

S29
A4T



Σχεδίαση και κατασκευή υποβρυχίου ρομποτικού οχήματος



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ 37201

Επιβλέποντες Καθηγητές:
Δρ. Αλαφοδήμος Κωνσταντίνος
Δρ. Νικολάου Γρηγόριος

Πειραιάς, 2012

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Ευχαριστίες

Μετά από πολύωρη προσωπική εργασία καθώς και στιγμές άγχους και πίεσης, ολοκληρώθηκε αυτή η κατασκευή. Η ικανοποίηση να βλέπεις κάτι να παίρνει σάρκα και οστά από τα χέρια σου και να λειτουργεί όπως το είχες φανταστεί από την πρώτη μέρα με έκανε να ξεχάσω όλη την κούραση και το άγχος που είχα μέχρι την ολοκλήρωση της.

Μέσα από αυτή την κατασκευή κατάλαβα ότι τίποτα δεν είναι ακατόρθωτο αρκεί να το θέλεις πραγματικά. Επίσης η ικανοποίηση ότι τα πράγματα που έμαθα αυτά τα χρόνια φοιτώντας στο ΤΕΙ μπόρεσα να τα χρησιμοποιήσω ήταν πολύ μεγάλη. Οι γνώσεις μου θεωρώ ότι εξελιχτήκαν από αυτή την εργασία, γιατί έπρεπε να ψάξω και να μάθω νέα πράγματα ώστε να την ολοκληρώσω.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους ανθρώπους που πίστεψαν σε μένα ότι θα τα καταφέρω και μου στάθηκαν στις δυσκολίες που αντιμετώπισα. Επίσης ευχαριστώ και όλους εκείνους που δεν πίστεψαν ότι θα τα καταφέρω γιατί μου έδωσαν δύναμη να συνεχίσω για να τους αποδείξω ότι μπορώ.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου κ. Νικολάου Γρηγόρη και κ. Αλαφοδήμο Κωνσταντίνο που έδειξαν εμπιστοσύνη και με στήριξαν με τις συμβουλές τους κατά την διάρκεια αυτής της εργασίας.

Αφιερώνω αυτή την εργασία σε έναν δικό μου άνθρωπο που με βλέπει και με στηρίζει από ψηλά καθώς και σε όλους τους κοντινούς μου ανθρώπους.



Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	6
1.1 R.O.V.	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	8
2.1 Τι είναι το Arduino.....	8
2.2 Ακροδέκτες του μικροελεγκτή Arduino.....	9
2.3 Χαρακτηριστικά.....	10
2.4 Γιατί επιλέχτηκε το Arduino.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	14
3.1 Μελέτη κατασκευής.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	18
4.1 Κατασκευή.....	18
4.2 Κατασκευή σώματος υποβρυχίου.....	18
4.2.1 Μπροστινό κομμάτι θόλου.....	19
4.2.2 Φώτα.....	20
4.2.3 Μοτέρ.....	22
4.2.4 Ένωση πλαϊνών τμημάτων με κυρίως σώμα.....	24

4.2.5 Στεγανοποίηση σημείου που εισέρχονται τα καλώδια του λώρου επικοινωνίας.....	26
4.2.6 Αισθητήρια.....	27
4.2.7 Τελική φάση.....	29
4.3 Κατασκευή εσωτερικού τμήματος υποβρυχίου.....	29
4.3.1 Στήριξη κάμερας.....	31
4.3.2 Τοποθέτηση εξαρτημάτων και μετατροπές.....	33
4.3.3 Πλακέτα.....	35
4.4 Κατασκευή χειριστηρίου.....	37
4.4.1 Κατασκευή για το καπάκι του χειριστηρίου.....	38
4.4.2 Εσωτερικό χειριστηρίου- Πλακέτα.....	43
4.4.3 Περιμετρικά του χειριστηρίου- Τελική μορφή.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	46
5.1 Περιγραφή αποτελέσματος.....	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....	48
Κώδικας.....	48
Βιβλιογραφία.....	67
Datasheets.....	68

Εισαγωγή

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας, σε συνδυασμό με την ζήτηση για μεγαλύτερη ακρίβεια και πιο σωστά αποτελέσματα στις διάφορες διεργασίες καθώς και την προστασία της ανθρώπινης υγείας, οδήγησαν στον σχεδιασμό και την κατασκευή των ρομποτικών συστημάτων R.O.V.

Αυτό λοιπόν κίνησε και το δικό μου ενδιαφέρον σε συνδυασμό με την αγάπη για το υγρό στοιχείο να ασχοληθώ με την κατανόηση και την κατασκευή αυτών των οχημάτων. Απώτερος σκοπός αυτής της κατασκευής είναι η παραγωγή τέτοιων οχημάτων με απλό και φτηνό υλικό. Επίσης είναι μια καλή κληρονομιά για το τμήμα μας, αν κάποτε συσταθεί ομάδα που θα θελήσει να εξελίξει αυτή την κατασκευή.

Στο συγκεκριμένο βιβλίο υπάρχουν έξι κυρίως κεφάλαια. Στο πρώτο γίνεται αναφορά το τι είναι ένα όχημα ROV, πως εξελίχθηκε και που μπορεί να βρει εφαρμογές.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στην αναπτυξιακή πλακέτα που χρησιμοποιήθηκε, το Arduino. Παρουσιάζονται τα τεχνικά της χαρακτηριστικά και για ποιο λόγο προτιμήθηκε.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναφέρεται η μελέτη για την κατασκευή του υποβρυχίου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται λεπτομερώς και με φωτογραφικό υλικό η πορεία της κατασκευής.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, περιγράφονται οι λειτουργίες που μπορεί να κάνει το συγκεκριμένο υποβρύχιο.

Στο έκτο κεφάλαιο, παρατίθεται ο κώδικας με επεξήγηση το τι κάνει κάθε γραμμή του.

Στο τέλος υπάρχουν και τα datasheets των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 R.O.V.

Τα αρχικά R.O.V. σημαίνουν **Remotely Operated Vehicle**. Όπως λέει και το όνομα τους αυτά τα ρομπότ πηγαίνουν σε απομακρυσμένα μέρη σε σχέση με τον χειριστή τους και εκτελούν κυρίως εποπτικές διεργασίες, δηλαδή με χρήση μιας κάμερας στέλνουν εικόνα από μέρη που πιθανών να προκαλέσουν κάποια βλάβη στον ανθρώπινο οργανισμό, είτε λόγω της απόστασης τους(π.χ. μεγάλα βάθη στη θάλασσα) είτε λόγω επικινδυνότητας περιβάλλοντος(π.χ. τοξικά αέρια, ραδιενέργεια, εμπόλεμες ζώνες).

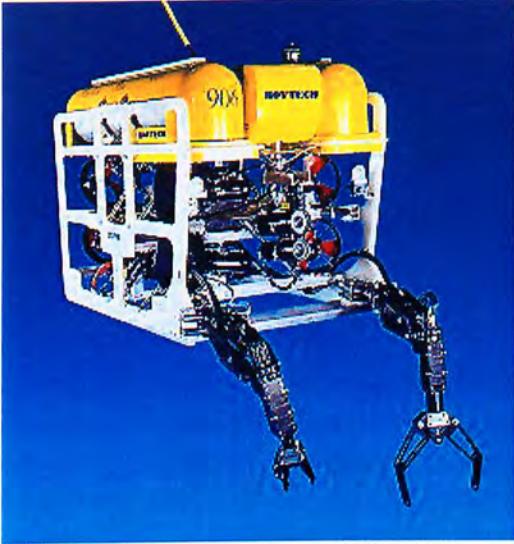
Ένα ROV μπορεί εκτός από απλή αποστολή της εικόνας, να εκτελέσει ταυτόχρονα και άλλες διεργασίες αρκεί να είναι εξοπλισμένο με το κατάλληλο εξάρτημα. Τέτοιες μπορεί να είναι: συλλογή δείγματος από το περιβάλλον που βρίσκεται, εργασίες συγκολλήσεων και κοπής, εξουδετέρωση εκρηκτικών μηχανισμών κ.α.

Όπως ανέφερα και παραπάνω ROV υπάρχουν και για το νερό. Μπορούν και κατέβουν σε βάθη που είναι αδύνατο να φτάσει ο άνθρωπος και με την χρήση καμερών υψηλής ανάλυσης, να μεταφέρουν σημαντικές και πολύτιμες εικόνες. Επίσης μπορούν σε μεγάλα βάθη να εκτελέσουν διεργασίες περισυλλογής ή συγκόλλησης και κοπής.

Το πρώτο υποθαλάσσιο ROV κατασκευαστικό από το Βρετανικό πολεμικό ναυτικό μέσα στη δεκαετία του 1950 ώστε να επαναφέρουν ή εξουδετερώσουν κάποιες τορπίλες. Αργότερα στη δεκαετία του 1960 άρχισαν να μελετούν και να σχεδιάζουν τέτοια οχήματα το πολεμικό ναυτικό των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής τα οποία τα ονόμασαν "Cable-Controlled Underwater Recovery Vehicle" (CURV). Η χρήση τους ήταν εποπτική και να περισυλλέγουν ή επαναφέρουν σε λειτουργία βόμβες και τορπίλες από τον πυθμένα της θάλασσας.

Με την πάροδο των χρόνων η τεχνολογία των υποθαλάσσιων ROV εξελίχθηκε και αναπτύχθηκε. Στις μέρες μας έχει βρει άμεση εφαρμογή στις πλατφόρμες διύλισης πετρελαίου και φυσικού αερίου. Επίσης χρησιμοποιούνται ευρέως στις διάφορες ερευνητικές ομάδες που ασχολούνται με το οτιδήποτε βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας(π.χ. ναυάγια, υποθαλάσσια ζωή κ.τ.λ.).

Η μορφή των σύγχρονων ROV ποικίλει ανάλογα την εργασία που προορίζονται. Κάποιες ενδεικτικές μορφές είναι οι ακόλουθες.



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Τι είναι το Arduino

Ο Arduino είναι το εργαλείο το οποίο κατασκευάζει ένα υπολογιστικό σύστημα με την έννοια ότι αυτό θα ελέγχει συσκευές του φυσικού κόσμου, σε αντίθεση με τον κοινό σε όλους, Ηλεκτρονικό Υπολογιστή. Το περιβάλλον ανάπτυξης του λογισμικού βασίζεται στην γλώσσα προγραμματισμού Processing και την γλώσσα προγραμματισμού Wiring, οι οποίες είναι ανοιχτού κώδικα (open source) και μπορεί κάποιος να τις "κατεβάσει δωρεάν".

Η Γλώσσα προγραμματισμού του Arduino αποτελεί μια εφαρμογή σε software επίπεδο της καλωδίωσης. Εξομοιώνει απόλυτα το φυσικό περιβάλλον του μικροελεγκτή.

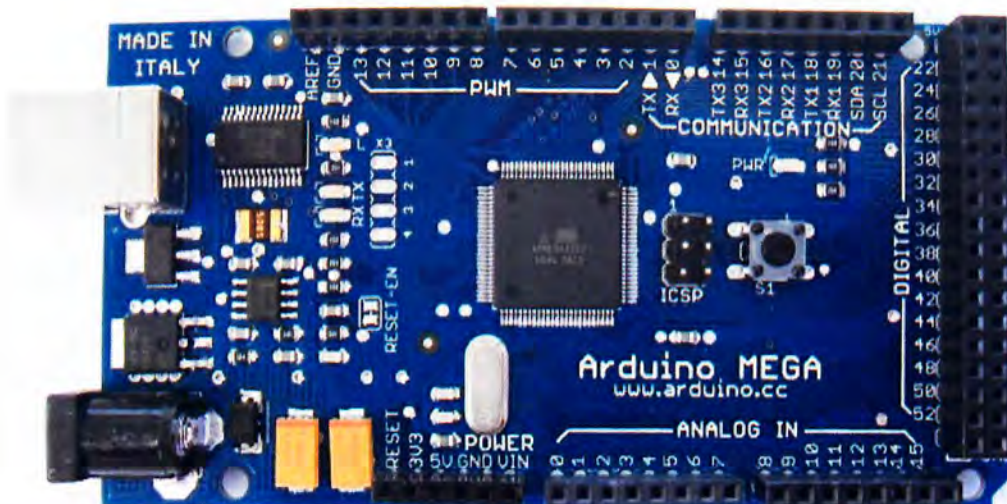
Ο μικροελεγκτής Arduino είναι στην ουσία μια αναπτυξιακή πλακέτα που ενσωματώνει ένα μικροελεγκτή ανάλογα την έκδοση του (π.χ. arduino duemilanove διαθέτει έναν ATmega1280) και συμπληρωματικά εξαρτήματα για την διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωση του σε άλλα κυκλώματα..

Όλες οι πλακέτες περιλαμβάνουν ένα γραμμικό ρυθμιστή τάσης 5V και έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή 16MHz (ή κεραμικό αντηχητή σε κάποιες παραλλαγές). Ο μικροελεγκτής είναι από κατασκευής προγραμματισμένος με ένα bootloader, έτσι ώστε να μην χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής.

Γενικά όλες οι πλακέτες είναι προγραμματισμένες μέσω μιας σειριακής σύνδεσης RS-232, αλλά ο τρόπος με τον οποίο αυτό υλοποιείται ποικίλλει ανάλογα με την έκδοση.

Οι σειριακές πλακέτες Arduino περιέχουν ένα απλό κύκλωμα αντιστροφής για την μετατροπή ανάμεσα στα σήματα των επιπέδων RS-232 και TTL. Οι πλακέτες Arduino που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά, προγραμματίζονται μέσω USB, εφαρμόζοντας ένα τσιπ προσαρμογέα USB-to-serial όπως το FTDI232

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η έκδοση Mega, η οποία και χρησιμοποιήθηκε στην εργασία.



2.2 Ακροδέκτες του μικροελεγκτή Arduino

Ο Arduino έχει 54 ψηφιακούς ακροδέκτες Εισόδου/Εξόδου. Αυτοί μπορούν να τεθούν ως είσοδοι ή ως έξοδοι με τις εντολές-συναρτήσεις `pinMode()`, `digitalWrite()`, `digitalRead()`.

Λειτουργούν στα 5 Volts και έχουν την δυνατότητα να παρέχουν ή να καταβυθίζουν ένταση της τάξεως των 40mA. Σε κάθε Pin υπάρχει εσωτερικά ένας Pull-up αντιστάτης στα 20-50KΩ.

Επιπλέον έχει 16 Αναλογικούς ακροδέκτες Εισόδου. Αυτοί μπορούν να διαβάσουν αναλογικές τιμές όπως η τάση μιας μπαταρίας κτλ και να τις μετατρέψουν σε έναν αριθμό από 0-1023. Η μέτρηση της τάσης γίνεται προκαθορισμένα από 0 έως 5 volts.

Εκτός αυτού 14 εκ των 54 ψηφιακών ακροδεκτών οι έχουν την δυνατότητα να προγραμματιστούν ώστε να λειτουργούν ως Αναλογικές έξοδοι.

Κάποιοι ακροδέκτες έχουν συγκεκριμένες λειτουργίες.

- Σειριακή Λειτουργία: 0,15,17,19 (RX) και 1,14,16,18 (TX). Χρησιμοποιούνται για λήψη (RX) και εκπομπή (TX) TTL σειριακών δεδομένων. Αυτοί οι ακροδέκτες είναι συνδεδεμένοι με τους αντίστοιχους του ολοκληρωμένου FTDIUSB-to-TTLSerial.
- Εξωτερικές Διακοπές: 2, 3,18,19,20 και 21. Αυτοί οι ακροδέκτες μπορούν να ενεργοποιούν διακοπές αν ανιχνευθεί παλμός χαμηλής τάσης. Με τη συνάρτηση `attachInterrupt()`.

- PWM: τα pin 2 έως 13 και 44 έως 46 . Παρέχουν Έξοδο 8-bitPWM με την συνάρτηση analogWrite().
- SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).Αυτοί οι ακροδέκτες επιτρέπουν επικοινωνία SPI, η οποία αν και παρέχεται από το hardware δεν είναι ακόμα διαθέσιμη στην γλώσσα προγραμματισμού του Arduino.
- LED: 13. Στον ακροδέκτη 13 υπάρχει ένα ενσωματωμένο LED. Όταν ο ακροδέκτης έχει τιμή HIGH, το LED φωτοβολεί

Επιπλέον υπάρχουν ακροδέκτες για ειδικές λειτουργίες όπως:

- I2C: 4 (SDA) and 5 (SCL). Υποστηρίζει το πρωτόκολλο I2C (TWI) χρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες τις Γλώσσας προγραμματισμού Wiring.
- AREF. Reference voltage for the analog inputs. Χρησιμοποιείται με την συνάρτηση analogReference().
- Reset. Αν τεθεί σε κατάσταση LOW τότε επανεκκινεί τον Μικροελεγκτή. Σε αυτή τη γραμμή τοποθετείται ένας διακόπτης.
- I2C: 20 (SDA) και 21 (SCL). Υποστηρίζει το πρωτόκολλο I2C (TWI) χρησιμοποιώντας βιβλιοθήκες τις Γλώσσας προγραμματισμού Wiring.
- AREF. Reference voltage for the analog inputs. Χρησιμοποιείται με την συνάρτηση analogReference().
- Reset. Αν τεθεί σε κατάσταση LOW τότε επανεκκινεί τον Μικροελεγκτή. Σε αυτή τη γραμμή τοποθετείται ένας διακόπτης.

2.3 Χαρακτηριστικά

Το ολοκληρωμένο ATmega1280 έχει 128KB μνήμης flash για την αποθήκευση κώδικα (4 KB εκ των οποίων χρησιμοποιούνται από τον bootloader). Έχει επίσης 8 KB SRAM και 4KB EEPROM (τα οποία μπορούν να διαβαστούν και να γραφτούν με την βιβλιοθήκη EEPROM).Παρακάτω εμφανίζονται συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά του μοντέλου που χρησιμοποιούμε.

Μικροελεγκτής	ATmega1280
Τάση Λειτουργίας	5V
Τάση Εισόδου	7-12V
Όρια Τάσης	6-20V
Ψηφιακοί Ακροδέκτες I/O	54 (of which 15 provide PWM output)

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Αναλογικοί Ακροδέκτες Εισόδου	16
DC ρεύμα ανά I/O Ακροδέκτη	40 mA
DC ρεύμα για 3.3V Ακροδέκτη	50 mA
Μνήμη Flash	128 KB (4 KB χρησιμοποιούνται από τον bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Ταχύτητα Ρολογιού	16 MHz

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

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

Οι ακροδέκτες τροφοδοσίας είναι οι εξής:

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

Ο Arduino Mega έχει την δυνατότητα να επικοινωνεί με τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή, έναν άλλον Arduino ή άλλους μικροελεγκτές. Το ολοκληρωμένο ATmega 1280 παρέχει σειριακή επικοινωνία TTL 5VoltUART, η οποία είναι διαθέσιμη από τους ακροδέκτες λήψη (RX) και εκπομπή (TX) του ολοκληρωμένου.

Επιπλέον στην αναπτυξιακή πλακέτα του Arduino είναι ενσωματωμένο ένα ολοκληρωμένο το FTDI232RL το οποίο παρέχει σειριακή επικοινωνία με τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή για προγραμματισμό, πάνω από την θύρα USB με την βοήθεια των ανάλογων FTDI drivers. Οι drivers αυτοί περιλαμβάνονται στο software για τον Arduino και παρέχουν μια ιδεατή θύρα επικοινωνίας στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή για τους σκοπούς της επικοινωνίας.

2.4 Γιατί επιλέχθηκε το Arduino

Υπάρχει πληθώρα άλλων μικροελεγκτών και αναπτυξιακών στο εμπόριο για να ασχοληθεί κάποιος εκεί έξω. Ο BasicStamp της Parallax, ο BX-24 της Netmedia, το Handyboard του MIT και πολύ άλλη όμοιας λειτουργικότητας. Όλα αυτά τα εργαλεία που προαναφέραμε είναι απλά και για τον αρχάριο χρήστη καθώς "κρύβουν" τις δύσκολες λεπτομέρειες της αρχιτεκτονικής και επιτρέπουν τον άμεσο προγραμματισμό του μικροελεγκτή, προσφέροντας τα πάντα σε ένα και μόνο "πακέτο" έτοιμο για χρήση.

Ο Arduino διαφέρει από τους προηγούμενους γιατί απλοποιεί την διαδικασία να δουλεύει κάποιος με μικροελεγκτές, αλλά κάποια πλεονεκτήματα που προσφέρει σε σχέση με άλλους μικροελεγκτές για χρήση από δασκάλους, μαθητές και άλλους hobbιστες είναι τα παρακάτω:

✓ Φθηνός

Οι πλακέτες του Arduino είναι εξαιρετικά φθηνές σε σχέση με άλλες πλατφόρμες μικροελεγκτών. Ειδικά δε μπορεί με τα σχηματικά που κυκλοφορούν στο Internet να κατασκευάσει κάποιος την φθηνότερη εκδοχή ενός Arduino. Ωστόσο ακόμα και αν προμηθευτεί την έτοιμη (μονταρισμένη πλακέτα) αυτή θα κοστίσει το μέγιστο 50 Euro.

✓ Τρέχει σε διάφορα Λειτουργικά Συστήματα.

Οι μηχανικοί λογισμικού, ανέπτυξαν το περιβάλλον προγραμματισμού του Arduino για Windows, Macintosh και για λειτουργικά συστήματα Linux. Τα περισσότερα συστήματα ανάπτυξης Μικροελεγκτών περιορίζονται στα Windows.

✓ Απλό, ξεκάθαρο προγραμματιστικό περιβάλλον.

Το περιβάλλον προγραμματισμού ενός Arduino ενδείκνυται για αρχάριους, αλλά είναι ταυτόχρονα και ευέλικτο και για πιο προχωρημένους χρήστες.

✓ Ανοιχτού λογισμικού και λογισμικού που επεκτείνεται και παραμετροποιείται.

Το software του Arduino διανέμεται με την μορφή εργαλείων ανοιχτού λογισμικού και είναι διαθέσιμο προς επέκταση για έμπειρους προγραμματιστές. Η γλώσσα προγραμματισμού του μπορεί να επεκταθεί διαμέσου των βιβλιοθηκών την C++ και

οι άνθρωποι που θέλουν να ασχοληθούν περισσότερο με τους μικροελεγκτές μπορούν να μεταβούν από τον Arduino στην AVR-C που είναι για προγραμματισμό των Atmel Μικροελεγκτών και η γλώσσα στην οποία βασίστηκε το λογισμικό του Arduino. Ομοίως μπορεί κάποιος να προσθέσει κώδικα της AVR-C στο πρόγραμμα που έχει γράψει για τον Arduino του.

✓ **Ανοιχτού Υλικού το οποίο μπορεί να επεκταθεί.**

Ο Arduino βασίζεται στους μικροελεγκτές της Atmel ATMEGA8 και ATMEGA168. Τα σχηματικά για τα αναπτυξιακά είναι κάτω από την άδεια της Creative Commons, επιτρέποντας σε έμπειρους σχεδιαστές να κατασκευάσουν το δικό τους αναπτυξιακό, εξελίσσοντας το ήδη υπάρχον χωρίς να έχουν νομικά προβλήματα. Η ακόμη καλύτερα όχι τόσο έμπειροι χρήστες μπορούν να επιδιώξουν την αντιγραφή και κατασκευή της πλακέτας σε ράστερ για να καταλάβουν την λειτουργία ενός Arduino.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

2.1 Μελέτη κατασκευής

Το πρώτο βασικό πρόβλημα που δημιουργήθηκε ήταν αυτό του μπροστινού θόλου ώστε να μπορούμε να πάρουμε εικόνα από τον βυθό. Η κατασκευή λοιπόν, προσαρμόστηκε πάνω σε αυτό το πρόβλημα.

Πιο αναλυτικά. Έπρεπε στο μπροστινό μέρος του υποβρυχίου να υπάρξει δυνατότητα τοποθέτησης διαφανούς υλικού ώστε να μπορεί να επιτρέπεται η λήψη εικόνας από την κάμερα που θα βρισκόταν στο εσωτερικό του υποβρυχίου. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί και με ένα επίπεδο κομμάτι plexiglass αλλά εγώ προτίμησα να βάλω ένα κοίλο κομμάτι. Αυτό θα μου έδινε την δυνατότητα της καλύτερης πλεύσης αφού θα υπήρχε λιγότερη αντίσταση από το νερό λόγω ότι υπάρχει μικρότερη επιφάνεια που ασκείται κάθετα η αντίσταση σε σχέση με μια επίπεδη επιφάνεια. Δηλαδή θα είχα καλύτερο υδροδυναμικό σχήμα.

Έτσι λοιπόν προσπάθησα να φτιάξω ένα τέτοιο κοίλο κομμάτι από plexiglass. Αυτό δεν ήταν δυνατό διότι για να πάρει αυτή τη μορφή το υλικό αυτό έπρεπε να ζεσταθεί αρκετά. Αν όμως ζεσταθεί τόσο πολύ μαυρίζει οπότε δεν θα είχα τη διαύγεια που επιθυμούσα. Στην συνέχεια ερεύνησα την κατασκευή του από πολυκαρμπονικό υλικό. Αυτό θα είχε καλύτερο αποτέλεσμα σε σχέση με το plexiglass, αλλά το κόστος κατασκευής του ήταν πολύ ακριβό.

Έτσι κατέληξα μετά από πολύ ψάξιμο στο να χρησιμοποιήσω για την επίτευξη αυτής της κατασκευής ένα κομμάτι από ένα τηλεκατευθυνόμενο υποβρύχιο που κυκλοφορεί στην αγορά. Το υποβρύχιο αυτό λέγεται “thunder tiger submarine” και υπάρχει στα περισσότερα καταστήματα μοντελισμού. Φαίνεται και στην εικόνα που ακολουθεί.



Έχοντας πλέον το βασικό κομμάτι στα χέρια μου, προσάρμοσα την κατασκευή μου πάνω σε αυτό.

Έχοντας στο μυαλό μου το βασικό σχήμα του πως θα ήθελα να είναι το υποβρύχιο, πήγα με το κομμάτι αυτό του θόλου στο κατάστημα που εμπορεύεται υλικά PVC και με την βοήθεια των υπαλλήλων έγινε η αγορά των σωλήνων με γνώμονα να βρεθεί μέρος σωλήνα ώστε να μπορούν να στερεωθούν το κομμάτι του θόλου, τα μοτέρ και τα φώτα.

Λόγο του ότι η διάμετρος του θόλου ήταν 12 cm αναγκαστικά έπρεπε και η διάμετρος του κυρίως σώματος της κατασκευής να είναι το ίδιο. Έτσι δημιουργήθηκε το επόμενο πρόβλημα. Πόσο θα είναι το μήκος της κατασκευής.

Έπρεπε λοιπόν να κατασκευάσω το κύριο σώμα με μια διάμετρο που δεν άλλαζε ώστε να έχω όσο το δυνατόν λιγότερη άνωση.

Η άνωση ή άντωση όπως φαίνεται και στον τύπο που την περιγράφει, εξαρτάται από τον όγκο του βυθισμένου αντικειμένου σε ρευστό περιβάλλον.

$$A = \rho * g * V$$

Όπου:

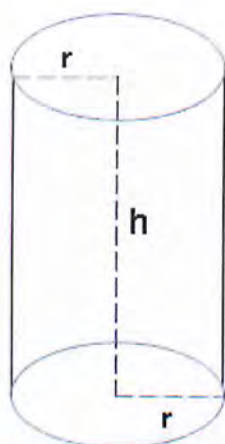
- A: άνωση
- ρ : πυκνότητα ρευστού
- g: επιτάχυνση βαρύτητας
- V: όγκος βυθισμένου σώματος

Ο μόνος μεταβλητός είναι ο όγκος από τις παραμέτρους της άνωσης, αφού μιλάμε για νερό είτε γλυκό που είναι 1000 kg/m^3 , είτε για θαλασσινό που είναι περίπου ίδια 1025 kg/m^3 .

Ο όγκος κυλίνδρου υπολογίζεται από τον τύπο:

$$V = \pi * r^2 * h$$

Όπου:



- V : όγκος
- π : 3,14
- r : ακτίνα κυλίνδρου
- h : ύψος κυλίνδρου

Συνοψίζοντας. Από τη στιγμή που ήθελα να μειώσω την άνωση η οποία μπορούσε να μειωθεί μόνο από τον όγκο, έπρεπε να τον μειώσω. Για να μειώσω τον όγκο έπρεπε να μειώσω είτε την διάμετρο είτε το μήκος του. Η διάμετρος όμως δεν μπορούσε να μειωθεί λόγω του θόλου, οπότε το μόνο που μου είχε μείνει ήταν να μειώσω το μήκος του κυρίως σώματος.

Επίσης το μήκος του κυρίως σώματος δεν μπορούσα να το μειώσω ανεξέλεγκτα, διότι στο εσωτερικό του θα έμπαιναν τα διάφορα εξαρτήματα(κάμερα, μπαταρίες,esc κ.τ.λ.).

Επιπλέον ούτε τα εξαρτήματα αυτά μπορούσα να τα τοποθετήσω αυθαίρετα διότι έπρεπε να υπάρχει ισομοίρασμα του βάρους για να μην έχουμε κλίση στο υποβρύχιο.

Για να βρω λοιπόν τα ελάχιστο μήκος που θα μπορούσα να φέρω το κυρίως σώμα έκανα τα εξής βήματα:

Πρώτων μέτρησα το άθροισμα του μήκους των μπαταριών αφού αυτό δεν θα άλλαζε και σαν τα πιο βαριά εξαρτήματα στο εσωτερικό του υποβρυχίου θα έμπαιναν αντικριστά. Στη συνέχεια υπολόγισα και την μικρότερη δυνατή απόσταση από τους ξύλινους δίσκους της κάμερας που θα μπορούσε να λειτουργήσει σωστά.

Τέλος σε αυτό το μήκος προστέθηκε και η χειρολαβή του πίσω ξύλινου δίσκου και βγήκε ένα συνολικό μήκος 42 cm.

Έτσι το ελάχιστο μήκος που θα μπορούσα να φέρω το κυρίως σώμα της κατασκευής ήταν 42 cm. Σύμφωνα με αυτό κατέληξα στο τελικό μέγεθος. Συνολικό μήκος είναι 47 cm λόγω θόλου και πίσω τάπας.

Τα πλαϊνά τμήματα σωλήνων δεν επηρεάζουν κατά πολύ την άνωση, εκτός από δύο μικρά σημεία(φώτα και ένωση με κυρίως σώμα), διότι είναι διάτρητα και δεν δημιουργείται κενό στο εσωτερικό τους ώστε να συμπεριληφθεί στο συνολικό όγκο της κατασκευής.

Για την εξισορρόπηση της τελικής άνωσης έχουν χρησιμοποιηθεί κάποια αντίβαρα τα οποία τοποθετούνται εξωτερικά του υποβρυχίου.

Το σχήμα αυτό της κατασκευής το προτίμησα από άλλα που υπάρχουν γιατί μπορεί να επιτευχθεί εύκολα η ισοστάθμιση του βάρους του, τοποθετώντας αντίβαρα στο εσωτερικό των πλαϊνών σωλήνων αν χρειαστεί, καθώς και την τοποθέτηση εξαρτημάτων π.χ. αισθητηρίων, που πρέπει να έρχονται σε επαφή με το νερό χωρίς να επηρεάζεται το κυρίως σώμα που πρέπει να είναι απόλυτα στεγανοποιημένο!

Επεξηγήσεις γιατί έχω χρησιμοποιήσει συγκεκριμένα εξαρτήματα υπάρχουν και στο κεφάλαιο της κατασκευής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Κατασκευή

Η συνολική κατασκευή χωρίζεται σε τρία μέρη:

- Κατασκευή σώματος υποβρυχίου.
- Κατασκευή εσωτερικού τμήματος υποβρυχίου.
- Κατασκευή χειριστηρίου.

Στην συνέχεια θα γίνει περιγραφή της κατασκευής του κάθε μέρους ξεχωριστά.

4.2 Κατασκευή σώματος υποβρυχίου

Σε πρώτο στάδιο υπήρξε μια πρόχειρη εικόνα του πως θα είναι το σχήμα του υποβρυχίου καθώς και των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν. Αποφάσισα τελικά να χρησιμοποιήσω σωλήνες pvc λόγο του χαμηλού κόστους, της πιο εύκολης στεγανοποίησης τους, του βάρους τους καθώς και της εύκολης επεξεργασίας του συγκεκριμένου υλικού. Σύμφωνα με το πλάνο αυτό έγινε η αγορά των κομματιών που θα συνέθεταν την κατασκευή τα οποία φαίνονται παρακάτω



Τα κομμάτια αυτά είναι:

- 1 σωλήνας Φ125 για τον κύριο κορμό του υποβρυχίου.
- 1 σύνδεσμος Φ125 (πάνω δεξιά στην εικόνα) η οποία συνδέει το κύριο κορμό με το μπροστινό κομμάτι.
- 1 κομμάτι Φ125 (πάνω αριστερά στην εικόνα) το οποίο από τελεί το μπροστινό μέρος όπου θα κολληθεί και ο θόλος.
- 2 σωλήνες Φ50 οι οποίες συνθέτουν τα πλαϊνά του υποβρυχίου όπου υπάρχουν τα μοτέρ και τα φώτα.
- 2 ταφ Φ50 τα οποία συνδέουν τα πλαϊνά με το κυρίως σώμα.
- 3 συνδέσεις Φ111 οι οποίες συνδέουν τα ταφ με το κυρίως σώμα.
- 3 συνδέσεις Φ63 στις οποίες στερεώνουμε τα μοτέρ.
- 3 αντάπτορες Φ63 σε Φ50 ώστε να στερεωθούν οι μούφες των Φ63 με το σωλήνα που είναι Φ50.
- 4 συνδέσεις Φ50
- 1 βιδωτή τάπα Φ125 για το πίσω μέρος του υποβρυχίου.

Κάποια από αυτά τα υλικά δεν χρησιμοποιήθηκαν τελικά.

4.2.1 Μπροστινό κομμάτι θόλου.

Κύριο μέλημα στο μπροστινό κομμάτι ήταν η κόλληση και στεγανοποίηση του θόλου. Επειδή το εσωτερικό του σωλήνα είναι λείο και ο θόλος γλιστρούσε, δημιούργησα με τη χρήση του dremel ένα αυλάκι ώστε να πατήσει πάνω και να κολληθεί σωστά. Η κόλληση έγινε με την ειδική κόλλα για ρnc υλικά.

Για την σίγουρη στεγανοποίηση αυτού του μέρους είχα υπολογίσει ο θόλος να μπει πιο βαθιά στον σωλήνα, ώστε να δημιουργηθεί ένα αυλάκι μεταξύ θόλο και εσωτερικών τοιχωμάτων του σωλήνα. Το αυλάκι αυτό καλύφθηκε με την έγχυση πολυεστέρα. Έτσι επιτεύχθηκε η πλήρης στεγανοποίηση του κομματιού αυτού και ήταν όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



4.2.2 Φώτα

Άλλη μια δυσκολία ήταν η στεγανοποίηση των φώτων του υποβρυχίου. Τα φώτα που χρησιμοποιήθηκαν είναι 12v led spot 4Watt όπως φαίνονται και στην εικόνα παρακάτω.



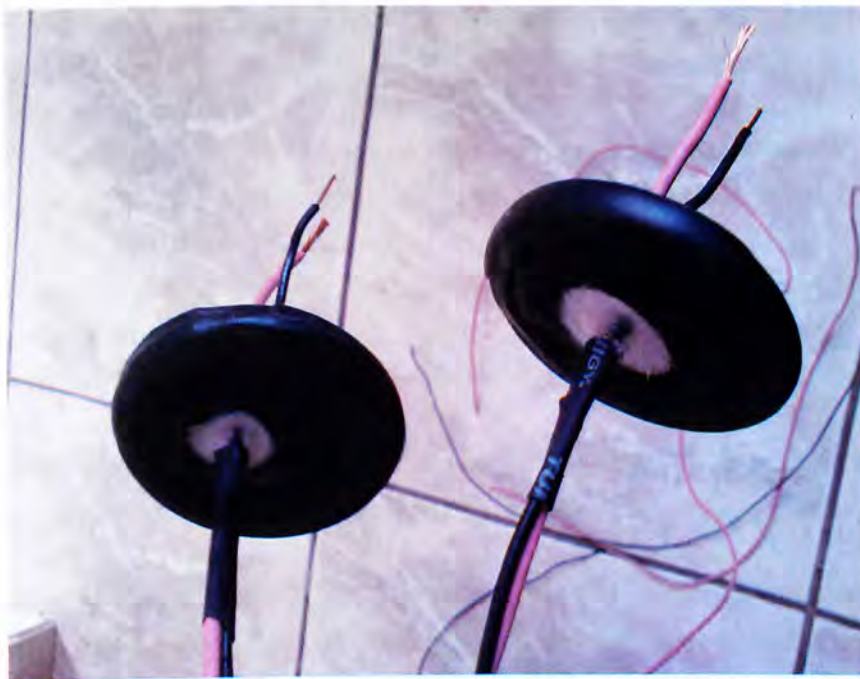
Όπως διακρίνεται και στην εικόνα, δεν είναι στεγανοποιημένα από μόνα τους οπότε έπρεπε να γίνει πολύ καλή στεγανοποίηση και εδώ.

Αυτό επιτεύχθηκε με τα εξής βήματα:

Κάθε σποτ έχει στερεωθεί στο εσωτερικό ενός συνδέσμου Φ50. Οι σύνδεσμοι αυτοί στο εσωτερικό τους έχουν δακτύλιο που χρησιμεύει σαν πατούρα. Έτσι λοιπόν τοποθέτησα σιλικόνη από την μια μεριά του δακτυλίου αυτού και τοποθέτησα το σποτ να πατήσει πάνω εκεί. Από την άλλη μεριά του δακτυλίου τοποθέτησα πάλι σιλικόνη και έβαλα δίσκους από τζάμι που είχα κόψει στην ίδια διάμετρο ώστε να εφαρμόσει με τα τοιχώματα του συνδέσμου. Στη συνέχεια τοποθέτησα πάλι σιλικόνη πάνω και από το τα κομμάτια του τζαμιού για πιο σίγουρη στεγανοποίηση.

Τα παραπάνω ήταν για την στεγανοποίηση των φώτων από το μπροστινό μέρος. Όμως επειδή και το πίσω μέρος τους θα ήταν εκτεθειμένο στο νερό λόγω ότι οι πλαϊνές σωλήνες είναι διάτρητες, έπρεπε να στεγανοποιηθούν και από το πίσω μέρος.

Για την επίτευξη αυτής της στεγανοποίησης χρησιμοποιήθηκαν δίσκοι Φ45 από τεφλόν. Στους δίσκους αυτούς ανοίχτηκαν τρύπες ώστε να περάσουν τα καλώδια των φώτων. Στη συνέχεια τοποθέτησα σιλικόνη και από τις δύο μεριές που ήταν η τρύπα. Επίσης τοποθέτησα περιμετρικά των δακτυλίων λαστιχοταινία ώστε να εφαρμόσουν καλύτερα στο εσωτερικό του σωλήνα. Και κατέληξε να έχει την μορφή όπως την παρακάτω εικόνα



Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό του σωλήνα και έβαλα περιμετρικά σιλικόνη για πιο σίγουρη στεγανοποίηση. Τέλος κολλήθηκε και ο σύνδεσμος με τον

σωλήνα βάζοντας την ειδική κόλλα για pvc και έτσι ολοκληρώθηκε η στεγανοποίηση των φώτων.

4.2.3 Μοτέρ

Για την κίνηση του υποβρυχίου χρησιμοποιήθηκαν τα μοτέρ από τις αντλίες Johnson's bilge pumps L450 (datasheet βρίσκεται στο τελευταίο μέρος). Χρησιμοποιώντας αυτά τα μοτέρ γλύττωσα μια πολύ σημαντική στεγανοποίηση αφού είναι από μόνο τους στεγανοποιημένα.



Έτσι στην κατασκευή μου το μόνο που είχα να κάνω είναι να τα στερεώσω και όχι να τα στεγανοποιήσω.

Η στήριξη τους έγινε ως εξής:

Τοποθετήθηκαν τα μοτέρ στο εσωτερικό των συνδέσμων Φ63. Με την βοήθεια του παχύμετρου μετρώντας την απόσταση από τα τοιχώματα του συνδέσμου, κατάφερα να τα κεντράρω. Στο σημείο που ήταν στο κέντρο έγινε πάλι έγχυση πολυεστέρα μεταξύ μοτέρ και τοιχωμάτων. Με τον τρόπο αυτό κατάφερα την στήριξη τους και να είναι κεντραρισμένα.

Στη συνέχεια κολλήθηκε ο αντάπτορας Φ63 σε Φ50 ώστε να κολληθεί τελικά και στο πλαϊνό σωλήνα του υποβρυχίου.

Το μοτέρ του εγκάρσιου άξονα κολλήθηκε κατευθείαν πάνω στο σύνδεσμο Φ111 ώστε να μην είναι πολύ ψηλά σε σχέση με το υποβρύχιο.

Οι προπέλες έχουν διάμετρο 60 mm με σπείρωμα M4. Για να τοποθετηθούν στον άξονα του μοτέρ χρειάστηκε να κατασκευαστεί ένας σύνδεσμος ο οποίος ανοίχτηκε στο τόρνο στο πίσω μέρος του για να χωράει να μπει στον άξονα του μοτέρ και το άλλο μέρος αφού δημιουργήθηκε σπείρωμα M4, βιδώθηκε μια κομμένη βίδα M4 και πάνω εκεί βίδωσε η προπέλα. Για σιγουριά τοποθετήθηκε και ισχυρή κόλλα στιγμής. Το αποτέλεσμα είναι στη φωτογραφία που ακολουθεί.



Για να προστατεύσω τις προπέλες δημιούργησα μια κατασκευή από κομμάτια σωλήνα Φ70 και κομμάτια βακελίτη. Τα κομμάτια του βακελίτη κολλήθηκαν στο σύνδεσμο που έχει στερεωθεί το μοτέρ και στο κομμάτι του σωλήνα Φ70 με ισχυρή κόλλα στιγμής. Για περισσότερη σιγουριά ενίσχυσα τα σημεία σύνδεσης με λαστιχοταινία. Στη παρακάτω εικόνα φαίνονται τα προστατευτικά της προπέλας πριν μπει η λαστιχοταινία.



4.2.4 Ένωση πλαϊνών τμημάτων με κυρίως σώμα

Τα πλαϊνά κομμάτια του υποβρυχίου αποτελούνται από 3 κομμάτια. Το μπροστινό που είναι το κομμάτι των φώτων, το πίσω που είναι τα μοτέρ και το ταφ που τα συνδέει μεταξύ τους και με το κυρίως σώμα. Αυτά τα μέρη φαίνονται καθαρά και στην παρακάτω εικόνα.



Όπως μπορεί να παρατηρηθεί και στην εικόνα καταμήκος των τμημάτων υπάρχουν τρύπες.

Αυτό το έκανα για να αποφύγω όσο το δυνατόν τις δυνάμεις ανώσεως των σωλήνων αυτών. Όμως έπρεπε να βρεθεί τρόπος να στεγανοποιηθεί το κομμάτι στο οποίο περνούν τα καλώδια για να μπουν στο κυρίως σώμα.

Αυτή η στεγανοποίηση επιτεύχθηκε σε δύο στάδια για μεγαλύτερη σιγουριά. Στο πρώτο στάδιο έγινε στεγανοποίηση στο σημείο του ταφ που συνδέεται με το κυρίως μέρος. Αυτή η στεγανοποίηση έγινε όπως και η στεγανοποίηση στα φώτα. Δηλαδή τοποθέτησα δίσκους από τεφλόν ενισχυμένους περιμετρικά με λαστιχοταινία. Στους δίσκους αυτούς έκανα τρύπα ώστε να μπορούν να περάσουν τα καλώδια και στη συνέχεια αφού πέρασα τα καλώδια, τοποθέτησα σιλικόνη στο πάνω αλλά και στο κάτω μέρος της τρύπας για να στεγανοποιηθούν. Αυτό το βήμα φαίνεται και στην εικόνα που ακολουθεί.



Το δεύτερο στάδιο στεγανοποίησης έγινε στο κυρίως σώμα της κατασκευής. Για να περάσουν τα καλώδια στο κυρίως μέρος ανοίχτηκαν στα πλαϊνά τμήματα τρύπες Φ15. Για να εξασφαλίσω καλύτερη στεγανοποίηση στις τρύπες αυτές τοποθετήθηκαν ηλεκτρολογικοί σφικτήρες με λάστιχο όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Τα τοποθέτησα και τα κόλλησα με την ειδική κόλλα για PVC στις τρύπες. Αφού εξασφαλίστηκε με αυτόν τον τρόπο η στεγανοποίηση στην βάση της τρύπας, έπρεπε να στεγανοποιήσω και το σημείο στους σφικτήρες που περνούν τα καλώδια για να μπουν μέσα στο κυρίως σώμα. Για το λόγο αυτό έκανα πάλι χρήση πολυεστέρα ρίχνοντας τον στο εσωτερικό των σφικτήρων. Έτσι εξασφαλίστηκε και σε αυτό το κομμάτι η στεγανοποίηση. Στην φωτογραφία που ακολουθεί φαίνονται τα παραπάνω πλην το στάδιο του πολυεστέρα.



4.2.5 Στεγανοποίηση σημείου που εισέρχονται τα καλώδια του λώρου επικοινωνίας

Ένα πολύ βασικό σημείο στεγανοποίησης ήταν και αυτό όπου εισέρχονται τα καλώδια του λώρου επικοινωνίας με το χειριστήριο και το usb.

Ακολουθήθηκε η ίδια τακτική με εκείνη του σημείου εισχώρησης των καλωδίων από τα πλαϊνά τμήματα.

Δηλαδή:

Χρησιμοποιήθηκε και εδώ ένας, μεγαλύτερος αυτή τη φορά, ηλεκτρολογικός σφικτήρας. Άνοιξα πάλι μια τρύπα, αυτή τη φορά 22 mm. Στη συνέχεια κόλλησα τον σφικτήρα σε αυτήν με την ειδική κόλλα. Και αφού περάστηκαν τα καλώδια έγινε έκχυση πολυεστέρα στο σημείο που μπαίνουν τα καλώδια στο υποβρύχιο.

4.2.6 Αισθητήρια.

Το υποβρύχιο διαθέτει εξωτερικά και δυο αισθητήρες. Έναν για μέτρηση θερμοκρασίας(Im35) και έναν αισθητήρα πίεσης(mpx4250) με τον οποίο θα μετριέται το βάθος που βρίσκεται το υποβρύχιο datasheet των αισθητηρίων βρίσκονται στο τελευταίο μέρος. Οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι στα πλαϊνά τμήματα του υποβρυχίου. Ο θερμοκρασίας στο αριστερό και ο πίεσης στο δεξί. Όπως περιγράφηκε και παραπάνω τα πλαϊνά τμήματα είναι διάτρητα, οπότε οι αισθητήρες έπρεπε να στεγανοποιηθούν.

Στεγανοποίηση αισθητήρα θερμοκρασίας(Im35)

Η στεγανοποίηση του συγκεκριμένου αισθητηρίου με προβλημάτισε ιδιαίτερα αφού πρέπει να έρχεται σε επαφή με το νερό για να μπορεί να ανιληφθεί τη θερμοκρασία του. Έτσι εμπνεύστηκα από έναν στεγανοποιημένο αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασίας για ενυδρεία.

Αρχικά κόλλησα τα καλώδια στα άκρα του αισθητηρίου και μόνωσα το καθένα ξεχωριστά με θερμοσυστελόμενο όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Στη συνέχεια πήρα έναν από τους αισθητήρες των ενυδρείων και έκοψα το πλαστικό του μέρος. Από τη μια μεριά άνοιξα τρύπα ώστε να χωρέσει το Im35 και την άλλη την έκοψα και λόγω υλικού έγινε ένα σώμα και έκλεισε η τρύπα. Το σημείο που είχα βάλει τον αισθητήρα το γέμισα με σιλικόνη. Επίσης έπιασα και τα τρία άκρα του αισθητηρίου μεταξύ τους με ένα μεγαλύτερο θερμοσυστελόμενο. Στο κενό που υπήρχε το γέμισα με σιλικόνη. Τα δυο τελευταία βήματα φαίνονται και στις εικόνες που ακολουθούν.



Έτσι πέτυχα πλήρης στεγανοποίηση του αισθητηρίου και ταυτόχρονα να μπορεί να καταλαβαίνει τη θερμοκρασία του νερού. Η τελική μορφή του αισθητηρίου είναι όπως στην εικόνα που ακολουθεί.



Στεγανοποίηση αισθητήρα πίεσης (MPX4250)

Η στεγανοποίηση αυτού του αισθητηρίου έγινε παρόμοια με αυτή του αισθητηρίου θερμοκρασίας. Βέβαια η στεγανοποίηση αυτού του αισθητηρίου δεν ξέρω κατά πόσο έχει επιτευχθεί σωστά.

Αρχικά και εδώ κόλλησα τα καλώδια στα αντίστοιχα άκρα του αισθητηρίου και τα μόνωσα μεταξύ τους με θερμοσυστελόμενο. Κατόπιν, έπιασα και τα τρία καλώδια με ένα μεγαλύτερο θερμοσυστελόμενο και έβαλα σιλικόνη. Στη συνέχεια επειδή περίσσευαν άλλα τρία άκρα, τα έπιασα μεταξύ τους με θερμοσυστελόμενο βάζοντας και σιλικόνη. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται το αισθητήριο στην τελική του μορφή.



4.2.7 Τελική φάση

Τέλος κολλήθηκαν τα κομμάτια μεταξύ τους και η τάπα στο πίσω μέρος και ολοκληρώθηκε η κατασκευή σώματος του υποβρυχίου.

4.3 Κατασκευή εσωτερικού τμήματος υποβρυχίου.

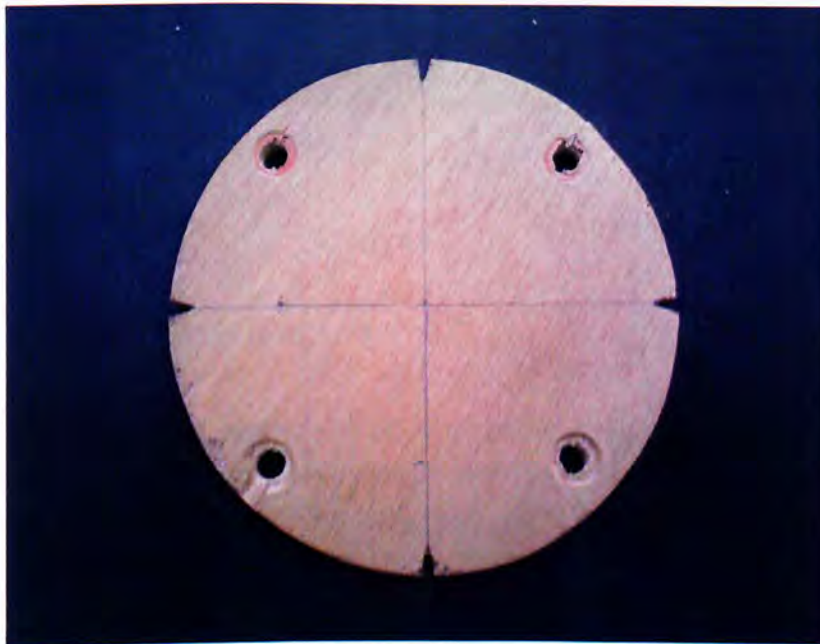
Για να είναι πιο μαζεμένα τα πράγματα στο εσωτερικό του υποβρυχίου αλλά και πιο εύχρηστα σε όποιον θέλει να επέμβει, αποφάσισα ότι είναι καλό να κάνω μια κατασκευή όπου θα τοποθετηθούν όλα τα εξαρτήματα που πρέπει να βρίσκονται

στο εσωτερικό του υποβρυχίου. Έτσι λοιπόν κατασκευάσα μια σύνθεση η οποία μπορεί να μπαιοβγαίνει στο υποβρύχιο και στην οποία βρίσκονται τοποθετημένα τα εξής:

- 2 μπαταρίες LiPo 3cell(11.1V) 4000mAh 20C
- 3 ESC για την κίνηση των μοτέρ
- 4 ηλεκτρολογικές κλέμες
- 1 πλακέτα, της οποίας τα κυκλώματα θα αναλυθούν παρακάτω
- Ένα θηλυκό 25pin βύσμα το οποίο συνδέεται με το αντίστοιχο αρσενικό που βρίσκεται στο υποβρύχιο και φέρνει τα σήματα από το χειριστήριο
- 1 κάμερα στην οποία είναι τοποθετημένα δυο σερβοκινητήρες
- Αυτοσχέδιος αισθητήρας νερού
- 1 διακόπτης
- χειρολαβή

(όποιο από αυτά τα εξαρτήματα διαθέτει datasheet, βρίσκεται στο τελευταίο μέρος)

Το εσωτερικό αυτό τμήμα είναι φτιαγμένο από δύο δίσκους κόντρα πλακέ θαλάσσης διαμέτρου 11 εκατοστών. Τους δίσκους αυτούς τους κρατάνε στερεωμένους τέσσερις σιδερένιες ντίζες M6 μήκους 36 εκατοστών. Παράλληλα στις ντίζες έχω τοποθετήσει κομμάτια από βακελίτη 95x25 mm ράφια για να ακουμπήσουν τα εξαρτήματα. Στην φωτογραφία που ακολουθεί φαίνεται ο ένας από τους δυο δίσκους. Στις τέσσερις τρύπες περάνε και πιάνουν με παξιμάδια οι ντίζες.



Ένα πρόβλημα που αντιμετώπισα ήταν ότι η τάπα στο πίσω μέρος του υποβρυχίου έχει διάμετρο 11 εκατοστά ενώ το εσωτερικό του υποβρυχίου είναι 12 εκατοστά.

Έτσι αναγκαστικά αφού θέλω η κατασκευή να μπει βγαίνει έπρεπε οι δίσκοι να έχουν διάμετρο μέχρι 11 εκατοστά. Όμως όταν έμπαινε η κατασκευή στο εσωτερικό του υποβρυχίου δεν ήταν σταθερή αφού είχε μικρότερη διάμετρο κατά ένα εκατοστό.

Για αυτό το λόγο έπρεπε να φτιάξω στηρίγματα που να κρατάνε τους δίσκους σταθερούς.

Αυτό επιτεύχθηκε με τον εξής τρόπο:

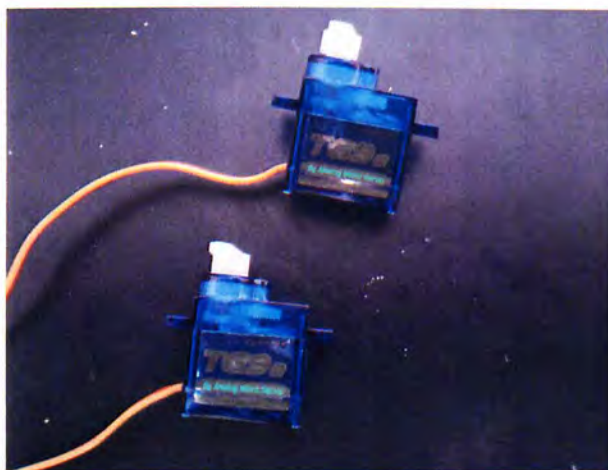
όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα υπάρχουν τέσσερις εσοχές στον δίσκο. Αυτές οι εσοχές δημιουργήθηκαν για να πατάει ο δίσκος πάνω σε 4 στηρίγματα τα οποία βρίσκονται στο μπροστινό μέρος του υποβρυχίου.

Τα στηρίγματα αυτά έχουν δημιουργηθεί από κομμάτια ενός χάρακα ειδικού για σχεδίαση. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται ο χάρακας αλλά και τα κομμάτια που έχουν δημιουργηθεί από αυτόν για να φτιάξουν τα στηρίγματα όπου θα στερεώσουν τη κατασκευή.



4.3.1 Στήριξη κάμερας

Επόμενο στάδιο ήταν να βρω έναν τρόπο να στηριχθεί η κάμερα ώστε να μπορεί να γυρίζει ελεύθερα δεξιά-αριστερά και πάνω-κάτω. Για την κίνηση της κάμερας χρησιμοποιήθηκαν δυο σερβοκινητήρες turnigy TG9e. Επιλέχθηκαν σερβοκινητήρες και όχι απλοί dc κινητήρες πρώτον για την ακρίβεια που μπορούν να έχουν στις μικρές κινήσεις καθώς και για το βάρος που μπορούν να κινήσουν συγκριτικά με το μέγεθός τους. Τα μοτέρ αυτά φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Για κάμερα χρησιμοποίησα μια web cam της Microsoft ώστε να τοποθετείται σε οποιοδήποτε υπολογιστή μέσω usb.

Η στήριξη της κάμερας στα σέρβο έγινε ως εξής:

Αρχικά πήρα ένα ξύλινο κομμάτι ξύλου(πηχάκι) και έκοψα στο εσωτερικό του μια τρύπα ώστε να μπορέσει να μπει το ένα σέρβο, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Στη συνέχεια στερέωσα κάθετα με βίδες, την βάση της κάμερας στο κομμάτι περιστροφής του σέρβο που είναι τοποθετημένο στην υποδοχή που φαίνεται στην εικόνα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την κίνηση δεξιά-αριστερά της κάμερας.

Για την κίνηση πάνω-κάτω δυσκολεύτηκα να βρω πώς να στερεώσω το σέρβο. Η δυσκολία ήταν ότι έπρεπε το σέρβο να είναι στερεωμένο πάνω στην κάμερα και

παράλληλα με τον άξονα περιστροφής γιατί αν τοποθετούταν σε κάποιο σταθερό μέρος τότε θα εμπόδιζε την κίνηση για δεξιά-αριστερά.

Έτσι κατέληξα μετά από πολλές δοκιμές και προσπάθειες στην εξής λύση.

Στον άξονα περιστροφής του πάνω κάτω στερέωσα με μια βίδα ένα κομμάτι τσερκ. Στη συνέχεια δίπλωσα το τσερκ να πάρει το σχήμα της κάμερας και στην κορυφή στερέωσα με ταινία διπλής όψευς το σέρβο. Το τελικό αποτέλεσμα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Τέλος υπολόγισα το κατάλληλο ύψος που πρέπει να είναι η κάμερα, άνοιξα μια τρύπα για να μπορεί να μπει το κομμάτι ξύλου, που είναι στερεωμένη, στον ξύλινο δίσκο. Έκοψα το κομμάτι που περίσσεψε και τα κόλλησα με ξυλόκολλα.

4.3.2 Τοποθέτηση εξαρτημάτων και μετατροπές

Στη συνέχεια τοποθέτησα τα υπόλοιπα πράγματα με τέτοιο τρόπο ώστε να ισομοιραστεί το βάρος για να μην έχω πρόβλημα με την πλεύση του υποβρυχίου.

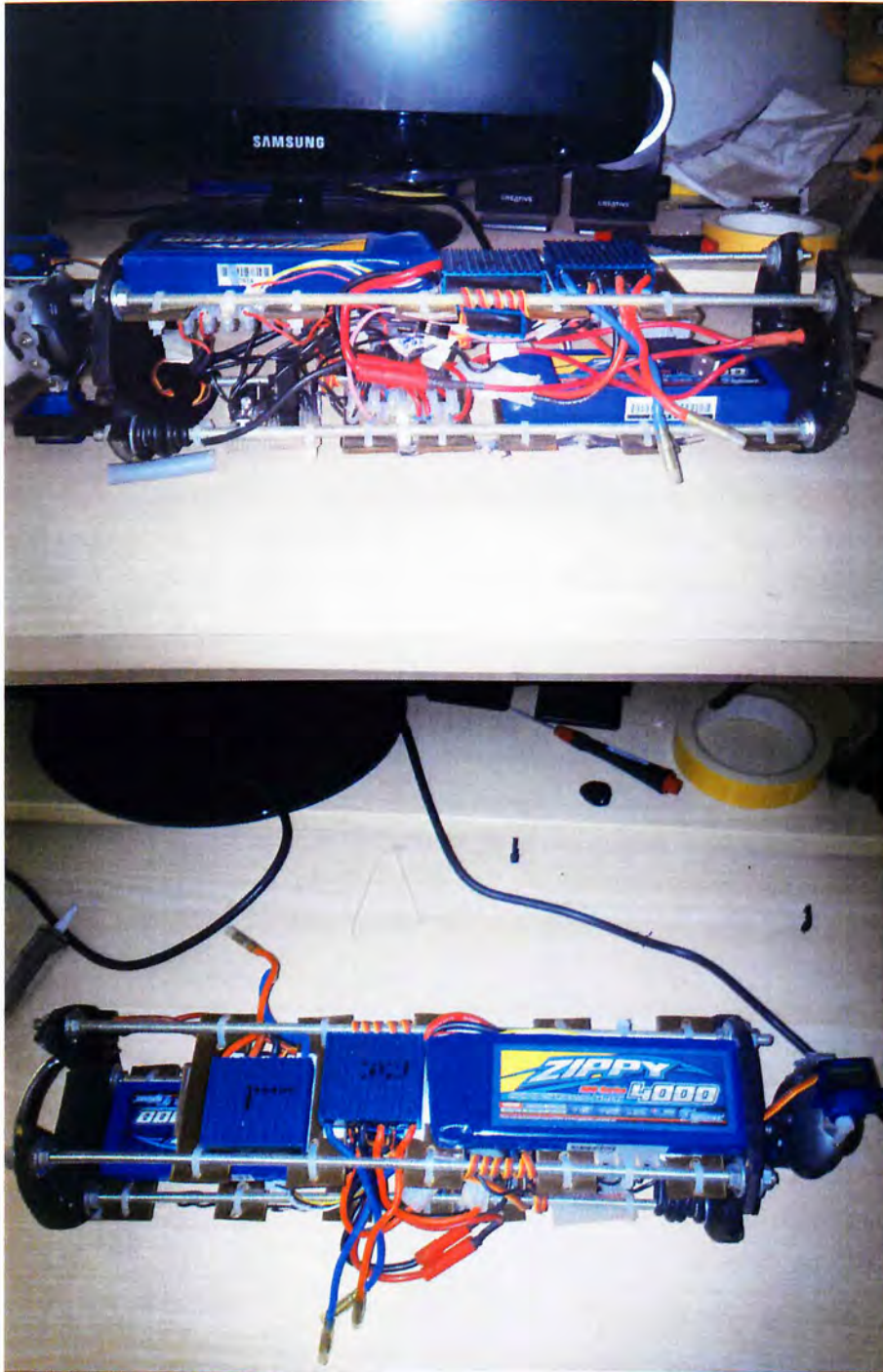
Το τελικό σχήμα το πήρε μετά από τις δοκιμές που έκανα για να προσπαθήσω να το βάλω στο εσωτερικό του υποβρυχίου.

Οι αλλαγές που έγιναν μετά από αυτές τις δοκιμές είναι οι εξής:

Έπρεπε να βγάλω το ένα από τα τέσσερα στηρίγματα(πάνω) που είχα βάλει για να κρατάει τον μπροστινό δίσκο, γιατί έβρισκε πάνω του το σέρβο για την κίνηση πάνω-κάτω.

Στο μπροστινό δίσκο αναγκάστηκα να ανοίξω δυο διαγώνια ημικύκλια ούτος ώστε να μπορεί να μπει άνετα και να μην το εμποδίζουν τα καλώδια που μπαίνουν από τα πλαϊνά μέρη του υποβρυχίου.

Στο πίσω δίσκο άνοιξα ένα κομμάτι ούτος ώστε να μπορεί να μπαίνοβγαίνει εύκολα το 25 βύσμα από την άκρη του λώρου και το usb. Στις παρακάτω φωτογραφίες φαίνεται το τελικό αποτέλεσμα αυτής της κατασκευής.





4.3.3 Πλακέτα

Για μεγαλύτερη άνεση αλλά και καλύτερη λειτουργικότητα έφτιαξα μια πλακέτα η οποία έχει τις εξής λειτουργίες:

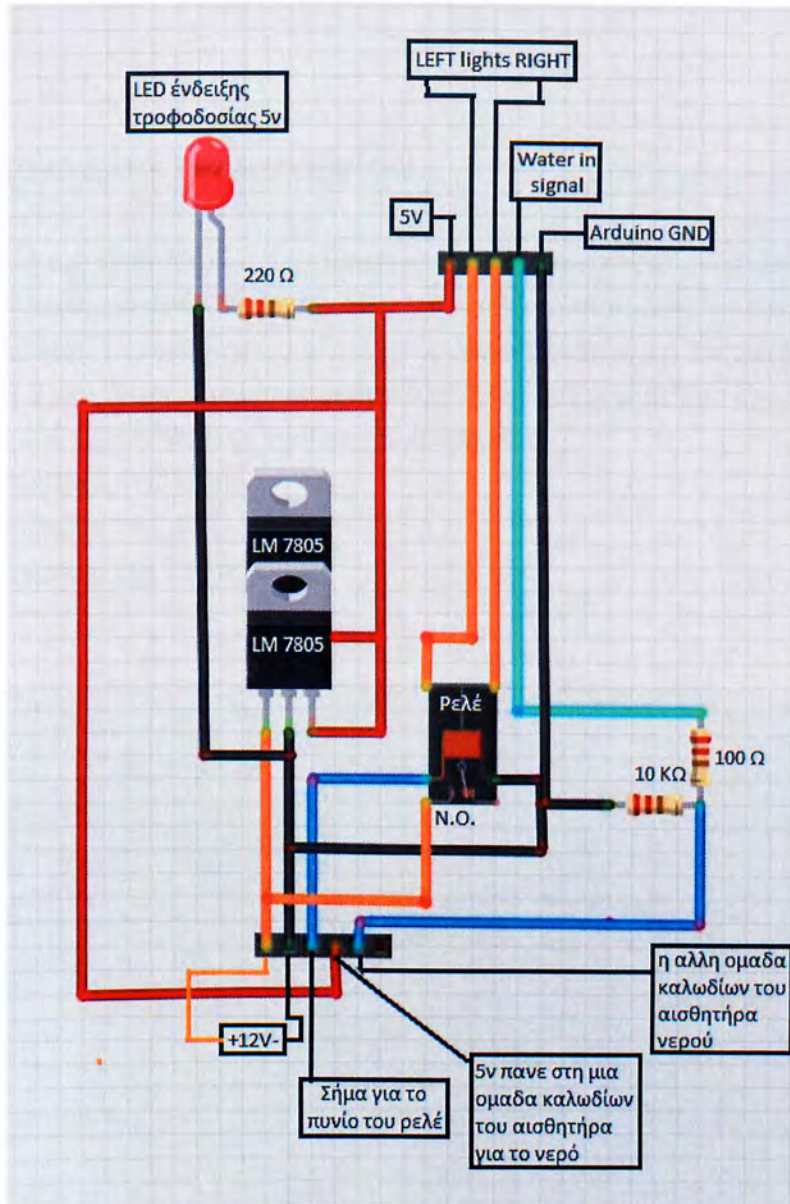
Παίρνει τα 12v και μέσα από δυο σταθεροποιητές τάσης 1m 7805 μας βγάζει τα 5v που χρειάζονται τα αντίστοιχα εξαρτήματα. Χρησιμοποίησα δυο σταθεροποιητές τάσης ώστε να μην υπάρξει πρόβλημα με την τροφοδοσία των εξαρτημάτων.

Στη πλακέτα επίσης υπάρχει και ένα ρελέ το οποίο ενεργοποιείται από ένα κουμπί στο χειριστήριο μέσω του arduino για να ανάψουν τα φώτα.

Τέλος στην πλακέτα υπάρχει και το κύκλωμα για τον αισθητήρα νερού. Τον αισθητήρα τον κατασκεύασα χρησιμοποιώντας δυο κομμάτια καλώδιο. Στο ένα δίνω τάση 5v και το άλλο δίπλα του αν βραχυκυκλώσει λόγω του νερού, περνάνε τα 5v και αφού περάσουν από ένα κύκλωμα pull down αντιστάσεων πάει το σήμα στον επεξεργαστή και κάνει τις ανάλογες διεργασίες.

Επίσης έχει τοποθετηθεί και ένα ενδεικτικό led για να ξέρω αν η πλακέτα βγάζει την έξοδο των 5v.

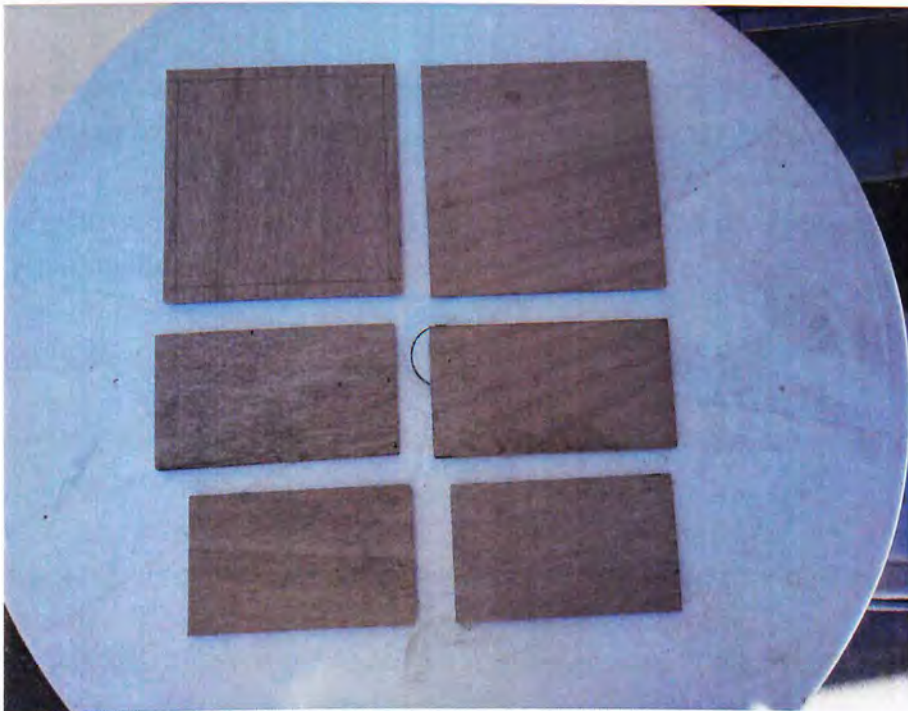
Παρακάτω φαίνεται τα συνολικά κυκλώματα της πλακέτας. Το σχέδιο έγινε με το πρόγραμμα fritzing.



4.4 Κατασκευή χειριστηρίου.

Η κατασκευή του χειριστηρίου προτίμησα να γίνει και αυτή από μένα ώστε να μπορώ να προσαρμόσω τα εξαρτήματα που χρειαζόντουσαν ώστε να είναι πιο άνετα στη χρήση. Το χειριστήριο κατασκευάστηκε από κομμάτια κόντρα πλακέ θαλάσσης πάχους 8mm. Τα κομμάτια που αποτελούν το χειριστήριο έχουν τις εξής διαστάσεις και φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί:

- 2 κομμάτια 16x16 cm
- 2 κομμάτια 14,5x8,5 cm
- 2 κομμάτια 16x8,5 cm



Όλα τα κομμάτια εκτός από το κομμάτι για το καπάκι, βιδώθηκαν μεταξύ τους ώστε να σχηματίσουν ένα κουτί με ξυλόβιδες 3 mm.

Το καπάκι έχει στερεωθεί στο κουτί με δυο μικρούς μεντεσέδες ώστε να μπορεί να ανοιγοκλείνει για να ελέγχουμε και να επεμβαίνουμε στην εσωτερική καλωδίωση των εξαρτημάτων.

Τα εξαρτήματα που υπάρχουν στο χειριστήριο είναι τα εξής:

- 3 thumb joysticks κολλημένα σε πλακέτες 4,3x2,4 cm
- 2 μπουτόν
- 1 buzzer
- 1 led
- 1 lcd οθόνη 16x2 χαρακτήρων
- 2 ηλεκτρολογικές κλέμες
- 1 πλακέτα, της οποίας τα κυκλώματα θα αναλυθούν παρακάτω
- 1 αναπτυξιακή πλατφόρμα arduino mega
- 1 μπαταρία 9v 200mAh
- 1 διακόπτης
- 1 ηλεκτρολογικός σφικτήρας με λάστιχο

4.4.1 Κατασκευή για το καπάκι του χειριστηρίου.

Ένα πολύ σημαντικό θέμα ήταν πως θα τοποθετηθούν τα εξαρτήματα στο καπάκι του χειριστηρίου ούτως ώστε να είναι φιλικός και εύχρηστος ο χειρισμός από τον χειριστή.

Έτσι μετά από σκέψη και δοκιμές κατέληξα στην τελικά μορφή του χειριστηρίου η οποία χωρίζεται σε τρία επίπεδα.

Πρώτο επίπεδο

Βρίσκεται στο πάνω μέρος του χειριστηρίου και περιλαμβάνει: Τα 2 μπουτόν, το buzzer και το led.

Τα δυο μπουτόν βρίσκονται τοποθετημένα στις δυο άκρες και έχουν τις εξής αρμοδιότητες.

- Πράσινο μπουτόν: Η χρησιμότητα του είναι να σταματάει το μπάζερ, όταν υπάρχει κάποιο alarm(water in, 9v or 12v low voltage). Δηλαδή έχει λειτουργία acknowledge(ack).
- Κόκκινο μπουτόν: Η χρησιμότητα του είναι να ανάβει και να σβήνει τα φώτα του υποβρυχίου. Είναι μπουτόν με αυτοσυγκράτηση οπότε, το πατάμε ανάβουν τα φώτα, το ξαναπατάμε και σβήνουν.

Τα μπουτόν τοποθετήθηκαν στο καπάκι ανοίγοντας αντίστοιχες τρύπες στο κατάλληλο μέγεθος και στερεώθηκαν, το κόκκινο με παξιμάδι και το πράσινο με ξυλόκολλα.

Το μπάζερ βρίσκεται στο κέντρο του επιπέδου αυτού και έχει την αρμοδιότητα να προειδοποιεί τον χρήστη ηχητικά για κάπιο από τα alarm που έχουν ανιχνευτεί. Στερεώθηκε στο εσωτερικό του κουτιού με ξυλόβιδες και έχω ανοίξει τρύπες ώστε να μπορεί να ακουστεί πιο άνετα.

Το led βρίσκεται τοποθετημένο δίπλα από το μπάζερ και έχει την ίδια αρμοδιότητα με αυτό προειδοποιώντας τον χειριστή οπτικά. Η διαφορά είναι ότι το μπάζερ πατώντας το πράσινο μπουτόν μπορεί να σταματήσει ενώ το led σβήνει μόνο όταν φύγει το alarm. Τοποθετήθηκε ανοίγοντας τρύπα στο κατάλληλο μέγεθος.

Δεύτερο επίπεδο

Είναι το επίπεδο που βρίσκεται στη μέση του χειριστηρίου και αποτελείται από τα τρία joysticks.

Αρμοδιότητες και χειρισμός joystick

Τα joysticks έχουν την αρμοδιότητα να κινούν τα διάφορα μοτέρ που υπάρχουν στο υποβρύχιο. Συγκεκριμένα:

- Αριστερό joystick: Είναι υπεύθυνο για την κίνηση του υποβρυχίου στις εξής κατευθύνσεις: Εμπρός, πίσω, δεξιά, αριστερά και διαγώνια. Αυτό επιτυγχάνεται πηγαίνοντας το κινητό μέρος του joystick προς την αντίστοιχη κατεύθυνση.
- Μεσαίο joystick: Είναι υπεύθυνο για την κίνηση του υποβρυχίου στον άξονα Z, δηλαδή πάνω κάτω. Ο χειρισμός του είναι λίγο ανάποδος καθαρά για δική μου ευκολία. Δηλαδή, πηγαίνοντας το κινητό μέρος του joystick προς τα πάνω το υποβρύχιο πηγαίνει κάτω και αντίστοιχα πηγαίνοντας το κάτω, το υποβρύχιο ανεβαίνει.
- Αριστερό joystick: Είναι υπεύθυνο για την κίνηση της κάμερας. Κινώντας δηλαδή το κινητό μέρος του joystick προς τις αντίστοιχες κατευθύνσεις θα κινηθεί αντίστοιχα και η κάμερα. Για την κίνηση του πάνω κάτω ισχύει ότι και στον άξονα Z. Σε αυτό το joystick έχω κάνει χρήση και του μπουτόν που διαθέτει. Όταν δηλαδή πατηθεί το μπουτόν του, η κάμερα πηγαίνει στην μηδενική της θέση.

Τοποθέτηση joystick

Το κάθε joystick είναι τοποθετημένο σε μια πλακέτα 4,3x2,4 cm. Η πλακέτα αυτή έχει δύο λειτουργίες. Πρώτων να μπορούν να κολληθούν τα αντίστοιχα ποτενσιόμετρα του κάθε joystick με τα καλώδια, ώστε να πάει το σήμα στον επεξεργαστή. Και δεύτερων, να μπορούν να βιδωθούν και να στερεωθούν στο καπάκι του χειριστηρίου. Τα joysticks πάνω στις πλακέτες τους φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Στην τοποθέτηση των joysticks στο καπάκι αντιμετώπισα το εξής πρόβλημα. Όταν άνοιξα την κατάλληλη τρύπα για να χωρέσουν τα joysticks, δεν μπορούσαν να κινηθούν σε όλο το μήκος της διαδρομής τους, γιατί έβρισκε το πίσω μέρος τους στο καπάκι. Για αυτό το λόγο με τα από πολύ σκέψη κατέληξα στην λύση, του να σκάψω το πίσω μέρος από το καπάκι και να δημιουργήσω ένα είδος "φωλιάς" για τα joystick. Αυτό φαίνεται καθαρά στις εικόνες που θα ακολουθήσουν μετά και το τρίτο επίπεδο. Αφού έφτιαξα αυτούς τους υποδοχείς για τα joysticks, τα στερέωσα με βίδες στο πίσω μέρος από το καπάκι.

Όταν τα στερέωσα όμως, είδα ότι με την κίνηση τους δημιουργείται ένα κενό, και φαινόταν το εσωτερικό του χειριστηρίου. Για να φτιάξω αυτό το πρόβλημα, έβαλα μεταξύ joystick και καπάκι, μεμβράνη μαγειρέματος κομμένη σε κατάλληλα μεγέθη και την έβαψα μαύρη. Έτσι όταν μετά ξαναστερέωσα τα joysticks, δεν μπορούσες να διακρίνεις το εσωτερικό του χειριστηρίου. Αυτή η τροποποίηση φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Τρίτο επίπεδο

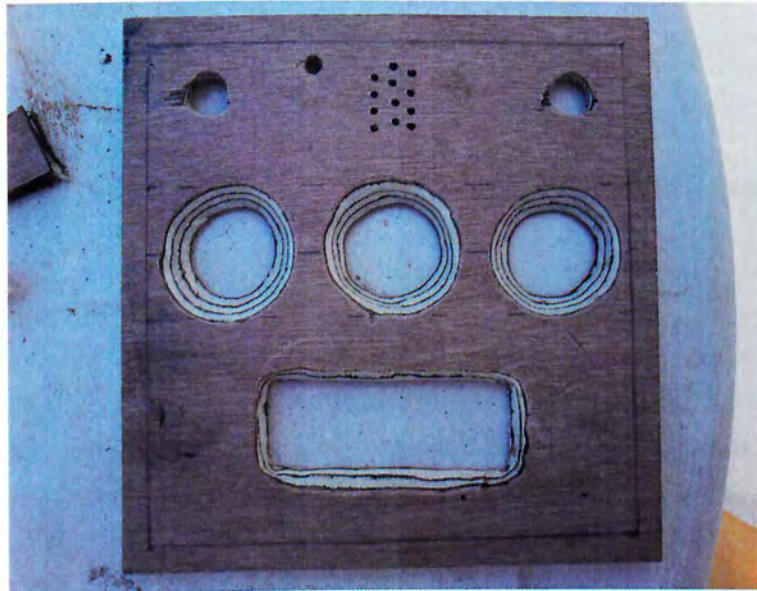
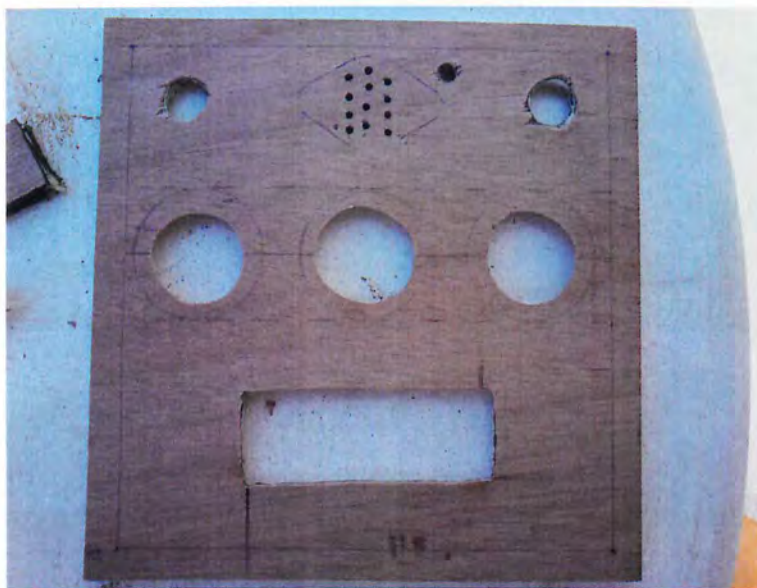
Στο τρίτο επίπεδο, βρίσκεται τοποθετημένη στο κέντρο του χειριστηρίου η lcd οθόνη. Η οθόνη αυτή έχει τις εξής αρμοδιότητες:

- Απεικόνιση της τάσεως των μπαταριών(9v, 12v).
- Απεικόνιση της θερμοκρασίας του νερού καθώς και το βάθος που βρίσκεται το υποβρύχιο.
- Σε περίπτωση alarm(water in, 9v or 12v battery low voltage), εμφανίζει το αντίστοιχο προειδοποιητικό μήνυμα.

Η τοποθέτησή της έγινε με βίδες αφού ανοίχτηκε τρύπα στο μέγεθος της οθόνης. Επίσης και εδώ αντιμετωπίστηκε ένα πρόβλημα με την τοποθέτηση. Στην άκρη μεταξύ οθόνης και πλακέτας υπάρχει ένα εξόγκωμα. Έτσι όταν τοποθέτησα την οθόνη στην τρύπα δεν μπορούσε να φτάσει μέχρι την επιφάνεια του κουτιού. Για αυτό το λόγο έκανα το ίδιο με τα joysticks. Δηλαδή έσκαψα το εσωτερικό του

χειριστηρίου έτσι ώστε να μπορεί να μπει μέσα η οθόνη. Αυτό φαίνεται και στις παρακάτω εικόνες.

Στις εικόνες που ακολουθούν, φαίνονται οι τρύπες που έχουν ανοιχτεί στο καπάκι του χειριστηρίου και από τις δυο μεριές, καθώς και η τελική του μορφή.





4.4.2 Εσωτερικό χειριστηρίου- Πλακέτα

Στο εσωτερικό του χειριστηρίου υπάρχουν, ο επεξεργαστής, η μπαταρία, οι κλέμες, μια πλακέτα και φυσικά οι καλωδιώσεις.

Για τον επεξεργαστή έχω αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Πλακέτα

Για μεγαλύτερη άνεση αλλά και καλύτερη λειτουργικότητα έφτιαξα μια πλακέτα η οποία έχει τις εξής λειτουργίες:

Έχει δύο διαιρέτες τάσεως, έναν για τα 9v και έναν για τα 12v. Βάζουμε τους διαιρέτες ώστε να μπορέσουμε να επεξεργαστούμε το σήμα των τάσεων, έτσι ώστε να μπορεί ο επεξεργαστής να το διαβάσει, αφού μπορεί να αντληθεί σήματα μόνο μέχρι 5v. Οπότε εμείς με τους διαιρέτες ρίχνουμε την τάση των 9v και 12v σε μέγιστη τάση 5v. Με κατάλληλη επεξεργασία από το πρόγραμμα, ο επεξεργαστής μπορεί να διαβάσει και να εμφανίσει στην οθόνη την τιμή της τάσεως των μπαταριών. Τα 12v μεταφέρονται από το υποβρύχιο μέσω του λώρου ενώ τα 9v τα παίρνουμε παράλληλα από τον διακόπτη που τροφοδοτεί τον επεξεργαστή.

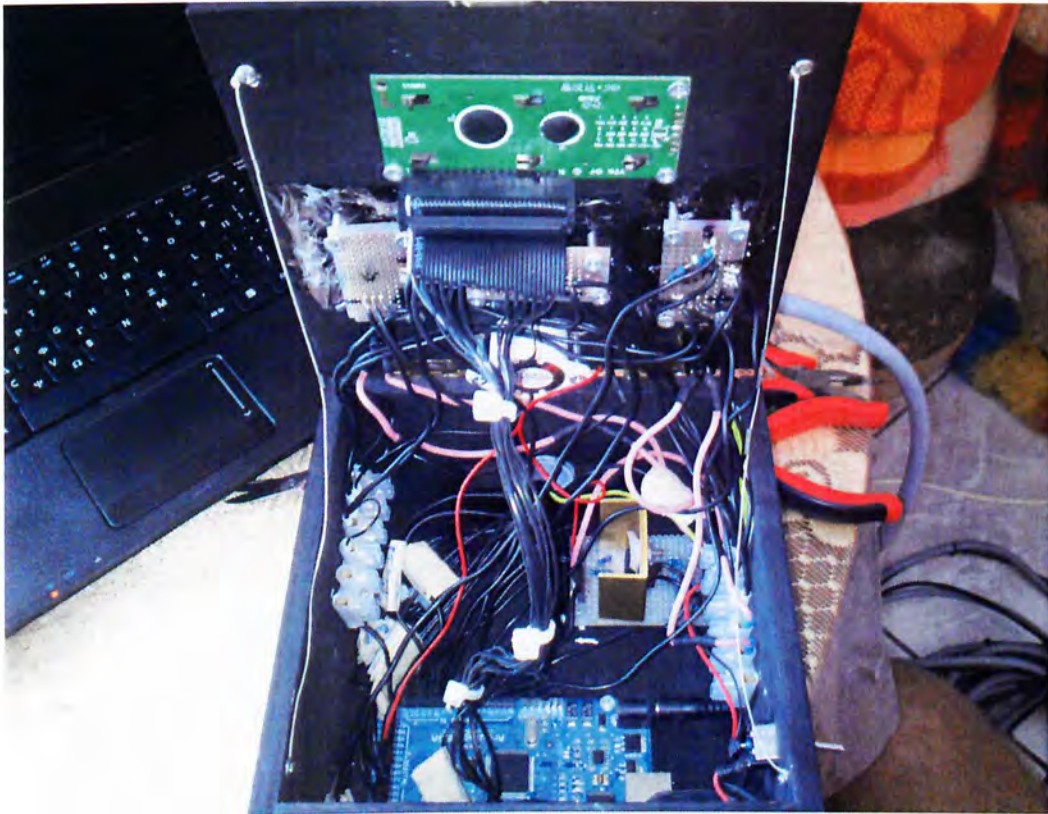
Στην πλακέτα υπάρχει ένας σταθεροποιητής τάσεως lm 7805, ο οποίος σταθεροποιεί την τάση από τα 12v και όχι από τα 9v. Αυτό το έκανα ώστε τα 9v να τροφοδοτούν μόνο τον επεξεργαστή και να μην καταναλώνεται φορτίο και για τον σταθεροποιητή και όσα αυτός τροφοδοτεί. Επειδή οι μπαταρίες των 12v έχουν περισσότερα mAh σκέφτηκα ότι είναι καλύτερα να βγάλω τα 5v από αυτές.

4.4.3 Περιμετρικά του χειριστηρίου- Τελική μορφή

Στα δεξιά του χειριστηρίου υπάρχει ο διακόπτης τροφοδοσίας του επεξεργαστή και από κάτω βρίσκεται μια τρύπα, η οποία μας δίνει την δυνατότητα να συνδέσουμε τον επεξεργαστή με τον υπολογιστή μέσω usb για να κάνουμε αλλαγές στο πρόγραμμα.

Στο μπροστινό μέρος βρίσκεται ο ηλεκτρολογικός σφικτήρας όπου περνάει το καλώδιο του λώρου και συνδέει το χειριστήριο με το υποβρύχιο.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το εσωτερικό του χειριστηρίου στην τελική του μορφή με όλες τις καλωδιώσεις.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Περιγραφή αποτελέσματος

Ο συνδυασμός κατασκευής και προγραμματισμού συντέλεσαν στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Το υποβρύχιο αυτό ρομποτικό όχημα συνοπτικά μπορεί να:

- Κινείται με την βοήθεια του αριστερού joystick εμπρός, πίσω, δεξιά και διαγώνια χωρίς πηδάλιο παρά μόνο με την κίνηση των δύο πλαϊνών μοτέρ. Δηλαδή πηγαίνοντας το joystick εμπρός δίνουμε ταυτόχρονα εμπρός κίνηση και στα δυο μοτέρ και κινείται εμπρός. Πηγαίνοντας το joystick προς τα πίσω δίνουμε ανάποδη κίνηση και στα δυο μοτέρ και κινείται προς τα πίσω. Πηγαίνοντας το joystick δεξιά δίνουμε στο αριστερό μοτέρ εμπρός κίνηση και στο δεξί ανάποδη ώστε να στρίψει δεξιά. Πηγαίνοντας το joystick αριστερά δίνουμε εμπρός κίνηση στο δεξί μοτέρ και στο αριστερό ανάποδη ώστε να στρίψει αριστερά. Πηγαίνοντας το joystick στις διαγώνιες θέσεις δίνουμε την ίδια κίνηση και στο δεξί και στο αριστερό αλλά το ένα από το δύο ανάλογα που θέλουμε να πάει, λειτουργεί με την μισή δύναμη. Η ένταση των μοτέρ είναι αναλογικά με το joystick και δεν είναι on off. Δηλαδή αν κινήσουμε λίγο το joystick θα έχουμε μικρή ισχύς και στα μοτέρ.
- Κινείται στον κατακόρυφο άξονα με την βοήθεια του μεσαίου joystick. Πηγαίνοντας το joystick προς τα πάνω το υποβρύχιο βυθίζεται ενώ πηγαίνοντας το joystick προς τα κάτω ανεβαίνει. Και εδώ η ισχύς του μοτέρ δεν είναι on off αλλά αναλογική με την κίνηση του joystick
- Να στέλνει στην επιφάνεια την εικόνα του βυθού μέσω της κάμερας που διαθέτει. Αυτό επιτυγχάνεται απλά συνδέοντας το καλώδιο της κάμερας σε μια θύρα usb του υπολογιστή. Φυσικά πρώτα έχουμε εγκαταστήσει στον υπολογιστή το software της κάμερας το οποίο εγκαθίσταται με την πρώτη σύνδεση της κάμερας στον υπολογιστή.
- Παρέχει την ευκολία στο χειριστή να βλέπει τριγύρω από το όχημα τον βυθό χωρίς να το κινεί. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια του αριστερού joystick το οποίο κινεί τους σερβοκινητήρες πάνω, κάτω, δεξιά, αριστερά και συνδυασμός αυτών των κινήσεων. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα να

αφήσουμε το joystick και τα σέρβο να μείνουν στην τελευταία θέση. Επανερχονται στο σημείο 0 πατώντας το joystick προς τα μέσα.

- Πληροφορεί τον χειριστή για τα επίπεδα τάσης των μπαταριών στο χειριστήριο και στο υποβρύχιο. Αυτές τις πληροφορίες τις βλέπει ο χειριστής από την οθόνη που βρίσκεται στο χειριστήριο.
- Πληροφορεί τον χειριστή για την θερμοκρασία του νερού όπου βρίσκεται το υποβρύχιο από την αντίστοιχη ένδειξη στην οθόνη.
- Πληροφορεί τον χειριστή για το βάθος όπου βρίσκεται το υποβρύχιο από την αντίστοιχη ένδειξη στην οθόνη.
- Ειδοποιεί τον χειριστή σε περίπτωση που εισέλθουν νερά στο εσωτερικό του υποβρυχίου. Σε αυτή την περίπτωση ενεργοποιείται η σειρήνα και ανάβει η λυχνία στο χειριστήριο. Επίσης εμφανίζεται το αντίστοιχο μήνυμα στην οθόνη του χειριστηρίου. Υπάρχει η δυνατότητα διακοπής της σειρήνας με το πάτημα του πράσινου κουμπιού .
- Ειδοποιεί τον χειριστή για την χαμηλή τάση των μπαταριών του χειριστηρίου και του υποβρυχίου. Σε αυτή την περίπτωση ενεργοποιείται η σειρήνα και ανάβει η λυχνία στο χειριστήριο. Επίσης εμφανίζεται το αντίστοιχο μήνυμα στην οθόνη του χειριστηρίου. Υπάρχει η δυνατότητα διακοπής της σειρήνας με το πάτημα του πράσινου κουμπιού.
- Ανάβει ο χειριστής τα φώτα του υποβρυχίου από την επιφάνεια μέσω του κόκκινου κουμπιού ώστε να έχει καλύτερη εικόνα από τον βυθό όπου αυτό χρειάζεται.
- Μπαίνει είτε σε γλυκό είτε σε αλμυρό νερό προσαρμόζοντας τα εξωτερικά αντίβαρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Κώδικας

```
#include <Servo.h> //Βιβλιοθήκη για να κάνουμε χρήση εντολών servo
#include <EEPROM.h> //Βιβλιοθήκη για την eeprom
#include <LiquidCrystal.h> //Βιβλιοθήκη για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε
την lcd οθόνη

Servo esc_arist; //Δημιουργούμε το αντικείμενο esc_arist
Servo esc_dexi; //Δημιουργούμε το αντικείμενο esc_dexi
Servo esc_z; //Δημιουργούμε το αντικείμενο esc_z
Servo cam_up_down; //Δημιουργούμε το αντικείμενο cam_up_down
Servo cam_right_left; //Δημιουργούμε το αντικείμενο cam_right_left
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2); //Δημιουργούμε το αντικείμενο lcd και ορίζουμε
από ποιά pin του arduino θα παίρνει τις εντολές.

const int water_in_sensor = 29; //Ορίζουμε την συγκεκριμένη μεταβλητή στο
αντίστοιχο pin του arduino

const int ledPin = 44; //Ορίζουμε την συγκεκριμένη μεταβλητή στο αντίστοιχο pin
του arduino

const int Buzzer = 38; //Ορίζουμε την συγκεκριμένη μεταβλητή στο αντίστοιχο pin
του arduino
```



```
const int Buzzer_stop= 41; //Ορίζουμε την συγκεκριμένη μεταβλητή στο αντίστοιχο pin του arduino

int mandalosi_Buzzer; //μεταβλητή που μας βοηθάει για την μανδάλωση του μπουτον Buzzer stop.

float tempC; //μεταβλητή που βάζουμε την τιμή του αισθητήρα απο το analogRead

int temp_sensor = A11; //Ορίζουμε την συγκεκριμένη μεταβλητή στο αντίστοιχο pin του arduino

int depth_sensor; //Ορίζουμε την μεταβλητή που αποθηκεύει τις τιμές του analogRead για τον αισθητήρα πίεσης

int depth; //Ορίζουμε την μεταβλητή που μας δείχνει το βάθος

int press; //Ορίζουμε την μεταβλητή που μας δίνει την πίεση..

const int buttoncam=33; //Ορίζουμε την συγκεκριμένη μεταβλητή στο αντίστοιχο pin του arduino

const int light_button=51; //Ορίζουμε την συγκεκριμένη μεταβλητή στο αντίστοιχο pin του arduino

const int light_relay=34; //Ορίζουμε την συγκεκριμένη μεταβλητή στο αντίστοιχο pin του arduino

void indications(){ //Δημιουργούμε το υποπρόγραμμα indications στο οποίο υπάρχουν τα κομμάτια της οθόνης, δηλαδή τι εμφανίζεται, μέτρηση θερμοκρασίας και πίεσης, μέτρηση τάσης 9 και 12 βολτ.

    lcd.clear(); //καθαρίζουμε την οθόνη. Στο κομμάτι αυτό φτιάχνουμε τους βαθμούς κελσίου

    lcd.setCursor(0,0); //βάζουμε τον κέρσορα στη θέση 0,0 δηλαδή πάνω σειρά τέρμα αριστερά.

    lcd.print("Temp="); //γραφούμε την λέξη Temp= στην οθόνη

    tempC = analogRead(temp_sensor); //διαβάζουμε την τιμη του αισθητήρα

    float C = (5.0 * tempC * 100.0)/1024.0; //μετατρέπουμε την τιμή του αισθητήρα σε βαθμούς κελσίου
```

```
lcd.setCursor(5,0);
```

```
lcd.print(C); //γράφουμε την τιμή των βαθμών κελσίου στην οθόνη
```

```
lcd.setCursor(9,0);
```

```
lcd.print("C");
```

```
lcd.setCursor(11,0); //σε αυτό το κομμάτι φτιάχνουμε το βάθος
```

```
lcd.print("D=");
```

```
depth_sensor=analogRead(A12); //διαβάζουμε την τιμή του αισθητηρίου
```

```
int Vout=map(depth_sensor,0,1023,0,5); //μετατρέπουμε το 0-1023 με 0-5 βολτ
```

```
int press=(Vout/0.02)+1; //βγάζουμε την πίεση σε Kpasca
```

```
int depth=press/10; //επειδή το 1μετρο είναι 10 Kpasca διαιρούμε για να παρούμε  
τα μέτρα
```

```
lcd.setCursor(13,0);
```

```
lcd.print(depth); //γράφουμε την τιμή του βάθους στην οθόνη
```

```
lcd.setCursor(15,0);
```

```
lcd.print("m");
```

```
lcd.setCursor(0,1); //στο κομμάτι αυτό διαβάζουμε την τιμή της τάσης της  
μπαταρίας των 9v
```

```
lcd.print("Bat:9V=");
```

```
int bat_9V_read=analogRead(A0); //διαβάζουμε την τιμή μέσω ενός διαιρέτη από  
την αναλογική είσοδο 0
```

```
int bat_9V_indic=map(bat_9V_read,0,1023,0,9); //επειδή ο arduino διαβάζει μέχρι  
5v η μέγιστη τιμή που δίνει ο διαιρέτης είναι 5v όταν αντίστοιχα η τιμή της  
μπαταρίας είναι η μέγιστη, δηλαδή 9v. Έτσι κάνουμε map τα 5v σε αντίστοιχα 9v για  
να τα εμφανίσουμε στην οθόνη και να είναι πιο κατανοητή η ένδειξη
```

```
lcd.setCursor(7,1);
```

```
lcd.print(bat_9V_indic); //γράφουμε στην οθόνη την τιμή της τάσης
```

```
lcd.setCursor(8,1); //στο κομμάτι αυτό διαβάζουμε την τιμή της τάσης της
μπαταρίας των 12v

lcd.print("V 12V=");

int bat_12V_read=analogRead(A1); //διαβάζουμε την τιμή μέσω ενός διαιρέτη από
την αναλογική είσοδο 0

int bat_12V_indic=map(bat_12V_read,0,1023,0,12); //αντίστοιχα με ότι κάνουμε
πιο πάνω με τα 9v

lcd.setCursor(14,1);

lcd.print(bat_12V_indic); //γράφουμε στην οθόνη την τιμή της τάσης

lcd.setCursor(16,1);

lcd.print("V");

delay(100); //βάζουμε μια μικρή καθυστέρηση για να μην τρεμοπαίζει η οθόνη
}

void water_in(){ //Δημιουργούμε το υποπρόγραμμα water_in στο οποίο έχουμε το
alarm του αν έχει μπει νερό μέσω οπτικοακουστικού τρόπου και ενδείξεων στην
οθόνη

int ack=digitalRead(Buzzer_stop); //διαβάζουμε το μπουτον για να σταματήσει η
σειρήνα

if (ack==LOW){ //επειδή το μπουτον είναι normally closed όταν το πατάμε θα
έχουμε 0 βολτ.

mandalosi_Buzzer=1;} //βάζουμε αυτη τη μεταβλητή επειδή το μπουτον είναι
στιγμιαίο και έτσι φτιάχνουμε μια μανδάλωση
```

```
if (mandalosi_Buzzer==1){ //αν πατήσουμε το μπουτον θα έχουμε σταμάτημα της σειρήνας αλλά το led θα συνεχίσει να ανάβει.
```

```
digitalWrite(ledPin, HIGH);
```

```
digitalWrite(Buzzer, LOW); }
```

```
else{ //αν δεν πατήσουμε το μπουτον χτυπάει το μπάζερ και ανάβει το led
```

```
digitalWrite(ledPin, HIGH);
```

```
digitalWrite(Buzzer, HIGH); }
```

```
lcd.clear(); //σε αυτό το κομμάτι εμφανίζουμε το αντίστοιχο μήνυμα στην οθόνη
```

```
lcd.setCursor(1,0);
```

```
lcd.print("!!!WARNING!!!");
```

```
lcd.setCursor(3,1);
```

```
lcd.print("WATER IN");
```

```
delay(50);}
```

```
void bat_9V_alarm(){ //δημιουργούμε το υποπρόγραμμα bat_9V_alarm στο οποίο φτιάχνουμε το οπτικοακουστικό alarm και ενδείξεων στην οθόνη όταν έχουμε χαμηλή τάση της μπαταρίας των 9v
```

```
int ack=digitalRead(Buzzer_stop); //διαβάζουμε το μπουτον για να σταματήσει η σειρήνα
```

```
if (ack==LOW){ //επειδή το μπουτον είναι normally closed όταν το πατάμε θα έχουμε 0 βολτ.
```

```
mandalosi_Buzzer=1;} //βάζουμε αυτή τη μεταβλητή επειδή το μπουτον είναι στιγμιαίο και έτσι φτιάχνουμε μια μανδαλωση
```

if (mandalosi_Buzzer==1){ //αν πατήσουμε το μπουτον θα έχουμε σταμάτημα της σειρήνας αλλά το led θα συνεχίσει να ανάβει.

```
digitalWrite(ledPin, HIGH);
digitalWrite(Buzzer, LOW); }
```

else{ //αν δεν πατήσουμε το μπουτον χτυπάει το μπάζερ και ανάβει το led

```
digitalWrite(ledPin, HIGH);
digitalWrite(Buzzer, HIGH); }
```

lcd.clear(); //σε αυτό το κομμάτι εμφανίζουμε το αντίστοιχο μήνυμα στην οθόνη

```
lcd.setCursor(1,0);
```

```
lcd.print("!!!WARNING!!!");
```

```
lcd.setCursor(4,1);
```

```
lcd.print("9V LOW");
```

```
delay(50);
```

```
}
```

void bat_12V_alarm(){ //δημιουργούμε το υποπρόγραμμα bat_12V_alarm στο οποίο φτιάχνουμε το οπτικοακουστικό alarm και ενδείξεων στην οθόνη όταν έχουμε χαμηλή τάση της μπαταρίας των 12v

int ack=digitalRead(Buzzer_stop); //διαβάζουμε το μπουτον για να σταματήσει η σειρήνα

if (ack==LOW){ //επειδή το μπουτον είναι normally closed όταν το πατάμε θα έχουμε 0 βολτ.

```
mandalosi_Buzzer=1;} //βάζουμε αυτή τη μεταβλητή επειδή το μπουτον είναι  
στιγμαίο και έτσι φτιάχνουμε μια μανδαλωση
```

```
if (mandalosi_Buzzer==1){ //αν πατήσουμε το μπουτον θα έχουμε σταμάτημα  
της σειρήνας αλλά το led θα συνεχίσει να ανάβει.
```

```
digitalWrite(ledPin, HIGH);
```

```
digitalWrite(Buzzer, LOW); }
```

```
else{ //αν δεν πατήσουμε το μπουτον χτυπάει το μπάζερ και ανάβει το led
```

```
digitalWrite(ledPin, HIGH);
```

```
digitalWrite(Buzzer, HIGH); }
```

```
lcd.clear(); //σε αυτό το κομμάτι εμφανίζουμε το αντίστοιχο μήνυμα στην οθόνη
```

```
lcd.setCursor(1,0);
```

```
lcd.print("!!!WARNING!!!");
```

```
lcd.setCursor(4,1);
```

```
lcd.print("12V LOW");
```

```
delay(50);
```

```
}
```

```
void setup() {
```

```
cam_up_down.attach(11); //Βάζουμε το σέρβο για πάνω κάτω στο pin 11
```

```
cam_right_left.attach(12); //Βάζουμε το σέρβο για δεξια αριστερά στο pin 12
```

```
esc_z.attach(10); //Βάζουμε το esc για το moter στον άξονα Z στο pin 10
esc_arist.attach(9); //Βάζουμε το esc για το αριστερό moter στο pin 8
esc_dexi.attach(8); //Βάζουμε το esc για το δεξί moter στο pin 9

esc_z.writeMicroseconds(1500); //Αρχικοποιούμε το esc στην μεσαία θέση.
esc_arist.writeMicroseconds(1500); //Αρχικοποιούμε το esc στην μεσαία θέση.
esc_dexi.writeMicroseconds(1500); //Αρχικοποιούμε το esc στην μεσαία θέση.

pinMode(buttoncam,INPUT); //Ορίζουμε το μπουτον για να φέρνει την κάμερα στο
σημείο 0 σαν είσοδο

pinMode(water_in_sensor,INPUT); //Ορίζουμε τον αισθητήρα νερού σαν είσοδο

pinMode(Buzzer_stop,INPUT); //Ορίζουμε το μπουτον για να σταματάει το μπάζερ
σαν είσοδο

pinMode(ledPin,OUTPUT); //Ορίζουμε το pin για το led σαν έξοδο

pinMode(Buzzer,OUTPUT); //Ορίζουμε το pin για το μπάζερ σαν έξοδο

lcd.begin(16, 2); // Ορίζουμε τον αριθμό των στηλών και γραμμών της οθόνης

pinMode(light_button,INPUT); //Ορίζουμε το μπουτον για το άναμμα των φώτων
σαν είσοδο

pinMode(light_relay,OUTPUT); //Ορίζουμε το pin για το ρελέ σαν έξοδο
}

int axisX; //Μεταβλητή που διαβάζουμε το ποτενσιόμετρο του άξονα x από το
joystic

int axisY; //Μεταβλητή που διαβάζουμε το ποτενσιόμετρο του άξονα y από το
joystic

int motor_dexi_x; //μεταβλητή για δεξί μοτέρ άξονα x
int motor_arist_x; //μεταβλητή για αριστερό μοτέρ άξονα x
```

```
int motor_dexi_y; //μεταβλητή για δεξί μοτέρ άξονα Y
int motor_arist_y; //μεταβλητή για αριστερό μοτέρ άξονα Y

int motor_diagonia_dexi; // μεταβλητή για διαγώνια κίνηση στο δεξί μοτέρ
int motor_diagonia_arist; //μεταβλητή για διαγώνια κίνηση στο αριστερό μοτέρ

int athrisma_dexi; //μεταβλητή για άθροισμα τιμών δεξιού μοτέρ
int athrisma_arist; //μεταβλητή για άθροισμα τιμών αριστερού μοτέρ
int diagonio_dexi; //μεταβλητή που βάζουμε το άθροισμα των δύο αξόνων σε όρια
από 1000 έως 2000 για το δεξί μοτέρ
int diagonio_arist; //μεταβλητή που βάζουμε το άθροισμα των δύο αξόνων σε όρια
από 1000 έως 2000 για το αριστερό μοτέρ

int x; //Μεταβλητή που βάζουμε τις τιμές απο 1000 έως 2000 για τον άξονα x
int y; //Μεταβλητή που βάζουμε τις τιμές απο 1000 έως 2000 για τον άξονα y

int diagonia_opisthen; //Μεταβλητή που φτιάχνουμε τις τιμές του esc για διαγώνια
όπισθεν κίνηση(3το,4το τεταρτ/ριο).

int cam_moving_up_down; //Μεταβλητή που βάζουμε την τελική τιμή για να
κινηθεί το σέρβο πάνω κάτω
int cam_moving_right_left; //Μεταβλητή που βάζουμε την τελική τιμή για να
κινηθεί το σέρβο δεξιά αριστερά
```



```
motor_arist_x=x; //Για να στρίψει αριστερά πρέπει το αριστερό μοτέρ να δίνει  
ανάποδα και το δεξί πρόσο. Έτσι δίνουμε την τιμή στο αριστερό ατόφια και στο δεξί  
στην από κάτω γραμμή την τουμπάρουμε
```

```
motor_dexi_x=map(x,1000,2000,2000,1510);
```

```
}
```

```
axisY = analogRead(A8); //διαβάζουμε τη τιμή του joystick στον άξονα Y
```

```
int y=map(axisY,0,1023,1000,2000); //Επειδή έδινε τιμές από 0 έως 1023 το  
κάνουμε από 1000 μέχρι 2000
```

```
motor_arist_y=y; //Κίνηση στον Y άξονα
```

```
motor_dexi_y=y; //Κίνηση στον Y άξονα
```

```
if ( (motor_arist_x>=1516&&motor_arist_x<=1520) && (motor_dexi_x  
>=1516&&motor_dexi_x <=1520)){ // Έχω κίνηση μόνο στον Y άξονα. Άρα οι τιμές  
του ποτενσιόμετρου του χ θα είναι στο κέντρο οπότε έτσι βγήκε και η συνθήκη.  
Βάζουμε και ένα περιθώριο +-2
```

```
esc_arist.writeMicroseconds(motor_arist_y); //δίνουμε έξοδο στο esc για  
αριστερό μοτέρ
```

```
esc_dexi.writeMicroseconds(motor_dexi_y); //δίνουμε έξοδο στο esc για δεξί  
μοτέρ
```

```
esc_z.writeMicroseconds(Z); //δίνουμε έξοδο στο esc για την κίνηση στον άξονα Z
```

```
}
```

```

else if ( (motor_arist_y>=1500&&motor_arist_y<=1504) && (motor_dexi_y
>=1500&&motor_dexi_y <=1504)){ //Έχω κίνηση μόνο στον Χ άξονα. Άρα οι τιμές
του ποτενσιόμετρου του γ θα είναι στο κέντρο οπότε έτσι βγήκε και η συνθήκη.
Βάζουμε και ένα περιθώριο +-2

    esc_arist.writeMicroseconds(motor_arist_x); //δίνουμε έξοδο στο esc για αριστερό
μοτέρ

    esc_dexi.writeMicroseconds(motor_dexi_x); //δίνουμε έξοδο στο esc για δεξι
μοτέρ

    esc_z.writeMicroseconds(Z); //δίνουμε έξοδο στο esc για την κίνηση στον άξονα Z

}

else{ //Έχω κίνηση και στους δύο άξονες.

    athrisma_dexi=motor_dexi_x + motor_dexi_y; //αθροίζω τις τιμές του χ και γ
άξονα που δίνουν στο δεξι μοτέρ

    athrisma_arist=motor_arist_x + motor_arist_y; //αθροίζω τις τιμές του χ και γ
άξονα που δίνουν στο αριστερό μοτέρ

    diagonio_dexi=map(athrisma_dexi,2000,4000,1000,2000); //βάζω όρια για να
είμαι από 1000 έως 2000

    diagonio_arist=map(athrisma_arist,2000,4000,1000,2000); //βάζω όρια για να
είμαι από 1000 έως 2000

    if (diagonio_arist>diagonio_dexi && diagonio_arist>=1500 && x>1516 && y> 1502
){ //Κίνηση διαγώνια δεξιά. Η συνθήκη βγήκε από serial print και είμαι στο 1
τεταρτημόριο

```

motor_diagonia_dexi=diagonio_arist-100; //επειδή θέλουμε να κινηθεί προς το πρώτο τεταρτημόριο δηλαδή διαγώνια δεξιά, πρέπει το δεξί μοτέρ να έχει λιγότερη έξοδο από ότι το αριστερό. Για αυτό και του δίνουμε έξοδο κατά 100 λιγότερα από ότι το αριστερό

```
motor_diagonia_arist=diagonio_arist;
```

```
esc_arist.writeMicroseconds(motor_diagonia_arist); //δίνουμε έξοδο στο esc για αριστερό μοτέρ
```

```
esc_dexi.writeMicroseconds(motor_diagonia_dexi); //δίνουμε έξοδο στο esc για δεξί μοτέρ
```

```
esc_z.writeMicroseconds(Z); //δίνουμε έξοδο στο esc για την κίνηση στον άξονα Z
```

```
}
```

```
else if (diagonio_arist<diagonio_dexi && diagonio_dexi>=1500 && x<1516 && y>1502){ //Κίνηση διαγώνια αριστερά. Η συνθήκη βγήκε από serial print και είμαι στο 2 τεταρτημόριο
```

```
motor_diagonia_dexi=diagonio_dexi; //αντίστοιχα με πρώτο τεταρτημόριο
```

```
motor_diagonia_arist=diagonio_dexi-100;
```

```
esc_arist.writeMicroseconds(motor_diagonia_arist); //δίνουμε έξοδο στο esc για αριστερό μοτέρ
```

```
esc_dexi.writeMicroseconds(motor_diagonia_dexi); //δίνουμε έξοδο στο esc για δεξί μοτέρ
```

```
esc_z.writeMicroseconds(Z); //δίνουμε έξοδο στο esc για την κίνηση στον άξονα Z
```

}

```
else if (diagonio_arist>diagonio_dexi && diagonio_dexi<1500 && x >1516 &&
y<1500){ //διαγώνια κάτω δεξιά (τέταρτο τεταρτημόριο)
```

```
diagonia_opisthen=map(diagonio_dexi,1000,1250,1350,1500); //Αυτό το κάνω
γιατί το esc στην όπισθεν από 1350-1000 δεν έχει διαφορά στην έξοδο. Οπότε το
κάνουμε έτσι για να μπορούμε να βλέπουμε τις μικροαλλαγές. Παίζουμε με το
diagonio_dexi γιατί, η τιμές του αλλάζουν από το χχ' μέχρι την διαγώνιο και από την
διαγώνιο μεχρι τον γγ' έχει τιμές όπως με τον χχ'. Ενώ του diagonio_arist οι τιμές
παίζουν σε όλο το εύρος από χχ' μέχρι γγ'
```

```
motor_diagonia_dexi=diagonia_opisthen+50;
```

```
motor_diagonia_arist=diagonia_opisthen; //Βάζουμε την πιο μικρή τιμή στο
αριστερό μοτέρ γιατί τώρα θέλουμε όπισθεν άρα πιο κοντά στο 1000 πιο δύναμη
στην έξοδο και για 4 τεταρτημόριο θέλουμε πιο πολύ δύναμη στο αριστερό μοτέρ
```

```
esc_arist.writeMicroseconds(motor_diagonia_arist); //δίνουμε έξοδο στο esc για
αριστερό μοτέρ
```

```
esc_dexi.writeMicroseconds(motor_diagonia_dexi); //δίνουμε έξοδο στο esc για
δεξί μοτέρ
```

```
esc_z.writeMicroseconds(Z); //δίνουμε έξοδο στο esc για την κίνηση στον άξονα
Z
```

}

```
else if(diagonio_arist<diagonio_dexi && diagonio_arist<1500 && x<1518 &&
y<1502) { //διαγώνια κάτω αριστερά(τρίτο τεταρτημόριο)
```

```
diagonia_opisthen=map(diagonio_arist,1000,1260,1350,1500); //Για τον ίδιο λόγο
που το κάναμε και στο τέταρτο τεταρτημόριο
```

```
motor_diagonia_dexi=diagonia_opisthen;
```

```
motor_diagonia_arist=diagonia_opisthen+50;
```

```
esc_arist.writeMicroseconds(motor_diagonia_arist); //δίνουμε έξοδο στο esc
για αριστερό μοτέρ
```

```
esc_dexi.writeMicroseconds(motor_diagonia_dexi); //δίνουμε έξοδο στο esc για
δεξί μοτέρ
```

```
esc_z.writeMicroseconds(Z); //δίνουμε έξοδο στο esc για την κίνηση στον άξονα
Z
```

```
}
```

```
}
```

```
int cam_up_down_read= analogRead(A3); //Διαβάζουμε την τιμή του
ποτενσιόμετρου για το πάνω κάτω της κάμερας στην αναλογική είσοδο 3
```

```
int cam_right_left_read= analogRead(A5 ); //Διαβάζουμε την τιμή του
ποτενσιόμετρου για το δεξιά αριστερά της κάμερας στην αναλογική είσοδο 5
```

```
int cam_up_down_degrees= map(cam_up_down_read,0,1023,50,115); //Βάζουμε
όρια στην τιμή του ποτενσιόμετρου για πάνω κάτω ωστε να μην ζορίζεται το σέρβο
```

```
int cam_right_left_degrees= map(cam_right_left_read,0,1023,140,40); //Βάζουμε  
όρια στην τιμή του ποτενσιόμετρου για δεξιά αριστερά για να μην έχουμε νεκρή  
ζώνη. Εδώ βάζουμε πρώτα την μεγάλη τιμή και μετά την μικρή ώστε να κινείται το  
σέρβο αντίστοιχα με την κίνηση του joystick
```

```
if(cam_up_down_degrees>86 || cam_up_down_degrees<80){ //Βάζουμε ένα  
deadband +-3 για να μην γράφονται οι τιμές στην eeprom όταν είναι στο κέντρο και  
όταν αφήνω το joystick απότομα να κρατάει την τιμή διαφορετική από αυτές του  
κέντρου
```

```
EEPROM.write(0, cam_up_down_degrees);} //Γράφουμε στην διεύθυνση 0 της  
eeprom την τιμή του joystick που έχει υποστεί map για το πάνω κάτω
```

```
if(cam_right_left_degrees>93 || cam_right_left_degrees<87){ //Βάζουμε ένα  
beadband +-3 για να μην γράφονται οι τιμές στην eeprom όταν είναι στο κέντρο και  
όταν αφήνω το joystick απότομα να κρατάει την τιμή διαφορετική από αυτές του  
κέντρου
```

```
EEPROM.write(1, cam_right_left_degrees);} //Γράφουμε στην διεύθυνση 1 της  
eeprom την τιμή του joystick που έχει υποστεί map για το δεξιά αριστερά
```

```
delay(30); //Βάζουμε μια μικρή καθυστέρηση για να προλαβαίνει να κρατάει την  
τελευταία τιμή
```

```
cam_moving_up_down = EEPROM.read(0); //Διαβάζουμε την τιμή της eeprom από  
την διεύθυνση 0 για να την βγάλουμε στο σέρβο του πάνω κάτω
```

```
cam_up_down.write(cam_moving_up_down); //Στέλνουμε την τιμή στο σέρβο για  
το πάνω κάτω
```

```
cam_moving_right_left = EEPROM.read(1); //Διαβάζουμε την τιμή της eeprom  
από την διεύθυνση 1 για να την βγάλουμε στο σέρβο του δεξιά αριστερά
```

```
cam_right_left.write(cam_moving_right_left); //Στέλνουμε την τιμή στο σέρβο για  
το δεξιά αριστερά
```

```
int reset=digitalRead(buttoncam); //Ορίζουμε την μεταβλητή reset για να  
διαβάσουμε την τιμή του μπουτόν που φέρνει στο μηδέν την κάμερα
```

```
if(reset==HIGH){ //Αν πατήσουμε το μπουτόν τότε η κάμερα πάει στο κέντρο. Αυτό  
το επιτυγχάνουμε γράφοντας στις αντίστοιχες διευθύνσεις της eeprom τις τιμές που  
τα σέρβο έχουν όταν είναι στο κέντρο(83 για το πάνω κάτω και 90 για το δεξιά  
αριστερά)
```

```
EEPROM.write(0,83);//
```

```
EEPROM.write(1,90);
```

```
}
```

```
int water_in_sensor_read = digitalRead(water_in_sensor);
```

```
int bat_9V_read=analogRead (A0);
```

```
int bat_12V_read=analogRead (A1);
```



```
if (water_in_sensor_read == HIGH) { //αν πάρουμε σήμα από τον αισθητήρα του  
νερού
```

```
    water_in(); //καλούμε το αντίστοιχο υποπρόγραμμα.
```

```
}
```

```
else if(bat_9V_read<805){ //μόλις η τάση πάει στα 7 βολτ χτυπάει ώστε να γίνει  
αλλαγή μπαταρίας
```

```
    bat_9V_alarm(); //καλούμε το αντίστοιχο υποπρόγραμμα
```

```
else if(bat_12V_read<850){ //μόλις η τάση πάει λίγο πιο πάνω από 9 βολτ χτυπάει  
ώστε να γίνει αλλαγή μπαταρίας
```

```
    bat_12V_alarm(); //καλούμε το αντίστοιχο υποπρόγραμμα
```

```
else { //αν δεν έχουμε κανένα alarm τότε δεν έχουμε μπαζερ ούτε led και στην  
οθόνη φαίνονται οι ενδείξεις μας καλώντας το αντίστοιχο υποπρόγραμμα
```

```
    digitalWrite(ledPin, LOW);
```

```
    digitalWrite(Buzzer, LOW);
```

```
    mandalosi_Buzzer=0; //μηδενίζουμε την μεταβλητή για την μανδάλωση του  
μπουτον για το μπαζερ
```

```
    indications();
```

```
}
```

```
int Lights=digitalRead(light_button); //Διαβάζουμε την κατάσταση του μπουτον για  
το άναμμα των φώτων
```

```
if (Lights==HIGH){ //αν το πατήσουμε ανάβουν τα φώτα μέσω της εξόδου του  
arduino που πάει στο πηνίο του ρελέ
```

```
digitalWrite(light_relay,HIGH);}
```

```
else{ //αν δεν πατηθεί είναι σβηστά
```

```
digitalWrite(light_relay,LOW);
```

```
}
```

```
}
```

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

http://www.submarineboat.com/building_rov_bart.htm

http://oceanservice.noaa.gov/education/for_fun/BuildUnderwaterRobot.pdf

<http://rollette.com/?f>

http://www.subsea-tech.com/upload/Observer_EN.pdf

<http://www.rovrobotsubmariner.com/>

http://monitor.noaa.gov/publications/education/rov_manual.pdf

http://books.google.gr/books?id=pjW1QoX1KeIC&pg=PA50&lpg=PA50&dq=rotating+thrusters&source=bl&ots=AsC-Mbk8Dx&sig=4q0RSOLXBQXP-t5vP8n8rFUejj4&hl=el&ei=bHKcTYetHc3HswavpKWrbg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4&ved=0CDgQ6AEwAw#v=onepage&q=rotating%2520thrusters&f=false

<http://principialabs.com/joystick-control-of-a-servo/>

<http://openrov.com/>

<http://www.microplanet.gr/tutorials/microcontrollers/arduino>

<http://www.arduino.cc/>

<http://whatis.techtarget.com/definition/underwater-ROV-underwater-remotely-operated-vehicle>

DATASHEETS



Integrated Silicon Pressure Sensor Manifold Absolute Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The Motorola MPX4250 series Manifold Absolute Pressure (MAP) sensor for turbo boost engine control is designed to sense absolute air pressure within the intake manifold. This measurement can be used to compute the amount of fuel required for each cylinder.

The MPX4250 series sensor integrates on-chip, bipolar op amp circuitry and thin film resistor networks to provide a high level analog output signal and temperature compensation. The small form factor and reliability of on-chip integration make the Motorola MAP sensor a logical and economical choice for automotive system designers.

Features

- 1.5% Maximum Error Over 0° to 85°C
- Specifically Designed for Intake Manifold Absolute Pressure Sensing in Engine Control Systems
- Ideally Suited for Direct Microprocessor Interfacing
- Patented Silicon Shear Stress Strain Gauge
- Temperature Compensated Over -40° to +125°C
- Offers Reduction in Weight and Volume Compared to Existing Hybrid Modules
- Durable Epoxy Unibody Element
- Ideal for Non-Automotive Applications

Application Examples

- Manifold Sensing for Automotive Systems

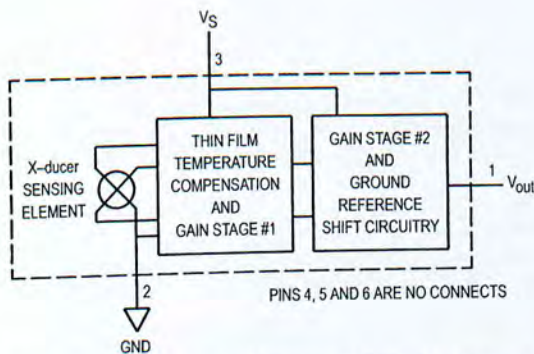
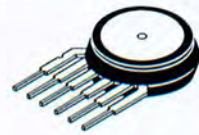


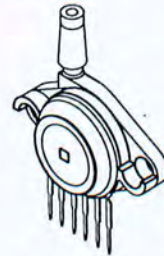
Figure 1. Fully Integrated Pressure Sensor Schematic

MPX4250 SERIES

INTEGRATED
PRESSURE SENSOR
20 to 250 kPa (2.9 to 36.3 psi)
0.2 to 4.9 V OUTPUT



BASIC CHIP
CARRIER ELEMENT
CASE 867-08, STYLE 1



PORT OPTION
CASE 867B-04, STYLE 1

PIN NUMBER			
1	V _{out}	4	N/C
2	Gnd	5	N/C
3	V _S	6	N/C

NOTE: Pins 4, 5, and 6 are internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground. Pin 1 is noted by the notch in the Lead.

Senseon and X-ducer are trademarks of Motorola, Inc.

REV 2



MPX4250 SERIES

MAXIMUM RATINGS(1)

Parametrics	Symbol	Value	Unit
Overpressure(2) (P1 > P2)	P_{max}	400	kPa
Burst Pressure(2) (P1 > P2)	P_{burst}	1000	kPa
Storage Temperature	T_{stg}	-40 to +125	°C
Operating Temperature	T_A	-40 to +125	°C

- $T_C = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.
- Exposure beyond the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.

OPERATING CHARACTERISTICS ($V_S = 5.1\text{ Vdc}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted, $P1 > P2$)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range(1)	P_{OP}	20	—	250	kPa
Supply Voltage(2)	V_S	4.85	5.1	5.35	Vdc
Supply Current	I_o	—	7.0	10	mAdc
Minimum Pressure Offset(3) @ $V_S = 5.1\text{ Volts}$	V_{FSS}	4.622	4.692	4.762	Vdc
Full Scale Output(4) @ $V_S = 5.1\text{ Volts}$	V_{FSS}	4.622	4.692	4.762	Vdc
Full Scale Span(5) @ $V_S = 5.1\text{ Volts}$	V_{FSS}	4.622	4.692	4.762	Vdc
Accuracy(6)	—	—	—	±1.5	%V _{FSS}
Sensitivity	$\Delta V/\Delta P$	—	20	—	mV/kPa
Response Time(7)	t_R	—	1.0	—	ms
Output Source Current at Full Scale Output	I_{o+}	—	0.1	—	mAdc
Warm-Up Time(8)	—	—	20	—	ms
Offset Stability(9)	—	—	±0.5	—	%V _{FSS}

Decoupling circuit shown in Figure 3 required to meet electrical specifications.

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Weight, Basic Element (Case 867)	—	—	4.0	—	Grams
Common Mode Line Pressure(10)	—	—	—	690	kPa

NOTES:

- 1.0 kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.
- Device is ratiometric within this specified excitation range.
- Offset (V_{off}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
- Full Scale Output (V_{FSO}) is defined as the output voltage at the maximum or full rated pressure.
- Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
- Accuracy (error budget) consists of the following:
 - Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.
 - Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
 - Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure, at 25°C .
 - T_C Span: Output deviation over the temperature range of 0° to 85°C , relative to 25°C .
 - T_C Offset: Output deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of 0° to 85°C , relative to 25°C .
 - Variation from Nominal: The variation from nominal values, for Offset or Full Scale Span, as a percent of V_{FSS} , at 25°C .
- Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.
- Warm-up is defined as the time required for the product to meet the specified output voltage after the Pressure has been stabilized.
- Offset stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.
- Common mode pressures beyond what is specified may result in leakage at the case-to-lead interface.

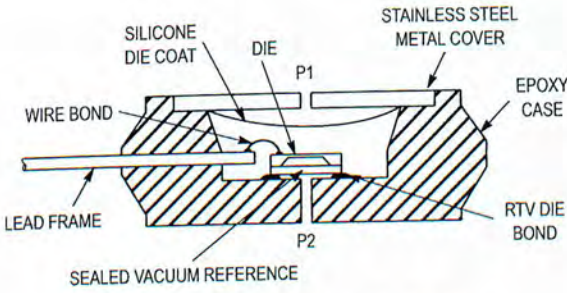


Figure 2. Cross-Sectional Diagram (Not to Scale)

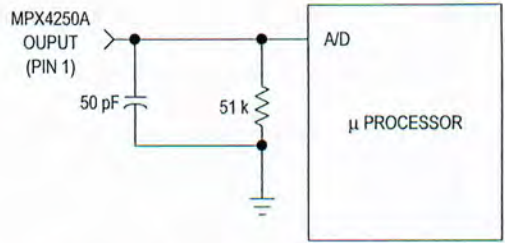


Figure 3. Typical Decoupling Filter for Sensor to Microprocessor Interface

Figure 2 illustrates the absolute sensing chip in the basic chip carrier (Case 867). A fluorosilicone gel isolates the die surface and wire bonds from the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the sensor diaphragm. The MPX4250A series pressure sensor operating characteristics, and internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media, other than dry air, may have adverse effects on sensor performance and long-term reliability. Contact the factory for in-

formation regarding media compatibility in your application. Figure 3 shows a typical decoupling circuit for interfacing the integrated MAP sensor to the A/D input of a microprocessor. Proper decoupling of the power supply is recommended. Figure 4 shows the sensor output signal relative to pressure input. Typical, minimum, and maximum output curves are shown for operation over temperature range of 0° to 85°C. (The output will saturate outside of the specified pressure range.)

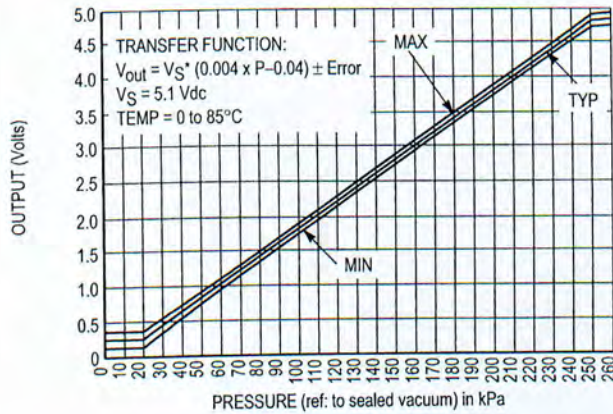


Figure 4. Output versus Absolute Pressure

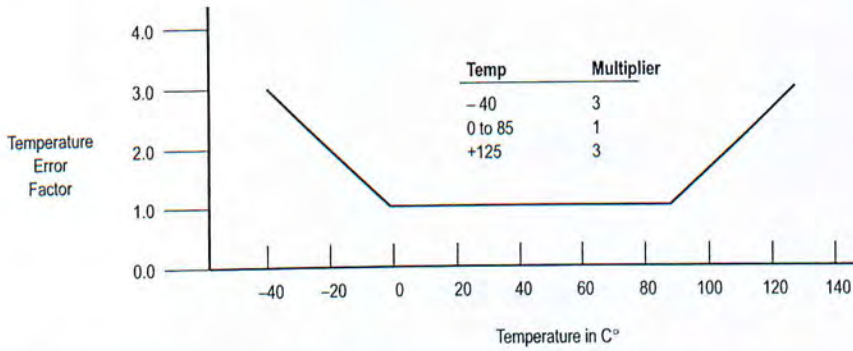
MPX4250 SERIES

Transfer Function

Nominal Transfer Value: $V_{out} = V_S (P \times 0.004 - 0.04)$
 \pm (Pressure Error \times Temp. Factor $\times 0.004 \times V_S$)
 $V_S = 5.1 \text{ V} \pm 0.25 \text{ Vdc}$

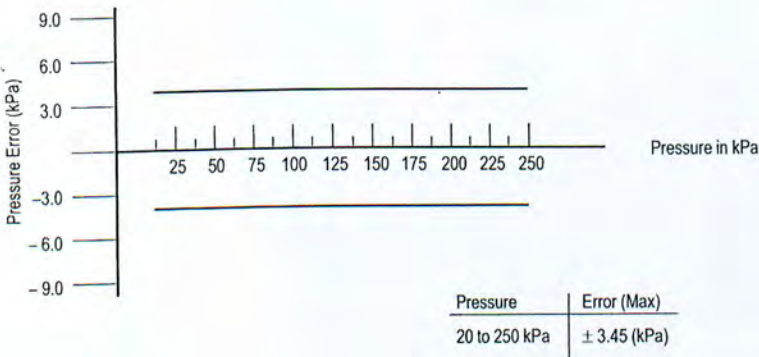
Temperature Error Band

MPX4250A Series



NOTE: The Temperature Multiplier is a linear response from 0° to -40°C and from 85° to 125°C.

Pressure Error Band

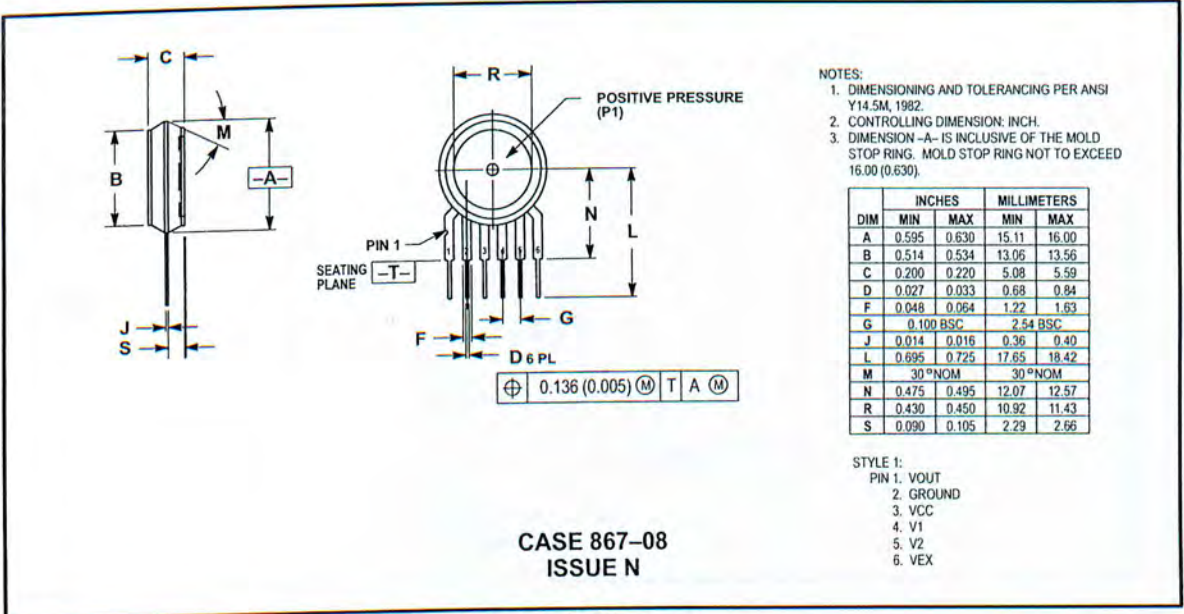


ORDERING INFORMATION

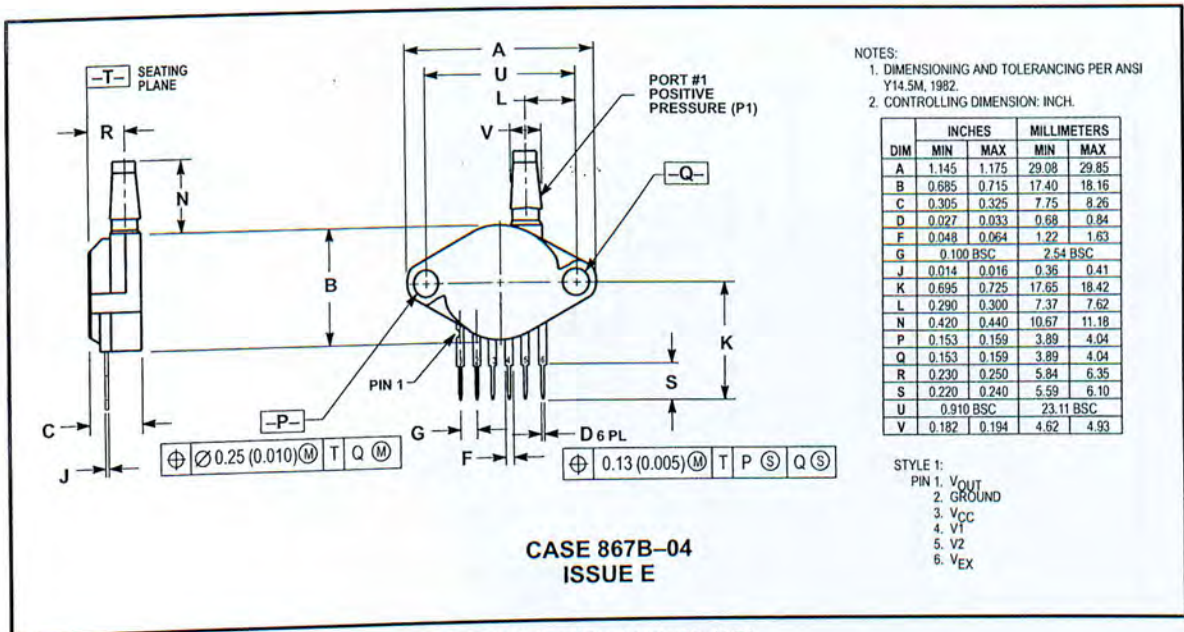
The MPX4250A series Turbo MAP silicon pressure sensors are available in the basic element package or with pressure port fittings that provide mounting ease and barbed hose connections.

Device Type	Options	Case No.	MPX Series Order No.	Marking
Basic Element	Absolute, Element	Case 867-08	MPX4250A	MPX4250A
Ported Elements	Absolute, Ported	Case 867B-04	MPX4250AP	MPX4250AP
	Absolute, Stove Pipe Port	Case 867E-03	MPX4250AS	MPX4250A
	Absolute, Axial Port	Case 867F-03	MPX4250ASX	MPX4250A

PACKAGE DIMENSIONS



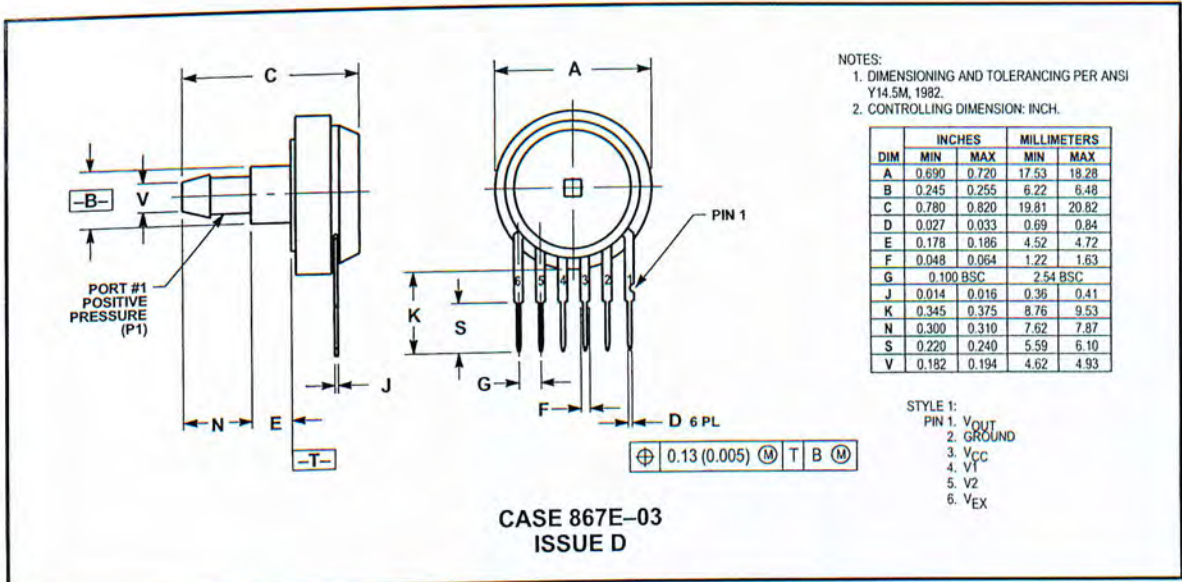
BASIC ELEMENT (D)



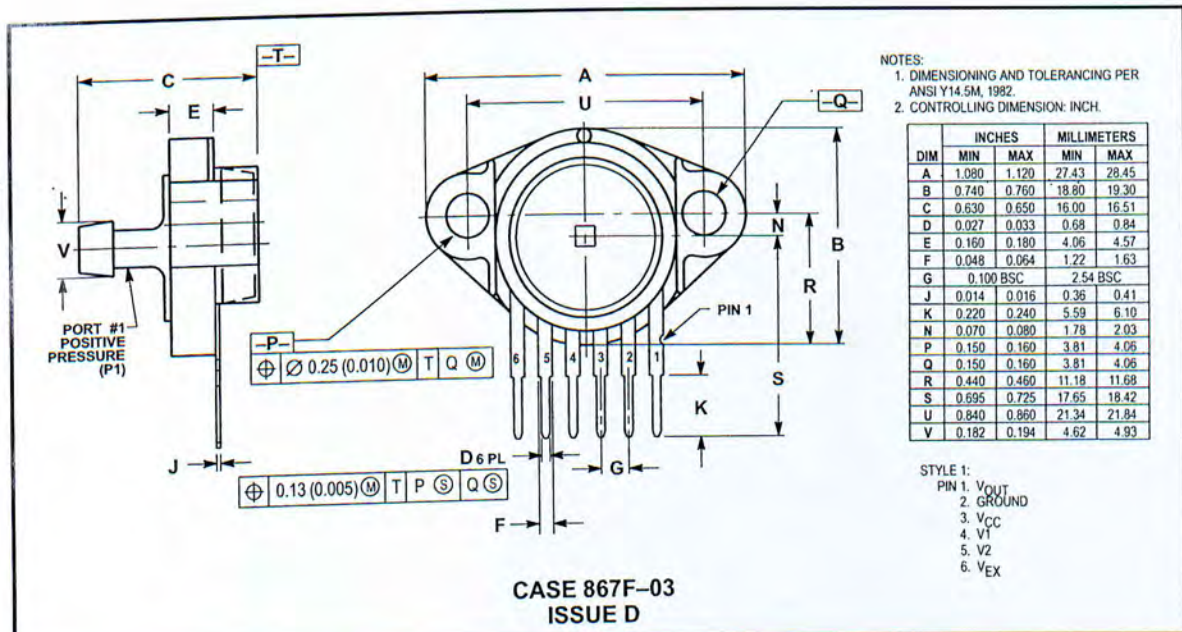
PRESSURE SIDE PORTED (AP)

MPX4250 SERIES

PACKAGE DIMENSIONS – continued



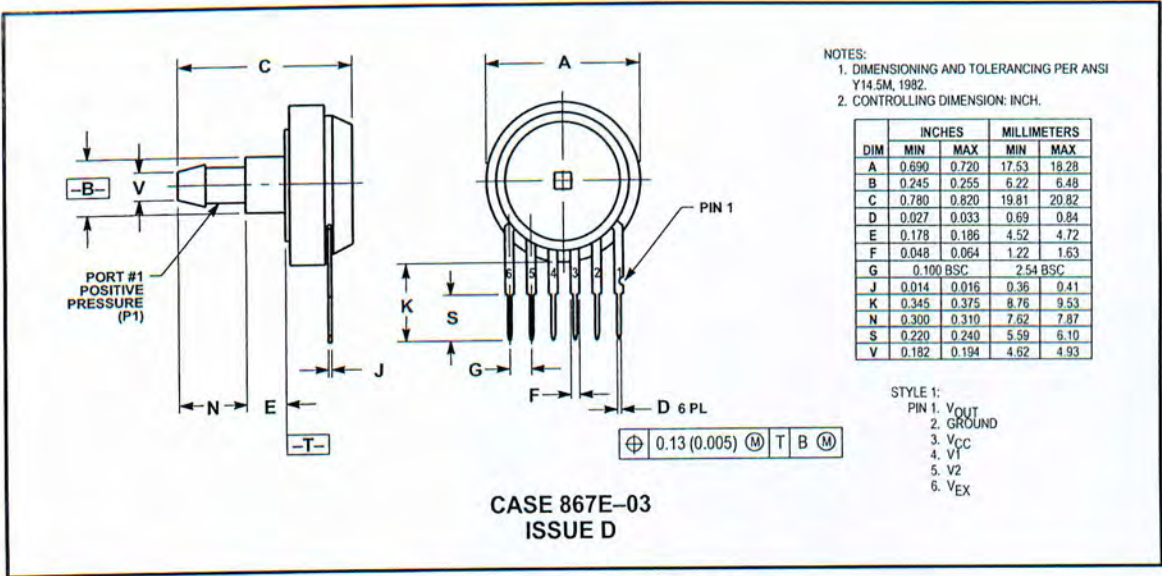
PRESSURE SIDE PORTED (AS)



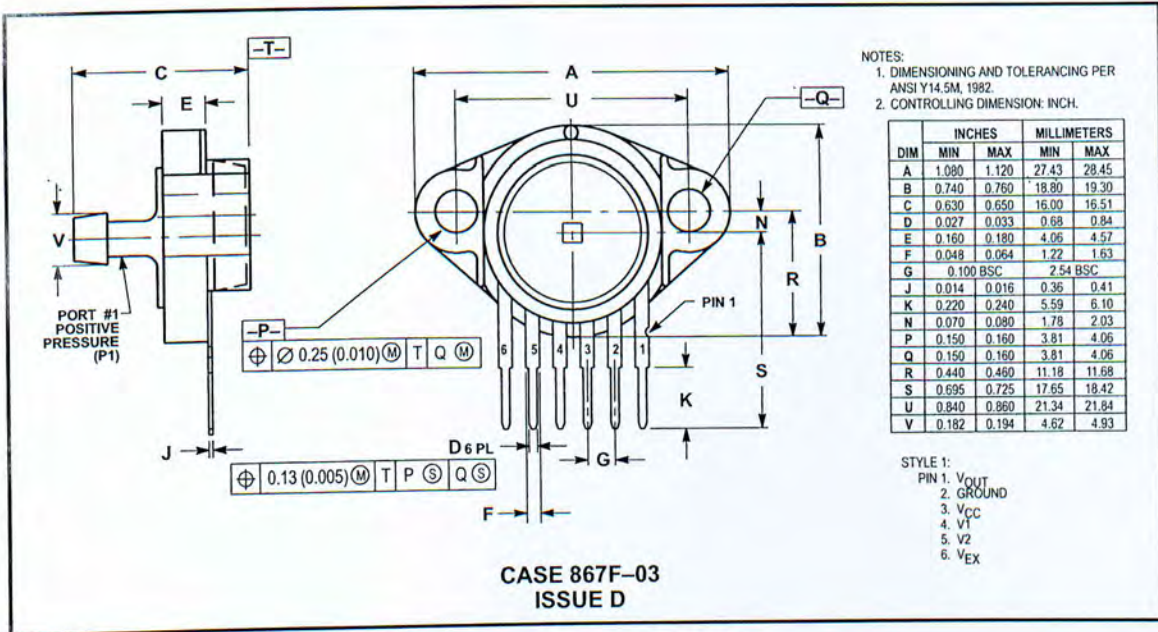
PRESSURE SIDE PORTED (ASX)

MPX4250 SERIES


PACKAGE DIMENSIONS – continued



PRESSURE SIDE PORTED (AS)



PRESSURE SIDE PORTED (ASX)

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and  are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

MPX4250 SERIES

Mfax is a trademark of Motorola, Inc.

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 5405, Denver, Colorado 80217. 303-675-2140 or 1-800-441-2447

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,
3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 81-3-3521-8315

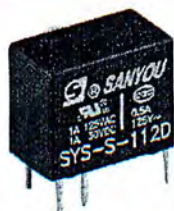
Mfax™: RMFAX0@email.sps.mot.com – TOUCHTONE 602-244-6609
– US & Canada ONLY 1-800-774-1848

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298

INTERNET: <http://motorola.com/sps>



MPX4250/D



UL, C-UL File NO.: E179745
CQC File NO.: CQC04001009427

- Designed for thermostat, modem, computer peripherals, video recording and security application.
- Designed for compact, high density mounting.

SPECIFICATIONS

Contact

Arrangement	1a, 1c	
Contact material	Silver alloy	
Contact resistance (1A 6VDC)	100mΩ Max.	
UL/C-UL rating	1A	120VAC
Resistance load (cos φ = 1)	1A	30VDC
CQC rating	0.5A	125VAC
Max. switching voltage	125VAC	30VDC
Max. switching current	1A	
Max. switching power	125VA	30W
Expected life (min. ope)	Mechanical (at 120 cpm)	1X10 ⁷
	Electrical (at 20 cpm)	1X10 ⁵

Characteristics

Operate time	5 msec. Max.	
Release time	5 msec. Max.	
Operating humidity	45~85%RH	
Initial breakdown voltage	Between contact and coil	1,000VAC (50/60Hz) for 1 min.
	Between open contacts	500VAC (50/60Hz) for 1 min.
Insulation resistance	100MΩ Min. (50VDC)	
Ambient temperature	-40°C ~ +80°C	
Shock resistance	Functional	10G Min.
	Destructive	50G Min.
Vibration resistance	Functional	10 TO 55 Hz at double Amplitude of 1.5mm
	Destructive	10 TO 55 Hz at double Amplitude of 1.5mm
Unit weight	Approx. 3g	

Coil

Nominal operating power	0.15W, 0.20W
-------------------------	--------------

TYPICAL APPLICATIONS

1. Thermostat
2. Modem, computer peripherals
3. Video recording security application. Etc.

ORDERING INFORMATION

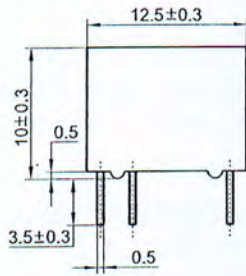
	SYS	S	1	12	D	M		
Type	Protective construction		Number of poles		COIL voltage		Coil sensitivity	Contact form
SYS	NIL: Flux type S: Sealed type		1: 1 pole		02, 03, 05, 06, 09, 12, 24		D: 0.20W L: 0.15W	M: 1 Form A Nil: 1 Form C

COIL(at 20°C)

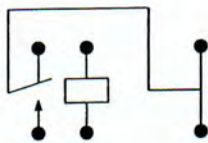
SYS

Type	Voltage code	Nominal voltage (VDC)	Nominal current (mA)	Coil resistance ($\Omega \pm 10\%$)	Drop-out voltage (VDC)	Pick-up voltage (VDC)	Nominal operating power (W)	Max allowable voltage (VDC)
SYS-L	02	2	75.19	26.6	5%Min.	75%Max.	0.15	140% of nominal voltage
	03	3	50.00	60				
	05	5	30.12	166				
	06	6	25.00	240				
	09	9	16.67	540				
	12	12	12.50	960				
	24	24	6.25	3,840				
SYS-D	02	2	100.00	20	5%Min.	75%Max.	0.20	115% of nominal voltage
	03	3	66.67	45				
	05	5	40.00	125				
	06	6	33.33	180				
	09	9	22.22	405				
	12	12	16.67	720				
	24	24	8.33	2,880				

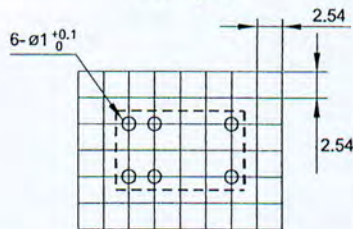
OUTLINE DIMENSIONS, WIRING DIAGRAM AND PC BOARD LAYOUT(unit:mm)



Wiring Diagram

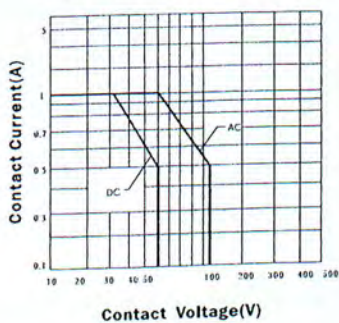


PCB layout

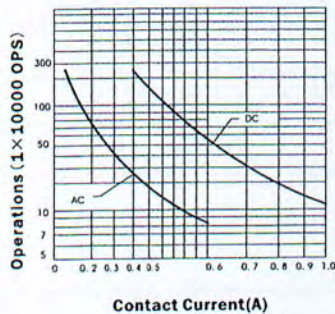


CHARACTERISTICS CURVE

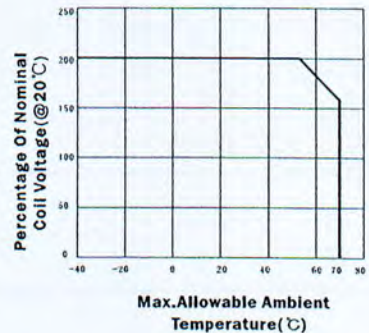
MAXIMUM SWITCHING POWER



LIFE CURVE



MAX.ALLOWABLE AMBIENT TEMPERATURE CURVE





3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

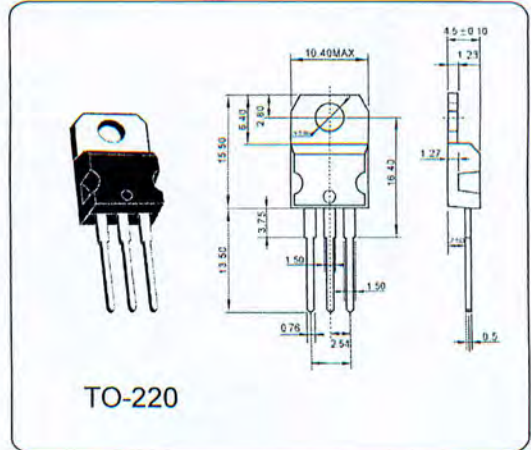
LM7805

GENERAL DESCRIPTION

The LM7805 series of three terminal positive regulators are available in the TO-220 package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Ta = 25 °C)

Parameter	Symbol	Typ	Unit
Input Voltage	V_I	35	V
Output Voltage	V_O	5.0	V
Peak Current	I_{PK}	2.2	A
Operating Temperature Range	T_{OPR}	0~125	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65~150	°C



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25 °C)

(Refer to test circuit, $I_o = 500mA$, $V_i = 10V$, $C_i = 0.33\mu F$, $C_o = 0.1\mu F$ unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Output Voltage	V_O	$V_i = 8V$ to $20V$	4.85	5.0	5.15	V
Line Regulation (Note1)	Regline	$V_o = 8V$ to $25V$		4.0	100	mV
		$V_i = 8V$ to $12V$		1.6	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	$I_o = 5.0mA$ to $1.5A$		9	100	mV
		$I_o = 250mA$ to $750mA$		4	50	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25\text{ }^\circ C$		5	8	mA
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$, $V_o = 8V$ to $18V$	62	73		dB
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_o = 1A$, $T_J = +25\text{ }^\circ C$		2		V
Output Resistance	r_o	$f = 1KHz$		0.015		Ω
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_i = 35V$, $T_A = +25\text{ }^\circ C$		230		mA
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25\text{ }^\circ C$		2.2		A

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is

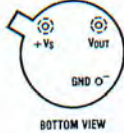
available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*



BOTTOM VIEW

TL/H/5516-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH,
LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

TO-92
Plastic Package

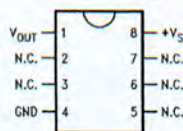


BOTTOM VIEW

TL/H/5516-2

Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

SO-8
Small Outline Molded Package



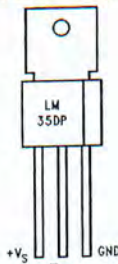
TL/H/5516-21

Top View

N.C. = No Connection

Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

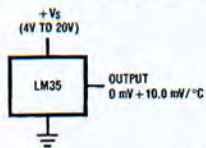
TO-202
Plastic Package



TL/H/5516-24

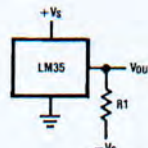
Order Number LM35DP
See NS Package Number P03A

Typical Applications



TL/H/5516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade
Temperature
Sensor ($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



TL/H/5516-4

Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade
Temperature Sensor

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp., TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-202 Package,	-65°C to +150°C

Lead Temp.:

TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C
TO-92 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
TO-202 Package, (Soldering, 10 seconds)	+230°C

SO Package (Note 12):

Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V

Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX}
(Note 2)

LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = +5V$	105		131	91		114	μA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_S = +30V$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5\text{Vdc}$ and $I_{LOAD} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is $400^\circ\text{C}/\text{W}$, junction to ambient, and $24^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is $220^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-202 package is $85^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6) (Continued)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+ 10.0	+ 9.8, + 10.2		+ 10.0		+ 9.8, + 10.2	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	± 0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		158	91		138	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+ 0.39		+ 0.7	+ 0.39		+ 0.7	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+ 1.5		+ 2.0	+ 1.5		+ 2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

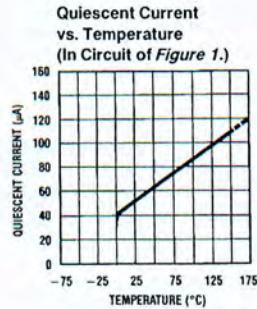
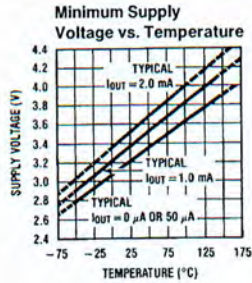
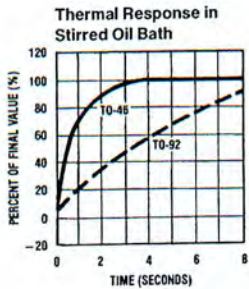
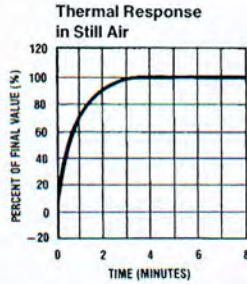
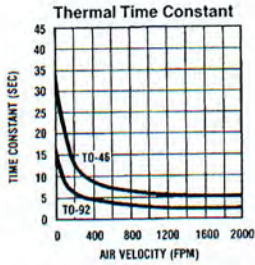
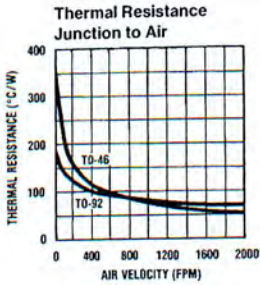
Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

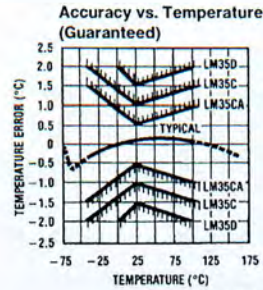
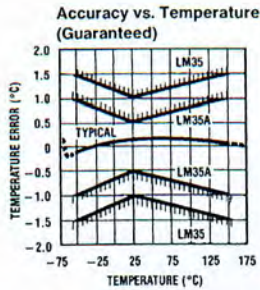
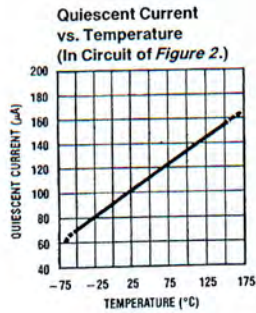
Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

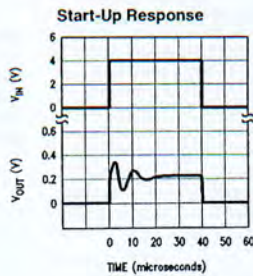
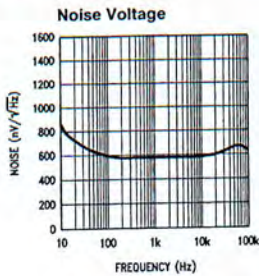
Typical Performance Characteristics



TL/H/5516-17



TL/H/5516-18



TL/H/5516-22

Applications

The LM35 can be applied easily in the same way as other integrated-circuit temperature sensors. It can be glued or cemented to a surface and its temperature will be within about 0.01°C of the surface temperature.

This presumes that the ambient air temperature is almost the same as the surface temperature; if the air temperature were much higher or lower than the surface temperature, the actual temperature of the LM35 die would be at an intermediate temperature between the surface temperature and the air temperature. This is especially true for the TO-92 plastic package, where the copper leads are the principal thermal path to carry heat into the device, so its temperature might be closer to the air temperature than to the surface temperature.

To minimize this problem, be sure that the wiring to the LM35, as it leaves the device, is held at the same temperature as the surface of interest. The easiest way to do this is to cover up these wires with a bead of epoxy which will insure that the leads and wires are all at the same temperature as the surface, and that the LM35 die's temperature will not be affected by the air temperature.

The TO-46 metal package can also be soldered to a metal surface or pipe without damage. Of course, in that case the V- terminal of the circuit will be grounded to that metal. Alternatively, the LM35 can be mounted inside a sealed-end metal tube, and can then be dipped into a bath or screwed into a threaded hole in a tank. As with any IC, the LM35 and accompanying wiring and circuits must be kept insulated and dry, to avoid leakage and corrosion. This is especially true if the circuit may operate at cold temperatures where condensation can occur. Printed-circuit coatings and varnishes such as Humiseal and epoxy paints or dips are often used to insure that moisture cannot corrode the LM35 or its connections.

These devices are sometimes soldered to a small light-weight heat fin, to decrease the thermal time constant and speed up the response in slowly-moving air. On the other hand, a small thermal mass may be added to the sensor, to give the steadiest reading despite small deviations in the air temperature.

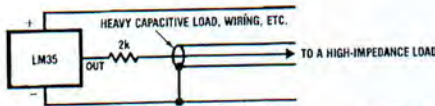
Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance)

	TO-46, no heat sink	TO-46, small heat fin*	TO-92, no heat sink	TO-92, small heat fin**	SO-8 no heat sink	SO-8 small heat fin**	TO-202 no heat sink	TO-202 *** small heat fin
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	85°C/W	60°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	25°C/W	40°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W				
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W				
(Clamped to metal, infinite heat sink)	(24°C/W)				(55°C/W)		(23°C/W)	

* Wakefield type 201, or 1" disc of 0.020" sheet brass, soldered to case, or similar.

** TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1" square of $\frac{1}{16}$ " printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

Typical Applications (Continued)



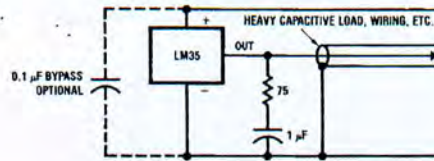
TL/H/5516-19

FIGURE 3. LM35 with Decoupling from Capacitive Load

CAPACITIVE LOADS

Like most micropower circuits, the LM35 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LM35 by itself is able to drive 50 pF without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to isolate or decouple the load with a resistor; see Figure 3. Or you can improve the tolerance of capacitance with a series R-C damper from output to ground; see Figure 4.

When the LM35 is applied with a 200Ω load resistor as shown in Figure 5, 6, or 8, it is relatively immune to wiring

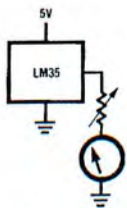


TL/H/5516-20

FIGURE 4. LM35 with R-C Damper

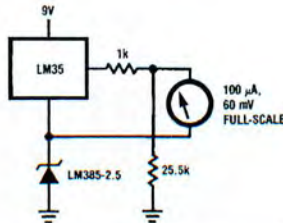
capacitance because the capacitance forms a bypass from ground to input, not on the output. However, as with any linear circuit connected to wires in a hostile environment, its performance can be affected adversely by intense electromagnetic sources such as relays, radio transmitters, motors with arcing brushes, SCR transients, etc. as its wiring can act as a receiving antenna and its internal junctions can act as rectifiers. For best results in such cases, a bypass capacitor from V_{IN} to ground and a series R-C damper such as 75Ω in series with 0.2 or 1 μF from output to ground are often useful. These are shown in Figures 13, 14, and 16.

Typical Applications (Continued)



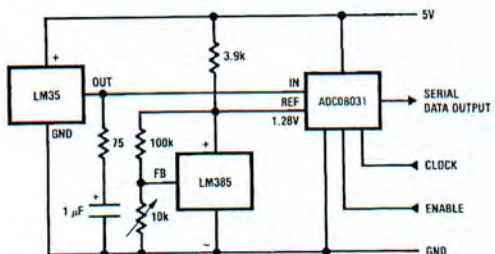
TL/H/5516-11

FIGURE 11. Centigrade Thermometer (Analog Meter)



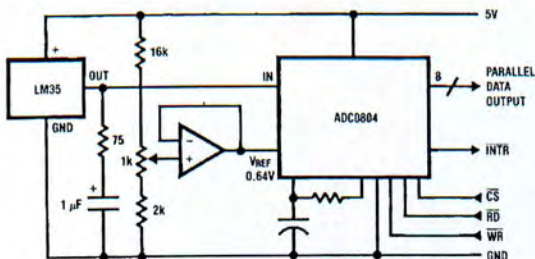
TL/H/5516-12

FIGURE 12. Expanded Scale Thermometer (50° to 80° Fahrenheit, for Example Shown)



TL/H/5516-13

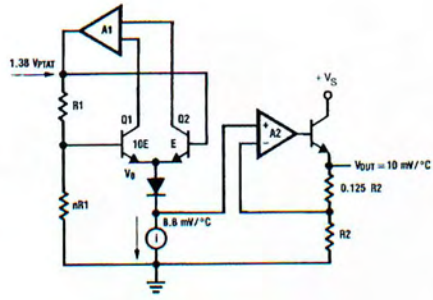
FIGURE 13. Temperature To Digital Converter (Serial Output) (+ 128°C Full Scale)



TL/H/5516-14

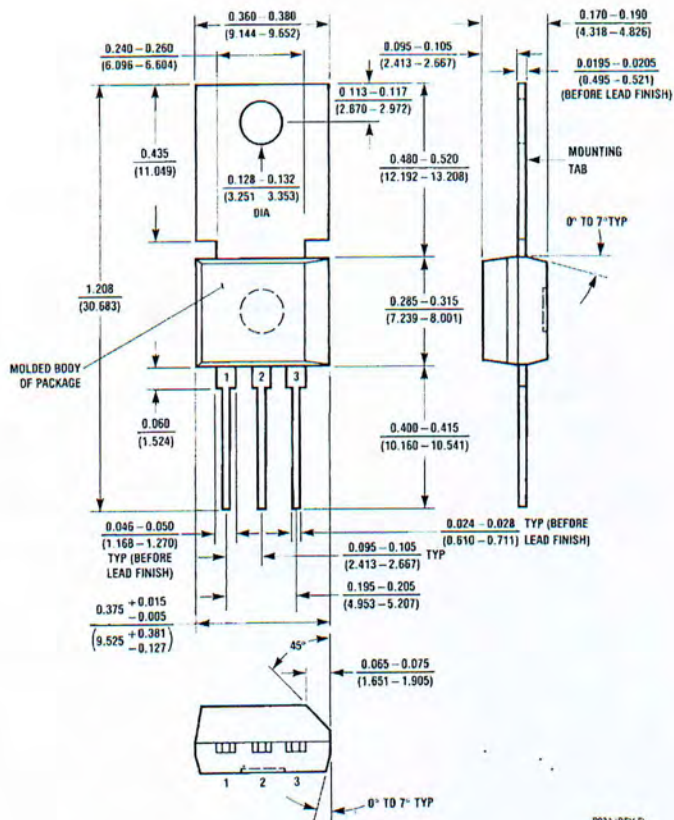
FIGURE 14. Temperature To Digital Converter (Parallel TRI-STATE® Outputs for Standard Data Bus to μ P Interface) (128°C Full Scale)

Block Diagram



TL/H/5516-23

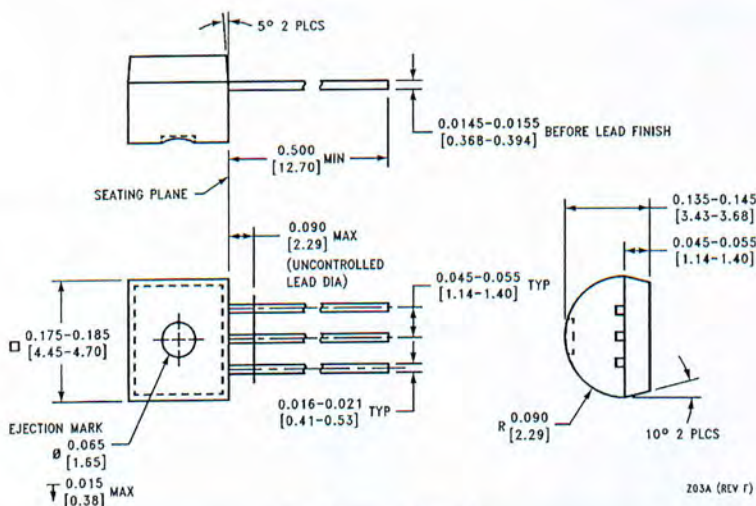
Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



Power Package TO-202 (P)
Order Number LM35DP
NS Package Number P03A

P03A (REV F)

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



TO-92 Plastic Package (Z)
Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
NS Package Number Z03A

Z03A (REV 1)

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation 2900 Semiconductor Drive P.O. Box 580990 Santa Clara, CA 95052-8090 Tel: (1800) 272-9959 TWX: (310) 339-9240	National Semiconductor GmbH Levy-Gargan-Str. 10 D-82256 Fürstenfeldbruck Germany Tel: (81-41) 35-0 Telex: 527643 Fax: (81-41) 35-1	National Semiconductor Japan Ltd. Sumitomo Chemical Engineering Center Bldg. 7F 1-7-1, Nakase, Mihama-Ku Chiba-City, Chiba Prefecture 261 Tel: (043) 299-2300 Fax: (043) 299-2500	National Semiconductor Hong Kong Ltd. 10th Floor, Straight Block, Ocean Centre, 5 Canton Rd. Tsimshatsui, Kowloon Hong Kong Tel: (852) 2737-1000 Fax: (852) 2736-9960	National Semicondutores Do Brasil Ltda. Rua Deputado Lacerda Franco 120-3A Sao Paulo-SP Brazil 05418-000 Tel: (55-11) 212-5066 Telex: 391-1131931 NSBR BR Fax: (55-11) 212-1181	National Semiconductor (Australia) Pty. Ltd. Building 16 Business Park Drive Monash Business Park Nottinghil, Melbourne Victoria 3168 Australia Tel: (3) 558-9999 Fax: (3) 558-9998
---	---	--	--	---	---

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

johnson bilge pump l450

Features

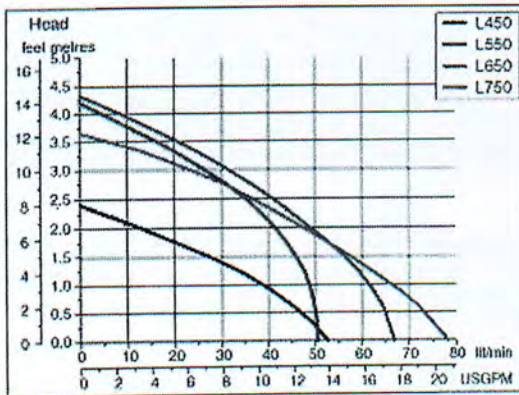
- Compact, all-in-one motor/impeller unit
- No tools needed for maintenance
- Extremely energy efficient
- Water-cooled motor for long service intervals
- Meets the international standard, ISO 8849 marine



Design features

Pump body:	Thermoplastic
Shaft seal:	Lip seal
Shaft:	Stainless steel (SS2343)
Voltage:	12/24 V DC
Hose sizes:	L450 - L650: 3/4" L750: 1 1/8"

Capacity curves for Cartridge Submersible Bilge Pumps at 20°C/68°F



[Click here to view the graph as a scalable Flash graphic \(Flash plugin required\)](#)

Cartridge	Amperage	Fuse
L450	2.5 amp	5 amp
L550	3 amp	5 amp
L650	3.2 amp	5 amp
L650, 24 V	2 amp	3 amp
L750	3 amp	5 amp
L750, 24 V	2 amp	3 amp

Ultima Combo	Amperage	Fuse
L450UC	2.5 amp	5 amp
L550UC	3 amp	5 amp
L650UC	3.2 amp	5 amp
L650UC, 24 V	2 amp	3 amp
L750UC	3 amp	5 amp
L750UC, 24 V	2 amp	3 amp



Zippy Flightmax batteries deliver full capacity & discharge as well as being the best value batteries in the hobby market today!

Spec.

Capacity: 4000mAh

Voltage: 3S1P / 3 Cell / 11.1v

Discharge: 20C Constant / 30C Burst

Weight: 306g (including wire, plug & shrink wrap)

Dimensions: 146x51x22mm

Balance Plug: JST-XH

Discharge Plug: Bullet Connector