where $1000 \times 5 = 5,000\text{-mm}$).

Using a 10-bit analog to digital converter with the 10-meter sensors, one can read the analog voltage counts (i.e. 0 to 1023) directly and just multiply the number of counts in the value by 10 to yield the range in mm. For example, 30 counts corresponds to 300-mm (where $30 \times 10 = 300$), and 1000 counts corresponds to 10,000-mm (where $1000 \times 10 = 10,000\text{-mm}$).

Pin 4- Ranging Start/Stop: This pin is internally pulled high. If this pin is left unconnected or held high, the sensor will continually measure and output the range data. If held low, the HRXL-MaxSonar-WR will stop ranging. Bring high for 20 μs or longer to command a range reading.

Filtered Range Data: When pin 4 is left high on the sensors, the sensors will continue to range. The data that is output includes a filter for increased accuracy. The sensors will output the range based on recent range information. The filter does not affect the speed at which data is made available to the user but instead allows for more consistent range information to be presented. For sensor specific timing and filter information refer to pages 8 and 9.

Real-time Range Data: When pin 4 is low and then brought high, the sensor will operate in real time and the first reading output will be the range measured from this first commanded range reading. When the sensor tracks that the RX pin is low after each range reading, and then the RX pin is brought high, unfiltered real time range information can be obtained. For timing information please refer to pages 8 and 9.

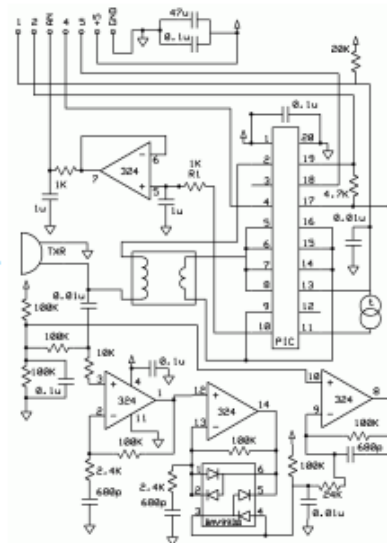
Pin 5-Serial Output: The MB736X sensors have an RS232 data format (with 0V to V_{cc} levels) and the MB738X sensors have a TTL outputs. The output is an ASCII capital "R", followed by four ASCII character digits representing the range in millimeters, followed by a carriage return (ASCII 13). The maximum range reported is 4999 mm (5-meter models) or 9998 mm (10-meter models). A range value of 5000 or 9999 corresponds to no target being detected in the field of view.

The serial data format is 9600 baud, 8 data bits, no parity, with one stop bit (9600-8-N-1).

Because the data is presented in a binary data format, the serial output is most accurate .

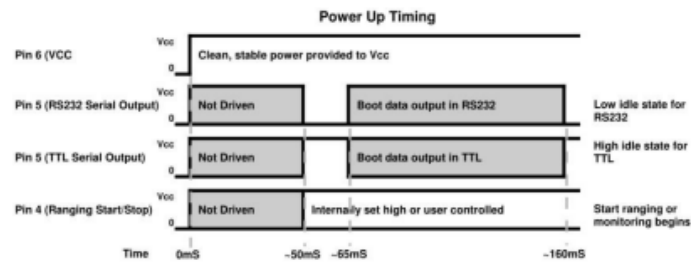
V+ Pin 6 - Positive Power, V_{cc} : The sensor operates on voltages from 2.7V - 5.5V DC. For best operation, the sensor requires that the DC power be free from electrical noise. (For installations with known dirty electrical power, a 100 μF capacitor placed at the sensor pins between V+ and GND will typically correct the electrical noise.)

GND Pin 7 – Sensor ground pin: DC return, and circuit common ground.

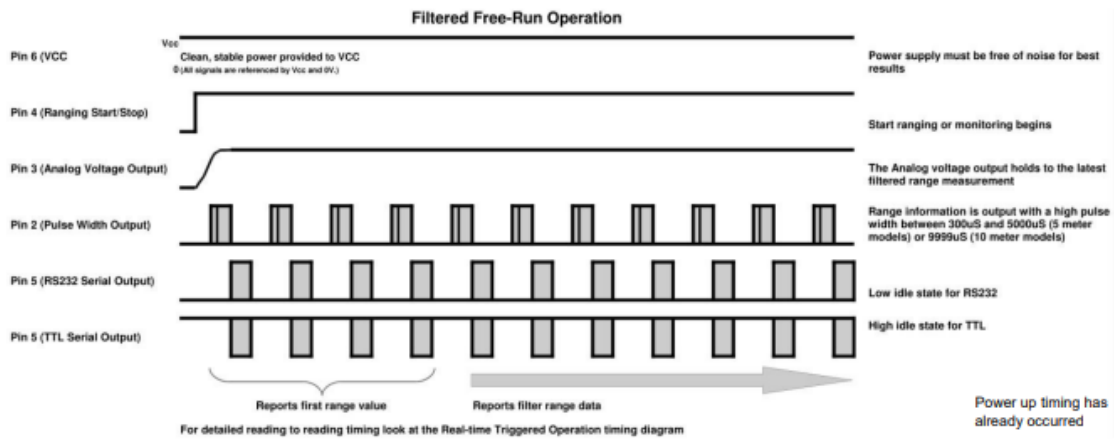


Sensor Timing Diagrams

Power Up Timing



Sensor Free-Run Timing



| Product | Maximum Refresh Rate | Free Run Filter | Pulse Width Reported | Serial Data Reported | Pin 4 Brought Low | End of Range Cycle |
|--------------------------------|----------------------|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| MB7360, MB7367, MB7380, MB7387 | 7.5 Hz | 1.5Hz | ~118mS | ~123mS | ~132mS | ~133mS |
| MB7369 and MB7389 | 6.67Hz | 1.33Hz | ~135mS | ~140mS | ~147mS | ~148mS |
| MB7363, MB7366, MB7383, MB7386 | 6Hz | 1.2Hz | ~148mS | ~158mS | ~165mS | ~166mS |
| MB7368 and MB7388 | 5.56Hz | 1.11Hz | ~163mS | ~173mS | ~180mS | ~181mS |
| MB7375 and MB7395 | 6.33Hz | 1.26Hz | ~148mS | ~150mS | ~157mS | ~158mS |

When operating in free run mode, the HRXL-MaxSonar-WR sensors are designed to be used in a variety of outdoor, industrial, or indoor environments. Many acoustic noise sources will have little to no effect on the reported range of the HRXL-MaxSonar-WR sensors¹. Most range readings are accurately reported¹. If the range readings are affected, the effect is typically less than 5-mm¹. This allows users to employ real-time ultrasonic distance sensing without the need for additional supporting circuitry or complicated user software.

The HRXL-MaxSonar-WR use an internal filter to process range data. This filter improves the sensor's performance for accuracy, noise rejection, and reading to reading stability. The filtering in the free-run operation also permits additional acoustic and electrical noise tolerance.

On the HRXL-MaxSonar-WR sensors, when pin 4 is left high, the sensor will continue to range, the data output includes a filter for increased accuracy in environments with acoustic noise. The HRXL-MaxSonar-WR sensors will output the range based on recent range information. The filter does not affect the speed at which data is made available to the user but instead allows for more consistent range information to be presented.

MB7368-MB7388 HRXL-MaxSonar®-WRML™ Beam Pattern and Uses

The HRXL-MaxSonar-WRML sensors are a long range, most 10 meter ultrasonic sensor with advance filtering that ranges to targets with the largest ultrasonic reflection, while ignoring smaller clutter.

MB7368-1XX MB7388-1XX

HRXL-MaxSonar®-WRML/WRMLT™ Beam Pattern

Sample results for measured beam pattern are shown on a 30-cm grid. The detection pattern is shown for dowels of varying diameters that are placed in front of the sensor.

A 6.1-mm (0.25-inch) diameter dowel

B 2.54-cm (1-inch) diameter dowel

C 8.89-cm (3.5-inch) diameter dowel

Partial Detection

5.0V

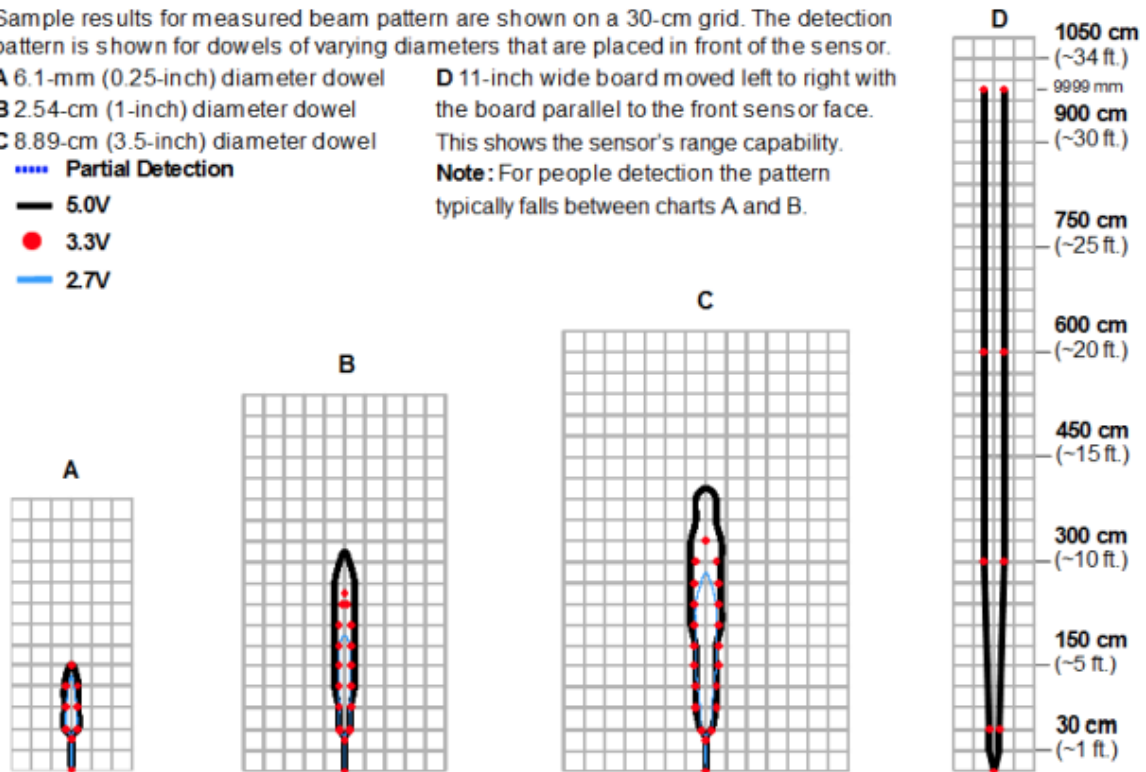
3.3V

2.7V

D 11-inch wide board moved left to right with the board parallel to the front sensor or face.

This shows the sensor's range capability.

Note: For people detection the pattern typically falls between charts A and B.



Beam Characteristics are Approximate

Beam Pattern drawn to a 1:95 scale for easy comparison to our other products.

MB7368-MB7388

Features and Benefits

- Factory calibrated beam width
- Low operating voltages from 2.7V to 5.5V
- All range outputs are active simultaneously
- 10 meter range to large targets

MB7368-MB7388

Applications and Uses

- Bin Level Measurement
- Tank Level Measurement
- Long Range Measurement

Παράρτημα 2: Κώδικας Εκπομπής Arduino

```
#include <SPI.h>
#include "RF24.h" //Καλούνται βιβλιοθήκες για την nRF24L01
#include <LowPower.h> // Καλείται βιβλιοθήκη για έλεγχο κατανάλωσης arduino
#define sensorPin 2 //Δημιουργία μεταβλητής για την ψηφιακή θύρα 2
float distance = 0; //Αρχικοποίηση της απόστασης απο την τιμή 0
float duration = 0; // Αρχικοποίηση της διάρκειας του παλμού αισθητήρα με τη
τιμή 0
RF24 myRadio (7, 8); //CE,CSN
byte addresses[][6] = {"0"}; //Δημιουργία αλληλουχίας Bytes η οποία
αντιπροσωπεύει την διεύθυνση ή αλλιώς τον δίαυλο επικοινωνίας
struct package //Δημιουργία πακέτου που περιέχει τις μεταβλητές τιμές
Απόστασης και Volt για τη μπαταρία)
{
    float distance = 0;
    int voltage = 0;
};
typedef struct package Package;
Package data;

void setup()
{
    CLKPR = 0x80; // (1000 0000) enable change in clock frequency
    CLKPR = 0x02; // (0000 0001) use clock division factor 2 to reduce the
frequency from 16 MHz to 8 MHz
    pinMode(sensorPin, INPUT); //Τίθεται Ψηφιακή θύρα 2 ως είσοδος για τον
αισθητήρα
    Serial.begin(115200);
    myRadio.begin(); //Αρχικοποίηση του αντικειμένου
    myRadio.setChannel(115); //Χρήση καναλιού 115, να προτιμάται κανάλι το
οποίο να μην χρησιμοποιείται απο το Wifi του χώρου
    myRadio.setPALevel(RF24_PA_MIN); //Δείκτης που συνδυάζει εμβέλεια της
κεραίας αλλά και της κατανάλωσης της
    myRadio.setDataRate( RF24_250KBPS ) ; //Ορισμός ταχύτητα ρυθμού μετάδοσης
δεδομένων
    myRadio.openWritingPipe( addresses[0]); //Άνοιγμα διαύλου επικοινωνίας ως
εκπομπός
    delay(10);
}

void loop()
{
    duration = pulseIn(sensorPin, HIGH); //Ανάγνωση της διάρκειας των παλμών απο
την θύρα 2
    distance = duration;
    int sensorValue = analogRead(A1); //Ανάγνωση απο την σειριακή θύρα 0 την
τιμή της μπαταρίας
    float voltage = sensorValue;

    Serial.print("\nDistance:"); // Εμφάνιση στη σειριακή θύρα τις τιμές που
κατέγραψε ο αισθητήρας για διαγνωστικούς λόγους
    Serial.print("\n");
}
```

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

```
Serial.print(data.distance*2); //Ο πολλαπλασιασμός Τέσσερεις φορές γίνεται
διότι προηγουμένος αναφέρθηκε ότι ο επεξεργαστής λειτουργεί με 4 φορές
χαμηλότερη συχνότητα και έχω τιμές κατα 4 φορές χαμηλότερη απο την κανονική
Serial.print("\nVoltage:");
Serial.print("\n");
Serial.println(data.voltage*5/1023.0); //Στην περίπτωση της αναλογικής
ανάγνωσης, δέν έχουμε παρατηρήσει να επηρεάζεται ο αναλογοψηφιακός
μετατροπέας απο την ταχύτητα επεξεργαστή
data.distance = distance; //μετατροπή των τιμών σε μεταβλητή πακέτου
data.voltage = voltage;
myRadio.write(&data, sizeof(data)); // Καταγραφή των δεδομένων στο πακέτο
που δημιουργήθηκε

LowPower.idle(SLEEP_8S, ADC_OFF, TIMER2_OFF, TIMER1_OFF, TIMER0_OFF,
              SPI_OFF, USART0_OFF, TWI_OFF); //Κλείνουν για ορισμένο χρόνο
κάποια μέρη του Arduino για εξοικονόμηση σημαντικής ενέργειας

delay(500); //χρόνος οπου τα παραπάνω μέρη είναι ενεργά

delay(192);

}
```

Παράρτημα 3: Κώδικας λήψης Arduino

```
#include <SPI.h>
#include "RF24.h" //Καλούνται βιβλιοθήκες για την nRF24L01
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Καλούνται βιβλιοθήκες για την LCD I2C
#define red 5 //Θέτω την Ψηφιακή θύρα 5 ως θύρα για το LED χρώματος
κοκκινο
#define yellow 4 //Θέτω την Ψηφιακή θύρα 4 ως θύρα για το LED χρώματος
κίτρινο
#define green 3 //Θέτω την Ψηφιακή θύρα 3 ως θύρα για το LED χρώματος
πράσινο
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //0x27 είναι η ψηφιακή διεύθυνση για την
LCD, 16 οι στήλες 2 οι γραμμές
RF24 myRadio (7, 9); //CE,CSN
struct package //Δημιουργία πακέτου που περιέχει τις μεταβλητές τιμές
Απόστασης και Volt για τη μπαταρία)
{
    float distance =0.0;
    int voltage = 0.0;
};
byte addresses[][6] = {"0"};
typedef struct package Package;
Package data;

void setup()
{
```

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

```
//CLKPR = 0x80; //(1000 0000) enable change in clock frequency
// CLKPR = 0x02; //(0000 0001) use clock division factor 2 to reduce the
frequency from 16 MHz to 8 MHz
pinMode(red,OUTPUT); //θέτω τα led σαν έξοδο
pinMode(yellow,OUTPUT);
pinMode(green,OUTPUT);
Serial.begin(115200);
delay(192/4);

lcd.init(); //Αρχικοποίηση της LCD
lcd.init();
lcd.backlight(); //θετω το φως περιβάλλοντος
lcd.setCursor(0,0); //Τοποθετώ τον κέρσορα στο αρχικό σημείο (πάνω
αριστερά)
myRadio.begin(); //Αρχικοποίηση του αντικειμένου
myRadio.setChannel(115); //Χρήση καναλιού 115, να προτιμάται κανάλι το
οποίο να μην χρησιμοποιείται απο το Wifi του χώρου
myRadio.setPALevel(RF24_PA_MAX); //Δείκτης που συνδυάζει εμβέλεια της
κεραίας αλλά και της κατανάλωσης της
myRadio.setDataRate( RF24_250KBPS ); //Ορισμός ταχύτητα ρυθμού μετάδοσης
δεδομένων
myRadio.openReadingPipe(1, addresses[0]); //Άνοιγμα διαύλου επικοινωνίας ως
δέκτης μηνυματος
myRadio.startListening();
}
void loop()
{

if ( myRadio.available() ) // Αρχή λήψης του μηνύματος
{
while (myRadio.available())
{
myRadio.read( &data, sizeof(data) );
}
Serial.print("\nDistance:");
Serial.println(data.distance);
Serial.print("\nBattery Voltage:");
Serial.println(data.voltage);
float Mvoltage=data.voltage*(5/1023.0); //Εκτύπωση στη σειριακή το μήνυμα
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Battery ");
lcd.print(Mvoltage);
lcd.print("V"); // //Εκτύπωση στη LED το μήνυμα

if(Mvoltage<3.0){ //Εκκίνηση σεναρίου για τη στάθμη της μπαταρίας
digitalWrite(red,HIGH); //Εάν η μπαταρία είναι κάτω από 3 Volt τότε ανάβει
κόκκινο
digitalWrite(yellow,LOW);
digitalWrite(green,LOW);
}
if(Mvoltage>3.0 && Mvoltage<3.7){ // 2ο Σενάριο
digitalWrite(red,LOW); //Εαν είναι η μπαταρία 3-3,7 volt, τότε ανάβει
κίτρινο
digitalWrite(yellow,HIGH);
digitalWrite(green,LOW);
}
}
```

Εξ' αποστάσεως παρακολούθηση της στάθμης υγρών σε κλειστές δεξαμενές Νοσηλευτικών Ιδρυμάτων χρησιμοποιώντας Arduino

```

if(Mvoltage>3.7){ // 3ο Σενάριο
  digitalWrite(red,LOW); //Εαν η μπαταρία είναι πάνω απο 3,7 Volt τότε αναβει
κόκκινο
  digitalWrite(yellow,LOW);
  digitalWrite(green,HIGH);
}
  lcd.setCursor(0,1); // Τοποθετώ τον κέρσορα στη πρώτη στήλη και 2η γραμμή

  if(((data.distance*4/1000))<0.60){ // 1ο Σενάριο στάθμης
    lcd.print("FULL"); // Αν η στάθμη είναι κάτω απο 60εκ απο τον αισθητήρα,
η LCD τυπώνει πλήρες
  }
  else if(((data.distance*4/1000)) > 0.6 && data.distance*4/1000<9.20){ //
2ο Σενάριο στάθμης
    lcd.print("Depth "); // Αν η στάθμη είναι 0,61εκ - 9,2μέτρα
απο τον αισθητήρα,
    lcd.print(data.distance*4/1000); //τυπώνει η LCD την απόσταση
    lcd.print("m");
  }
  else if(((data.distance*4)) > 9210){ // Τελευταίο σενάριο
    lcd.print("Depth Over 9.2m "); // αν ξεπεράσει τα 9,2 μέτρα, δηλωνει οτι
η στάθμη είναι
  } // πάνω απο 9,2μέτρα
  delay(192/4);
}
}

```

Παράρτημα 3: Συντελεστές μείωσης συχνότητας ρολογιών

| CLKPS3 | CLKPS2 | CLKPS1 | CLKPS0 | Clock Division Factor | Frequency |
|--------|--------|--------|--------|-----------------------|-----------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 16 MHz |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 8 MHz |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 4 MHz |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 8 | 2 MHz |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 16 | 1 MHz |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 32 | 500 kHz |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 64 | 250 kHz |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 128 | 125 kHz |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 256 | 62.5 kHz |