



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Σχεδιασμός μηχανολογικού συστήματος ελέγχου
ποσότητας καυσίμου αυτοκινήτου»

Του Αυγουστιανού Π. Ιωάννη

ΕΠΙΒΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Παναγιωτάτος Γεράσιμος

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	5
Περίληψη.....	7
Summary.....	9
Εισαγωγή.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Αισθητήρες.....	13
1.1 Αισθητήρες.....	15
1.2 Επιλογή Αισθητήρα.....	16
1.3 Αισθητήρας για τον έλεγχο στάθμης της διάταξης.....	17
1.3.1 Αισθητήρας υπερήχων HC-SR04.....	17
1.3.2 Αισθητήρας σε μορφή ταινίας Milone Technologies SEN-10221	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Μηχανολογική Διάταξη.....	21
2.1 Υλικά και εργαλεία κατασκευής μονάδας.....	23
2.2 Εφαρμογή τοποθέτησης σε πλαστικό δοχείο.....	29
2.3 Εφαρμογή τοποθέτησης σε πραγματικό δοχείο καυσίμων.....	32
2.4 Συνδεσμολογία πλακέτας Arduino Uno Rev3.....	36
2.5 Βαθμονόμηση αισθητήρα στάθμης.....	41
2.6 Μηχανολογικά σχέδια διάταξης.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Προγραμματισμός.....	47
3.1 Προγραμματισμός Μονάδας.....	49
3.2 Επιλογή γλώσσας προγραμματισμού.....	49
3.3 Arduino®.....	50
3.4 Μέρη πλακέτας Arduino Uno Rev3.....	51
3.5 Συμπεράσματα.....	53
3.5 Κώδικας προγραμματισμού διάταξης.....	55
3.6 Περιγραφή λειτουργίας προγράμματος.....	64
Βελτιώσεις και μελλοντική εξέλιξη διάταξης.....	73
Συμπεράσματα.....	75
Βιβλιογραφικές αναφορές.....	77
Πίνακας εικόνων.....	80

Πρόλογος

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και αναφέρεται στη χρήση αισθητήρων για τη δημιουργία μιας διάταξης εισροής-εκροής καυσίμου στη δεξαμενή καυσίμων μιας μηχανής εσωτερικής καύσης.

Αρχικά θα γίνει μια ανάλυση όσον αφορά τους αισθητήρες και συγκεκριμένα τους αισθητήρες στάθμης καθώς και για τον προγραμματισμό αυτών. Έπειτα θα αναλυθεί πολύπλευρα ο τρόπος κατασκευής της διάταξης τόσο προγραμματιστικά όσο και μηχανολογικά.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γεράσιμο Παναγιωτάτο του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών για την πολύτιμη βοήθεια του στην καθοδήγηση για την συγγραφή της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας αλλά και για την συμβολή του στην προσωπική μου εξέλιξη όσον αφορά στην οργάνωση και στον τρόπο προσέγγισης ενός επιστημονικού προβληματισμού.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην μελέτη και την κατασκευή μιας μηχαντρονικής διάταξης που ελέγχει την εισροή και την εκροή καυσίμου σε μια δεξαμενή καυσίμων.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική αναφορά στους αισθητήρες και έπειτα στην επιλογή και στην αιτιολόγηση των αισθητήρων που χρησιμοποιήθηκαν στην μηχαντρονική διάταξη που μελετάται.

Το δεύτερο κεφάλαιο η πτυχιακή εργασία προσανατολίζεται στο μηχανολογικό και κατασκευαστικό μέρος της διάταξης. Συγκεκριμένα, αναλύεται ο τρόπος που τοποθετούνται τα εξαρτήματα που αποτελούν τη διάταξη τόσο σε πλαστικό δοχείο δοκιμών όσο και σε πραγματική δεξαμενή καυσίμων. Επιπλέον αναλύεται ο τρόπος σύνδεσης των εξαρτημάτων καθώς και η βαθμονόμηση του αισθητήρα στάθμης. Τέλος, παρουσιάζεται ένα μηχανολογικό σχέδιο για το κάθε εξάρτημα ώστε να απεικονιστούν σχηματικά όλα όσα αναφέρονται.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μία ανάλυση όσον αφορά τον προγραμματισμό της μονάδας και το λογισμικό που χρησιμοποιείται. Επιπλέον αναφέρεται ο κώδικας προγραμματισμού που συντάχθηκε καθώς και η αναλυτική λειτουργία της διάταξης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά σε προσθήκες που μπορούν να εφαρμοστούν στη διάταξη καθώς και η προτεινόμενη μελλοντική εξέλιξη της μονάδας.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύονται συμπεράσματα για το σύνολο της πτυχιακής εργασίας τόσο στο θεωρητικό και πρακτικό κομμάτι όσο και για τη σύνδεση των επιστημών όπου χρειάστηκαν ώστε να φτάσει στο τελικό αποτέλεσμα.

Summary

This diploma thesis refers to the study and construction of a mechatronics device that controls the inflow and outflow of fuel in a fuel tank.

The development of the theme is done in five chapters. In the first chapter there is a general reference to the sensors and then to the selection and justification of the sensors used in the Mechatronics device being studied.

The second chapter of the diploma thesis is oriented towards the mechanical and constructional part of the layout. In particular, it analyses the way in which components forming the device in both a plastic test container and a real fuel tank are placed. In addition, the method of connection of the components and the calibration of the level sensor is analyzed. Finally, a mechanical design is presented for each component in order to visualize everything that is mentioned.

In the third chapter, an analysis is made regarding the programming of the unit and the software used. In addition, the programming code drawn up and a detailed function of the layout are mentioned.

The fourth chapter makes a reference to additions that can be applied to the layout as well as the proposed future development of the unit.

In the fifth chapter, conclusions are analyzed for the whole thesis on both the theoretical and practical part and the connection of the sciences where it was needed to reach the final result.

Εισαγωγή

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά τη μελέτη και το σχεδιασμό μιας μονάδας για το χώρο αποθήκευσης καυσίμου σε ένα αυτοκίνητο. Η μονάδα αυτή αναλαμβάνει την μέτρηση ποσότητας καυσίμου κάθε δεδομένη στιγμή καθώς και την μέτρηση της εισαχθείσας ποσότητας καυσίμου μετά το πέρας του ανεφοδιασμού. Επιπλέον, η διάταξη θα έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει την κατανάλωση καυσίμου εκφρασμένη σε λίτρα ανά εκατό χιλιόμετρα (Lt/100Km) ανάλογα με τα χιλιόμετρα που θα εισάγει ο χρήστης.

Αρχικός στόχος ήταν η ενημέρωση του χρήστη για την ακριβή ποσότητα εκροής-εισροής καυσίμου από και προς τη δεξαμενή καυσίμων με ψηφιοποιημένους χαρακτήρες και όχι με αναλογικό δείκτη. Το σύνολο των οχημάτων που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά δεν περιέχουν κάποια διάταξη ή κάποιο μετρητή που να δείχνει την ακριβή ποσότητα καυσίμου σε κάποια μονάδα μέτρησης (για παράδειγμα λίτρα) παρά μόνο με αναλογικούς δείκτες μέτρησης που δείχνουν προσεγγιστικά την ποσότητα καυσίμου όπως $\frac{3}{4}$ της χωρητικότητας ή 4 από 10 στήλες καύσιμο. Για αυτό το λόγο γεννήθηκε η ιδέα του σχεδιασμού και της δημιουργίας μιας μονάδας η οποία θα υπολογίζει με ακρίβεια την ποσότητα καυσίμου σε μια δεξαμενή.

Η έμπνευση για τη δημιουργία αυτής της μονάδας προήλθε αρχικά για τον έλεγχο και τη σύγκριση της ακριβούς ποσότητας καυσίμου που εισέρχεται στο αυτοκίνητο κατά τον ανεφοδιασμό από τον μετρητή που υπάρχει μέσα στη μονάδα και τον μετρητή που υπάρχει στο σταθμό ανεφοδιασμού. Πολλές φορές έχουν έρθει στη δημοσιότητα άρθρα τα οποία αναφέρονται σε πρατήρια υγρών καυσίμων όπου εξαπατώνται καταναλωτές τόσο για την ποιότητα των καυσίμων που αγοράζουν όσο και για την ποσότητα.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζει μια πλήρη μηχανική διάταξη όπου δίνει λύση σε αυτό το πρόβλημα και συγκεκριμένα όσον αφορά την ποσότητα καυσίμου που αγοράζει ο καταναλωτής μέσω της ακριβούς μέτρησης ποσότητας καυσίμου που εισέρχεται στη δεξαμενή του αυτοκινήτου. Έτσι ο χρήστης θα μπορεί να ελέγχει την ποσότητα που δείχνει ο μετρητής του σταθμού ανεφοδιασμού, να συγκρίνει με την ποσότητα που αναφέρει η διάταξη ότι εισήλθε στη δεξαμενή και τέλος να αντιλαμβάνεται εάν η ποσότητα που αγοράζει είναι η πραγματική. Ο έλεγχος της ποιότητας των καυσίμων απαιτεί υψηλή τεχνογνωσία και μέσα, για παράδειγμα

προσδιορισμός πυκνότητας, χρήση οκτανιομέτρου, χρήση μοριακού ιχνηθέτη και άλλα, τα οποία δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα αυτοκίνητο ιδιωτικής χρήσης.

Στη δεξαμενή αποθήκευσης καυσίμου θα βρίσκεται η κατάλληλα προσαρμοσμένη διάταξη που θα υπολογίζει με ακρίβεια την ποσότητα που εισήλθε κατά τον ανεφοδιασμό και με τη διαφορά της ποσότητας που προϋπήρχε θα εξάγει το αποτέλεσμα, δηλαδή την ποσότητα πλήρωσης. Επιπλέον, η συγκεκριμένη μονάδα κατασκευάστηκε και για τον ακριβή έλεγχο της ποσότητας κατανάλωσης καυσίμου. Ο έλεγχος αυτός θα πραγματοποιείται από τη μέτρηση μείωσης καυσίμου στη δεξαμενή συναρτήσει των διανυθέντων χιλιομέτρων και με κατάλληλους υπολογισμούς θα απορρέει η τιμή της κατανάλωσης, (το γνωστό Trip Computer). Τα αποτελέσματα αυτά θα προκύπτουν από τη χρήση αισθητήρων στάθμης. Η χρήση των αισθητήρων για την παρούσα διάταξη είναι μονόδρομος καθώς είναι τα μόνα μέσα όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να εξαγάγουμε ρεαλιστικό αποτέλεσμα.

Αξιολογώντας λοιπόν αθροιστικά τους αισθητήρες για αυτή τη διάταξη συμπεραίνουμε τα παρακάτω πως η τοποθέτηση τους είναι εύκολη και απλή στο περιβάλλον που αναφερόμαστε, τα αποτελέσματα μέτρησης είναι επαρκώς ακριβή, οι δυνατότητες που μας δίνουν είναι πολλές και συγκριτικά με το κόστος αγοράς τους είναι η βέλτιστη επιλογή καθώς με μηχανικό τρόπο μέτρησης δεν θα είχαμε το ζητούμενο αποτέλεσμα που δεν είναι άλλο από την ακρίβεια των μετρήσεων.

Η χρήση των αισθητήρων έδωσε λύση σε πολλά προβλήματα που παρουσιάστηκαν στην πορεία. Βασικότερο πρόβλημα ήταν η εύρεση μιας μετρητικής μονάδας όπου θα έχει μεγάλη ακρίβεια (δύο τουλάχιστον δεκαδικών ψηφίων) με σκοπό την όσο δυνατόν ακριβέστερη μέτρηση ποσότητας καυσίμου. Επιπλέον επειδή το περιβάλλον τοποθέτησης αλλά και λειτουργίας βρίσκεται σε διαρκή κίνηση θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν εξαρτήματα τα οποία θα προσαρμόζονταν σε αυτές τις συνεχείς αλλαγές κατάστασης. Για τα παραπάνω προβλήματα που αναφέρθηκαν κατά το σχεδιασμό της διάταξης, αντιλαμβανόμαστε πως η χρήση αισθητήρων ήταν μονόδρομος, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

Ο σκοπός δημιουργίας της μονάδας είναι να έχει ο χρήστης του οχήματος τον πλήρη έλεγχο του βασικότερου χαρακτηριστικού κίνησης, όσον αφορά την οικονομία, που δεν είναι άλλο παρά το καύσιμο. Η μονάδα αυτή είναι απαραίτητη τόσο για σύγχρονα αυτοκίνητα, καθώς περιέχουν Trip Computer αλλά όχι σύστημα εισροής-εκροής καυσίμου όσο και για τα παλαιού τύπου αυτοκίνητα που δεν περιέχουν κανένα από τα δύο χαρακτηριστικά λειτουργίας που διαθέτει η μονάδα.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

1.1 Αισθητήρες

Αισθητήρας είναι μία συσκευή όπου μετρά ένα φυσικό μέγεθος και το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα, δηλαδή σε μία συγκεκριμένη τάση ή συγκεκριμένο ρεύμα. Ένας αισθητήρας μπορεί να μετρήσει την θερμοκρασία, την απόσταση, την υγρασία στο περιβάλλον, την κλίση στο έδαφος, την ένταση ή τάση του



Εικόνα 1-1 Αισθητήρες

ρεύματος και λοιπά. Οι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια απλή ενημέρωση υπαρχουσών συνθηκών (πχ ποσό ηλιακής ακτινοβολίας στις 14:00 το μεσημέρι) ή να ενημερώνουν μία βάση δεδομένων για συνεχή έλεγχο (πχ. μεταβολή εσωτερικής θερμοκρασίας σε ψυγείο φαρμάκων).

Οι αισθητήρες αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας μας. Αν παρατηρήσει κανείς θα διαπιστώσει πληθώρα αισθητήρων τόσο γύρω μας όσο και στο ίδιο μας το σώμα. Εμείς οι άνθρωποι περιλαμβάνουμε αισθητήρια πάνω μας όπως τα μάτια μας, τα αυτιά μας κλπ. Οι αισθητήρες ή πιο γνώριμα οι αισθήσεις μας, μας βοηθούν να βλέπουμε, να ακούμε, να νιώθουμε τον πόνο και πολλά άλλα. Όπως είναι λογικό η εξέλιξη της τεχνολογίας και η ανάγκη του ανθρώπου για την ανακάλυψη πραγμάτων που δεν γνωρίζει ή που θέλει να κάνει πιο εύκολα οδήγησε στην δημιουργία αισθητήρων. Επί παραδείγματι, ο άνθρωπος ανακάλυψε το θερμόμετρο ώστε να μπορεί να μετρά ανά πάσα στιγμή τη θερμοκρασία του σώματος του για να διαπιστώνει αν είναι άρρωστος. [1]

Με την πρόοδο της τεχνολογίας και την συνεχή μελέτη οι αισθητήρες σαν κατηγορία οργάνων αναπτύχθηκαν ραγδαία και φτάνοντας στο σήμερα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αισθητήρες για την μέτρηση απόστασης, θερμοκρασίας, στάθμης υγρών, ακτινοβολίας, ταχύτητα και επιτάχυνση σώματος, δύναμης και αναρίθμητων άλλων ειδών. Επίσης όσο εξελίσσεται η τεχνολογία η μέτρηση που λαμβάνουμε από έναν αισθητήρα μπορεί να γίνει πιο γρήγορα, πιο εύκολα από το χρήστη και με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Η χρήση των αισθητήρων κάνει τη ζωή του ανθρώπου αναμφισβήτητα πιο εύκολη, πιο ασφαλή και πολλές φορές συμβάλει και στην οικονομία.

1.2 Επιλογή Αισθητήρα

Στο παρόν μηχανολογικό σύστημα λόγω του ιδιαίτερου σημείου τοποθέτησης η επιλογή του αισθητήρα ήταν ιδιαίτερα δύσκολη. Το δοχείο καυσίμων ενός αυτοκινήτου είναι ένας χώρος αρχικά κλειστός που δεν υπάρχει εικόνα ώστε να γνωρίζουμε τις διαστάσεις για να επιλέξουμε τον κατάλληλο αισθητήρα στάθμης.[2]

Πρωταρχικό πρόβλημα είναι η συνεχής κίνηση του αυτοκινήτου και κατά συνέπεια η συνεχής μετατόπιση της μετρήσιμης ύλης, του υγρού καυσίμου, από ένα σταθερό σημείο. Αυτό έχει ως επακόλουθα προβλήματα να πρέπει να χρησιμοποιηθεί αισθητήρας συνεχούς ή επαναλαμβανόμενης μέτρησης έτσι ώστε να μπορεί να εξαγάγει σωστό αποτέλεσμα που να μην επηρεάζεται από την ταχύτητα κίνησης ή την κλίση του οχήματος, δηλαδή της δεξαμενής.

Για τους παραπάνω αυτούς λόγους έγινε έρευνα για την επιλογή ενός αισθητήρα συνεχούς μέτρησης της στάθμης όπου θα δίνει το επιθυμητό αποτέλεσμα που δεν είναι άλλο από την ακριβή ποσότητα σε λίτρα που εμπεριέχεται στο δοχείο καυσίμων.

Τέλος να αναφερθεί επειδή δεν υπάρχει συνεχής πρόσβαση στο χώρο που θα τοποθετηθούν οι αισθητήρες, η τοποθέτηση πρέπει να γίνει με ορθό τρόπο ώστε να εξασφαλιστεί η πλήρης σταθερότητα και λειτουργία. Όπως είναι κατανοητό για να επιτευχθεί η εύρυθμη αλλά κυρίως η αξιόπιστη λειτουργία της μονάδας η επιλογή των αισθητήρων πρέπει να είναι τέτοια ώστε να καλύπτει τις προαναφερθείσες συνθήκες.

Αθροιστικά οι προδιαγραφές που θα πρέπει να πληροί ο αισθητήρας στάθμης ώστε να καλύπτει τις απαιτήσεις της μηχανολογικής διάταξης που θέλουμε να κατασκευάσουμε είναι οι παρακάτω:

- Συνεχής μέτρηση στάθμης
- Μεγάλη ακρίβεια και ευαισθησία
- Μικρός χρόνος απόκρισης
- Αντοχή υλικών σε διαβρωτικό περιβάλλον
- Εύκολη τοποθέτηση σε περιορισμένο χώρο

1.3 Αισθητήρας για τον έλεγχο στάθμης της διάταξης

Οι αισθητήρες στάθμης είναι από τους πλέον σημαντικότερους αισθητήρες που υπάρχουν τόσο σε βιομηχανικό-ναυτιλιακό επίπεδο όσο και στην καθημερινότητά μας. Είναι τόσο σημαντικοί αισθητήρες όσο και αυτοί της μέτρησης θερμοκρασίας, πίεσης και απόστασης. Όπως είναι αναμενόμενο, επειδή είναι τόσο μεγάλης σημασίας και έντονης χρήσης, η βελτίωση και η ανάπτυξη τους είναι πρωταρχικής σημασίας. Με την πάροδο των χρόνων οι αισθητήρες αυτοί εξελίσσονται και διαφοροποιούνται ανάλογα με το υλικό που μετρούν και τις συνθήκες λειτουργίας. Οι αισθητήρες στάθμης μετρούν τόσο τη στάθμη όγκου όσο και τη στάθμη υγρών.

Η μέτρηση της στάθμης μπορεί να είναι είτε σημειακή είτε συνεχής. Σημειακή είναι η μέτρηση και ανίχνευση συγκεκριμένης στάθμης, όπως για παράδειγμα την μέτρηση για την εξακρίβωση της ποσότητας νερού που έχει μια δεξαμενή. Συνεχής είναι η επαναλαμβανόμενη μέτρηση στάθμης σε έναν συγκεκριμένο όγκο για να διαπιστώσουμε ανά πάσα στιγμή την ποσότητα του υλικού που μας ενδιαφέρει.

Για τη συγκεκριμένη διάταξη αρχικά επιλέχθηκαν δύο διαφορετικού τύπου αισθητήρες. Ένας αισθητήρας υπερήχων και ένας αισθητήρας στάθμης με τη μορφή ταινίας. Και οι δύο αισθητήρες αυτοί είναι ικανοί να μετρήσουν το ύψος της στάθμης αλλά με διαφορετικό τρόπο ο καθένας. Παρακάτω θα αναλυθεί ξεχωριστά η λειτουργία του καθενός, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και η τελική επιλογή βάσει της παρακάτω ανάλυσης.

1.3.1 Αισθητήρας υπερήχων HC-SR04

Οι αισθητήρες υπερήχων λειτουργούν με την ίδια αρχή που λειτουργούν τα ραντάρ και τα σόναρ. Υπολογίζουν την απόσταση μιας ποσότητας ύλης λαμβάνοντας υπόψη τους την αντανάκλαση ενός ραδιοκύματος ή ενός ηχητικού σήματος πάνω στην ίδια την ύλη. Δημιουργούν υψηλής συχνότητας κύματα και χρησιμοποιώντας το επιστρεφόμενο σήμα καθορίζουν την απόσταση την μετρούμενης ύλης. Για να το επιτύχουν αυτό χρησιμοποιούν τον χρόνο που έκανε το σήμα για να καλύψει την απόσταση από τον αισθητήρα στο αντικείμενο και πίσω.

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε αρχικά να χρησιμοποιηθεί ο αισθητήρας υπερήχων Ultrasonic Sensor HC-SR04. Η λειτουργία αυτού του αισθητήρα αποτυπώνεται σε όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Είναι ένας απλός και φιλικός στη χρήση αισθητήρας όπου προγραμματίζεται εύκολα και επίσης τοποθετείται εύκολα. [4]



Εικόνα 1-2 Ultrasonic Sensor HC-SR04

Το πρόβλημα ήταν κατά την ερευνητική διαδικασία ότι ο αισθητήρας αυτός δεν είναι αδιάβροχος. Στη συγκεκριμένη διάταξη που θέλουμε να κατασκευάσουμε αυτό είναι πρωταρχικός παράγοντας γιατί όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, το σημείο στο οποίο θα τοποθετηθεί η διάταξη θα βρίσκεται συνεχώς σε κίνηση οπότε είναι βέβαιο ότι με τις αναταράξεις θα βραχεί ο αισθητήρας και έτσι θα βγει εκτός λειτουργίας. Ο δεύτερος λόγος που απορρίφθηκε η χρήση αυτού του αισθητήρα είναι ότι μέσα στη δεξαμενή καυσίμων του αυτοκινήτου θα υπάρχει ή βενζίνη ή πετρέλαιο. Αυτά τα δύο υγρά κατά την ανάδευση ή απότομη ανακίνηση τους δημιουργούν αφρό και φυσαλίδες στην επιφάνεια τους και αρκετές φορές αέρια. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται έντονα κατά τον ανεφοδιασμό του οχήματος όπου ο όγκος της ποσότητας του καυσίμου για λίγη ώρα φαίνεται μεγαλύτερος απ' ότι είναι στην πραγματικότητα.

Λαμβανομένου των παραπάνω λεπτομερειών ο συγκεκριμένος αισθητήρας κρίνεται ακατάλληλος για αυτή την διάταξη καθώς τα αποτελέσματα μετρήσεών του θα ήταν είτε εσφαλμένα είτε όχι πάντα ακριβή. Συμπερασματικά για ό,τι αφορά αυτό τον αισθητήρα, καθότι έγινε έρευνα για την επιλογή του αρχικά, θα μπορούσε να τοποθετηθεί χωρίς κανένα απολύτως πρόβλημα σε παρόμοιου τύπου διατάξεις με την μόνη προϋπόθεση ότι η διάταξη θα παραμείνει συνεχώς ακίνητη και θα χρησιμοποιούνταν υλικά υγρής μορφής χωρίς να δημιουργούν αφρό στην επιφάνειά τους ή είτε υλικά με την μορφή ξηράς κόνεως όπου πάλι κρίνεται κατάλληλος ο αισθητήρας.

1.3.2 Αισθητήρας σε μορφή ταινίας Milone Technologies SEN-10221

Ο αισθητήρας στάθμης υγρών σε μορφή ταινίας αποτελεί έναν πολύ καλό τρόπο μέτρησης της στάθμης ενός υγρού. Έχει μια αντίσταση εξόδου που ποικίλλει ανάλογα με το επίπεδο του υγρού. Η επιφάνεια του αισθητήρα συμπιέζεται από την υδροστατική πίεση του ρευστού στο οποίο βυθίζεται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μια αλλαγή στην αντίσταση που αντιστοιχεί στην απόσταση από την κορυφή του αισθητήρα στην επιφάνεια του υγρού. Η αντίσταση εξόδου του αισθητήρα είναι αντιστρόφως ανάλογη προς το ύψος του υγρού, δηλαδή όσο χαμηλότερη είναι η στάθμη του υγρού, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση στην έξοδο και αντίστροφα όσο υψηλότερη είναι η στάθμη του υγρού, τόσο μικρότερη είναι η αντίσταση εξόδου. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας βγαίνει σε δύο εκδόσεις όσον αφορά το υλικό που βυθίζεται είτε αυτό είναι διαβρωτικό είτε μη διαβρωτικό. Επίσης είναι κατάλληλος για μέτρηση υλικών με τη μορφή κόνεως ξηρής ή υγρής.[5]



Εικόνα 1-3 Αισθητήρας Milone Technologies SEN-10221

Ύστερα από προσεκτική μελέτη αποφασίστηκε η χρήση αυτού του αισθητήρα καθώς καλύπτει όλες τις προαναφερθείσες προδιαγραφές. Η τοποθέτηση του αισθητήρα γίνεται κάθετα μέσα στο δοχείο καυσίμων με την κάτω άκρη να βρίσκεται σχεδόν στον πυθμένα του δοχείου. Το υλικό που είναι κατασκευασμένος ο αισθητήρας είναι από συνθετικό πολυμερές πλαστικό ανθεκτικό στη διάβρωση και ελαστικό. Αυτό διευκολύνει αρκετά στην τοποθέτηση από το να ήταν άκαμπτο σαν υλικό και φυσικά η προστασία από διάβρωση καθώς θα βρίσκεται σε διαβρωτικό περιβάλλον μέσα στη δεξαμενή καυσίμων. Παραπάνω αναφέρθηκε ότι η τοποθέτηση θα γίνει σχεδόν στον πυθμένα του δοχείου. Αυτή η επιλογή γίνεται ώστε να εξασφαλιστεί μια επιπλέον δικλείδα ασφαλείας στην πιθανή κένωση της δεξαμενής καυσίμων, πέρα από την ένδειξη που θα δίνεται στην οθόνη πληροφοριών, για την προστασία του συνόλου του αυτοκινήτου. Λεπτομέρειες για το σύνολο της τοποθέτησης θα αναφερθούν παρακάτω καθώς θα απεικονιστούν και με πλήρες μηχανολογικό σχέδιο της διάταξης. Ασφαλώς, στη συγκεκριμένη μηχαντρονική διάταξη θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν διαφόρων

τύπου αισθητήρες. Όμως η τελική αυτή επιλογή είναι η βέλτιστη όσον αφορά τα βασικότερα χαρακτηριστικά αισθητήρων (εύρος, ακρίβεια, διακριτική ικανότητα και απόκριση) την τοποθέτηση, τον προγραμματισμό και το κόστος αγοράς. Ο αρχικός στόχος ήταν να δημιουργηθεί μία μηχανική διάταξη συνδυάζοντας τους κλάδους της μηχανολογίας, της ηλεκτρονικής και ηλεκτρολογίας με απλά υλικά και σχεδιασμό για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα από όλες τις πλευρές.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΗΧΑΤΡΟΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

2.1 Υλικά και εργαλεία κατασκευής μονάδας

Παρακάτω θα παρουσιαστεί το σύνολο των υλικών που χρειάστηκαν στη συγκεκριμένη μηχαντρονική διάταξη καθώς και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν. Επιπλέον στο τέλος της παραγράφου θα υπάρχει πίνακας που θα περιέχει όλα τα υλικά μαζί με το κόστος του καθενός ξεχωριστά αλλά και το συνολικό κόστος της διάταξης. Αναφέρεται πως τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι ενδεικτικά μεν αλλά απαραίτητα δε για την ορθή λειτουργία της διάταξης. Στις επόμενες παραγράφους θα αναλυθεί εκτενέστερα ο τρόπος τοποθέτησης και σύνδεσης όλων αυτών των υλικών. [3]

1. Οθόνη αποτύπωσης μετρήσεων 1602 Character LCD Display Module I2C

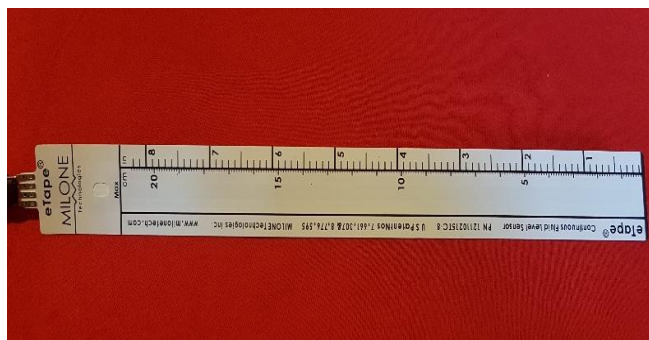
Είναι μια μεγάλη οθόνη μπλε οπίσθιου φωτισμού LCD (Εικόνα 2-1). Με αυτή τη μονάδα I2C διεπαφής LCD πραγματοποιείται εμφάνιση δεδομένων δύο γραμμών με λεπτομέρειες χαρακτήρων. Η συγκεκριμένη οθόνη χρησιμοποιείται με σκοπό να αποτυπώνει τα μηνύματα που θέλουμε να διαβάζει ο χρήστης της διάταξης.[6]



Εικόνα 2-1 Οθόνη αποτύπωσης μετρήσεων

2. Ταινία αισθητήρα στάθμης 8” Milone Technologies SEN-10221

Ο αισθητήρας στάθμης υγρού από τη Milone Technologies είναι ένας πολύ καλός τρόπος μέτρησης της στάθμης ενός υγρού (Εικόνα 2-2). Έχει μια αντίσταση εξόδου που ποικίλλει ανάλογα με το επίπεδο του υγρού.

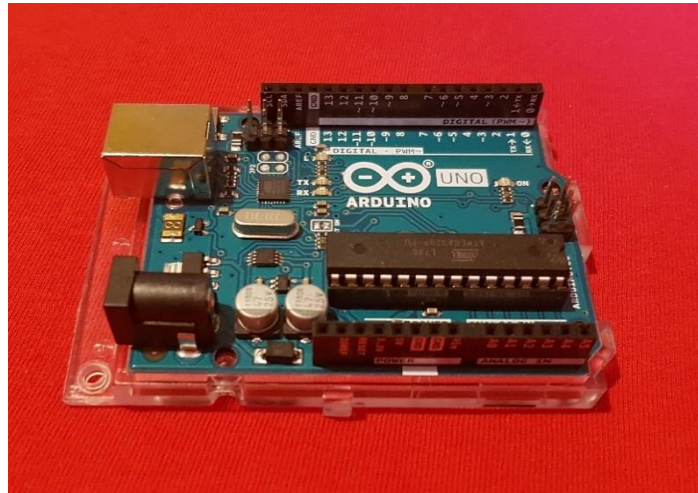


Εικόνα 2-2 Ταινία αισθητήρα στάθμης

Ο αισθητήρας συμπιέζεται από την υδροστατική πίεση του ρευστού μέσα στο οποίο βυθίζεται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αλλαγή στην αντίσταση που αντιστοιχεί στην απόσταση από την κορυφή του αισθητήρα στην επιφάνεια του υγρού. [7]

3. Πλακέτα Arduino Uno Rev3

Ο Arduino είναι μία πλακέτα ανοικτού κώδικα με την οποία κάποιος μπορεί εύκολα να την χρησιμοποιήσει και να κατασκευάσει εφαρμογές ρομποτικής και συστήματα αυτοματισμού (Εικόνα 2-3). Στην παρούσα εργασία θα είναι ο εγκέφαλος του μοντέλου.



Εικόνα 2-3 Πλακέτα Arduino Uno Rev3

Θα χρησιμοποιηθεί ώστε να μπορούν να εναρμονιστούν όλα τα μηχανικά και ηλεκτρονικά μέρη μεταξύ τους.

4. Κάρτα μνήμης SD

Η κάρτα μνήμης Sd είναι ένα μέσο αποθήκευσης καθώς και ανάγνωσης δεδομένων και μετρήσεων που προκύπτουν με τη χρήση του μικροελεγκτή Arduino® (Εικόνα 2-4). Η πλακέτα αυτή εμπεριέχει ειδική θύρα όπου συνδέονται τυποποιημένες κάρτες Sd όπως είναι ευρέως γνωστές. Έχει τάση λειτουργίας 3.3V και ενσωματωμένο



Εικόνα 2-4 Κάρτα μνήμης Sd

ρυθμιστή τάσης για τη σύνδεση της σε πλακέτα Arduino®. Η σύνδεση της είναι πολύ απλή και το μέγεθος της μικρό ώστε να προσαρμόζεται σε κάθε διάταξη του χρήστη.

5. Πληκτρολόγιο χαρακτήρων

Το πληκτρολόγιο που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία είναι ένα ειδικά προσαρμοσμένο πληκτρολόγιο για τις ανάγκες των εφαρμογών με τον μικροελεγκτή Arduino®. (Εικόνα 2-5). Με την εισαγωγή του πληκτρολογίου σε μία διάταξη ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδρά ζωντανά με τη διάταξη και να αλλάζει μεταβλητές, να εισάγει κωδικούς και πολλά άλλα. Η σύνδεση του είναι ελαφρώς



Εικόνα 2-5 Πληκτρολόγιο χαρακτήρων

περίπλοκη αλλά με την σωστή ανάλυση των εξόδων του πληκτρολογίου μπορεί να συνδεθεί εύκολα. Είναι κατασκευασμένο από εύκαμπτο υλικό και οι έξοδοι του συνδέονται εύκολα με τυποποιημένα καλώδια που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές Arduino®.

6. Πλαστικό δοχείο δοκιμών

Το δοχείο αυτό έχει διαστάσεις 245x245x275 (mm), είναι χωρητικότητας 11 λίτρων και είναι κατασκευασμένο από διάφανο πλαστικό (Εικόνα 2-6). Πάνω σε αυτό θα προσαρμοστεί η οθόνη, η πλακέτα Arduino καθώς και ο αισθητήρας στάθμης. Το πάνω μέρος του δοχείου σφραγίζει με ένα κομμάτι χρωματιστού plexiglass στις ίδιες διαστάσεις (Εικόνα 2-7) καθώς όπως θα αναφερθεί παρακάτω η τοποθέτηση των εξαρτημάτων απαιτεί σταθερότητα. Ο αισθητήρας θα τοποθετείται μέσα σε έναν σωλήνα επίσης από plexiglass (Εικόνα 2-8).



α. κάτοψη



β. πλάγια όψη

Εικόνα 2-6 Πλαστικό δοχείο δοκιμών (α) κάτοψη και (β) πλάγια όψη



Εικόνα 2-7 Άνω μέρος πλαστικού δοχείου

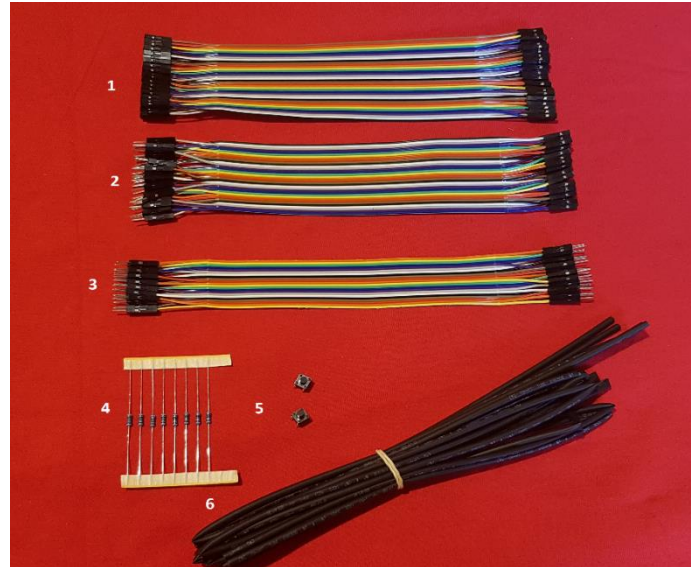


Εικόνα 2-8 Σωλήνας από plexiglass

7. Υλικά σύνδεσης ηλεκτρονικών μερών

Παρακάτω παρουσιάζονται τα απαραίτητα υλικά για την σύνδεση των ηλεκτρονικών μερών (Εικόνα 2-9).

1. Καλώδια σύνδεσης female to female 200mm
2. Καλώδια σύνδεσης female to male 200mm
3. Καλώδια σύνδεσης male to male 200mm
4. Αντιστάσεις 1Kohm
5. Μπουτόν
6. Θερμοσυστελλόμενος σωλήνας για την μόνωση και προστασία καλωδίων



Εικόνα 2-9 Υλικά σύνδεσης ηλεκτρονικών μερών

8. Εργαλεία για την κατασκευή της διάταξης

Παρακάτω παρουσιάζονται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν κατά την κατασκευή της διάταξης (Εικόνα 2-10).

1. Μύτες πολλών ειδών με κατσαβίδι
2. Κοπίδι ασφαλείας
3. Ποτηροτρύπανο Ø40mm
4. Βίδες Ø3 X 30mm με παξιμάδι Ø3 για στερέωση οθόνης και πλακέτας



Εικόνα 2-10 Εργαλεία για την κατασκευή της διάταξης

9. Πιστόλι θερμής σιλικόνης

Κατά την κατασκευή της διάταξης χρησιμοποιήθηκε θερμή σιλικόνη για την στερέωση του άνω μέρους του δοχείου καθώς και του αισθητήρα στάθμης (Εικόνα 2-11). Η χρήση σιλικόνης ήταν απαραίτητη για λόγους σταθερότητας της κατασκευής οι οποίοι θα αναλυθούν παρακάτω.



Εικόνα 2-11 Πιστόλι θερμής σιλικόνης

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται το σύνολο των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, η λιανική τιμή πώλησης για το καθένα ξεχωριστά καθώς και το σύνολο κόστους της διάταξης που παρουσιάζεται.

Πίνακας 2-1 Κοστολόγηση υλικών κατασκευής

α/α	Εξάρτημα	Τιμή (€)
1	Οθόνη αποτύπωσης χαρακτήρων	4,76
2	Αισθητήρας στάθμης 8''	37,80
3	Πλακέτα Arduino Uno Rev3	20,16
4	Πλαστικό δοχείο	6,80
5	Σωλήνας Plexiglass	3,20
6	Άνω μέρος δοχείου Plexiglass	2,90
7	Σετ καλωδίων	8,90
8	Θερμοσυστελλόμενο υλικό	1,90
9	Σετ αντιστάσεων	1,60
10	Πλακέτα SD μαζί με κάρτα μνήμης	14,10
11	Πληκτρολόγιο 4x4	6,90
12	Μπουτόν (τμχ)	0,10
13	Βάση καλωδίων	3,40
Σύνολο: 112,52		

2.2 Εφαρμογή τοποθέτησης σε πλαστικό δοχείο

Η μηχαντρονική αυτή μονάδα στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα παρουσιαστεί αρχικά σε μία ειδική κατασκευή που θα προσομοιάζει μία δεξαμενή καυσίμων αυτοκινήτου. Αυτό γίνεται για πειραματικούς λόγους ώστε να επιβεβαιωθεί η λειτουργία της διάταξης καθώς και για να μπορεί να τοποθετήσει ο καθένας τη συγκεκριμένη διάταξη σε οποιαδήποτε δεξαμενή που εμπεριέχει υγρή μετρήσιμη ύλη στην οποία θέλει να υπολογίζει την στάθμη δηλαδή την ποσότητα. Παρακάτω θα παρουσιαστεί και θα αναλυθεί η τοποθέτηση της διάταξης σε πραγματικό δοχείο καυσίμων. Το δοχείο όπου θα παρουσιαστεί η μηχαντρονική μονάδα είναι τετράγωνο πλαστικό δοχείο και οι μετρήσεις θα πραγματοποιηθούν με νερό. Να σημειωθεί ότι όλοι οι αισθητήρες είναι ανθεκτικοί στη διάβρωση από τη βενζίνη.

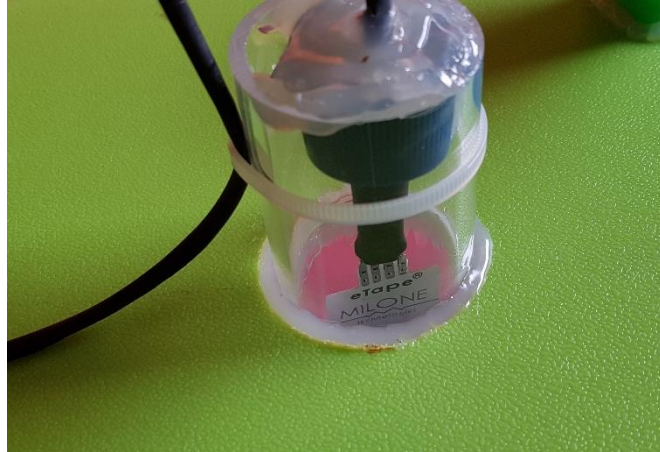
Η τοποθέτηση όλων των στοιχείων της μηχαντρονικής διάταξης και συγκεκριμένα ο τρόπος και ο χώρος είναι ζωτικής σημασίας για τη λειτουργία της μονάδας. Η σωστότερη τοποθέτηση των αισθητήρων θα αποφέρουν και τη μεγαλύτερη ακρίβεια μέτρησης που είναι και το επιθυμητό αποτέλεσμα. Παρακάτω θα παρουσιαστεί μία πρόταση τοποθέτησης και λειτουργίας όλων των εξαρτημάτων που αφορούν τη διάταξη με γνώμονα την τοποθέτηση αυτών σε δεξαμενή καυσίμου, δηλαδή σε κλειστό διαβρωτικό περιβάλλον σε συνεχή κίνηση.

Το βασικότερο στοιχείο αυτής της διάταξης είναι ο αισθητήρας στάθμης υγρών (ταινία στάθμης). Η ταινία αυτή λοιπόν τοποθετείται κάθετα μέσα σε έναν σωλήνα από πολυμερές προπυλενίου γνωστό ως Plexiglass. Το πλάτος του αισθητήρα στάθμης ανέρχεται στα 25mm και το μήκος 256 mm. Ο κατασκευαστής της ταινίας στάθμης έχει επιλογές μήκους που ξεκινούν από 130mm και φτάνουν τα 800mm έτσι ο συγκεκριμένος αισθητήρας μπορεί να τοποθετηθεί σε πολλές δεξαμενές. Οι διαστάσεις του σωλήνα είναι 35mm η εσωτερική διάμετρος, 40mm η εξωτερική, πάχος 2,5mm και μήκος 300mm.

Η τοποθέτηση της ταινίας μέσα στο σωλήνα γίνεται για την κάθετη σταθεροποίηση της μέσα στο δοχείο καυσίμων όπου ο όγκος του ρευστού θα μετακινείται συνεχώς. Η σταθερή και κάθετη τοποθέτηση της ταινίας είναι υψίστης σημασίας καθώς ο συγκεκριμένος αισθητήρας είναι συνεχούς μέτρησης και οι τιμές που λαμβάνει αλλάζουν συνεχώς. Επιπλέον είναι σημαντικό η ταινία να παραμένει κάθετα τοποθετημένη, να μη λυγίζει και να μην αλλάζει θέση η ένωση των καλωδίων στο πάνω μέρος καθώς οι μετρήσεις που λαμβάνει εμφανίζουν τυχαίο σφάλμα το οποίο

δεν μπορεί να διορθωθεί. Η επιλογή του συγκεκριμένου σωλήνα έγινε διότι η ταινία θα πρέπει να έχει όσο πιο σταθερή εφαρμογή μέσα στον ίδιο το σωλήνα και να μην έχει περιθώριο κίνησης. Η σταθεροποίηση του σωλήνα στο άνω μέρος του δοχείου έγινε με χρήση θερμής κόλλας. Κατά την τοποθέτηση της ταινίας και του σωλήνα σε μια πραγματική δεξαμενή καυσίμων μπορεί να γίνει με τον ίδιο ακριβώς τρόπο με τη διαφοροποίηση ότι θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί σιλικόνη με πρόσθετα η οποία να είναι ανθεκτική στη διάβρωση.

Στην εικόνα 2-12 παρουσιάζεται το άνω μέρος του σωλήνα το οποίο πρέπει να είναι εκτεθειμένο στην ατμόσφαιρα ώστε να μπορεί να πληρώνεται με το ρευστό και να λαμβάνει μέτρηση ο αισθητήρας και το κάτω μέρος να μη βρίσκεται στον πυθμένα του δοχείου αλλά σε μια μικρή απόσταση ώστε να μπορεί να κυκλοφορεί το ρευστό.



Εικόνα 2-12 Άνω μέρος αισθητήρα στάθμης

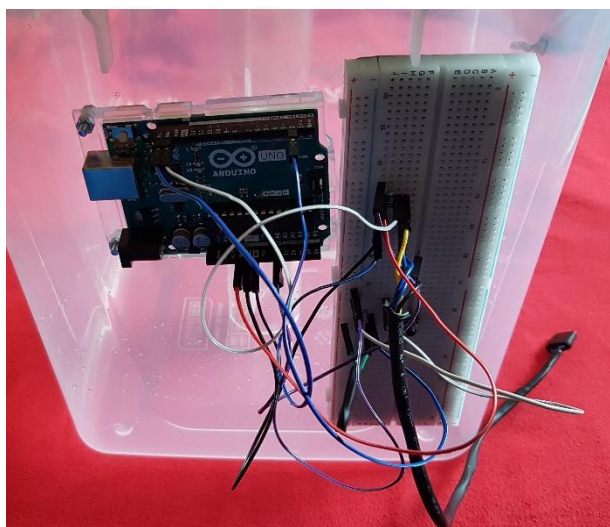
Στη συγκεκριμένη διάταξη η απόσταση του σωλήνα από τον πυθμένα του δοχείου είναι 20mm. Η κάτω άκρη της ταινίας δε φτάνει στον πυθμένα για να εξασφαλιστεί ότι η δεξαμενή δεν θα φτάσει ποτέ σε σημείο κένωσης. Αυτό συμβαίνει για την προστασία του αυτοκινήτου στο θάλαμο καύσης και των στοιχείων μεταφοράς καυσίμου καθώς με τον καιρό συσσωρεύονται ακαθαρσίες του καυσίμου στον πυθμένα της δεξαμενής. Έτσι, με αυτό το μέτρο ασφαλείας θα εξασφαλιστεί ότι οι ακαθαρσίες αυτές δε θα μετακινηθούν ποτέ από την δεξαμενή και πέρα. Επιπλέον, ο κατασκευαστής της ταινίας στάθμης δηλώνει πως από ένα σημείο και πλέον οι μετρήσεις του αισθητήρα είναι αξιόπιστες και συγκεκριμένα άνω των 25,4mm. Όπως είναι κατανοητό η διάταξη θα προγραμματιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να εμφανίζει μετρήσεις στάθμης από τα 25,4mm και πάνω. Κάτω από αυτό το όριο ασφαλείας θα εμφανίζει μήνυμα ότι η δεξαμενή θα χρειάζεται ανεφοδιασμό.

Η ταινία, όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι ανθεκτική στη διάβρωση σύμφωνα με τον κατασκευαστή όποτε δεν υπάρχει κάποιος προβληματισμός κατά τη συνεχή εμφάνιση αυτής μέσα στο υγρό καύσιμο.

Η συνδεσμολογία της ταινίας στις άκρες τις με τα καλώδια που καταλήγουν στον μικροελεγκτή θα πρέπει να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλιστεί στεγανότητα αυτών για την προστασία των ενώσεων από τη διάβρωση. Στην παρούσα διάταξη αυτό επιτυγχάνεται με θερμοσυστελλόμενο σωλήνα καλωδίων και επαφών. Στο εμπόριο σαφώς και υπάρχουν μονωτικά επαφών ανθεκτικά σε διαβρωτικό περιβάλλον. Αναφέρεται πως στην παρούσα εφαρμογή αξιοποιήθηκε όλο το εύρος της ταινίας στάθμης η οποία έχει μήκος 8 ιντσών (203mm).

Οι ακροδέκτες που βρίσκονται πάνω στον αισθητήρα οι οποίοι θα συνδεθούν με καλώδια για την επικοινωνία με τον μικροελεγκτή είναι μικροί σε μέγεθος. Σε αυτό το σημείο χρειάζεται προσοχή ώστε οι ακροδέκτες να ενωθούν με τα καλώδια σταθερά καθώς το όχημα και κατ' επέκταση η διάταξη θα βρίσκεται σε συνεχή κίνηση και ταλαντώσεις όποτε θα πρέπει να εξασφαλιστεί ότι δε θα αποσυνδεθεί κάποια επαφή. Προτείνεται η χρήση θερμοσυστελλόμενου υλικού καθώς εφαρμόζει ομοιόμορφα στις επιφάνειες και είναι πιο ελαστικό με αποτέλεσμα να αποσβένει τις μετατοπίσεις των επαφών κατά την κίνηση του αυτοκινήτου. Οι ακροδέκτες των καλωδίων του αισθητήρα και του μικροελεγκτή καταλήγουν ομοιόμορφα σε μία βάση καλωδίων.

Η βάση καλωδίων στη συγκεκριμένη διάταξη είναι απαραίτητη καθώς υπάρχουν αρκετά καλώδια από τα εξαρτήματα. Η βάση αυτή ουσιαστικά είναι ένας σταθμός όπου καταλήγουν όλα τα καλώδια από τους αισθητήρες, τον μικροελεγκτή και φυσικά την οθόνη πληροφοριών. Μετά την τοποθέτηση του αισθητήρα σειρά έχει η οθόνη πληροφοριών και ο μικροελεγκτής. Η οθόνη όπου θα αποτυπώνει όλες τις πληροφορίες που ενδιαφέρουν τον χειριστή είναι θεμιτό να τοποθετηθεί κοντά στη θέση του οδηγού και σε περίοπτη θέση ώστε να είναι χρηστική. Ο μικροελεγκτής είναι χρήσιμο να τοποθετηθεί και αυτός σε ένα προσβάσιμο σημείο ώστε οποιοδήποτε στιγμή να μπορεί να ενωθεί με έναν υπολογιστή και να γίνουν όποιες προσθήκες ή διορθώσεις στο πρόγραμμα της διάταξης. Όλα τα καλώδια που ξεκινούν από την δεξαμενή και καταλήγουν στη βάση καλωδίων όπως και αυτά της οθόνης και του μικροελεγκτή προτείνεται να είναι



Εικόνα 2-13 Θέση πλακέτας και βάσης καλωδίων στο πλαστικό δοχείο

συγκεντρωμένα σε έναν οδηγό καλωδίων καθώς το μέγεθος τους είναι σχετικά μικρό και αυτό θα προσφέρει την απαραίτητη προστασία. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία για λόγους χρηστικότητας η βάση καλωδίων τοποθετείτε στο πλαϊνό μέρος του δοχείου όπως και ο μικροελεγκτής. Η οθόνη πληροφοριών τοποθετήθηκε στο μπροστινό μέρος του δοχείου με μεταλλικές βίδες στερέωσης.

Το τελευταίο μέρος της εφαρμογής τοποθέτησης αυτής της μηχαντρονικής διάταξης είναι η παροχή ενέργειας. Κατά τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή της διάταξης υπήρξε σύνδεση με ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω θύρας usb. Κατ' αυτόν το τρόπο έγινε ο προγραμματισμός της διάταξης, η βαθμονόμηση, ο έλεγχος και η λειτουργία. Η παροχή ενέργειας στη μονάδα όταν αυτή βρίσκεται μέσα σε ένα αυτοκίνητο μπορεί να γίνει είτε από την παροχή ενέργειας που βρίσκεται στο εσωτερικό του αυτοκινήτου είτε από ένα συσσωρευτή ηλεκτρικής ενέργειας. Στη διάταξη μπορεί να γίνει προσθήκη επαφής για τη σύνδεση με τροφοδοτικό 5V ή επαφή για τη σύνδεση με συσσωρευτή ηλεκτρικής ενέργειας. Προτείνεται η χρήση επαφής για σύνδεση με τροφοδοτικό ώστε να μη χρειάζεται η συνεχής αντικατάσταση του συσσωρευτή. Στην παρούσα διάταξη η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή και θύρας usb.

2.3 Εφαρμογή τοποθέτησης σε πραγματικό δοχείο καυσίμων

Σε αυτό το σημείο θα παρουσιαστεί η τοποθέτηση της μηχαντρονικής διάταξης σε πραγματική δεξαμενή καυσίμων, θα αναλυθούν οι ιδιαιτερότητες και τα προβλήματα που εμφανίστηκαν καθώς και ο τρόπος επίλυσης τους. Σημειώνεται ότι για λόγους ευκολίας παρουσίασης και μεταφοράς η τοποθέτηση του μηχαντρονικού συστήματος θα γίνει σε δεξαμενή καυσίμων μοτοσυκλέτας. Η τοποθέτηση του συστήματος σε δεξαμενή καυσίμων αυτοκινήτου δεν έχει καμία απόλυτως διαφορά είτε στον τρόπο τοποθέτησης και κατασκευής είτε στον τρόπο βαθμονόμησης όπως θα αναλυθεί και παρακάτω.

Για την διεξαγωγή του δεύτερου πειραματικού μέρους θα χρησιμοποιηθεί δεξαμενή καυσίμων από τη μοτοσυκλέτα της εταιρείας Honda και μοντέλου Astrea όπως φαίνεται στην εικόνα 2-14. Η επιλογή του συγκεκριμένου μοντέλου είναι τυχαία καθώς όπως αναφέρθηκε η συγκεκριμένη διάταξη μπορεί να τοποθετηθεί σε κάθε μοντέλο ανάλογα βέβαια με τις ιδιαιτερότητες τοποθέτησης του οι οποίες αφορούν το μέγεθος του αισθητήρα στάθμης και τη βαθμονόμησή του. Τα υπόλοιπα υλικά

κατασκευής παραμένουν ως έχουν. Η συγκεκριμένη δεξαμενή καυσίμων έχει, σύμφωνα με τον κατασκευαστή, συνολική χωρητικότητα καυσίμου περίπου 4.5 λίτρων. Παρακάτω παρουσιάζονται σχετικές εικόνες από την δεξαμενή.



(α) κάτωψη



(β) πρόοψη

Εικόνα 2-14 Δεξαμενή καυσίμων Honda Astrea (α) κάτωψη, (β) πρόοψη

Η τοποθέτηση που προτείνεται είναι παρόμοια με αυτή όπου έγινε στο πλαστικό δοχείο του πρώτου πειραματικού μέρους καθώς είναι η βέλτιστη επιλογή όπως αναλύθηκε παραπάνω. Στο πάνω μέρος του δοχείου, όπως φαίνεται στην εικόνα 2-14, θα δημιουργηθεί οπή διαμέτρου 42mm. Μέσα από αυτή την οπή θα περνάει ο σωλήνας από plexiglass και μέσα σε αυτόν ο αισθητήρας στάθμης. Η οπή ανοίχτηκε με τη χρήση τρυπανιού οπών διαμέτρου 42mm. Όπως είναι λογικό, το κάθε όχημα έχει διαφορετικό μέγεθος και σχήμα δεξαμενής καυσίμων. Αυτό έχει ως επακόλουθο την σωστή επιλογή του μήκους αισθητήρα στάθμης αλλά και του σωλήνα από plexiglass.

Οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν για την επιλογή του σωλήνα από plexiglass οι οποίοι υπολογίστηκαν και στην παρούσα εργασία είναι οι παρακάτω:

- να απέχει απόσταση από τον πυθμένα του δοχείου περί τα 10mm
- να απέχει απόσταση από το πάνω μέρος του δοχείου τέτοιο ώστε να μην εμποδίζει την επανατοποθέτηση του πίσω στο αυτοκίνητο, περίπου 15mm

- η εσωτερική διάμετρος να μην είναι πάνω από 5mm μεγαλύτερη από το πλάτος του αισθητήρα, ώστε να εξασφαλίζεται η κάθετη θέση του αισθητήρα ενώ βρίσκεται μέσα στο σωλήνα

Ο ακρυλικός σωλήνας, όπως αναφέρθηκε, πρέπει να βρίσκεται κάθετα μέσα στη δεξαμενή καυσίμων αλλά και πολύ σταθερά τοποθετημένος ώστε να μην αλλάζει θέση κατά την κίνηση του αυτοκινήτου. Για τη σταθεροποίηση του σωλήνα στο σημείο όπου έρχεται σε επαφή με τη δεξαμενή καυσίμων χρησιμοποιήθηκε ειδική κόλλα κατάλληλη για την συγκεκριμένη εφαρμογή εικόνα 2-15. Η κόλλα αυτή επιλέχθηκε ύστερα από έρευνα στο διαδίκτυο ώστε να πληροί τις απαραίτητες προϋποθέσεις για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Οι προϋποθέσεις που λήφθηκαν υπόψιν και που καλύπτει η κόλλα είναι οι παρακάτω:

- Επισκευάζει οπές και διαρροές σε μεταλλικές δεξαμενές καυσίμων.
- Αντέχει στο νερό, στα περισσότερα καύσιμα και στους περισσότερους διαλύτες όπως αιθανόλη.
- Το τελικό κόλλημα μπορεί να τρυπηθεί, να αμβοληθεί, καθώς και να δεχτεί το άνοιγμα σπειρώματος.
- Μπορεί να μορφοποιηθεί όπως ο στόκος για καλύτερη και ευκολότερη επάλειψη.
- Αντέχει σε συνεχόμενες θερμοκρασίες από -60°C έως και 121°C καθώς και διακοπόμενες θερμοκρασίες έως 149°C
- Μη εύφλεκτο και δε χρειάζεται θέρμανση για να κολλήσει.
- Ανθεκτικό στις κρούσεις, τη βενζίνη και τα υγρά ψυγείου.
- Περιέχει: γυαλί, πυριτικό μαγνήσιο, δισφαινόλη-Α, επιχλωρυδριτίνη, σιδηροπυρίτιο, χωριωμένη παραφίνη, πυρίτιο, τριαιθυλενοτετραμίνη.



Εικόνα 2-15 Στόκος εποξικής ρητίνης για την επισκευή δεξαμενών καυσίμων

Η σταθεροποίηση του αισθητήρα στο άνω μέρος του σωλήνα γίνεται με ειδική βάση που ενώνεται στις επαφές του, η οποία πωλείται ξεχωριστά. Καθώς τοποθετείται η συγκεκριμένη βάση στο άνω μέρος του αισθητήρα, έπειτα τοποθετείται στο άνω μέρος του σωλήνα με χρήση θερμής κόλλας με σκοπό τη σταθερή εφαρμογή του αισθητήρα. Κατά την εφαρμογή θερμής κόλλας στο σημείο επαφής μεταξύ αισθητήρα και σωλήνα θα πρέπει να δημιουργηθεί μια μικρή οπή για την σωστή κυκλοφορία καυσίμου ανάμεσα στο δοχείο και τον σωλήνα, ώστε να μπορεί ο σωλήνας να πληρώνεται έγκαιρα με καύσιμο.



Εικόνα 2-16 Βάση σύνδεσης αισθητήρα στάθμης

Η τοποθέτηση του σωλήνα καθώς και η κόλληση της βάσης του αισθητήρα στάθμης πάνω σε αυτόν επιτρέπει στον αισθητήρα να είναι σταθερά τοποθετημένος μέσα στη δεξαμενή καυσίμων. Το σημείο στον αισθητήρα από τη βάση σύνδεσης και κάτω παραμένει ελεύθερο μέσα στο σωλήνα. Η χρήση συγκεκριμένης διαμέτρου σωλήνα επιτρέπει μεν την κάθετη θέση του αισθητήρα αλλά δεν επιτρέπει την ακανόνιστη κίνηση του όπως θα συνέβαινε εάν είχε μεγαλύτερη διάμετρο. Η εγκατάσταση όπως αναφέρθηκε και παραπάνω αποφέρει σταθερές τιμές μετρήσεων καθώς ο αισθητήρας ανάλογα με το ύψος της στάθμης του υγρού «διαβάζει» και την ανάλογη ένδειξη.

Συμπερασματικά, βάσει των δοκιμών που έγιναν είναι η βέλτιστη πρόταση τοποθέτησης της διάταξης για τη σωστή λειτουργία της για τον συγκεκριμένο αισθητήρα μέτρησης στάθμης.

Αθροιστικά, τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την τοποθέτηση του αισθητήρα στάθμης στη δεξαμενή καυσίμων του αυτοκινήτου είναι τα παρακάτω:

- Βήμα 1** Εσωτερικός και εξωτερικός καθαρισμός δεξαμενής καυσίμων από επικαθίσεις και ακαθαρσίες
- Βήμα 2** Άνοιγμα οπής στο άνω μέρος της για την εισαγωγή του σωλήνα από plexiglass

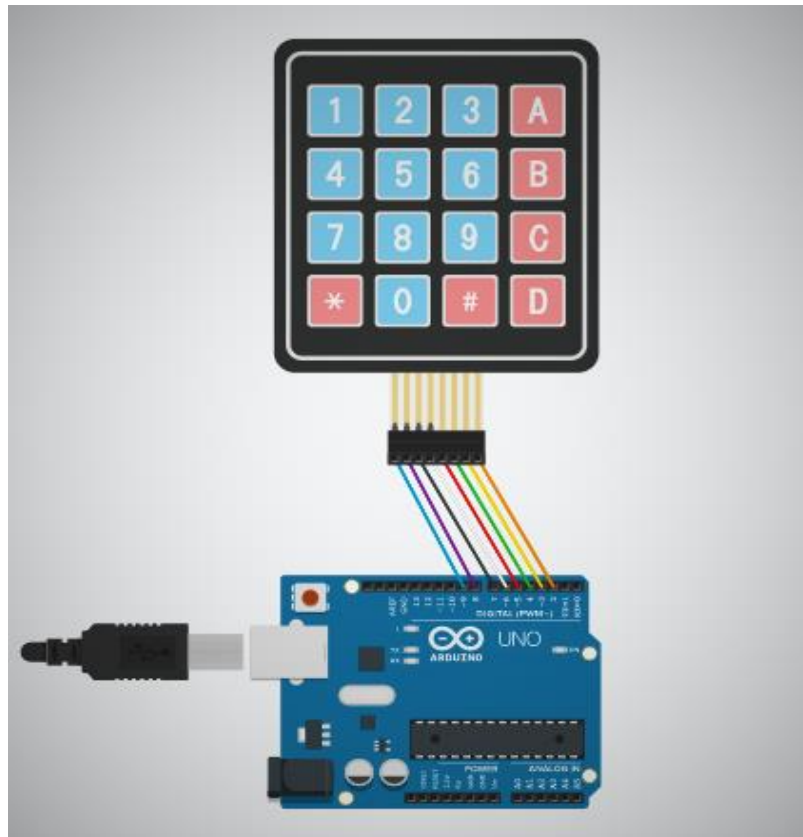
- Βήμα 3** Καθαρισμός δεξαμενής στο σημείο τοποθέτησης σωλήνα από υπολείμματα διάτρησης
- Βήμα 4** Μέτρηση ύψους δεξαμενής και υπολογισμός ύψους τοποθέτησης σωλήνα
- Βήμα 5** Τοποθέτηση σωλήνα και κόλληση με χρήση ειδικής κόλλας
- Βήμα 6** Εισαγωγή αισθητήρα στάθμης μέσα στο σωλήνα και σταθεροποίηση του στο άνω μέρος με χρήση θερμής κόλλας
- Βήμα 7** Έλεγχος σταθερότητας σωλήνα και αισθητήρα στάθμης
- Βήμα 8** Τοποθέτηση καλωδίων αισθητήρα μέσα σε θερμοσυστελλόμενο σωλήνα και προέκταση αυτών μέχρι την βάση καλωδίων και μικροελεγκτή
- Βήμα 9** Σύνδεση καλωδίων στο μικροελεγκτή, στην οθόνη πληροφοριών και στη βάση καλωδίων
- Βήμα 10** Σύνδεση ρεύματος τροφοδοσίας στον μικροελεγκτή
- Βήμα 11** Σύνδεση μικροελεγκτή σε ηλεκτρονικό υπολογιστή
- Βήμα 12** Εισαγωγή κώδικα προγραμματισμού στον μικροελεγκτή
- Βήμα 13** Βαθμονόμηση αισθητήρα στάθμης
- Βήμα 14** Έλεγχος καλής λειτουργίας κώδικα
- Βήμα 15** Γενικός έλεγχος τοποθέτησης διάταξης

2.4 Συνδεσμολογία πλακέτας Arduino Uno Rev3

Παρακάτω αποτυπώνεται η όλη συνδεσμολογία της πλακέτας του μικροελεγκτή με όλα τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν. Η συνδεσμολογία θα αποτυπωθεί με διάγραμμα που κατασκευάστηκε μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή για να είναι πιο κατανοητό και ευανάγνωστο για κάθε ένα εξάρτημα διαφορετικά. Αναφέρεται πως η συνδεσμολογία που θα παρουσιαστεί είναι ακριβώς όπως έχει γίνει και στην διάταξη με την ίδια σειρά αλλά και το ίδιο χρώμα καλωδίων. [8]

Πληκτρολόγιο

Στην εικόνα 2-18 παρουσιάζεται η σύνδεση του πληκτρολογίου στην πλακέτα του μικροελεγκτή Arduino σύμφωνα με το Datasheet του κατασκευαστή. [9]



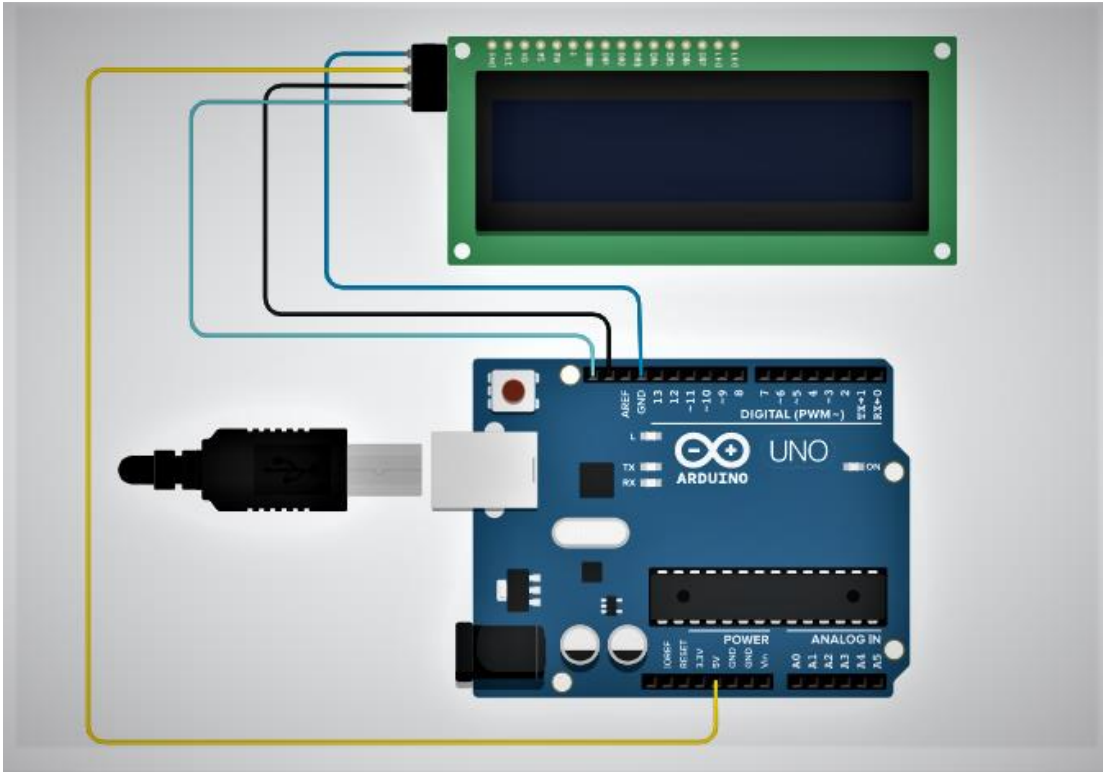
Εικόνα 2-18 Συνδεσμολογία πληκτρολογίου

Πίνακας 2-2 Συνδεσμολογία πληκτρολογίου

	PIN	ΚΑΛΩΔΙΟ	ARDUINO PIN	ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΙΟ
ΦΥΣΣΑ ΠΛΗΚΤΡΟΛΟΓΙΟΥ ΜΕ ΤΟ 1 ΣΗΜΑΣΜΕΝΟ	1	ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	2	ΓΡΑΜΜΗ 0
	2	ΚΙΤΡΙΝΟ	3	ΓΡΑΜΜΗ 1
	3	ΠΡΑΣΙΝΟ	4	ΓΡΑΜΜΗ 2
	4	ΚΟΚΚΙΝΟ	5	ΓΡΑΜΜΗ 3
	5	ΑΣΠΡΟ	6	ΣΤΗΛΗ 0
	6	ΜΑΥΡΟ	7	ΣΤΗΛΗ 1
	7	ΜΩΒ	8	ΣΤΗΛΗ 2
	8	ΜΠΛΕ	9	ΣΤΗΛΗ 3

Οθόνη πληροφοριών

Στην εικόνα 2-19 παρουσιάζεται η σύνδεση της οθόνης πληροφοριών στην πλακέτα του μικροελεγκτή Arduino σύμφωνα με το Datasheet του κατασκευαστή. [10]



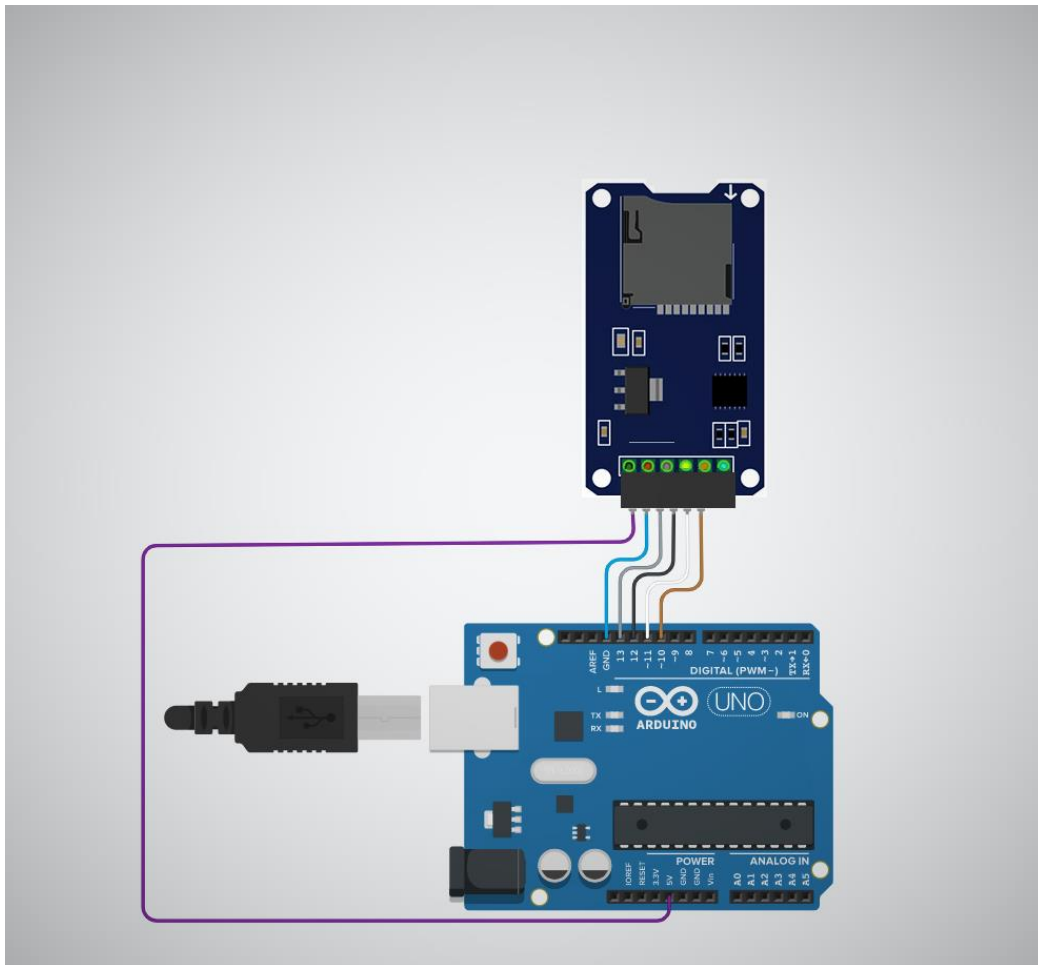
Εικόνα 2-19 Σύνδεσμολογία οθόνης

Πίνακας 2-3 Σύνδεσμολογία οθόνης

	PIN	ΚΑΛΩΔΙΟ	ARUINO PIN	ΟΘΟΝΗ
PINS ΟΘΟΝΗΣ LCD ΑΠΟ ΠΑΝΩ ΠΡΟΣ ΤΑ ΚΑΤΩ	1	ΜΠΛΕ	GROUND	GROUND
	2	ΚΙΤΡΙΝΟ	VCC	VCC
	3	ΜΑΥΡΟ	SDA	SDA
	4	ΜΠΛΕ	SCL	SCL

Κάρτα μνήμης Sd

Στην εικόνα 2-20 παρουσιάζεται η σύνδεση της κάρτα μνήμης στην πλακέτα του μικροελεγκτή Arduino σύμφωνα με το Datasheet του κατασκευαστή. [11]



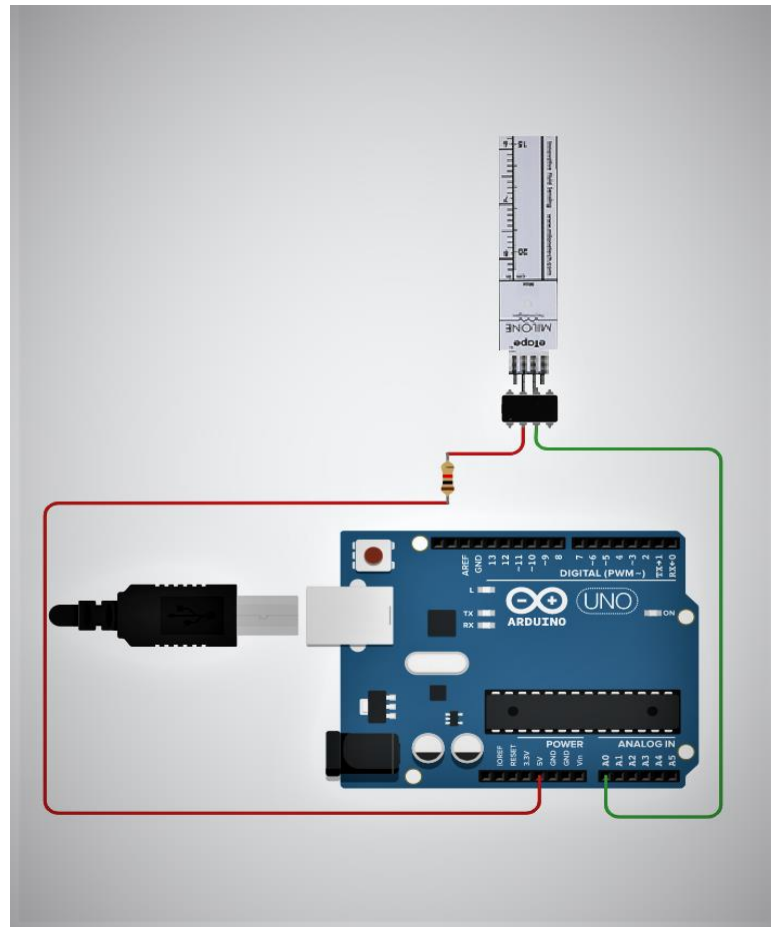
Εικόνα 2-20 Σύνδεσμογία κάρτας μνήμης Sd

Πίνακας 2-4 Σύνδεσμογία κάρτας μνήμης Sd

PINS ΚΑΡΤΑΣ ΜΝΗΜΗΣ SD ΑΠΟ ΠΑΝΩ ΠΡΟΣ ΤΑ ΚΑΤΩ	PIN	ΚΑΛΩΔΙΟ	ARUINO PIN	MODULE ΚΑΡΤΑΣ SD
	1	ΚΑΦΕ	10	CS
	2	ΑΣΠΡΟ	11	SCK
	3	ΓΚΡΙ	13	MOSI
	4	ΜΑΥΡΟ	12	MISO
	5	ΜΩΒ	VCC	VCC
	6	ΜΠΛΕ	GROUND	GROUND

Αισθητήρας στάθμης

Στην εικόνα 2-21 παρουσιάζεται η σύνδεση του αισθητήρα στάθμης στην πλακέτα του μικροελεγκτή Arduino σύμφωνα με το Datasheet του κατασκευαστή. [12]



Εικόνα 2-21 Συνδεσμολογία αισθητήρα στάθμης

Πίνακας 2-5 Συνδεσμολογία αισθητήρα στάθμης

	PIN	ΚΑΛΩΔΙΟ	ARUINO PIN	ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ
PINS ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΑΠΟ ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΠΡΟΣ ΤΑ ΔΕΞΙΑ	1	-	-	-
	2	ΚΟΚΚΙΝΟ	Analog Input 0	αντίσταση 2kΩ // vcc στην άλλη πλευρά της αντίστασης
	3	ΠΡΑΣΙΝΟ	GROUND	GROUND
	4	-	-	-

2.5 Βαθμονόμηση αισθητήρα στάθμης

Από τα πλέον σημαντικά σημεία της συγκεκριμένης εργασίας είναι η σωστή βαθμονόμηση του αισθητήρα στάθμης.

Ο αισθητήρας στάθμης ο οποίος έχει την μορφή ενός χάρακα είναι, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, μια πλαστική εύκαμπτη ταινία. Ουσιαστικά «διαβάζει» μια τιμή αντίστασης, φθίνουσα όσο ανεβαίνει η στάθμη, και την εμφανίζει στην οθόνη πληροφοριών. Όπως είναι κατανοητό στο χρήστη θα πρέπει να αποτυπώνεται η ένδειξη της στάθμης της δεξαμενής σε λίτρα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μιας εξίσωσης η οποία προκύπτει από αριθμητική ανάλυση και συγκεκριμένα με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων.

Ο τρόπος της βαθμονόμησης είναι γενικευμένος. Αυτό σημαίνει ότι ο συνδυασμός των υλικών και του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διάταξη μπορεί να χρησιμοποιηθούν και να εφαρμοστούν σε οποιαδήποτε δεξαμενή θέλουμε να μετρήσουμε την στάθμη της με μοναδική προϋπόθεση να περιέχει υγρή μετρήσιμη ύλη και όχι στερεή. Παρακάτω, θα παρουσιαστεί η μέθοδος βαθμονόμησης της διάταξης στο πλαστικό δοχείο.

Αρχίζοντας, εφόσον έχει γίνει η σωστή συνδεσμολογία της διάταξης ο αισθητήρας στάθμης λαμβάνει και εμφανίζει στην οθόνη του υπολογιστή μετρήσεις αντίστασης σε Ohm. Το σύνολο της διάταξης πρέπει να είναι σταθερά τοποθετημένο καθώς ο αισθητήρας στάθμης έχει μεγάλη ευαισθησία στις μεταβολές υδροστατικής πίεσης και όπως είναι λογικό με την παραμικρή κίνηση του εμφανίζει διαφορετική τιμή αντίστασης και επομένως στάθμης. Οπότε πριν ξεκινήσει η διαδικασία της βαθμονόμησης κρίνεται απαραίτητο όλα τα εξαρτήματα, καλώδια και αισθητήρες να είναι τοποθετημένα στο τελικό σημείο όπου και θα θέσουμε σε λειτουργία την διάταξη.

Ο αισθητήρας στάθμης, σύμφωνα με τον κατασκευαστή έχει αξιόπιστες μετρήσεις άνω των 25,4mm, όπως αναφέρθηκε, και έτσι θα θέσουμε αυτό το σημείο σαν σημείο ασφαλείας όπου κάτω από αυτό η διάταξη θα εμφανίζει ένδειξη ότι η δεξαμενή θα χρειάζεται πλήρωση. Επιπλέον πρέπει να αναφερθεί ότι ο αισθητήρας έχει μία απόκλιση στις μετρήσεις του της τάξης του 20% στην μετρούμενη τιμή. Αυτό δε μας επηρεάζει στην παρούσα κατάσταση καθώς η τελική τιμή μέτρησης περιλαμβάνει ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων οπότε και η απόκλιση αυτή μεταφράζεται σε σφάλμα από μηδέν έως δέκα ml του λίτρου.

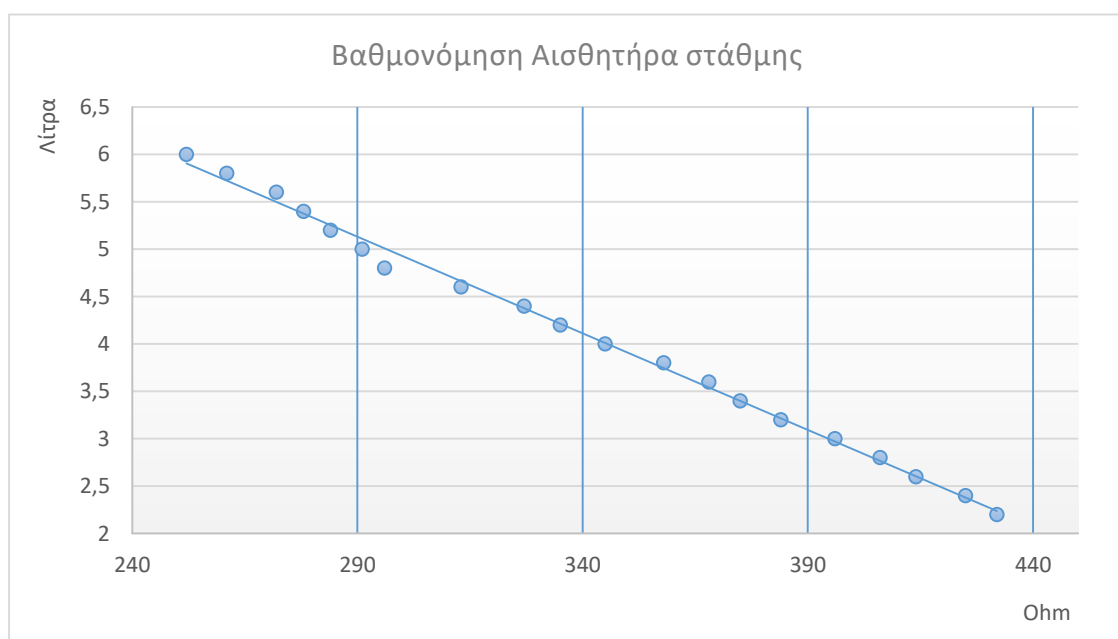
Η βαθμονόμηση στο δοχείο ξεκινάει τοποθετώντας μέσα στο δοχείο δύο λίτρα με νερό από συγκεκριμένο σημείο πλήρωσης στο άνω μέρος του δοχείου (εικόνα 2-22) όπου η ποσότητα των δύο λίτρων είναι το σημείο όπου πάνω από αυτό ο αισθητήρας θα λαμβάνει αξιόπιστες μετρήσεις. Στο σημείο αυτό σημειώνουμε την τιμή της αντίστασης που εμφανίζει ο αισθητήρας. Έπειτα, προσθέτουμε στην δεξαμενή 200ml και σημειώνουμε ξανά την νέα τιμή αντίστασης που εμφανίζει ο αισθητήρας. Αυτό συνεχίζεται μέχρι να πληρώσουμε το δοχείο με 6 λίτρα νερό.



Εικόνα 2-22 Σημείο πλήρωσης δοχείου

Η συγκεκριμένη διάταξη, όπως αναφέρθηκε μπορεί να τοποθετηθεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο μέσα σε ένα δοχείο καυσίμου ή σε οποιαδήποτε άλλη δεξαμενή. Η βαθμονόμηση της εκάστοτε δεξαμενής θα γίνεται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και στην παρούσα εργασία. Η διαφορά του δοχείου των 11 λίτρων που χρησιμοποιείται εδώ με τη δεξαμενή των 30, 50 ή 100 λίτρων είναι η τιμή της αντίστασης που θα εμφανίζει ο αισθητήρας με την αντίστοιχη στάθμη.

Εφόσον τελειώσει η διαδικασία λήψης μετρήσεων συγκεντρώνουμε τα αποτελέσματα σε ένα φύλλο επεξεργασίας του Excel και δημιουργούμε ένα διάγραμμα όπως το παρακάτω διάγραμμα 2-1.



Διάγραμμα 2-1 Βαθμονόμηση αισθητήρα στάθμης

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα η σχέση μεταξύ των τιμών αντίστασης και λίτρων είναι σχεδόν γραμμική. Το επόμενο βήμα για τη βαθμονόμηση της διάταξης είναι η εφαρμογή της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων από την αριθμητική ανάλυση και η εξαγωγή μιας εξίσωσης όπου θα μετατρέπουμε και παράλληλα θα διορθώνουμε την τιμή του αισθητήρα στάθμης από Ohm σε λίτρα.

Η Μέθοδος των Ελαχίστων Τετραγώνων χρησιμοποιείται για την κατασκευή της γραφικής παράστασης που περιγράφει ένα φαινόμενο, όταν γνωρίζουμε μόνο μια σειρά από πειραματικές τιμές των μεγεθών που το περιγράφουν και όχι την ακριβή σχέση τους (τύπο). Στην πραγματικότητα, κατά τη μελέτη ενός φαινομένου, προσπαθούμε να προσδιορίσουμε τη μορφή της άγνωστης σχέσης, στην οποία ταιριάζουν καλύτερα τα πειραματικά μας δεδομένα, ελέγχοντας μια σειρά γνωστών σχέσεων. Στο εκπαιδευτικό εργαστήριο επαληθεύουμε μια ήδη γνωστή σχέση χρησιμοποιώντας μόνον τα πειραματικά μας δεδομένα.

Συνοψίζοντας τα βήματα για την βαθμονόμηση του αισθητήρα στάθμης είναι τα παρακάτω:

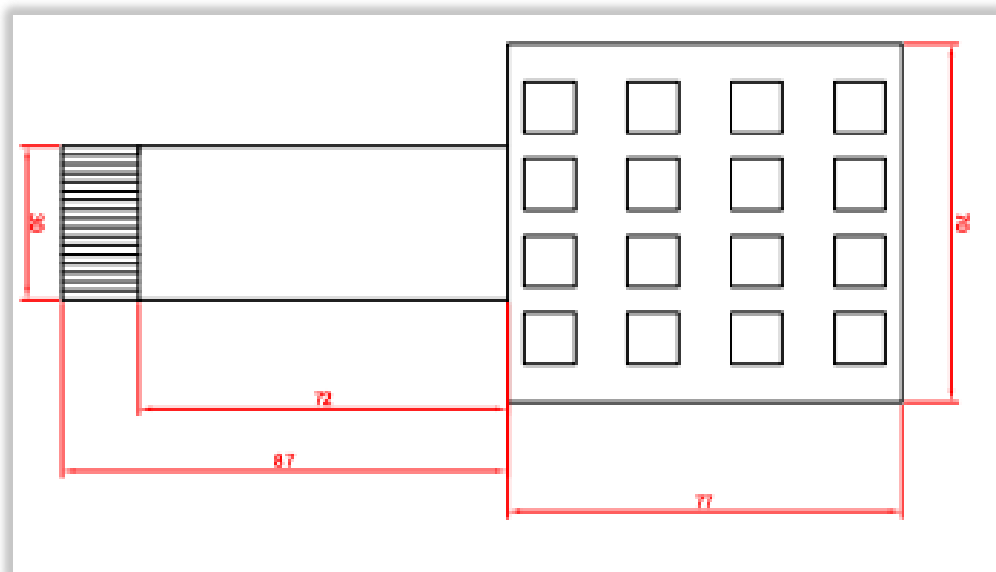
- Βήμα 1** Εισαγωγή απαιτούμενης ποσότητας υγρού ώστε να φτάσει στο ύψος της μιας ίντσας
- Βήμα 2** Καταγραφή εισαχθείσας ποσότητας υγρού στο σημείο της μιας ίντσας και ένδειξη αισθητήρα – σημείο έναρξης μετρήσεων
- Βήμα 3** Εισαγωγή 200ml και καταγραφή ένδειξη αισθητήρα
- Βήμα 4** Επανάληψη λήψης μετρήσεων ανά 200ml μέχρι το επιθυμητό ύψος στάθμης
- Βήμα 5** Δημιουργία διαγράμματος χωρητικότητας δοχείο συναρτήσει ένδειξη αισθητήρα
- Βήμα 6** Εφαρμογή μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων στο διάγραμμα
- Βήμα 7** Εξαγωγή εξίσωσης διόρθωσης τιμών και μετατροπή τους σε λίτρα
- Βήμα 8** Εισαγωγή εξίσωσης στο πρόγραμμα
- Βήμα 9** Έλεγχος καλής λειτουργίας εξίσωσης με προκαθορισμένες ποσότητες όγκου

Εφαρμόζοντας λοιπόν την παραπάνω μέθοδο και εξάγοντας την απαιτούμενη εξίσωση, εισάγουμε την εξίσωση στο πρόγραμμα του μικροελεγκτή και έχουμε πλέον θέσει σε λειτουργία την διάταξη η οποία μας μετατρέπει κάθε φορά την ένδειξη του αισθητήρα σε λίτρα.

2.6 Μηχανολογικά σχέδια διάταξης

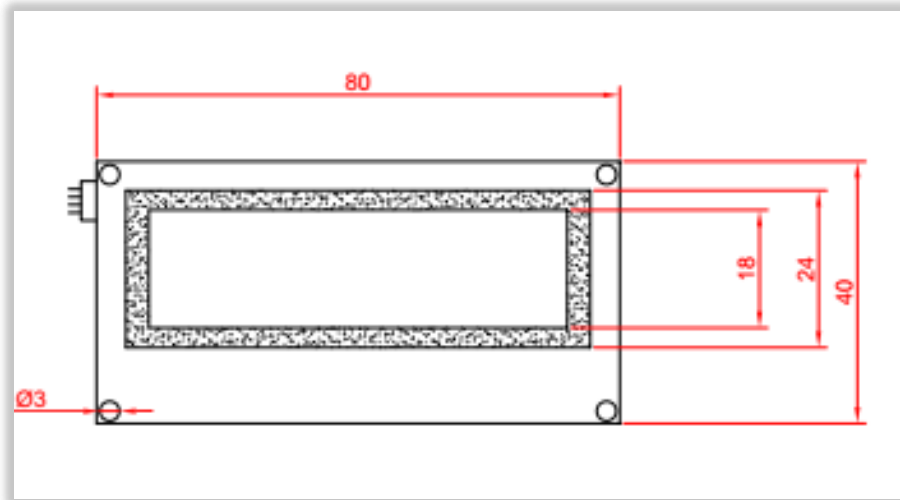
Παρακάτω θα παρουσιαστεί για κάθε εξάρτημα που χρησιμοποιήθηκε ένα μηχανολογικό σχέδιο με ακριβείς διαστάσεις. [13]

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το μηχανολογικό σχέδιο του πληκτρολογίου που χρησιμοποιήθηκε.



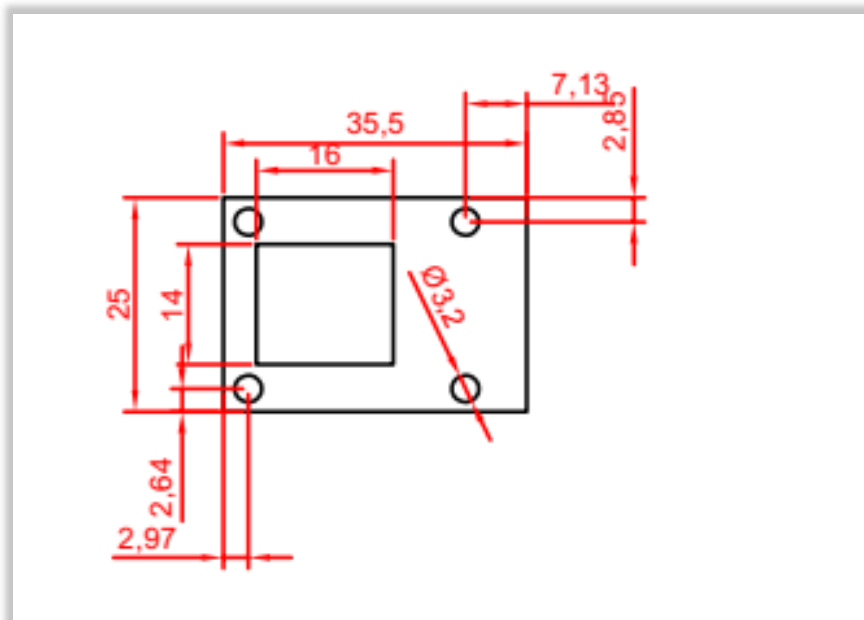
Εικόνα 2-23 Μηχανολογικό σχέδιο πληκτρολογίου

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το μηχανολογικό σχέδιο της οθόνης πληροφοριών που χρησιμοποιήθηκε.



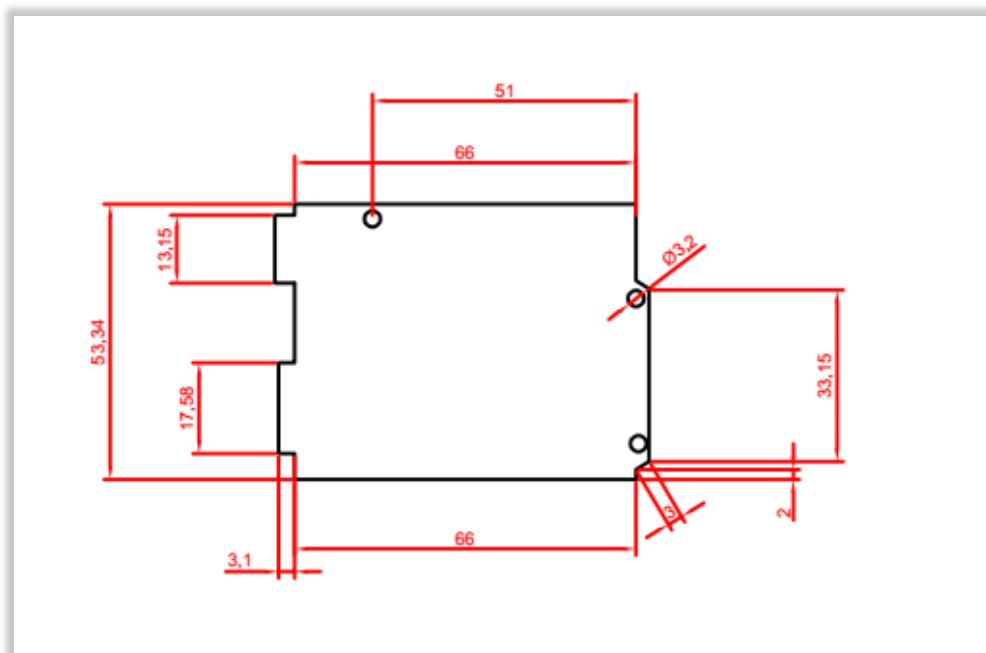
Εικόνα 2-24 Μηχανολογικό σχέδιο οθόνης πληροφοριών

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το μηχανολογικό σχέδιο της κάρτας μνήμης Sd που χρησιμοποιήθηκε.



Εικόνα 2-25 Μηχανολογικό σχέδιο κάρτας μνήμης Sd

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το μηχανολογικό σχέδιο της πλακέτας Arduino που χρησιμοποιήθηκε.



Εικόνα 2-26 Μηχανολογικό σχέδιο πλακέτας Arduino Uno Rev3



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

3.1 Προγραμματισμός Μονάδας

Η βασικότερη αρχή αυτής της διάταξης είναι ο προγραμματισμός της μονάδας ελέγχου και συγκεκριμένα του μικροελεγκτή. Ο μικροελεγκτής (αγγλικά, microcontroller) είναι ένας τύπος επεξεργαστή, ουσιαστικά μια παραλλαγή μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα, λόγω των πολλών ενσωματωμένων υποσυστημάτων που διαθέτει. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτοματισμούς, ηλεκτρονικά καταναλωτικά προϊόντα, ηλεκτρικές συσκευές και κάθε είδους αυτοκινούμενα τροχοφόρα οχήματα. [14]

Η διάταξη στην οποία αναφέρεται η παρούσα εργασία εμπεριέχει αισθητήρες καθώς και μία μονάδα ελέγχου (μικροελεγκτής) η οποία συγχρονίζει και κάνει όλα τα τμήματα να συνεργάζονται και να λειτουργούν αρμονικά. Ουσιαστικά καθώς εισέρχεται και εξέρχεται καύσιμο από την δεξαμενή ο αντίστοιχος αισθητήρας το αντιλαμβάνεται, εκπέμπει ένα σήμα το οποίο το μεταφέρει στον μικροελεγκτή και από εκεί προκύπτει το αποτέλεσμα. Καθώς όμως όλα αυτά τα κομμάτια, αισθητήρες και μηχανικά μέρη, είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους πρέπει αρχικά να γίνει μία σύνδεση, ο λεγόμενος προγραμματισμός της μονάδας. [15]

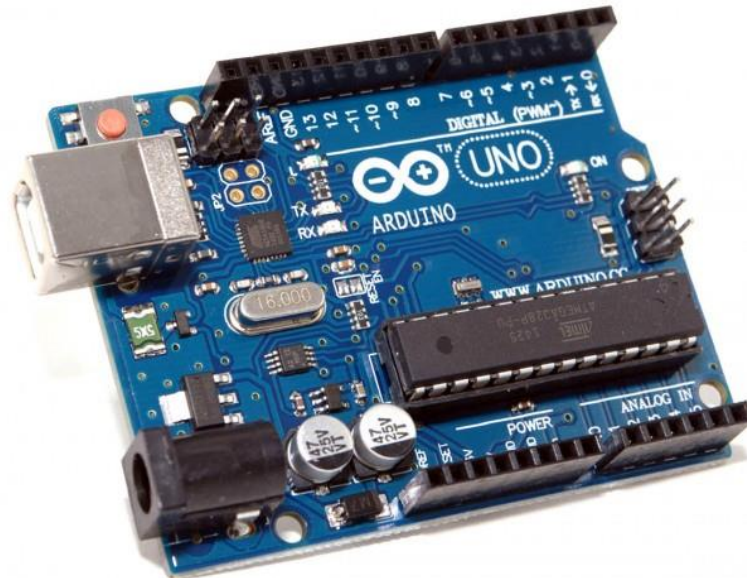
3.2 Επιλογή γλώσσας προγραμματισμού

Ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή είναι το σύνολο των διαδικασιών σύνταξης του προγράμματος ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα. Οι εντολές που υλοποιούνται από τον μικροελεγκτή προς το σύνολο των εξαρτημάτων και αντίστροφα είναι συγκεκριμένες και καθορίζονται ύστερα από προσεκτική σχεδίαση και ανάλογα με τις προδιαγραφές του εκάστοτε προγράμματος. Σήμερα, υπάρχουν αρκετές γλώσσες προγραμματισμού (C, C++, Objective-C, Java κλπ.) και εφαρμόζονται ανάλογα με τον στόχο έργου και επίπεδο προγραμματισμού.

Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθεί για τον προγραμματισμό η γλώσσα προγραμματισμού C Wired μέσω του μικροελεγκτή Arduino καθώς είναι από τις πιο εύχρηστες για τον χρήστη γλώσσες προγραμματισμού.

3.3 Arduino®

Το Arduino είναι ένας μικροελεγκτής μονής πλακέτας, δηλαδή μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++). Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων σε Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider.



Εικόνα 3-1 Πλακέτα μικροελεγκτή Arduino Uno Rev3

Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι μία εφαρμογή γραμμένη σε Java, που λειτουργεί σε πολλές πλατφόρμες και προέρχεται από το IDE για τη γλώσσα προγραμματισμού Processing και το σχέδιο Wiring. Έχει σχεδιαστεί για να εισαγάγει στον προγραμματισμό άτομα που δεν είναι εξοικειωμένα με την ανάπτυξη λογισμικού. Περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κώδικα με χαρακτηριστικά όπως είναι η επισήμανση σύνταξης και ο συνδυασμός αγκύλων και είναι επίσης σε θέση να μεταγλωττίζει και να φορτώνει προγράμματα στην πλακέτα με ένα μόνο κλικ.

Η επιλογή του συγκεκριμένου μικροελεγκτή έγινε διότι είναι από τους πιο φιλικούς στην χρήση που κυκλοφορούν στην αγορά. Το Arduino είναι από τους πλέον διαδεδομένους μικροελεγκτές με ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης κώδικα, απλό στη χρήση και κατανοητό. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία ήταν η βέλτιστη επιλογή για το τελικό επιθυμητό αποτέλεσμα το οποίο ήταν η σχεδίαση και λειτουργία ενός μηχαντρονικού συστήματος. Ένα μηχαντρονικό σύστημα το οποίο περιλαμβάνει τον μικροελεγκτή και τους απαραίτητους αισθητήρες. [16]

```

Blink | Arduino 1.0.3
File Edit Sketch Tools Help
Blink
#define led 13

void setup()
{
  pinMode(led, OUTPUT);
}

void loop()
{
  digitalWrite(led, HIGH);
  delay(700);
  digitalWrite(led, LOW);
  delay(300);
}
    
```

Εικόνα 3-2 Περιβάλλον ανάπτυξης κώδικα Arduino

3.4 Μέρη πλακέτας Arduino Uno Rev3

Παρακάτω θα παρουσιαστεί αναλυτικά η πλακέτα που θα χρησιμοποιηθεί. Θα αναλυθούν τα μέρη της, οι συνδέσεις της καθώς και ο τρόπος λειτουργίας της. [17]

1. Θύρες εισόδου (6) / εξόδου (14)

Υπάρχουν 14 θύρες εξόδου εκ των οποίων οι 2 (7, 8) χρησιμοποιούνται για την σειριακή επικοινωνία με την πλακέτα GSM και 6 θύρες εισόδου οι οποίες χρησιμοποιούνται για να λαμβάνει ηλεκτρικά σήματα από τους αισθητήρες – συσκευές.

2. Θύρα σύνδεσης USB-UART

Έχει δυο χρήσεις, η πρώτη και κύρια είναι να προγραμματίζεται ο μικροεπεξεργαστής μέσω του Υπολογιστή και της πλατφόρμας Arduino IDE και η δεύτερη σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιείται για τροφοδοσία της πλακέτας.

3. Θύρα σύνδεσης μετασχηματιστή

Χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία της πλακέτας.

4. Reset Button

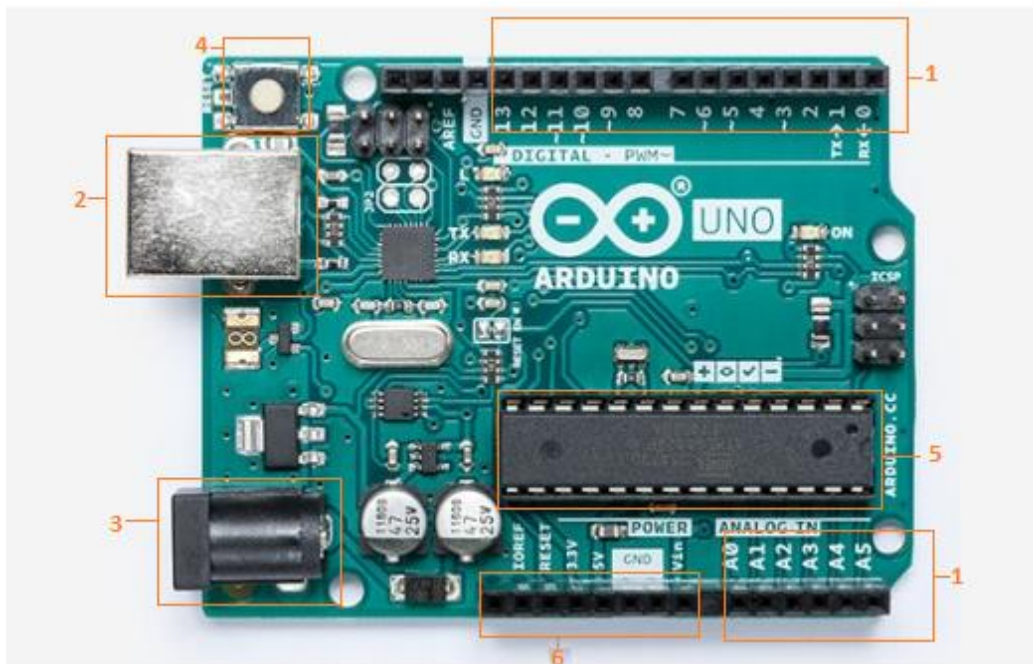
Εκκινεί την διαδικασία που ορίζει το εισαγμένο πρόγραμμα.

5. Μικροεπεξεργαστής Atmega

Ο ATmega 328 είναι μικροεπεξεργαστής που δουλεύει στα 16 MHz και 8-bit. Διαθέτει 3 μνήμες, την SRAM την EEPROM και την FLASH οποίες χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των Sketch των χρηστών και για το Firmware της ίδιας της πλακέτας.

6. Θύρες εξόδου / εισόδου τάσης και γείωση

Διαθέτει 2 θύρες γείωσης, 2 θύρες εξόδου τάσης (5 Volt, 3.3 Volt) 1 Θύρα τροφοδοσίας (Vin)



Εικόνα 3-37 Μέρη Πλακέτας Arduino

3.5 Συμπεράσματα

Δεδομένων των απαιτήσεων που προκύπτουν, όπως είναι ο χώρος τοποθέτησης και οι συνθήκες λειτουργίας, για τη δημιουργία της συγκεκριμένης μηχανικής διάταξης, η χρήση του μικροελεγκτή Arduino[®] και της γλώσσας που υποστηρίζει είναι η καταλληλότερη μέθοδος καθώς η συγγραφή κώδικα αλλά και η συνδεσμολογία των ηλεκτρονικών μερών είναι απλουστευμένη. Επιπλέον ο μικροελεγκτής Arduino[®] μπορεί να συνεργαστεί με πληθώρα αισθητήρων όπου υπάρχουν στην αγορά και στη συγκεκριμένη διάταξη κάλυψε πλήρως τις απαιτήσεις. Όλα αυτά συμβάλλουν στην επίλυση του αρχικού προβληματισμού χωρίς να είναι απαραίτητη η εμβάθυνση σε απαιτητικές γλώσσες προγραμματισμού ή στη χρήση πολύπλοκων συστημάτων αυτοματισμού.

3.5 Κώδικας προγραμματισμού διάταξης

```

#include <avr/pgmspace.h> // Εισαγωγή βιβλιοθήκης για EEPROM
#include <Wire.h> // Εισαγωγή βιβλιοθήκης καλωδιώσεων
#include <SPI.h> // Εισαγωγή βιβλιοθήκης για την διαχείριση του διάλου
επικοινωνίας
#include <ResponsiveAnalogRead.h> // Εισαγωγή βιβλιοθήκης για αναλογικές
μετρήσεις
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Εισαγωγή βιβλιοθήκης για την οθόνη I2C
#include <SD.h> // Εισαγωγή βιβλιοθήκης για την κάρτα μνήμης SD
#include <Keypad.h> // Εισαγωγή βιβλιοθήκης για το πληκτρολόγιο
ResponsiveAnalogRead analog(0, true); // Ορισμός αισθητηρίου
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE ); // Δοκιμαστική
οθόνη
#define RESISTOR 330 // Ορισμός αντίστασης αισθητήρα στάθμης
#define SENSORPIN A0 // Ορισμός θέσης σύνδεσης αισθητήρα στάθμης

// Ορισμός του πληκτρολογίου
const byte numRows= 4; // Δήλωση των γραμμών του πληκτρολογίου (4)
const byte numCols= 4; // Δήλωση των στηλών του πληκτρολογίου (4)
char keymap[numRows][numCols]= // Δήλωση των χαρακτήρων του πληκτρολογίου
{
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};
char keypressed; // Μεταβλητή για να διαβάσει πιο πλήκτρο ενεργοποιήθηκε
char code[]= {'6','6','0','1'}; // Πίνακας χαρακτήρων που θα χρησιμοποιηθεί για την
εισαγωγή χλμ από τον χρήστη
char code_buff1[sizeof(code)]; // Προσωρινός πίνακας χαρακτήρων για την
εισαγωγή χλμ από τον χρήστη
short a=0,i=0,s=0,j=0; // Δήλωση μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη
διάρκεια του προγράμματος

```

```

byte rowPins[numRows] = {9, 8, 7, 6}; // Θέσεις που έχουν συνδεθεί οι γραμμές του
πληκτρολογίου (0-3)
byte colPins[numCols] = {5, 4, 3, 2}; // Θέσεις που έχουν συνδεθεί οι στήλες του
πληκτρολογίου (0-3)
Keypad myKeypad= Keypad(makeKeymap(keymap), rowPins, colPins, numRows,
numCols); // Δήλωση πληκτρολογίου
float y = 0.0;
File currentvalue; // Αρχείο στην κάρτα μνήμης
int pinCS = 10; // Θέση που έχει συνδεθεί η κάρτα μνήμης
int ss = 11; // Θέση που έχει συνδεθεί η πόρτα επικοινωνίας της κάρτας μνήμης
String inString = ""; // String για την εισαγωγή χλμ από τον χρήστη
String myString = ""; // String για την εισαγωγή χλμ από τον χρήστη
float antistasi = 0.0;
int reading; // εδώ γίνεται ανανέωση η τιμή της θύρας A0
int sd_reading;
unsigned int oldres;
float oldval;

void setup() {
Serial.begin(9600);
pinMode(pinCS, OUTPUT); // Η θέση όπου έχει συνδεθεί η κάρτα μνήμης για έξοδο
SD.begin(pinCS); // Εκκίνηση κάρτας μνήμης
lcd.begin(16,2); // Εκκίνηση οθόνης πληροφοριών
lcd.clear(); // Καθαρισμός οθόνης από οποιοδήποτε χαρακτήρα
lcd.setCursor(1,0); // Ορισμός θέσης έναρξης εμφάνισης πληροφοριών στην οθόνη
lcd.print(F("Fuel Computer")); // Εμφάνισε το μήνυμα που αναγράφεται
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(F("I.P.AVGoustianos"));
delay(4000); // Καθυστέρηση προγράμματος 4 δευτερόλεπτα
} // Τέλος της Void Setup
void(* resetFunc) (void) = 0; // Ορισμός της συνάρτησης επανεκκίνησης στην θέση 0
της πλακέτας

```



```

//Συνάρτηση εισαγωγής χιλιομέτρων από το χρήστη
void GetKms(){
i=0; // Βοηθητική μεταβλητή
j=0; // Βοηθητική μεταβλητή
lcd.clear(); lcd.print("Enter Kilometers");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("and press *");
delay(2000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("and press *");
while(keypressed != '*'){ //Όση διάρκεια περάσει και δεν πατήσει ο χρήστης * τότε:
keypressed = myKeypad.getKey(); // Διάβασε το πλήκτρο να δεις τι έχει πατηθεί
if(keypressed != NO_KEY && keypressed != '*' ){ // Εάν δεν έχει πατηθεί πλήκτρο
μείνε σε κατάσταση αναμονής
lcd.setCursor(j,0
lcd.print(keypressed); //Εμφάνισε στην πάνω γραμμή τους αριθμούς που έχει εισάγει
ο χρήστης
code_buff1[i]=keypressed; //Βάλε τους χαρακτήρες στο βοηθητικό «διάνυσμα»
χαρακτήρων
inString += (char)code_buff1[i]; // Χρησιμοποίησε το βοηθητικό String που θα έχει
«μήκος» όσο το διάνυσμα των χαρακτήρων
myString += inString.toInt(); // Μετέτρεψε τους χαρακτήρες σε ακέραιους και
βάλτους στο 2ο βοηθητικό
i++; // Αύξησε το δείκτη και πάλι από την αρχή
j++; // Αύξησε το δείκτη και πάλι από την αρχή μέχρι να πατηθεί * από το χρήστη
} }
keypressed = NO_KEY; // Αν δεν πατηθεί * δεν προχωράει το πρόγραμμα
}
void loop() {
keypressed = myKeypad.getKey(); // Διάβασε ποιο κουμπί πατήθηκε
analog.update();

```

```

// Εάν πατήθηκε το A, τότε εμφάνισε την διορθωμένη τρέχουσα τιμή λίτρων στην
οθόνη
if (keypressed == 'A') { // Μετέτρεψε την τιμή τάσης που λαμβάνεις σε αντίσταση
float res1;
analog.update();
res1 = analog.getValue();
res1 = (1023 / res1) - 1;
res1 = RESISTOR / res1; // Στη συνέχεια εκκίνησε την κάρτα Sd και αποθήκευσε
μέσα στο αρχείο CURRENT.TXT την τιμή της αντίστασης που βλέπεις
SD.begin(10); // Εκκίνηση της κάρτας Sd
SD.remove("current.txt");
delay(100);
currentvalue = SD.open("current.txt",FILE_WRITE);
if (currentvalue){
currentvalue.print(int(res1));
delay(100);
currentvalue.close();
delay(2000);}
else{
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(F("Memory Error"));
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(F("Error Code #001"));
delay(2000);}
float y = (-0.0014 * res1 + 6.7075);
lcd.clear(); // Δείξε την ένδειξη στην οθόνη
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print ("Fuel Level");
lcd.setCursor(4,2);
lcd.print (y , 2);
lcd.setCursor(9,2);
lcd.print ("Lt");
delay(2000);

```

```

if ( y < 0.50){
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(F("Low Fuel Level"));
delay(1000);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(F("Refuel"));
delay(2000);}
if (y > 3.00){
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(F("The Tank is"));
delay(1000);
lcd.setCursor(6,1);
lcd.print(F("FULL"));
delay(2000); } }
// Εάν πατηθεί το B υπολόγισε κατανάλωση
else if (keypressed == 'B'){
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(F("Consumption"));
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(F("Calculating..."));
delay(1000);
// Αρχικά μετριέται η στάθμη
float typikos;
analog.update();
typikos = analog.getValue(); // Χρησιμοποίησε την κανονικοποιημένη τιμή για την
τρέχουσα
typikos = (1023 / typikos) - 1;
typikos = RESISTOR / typikos;
float newlitra = (-0.0014 * typikos + 6.7075); // Εκκίνησε την κάρτα μνήμης και πάρε
από το αρχείο την τιμή που έχεις αποθηκεύσει
SD.begin(10);
currentvalue = SD.open("current.txt", FILE_READ);

```

```

if(currentvalue){
oldres = currentvalue.parseInt();
delay(100);
float oldlitra = (-0.0014 * oldres + 6.7075);
//Δημιουργία διαφορά στάθμης
float reading2 = oldlitra - newlitra;
float num = reading2*100;
// Υπολογισμός κατανάλωσης
GetKms();
float Consumption = num/(inString.toInt());
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(F("Consumption"));
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print(Consumption,3);
lcd.setCursor(12,1);
lcd.print("Lt");
delay(2000);
currentvalue.close();
}
else{
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(F("Memory Error"));
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(F("Error Code #002"));
delay(2000);    }
inString = "";
keypressed = NO_KEY; }
else if (keypressed == 'C'){
lcd.clear();
lcd.setCursor(4,0);
lcd.print(F("WAIT FOR"));
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(F("REFUELING..."));

```

```

delay(2000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(1,0);
lcd.print(F("PRESS # WHEN "));
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(F("REFUEL IS OVER"));
delay(1000);
while(keypressed != '#'){
keypressed = myKeypad.getKey();
if(keypressed != NO_KEY && keypressed == '#' ){
float reading;
analog.update();
reading = analog.getValue(); // Χρησιμοποίησε την κανονικοποιημένη τιμή για την
τρέχουσα
reading = (1023 / reading) - 1;
reading = RESISTOR / reading;
sd_reading = reading; //Βοηθητική διαφοράς
// Εκκίνησε την κάρτα μνήμης και πάρε από το αρχείο την τιμή αντίστασης που έχεις
αποθηκεύσει
SD.begin(10);
currentvalue = SD.open("current.txt", FILE_READ);
if(currentvalue){
oldres = currentvalue.parseInt();
delay(100);
float old_stathmi = (-0.0014 * oldres + 6.7075);
float new_stathmi = (-0.0014 * reading + 6.7075);
float reading2 = new_stathmi - old_stathmi;
lcd.clear();
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print(F("You Got"));
lcd.setCursor(5,1);
lcd.print(reading2);
lcd.setCursor(10,1);
lcd.print(F("Lt"));
delay(3000);

```

```

}
else{
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print(F("Memory Error"));
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(F("Error Code #003"));
delay(2000);}
} }
keypressed = NO_KEY;}
else if (keypressed == 'D'){
lcd.clear();
lcd.setCursor(2,0);
lcd.print(F("Fuel Computer"));
lcd.setCursor(3,1);
lcd.print(F("Restarts..."));
delay(4000);
resetFunc(); //call reset }
else if (keypressed == '*') {
lcd.clear();
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print(F("Erase Data ?"));
delay(3000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print(F("If Yes Press 1"));
lcd.setCursor(2, 1);
lcd.print(F("If No Press 2"));
delay(2000);
while (keypressed != '1' || keypressed != '2') {
keypressed = myKeypad.getKey();
if (keypressed == '1' ) {
lcd.clear();
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print(F("Data Erased"));

```

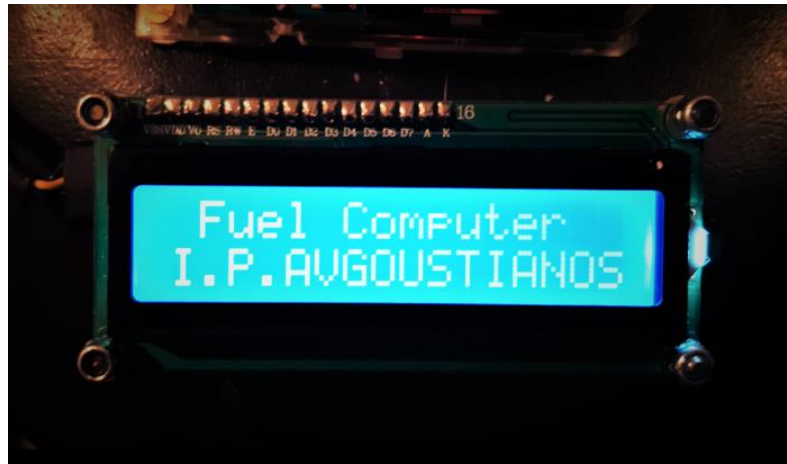
```

delay(2000);
SD.remove("current.txt");
keypressed = NO_KEY;
return;
}
else if (keypressed == '2' ) {
lcd.clear();
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print(F("Data Remained"));
delay(2000);
keypressed = NO_KEY;
return;}
}}
else{
lcd.clear();
lcd.setCursor(1,0);
lcd.print(F("Fuel Computer"));
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(F("No Button Press"));
delay (500);}}

```

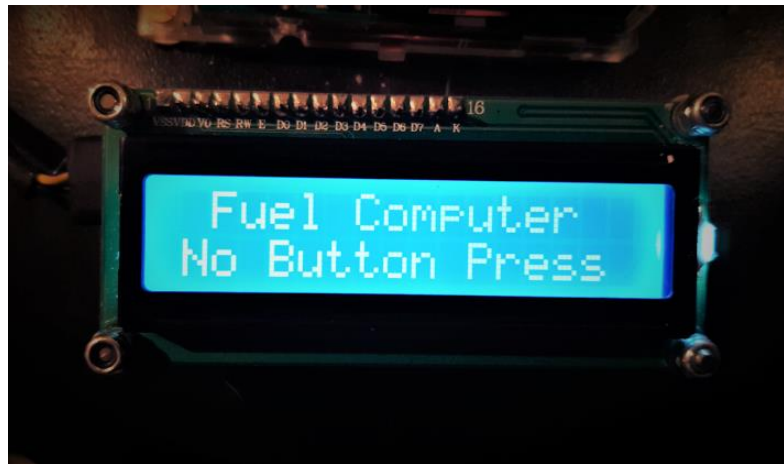
3.6 Περιγραφή λειτουργίας προγράμματος

Ο τρόπος που λειτουργεί η συγκεκριμένη διάταξη είναι ο παρακάτω. Με την έναρξη παροχής ρεύματος στη διάταξη, εμφανίζεται στην οθόνη πληροφοριών η ένδειξη «Fuel Computer» όπως φαίνεται στην εικόνα 3-12.



Εικόνα 3-4 Έναρκτηρία ένδειξη διάταξης

Εφόσον δεν πατηθεί κάποιο πλήκτρο που να αφορά τις λειτουργίες της διάταξης η οθόνη μετά το αρχικό μήνυμα θα εμφανίζει στο χρήστη το μήνυμα πως δεν έχει δοθεί κάποια εντολή, το πρόγραμμα θα μπει σε λειτουργία αναμονής και θα εμφανίζει το μήνυμα



Εικόνα 3-5 Ένδειξη αναμονής διάταξης

«No button press» όπως φαίνεται στην εικόνα 3-13 Αρχικά, η μονάδα μετράει τη στάθμη μέσω του αισθητήρα στάθμης που υπάρχει στη δεξαμενή τη δεδομένη στιγμή και κρατάει στην μνήμη της το αποτέλεσμα μέτρησης. Η λειτουργία αυτή επιτυγχάνεται πατώντας το πλήκτρο A στο πληκτρολόγιο. Ταυτόχρονα αποτυπώνει στην οθόνη πληροφοριών την ποσότητα καυσίμου που υπάρχει στη δεξαμενή με το εξής μήνυμα « Fuel level 11.70 Lt » όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 3-14.



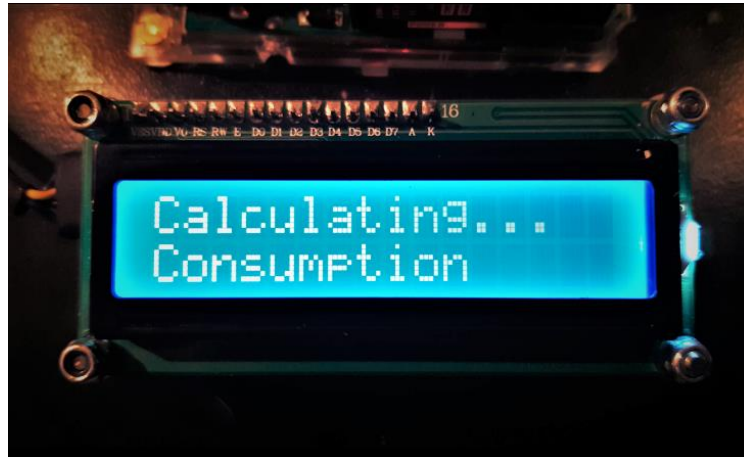
Εικόνα 3-6 Ένδειξη ποσότητας καυσίμου

Η διαδικασία λήψης μετρήσεων γίνεται καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας της μονάδας και αποτυπώνει συνεχώς την ποσότητα καυσίμου που υπάρχει την κάθε χρονική στιγμή στη δεξαμενή. Επειδή ο αισθητήρας στάθμης που χρησιμοποιείται είναι συνεχούς λήψης μετρήσεων η τιμή που εμφανίζει μεταβάλλεται συνεχώς. Αυτό είναι αποτέλεσμα της ευαισθησίας που έχει ο συγκεκριμένος αισθητήρας. Η λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα έρχεται με την εισαγωγή ενός μικρότερου προγράμματος στον κύριο κώδικα της διάταξης όπου διορθώνει αυτές τις μεταβολές. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα αυτό λαμβάνει συνεχώς μετρήσεις από τον αισθητήρα στάθμης μέχρι ένα ορισμένο αριθμό μετρήσεων (ο χρήστης ορίζει το σύνολο των μετρήσεων), εξάγει τον μέσο όρο αυτών των μετρήσεων και αποτυπώνει αποτέλεσμα.

Η επόμενη λειτουργία της διάταξης είναι ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου. Αυτό επιτυγχάνεται με το πάτημα του κουμπιού B από το πληκτρολόγιο. Αρχικά, ο χρήστης πατάει το κουμπί A ώστε να αποθηκεύσει το πρόγραμμα στην κάρτα μνήμης την τρέχουσα τιμή στάθμης. Εφόσον τελειώσει την διαδρομή, ο χρήστης πατάει το κουμπί B, εισάγει τα διανυθέντα χιλιόμετρα, πατάει το πλήκτρο του αστερίσκου στο πληκτρολόγιο και έπειτα το πρόγραμμα εμφανίζει στην οθόνη πληροφοριών την κατανάλωση που προέκυψε. Τα βήματα που αναφέρονται, εμφανίζονται σταδιακά με κάθε βήμα στην οθόνη πληροφοριών ώστε να βοηθά τον χρήστη της διάταξης. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά με εικόνες τα βήματα για τον υπολογισμό της ποσότητας καυσίμου από την διάταξη.

Βήμα 1° Πάτημα πλήκτρου A για την αποθήκευση τιμής στάθμης

Βήμα 2° Πάτημα πλήκτρου B για την έναρξη υπολογισμού κατανάλωσης



Εικόνα 3-7 Έναρξη κατανάλωσης καυσίμου

Βήμα 3° Εισαγωγή χιλιομέτρων από τον χρήστη και πάτημα πλήκτρου *



Εικόνα 3-8 Ένδειξη για την εισαγωγή χιλιομέτρων στο πρόγραμμα



Εικόνα 3-9 Εισαγωγή χιλιομέτρων

Βήμα 4^ο Η εμφάνιση κατανάλωσης από το πρόγραμμα στην οθόνη πληροφοριών



Εικόνα 3-10 Αποτύπωση κατανάλωσης στην οθόνη

Η επόμενη λειτουργία της διάταξης αφορά τον ανεφοδιασμό της δεξαμενής καυσίμου. Η λειτουργία αυτή ξεκινά με το πάτημα του πλήκτρου C από το πληκτρολόγιο. Κατά τη λειτουργία ανεφοδιασμού της δεξαμενής, ο αισθητήρας στάθμης αντιλαμβάνεται την είσοδο καυσίμου και λειτουργεί με τον εξής τρόπο. Από τη στιγμή που ξεκινάει ο ανεφοδιασμός ο αισθητήρας σταδιακά αλλάζει την έξοδο του σήματος μέχρι να σταθεροποιηθεί η τιμή του και στην οθόνη παρατηρούμε την αύξηση του όγκου καυσίμου. Όταν πλέον τελειώσει ο ανεφοδιασμός ο αισθητήρας μέσω του μικροελεγκτή εμφανίζει στην οθόνη πληροφοριών την τελική τιμή ποσότητας καυσίμου. Συγκεκριμένα, ο χρήστης πριν από την έναρξη του ανεφοδιασμού οφείλει

να πατήσει το πλήκτρο A ώστε το πρόγραμμα να αποθηκεύσει την τρέχουσα τιμή στάθμης. Έπειτα πατάει το πλήκτρο C όταν ξεκινήσει ο ανεφοδιασμός και αφού τελειώσει πατάει το πλήκτρο # από το πληκτρολόγιο. Μετά από αυτά, εμφανίζεται στην οθόνη πληροφοριών η συνολική ποσότητα καυσίμου, σε λίτρα, όπου εισήλθε στη δεξαμενή καυσίμων. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά με εικόνες τα βήματα για τον υπολογισμό της ποσότητας καυσίμου από την διάταξη.

Βήμα 1° Πάτημα πλήκτρου A για την αποθήκευση τιμής στάθμης

Βήμα 2° Πάτημα πλήκτρου C για την έναρξη υπολογισμού ανεφοδιασμού



Εικόνα 3-11 Έναρξη λειτουργίας ανεφοδιασμού

Βήμα 3° Μετά την ολοκλήρωση του ανεφοδιασμού πάτημα πλήκτρο # ώστε να δηλωθεί το πέρας του



Εικόνα 3-12 Ένδειξη συνέχειας λειτουργίας ανεφοδιασμού

Βήμα 4° Ένδειξη ποσότητας ανεφοδιασμού δεξαμενής σε λίτρα



Εικόνα 3-13 Ένδειξη ποσότητας ανεφοδιασμού

Η διάταξη έχει επίσης προγραμματιστεί να υπολογίζει το μέγιστο και το ελάχιστο ποσότητας καυσίμου. Όταν η ποσότητα καυσίμου που βρίσκεται μέσα στη δεξαμενή φτάσει είτε στο ανώτατο είτε στο κατώτατο επίπεδο καυσίμου ειδοποιεί το χρήστη. Συγκεκριμένα, αν και έχει τοποθετηθεί η ταινία στάθμης καυσίμου λίγο υψηλότερα από τον πυθμένα του δοχείου για λόγους ασφαλείας όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, υπάρχει ακόμη μια δικλείδα ασφαλείας που εξασφαλίζει ότι το όχημα σε καμία χρονική στιγμή δεν θα φτάσει σε σημείο στο οποίο δεν θα έχει καύσιμο να κινηθεί. Επιπλέον αυτού, η μονάδα εμπεριέχει στο πρόγραμμα της το ανώτατο σημείο πλήρωσης. Το σημείο αυτό εξασφαλίζει στον χρήστη το ανώτατο σημείο στο οποίο θα πρέπει να σταματάει ο ανεφοδιασμός της δεξαμενής. Ο σκοπός αυτής της προσθήκης είναι η ηλεκτρονική πλέον προστασία της δεξαμενής καυσίμων από την υπερπλήρωση, πέρα από την προστασία που ήδη υπάρχει από τον κατασκευαστή του εκάστοτε οχήματος με μηχανική βαλβίδα, και η προστασία από τυχόν διαστολή του καυσίμου σε περιόδους αυξημένης εξωτερικής θερμοκρασίας. Για αυτό το λόγο υφίστανται το ανώτατο όριο πλήρωσης μιας δεξαμενής καυσίμων, καθώς τα υγρά καύσιμα με την επίδραση της εξωτερικής θερμοκρασίας (περίοδος καλοκαιριού) τείνουν να διαστέλλονται. Ειδικότερα, όταν η ποσότητα καυσίμου που βρίσκεται κάτω από το επιτρεπτό όριο η οθόνη πληροφοριών εμφανίζει το μήνυμα « Need of Refueling » ενώ όταν βρίσκεται πάνω από το επιτρεπτό όριο εμφανίζει το μήνυμα «Tank is Full».

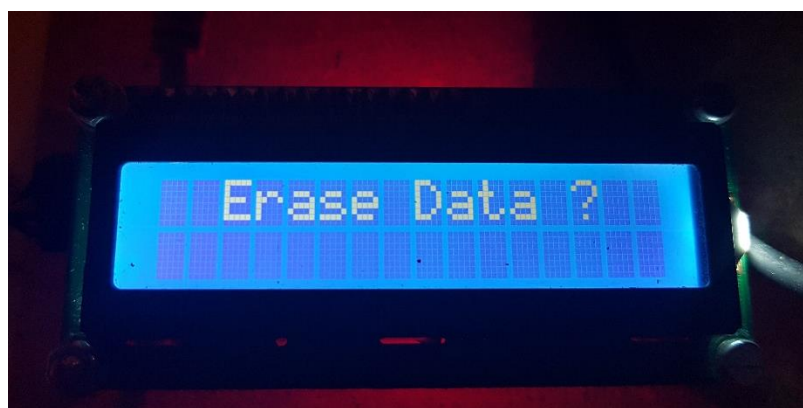
Επιπλέον, ο χρήστης μπορεί οποιαδήποτε στιγμή να κάνει επαναφορά του προγράμματος για οποιοδήποτε λόγο. Η ανάγκη αυτή μπορεί να προκύψει είτε από κάποιο πάγωμα του προγράμματος είτε από τυχαία διακοπή τροφοδοσίας ρεύματος της συσκευής. Ο χρήστης όταν θέλει να κάνει επαναφορά του προγράμματος θα πρέπει να πατήσει το πλήκτρο D από το πληκτρολόγιο και η διάταξη θα κάνει μόνη της επανεκκίνηση και θα εμφανίσει αντίστοιχο μήνυμα όπως φαίνεται στην εικόνα.



Εικόνα 3-14 Λειτουργία επανεκκίνησης διάταξης

Τέλος, η τελευταία λειτουργία που έχει προστεθεί στο λογισμικό πρόγραμμα της διάταξης είναι η εκκαθάριση της κάρτας μνήμης της συσκευής. Αυτή η λειτουργία επιτρέπει στον χρήστη να διαγράψει όλα τα δεδομένα που έχουν αποθηκευτεί στην κάρτα μνήμης από μετρήσεις που έχουν ληφθεί στο παρελθόν. Συγκεκριμένα ο χρήστης πατάει το πλήκτρο * και το πρόγραμμα του εμφανίζει δύο επιλογές είτε να διαγράψει τα δεδομένα είτε να μην τα διαγράψει όπως φαίνεται στα παρακάτω βήματα.

Βήμα 1^ο Πάτημα πλήκτρου * για την διαγραφή δεδομένων κάρτας μνήμης



Εικόνα 3-15 Λειτουργία διαγραφής δεδομένων από κάρτα μνήμης (1)

Βήμα 2° Επιλογή ανάμεσα σε διαγραφή ή όχι των δεδομένων



Εικόνα 3-16 Λειτουργία διαγραφής δεδομένων από κάρτα μνήμης (2)

Βήμα 3° Επιλογή ανάμεσα σε διαγραφή ή όχι των δεδομένων



(α)



(β)

Εικόνα 3-17 Λειτουργία διαγραφής δεδομένων από κάρτα μνήμης (α) Διαγραφή δεδομένων, (β) Μη διαγραφή δεδομένων

Η λειτουργία αυτή όμως δεν είναι απαραίτητη καθώς η χωρητικότητα της κάρτας μνήμης είναι τέτοια όπου μπορεί να αποθηκεύσει εκατοντάδες χιλιάδες μετρήσεις λόγω του μικρού μεγέθους αρχείου που έχουν οι μετρήσεις. Πάραυτα προστέθηκε για λόγους ευχρηστίας.

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι ο χρήστης συνδέοντας την κάρτα μνήμης σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή μπορεί να διαχειριστεί τις μετρήσεις που έχει λάβει ώστε να αποθηκεύει και να παράγει στατιστικές μετρήσεις κατανάλωσης καυσίμου αλλά και ανεφοδιασμού συναρτήσει τιμές καυσίμων.

Βελτιώσεις και μελλοντική εξέλιξη διάταξης

Οι βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν στη διάταξη που παρουσιάστηκε αφορούν τον εκσυγχρονισμό αυτής ώστε να είναι περισσότερο λειτουργική για το χειριστή. Η πρώτη πρόταση βελτίωσης και εξέλιξης της διάταξης είναι η τοποθέτηση ενός γυροσκοπίου. Όταν ένας χρήστης επιθυμεί να τοποθετήσει την διάταξη σε ένα περιβάλλον όπου η δεξαμενή θα βρίσκεται σε συνεχή κίνηση και θα θέλει να παίρνει τιμές στάθμης παράλληλα θα πρέπει να υπάρχει τοποθετημένο στην διάταξη ένας αισθητήρας κλίσης ή αλλιώς γυροσκόπιο το οποίο θα αντιλαμβάνεται την μεταβολή σε άξονες και μέσω εξισώσεων να μπορεί να υπολογίζει την σωστή στάθμη ρευστού που εμπεριέχεται στην δεξαμενή ανεξάρτητα με την κλίση που θα έχει με ένα ορισμένο επίπεδο.

Η δεύτερη πρόταση είναι να ενσωματωθεί μία ασύρματη επικοινωνία μεταξύ της διάταξης και το κινητό τηλέφωνο του χειριστή ή τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αυτό προσφέρει τη δυνατότητα καταγραφής των δεδομένων των ανεφοδιασμών του αυτοκινήτου αλλά και της κατανάλωσης αυτόματα. Σκοπός με την συγκεκριμένη προσθήκη είναι να μπορεί ο χειριστής κάθε μήνα, εξάμηνο ή έτος να μπορεί να υπολογίσει το κόστος καυσίμου με ιδιαίτερη ακρίβεια έτσι ώστε να μπορεί να πραγματοποιήσει τις ανάλογες διαφοροποιήσεις στον οικονομικό του προϋπολογισμό.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι το σημαντικότερο κομμάτι αυτής της εργασίας είναι ο αισθητήρας στάθμης. Με βάση την έρευνα και τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση καλύπτει επαρκώς τις απαιτήσεις. Αναμφίβολα υπάρχουν αισθητήρες με μεγαλύτερη ακρίβεια καθώς και πιο σύγχρονοι. Όμως σε συνδυασμό του μικροελεγκτή Arduino με τους αισθητήρες με τους οποίους μπορεί να συγχρονιστεί ο αισθητήρας που χρησιμοποιήθηκε αποτελεί βέλτιστη επιλογή.

Συμπεράσματα

Η μηχαντρονική διάταξη που παρουσιάζεται στην παρούσα πτυχιακή εργασία είναι αποτέλεσμα σύνδεσης πολλών επιστημών μαζί. Ο σκοπός όμως ήταν να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί μία διάταξη όσο το δυνατόν απλοποιημένη στον αναγνώστη ώστε να μπορεί να την αναπαράγει με ευκολία και να κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας της από το μηδέν. Αναμφίβολα καμία επιστήμη δεν είναι ανεξάρτητη από την άλλη και όλες μαζί συμβάλλουν στην διεκπεραίωση κάθε προβληματισμού για την εύρεση της βέλτιστης λύσης.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία βασίστηκε στη χρήση ηλεκτρονικών αισθητήρων, στον προγραμματισμό αυτών και στην ορθή σύνδεση και τοποθέτηση τους. Ουσιαστικά αποτελεί μία σύνδεση της μηχανολογίας, της ηλεκτρονικής και της ηλεκτρολογίας γι' αυτό άλλωστε χαρακτηρίζεται και μηχαντρονική διάταξη.

Οι αισθητήρες αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας του ανθρώπου και συμβάλουν σε αυτή προσφέροντας προνόμια τόσο στην διευκόλυνση του όσο και στην ασφαλέστερη και ποιοτικότερη ζωή του. Όσον αφορά τα παραπάνω, η παρούσα εργασία προσφέρει στον χειριστή της μονάδας μια ασφάλεια πρώτον όσον αφορά την ποσότητα καυσίμου που εισέρχεται στο αυτοκίνητο του από τους σταθμούς ανεφοδιασμού και δεύτερον την ακριβή ποσότητα που υπάρχει κάθε δεδομένη στιγμή ώστε να είναι πιο ρεαλιστική η αυτονομία της δεξαμενής. Επιπροσθέτως, δίνει την δυνατότητα σε αυτοκίνητα τα οποία δεν έχουν υπολογιστή καυσίμου (Trip Computer) να την αποκτήσουν και με αυτό τον τρόπο να εκσυγχρονιστούν.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- [1] Elgar, P. (2003). *Αισθητήρες Μέτρησης και Ελέγχου*. Εκδόσεις Τζιόλα
- [2] Αισθητήρας. Ανακτήθηκε 14 Νοεμβρίου 2018, από το Wikipedia Greece.
<https://el.wikipedia.org/wiki/Αισθητήρας>
- [3] Nesculescu, D. (2011). *Μηχατρονική*. Εκδόσεις Τζιόλα
- [4] Διαδικτυακό κατάστημα <https://www.cableworks.gr/> Πρόσβαση 10 Νοεμβρίου 2018. <https://www.cableworks.gr/ilektronika/arduino-and-microcontrollers/mcu-and-components/sound/hc-sr04-ultrasonic-module-distance-measuring-transducer-sensor-for-arduino/>
- [5] Διαδικτυακό κατάστημα <https://grobotronics.com/arduinogreece/> Πρόσβαση 10 Νοεμβρίου 2018. <https://grobotronics.com/liquid-level-sensor-8.html>
- [6] Πρωτόκολλο Επικοινωνίας I2C. Ανακτήθηκε 2 Δεκεμβρίου, 2018, από το Wikipedia Greece. <https://el.wikipedia.org/wiki/I2C>
- [7] Ταινία αισθητήρα στάθμης. (2018, Δεκέμβριος 2). Ανακτήθηκε από <https://milonetech.com/products/standard-etape>
- [8] Εγχειρίδιο πλακέτας Arduino Uno Rev 3. (2018, Ιανουάριος 15). Ανακτήθηκε από <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>
- [9] How to set up a keypad on an Arduino (2018, Δεκέμβριος 2). Ανακτήθηκε από <http://www.circuitbasics.com/how-to-set-up-a-keypad-on-an-arduino/>
- [10] Εγχειρίδιο Οθόνης αποτύπωσης χαρακτήρων. (2018, Ιανουάριος 15). Ανακτήθηκε από <https://opencircuit.nl/ProductInfo/1000061/I2C-LCD-interface.pdf>
- [11] Εγχειρίδιο κάρτας μνήμης αποθήκευσης. (2018, Ιανουάριος 15). Ανακτήθηκε από <http://datalogger.pbworks.com/w/file/attach/89507207/Datalogger%20-%20SD%20Memory%20Reader%20Datasheet.pdf>
- [12] Εγχειρίδιο Ταινίας αισθητήρα στάθμης. (2018, Ιανουάριος 15). Ανακτήθηκε από <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/eTapeApp.pdf>
- [13] Μαυρομάτης Σ. (2009). *Μηχανολογικό Σχέδιο και Στοιχεία Παραστατικής Γεωμετρίας*. Εκδόσεις Τζιόλα
- [14] Καμέας Α. (2000). *Τεχνικές Προγραμματισμού*. Εκδόσεις Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
- [15] Παπάζογλου Π. & Λιώνης Σ. (2017). *Ανάπτυξη Εφαρμογών με το Arduino*. Εκδόσεις Τζιόλα

- [16] Πρόγραμμα συγγραφής και επεξεργασίας κώδικα Ανακτήθηκε 14 Νοεμβρίου 2018 από Arduino.cc. <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>
- [17] Λιβιτσάνος Θ & Παπαοικονόμου Γ (2019). *Απομακρυσμένη Διαχείριση Εκκινητήρα Μηχανής Εσωτερικής Καύσης με τη Χρήση Πλακέτας Arduino*. Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αιγάλεω.

Πίνακας εικόνων

Περιγραφή	Σελίδα
Εικόνα 1-1 Αισθητήρες	14
Εικόνα 1-2 Ultrasonic Sensor HC-SR04	17
Εικόνα 1-3 Αισθητήρας Milone Technologies SEN-10221	18
Εικόνα 2-2 Οθόνη αποτύπωσης μετρήσεων	22
Εικόνα 2-3 Ταινία αισθητήρα στάθμης	22
Εικόνα 2-4 Πλακέτα Arduino Uno Rev3	23
Εικόνα 2-5 Κάρτα μνήμης Sd	23
Εικόνα 2-6 Πληκτρολόγιο χαρακτήρων	24
Εικόνα 2-6 Πλαστικό δοχείο δοκιμών (α) κάτοψη και (β) πλάγια όψη	25
Εικόνα 2-7 Άνω μέρος πλαστικού δοχείου	25
Εικόνα 2-8 Σωλήνας από plexiglass	25
Εικόνα 2-9 Υλικά σύνδεσης ηλεκτρονικών μερών	26
Εικόνα 2-10 Εργαλεία για την κατασκευή της διάταξης	26
Εικόνα 2-11 Πιστόλι θερμής σιλικόνης	27
Εικόνα 2-12 Άνω μέρος αισθητήρα στάθμης	29
Εικόνα 2-13 Θέση πλακέτας και βάσης καλωδίων στο πλαστικό δοχείο	30
Εικόνα 2-14 Δεξαμενή καυσίμων Honda Astrea (α) κάτοψη, (β) πρόοψη	32
Εικόνα 2-15 Στόκος εποξικής ρητίνης για την επισκευή δεξαμενών καυσίμων	33
Εικόνα 2-16 Βάση σύνδεσης αισθητήρα στάθμης	33
Εικόνα 2-18 Συνδεσμολογία πληκτρολογίου	36
Εικόνα 2-19 Συνδεσμολογία οθόνης	37
Εικόνα 2-20 Συνδεσμολογία κάρτας μνήμης Sd	38
Εικόνα 2-21 Συνδεσμολογία αισθητήρα στάθμης	39
Εικόνα 2-22 Σημείο πλήρωσης δοχείου	41
Εικόνα 2-23 Μηχανολογικό σχέδιο πληκτρολογίου	43
Εικόνα 2-24 Μηχανολογικό σχέδιο οθόνης πληροφοριών	44
Εικόνα 2-25 Μηχανολογικό σχέδιο κάρτας μνήμης Sd	44
Εικόνα 2-26 Μηχανολογικό σχέδιο πλακέτας Arduino Uno Rev3	45
Εικόνα 3-1 Πλακέτα μικροελεγκτή Arduino Uno Rev3	49
Εικόνα 3-2 Περιβάλλον ανάπτυξης κώδικα Arduino	50
Εικόνα 3-37 Μέρη Πλακέτας Arduino	51
Εικόνα 3-4 Εναρκτήρια ένδειξη διάταξης	61
Εικόνα 3-5 Ένδειξη αναμονής διάταξης	61
Εικόνα 3-6 Ένδειξη ποσότητας καυσίμου	62
Εικόνα 3-7 Έναρξη κατανάλωσης καυσίμου	63
Εικόνα 3-8 Ένδειξη για την εισαγωγή χιλιομέτρων στο πρόγραμμα	63
Εικόνα 3-9 Εισαγωγή χιλιομέτρων	64
Εικόνα 3-10 Αποτύπωση κατανάλωσης στην οθόνη	64
Εικόνα 3-11 Έναρξη λειτουργίας ανεφοδιασμού	65
Εικόνα 3-12 Ένδειξη συνέχειας λειτουργίας ανεφοδιασμού	65
Εικόνα 3-13 Ένδειξη ποσότητας ανεφοδιασμού	66
Εικόνα 3-14 Λειτουργία επανεκκίνησης διάταξης	67
Εικόνα 3-15 Λειτουργία διαγραφής δεδομένων από κάρτα μνήμης (1)	69
Εικόνα 3-16 Λειτουργία διαγραφής δεδομένων από κάρτα μνήμης (2)	70
Εικόνα 3-17 Λειτουργία διαγραφής δεδομένων από κάρτα μνήμης (α) Διαγραφή δεδομένων, (β) Μη διαγραφή δεδομένων	70