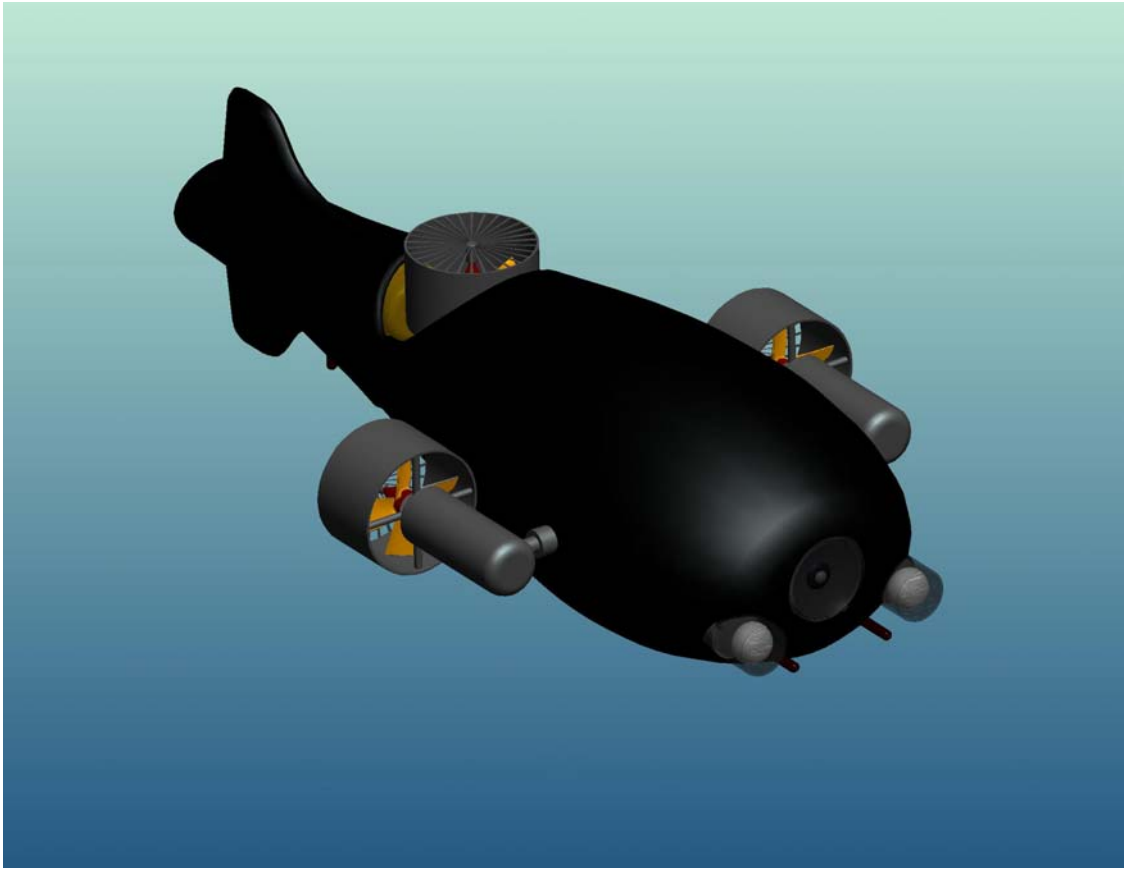
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

Διπλωματική Εργασία

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΥΠΟΒΡΥΧΙΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ



Γιαννιός Νικόλαος

Επιβλέπων Καθηγητής: Τσουρβελούδης Νικόλαος

Χανιά, Οκτώβρης 2008

ΠΕΡΙΦΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ 5

ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ 5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ 7

1.1 ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΖΟΜΕΝΑ ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ (ROVS) 8
1.2 ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ (AUVS) 8
1.2.1 Βασικά σχέδια αυτόνομων υποβρύχιων ρομποτικών οχημάτων 9
1.3 ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΙ ΥΠΟΒΡΥΧΙΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ 11
1.4 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ – ΤΡΟΠΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ 11
1.5 ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ – ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ 12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ 13

2.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΑ ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ ΡΟΜΠΟΤΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ 13
2.1.1 Ορατότητα 13
2.1.2 Επίδραση της βαρύτητας και πλευστότητα 14
2.1.3 Ευστάθεια 14
2.1.4 Υδροδυναμική αντίσταση 16
2.1.5 Υδροστατική πίεση 16
2.1.6. Περιβαλλοντικοί παράγοντες 17
2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΕΝΟΣ AUV 17
2.3 Ο ΈΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ 18
2.3.1 Έλεγχος στρεπτικής ροπής 19
2.3.2 Έλεγχος υστέρησης εντοπισμού θέσης 19
2.3.3 Ελεγκτής PID 19
2.4 ΠΛΟΗΓΗΣΗ 20
2.4.1 Μέθοδος νεκρού υπολογισμού (Dead Reckoning) 21
2.4.2 Μονάδα μέτρησης αδράνειας (Inertial Measurement Unit) 21
2.4.3 Σφάλματα πλοήγησης και θέσης 21
2.4.4 Πλοήγηση με ράδιο-συχνότητες 22
2.4.5 Προγραμματισμός διαδρομής 23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΡΟΤΥΠΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ 25

3.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ AUV 25
3.2 ΒΑΣΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΝΟΣ AUV 25
3.3 ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ 27
3.3.1 Προϋποθέσεις του Διαγωνισμού AUVSI 27
3.4 ΠΡΟΤΥΠΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ 29

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΟ ΣΧΕΔΙΟ ΤΟΥ MONDO GENERATOR AUV 35

4.1 ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ 35
4.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΜΕΡΗ ΤΟΥ MONDO GENERATOR AUV ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥΣ 36
4.2.1 Αισθητήρας πίεσης και θερμοκρασίας 36
4.2.2 Γυροσκοπική ηλεκτρονική πυξίδα και μονάδα μέτρησης της αδράνειας 37
4.2.3 Σόναρ 38
4.2.4 Υδρόφωνο 39
4.2.5 Κινητήρας 40
4.2.6 Motor driver 40
4.2.7 Servo motor 41
4.2.8 Motherboard 42
4.2.9 Daughterboard 42
4.2.10 Gumstix και robostix 43
4.2.11 Λοιπά ηλεκτρονικά μέρη 44
4.2.12 Φώτα LED 45
4.2.13 Κάμερα 46

4.2.14 Μπαταρίες *47*
4.3 ΥΠΟ-ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΕΡΩΝ 48
4.4 ΥΠΟ-ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΜΕΡΑΣ 52
4.5 ΥΠΟ-ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ 53
4.6 ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΗ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΕΡΩΝ 54
4.7 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ 55
4.8 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ MONDO GENERATOR AUV 61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 67

5.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ MONDO GENERATOR AUV 67
5.1.1 Σύνοψη *67*
5.1.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά & κόστος *69*
5.1.3 Χρήσεις του Mondo Generator AUV *70*
5.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΥ MONDO GENERATOR AUV 71
5.2.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα *71*
5.2.2 Μοναδικότητα *71*
5.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝ 72

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ: 75

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α 77

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ AUV 77

Α.1 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ AUV 78

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β 99

ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΜΕΡΗ ΓΙΑ AUV'S 99

Β.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 100
Β.2 ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΥΞΙΔΕΣ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ 102
Β.3 ΣΟΝΑΡ ΚΑΙ ΥΔΡΟΦΩΝΑ 106
Β.4 ΣΥΝΘΕΤΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ 110
Β.5 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ MOTOR DRIVERS ΚΑΙ SERVO MOTOR 111
Β.6 MOTHERBOARD ΚΑΙ DAUGHTERBOARD 113
Β.7 ΛΟΙΠΆ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΆ ΜΈΡΗ 115
Β.8 ΦΩΤΑ LED 116
Β.9 ΚΑΜΕΡΕΣ 117
Β.10 ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ 119

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ 121

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ 121

ΠΕΡΙΦΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός του αυτόνομου υποβρύχιου οχήματος Mondo Generator AUV.

Το πρώτο στάδιο της εργασίας περιελάμβανε την βιβλιογραφική και διαδικτυακή έρευνα για τα ήδη υπάρχοντα αυτόνομα υποβρύχια οχήματα και για τα ηλεκτρονικά και αισθητήρια μέρη που τα αποτελούν.

Το δεύτερο στάδιο της εργασίας περιελάμβανε την σχεδίαση πρότυπων μοντέλων προκαταρτικής σχεδίασης με την βοήθεια CAD λογισμικού

Το τρίτο στάδιο της εργασίας περιελάμβανε την αξιολόγηση των μοντέλων και την εξέλιξη και σχεδίαση του πρότυπου Mondo Generator AUV καθώς και την ηλεκτρολογική και αισθητήρια μελέτη για αυτό.

ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ

Στο κεφάλαιο 1 ορίζονται βασικές έννοιες για την κατανόηση του υποβρύχιου ρομποτικού οχήματος και περιγράφονται οι χρήσεις του. Δίνεται ακριβής ορισμός του προβλήματος και των παραμέτρων και αναλύεται ο τρόπος αντιμετώπισης του.

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται όλο το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο για την κατανόηση της κίνησης και της λειτουργίας ενός αυτόνομου υποβρύχιου ρομποτικού οχήματος.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται τα πρότυπα μοντέλα που σχεδιάσθηκαν και γίνεται αξιολόγησή τους.

Στο κεφάλαιο 4 περιγράφονται οι σχεδιαστικοί παράμετροι που έχουν ορισθεί και αναλύεται το σχέδιο και τα μέρη που αποτελούν το Mondo Generator AUV.

Στο κεφάλαιο 5 γίνεται παρουσίαση του Mondo Generator AUV, αξιολόγησή του ενώ εξετάζονται και τα βήματα για την εξέλιξη της παρούσας ιδέας.

Στο παράρτημα Α παρουσιάζονται τα πιο ενδιαφέροντα από τα ήδη υπάρχοντα AUV με τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

Στο παράρτημα Β παρουσιάζονται ηλεκτρονικά και αισθητήρια μέρη που χρησιμοποιούνται στην σύνθεση αυτόνομων υποβρύχιων ρομποτικών οχημάτων.

Στο παράρτημα Γ υπάρχουν όλα τα μηχανολογικά σχέδια των μερών που αποτελούν το Mondo Generator AUV.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αυτόνομα ρομποτικά οχήματα μπορούν να εκτελέσουν επιθυμητές αποστολές σε μη δομημένο περιβάλλον χωρίς συνεχή ανθρώπινη καθοδήγηση. Πολλά είδη ρομποτικών οχημάτων είναι αυτόνομα σε κάποιο βαθμό. Διαφορετικά οχήματα μπορεί να είναι αυτόνομα με διαφορετικούς τρόπους.

Υψηλοί βαθμοί αυτονομίας συνήθως είναι απαραίτητοι και χρησιμοποιούνται σε πεδία, όπως η εξερεύνηση του διαστήματος και του βυθού, όπου οι καθυστερήσεις και οι διακοπές επικοινωνίας είναι αναπόφευκτες.

Πολλά σύγχρονα ρομποτικά οχήματα δρουν αυτόνομα μέσα όμως σε ένα αυστηρά οριοθετημένο άμεσο περιβάλλον. Είναι σύνηθες όλοι οι βαθμοί ελευθερίας να μην ανταποκρίνονται και στον περιβάλλοντα χώρο. Ο χώρος εργασίας του ρομποτικού οχήματος αποτελεί μια πρόκληση για τον σχεδιαστή του και συχνά μπορεί να γίνει μη προβλέψιμος. Η ακριβής θέση και ο προσανατολισμός της επόμενης θέσης μίας οποιασδήποτε αποστολής, πρέπει να καθορισθούν πάντα με απόλυτη ακρίβεια. Πολλές φορές όμως η επίτευξη της οποιασδήποτε διαδικασίας μπορεί να διαφέρει τουλάχιστον από την οπτική γωνία του προγραμματιζόμενου ρομποτικού οχήματος οπότε και οδηγούμαστε σε μια κατάσταση σφάλματος.

Εξ ορισμού, τα αυτόνομα ρομποτικά οχήματα δεν πρέπει να υπόκεινται σε συνεχή ανθρώπινη καθοδήγηση, μάλιστα σκοπός είναι να μην υπάρχει, όσο το δυνατόν, καμία ανθρώπινη παρέμβαση.

Μια πολύ μεγάλη και σημαντική περιοχή της έρευνας γύρω από τα ρομποτικά οχήματα σχετίζεται με την ικανότητά τους να μπορούν να αντεπεξέρχονται στο γεωγραφικό περιβάλλον τους είτε αυτό είναι εδαφικό, υποθαλάσσιο, αέριο ή και διαστημικό.

Ένα ρομποτικό όχημα για να θεωρείται αυτόνομο πρέπει έχει τις παρακάτω ικανότητες:

- Να κρατά και να επεξεργάζεται πληροφορίες για το περιβάλλον του
- Να λειτουργεί την περισσότερη ώρα με την ελάχιστη παρέμβαση του χειριστή του
- Να λειτουργεί από ένα σημείο Α σε ένα σημείο Β χωρίς καμία ανθρώπινη καθοδήγηση
- Να αποφεύγει καταστάσεις που μπορεί να είναι επιβλαβείς για τους ανθρώπους, το περιβάλλον του και το ίδιο
- Να μπορεί να ξεπεράσει μια κατάσταση σφάλματος χωρίς καμία εξωτερική βοήθεια

Επίσης το αυτόνομο ρομποτικό όχημα πρέπει να έχει την ικανότητα μάθησης, διαδικασία που εμπεριέχει τα παρακάτω στάδια:

- Να αντιλαμβάνεται τον περιβάλλον και να κερδίζει καινούργιες ικανότητες χωρίς εξωτερική παρέμβαση
- Να δημιουργεί στρατηγικές βασισμένες στις συνθήκες λειτουργίας του
- Να προσαρμόζεται στο περιβάλλον του χωρίς εξωτερική βοήθεια

Σύγχρονο κομμάτι της έρευνας των ωκεανών είναι τα μη επανδρωμένα υποβρύχια οχήματα. Λόγω της ραγδαίας τεχνολογικής εξέλιξης είναι δυνατή η υλοποίηση μικρών ρομποτικών οχημάτων, τα οποία είναι πολύ πιο οικονομικά σε σχέση με τα επανδρωμένα, τα οποία και έχουν αντικαταστήσει σε συγκεκριμένους τομείς της θαλάσσιας έρευνας. Οι δύο κύριες κατηγορίες μή επανδρωμένων υποβρυχίων ρομποτικών οχημάτων είναι τα τηλεχειριζόμενα υποβρύχια οχήματα (ROVs-Remote Operating Vehicles) και τα αυτόνομα υποβρύχια οχήματα (AUVs-Autonomous Underwater Vehicles).

1.1 Τηλεχειριζόμενα υποβρύχια ρομποτικά οχήματα (ROVs)

Στις μέρες μας υπάρχουν όλο και πιο πολλά τηλεχειριζόμενα καταδυόμενα οχήματα που χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά. Μια τηλεχειριζόμενη υποβρύχια ρομποτική μονάδα αποτελείται από το καταδυόμενο ρομποτικό όχημα, την μονάδα ελέγχου στην επιφάνεια και το καλώδιο που συνδέει το δυο προηγούμενα. Ο πλοήγηση γίνεται από χείριστη, μέσω της μονάδας ελέγχου, η παρουσία του οποίου είναι απαραίτητη και συνεχής για να μπορέσει το σκάφος να εκτελέσει την οποιαδήποτε αποστολή.

Τα οχήματά αυτά συνήθως είναι κατασκευασμένα για να εκτελούν κάποια πολύ συγκεκριμένη λειτουργία. Κάποια είναι σχεδιασμένα για να καταγράφουν και να αναλύουν μεγάλες ζώνες του πυθμένα των ωκεανών ενώ άλλα είναι σχεδιασμένα να φωτογραφίζουν και να ανακτούν πληροφορίες και στοιχεία.

Ένας μεγάλος αριθμός ζωντανών οργανισμών ζωικών και φυτικών ο οποίος βρίσκεται σε αρκετά μεγάλα βάθη έχει ανακαλυφθεί και μελετηθεί μέσα στο φυσικό του περιβάλλον χάρη στην ύπαρξη τέτοιων υποβρύχιων οχημάτων. Τέτοια οχήματα έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό ναυαγίων όπως αυτά των RMS Titanic, του Bismarck, USS Yorktown και SS Central America. Σε μερικές τέτοιες περιπτώσεις όπως και σε αεροπορικά ατυχήματα τα σκάφη αυτά χρησιμοποιήθηκαν και για την ανάσυρση υλικών από τον πυθμένα της θάλασσας.

Τα υποβρύχια ρομποτικά οχήματα μπορούν να μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε καλύτερα θαλάσσια και άλλα περιβαλλοντικά θέματα, στην προστασία των θαλάσσιων εκτάσεων και των ωκεανών από την μόλυνση και στην ικανότητα χρησιμοποίησης των θαλάσσιων πόρων για την ανθρώπινη παράλληλα με την φυσική ευημερία. Ωστόσο η εκτεταμένη χρήση τέτοιων οχημάτων περιορίζεται σε πολύ λίγες αποστολές λόγω των πολύ υψηλών κατασκευαστικών και λειτουργικών εξόδων [1].

1.2 Αυτόνομα υποβρύχια ρομποτικά οχήματα (AUVs)

Τα αυτόνομα υποβρύχια ρομποτικά οχήματα τείνουν να είναι αρκετά όμοια με τα τηλεχειριζόμενα υποβρύχια ρομποτικά οχήματα. Τα AUVs είναι συνήθως τροφοδοτούμενα από μπαταρία και έχουν δική τους υπολογιστική μονάδα. Ο υπολογιστής που μεταφέρουν μαζί με ένα σύνολο αισθητήρων είναι αυτά που απαιτούνται για να καθοριστεί και να παραχθεί την αυτόνομη συμπεριφορά τους. Από τον συνδυασμό αισθητήρων που περιέχονται στην μονάδα ανακτώνται πληροφορίες για την πλοήγηση του σκάφους και τις αποστολές που πρέπει να εκτελεσθούν.

Οι αισθητήρες αποτελούνται κυρίως από ωκεανογραφικά εργαλεία που βοηθούν την αυτόματη πλοήγηση και την χαρτογράφηση των θαλάσσιων στοιχείων. Τέτοιοι αισθητήρες είναι οι ηλεκτρονικές πυξίδες, οι αισθητήρες βάθους, πίεσης, θερμοκρασίας, τα σόναρ και οι μονάδες μέτρησης της αδράνειας.

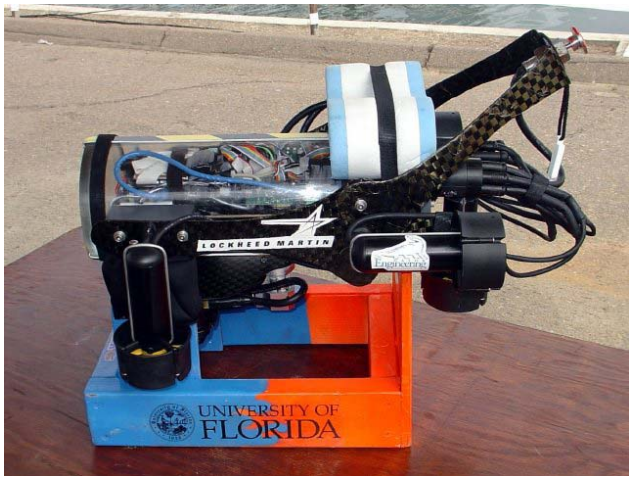
Τα AUVs απαιτούν επίσης επαρκή καθοδήγηση και έλεγχο για να πραγματοποιήσουν τις διάφορες λειτουργίες τους. Η οπτική πληροφορία μέσω κάποιας κάμερας είναι πολύ σημαντική για τα παραπάνω ενώ η ψηφιακή προσομοίωση της κίνησης του ρομποτικού οχήματος μέσω επεξεργαστή είναι η μέθοδος με την οποία γίνεται εφικτή η καθοδήγησή του. Με την διαδικασία επικοινωνίας και ανατροφοδότησης των επιμέρους αισθητήρων με μια κεντρική μονάδα αντικαθίστανται πολύπλοκα μοντέλα κίνησης και συντεταγμένων και διευκολύνεται η κίνηση και ο έλεγχος των κινητήρων.

Τέλος, εκ του αποτελέσματος, η όλο και μεγαλύτερη ζήτηση για εξελιγμένες ρομποτικές τεχνικές έχει οδηγήσει σε μερικώς αυτόνομα, εξειδικευμένα και αξιόπιστα υποβρύχια ρομποτικά οχήματα [1].

1.2.1 Βασικά σχέδια αυτόνομων υποβρύχιων ρομποτικών οχημάτων

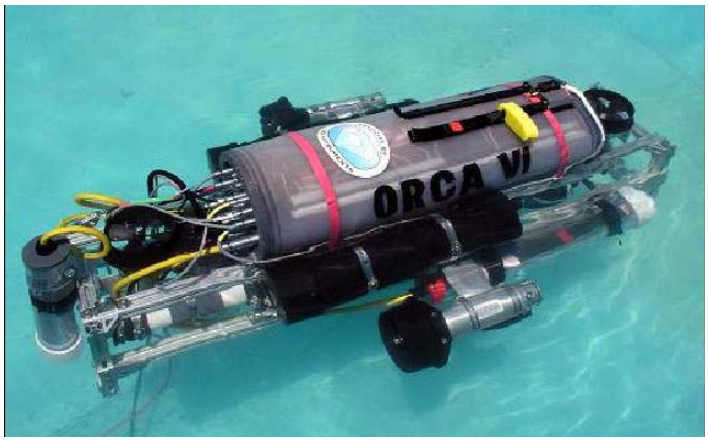
Ο χώρος γύρω από τις αυτόνομες υποβρύχιες ρομποτικές μονάδες αποτελεί αντικείμενο έρευνας πολλών πανεπιστημίων και ερευνητικών ομάδων σε όλο τον κόσμο. Ένα μεγάλο εύρος ρομποτικών οχημάτων έχει υλοποιηθεί από τις ομάδες αυτές με σκοπό την περαιτέρω διερεύνηση και επέκταση των υποβρύχιων δυνατοτήτων των μονάδων αυτών.

Παρακάτω αναφέρονται τρία υποβρύχια οχήματα, **Εικόνες 1.1, 1.2, 1.3** για μια πρώτη παρουσίαση και σχηματική απεικόνιση της μορφής ενός τέτοιου οχήματος.



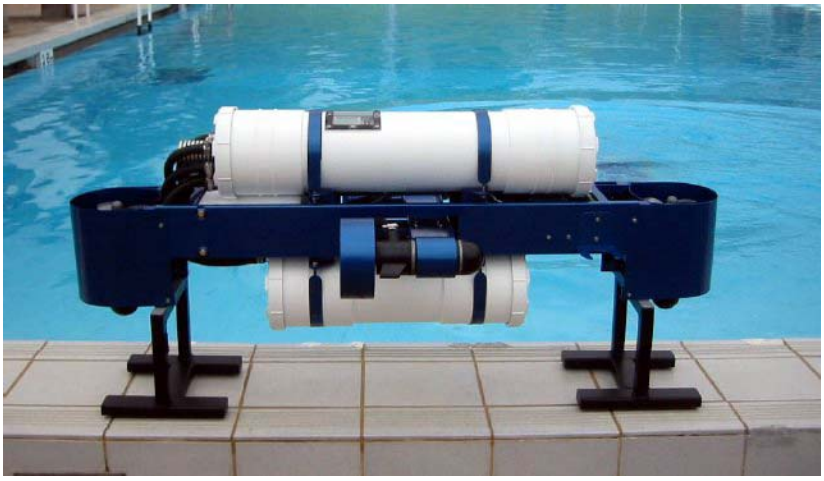
Εικόνα 1.1 The Subjugator (University of Florida)

Το “Subjugator” είναι ένα AUV που έχει υλοποιηθεί από το Πανεπιστήμιο της Φλόριντα (ΗΠΑ). Πέντε κινητήρες παράγουν κίνηση. Μια κάμερα με έναν επεξεργαστή παρέχουν το σύστημα όρασης του ρομποτικού οχήματος ενώ μικρό-ελεγκτές ελέγχουν όλες τις αισθητήριες μονάδες του συστήματος και παίρνουν αποφάσεις υψηλού επιπέδου.



Εικόνα 1.2 *Orca VI (Massachusetts Institute of Technology)*

Το "Orca VI" έχει σχεδιασθεί και κατασκευασθεί από το Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης. Χρησιμοποιεί τέσσερις κινητήρες για την πλοήγησή του και περιέχει ένα δυναμικό συνδυασμό αισθητήρων όπως μονάδα μέτρησης της αδράνειας έξι αξόνων, κάμερες, σόναρ και ηλεκτρονική πυξίδα.



Εικονα 1.3 *Mako (University of Western Australia)*

Το "Mako" είναι το πρώτο AUV που υλοποιήθηκε από το Πανεπιστήμιο της Δυτικής Αυστραλίας. Το σχέδιο του είναι πλήρως συμμετρικό με δυο οριζόντιους και δύο κάθετους κινητήρες να παρέχουν την κίνησή του.

1.3 Διαγωνισμοί υποβρυχίων οχημάτων

Μέχρι στιγμής η εξέλιξη και οι καινούργιες καινοτομίες γύρω από τον χώρο των αυτόνομων υποβρυχίων ρομποτικών οχημάτων έρχονται σε επαφή και σύγκριση στον ετήσιο διαγωνισμό του παγκόσμιου συλλόγου για μη επανδρωμένα υποβρύχια ρομποτικά οχήματα (Association for Unmanned Vehicle Systems International - AUVSI). Ο οργανισμός αυτός είναι ο μεγαλύτερος μη κερδοσκοπικός οργανισμός σε παγκόσμιο επίπεδο που ασχολείται με την εξέλιξη των μη επανδρωμένων οχημάτων.

Προωθώντας δυνατότητες για ανταλλαγή πληροφοριών, δικτύων επικοινωνίας ερευνητικών ομάδων μέσω πανεπιστημίων και δυνατότητες επαγγελματικής κατάρτισης, οι διαδίκτυακοί τόποι συζητήσεων του AUVSI και τα άρθρα του κάθε πανεπιστημίου που παρουσιάζουν τις προτάσεις τους για τα αυτόνομα υποβρύχια ρομποτικά οχήματα, ήταν οι κύριες πηγές μόρφωσης και ενημέρωσης γύρω από το θέμα του υποβρυχίου ρομποτικού οχήματος.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι το όχημα που σχεδιάσθηκε να πληρεί και όλες τις απαιτήσεις του ετήσιου διαγωνισμού οι οποίες θα αναφερθούν σε παρακάτω κεφάλαιο.

1.4 Ορισμός προβλήματος – τρόπος αντιμετώπισης

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η προκαταρτική σχεδίαση (*preliminary design)* πρωτότυπου αυτόνομου υποβρύχιου ρομποτικού σκάφους (AUV-Autonomous Underwater Vehicle) λαμβάνοντας υπόψη τις παρακάτω παραμέτρους:

- Ελαχιστοποίηση του όγκου του σκάφους.
- Δυνατότητα ολονομικής κίνησης του σκάφους.
- Ελαχιστοποίηση της υδροδυναμικής αντιστάσεως του κελύφους του σκάφους.
- Δυνατότητα κατασκευής του πρωτότυπου χρησιμοποιώντας εμπορικά μοντέλα και τα μέσα του Εργαστηρίου Ευφυών Συστημάτων και Ρομποτικής και του Εργαστηρίου Εργαλειομηχανών.

Για τον σκοπό αυτό τα βήματα που θα ακολουθήθηκαν και θα οδήγησαν στην σχεδίαση του πρωτύπου είναι τα παρακάτω:

- Βιβλιογραφική και διαδικτυακή έρευνα
- Έρευνα αγοράς για τα υπάρχοντα AUVs και τις συσκευές που χρησιμοποιούν.
- Σχεδίαση πρωτοτύπων με την βοήθεια CAD λογισμικού
- Αξιολόγηση πρωτοτύπων και εξέλιξή τους
- Προτάσεις υλοποίησης

Το αποτέλεσμα της εργασίας είναι η τρισδιάστατη ψηφιακή σχεδίαση, η ηλεκτρολογική μελέτη και η μελέτη υλικών ενός μικρού αυτόνομου υποβρυχίου ρομποτικού οχήματος το οποίο διαθέτει το απαραίτητο σύστημα αισθητήρων που το καθιστά ικανό να εκτελεί αποστολές αυτόνομα.

Το όχημα αυτό αποτελεί την πρώτη προσπάθεια σχεδίασης υποβρύχιου αυτόνομου ρομποτικού οχήματος στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας από το Εργαστήριο Ρομποτικής και Ευφυών Συστημάτων του Πολυτεχνείου Κρήτης. Εκ του αποτελέσματος το υποβρύχιο σκάφος που προτείνεται είναι άμεσα υλοποιήσιμο καθώς αποτελείται από εξαρτήματα του εμπορίου και μέρη που μπορούν εύκολα να κατασκευασθούν .

1.5 Καινοτομία – συνεισφορά

Τα ήδη υπάρχοντα εμπορικά και ερευνητικά μοντέλα αυτόνομων υποβρυχίων ρομποτικών οχημάτων καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος αρχιτεκτονικών σχεδίασης και δυνατοτήτων με τα πακέτα αισθητήρων που μεταφέρουν. Η βελτιστοποίηση και η καινοτομία της παρούσας εργασίας έγκειται στα παρακάτω:

- Εξ'ολοκλήρου νέα σχεδίαση με έμφαση στην επίτευξη περισσότερων βαθμών ελευθερίας στην κίνηση με τους λιγότερους δυνατούς κινητήρες
- Διατήρηση χαμηλού όγκου και βάρους του σκάφους
- Έμφαση στην αυτονομία του σκάφους σε ενεργειακό επίπεδο και σε επίπεδο υπολογιστικής νοημοσύνης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Το κεφάλαιο αυτό περιέχει το θεωρητικό υπόβαθρο που χρειάστηκε για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση της παρούσας εργασίας. Περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν στην εργασία [2] της βιβλιογραφίας. Το πρώτο μέρος αναφέρεται στους παράγοντες που επηρεάζουν τα υποβρύχια ρομποτικά οχήματα. Το δεύτερο μέρος περιέχει το μαθηματικό υπόβαθρο για την μοντελοποίηση ενός υποβρύχιου οχήματος και το τρίτο μέρος περιέχει τις βασικές γνώσεις που χρειάζονται για τον έλεγχο της κίνησης και την σχεδίαση των συστημάτων πλοήγησης.

2.1 Παράγοντες που επηρεάζουν τα υποβρύχια ρομποτικά οχήματα

Η κατάδυση στο νερό έχει ως αποτέλεσμα τεράστιες αλλαγές στο περιβάλλον και στις σχεδιαστικές κατευθύνσεις ενός οχήματος. Το ρομποτικό όχημα πρέπει να είναι στεγανό και να φέρει τους κατάλληλους ενεργοποιητές και αισθητήρες για να αλλάξει περιβάλλον, να ενεργοποιηθεί και να προσαρμοσθεί στις υποβρύχιες συνθήκες.

Εξ αιτίας της φύσης των υδροδυναμικών αντιστάσεων και παραμέτρων ένας μεγάλος αριθμός εξωτερικών συνήθως μη-γραμμικών παραγόντων επηρεάζει το υποβρύχιο όταν είναι κάτω από την επιφάνεια του νερού.

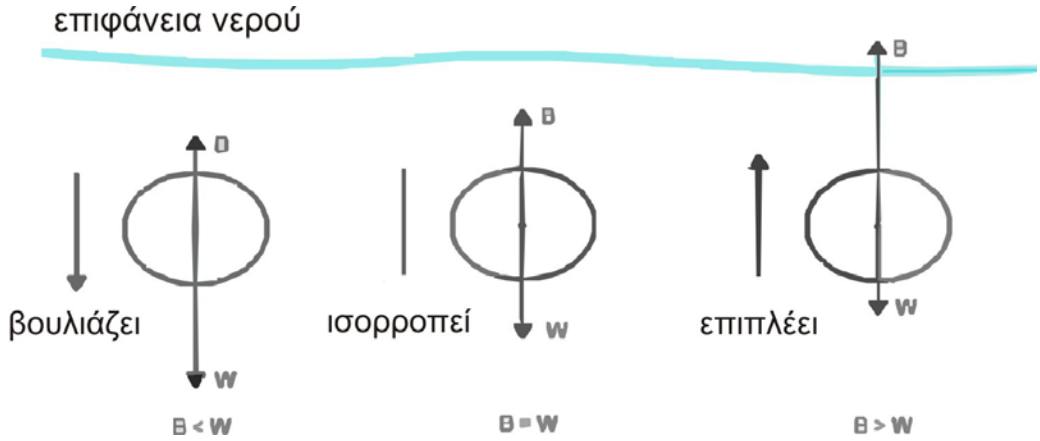
2.1.1 Ορατότητα

Η ορατότητα κάτω από το νερό επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Το λευκό φως, όπως και το φως του ήλιου, αποτελείται από συνδυασμό όλων των χρωμάτων. Καθώς το λευκό φως ταξιδεύει κάτω από το νερό, το νερό απορροφά τα χρώματα το ένα μετά το άλλο. Στην αρχή απορροφά το κόκκινο μετά το πορτοκαλί και μετά το κίτρινο. Αφού όμως το κάθε χρώμα αποτελεί μέρος του συνολικού λευκού φωτός, όλο και λιγότερο φως διατηρείται σε όλο και μεγαλύτερα βάθη. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι σε μεγάλα βάθη αντικείμενα κόκκινου, πορτοκαλί η κίτρινου χρώματος να εμφανίζονται με καφέ, γκρι και μαύρο χρώμα αντίστοιχα. Σε μεγάλα βάθη λοιπόν κρίνεται απαραίτητο το υποβρύχιο να μεταφέρει μονάδα παραγωγής λευκού φωτός.

Ένας ακόμα παράγοντας που μειώνει την ορατότητα μέσα στο νερό είναι η πυκνότητα των σωματιδίων που υπάρχουν μέσα σε αυτό. Ένας μεγάλος αριθμός σωματιδίων τα οποία για παράδειγμα διασκορπίζονται από τον πυθμένα εξ αιτίας της κίνησης των κινητήρων του σκάφους θα μπορούσαν να προκαλέσουν μηδενική ορατότητα. Τέλος συχνότητες φωτός μη ορατές στο ανθρώπινο μάτι απορροφώνται με την ίδια ευκολία πράγμα που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα αναγνώρισης στους αισθητήρες που ασχολούνται με την επεξεργασία εικόνας.

2.1.2 Επίδραση της βαρύτητας και πλευστότητα

Ένα στερεό σώμα το οποίο καταδύεται σε υγρό θα έχει μια δύναμη άνωσης *(B)* με φορά αντίθετη στην κατεύθυνση του καταδυόμενου σώματος και μέτρο ίσο με το βάρος *(W)* του μετατοπιζόμενου υγρού λόγω κατάδυσης. Αυτή η δύναμη επιτρέπει στο στερεό να επιπλέει και το κάνει να φαίνεται ελαφρύτερο. Εάν η δύναμη της άνωσης υπερβαίνει το βάρος του καταδυόμενου σώματος τότε το σώμα επιπλέει. Εάν η δύναμη του βάρους υπερβαίνει την άνωση τότε το σώμα βυθίζεται. Εάν οι δύο δυνάμεις είναι ίσες το σώμα έχει φυσική άνωση και θα παραμείνει στο ίδιο επίπεδο. Οι τρεις σχέσης άνωσης-βάρους και τα αποτελέσματά τους παρουσιάζονται στο **Σχήμα 2.1**.



Σχήμα 2.1 *Αναπαράσταση της επίδρασης του βάρους και της άνωσης*

Για να μπορεί ένα σώμα να καταδύεται με ευκολία και να επανέρχεται εξίσου εύκολα στην επιφάνεια χωρίς την επίδραση της οποιασδήποτε εξωτερικής δύναμης, πρέπει το κέντρο βάρους όλου του σώματος να είναι σε ελάχιστα χαμηλότερο σημείο από ότι το κέντρο όγκου του στεγανού τμήματος του σώματος. Με τον τρόπο αυτό όχημα αναδύεται στην επιφάνεια ενώ λειτουργικά είναι σε αδρανή κατάσταση.

2.1.3 Ευστάθεια

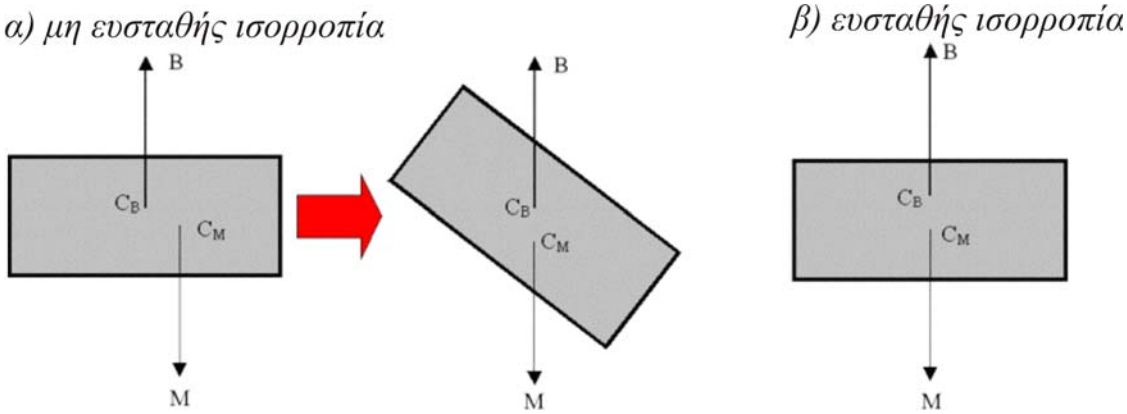
Ένα αντικείμενο που επιπλέει είναι ευσταθές και ισορροπεί εάν τείνει να επιστρέψει σε μια κατάσταση ισορροπίας μετά από μια μικρή διαταραχή. Ένα σώμα που επιπλέει για παράδειγμα, έχει κατακόρυφη ισορροπία και αν του ασκηθεί μια πίεση προς τα κάτω παράγει μεγαλύτερη δύναμη άνωσης. Η δύναμη αυτή, με ακαθόριστο σημείο ισορροπίας και αντίθετη στην δύναμη που ασκεί το βάρος, σπρώχνει το αντικείμενο προς τα πάνω.

Η ισορροπία στον άξονα περιστροφής ενός σώματος είναι ύψιστης σημασίας για τα πλεούμενα και τα υποβρύχια σώματα. Με την επίδραση μιας μικρής γωνιακής μετατόπισης γύρω από τον άξονα ισορροπίας το πλεούμενο σώμα είτε θα γυρίσει σε μια αρχική θέση ισορροπίας, είτε θα παραμείνει σε αυτή την ουδέτερη θέση. Η ισορροπία στον άξονα περιστροφής ενός σώματος εξαρτάται από την εγκάρσια συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα. Αυτές είναι το κέντρο βάρους και το κέντρο άνωσης του σκάφους στην προκειμένη περίπτωση.

Η συνισταμένη όλων των βαρών εφαρμόζεται ως σημείο *G* που ονομάζεται κέντρο βάρους του πλοίου που έχει κατεύθυνση προς το κέντρο της Γης. Το κέντρο άνωσης

πλοίου προσδιορίζεται κατά αντίθετη έννοια με το κέντρο βάρους πλοίου. Πρόκειται για συνισταμένη υδροστατικών πιέσεων άνωσης που ασκούνται από το κάτω μέρος του πυθμένα του σκάφους, η οποία αντιτίθεται στο βάρος του σκάφους και ισορροπεί μ΄ αυτό. Συνεπώς το κέντρο άνωσης σκάφους μπορεί να ορισθεί και ως το κέντρο βάρους του εκτοπιζόμενου από το σκάφος ύδατος, και κατά θέση ως γεωμετρικό κέντρο του όγκου του πυθμένα, του βυθισμένου δηλαδή τμήματος του σκάφους με κατεύθυνση ακριβώς αντίθετη του βάρους.

Όπως φαίνεται στο **Σχήμα 2.2**, σε ένα σκάφος που ισορροπεί στην επιφάνεια του ύδατος, το κέντρο βάρους *(CM)* του βρίσκεται πάνω από το κέντρο άνωσης *(CB)* ενώ οι διευθύνσεις τους βρίσκονται στον ίδιο κατακόρυφο άξονα.

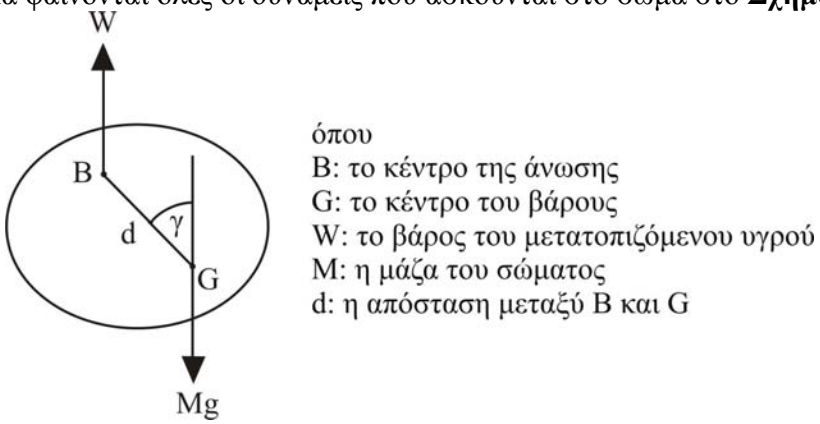


Σχήμα 2.2 *Επίδραση Ευστάθειας*

Όταν το σκάφος στο σημείο ισορροπίας πάρει την οποιαδήποτε μορφή κλίσης ή περιστροφής, αυτή είναι αποτέλεσμα της συνισταμένης δύναμης *RM* (μετάκεντρο) και ισούται με:

$$RM = 0.5d(B+W)\sin\lambda\ ,$$

όπου *B,W* οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα
d η απόσταση του κέντρου βάρους από το κέντρο άνωσης
Παραστατικά φαίνονται όλες οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα στο **Σχήμα 2.3**.



Σχήμα 2.3 *Το μετάκεντρο στην εγκάρσια ευστάθεια*

2.1.4 Υδροδυναμική αντίσταση

Η οπισθέλκουσα δύναμη είναι μια μορφή δύναμης που δημιουργείται από την αλληλεπίδραση και την επαφή ενός στερεού σώματος με ένα υγρό η αέριο ρευστό. Η εξίσωση της υδροδυναμικής αντίστασης δίνει την αντίσταση που αντιμετωπίζει ένα στερεό που κινείται μέσα σε ρευστό:

$$F_d = \frac{1}{2}\rho u^2 C_d A$$

όπου
F_d : η δύναμη της αντίστασης
ρ : η πυκνότητα του υγρού
v : η ταχύτητα κίνησης του στερεού σε σχέση με το υγρό
A : εμβαδόν της επιφάνειας του σώματος
C_d : συντελεστής αντίστασης

Τέλος η υδροδυναμική αντίσταση είναι διανυσματικό μέγεθος με μέτρο και διεύθυνση πάντα αντίθετη την φορά κίνησης του σκάφους. Κατά την μοντελοποίηση του υποβρυχίου σκάφους η δύναμη αυτή μπορεί προσομοιωθεί με επιπλέον βάρος που επηρεάζει την κατάσταση αδράνειας του σκάφους.

2.1.5 Υδροστατική πίεση

Η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα μέσα στο νερό εξαρτάται από την απόσταση που είναι βυθισμένο το σώμα από την επιφάνεια του ρευστού. Το αποτέλεσμα είναι μια ισοτροπική υδροστατική πίεση, δηλαδή μια δύναμη που έχει σε όλες τις διευθύνσεις το ίδιο μέτρο. Σύμφωνα με τον νόμο του Pascal το μέτρο της δίνεται από τον τύπο:

$$p = \rho g h,$$

όπου p: η υδροστατική πίεση
ρ: η πυκνότητα του υγρού
g: η επιτάχυνση της βαρύτητας
h: το μανομετρικό ύψος

Όπως φαίνεται στον **Πίνακα 2.4** η πίεση αυξάνεται γραμμικά με το βάθος στο οποίο βρίσκεται το σώμα:

βάθος	πίεση	ένταση θαλάσσιων ρευμάτων
0	1 bar	1.00 L
5	1.5 bar	0.75 L
10	2 bar	0.50 L
15	2,5 bar	0.31 L

Πίνακας 2.4 *Υδροστατική πίεση σε διαφορετικά βάθη*

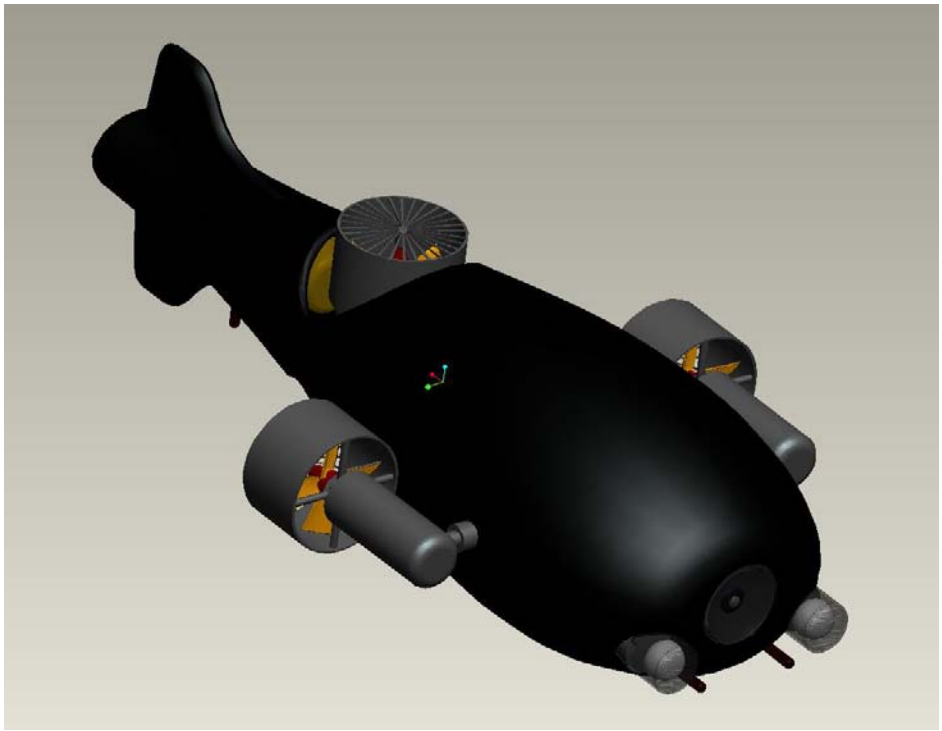
2.1.6. Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Τα κύματα και ο αέρας στην επιφάνεια της θάλασσας, οι στροβιλισμοί και οι αναταραχές μπορούν επίσης να επηρεάσουν την σταθερότητα και την κίνηση ενός υποβρυχίου οχήματος.

Άλλοι παράγοντες, όπως πολύ χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες και η υπερβολική ηλιοφάνεια μπορεί να επηρεάσουν τα ηλεκτρονικά και αισθητήρια μέρη της μονάδας και να προκαλέσουν βλάβες σε κάποια μέρη του οχήματος. Όλα τα ηλεκτρονικά και αισθητήρια μέρη, ειδικά αυτά που είναι εκτεθειμένα στο νερό έχουν συγκεκριμένα θερμοκρασιακά όρια καλής λειτουργίας.

2.2 Σύστημα αναφοράς ενός AUV

Τα μικρά μη επανδρωμένα θαλάσσια οχήματα που χρησιμοποιούνται για ναυτικούς, ερευνητικούς και εμπορικούς σκοπούς έχουν να εκτελέσουν αυστηρώς ορισμένες αποστολές. Γι΄ αυτό τον λόγο θα πρέπει να έχουν και δυναμικά χαρακτηριστικά απόκρισης. Οι συνήθεις απαιτήσεις από τέτοιου είδους ρομποτικά οχήματα είναι να έχουν μεγάλη ικανότητα στο να ελίσσονται, να ανταποκρίνονται άμεσα στην αποφυγή εμποδίων, να αναγνωρίζουν μορφές και αντικείμενα και να εντοπίζουν στόχους. Το επίπεδο αναφοράς του AUV αποτελεί την προοπτική απεικόνιση απ' όπου το ίδιο το σύστημα παρατηρεί τον εαυτό του. Αναλογικά με τα ιπτάμενα οχήματα, το υποβρύχιο ρομποτικό όχημα έχει έξι βαθμούς ελευθερίας, τρεις συντεταγμένες *x,y,z* και τρεις γωνίες *Euler roll φ, pitch θ, yaw ψ* αντίστοιχα μία για κάθε άξονα συντεταγμένων. Η **Εικόνα 2.5** δείχνει το σύστημα συντεταγμένων του AUV Mondo Generator.



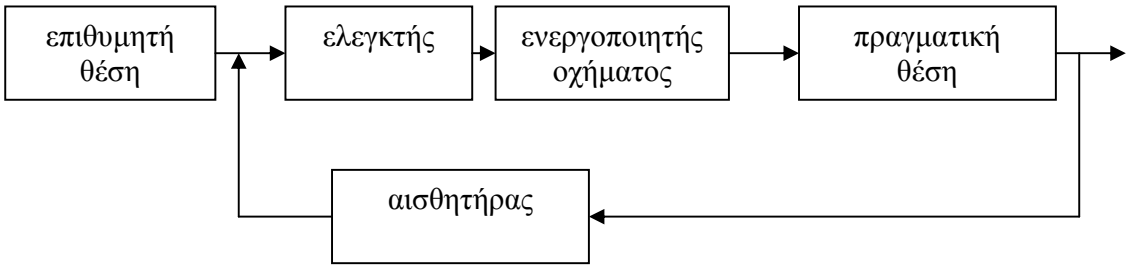
Εικόνα 2.5 *Το σύστημα συντεταγμένων του AUV Mondo Generator*

Ο *x* άξονας είναι ο κόκκινος και η φορά του είναι προς το πίσω μέρος του σκάφους, ο *y* άξονας είναι ο πράσινος και η φορά του είναι προς τα αριστερά ενώ ο *z* άξονας είναι ο μπλε και η φορά του είναι προς τα επάνω.

Στην μοντελοποίηση των AUV κρίνεται απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν δύο διαφορετικά συστήματα αναφοράς. Το πρώτο σύστημα αναφοράς είναι το σύστημα αναφοράς της γης (*W*), το οποίο είναι ένα παγκόσμιο σύστημα αναφοράς που αντικατοπτρίζει τις διευθύνσεις αναφοράς στον πραγματικό κόσμο. Αυτό το σύστημα βοηθάει στον εντοπισμό της θέσης και του προσανατολισμού του υποβρυχίου ρομποτικού οχήματος. Το σύστημα αναφοράς του ίδιου του AUV (*B*) είναι ένα τοπικό σύστημα συντεταγμένων προσαρμοσμένο πάνω στο σώμα του ρομποτικού οχήματος, το οποίο αλλάζει θέση κάθε χρονική θέση t όπου το ρομποτικό όχημα βρίσκεται σε κίνηση. Με αυτόν τον τρόπο το σύστημα (*B*) κινείται σε σχέση με το σύστημα (*W*) όταν κινείται το ρομποτικό όχημα και βάση αυτού του συστήματος εντοπίζεται η θέση του ρομποτικού οχήματος στον χώρο.

2.3 Ο Έλεγχος της κίνησης

Ο έλεγχος της κίνησης υποβρύχιου ρομποτικού οχήματος είναι απαραίτητο κομμάτι για τις μεταβλητές και τις συναρτήσεις ελέγχου του συστήματος. Το πρόβλημα του ελέγχου αποτελεί μια πρόκληση καθώς στην υποβρύχια λειτουργία οι υδροδυναμικοί παράγοντες είναι μη γραμμικές παράμετροι που επιδρούν στην δυναμική του συστήματος. Ένας μεγάλος αριθμός από ελεγκτές και αισθητήρες έχει αναπτυχθεί ώστε ο έλεγχος να καθίσταται δυνατός.



Σχήμα 2.6 *Ελεγκτής κίνησης κλειστού βρόγχου*

.

Οι τρεις κύριες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της κίνησης είναι η ασαφής λογική (*Fuzzy Logic*), τα νευρωνικά δίκτυα (*Neural Networks*) και τα νεύρο-ασαφή συστήματα (*hybrid Neural-Fuzzy systems*). Αυτοί οι αλγόριθμοι επιτρέπουν στους ελεγκτές του συστήματος να προσαρμόζονται στο εναλλασσόμενο υδρόβιο περιβάλλον που συναντάμε στους ωκεανούς. Σε συστήματα περιορισμένα σε στάσιμα ύδατα η συνθήκες περιβάλλοντος πισίνας που γίνονται και οι διαγωνισμοί AUV οι ελεγκτές τύπου PID είναι ευρέως διαδεδομένοι.

Ο βρόγχος ελέγχου που παρουσιάζεται στο **Σχήμα 2.6** αποτελείται από τρία μέρη:

Α) μετρήσεις του αισθητήρα εισάγονται στην διαδικασία

Β) το σύστημα ελεγκτών λαμβάνει μια απόφαση

Γ) μια συσκευή απόκρισης όπως πχ ο motor driver εκτελεί το προγραμματισμένο έργο.

2.3.1 Έλεγχος στρεπτικής ροπής

Κατά την διαδικασία ελέγχου του χειρισμού της ρομποτικής μονάδας συνήθως χρησιμοποιείται σύστημα ελέγχου της ροπής στρέψης που δίνει την επιθυμητή κίνηση. Αυτός ο μηχανισμός έλεγχου δίνει τα επιθυμητά αποτελέσματα όταν τα δυναμικά τεχνικά χαρακτηριστικά του ρομποτικού οχήματος είναι σαφώς ορισμένα μέσα στο σύστημα με τον μέγιστο βαθμό ακρίβειας. Αυτό οδηγεί σε μια ελεύθερη ανατροφοδότηση ενός μη-γραμμικού συστήματος.

Ο σκοπός είναι αυτά τα μη-γραμμικά συστήματα να συμπεριφερθούν ως γραμμικά έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί η θεωρία γραμμικών συστημάτων στην σχεδίαση του επιθυμητού ελεγκτή. Αυτό γιατί οι ενδείξεις από την ανατροφοδότηση του συστήματος δεν έχουν την ικανότητα να αντιληφθούν τις επιδράσεις της βαρύτητας, της τριβής, την επίδραση της αδράνειας, το φαινόμενο της απώλειας ικανότητας προσανατολισμού και των φυγόκεντρων δυνάμεων που επιδρούν στο σύστημα. Η χρήση ενός δυναμικού όμως μοντέλου του τύπου *Lagrange-Euler* είναι ικανό να συμπεριλάβει τέτοιες μη-γραμμικές παραμέτρους.

2.3.2 Έλεγχος υστέρησης εντοπισμού θέσης

Η πιο απλή μέθοδος ελέγχου είναι μια on/off διαδικασία εντοπισμού και διόρθωση της απόκλισης. Ένα καλό παράδειγμα παρομοίωσης του ελεγκτή της διαδικασίας είναι αυτό του απλού θερμοστάτη. Όταν η θερμοκρασία πέσει ο θερμοστάτης εντοπίζει την απώλεια και δίνει εντολή για αποκατάσταση της απώλειας. Όταν γίνει η αποκατάσταση ο θερμοστάτης κλείνει αυτόματα.

2.3.3 Ελεγκτής PID

Ο PID είναι ο πιο διαδεδομένος ελεγκτής που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο οποιαδήποτε μετρήσιμης μεταβλητής που μπορεί να επηρεαστεί από την αλλαγή άλλων μεταβλητών όπως θερμοκρασία, πίεση, ποσοστό ροής, χημική σύνθεση, δύναμη, ταχύτητα κ.α.

Η ανάπτυξη του ελέγχου PID προέρχεται από την παρατήρηση ότι μόνο ένας αναλογικός έλεγχος είναι ικανός να εξαλείψει την διαφορά μεταξύ μιας επιθυμητής τιμής ενός μεγέθους και της ευμετάβλητης τιμής του κατά την διάρκεια μιας διαδικασίας, δηλαδή την απόκλιση από την επιθυμητή τιμή. Με οποιονδήποτε άλλο τρόπο υπάρχει αντιστάθμιση των δύο αυτών μεταβλητών.

Ο όρος της παραγώγου (*D-derivative*) αντικατοπτρίζει την ικανότητα παρατήρησης του βαθμού της απόκλισης και της εξομάλυνσης του με μια πρόβλεψη της επιθυμητής τιμής.
Εξ' ορισμού ο ελεγκτής PID (Proportional Integral Derivative - αναλογική επιθυμητή παράγωγος) είναι ένας κλειστός βρόγχος ελέγχου ανατροφοδότησης που χρησιμοποιείται για να δώσει σε μια έξοδο την επιθυμητή τιμή.

Ο ελεγκτής λειτουργεί δημιουργώντας ένα σήμα *ε(t)* από την διαφορά επιθυμητής *R(t)* και πραγματικής τιμής εξόδου *Y(t)* και εκφράζεται ως:

$$\varepsilon(t) = R(t) - Y(t)$$

τότε ο ελεγκτής δημιουργεί ένα σήμα ελέγχου ώστε ο έλεγχος να γίνει σύμφωνα με:

$$u(t) = K_P \varepsilon(t) + K_I \int_0^t \varepsilon(t)dt + K_D \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$$

όπου *Kp, Ki* και *Kd* οι συντελεστές του σφάλματος, του ολοκληρώματος και της παραγώγου αντίστοιχα. Οι επιθυμητές αριθμητικές τιμές υπολογίζονται είτε μαθηματικά είτε πειραματικά.

Η έξοδος του ελεγκτή δίνει τέσσερα κύρια υπολογίσιμα χαρακτηριστικά, *χρόνο ανόδου (rise time)*, *σφάλμα (overshoot)*, *χρόνο περάτωσης* (*setting time*), *απόκλιση ελεγκτή* (steady-state error). Ο χρόνος ανόδου αναφέρεται στον χρόνο που χρειάστηκε ο ελεγκτής να φθάσει για πρώτη φορά την επιθυμητή τιμή απ' όπου μπορεί να αποκλίνει αμέσως κατά ένα σφάλμα μέχρι να γίνει σταθερή η προσέγγιση. Αυτό φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα. Ο χρόνος περάτωσης είναι η ώρα που χρειάζεται στο σύστημα να σταθεροποιηθεί στην επιθυμητή τιμή. Τέλος αν το σύστημα δεν μπορεί να φτάσει σε αυτή την τιμή φτάνει σε τιμή που η διαφορά της με την επιθυμητή είναι η απόκλιση ελεγκτή. Στον **Πίνακα 2.7** φαίνεται η επίδραση των αλλαγών στις παραπάνω σταθερές του PID ελεγκτή.

σταθεροποίηση περιμέτρων	χρόνος ανόδου	σφάλμα	χρόνος περάτωσης	απόκλιση ελεγκτή
K_p	μείωση	αύξηση	μικρή αλλαγή	μείωση
K_i	μείωση	αύξηση	αύξηση	εξάληψη
K_d	μικρή αλλαγή	μείωση	μείωση	μικρή αλλαγή

Πίνακας 2.7 *Επίδραση αλλαγών στις σταθερές του PID ελεγκτή*

2.4 Πλοήγηση

Η μετακίνηση από ένα σημείο Α σε ένα σημείο Β θεωρείται ως πρόβλημα πλοήγησης, πέραν από πρόβλημα ελέγχου. Αναλογικά με το υδάτινο περιβάλλον και τις επιθυμητές αποστολές υπάρχουν και διαφορετικοί σχεδιασμοί για την πλοήγηση ενός σκάφους. Σήμερα το περισσότερα υποβρύχια ρομποτικά οχήματα δουλεύουν με την υποστήριξη επιφανειακών σκαφών για λόγους πλοήγησής τους. Όμως υπάρχουν και σκάφη χαμηλής κατανάλωσης και μεγάλου εύρους πεδίου, που είναι ικανά να δρουν αυτόνομα για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα δίνοντας περιοδικά πληροφορίες μέσω δορυφόρου σε αυτούς που τα χειρίζονται στην ακτή πριν βγουν στην επιφάνεια για συλλογή.

Όταν υπάρχει μια επιφάνεια αναφοράς όπως ένα σκάφος υποστήριξης, μια μικρή βασική γραμμή τοποθέτησης (USBL- ultra short baseline) χρησιμοποιείται για να υπολογίσει την τοποθεσία του υποβρυχίου οχήματος σχετικά με την γνωστή μέσω GPS θέση του σκάφους υποστήριξης. Αυτό γίνεται μέσω ακουστικών κυμάτων και μετρήσεων απόστασης κάποιου σχετικού συστήματος συντεταγμένων.

Για αποστολές μεγαλύτερου εύρους που δεν υπάρχει κάποιο σκάφος υποστήριξης το ίδιο το όχημα ανεβαίνει στην επιφάνεια και βρίσκει την θέση του μέσω ενσωματωμένου GPS συστήματος σε αυτό. Στα ενδιάμεσα σημεία και στην υποβρύχια κίνησή του ένα σύστημα υπολογισμού της αδράνειας που είναι ενσωματωμένο στο ρομποτικό όχημα

υπολογίζει την επιτάχυνση και την ταχύτητα κίνησής του αναλογικά με τις κινήσεις του ρομποτικού οχήματος. Αυτά αποτελούν μαζί με μια ηλεκτρονική πυξίδα ένα σύστημα πλοήγησης.

Οι τεχνολογίες εντοπισμού θέσης διακρίνονται σε δυο κύριες κατηγορίες. Στις σχετικές και στις απόλυτες θέσεις συντεταγμένων. Οι απόλυτες θέσεις σημαίνουν ότι η εκάστοτε υπολογισμένη θέση δεν είναι εξαρτημένη από τις προηγούμενες θέσεις του ρομποτικού οχήματος. Η τεχνολογία GPS αποτελεί ένα τέτοιο παράδειγμα. Πλεονεκτήματα της εύρεσης απόλυτων θέσεων συντεταγμένων είναι ότι δεν υπάρχει καμία πιθανότητα σφάλματος σε αντίθεση με τις σχετικές θέσεις. Όμως το GPS παρουσιάζει πολλές φορές απώλειες σήματος στο εξωτερικό περιβάλλον και δεν έχει εξωτερικές προεκτάσεις για επεξεργασία της πληροφορίας. Για σχετικούς υπολογισμούς θέσης χρησιμοποιείται η μέθοδος του νεκρού υπολογισμού.

2.4.1 Μέθοδος νεκρού υπολογισμού (Dead Reckoning)

Η μέθοδος του νεκρού υπολογισμού βασίζεται στην εκτίμηση της γεωγραφικής θέσης ενός οχήματος έχοντας ως δεδομένο μια γνωστή καταγεγραμμένη θέση και χρησιμοποιώντας την χρονική διαδρομή, την ταχύτητα και την απόσταση που διανύθηκε.

Με αυτή την μέθοδο υπολογίζεται μια παρούσα ή μια μελλοντική θέση με γνωστές και σταθερές τις παραπάνω παραμέτρους. Με την χρήση της μεθόδου πλοηγούνται καράβια, αεροσκάφη, φορτηγά, αυτοκίνητα, δομικές και κατασκευαστικές εργαλειομηχανές και πρόσφατα κινητά ρομπότ. Σημαντικό ρόλο στην αναγνώριση της θέσης, πέρα από την γνώση των προαναφερθέντων παραμέτρων, παίζει και η αρχική και τελική φορά της διεύθυνσης του οχήματος.

2.4.2 Μονάδα μέτρησης αδράνειας (Inertial Measurement Unit)

Ένα από τα πιο διαδεδομένα σχετικά συστήματα εντοπισμού θέσης είναι τα αδρανή συστήματα πλοήγησης (INS-inertial navigation systems). Η μέθοδος εντοπισμού dead reckoning με γυροσκόπιο και επιταχυνσιόμετρο καλείται αδρανής πλοήγηση (inertial navigation). Το γυροσκόπιο μετρά τις γωνιακές αναλογίες και το επιταχυνσιόμετρο αντιλαμβάνεται τις επιταχύνσεις. Η ολοκλήρωση των γωνιακών ταχυτήτων στον χρόνο παράγει την γωνιακή πληροφορία. Η τιμή της απόστασης δίνεται με την διπλή ολοκλήρωση της επιτάχυνσης στον χρόνο.

Οι συσκευές IMU (inertial measurement units) είναι αυτόνομες και δεν χρειάζονται πηγή εξωτερικών ηλεκτρομαγνητικών σημάτων. Αυτό δίνει καλύτερη απόκριση στο σύστημα του ρομποτικού οχήματος απ’ ότι μια συσκευή GPS καθώς δεν αντιμετωπίζεται το πρόβλημα κάλυψης οποιασδήποτε γεωγραφικής περιοχής, πρόβλημα που έχει το GPS. Το μόνο μειονέκτημα είναι το πρόβλημα λανθάνουσας ροπής μετατόπισης που μπορεί να δώσει μια τέτοια συσκευή. Αυτό έχει να κάνει με τις απώλειες ακρίβειας στον τρόπο ολοκλήρωσης και υπολογισμού των παραμέτρων. Μέθοδοι όπως το φίλτρο Kalman χρησιμοποιούνται για να μειώσουν τις απώλειες ακρίβειας λόγω λανθασμένων ροπών μετατόπισης.

2.4.3 Σφάλματα πλοήγησης και θέσης

Η ακρίβεια θέσης και πλοήγησης ενός αυτόνομου υποβρυχίου ρομποτικού οχήματος καθορίζεται από τις απαιτήσεις των αποστολών που καλείται να εκτελέσει. Η ακρίβεια θέσης καθορίζεται από οποιαδήποτε απόκλιση υπάρχει στην εύρεση της γεωγραφικής

θέσης ενός AUV. Η ακρίβεια πλοήγησης έγκειται στην δυνατότητα μεταφοράς του οχήματος από ένα γεωγραφικό σημείο σε ένα άλλο.

Ένα πολύ βασικό μοντέλο εύρεσης του λάθους πλοήγησης για ένα AUV είναι το παρακάτω:

$$TotalError = \sqrt{\varepsilon_p^{\,2} + (D\sin\phi_o)^2 + (D\sin\varphi_{DI})^2 + (D\delta V_0)^2 + (D\delta V_A)^2}$$

όπου

ε_p : σημειακό σφάλμα της θέσης του οχήματος

δV_A : παράπλευρο σφάλμα ταχύτητας κίνησης

ϕ_o : σημειακό σφάλμα προσανατολισμού

δV_0 : εγκάρσιο σφάλμα ταχύτητας κίνησης

φ_{DI} : απώλεια θέσης προσανατολισμού αισθητήρα

Οι τιμές των παραπάνω όρων είναι συνδυασμένοι στο να δώσουν μια τιμή σφάλματος σαν συνάρτηση της διανυθείσας απόστασης (D). Οι παραπάνω παράγοντες σφάλματος είναι ανεξάρτητοι της ταχύτητας του σκάφους και υψηλότερων όρων. όπως η κατεύθυνση και η επιτάχυνση.

2.4.4 Πλοήγηση με ράδιο-συχνότητες

Στην πλοήγηση με ραδιοφωνικές συχνότητες ο εντοπισμός της θέσης του υποβρυχίου οχήματος σε σχέση με τη γη γίνεται μέσω ραδιοφωνικών συχνοτήτων. Το πρώτο σύστημα ραδιοφωνικής πλοήγησης ήταν ένα σύστημα εύρεσης της διεύθυνσης του ραδιοφωνικού σήματος (RDF-radio direction finder). Με τον συντονισμό σε μια ραδιοφωνική συχνότητα και χρησιμοποιώντας μια κεραία διεύθυνσης ώστε να υπολογιστεί η διεύθυνση της κεραίας εκπομπής, οι ραδιοφωνικές πηγές αντικατέστησαν την μέθοδο πλοήγησης μέσω παρατήρησης αστρικών φαινομένων. Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ο εντοπισμός της θέσης μπορεί να γίνει υπό οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες. Με την μέτρηση της απόστασης δύο διαφορετικών συχνοτήτων και την αποτύπωσή τους σε ένα χάρτη, η τομή τους δίνει την ακριβή γεωγραφική διεύθυνση του σκάφους.

Η μέθοδος πλοήγησης χαμηλών συχνοτήτων LORAN (long range navigation) είναι μια μέθοδος πλοήγησης μέσω χρησιμοποίησης ραδιοφωνικών πομπών χαμηλών συχνοτήτων. Με τον υπολογισμό χρονικών διαστημάτων μεταξύ δυο ραδιοφωνικών σημάτων από δυο διαφορετικούς πομπούς γίνεται η αναγνώριση της γεωγραφικής θέσης ενώ το εύρος των συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται είναι από 90 έως 110 Khz. Η σταθερή χρονική διαφορά αναμετάδοσης των σημάτων από τις κεραίες εκπομπής μπορεί να αναπαρασταθεί από μια παραβολική καμπύλη. Εάν η θέση των κεραιών εκπομπής είναι γνωστή τότε η θέση του πομπού αναμετάδοσης των σημάτων μπορεί να υπολογιστεί σαν ένα σημείο της παραβολικής καμπύλης. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η διαφορά χρόνου μεταξύ των διαδοχικών αναμεταδόσεων να είναι σταθερή.

Τα GPS συστήματα αντίστοιχα χρησιμοποιούν έναν αστερισμό δορυφόρων, τουλάχιστον 24, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε ελλειπτικές κυκλικές τροχιές σε έξι διαφορετικές επίπεδες τροχιές μεταξύ τους. Οι επίγειοι σταθμοί ανά τον κόσμο καταγράφουν τις διαδρομές των δορυφόρων, συγχρονίζουν τα ατομικά ρολόγια κάθε δορυφόρου και καθορίζουν τις πληροφορίες που εκπέμπουν οι δορυφόροι. Ο δέκτης ενός GPS συστήματος πλοήγησης συγκρίνει σήματα από τουλάχιστον τέσσερις δορυφόρους

και υπολογίζει την ακριβή ώρα και θέση(γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος και ύψος).

Ο δέκτης υπολογίζει την απόσταση για καθέναν από τους τέσσερις δορυφόρους από την διαφορά τοπικής ώρας και της ώρας που στάλθηκαν τα σήματα. Τέλος αποκωδικοποιεί τις τοποθεσίες των δορυφόρων από τις ραδιοφωνικές εκπομπές τους μέσω μιας εσωτερικής βάσης δεδομένων

2.4.5 Προγραμματισμός διαδρομής

Η καρδιά του επίπεδου εκτέλεσης αποτελείται από τις λειτουργίες της πλοήγησης, της καθοδήγησης και του ελέγχου. Η καθοδήγηση και ο έλεγχος αποτελούν ένα σύστημα υψηλότερου επιπέδου που προγραμματίζει την ακολουθούμενη διαδρομή. Στο στάδιο αυτό το ρομποτικό σύστημα λαμβάνει πληροφορίες για χαρτογραφημένα εμπόδια, για το αν το περιβάλλον είναι εχθρικό ή φιλικό και δημιουργεί μια ομαλή και στρωτή διαδρομή.

Παράλληλα με τα παραπάνω υπάρχει και ένα επίπεδο ανατροφοδότησης μέσω της λειτουργίας μίας συσκευής σόναρ με σκοπό να επαναπροσδιορίζει διαδρομές όταν παρουσιάζονται αχαρτογράφητα εμπόδια και όταν αλλάζουν τα δεδομένα της αποστολής που εκτελείται από το όχημα. Ανάλογα με την συγκεκριμένη θέση και προσανατολισμό στα οποία θέλουμε να βρεθεί το υποβρύχιο, κομμάτια της διαδρομής χωρίζονται σε ευθύγραμμες προς όλες τις πιθανές διευθύνσεις, κυκλικές και καμπύλες κινήσεις. Η βασική απόδοση στην λεπτομέρεια κίνησης του ρομποτικού οχήματος μεταξύ της καθοδήγησης και του ελέγχου του συστήματος βασίζεται στην αυτονομία και στην ακρίβεια του αυτόματου πιλοτικού συστήματος που διαθέτει το ρομπότ. Μέσω του ελέγχου κρίνεται η σταθερότητα και η ακρίβεια στις παραμέτρους της ταχύτητας, του προσανατολισμού και του βάθους του υποβρυχίου οχήματος. Τέλος μέσω της διαδικασίας καθοδήγησης και ελέγχου καθορίζονται οι εντολές κίνησης που μεταφέρονται στον ελεγκτή κίνησης και από εκεί σε ένα σύστημα χαμηλότερου επιπέδου, το σύστημα κίνησης.

Ένας τρόπος επίτευξης μεγάλης ακρίβειας κίνησης είναι η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ταχύτητα μεταφοράς και υλοποίησης των εντολών κίνησης. Αυτό εξαρτάται από την υπολογιστική και μηχανική δυναμική του ρομποτικού συστήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΡΟΤΥΠΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των υπαρχόντων αυτόνομων υποβρυχίων ρομποτικών οχημάτων. Ορίζονται οι βασικοί σχεδιαστικοί στόχοι για το παρόν πρόβλημα και παρουσιάζονται τα τρία πρότυπα μοντέλα προκαταρτικής σχεδίασης.

3.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των υπαρχόντων AUV

Η παρατήρηση και καταγραφή των υπαρχόντων αυτόνομων υποβρυχίων ρομποτικών οχημάτων (**Παράρτημα Α**) οδήγησε σε πολλά συμπεράσματα και κατευθύνσεις όσον αφορά την σχεδίαση του AUV της παρούσας εργασίας.

Όλα τα ρομποτικά οχήματα που παρουσιάζονται στο παράρτημα Α είναι πλήρως αυτόνομα. Έχουν διαφορετικούς συνδυασμούς αισθητήρων εκ των οποίων οι περισσότεροι είναι ικανοί συνδυασμοί αυτόνομης πλοήγησης. Η επιλογή των ειδών των αισθητήρων και ο συνδυασμός τους εξαρτάται κυρίως από το αν αυτά τα οχήματα προορίζονται για φυσικό ή τεχνητό περιβάλλον, δηλαδή για θαλάσσια χρήση ή πειραματική χρήση σε πισίνα.

Τα περισσότερα από τα οχήματα έχουν σχήμα μακρόστενου κυλίνδρου. Ο σχεδιασμός αυτός είναι υδροδυναμικός και ελαχιστοποιεί τις υδροδυναμικές αντιστάσεις. Όμως μια υλοποίηση τέτοιου σχήματος είναι αρκετά μεγάλη σε μήκος, τουλάχιστον ένα μέτρο και επειδή όλο το κυρίως σώμα πρέπει να είναι στεγανό, αυτό οδηγεί και σε μεγάλα βάρη, άνω των 30 κιλών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το ρομποτικό όχημα να μην ελίσσεται εύκολα λόγο όγκου. Επίσης η μεταφορά και η πειραματική χρήση ενός τέτοιου σκάφους συναντά πολλά εμπόδια λόγω των διαστάσεων και του βάρους του. Τέλος οι υπόλοιποι σχεδιασμοί είναι τελείως γυμνοί, δηλαδή δεν έχουν κάποιο κέλυφος, ενώ κανένα από τα παραπάνω οχήματα δεν παρουσιάζει βιο-μιμητικό σχεδιασμό.

Όσον αφορά την κίνηση των αυτόνομων υποβρυχίων ρομποτικών οχημάτων, τους περισσότερους βαθμούς ελευθερίας τους έχουν όσα χρησιμοποιούν περισσότερους από τέσσερις κινητήρες. Ολονομικά είναι μόνο όσα από τα παραπάνω ρομποτικά οχήματα χρησιμοποιούν έξι κινητήρες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μέγιστη ελευθερία κινήσεων όμως μια τέτοια υλοποίηση έχει πολύ μεγάλες ενεργειακές και προγραμματιστικές απαιτήσεις ενώ το βάρος του οχήματος αυξάνεται αρκετά.

Τα παραπάνω δείχνουν ότι η έρευνα των αυτόνομων υποβρυχίων ρομποτικών οχημάτων βρίσκεται ακόμα σε εξέλιξη καθώς μπορεί υπάρχουν σχεδιαστικές πατέντες και βελτιστοποιήσεις που δεν έχουν υλοποιηθεί ακόμα. Προς αυτή την κατεύθυνση κρίνεται σκόπιμο να κινηθεί και η σχεδίαση του οχήματος της παρούσας διπλωματικής.

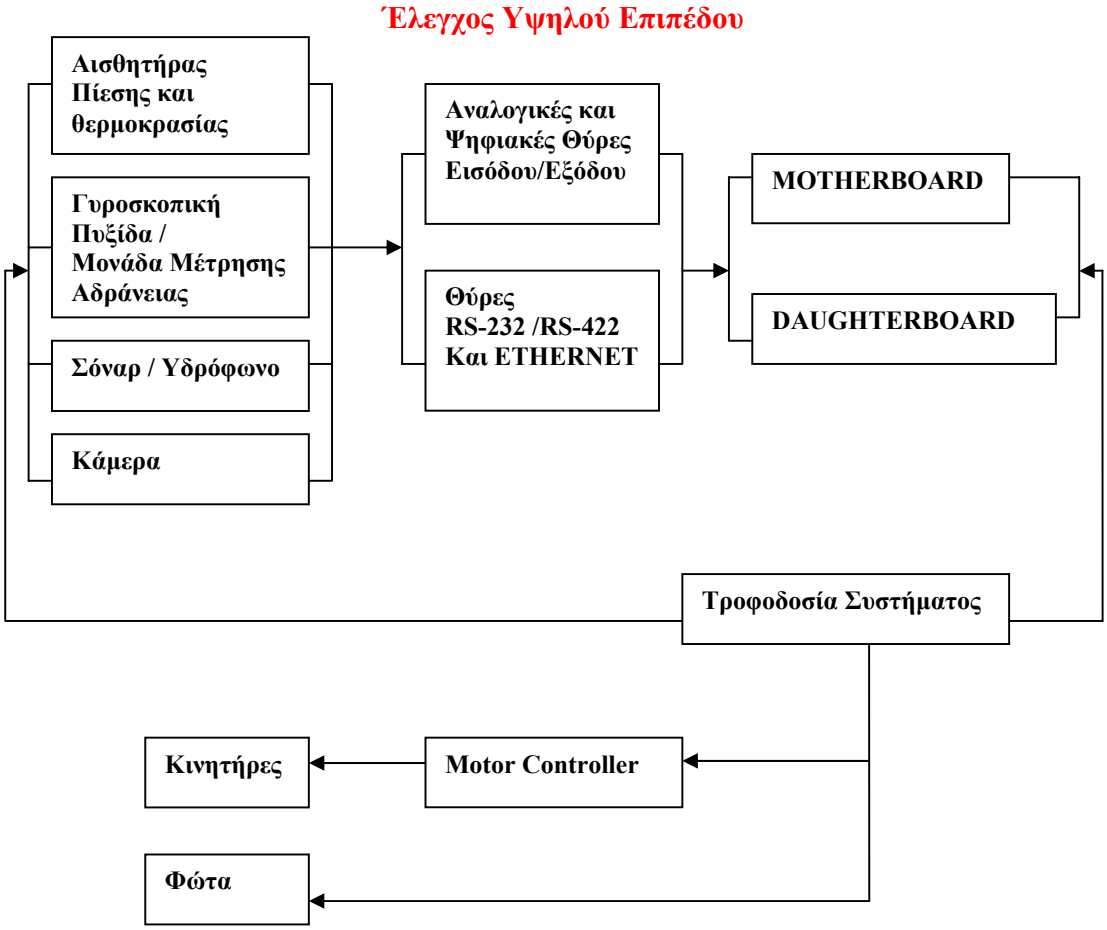
3.2 Βασική σχεδίαση ενός AUV

Κάθε αυτόνομο υποβρύχιο ρομποτικό όχημα αποτελείται από ηλεκτρονικά εξαρτήματα, αισθητήρες και άλλα μέρη. Με τον κατάλληλο συνδυασμό και προγραμματισμό τους τα μέρη αυτά πλέον απαρτίζουν μια υποβρύχια ρομποτική μονάδα. Η μονάδα αυτή πρέπει να μπορεί να καταδύεται, να κινείται, να πλοηγείται αυτόνομα, να

έχει αίσθηση του περιβάλλοντος και να αλληλεπιδρά με τον περιβάλλοντα χώρο με συγκεκριμένο τρόπο βασιζόμενο στην αυτονομία των προγραμματιζόμενων επιλογών του.

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται συνήθως στα υποβρύχια αυτόνομα ρομποτικά οχήματα είναι αισθητήρες πίεσης και θερμοκρασίας, δισδιάστατες ή τρισδιάστατες ηλεκτρονικές πυξίδες, μονάδες μέτρησης της αδράνειας, σόναρ και υδρόφωνα. Επίσης χρησιμοποιούνται φώτα και κάμερες για την καταγραφή εικόνας από το ρομποτικό όχημα. Η κίνηση δίνεται από μικρούς κινητήρες. Τα παραπάνω συνδέονται με μητρική κάρτα και επεξεργαστή ενώ όλα τροφοδοτούνται από μπαταρίες.

Ο έλεγχος και η σύνδεση των μερών του ρομποτικού οχήματος διαχωρίζεται σε δύο μέρη. Στον έλεγχο υψηλού επιπέδου και στον έλεγχο χαμηλού επιπέδου. Στον έλεγχο υψηλού επιπέδου περιέχονται τα μέρη του ρομποτικού οχήματος που η συνεργασία τους οδηγεί στην λήψη αποφάσεων από το ίδιο το όχημα. Στον έλεγχο χαμηλού επιπέδου περιέχονται η κινηματική και ενεργειακή λειτουργία του συστήματος. Παρακάτω, μέσω του **Σχήματος 3.1**, γίνεται μια προσπάθεια καταγραφής των μερών του κυκλώματος του ρομποτικού οχήματος και διαχωρισμού τους σε μονάδες ελέγχου υψηλού και χαμηλού επιπέδου αντίστοιχα, σύμφωνα με τον τρόπο ροής των πληροφοριών μέσα στην ρομποτική πλατφόρμα.



Σχήμα 3.1 *Διάγραμμα Ροής Πληροφορίας*

3.3 Σχεδιαστικοί στόχοι

Σκοπός της παρούσας εργασίας δεν είναι απλά η σχεδίαση ενός αυτόνομου υποβρυχίου ρομποτικού οχήματος, αλλά η σχεδίαση ενός οχήματος που να είναι πρότυπο και καινοτόμο και να υπερτερεί στα σημεία που τα οχήματα που παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α παρουσιάζουν μειονεκτήματα.

Οι κύριοι στόχοι της σχεδίασης του Mondo Generator AUV είναι οι παρακάτω:

- Ελαχιστοποίηση του όγκου του σκάφους.
- Δυνατότητα ολονομικής κίνησης του σκάφους.
- Ελαχιστοποίηση της υδροδυναμικής αντιστάσεως του κελύφους του σκάφους.
- Εξ'ολοκλήρου νέα σχεδίαση με έμφαση στην επίτευξη περισσότερων βαθμών ελευθερίας στην κίνηση με τους λιγότερους δυνατούς κινητήρες
- Διατήρηση χαμηλού όγκου και βάρους του σκάφους
- Έμφαση στην αυτονομία του σκάφους σε ενεργειακό επίπεδο και σε επίπεδο υπολογιστικής νοημοσύνης

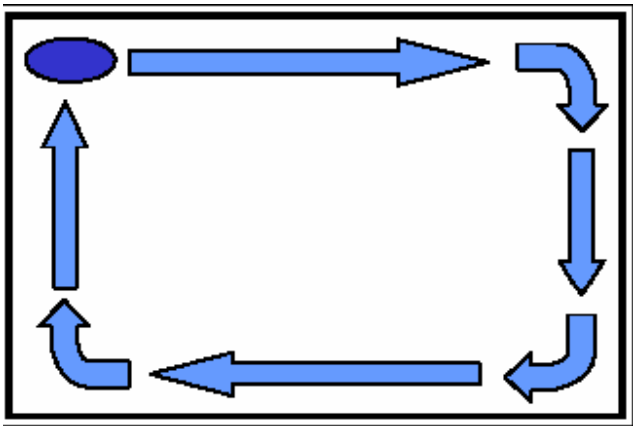
Τέλος το ρομποτικό όχημα θα πρέπει να είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένο ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πειράματα σε πισίνα αλλά και να είναι ικανό για κατάδυση και έρευνα σε θαλάσσιο περιβάλλον. Επίσης αφού είναι συγκρίσιμο με τα υποβρύχια του AUVSI διαγωνισμού θα πρέπει να πληρεί και όλες τις προϋποθέσεις του διαγωνισμού.

3.3.1 Προϋποθέσεις του Διαγωνισμού AUVSI

Παρακάτω αναφέρονται οι προϋποθέσεις πλοήγησης που πρέπει να πληρούν τα ρομποτικά οχήματα που συμμετέχουν στον διαγωνισμό AUVSI για αυτόνομα υποβρύχια ρομποτικά οχήματα. Όσον αφορά την σχεδίαση και τον τρόπο υλοποίησης δεν υπάρχει κανένας περιορισμός .

1η αποστολή: παράλληλη πορεία με τα τοιχώματα της πισίνας

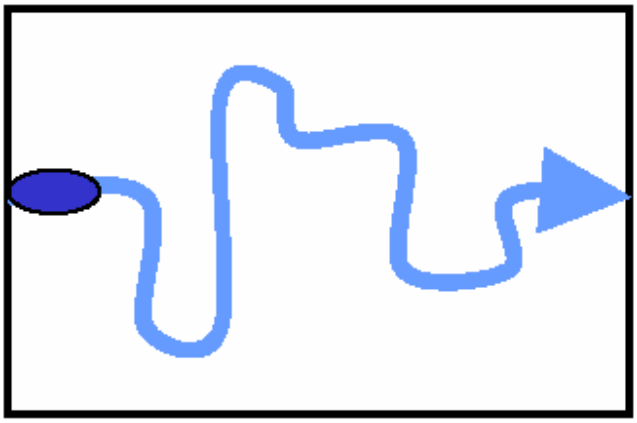
Το AUV τοποθετείται κοντά σε μια γωνία της πισίνας. Η αποστολή είναι το ρομποτικό όχημα να ακολουθήσει τον τοίχο της πισίνας χωρίς να τον ακουμπήσει. Το ρομποτικό όχημα πρέπει να κάνει έναν γύρο, να επιστρέψει στο σημείο εκκίνησης και να σταματήσει, όπως φαίνεται στο **Σχήμα 3.2**.



Σχήμα 3.2 *Παράλληλη πορεία*

2η αποστολή: πορεία μέσα σε σωλήνα

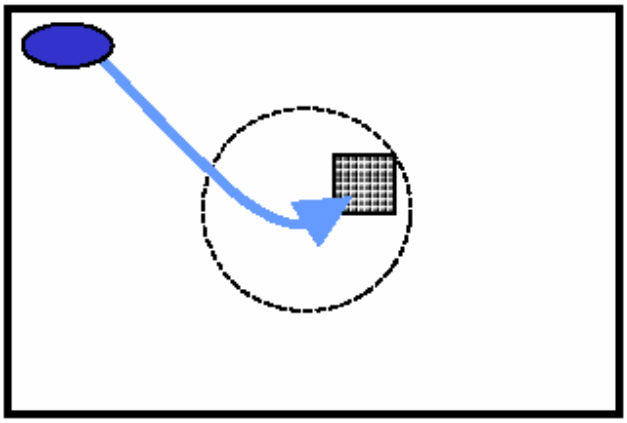
Ένας πλαστικός σωλήνας συγκεκριμένης διαμέτρου και χρώματος τοποθετείται στον πάτο της πισίνας αρχίζοντας από την μία άκρη και καταλήγοντας στην άλλη. Ο σωλήνας αποτελείται από ευθεία κομμάτια και γωνίες. Το ρομποτικό όχημα τοποθετείται πριν από την αρχή του σωλήνα κοντά στο τοίχωμα της πισίνας και πρέπει να ακολουθήσει την διαδρομή μέσα στον σωλήνα μέχρι την άλλη άκρη, όπως φαίνεται στο **Σχήμα 3.3**.



Σχήμα 3.3 *Πορεία σε σωλήνα*

3η αποστολή: εύρεση στόχου

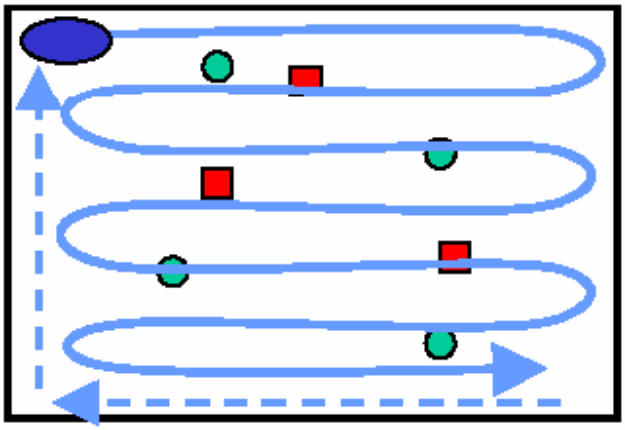
Το AUV τοποθετείται κοντά σε μια γωνία της πισίνας. Ένας στόχος προσδιορισμένου χρώματος και μεγέθους είναι τοποθετημένος σε ακτίνα τριών μέτρων από το κέντρο της πισίνας. Στόχος του ρομποτικού οχήματος είναι να εντοπίσει τον στόχο, να πάει από πάνω του και αν το όχημα διαθέτει αρπάγη να τοποθετήσει ή να συλλέξει κάτι, όπως φαίνεται στο **Σχήμα 3.4**.



Σχήμα 3.4 *Εύρεση στόχου*

4η αποστολή: χαρτογράφηση αντικειμένων

Ένας αριθμός απλών σε μορφή αντικειμένων όπως κουτιά και μπάλες, γνωστών διαστάσεων και χρωμάτων, τοποθετούνται κοντά στον πυθμένα της πισίνας διανεμημένα σε όλο το πλάτος και το μήκος της. Το ρομποτικό όχημα ξεκινά από μια γωνία της πισίνας. Σκοπός της αποστολής είναι το όχημα να χαρτογραφήσει όλη την έκταση της πισίνας, χρησιμοποιώντας οποιοδήποτε μοτίβο σάρωσης του χώρου και να καταγράψει όλα τα αντικείμενα που υπάρχουν μέσα σε αυτήν. Το AUV θα πρέπει να επιστρέψει στην αρχική του θέση και να σταματήσει. Μετά το όχημα θα ανεγερθεί από την πισίνα και θα πρέπει συνδεδεμένο με κάποιον υπολογιστή να εξάγει την οποιαδήποτε μορφή χάρτη που θα περιέχει την τοποθεσία και το σχήμα των αντικειμένων στο εσωτερικό της πισίνας.



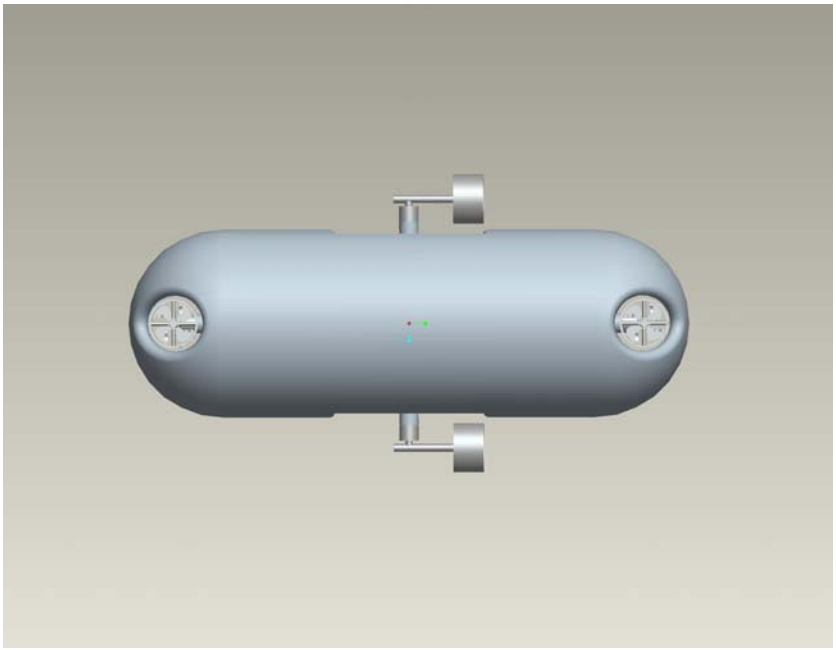
Σχήμα 3.5 *Χαρτογράφηση αντικειμένων*

3.4 Πρότυπα μοντέλα προκαταρτικής σχεδίασης

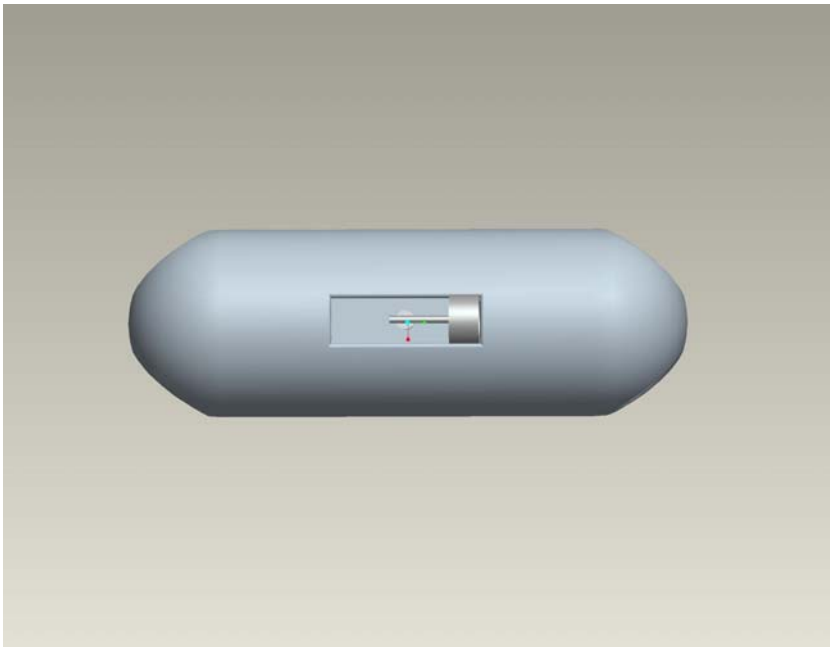
Σαν αρχικό στάδιο για την περαιτέρω εξέλιξη και υλοποίηση μιας ιδέας αυτόνομου υποβρύχιου ρομποτικού οχήματος είναι η κατασκευή πρότυπων μοντέλων προκαταρτικής σχεδίασης και η αξιολόγηση τους. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας σχεδιάσθηκαν με το πρόγραμμα *wildfire -pro engineer* τα παρακάτω μοντέλα. Τα μοντέλα αυτά είναι μονοκόμματα στερεά σχέδια εκτός των κινητήρων και δεν περιέχουν κανένα εξάρτημα στο εσωτερικό τους. Στην παρούσα φάση τα μοντέλα αυτά σχεδιάστηκαν με σκοπό την χωροταξική μελέτη και τοποθέτηση των κινητήρων και την αξιολόγηση των βαθμών ελευθερίας κίνησης για καθένα από αυτά

- **AUV κυλινδρικού σχήματος με τέσσερις ηλεκτροκινητήρες**

Το παρακάτω μοντέλο αποτελεί τον πιο κλασικό και πιο απλό σχεδιασμό ενός AUV. Το σχήμα του είναι κυλινδρικό και όλο το εσωτερικό του μέρος είναι στεγανό. Χρησιμοποιεί τέσσερις κινητήρες για την κίνησή του δύο στον οριζόντιο και δύο στον κάθετο άξονα με απόλυτη συμμετρία κατά ζεύγη. Χωρίς να έχει τους μέγιστους βαθμούς ελευθερίας, ικανοποιεί τις βασικές κινήσεις στους τρεις άξονες με απλές περιστροφές, ωστόσο δεν μπορεί να μεταφερθεί από ένα σημείο στον χώρο σε ένα οποιοδήποτε άλλο με διαφορετικές και τις τρεις συνιστώσες χωρίς μανούβρες.



Εικόνα 3.6 *Κάτοψη AUV κυλινδρικού σχήματος*

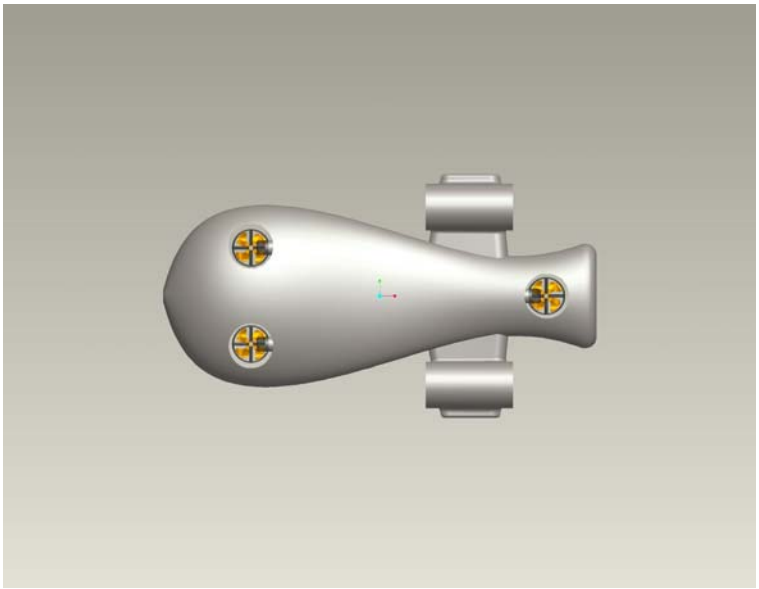


Εικόνα 3.7 *Αριστερή πλάγια όψη AUV κυλινδρικού σχήματος*

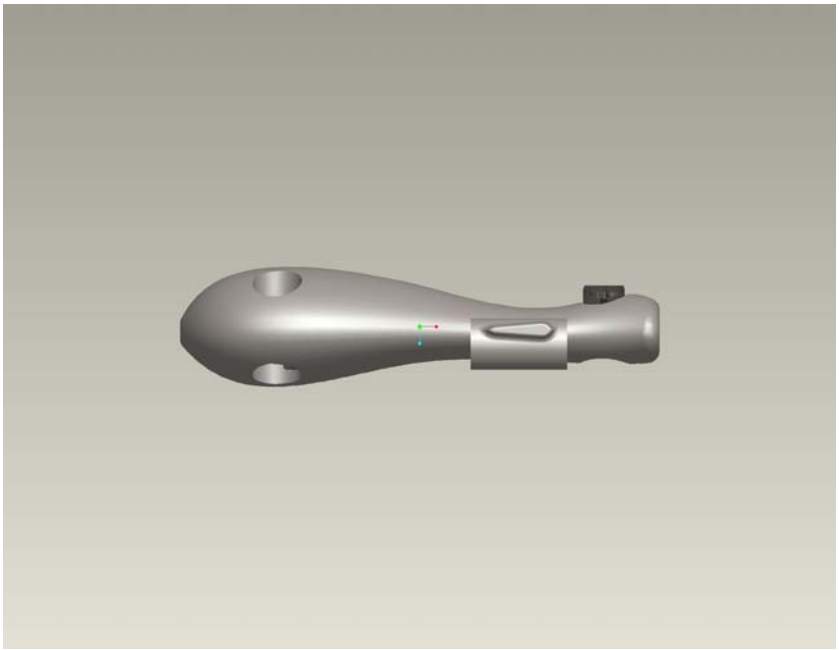
Εικόνα 3.8 *Γενική όψη AUV κυλινδρικού σχήματος*

- **AUV υδροδυναμικού σχήματος με πτερύγια και πέντε ηλεκτροκινητήρες**

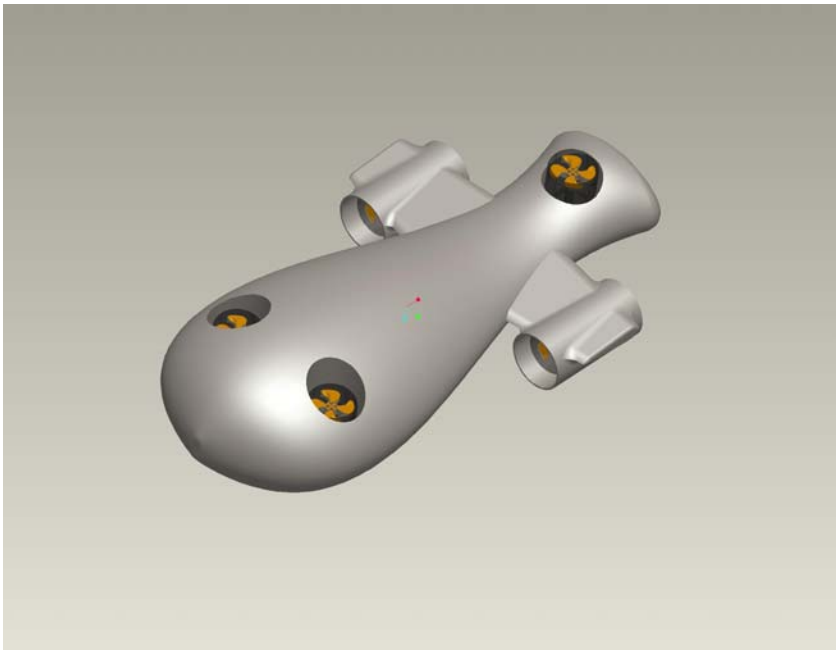
Το παρακάτω μοντέλο αποτελεί μια υδροδυναμική υλοποίηση με πλευρικά πτερύγια και κινητήρες ενσωματωμένους σε αυτά. Το εσωτερικό μέρος είναι όλο στεγανό και η κίνηση δίνεται από μια διάταξη πέντε ηλεκτροκινητήρων. Με τον συγκεκριμένο χωροταξικό σχεδιασμό κινητήρων δημιουργείται μεγαλύτερη ευελιξία κίνησης σε σχέση με το προηγούμενο μοντέλο ενώ τα πτερύγια βοηθούν στην υδροδυναμική ισορροπία και στην αποφυγή στροβιλισμού φαινόμενο συχνό σε κυλινδρικές υλοποιήσεις.



Εικόνα 3.9 *Κάτοψη AUV υδροδυναμικού σχήματος*



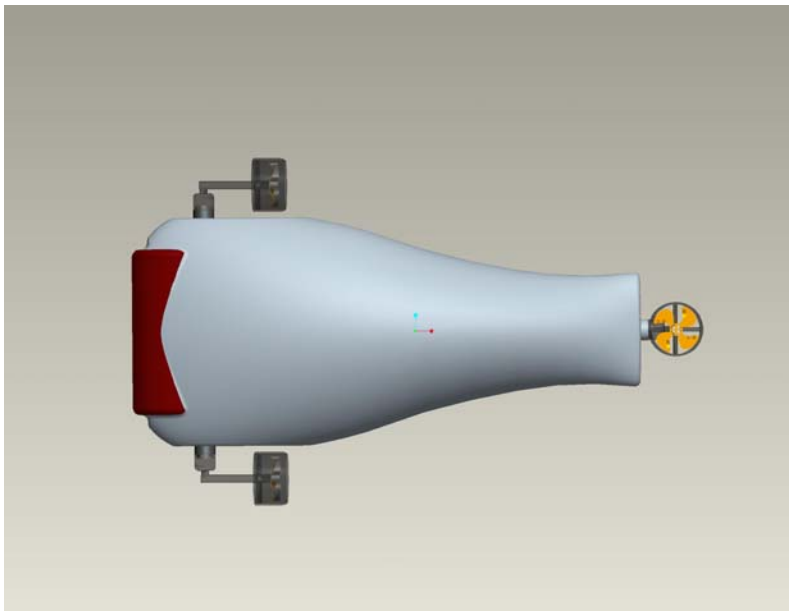
Εικόνα 3.10 *Αριστερή πλάγια όψη AUV υδροδυναμικού σχήματος*



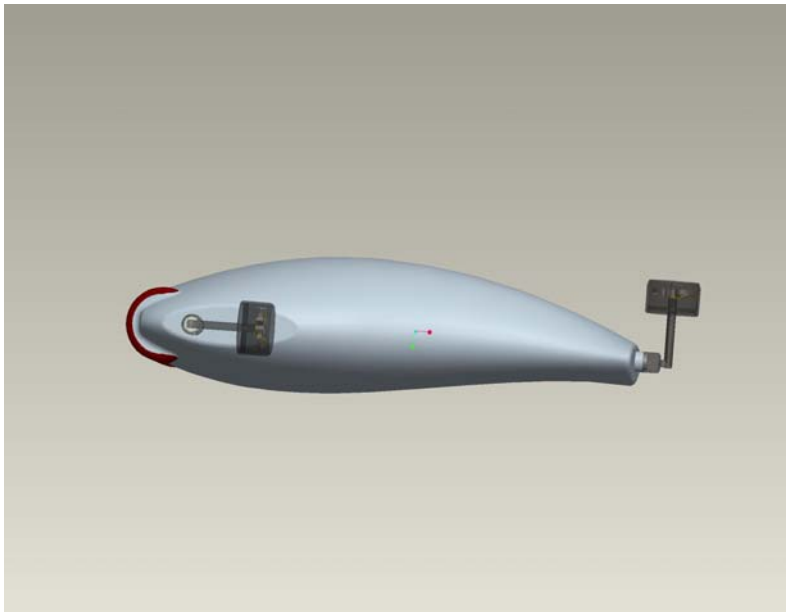
Εικόνα 3.11 *Γενική όψη AUV υδροδυναμικού σχήματος*

- **AUV βίο-μιμητικού σχεδιασμού με τρεις ηλεκτροκινητήρες**.

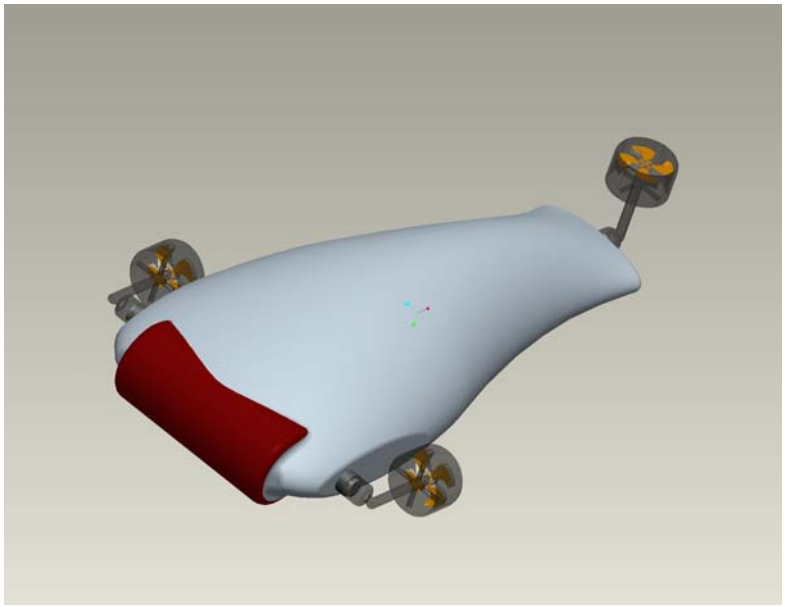
Το παρακάτω μοντέλο αποτελεί έναν βίο-μιμητικό σχεδιασμό με τρεις ηλεκτροκινητήρες. Οι δύο πλάγιοι κινητήρες έχουν την δυνατότητα πλήρους περιστροφής με την βοήθεια μικρών κινητήρων που βρίσκονται στο εσωτερικό στεγανό μέρος του ρομποτικού οχήματος. Αυτός ο σχεδιασμός δίνει τους μέγιστους βαθμούς ελευθερίας κίνησης για τρεις κινητήρες, όλες οι μεταβάσεις είναι εφικτές ενώ υπάρχει αυξημένη ικανότητα ελιγμών σε σχέση με τα προηγούμενα μοντέλα.



Εικόνα 3.12 *Κάτοψη AUV βίο-μιμητικού σχεδιασμού*



Εικόνα 3.13 *Αριστερή πλάγια όψη AUV βίο-μιμητικού σχεδιασμού*



Εικόνα 3.14 *Γενική όψη AUV βίο-μιμητικού σχεδιασμού*

Οι παραπάνω σχεδιασμοί και διατάξεις κινητήρων οδηγούν σε τελείως διαφορετικές λογικές σχεδίασης εάν συγκριθούν μεταξύ τους. Ξεκινώντας την κριτική μας, πρέπει να σκεφτούμε ότι όσο πιο απλή είναι μια σχεδίαση τόσο πιο εύκολη είναι και η υλοποίησή της, σε πρακτικό και προγραμματιστικό επίπεδο. Το τρίτο μοντέλο απαιτεί πολύπλοκα ηλεκτρονικά μέρη αλλά και μεγάλες προγραμματιστικές ικανότητες για να υλοποιηθεί και να λειτουργήσει κατά το δοκούν. Στον αντίποδα, η παρούσα διπλωματική εργασία έχει καθαρά ερευνητικό χαρακτήρα και μια τέτοια υλοποίηση είναι πιο καινοτόμα και πιο κοντά στους στόχους που έχουν τεθεί. Επίσης σημαντικό κριτήριο είναι ο όγκος και η ενεργειακή κατανάλωση που απαιτεί μια υλοποίηση με τέσσερις ή πέντε κινητήρες. Και σε αυτό το επίπεδο το τρίτο μοντέλο υπερτερεί. Τέλος η εξέλιξη ενός βιο-μιμητικού σχήματος είναι πρότυπη καθώς τα υποβρύχια ρομποτικά οχήματα που περιγράφονται στο **Παράρτημα Α** κεφάλαιο δεν παρουσιάζουν τέτοιες ιδιότητες στην σχεδίαση των κελυφών τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΟ ΣΧΕΔΙΟ ΤΟΥ MONDO GENERATOR AUV

Το παρόν κεφάλαιο εστιάζεται στην σχεδίαση του Mondo Generator AUV. Ξεκινά με την επιλογή των ηλεκτρονικών μερών του και την τρισδιάστατη σχεδίασή τους. Στην συνέχεια παρουσιάζεται η τρισδιάστατη εγκατάσταση και χωροταξική κατανομή τους όπως και η σχεδίαση του εξωτερικού κελύφους του οχήματος. Η επιλογή του ηλεκτρονικού συστήματος, με τα διαφορετικά του μέρη, συναντά την πρόκληση του να ικανοποιούνται οι σχεδιαστικοί στόχοι (**παράγραφος 3.3**) του οχήματος, ενώ παράλληλα πρέπει να είναι και λειτουργικά οριοθετημένο μέσα στο υποβρύχιο σκάφος.

4.1 Σχεδιαστικοί παράμετροι

Για την περαιτέρω σχεδιαστική μελέτη και ανάπτυξη ενός AUV πρέπει να ορισθούν συγκεκριμένες παράμετροι και μια ορισμένη αρχιτεκτονική διάταξη.

Το μοντέλο που θα υλοποιηθεί θα ακολουθεί έναν βιο-μιμητικό σχεδιασμό του εξωτερικού κελύφους. Η κίνηση θα προέρχεται από τρεις ηλεκτροκινητήρες, έναν σταθερό στην κάθετη διεύθυνση του σκάφους και δυο αντιδιαμετρικούς πλήρως περιστρεφόμενους κινητήρες, στην οριζόντια διεύθυνση του σκάφους. Με αυτή την διάταξη έχουμε δυνατότητα υλοποίησης όλων των επιθυμητών μεταβάσεων. Ειδικότερα εάν οι δύο πλάγιοι κινητήρες προγραμματιστούν ώστε να λειτουργούν ανεξάρτητα και όχι παράλληλα το ρομποτικό όχημα θα έχει την δυνατότητα μετάβασης από μια θέση (*x,y,z(i)*) σε μια θέση (*x,y,z(j)*) χωρίς αλλαγή της θέσης προσανατολισμού του, δηλαδή χωρίς την οποιαδήποτε μανούβρα. Αυτή η δυνατότητα μεταβάσεων ορίζεται και σαν ολονομική δυνατότητα κίνησης ενός σώματος.

Τα ηλεκτρονικά μέρη του ρομποτικού οχήματος και ειδικότερα η υπολογιστική μονάδα του ρομποτικού συστήματος θα συναρμολογηθεί και θα τοποθετηθεί σε ειδικό κουτί από αλουμίνιο το οποίο θα είναι και το μόνο στεγανό μέρος του σκάφους. Το κουτί αυτό θα φέρει ειδικές τρύπες κατάλληλης διαμέτρου στις οποίες θα συνδεθούν αδιάβροχες διακλαδώσεις ηλεκτρικού ρεύματος που θα συνδέουν τα υπόλοιπα εξωτερικά ηλεκτρονικά μέρη του ρομποτικού οχήματος με αδιάβροχα καλώδια. Τα αισθητήρια μέρη του ρομποτικού οχήματος θα είναι όλα αδιάβροχα εμπορικά μοντέλα σχεδιασμένα να αντέχουν σε μεγάλες πιέσεις κατάλληλα για μεγάλα βάθη.

Το κέλυφος του ρομποτικού οχήματος θα κατασκευασθεί από πολύ ανθεκτικό πλαστικό και θα σχεδιασθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να προσαρμόζονται πάνω του τα υπόλοιπα μέρη του ρομποτικού οχήματος. Σκοπός μας είναι κατά την είσοδο της ρομποτικής μονάδας στο νερό τα κενά μέρη του εσωτερικού του να πλημμυρίζουν με νερό μέσω κατάλληλων οπών. Με αυτόν τον τρόπο θα έχουμε μια πολύ ελαφρύτερη κατασκευή καθώς δεν θα είναι όλη η μονάδα στεγανή άρα δεν θα χρειάζεται ο όγκος του ρομποτικού οχήματος να αντιστοιχεί στο βάρος του για να μπορεί να καταδυθεί.

4.2 Ηλεκτρονικά μέρη του Mondo Generator AUV και ψηφιακή τρισδιάστατη απεικόνισή τους

Παρακάτω παρατίθενται όλα τα ηλεκτρονικά και αισθητήρια μέρη που θα χρησιμοποιηθούν για την σχεδίαση του Mondo Generator AUV με τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά τους καθώς και τον σκοπό της χρήσης τους.

Το πρώτο βήμα του σχεδιασμού του Mondo Generator AUV είναι η ψηφιακή σχεδίαση και αναπαράσταση σε γραφικό περιβάλλον των ηλεκτρονικών και αισθητήριων μερών του ρομποτικού οχήματος. Για την σχεδίαση όλων των δομικών τμημάτων του ρομποτικού οχήματος χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ***wildfire Pro-Engineer.*** Αυτή η αρχική φάση της σχεδίασης είναι ίσως η πιο σημαντική καθώς με την ακριβή διαστασιολόγηση των μερών που θα αποτελέσουν το εσωτερικό του ρομποτικού οχήματος, έχουμε μια πρώτη εικόνα για τις συνολικές διαστάσεις και την διάταξη των μερών του ρομποτικού οχήματος. Οι εικόνες που παρουσιάζονται παρακάτω (**Εικόνα 4.1 – Εικόνα 4.16**) αποτελούν την τρισδιάστατη γραφική αναπαράσταση κάθε ηλεκτρονικού και αισθητήριου μέρους του ρομποτικού οχήματος. Τα αντίστοιχα προϊόντα με κανονικές φωτογραφίες είναι αυτά που στο **Παράρτημα Β** φέρουν δεξιά από το όνομα του μοντέλου το σύμβολο (*). Τα μηχανολογικά σχέδια με την ακριβή διαστασιολόγηση όλων των τμημάτων υπάρχουν στο **Παράρτημα Γ**.

4.2.1 Αισθητήρας πίεσης και θερμοκρασίας

Ο αισθητήρας πίεσης είναι μια συσκευή η οποία αντιλαμβάνεται πιέσεις υγρής ή αέριας μορφής. Η πίεση είναι η έκφραση της δύναμης που απαιτείται για να σταματήσει την διαστολή ενός υγρού η αερίου σε κάποια θερμοκρασία και υπολογίζεται σαν δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας. Ο αισθητήρας πίεσης δημιουργεί ένα σήμα συναφές με την επιβαλλόμενη πίεση σε αυτόν. Συνήθως το σήμα αυτό είναι ηλεκτρικό αλλά μπορεί να δοθεί και με άλλα μέσα μετάδοσης όπως οπτικά και ακουστικά σήματα.

Οι αισθητήρες πίεσης χρησιμοποιούνται με πολλούς τρόπους για να ελέγχουν χιλιάδες καθημερινές εφαρμογές. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μετρήσουν και άλλες μεταβλητές όπως υγρή ή αέρια ροή, ταχύτητα, επίπεδο / στάθμη νερού και απόσταση καθ' ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας.

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας είναι μια συσκευή που μετρά την θερμοκρασία χρησιμοποιώντας μια ποικιλία διαφορετικών αρχών. Τα θερμόμετρα ακτινοβολίας ή πυρόμετρα είναι αισθητήρες θερμοκρασίας μη επαφής που μετρούν την θερμοκρασία από την συνολική ποσότητα θερμικής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που λαμβάνεται από ένα σημείο του αντικειμένου που γίνεται η μέτρηση.

Τέτοιου είδους αισθητήρες εμπεριέχουν την δυνατότητα στιγματικής ή σημειακής απεικόνισης και μπορούν να παράγουν θερμοκρασιακές κατανομές δύο διαστάσεων, θερμική απεικόνιση και επιφανειακές κατανομές θερμοκρασίας οι οποίες απεικονίζονται επίσης σε δισδιάστατο χάρτη.

Είδος: Pressure-Temperature Sensor Transmitter
Κατασκευαστής: Instrumentation Northwest, Inc.
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 2 AA batteries
Είσοδοι / Έξοδοι: Communication kit (RS485/RS232 adapter), Interface cable, Aqua4Plus Software Media Kit)
Μέγεθος: 107.5 x 8,40 mm
Βάρος: 360 gr
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: -5° C to 70° C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.inwusa.com/pt2x.htm
Κόστος: 1050 €

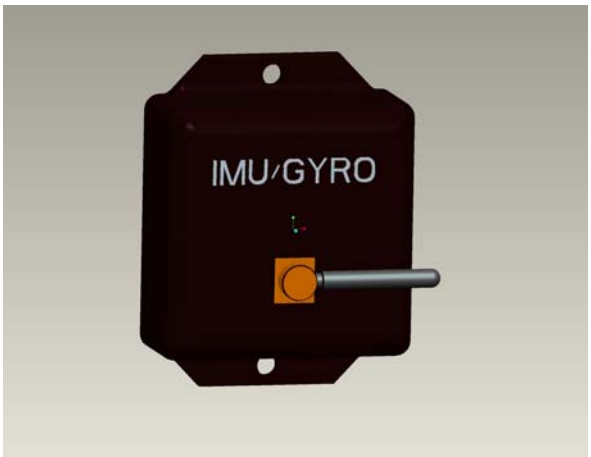
Εικόνα 4.1 *Αισθητήρας πίεσης και θερμοκρασίας*

4.2.2 Γυροσκοπική ηλεκτρονική πυξίδα και μονάδα μέτρησης της αδράνειας

Η γυροσκοπική ηλεκτρονική πυξίδα είναι ένα όργανο παρόμοιο με το γυροσκόπιο. Είναι μια πυξίδα που βρίσκει τον γεωγραφικό βορρά χρησιμοποιώντας έναν ηλεκτροκίνητο μηχανισμό από ένα τροχό που στροβιλίζεται γρήγορα και δυνάμεις τριβής με σκοπό να αναπαραστήσει την περιστροφή της γης. Τέτοιου είδους πυξίδες χρησιμοποιούνται ευρέως στα πλωτά μέσα και υπερτερούν των μαγνητικών πυξίδων καθώς βρίσκουν τον πραγματικό και όχι τον μαγνητικό βορρά και δεν επηρεάζονται από το μεταλλικό φορτίο του σκάφους.

Η μονάδα μέτρησης της αδράνειας είναι το βασικό στοιχείο των αδρανών συστημάτων πλοήγησης που χρησιμοποιούνται στον αέρα, στο διάστημα, στο νερό και στους πύραυλους κινούμενου στόχου. Η μονάδα λειτουργεί διαισθάνοντας κίνηση όπως και τον τύπο, το ποσοστό και την διεύθυνση αυτής της κίνησης χρησιμοποιώντας ένας συνδυασμό από επιταχυνσίμετρα και γυροσκόπια. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από αυτούς τους αισθητήρες δίνουν την δυνατότητα στον υπολογιστή του συστήματος να υπολογίσει την θέση της κινούμενης μονάδας με μια μέθοδο που ονομάζεται μέθοδος νεκρού υπολογισμού.

Είδος: Inertial Measurement Unit
Κατασκευαστής: MicroStrain®
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 5.2 VDC minimum, 12 VDC maximum @ 65 mA
Είσοδοι / Έξοδοι: 4 channel, serial RS-232 & RS-485
Μέγεθος: 64 mm x 90 mm x 25 mm
Βάρος: 75 grams
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: -40˚ to +70˚
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.microstrain.com/3dm-gx1.aspx
Κόστος: 1800 € for the USB version

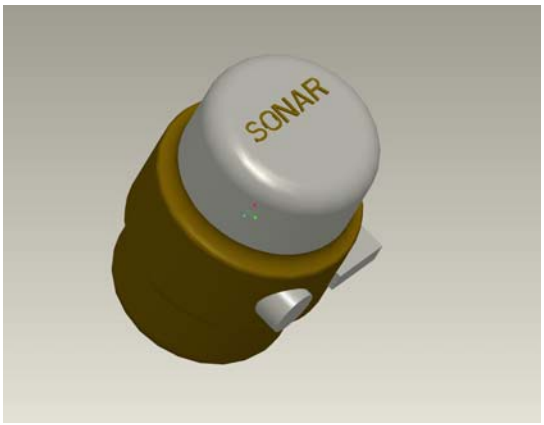


Εικόνα 4.2 *Γυροσκοπική ηλεκτρονική πυξίδα και μονάδα μέτρησης της αδράνειας*

4.2.3 Σόναρ

Τα ηχοεντοπιστικά συστήματα sonar (sound navigation and ranging) είναι ηλεκτροακουστικές συσκευές που εκμεταλλεύονται τη διάδοση των κυμάτων ηχητικής ενέργειας μέσα στη θαλάσσια μάζα, όπως ακριβώς τα συστήματα ραντάρ και ηλεκτρονικού πολέμου εκμεταλλεύονται τη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα και γενικότερα στον ελεύθερο χώρο. Ο σκοπός των συστημάτων sonar είναι ο εντοπισμός / ανίχνευση, αναγνώριση /ταξινόμηση και παρακολούθηση υποβρυχίων σκαφών και διαφόρων αντικειμένων, η ακουστική χαρτογράφηση /τομογραφία του βυθού, η ναυτιλία πλοίων επιφανείας και υποβρυχίων καθώς επίσης οι υποθαλάσσιες επικοινωνίες & τηλεμετρία. Υπάρχουν δύο μεγάλες κατηγορίες σόναρ, τα ενεργητικά και τα παθητικά.

Είδος: Ultra Compact CHIRP Digital Sonar
Κατασκευαστής: Tritech International Limited
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 12V - 50V @ 2.5 VA
Είσοδοι / Έξοδοι: RS 485 (twisted pair), RS 232 (via modem up to 115kb/s)
Μέγεθος: 78.5mm x 56mm
Βάρος: 324g
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 750m, -20°C to +50°C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.tritech.co.uk/products/products-micron_sonar.htm
Κόστος: 1500 €



Εικόνα 4.3 *Σόναρ*

4.2.4 Υδρόφωνο

Το υδρόφωνο (hydrophone) είναι ένας ηλεκτροακουστικός μορφοτροπέας (electroacoustic transducer), ο οποίος χρησιμοποιείται για τη λήψη ηχητικών κυμάτων (πίεσης) μέσα στο νερό. Τα υδρόφωνα αποτελούν το συνηθέστερο τύπο αισθητήρα που χρησιμοποιείται σε υποβρύχιες εφαρμογές. Με χρήση τριών υδροφώνων μπορεί να γίνει η διαδικασία του hydrophone triangulation οπού με την διαφορετική θέση των υδροφώνων στο σύστημα έχουμε τρεις εισερχόμενες πληροφορίες εισόδου. Με τον συνδυασμό των τριών σημάτων βρίσκεται η θέση του συστήματος σε σχέση με την πηγή.

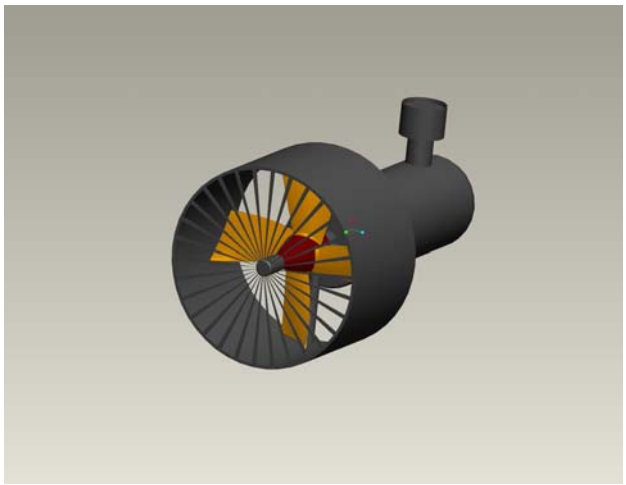
Είδος: Miniature Reference Hydrophone
Κατασκευαστής: : RESON Group
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 3.4nF
Είσοδοι / Έξοδοι: : RS232
Μέγεθος: 63mm x 7mm
Βάρος: 75g
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: : 700m / -2°C to +80°C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.reson.com/sw240.asp?sType=Accessory&sModel=TC4013
Κόστος: 1030€

Εικόνα 4.4 *Υδρόφωνο*

4.2.5 Κινητήρας

Οι ηλεκτροκινητήρες αποτελούν ένα σύστημα μηχανημάτων, που έχει την ικανότητα να μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια που του προσφέρεται σε κινητική ενέργεια. Είναι δηλ. μηχάνημα που χρησιμοποιείται, για να βάλει σε κίνηση ένα άλλο μηχανικό συγκρότημα που στην περίπτωση μας είναι το υποβρύχιο ρομποτικό όχημα.

Είδος: AUV/ROV Thruster
Κατασκευαστής: SeaBotix, Inc.
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 80 watts continual
Είσοδοι / Έξοδοι: 1m (39in) whip with 2 wire end, 2 pin male/female Subconn wet mateable connector
Μέγεθος: 173mm x 95mm x 90mm
Βάρος: 700g / 350g
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 50 meters
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **http://www.seabotix.com/products/btd150.htm**
Κόστος: 780€



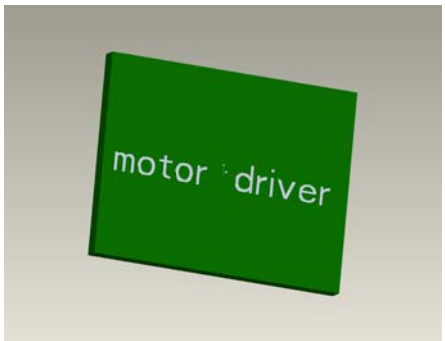
Εικόνα 4. 5 *Κινητήρας*

4.2.6 Motor driver

Ο motor driver είναι μια συσκευή ή σύνολο συσκευών που χρησιμοποιούνται για την διακυβέρνηση με προκαθορισμένο τρόπο της λειτουργίας ενός ηλεκτροκινητήρα. Ο motor driver καθορίζει με αυτοματοποιημένες μεθόδους την έναρξη και τον τερματισμό λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα, την ευθεία ή αντίθετη περιστροφή του, την ταχύτητα λειτουργίας ενώ προστατεύει τον κινητήρα από υπερφόρτωση και λάθη.

Είδος: PID Servo Motor Controller
Κατασκευαστής: Gamoto Inc
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: minimum motor supply voltage of 12V, and a maximum of 55VDC
Είσοδοι / Έξοδοι: Serial port, at 9600, 19200 or 115200 baud, RS-232 converter
Μέγεθος: 62.23mm x 44.57mm

Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.gamatronix.com/product_info.php/manufacturers_id/10/products_id/28
Κόστος: 130€



Εικόνα 4.6 *Motor driver*

4.2.7 Servo motor

Ο servo motor αποτελεί μια συσκευή αυτοματοποιημένου ελέγχου περιστροφικής κίνησης ενός ηλεκτροκινητήρα. Ένας RC servo αποτελείται από έναν DC κινητήρα ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ένα ποντεσιόμετρο. Παλμικά ηλεκτρικά σήματα διαφόρου εύρους στέλνονται στον κινητήρα και μεταφράζονται σε εντολές κίνησης μέσω του ηλεκτρονικού μέρους του servo motor. Όταν για παράδειγμα έχουμε μια εντολή περιστροφής, ο DC κινητήρας ενεργοποιείται μέχρι το ποντεσιόμετρο να φτάσει σε μια επιθυμητή τιμή που έχει δοθεί, για την επίτευξη της ακριβούς θέσης που επιθυμούμε.

Είδος: High Torque Servo
Κατασκευαστής: Hitec RCD USA, LLC.
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: :4.8V TO 6.0V
Είσοδοι / Έξοδοι: GOLD PLATED CONNECTOR
Μέγεθος: 32.40 x 16.80 x 30.80mm
Βάρος: 32g
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.hitecrcd.com/servos/show?name=HS-5245MG
Κόστος: 75€

Εικόνα 4.7 *Servo motor*

4.2.8 Motherboard

Η μητρική κάρτα είναι το κεντρικό και βασικό τυπωμένο ηλεκτρικό κύκλωμα ενός πολύπλοκου ηλεκτρονικού συστήματος, όπως αυτό του σύγχρονου υπολογιστή. Η χρηστική αξία σε ένα αυτόνομο υποβρύχιο ρομποτικό όχημα είναι τεράστια γιατί μέσω αυτής της κάρτας και του επεξεργαστή, που είναι προσαρμοσμένος πάνω σε αυτήν, γίνονται όλοι οι υπολογισμοί, οι έλεγχοι και η ανατροφοδότηση του ρομποτικού συστήματος. Επίσης μέσω της κάρτας γίνονται και όλες οι ηλεκτρονικές συνδέσεις στο σύστημα.

Είδος: VIA EPIA PX-Series Pico ITX MotherBoard
Κατασκευαστής: VIA Technologies, Inc
Είσοδοι / Έξοδοι: 1 x USB connector for 4 USB 2.0 ports, 1 x COM port connector,1 x PS2 mouse/keyboard connector, 1 x LVDS/DVI pin connector, for 18/24-bit dual channel LVDS panel (if without using DVI), 1 x Multimedia connector to support external TV-out interface, video capture port interface and low pin count interface (an add-on card is required), 1 x Audio connector for Line-in, Mic-in, S/PDIF in, and 5.1 channels audio output, 1 x Fan connector for CPU fan, 1 x Pico-ITX power connector, 1 x RJ-45 LAN port, 1 x VGA port
Μέγεθος: 100 x 72 x 5 mm
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.via.com.tw/en/products/mainboards/motherboards.jsp?motherboard_id=472
Κόστος: 300€

Εικόνα 4.8 *Motherboard*

4.2.9 Daughterboard

Η daughterboard είναι ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που αποτελεί προέκταση της μητρικής κάρτας και συνήθως είναι μια ξεχωριστή κάρτα. Οι daughterboards έχουν βύσματα, υποδοχές, ρευματολήπτες και άλλα εξαρτήματα για να μπορούν να συνδέονται με άλλες κάρτες. Επίσης αυτές έχουν μόνο θύρες εσωτερικών συνδέσεων ενώ συνδέονται απευθείας με την μητρική κάρτα και όχι μέσω computer bus. Μια άλλη χρηστική αξία των daughterboard που ενδιαφέρει άμεσα και στην υλοποίηση ενός AUV, είναι ότι με την χρήση τους οι υπόλοιπες κάρτες συνδέονται παράλληλα και όχι κάθετα με την

μητρική κάρτα. Αυτή η αρχιτεκτονική χωροταξικής κατανομής των ηλεκτρονικών πλακετών εξοικονομεί αρκετό χώρο.

Είδος: OOPic-R Daughterboard
Κατασκευαστής: Savage Innovations
Είσοδοι / Έξοδοι: RS-232, 6 servo connections, 2-PWM connection, a speaker, 3 L.E.D.s, 3 push buttons and more
Μέγεθος: 58,42 x 76,2 mm
Βάρος: 0.022675 kg
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.savageinnovations.com/component/page,shop.browse/category_id,1/option,com_virtuemart/Itemid,1/
Κόστος: 110€

Εικόνα 4.9 *Daughterboard*

4.2.10 Gumstix και robostix

Ο συνδυασμός των Gumstix και Robostix αποτελεί έναν μικρο-υπολογιστή ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράλληλα με την κεντρική υπολογιστική μονάδα. Μια τέτοια υλοποίηση διευκολύνει τους υπολογισμούς και μεγαλώνει τον χρόνο απόκρισης του συστήματος. Οι λειτουργίες χωρίζονται σε διαδικασίες ελέγχου χαμηλού και υψηλού επιπέδου και επεξεργάζονται από τον μικρο-υπολογιστή και την κεντρική μονάδα αντίστοιχα όπως φαίνεται και στο **Σχήμα 3.1**.

Είδος: Robostix ATmega128 self-programming Flash Program Memory
Κατασκευαστής: Atmel Corporation
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 2.7-5.5 V
Είσοδοι / Έξοδοι: 10-bit A/D Channels
Μέγεθος: 15.75x15.75mm
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:http://gumstix.com/store/catalog/product_info.php?products_id=139
Κόστος: 75€

Εικόνα 4.10 *Robostix*

Είδος: Gumstix Basix 400xm
Κατασκευαστής: Gumstix Inc
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 4.5 or 5V
Είσοδοι / Έξοδοι: LCD controller, two RS232 serial ports, a USB 1.1
Μέγεθος: 80 x 20 x 6.3 mm
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **http://www.linuxdevices.com/news/NS9351416325.html**
Κόστος: 160€

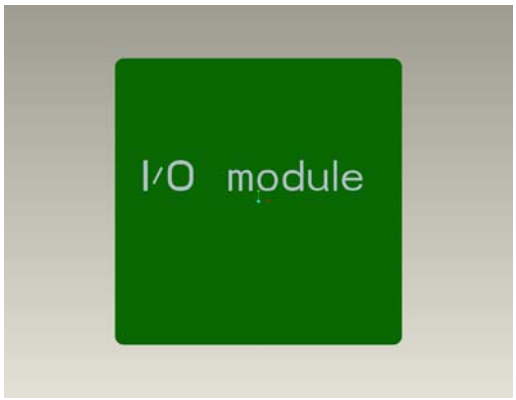
Εικόνα 4.11 Gumstix

4.2.11 Λοιπά ηλεκτρονικά μέρη

Παρακάτω αναφέρονται διάφορα ηλεκτρονικά στοιχεία που είναι χρήσιμα για μια AUV υλοποίηση. Αυτά είναι αναλογικοί και ψηφιακοί μετατροπείς σήματος οι οποίοι χρησιμεύουν στην επεξεργασία σημάτων από τα αισθητήρια μέρη του ρομποτικού οχήματος, μικρο-ελεγκτές και διακόπτες, μετατροπείς εισόδων και εξόδων.

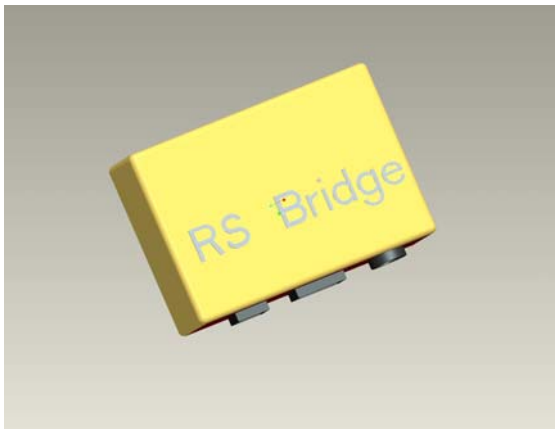
Είδος: Analog and Digital I/O modules
Κατασκευαστής: Sheldon Instruments Inc
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 14 Watts typical with maximum configuration:+12Vdc@0.55A, -12Vdc@0.5A
Είσοδοι / Έξοδοι: 64SE/32DE Analog Inputs, 16 Analog Outputs, 32 digital I/O lines
Μέγεθος: 93,98mm x 93.98mm
Βάρος: 85 grams
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **http://www.sheldoninst.com/hw/io/index.html**

Κόστος: 700€



Εικόνα 4.12 *I/O module*

Είδος: Isolated RS-232 to RS-422/485 Converter
Κατασκευαστής: BWI Inc
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 9 – 30V, 350 mA
Είσοδοι / Έξοδοι: DB9 cable, 110V Power Adaptor
Μέγεθος: 90 x 60 x 21 mm (W x D x H)
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **http://www.bwi.com/prodroot/5661**
Κόστος: 150€



Εικόνα 4.13 *Isolated RS-232 to RS-422/485 Converter*

4.2.12 Φώτα LED

Ο φωτισμός ειδικά σε μεγάλα βάθη είναι απαραίτητος για τους λόγους που αναφέρονται στην παράγραφο 2.1.1.

Είδος: Tritech LEDlite ultra-durable light
Κατασκευαστής: Tritech International Limited
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 12V-48V 600mA maximum
Μέγεθος: 119mm x 40mm
Βάρος: 410g
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 3000m

Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.tritechinternational.com/products/products-ledlite.htm
Κόστος: 800€

Εικόνα 4.14 *Φώτα LED*

4.2.13 Κάμερα

Οι κάμερες χρειάζονται για την καταγραφή και συλλογή δεδομένων από τον βυθό και την αποθήκευσή τους σε κάποιο αποθηκευτικό μέσω όπως ένας σκληρός δίσκος. Επίσης με μια αρκετά εξελιγμένη υπολογιστική μονάδα μπορεί να γίνει επιτόπια επεξεργασία εικόνας και χρωματική ανάλυση και η κάμερα να λειτουργήσει σαν αισθητήριο μέρος για την πλοήγηση του σκάφους.

Είδος: Asus MF-200 Brightcam
Κατασκευαστής: Asus
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση:
Είσοδοι / Έξοδοι: USB 2.0
Βάρος: 135 γραμμάρια
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **www.e-shop.gr**
Κόστος: 70€

Εικόνα 4.15 *Κάμερα*

4.2.14 Μπαταρίες

Οι μπαταρίες είναι από τα πιο σημαντικά στοιχεία που απαρτίζουν μια αυτόνομη ρομποτική μονάδα. Αυτές είναι η ενεργειακή πηγή του σκάφους ενώ από αυτές εξαρτάται η αυτονομία του σκάφους. Για να γίνει σωστή επιλογή πρέπει να είναι γνωστή η κατανάλωση της κάθε συσκευής του ρομποτικού οχήματος ώστε να υπολογιστεί η ολική κατανάλωση.

Είδος: FLIGHTPOWER EVO25-2170 2S
Κατασκευαστής: FLIGHTPOWER
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 7.4V 25C 54A CONTINUOUS, 50C 108 AMP
Μέγεθος: 111 x 33.7 x 16.9 mm
Βάρος: 119 grams
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.flightpower.co.uk/index.asp?currency=EUR&page=Products/index.asp^currency=EUR
Κόστος: €32.97

Εικόνα 4.16 *Μπαταρίες*

Το σύνολο των παραπάνω εμπορικών προϊόντων αποτελεί έναν πλήρη συνδυασμό των ηλεκτρονικών και αισθητήριων μερών ενός υποβρύχιου οχήματος αυτόνομης πλοήγησης και λειτουργίας. Τα συγκεκριμένα αυτά προϊόντα επιλέχθηκαν μεταξύ άλλων (**Παράρτημα Β**) με βασικά κριτήρια ελαχιστοποίησης του όγκου και του βάρους του συνόλου του σκάφους. Τα παραπάνω προϊόντα έχουν στην πλειοψηφία τους αρκετά μικρή κατανάλωση ενέργειας ενώ οι συχνότητες θορύβου στο σύστημα είναι οι μικρότερες δυνατές για κάθε κατηγορία.

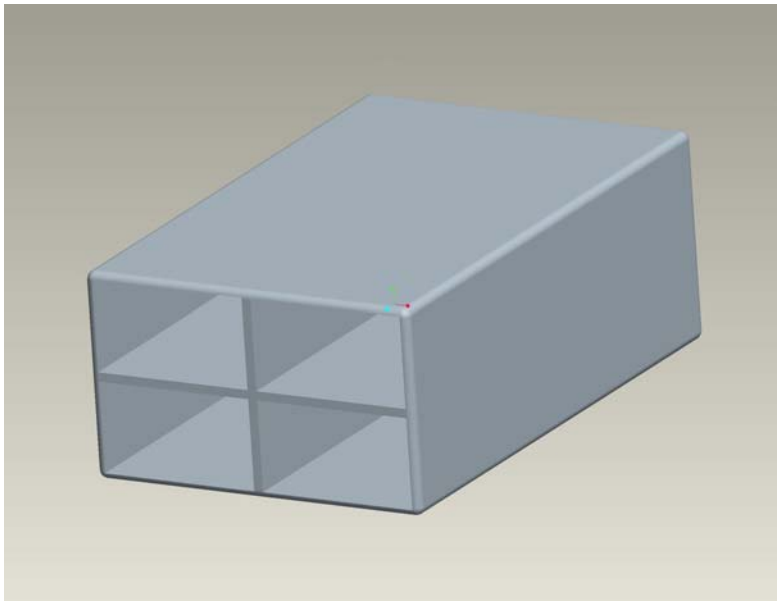
Στον αντίποδα ειδικά για τα αισθητήρια μέρη λόγω του ότι θα αποτελούν εξωτερικά αδιάβροχα μέρη στο σκάφος οι τιμές τους είναι αρκετά υψηλές. Στο σύνολο της μια τέτοια ρομποτική υλοποίηση θα αποδώσει τα μέγιστα σε ένα θαλάσσιο περιβάλλον αρκετά μεγάλου βάθους. Για επιφανειακές δοκιμές και πειράματα σε πισίνα αποκλειστικά, η ηλεκτρολογική μελέτη όπως και οι σχεδιαστικοί παράμετροι του υποβρύχιου θα ήταν τελείως διαφορετικές και θα είχαμε να κάνουμε με μια απλούστερη και οικονομικότερη υλοποίηση.

4.3 Υπό-συναρμολόγηση ηλεκτρονικών μερών

Στην υλοποίησή, το μόνο στεγανό κομμάτι θα είναι το μέρος που θα περιέχονται σ'αυτό τα ηλεκτρονικά μέρη, κοινώς η υπολογιστική μονάδα του ρομποτικού οχήματος. Αυτή αποτελείται από τα παρακάτω:

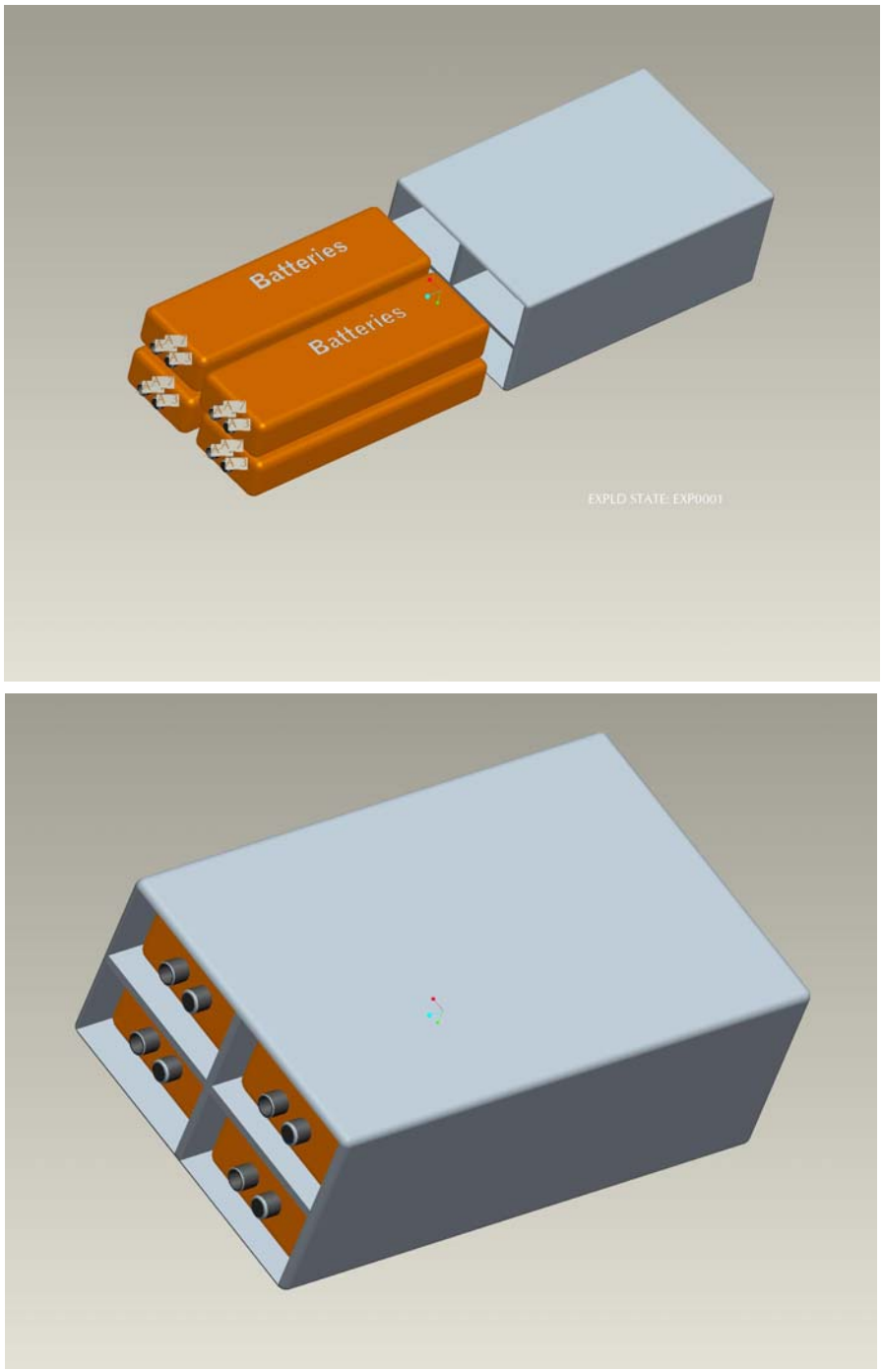
- 1 x IMU
- 1 x Sonar
- 3 x Motor Drivers (μια για κάθε κινητήρα)
- 1 x Motherboard
- 1 x Daughterboard
- 1 x Gumstix
- 1 x Robostix
- 1 x Analog and Digital I/O modules
- 1 x Isolated RS-232 to RS-422/485 Converter
- 4 x Batteries

Σαν πρώτο στάδιο είναι απαραίτητη η κατασκευή μιας μονάδας μέσα την οποία θα μπουν οι μπαταρίες. Αυτή είναι η παρακάτω:



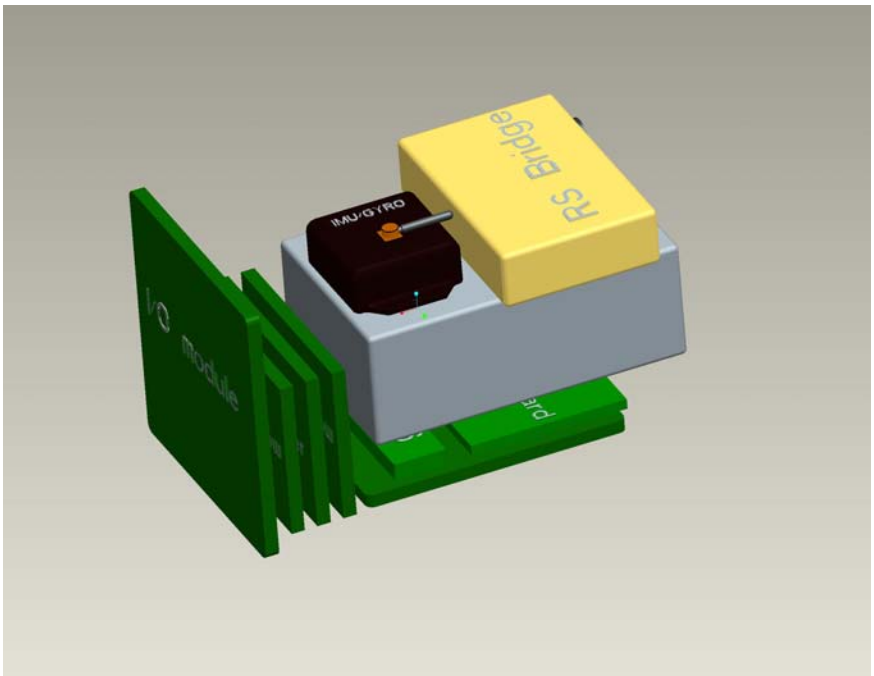
Εικόνα 4.17 *Μονάδα Τοποθέτησης Μπαταριών*

Και η συναρμολόγηση:

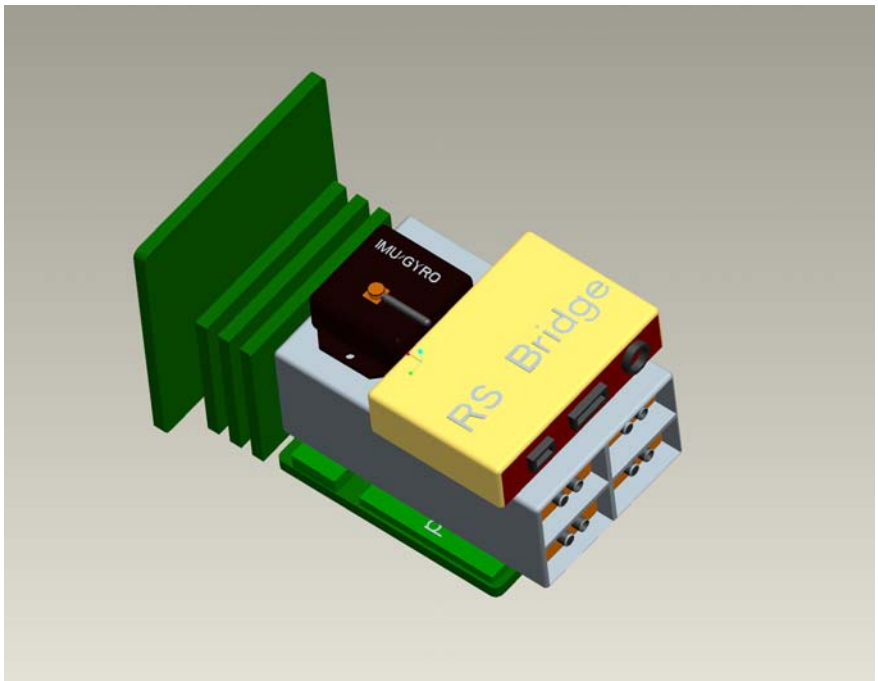


Εικόνα 4.18 *Συναρμολόγηση Μπαταριών*

Η διάταξη των ηλεκτρονικών μερών θα είναι εξής:
(ο κατάλογος με την αντιστοίχηση των μερών στο σχέδιο υπάρχει στο παράρτημα)

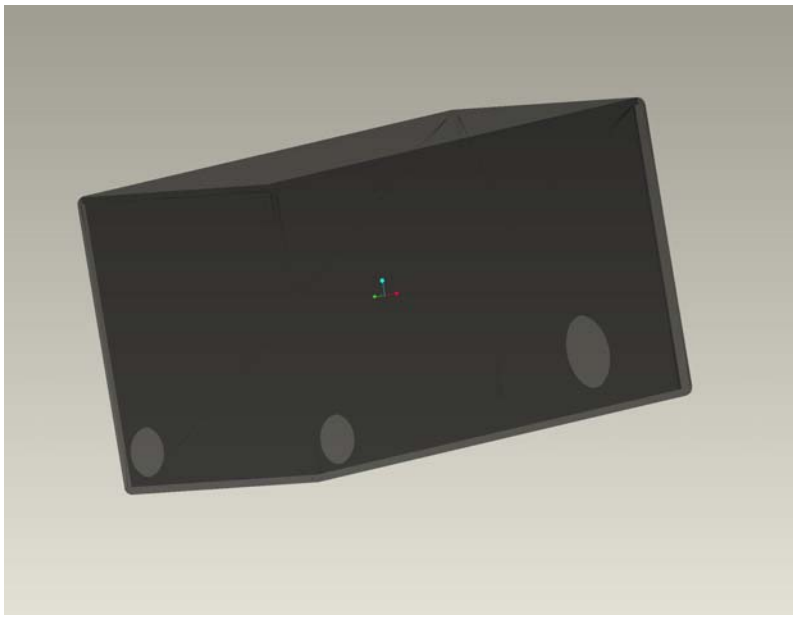


Εικόνα 4.19 *Διάταξη Ηλεκτρονικών όψη 1*



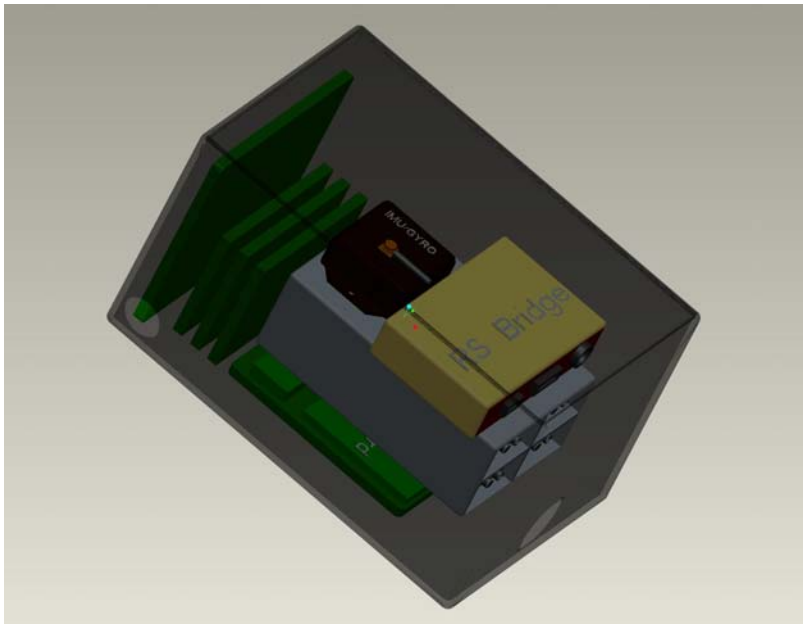
Εικόνα 4.20 *Διάταξη Ηλεκτρονικών όψη 2*

Η παραπάνω συναρμολόγηση θα τοποθετηθεί μέσα σε ένα στεγανό κουτί από αλουμίνιο ή plexiglass, το οποίο θα φέρει τρεις τρύπες δυο πλάγιες και μια πίσω για την σύνδεση με την κάμερα, τα φώτα, τους λοιπούς αισθητήρες και τους κινητήρες.
Το κουτί είναι το παρακάτω:

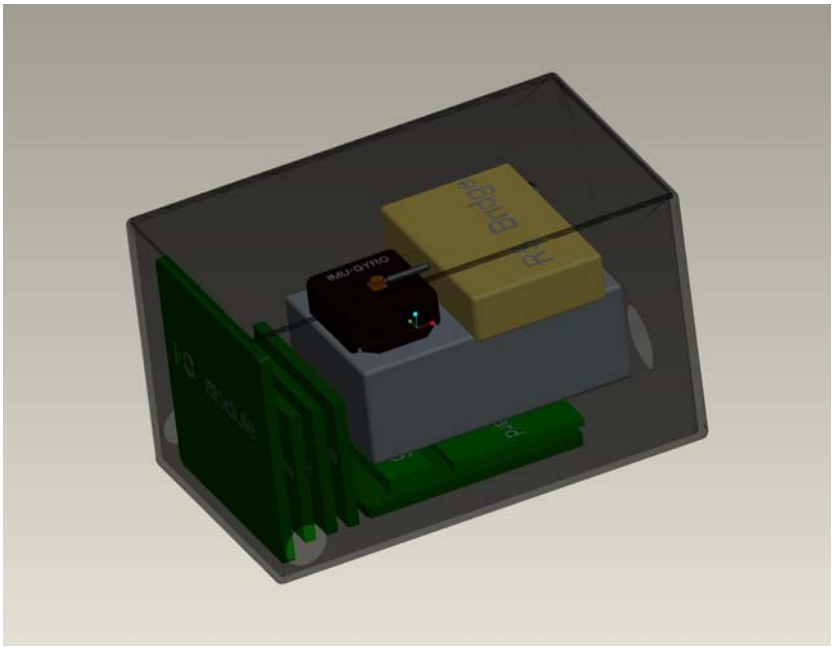


Εικόνα 4.21 *Electronics Housing*

και η συναρμολόγηση



Εικόνα 4.22 *Electronics Assembly όψη 1*



Εικόνα 4.23 *Electronics Assembly όψη 2*

4.4 Υπό-συναρμολόγηση κάμερας

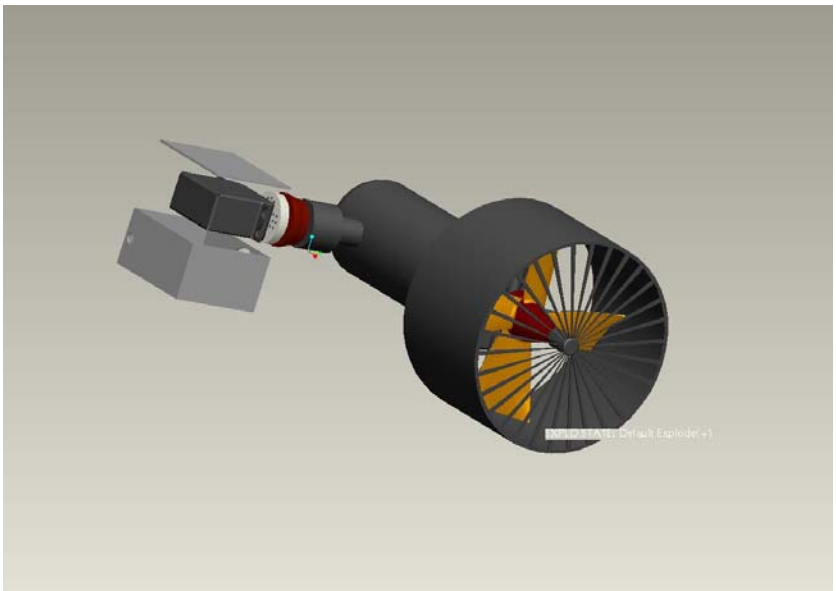
Η κάμερα θα τοποθετηθεί σε αδιάβροχο στεγανό κύλινδρο από plexiglass με βιδωτό καπάκι όπως φαίνεται παρακάτω:

Εικόνα 4.24 *Camera Housing Explode View*

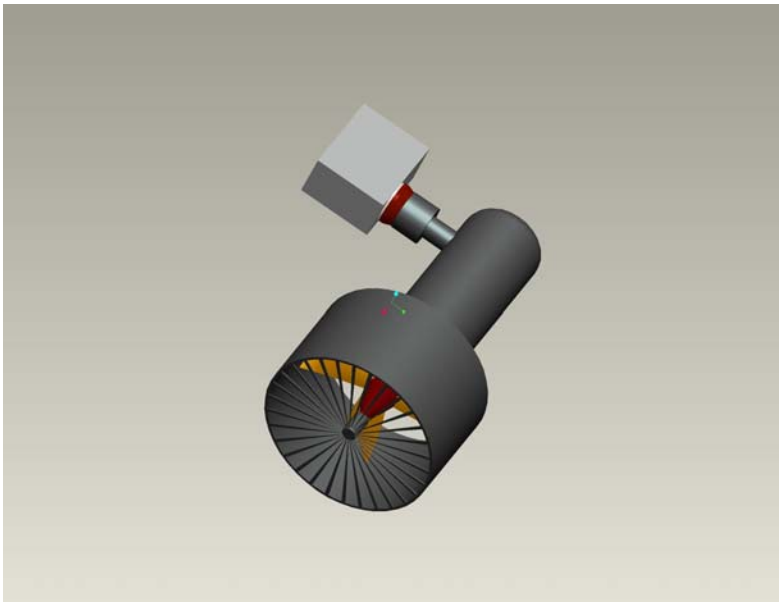
Εικόνα 4.25 *Camera Housing Assembly*

4.5 Υπό-συναρμολόγηση κινητήρα

Το servo motor του συστήματος τοποθετείται σε αδιάβροχο κουτί και ενώνεται με ένα εξάρτημα διαφορετικής διαμέτρου από κάθε πλευρά για να μπορεί να γίνει η ένωση του με τον κινητήρα.



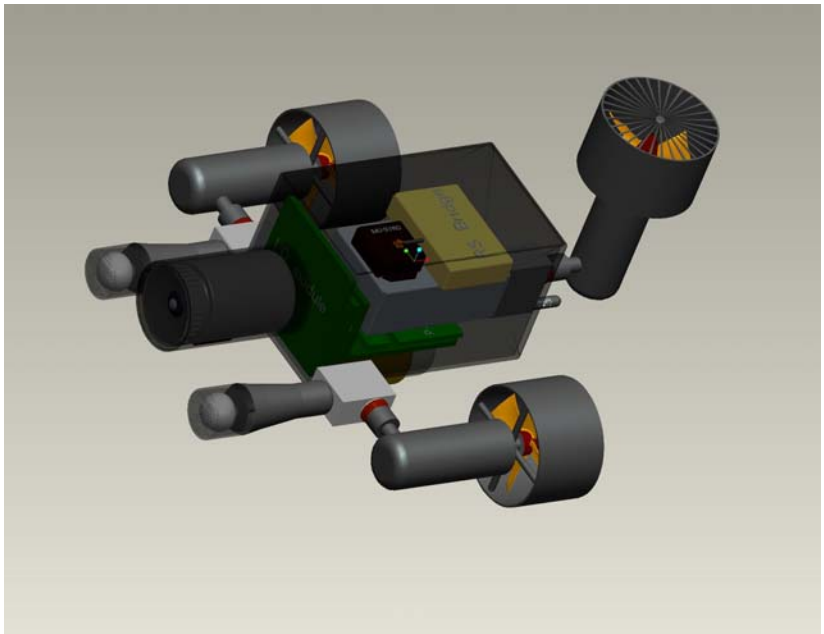
Εικόνα 4.26 *Thruster Explode View*



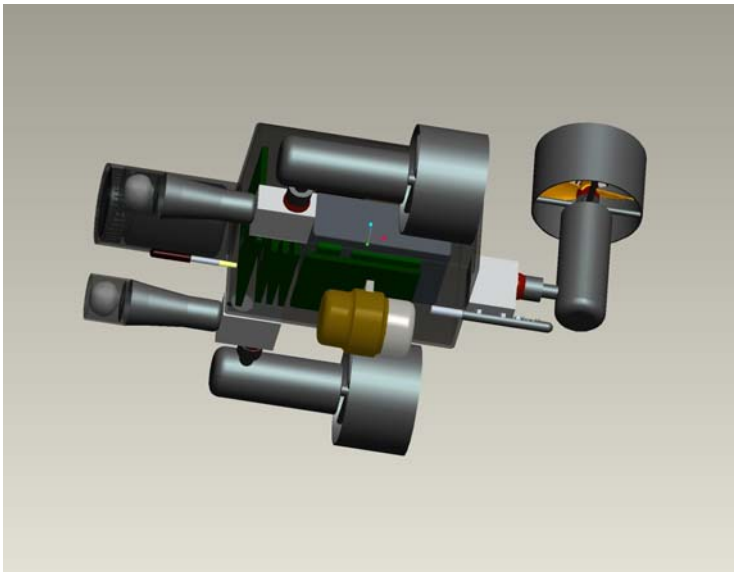
Εικόνα 4.27 *Thruster Assembly*

4.6 Προκαταρτική συναρμολόγηση όλων των ηλεκτρονικών μερών

Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζεται η συναρμολόγηση όλων των ηλεκτρονικών μερών του ρομποτικού οχήματος. Η παρακάτω συναρμολόγηση αποτελεί τον άξονα πάνω στον οποίο θα γίνει η σχεδίαση του σχήματος του κελύφους του AUV και είναι αυτή με βάση την οποία θα δοθούν οι διαστάσεις του τελικού σχεδίου.



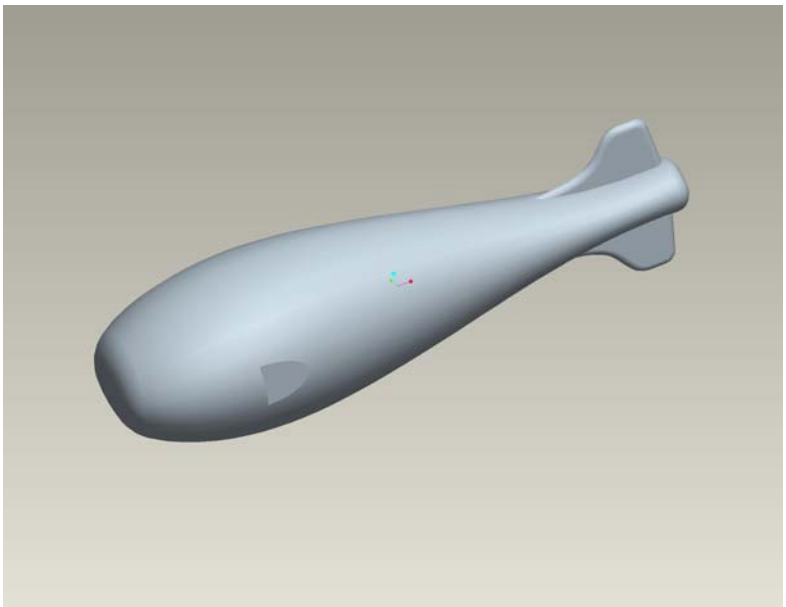
Εικόνα 4.28 *Προκαταρτική Συναρμολόγηση όλων των Ηλεκτρονικών Μερών 1*



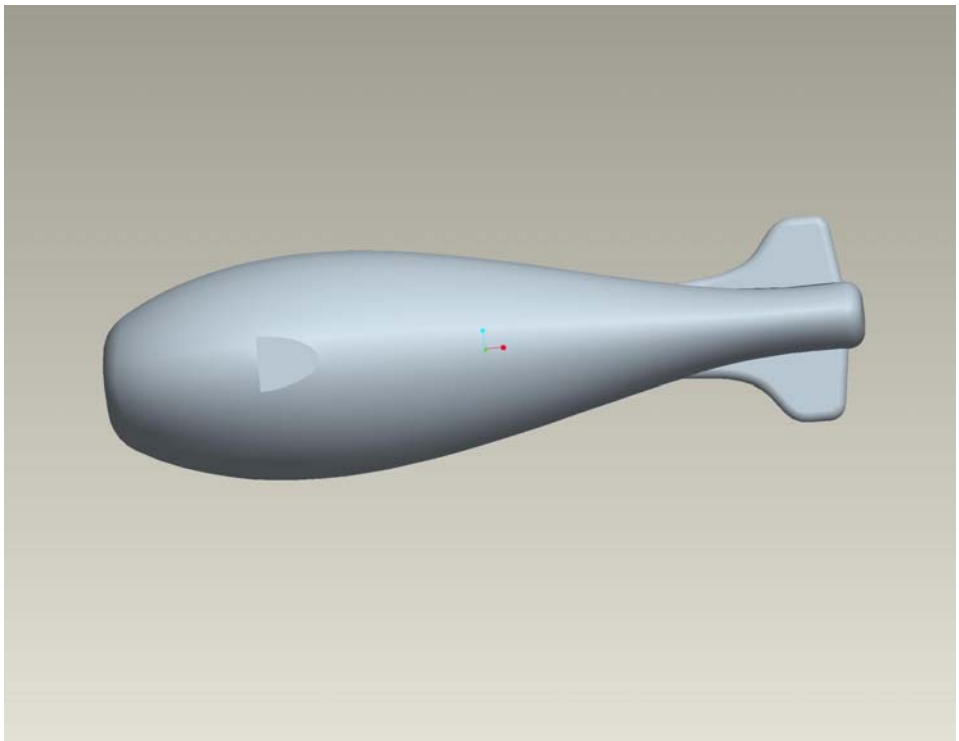
Εικόνα 4.29 *Προκαταρτική Συναρμολόγηση όλων των Ηλεκτρονικών Μερών 2*

4.7 Σχεδίαση καλουπιού

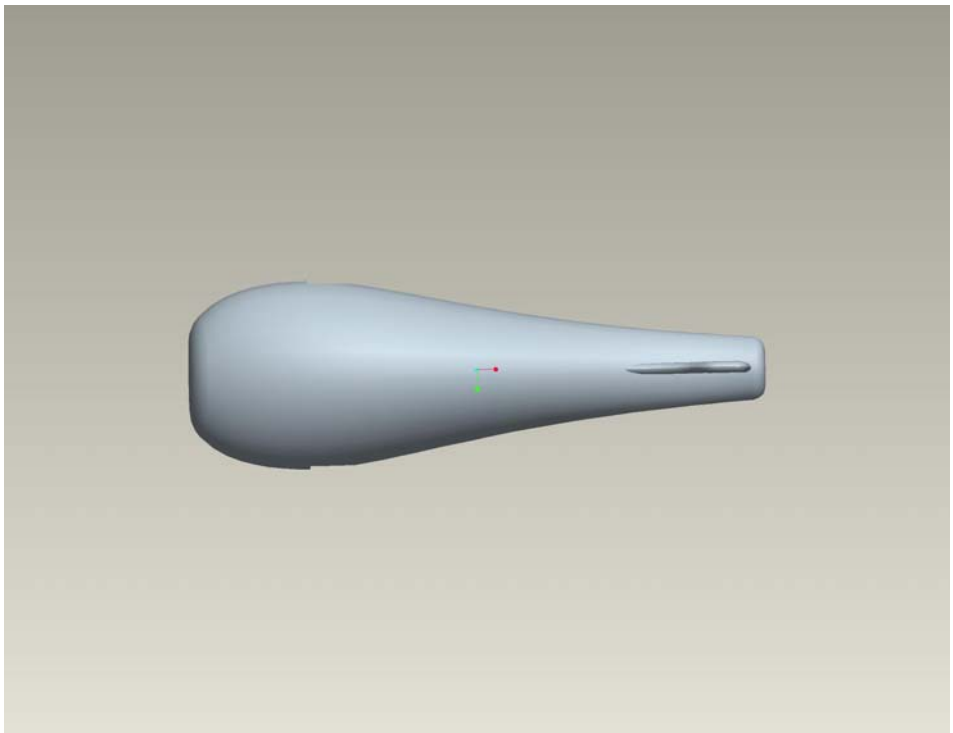
Παρακάτω παρουσιάζεται το καλούπι το οποίο σχεδιάστηκε για να αποτελέσει το βασικό σχήμα του AUV και πάνω στο οποίο θα γίνει η τοποθέτηση όλων των εξαρτημάτων του ρομποτικού οχήματος. Αρχικά το καλούπι σχεδιάστηκε μονοκόμματο και χωρίσθηκε στην μέση. Με την χωροταξική τοποθέτηση όλων των εξαρτημάτων έγιναν όλες οι απαραίτητες κοπές και δημιουργήθηκαν οι απαραίτητοι χώροι ώστε όλα τα εξαρτήματα να πατήσουν και να τοποθετηθούν σωστά πάνω στο κέλυφος με την μεγαλύτερη δυνατή διαστατική ακρίβεια.



Εικόνα 4.30 *Γενική Όψη Καλουπιού*



Εικόνα 4.31 *Πλάγια Όψη Καλουπιού*

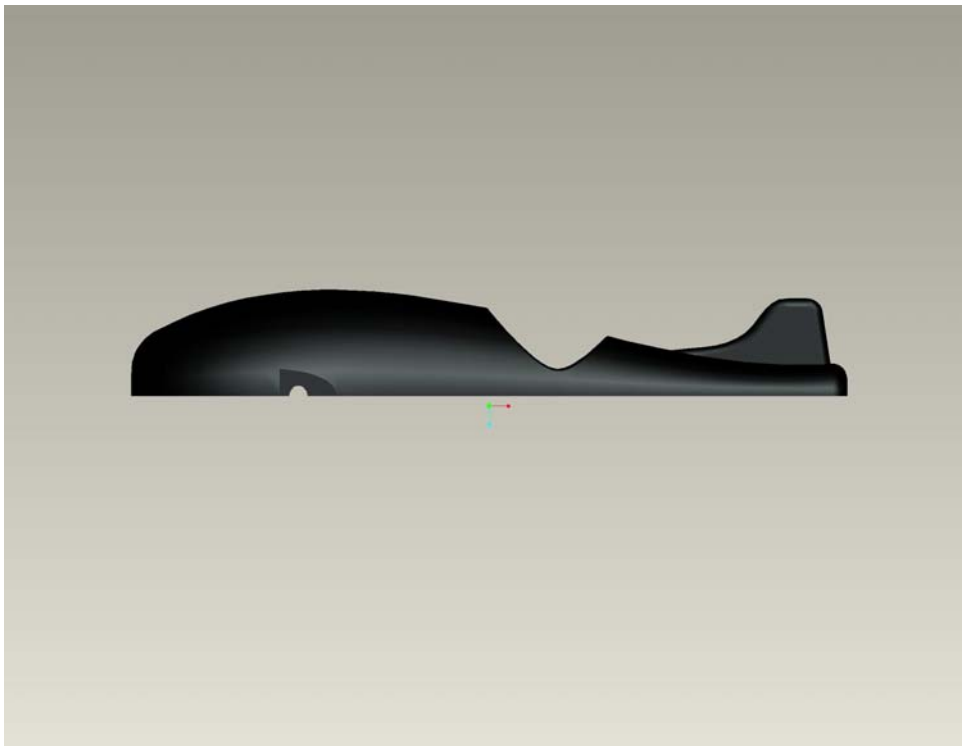


Εικόνα 4.32 *Κάτοψη Καλουπιού*

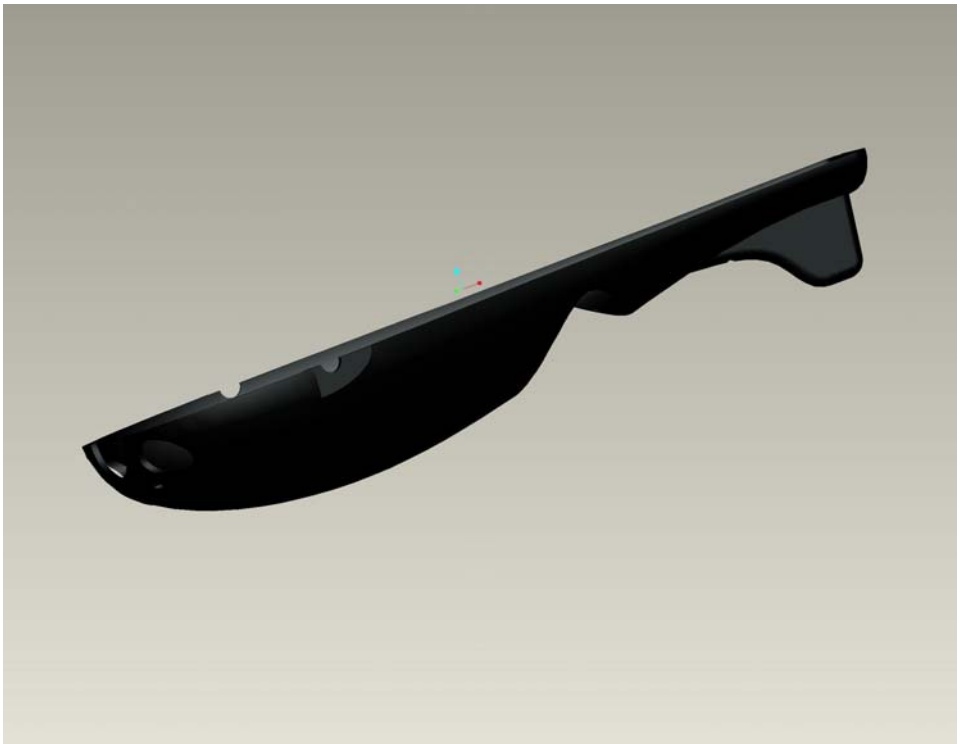
Εικόνα 4.33 *Γενική Όψη του πάνω μέρους του κελύφους 1*

Εικόνα 4.34 *Γενική Όψη του πάνω μέρους του κελύφους 2*

Εικόνα 4.35 *Κάτοψη του πάνω μέρους του κελύφους*

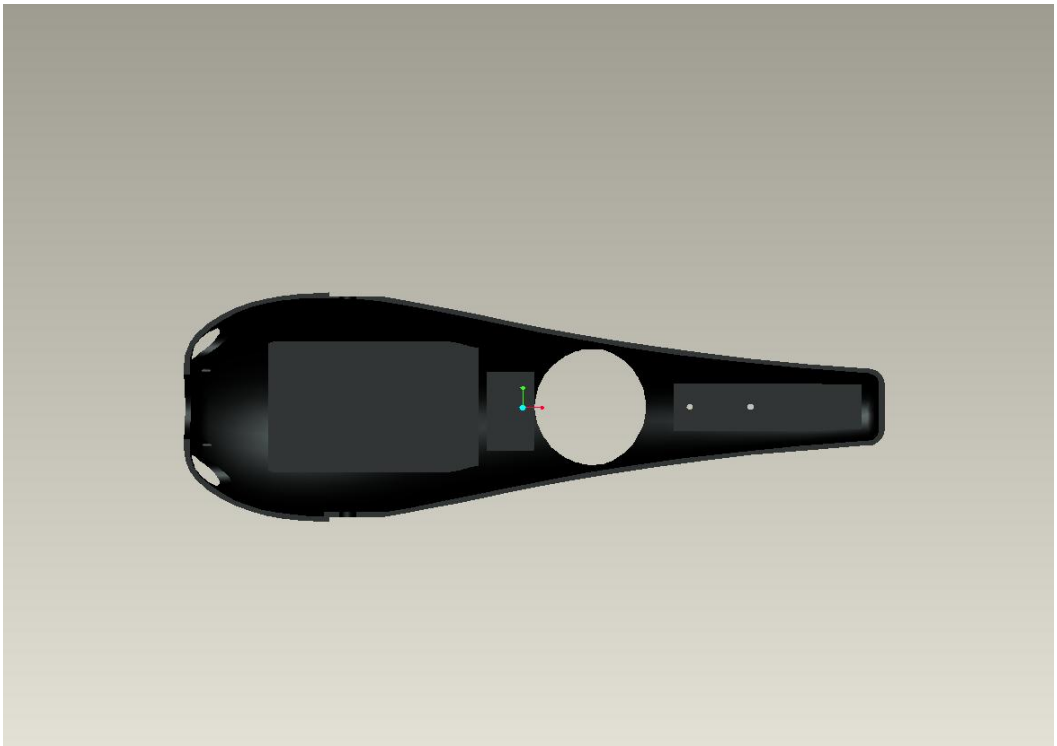


Εικόνα 4.36 *Πλάγια Όψη του πάνω μέρους του κελύφους*

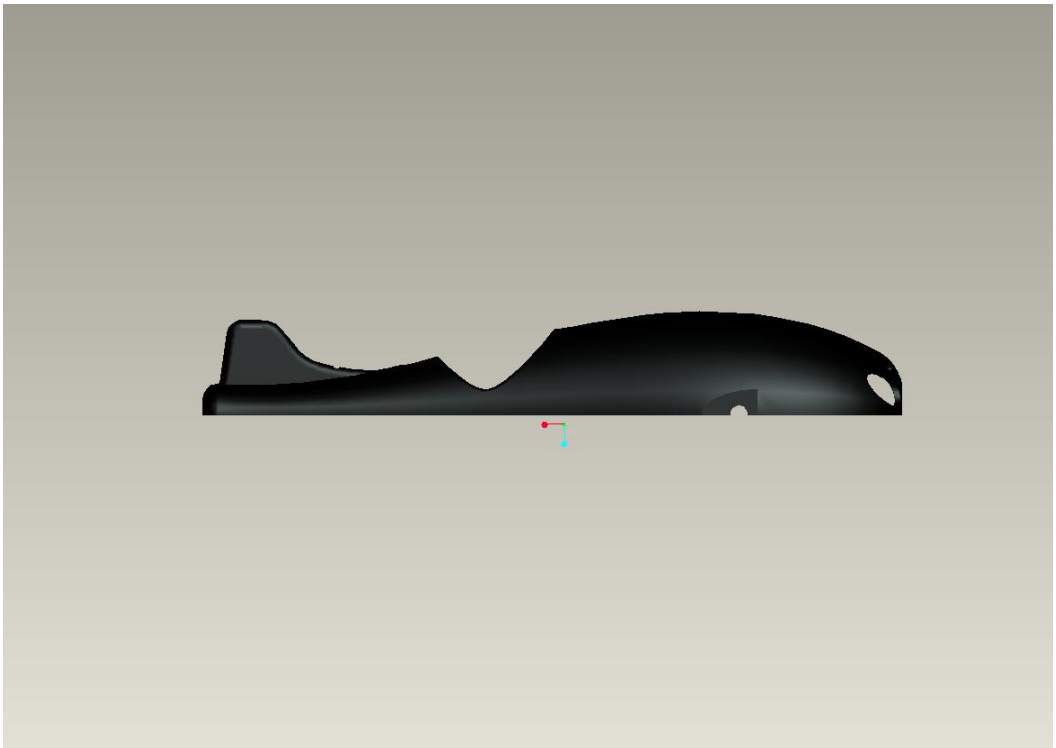


Εικόνα 4.37 *Γενική Όψη του κάτω μέρους του κελύφους 1*

Εικόνα 4.38 *Γενική Όψη του κάτω μέρους του κελύφους 2*



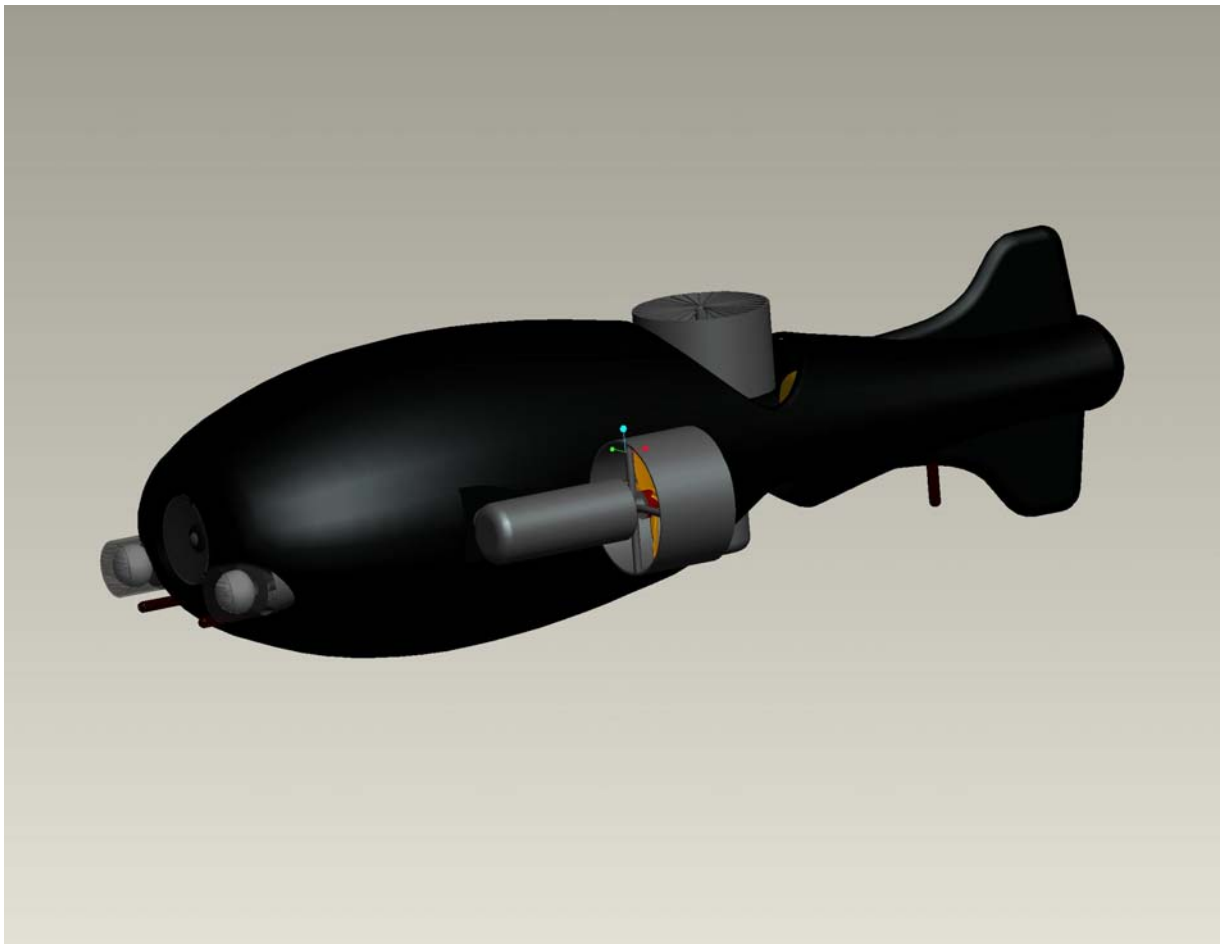
Εικόνα 4.39 *Κάτοψη του κάτω μέρους του κελύφους*



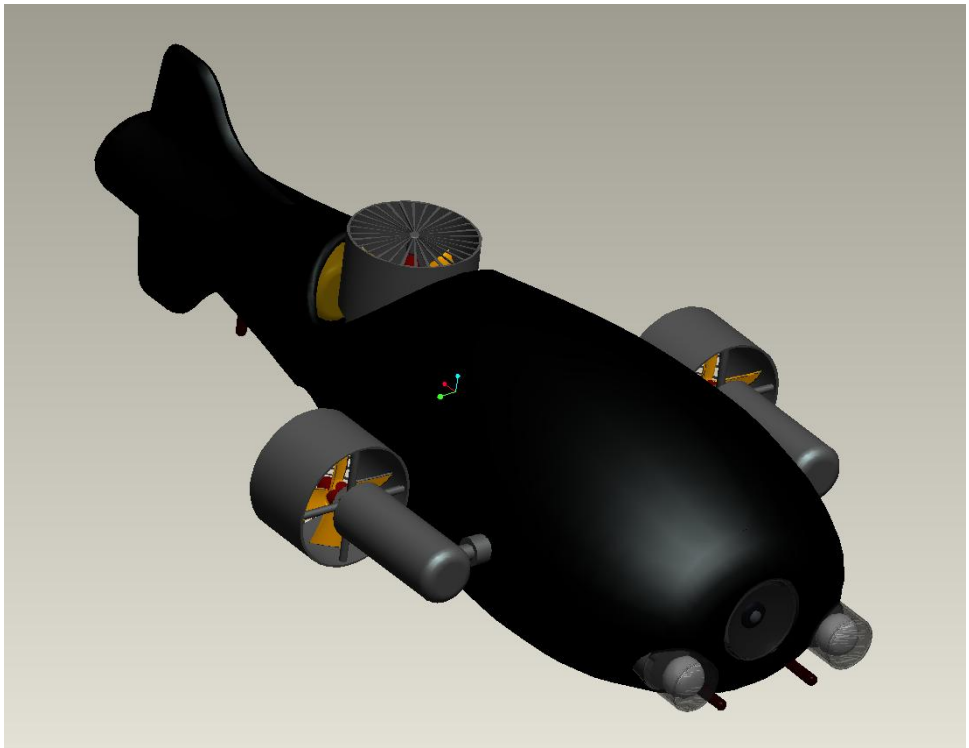
Εικόνα 4.40 *Πλάγια Όψη του κάτω μέρους του κελύφους*

4.8 Παρουσίαση του Mondo Generator AUV

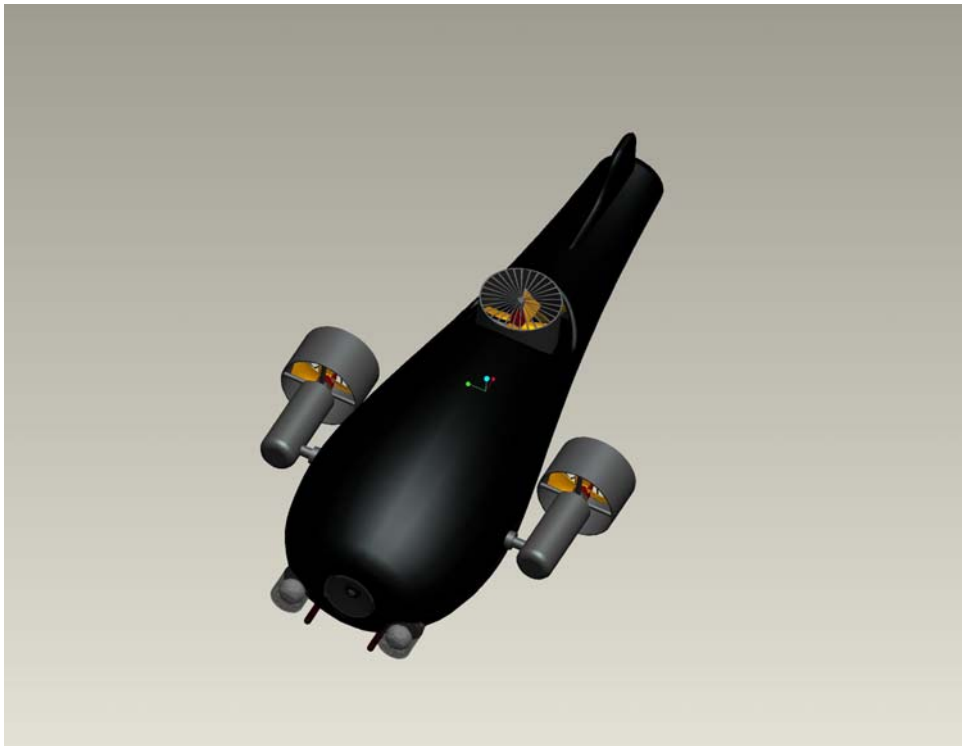
Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η κύρια συναρμολόγηση του Mondo Generator AUV σε πολλές διαφορετικές όψεις. Τα κυρία τεχνικά του χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο ενώ όλα τα μηχανολογικά σχέδια και τα σχεδιαγράμματα χωροταξικής τοποθέτησης των μερών υπάρχουν στο παράρτημα.



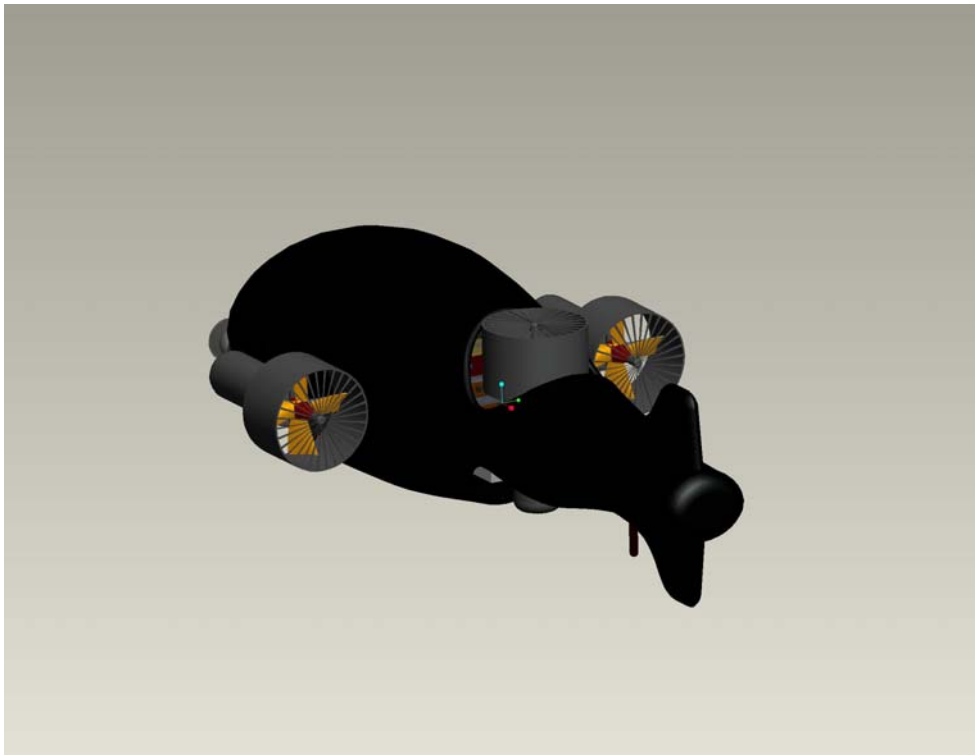
Εικόνα 4.41 *Γενική Όψη του Mondo Generator AUV 1*



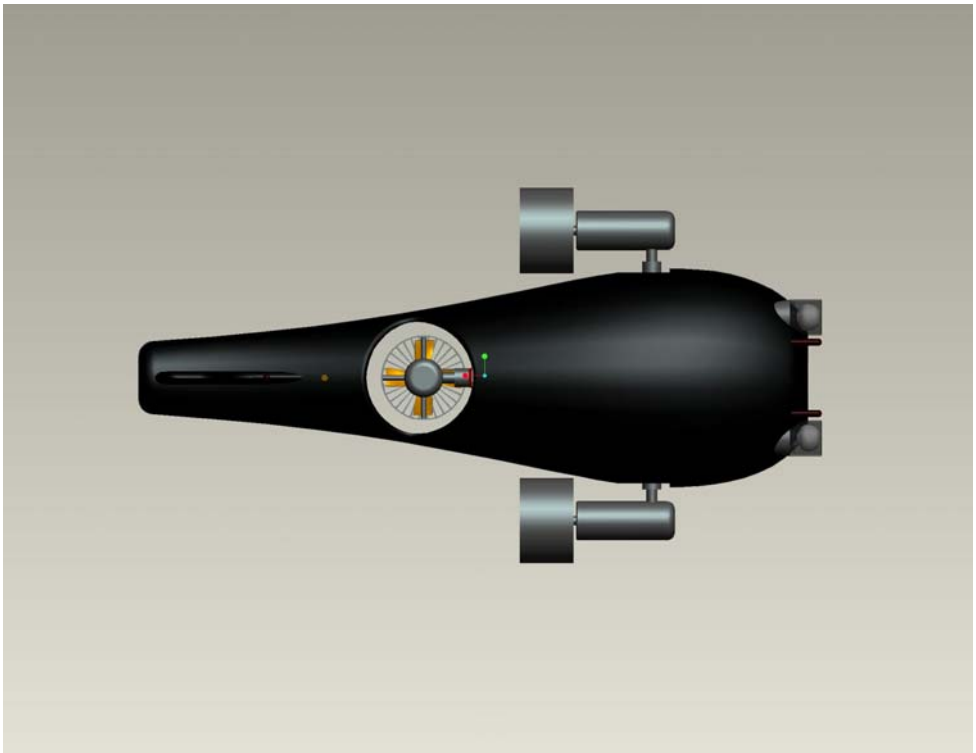
Εικόνα 4.42*Γενική Όψη του Mondo Generator AUV 2*



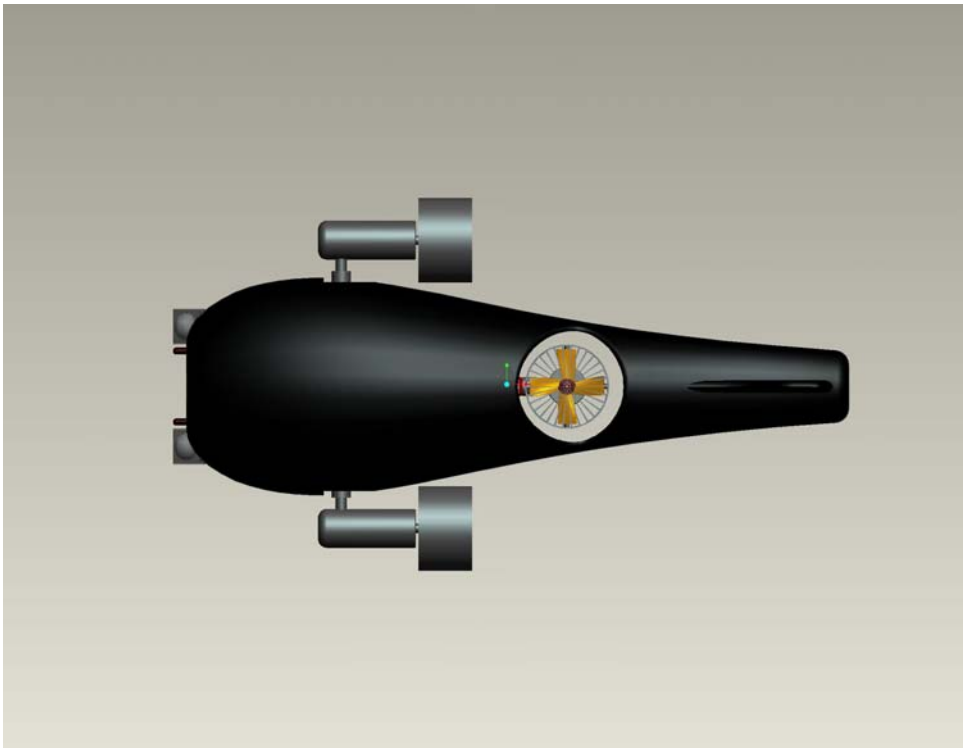
Εικόνα 4.43 *Γενική Όψη του Mondo Generator AUV 3*



Εικόνα 4.44 *Γενική Όψη του Mondo Generator AUV 4*

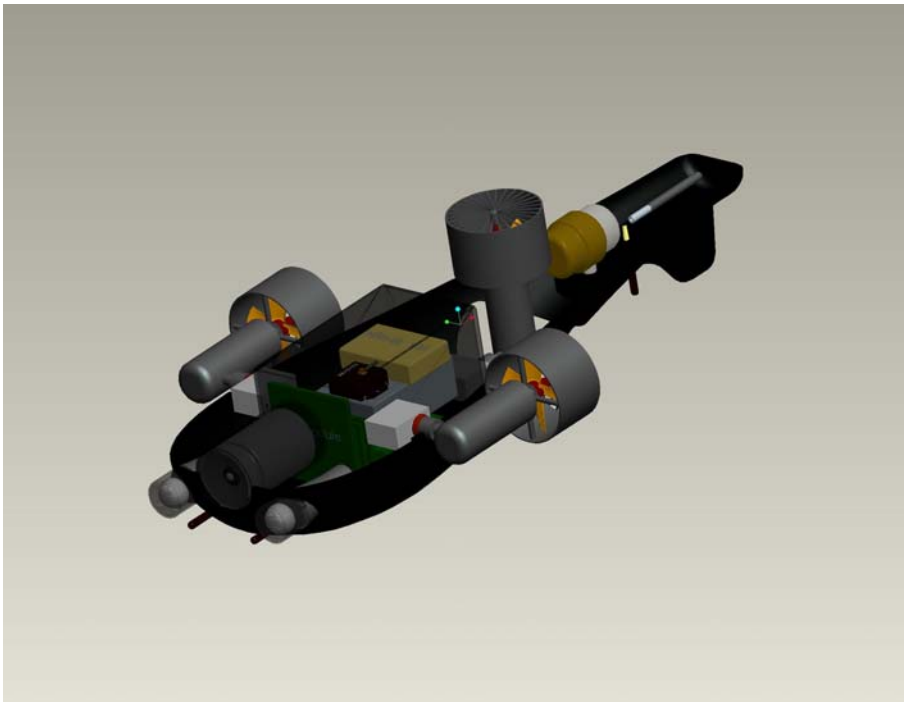


Εικόνα 4.45 *Κάτοψη του Mondo Generator AUV 5*



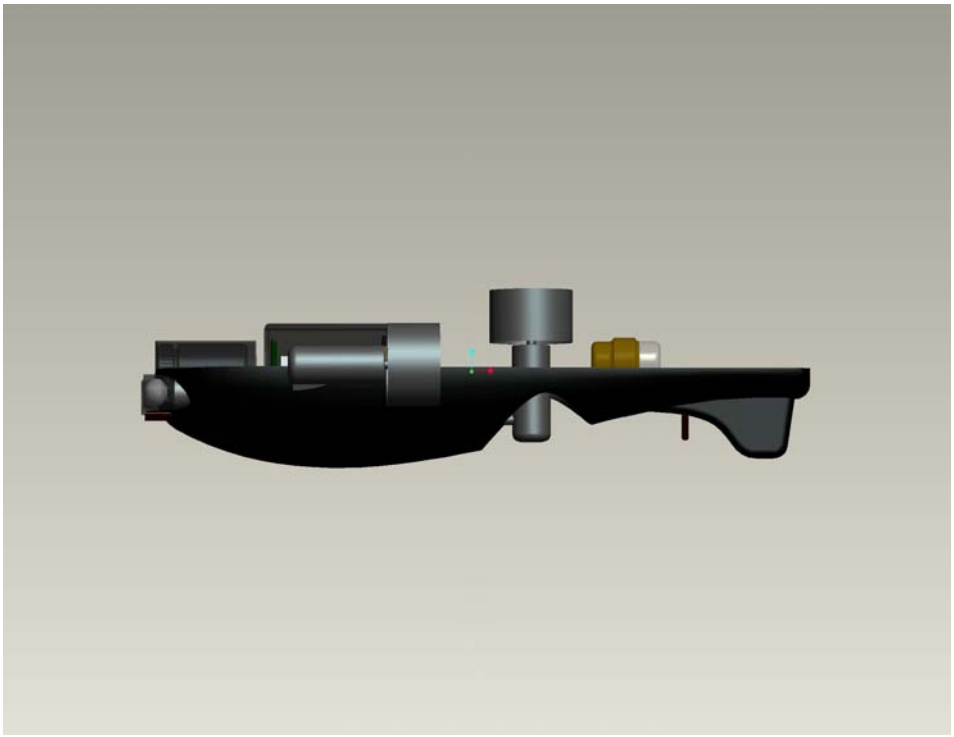
Εικόνα 4.46 *Πάνοψη του Mondo Generator AUV 6*

Εικόνα 4.47 *Πλάγια Όψη του Mondo Generator AUV 7*



Εικόνα 4.48 *Γενική Όψη Χωρίς το Πάνω Μέρος του Κελύφους*

Εικόνα 4.49 *Κάτοψη Χωρίς το Πάνω Μέρος του Κελύφους*



Εικόνα 4.50 *Κάτοψη Χωρίς το Πάνω Μέρος του Κελύφους*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το παρόν κεφάλαιο περιέχει μια σύνοψη των αποτελεσμάτων της έρευνας που διεξήχθη στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Με το στάδιο της μελέτης και της σχεδίασης του Mondo Generator AUV να έχουν περατωθεί, θα γίνει μια κριτική γύρω από τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα και την μοναδικότητα μιας τέτοιας υλοποίησης. Επίσης θα γίνει αναφορά στα τεχνικά χαρακτηριστικά και στο κόστος υλοποίησης μιας τέτοιας ρομποτικής μονάδας. Τέλος θα εξετασθούν τα βήματα για την εξέλιξη της παρούσας ιδέας.

5.1 Παρουσίαση του Mondo Generator AUV

5.1.1 Σύνοψη

Το πρότυπο σκάφος Mondo Generator αποτελεί μια αυτόνομη υποβρύχια ρομποτική μονάδα. Σχεδιάστηκε εξ'ολοκλήρου στο τρισδιάστατο σχεδιαστικό πρόγραμμα μηχανολογικού σχεδίου ***wildfire pro-engineer*** και όλα τα ηλεκτρονικά του μέρη είναι μια προσομοίωση υπαρκτών εμπορικών μοντέλων.

Περιέχει υπολογιστική μονάδα που λειτουργεί παράλληλα σε δύο επίπεδα, υψηλού και χαμηλού επιπέδου ελέγχου και τεχνίτης νοημοσύνης, ώστε η ανταπόκριση των αυτόνομων αποφάσεων που λαμβάνονται από το ίδιο να είναι η ταχύτερη δυνατή ενώ παράλληλα υπάρχει διαχωρισμός των υπολογισμών επεξεργασίας δεδομένων και της απόκρισης στο σύστημα με αποτέλεσμα την κίνησή του προς την επιθυμητή κατεύθυνση. Αυτό γίνεται με την χρησιμοποίηση δύο υπολογιστικών μονάδων που λειτουργούν παράλληλα.

Τα αισθητήρια μέρη του σκάφους αποτελούνται από αισθητήρα πίεσης και θερμοκρασίας, μονάδα μέτρησης της αδράνειας, σόναρ και τρία υδρόφωνα. Ο αισθητήρας πίεσης και θερμοκρασίας χρησιμεύει στον έλεγχο του περιβάλλοντος χώρου σε συνάρτηση με την στεγανότητα του σκάφους. Η μονάδα μέτρησης της αδράνειας εντοπίζει το σημείο που βρίσκεται το σκάφος γεωγραφικά ενώ το σόναρ αναλύει τον περιβάλλοντα χώρο και εντοπίζει όλα τα εμπόδια που δεν είναι ορατά απο την γεωγραφική απεικόνιση της IMU. Τέλος τα τρία υδρόφωνα χρησιμεύουν στην εύρεση της διεύθυνσης και του προσανατολισμού του σκάφους σε σχέση με την οποιαδήποτε πηγή ήχου στο υποβρύχιο περιβάλλον.

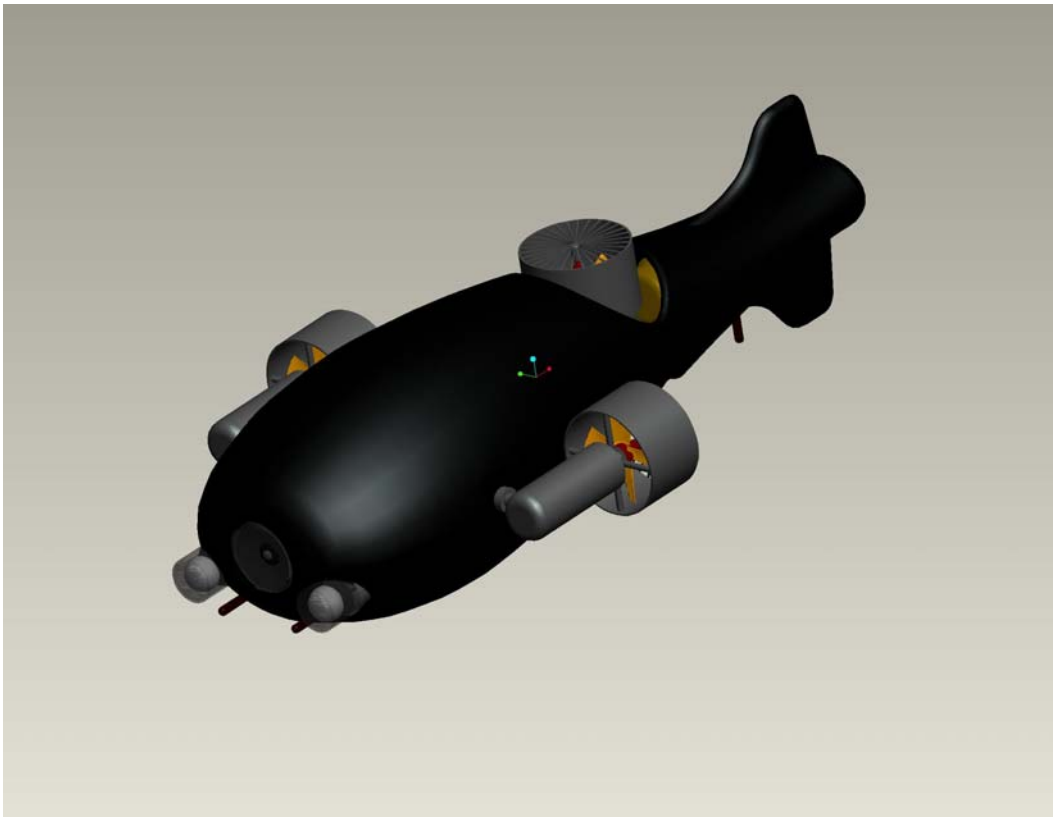
Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω αισθητήρων και λειτουργιών παρέχει στο ρομποτικό όχημα όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την εύρεση της ακριβούς γεωγραφικής θέσης και του προσανατολισμού του και παράλληλα πλήρη «αίσθηση» του περιβάλλοντος χώρου. Με την χρήση της υπολογιστικής μονάδας και κατάλληλων ευφυών αλγορίθμων το ρομποτικό όχημα έχει την ικανότητα να πλοηγηθεί με πλήρη αυτονομία.

Για την κίνηση του ρομποτικού οχήματος χρησιμοποιούνται τρεις ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος που συνδέονται με κατάλληλους motor drivers για τον έλεγχο την λειτουργίας τους. Οι δύο πλάγιοι κινητήρες έχουν δυνατότητα πλήρους περιστροφής και μπορούν να λειτουργούν παράλληλα ή αντίστροφα. Επίσης έχουν την δυνατότητα να

λειτουργήσουν και ανεξάρτητα μεταξύ τους, λειτουργιά με την οποία έχουμε τους μέγιστους βαθμούς ελευθερίας και το ρομποτικό όχημα είναι ολονομικό.

Για την ενεργειακή αυτονομία του σκάφους χρησιμοποιούνται τέσσερις μπαταρίες συνεχούς ρεύματος και κατάλληλης ισχύς ανάλογα με την επιθυμητή ώρα αυτονομίας. Τέλος η μονάδα περιέχει φώτα για να είναι δυνατή η ορατότητα σε μεγάλα βάθη και κάμερα με σκληρό δίσκο για την αποθήκευση και στην συνέχεια ανάκτηση των όποιων επιθυμητών εικόνων από το θαλάσσιο περιβάλλον.

Τέλος τα υλικά που προτείνεται να χρησιμοποιηθούν για τα μέρη που είναι πρότυπα και έχουν σχεδιαστεί είναι αλουμίνιο για την υποδοχή των μπαταριών και τα κουτιά των servo motors, plexiglass για το κουτί με τα ηλεκτρονικά και το κουτί της κάμερας και πλαστικό για το εξωτερικό περίβλημα του σκάφους.



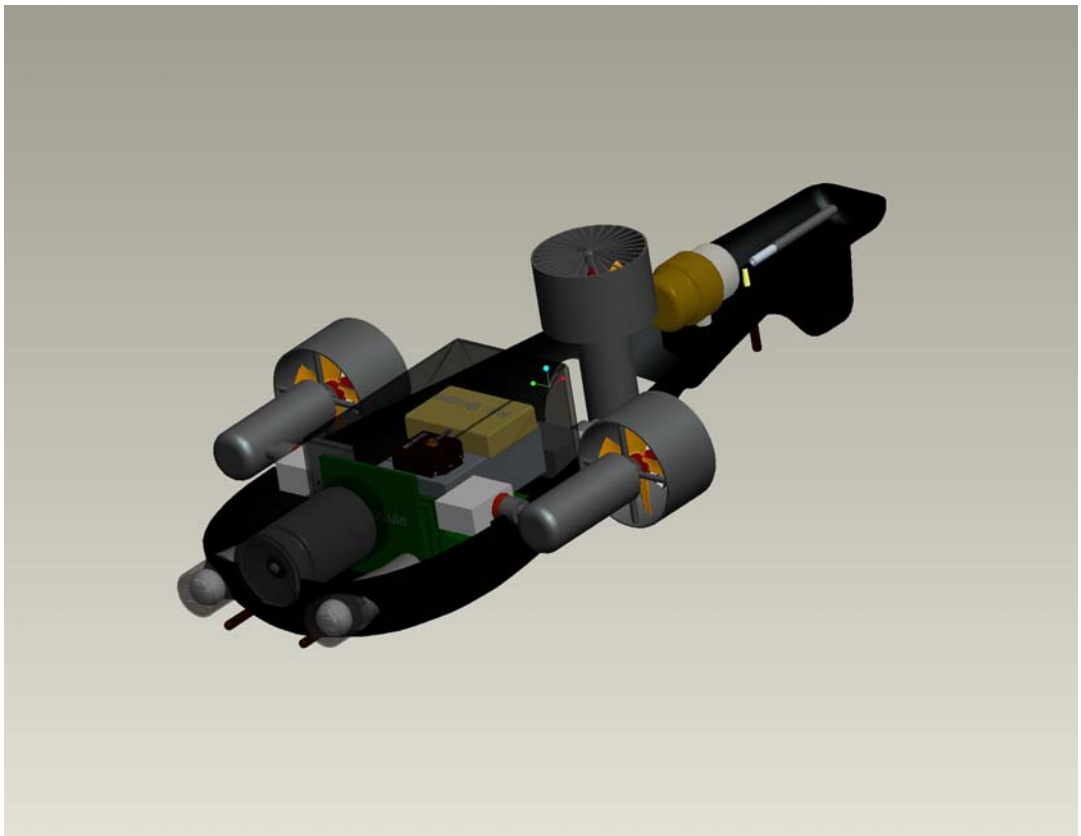
Εικόνα 5.1 *το Mondo Generator AUV*

5.1.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά & κόστος

Στην παρούσα φάση της ανάλυσης δεν είναι δυνατό να παρατεθούν τεχνικά χαρακτηριστικά με ακρίβεια. Από την στιγμή που η υλοποίηση εκκρεμεί δεν είναι δυνατό να γίνουν μηχανικά τεστ αντοχής των υλικών και να μετρηθούν με ακρίβεια ρεύματα και τάσεις ώστε να υπολογιστεί και η ολική κατανάλωση και αυτονομία του ρομποτικού οχήματος. Τα όποια τεχνικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται είναι εμπειρικώς υπολογισμένα.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά του Mondo Generator AUV

Διαστάσεις: Μ. 750mm Π. 420mm Υ. 225mm
Βάρος: 8 kg (με την υπόθεση ότι το περίβλημα δεν ξεπερνά τα 2 kg και τα μέρη από αλουμίνιο το 1,5 kg)
Αυτονομία: περίπου 1.5 ώρα **(**με τις μπαταρίες που υπάρχουν στο 4^{ο} κεφάλαιο)
Βάθος Κατάδυσης: 1-50m
Είσοδοι/Εξοδοι: RS-232, USB, Bluetooth



Εικόνα 5.2 *Το εσωτερικό του Mondo Generator AUV*

Κόστος του Mondo Generator AUV

Το κόστος των υλικών καθώς και το ολικό κόστος της υλοποίησης αναλύεται στον παρακάτω πίνακα:

ΜΕΡΗ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΤΙΜΗ/ΤΕΜ(€)	Σύνολο
υποδοχή μπαταριών	1	60	60
μπαταρία	4	33	132
κουτί κάμερας	1	60	60
κάμερα	1	70	70
daughterboard	1	110	110
gumstix	1	160	160
hydrophone	3	1030	3090
imu	1	1800	1800
i/o module	1	700	700
light	2	800	1600
motherboard	1	300	300
motordriver	3	130	390
pressure sensor	1	1050	1050
robostix	1	75	75
rs bridge	1	150	150
sonar	1	1500	1500
thruster	3	780	2340
κουτί ηλεκτρονικών	1	150	150
κουτί servomotor	3	10	30
καλούπι	1	500	500
ένωση servo thruster	2	20	40
servomotor	2	75	150
			14457

Το συνολικό κόστος υλοποίησης του Mondo Generator AUV ανέρχεται στα 14.500€

5.1.3 Χρήσεις του Mondo Generator AUV

Το αυτόνομο υποβρύχιο ρομποτικό όχημα που σχεδιάστηκε έχει την δυνατότητα εκτέλεσης διαφόρων αποστολών μεμονωμένα ή και παράλληλα. Πέρα από όλες τις κινηματικές προϋποθέσεις του AUVSI διαγωνισμού που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο το mondo generator AUV θα έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί και για τις παρακάτω αποστολές:

- Σκανάρισμα και ανάλυση του βυθού
- Φωτογράφιση και ανάκτηση πληροφοριών από το θαλάσσιο περιβάλλον
- Μελέτη ζωντανών και φυτικών οργανισμών σε μεγάλα βάθη
- Εντοπισμός ναυαγίων

Τέλος, λόγω του βιο-μιμητικού σχεδιασμού του, το ρομποτικό όχημα είναι σε αρμονία και δεν διαταράσσει το υδρόβιο περιβάλλον, ενώ δεν παράγει τον οποιονδήποτε ρύπο.

5.2 Σύγκριση του Mondo Generator AUV

5.2.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Το ρομποτικό όχημα που παρουσιάστηκε είναι ένα πρότυπο αυτόνομο υποβρύχιο όχημα, μη επανδρωμένο, μικρού μεγέθους και μεγάλου βεληνεκούς. Στα πλεονεκτήματά του θα μπορούσαμε να αναφέρουμε το μικρό μέγεθος της κατασκευής και τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό του και σε επίπεδο εμφάνισης όπως και σε κινηματικό επίπεδο.

Πιο συγκεκριμένα οι τρεις ηλεκτροκινητήρες δύο εκ των οποίων περιστρέφονται κατά 360 μοίρες στον κατακόρυφο άξονα παρέχουν πλήρη ελευθερία κινήσεων. Με αυτό τον συνδυασμό έχουμε τους μέγιστους βαθμούς ελευθερίας με τρεις κινητήρες. Τα περισσότερα ρομποτικά οχήματα που έχουν πλήρη ελευθερία κίνησης χρησιμοποιούν τουλάχιστον πέντε μη περιστρεφόμενους κινητήρες άρα ο κινηματικός σχεδιασμός του mondo generator AUV εξοικονομεί όγκο και βάρος στο σκάφος ενώ παράλληλα καταναλώνει πολύ λιγότερη ενέργεια για την κίνησή του. Αυτό οδηγεί σε συνδυασμό με τα πολύ μικρά ηλεκτρονικά μέρη που το αποτελούν σε μικρότερο όγκο συνολικά ενώ επιτυγχάνεται και ένα περισσότερο υδροδυναμικό σχήμα από το κλασικό κυλινδρικό που έχουν τα περισσότερα AUV's. Τέλος το πιο βασικό πλεονέκτημα του σχεδιασμού του ρομποτικού οχήματος είναι το μη στεγανό εσωτερικό του μέρος καθώς με αυτό τον τρόπο δεν χρειάζεται ο όγκος του ρομποτικού οχήματος να είναι ανάλογος του βάρους του.

Στον αντίποδα βασικό μειονέκτημα του mondo generator AUV είναι ότι ακριβώς λόγω του μικρού βάρους του σε μεγάλα βάθη άνω των 50 μέτρων είναι αμφίβολη η σταθερή κινηματική συμπεριφορά του καθώς οι πιέσεις και οι δυνάμεις που αναπτύσσονται σε τέτοια βάθη είναι δυσανάλογες του όγκου του. Με απλά λόγια είναι πολύ πιθανό το ρομποτικό όχημα να μην μπορεί να σταθεροποιηθεί σε μια συγκεκριμένη θέση μετά από κάποιο βάθος και να χάνει συνεχώς τον προσανατολισμό του οπότε και θα είναι αδύνατο να εκτελέσει την όποια αποστολή. Επίσης βασικό μειονέκτημα είναι η δυσκολία του προγραμματισμού της περιστροφής και λειτουργίας των πλαϊνών κινητήρων σε συνδυασμό με τον σταθερό κατακόρυφο κινητήρα. Ειδικά στην περίπτωση που οι δυο περιστρεφόμενοι κινητήρες θα λειτουργούν ανεξάρτητα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ευφυείς αλγόριθμοι και αρκετά πολύπλοκα προγράμματα προσομοίωσης για να είναι εφικτός ο κινηματικός προγραμματισμός του ρομποτικού οχήματος. Αυτό μπορεί να συνεπάγεται καθυστέρηση λόγω υπολογισμών στην κινηματική απόκριση μιας απόφασης του συστήματος άρα και περισσότερο χρόνο αδράνειας μεταξύ δυο μεταβάσεων. Αυτό μπορεί να έχει έως και καταστροφικές συνέπειες ιδιαίτερα κατά την διαδικασία μετάβασης για την αποφυγή κάποιου κινδύνου.

5.2.2 Μοναδικότητα

Η μοναδικότητα και η πρωτοτυπία στην παρούσα εργασία ήταν κάτι που αποτέλεσε κύριο στόχο στην σχεδίαση του mondo generator AUV. Οι κύριοι στόχοι που τέθηκαν είναι εξής:

- Ελαχιστοποίηση του όγκου και του βάρους του σκάφους.

- Δυνατότητα ολονομικής κίνησης του σκάφους.
- Ελαχιστοποίηση της υδροδυναμικής αντιστάσεως του κελύφους του σκάφους.
- Επίτευξη των περισσότερων βαθμών ελευθερίας στην κίνηση με τους λιγότερους δυνατούς κινητήρες
- Μεγιστοποίηση της αυτονομίας του σκάφους σε ενεργειακό επίπεδο και σε επίπεδο τεχνητής νοημοσύνης.
- Δυνατότητα κατασκευής του πρωτότυπου χρησιμοποιώντας εμπορικά μοντέλα και τα μέσα του Εργαστηρίου Ευφυών Συστημάτων και Ρομποτικής και του Εργαστηρίου Εργαλειομηχανών.

Όλοι οι παραπάνω στόχοι επιτεύχθηκαν τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό και το αποτέλεσμα της εργασίας είναι το σχέδιο και η ηλεκτρολογική μελέτη του mondo generator AUV.

Η μοναδικότητα του ρομποτικού οχήματος καταρχήν έγκειται στο ότι είναι το μόνο που περιέχει αυτό τον συνδυασμό ηλεκτρονικών μερών και αισθητήρων που το αποτελούν. Η κινηματική λειτουργιά του, που έχει αναφερθεί παραπάνω όπως και σε προηγούμενα κεφάλαια, είναι κάτι το πρωτότυπο στην σχεδίαση του κινηματικού μοντέλου ενός υποβρύχιου αυτόνομου ρομποτικού οχήματος. Επίσης η ιδέα να μην είναι στεγανό όλο το εσωτερικό μέρος του ρομποτικού οχήματος είναι επίσης κάτι το πρωτότυπο.

5.3 Συμπεράσματα – μέλλον

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει έναν δυϊκό ρόλο. Πέρα από την ανάλυση και ανάπτυξη του σχεδίου του mondo generator AUV το βιβλιογραφικό της κομμάτι περιέχει και προάγει στον αναγνώστη μια σφαιρική εικόνα γύρω από το αυτόνομο υποβρύχιο ρομποτικό όχημα. Όλοι οι απαραίτητοι ορισμοί αναφέρονται ενώ το θεωρητικό υπόβαθρο βοηθά στο να αποσαφηνιστούν οι στόχοι που πρέπει να επιτευχθούν και τα προβλήματα που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν κατά τον σχεδιασμό ενός τέτοιου οχήματος. Επίσης με την αναφορά στα υπάρχοντα ρομποτικά οχήματα και στα κύρια εξαρτήματα που τα αποτελούν είναι πιο εύκολο να κατανοηθεί η ήδη υπάρχουσα τεχνογνωσία

Ο στόχος που τέθηκε και τελικά υλοποιήθηκε είναι ο σχεδιασμός ενός οχήματος πρότυπου και καινοτόμου που όχι απλά θα χρησιμοποιεί και θα ανακυκλώνει όλες τις παραπάνω πληροφορίες αλλά θα κάνει τουλάχιστον μια προσπάθεια να πάει την έρευνα σε αυτό τον τομέα ένα βήμα παραπάνω και να τροφοδοτήσει την κοινότητα με νέες ιδέες και νέα ερεθίσματα. Κατά την άποψη του συγγραφέα εκ του αποτελέσματος αυτό το κομμάτι επιτεύχθηκε. Για την επίτευξη των αρχικών στόχων και βελτιστοποιήσεων τελικά αναπτύχθηκαν οι πρωτότυπες αρχιτεκτονικές σχεδίασης που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Τέλος όσον άφορα την μελλοντική δουλεία που μπορεί να γίνει γύρω από την εξέλιξη αυτής της εργασίας τα βήματα που προτείνονται είναι τα παρακάτω:

- Αξιολόγηση του παρόντος σχεδίου από εμπειρογνώμονες
- Βελτιστοποιήσεις και περαιτέρω διορθώσεις στο παρόν σχέδιο
- Ηλεκτρολογική υλοποίηση
- Ακριβής μηχανολογικός σχεδιασμός με δεδομένες όλες τις ηλεκτρολογικές παραμέτρους του συστήματος

- Υλοποίηση του Mondo Generator AUV
- Προγραμματισμός του Mondo Generator AUV
- Δοκιμές στο εργαστήριο
- Δοκιμές σε πισίνα
- Δοκιμές σε θαλάσσιο περιβάλλον
- Εκτέλεση αποστολών
- Προβολή του Mondo Generator AUV σαν εμπορικό μοντέλο

Βιβλιογραφία:

[1] AUVSI/ONR, Engineering Primer Document for Autonomous Underwater Vehicle (AUV) Team Competition2006-2007, Association for Unmanned Vehicle Systems International (AUVSI)
[2] Michael Drtil, Electronics and sensor design of an Autonomous Underwater, A thesis submitted for the degree of Diplom-Ingenieur Elektrotechnik (FH) February 2006

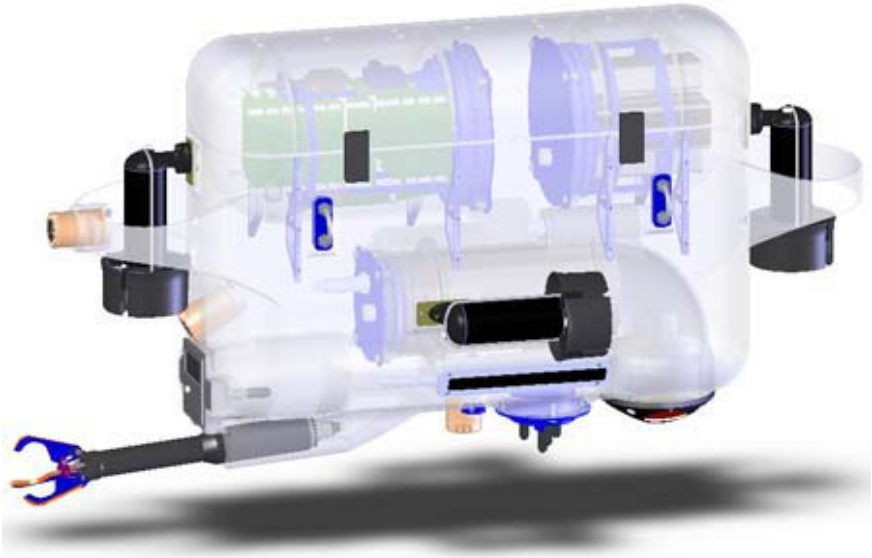
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Παρουσίαση των υπαρχόντων AUV

Στο παράρτημα Α γίνεται μια καταγραφή και περιληπτική περιγραφή αυτόνομων υποβρυχίων ρομποτικών οχημάτων. Τα οχήματα αυτά, εμπορικά και ερευνητικά μοντέλα, παρουσιάζονται και αποτελούν τις πληρέστερες ρομποτικές μονάδες που υπάρχουν αυτή τη στιγμή. Η διαλογή τους έγινε με κριτήρια όπως η πρωτοτυπία, το μέγεθος, το σχήμα, ο συνδυασμός αισθητήρων που περιέχουν. Σκοπός της συστηματικής καταγραφής τους είναι η κατανόηση της αρχιτεκτονικής σχεδίασης ενός αυτόνομου υποβρυχίου σε σχεδιαστικό, μηχανολογικό και ηλεκτρολογικό επίπεδο.

Α.1 Παρουσίαση υπαρχόντων AUV

Όνομα: Aerius
Κατασκευαστής: University of Victoria Autonomous Underwater Vehicle Team
Διαστάσεις: 93cm x 48cm x 40cm.
Κινητήρες: 4 x Seabotix 200W brushless thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 300 m.
Βάρος: 22 kg
Αισθητήρες: Camera, Pressure, Compass, Active and Passive Sonar, Grabber Arm, Weight Droppers
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.auvic.uvic.ca/



Εικόνα Α.1
Aerius, University of Victoria Autonomous Underwater Vehicle Team

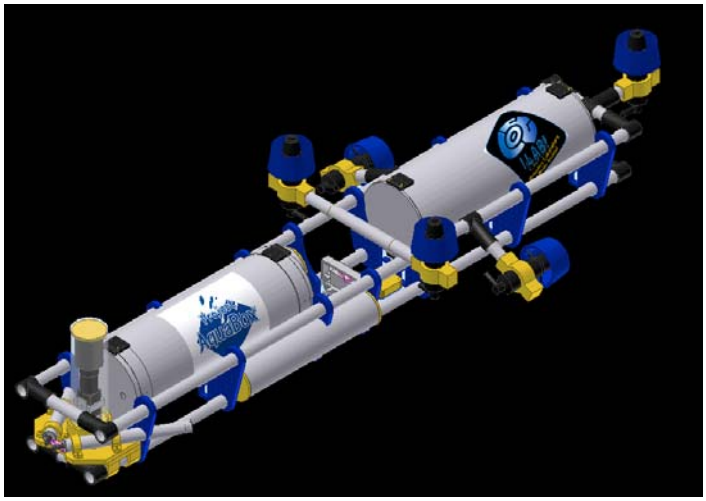
Όνομα: Aqua Box 1
Κατασκευαστής: Kyushu Institute of Technology, LSSE, Ishii lab.
Διαστάσεις: 57,5cm x 59,5cm x 84,5cm
Κινητήρες: 5 x 40W thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 50 m
Βάρος: 35 kg
Αισθητήρες: Pressure (Depth Sensor), Doppler Velocity Log, Measurement System, CCD Digital Video Camera , Laser
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.brain.kyutech.ac.jp

Εικόνα Α.2
Aqua Box 1, Kyushu Institute of Technology, LSSE, Ishii lab.

Όνομα: Aqua Box 2
Κατασκευαστής: Kyushu Institute of Technology, LSSE, Ishii lab.
Διαστάσεις: 55cm x 120cm x 130cm
Κινητήρες: 4 x 40 W Thrusters, Motor Drivers x 4 (Titech Ver.III)
Βάθος Κατάδυσης: 50 m
Βάρος: 60 kg
Αισθητήρες: Pressure (Depth Sensor), Doppler Velocity Log, Angular Velocity Sensor ,Attitude Sensor, Measurement System, CCD Digital Video Camera x 1, USB Video Capture
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.brain.kyutech.ac.jp

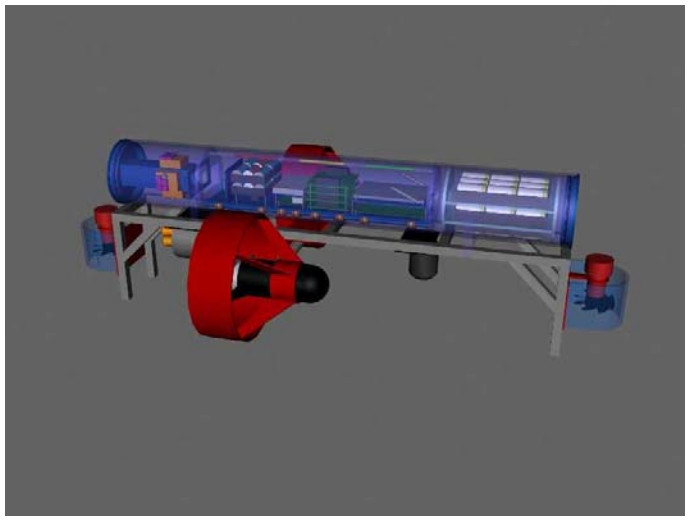
Εικόνα Α.3
Aqua Box 2, Kyushu Institute of Technology, LSSE, Ishii

Όνομα: Aqua Box 3
Κατασκευαστής: Kyushu Institute of Technology, LSSE, Ishii lab.
Διαστάσεις: 30,8cm x 60cm x 150cm
Κινητήρες: 5 x 100 W Thrusters(MPT24V)
Βάθος Κατάδυσης: 50 m
Βάρος: 40 kg
Αισθητήρες: Pressure Sensor(Depth Sensor), Hydrophone x 2, Ultrasonic sensor, Angular Velocity Sensor x 1, USB Camera x 2(Omni-lens, Wide-lens), Attitude Sensor x 1, Electromagnetic Velocity Sensor x 1
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.brain.kyutech.ac.jp



Εικόνα Α.4
Aqua Box 3, Kyushu Institute of Technology, LSSE, Ishii lab

Όνομα: Barracuda Mark VI
Κατασκευαστής: Amador Valley High School Robotics Club
Διαστάσεις: 60cm x 170cm
Κινητήρες: 4 x Mayfair Marine 750 GPH
Βάθος Κατάδυσης: 10,66 m
Αισθητήρες: Pressure, Compass, Camera, Hydrophones
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.karlschulze.com



Εικόνα Α.5
Barracuda Mark VI, Amador Valley High School Robotics Club

Όνομα: Bluefin-12
Κατασκευαστής: Bluefinrobotics
Διαστάσεις: 12.75cm x 84cm
Κινητήρες: 1 x electric
Βάθος Κατάδυσης: 200 m
Βάρος: 136,35 kg
Αισθητήρες: Sonar , CTD, Turbidity and Current Measurement Sensors, Payload Sensors
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.bluefinrobotics.com

Εικόνα Α.6
Bluefin-12, Bluefinrobotics

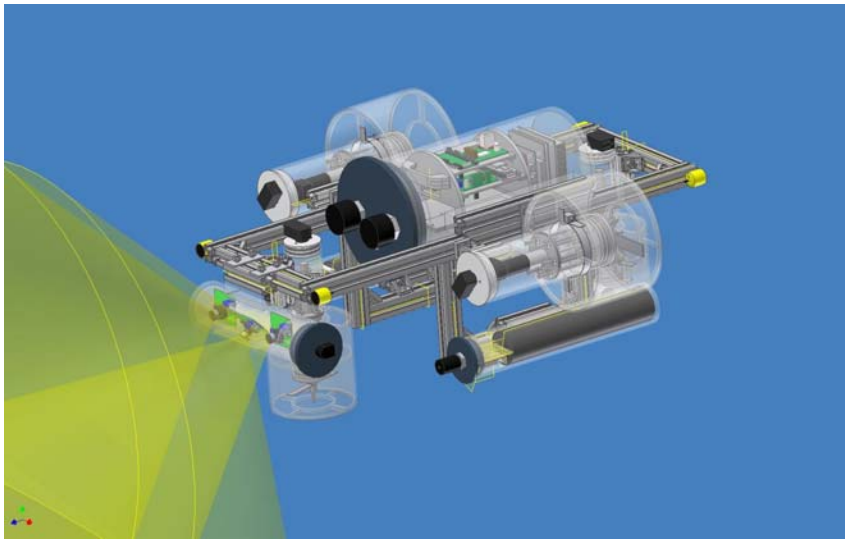
Όνομα: Cabridge AUV
Κατασκευαστής: CAUV team
Διαστάσεις: 10cm x 110cm
Κινητήρες: 1 x Graupner Speed 720 BB Torque motor
Βάθος Κατάδυσης: 12 m
Βάρος: 70 kg
Αισθητήρες: Camera, 3 axis Accelerometer, 2 x 2 axis Gyros, 2 x Absolute Pressure
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.srcf.ucam.org/

Εικόνα Α.7
Cabridge AUV
, CAUV team

Όνομα: Cetus
Κατασκευαστής: MIT Sea Grant AUV Lab
Διαστάσεις: 5cm x 8cm x 180cm
Κινητήρες: 5 x Brushless DC Thrusters
Βάθος Κατάδυσης: Al Pressure Vessels 200m ,Titanium PV >4000m
Βάρος: 150 kg
Αισθητήρες: Sonar
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://auvlab.mit.edu/

Εικόνα Α.8
Cetus, MIT Sea Grant AUV Lab

Όνομα: Clarus II
Κατασκευαστής: Virginia Tech Autonomous Underwater Vehicle Team
Κινητήρες: 4 x thrusters
Αισθητήρες: 5 x Firewire Cameras, Passive Sonar System, three-axis Compass and a Depth sensor
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: www.auvt.org.vt.edu

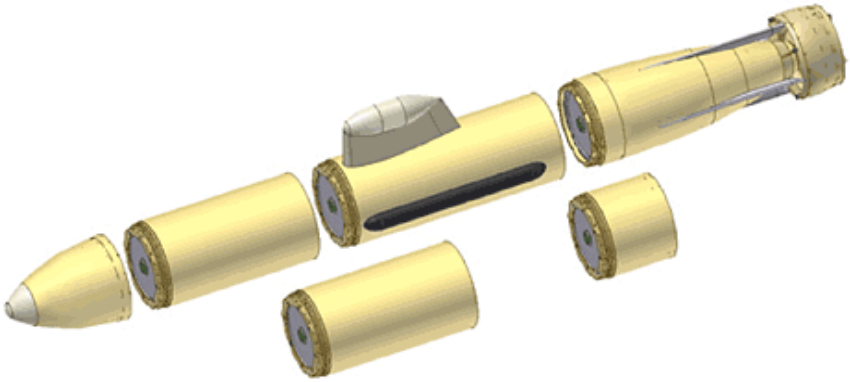


Εικόνα Α.9
Clarus II, Virginia Tech Autonomous Underwater Vehicle Team

Όνομα: Charybdis
Κατασκευαστής: Duke Robotics
Διαστάσεις: 100cm x 100cm x 100cm piece of UHMW
Κινητήρες: 4 x Tecnadyne 250 Thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 30.48 m
Αισθητήρες: Altimeter, DVL, Rressure Sensor, and Cameras
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.duke.edu/

Εικόνα Α.10
Charybdis, Duke Robotics

Όνομα: Gavia
Κατασκευαστής:
Hafmynd
Διαστάσεις: 170cm
Κινητήρες: 1 x electric
Βάθος Κατάδυσης: 200-2000 m
Βάρος: from 44 kg
Αισθητήρες: electronic Compass and Tilt Sensors,3-axis Rate Gyros, Pressure
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.gavia.is/



Εικόνα Α.11
Gavia, Hafmynd

Όνομα: Kambara
Κατασκευαστής: Robotic Systems Laboratory Dep.RSISE The Australian National University
Διαστάσεις: 120cm x 150cm x 90cm
Κινητήρες: 5 x seabotix thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 30 m
Βάρος: 66.5kg
Αισθητήρες: Sonar, Triaxial Accelerometer, Heading Compass, Inclination Sensor, Depth, Temperature and Leakage sensors
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.anu.edu.au/

Εικόνα Α.12
Kambara, Robotic Systems Laboratory Dep.RSISE The Australian National University

Όνομα: M.u.l.e.
Κατασκευαστής: Homebuilt Rov's
Κινητήρες: 6 x Thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 10 m
Αισθητήρες: micro Infared Camera,
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.homebuiltrovs.com/

Εικόνα Α.13
M.u.l.e., Homebuilt Rov's

Όνομα: Mako
Κατασκευαστής: The University of Western Australia
Διαστάσεις: 134cm x 64.5cm x 46cm
Κινητήρες: 4 x thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 5m
Αισθητήρες: 4 Sonars (echo-sounders), Velocimeter (flow current), Depth Sensor (pressure gauge), Digital Compass, QuickCam web cam, Leak Sensors
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://robotics.ee.uwa.edu.au/auv/mako.html

Εικόνα Α.14
Mako, The University of Western Australia

Όνομα: Tortuga
Κατασκευαστής: The University of Maryland, College Park
Διαστάσεις: 79,248cm
Κινητήρες: 4 x thrusters
Βάρος: 27.21kg
Αισθητήρες: Pressure Depth Sensor, nine-axis Inertial Measurement Unit, Sonar System, 2 Firewire Video Cameras
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://ram.umd.edu/trac

Εικόνα Α.15
Tortuga, The University of Maryland, College Park

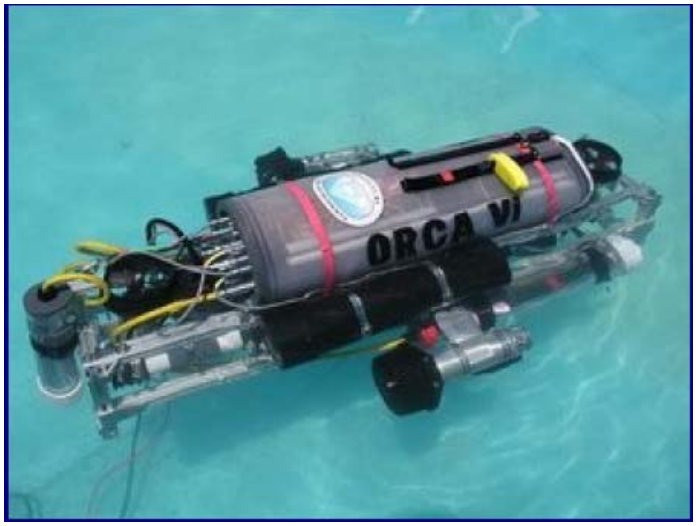
Όνομα: Maya
Κατασκευαστής: National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa , India
Διαστάσεις: 174.2cm x 23.4cm
Κινητήρες: DC brushless motor
Βάθος Κατάδυσης: 200 m
Βάρος: 54.7 kg
Αισθητήρες: Sonar, Pressure and Depth Sensor
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.nio.org/jsp/newsReadOnly.jsp?newsId=88

Εικόνα Α.16
Maya, National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa , India

Όνομα: Odyssey IIb
Κατασκευαστής: Laboratory at Mit Sea Grand
Διαστάσεις: 220cm x 58cm
Κινητήρες: 1 electric (brushless) 20 lbs
Βάθος Κατάδυσης: 6000 m
Βάρος: 165 kg
Αισθητήρες: CTD, ADCP, Camera Sidescan
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://auvlab.mit.edu/vehicles/vehiclespec2b.html

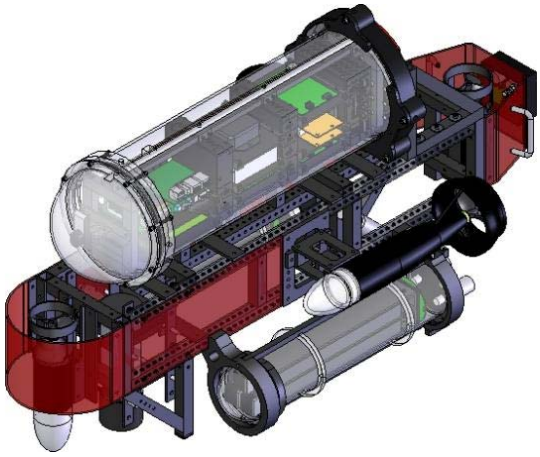
Εικόνα Α.17
Odyssey IIb, Laboratory at Mit Sea Grand

Όνομα: Orca-X
Κατασκευαστής: Massachusetts Institute of Technology
Διαστάσεις: 60cm
Κινητήρες: 4 x thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 80 m.
Αισθητήρες: Pressure Depth Sensor, Magnetic Gyro-Compass, a DSP-based Sonar Direction Finder, Inertial Measurement Unit, 2 Video Cameras.
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://scripts.mit.edu/~orca/wiki/index.php?title=ORCA_X



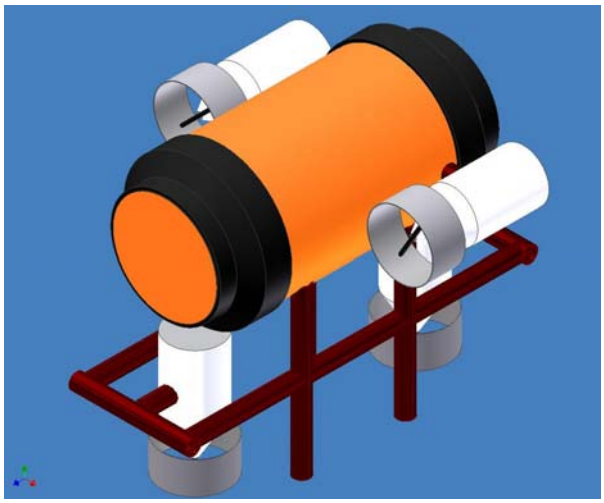
Εικόνα Α.18
Orca-X, Massachusetts Institute of Technology

Όνομα: Proteus
Κατασκευαστής: Cornell University Autonomous Underwater Vehicle Team
Διαστάσεις: 101.6 x 50.8cm x 45.72cm
Κινητήρες: 4 x VideoRay ROV thrusters
Βάρος: 22.675 kg
Αισθητήρες: Orientation MicroStrain 3DM-GX1, Depth Sensotec GW-420/F747-01 Pressure Transducer, Altitude & Range Tritech PA500/6-PS altimeters, Hydrophone, Custom Heading Honeywell TCM-250 Compass, Forward & downward Logitech Quickcam for cameras Notebooks Pro
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.cuauv.org/proteus.aspx



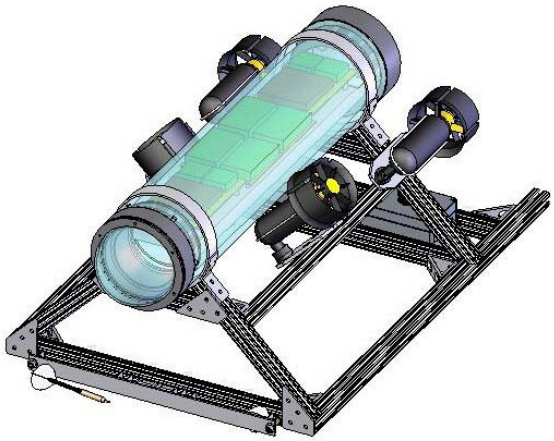
Εικόνα Α.19
Proteus, Cornell University Autonomous Underwater Vehicle Team

Όνομα: Proteus VT
Κατασκευαστής: Virginia Polytechnic Institute and State University
Διαστάσεις: 60,96cm
Κινητήρες: 4 x thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 78 m
Αισθητήρες: Passive Sonar System(three-axis compass), Depth Sensor,Camera.
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.cuauv.org/default.aspx



Εικόνα Α.20
Proteus VT, Virginia Polytechnic Institute and State University

Όνομα: Ram-Boat 8
Κατασκευαστής: URI AUV Team, URI Ocean Engineering Dept
Διαστάσεις: 71.12cm x 15.24cm
Κινητήρες: 4 x thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 305 m
Αισθητήρες: Pressure sensing and External (AUX) marker control, Magnetic heading sensor ,Sonar homing system , System voltage sensing CMUCam 3 dual robot cameras
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.oce.uri.edu/~auv/

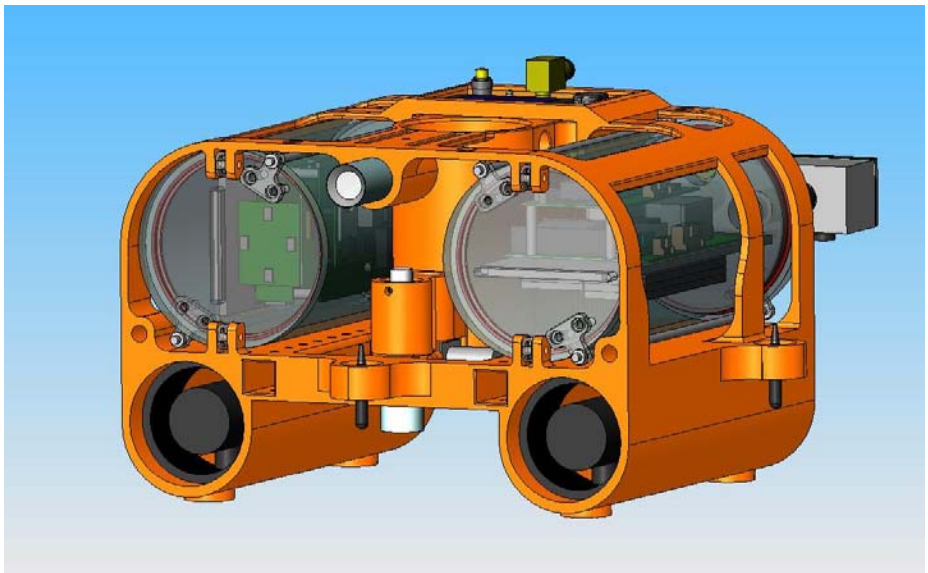


Εικόνα Α.21
Ram-Boat 8, URI AUV Team, URI Ocean Engineering Dept

Όνομα: Remus 100
Κατασκευαστής: Hydroid, LLC
Διαστάσεις: 160cm x 19cm
Κινητήρες: Direct dive DC brushless motor
Βάθος Κατάδυσης: 100 m
Βάρος: 37 kg
Αισθητήρες: Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), Side Scan, SonarConductivity & Temperature
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: www.hydroidinc.com

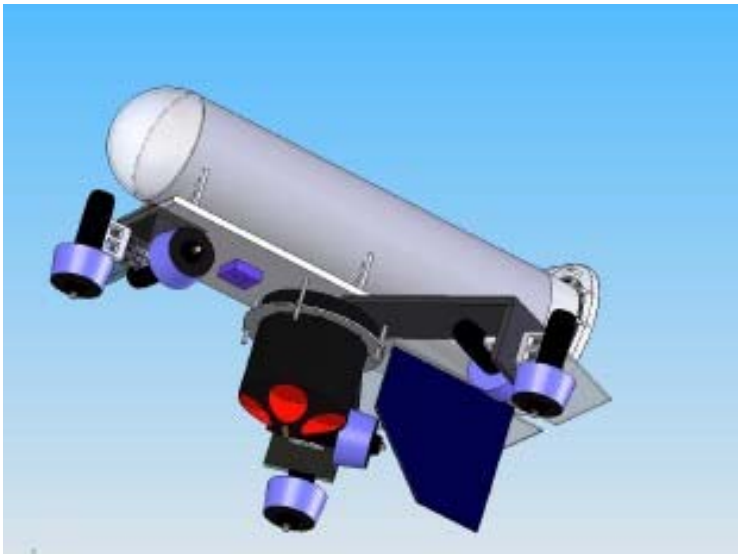
Εικόνα Α.22 *Remus 100, Hydroid, LLC*

Όνομα: Scout
Κατασκευαστής: The University of Central Florida's
Διαστάσεις: 38.1cm x 50.8cm x 12.7cm
Κινητήρες: 3 x thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 30.48 m
Βάρος: 15.9 kg
Αισθητήρες: Compass, Depth Sensor. Light Sensors, Cameras, Hydrophones
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.ucfauv.com



Εικόνα Α.23 *SCOUT, The University of Central Florida's*

Όνομα: Scylla
Κατασκευαστής: Duke Robotics Team
Διαστάσεις: 71.12cm x 20.32cm x 3.81cm
Κινητήρες: 6 x Tecnadyne 250 propellerbased thrusters
Αισθητήρες: DVL, Cameras, Acoustics
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://robotics.pratt.duke.edu/archives/2005-2006/char.html

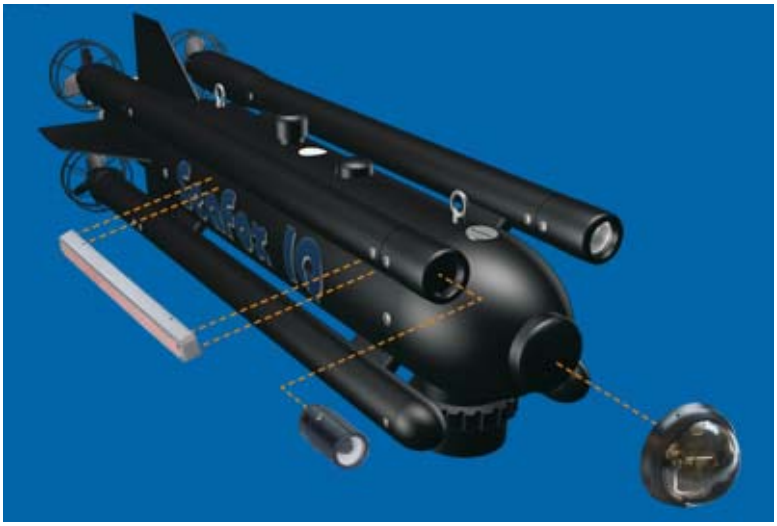


Εικόνα Α.24
Scylla, Duke Robotics Team

Όνομα: SeaBee II
Κατασκευαστής: University of Southern California Competition Robotics Team (USCR)
Κινητήρες: 5 x thrusters
Αισθητήρες: Pressure Sensor, 3 high-resolution wide-angle USB Cameras, 3 Internal Temperature Sensors,
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: www.seabee-auv.com/

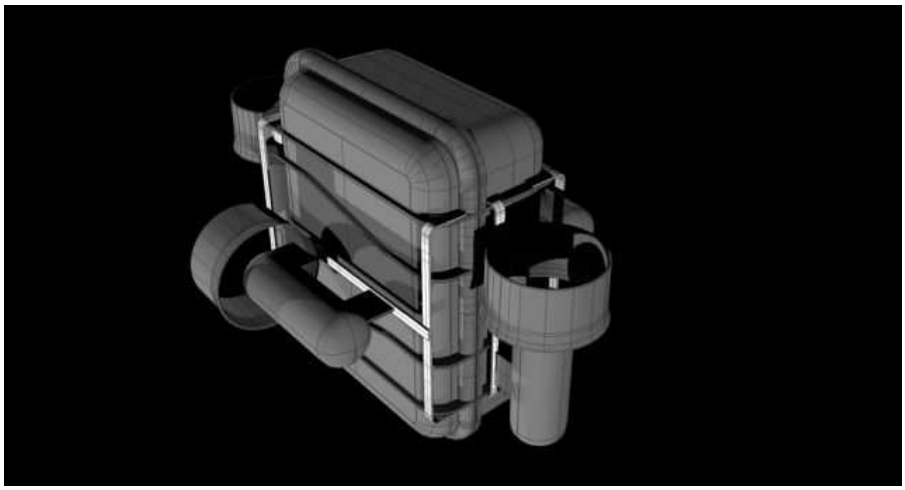
Εικόνα Α.25
SeaBee II, University of Southern California Competition Robotics Team (USCR)

Όνομα: SeaFox IQ
Κατασκευαστής: Atlas Electronic Group
Διαστάσεις: 130cm x 40cm
Κινητήρες: 4 x thrusters and 1 electric propulsion
Βάθος Κατάδυσης: 300m
Βάρος: 40kg
Αισθητήρες: Extra Searchlights, Tiltable Camera and a Side Scan Sonar
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.maridan.dk/typo3_380/index.php?id=70&L=1



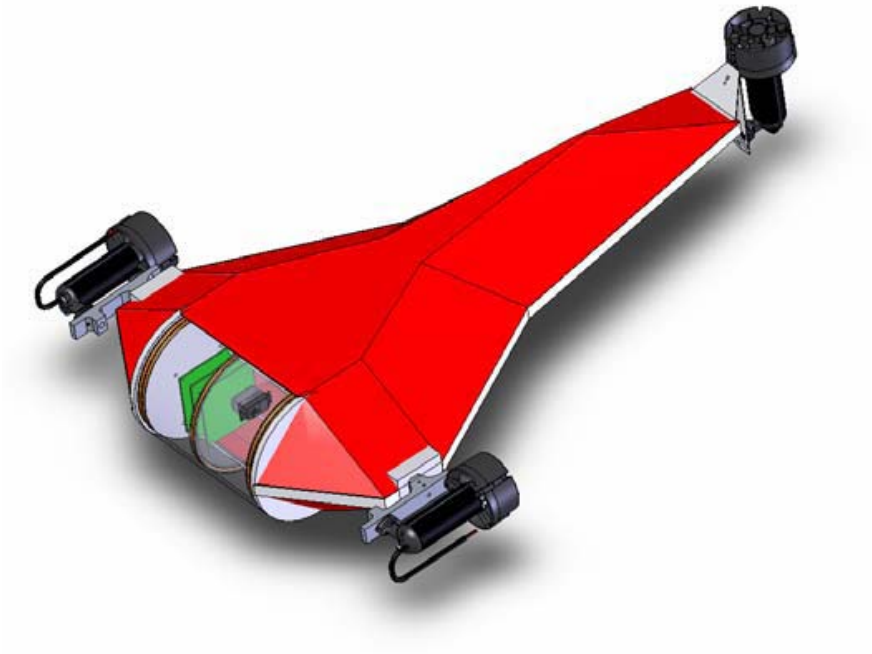
Εικόνα Α.26
SeaFox IQ, Atlas Electronic Group

Όνομα: The Seahorse
Κατασκευαστής: San Diego City College Robotics Engineering Club
Διαστάσεις: 27.432cm x 25.146cm x 11.43cm
Κινητήρες: 4 x Seabotix BTD150 thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 10 m
Βάρος: 707 kg
Αισθητήρες: Pressure Sensor, Depth Sensor, Temperature sensor
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://sdcrobotics.pacificnautilus.org



Εικόνα Α.27
The Seahorse, San Diego City College Robotics Engineering Club

Όνομα: Seawolf II.
Κατασκευαστής: Underwater Robotics Club
Κινητήρες: 3 x Seabotix thrusters
Αισθητήρες: 2 Video Cameras, Inertial Measurement Unit, Altimeter, Depth Sensor
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.ncsurobotics.org



Εικόνα Α.28
Seawolf II., Underwater Robotics Club
Όνομα: Serafina

Κατασκευαστής: The Australian National University
Διαστάσεις: 45,5cm x 21cm
Κινητήρες: 5 x thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 1000m
Αισθητήρες: Linear Acceleration Sensors (four axis), Compass, Pressure, Sonar, Long Wave Radio Directed, Modulated Light
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.anu.edu.au/

Εικόνα Α.29
Serafina, The Australian National University

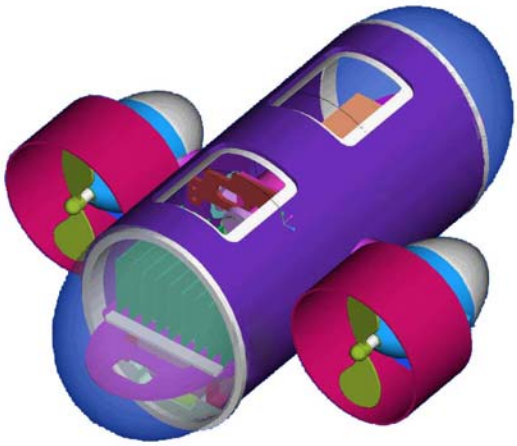
Όνομα: The Electric Glider
Κατασκευαστής: Webb Research Corporation
Διαστάσεις: 150cm x 21.3cm
Κινητήρες: 1 Glider
Βάθος Κατάδυσης: 1000 m
Βάρος: 52 Kg
Αισθητήρες: Conductivity, Temperature, Depth
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.webbresearch.com/electric_glider.htm

Εικόνα Α.30
The Electric Glider, Webb Research Corporation

Όνομα: Thermal Glider
Κατασκευαστής: Webb Research Corporation
Διαστάσεις: 150cm x 21.3cm
Κινητήρες: 1 Slocum Thermal Glider
Βάθος Κατάδυσης: 2000 m
Βάρος: 60 Kg
Αισθητήρες: Conductivity, Temperature, Depth
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.webbresearch.com/thermal_glider.htm

Εικόνα Α.31
Thermal Glider, Webb Research Corporation

Όνομα: Sonia 2002
Κατασκευαστής: University of Quebec
Διαστάσεις: 78.74cm x 29.21cm x 34.29cm
Κινητήρες: 2 x thrusters
Βάρος: 50kg
Αισθητήρες: Heading, Altitude, Depth, Pinger Direction and Side/Forward Object Detection
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://sonia.etsmtl.ca/en/

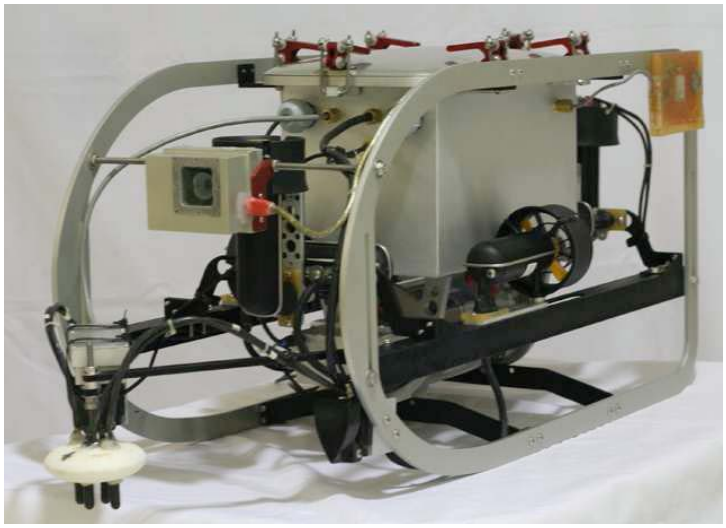


Εικόνα Α.32
Sonia 2002, University of Quebec

Όνομα: Sonia 2004
Κατασκευαστής: University of Quebec
Κινητήρες: 6 x speed controlled thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 6 m
Βάρος: 36 kg
Αισθητήρες: Compass, Gyroscope, Pressure Sensors, Hydrophones, Sonar
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://sonia.etsmtl.ca

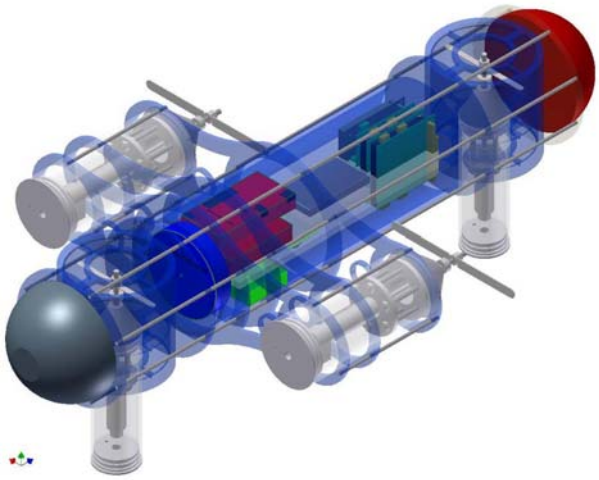
Εικόνα Α.33
Sonia 2004, University of Quebec

Όνομα: Sonia 2006
Κατασκευαστής: University of Quebec
Διαστάσεις: 101cm x 43cm x 46cm
Κινητήρες: 6x SeaBotix SBT150
Βάθος Κατάδυσης: 10 m
Βάρος: 20 kg
Αισθητήρες: Dual MEMS Gyroscopes, Dual Temperature Sensors, Relative Humidity sensor, Depth Sensor, Power Monitoring sensors
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://sonia.etsmtl.ca



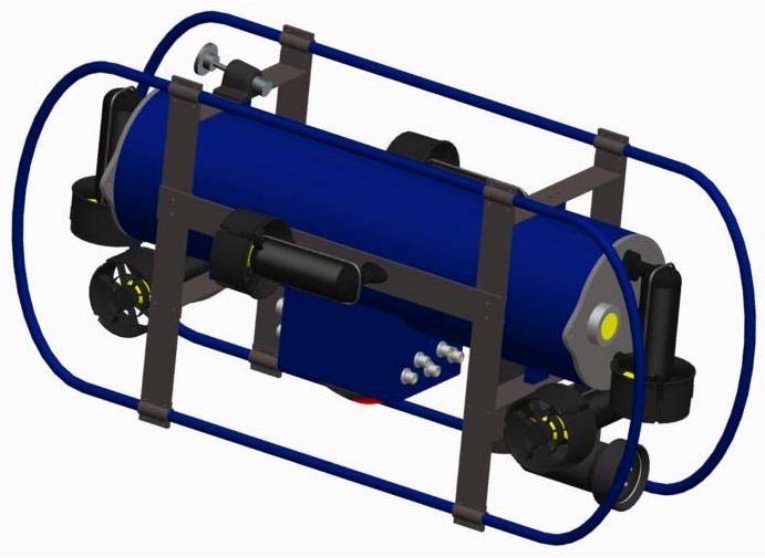
Εικόνα Α.34
Sonia 2006, University of Quebec

Όνομα: Sowerbii
Κατασκευαστής: Virginia Polytechnic Institute and State University
Διαστάσεις: 91.44cm x 60.96cm x 30.48cm
Κινητήρες: 4 x thrusters
Αισθητήρες: 3 Firewire Cameras, Passive Sonar, 3-axis Compass, Depth Sensor
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.auvt.org.vt.edu/site/



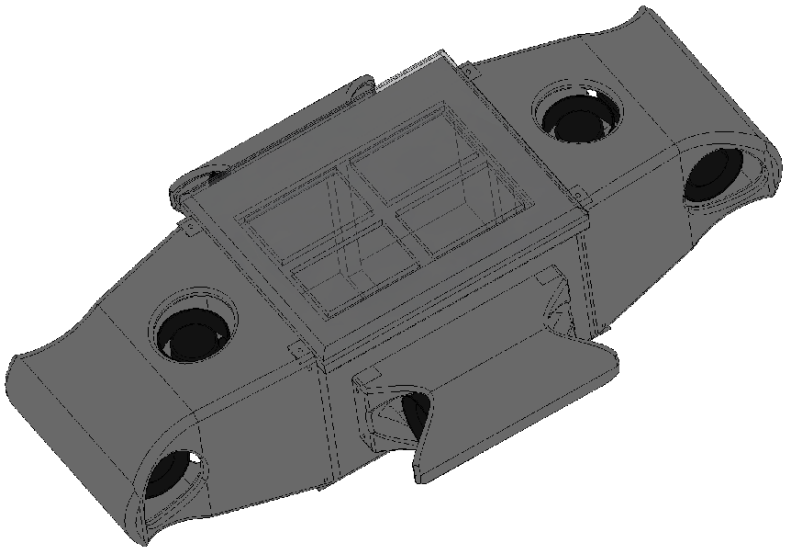
Εικόνα Α.35
Sowerbii, Virginia Polytechnic Institute and State University

Όνομα: SubjuGator 2007
Κατασκευαστής: Machine Intelligence Laboratory (MIL)
Κινητήρες: 6 xthrusters Seabotix SBT150
Βάθος Κατάδυσης: 30.48 m
Αισθητήρες: Camera, Hydrophone, a DopplerVelocity Log (DVL), Digital Compass, Altimeter, Internal Environment Monitoring Sensors
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://subjugator.org/



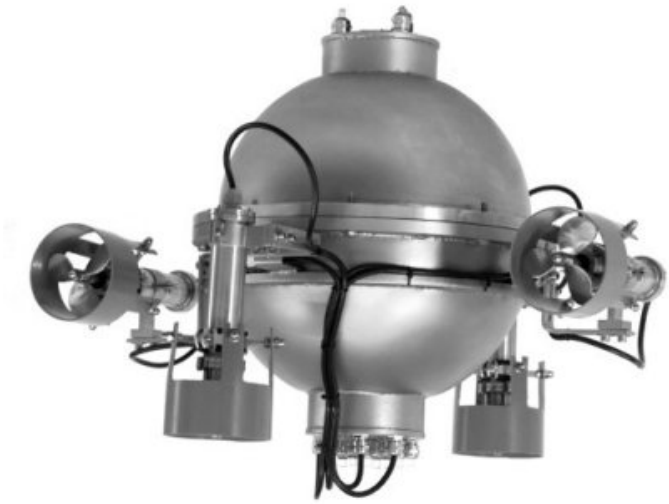
Εικόνα Α.36
SubjuGator 2007, Machine Intelligence Laboratory (MIL)

Όνομα: Tortoise-II
Κατασκευαστής: University of Toronto
Κινητήρες: 6 x SeaBotix thrusters
Αισθητήρες: Passive Sonar System, Compass, Depth Sensor, Cameras
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://mda.sa.utoronto.ca/index.php



Εικόνα Α.37
Tortoise-II, University of Toronto

Όνομα: Uris
Κατασκευαστής: University of Girona
Διαστάσεις: sphere radius 35 cm
Κινητήρες: 4 x thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 30 m
Βάρος: 35 kg
Αισθητήρες: Magnetic Compass (Yaw), Pressure Sensor (z), Vision System (RGB+laser), Down-looking Camera, Speed Sensor, DGPS, Water and battery Charge Detection
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://eia.udg.es/~pere/uris/uris_auv.htm



Εικόνα Α.38
Uris, University of Girona

Όνομα: V.a.r.u.n.
Κατασκευαστής: Delhi College of Engineering
Κινητήρες: 4 x SBT150 thrusters
Βάθος Κατάδυσης: 100 m
Αισθητήρες: 3 Hydrophones, Pressure Transducer, an Inertial Measurement Unit for global orientation
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.auv.dce.edu/

Εικόνα Α.39
V.a.r.u.n., Delhi College of Engineering

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Αισθητήρες και ηλεκτρονικά μέρη για AUV's

Παρακάτω ακολουθεί συστηματική καταγραφή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και αισθητήριων εμπορικών μοντέλων, αποτέλεσμα της βιβλιογραφικής και διαδικτυακής έρευνας αγοράς που πραγματοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της εργασίας. Κριτήριο της έρευνας είναι το μικρό μέγεθος, η μικρή κατανάλωση και η μεγάλη αυτονομία των εξαρτημάτων που περιγράφονται. Τα εξαρτήματα που επιλέχθηκαν και σχεδιάσθηκαν με το πρόγραμμα pro-engineer για τις ανάγκες του mondo generator AUV φέρουν το σύμβολο (*) δεξιά του μοντέλου τους.

Β.1 Αισθητήρες πίεσης και θερμοκρασίας

Είδος: Pressure & Temperature Sensor
Κατασκευαστής: Aquatec Group
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 3.6V Lithium ‘AA’ Cell Battery
Είσοδοι / Έξοδοι: USB 1.1, bus powered
Μέγεθος: 200 mm x 32 mm
Βάρος: 190 g in air, 41 g in water
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 1000 m
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **http://www.aquatecgroup.com/aqualogger520.html**

Εικόνα Β.1
Pressure & Temperature Sensor

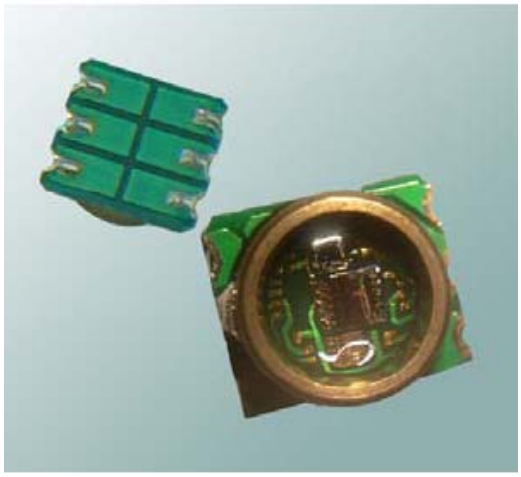
Είδος: Pressure Sensor
Κατασκευαστής: Global Water Instrumentation, Inc.
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 10-36VDC
Είσοδοι / Έξοδοι: two-wire 4-20 mA output signal across 125 ohm resistor
Μέγεθος: 20 mm x 140 mm
Βάρος: 115g
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 0 to 50°C submerged
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://globalw.com/products/levelsensor.html

Εικόνα Β.2
Pressure Sensor

Είδος: Pressure-Temperature Sensor Transmitter *
Κατασκευαστής: Instrumentation Northwest, Inc.
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 2 AA batteries
Είσοδοι / Έξοδοι: Communication kit (RS485/RS232 adapter), Interface cable, Aqua4Plus Software Media Kit)
Μέγεθος: 107.5 x 8,40 mm
Βάρος: 360 gr
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: -5° C to 70° C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.inwusa.com/pt2x.htm

Εικόνα Β.3
Pressure-Temperature Sensor Transmitter

Είδος: Pressure Sensor
Κατασκευαστής: Hope Microelectronics co.
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 5 Volts @1,5 mA
Μέγεθος: 6.3 x 6.9 mm
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 40°C to +125 °C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **http://www.hoperf.com/pro/HSG_module.html**



Εικόνα Β.4
Pressure Sensor

Β.2 Γυροσκοπικές ηλεκτρονικές πυξίδες και μονάδες μέτρησης της αδράνειας

Είδος: Gyro Electronic Compass
Κατασκευαστής: Maretron LLP
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 9 to 16 Volts, <150mA
Είσοδοι / Έξοδοι: network standard and compatible with the NMEA 0183 digital interface standard
Μέγεθος: 113mm x 82.042mm x 54.356mm
Βάρος: 198gr
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: -25°C to 55°C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.nauticexpo.com/prod/maretron/gyroscopic-compass-25544-122861.html

Εικόνα Β.5
Gyro Electronic Compass

Είδος: Inertial Measurement Unit
Κατασκευαστής: Race Technology Ltd.
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 12V nominal input, current consumption approx 50mA
Είσοδοι / Έξοδοι: DL1, AX22, or DL2, RS232, 115.2 kbaud
Μέγεθος: 89 x 64 x 30mm (LWH)
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: -20°C to 70°C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **http://www.race-technology.com/imu06_3_155.html**

Εικόνα Β.6
Inertial Measurement Unit

Είδος: Inertial Measurement Unit and Vertical Gyro *
Κατασκευαστής: MicroStrain®
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 5.2 to 9.0 volts, 90 mA
Είσοδοι / Έξοδοι: RS232, RS422, USB 2.0 and wireless
Μέγεθος: 41 mm x 63 mm x 24 mm
Βάρος: 39 grams with enclosure
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 70 m
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **http://www.microstrain.com/inertia-link.aspx**

Εικόνα Β.7
Inertial Measurement Unit and Vertical Gyro

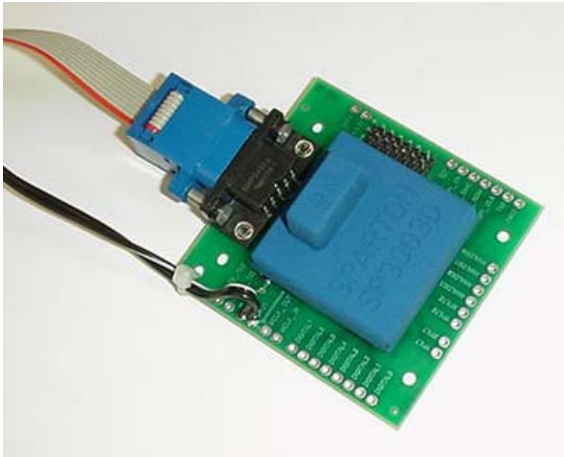
Είδος: Electronic Compass Module
Κατασκευαστής: Digi-Key Corporation
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: less than 35 mA, allowing for long operation with a battery
Είσοδοι / Έξοδοι: external host via RS-232 or RS-485 electrical standard through simple ASCII character strings
Μέγεθος: 30.48mm x 74.93 mm
Βάρος: 92g
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: -20 to 70 ° C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://parts.digikey.com/1/parts/948019-module-dig-compass-w-case-rs232-hmr3000-d21-232.html

Εικόνα Β.8
Electronic Compass Module

Είδος: Inertial Measurement Unit
Κατασκευαστής: MicroStrain®
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 5.2 VDC minimum, 12 VDC maximum @ 65 mA
Είσοδοι / Έξοδοι: 4 channel, serial RS-232 & RS-485
Μέγεθος: 64 mm x 90 mm x 25 mm
Βάρος: 75 grams
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: -40˚ to +70˚
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **http://www.microstrain.com/3dm-gx1.aspx**

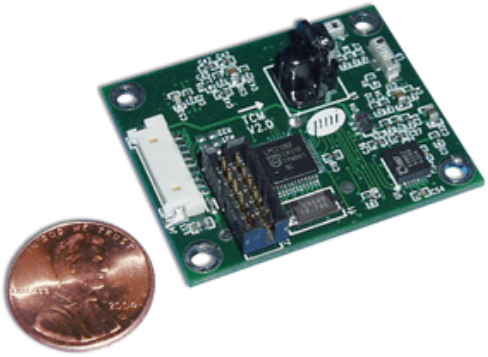
Εικόνα Β.9
Inertial Measurement Unit

Είδος: Digital Compass
Κατασκευαστής: Sparton Electronics
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 3.3V @ 11 mA
Είσοδοι / Έξοδοι: Bi-directional RS232 and SPI Interfaces
Μέγεθος: 39 x 39 x 19 mm
Βάρος: 30 gr
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: -40°C to 85°C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.thedigitalcompass.com/



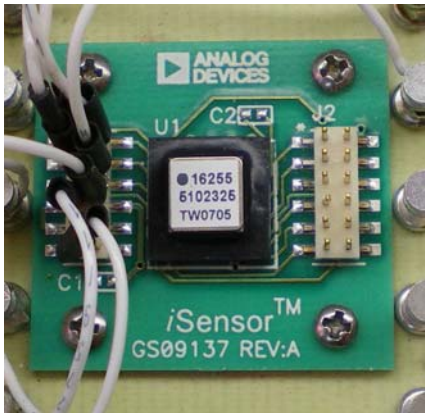
Εικόνα Β.10
Digital Compass

Είδος: 3-axis tilt Compass Module
Κατασκευαστής: PNI Corp
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: +3.6 to 5 VDC @ 20 mA
Είσοδοι / Έξοδοι: standard RS-232 serial interface
Μέγεθος: 35 x 43 x 13 mm
Βάρος: 12 gr
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: -40° to +85° C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.pnicorp.com/productDetail?nodeId=cTCM5



Εικόνα Β.11
3-axis tilt Compass Module

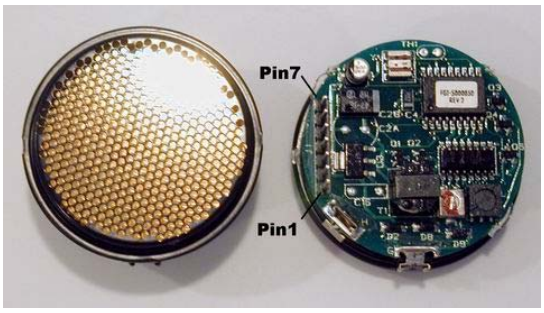
Είδος: Gyroscope
Κατασκευαστής: Analog Devices, Inc
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: : 4.75 to 5.25 @ 18mA
Είσοδοι / Έξοδοι: 4-bit digital gyroscope sensor outputs, 12-bit digital temperature sensor output
Μέγεθος: 11.1 mm x 11.1mm
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: -40 to 85
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.analog.com/en/prod/0,,764_801_ADIS16255,00.html



Εικόνα Β.12
Gyroscope

Β.3 Σόναρ και υδρόφωνα

Είδος: Sonar Sensor
Κατασκευαστής: Commerce Rd
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 8-16VDC
Είσοδοι / Έξοδοι: Two (2) adjustable NPN open collector outputs, One (1) 0-5 VDC 10-bit analog output with fully independent zero and span adjustments over entire operating range
Μέγεθος: 43,8mm (d) x 24.3mm
Βάρος: 18gr
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 5.8 meters
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://hubbard.engr.scu.edu/embedded/sonamini/index.html



Εικόνα Β.13
Sonar Sensor

Είδος: Sonar
Κατασκευαστής: Tritech International Limited
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 12, 24, 48 VDC @ 6 VA
Είσοδοι / Έξοδοι: Opto isolated RS 485 (twisted pair), RS 232 (via modem up to 115kb/s)
Μέγεθος: 180mm x 88mm x 76mm
Βάρος: 1.1 kilograms
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 1000 metres / -20°C to +50°C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.tritech.co.uk/products/products-miniking.htm

Εικόνα Β.14
Sonar Sensor

Είδος: Ultra Compact CHIRP Digital Sonar *
Κατασκευαστής: Tritech International Limited
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 12V - 50V @ 2.5 VA
Είσοδοι / Έξοδοι: RS 485 (twisted pair), RS 232 (via modem up to 115kb/s)
Μέγεθος: 78.5mm x 56mm
Βάρος: 324g
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 750m, -20°C to +50°C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **http://www.tritech.co.uk/products/products-micron_sonar.htm**

Εικόνα Β.15
Ultra Compact CHIRP Digital Sonar

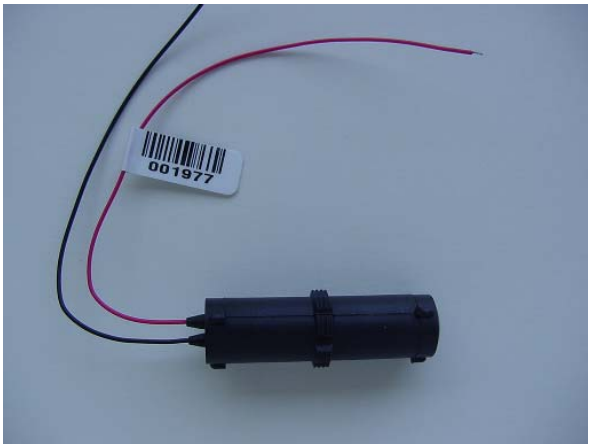
Είδος: Ultra-Miniature Scanning Sonar
Κατασκευαστής: Roper Resources Ltd
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 22 – 30 VDC at less than 2.5 Watts
Είσοδοι / Έξοδοι: RS-485 @ 115.2 kbps (RS-232 optional)
Μέγεθος: 72mm x 52mm
Βάρος: 316 g
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 300 m
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **http://www.roperresources.com/sonar/852-scanning-sonar.htm**

Εικόνα Β.16
Ultra-Miniature Scanning Sonar

Είδος: Miniature Reference Hydrophone *
Κατασκευαστής: : RESON Group
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 3.4nF
Είσοδοι / Έξοδοι: : RS232
Μέγεθος: 63mm x 7mm
Βάρος: 75g
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: : 700m / -2°C to +80°C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.reson.com/sw240.asp?sType=Accessory&sModel=TC4013

Εικόνα Β.17
Miniature Reference Hydrophone

Είδος: AQ-2000 Hydrophone
Κατασκευαστής: Teledyne Benthos
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 8.9V
Είσοδοι / Έξοδοι: Small single or 2-channel, multi-element streamer (MESH) arrays
Μέγεθος: 46x 165 mm
Βάρος: 14.0g
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 2000m
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.benthos.com/undersea-hydrophones-microphones-cartridges.asp



Εικόνα Β.18
AQ-2000 Hydrophone

Είδος: Tritech Micron Echo Sounder DST (Digital Sonar Technology)
Κατασκευαστής: Tritech International Limited
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 12V to 50VDC @ 3.5 VA
Είσοδοι / Έξοδοι: RS485
Μέγεθος: 56mm x 59mm
Βάρος: 200 grams
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 500m
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.tritech.co.uk/products/products-micron-echosounder.htm

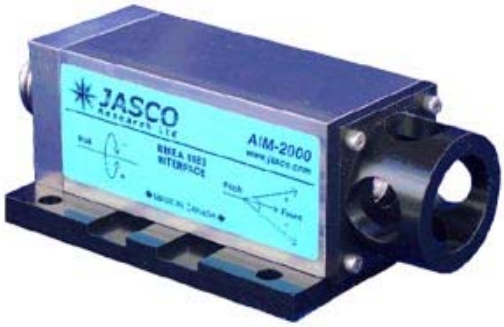
Εικόνα Β.19
Tritech Micron
Echo Sounder DST
(Digital Sonar Technology)

Β.4 Σύνθετοι αισθητήρες

Είδος: Attitude and Heading Reference System
Κατασκευαστής: Watson Industries
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 10 to 30VDC
Είσοδοι / Έξοδοι: 12 bit D/A converter and an RS-232 interface
Μέγεθος: 82 x 147 x 60 mm
Βάρος: 0.6Kg
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: -55°C to +85°C
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.watson-gyro.com/products/attitude_reference_AHRS-S305_spec.html

Εικόνα Β.20
Attitude and Heading Reference System

Είδος: 2D Heading, Pitch and Roll Measurement, Temperature and Depth Measurement
Κατασκευαστής: Roper Resources Ltd
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 12-24 VDC, 170mA
Είσοδοι / Έξοδοι: 2-Wire Half-Duplex Bi-directional RS-485, RS-232C Serial via Surface Control Box
Μέγεθος: 48mm x 48mm x 121mm)
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 2,000 meters, -40º to 85º
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **http://www.roperresources.com/auv/aim-2000.htm**



Εικόνα Β.21
2D Heading, Pitch and Roll Measurement, Temperature and Depth Measurement

Β.5 Κινητήρες και motor drivers και servo motor

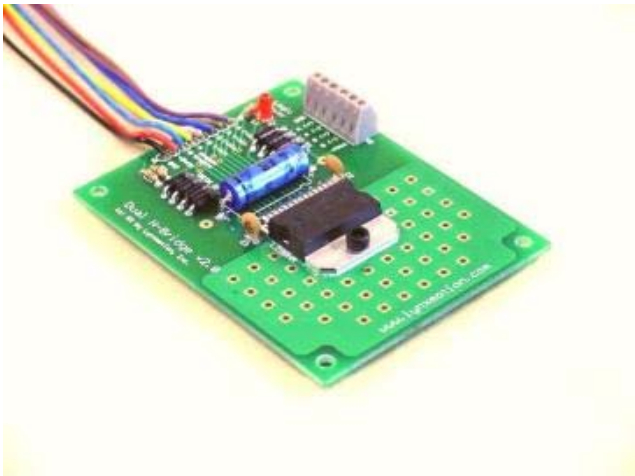
Είδος: AUV/ROV Thruster *
Κατασκευαστής: SeaBotix, Inc.
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 80 watts continual
Είσοδοι / Έξοδοι: 1m (39in) whip with 2 wire end, 2 pin male/female Subconn wet mateable connector
Μέγεθος: 173mm x 95mm x 90mm
Βάρος: 700g / 350g
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 50 meters
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.seabotix.com/products/btd150.htm

Εικόνα Β.22
AUV/ROV Thruster

Είδος: PID Servo Motor Controller *
Κατασκευαστής: Gamoto Inc
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: minimum motor supply voltage of 12V, and a maximum of 55VDC
Είσοδοι / Έξοδοι: Serial port, at 9600, 19200 or 115200 baud, RS-232 converter
Μέγεθος: 62.23mm x 44.57mm
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.gamatronix.com/product_info.php/manufacturers_id/10/products_id/28

Εικόνα Β.23
PID Servo
Motor Controller

Είδος: Dual H-Bridge Ver 2.0
Κατασκευαστής: Lynxmotion, Inc
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 36mA
Είσοδοι / Έξοδοι: dual Channel, TTL Input ,plugs into the I/Oheader posts of most microcontrollers
Μέγεθος: 58,42 x 76,2 mm
Βάρος: 0.054 kg
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.lynxmotion.com/Product.aspx?productID=92&CategoryID=10



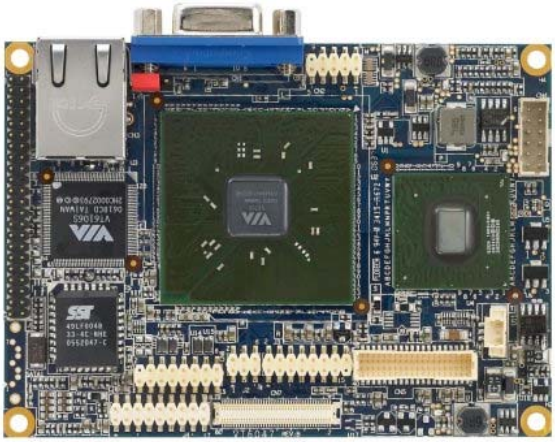
Εικόνα Β.24
Dual H-Bridge

Είδος: High Torque Servo *
Κατασκευαστής: Hitec RCD USA, LLC.
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: :4.8V TO 6.0V
Είσοδοι / Έξοδοι: GOLD PLATED CONNECTOR
Μέγεθος: 32.40 x 16.80 x 30.80mm
Βάρος: 32g
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.hitecrcd.com/servos/show?name=HS-5245MG

Εικόνα Β.25
High Torque Servo

B.6 Motherboard και daughterboard

Είδος: VIA EPIA PX-Series Pico ITX MotherBoard *
Κατασκευαστής: VIA Technologies, Inc
Είσοδοι / Έξοδοι: 1 x USB connector for 4 USB 2.0 ports, 1 x COM port connector,1 x PS2 mouse/keyboard connector, 1 x LVDS/DVI pin connector, for 18/24-bit dual channel LVDS panel (if without using DVI), 1 x Multimedia connector to support external TV-out interface, video capture port interface and low pin count interface (an add-on card is required), 1 x Audio connector for Line-in, Mic-in, S/PDIF in, and 5.1 channels audio output, 1 x Fan connector for CPU fan, 1 x Pico-ITX power connector, 1 x RJ-45 LAN port, 1 x VGA port
Μέγεθος: 100 x 72 x 5 mm
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.via.com.tw/en/products/mainboards/motherboards.jsp?motherboard_id=472

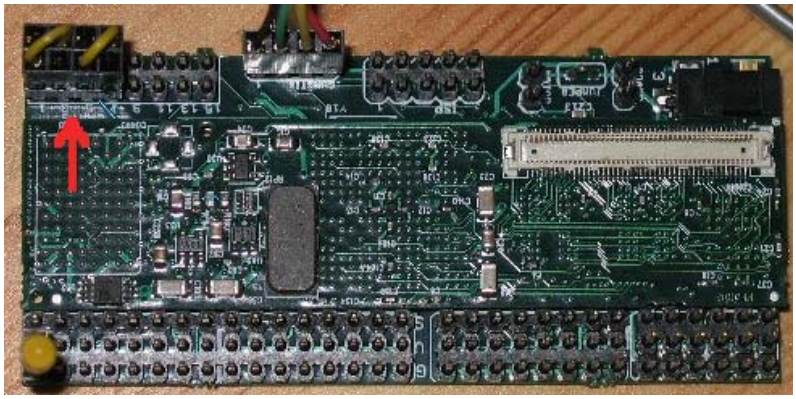


Εικόνα Β.26
Pico ITX MotherBoard

Είδος: OOPic-R Daughterboard *
Κατασκευαστής: Savage Innovations
Είσοδοι / Έξοδοι: RS-232, 6 servo connections, 2-PWM connection, a speaker, 3 L.E.D.s, 3 push buttons and more
Μέγεθος: 58,42 x 76,2 mm
Βάρος: 0.022675 kg
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.savageinnovations.com/component/page,shop.browse/category_id,1/option,com_virtuemart/Itemid,1/

Εικόνα Β.27
OOPic-R Daughterboard

Είδος: Robostix ATmega128 self-programming Flash Program Memory *
Κατασκευαστής: Atmel Corporation
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 2.7-5.5 V
Είσοδοι / Έξοδοι: 10-bit A/D Channels
Μέγεθος: 15.75x15.75mm
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:http://gumstix.com/store/catalog/product_info.php?products_id=139



Εικόνα Β.28
Robostix ATmega128

Είδος: Gumstix Basix 400xm *
Κατασκευαστής: Gumstix Inc
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 4.5 or 5V
Είσοδοι / Έξοδοι: LCD controller, two RS232 serial ports, a USB 1.1
Μέγεθος: 80 x 20 x 6.3 mm
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.linuxdevices.com/news/NS9351416325.html

Εικόνα Β.29
Gumstix Basix

Β.7 Λοιπά ηλεκτρονικά μέρη

Είδος: Analog and Digital I/O modules *
Κατασκευαστής: Sheldon Instruments Inc
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 14 Watts typical with maximum configuration:+12Vdc@0.55A, -12Vdc@0.5A
Είσοδοι / Έξοδοι: 64SE/32DE Analog Inputs, 16 Analog Outputs, 32 digital I/O lines
Μέγεθος: 93,98mm x 93.98mm
Βάρος: 85 grams
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **http://www.sheldoninst.com/hw/io/index.html**

Εικόνα Β.30
Analog and Digital I/O module

Είδος: 64/80-Pin, 1-Mbit, Enhanced Flash Microcontrollers with 10-bit A/D and nanoWatt Technology
Κατασκευαστής: Microchip Technology Inc
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: up to 40 MHz
Είσοδοι / Έξοδοι: Analog-Digital converter, Digital-Analog converter, RS232 communication ports, and PWM terminal
Μέγεθος: 50mm x 50 mm
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: -40 to 85
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1335&dDocName=en010327

Εικόνα Β.31
Enhanced Flash Microcontrollers

Είδος: Isolated RS-232 to RS-422/485 Converter *
Κατασκευαστής: BWI Inc
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 9 – 30V, 350 mA
Είσοδοι / Έξοδοι: DB9 cable, 110V Power Adaptor
Μέγεθος: 90 x 60 x 21 mm (W x D x H)
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.bwi.com/prodroot/5661

Εικόνα Β.32
Isolated RS-232 to RS-422/485 Converter

Β.8 Φώτα LED

Είδος: LED Lamp warmwhite
Κατασκευαστής: Dotlight Küppers und Lanzrath GbR
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 1,3 Watt
Μέγεθος: 51 mm x 59mm
Βάρος: 61 gr
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: ~ +25
Ηλεκτρονική Διεύθυνση
http://www.dotlight.de/shop/product_info.php/cPath/203_212_320/products_id/1066?osCsid=5d9d1318caeafcdae360c552a857a665

Εικόνα Β.33
LED Lamp warm white

Είδος: Tritech LEDlite ultra-durable light *
Κατασκευαστής: Tritech International Limited
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 12V-48V 600mA maximum
Μέγεθος: 119mm x 40mm
Βάρος: 410g
Μέγιστο Βάθος / Θερμοκρασία Λειτουργίας: 3000m
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.tritechinternational.com/products/products-ledlite.htm

Εικόνα Β.34
Tritech LEDlite

Β.9 Κάμερες

Είδος: Asus MF-200 Brightcam *
Κατασκευαστής: Asus
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: USB 2.0 με μήκος καλωδίου 1,5 μέτρου
Είσοδοι / Έξοδοι: USB 2.0
Βάρος: 135 γραμμάρια
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: **www.e-shop.gr**

Εικόνα Β.35
Asus MF-200 Brightcam

Είδος: CAM Notebook Pro
Κατασκευαστής: Creative
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: USB
Είσοδοι / Έξοδοι: USB
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: www.e-shop.gr

Εικόνα Β.36
CAM Notebook Pro

Είδος: WebCam
Κατασκευαστής: Crypto
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: USB 2.0
Είσοδοι / Έξοδοι: USB 2.0
Μέγεθος: 5.4x9.2x5 cm
Βάρος: 60gr
Ηλεκτρονική Διεύθυνση: www.e-shop.gr

Εικόνα Β.37
WebCam

Β.10 Μπαταρίες

Είδος: FLIGHTPOWER EVO25-2170 2S *
Κατασκευαστής: FLIGHTPOWER
Τάση Λειτουργίας και κατανάλωση: 7.4V 25C 54A CONTINUOUS, 50C 108 AMP
Μέγεθος: 111 x 33.7 x 16.9 mm
Βάρος: 119 grams
Ηλεκτρονική Διεύθυνση:
http://www.flightpower.co.uk/index.asp?currency=EUR&page=Products/index.asp^currency=EUR

Εικόνα Β.38
FLIGHTPOWER EVO25-2170 2S

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Μηχανολογικά σχέδια