



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ
ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο – ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ
Σχολή Μηχανικών
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Πτυχιακή Εργασία

Σχεδιασμός και δημιουργία hydrobot με χρήση Arduino.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε.

Πετράκης Στυλιανός
ΑΜ: 2231

Επιβλέπων : Παναγιωτάκης Σπυρίδων

Ηράκλειο
2019

Περίληψη

Ένα hydrobot ανήκει στην οικογένεια των ROV ή ROUV, δηλαδή των Remote Operated underwater Vehicles. Τα οχήματα αυτά πρωτοεμφανίστηκαν σε πρωτόγονη μορφή τη δεκαετία του 1950', αναπτύχθηκαν ιδιαίτερα τη δεκαετία του 1980 και συνεχίζουν να υπάρχουν μέχρι και σήμερα σε πληθώρα μετεξελίξεων. Έχουν χρησιμοποιηθεί και συνεχίζουν σε μεγάλο αριθμό εξειδικευμένων υποβρύχιων εργασιών. Μερικά μονάχα από τα έργα που καλούνται να φέρουν εις πέρας είναι: καταδύσεις αναγνώρισης σε δυσπρόσιτα σημεία (λόγο θερμοκρασίας-ορατότητας-τοξικότητας κ.α.) με σκοπό την εκτέλεση βασικών μηχανολογικών εργασιών, την ανάσυρση αντικειμένων, τη χαρτογράφηση του βυθού, τη συλλογή επιστημονικών δεδομένων και αμέτρητα άλλα.

Η δική μας υλοποίηση λειτουργεί περισσότερο σαν proof of concept και πρόκειται για ένα ROV που συλλέγει περιβαλλοντολογικά δεδομένα/μετρήσεις, όπως πίεση-θερμοκρασία κλπ. Και τα αποστέλλει σε ένα σταθμό βάσης ο οποίος εκτελεί και χρέη πίνακα ελέγχου του σκάφους, καθώς και καταγραφικού των δεδομένων που λαμβάνει. Μια βασική και σημαντική διαφορά σε σχέση με τα ROV του εμπορίου και της βιομηχανίας, είναι πως δεν έχουμε tether (ομφάλιο λώρο) ανάμεσα στο σκάφος και στο σταθμό μας, αλλά η επικοινωνία για τον έλεγχο και τα δεδομένα τηλεμετρίας και τη μεταφορά εικόνας, γίνεται ασύρματα, στις διαδεδομένες μπάντες των 2.4Ghz και των 5.8Ghz. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας "σημαδούρας" που βρίσκεται στην επιφάνεια του νερού και συνδέεται ενσύρματα με το κυρίως σκάφος.

Τέλος, το hydrobot μας έχει κατασκευαστεί εξ ολοκλήρου από υλικά εύκολα προσβάσιμα στο εμπόριο, έτσι ούτως ώστε να μπορέσει να αντιγραφεί ή να αναπτυχθεί το ίδιο ή οι λειτουργίες του περαιτέρω.

Λέξεις κλειδιά: *Hydrobot, ROV, Proof of Concept*

Summary

A hydrobot belongs to the family of the ROVs or ROUV. These are acronyms for “Remote Operated Underwater Vehicles”. These kind of vehicles first appeared in an elementary form during the 50’s, they developed greatly in the 80’s and they continue to exist today through a variety of evolutions. They are still used for a great number of underwater tasks. Reconnaissance diving, basic mechanical repair tasks, sea-bed mapping and collecting scientific data, are just a few of the tasks, that these machines have to tackle.

Our implementation works better as a “proof of concept” and it’s an ROV designed to collect environmental measurements/data such as pressure- temperature – light intensity etc. These data are then sent to a base station that doubles as a data logger as well as a remote controller for our ROV. We have also implemented an important feature that we don’t come across often, if ever, in mass produced ROVs. That feature is “wireless connectivity” and the lack of a tether between our machine and it’s base station. The communication between the hydrobot and the controller uses the 2.4GHz and 5.8Ghz bands. This is achieved with the use of a float that follows the ROV and is tethered to it.

Finally, our Hydrobot is designed and constructed using easily sourced materials so that it could be replicated or upgraded without any difficulty.

Keywords: Hydrobot, ROV, Proof of concept

Περιεχόμενα

Περίληψη

Περιεχόμενα

1 Εισαγωγή

- 1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής
- 1.2 Οργάνωση του τόμου

2 Θεωρητικό υπόβαθρο

- 2.1 Ιστορία
- 2.2 Χρήσεις στη σύγχρονη εποχή (Πολιτικές Χρήσεις, Στρατιωτικές Χρήσεις)
- 2.3 ROV η UAV

3 Ανάλυση και σχεδίαση

- 3.1 Ανάλυση - περιγραφή αρχιτεκτονικής
 - 3.1.1 Διαχωρισμός και περιγραφή υποσυστημάτων
- 3.2 Κατάλογος Υλικών
 - 3.3.1 Ανάλυση Υλικών Σκάφους
 - 3.3.2 Ανάλυση Υλικών σταθμού βάσης/ Χειριστηρίου

4 Τεχνολογίες και πρωτόκολλα επικοινωνίας

- 4.1 Ενσύρματη επικοινωνία και πρωτόκολλα.
- 4.2 Ασύρματη επικοινωνία και πρωτόκολλα.

5 Αρχιτεκτονική ηλεκτρονικής υποδομής των συστημάτων.

- 5.1 Αρχιτεκτονική ηλεκτρονικών Χειριστηρίου Βάσης
- 5.2 Αρχιτεκτονική ηλεκτρονικών σκάφους

6 Προγραμματισμός Μικροελεγκτή.

6.1 Κώδικας και ανάλυση.

6.1.1 Κώδικας Πομπού.

6.1.2 Κώδικας Δέκτη.

7 Περιγραφή Υλικών και Υλοποίηση

7.1 Λεπτομέρειες και δυσκολίες υλοποίησης

7.2 Αποτυχίες και V1.0

7.3 V2.0

7.4 Δοκιμές

8 Αξιολόγηση Υλοποίησης

8.1 Συμπεράσματα και κριτική

8.2 Μετεξέλιξη και προτάσεις βελτίωσης/Αναβάθμισης.

Βιβλιογραφία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

Με το νερό να καλύπτει πάνω από το 70% της συνολικής επιφάνειας της γης, είναι απόλυτα λογικό ο άνθρωπός να δραστηριοποιείται επάνω, μέσα και γύρω από αυτό. Με ανάγκες όπως αυτές της επικοινωνίας της εξερεύνησης/αναγνώρισης, της μεταφοράς αγαθών ή ακόμα και της διασκέδασης, είναι φυσικό επόμενο να αναπτύξει οχήματα, μέσα και εργαλεία που να καλύπτουν τις ανάγκες αυτές καθώς και μια πληθώρα ακόμα, χρήσεων στο υδάτινο στοιχείο. Στη συγκεκριμένη διπλωματική δημιουργήσαμε ένα μονάχα μέσο ή καλύτερα εργαλείο, που δραστηριοποιείται στο νερό. Θα αναλύσουμε τα στάδια σχεδίου και υλοποίησης ενός ROV-Hydrobot, εγχείρημα που λειτουργεί κυρίως σα μια σπουδή επάνω στις τεχνολογίες που χρησιμοποιήσαμε ή απορρίψαμε.

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής.

Με βασικό γνώμονα την εύρεση ενός πρότζεκτ που θα μπορούσε να ενσωματώσει ιδιαίτερες, απλές και μη τεχνολογίες, να είναι αρκετά ενδιαφέρον, να έχει εν δυνάμει χρήσεις στον πραγματικό κόσμο εκτός πάγκου αλλά και να είναι αναβαθμίσιμο, επιλέξαμε την κατασκευή ενός συστήματος που αποτελείται από ένα υποβρύχιο μη επανδρωμένο σκάφος και ενός σταθμού βάσης που είναι υπεύθυνος για την αλληλεπίδρασή χρήστη-σκάφους και την καταγραφή τυχόν αισθητηριακών δεδομένων από απόσταση.

Η πρώτη επαφή με το αντικείμενο, έγινε με μορφή έρευνας για τα διαθέσιμα ROV της αγοράς ή της βιομηχανίας, τους σκοπούς που εξυπηρετούν και τα είδη τεχνολογιών που αξιοποιούν. Στην πλειοψηφία τους παίρνουν το ρόλο του δύτε σε περιπτώσεις που χρειάζεται αναγνώριση ο βυθός σε συνθήκες που αντίξοες για τον άνθρωπο πχ. Σε νερά με υψηλή τοξικότητα, επικίνδυνα ή σε σημεία δύσκολα προσβάσιμα.

Ένα κοινό χαρακτηριστικό που έχουν τα ROV που βρίσκονται σε χρήση είναι πως βασίζονται σε μια ένωση είτε με τον χειριστή τους είτε με το σταθμό βάσης τους μέσω ενός καλωδίου tether που έχει το ρόλο “ομφάλιου λώρου”. Είναι εκεί ώστε η μονόδρομη ή ακόμα και αμφίδρομη μεταφορά δεδομένων να γίνεται ενσύρματα για την αποφυγή ή τουλάχιστον μείωση των σφαλμάτων επικοινωνίας στο ελάχιστο. Έχει ακόμα δυο δευτερεύοντες αλλά σημαντικούς ρόλους. Ο πρώτος είναι, η μεταφορά ενέργειας από το σταθμό βάσης που βρίσκεται εκτός νερού στο σκάφος που χειρίζεται. Αυτό επιτρέπει τη χρήση πολλών διαφορετικών πηγών ενέργειας, από μπαταρίες έως γεννήτριες και λιγότερο εξαντλήσιμες πηγές. Ο δεύτερος είναι πως προσφέρει μια μηχανική διασύνδεση του σκάφους με ένα σταθερό σημείο, ώστε σε περίπτωση απώλειας επικοινωνίας, βλάβης ή απλά λήξης της αποστολής του να μπορεί να ανασυρθεί από το χρήστη γρήγορα και με ασφάλεια.

Λαμβάνοντας υπόψιν τη πεπατημένη , αποφασίσαμε να παρεκκλίνουμε και το ROV-Hydrobot της παρούσας διπλωματικής, να μην έχει φυσική ενσύρματη διασύνδεση με το σταθμό βάσης του, αλλά με μια σηματοδούρα-κεραία στην επιφάνεια να επιτυγχάνουμε ασύρματη επικοινωνία ανάμεσα σε χρήστη και σκάφος. Κάτι τέτοιο μπορεί να μην έχει ιδιαίτερα πλεονεκτήματα σε σχέση με το συμβατικό tethering, μας επιτρέπει όμως να πειραματιστούμε με τις ραδιοσυχνότητες και τις τεχνολογίες που τις αξιοποιούν και να δοκιμάσουμε κάτι αντισυμβατικό στον κόσμο των ROV.

Τέλος, το Hydrobot μας, θα μπορούσε κανείς να πει πως ανήκει στη συνομοταξία των ερευνητικών ROV καθώς πέρα από την κάμερά του είναι εξοπλισμένο και με αισθητήρες που "συλλέγουν" δεδομένα για το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται το σκάφος. Τα δεδομένα αυτά τηλεμετρίας τα αποστέλλει εν συνεχεία ασύρματα στο σταθμό βάσης ανά τακτά χρονικά διαστήματα, όπου καταγράφονται διαδοχικά σε ένα αρχείο data-log σε κάποια κάρτα SD άλλα εμφανίζονται και ταυτόχρονα με τη λήψη τους και σε μια LCD οθόνη για την ενημέρωση του χειριστή. Σε μια ξεχωριστή οθόνη έχουμε επίσης, ζωντανή μετάδοση εικόνας από την κάμερα που βρίσκεται στο εμπρόσθιο μέρος του hydrobot.

1.2 Οργάνωση του τόμου

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει οργανωθεί σε οκτώ κεφάλαια. Στο δεύτερο κεφάλαιο υπάρχει το σχετικό θεωρητικό υπόβαθρο σχετικά με την εργασία καθώς και κάποια ιστορικά στοιχεία. Επιπλέον δίνονται και κάποιες επιμέρους πληροφορίες για τις χρήσεις του αντικειμένου της εργασίας όπως και για τα επιμέρους ήδη μη επανδρωμένων υποβρύχιων σκαφών που συναντάμε. Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μια περιγραφή της λογικής πίσω από το σχεδιασμό μας, όπως και μια ανάλυση στα επιμέρους κομμάτια της κατασκευής και γίνεται μια αναλυτική περιγραφή των υλικών που αξιοποιήθηκαν τόσο στο σκάφος όσο και στο χειριστήριο. Στο 4ο κεφάλαιο ασχολούμαστε με τις τεχνολογίες και τα ασύρματα και ενσύρματα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιήσαμε και γίνεται μια παρουσίασή τους. Στο 5ο κεφάλαιο μελετάμε την ηλεκτρονική υποδομή και αρχιτεκτονική του συστήματός μας. Στο κεφάλαιο 6 φεύγουμε από το υλικό και περνάμε πλέον στο λογισμικό όπου γίνεται μία παρουσίαση του κώδικα που γράφτηκε για το μικροελεγκτή και η βηματική ανάλυσή του. Έπειτα, στο 7ο κεφάλαιο περνάμε στη διαδικασία της υλοποίησης, τις δυσκολίες και τις αποτυχίες της και βλέπουμε προσεκτικά τα στάδιά της. Τέλος στο 8ο Κεφάλαιο κάνουμε μια αξιολόγηση του έργου και ασχολούμαστε με τυχόν αναβαθμίσεις που θα μπορούσαν να γίνουν μελλοντικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Θεωρητικό υπόβαθρο

2.1 Ιστορία

Είναι σίγουρο πως από την εμφάνισή τους μέχρι και σήμερα, τα τελευταία 60-70 χρόνια τα υποβρύχια οχήματα απομακρυσμένου ελέγχου έχουν παίξει σημαντικό αλλά και αφανή ρόλο στην ανάπτυξη της βιομηχανίας της ενέργειας, της επιστημονικής έρευνας της εθνικής άμυνας των κρατών και όχι μονάχα. Παρόλο που δεν υπάρχει εμπειριστατωμένη καταγραφή των πρώιμων προσπαθειών ανάπτυξης ROVs, είναι κοινή παραδοχή πως το πρώτο που αναπτύχθηκε ήταν το CUTLET, το οποίο κατασκευάστηκε τη δεκαετία του 1950' από το Βασιλικό ναυτικό της Μ. Βρετανίας. Σκοπός του ήταν να συλλέγει υποβρύχιες νάρκες με ασφάλεια και χωρίς να ριψοκινδυνεύουν ανθρώπινες ζωές. Εκτέλεσε το σκοπό του και παρέμεινε λειτουργικό για 30 ακόμα περίπου χρόνια μέχρι τη δεκαετία του 1980.

Ακολούθησε το Αμερικανικό Ναυτικό με τη δημιουργία του CURV(Cable Controlled Underwater Vehicle) και των μετεξελίξεων του CURV II και CURV III. Ήταν ROV εργασίας και η σημαντικότερη αποστολή του ήταν ασφαλής ανάσυρση μιας ατομικής βόμβας υδρογόνου το 1966, που είχε βυθιστεί στο βυθό της Μεσογείου μαζί με το αεροσκάφος που τη μετέφερε και συγκεκριμένα στα 870m. Στην τρίτη του μορφή, ως CURV III κατάφερε να διασώσει το επανδρωμένο υποβρύχιο σκάφος PISCES 1973.

Ταυτόχρονα με τα εργατικά ROV του στρατού, υπήρξε και ιδιαίτερη δραστηριότητα ανάπτυξης τους και από πετρελαϊκές εταιρίες οι οποίες είναι αυτές που έχουν αξιοποιήσει τα ROV περισσότερο από κάθε άλλο φορέα μέχρι και σήμερα. Το πρώτο καταγεγραμμένο ονομάστηκε MOBOT και ήταν ένα τροποποιημένο επίγειο όχημα απομακρυσμένου ελέγχου που μετατράπηκε σε υποβρύχιο το 1962.

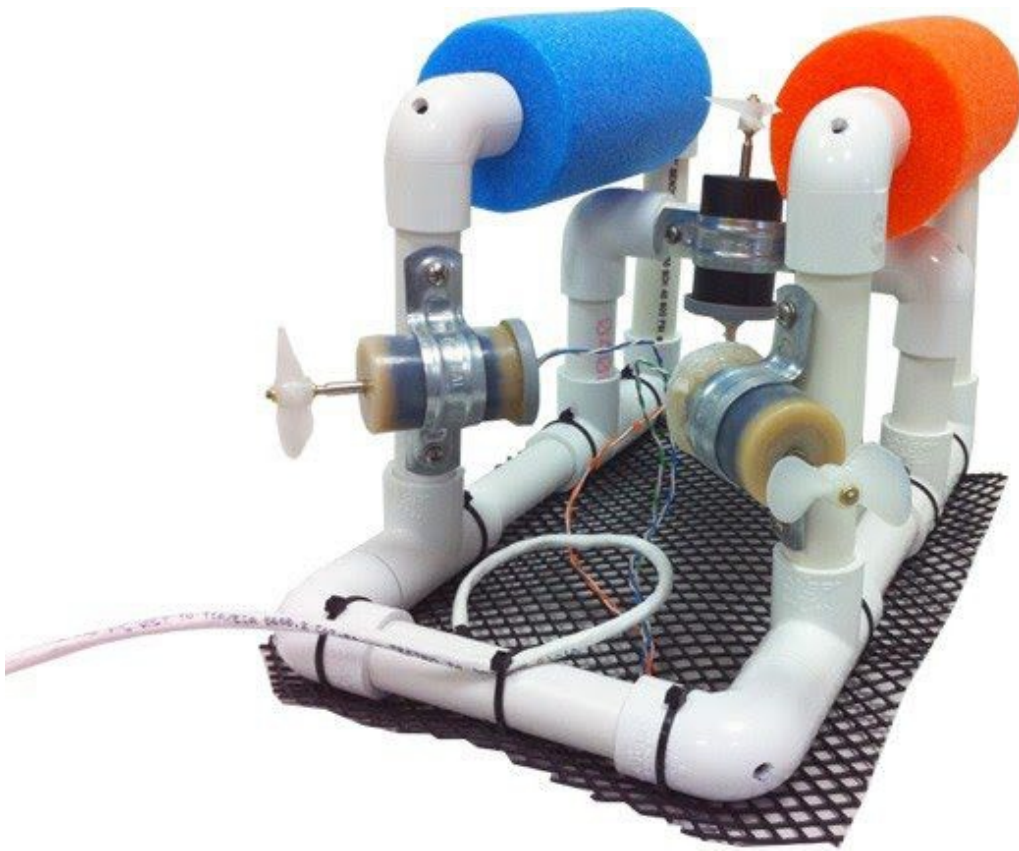
Η βιομηχανία εκμετάλλευσης φυσικών ορυκτών πόρων έριξε τόσο μεγάλο βάρος στην ανάπτυξη των ROV που είχε ως αποτέλεσμα το 1984 σε ένα συνέδριο στο San Diego των ΗΠΑ να παρουσιαστούν πάνω από 400 νέα μοντέλα από διάφορες κατασκευαστικές εταιρίες. Αξιοσημείωτο είναι επίσης να αναφέρουμε πως η έρευνα και ανάπτυξη για τα σκάφη αποτέλεσε ισχυρό κίνητρο στην ανάπτυξη νέων ή και ήδη υπαρχόντων τεχνολογιών όπως αυτές της στερεοσκοπικής όρασης των ακουστικών σόναρ, του ενσύρματου tethering και μια γενικότερη άνθιση στην ενασχόληση εταιριών με τη ρομποτική και τον αυτοματισμό.

Παρακάτω σημειώνονται μερικά ακόμα μοντέλα που άφησαν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο το στίγμα τους. Το Tiburon που ήταν από τα πρώτα ερευνητικά υποβρύχια σκάφη που ήταν σχεδιασμένο ώστε να μπορεί να βυθίζεται σε βάθος 4000m και τροφοδοτούταν από τριφασικό ρεύμα τάσεως 1600V και συχνότητας 400Hz μέσω ενός καλωδίου διαμέτρου 17.3mm με ατσάλινους αγωγούς. Το Victor 6000 που ζύγιζε τέσσερις τόνους είχε σχεδιαστεί να αντέχει σε 6000m βάθος και συνδεόταν με τους χειριστές του μέσω ενός καλωδίου οπτικών ινών μήκους 8000m. Οι αποστολές του ήταν ερευνητικές, ήταν φοβερά αργό με ταχύτητα μόλις 0.7m/s και αξιοποιήθηκε κυρίως σε πολικές θάλασσες.

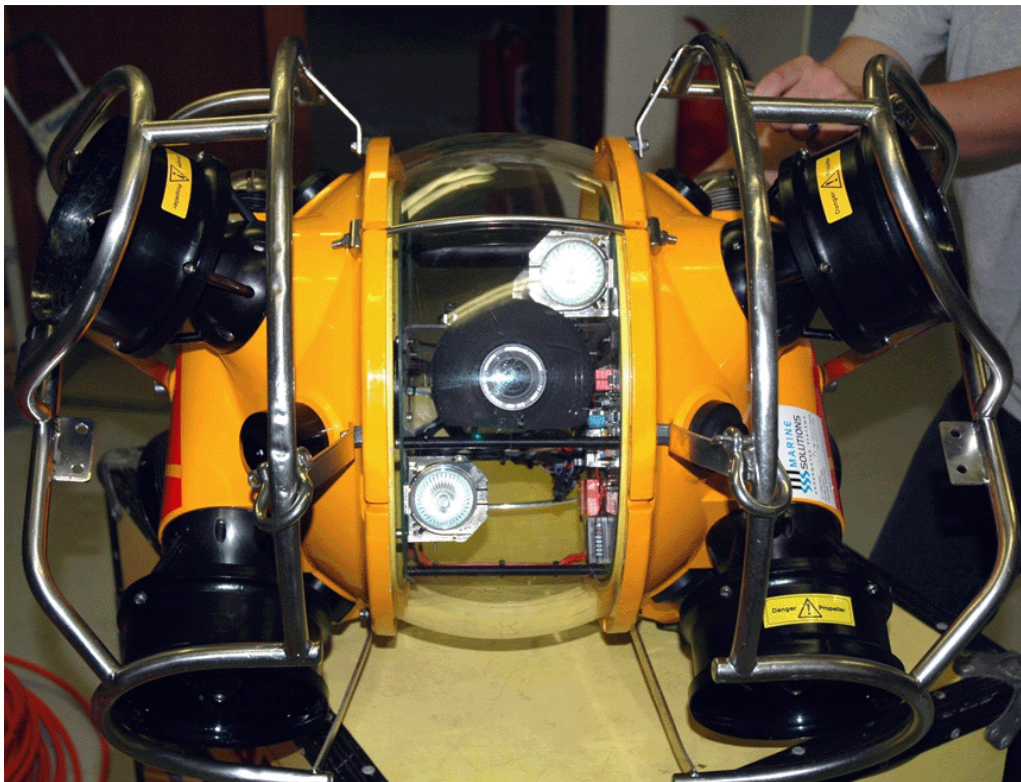
Το eyeball ROV είναι ένα μικρό και σφαιρικό σκάφος με μια κάμερα που προσομοιώνει τη κίνηση του βολβού του ματιού καθώς είναι σε θέση να κινηθεί ανεξάρτητα από το κυρίως σώμα. Αναπτύχθηκε ώστε να γίνεται οπτικός έλεγχος σε πολύ στενά περάσματα ακόμα και σε σωληνώσεις και λοιπούς αγωγούς. Καταλαβαίνουμε λοιπόν πως, με τόσο διαφορετικά σκάφη και τιμές που ξεπερνάνε το μισό εκατομμύριο δολάρια κατά μέσο όρο για ROV βιομηχανικών ή στρατιωτικών προδιαγραφών, μιλάμε για μια εδραιωμένη και απαραίτητη βιομηχανία.



Το CUTLET. Θεωρείται το πρώτο ROV που κατασκευάστηκε ποτέ.



Η πιο διαδεδομένη εκδοχή του εκπαιδευτικού DIY Seaperch.



Μια από τις μορφές ενός eyeball ROV.

2.2 Χρήσεις στη σύγχρονη εποχή (Πολιτικές Χρήσεις, Στρατιωτικές Χρήσεις).

Ερχόμενοι στο σήμερα, έχουμε διακριτές κατηγορίες διαχωρισμένες ως προς τη χρήση τους. Τα ερευνητικής ή επιστημονικής κλάσης που σκοπό έχουν την εξερεύνηση και τη συλλογή είτε φυσικού υλικού είτε μετρήσεων του περιβάλλοντος τους, τα παραπάνω εμπεριέχουν σαν υποκατηγορία και τα εκπαιδευτικά σκάφη όπως για παράδειγμα το αμερικάνικο seaperch που αποτέλεσε έναυσμα να ασχοληθούμε με το δικό μας hydrobot.

Τα στρατιωτικής χρήσης που αναπτύσσονται αποκλειστικά από ή για το στρατό έχουν ειδικές προδιαγραφές και συνήθως είναι κατασκευασμένα με κύριους άξονες την έλλειψη πολυπλοκότητας, την εύκολη επισκευασιμότητα και το μεγάλο εύρος παραμετροποίησης.

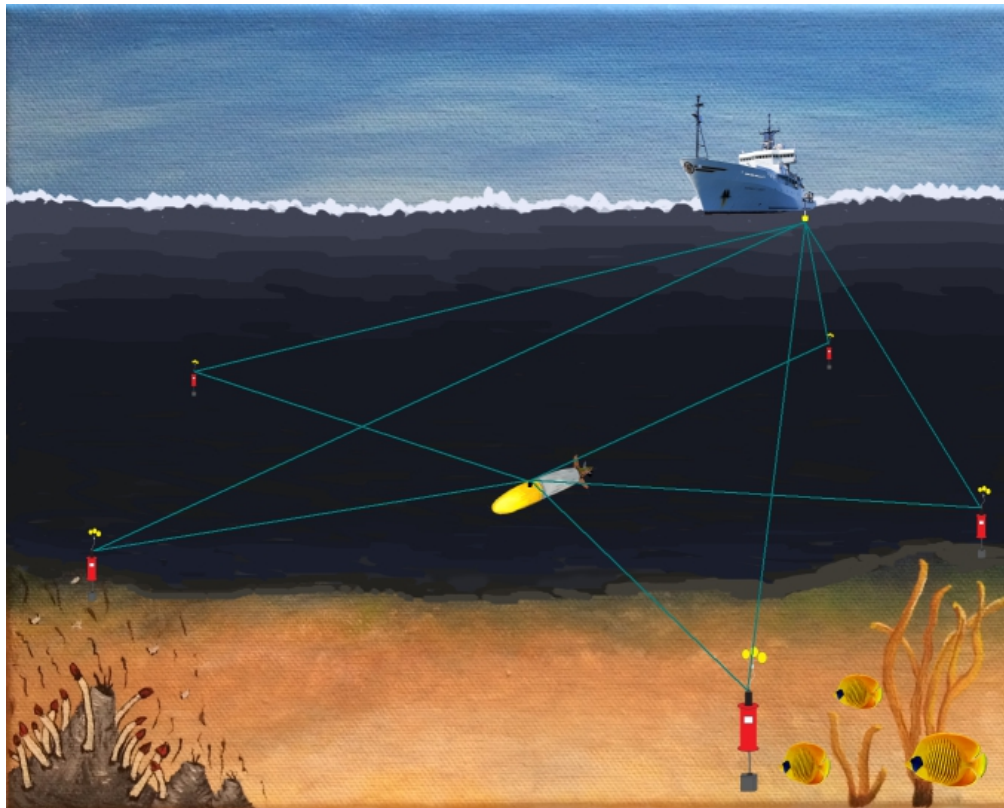
Τα εργατικής κλάσης που είναι συνήθως κατασκευασμένα με συγκεκριμένη μορφολογία, απομακρυσμένο κέντρο βάρους από το κέντρο πλευστότητας για αυξημένη σταθερότητα και γενικότερη έμφαση στη τεράστια αντοχή και την ακρίβεια κινήσεων και εκτέλεσης εργασιών.

Τέλος τα ειδικής χρήσης σκάφη που είναι κατασκευασμένα σύμφωνα με τις διαφορετικές ανάγκες του κοινού στο οποίο απευθύνονται και δεν εμπίπτουν στις παραπάνω κατηγορίες. Εδώ θα μπορούσαμε να εντάξουμε για παράδειγμα τα ROV που αποτελούν χόμπι ή και αυτά που έχουν κατασκευάσει ιδιώτες για προσωπική ευχαρίστηση.

2.3 ROV η AUV.

Μια αδελφή κατηγορία των ROUVs που θα λέγαμε πως συνυπάρχει και δεν τα ανταγωνίζεται, είναι τα AUV (Autonomous Underwater Vehicles). Η κύρια και σημαντικότερη διαφορά τους είναι πως λειτουργούν αυτόνομα όπως δηλώνει και η ονομασία τους. Χωρίς χειρισμό σε πραγματικό χρόνο και πολλές φορές χωρίς καμία επικοινωνία μέχρι το πέρας της αποστολής τους. Χρησιμοποιούνται κυρίως από τις ίδιες βιομηχανίες όπως και τα ROVs και οι κύριες εργασίες τους είναι η επόπτευση δεξαμενών, λιμνών ή άλλων μεγάλων υδάτινων σωμάτων, ο χημικός και όχι μόνο έλεγχος του νερού και η χαρτογράφηση του βυθού όταν πρόκειται για μεγάλες εκτάσεις. Οι αποστολές τους είναι προγραμματισμένες εκ των προτέρων και η πλοήγησή τους γίνεται αυτόματα είτε βρίσκοντας το στίγμα τους εξ' αναμετρήσεως (dead reckoning) βασιζόμενα στο σημείο που εισήλθαν στο νερό, σε σημεία που αναδύονται είτε σε σταθερά σημεία που ξέρουν τη θέση τους, όπως για παράδειγμα τα ύφαλα ενός σκάφους ή σε ένα πολύπλοκο αλλά ευφυές σύστημα LBL που βασίζεται σε ένα σύμπλεγμα προ-τοποθετημένων "ακουστικών φάρων". Πέρα από τυχόν αισθητήρες ή μηχανικά μέρη που διαφέρουν ανάλογα με την εκάστοτε αποστολή τους, είναι συνήθως εφοδιασμένα με επιταχυνσιόμετρα, μετρητές πίεσης, συστήματα ακουστικού εντοπισμού σόναρ, πυξίδες και μαγνητόμετρα που είναι απαραίτητα για την πλοήγησή τους. Τέλος, αυτονόητο θεωρούμε πως η πηγή ενέργειας τους βρίσκεται ενσωματωμένη στο σκάφος.

Αυτό συμβαίνει επειδή δεν υπάρχει κάποιος αξιόπιστος τρόπος ασύρματης μεταφοράς δεδομένων με επαρκές bandwidth κάτω από την επιφάνεια του νερού. Ο περιορισμός αυτός είναι αποτέλεσμα της κάκιστης αγωγιμότητας του νερού όσον αφορά τη μετάδοση των ραδιοκυμάτων.



Σχεδιάγραμμα ενός AUV με grid από beacons.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ανάλυση και σχεδίαση

3.1 Ανάλυση - περιγραφή αρχιτεκτονικής

Ο σχεδιασμός των hydrobots έχει έναν περιορισμένο αλλά επαρκή αριθμό προσεγγίσεων όσον αφορά την κατασκευή τους. Σχεδιαστικά κυμαίνονται από σφαιρικά ή όμοια με επανδρωμένα υποβρύχια, έως τετραγωνισμένα με εξωσκελετό, σε σχήμα τορπίλης ή και monopocoque σχεδιασμό. Το σχέδιο δεν είναι μόνο θέμα προτίμησης αλλά υπολογισμένης απόφασης σύμφωνα με τον σκοπό τους. Τα σκάφη ελεύθερου χρόνου είναι για παράδειγμα κατασκευασμένα με monopocoque σχεδιασμό είναι θεωρητικά είτε ανεπισκεύαστα ή πολύ δύσκολα επισκευάσιμα από τον χρήστη σε περίπτωση βλάβης. Τα εργατικά και τα στρατιωτικά έχουν συνήθως σχεδιασμό με εξωτερικό κλωβό είναι επαρκώς modular εύκολα επισκευάσιμα σε σχέση με άλλες κατηγορίες και χαρακτηρίζονται από το μεγάλο συνήθως βάρος τους και τη δυνατότητά τους να εκτελούν κινήσεις ακριβείας, θυσιάζοντας όμως ταχύτητα και υδροδυναμικό σχεδιασμό. Τα Hydrobot που προορίζονται για αναγνώριση ή χαρτογράφηση είναι συνήθως ταχύτερα με σαφώς μικρότερη οπισθέλκουσα και λιγότερο ενεργοβόρα από τα εργατικής κλάσης.

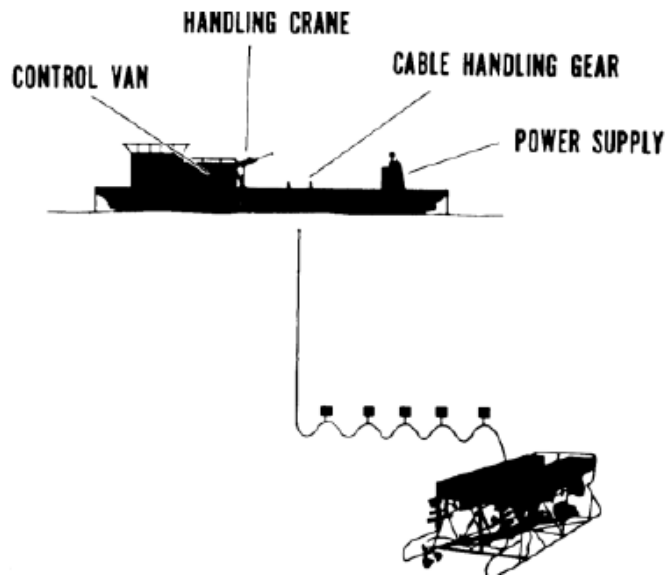
Ανάλογα το σχεδιασμό τους και τις ανάγκες του χρήστη, φέρουν από 1 έως και 6+ μοτέρ, για προώθηση και έλεγχο της θέσης τους σε τρεις άξονες. Ένα κυρίως στεγανό σώμα είναι υπεύθυνο να στεγάζει τα ηλεκτρονικά τα οποία βρίσκονται είτε σε αέρα είτε βυθισμένα σε μη αγωγίμα έλαια, ώστε να επιτυγχάνεται με ευκολότερο τρόπο η στεγανότητα. Εξτρά μπορούν να φέρουν επιπλέον θήκες για κάμερες, φώτα και αισθητήρες. Βασικό σημείο επίσης είναι τα δοχεία/δεξαμενές που χρειαζόμαστε για να επιτύχουμε το βαθμό άνωσης ή βύθισης που επιθυμούμε όπως και την ισορροπία του σκάφους με μηχανικά μέσα. Τα δοχεία αυτά περιέχουν σταθερό ή μεταβλητό βάρος και η τοποθέτησή τους σε σχέση με το γενικότερο κέντρο βάρους επηρεάζει άμεσα και δραματικά τη σταθερότητα και την απόκριση του υποβρυχίου.

Όσον αφορά το σταθμό επιφάνειας, δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη σχεδιαστική νόρμα, καθώς δεν διέπεται από τους περιορισμούς του σκάφους. Χρειαζόμαστε απλά έναν τρόπο ελέγχου και τα απαραίτητα συστήματα εισόδου-εξόδου για να επιτυγχάνεται η διεπαφή στον επιθυμητό βαθμό.

Στη δική μας περίπτωση έπειτα από μελέτη παρόμοιων προσπαθειών καταλήξαμε πως ένα hydrobot με εξωτερικό κλωβό/σκελετό που προστατεύει το κυρίως σώμα με τα ηλεκτρονικά, τους αισθητήρες, την κάμερα και αποτελεί κύριο σημείο στερέωσης των μοτέρ ήταν η καταλληλότερη λύση καθώς ήταν εύκολα σχετικά υλοποιήσιμη, μας δίνει τη δυνατότητα πειραματισμού και επαρκή ελαστικότητα σε μελλοντικές παραμετροποιήσεις.

Αξιοποιήσαμε τέσσερα ηλεκτρικά μοτέρ σε δύο ζεύγη διαφορετικών προδιαγραφών. Δύο για προώθηση και κατεύθυνση και δύο λιγότερο ισχυρά για άνωση και βύθιση.

Στον κλωβό εμπεριέχεται το κυρίως σώμα, ένα κυλινδρικό δοχείο με τους αισθητήρες που επιλέξαμε ώστε να εκτελεί κάποιον ερευνητικό σκοπό το σκάφος, μια θήκη που φιλοξενεί την κάμερα καθώς και δύο κυλινδρικά δοχεία για τη μηχανική επίτευξή της ισορροπίας. Το σκάφος συνδέεται μέσω ενός καλωδίου με μια σηματοδότη στην επιφάνεια που φιλοξενεί τα απαραίτητα ηλεκτρονικά για την αναμετάδοση της εικόνας.



Τυπική διάταξη ROV και σταθμού.

3.1.1 Διαχωρισμός και περιγραφή υποσυστημάτων

Κλωβός hydrobot.

Πρόκειται από έναν κλωβό κατασκευασμένο από Αλουμίνιο που έχει δομικό και προστατευτικό ρόλο στην κατασκευή.

Σύστημα Μοτέρ.

Υπάρχουν τέσσερα συνολικά μοτέρ δυο ισχυρότερα που είναι υπεύθυνα για την προώθηση και αλλαγή κατεύθυνσης στους δύο οριζόντιους άξονες του hydrobot και δύο μικρότερης ισχύος που αναλαμβάνουν τη βύθιση και την ανύψωσή του από το σημείο ουδέτερης άνωσης. Τα ζεύγη είναι τοποθετημένα σύμφωνα με το κάθετο και οριζόντιο κέντρο βάρους σε αντιστοιχία.

Κυρίως σώμα.

Το κυρίως σώμα έχει σχήμα κυλινδρικό, είναι συναρμολογημένο από ανθεκτικό πλαστικό και υπάρχει ώστε να φιλοξενεί το ηλεκτρονικό κομμάτι του hydrobot όπως και τη μπαταρία που χρησιμοποιούμε για τροφοδότηση του συστήματος.

Κάμερα.

Η κάμερα του σκάφους βρίσκεται μέσα σε μια υδατοστεγή μεταλλική θήκη από μέταλλο και γυαλί, ειδικά μεταποιημένη για τις ανάγκες της κατασκευής.

Θήκη αισθητήρων.

Για τη θήκη, έχουμε αξιοποιήσει ένα ακόμα μικρότερο δοχείο κατασκευασμένο από πλαστικό. Εμπεριέχει την πλακέτα με τους αισθητήρες που τοποθετήσαμε για να παίρνουν τις μετρήσεις που χρησιμοποιούμε για τη τηλεμετρία μας.

Δεξαμενές πλευστότητας.

Το τελευταίο στοιχείο που βρίσκεται υπό την επιφάνεια του νερού είναι οι δεξαμενές πλευστότητας. Είναι εγκατεστημένες στο χαμηλότερο σημείο του ROV από το κέντρο βάρους και είναι γεμάτες με νερό και μια ποσότητα σφαιριδίων που προσφέρουν επιπλέον βάρος ώστε να μπορούμε να ρυθμίζουμε πειραματικά το βάρος που χρειάζεται για την ισορροπία του hydrobot μέσα στο νερό, ανάλογα με τις ιδιότητές του.

Σημαδούρα

Η σημαδούρα είναι το τελευταίο κομμάτι της κατασκευής και εμπεριέχει τους πομποδέκτες για την επικοινωνία σκάφους - χειριστή. Συνδέεται με το σκάφος με τα απαραίτητα καλώδια για τη μεταφορά ενέργειας και δεδομένων.

Χειριστήριο.

Το χειριστήριο ή σταθμός βάσης είναι σε μορφή μικρής βαλίτσας. Περιέχει και αυτό τους αντίστοιχους πομποδέκτες που είναι απαραίτητοι για την επικοινωνία, τα ηλεκτρονικά που είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο του σκάφους και τη καταγραφή των δεδομένων τηλεμετρίας, όπως και δυο οθόνες για εικόνα και δεδομένα.

3.2 Κατάλογος Υλικών

Ο παρόν κατάλογος είναι μια απλή καταγραφή όλων των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Παρακάτω γίνεται εκτενέστερη ανάλυσή τους όπως και ανάλυση των χρήσεών τους.

Υλικά	Ποσότητα
Arduino Nano	2
NRF24 simple	1
NRF24 high powered	1
H-Bridge modules L298N	2
DC-motors	4(2 ζεύγη)
Προπέλες	4(2 ζευγη)
LDR	1
NXP pressure sensor	1
NTC ή PTC temp sensor	1
CCTV color camera	1
SD slot and breakout board	1
LCD color 5" touch screen	1
LCD 20*8	1
I2C for LCD	1
Potentiometer 10K	1
Resistors 10K	1

Chassis power jack	2
Male power jack	1
Chassis RCA jack	1
4-way Joystick with microswitches	1
78xx family regulators	4 (2 ζεύγη)
Coaxial low loss	2m
Battery lead acid 12V	1
AV transmitter / AV Receiver	1 ζευγος
Aluminum rods	4m
Aluminum housing	1
PVC cylinder	3
ABS cylinder	1

3.3.1 Ανάλυση Υλικών Σκάφους

Στο παρόν υπο-κεφάλαιο θα αναλύσουμε τις χρήσεις και τον τρόπο λειτουργίας των σημαντικότερων ηλεκτρονικών και ηλεκτρομηχανικών εξαρτημάτων.

Hydrobot/ROV

Arduino Nano

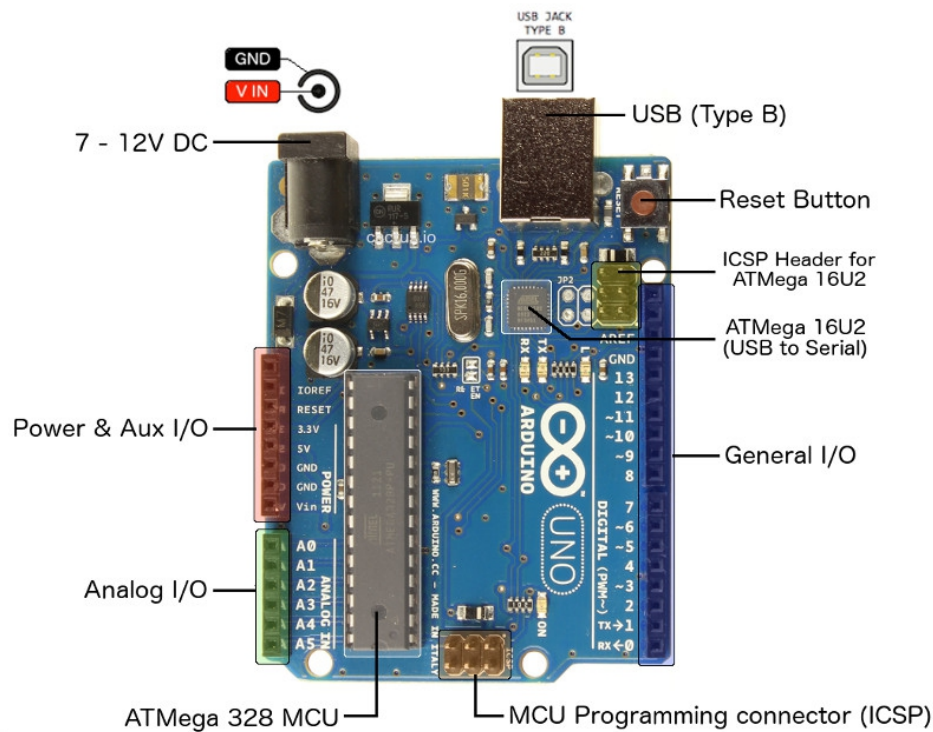
Με την ονομασία Arduino αναφερόμαστε στην αναπτυξιακή πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που δημιούργησαν οι Massimo Banzi και David Cuartielles. Σε ένα γενικό πλαίσιο αποτελείται από ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα χτισμένο γύρω από κάποιον μικροεπεξεργαστή καθώς και ένα IDE (αναπτυξιακό περιβάλλον) που απλοποιεί τη διεπαφή μας με τον μικροεπεξεργαστή. Προγραμματίζεται σε επίπεδο χρήστη με μία ψευδογλώσσα που είναι βασισμένη στη C++ και κατ' επέκταση της μοιάζει πολύ. Δημιουργήθηκε σα λύση για το πρόβλημα των δύσκολων και ακριβών πλατφορμών που υπήρχαν έως τότε. Μέχρι σήμερα έχει διαμορφωθεί, έχει μετεξελιχθεί και έχει εμφανιστεί σε πολλές παραλλαγές ώστε να ικανοποιήσει τις ανάγκες των χρηστών.

Στην πλειοψηφία τους είναι βασισμένα στην οικογένεια μικροεπεξεργαστών ATmega της Microchip κυρίως λόγω χαμηλού κόστους σε σχέση με τις δυνατότητές τους, μεγάλης διαθεσιμότητας και ευκολίας στην πρόσβαση τους. Ο πιο διαδεδομένος μικροεπεξεργαστής είναι ο ATmega328 λόγω της χρήσης του στις πιο δημοφιλείς πλακέτες Arduino.

Η πλακέτα μας είναι στην ουσία ένα breakout board ενός μικροεπεξεργαστή έτσι ώστε να έχει ο χρήστης εύκολη πρόσβαση στα I/O pins του συν τα υποστηρικτικά κυκλώματα που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία του, τη σύνδεση με τον προγραμματιστή (συνήθως μέσω serial USB ή ICSP).

Ας δούμε λίγο αναλυτικότερα την ανατομία του Arduino UNO που είναι και η δημοφιλέστερη αναπτυξιακή πλατφόρμα.

Arduino Uno Rev 3



1. Κύκλωμα τροφοδοσίας.

Το κύκλωμα είναι βασισμένο σε ένα γραμμικό regulator με ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές εξομάλυνσης στην είσοδο και την έξοδο της τροφοδοσίας καθώς και μια διόδο για προστασία από την ανάποδη πολικότητα. Είναι υπεύθυνο να μετατρέπει τα volt εισόδου σε 5V για την τροφοδοσία του μικροεπεξεργαστή και σε 3.3V για την τροφοδοσία εξαρτημάτων που το απαιτούν.

2. Η Πρώτη σειρά I/O θυρών και pins τροφοδοσίας.

Έχουμε κατά σειρά:

RESET pin που επανεκκινεί τον M/ε μας μόλις γειωθεί στιγμιαία

3.3V-5V- GND pins τα οποία μας προσφέρουν τις ομώνυμες τάσεις και γείωση.

Vin pin που μας δίνει εναλλακτικό τρόπο τροφοδοσίας της πλακέτας.

3. Δεύτερη σειρά I/O θυρών.

Έξι συνολικά θύρες που είναι ικανές να "διαβάσουν" ή να "γράψουν" αναλογικές τάσεις από 0V έως και 5V. Μπορούν να παίξουν διττό ρόλο αναλογικών και ψηφιακών I/O θυρών.

4. Ο μικροεπεξεργαστής.

Στην περίπτωση του Arduino UNO πρόκειται για έναν 8-bit επεξεργαστή ATmega328P κατασκευασμένο από την ATMEL. Είναι βασισμένος σε αρχιτεκτονική RISC και είναι ικανός για 20 MIPS(εκατομμύρια οδηγίες ανά δευτερόλεπτο) όταν είναι χρονισμένος στα 20MHz που είναι και η μέγιστη ταχύτητά του. Να σημειώσουμε πως κατασκευαστικά έχει εσωτερικό κρύσταλλο που τον οδηγεί στα 8MHz αλλά είθισται να οδηγούμε τον M/ε στα 16MHz που είναι ένας ικανοποιητικός συμβιβασμός . Έχει μνήμη Flash μεγέθους 32kb, και μνήμη SRAM της τάξεως των 2kb. Παράγεται σε πακέτο ολοκληρωμένων τύπου PDIP, MLF και TQFP με τα δυο πρώτα να αξιοποιούνται στις αναπτυξιακές πλακέτες arduino. Τέλος από τα 28 συνολικά pins του ολοκληρωμένου πακέτου, τα 23 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν είσοδοι - έξοδοι (I/O pins).

Διπλά στον μικροεπεξεργαστή μπορούμε να διακρίνουμε και και τα pins για προγραμματισμό με χρήση ICSP μεθόδου.

5.Κύκλωμα USB - UART(universal asynchronous receiver/transmitter).

Είναι το κομμάτι που αναλαμβάνει την επικοινωνία του Arduino με τον υπολογιστή μας μέσω USB. Το ρόλο αυτό μπορεί να τον παίζει ένα FTDI ολοκληρωμένο, κάποιος κλώνος του, ή ακόμα και ένας δεύτερος μικροεπεξεργαστής, συνήθως ο ATmega16u2. Στην τελευταία περίπτωση προσφέρεται ακόμα ένα σετ pins για ICSP προγραμματισμό του δεύτερου microcontroller.

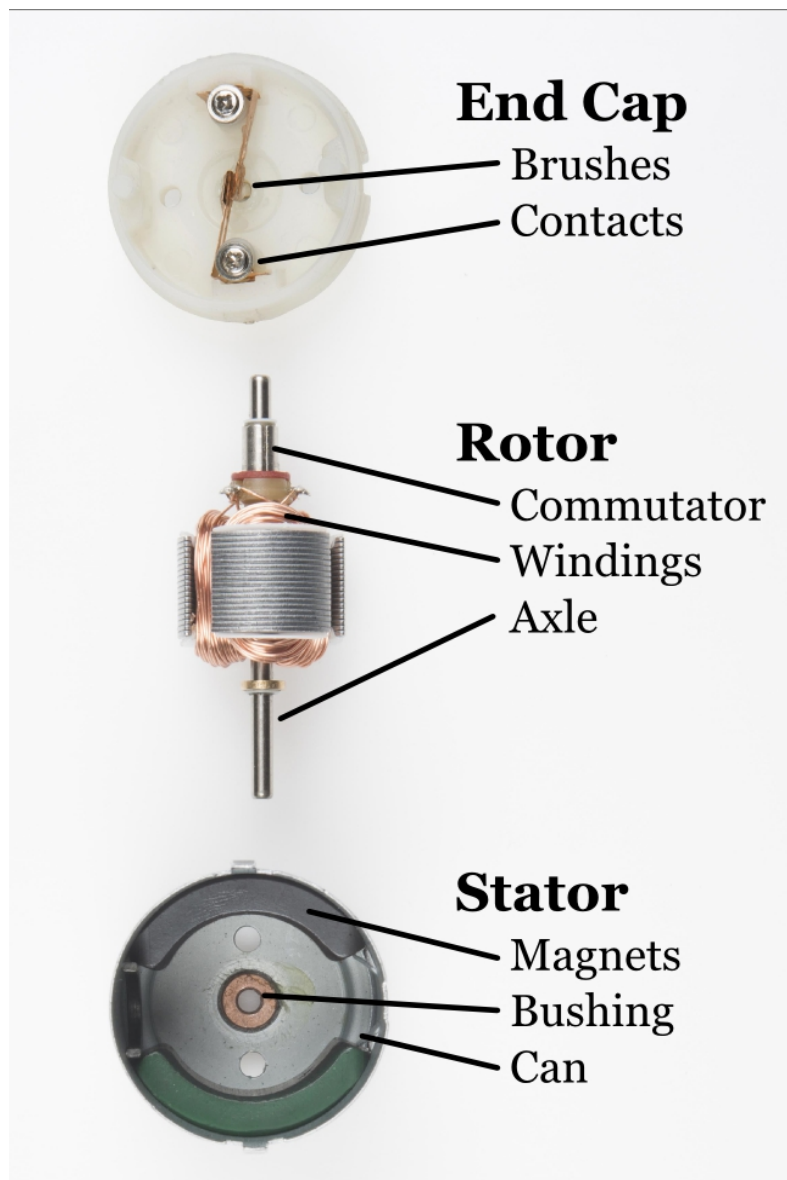
6. Η τελευταία σειρά με pins εισόδου/εξόδου.

Πρόκειται για τα ψηφιακά I/Os που μπορούν να λειτουργήσουν μόνο με λογική 0 και 1. Κάποια από αυτά, που είναι μαρκαρισμένα με το σύμβολο "~" είναι ικανά να παράξουν pwm παλμό.

Στη δική μας υλοποίηση χρησιμοποιήσαμε Arduino Nano αντί για UNO, λόγω μικρότερου form factor. Τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες είναι κοινές ανάμεσα στις δύο πλακέτες.

DC-Motors

Στην κατασκευή μας αξιοποιούμε 4 συνολικά μοτέρ συνεχούς ρεύματος. Είναι ηλεκτροκινητήρες που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε κινητική. Στη μορφή που χρησιμοποιούμε εμείς, έχουμε 2 μαγνήτες πακτωμένους στο εσωτερικό του κελύφους με ανάποδη πολικότητα μεταξύ τους και έναν άξονα με ένα δαχτυλίδι συλλέκτη που συνδέεται με δύο τυλίγματα στο δρομέα και που έρχεται σε μόνιμη επαφή με δύο φύκτρες (καρβουνάκια). Ελέγχοντας την τάση, ελέγχουμε και την ταχύτητα περιστροφής του άξονα και αλλάζοντας την πολικότητα, αλλάζουμε τη φορά περιστροφής. Τα μοτέρ που διαλέξαμε έχουν ονομαστική τάση λειτουργίας τα 12V αλλά είναι πολύ ελαστικά στις ανοχές τους.



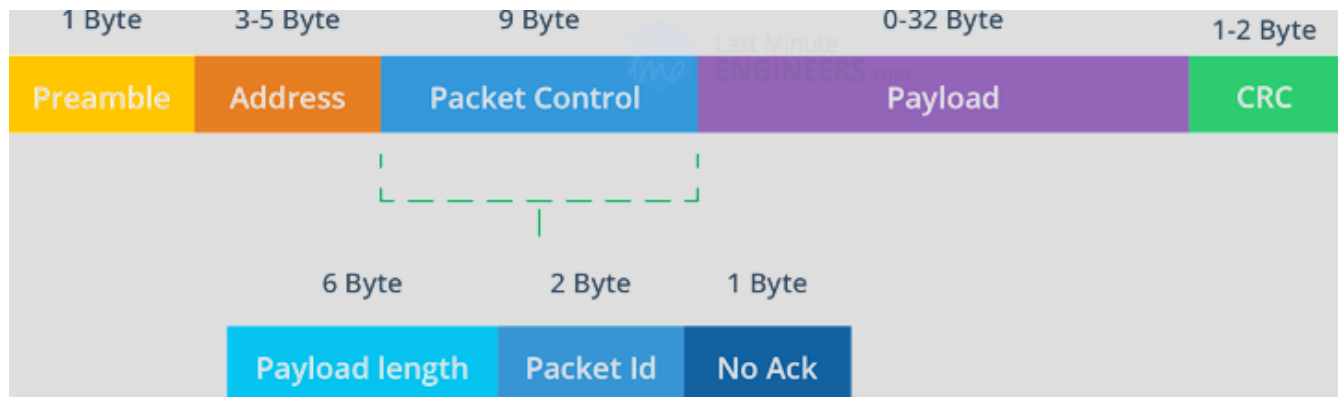
Ανατομία ενός απλού DC-motor.

NRF tranceiver modules

Στην υλοποίησή μας, χρησιμοποιήσαμε δύο modules πομποδέκτες που είναι βασισμένα στο ολοκληρωμένο nRF24L01. Επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω GFSK διαμορφωμένων πακέτων στη συχνότητα των 2.4GHz. Χρησιμοποιούν μια εσωτερική μηχανή της Nordik που είναι και η κατασκευάστρια, την ShockBurst. Τα nRF24L01 χρησιμοποιούν κάποιο κανάλι από 2400 MHz έως 2525 MHz με βήμα 1MHz, συνολικά δηλαδή έχουμε 125 διαθέσιμα κανάλια και για να επικοινωνήσουν 2 NRF πρέπει να εκπέμπουν στο ίδιο κανάλι. Αν χρειαστεί να χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερο data rate στα 2Mbps, τα βήματα θα πρέπει να είναι της τάξεως των 2MHz τουλάχιστον για να αποφύγουμε το crosstalk σε γειτονικές συχνότητες.

Μας προσφέρει επίσης τη δυνατότητα σύνδεσης έξι διαφορετικών NRFmodules σε ένα, μέσω έξι λογικά χωρισμένων διαύλων(pipes) ανά κανάλι. Φτιάχνοντας έτσι ένα δίκτυο με διακριτά nodes.

Παρακάτω διακρίνουμε τη δομή ενός πακέτου έτσι όπως δημιουργείται από τη μηχανή της Nordik.



Έχουμε αρχικά ένα πρόθεμα μεγέθους 1byte, Έπειτα τη διεύθυνση αποστολής με μέγεθος τουλάχιστον 3byte και έως 5byte. Το επόμενο ονομάζεται PCF ή Packet Control Field και πρόκειται για πρόσφατη προσθήκη στη δομή του πακέτου. Το PCF περιέχει πληροφορίες για το μέγεθος του payload μας καθιστώντας το έτσι δυναμικό, αναθέτει επίσης ένα ID στο πακέτο για αποφυγή διπλότυπων και εντοπισμό σφαλμάτων και τέλος μας δίνει πλέον την επιλογή να ζητάμε ACK (acknowledgement), επιβεβαίωση δηλαδή από το δέκτη για τη λήψη του πακέτου κάτι που στο προηγούμενο πρότυπο δομής ήταν αυτόματο.

Το πακέτο ACK είναι μια εξαιρετικά χρήσιμη λειτουργία η οποία μας δίνει τη δυνατότητα να εισάγουμε δεδομένα στο payload του πακέτου επιβεβαίωσης τα οποία λαμβάνει ο πομπός χωρίς να χρειαστεί να σταματήσει τη διαδικασία αποστολής, όπως κανονικά θα συνέβαινε σε μια τυπική αμφίδρομη σύνδεση δύο NRF24L01. Τα δεδομένα αυτά είναι διαθέσιμα μόνο για ανάγνωση από τον πομπό και πρέπει να είναι pre-injected στο payload από το δέκτη, κάτι που σημαίνει πως δε μπορούμε για παράδειγμα να αποστείλουμε δεδομένα και να τα παραλάβουμε επεξεργασμένα στο ACK payload. Η λειτουργία αυτή δυστυχώς είναι ελλιπέστατα βιβλιογραφημένη λόγω των ελάχιστων χρηστών που την αξιοποιούν όπως και λόγω των ελλείψεων στις NRF βιβλιοθήκες του Arduino. Ο μόνος λόγος να την απενεργοποιήσουμε είναι η περίπτωση που ζητάμε το μέγιστο δυνατό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, χωρίς να μας ενδιαφέρει ο έλεγχος σφαλμάτων. Επόμενο κατά σειρά κομμάτι στη δομή του πακέτου, είναι το payload τα δεδομένα δηλαδή που θέλουμε να επικοινωνήσουμε. Το payload έχει πλέον δυναμικό μέγεθος από 0byte έως 32byte, ενώ στη προηγούμενη δομή είχε στατικό μέγεθος 32byte.

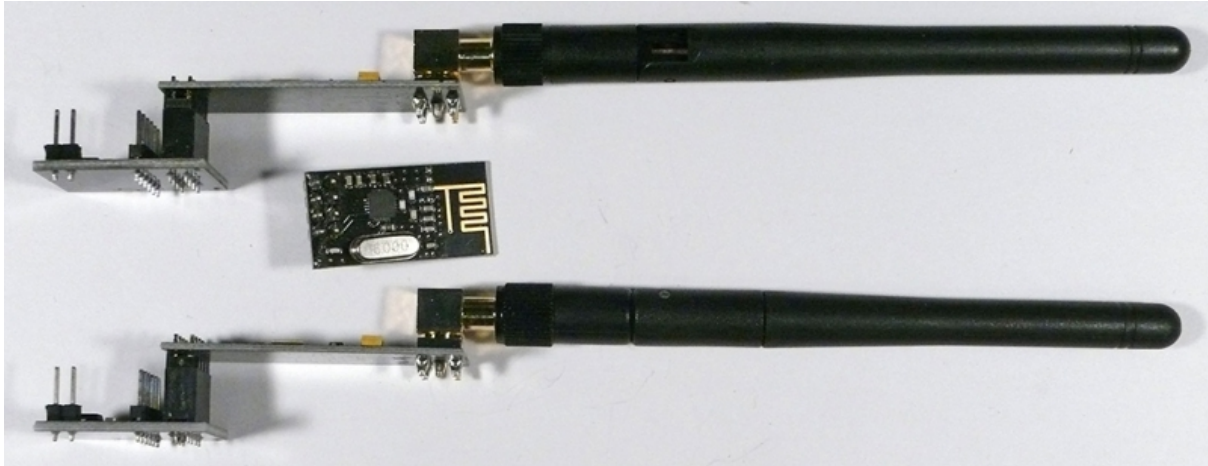
Το τελευταίο κομμάτι της δομής του πακέτου περιέχει πληροφορίες του για το CRC πολυώνυμο που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ακεραιότητας των δεδομένων.

Σε μια επιτυχημένη λοιπόν μετάδοση δεδομένων γίνονται τα εξής βήματα:

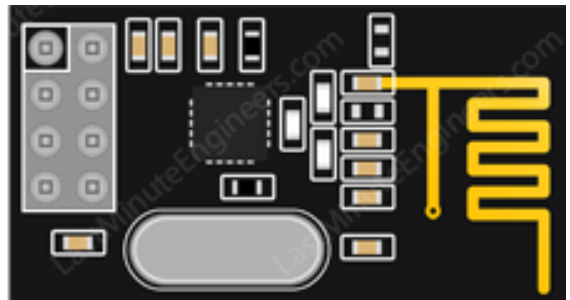
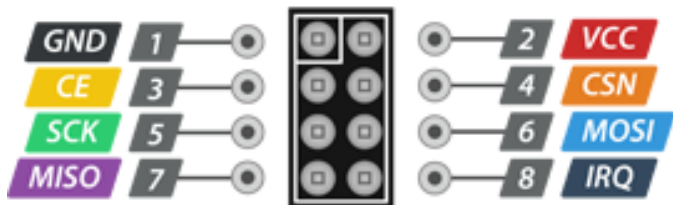
- Σχηματίζεται το πακέτο σύμφωνα με τα δεδομένα μας.
- Ο πομπός αποστέλλει το πακέτο και εισέρχεται σε κατάσταση αναμονής για 130μs.
- Ο δέκτης λαμβάνει το πακέτο και με τη σειρά του απαντάει στον πομπό στέλνοντας το ACK πακέτο.
- Ο πομπός λαμβάνει το ACK πακέτο και συνεχίζει με την αποστολή των επόμενων.

Σε περίπτωση που ο πομπός δε λάβει απάντηση στο προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, αποστέλλει ξανά το πακέτο. Τον αριθμό επαναπροσπαθειών όπως και το χρόνο αναμονής του πομπού μπορούμε να τον παραμετροποιήσουμε εμείς σα χρήστες μέσω του κώδικα. Μια ακόμα περίπτωση είναι να λάβει ο δέκτης το πακέτο αλλά το ACK πακέτο να μη φτάσει έγκαιρα στον πομπό. Σε αυτή την περίπτωση, ο δέκτης μόλις πάρει για δεύτερη φορά το πακέτο, το απορρίπτει μετά από έλεγχο του ID καθώς το έχει ήδη λάβει και στέλνει ξανά το ACK package.

Εμείς, χρησιμοποιήσαμε μια ακόμη μορφή του module που μπορεί να επιτύχει μετάδοση σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Οι κύριες διαφορές με το απλό module είναι πως έχει ενσωματωμένο βύσμα SMA για εξωτερική κεραία αντί για τυπωμένη καθώς και έναν ενισχυτή σήματος PA/LNA ανάμεσα στο ολοκληρωμένο nRF24L01 και την κεραία.



Στο παρακάτω γραφίστικο μπορούμε να δούμε τη δομή ενός NRF module.

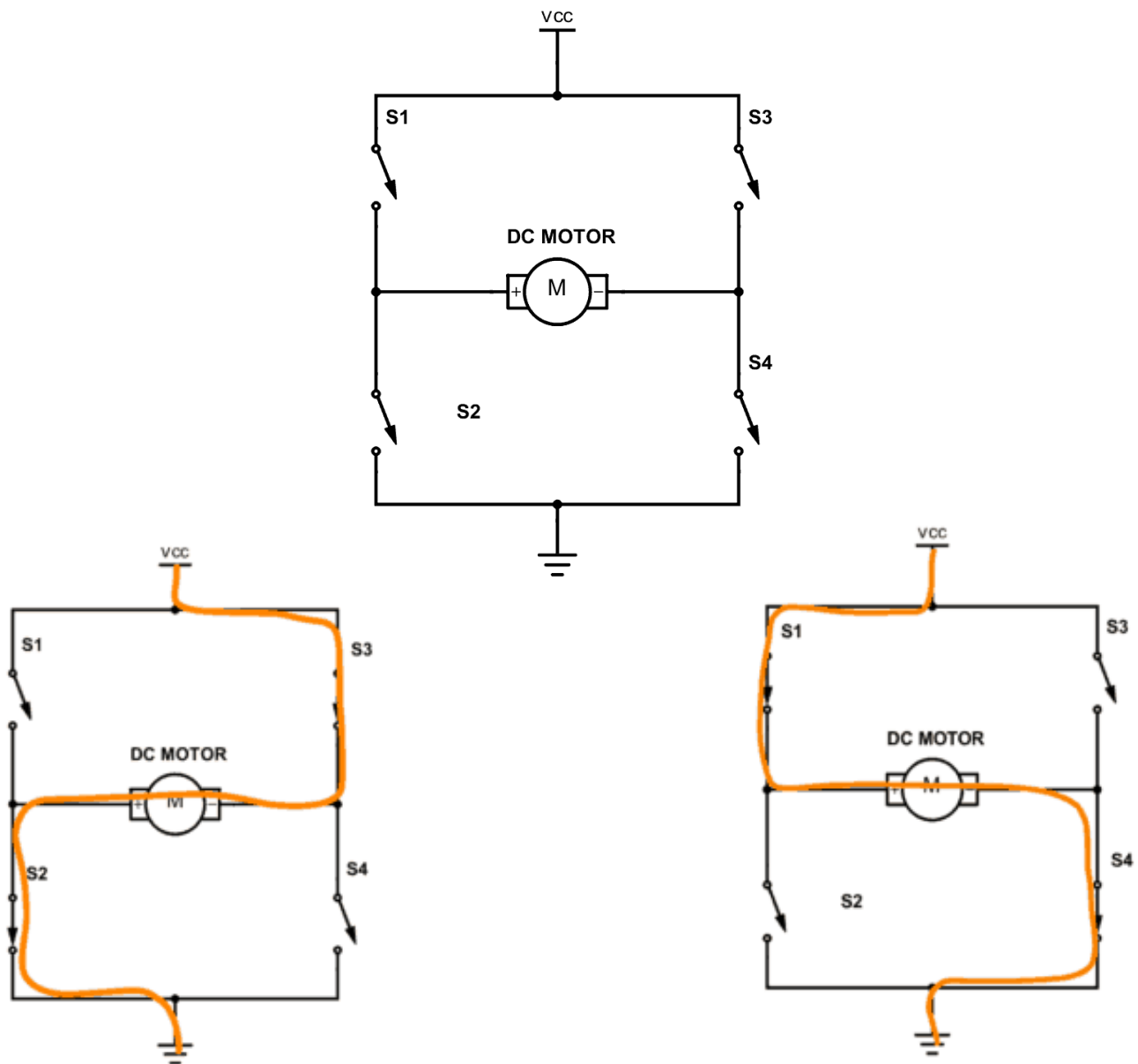


nRF24L01+ Pinout

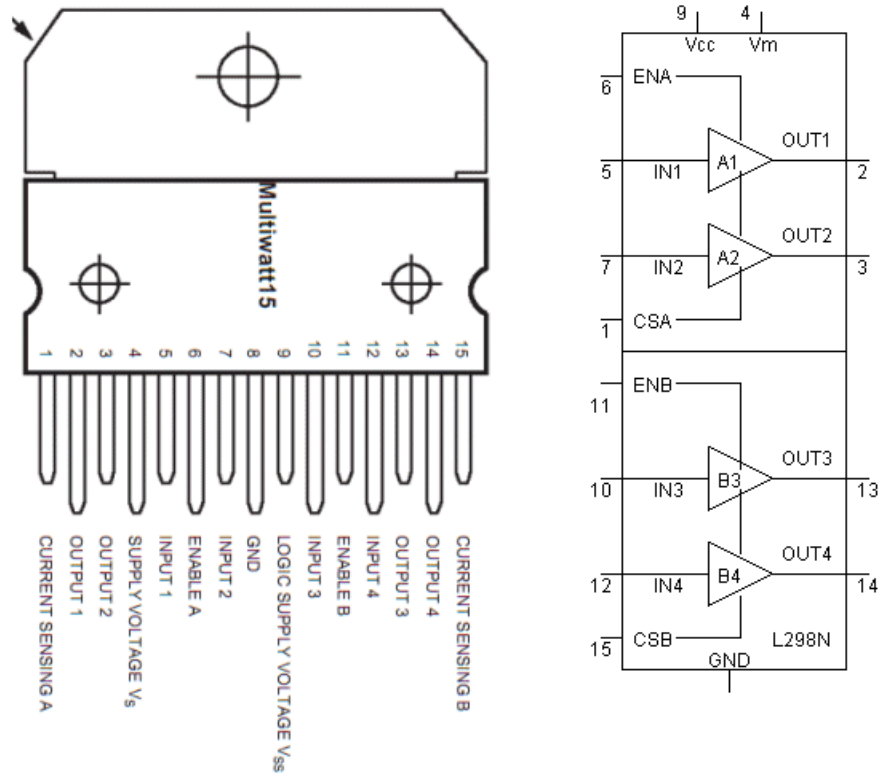
Στο αριστερό κομμάτι βλέπουμε τα pins για ICSP συνδεσιμότητα με τον μικροελεγκτή μας, στο κέντρο βρίσκεται το nrf24l01 ολοκληρωμένο περιστοιχισμένο από τα παθητικά εξαρτήματα που χρειάζεται για τη λειτουργία του και έναν εξωτερικό ταλαντωτή συχνότητας 16MHz. Στο δεξιό κομμάτι φαίνεται καθαρά η διπολική κεραία που είναι τυπωμένη στο χαλκό της πλακέτας. Τα pins του module με εξαίρεση αυτά της τροφοδοσίας είναι ανθεκτικά σε τάση έως 5V. Η ονομαστική τάση τροφοδοσίας του ολοκληρωμένου είναι τα 3.3V.

H-bridge βασισμένα στο L298N

Με τον όρο H-bridge αναφερόμαστε σε ένα συγκεκριμένο τύπο κυκλώματος που μας δίνει τη δυνατότητα να ελέγχουμε την πολικότητα του ρεύματος που καταλήγει σε μια έξοδο, ελέγχοντας τέσσερις συνολικά διακόπτες που ανοιγοκλείνουν ανά ζεύγη. Στην έξοδο συνήθως συνδέεται κάποιο DC μοτέρ, ώστε να ελέγχεται η φορά περιστροφής του ανάλογα με την πολικότητα του ρεύματος. Στις συνηθέστερες εφαρμογές, ο έλεγχος του κυκλώματος θέλουμε να γίνεται από κάποιο μικροελεγκτή οπότε, φυσικό είναι να επιλέγουμε τρανζίστορ στο ρόλο των διακοπών για να είναι εφικτός και σχετικά εύκολος ο έλεγχός τους από τον μικροελεγκτή μέσω παλμών ρεύματος μικρής έντασης. Θα μπορούσαμε να κάνουμε την ίδια υλοποίηση με ρελέ στη θέση των διακοπών αλλά τα τρανζίστορ είναι προτιμότερα λόγω μεγέθους και ταχύτητας, εκτός αν έχουμε απαίτηση για ρεύμα μεγάλης έντασης.



Για τη διευκόλυνσή μας επιλέξαμε ένα module βασισμένο στο ολοκληρωμένο L298N. Πρόκειται για ένα IC που ενσωματώνει δύο H-bridge κυκλώματα ο έλεγχος των οποίων γίνεται με δύο ζεύγη λογικών inputs, είναι ικανό να υποστηρίξει ρεύμα μέγιστης έντασης 2A και μέγιστης τάσης 46V και αξιοποιώντας τα δύο enable pins του, μπορούμε να ελέγξουμε μέσω pwm παλμών την τάση του ρεύματος στις τέσσερις εξόδους του οπότε κατ' επέκταση και την ταχύτητα περιστροφής των DC κινητήρων. Η τροφοδότηση του ολοκληρωμένου γίνεται με 5V. Το module αποτελείται από το ολοκληρωμένο L298N με την απαραίτητη παθητική ψύξη του, έναν γραμμικό ρυθμιστή τάσης 7805 για την τροφοδότηση του ολοκληρωμένου και στρατηγικά τοποθετημένους συνδέσμους για τη διευκόλυνσή μας στην ένωση με τον μικροελεγκτή. Κάναμε χρήση δύο ίδιων module για τον έλεγχο τεσσάρων συνολικά κινητήρων.



LDR αισθητήρας φωτός

Οι LDR (Light Dependent Resistors) είναι όπως προδίδει το όνομά τους φωτοεξαρτούμενες αντιστάσεις. Έχουν την ιδιότητα να αυξάνεται η εσωτερική τους αντίσταση όσο μειώνεται το προσπίπτον φως επάνω τους. Αποτελείται από δύο ακροδέκτες και χρησιμοποιώντας την σε διάταξη διαιρέτη τάσης μαζί με μία αντίσταση γνωστών μας Ohm και τροφοδοτώντας τον διαιρέτη με σταθερή τάση αναφοράς, μπορούμε να υπολογίσουμε την τιμή της αντίστασης της LDR διαβάζοντας την τιμή της τάσης του διαιρέτη στην έξοδο. Χαρτογραφώντας το εύρος της αντίστασης του LDR χειροκίνητα βρίσκουμε το φάσμα των τιμών που μπορεί να πάρει στις συνθήκες που την τοποθετούμε

Thermistor αισθητήρας θερμοκρασίας

Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος προμηθευτήκαμε ένα Thermistor σε αδιάβροχη συσκευασία. Η λέξη thermistor προέρχεται από το "Thermally Sensitive Resistor" που σημαίνει, θερμικά ευαίσθητη αντίσταση. Από τα συμφραζόμενα του ονόματος καταλαβαίνουμε πως όπως και στους LDR αισθητήρες, έτσι και εδώ, έχουμε να κάνουμε με μια μεταβλητή αντίσταση, η τιμή της οποίας μεταβάλλεται από την θερμοκρασία στην οποία είναι εκτεθειμένη. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι thermistor οι NTC (Negative Temperature Coefficient) στα οποία η τιμή της αντίστασης μειώνεται όταν η θερμοκρασία τους αυξάνεται και οι PTC (Positive Temperature Coefficient) που συμβαίνει το αντίθετο, αυξάνουν δηλαδή την εσωτερική τους αντίσταση με την αύξηση της θερμοκρασίας. Είθισται να χρησιμοποιούμε τους NTC για μέτρηση θερμοκρασίας, καθώς οι PTC αξιοποιούνται κυρίως σε κυκλώματα ως θερμική προστασία κυκλωμάτων.

Τα thermistors είναι οικονομικά, πολύ αξιόπιστα και έχουν αρκετά μεγάλη ακρίβεια και συνοχή στις μετρήσεις τους, κάτι που τα καθιστά πολύ χρήσιμα για πάρα πολλές πρακτικές εφαρμογές. Μπορούμε να τα προμηθευτούμε σε διαφορετικές τιμές εσωτερικής αντίστασης και συνδέονται όπως και τα LDR σε κύκλωμα διαιρέτη τάσης, με τη διαφορά πως η αλλαγή της εσωτερικής αντίστασης των thermistor δεν είναι γραμμική, κάτι που λαμβάνουμε υπόψιν μας κατά τη διάρκεια του προγραμματισμού.

Αισθητήρας πίεσης.

Η πίεση είναι μια συνάρτηση της δύναμης που ασκείται σε μια δεδομένου μεγέθους επιφάνεια. Είθισται να μετράται σε Πασκάλ που μεταφράζεται ως: Pascal = Newton/m² αλλά πολύ συνηθισμένες μονάδες μέτρησης είναι το bar και το psi.

Οι αισθητήρες πίεσης είναι ένα παράδειγμα αισθητήρα που δε λειτουργούν μεταβάλλοντας την εσωτερική τους αντίσταση όπως είδαμε προηγουμένως με τους αισθητήρες φωτεινότητας και θερμοκρασίες, εκτός λιγοστών εξαιρέσεων. Στην πλειοψηφία τους λειτουργούν χάρη στην ιδιότητα του πιεζοηλεκτρισμού που χαρακτηρίζει κάποια υλικά. Όπως για παράδειγμα τους κρυστάλλους χαλαζία QUARTZ. Πιέζοντας το κέντρο μιας επίπεδης επιφάνειας ενός τέτοιου υλικού δημιουργεί μικρό ηλεκτρισμό στις άκρες του. Ο ηλεκτρισμός αυτός είναι ανάλογος της πίεσης που ασκείται στο κέντρο. Άλλες αρχές λειτουργίας αισθητήρων πίεσης είναι μέσω μετρήσεων μαγνητικού πεδίου χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνήτες τοποθετημένους στο κέντρο μιας μεμβράνη και σε μια σταθερή επιφάνεια αντιδιαμετρικά, μέσω οπτικής σύζευξης, χωρητικά μεταβάλλοντας τη χωρητικότητα κάποιο υλικού που δρα σαν πυκνωτής, μέσω της πίεσης και τέλος με κάποιο κύκλωμα αντίστασης που αξιοποιεί μεταβλητές αντιστάσεις μεγάλης ακρίβειας. Τα κυρίως είδη αισθητήρων πίεσης που συναντάμε είναι τα:

α. Απόλυτης πίεσης.

Οι αισθητήρες απόλυτης πίεσης είναι κατασκευασμένοι, ώστε να μετράνε πίεση έχοντας ως σημείο αναφοράς ίσο με μηδέν το απόλυτο κενό.

β. Σχετικής πίεσης.

Οι αισθητήρες σχετικής πίεσης έχουν ως σημείο αναφοράς ίσο με μηδέν, την ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας. Υπάρχουν επίσης εκδοχές αισθητήρων σχετικής πίεσης, με μεταβλητό σημείο αναφοράς, ανάλογα το σημείο που είναι τοποθετημένοι και τη χρήση για την οποία προορίζονται.

γ. Διαφορικής πίεσης.

Τέλος οι αισθητήρες διαφορικής πίεσης, μετράνε την απόλυτη διαφορά ανάμεσα σε δύο σημεία με διαφορετική πίεση. όπως για παράδειγμα σε εφαρμογές που έχουμε χρήση φίλτρων, με τα σημεία μέτρησης πριν και μετά το φίλτρο.

Οι αισθητήρες πίεσης χρησιμοποιούνται σε ένα τεράστιο εύρος εφαρμογών, από μετρήσεις πίεσης σε υγρά και αέρια, μέχρι υπολογισμό βάρους αντικειμένων, υψομέτρου, βύθισης, εύρεση διαρροών και υπολογισμό ροής σε υγρά και αέρια.

Εμείς στο πρότζεκτ χρησιμοποιήσαμε έναν αισθητήρα απόλυτης πίεσης που μας χορήγησε δοκιμαστικά η NXP ο οποίος είναι σχεδιασμένος ώστε να λειτουργεί στο εύρος που μας ενδιαφέρει. Οι προδιαγραφές του είναι για μέτρηση πίεσης σε αέρια αλλά με προσεκτικό σχεδιασμό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και σε υγρά. Να σημειωθεί πως οι αισθητήρες με ένδειξη χρήσης σε ακραίες συνθήκες όπως είναι η βύθιση σε νερό, έχουν συνήθως υπέρ - πολλαπλάσιο κόστος σε σχέση με τους συμβατικούς, για αυτό και προχωρήσαμε με αυτήν την παραχώρηση.

Ψηφιακή κάμερα με αναλογική έξοδο

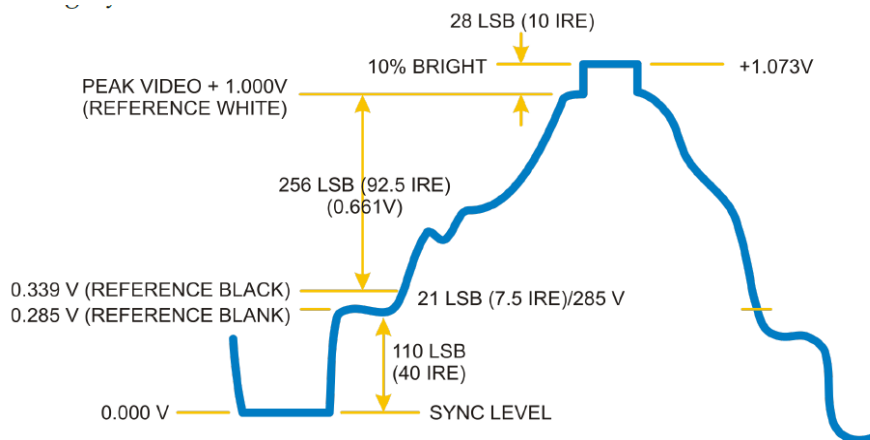
Για της ανάγκες της οπτικής καταγραφής του περιβάλλοντος, έχουμε μεταποιήσει μια κάμερα CCD αισθητήρα που χρησιμοποιείται ευρέως σε εφαρμογές όπως cctv, webcam, ακόμα και σαν κάμερα οπισθοπορείας από τη αυτοκινητιστική βιομηχανία.

Η καρδιά της κάμερας είναι ένας CCD αισθητήρας που λειτουργεί ως εξής: Ένας CCD αισθητήρας είναι στην ουσία μια ενιαία φωτοδίοδος, χωρισμένη μέσω μονωτικού υλικού σε παραλληλόγραμμα pixel. Κάθως τα φωτόνια με μήκος κύματος μέσα στο οπτικό εύρος προσπίπτουν επάνω στον αισθητήρα - φωτοδίοδο, δημιουργούν μικροσκοπικά ηλεκτρικά σήματα ανά pixel τα οποία έπειτα μεταφέρονται σειριακά από τον αισθητήρα ενισχύονται και καταγράφονται, δημιουργώντας έτσι ένα πίνακα τιμών ο οποίος αντιστοιχεί σε ένα μοναδικό κάδρο/απεικόνιση. Οι CCD αισθητήρες, είναι σε γενικές γραμμές αργόί,λόγο του τρόπου λειτουργίας τους αλλά και λόγω της σειριακής μεταφοράς δεδομένων αντί για παράλληλης. Έχουμε μια καταγραφή 25fps (κάδρων ανά δευτερόλεπτο) η οποία ενισχύεται και έπειτα διαμορφώνεται σε ένα φέρον αναλογικό σήμα CVBS.

Video Transmitter-Receiver

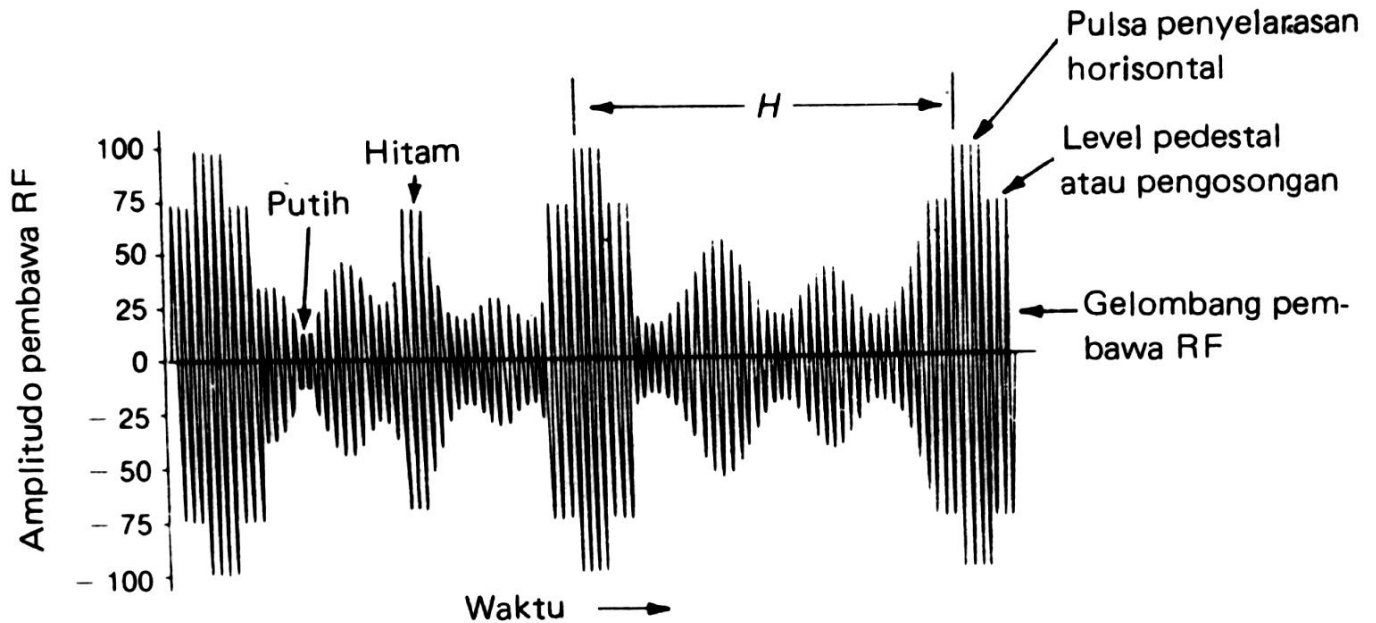
Με την αναλογική έξοδο της κάμερας συνδέεται απευθείας ένας πομπός του εμπορίου για ασύρματη μετάδοση εικόνας. Παίρνει σαν είσοδο CVBS σήμα το κωδικοποιεί και το διαμορφώνει σε ένα RF σήμα που εκπέμπεται στη μπάντα των 5.8Ghz που αναμένεται να παραληφθεί από τον αντίστοιχο δέκτη με τον οποίο είναι ζεύγος.

Το CVBS ή Composite σήμα, είναι ένα πολυσύνθετο σήμα που περιέχει πληροφορίες για την χρωματικότητα (συνδυασμός Hue και Saturation), τη φωτεινότητα και τον συγχρονισμό εικόνας SD(standard definition) με ανάλυση 576i για τη δική μας περίπτωση, δηλαδή κάδρο εικόνας 576px * 720px. Μεταδίδεται σε ένα μοναδικό κανάλι και το όνομά του είναι ακρώνυμο για τους όρους Color-Video-Blanking-Sync.



Παράδειγμα τυπικής μορφής ενός Composite σήματος.

Μετά την είσοδο του composite σήματος στον πομπό εικόνας, κωδικοποιείται με την τεχνική AM κωδικοποίησης (AM modulation) που θα εξετάσουμε σε επόμενο κεφάλαιο και αποστέλλεται ασύρματα στον δέκτη χρησιμοποιώντας τη μπάντα των 5.8Ghz.



Απεικόνιση ενός διαμορφωμένου composite video σήματος με διαμόρφωση κατά πλάτος.

Οι πομποδέκτες που προμηθευτήκαμε είναι κλασσικό σχέδιο του εμπορίου και επικοινωνούν μεταξύ τους, κάνοντας χρήση τεσσάρων διαφορετικών ασύρματων καναλιών. Έχουν SMA σύνδεσμο για κεραία εξωτερικού τύπου, στον οποίο αφήσαμε τη δική τους κεραία λόγω ικανοποιητικής απόδοσης στις εξωτερικές δοκιμές.

Ο σχεδιασμός του ζεύγους πομπού και δέκτη είναι σχεδόν πανομοιότυπος μεταξύ τους και βασίζεται γύρω από το ολοκληρωμένο SP5055 που είναι ένα συνθεσάιζερ συχνοτήτων το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως σε παρόμοιες εφαρμογές, σε εφαρμογές που αφορούν τη δορυφορική τηλεόραση και εφαρμογές που αφορούν τη ρύθμιση/μετατροπή σημάτων στο ανώτερο μέρος του φάσματος των μεσαίων συχνοτήτων προετοιμάζοντας τα για εκπομπή. Ο έλεγχος του ολοκληρωμένου γίνεται εξωτερικά μέσω του I2C πρωτοκόλλου, αυτοματοποιημένα από τον κατασκευαστή των πομποδεκτών και όχι από εμάς. Για την ακρίβεια, γίνεται μέσω ενός δεύτερου ολοκληρωμένου για το οποίο δυστυχώς δεν βρίσκονται πληροφορίες ή datasheet αλλά ο ρόλος του και αρχή λειτουργίας του ώστε να ελέγξει το 5055 περιγράφονται επαρκώς στο datasheet του δευτέρου.

Η λογική που ακολουθεί το ζεύγος πομποδέκτη για τη μετάδοση, είναι η εξής:

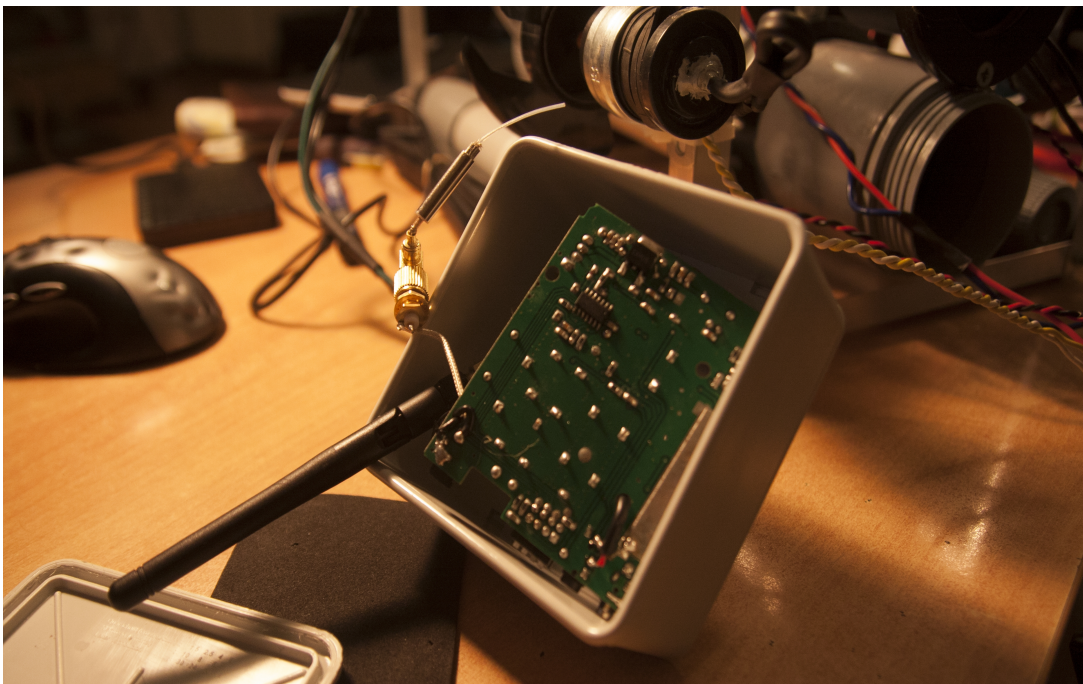
Το CVBS σήμα, εισέρχεται στον πομπό μέσω ομοαξονικού καλωδίου προερχόμενου από την κάμερα.

Διαμορφώνεται σε RF σήμα και περνάει σαν είσοδος στο 5055, όπου ενισχύεται και διαμορφώνεται ξανά για ασύρματη μετάδοση σαν ραδιοκύμα .

Η συνδεσμολογία και οι εντολές του ελεγκτή μέσω I2C, θέτουν το ολοκληρωμένο σε “κατάσταση πομπού.

Παρομοίως στην πλευρά του δέκτη, λαμβάνεται το το σήμα μέσω ραδιοκυμάτων, και αποδιαμορφώνεται από RF σήμα σε CVBS σύνθετο σήμα εικόνας. Το οποίο μετέπειτα προωθείται μέσω ομοαξονικού καλωδίου στην οθόνη προβολής του σταθμού βάσης.

Για λόγους οικονομίας χώρου από τον πομπό του σκάφους έχει αφαιρεθεί το εξωτερικό περίβλημα ώστε να χωρέσει στο εσωτερικό της σημαδούρας μας Σε αντίθεση με τον δέκτη βίντεο του χειριστηρίου που έχει τοποθετηθεί αυτόσιος.



Το εσωτερικό της σημαδούρας, που περιέχει τον πομπό της εικόνας και την κεραία του δέκτη NRF.

3.3.2 Ανάλυση Υλικών σταθμού βάσης/ Χειριστηρίου

Σταθμός Βάσης.

Ο σταθμός βάσης έχει κοινά τα ηλεκτρονικά του σκάφους που είναι σε ζεύγη στον πίνακα υλικών, συγκεκριμένα το Arduino Nano και το NRF module στα 2.4Ghz που αναλύθηκαν παραπάνω. Άξια αναφοράς είναι τα παρακάτω:

SD module.

Πρόκειται για ένα απλό module/breakout board για κάρτες SD κανονικού μεγέθους. Περιέχει μια υποδοχή για την κάρτα μνήμης, αρσενικούς ακροδέκτες τύπου dupont με σήμανση για το SPI πρωτόκολλο καθώς και έναν γραμμικό μετατροπέα τάσης, ώστε να μετατρέπει την τάση που συνδέεται σε 3.3V που χρειάζεται η SD κάρτα.

LCD 1602

Οι οθόνες υγρών κρυστάλλων είναι από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους εξόδου ενός μηχανήματος βασισμένο σε μικροελεγκτή ή μη. Έχουν λογικό κόστος, μεγάλη αξιοπιστία και είναι καθαρά ορατές σε διάφορες συνθήκες φωτισμού. Υπάρχουν από τη δεκαετία του 1980 σε διάφορες μορφές.

Κατασκευαστικά αποτελούνται διαδοχικά, από μια ανακλαστική επιφάνεια, ένα πολωτικό φίλτρο με κατακόρυφη ή οριζόντια πόλωση, ένα μέσο που συμπεριφέρεται σαν υγρό και σαν σύνολο στερεών κρυστάλλων ταυτόχρονα και τέλος ένα ακόμα πολωτικό φίλτρο με αντίθετη πόλωση από αυτήν του πρώτου. Οι υγροί κρύσταλλοι είναι περιορισμένοι σε συγκεκριμένα σημεία-τμήματα της οθόνης και σε κατάσταση αδράνειας περιστρέφουν τα κύματα φωτός που, προέρχονται από την ανακλαστική επιφάνεια, κατά 90 μοίρες κάνοντας έτσι την οθόνη να φαίνεται διαυγής. Σε κατάσταση ηλεκτρικής διέγερσης, δεν περιστρέφουν τα κύματα φωτός και έτσι το επιφανειακό πολωτικό φίλτρο δεν επιτρέπει το φως να περάσει από τα σημεία που έχουν διεγερθεί ηλεκτρικά κάνοντάς τα έτσι να μοιάζουν μελανά. Διεγείροντας λοιπόν συγκεκριμένα τμήματα μιας LCD οθόνης, μπορούμε να σχηματίσουμε εικόνες ή χαρακτήρες. Οι συνηθέστερες τέτοιου είδους οθόνες λειτουργούν με ένα συγκεκριμένο πρότυπο. Ένας ενσωματωμένος controller περιμένει input από έντεκα εισόδους. Τα διαθέσιμα pins για έλεγχο της οθόνης είναι συνολικά 14 ή 16 ανάλογα με το εάν υπάρχει οπίσθιος φωτισμός ή όχι, που απαιτεί δύο επιπλέον pins για την τροφοδοσία του.

Τα κυρίως pins που μας αφορούν είναι χαρτογραφημένα ακολούθως:

P1 VSS γείωση.

P2 VDD τροφοδοσία +5V.

P3 Έλεγχος contrast οθόνης. Η αντίθεση είναι ανάλογη της αντίστασης που συνδέουμε.

P4 Επιλογή Register. Εναλλαγή ανάμεσα σε οδηγίες και ASCII χαρακτήρες.

P5 Εγγραφή / ανάγνωση.

P6 Enable - Enter.

P7-P14 8 διαδοχικά bit δεδομένων, με το P7 να αντιστοιχεί στο bit0 και το P14 να αντιστοιχεί στο bit7.

Τον έλεγχο της ροής μπορούμε στην δική μας περίπτωση, τον κάνουμε μέσω του arduino και χρησιμοποιώντας μία από τις διαθέσιμες βιβλιοθήκες της κοινότητας που αφορούν των έλεγχο LCD οθονών.

Να σημειωθεί πως η έγχρωμη lcd οθόνη που χρησιμοποιούμε λειτουργεί με τις ίδιες αρχές σε πολύ μεγαλύτερη όμως κλίμακα, τα περιορισμένα σημεία έχουν σχήμα παραλληλόγραμμο(πίξελ), και διαθέτουν τρία έγχρωμα φίλτρα χρώματος RGB (κόκκινο – πράσινο - μπλέ) ανά πίξελ.

Λοιπό Hardware χειριστήριου - σταθμού βάσης.

Το λοιπό ηλεκτρονικό υλικό που υπάρχει στον σταθμό βάσης αποτελείται από:

- Τέσσερις αντιστάσεις που τοποθετήσαμε έτσι ώστε να μειώσουμε τα inputs για την επιλογή κατεύθυνσης από τέσσερα σε ένα.
- Ένα ποτενσιόμετρο που σκοπός του είναι να ελέγχει τη συνολική ταχύτητα του σκάφους κάνοντάς το από αργό, γρήγορο προοδευτικά.
- Ένα joystick - χειριστήριο κατασκευασμένο για arcade παιχνιδιομηχανές το οποίο είναι εφοδιασμένο με τέσσερις microswitch διακόπτες ακριβείας 4-way που σημαίνει πως μπορεί να γεφυρώσει μόνο έναν διακόπτη ανά κατεύθυνση και όχι δύο, διαγώνια. Μεταποιήθηκε για της ανάγκες του εγχειρήματος
- Λοιποί κονέκτορες για εξωτερική αλλά και εσωτερική τροφοδοσία.
- Βύσμα τύπου RCA στο οποίο καταλήγει το ίδιο CVBS αναλογικό σήμα εικόνας με την οθόνη. Τοποθετήθηκε έτσι ώστε να μπορεί να συνδεθεί ενσύρματα στο σταθμό βάσης μία ή περισσότερες επιπλέον οθόνες η κάποια εξωτερική καταγραφική συσκευή ώστε να καταγράφεται το ζωντανό βίντεο σε κάποιο σταθερό μέσο αποθήκευσης.

Κεφάλαιο 4

Τεχνολογίες και πρωτόκολλα επικοινωνίας

Παρακάτω θα δούμε κάποια πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιήσαμε κατά τη διάρκεια του πρότζεκτ τα ανεξάρτητα από το αν καταλήξαμε να τα χρησιμοποιήσουμε στην τελική του μορφή ή όχι.

4.1 Ενσύρματη επικοινωνία και πρωτόκολλα.

ICSP-ISP-SPI

Παρόλο που τα τρία αυτά ακρώνυμα συχνά αλληλο-συγγέονται, αναφέρονται και τα τρία στο ίδιο πρωτόκολλο ή στη δυνατότητα ενός μικροελεγκτή κυρίως, να αξιοποιήσει αυτό το πρωτόκολλο ώστε να αναβαθμιστεί ή ώστε να επικοινωνήσει με άλλους μικροελεγκτές και περιφερειακές συσκευές που χρησιμοποιούν.

Συγκεκριμένα τα ακρώνυμα ICSP και ISP μεταφράζονται σε In-Circuit Serial Programming και In-System Programming. Σαν όροι, αναφέρονται στην ικανότητα ενός μικροελεγκτή να προγραμματιστεί σειριακά μέσω ενός κυκλώματος-προγραμματιστή χρησιμοποιώντας το SPI πρωτόκολλο, χωρίς να είναι απαραίτητη η αφαίρεση του μικροελεγκτή από το κύκλωμα στο οποίο βρίσκεται. Καθιερώθηκε από τη Microchip για τη σειρά μικροελεγκτών τύπου PIC, ακολούθησαν η οικογένεια των AVR στην οποία ανήκουν οι Atmega. Τη δυνατότητα αυτήν την έχει επίσης η οικογένεια 8051 της Intel αλλά και οι εξαιρετικά διαδεδομένοι πλέον ARM επεξεργαστές.

Το SPI είναι η ονομασία του πρωτοκόλλου επικοινωνίας που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της διασύνδεσης και η ονομασία του σημαίνει **Serial Peripheral Interface**. Είναι βασισμένο σε master - Slave δομή και έχει ένα μόνο master αλλά έχει τη δυνατότητα για πολλαπλούς slaves. Οι διασυνδεδεμένες συσκευές μέσω SPI , χρειάζονται τουλάχιστον τέσσερις ενώσεις.

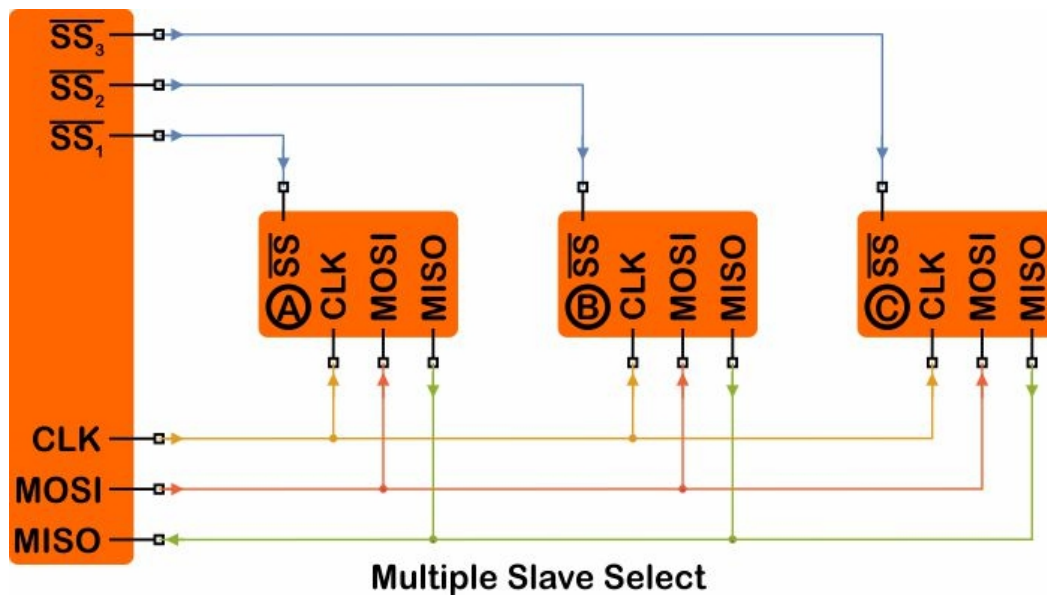
SCK Serial Clock. Ένα σήμα συγχρονισμού των συσκευών. Αποτελείται από έναν τεράγωνο παλμό οποίος καθορίζει τη μετακίνηση των δεδομένων bit, ένα ανά κύκλο του σειριακού ρολογιού. Εξαρτάται από τον master και μπορεί να τροποποιηθεί η συχνότητά του. Έχει επίσης τέσσερις διακριτές καταστάσεις για το sampling και την προώθηση των δεδομένων. Τα modes(0-1-2-3). Τα δύο πρώτα modes αναφέρονται στην ολίσθηση φάσης του σήματος και ελέγχουν την ακροδιεγειρόμενη φύση του πρωτοκόλλου. Συγκεκριμένα αν το sampling και η προώθηση, θα γίνει στην έναρξη ή την πτώση του παλμού. Τα επόμενα δύο modes 3 και 4 είναι οι inverted μορφές, των σημάτων των πρώτων δύο (0 και 1). Τις διακριτές αυτές καταστάσεις, τις διαλέγουμε εμείς μέσω του προγραμματισμού ανάλογα με το datasheet των υλικών που χρησιμοποιούμε και τις προδιαγραφές που έχει ορίσει ο κατασκευαστής.

MISO Master In Slave Out. Σε αυτή τη γραμμή, αποστέλλει ο slave δεδομένα τα οποία λαμβάνει ο master.

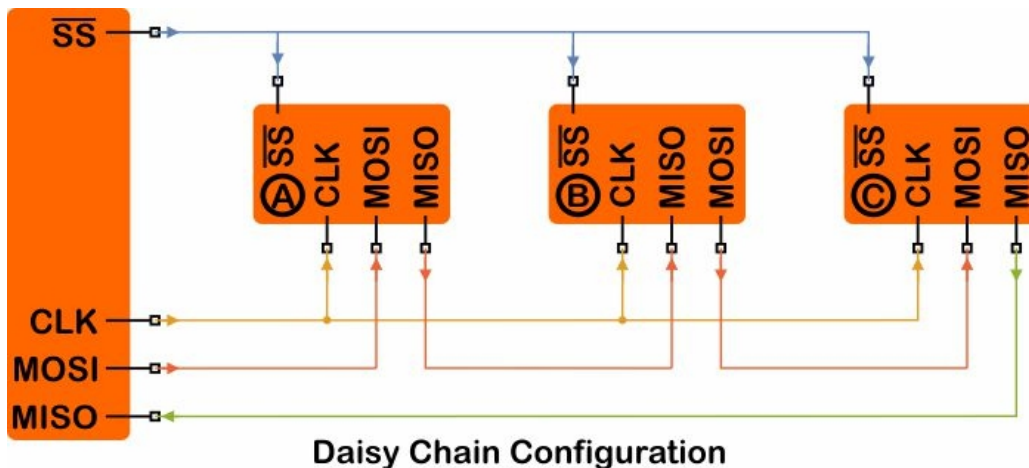
MOSI Master Out Slave In. Σε αυτή τη γραμμή, αποστέλλει ο Master δεδομένα σε συγκεκριμένο αριθμό slaves. Σε έναν ή περισσότερους.

SS Slave Select. Ανάλογα τον κατασκευαστή, μπορεί να το συναντήσουμε και ως **CS** Chip Select. Η γραμμή SS είναι ανενεργή όταν είναι σε στάδιο λογικού ένα. Όταν ο master θέλει να ζητήσει δεδομένα από έναν Slave ή θέλει να στείλει δεδομένα σε περισσότερους από έναν, τότε θέτει την εκάστοτε SS γραμμή σε ενεργή κατάσταση (λογικό μηδέν) και οι slaves πείθονται σε ετοιμότητα. Ο master μπορεί να αποστείλει δεδομένα ταυτόχρονα σε πολλαπλούς slaves χωρίς πρόβλημα, δεν μπορεί όμως να ζητήσει δεδομένα ταυτόχρονα από πολλές πηγές, λόγω crosstalk των slaves που θα συμβεί στη MISO γραμμή σε τέτοια περίπτωση.

Σε περίπτωση που θέλουμε να συνδέσουμε πολλαπλούς slaves με έναν master, οι κύριες συνδεσμολογίες είναι οι εξής:



Πολλαπλές CS ή SS γραμμές όπου ο master επιλέγει έναν και μοναδικό slave.



Μια κοινή SS γραμμή και daisy chain συνδεσμολογία σκλάβων, όπου ο master απευθύνεται σε όλους ταυτόχρονα αλλά μονάχα ο τελευταίος της αλυσίδας μπορεί να επικοινωνήσει με τον master στη MISO γραμμή. Ο κάθε σκλάβος επικοινωνεί αλυσιδωτά με τον επόμενο.

I2C

Το I2C σειριακό πρωτόκολλο είναι απλό στη χρήση και πολύ βολικό για τη μεταφορά δεδομένων έως και 3.2 Mbit/s. Πολύ μικρότερη ταχύτητα από το SPI ή την παράλληλη σύνδεση συσκευών αλλά με πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων προτύπων διασύνδεσης. Είναι σχεδιασμένο για πολλαπλές master συσκευές και πολλαπλές slave συσκευές ταυτόχρονα. Για την ακρίβεια, 128 συσκευές όταν χρησιμοποιηθούν διευθύνσεις μεγέθους 8bit και 1024 συσκευές όταν χρησιμοποιηθούν διευθύνσεις μεγέθους 10bit.

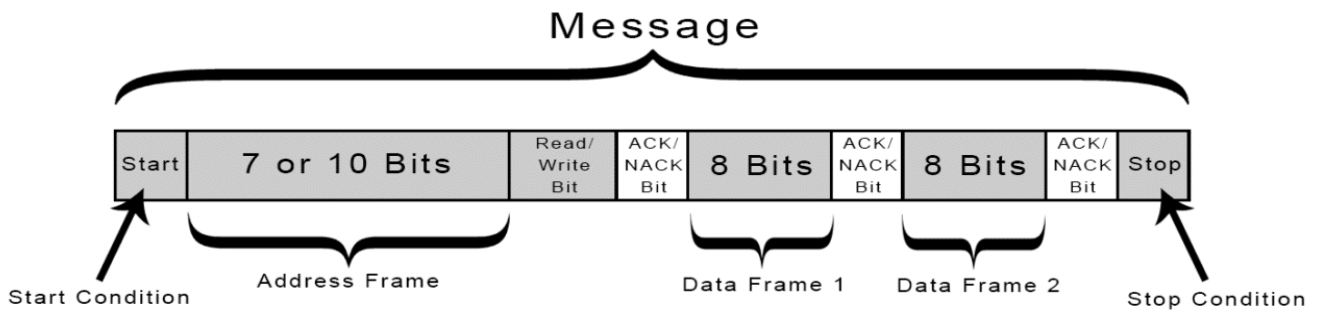
Όλες οι συσκευές ενός I2C δικτύου είναι συνδεδεμένες με δύο μόνο γραμμές οι οποίες απαραίτητως ενώνονται με τα 5V ή τα 3.3V μέσω pull-up αντιστάσεων καθώς οι συσκευές στο I2C δίκτυο είναι ενεργές στο λογικό μηδέν.

Οι δυο γραμμές είναι οι εξής:

SCK Serial Clock. Είναι η γραμμή που μεταφέρει τον παλμό χρονισμού που είναι απαραίτητος για το συγχρονισμό της ανταλλαγής δεδομένων. Μπορεί να ρυθμιστεί, συνήθως σε τέσσερις διαφορετικές ταχύτητες.

SDA Serial Data. Είναι η γραμμή μεταφοράς δεδομένων. Συγχρονίζεται με το SCK και μεταφέρει δεδομένα από και προς τις master και slave συσκευές.

Η επικοινωνία μέσω I2C έχει την εξής ροή στην SDA γραμμή:



Start Condition ή Αρχική κατάσταση. Εδώ Η SDA γραμμή γειώνεται ή τίθεται σε κατάσταση λογικού μηδέν, σηματοδοτώντας την αρχή μεταφοράς δεδομένων. Ακριβώς μετά μπαίνει σε κατάσταση λογικού μηδέν και η γραμμή SCK.

Address Frame. Αυτό το κομμάτι του μηνύματος περιέχει τη διεύθυνση της συσκευής στην οποία απευθύνεται ο master η οποία είναι μοναδική και έχει μήκος 7 ή 10 bit.

Αμέσως μετά παρατηρούμε πως διακινούνται 2 ανεξάρτητα bit. Το πρώτο προέρχεται από τον master και επιλέγει ανάμεσα σε δύο καταστάσεις Read και Write. Για την ακρίβεια το λογικό μηδέν σηματοδοτεί πως ο master θα γράψει δεδομένα στον slave και το λογικό ένα, το αντίστροφο. Το επόμενο bit είναι acknowledge bit και προέρχεται από τον slave έτσι ούτως ώστε ο master να ξέρει εάν ακούει ή παρέλαβε το μήνυμα. Εφόσον το μήνυμα του master έχει παραληφθεί ο slave θέτει την SDA σε κατάσταση λογικού μηδέν, ειδάλλως παραμένει η κατάσταση του λογικού είναι και επαναλαμβάνεται η αποστολή.

Data Frame. Τα μηνύματα χωρίζονται σε κομμάτια ανά 8bit, τα οποία ακολουθεί πάντα ένα acknowledge bit, πριν σταλεί το επόμενο κομμάτι. Το acknowledge bit το αποστέλλει ή ο master ή ο slave, ανάλογα αν είμαστε σε κατάσταση read ή Write. Το πρώτο Data Frame είναι η διεύθυνση ενός συγκεκριμένου σημείου στη μνήμη του slave στο οποίο θέλουμε να γράψουμε ή να διαβάσουμε τα περιεχόμενά του. Οι διευθύνσεις αυτές, περιγράφονται στο datasheet της εκάστοτε συσκευής. Τα υπόλοιπα Data frames είναι τα δεδομένα που μεταφέρονται.

Όταν η μετάδοση δεδομένων έχει τελειώσει έχουμε το **Stop Condition** όπου η SDA και SCK γραμμές θέτονται και οι δύο σε κατάσταση λογικού ένα, από τον master.

Σε περίπτωση που θέλουμε πολλαπλούς masters σε ένα δίκτυο συσκευών που χρησιμοποιούν I2C πρωτόκολλο θα πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη σημασία κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού ώστε να μη χρησιμοποιούν ταυτόχρονα την SDA γραμμή μεταφοράς δεδομένων.

RS232 και RS485.

Το RS485 είναι ένα ηλεκτρικό πρότυπο διεπαφής συσκευών που αποτελεί μετεξέλιξη και αναβάθμιση του ευρέως διαδεδομένου σειριακού ηλεκτρικού προτύπου RS232. Είναι πιο εύκολο λοιπόν να κατανοήσουμε το RS485 αφού έχουμε προηγουμένως κατανοήσει το RS232 πρότυπο. Το RS232 γνωστό και ως TIA232 είναι ένα από τα αρχαιότερα σειριακά συστήματα διεπαφής. Δημιουργήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1960 από την Texas Instruments και σκοπός του ήταν να διευκολύνει τη σύνδεση δύο απομακρυσμένων τερματικών συστημάτων με τα αντίστοιχα DCE Modem της εποχής. Το κομμάτι του hardware δεν ήταν πάντα τυποποιημένο, έτσι συναντάμε Το RS232 πρότυπο να υλοποιείται με βύσματα συνήθως DB9 ή DB25 ακόμα και DB15 και custom λύσεις.

Το RS232 είναι ένα full duplex point to point σύστημα, που σημαίνει πως συνδέει μόνο δύο συσκευές, αλλά αυτές οι δύο, έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν μεταξύ τους, ανταλλάσσοντας δεδομένα ταυτόχρονα σε δύο διαφορετικές γραμμές. Έχει όριο μήκους τα 15 περίπου μέτρα καλωδίου με ταχύτητες 9600 bps, για αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων. Στην απόλυτα απλοποιημένη μορφή του, χρειαζόμαστε τρεις γραμμές, τις **TX**, **RX**, **Gnd** οι οποίες μπορούν να γίνουν ακόμα και δύο όταν η επικοινωνία που επιθυμεί ο εγκαταστάτης, είναι αυστηρά μονόδρομη.

Οι Tx και Rx γραμμές συνδέονται μεταξύ τους σε αποστολέα και αποδέκτη, και η γείωση είναι το κοινό σημείο αναφοράς. Καθώς το RS232 πρότυπο έχει θεσπιστεί πολύ πριν το την TTL λογική, τα μεγέθη τάσεων που χρησιμοποιεί είναι πολύ διαφορετικά από ότι έχουν συνηθίσει σήμερα. Το λογικό ένα(1) αντιπροσωπεύεται από αρνητική τάση μεγέθους -3 έως -25V και το λογικό μηδέν(0) από θετική τάση +3 έως +25V, οποιαδήποτε τάση ανάμεσα σε -3V και +3V μεταφράζεται ως απροσδιόριστη. Οι γραμμές αυτές πρέπει πάντα να τερματίζονται με κάποια αντίσταση ανάλογη του μήκους τους, ώστε να αποφεύγεται η ανάκλαση του σήματος ξανά προς τον αποστολέα.

Μπορεί να είναι σύγχρονο ή ασύγχρονο κάτι που εξαρτάται συνήθως από το κόστος και τις απαιτήσεις ενός συστήματος. Σε αυτήν τη περίπτωση χρειάζεται και μια γραμμή clock για τον συγχρονισμό των σημάτων.

Δεν είναι ένα απόλυτο πρότυπο στο οποίο πρέπει να ικανοποιούνται όλες οι προδιαγραφές. Αντιθέτως στις συχνότερες βιομηχανικές εφαρμογές του, τηρούνται μόνο τα άκρως απαραίτητα.

Άλλες γραμμές που πιθανόν να υπάρχουν ανάλογα του τι είδους σύστημα χτίζουμε, είναι αυτές που αφορούν τα σήματα ελέγχου της μετάδοσης.

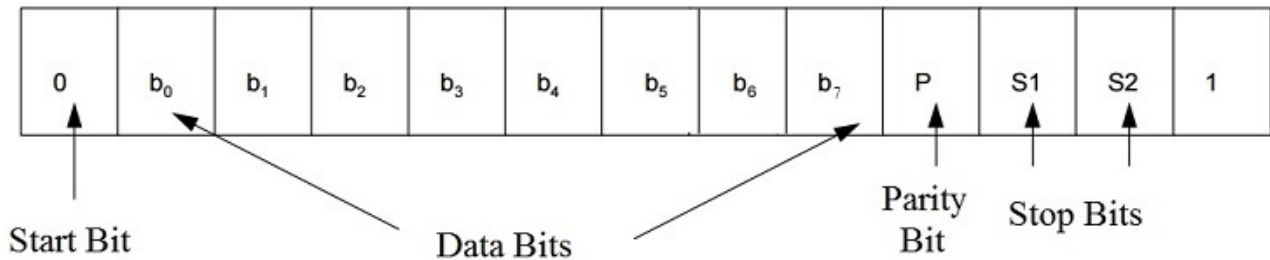
Τα σημαντικότερα είναι τα εξής:

DTR-DSR. Data Terminal Ready στον αποστολέα και Data Set Ready στον παραλήπτη, δύο γραμμές που συνδέονται μεταξύ τους και μεταφέρουν μια προκαθορισμένη τάση, την οποία μόλις ανιχνεύσει ο αποστολέας, γνωρίζει πως ο παραλήπτης είναι παρών και μπορεί να αρχίσει τη μετάδοση των δεδομένων.

RTS-CTS. Ready To Send στον αποστολέα και Clear To Send στον παραλήπτη. Οι γραμμές αυτές υπάρχουν για την αποφυγή των σφαλμάτων λόγω υπερχείλισης της buffer μνήμης του παραλήπτη, σε περίπτωση που το Baudrate είναι υπερβολικά γρήγορο για αυτόν. Τις δύο αυτές γραμμές στις σύγχρονες υλοποιήσεις του interface τις καταργούμε διότι μπορούμε να τις αντικαταστήσουμε σε επίπεδο λογισμικού με ειδικά πακέτα ελέγχου ροής δεδομένων (flow control) που ονομάζονται XON και XOFF και ελεγχουν κάθε πότε είναι έτοιμος ο παραλήπτης, να αποδεχτεί δεδομένα. Τα XON και XOFF πακέτα είναι μέρος μιας διαδικασίας χειραψίας(handshake) ανάμεσα σε αποστολέα και παραλήπτη αντιστοιχούν στους δεκαδικούς χαρακτήρες 17 και 19 κάτι που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν στο σχεδιασμό ενός τέτοιου συστήματος.

DCD και RI. Αυτές οι δύο γραμμές αφορούν τη χρήση του interface σε modem και δεν έχουν ιδιαίτερη χρησιμότητα στη σύγχρονη εποχή. Η DCD(Data Carrier Detect) γραμμή ανιχνεύει αναλογικά σήματα από κάποιο modem για να ξέρει ο αποδέκτης πως περιμένει δεδομένα από αυτό. Η RI(Ring Indicator) γραμμή ανιχνεύει πότε υπάρχει τηλεφωνική κλήση στη γραμμή που χρησιμοποιεί το modem.

Στην ασύγχρονη και πιο διαδεδομένη του μορφή, ένα μήνυμα που μεταδίδεται μέσω του RS232 interface έχει την παρακάτω μορφή.



Ένα start bit (λογικό 0, άρα +3V - +25V) που ενημερώνει τον παραλήπτη πως στο επόμενο bit ξεκινάει το μήνυμα.

Τα επόμενα bits είναι το μήνυμά μας. Έχει μήκος από 5 έως 9 bit εφόσον δε κάνουμε χρήση του parity bit ελέγχου. Ειδικά έχει μήκος 8 bit. Σε περίπτωση που μεταφέρουμε ASCII χαρακτήρες, 7 data bits μας είναι αρκετά εάν θέλουμε να μεταφέρουμε extended ASCII θα χρειαστούν οπωσδήποτε 8.

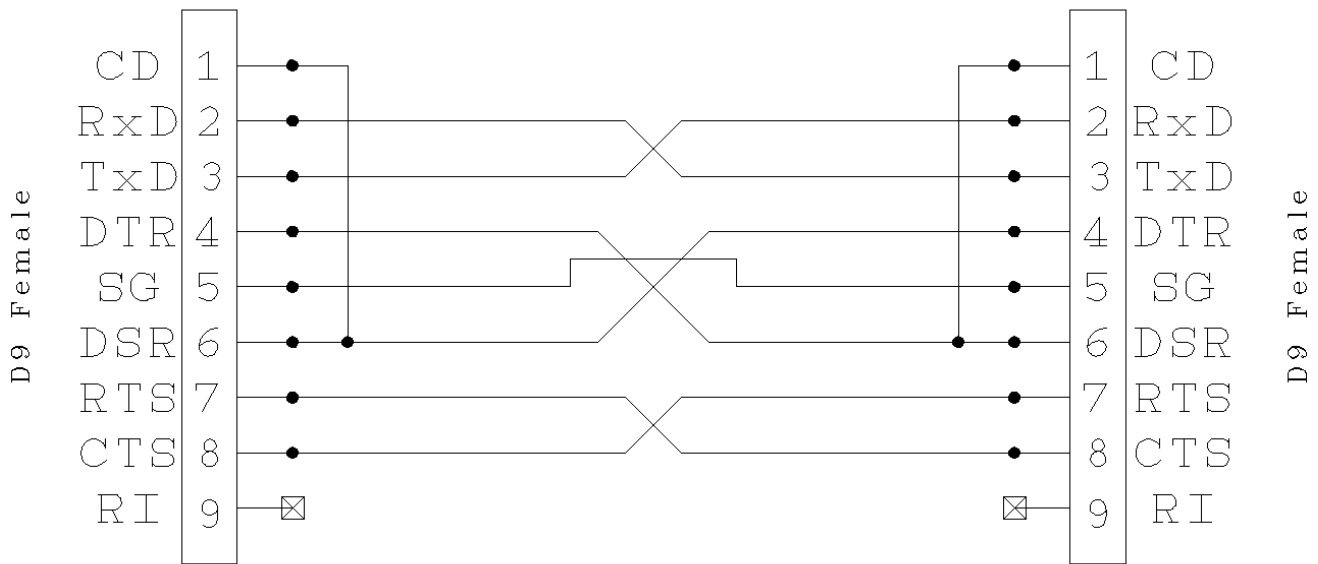
Το επόμενο προαιρετικό bit είναι το αποτέλεσμα του parity check του μηνύματος. Είναι στην ουσία ένας πολύ απλός τρόπος ελέγχου σφαλμάτων και ακεραιότητας των προηγούμενων bit. Έχει τιμή λογικού ένα (1) εφόσον ο αριθμός των λογικών 1 στο μήνυμα είναι ζυγός, και λογικό μηδέν (0) στην αντίθετη περίπτωση. Έπειτα ακολουθούν τα bit τερματισμού, μπορούν να είναι από ένα έως δύο, συμπεριλαμβανομένου και του ασυνήθιστου αριθμού των 1.5 bit. Τέλος η γραμμή παραμένει ανενεργή και τραβηγμένη στο λογικό ένα, μέχρι και το επόμενο μήνυμα.

Επειδή το RS232 χρησιμοποιείται κυρίως σε βιομηχανικούς χώρους με αρκετά υψηλό ηλεκτρικό θόρυβο, είναι επιρρεπές στα σφάλματα κατά τη διάρκεια της μεταφοράς δεδομένων, ειδικά σε υψηλές ταχύτητες, σε μεγάλα μήκη καλωδίου ή όταν διασυνδέονταν συσκευές που δεν προορίζονταν για βιομηχανικά περιβάλλοντα και δε μπορούσαν να δημιουργήσουν αρκετά μεγάλες τάσεις για τη σωστή προστασία απέναντι στον ηλεκτρικό θόρυβο.

Αφού μελετήσαμε από που προέρχεται τι είναι και τι προσφέρει το RS232, είμαστε πλέον σε θέση να κατανοήσουμε το τι είναι το RS485, μέσω των κυριότερων διαφορών τους. Το RS485 ήρθε να διορθώσει τις πολύ σημαντικές ατέλειες που είχε το RS232.

- Πρώτη διαφορά είναι πως πλέον απαιτούνται μόνο δύο γραμμές για την επικοινωνία των συσκευών. Κάποιοι εγκαταστάτες θα χρησιμοποιούσαν και τέσσερις για ταυτόχρονη αμφίδρομη επικοινωνία αλλά δεν είναι σε καμία περίπτωση απαραίτητες. Οι σύνδεσμοι δεν έχουν κάποιο σταθερό πρότυπο και ο τύπος τους εξαρτάται από τον σχεδιαστή.
- Η τάσεις που χρησιμοποιούνται πλέον είναι από -7V έως +12V.
- Αντί για point-to-point interface, είναι πλέον multidrop, που σημαίνει πως μπορούμε να έχουμε ένα δίκτυο από πολλαπλές συσκευές με masters και slaves διαφορετικών διευθύνσεων, όπου μια συσκευή μεταδίδει δεδομένα και όλες οι υπόλοιπες ακούνε ανεξάρτητα από το αν ανήκουν στη μια ή στην άλλη κατηγορία. Για την ακρίβεια ένα τέτοιο δίκτυο, μπορεί να υποστηρίξει έως 32 συσκευές. Τα παραπάνω βέβαια σημαίνουν πως πλέον το σύστημα σε διάταξη δύο γραμμών δεν είναι full-duplex αλλά half-duplex, επειδή δε μπορούμε να έχουμε πια ταυτόχρονη μετάδοση δεδομένων.
- Η πιο βασική διαφορά τους και ο λόγος που πλεονεκτεί σε τεράστιο βαθμό το RS485 είναι πως αντί για μια γραμμή δεδομένων και μια γείωση σαν σημείο αναφοράς, πλέον η μετάδοση δεδομένων γίνεται από ένα ζεύγος συνεστραμμένων καλωδίων. Πρακτικά αυτό μεταφράζεται σε πολύ μεγάλη ανοχή στον ηλεκτρικό θόρυβο στα βιομηχανικά περιβάλλοντα, πλέον μπορούμε να χρησιμοποιούμε και θωρακισμένα καλώδια, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθεί η μέγιστη απόσταση του καλωδίου από 15μέτρα στο RS232 στα 1220 μέτρα στο RS485, χωρίς να χρειάζεται κάποιος ενδιάμεσος repeater.

Καταλαβαίνουμε τελικώς πως σε σχέση με την πρωταρχική του μορφή υστερεί μόνο στο γεγονός πως πρόκειται για half-duplex σύστημα και πως σε υπερτερεί σε όλους τους υπόλοιπους τομείς.



D9 NULL MODEM CABLE WIRING DIAGRAM

Πλήρης υλοποίηση του RS232 interface σε θύρα DB9.

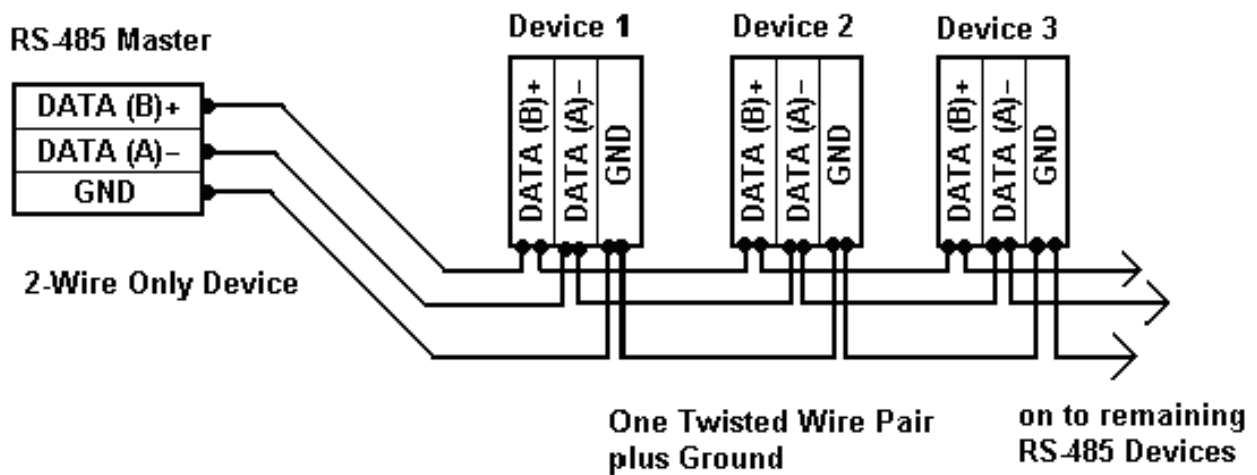


Fig. 1
2-Wire RS-485 Connections

Υλοποίηση RS485 με διάταξη δύο γραμμών.

4.2 Ασύρματη επικοινωνία.

Όταν χρησιμοποιούμε τον όρο “ασύρματη επικοινωνία” αναφερόμαστε στη μεταφορά πληροφορίας μέσω της διάδοσης, ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στον χώρο υπέρ της επιφάνειας της γης. Ένα σύστημα ασύρματης επικοινωνίας και μετάδοσης δεδομένων, επιγραμματικά αποτελείται τουλάχιστον από:

- Έναν πομπό.
- Γραμμή τροφοδοσίας.
- κεραία εκπομπής.
- μέσο διάδοσης (ατμόσφαιρα).
- κεραία λήψεως .
- Γραμμή σύνδεσης κεραίας λήψεως και δέκτη.
- Έναν δέκτη.

Στη σύγχρονη εποχή, για τη μετάδοση πληροφορίας ασύρματα, κάνουμε ευρεία χρήση των ραδιοκυμάτων. Με τον όρο "ραδιοκύματα" περιγράφουμε τα κύματα χαμηλών συχνοτήτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, με εύρος συχνότητας περίπου από 3KHz έως και 300GHz. Παρακάτω παραθέτουμε ένα πίνακα με την ονομασία, ανά εύρος συχνοτήτων και τα μήκη κύματος στη χαμηλότερη συχνότητα ανά ζώνη.

Το μέγεθος του μήκους κύματος ορίζεται ως "η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κοιλιάδων ή κορυφών ενός κύματος σταθερής συχνότητας. Προκύπτει από την σχέση:

$\lambda = c/f$, όπου η σταθερά $c=3*10^8$ m/s είναι η ταχύτητα διάδοσης ενός κύματος σε ελεύθερο χώρο, σχεδόν ίδια με την ταχύτητα του φωτός.

Ονομασία	Μήκος κύματος	Ζώνη συχνοτήτων
ELF Extremely Low Frequency	100000km	3Hz - 30Hz
SLF Super Low Frequency	10000km	30Hz - 300Hz
VF Voice Frequency	1000km	300Hz - 3KHz
VLF Very Low Frequency	100km	3KHz - 30KHz
LF Low Frequency	10km	30KHz - 300KHz

MF Medium Frequency	1km	300KHz - 3MHz
HF High Frequency	100m	3MHz - 30MHz
VHF Very High Frequency	10m	30MHz - 300MHz
UHF Ultra High Frequency	1m	300MHz - 3GHz
SHF Super High Frequency	0,1cm	3GHz -30GHz
EHF Extremely High Frequency	0,01mm	30GHz -300GHz

Σε γενικές γραμμές, τα ραδιοκύματα μικρότερων συχνοτήτων μπορούν να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις και μπορούν να διαπεράσουν τυχόν φυσικά εμπόδια με μεγαλύτερη ευκολία λόγω μεγάλου μήκους κύματος. Τα ραδιοκύματα μεγαλύτερων συχνοτήτων διανύουν μικρότερες αποστάσεις και είναι επιρρεπή στο φαινόμενο της ανάκλασης όταν προσπίπτουν σε φυσικά εμπόδια, κάτι που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και υπέρ μας, καθώς μέσω της ατμοσφαιρικής διάδοσης, μπορούν να καλύψουν τεράστιες αποστάσεις ανακλώμενα από το έδαφος και ιονόσφαιρα διαδοχικά. Τα ραδιοκύματα συχνότητας άνω του 1GHz ονομάζονται και μικροκύματα. Τέλος, όσο αυξάνεται η συχνότητα ενός κύματος αυξάνεται και η κατευθυντική του ικανότητα οπότε καταλαβαίνουμε πως τα μικροκύματα θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν και κατευθυντικά σε αντίθεση με τα ραδιοκύματα ευρείας μετάδοσης.

Στο δικό μας project έχουμε μετάδοση πληροφοριών σε δύο ζώνες συχνοτήτων. Τα nrf24l01 χρησιμοποιούν την 2.4GHz μπάντα που ανήκει στα UHF και οι πομποδέκτες για τη μετάδοση της εικόνας επικοινωνούν στη μπάντα των 5.8GHz που ανήκει στα SHF και τα δύο λοιπόν επικοινωνούν μέσω μικροκυμάτων.

Η μετάδοση σημάτων χαμηλής συχνότητας έχει όμως αρκετές δυσκολίες κυρίως λόγω της απαιτούμενης υποδομής. Ένα raw σήμα φωνής, για να μεταδοθεί ασύρματα στη συχνότητα που βρίσκεται, θα χρειαζόταν μεγάλη ενίσχυση ώστε να μπορέσει να ταξιδέψει σε κάποια ικανοποιητική απόσταση και όσο χαμηλότερη η συχνότητα τόσο μεγαλύτερη κεραία εκπομπού και δέκτη θα χρειαζόμασταν, καθώς το μέγεθος μιας κεραίας είναι άμεσα συνδεδεμένο με το μήκος κύματος ενός σήματος. Επίσης σε τόσο χαμηλές συχνότητες, θα δημιουργούταν Πολύ μεγάλες απαιτήσεις δηλαδή, για μια ικανοποιητική μετάδοση ενός σήματος χαμηλής συχνότητας.

Η επικοινωνία μέσω ραδιοκυμάτων μεγάλης συχνότητας, μας δίνει επίσης τη δυνατότητα για πολύ μεγαλύτερο bandwidth κάτι που πρακτικά σημαίνει, σαφώς περισσότερη πληροφορία και σαφώς περισσότερος "χώρος" για επικοινωνία από διάφορα κανάλια στην ίδια ζώνη συχνοτήτων. Τέλος μπορεί τα HF ραδιοκύματα να έχουν τα αρνητικά της ανάκλασης και της μικρής απόστασης που μπορούν να διανύσουν, έχουν όμως το μεγάλο θετικό πως είναι εύκολα διαχειρίσιμα καθώς μπορούν να ενισχυθούν εύκολα και μπορεί να ελεγχθεί εξίσου εύκολα η κατευθυντικότητα τους, όπως επίσης το βασικό πλεονέκτημα του μεγαλύτερου bandwidth που προαναφέρθηκε.

Τη συμβιβαστική λύση ανάμεσα στα σήματα, πληροφορίας και στα ραδιοκύματα που είναι εύκολα μεταδιδόμενα και διαχειρίσιμα, την προσφέρει η διαδικασία της διαμόρφωσης (signal modulation) ενός σχετικά υψίσυχνου σήματος με σκοπό να μεταφέρει τη πληροφορία που περιέχει το χαμηλόσυχο σήμα.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τη διαμόρφωση ενός σήματος ώστε να είναι έτοιμο για τη μετάδοσή του. Χωρίζονται σε δύο ευρύτερες κατηγορίες την αναλογική διαμόρφωση (analog modulation) και την ψηφιακή διαμόρφωση (digital modulation) οι οποίες με τη σειρά τους εμπεριέχουν διάφορους τρόπους διαμόρφωσης.

Στις βασικές περιπτώσεις τους, μετασχηματίζουμε το σήμα φορέα ώστε να περιέχει τη πληροφορία του σήματος δεδομένων, μετασχηματίζοντας ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά ενός σήματος. Δηλαδή το πλάτος- amplitude, τη συχνότητα - Frequency ή τη φάση - Phase.

Αναλογική διαμόρφωση - Analog Modulation.

AM Amplitude Modulation ή διαμόρφωση πλάτους. Ονομάζουμε τη διαμόρφωση κατά πλάτος του φέροντος σήματος, σύμφωνα με το πλάτος του σήματος πληροφορίας, διατηρώντας τη φάση και τη συχνότητα του φορέα αναλλοίωτες. Έχει χρησιμοποιηθεί κατά κόρων στη μετάδοση ήχου και αν και πλέον τείνει να εκλείψει σε εφαρμογές ευρείας διάδοσης στο κοινό.

Περιγράφεται από τη συνάρτηση:

$$y = \{A + B \cdot \sin(2\pi ft)\} \cdot \cos(2\pi Ft)$$

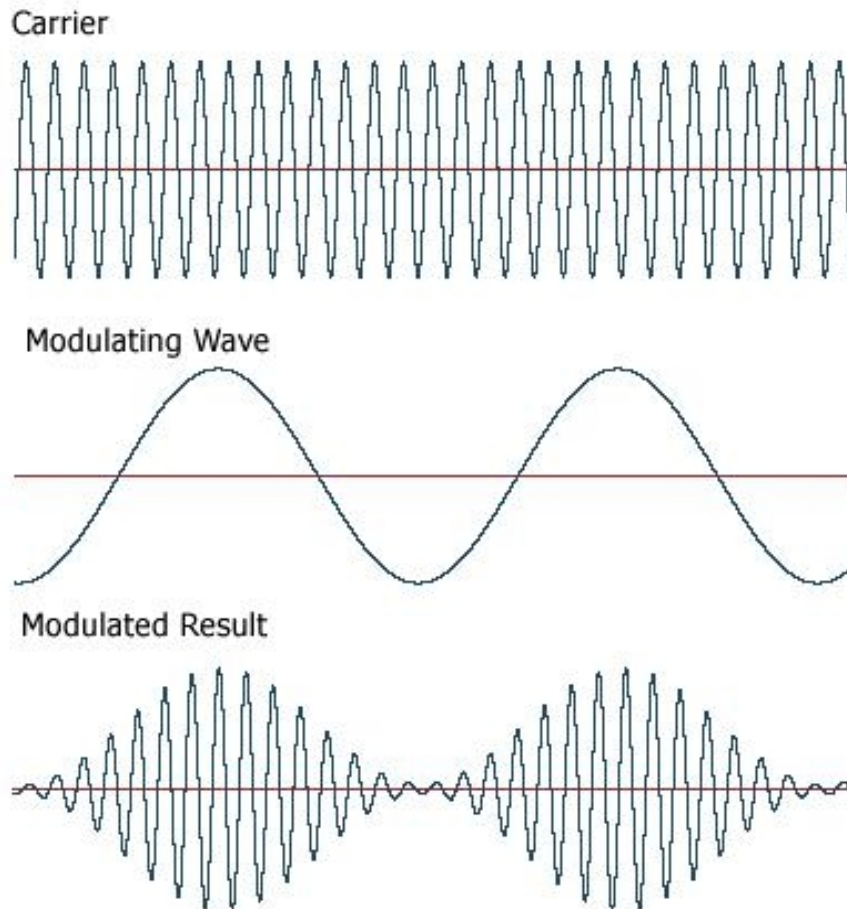
Όπου

F: Συχνότητα φέροντος σήματος.

f: Συχνότητα σήματος πληροφορίας.

A: Πλάτος φέροντος σήματος.

B: Πλάτος σήματος πληροφορίας.



Διαμόρφωση σήματος κατά πλάτος.

FM Frequency Modulation ή διαμόρφωση συχνότητας. Ονομάζουμε τη διαμόρφωση κατά συχνότητα του σήματος φορέα, σύμφωνα με το σήμα πληροφορίας, διατηρώντας τη φάση και το πλάτος του φορέα αναλλοίωτα. Το είδος διαμόρφωσης αυτό χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα, κυρίως για τη μετάδοση ραδιοφωνικών σημάτων και έχει αντικαταστήσει την AM διαμόρφωση σε αυτόν τον τομέα, κυρίως λόγω της μεγάλης του ανοχής στον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο που εκφράζεται συνήθως σαν διακυμάνσεις στο πλάτος ενός σήματος.

Περιγράφεται από τη συνάρτηση:

$$y = A \sin[(2\pi Ft) + K \cos(2\pi ft)]$$

Όπου

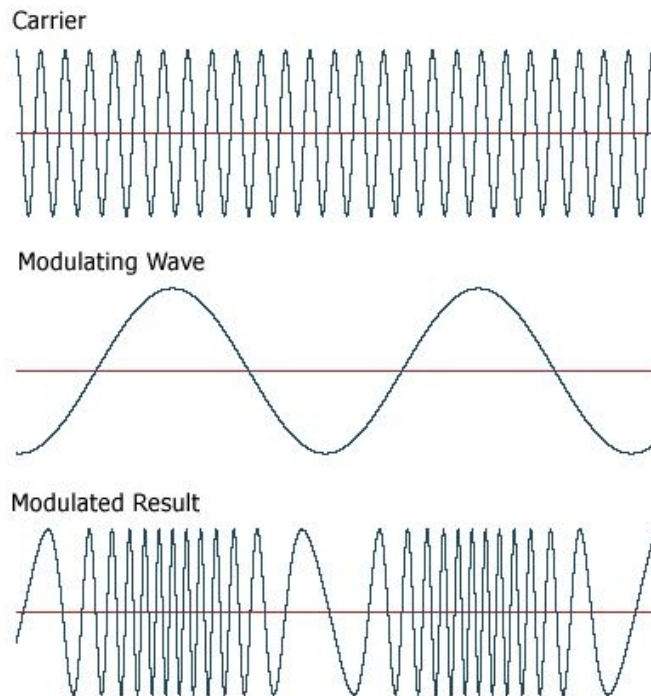
F: Συχνότητα φέροντος σήματος.

f: Συχνότητα σήματος πληροφορίας.

A: Πλάτος φέροντος σήματος.

B: Πλάτος σήματος πληροφορίας.

K: Άμετρος συντελεστής της διαμόρφωσης συχνότητας



Διαμόρφωση σήματος κατά συχνότητα.

PM Phase Modulation ή διαμόρφωση φάσης. Ονομάζουμε τη διαμόρφωση κατά φάση του σήματος φορέα, σύμφωνα με το σήμα πληροφορίας, διατηρώντας τη συχνότητα και το πλάτος του φορέα αναλλοίωτα. Αυτού του είδους η μορφοποίηση συναντάται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών από wi-fi έως GSM και δορυφορικά δίκτυα

$$\chi(t)=A\cos[\omega t+K_m m(t)+\gamma]$$

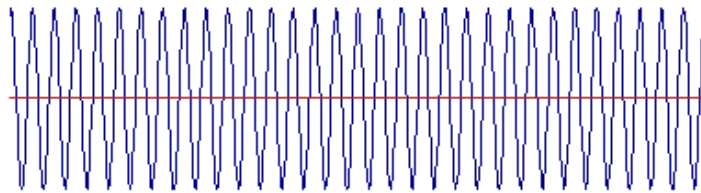
Όπου:

ω : Η συχνότητα του αδιαμόρφωτου κύματος φορέα.

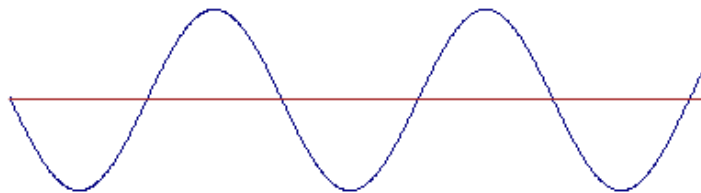
K : Σταθερά.

γ : Η σταθερή φάση που για λόγους απλότητας ισούται με '0'.

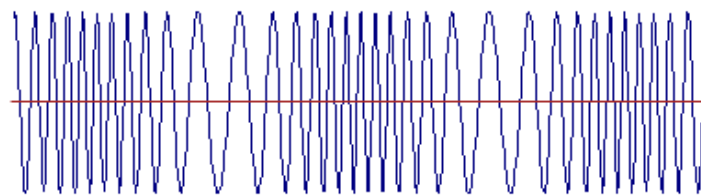
Carrier



Modulating Wave



Modulated Result

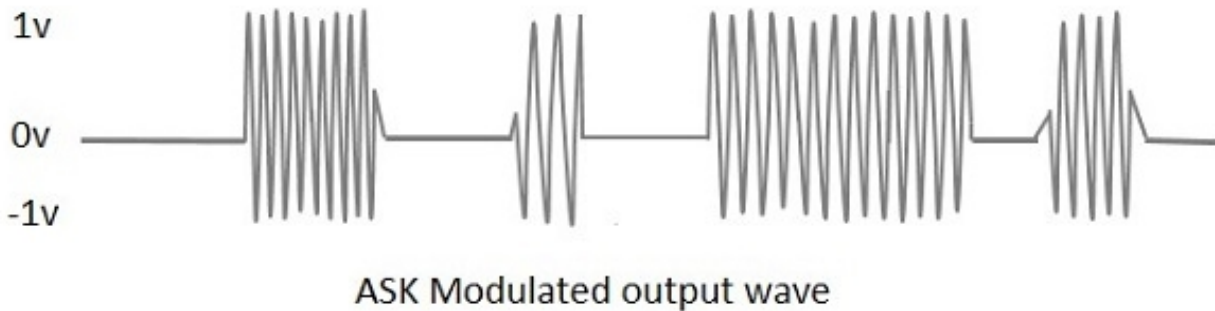
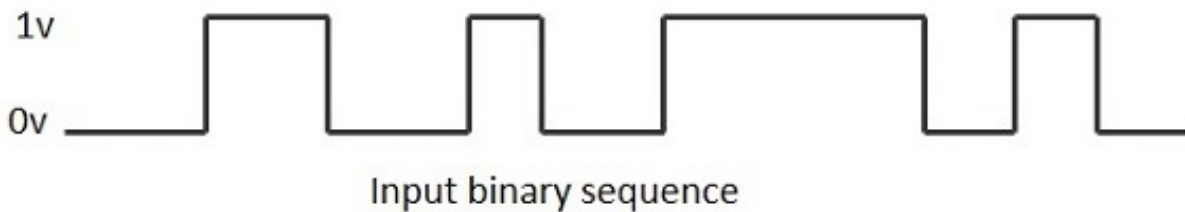


Διαμόρφωση σήματος κατά φάση.

Ψηφιακή διαμόρφωση - Digital Modulation.

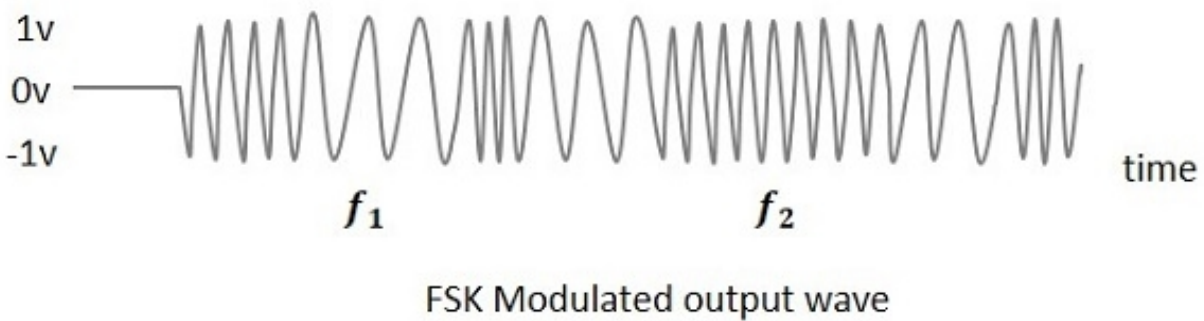
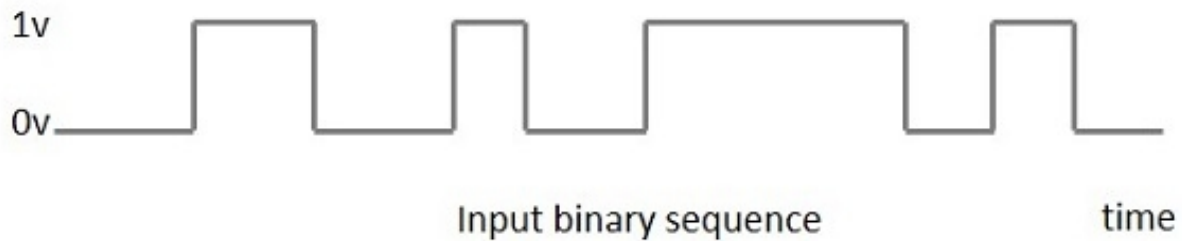
ASK Amplitude Shift Key Modulation.

Στην ψηφιακή διαμόρφωση σήματος κατά πλάτος η, η διαδικασία ακολουθεί την ίδια λογική με την αναλογική AM διαμόρφωση. Η βασική διαφορά είναι πως όπως και στο ψηφιακό σήμα που αποτελείται από διακριτά bit με δυνατότητα για δύο καταστάσεις, λογικό μηδέν και λογικό ένα, έτσι και στο διαμορφωμένο σήμα έχουμε δύο διακριτές τιμές που μπορεί να πάρει η τιμή του πλάτους του. Έχει χρησιμοποιηθεί αρκετά στην επικοινωνία μέσω morse κώδικα αλλά και στη μετάδοση δεδομένων με τη χρήση οπτικών ινών.



FSK Frequency Shift Key Modulation.

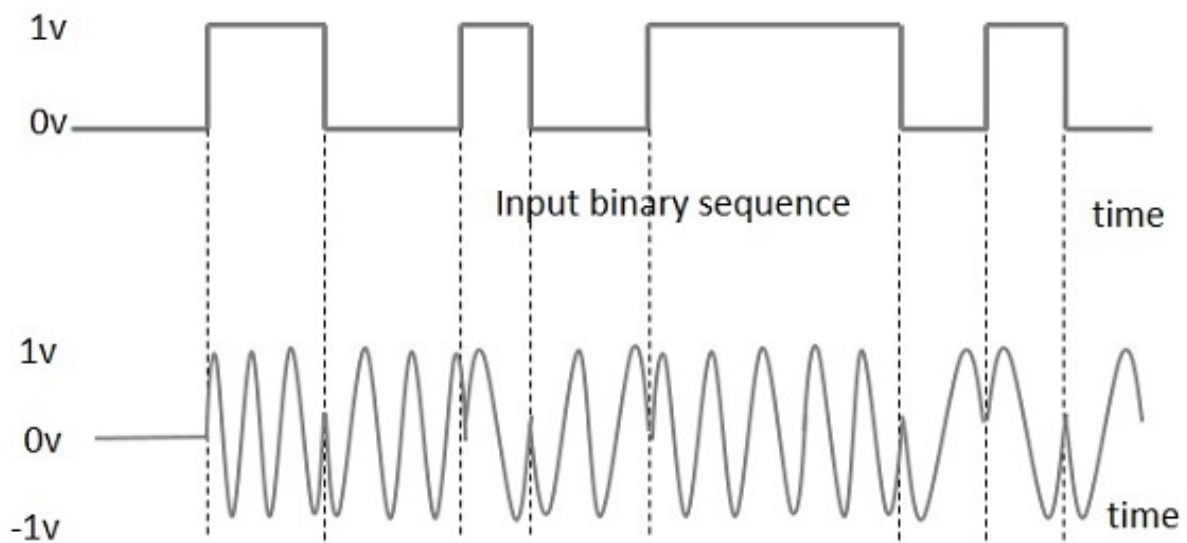
Παρομοίως λειτουργεί και η διαμόρφωση κατά συχνότητα. Πλέον έχουμε δύο διακριτές καταστάσεις με δύο τιμές συχνοτήτων που ακολουθούν τη ροή των τιμών των bit του ψηφιακού μας σήματος. Όπως και η ASK, έχει χρησιμοποιηθεί για μετάδοση κώδικα morse, σε ασύρματες τηλεφωνικές επικοινωνίες, σε μεταδόσεις δεδομένων στις χαμηλές ζώνες των ραδιοκυμάτων, σε μετεωρολογικά μπαλόνια και σε πληθώρα αισθητηριακών συστημάτων που βασίζονται στη συλλογή δεδομένων τηλεμετρίας.



PSK Phase Shift Key Modulation.

Τέλος, στη διαμόρφωση σήματος κατά φάση, έχουμε σταθερή συχνότητα και σταθερό πλάτος του φέροντος σήματος και έχουμε στιγμιαία αλλαγή της φάσης του, κατά 180μοίρες σε κάθε εναλλαγή ανάμεσα σε λογικό μηδέν και λογικό ένα.

Η PSK διαμόρφωση και οι παραλλαγές της χρησιμοποιούνται σε wi-fi δίκτυα, στο πρότυπο bluetooth αλλά και σε RFID εφαρμογές.



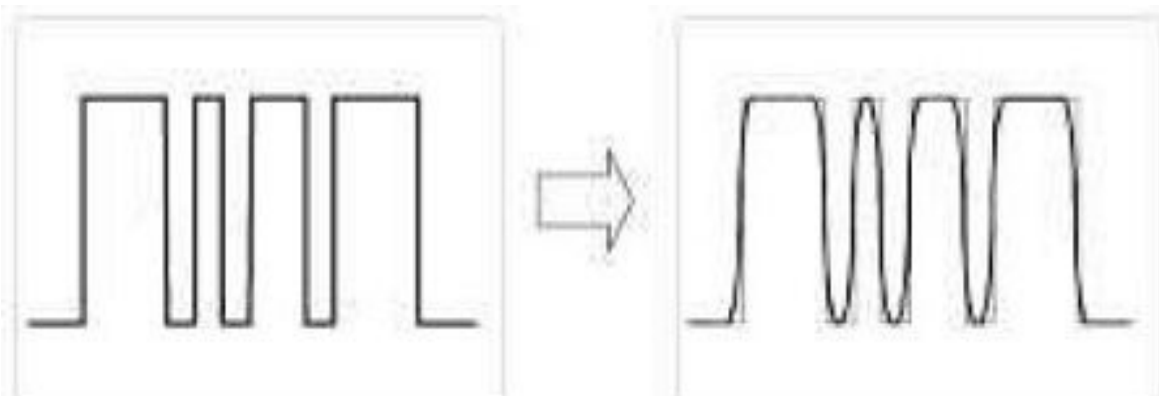
Εμείς όπως έχουμε αναφέρει αρκετές φορές έως τώρα, κάνουμε χρήση του nRF24L01. Το ολοκληρωμένο αυτό αναλαμβάνει τη διαμόρφωση την ενίσχυση και την αποστολή ενός σήματος όταν λειτουργεί σαν πομπός και την λήψη, ενίσχυση και αποδιαμόρφωση του σήματος όταν λειτουργεί σαν δέκτης. Σαν carrier signal (φέρων σήμα) χρησιμοποιεί ένα από τη ζώνη των UHF με συχνότητα περίπου στα 2.4GHz.

Για τη διαμόρφωσή του, κάνει χρήση μιας παραλλαγής της μεθόδου FSK που ονομάζεται GFSK ή Gaussian Frequency-Shift Keying.

Με τη μέθοδο αυτή, ο ακριβής τετραγωνικός παλμός που μεταφέρει την πληροφορία μας, πριν χρησιμοποιηθεί για να σχηματίσει το τελικό σήμα προς αποστολή, περνάει από ένα γκαουσιανό φίλτρο με το οποίο οι ακμές του "απαλώνονται". Δηλαδή από απόλυτο λογικό μηδέν και ένα, έχουμε πλέον ένα σήμα με ενδιάμεσες καταστάσεις. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται για τη διαμόρφωση του φέροντος σήματος μέσω της FSK διαμόρφωσης.

Θεωρείται πολύπλοκη στην υλοποίηση, μέθοδος και αυξάνει την πιθανότητα σφαλμάτων. Ο λόγος ύπαρξής της όμως είναι επειδή οι απότομες και βίαιες εναλλαγές από λογικό μηδέν σε λογικό ένα και ανάποδα στην FSK μέθοδο, αυξάνουν τις πιθανότητες εμφάνισης αρμονικών συχνοτήτων στο διαμορφωμένο σήμα κάτι που διευρύνει το φάσμα που καταλαμβάνει με αποτέλεσμα να έχουμε παρεμβολές από και προς τα γειτονικά κανάλια. Με τη GFSK διαμόρφωση, έχουμε λοιπόν πιο "συμπαγές" φάσμα συχνοτήτων που μας επιτρέπει να χωρέσουμε περισσότερα κανάλια επικοινωνίας χωρίς να συμπέφτουν με τα γειτονικά τους δημιουργώντας παρεμβολές.

Τη GFSK μέθοδο χρησιμοποιούν τα ασύρματα σταθερά τηλέφωνα, το Πρωτόκολλο bluetooth, η κατασκευάστρια του nRF24L01 Nordic Semiconductors όπως και η Texas Instruments στις RF εφαρμογές της.



A square wave passing through a filter Gaussian

Ένα ψηφιακό σήμα πληροφορίας, μετά από φιλτράρισμα με Gaussian φίλτρο.

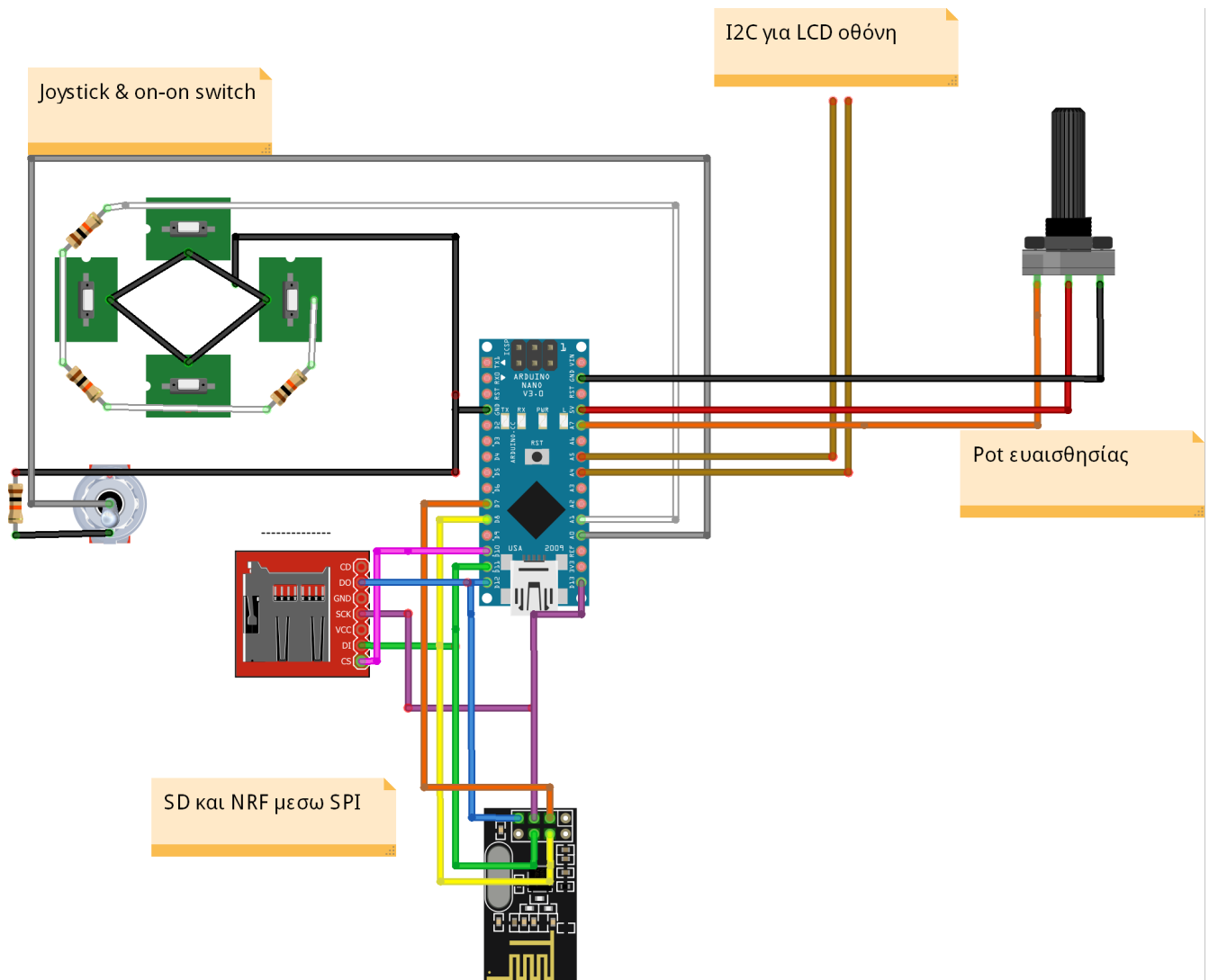
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Αρχιτεκτονική ηλεκτρονικής υποδομής των συστημάτων.

Παρακάτω παραθέτουμε σχηματικά γραφικά διαγράμματα κατασκευασμένα μέσω της εφαρμογής fritzing, για τα ηλεκτρονικά του χειριστηρίου και του hydrobot. Καταγράφουμε επίσης το ακριβές pinout που απαιτείται για την υλοποίηση.

5.1 Αρχιτεκτονική ηλεκτρονικών Χειριστηρίου Βάσης

Σταθμός Βάσης.



Χειριστήριο σκάφους

Στο παραπάνω σχέδιο παρατηρούμε την ιδιαίτερη συνδεσμολογία των joystick και του διακόπτη όπου με τη χρήση των αντιστάσεων και μετέπειτα του προγραμματισμού εξοικονομούμε τέσσερα I/O pins. Η συνδεσμολογία SPI είναι κοινή ανάμεσα σε SD και NRF με εξαίρεση το CE που ελέγχει σε ποιόν από τους δύο slaves απευθυνόμαστε.

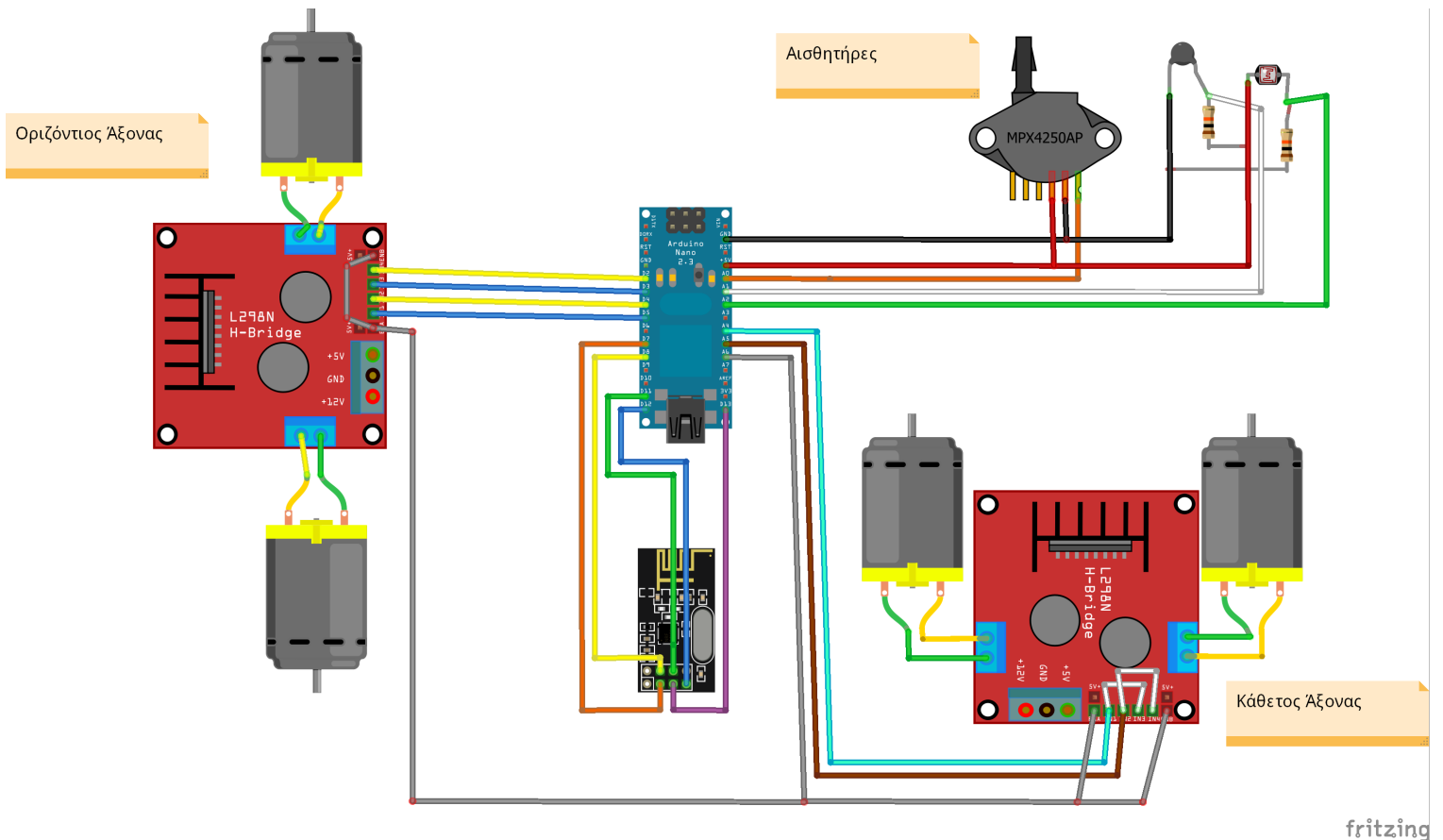
Πιο συγκεκριμένα το pinout είναι:

Arduino Nano V3	Περιφερειακά
D7	CE pin του NRF module
D8	CSN pin του NRF module
D10	SS pin του SD module
D11	MOSI σε NRF και SD module
D12	MISO σε NRF και SD module
D13	SCK σε NRF και SD module
A0	Διακόπτης on-on μεσαίο pin
A1	4way joystick
A4	I2C προς οθόνη
A5	I2C προς οθόνη
A7	Ένα από τα ακριανά pin του ποτενσιόμετρου

Το ποτενσιόμετρο και η οθόνη LCD χρειάζονται τροφοδοσία τάσης +5V και τα modules NRF και SD +3.3V. Την τροφοδοσία τους την παρέχουμε εμείς εξωτερικά, μέσω regulators και όχι μέσω του Arduino.

5.2 Αρχιτεκτονική ηλεκτρονικών σκάφους

Hydrobot



Συνδεσμολογία σκάφους

Οι αισθητήρες είναι συνδεδεμένοι σύμφωνα με το datasheet του καθενός. Τα H-bridge modules έχουν γεφυρωμένα όλα τα enable pins τους στα οποία καταλήγει το PWM σήμα του Arduino που ελέγχει την ταχύτητα περιστροφής των κινητήρων. Το ένα από τα δύο H-bridge module που ελέγχει τη βύθιση και την ανύψωση, έχει γεφυρωμένα τα pins του ανα δύο, καθώς τα μοτέρ που ελέγχει κινούνται πάντα με κοινή φορά.

Συγκεκριμένα η συνδεσμολογία ακολουθεί το παρακάτω pinout:

Arduino Nano V3	Περιφερειακά
D2	Pin1 ελέγχου δεξιού κινητήρα στο H-Bridge
D3	Pin2 ελέγχου δεξιού κινητήρα στο H-Bridge
D4	Pin1 ελέγχου αριστερού κινητήρα στο H-Bridge
D5	Pin2 ελέγχου αριστερού κινητήρα στο H-Bridge
D7	CE pin του NRF module
D8	CSN pin του NRF module
D11	MOSI σε NRF
D12	MISO σε NRF
D13	SCK σε NRF
A0	Sense pin στον pressure sensor
A1	Sense pin του NTC Thermistor
A2	Sense pin του LDR
A4	Pin1 ελέγχου κάθετων κινητήρων στο H-Bridge
A5	Pin2 ελέγχου κάθετων κινητήρων στο H-Bridge
A6	Στα τέσσερα Enable pin, των δύο H-Bridge

Όλα τα ηλεκτρονικά του σκάφους τροφοδοτούνται μέσω γραμμικών regulators που μετατρέπουν τη τάση της μπαταρίας, στην τάση λειτουργίας των επι μέρους στοιχείων. Τα μοτέρ κατεύθυνσης τροφοδοτούνται μέσω του H-bridge που τους αντιστοιχεί, με την τάση που διαθέτει η μπαταρία. Στα μοτέρ του κάθετου άξονα καταλήγει regulated τάση περίπου 9V, καθώς με τη μέγιστη τάση που προσέφερε η μπαταρία και την ταχύτητα του σκάφους ρυθμισμένη στο 100% τραβούσαν περισσότερα Amps από όσα μπορεί να διαχειριστεί ασφαλώς το L298N.

Κεφάλαιο 6

Προγραμματισμός Μικροελεγκτή.

6.1 Κώδικας και ανάλυση.

Πριν περάσουμε στη βηματική ανάλυση του κώδικα του Arduino θα δούμε λίγο τον τρόπο σκέψης μας και τη λογική που ακολουθήσαμε.

Έχουμε δύο μικροελεγκτές στο πρότζεκτ μας, έναν για το hydrobot και έναν για το σταθμό βάσης. Οπότε επόμενο είναι να έχουμε δύο κώδικες αντίστοιχα.

Οι ανάγκες που χρειάζεται να ικανοποιήσουμε για τον σταθμό βάσης είναι οι εξής:

- Να συνδεόμαστε και να διαχειριζόμαστε την αμφίδρομη σύνδεση ανάμεσα σε σκάφος και χειριστήριο.
- Να διαβάζουμε και να αποστέλλουμε σε πραγματικό χρόνο τις οδηγίες για την κατεύθυνση στους δύο οριζόντιους άξονες.
- Να διαβάζουμε και να αποστέλλουμε τις οδηγίες για την κίνηση στον κάθετο άξονα.
- Να διαβάζουμε και αποστέλλουμε μια οδηγία για την ευαισθησία ή την ταχύτητα του hydrobot.
- Να δεχόμαστε και να διαβάζουμε τα δεδομένα τηλεμετρίας που αποστέλλονται από το σκάφος.
- Να "οδηγούμε" την LCD οθόνη και να εμφανίζουμε στο χρήστη τα δεδομένα τηλεμετρίας που έχουμε λάβει από το ROV ανά τακτά προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα.
- Να καταγράφουμε σε ένα log αρχείο μέσα σε μια SD κάρτα τα δεδομένα τηλεμετρίας που εμφανίσαμε και στον χρήστη.

Οι ανάγκες που χρειάζεται να ικανοποιηθούν για το Hydrobot είναι οι παρακάτω:

- Να πραγματοποιεί και να διαχειρίζεται μια αμφίδρομη σύνδεση με τον σταθμό βάσης.
- Να δέχεται διαβάζει τις οδηγίες που λαμβάνει για την επιλογή κατεύθυνσης στους τρεις άξονες.
- Να εκτελεί σε πραγματικό χρόνο τις εντολές κίνησης που δέχτηκε, ελέγχοντας τα μοτέρ του ανεξάρτητα.
- Να συλλέγει δεδομένα από τους αισθητήρες περιβάλλοντος.
- Να αποθηκεύει αποστέλλει τα δεδομένα που συνέλεξε, στον χρήστη.

Η λογική που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

Ο σταθμός βάσης σε κάθε κύκλο-λούπα του κώδικα δημιουργεί μια δομή μεταβλητών διαφορετικών τύπων την οποία αποστέλλει αυτούσια στο hydrobot. Η δομή περιέχει έναν χαρακτήρα ASCII που αντιστοιχεί σε μια από τις τέσσερις κατευθύνσεις του οριζόντιου άξονα, έναν ακέραιο αριθμό από το 0 έως το 255 που αντιστοιχεί στη τιμή που διαβάζει ο μικροελεγκτής από το ποτενσιόμετρο που ελέγχει την ευαισθησία και έναν ακόμα χαρακτήρα απλού ASCII που αντιστοιχεί στις δύο θέσεις του ON-ON διακόπτη μας για τον έλεγχο της βύθισης και της άνωσης του σκάφους. Το ROV μόλις λάβει το πακέτο, κάνει ανάγνωση των δεδομένων της δομής και εκτελεί ανάλογα τις εντολές που έλαβε. Ελέγχει δηλαδή τα δύο H-bridges και έναν PWM παλμό για να επηρεάσει την ταχύτητα των κινητήρων. Στον κώδικα του σκάφους πέρα από τον έλεγχο της κίνησης, γίνεται επίσης η συλλογή των εξωτερικών δεδομένων. Σε κάθε κύκλο συλλέγονται και αποθηκεύονται σε μια δομή οι αριθμοί που αντιστοιχούν στις μετρήσεις, η οποία δομή αποστέλλεται σε κάθε λούπα του κώδικα, στο χειριστήριο. Πίσω στον σταθμό βάσης τώρα, έχουμε θέσει την οθόνη LCD σε κατάσταση αναμονής μέχρι να αποφασίσουμε να προβάλλουμε τα πρώτα δεδομένα, μόλις τα προβάλλουμε στον χρήστη, τα αποθηκεύουμε και στη κάρτα SD αφού πρώτα ελέγχουμε αν υπάρχει και αν έχει δημιουργηθεί κάποιο log αρχείο στο εσωτερικό της.

Παρακάτω θα δούμε τον κώδικα των δύο μικροελεγκτών βηματικά με τον απαραίτητο σχολιασμό των εντολών και τον συναρτήσεων.

6.1.1 Κώδικας Πομπού.

```
1 // ΠΟΜΠΟΣ-ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΟ.
2
3 //Δήλωση Βιβλιοθηκών που πρέπει να εισάγουμε.
4 //Η SPI.h είναι απαραίτητη για την επικοινωνία μέσω του SPI πρωτοκόλλου ανάμεσα σε arduino και NRF ή SD
  module.
5 //Οι nRF24L01.h και RF24.h μας διευκολύνουν στον έλεγχο της ασύρματης επικοινωνίας.
6 //Η LiquidCrystal_I2C.h χρειάζεται για να οδηγήσουμε την οθόνη υγρών κρυστάλλων εύκολα.
7 //Η Wire.h μας εφοδιάζει με τις εντολές που χρειάζονται στο I2C πρωτόκολο, που χρησιμοποιεί ο μετατροπέας
  ανάμεσα σε arduino και LCD.
8 //Η SD.h βιβλιοθήκη διαχειρίζεται τις εντολές που αφορούν το γράψιμο και το διάβασμα από την SD κάρτα.
9
10 #include <SPI.h>
11 #include <nRF24L01.h>
12 #include <RF24.h>
13 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
14 #include <Wire.h>
15
16
17 LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
18 //Αρχικοποίηση της LCD οθόνης
19
20 #include <SD.h>
21 File myFile;
22 //Δημιουργία αντικειμένου τύπου File
23
24 #define CE_PIN 7
25 #define CSN_PIN 8
26
27 //Ορισμός των pins 8 και 7 ως Chip Select και Chip Enable αντίστοιχα.
28
29 const byte slaveAddress[5] = {'R','x','A','A','A'};
30 // Δήλωση της διεύθυνσης του slave.
31
32 RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);
33 // Δημιουργία αντικειμένου radio, τύπου RF24
34
35 float sensdata[3]={};
36 // Δημιουργία πίνακα τριών στοιχείων τύπου float
37
38 struct Dirdata{
39 int dir;
40 int knob;
41 int sink;
42 };
43 //Δήλωση δομής Dirdata με τα στοιχεία για την τηλεκατεύθυνση
44
45 Dirdata dirpack;
46 //Δημιουργία δομής τύπου Dirdata με όνομα dirpack
47
48 long previousMillis = 0;
```

```

49 //Δήλωση και αρχικοποίηση μεταβλητής τύπου long
50
51
52 void setup() {
53
54     Serial.begin(9600);
55
56     lcd.begin(20,4);
57     lcd.setCursor(4,0);
58     lcd.print("WAITING...");
59 //Εμφάνιση μηνύματος στην LCD οθόνη, εν αναμονή των πρώτων δεδομένων τηλεμετρίας.
60
61     pinMode(A1, INPUT_PULLUP);
62     pinMode(A0, INPUT_PULLUP);
63 //Θέτουμε δυο αναλογικές εισόδους ίσες με +5V
64
65     radio.begin();
66     radio.setDataRate( RF24_250KBPS );
67
68     radio.enableAckPayload();
69
70     radio.setRetries(15,15); // delay, count
71     radio.openWritingPipe(slaveAddress);
72     radio.stopListening();
73 //Ανοίγουμε τον δίαυλο επικοινωνίας και θετουμε τις απαραίτητες παραμέτρους που επιθυμούμε.
74
75 }
76
77 void loop() {
78
79     navigationInputs();
80 //Καλούμε πρώτα τη συνάρτηση "navigationInputs()" που έχουμε φτιάξει.
81
82     radio.write(&dirpack,sizeof(Dirdata));
83 //Στέλνουμε τη αυτούσια τη δομή dirpack στον δέκτη.
84
85     getTelemetry();
86 //Κάνουμε κλήση της συνάρτησης getTelemetry() που έχουμε φτιάξει.
87
88     Serial.println(dirpack.dir);
89 //Σειριακή εκτύπωση ενός εκ των δεδομένων της δομής dirpack για λόγους debugging
90
91 } //Τέλος λούπας
92
93 //Δημιουργούμε μια συνάρτηση με ονομασία sdLog() που καταγράφει τα δεδομένα τηλεμετρίας του σκάφους,
94 //μέσα σε ένα αρχείο "ROVLOG.txt" στην SD κάρτα.
95
96 void sdLog(){
97     String dataString = "";
98     SD.begin();
99     myFile = SD.open("ROVLOG.txt", FILE_WRITE);
100
101     if(myFile){
102         dataString = " Pressure ";
103         dataString +=String(sensdata[0]);
104         dataString += " Temperature ";
105         dataString +=String(sensdata[1]);

```

```

106  dataString += " Light ";
107  dataString +=String(sensdata[2]);
108
109  myFile.println(dataString);
110  myFile.close();
111 }
112
113 SD.end();
114
115 }
116
117 //Δημιουργούμε μία συνάρτηση με όνομα "printScreen()" που εμφανίζει τα δεδομένα τηλεμετρίας που λάβαμε,
    στην οθόνη,
118 //με μορφή 'ΟΝΟΜΑ - ΤΙΜΗ'.
119
120 void printScreen(){
121     lcd.setCursor(4,0);
122     lcd.print("ROV SENSORS");
123
124     lcd.setCursor(0,1);
125     lcd.print("Temperature ");
126     lcd.setCursor(13,1);
127     lcd.print(sensdata[2]);
128
129     lcd.setCursor(0,2);
130     lcd.print("Light ");
131     lcd.setCursor(13,2);
132     lcd.print(sensdata[1]);
133
134     lcd.setCursor(0,3);
135     lcd.print("Pressure ");
136     lcd.setCursor(13,3);
137     lcd.print(sensdata[0]);
138 }
139
140 //Η συνάρτηση με όνομα navigationInputs()που καλείται πρώτη στη λούπα.
141 //Διαβάζει αναλογικές τιμές από από τρία pins και τις αναθέτει στις θέσεις που αντιστοιχούν στη δομή
    "dirpack".
142
143 void navigationInputs()
144 {
145     dirpack.dir=analogRead(A1);
146     dirpack.knob=analogRead(A7);
147     dirpack.knob = map(dirpack.knob, 0, 1023, 155, 255);
148     dirpack.sink=analogRead(A0);
149 }
150
151 //Η συνάρτηση getTelemetry() κάνει ανάγνωση του ACK payload που προέρχεται από τον δέκτη και περιέχει τα
    στοιχεία που συλλέγονται από το hydrobot μέσω των αισθητήρων του.
152 //Είναι υπεύθυνη για την κλήση των printScreen() και sdLog() ανα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα.
153 void getTelemetry()
154 {
155     unsigned long currentMillis = millis();
156
157     if(currentMillis - previousMillis > 10000) {
158         previousMillis = currentMillis;

```

```

159
160     if(radio.isAckPayloadAvailable()){
161         radio.read(&sensdata,sizeof(sensdata));
162 //Serial.print("received an Ack: ");
163 //Serial.println(String(" Pressure")+sensdata[0]+String(" LUX")+sensdata[1]+String(" Temperature ")
        +sensdata[2]);
164 printScreen();
165 sdLog();
166
167     }
168 }
169 }

```

6.1.2 Κώδικας Δέκτη.

```

1 // HYDROBOT-ΣΚΑΦΟΣ
2
3 //Δήλωση Βιβλιοθηκών που πρέπει να εισάγουμε.
4 //H SPI.h είναι απαραίτητη για την επικοινωνία μέσω του SPI πρωτοκόλλου ανάμεσα σε arduino και NRF ή SD
   module.
5 //Οι nRF24L01.h και RF24.h μας διευκολύνουν στον έλεγχο της ασύρματης επικοινωνίας.
6
7 #include <SPI.h>
8 #include <nRF24L01.h>
9 #include <RF24.h>
10
11 //Ορισμός των pins 8 και 7 ως Chip Select και Chip Enable αντίστοιχα
12 #define CE_PIN 7
13 #define CSN_PIN 8
14
15 //Δήλωση μεταβλητών και εισόδου που χρειαζόμαστε για να υπολογιστεί η θερμοκρασία μέσω του NTC Thermistor
16 int ThermistorPin = A3;
17 int Vo;
18 float R1 = 10000;
19 float logR2, R2, T;
20 float c1 = 1.009249522e-03, c2 = 2.378405444e-04, c3 = 2.019202697e-07;
21
22 //Δήλωση του pin εισόδου που συνδέεται το σήμα από τον LDR sensor.
23 const int ldrPin = A2;
24
25 // Δήλωση της διεύθυνσης του slave ίδια με του πομπού.
26 const byte thisSlaveAddress[5] = {'R','X','A','A','A'};

```

```

27
28 // Δημιουργία αντικειμένου radio, τύπου RF24
29 RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);
30
31
32 //Δήλωση δύο πινάκων για την αποθήκευση και αποστολή των δεδομένων των αισθητήρων.
33 char msg[10];
34 float sensdata[3]={};
35
36
37 //Δήλωση και δομής ίδιας με του πομπού για την λήψη των δεδομένων τηλεκατεύθυνσης.
38 struct Directions{
39 int dir;
40 int knob;
41 int sink;
42 };
43
44 Directions directionpack;
45
46 void setup() {
47
48 //Αρχικοποίηση και γέμισμα πίνακα sensdata[] με τα αντίστοιχα αποτελέσματα τηλεμετρίας .
49 for(int i=0;i<=3;i++){
50 int sensval =analogRead(i);
51 sensval=sensdata[i];
52 }
53
54 Serial.begin(9600);
55
56 //Ανοίγουμε τον δίαυλο επικοινωνίας και θετουμε τις απαραίτητες παραμέτρους που επιθυμούμε.
57 //Ενεργοποίηση της δυναμικής αλλαγής του ACK μηνύματος.
58 radio.begin();
59 radio.setDataRate( RF24_250KBPS );
60 radio.openReadingPipe(1, thisSlaveAddress);
61
62 radio.enableAckPayload();
63
64 radio.startListening();
65
66 //Δήλωση τριών αναλογικών pins ως εισόδων.
67 pinMode(A3, INPUT);
68 pinMode(A1, INPUT);
69 pinMode(A2, INPUT);
70
71 //Δήλωση επτά pins ως εξόδων και αρχικοποίηση της κατάστασής τους
72 pinMode(2, OUTPUT);
73 pinMode(3, OUTPUT);
74 pinMode(4, OUTPUT);
75 pinMode(5, OUTPUT);
76 pinMode(6, OUTPUT);
77 pinMode(A4, OUTPUT);
78 pinMode(A5, OUTPUT);
79 digitalWrite(2,LOW);
80 digitalWrite(3,LOW);
81 digitalWrite(4,LOW);
82 digitalWrite(5,LOW);
83 digitalWrite(6,LOW);

```

```

84     digitalWrite(A4,LOW);
85     digitalWrite(A5,LOW);
86
87 }
88 void loop() {
89
90 //Γίνεται έλεγχος για το εαν υπάρχει διαθέσιμος διάυλος επικοινωνίας.
91 //Διαβάζουμε και αποθηκεύουμε αυτούσια τη δομή με τα δεδομένα τηλεκατευθυνσης που στέλνει ο πομπός.
92 if (radio.available()){
93     radio.read(&directionpack,sizeof(Directions));
94
95 //Γεμίζουμε το Acknowledgement πακέτο με τα δεδομένα του πίνακα sensdata
96     radio.writeAckPayload(1,&sensdata,sizeof(sensdata));
97
98 //Κλήση της συνάρτησης navigate().
99     navigate();
100
101 //Σειριακή εκτύπωση των δεδομένων τηλεκατευθυνσης για λόγους debugging.
102     Serial.println(directionpack.dir);
103
104 }
105
106 //Κλήση της συνάρτησης collectSensordata().
107 collectSensordata();
108 }
109
110 //Δημιουργία της συνάρτησης navigate() που είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο των H-bridge.
111 //Ανάλογα το εύρος στο οποίο βρίσκονται οι τιμές θέτει τις εξόδους μας HIGH ή LOW.
112 //Ορίζει επίσης τον PWM παλμό για τον έλεγχο της ευαισθησίας του σκάφους.
113 void navigate (){
114
115 //ΟΠΙΣΘΕΝ
116     if (directionpack.dir<100 && directionpack.dir>0){
117         digitalWrite(2,HIGH);
118         digitalWrite(3,LOW);
119         digitalWrite(4,HIGH);
120         digitalWrite(5,LOW);
121
122         analogWrite(6,directionpack.knob);
123
124         if(directionpack.sink>100 && directionpack.sink<400){
125             digitalWrite(A4,LOW);
126             digitalWrite(A5,HIGH);
127         }
128
129         else if(directionpack.sink<100){
130             digitalWrite(A4,HIGH);
131             digitalWrite(A5,LOW);
132
133         }
134         else{
135             digitalWrite(A4,LOW);
136             digitalWrite(A5,LOW);
137         }
138
139     }

```



```
140
141 //ΕΜΠΡΟΣ
142 else if (directionpack.dir>300 && directionpack.dir<400){
143     digitalWrite(2,HIGH);
144     digitalWrite(3,LOW);
145     digitalWrite(4,LOW);
146     digitalWrite(5,HIGH);
147
148     analogWrite(6,directionpack.knob);
149
150     if(directionpack.sink>100 && directionpack.sink<400){
151         digitalWrite(A4,LOW);
152         digitalWrite(A5,HIGH);
153     }
154     else if(directionpack.sink<100){
155         digitalWrite(A4,HIGH);
156         digitalWrite(A5,LOW);
157
158     }
159     else{
160         digitalWrite(A4,LOW);
161         digitalWrite(A5,LOW);
162
163     }
164 }
165
166 //ΑΡΙΣΤΕΡΑ
167 else if (directionpack.dir>200 && directionpack.dir<300){
168     digitalWrite(2,LOW);
169     digitalWrite(3,HIGH);
170     digitalWrite(4,HIGH);
171     digitalWrite(5,LOW);
172
173     analogWrite(6,directionpack.knob);
174
175     if(directionpack.sink>100 && directionpack.sink<400){
176         digitalWrite(A4,LOW);
177         digitalWrite(A5,HIGH);
178     }
179     else if(directionpack.sink<100){
180         digitalWrite(A4,HIGH);
181         digitalWrite(A5,LOW);
182
183     }
184     else{
185         digitalWrite(A4,LOW);
186         digitalWrite(A5,LOW);
187
188     }
189 }
190
191 //ΔΕΞΙΑ
192 else if (directionpack.dir>400 && directionpack.dir<500){
193     digitalWrite(2,LOW);
194     digitalWrite(3,HIGH);
```

```

195     digitalWrite(4,LOW);
196     digitalWrite(5,HIGH);
197
198     analogWrite(6,directionpack.knob);
199     if(directionpack.sink>100 && directionpack.sink<400){
200         digitalWrite(A4,LOW);
201         digitalWrite(A5,HIGH);
202     }
203     else if(directionpack.sink<100){
204         digitalWrite(A4,HIGH);
205         digitalWrite(A5,LOW);
206
207     }
208     else{
209         digitalWrite(A4,LOW);
210         digitalWrite(A5,LOW);
211
212     }
213 }
214 //ΧΩΡΙΣ ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΣΤΟΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟ ΑΞΟΝΑ.
215 else{
216     digitalWrite(2,LOW);
217     digitalWrite(3,LOW);
218     digitalWrite(4,LOW);
219     digitalWrite(5,LOW);
220     analogWrite(6,directionpack.knob);
221
222     if(directionpack.sink>100 && directionpack.sink<400){
223         digitalWrite(A4,LOW);
224         digitalWrite(A5,HIGH);
225     }
226     else if(directionpack.sink<100){
227         digitalWrite(A4,HIGH);
228         digitalWrite(A5,LOW);
229
230     }
231     else{
232         digitalWrite(A4,LOW);
233         digitalWrite(A5,LOW);
234
235     }
236 }
237 }
238
239 //Δημιουργία της συνάρτησης collectSensordata() για τη συλλογή των τιμών απο τους αισθητήρες.
240 void collectSensordata(){
241
242     //Αισθητήρας Πίεσης
243     //Ανάγνωση αναλογικής εισόδου
244     int sensorValue = analogRead(A1);
245
246     //Μετατροπή από τιμή εύρους 0-1023 σε τιμή τάσης 0-5V
247     //Υπολογισμός πίεσης μέσω της συνάρτησης που μας δίνει ο κατασκευαστής του αισθητήρα στο datasheet.
248     float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0);
249     sensdata[0] = (voltage+0.475)/(0.045);
250

```

```
251 //Αισθητήρας Φωτεινότητας
252   sensdata[1] = analogRead(ldrPin);
253
254 //Αισθητήρας Θερμοκρασίας.
255 //Υπολογισμός θερμοκρασίας μέσω της συνάρτησης που μας δίνει ο κατασκευαστής του αισθητήρα στο
   datasheet.
256   Vo = analogRead(ThermistorPin);
257   R2 = R1 * (1023.0 / (float)Vo - 1.0);
258   logR2 = log(R2);
259   T = (1.0 / (c1 + c2*logR2 + c3*logR2*logR2*logR2));
260   sensdata[2] = T - 273.15;
261 }
```

Κεφάλαιο 7

Περιγραφή Υλικών και Υλοποίηση

7.1 Λεπτομέρειες και δυσκολίες υλοποίησης

Πριν προχωρήσουμε στην αγορά των υλικών και την αρχική υλοποίηση, έπρεπε να σκεφτούμε και να αποφασίσουμε τις ανάγκες που θα έπρεπε να ικανοποιεί το σκάφος hydrobot μας και να οραματιστούμε τι μορφή θα έχει και με ποιο τρόπο θα ικανοποιήσει τις ανάγκες αυτές.

Πάρθηκε η απόφαση το σκάφος να ανήκει στην κατηγορία των επιστημονικών/ερευνητικών ROV καθώς κάτι τέτοιο ταίριαζε περισσότερο στην φιλοσοφία του λόγου που ξεκίνησε το εγχείρημα και θα μας έδινε την ευκαιρία να ασχοληθούμε με αισθητήρες, μετρήσεις, τηλεμετρία και καταγραφή, πέρα από τις ανάγκες που είναι κοινές για κάθε hydrobot.

Ένας ακόμα περιορισμός που θέσαμε ήταν το γεγονός πως θέλαμε το Hydrobot μας να είναι ασύρματο, κάτι το οποίο είναι αντισυμβατικό καθώς το νερό είναι είναι εξαιρετικά κακός αγωγός των ραδιοσυχνοτήτων ειδικά των σχετικά υψίσυχνων. Για παράδειγμα ένα ζεύγος κοινών πομποδεκτών χαμηλής ισχύος 100mW με συχνότητα λειτουργίας τα 433mhz που μπορούμε να προμηθευτούμε εύκολα στο λιανικό εμπόριο, έπειτα από δοκιμές, χάνουν την επαφή μεταξύ τους με διαμεσολάβηση ενός με ενάμιση μέτρου νερού. Το ίδιο παρατηρήσαμε και με δοκιμές πομποδεκτών ακόμα χαμηλότερης συχνότητας, στα 315mhz και παρόμοιας ισχύος. Όπως αναλύσαμε στο κεφάλαιο 1ο, η βιομηχανία έχει αντιμετωπίσει ήδη αυτό το πρόβλημα και οι λύσεις που έχει δώσει είναι το dead reckoning ή τη δημιουργία nodes - φάρων σε πλέγμα. Μια λύση αφενός υπερβολικά πολυσύνθετη και αφετέρου απευθυνόμενη σε αυτόνομα ROV με προ - προγραμματισμένη διαδρομή και αποστολή.

Μια λύση θα ήταν η χρήση sonar για την επικοινωνία σκάφους και χειριστηρίου, κάτι όμως που θα αύξανε κατακόρυφα την πολυπλοκότητα και θα μείωνε την αξιοπιστία της επικοινωνίας, καθώς θα ερχόμασταν αντιμέτωποι με ακριβό εξοπλισμό, ελλιπή βιβλιογραφία καθώς η sonar τεχνολογία δεν ενδείκνυται για γρήγορη αμφίδρομη επικοινωνία λόγω μεγάλου ποσοστού σφαλμάτων εξαιτίας της διασποράς(Geometric spreading loss), της απόσβεσης(attenuation) και της ανάκλασης των σημάτων.

Καταλήξαμε λοιπόν στη χρήση των NRF24 modules με την προϋπόθεση να έχουμε τη κεραία τους εκτός νερού. Έτσι δημιουργήθηκε η ιδέα για τη σηματοδούρα του σκάφους που αναλαμβάνει το διττό ρόλο της ένδειξης του σημείου βύθισης και της προστασίας της κεραίας του σκάφους από το νερό, περιέχει επίσης τον πομπό της εικόνας που εκπέμπει στα 5.8Ghz, συχνότητα διαφορετική από αυτή των NRF για την αποφυγή παρεμβολών.

Με αυτόν τον τρόπο επιχειρούμε την ενσύρματη αποκοπή του σταθμού βάσης από το hydrobot.

Έπειτα από έρευνα σε προηγούμενες υλοποιήσεις βιομηχανικές ή και όχι, καταλήξαμε σε hydrobot με εξωσκελετό κλωβό, λόγω των πολλών ευκολιών που μας προσφέρει. Είναι υπέρ του δεόντως στιβαρός σχεδιασμός, μας προσφέρει μεγάλες δυνατότητες παραμετροποίησης, μπορεί να υλοποιηθεί εύκολα και να αντιγραφεί εξίσου εύκολα από μία πληθώρα υλικών, από συνθετικά έως κράματα μετάλλων. Προσφέρει επίσης τη δυνατότητα πολλαπλών σημείων ασφάλισης και εγκατάστασης των υπόλοιπων μερών του σκάφους, όπως είναι το κυρίως σώμα και τα μοτέρ. Μας δίνει επίσης τη δυνατότητα να τοποθετούμε και να μετακινούμε κατάλληλα τα μέρη του ROV ώστε να πετύχουμε την σωστή ισορροπία άνωσης και βύθισης. Το κύριο μειονέκτημα ενός τέτοιου σχεδιασμού, ειδικά συγκρίνοντάς το με hydrobots σε σχήμα τορπίλης ή με μονοκόκ σασί, είναι η μειωμένη υδροδυναμική και ο εμφανώς μεγαλύτερος συντελεστής τριβής. Κάτι τέτοιο, επηρεάζει άμεσα την ταχύτητα αλλά και την ενεργειακή κατανάλωση του σκάφους ιδιότητες μεγάλης σημασίας για συγκεκριμένες εφαρμογές, αλλά μικρής σημασίας για εμάς και την υλοποίησή μας.

Σίγουρα έπρεπε να φροντίσουμε για προστασία και καλό οπτικό πεδίο της κάμερας. Όπως επίσης για την προστασία των αισθητήρων μας αλλά και την επαρκή τους έκθεση στις περιβαλλοντικές συνθήκες ώστε να λαμβάνουμε και να καταγράφουμε σωστές μετρήσεις.

Σημαντικό κομμάτι επίσης είναι ο σχεδιασμός της προώθησης τους σκάφους. Καταλήξαμε πως συνολικά τέσσερα μοτέρ που λειτουργούν με συνεχές ρεύμα είναι αρκετά για την υλοποίηση μας. Είναι ανθεκτικά σε διακυμάνσεις τάσεως και με τη βοήθεια των H-Bridge είναι εύκολα διαχειρίσιμα. Τα δύο μοτέρ που αναλαμβάνουν την προώθηση αλλά και την επιλογή κατεύθυνσης είναι ελαφρώς ισχυρότερα με μεγαλύτερες προπέλες και ικανά για μεγαλύτερη μετατόπιση νερού, έχουν ανεξαρτησία στην κατεύθυνση κίνησης και κοινή ταχύτητα περιστροφής. Εκτός από τις περιπτώσεις της κίνησης προς τα εμπρός και προς τα πίσω όπου τα μοτέρ κινούνται συγχρονισμένα σαν ζεύγος με μια κοινή φορά και ταχύτητα, έχουμε αποφασίσει να λειτουργούν με αντίθετη φορά μεταξύ τους, όταν επιλέγουμε μια κατεύθυνση. Η λύση του να λειτουργεί μόνο το ένα από τα δυο μοτέρ στην επιλογή κατεύθυνσης, θα ήταν μεν αποτελεσματική, αλλά επηρεάζει την ταχύτητα περιστροφής άρα και τη συνολική απόκριση του συστήματος και αυξάνει το φορτίο ανά μοτέρ.

Στο κομμάτι του σταθμού βάσης, κινηθήκαμε με βάση τη φορητότητα. Έχει σχεδιαστεί, έτσι ούτως ώστε να είναι απόλυτα φορητό, χωρίς να χάνει τίποτα σε λειτουργικότητα. Περιέχει όλα όσα χρειαζόμαστε για την διεπαφή με το hydrobot. Για την ακρίβεια το κομμάτι ελέγχου αποτελείται από μοχλό για την κίνηση στους δύο οριζόντιους άξονες, από έναν τριπολικό διακόπτη τύπου on-on για τον έλεγχο της μετακίνησης στον κάθετο άξονα και ένα ποτενσιόμετρο με το οποίο ρυθμίζουμε τη συνολική ευαισθησία / ταχύτητα του σκάφους. Η οθόνη χαρακτήρων προβάλλει τη διαθέσιμη τηλεμετρία, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, που έχουμε θέσει εμείς με τον προγραμματισμό του arduino και η έγχρωμη οθόνη lcd προβάλλει την εικόνα που λαμβάνει ο δέκτης του σταθμού, από την κάμερα του σκάφους σε ζωντανό χρόνο.

7.2 Αποτυχίες και V1.0

Στην πρώτη έκδοση του σκάφους πάρθηκε η απόφαση ο εξωσκελετός να κατασκευαστεί από σωλήνες ppr πολυπροπυλενίου πάχους 25mm. Τη λύση αυτήν ακολούθησαν και οι κατασκευαστές κάποιον εκδοχών του Searperch οπότε έμοιαζε καλή ιδέα. Τα θετικά του υλικού είναι πως είναι εύκολα προσβάσιμο, οικονομικό, εξαιρετικά ανθεκτικό σε πληθώρα συνθηκών και χημικών και υπάρχει έτοιμο σε διατομές που μας εξυπηρετούσαν. Τα αρνητικά του στη δική μας εφαρμογή είναι πως ενώ η κατεργασία του είναι εύκολη, η ενώσεις των κομματιών του υλικού γίνονται μέσω θερμοσυγκόλλησης που απαιτεί συγκεκριμένο εξοπλισμό, επίσης δεν ενδεικνύεται καθόλου σαν υλικό για κολλήσεις με χημικά προϊόντα (κόλλες). Τέλος έχει σαφώς μικρότερη πυκνότητα από το νερό. Αρνητικά τα οποία σε άλλες εφαρμογές μπορεί να μην αποτελούν ιδιαίτερο πρόβλημα, αλλά στη δική μας υλοποίηση παρουσίασαν εμπόδια.

Τα κομμάτια από πολυπροπυλένιο κόπηκαν στις απαραίτητες διαστάσεις και με αυτοσχέδιο τρόπο ανοίχτηκαν βόλτες αρσενικές και θηλυκές σε εξαρτήματα και έπειτα συναρμολογήθηκαν για να σχηματιστεί ο παραλληλόγραμμος σκελετός σε διαστάσεις 400mmX3000mmX250mm. Στον σκελετό ανοίχτηκαν τρύπες, ώστε να είναι υγρού τύπου. Να τον διαπερνάει δηλαδή νερό, όσο είναι βυθισμένος και να μην παγιδεύει αέρα μέσα του.



Σκελετός υγρού τύπου από PPR.

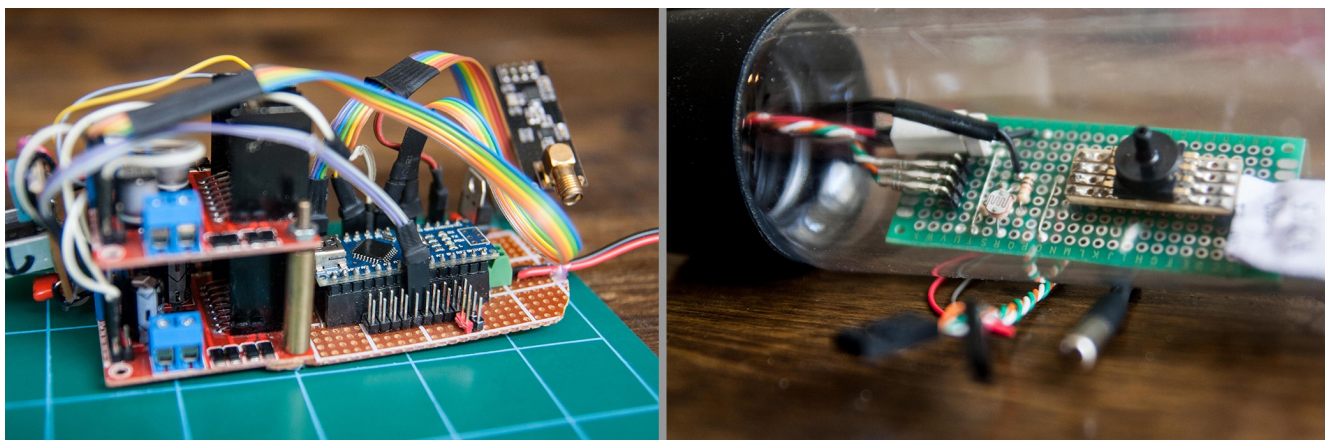
Για το κυρίως μέρος του σκάφους διαλέξαμε ένα σύνδεσμο τύπου "ΤΑΦ" από συνθετικό PVC διατομής 125mm με τα απαραίτητα εξαρτήματα από PVC ώστε να κλείνει αεροστεγώς και υδατοστεγώς. Στο εμπρόσθιο μέρος, σφηνώθηκε και κολλήθηκε ένα διαυγές ακρυλικό ημισφαίριο, για να μας επιτρέπει να έχουμε εικόνα του εσωτερικού αλλά και να τοποθετήσουμε την κάμερα εντός του κυρίου σώματος. Η κορυφή του "ΤΑΦ" τρυπήθηκε και τοποθετήθηκε ένας στυπιοθλίπτης κατάλληλου μεγέθους για να επιτρέψει στα καλώδια, με κατεύθυνση τα μοτέρ και τη σημαδούρα να περνάνε. Το κυρίως σώμα "αιωρείται" στο κέντρο του σκελετού μέσω μεταλλικών βάσεων συγκράτησης σωλήνων και μέσω αλουμινένιων προφίλ που κόπηκαν τρυπήθηκαν και σχηματίστηκαν κατάλληλα.



Εφαρμογή θόλου, στο κυρίως σκάφος.

Η σημαδούρα, είναι ένα κουτί ηλεκτρολογικού υλικού με βαθμό αδιαβροχοποίησης IP66, Αρκετό δηλαδή για τη χρήση που προορίζεται. Μέσα στη σημαδούρα τοποθετήθηκαν ο αναμεταδότης εικόνας για την κάμερα και μια κεραία 2.4GHz για το NRF που θα βρίσκεται βυθισμένο μαζί με το σκάφος, περιέχει όπως και το κυρίως σκάφος έναν στυπιοθλίπτη για τη διέλευση των δυο ομοαξονικών καλωδίων για την κεραία και τη μεταφορά εικόνας και των καλωδίων τροφοδοσίας του πομπού εικόνας.

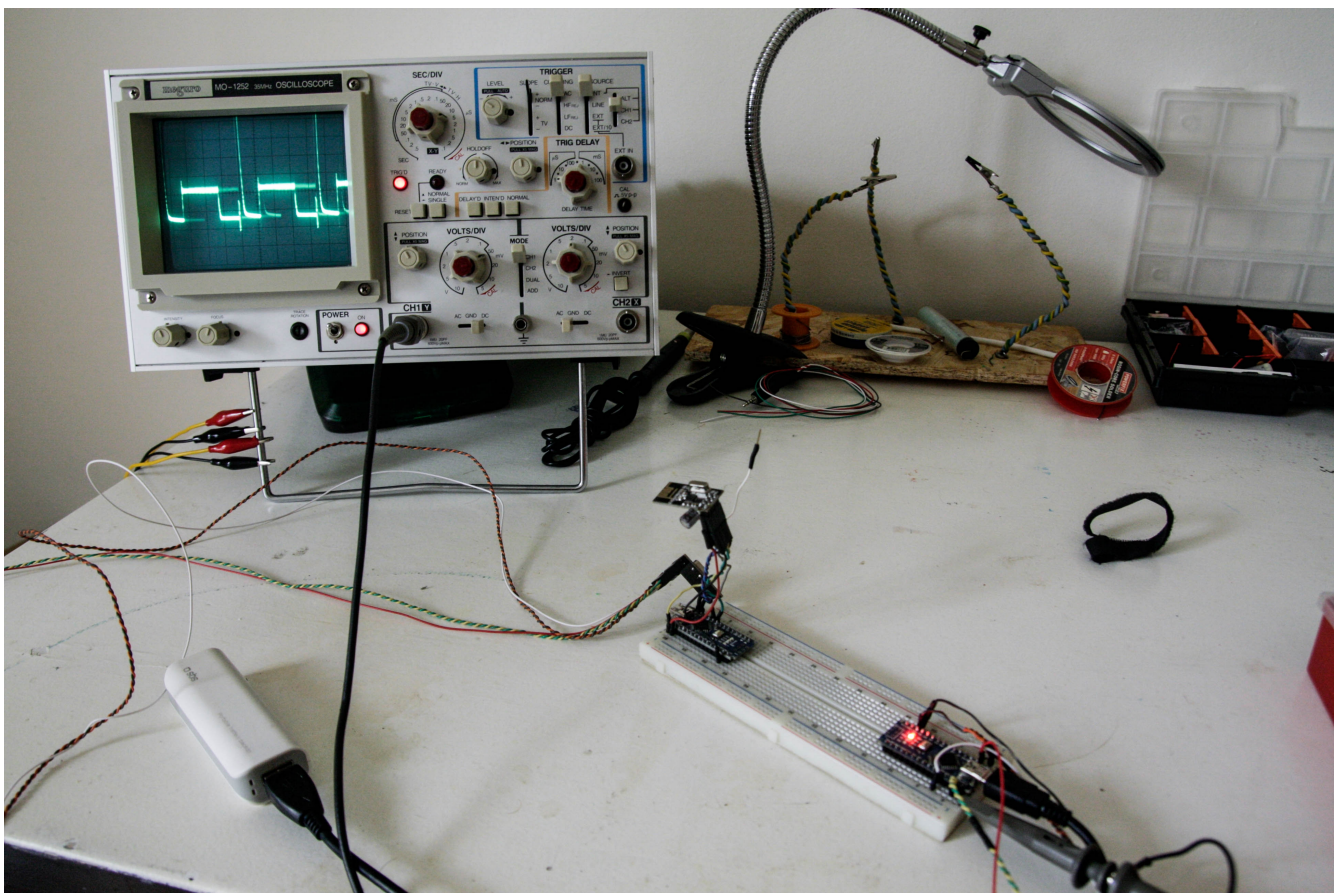
Κόπηκαν και κατασκευάστηκαν δύο breakout boards από perfboard ένα για τους αισθητήρες και ένα για το arduino Nano, με συνδέσμους για καλώδια regulators οπού χρειάζεται και τα απαραίτητα παθητικά ηλεκτρονικά. Η πλακέτα με τους αισθητήρες μπήκε σε ένα δεύτερο δοχείο εκτός του κυρίου σώματος.



Συστάδα ηλεκτρονικών σκάφους (αριστερά) και sensor board (δεξιά).

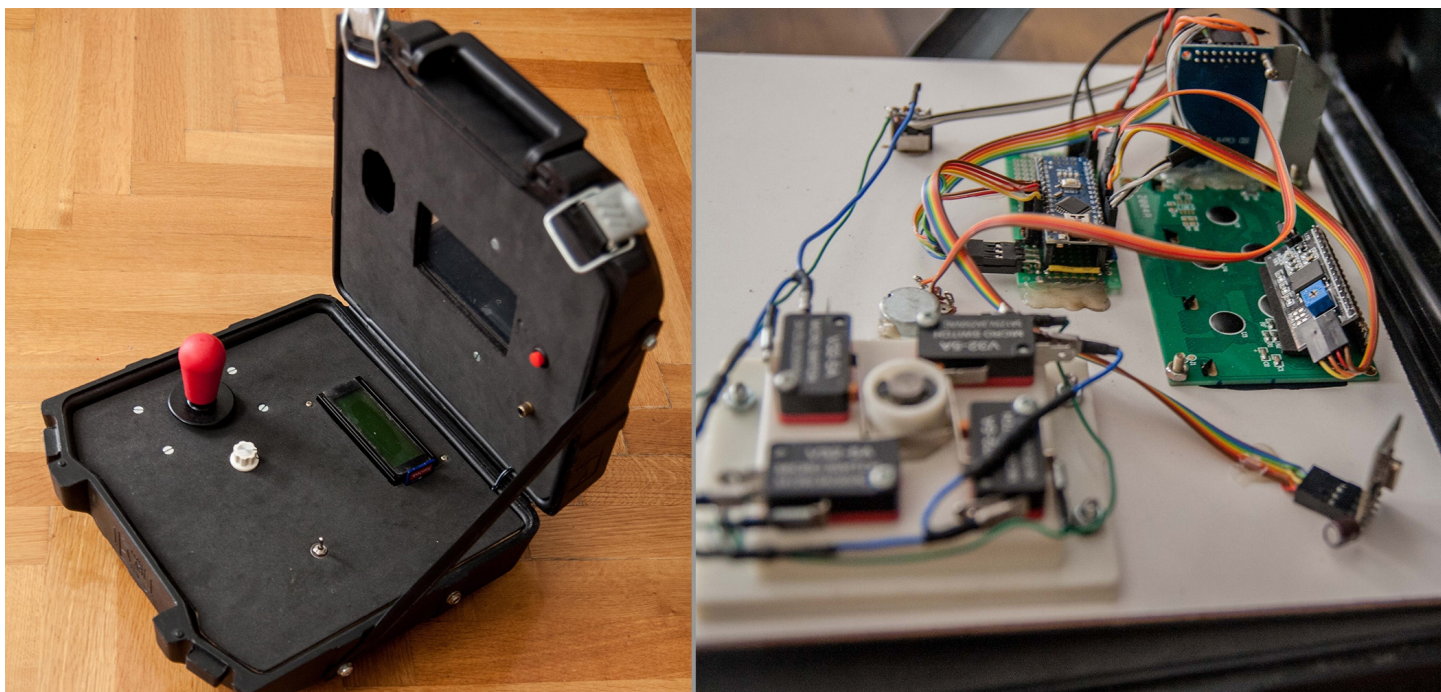
Στα DC motors προστέθηκαν κεραμικοί πυκνωτές στους πόλους, έπειτα προστατεύτηκαν με ταινία και τοποθετήθηκαν σε δοχεία με λιωμένο κερί παραφίνης το οποίο μόλις σκληρύνει παρέχει προστασία από το νερό και το εμποδίζει να προσχωρήσει στα τυλίγματα των ρότορών τους. Στον κινούμενο άξονά τους τοποθετήσαμε πλαστικές προπέλες ανάλογες με το μέγεθος των μοτέρ.

Η Αρχική σκέψη ήταν το NRF module του hydrobot να βρίσκεται εντός της σημαδούρας και να ενωθεί με το σκάφος μέσω καλωδίων. Δυστυχώς όμως το πρωτόκολλο SPI είναι αξιόπιστο μόνο για μεταφορά δεδομένων μέσω καλωδίων ή τυπωμένων διαδρομών μήκους μερικών μόνο εκατοστών. Πειραματικά καταφέραμε αξιόπιστη επικοινωνία μόνο μέχρι το ~1μέτρο καλωδίων. Έτσι καταλήξαμε το NRF να βρίσκεται υποβρύχια μέσα στο κυρίως σκάφος και να ενώνεται μέσω low-loss πολύκλωνου ομοαξονικού καλωδίου, με μία κεραία στην επιφάνεια. Η απόσταση της σημαδούρας από το σκάφος περιορίζεται στο 1.5m λόγω των καλωδίων αν και μπορεί εν δυνάμει να αυξηθεί. Είναι μια συμβιβαστική λύση για την ευκολία των δοκιμών.



Δοκιμές του SPI πρωτοκόλλου σε μεγάλο μήκος καλωδίου.

Για το χειριστήριο μεταποιήθηκε ένα βαλιτσάκι μεταφοράς από συνθετικό υλικό. Αδειάστηκε μετρήθηκε και σύμφωνα με τα πατρόν που βγάλαμε, κόψαμε ξυλεία στο κατάλληλο σχήμα. Ανοίχτηκαν οι απαραίτητες τρύπες και σχισμές για τα ηλεκτρονικά και τοποθετήσαμε ένα αφρώδες υλικό στις εσωτερικές του επιφάνειες, για προστασία και καλύτερη εμφάνιση. Arduino και inputs και outputs συνδέθηκαν με χειροποίητους συνδέσμους και τοποθετήθηκαν στο κάτω μέρος του χειριστηρίου. Στο επάνω μέρος τοποθετήθηκε ο δέκτης της εικόνας και η έγχρωμη οθόνη και συνδέθηκαν μέσω RCA καλωδίων.

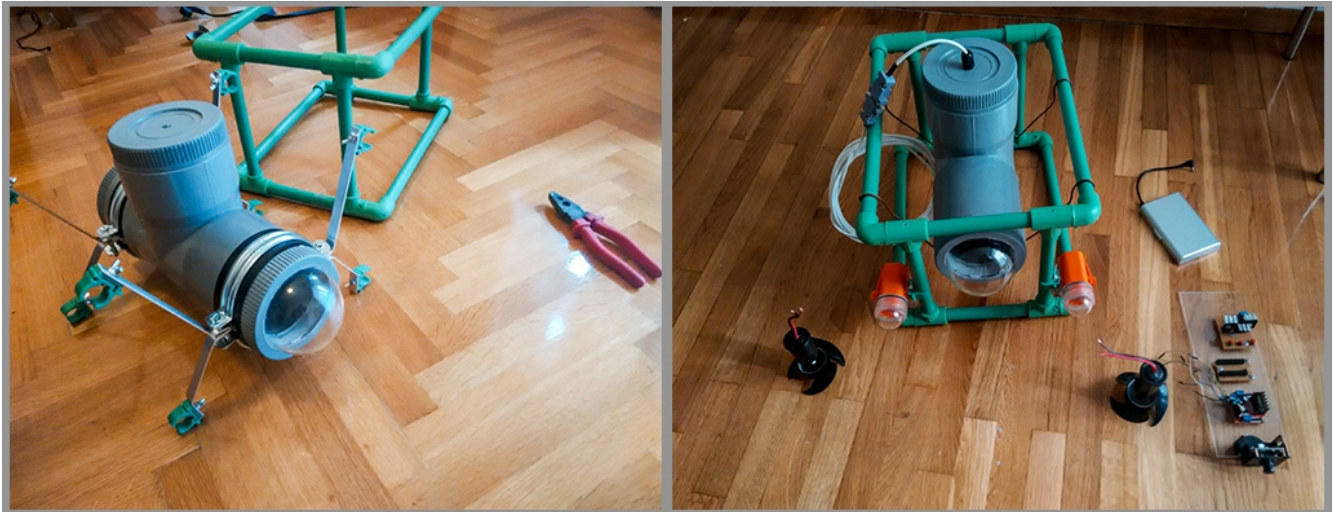


Πίσω πλευρά του κάτω μέρους του σταθμού βάσης(δεξιά).

Σε δοκιμές που έγιναν, το σκάφος και ο σκελετός δυστυχώς αποδείχθηκαν ανεπαρκή. Ο Μεγάλος όγκος αέρα που περιείχε το σώμα του Hydrobot και η μικρή πυκνότητα που είχε ο σκελετός από ppr φάνηκαν κακοί σύμμαχοι της βύθισης. Με υπολογισμούς των σχέσεων όγκου αέρα και βάρους που δεν είχαμε λάβει εκ των προτέρων υπ' όψιν, καταλήξαμε πως θα χρειαζόμασταν οχτώ Kg επιπλέον για επαρκή και ομαλή βύθιση και ισορροπία. Βάρος που θα αύξανε κατά πολύ την αδράνεια του σκάφους και θα ζόριζε πολύ περισσότερο το σύστημα προώθησης κατά την εκκίνηση.

Έγιναν διάφορες δοκιμές και μετατροπές που δεν οδήγησαν σε κάποιο αξιόλογο αποτέλεσμα οπότε δεν είναι και άξιες αναφοράς. Η στεγανότητα του σκάφους είχε επίσης διαφορετική συμπεριφορά με άλλοτε πολύ καλά και άλλοτε ανησυχητικά αποτελέσματα.

Ο επανασχεδιασμός του κυρίως σκάφους και του κλωβού ήταν μονόδρομος και πολύ καλύτερη λύση από τη μεταποίηση του ήδη υπάρχοντος.



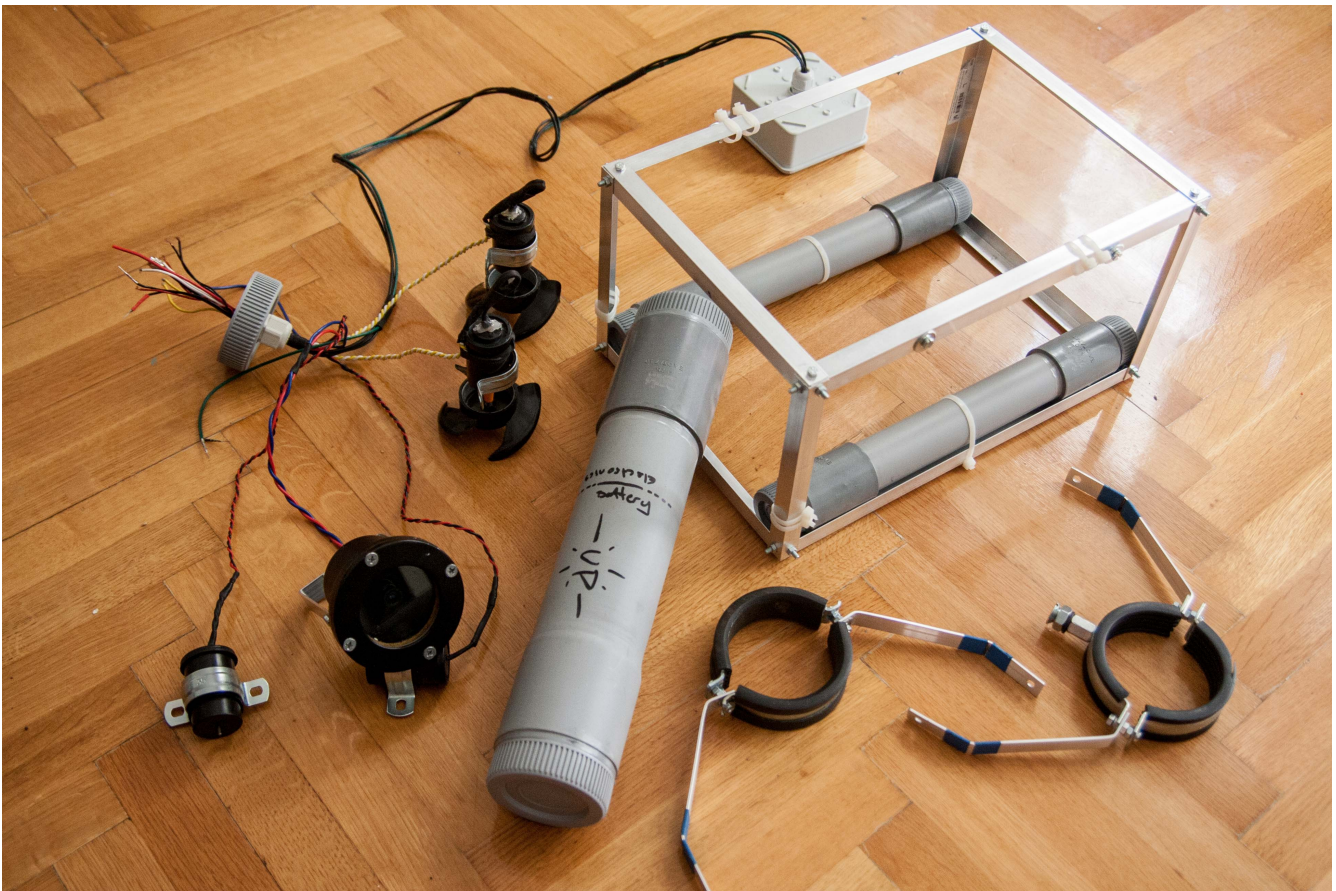
Αποτυχημένη V.1 του σκάφους.

7.3 V2.0

Στην δεύτερη και τελευταία μέχρι στιγμής υλοποίηση αποφασίσαμε να κατασκευαστεί ένα μικρότερο, πιο συμπαγές και πιο στιβαρό σκάφος και να μειωθεί στο ελάχιστο ο "νεκρός" χώρος.

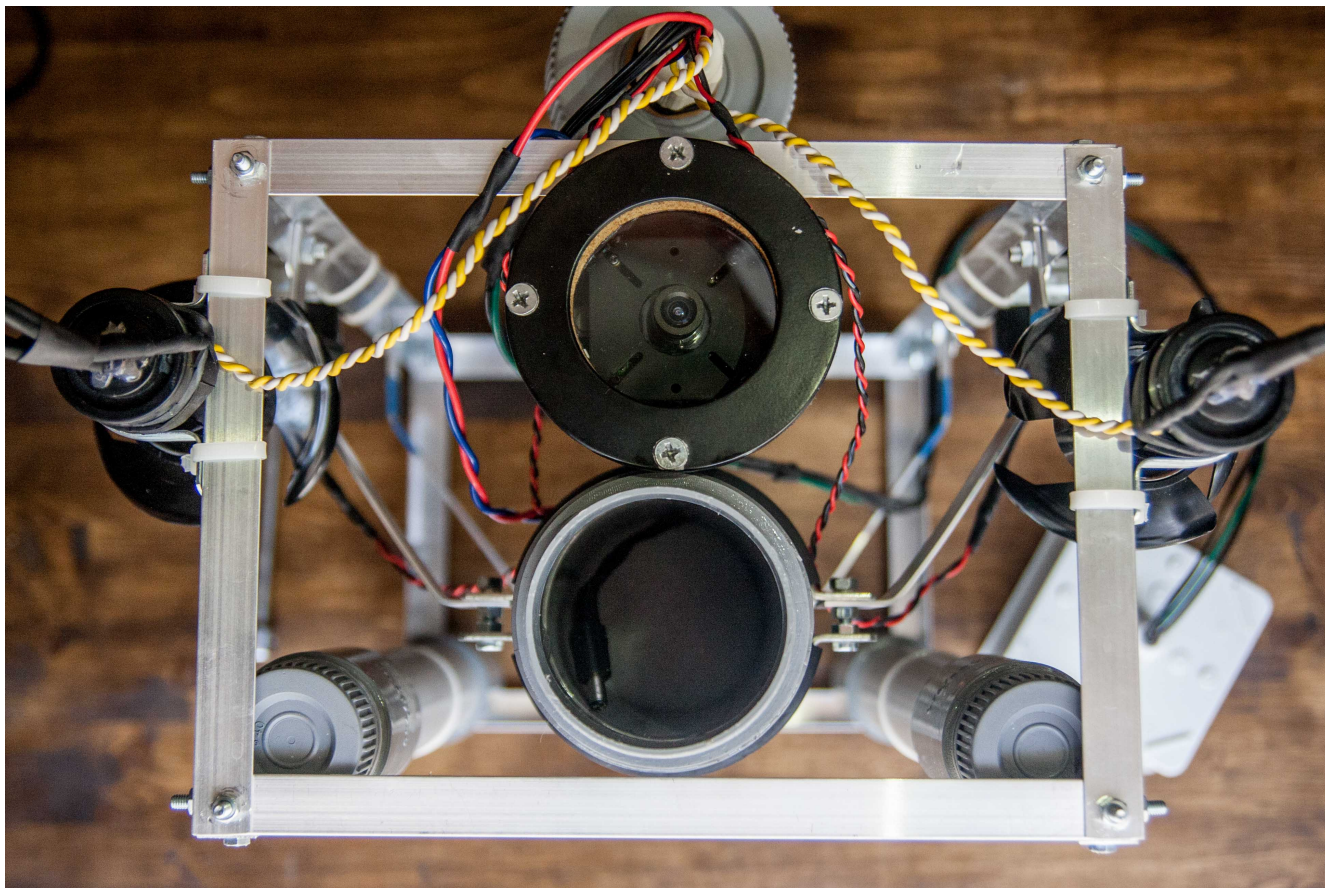
Ο σκελετός κατασκευάστηκε από προφίλ αλουμινίου που κόπηκε - τρυπήθηκε και συναρμολογήθηκε σε παραλληλόγραμμο σχήμα μικρότερου ύψους.

Ένας ευθύς σωλήνας από PVC συνθετικό υλικό επιλέχθηκε για το κυρίως σώμα. Κόπηκε και τον επεξεργαστήκαμε κατάλληλα, ώστε να χωράει μόνο τα ηλεκτρονικά και τη μπαταρία του σκάφους.

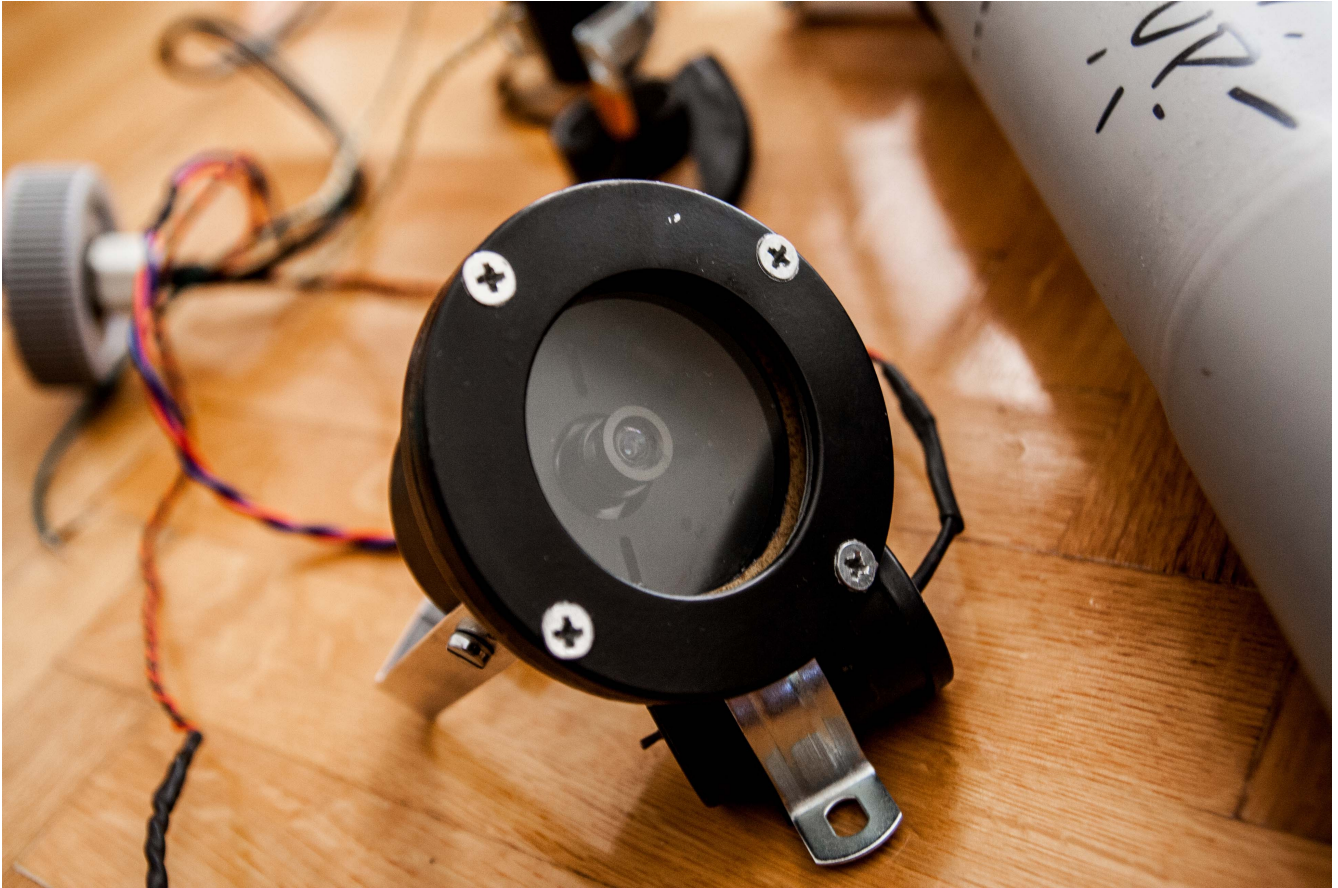


Το κυρίως σώμα τοποθετήθηκε μέσα στον σκελετό όπως και στην πρώτη έκδοση. Τα μοτέρ στερεώθηκαν στα σημεία οριζόντιας και κάθετης ισορροπίας και όλα τα καλώδια τους όπως και αυτά από τη σημαδούρα που παρέμεινε ίδια, οδηγήθηκαν μέσω ενός στυπιοθλύπτη μέσα στο σώμα.

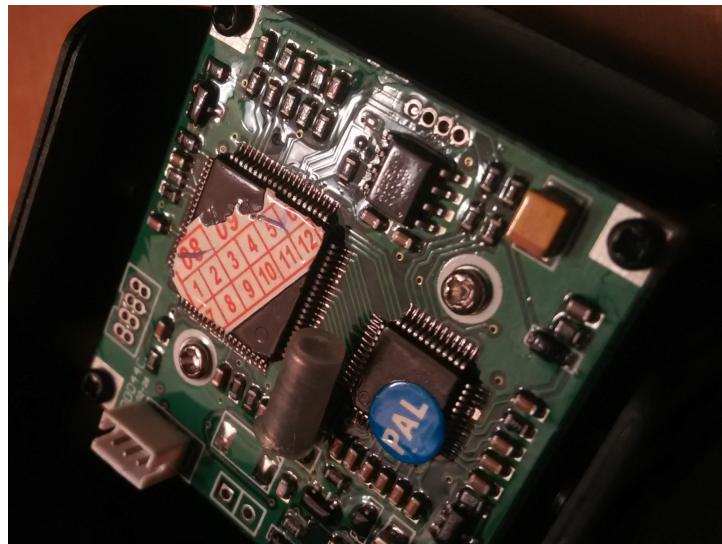
Η μπαταρία μολύβδου μονώθηκε για προστασία και της προσθέσαμε ένα αρσενικό σύνδεσμο για εύκολη φόρτιση της εκτός κυκλώματος και εύκολη επανασύνδεση στα ηλεκτρονικά μας.



Η κάμερα πλέον φιλοξενείται σε ξεχωριστή δική της θήκη, κατασκευασμένη από αλουμίνιο



Στον σταθμό βάσης όπως και στη συνολική δομή των ηλεκτρονικών, δεν έγιναν αλλαγές διότι λειτούργησαν χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα. Φροντίσαμε όμως να περαστούν με ρητίνη οι επιφάνειες των ηλεκτρονικών που βρίσκονται εντός του hydrobot για την αποφυγή βραχυκυκλώματος τους σε πιθανή ανεπιθύμητη διαρροή.



Συνοψίζοντας, η δεύτερη έκδοση είναι μικρότερη, σταθερότερη ευκολότερη στη διαχείριση και διορθώνει σε πολύ μεγάλο βαθμό τα μηχανικής φύσης προβλήματα που συναντήσαμε στην πρώτη κατασκευή.



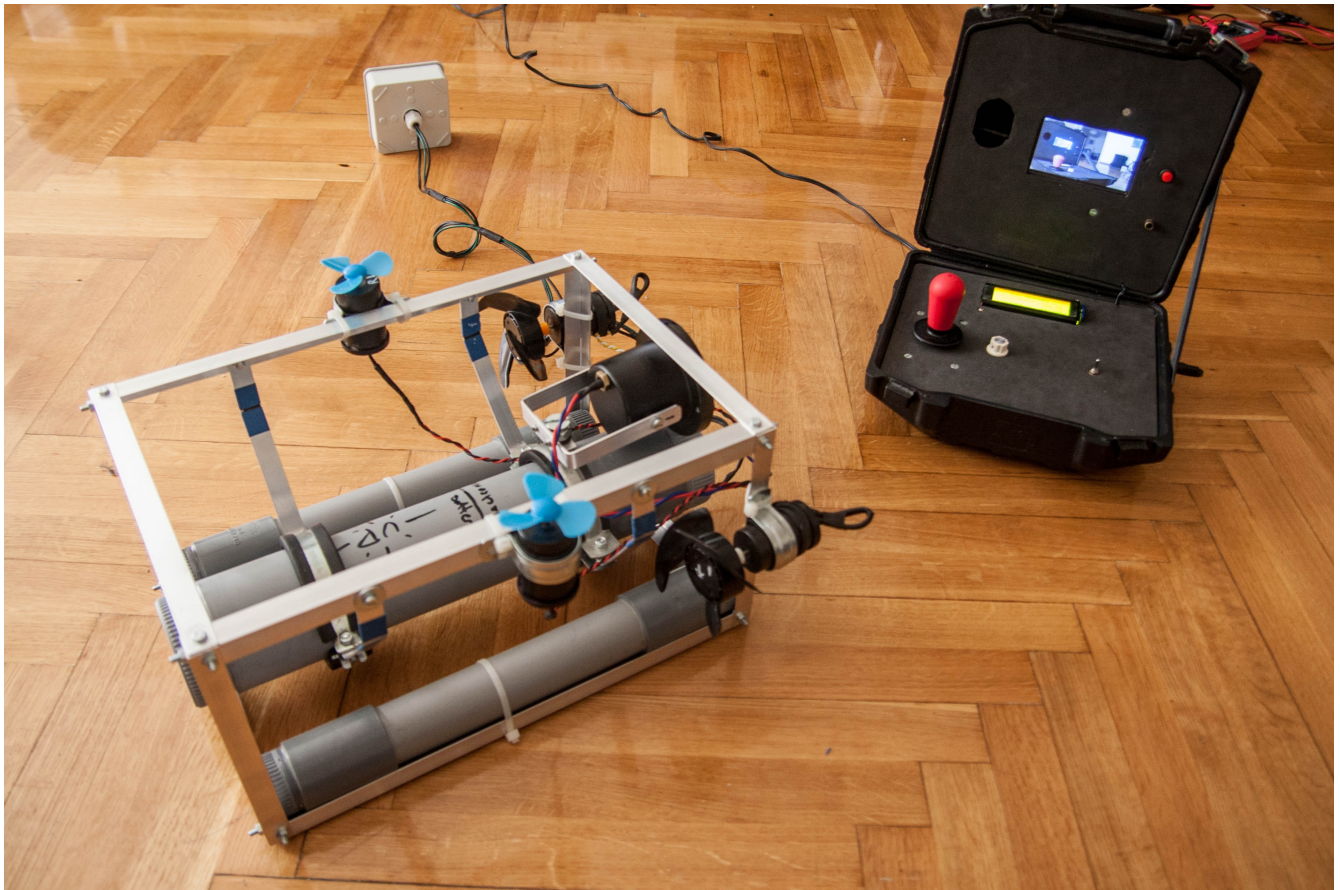
V.2 και V.1 μαζί.

7.4 Δοκιμές

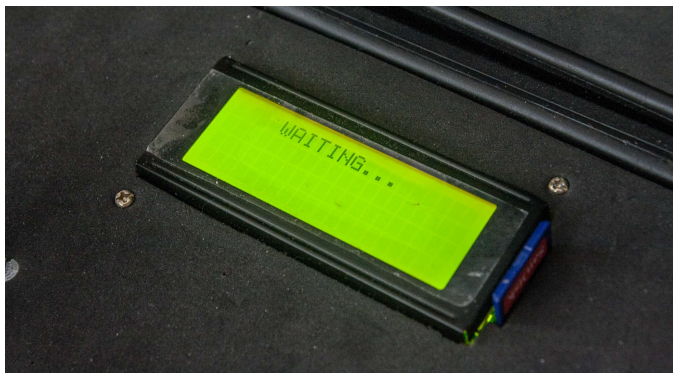
Παρακάτω παραθέτονται φωτογραφίες από τη διαδικασία των δοκιμών του έτοιμου Hydrobot.



Δοκιμές μετάδοσης και προβολής εικόνας και τηλεμετρίας.



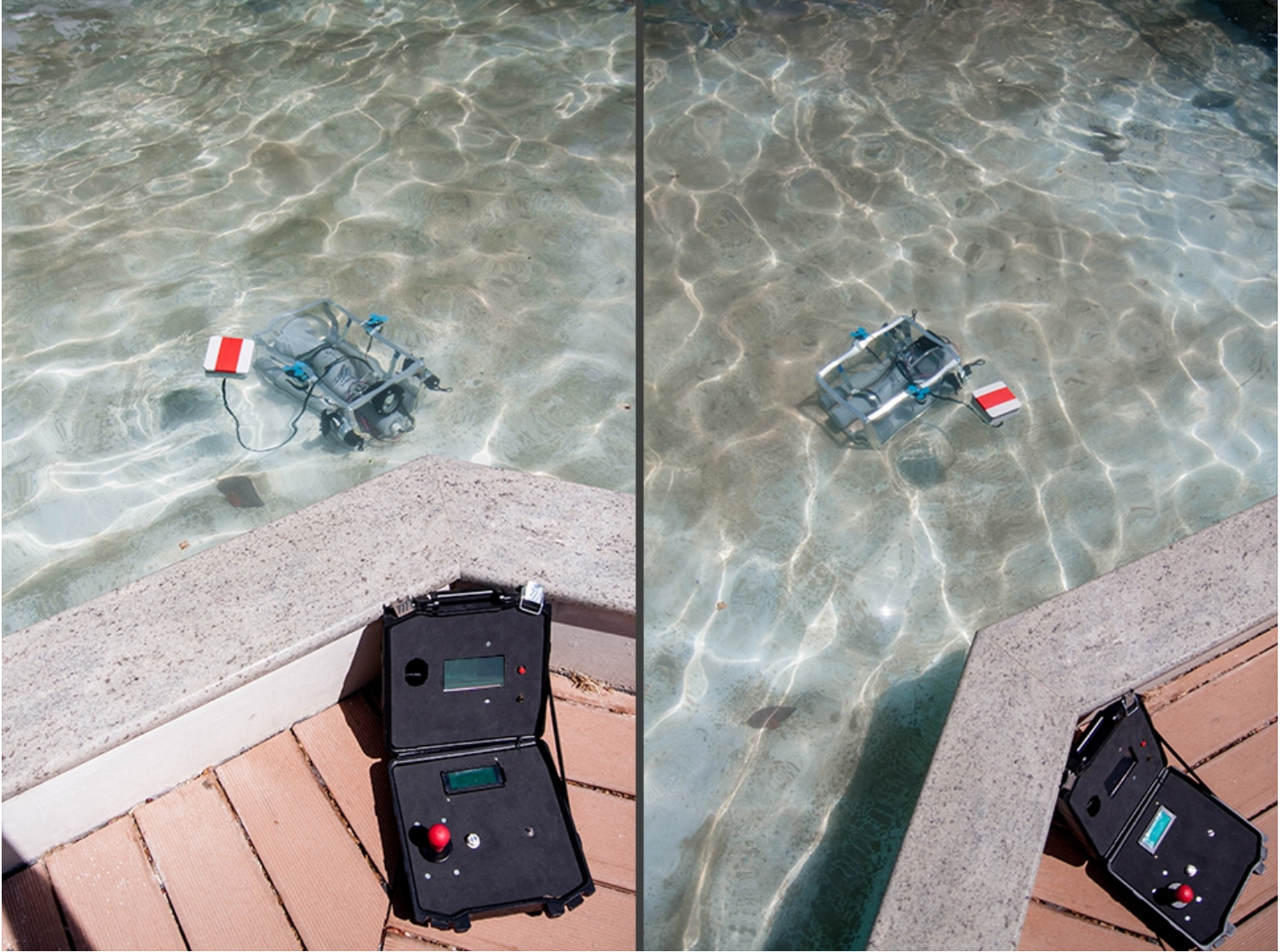
Στατικές δοκιμές λειτουργικότητας



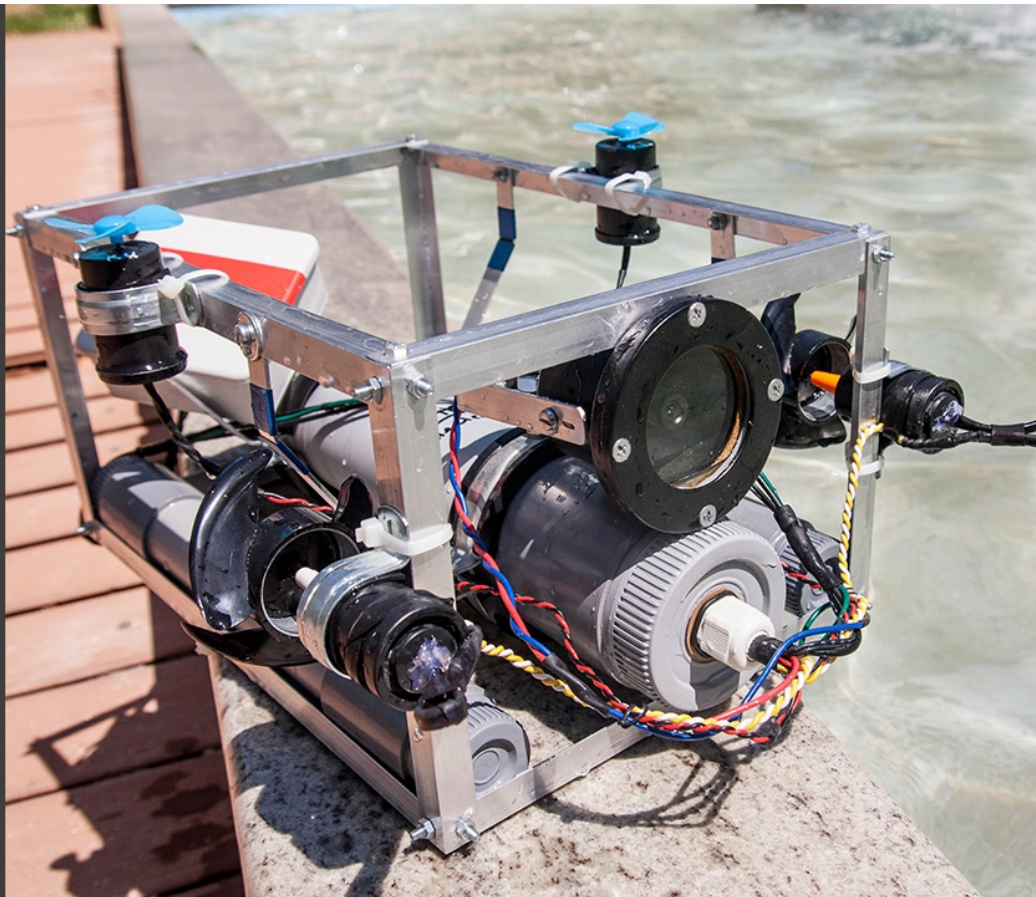
Αρχική κατάσταση αναμονής (αριστερά). Εμφάνιση μετρήσεων εφόσον έχουν ληφθεί(δεξιά)

```
ROVLOG.TXT - Notepad
File Edit Format View Help
Pressure 121.67 Light 397.00 Temperature 20.16
Pressure 121.67 Light 399.00 Temperature 20.26
Pressure 121.67 Light 427.00 Temperature 20.65
Pressure 121.67 Light 426.00 Temperature 21.05
Pressure 121.67 Light 427.00 Temperature 21.35
Pressure 121.67 Light 429.00 Temperature 21.94
Pressure 121.67 Light 430.00 Temperature 22.34
Pressure 121.67 Light 331.00 Temperature 23.10
Pressure 121.67 Light 333.00 Temperature 25.01
Pressure 121.67 Light 434.00 Temperature 25.17
Pressure 121.67 Light 434.00 Temperature 26.05
Pressure 121.67 Light 436.00 Temperature 27.09
Pressure 121.67 Light 438.00 Temperature 27.78
Pressure 121.67 Light 439.00 Temperature 28.34
Pressure 121.67 Light 340.00 Temperature 29.11
Pressure 121.67 Light 340.00 Temperature 29.76
Pressure 121.67 Light 441.00 Temperature 30.01
Pressure 121.67 Light 443.00 Temperature 30.07
Pressure 121.67 Light 443.00 Temperature 30.35
Pressure 121.67 Light 444.00 Temperature 30.95
Pressure 121.67 Light 447.00 Temperature 31.22
Pressure 121.67 Light 444.00 Temperature 31.28
Pressure 121.67 Light 448.00 Temperature 31.29
Pressure 121.67 Light 448.00 Temperature 31.65
Pressure 121.67 Light 450.00 Temperature 31.69
Pressure 121.67 Light 451.00 Temperature 31.73
Pressure 121.67 Light 450.00 Temperature 31.74
Pressure 121.67 Light 452.00 Temperature 31.73
Pressure 121.67 Light 456.00 Temperature 31.73
Pressure 121.67 Light 456.00 Temperature 31.75
Pressure 121.67 Light 458.00 Temperature 31.77
Pressure 121.67 Light 460.00 Temperature 31.73
Pressure 121.67 Light 459.00 Temperature 31.74
Pressure 121.67 Light 462.00 Temperature 31.77
Pressure 121.67 Light 463.00 Temperature 31.74
Pressure 121.67 Light 464.00 Temperature 31.75
Pressure 121.67 Light 466.00 Temperature 31.75
Pressure 121.67 Light 467.00 Temperature 31.75
Pressure 121.67 Light 469.00 Temperature 31.76
```

Η βασική εικόνα του log (ROVOLOG.txt) που καταγράφεται στην SD κάρτα.



Δοκιμές για πλευστότητα και λειτουργικότητα της V.2 του Hydrobot.



Παρθενική δοκιμή και βύθιση σε εξωτερικό χώρο(αριστερά). Οπτικός έλεγχος για διαρροές (δεξιά)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Αξιολόγηση Υλοποίησης

Σε αυτό το τμήμα θα κάνουμε μια κριτική στην κατασκευή του Hydrobot μας και θα σχολιάσουμε τυχόν παραλήψεις και προτάσεις βελτίωσης, αναβάθμισης και αλλαγές που έχουν δρομολογηθεί ή θα εξετάσουμε στο μέλλον.

8.1 Συμπεράσματα και κριτική

Η διαδικασία μελέτης ROV συστημάτων αυτόνομων και μη, όπως και επιτυχημένες και αποτυχημένες απόπειρες κατασκευής τους ήταν μια εξαιρετικά ενδιαφέρουσα εμπόνηση, κυρίως, στον κόσμο των μικροελεγκτών, της ηλεκτρονικής των βιομηχανικών πρωτοκόλλων επικοινωνίας και του προγραμματισμού υλισμικού. Εξαιρετικό ενδιαφέρον είχε και η αναγκαία αποσφαλμάτωση που χρειαζόταν σχεδόν σε κάθε βήμα αυτού του εγχειρήματος.

Από την ποσότητα πληροφοριών που μελετήθηκαν και το ποσό γνώσεων που αποκτήθηκαν, χρησιμοποιήθηκε ένα μικρό μονάχα ποσοστό στην τελική υλοποίηση.

Η ασύρματη επικοινωνία είναι αναμφίβολα πολύ αντισυμβατική προσέγγιση. Έχει μεγάλους περιορισμούς στην παρούσα μορφή, όπως για παράδειγμα το γεγονός πως χρειαζόμαστε ιδανικές συνθήκες στην επιφάνεια του νερού για την πλοήγηση καθώς η σημαδούρα μπορεί να χαλάει την ισορροπία του σκάφους ανάλογα τον κυματισμό. Επίσης, παρά το γεγονός πως έχουμε κεραία η οποία βρίσκεται στην επιφάνεια, η καθαρή επικοινωνία είναι θεωρητικά αμφίβολη, καθώς η μετάδοση των ραδιοκυμάτων επηρεάζεται ακόμα και από σχετικές ατμοσφαιρικές αλλαγές όπως η αυξημένη υγρασία ή η οποιασδήποτε έντασης βροχή.

Παρ' όλλες τις δυσκολίες όμως και παρά το γεγονός πως μακροπρόθεσμα ο ασύρματος έλεγχος στην υπάρχουσα μορφή του δεν αποτελεί την ιδανικότερη λύση σε πραγματικές συνθήκες, ήταν σίγουρα το πιο ενδιαφέρον έναυσμα για την ουσιαστικότερη ενασχόληση με τα μέσα επικοινωνίας που χρησιμοποιήσαμε και με τα μέσα που αποτέλεσαν τις εναλλακτικές μας.

Τελικώς θεωρούμε πως το αποτέλεσμα της εργασίας είναι ικανοποιητικό. Ο ερευνητικός σκοπός του σκάφους μπορεί εύκολα να αλλάξει και να μεταπηδήσει σε άλλου είδους χρήση, όπως για παράδειγμα σε σκάφος εργασίας ή χαρτογράφησης.

Κυρίως όμως είμαστε σε θέση πλέον να σχεδιάσουμε και να κατασκευάσουμε κάτι παρόμοιο στο μέλλον, ταχύτερα και αποδοτικότερα ανάλογα με τις ανάγκες που πρέπει να καλύψει.

8.2 Μετεξέλιξη και προτάσεις βελτίωσης/Αναβάθμισης.

Παρά το ότι η υπάρχουσα κατασκευή εξυπηρετεί τις ανάγκες μας. Υπάρχει σίγουρα τεράστιο περιθώριο για βελτιώσεις και οι γνώσεις μας πλέον, μας δίνουν μια πολύ καλή οπτική για το τι θα μπορούσε να γίνει καλλίτερο σε μια μελλοντική υλοποίηση.

Η βασικότερη βελτίωση αφορά το ηλεκτρονικό κομμάτι. Μπορεί εως τώρα να χρησιμοποιήσαμε ανεξάρτητα modules λόγω κόστους και ευκολίας στην κατασκευή, συναρμολόγηση και την εύρεση σφαλμάτων, πλέον όμως η ποιοτικές αυτοσχέδιες λύσεις με "επαγγελματική" μορφή δεν είναι απιαστο όνειρο. Ιδανικά θα μπορούσε να σχεδιαστεί και να τυπωθεί μια πλακέτα που να ενσωματώνει όλες τις λειτουργίες που χρειαζόμαστε και "αναμονές" για ακόμη περισσότερες.

Όπως είδαμε, η πλακέτα του arduino δεν είναι τίποτα άλλο παρά μια πλακέτα επέκτασης για ένα συγκεκριμένο τύπο μικροελεγκτών. Θα μπορούσαμε εν δυνάμει να σχεδιάσουμε μια τέτοια πλακέτα για AVR, PIC και λοιπούς επεξεργαστές, με ενσωματωμένα όλα τα ολοκληρωμένα που περιέχουν τα modules που χρησιμοποιήσαμε, τα υποστηρικτικά τους κυκλώματα, αναμονές για επιπλέον inputs/outputs και για εξωτερικές συσκευές που υποστηρίζουν πρωτόκολλα όπως το SPI που λειτουργεί με μεγαλύτερη αξιοπιστία όταν χρησιμοποιούνται ισορροπημένοι τυπωμένοι χαλκοδιάδρομοι, παρά καλώδια. Η μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύς δεν είναι απαραίτητη στην παρούσα μορφή αλλά η δυνατότητα για περισσότερα I/Os θα ήταν εξαιρετική ιδέα και βοηθάει στην ικανότητα και ευκολία της αναβάθμισης, οπότε άνετα θα μπορούσαμε να ενσωματώσουμε κάποιον μεγαλύτερο μικροελεγκτή της οικογένειας AVR ανεξάρτητα αν είναι συμβατός ή όχι με το Arduino IDE.

Τον ίδιο δρόμο ακριβώς θα μπορούσαμε να ακολουθήσουμε και με το sensor board, προσθέτοντας είτε περισσότερους, είτε ακριβέστερους αισθητήρες σε μία πλακέτα δική μας και πάλι σχεδίασης.

Τα DC μοτέρ με φύκτες καλό θα ήταν να αντικατασταθούν με brushless μοτέρ που είναι ανθεκτικά στην υγρασία από κατασκευής τους και μπορούν με εμβάπτιση σε ρητίνη να αδιαβροχοποιηθούν πλήρως. Είναι επίσης, πολύ ισχυρότερα με πολύ μεγαλύτερη ροπή αλλά και ενεργοβόρα. Μαζί με τα brushless μοτέρ θα χρειαστούν και τα απαραίτητα ESCs (Electronic Speed Controll) τους ώστε να μπορούν να οδηγηθούν ασφαλώς και διαχειριζόμενα την μεγάλη ένταση του ρεύματος. Ακολούθως θα χρειαστεί και αλλαγή στον τύπο της μπαταρίας που τροφοδοτεί το hydrobot, καθώς μια Li-po μπαταρία στο μέγεθος της μπαταρίας μολύβδου που χρησιμοποιούμε, θα μας παρέχει μεγαλύτερη χωρητικότητα και ταχύτερους χρόνους φόρτισης.

Μια ακόμη σοβαρή βελτίωση ή έστω ενδιαφέρουσα προσέγγιση, σε περίπτωση που κρατηθεί η δομή σημαδούρα-Hydrobot είναι η κατάργηση της εξωτερικής κεραίας και του ομοαξονικού καλωδίου που την ενώνει με το σκάφος. Παρ' όλο που θεωρητικά λειτουργεί καλά, υπάρχει ένα όριο μερικών μέτρων απόστασης που μπορεί να καλύψει χωρίς σημαντική απώλεια πακέτων.

Μία υλοποιήσιμη λύση θα ήταν, η σημαδούρα να ενσωματώνει έναν ακόμα μικροελεγκτή συνδεδεμένο με τον πομποδέκτη των δεδομένων χειρισμού και τηλεμετρίας ο οποίος θα λειτουργεί σαν ενδιάμεσος σταθμός ανάμεσα σε σκάφος και δέκτη. Η επικοινωνία των δύο μικροελεγκτών θα μπορούσε να γίνει μέσω I2C πρωτοκόλλου και ενδιάμεσων ενισχυτών αλλά ακόμα ιδανικότερα μέσω RS485 πρωτοκόλλου και μεταφραστών στις άκρες της γραμμής. Με αυτόν το τρόπο θα μπορούσαμε να αυξήσουμε αξιόπιστα την απόσταση μεταξύ επιφάνειας και σκάφους σε τεράστιο αριθμό μέτρων, πρακτικά αχρείαστα μεγάλη απόσταση.

Τελικώς θα μπορούσε κάλλιστα να αναβαθμιστεί και η κατασκευή από μηχανικής άποψης. Τα υλικά που χρησιμοποιήσαμε αγοράστηκαν με γνώμονα την εύκολη πρόσβαση, το χαμηλό κόστος και την ευκολία στην επαναληψιμότητα της κατασκευής από τον οποιονδήποτε. Στο πνεύμα του δηλαδή του seaperch ROV σκάφους. Πλέον μπορούμε να πάμε ένα βήμα πέρα από το πρωτότυπο. Σχεδιάζοντας και φτιάχνοντας ένα σώμα από κράμα αλουμινίου απόλυτα υδατοστεγές και εξαιρετικά ανθεκτικό. Σκελετό διαφορετικής διατομής, για επιπλέον στιβαρότητα, και καλοσχεδιασμένες βάσεις για τα μοτέρ, για το κυρίως σώμα ή και για προσθήκες όπως για παράδειγμα μηχανικά grapples και λοιπές προσθήκες για τη διαχείριση φυσικών αντικειμένων.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Arduino Robotics (Technology in Action) - by John-David Warren (Author), Josh Adams (Contributor), Harald Molle (Contributor)
- [2] Arduino: A Technical Reference: A Handbook for Technicians, Engineers, and Makers -by J.M.Hughes (Author)
- [3] <https://lastminuteengineers.com>
- [4] http://www1.lsbu.ac.uk/water/microwave_water.html
- [5] <https://medium.com/@benjamindavidfraser/arduino-nrf24l01-communications-947e1acb33fb>
- [6] Jacob Schrum.Signal Encoding 1: Digital Signals.Online Videoclip.
Youtube.Youtube 8 June 2016.Web.
- [7] Ralph S Bacon. #22 Using an SD card to log data - and how to improve the reliability.
Online Videoclip.Youtube.Youtube 14 March 2016.Web.
- [8] Ralph S Bacon. #73 nRF24L01 Send (and receive) data with your Arduino.
Online Videoclip.Youtube.Youtube 5 February 2017.Web.