

Δίας - Zeus

www.savage.gr



Σχεδιασμός και Υλοποίηση Ρομποτικής Πλατφόρμας Χαμηλού Κόστους Για Την Υποστήριξη Γεωργικών Πρακτικών

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και
Αγροτικού Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα: *Αυτοματισμοί
στις Αρδεύσεις, τις Γεωργικές Κατασκευές
και στην Εκμηχάνιση της Γεωργίας*

Τρέσσος Δ. Κωνσταντίνος
Πτυχιακή Εργασία 10/2011



Κατεβάστε μια εφαρμογή στο κινητό σας συμβατή με QR Code. Επιλέξτε την σχετική εφαρμογή που έχετε στο κινητό σας και γυρίστε την κάμερα προς το QR κώδικα

Σχεδιασμός και Υλοποίηση Ρομποτικής Πλατφόρμας Χαμηλού Κόστους Για Την Υποστήριξη Γεωργικών Πρακτικών

Zeus (Δίας)
S.A.V.A.G.E. - *Supportive Autonomous Vehicle for Agriculture*
www.savage.gr
info@savage.gr

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος
www.agr.uth.gr

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα: *Αυτοματισμοί στις Αρδεύσεις, τις Γεωργικές Κατασκευές και στην Εκμηχάνιση της Γεωργίας*

Τρέσσος Δ. Κωνσταντίνος
Μηχανικός Αυτοματισμού
kostastressos@gmail.com

Copyright © 2011 Τρέσσος Δ. Κωνσταντίνος

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μία αυξανόμενη τάση στην μελέτη και στην κατασκευή αυτοκινούμενων οχημάτων, με σκοπό τη διαχείριση μεμονωμένων φυτών, κυρίως σε καλλιέργειες μεγάλης αξίας. Ουσιαστικό ρόλο σε μια τέτοια διαχείριση αναμένεται να παίξουν αυτόνομα οχήματα που θα μειώσουν το κόστος εργασίας. Προς την κατεύθυνση αυτή αναπτύχθηκε η αυτόνομη πλατφόρμα “Δίας” (Supportive Autonomous Vehicle for Agriculture - SAVAGE) η οποία στηρίζεται στο χαμηλό κατασκευαστικό κόστος προσανατολισμένο στις ανάγκες της ελληνικής γεωργίας. Η ρομποτική πλατφόρμα βασίζεται στην κατασκευή μιας εύρωστης μηχανικής βάσης σε συνδυασμό με ένα σύστημα ελέγχου των επιμέρους ηλεκτρομηχανικών ενεργοποιητών καθώς και των αισθητηρίων μονάδων. Προκαταρκτικές δοκιμές με μεμονωμένους τροχούς έδειξαν τις δυνατότητες του συστήματος.

Λέξεις κλειδιά:

Αυτόνομο όχημα, ρομποτική, εφαρμογές στη γεωργία, RTK-GPS

ABSTRACT

Over the last years there is a trend into the study of autonomous vehicles to manage individual plants, mainly of high value crops. An autonomous platform, names “Zeus” (Supportive Autonomous Vehicle for Agriculture - SAVAGE) developed, which is based on low cost, fit into the Greek conditions in agriculture. The robotic platform is based on a robust structure in combination with a control system and a set of sensors. Initial testing of the work of individual wheels showed the ability to control the platform through software.

Key words:

Autonomous vehicle, robotics, applications in agriculture, RDK-GPS

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου, κ. Θεοφάνη Γέμτο, κ. Σπύρο Φουντά και τον κ. Simon Blackmore, για την πολύτιμη καθοδήγηση και υποστήριξη που μου προσέφεραν στην προσπάθειά μου να αναπτύξουμε ένα πρόβλημα πραγματικού δυναμικού ελέγχου. Τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό πεδίο οι συμβουλές τους απέτρεψαν την παρέκκλιση μας από τον τελικό στόχο.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τον φίλο μου Γιάννη Ανδρέου για την πολύτιμη συνεισφορά του στο αρχικό στάδιο της εργασίας, τον επίσης φίλο μου Μπάμπη Μπουρμπούλη για την βοήθεια του στην κατασκευή της πλατφόρμας και τον συνάδελφο μου Γιάννη Νερούτσο για την βοήθεια του κατά την διάρκεια των δοκιμών στον χώρο του Πανεπιστημίου.

Να μην ξεχάσω τον αδελφό μου Γιάννη Τρέσσο για την βοήθεια του στον σχεδιασμό των μηχανολογικών τμημάτων στο AutoCad.

Ευχαριστώ επίσης τους συναδέλφους και την εταιρεία, Σταύρος Κασιδιδιάρης Α.Ε., στην οποία εργαζόμουν και εργάζομαι για την βοήθεια και τον εξοπλισμό που μου πρόσφεραν κατά την διάρκεια των δοκιμών καθώς επίσης και για την υπομονή τους κατά την διάρκεια των σπουδών μου στο μεταπτυχιακό.

Τελευταίους στο χαρτί μα όχι στην καρδιά μου θέλω να ευχαριστήσω την Κατερίνα Αποστολίδη, τον Δημήτρη Παράφορο, τον Δημήτρη Λαλανίτη, τον Αχιλλέα Ντελή, τον Gonzalo Rodriguez Mir και όσους παράλειψα, όχι εσκεμμένα, για την μικρή ή μεγάλη συμβολή τους στην υλοποίηση αυτής της εργασίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στόχος της εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας ρομποτικής πλατφόρμας γενικής χρήσης βασισμένη σε ανοιχτή αρχιτεκτονική έτσι ώστε να είναι εύκολη η ενσωμάτωση εξειδικευμένων υποσυστημάτων για την ολοκλήρωση γεωργικών εργασιών κυρίως κατά το πρώτο 60% της καλλιεργητικής περιόδου. Το σύστημα έχει σχεδιασθεί έτσι ώστε να μπορεί να μεταφέρει περίπου 40Kg πρόσθετου φορτίου χωρίς μεγάλη απώλεια στην απόδοσή του ή υπερβολική αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Η ενεργειακή απόδοση του συστήματος είναι ένας τομέας ο οποίος πρέπει να διερευνηθεί διεξοδικά στο μέλλον. Η χρήση του συστήματος μεταφέρει την γεωργική φροντίδα σε επίπεδο φυτού σε πλήρη συμφωνία με τις επιταγές των μεθόδων της γεωργίας ακριβείας και της φυτοτεχνολογίας.

ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ - ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΕΙΣ

1. Αντικατάσταση του γραμμικού σταθεροποιητή 7805 με switch-mode μετατροπέα DC/DC σε όλα τα LegBoard (IC5, βλέπε παράγραφο 3.2.2) και RS485/RS232 (IC4, βλέπε 3.2.1). Με αυτό τον τρόπο θα έχουμε αύξηση της απόδοσης του μετατροπέα από 40% σε 80%, που σημαίνει μικρότερες απώλειες ενέργειας.
2. Αλλαγή της τυπολογίας δικτύου RS485 από αστέρα σε σειριακό. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του θορύβου στο δίκτυο ο οποίος προκαλεί αρκετά σφάλματα στην μετάδοση δεδομένων σύμφωνα με τις εργαστηριακές δοκιμές.
3. Άμεση απενεργοποίηση των DC drive σε περίπτωση απώλειας βοηθητικής τάσης. Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να παρουσιαστεί συνεχής λειτουργία ενός κινητήρα ενώ δεν υπάρχει βοηθητική τροφοδοσία. Θέμα ασφάλειας.
4. Προσθήκη αρθρωτού συνδέσμου πλήμνης για μείωση φθοράς μειωτήρων που παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια των δοκιμών.
5. Μετατροπή του δικτύου RS485 σε Ethernet (χρειάζεται μετατροπή του κυκλώματος του LegBoard). Το δίκτυο Ethernet είναι πλέον το standard στα βιομηχανικά δίκτυα. Προσφέρει απευθείας σύνδεση με τον κεντρικό υπολογιστή επιτρέποντας ταχύτερη επικοινωνία με τα LegBoard και μηδενισμό των σφαλμάτων στην μετάδοση δεδομένων.
6. Ανακατασκευή των τυπωμένων κυκλωμάτων με τις τελευταίες διορθώσεις. Στις τελευταίες εκδόσεις των τυπωμένων κυκλωμάτων έχουν γίνει μερικές προσθήκες και διορθώσεις.
7. Διαχωρισμός αισθητήρων υπέρηχων από τα LegBoard. Δημιουργία ανεξάρτητου δικτύου για την συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες υπέρηχων. Η σύνδεση με τον κεντρικό υπολογιστή

μπορεί να γίνει μέσω δικτύου RS485, Ethernet, RS232 ή I²C. Για τα δίκτυα RS485, Ethernet θα χρειαστεί μετατροπέας ενώ τα δίκτυα RS232 ή I²C υποστηρίζονται εγγενώς από τους αισθητήρες.

8. Δημιουργία προγράμματος εξομοίωσης της επικοινωνίας με τα LegBoard. Αυτό θα διευκολύνει την κατασκευή λογισμικού ελέγχου.
9. Ανάπτυξη περαιτέρω περιφερειακών συστημάτων π.χ. σύστημα εντοπισμού ζιζανίων και καταστροφής αυτών.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract	6
Ευχαριστίες.....	7
Συμπεράσματα	8
Βελτιώσεις - Αναβαθμίσεις	8
Περιεχόμενα.....	10
Κατάλογος Εικόνων	13
Κατάλογος Πινάκων.....	14
1 Εισαγωγή	15
1.1 Μηχανολογική Κατασκευή	17
1.2 Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός	17
1.3 Ισχυοδότηση	18
1.4 Δοκιμή Του Συστήματος	18
2 Δομή Συστήματος	19
2.1 Μέθοδος Πρόσφυσης.....	19
2.2 Μέθοδος Οδήγησης	20
2.3 Διαστάσεις.....	23
2.4 Μετάδοση Κίνησης.....	24
2.4.1 Σύστημα Κύλισης.....	24
2.4.2 Σύστημα Διεύθυνσης.....	27
2.5 Αρχιτεκτονική	29
2.6 Ισχυοδότηση	32
2.7 Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός	33
2.7.1 Κεντρικός Υπολογιστής.....	33
2.7.2 LegBoard.....	34
2.7.2.1 Αρχιτεκτονική	35
2.7.2.2 Αισθητήρες	36
2.7.2.3 Οδήγηση Κινητήρων.....	37
2.7.3 Περιφερειακά.....	38
2.7.3.1 GPS.....	38
2.7.3.2 Πυξίδα.....	40
2.7.3.3 Υπέρηχοι	41
2.7.3.4 Κάμερα.....	44
2.8 Δίκτυο Επικοινωνίας.....	44

2.8.1	Πρωτόκολλο Επικοινωνίας.....	47
2.8.1.1	Σύντομη Περιγραφή Πρωτοκόλλου NMEA 0183	47
2.8.1.2	Εισαγωγή	48
2.8.1.3	Δομή Μηνυμάτων	48
2.8.1.4	Σύνοψη Μηνυμάτων	49
2.8.1.5	Ακολουθία Μηνυμάτων	51
2.8.1.6	Περιγραφή Μηνυμάτων.....	52
2.8.1.7	Μήνυμα SMCD	59
2.8.1.8	Τεχνικά χαρακτηριστικά διεπαφής	62
3	Σχεδίαση Ηλεκτρονικών	63
3.1	Διαχείριση Ενέργειας	63
3.1.1	Παροχή Ενέργειας	64
3.1.2	Επεξεργασία Τροφοδοσίας	65
3.1.2.1	Παλμοτροφοδικά	66
3.1.2.2	Σύστημα Αδιάλειπτης Παροχής Ενέργειας	67
3.1.3	Διανομή Ενέργειας	68
3.1.3.1	Επιτήρηση Τροφοδοσίας.....	68
3.1.3.2	Κύκλωμα Διανομής Ενέργειας	68
3.1.3.3	Χειρισμός Τροφοδοσίας.....	70
3.2	Μετατροπέας RS485	72
3.2.1	Κύκλωμα τροφοδοσίας	73
3.2.2	Κύκλωμα μετατροπέα	73
3.3	Κύκλωμα Ελέγχου (LegBoard).....	75
3.3.1	Κεντρική μονάδα επεξεργασίας.....	76
3.3.2	Κύκλωμα τροφοδοσίας	77
3.3.3	Κύκλωμα Επικοινωνίας	78
3.3.4	Κύκλωμα Εισόδων/Εξόδων	79
3.3.5	Διεπαφή Χρήστη.....	81
3.3.6	Δίκτυο Περιφερειακών I ² C	83
4	Λογισμικό	85
4.1	Λογισμικό LegBoard	85
4.1.1	Αρχιτεκτονική Λογισμικού	86
4.1.2	Συνοπτική Ροή Προγράμματος.....	88
4.1.3	Κατάσταση λειτουργίας	89
4.1.4	Παράμετροι LegBoard.....	90

4.1.5	Διεπαφή Χρήστη	92
4.2	Διαγνωστικό Λογισμικό	101
4.2.1	Εγκατάσταση-Απεγκατάσταση	101
4.2.2	Λειτουργίες Λογισμικού	102
5	Παράρτημα	111
	Βιβλιογραφία.....	111

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1 : Μέθοδοι Οδήγησης.....	20
Εικόνα 2.2 : Κριτήριο Άκερμαν.....	27
Εικόνα 2.3 : Αρχιτεκτονική Συστήματος.....	30
Εικόνα 2.4 : Συνδεσμολογία Κεντρικού Υπολογιστή.....	34
Εικόνα 2.5 : Αρχιτεκτονική LegBoard	35
Εικόνα 2.6 : Έξοδος αυξητικού αισθητήρα παλμών	36
Εικόνα 2.7 : Λεπτομερής ανάλυση τοποθέτηση αισθητήρων υπέρηχων.....	42
Εικόνα 2.8 : Συνολική κάλυψη αισθητήρων υπέρηχων (Πλάτος οχήματος 0.80m).....	43
Εικόνα 2.9 : Συνολική κάλυψη αισθητήρων υπέρηχων (Πλάτος οχήματος 1.20m).....	43
Εικόνα 2.10 : Τυπική διάταξη δικτύου EIA-485.....	45
Εικόνα 2.11 : Δομή μηνύματος NMEA	48
Εικόνα 2.12 : Επικοινωνία master-slave	51
Εικόνα 3.1 : Διανομή Ενέργειας	64
Εικόνα 3.2 : Διακύμανση τάσης μπαταριών	65
Εικόνα 3.3 : Παλμοτροφοδοτικό Συνεχούς Ρεύματος	66
Εικόνα 3.4 : Σύστημα Αδιάλειπτης Παροχή Ενέργειας	67
Εικόνα 3.5 : Power Distribution Board.....	69
Εικόνα 3.6 : Κύκλωμα Power Distribution Board.....	70
Εικόνα 3.7 : Συνδεσμολογία Χειριστηρίου Τροφοδοσίας.....	71
Εικόνα 3.8 : Μετατροπέας RS485	72
Εικόνα 3.9 : Κύκλωμα τροφοδοσίας Μετατροπέα RS485.....	73
Εικόνα 3.10 : Κύκλωμα μετατροπέα RS485	73
Εικόνα 3.11 : Τυπωμένο Κύκλωμα LegBoard.....	76
Εικόνα 3.12 : : Κύκλωμα μικροεπεξεργαστή LegBoard.....	77
Εικόνα 3.13 : Κύκλωμα τροφοδοσίας LegBoard	77
Εικόνα 3.14 : Κύκλωμα επικοινωνίας LegBoard	78
Εικόνα 3.15 : Κύκλωμα εισόδων/εξόδων LegBoard	80
Εικόνα 3.16 : Κύκλωμα Διεπαφή Χρήστη LegBoard	81
Εικόνα 3.17 : Τυπωμένο κύκλωμα Οθόνης LCD.....	83
Εικόνα 3.18 : Τυπικό δίκτυο I2C.....	84
Εικόνα 3.19 : Διάγραμμα χρονισμού I ² C δίαυλου.....	84
Εικόνα 4.1 : Αρχιτεκτονική λογισμικού LegBoard.....	86
Εικόνα 4.2 : Ροή προγράμματος LegBoard	88
Εικόνα 4.3 : Διακύμανση παραμέτρων ελεγκτή Fuzzy PID γωνίας.....	91
Εικόνα 4.4 : Διακύμανση παραμέτρων ελεγκτή Fuzzy PID ταχύτητας.....	92
Εικόνα 4.5 : Διάταξη μπουτόν οθόνης LegBoard	92
Εικόνα 4.6 : Κεντρικό παράθυρο SAVAGEcom.....	102

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1 : Πλεονεκτήματα Και Τα Μειονεκτήματα Των Μεθόδων Οδήγησης	21
Πίνακας 2.2 : Ανάλυση ισχύος.....	32
Πίνακας 2.3 : Ανάλυση καταναλώσεων	32
Πίνακας 2.4 : Χαρακτηριστικά EIA RS-485.....	45
Πίνακας 2.5 : Κατάλογος μηνυμάτων LegBoard.....	50
Πίνακας 2.6 : Κατάλογος μηνυμάτων LegBoard.....	50
Πίνακας 2.7 : Ακολουθία μηνυμάτων	52
Πίνακας 2.8 : Περιγραφή μηνυμάτων	52
Πίνακας 2.9 : Παράμετροι μηνυμάτων	55
Πίνακας 2.10 : Τύπος παραμέτρων	57
Πίνακας 2.11 : Κατάσταση κυκλώματος οδήγησης.....	57
Πίνακας 2.12 : Κατάσταση συστήματος.....	58
Πίνακας 2.13 : Κατάλογος μηνυμάτων SMCD.....	59
Πίνακας 2.14 : Παράμετροι μηνύματος SMCD	61
Πίνακας 2.15 : Ακολουθία μηνυμάτων SMCD.....	61
Πίνακας 2.16 : Τεχνικά χαρακτηριστικά διεπαφής	62
Πίνακας 3.1: Είσοδοι τροφοδοσίας.....	69
Πίνακας 3.2 : Έξοδοι τροφοδοσίας.....	69
Πίνακας 3.3 : Ενδεικτικά τροφοδοσίας	70
Πίνακας 3.4 : Χειριστήριο τροφοδοσίας	71
Πίνακας 3.5 : Συνδεσμολογία θύρας RS-232	74
Πίνακας 3.6 : Συνδεσμολογία θύρας RS-485	74
Πίνακας 3.7 : : Συνδεσμολογία ακροδεκτών RS-485.....	75
Πίνακας 3.8 : : Συνδεσμολογία θύρας ISP.....	75
Πίνακας 3.9 : Διακόπτης διευθυνσιοδότησης.....	79
Πίνακας 3.10 : Ενδεικτικά LED κατάστασης	81
Πίνακας 3.11 : Συνδεσμολογία οθόνης LCD.....	82
Πίνακας 4.1 : Παράμετροι LegBoard	90
Πίνακας 4.2 : Παράμετροι ελεγκτή Fuzzy PID γωνίας.....	91
Πίνακας 4.3 : Παράμετροι ελεγκτή Fuzzy PID ταχύτητας.....	92
Πίνακας 4.4 : Μπουτόν χειρισμού οθόνης.....	93
Πίνακας 4.5 : Δομή μενού οθόνης.....	93
Πίνακας 4.6 : Ενδεικτικά LED κατάστασης	101

1 Εισαγωγή



Η διεθνής πρακτική στην αντιμετώπιση των προβλημάτων της γεωργικής παραγωγής τείνει στην ενσωμάτωση ολοένα και περισσότερων τεχνολογιών αιχμής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον παραγωγό ως εργαλεία διαχείρισης των αγροκτημάτων του. Την μεγαλύτερη δυναμική προς την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών και κυρίως της αυτοματοποίησης των γεωργικών διεργασιών κατέχουν οι τεχνολογίες της τεχνητής νοημοσύνης και ρομποτικής. Και οι δύο τεχνολογίες έχουν διερευνηθεί εκτενέστερα και έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως σε βιομηχανικό περιβάλλον. Το βιομηχανικό περιβάλλον είναι σαφώς ευκολότερο από το γεωργικό καθώς πολλές εργασίες είναι στατικές αλλά και οι χώροι είναι συγκεκριμένοι σε διαστάσεις με ελάχιστες ανωμαλίες ενώ οι συνθήκες κλίματος είναι προβλέψιμες. Η χρήση όμως ευφυών συστημάτων στο ανοιχτό και σημαντικά “χαστικό” περιβάλλον ενός αγρού αποτελεί έναν από τους ακρογωνιαίους λίθους της διεξόδου των επιστημών της μηχανικής και της πληροφορικής στην καθημερινή γεωργική πράξη και στην καλύτερη διαχείριση του αγροκτήματος σε επιμέρους τμήματα και όχι σε καθολική διαχείριση. Αυτή η δυνατότητα



Το BigBud 747 έχει ιπποδύναμη 900HP και ζυγίζει περισσότερο από 45 τόνους



Το Hako του Πανεπιστημίου της Κοπεγχάγης



Το ACW του Πανεπιστημίου της Κοπεγχάγης



Ο δικτυακός τόπος του "Δία" www.savage.gr

στη διαχείριση μπορεί να γίνει πιο εξειδικευμένη παρεμβαίνοντας σε επίπεδο μεμονωμένων φυτών, κάτι που ονομάστηκε 'phytotechnology'¹

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μία αυξανόμενη τάση στην μελέτη και στην κατασκευή αυτοκινούμενων οχημάτων, με σκοπό αυτή την διαχείριση μεμονωμένων φυτών, κυρίως σε καλλιέργειες μεγάλης αξίας. Παράλληλα η ανάπτυξη αυτόνομων οχημάτων απαλλάσσει τη γεωργία από το υψηλό κόστος εργασίας. Το τελευταίο οδηγεί στη δημιουργία συνεχώς μεγαλύτερης δυναμικότητας μηχανημάτων (ιδιαίτερα συγκομιδής) που έχουν φτάσει στα όρια αντοχής του εδάφους. Ήδη ερευνητές σε πολλά μέρη αναφέρουν προβλήματα από συμπίεση του εδάφους από μηχανήματα με βάρος πάνω από 15 τόνους ανά άξονα².

Η ανάπτυξη μικρών αυτόνομων ελκυστήρων μπορεί να συμβάλλει ουσιαστικά στην αλλαγή καλλιεργητικών τεχνικών όπως η κατεργασία του εδάφους που δεν θα είναι απαραίτητη καθώς το έδαφος δεν θα συμπιέζεται. Η εκμηχάνιση μπορεί να γίνει σταδιακά με μικρές μονάδες και όχι με άλματα όπως είναι απαραίτητο με τους σημερινούς πολύ μεγάλους ελκυστήρες. Οι μικρές μονάδες θα δουλεύουν μέρα νύχτα χωρίς πρόβλημα και θα αυξάνουν την απόδοσή τους. Οι Blackmore et al. (2005) ανέπτυξαν επίσης μία μεθοδολογία για την ανάλυση των γεωργικών καλλιεργητικών δραστηριοτήτων σε μορφή που εύκολα θα μπορεί να προγραμματιστεί από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή³. Πολλές εφαρμογές αυτόνομων οχημάτων εμφανίζονται σε πολλές περιοχές της Ευρώπης και του κόσμου. Τέτοιου τύπου ερευνητικά αυτόνομα οχήματα είναι ACW (Autonomous Christmas Tree Weeder)⁴ του Πανεπιστημίου της Κοπεγχάγης, όπως και την πλατφόρμα API⁵ με κίνηση και στους τέσσερις τροχούς του Πανεπιστημίου τους Άρχους της Δανίας. Σημαντική έρευνα έχει αναπτυχθεί στην ανάπτυξη αλγορίθμων για κατεύθυνση των αυτόνομων οχημάτων στο χωράφι^{6/7/8}.

Στο εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας γίνεται μια προσπάθεια ανάπτυξης μιας πλατφόρμας που να μπορεί να κινείται στο χωράφι καθοδηγούμενη από ένα RTK-GPS. Στόχος είναι η δημιουργία μιας φτηνής κατασκευής που θα αποτελέσει βάση για δοκιμές διαφόρων αλγορίθμων αλλά και αισθητήρων στο χωράφι και να αποτελεί βασικό εργαλείο έρευνας για μελλοντικές εφαρμογές.

Η υπό ανάπτυξη πλατφόρμα αρχικά ονομάστηκε SAVAGE (Supportive Autonomous Vehicle for Agriculture). Στην συνέχεια αποφασίστηκε η χρήση του ονόματος "Δίας" ("Zeus" στα Αγγλικά). Αυτός είναι και λόγος που σε πολλά σημεία (Φωτογραφίες, κείμενα, λογισμικό, διαδίκτυο) θα υπάρχει αναφορά με το όνομα SAVAGE. Η κατασκευή και η λειτουργία της στηρίζεται στην πλατφόρμα API και αναφέρεται στην προσπάθεια υλοποίησης ενός πλήρως αυτόνομου, αλλά χαμηλού κατασκευαστικού κόστους ρομποτικού οχήματος γενικού σκοπού προσανατολισμένο στις ανάγκες της ελληνικής γεωργίας. Η ρομποτική πλατφόρμα βασίζεται στην κατασκευή μιας εύρωστης μηχανικής βάσης σε συνδυασμό με ένα

σύστημα ελέγχου των επιμέρους ηλεκτρομηχανικών ενεργοποιητών καθώς και των αισθητηρίων μονάδων. Η φιλοσοφία του συστήματος είναι η διατήρηση του κόστους παραγωγής σε όσο το δυνατόν χαμηλά επίπεδα, χωρίς όμως υποχώρηση στην απόδοση και την ευελιξία του συστήματος, ούτως ώστε η ρομποτική πλατφόρμα να δύναται να ολοκληρώσει συγκεκριμένες εργασίες στα όρια ενός τυπικού ελληνικού αγροτεμαχίου. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η μηχανική κατασκευή και τα ηλεκτρονικά της πλατφόρμας.



Η μηχανολογική κατασκευή του SAVAGE



Οι τροχοί του είναι ειδικοί για κίνηση εκτός δρόμου.

1.1 Μηχανολογική Κατασκευή

Η μηχανική δομή της πλατφόρμας έχει σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να επιτρέπεται η κατασκευή της και η επιδιόρθωση της ακόμα και σε τοπικά μηχανουργεία. Πρωτεύοντα ρόλο στην διαδικασία της κατασκευής παίζει η διατήρηση του συνολικού βάρους σε όσο το δυνατόν χαμηλά επίπεδα, σε αντίθεση με αυτό έρχεται η διατήρηση του κόστους κατασκευής σε χαμηλά επίπεδα και η κατασκευαστική ακρίβεια που πρέπει να επιτευχθεί. Η πλατφόρμα κατασκευάστηκε σε τοπικό μηχανουργείο στην περιοχή Βελεστίνου, σε σχέδια του Εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Το σώμα της πλατφόρμας, η οποία κατασκευάστηκε από χυτοσίδηρο για μείωση τους κόστους κατασκευής, αποτελείται από μια κεντρική ορθογώνια βάση επάνω στην οποία εδράζονται τέσσερα όμοια πόδια με δύο βαθμών ελευθερίας το καθένα. Η πλατφόρμα έχει σταθερό μήκος 1.40m, μεταβλητό πλάτος 0.60-1.20m και μεταβλητό ύψος 0.50-0.70m. Οι τροχοί έχουν διάμετρο 0.40m και πλάτος ελαστικού 0.11m. Κάθε πόδι φέρει την πλήμνη και τον τροχό καθώς και μια στροφική άρθρωση που επιτρέπει την αλλαγή πορείας του τροχού. Η γωνία κατεύθυνσης του τροχού και η ταχύτητα του οδηγούνται από δύο όμοιους κινητήρες συνεχούς ρεύματος σε κάθε πόδι.

1.2 Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός

Το σύστημα ελέγχεται κεντρικά από έναν υπολογιστή βιομηχανικής χρήσης τύπου PC/104. Ο υπολογιστής αυτός είναι εξοπλισμένος με πλήθος θυρών επικοινωνίας για σύνδεση διάφορων περιφερειακών και δικτύωσης και σκληρό δίσκο για το λογισμικό και την συλλογή δεδομένων. Το περιβάλλον εργασίας που χρησιμοποιούμε είναι τα Microsoft Windows XP. Ρόλος αυτής της υπολογιστικής μονάδας είναι η συλλογή και αξιολόγηση των δεδομένων από τα αισθητήρια όργανα έτσι ώστε να παρέχει ένα αποδοτικό σύστημα οδήγησης και εντοπισμού της ακριβούς θέσης του οχήματος. Οι αισθητήρες που συνοδεύουν την πλατφόρμα είναι: RTK-GPS, ψηφιακή πυξίδα και αισθητήρες υπέρηχων.

1.3 Ισχυοδότηση

Η ενέργεια παρέχεται από δύο μπαταρίες που δίνουν συνολικά 24Vdc. Η χωρητικότητα των μπαταριών είναι 100Ah και μπορούν να φορτιστούν με εξωτερικό φορτιστή. Η κύρια κατανάλωση ενέργειας προέρχεται από τους 8 κινητήρες, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι απ' ευθείας με τις μπαταρίες. Τα υπόλοιπα ηλεκτρονικά υποσυστήματα παίρνουν ενέργεια μέσω ενός UPS. Το UPS έχει το πλεονέκτημα της σταθερής παροχής ρεύματος και εφεδρείας σε περίπτωση σφάλματος των μπαταριών. Για την τροφοδοσία των κινητήρων χρησιμοποιείται ένα κύκλωμα οδήγησης για κάθε κινητήρα τεχνολογίας FET. Ο κάθε κινητήρας είναι 200W, το τυπικό ρεύμα λειτουργίας 8.3A, ενώ κάτω από ειδικές συνθήκες μπορεί να φτάσει τα 100A.



Ένας από τους συνολικά 8 κινητήρες του "Δία"

1.4 Δοκιμή Του Συστήματος

Για την υλοποίηση αρχικών δοκιμών σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε μια βάση τοποθέτησης για ένα πόδι έτσι ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες μετρήσεις στον χώρο του εργαστηρίου. Η βάση δοκιμών είναι μια απλή κατασκευή η οποία μας δίνει την δυνατότητα όλων των δοκιμών που έχουν σχέση με τον έλεγχο της γωνίας στρέψης και την ταχύτητας, της επικοινωνίας με τον κεντρικό υπολογιστή καθώς και όλων των λοιπών υποσυστημάτων.

Ο προγραμματισμός του κυκλώματος ελέγχου του κάθε ποδιού γίνεται μέσω της τοπικής θύρας προγραμματισμού ή απομακρυσμένα. Επίσης δημιουργήσαμε λογισμικό για τον γενικό έλεγχο όλου του συστήματος. Σε αυτήν την φάση της κατασκευής έχουμε δημιουργήσει λογισμικό για περιβάλλον Windows με το οποίο έχουμε την δυνατότητα να συλλέγουμε πληροφορίες από το LegBoard και να δίνουμε αντίστοιχες εντολές.

Στις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στον εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας είχαμε την ευκαιρία να παρουσιάσουμε τις δυνατότητες του συστήματος. Σε αυτό το στάδιο έγινε επίδειξη του χειρισμού της ταχύτητας και της γωνίας στρέψης από τον υπολογιστή, όπως επίσης και της δυνατότητας αλλαγής διάφορων παραμέτρων. Κατά την διάρκεια των δοκιμών παρουσιάστηκαν κάποιες μετρήσεις για τον έλεγχο της γωνίας και την ταχύτητας με ή χωρίς την χρήση κάποιου ελεγκτή.

Το σημαντικότερο αποτέλεσμα αυτών των δοκιμών ήταν τα προβλήματα τα οποία παρουσιάστηκαν και για τα οποία έγινε συζήτηση για τον τρόπο που θα επιλυθούν. Αυτά τα προβλήματα αφορούν τον προγραμματισμό, διάφορες μηχανολογικές κατασκευαστικές λεπτομέρειες, την στήριξη αισθητηρίων καθώς και την επιλογή κάποιων υποσυστημάτων.



Το "Δίας" στο εργαστήριο Μηχανολογίας του Π.Θ. κατά την διάρκεια δοκιμών

2 Δομή Συστήματος

Σε αυτό το κεφάλαιο θα τεκμηριωθούν οι παρατηρήσεις που γίνονται για την αρχή λειτουργίας του οχήματος. Παράλληλα περιγράφεται η συνολική δομή του συστήματος, η οποία περιλαμβάνει την αρχιτεκτονική, το πως δηλαδή συνδυάζονται μεταξύ τους τα διάφορα υποσυστήματα σε επίπεδο υλικού καθώς και όλο τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό που χρησιμοποιούμε.

Η μηχανική δομή της πλατφόρμας έχει σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να επιτρέπεται η κατασκευή της και η επιδιόρθωση της ακόμα και σε τοπικά μηχανουργεία. Πρωτεύοντα ρόλο στην διαδικασία της κατασκευής παίζει η διατήρηση του συνολικού βάρους σε όσο το δυνατόν χαμηλά επίπεδα, σε αντίθεση με αυτό έρχεται η διατήρηση του κόστους κατασκευής σε χαμηλά επίπεδα και η κατασκευαστική ακρίβεια που πρέπει να επιτευχθεί. Η πλατφόρμα κατασκευάσθηκε σε τοπικό μηχανουργείο στην περιοχή Βελεστίνου, σε σχέδια του Εργαστηρίου Γεωργικής Μηχανολογίας του Π.Θ.

2.1 Μέθοδος Πρόσφυσης

Ο τρόπος που θα επιτευχθεί η πρόσφυση έχει μεγάλη επίδραση στην οδήγηση, τις ιδιότητες του εδάφους, το κόστος και την κατανάλωση

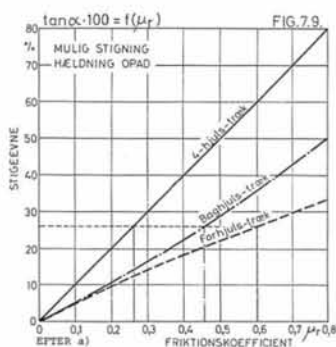
ενέργειας του οχήματος. Η επαφή με το έδαφος μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους.

Η χρησιμοποίηση ποδιών για την επαφή με το έδαφος δεν θα ήταν μια εφικτή λύση και ταυτόχρονα η τεχνολογία δεν είναι ώριμη.

Τα ερπυστριοφόρα οχήματα είναι αρκετά κοινά σε μεγάλα αγροκτήματα με λίγη ανάγκη για οδικές μεταφορές, λόγω της χαμηλής συμπίεσης του εδάφους που προκαλούν και την πολύ καλή ελκτική δύναμη σε μαλακό και χαλαρό χώμα. Αυτά τα χαρακτηριστικά δεν είναι τόσο σημαντικά για το όχημά μας, όπου σημαντικά χαρακτηριστικά είναι η ακρίβεια στις κατεύθυνση, η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και το χαμηλό κόστος.

Η κίνηση με χρήση τροχών είναι η πιο απλή και πιο φθηνή. Λόγω της μικρής ανάγκης σε ελκτική δύναμη και ικανότητας μεταφοράς φορτίου, η συμπίεση εδάφους και η βύθιση των τροχών είναι πολύ μικρή. Οι εδαφολογικές συνθήκες μετά τη σπορά είναι επίσης συνήθως καλή για τα τροχοφόρα οχήματα.

Η επιλογή του αριθμού των τροχών που θα κινούν το όχημα εξαρτάται από το στρατηγική οδήγησης. Η πιθανή αναρρίχηση εμποδίου σε σχέση και με το συντελεστή τριβής σημαίνει ότι η κίνηση και στους 4 τροχούς (4WD) δίνει την καλύτερη πρόσφυση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όλο το βάρος του οχήματος δημιουργεί έλξη μεταξύ όλων των τροχών και δρόμου και σε αντίθεση με την κίνηση μόνο στους πίσω τροχούς (2WD), όλοι οι τροχοί βοηθούν την υπερπήδηση εμποδίων.

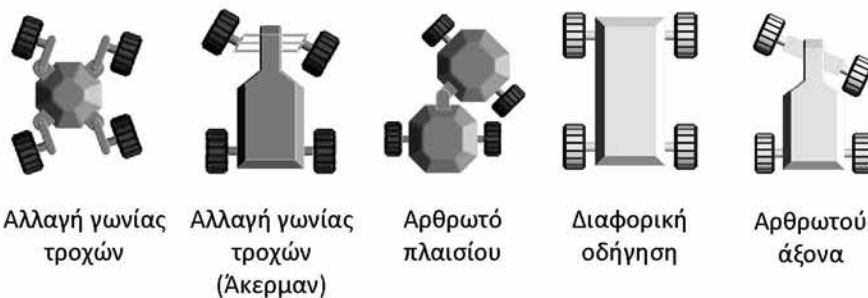


Οι δυνατότητες αναρρίχησης οχημάτων με κίνηση στους μπροστινούς, στους πίσω ή σε όλους τους τροχούς

2.2 Μέθοδος Οδήγησης

Κατά το σχεδιασμό μιας τροχοφόρας πλατφόρμας αυτόνομης ή μη, η πρώτη απόφαση που πρέπει να παρθεί είναι η μέθοδος οδήγησης του συστήματος. Οι μέθοδοι οδήγησης μπορούν γενικά να ταξινομηθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Αλλαγή γωνίας τροχών
- Διαφορική οδήγηση
- Αρθρωτό πλαισίου
- Αρθρωτού άξονα



Εικόνα 2.1 : Μέθοδοι Οδήγησης

Συνοπτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των μεθόδων οδήγησης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

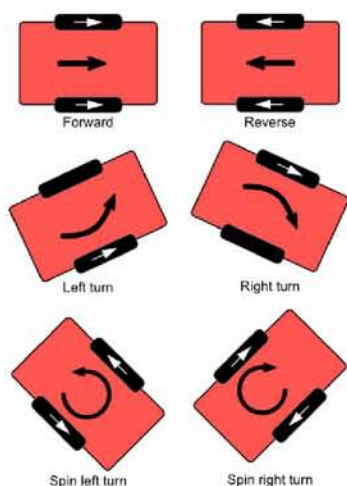
Πίνακας 2.1 : Πλεονεκτήματα Και Τα Μειονεκτήματα Των Μεθόδων Οδήγησης

	Αλλαγή γωνίας τροχών	Αλλαγή γωνίας τροχών (Άκερμαν)	Αρθρωτό πλαίσιο	Διαφορική οδήγηση	Αρθρωτού άξονα
Ευελιξία	Μεσαία /Υψηλή	Μεσαία	Μεσαία	Υψηλή	Μεσαία
Πολυπλοκότητα κατασκευής	Μεσαία	Μεσαία /Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Πολυπλοκότητα ελέγχου	Χαμηλή	Μεσαία /Χαμηλή	Μεσαία	Χαμηλή	Μεσαία /Υψηλή
Κατανάλωση ενέργειας κατά την στροφή	Μεσαία	Μεσαία /Χαμηλή	Μεσαία	Υψηλή	Χαμηλή
Αρθρώσεις για στροφή	4	1	1	0	0

Η μέθοδος οδήγησης αποτελεί καίριο στοιχείο στο πλαίσιο του σχεδιασμού, γιατί αλλάζει το συνολικό κόστος, το μαθηματικό μοντέλο, την αρχιτεκτονική ελέγχου και, τέλος, τη συμπεριφορά και το πεδίο εφαρμογής του συστήματος. Είναι πολύ σημαντικό για το όχημα να είναι σε θέση να καθοδηγηθεί με μεγάλη ακρίβεια μέσα σε καλλιέργεια και επίσης να την βλέπει το λιγότερο δυνατόν.

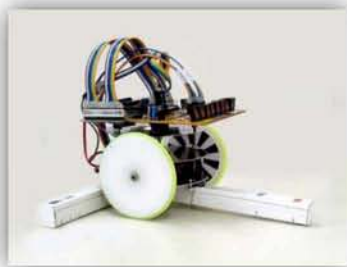
Διαφορική οδήγηση

Η αρχή της διαφορικής οδήγησης είναι ότι η διαφορά ταχύτητας των τροχών στην αριστερή πλευρά σε σχέση με τις ταχύτητες των τροχών στη δεξιά πλευρά προκαλεί την στροφή του οχήματος.



Διαφορική οδήγηση με κίνηση σε δύο τροχούς

Η διαφορική οδήγηση σε οχήματα με κίνηση σε όλους τους τροχούς χρησιμοποιείται για οχήματα που θα πρέπει να είναι πολύ ευέλικτα σε δύσκολα εδάφη. Ένα όχημα που χρησιμοποιεί αυτή τη μέθοδο οδήγησης μπορεί να περιστραφεί επί τόπου. Η στροφή του οχήματος είναι απλή στην υλοποίηση, καθώς οι τροχοί στην μια πλευρά περιστρέφονται στην ίδια ταχύτητα ενώ η θέση και ο προσανατολισμός των τροχών είναι σταθερός. Αυτή η μέθοδος αν και δείχνει ότι θα μπορούσε να είναι μια πιθανή λύση για το δικό μας ρομπότ έχει μερικά μεγάλα μειονεκτήματα. Σε μια στροφή το όχημα στρέφεται γύρω από έναν κάθετο άξονα που διέρχεται από το κέντρο του οχήματος, το οποίο σημαίνει ότι οι τροχοί σέρνονται προς τα πλάγια. Αυτό συνεπάγεται χρήση μεγάλης δύναμης άρα και κατανάλωση ισχύος. Η μέθοδος είναι επίσης ακατάλληλη λόγω της υπερβολικής ολίσθησης. Τέλος προκαλείται μεγάλη ζημία στην καλλιέργεια λόγω της ολίσθησης των τροχών.



Το Μήχαστρον είναι ένα εκπαιδευτικό ρομπότ που χρησιμοποιεί την μέθοδο διαφορικής οδήγησης

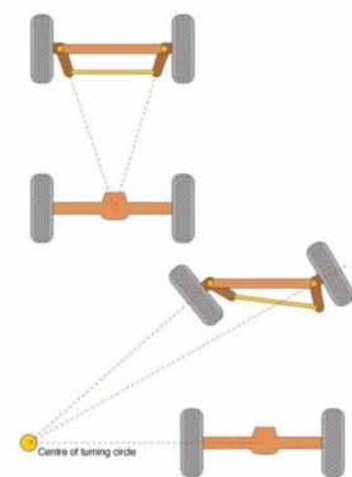
Όταν χρησιμοποιείται η μέθοδος διαφορικής οδήγησης με κίνηση στους δυο τροχούς απαιτείται η χρήση ενός ή περισσότερων βοηθητικών τροχών για την υποστήριξη του οχήματος. Ένα όχημα που χρησιμοποιεί αυτήν την μέθοδο μπορεί να κάνει στροφή επί τόπου. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται συχνά στη ρομποτική λόγω της πολύς καλής ικανότητας ελιγμών. Λόγω όμως των βοηθητικών τροχών δεν είναι κατάλληλο για οδήγηση εκτός δρόμου. Όταν το όχημα κάνει στροφή, πρέπει να σύρει τους βοηθητικούς τροχούς. Ακόμη και ένα μικρό εμπόδιο χρειάζεται μεγάλη δύναμη από τους κινητήριους τροχούς.

Αρθρωτού Πλαισίου

Η αρχή λειτουργίας του συστήματος αρθρωτής διεύθυνσης είναι η αλλαγή της γωνία μεταξύ του μπροστινού και του πίσω άξονα του οχήματος. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η μικρή σταθερότητα στις στροφές λόγω της μετατόπισης του κέντρου βάρους. Ένα πλεονέκτημα είναι η απλότητα της κατασκευής.

Αλλαγής Γωνίας Τροχών

Αυτή είναι η μέθοδος οδήγησης που χρησιμοποιούν για τα περισσότερα οχήματα. Όταν οι δυνάμεις σε ένα όχημα αγνοούνται, ο Άκερμαν περιγράφει την ιδανική σχέση γωνιών μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού τροχού σε μια στροφή. Αν η σχέση μεταξύ των γωνιών των τροχών ακολουθεί την εξίσωση του Άκερμαν, τότε εξαλείφεται σε μεγάλο βαθμό η ολίσθηση των ελαστικών. (Η κεντρομόλος δύναμη αγνοείται και ως εκ τούτου αυτό ισχύει μόνο για τις πολύ χαμηλές ταχύτητες στροφής στην πράξη). Η χαμηλή ολίσθηση των ελαστικών είναι σημαντική για να έχουμε καλή μέτρηση της ταχύτητας και να κατευθύνουμε το όχημα με ακρίβεια. Το κριτήριο του Άκερμαν είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί μηχανικά, διότι είναι εξαιρετικά μη γραμμικό. Συνεπώς, για τα περισσότερα οχήματα η γωνία στροφής επιτυγχάνουν μόνο κατά προσέγγιση το κριτήριο Άκερμαν. Ωστόσο, οι αποκλίσεις από το κριτήριο Άκερμαν, δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η γεωμετρία του συστήματος διεύθυνσης δεν είναι η βέλτιστη υπό πραγματικές συνθήκες οδήγησης σε μεγαλύτερες ταχύτητες. Αν το όχημα δεν έχει κίνηση σε όλους τους τροχούς τότε έχει τα ίδια προβλήματα με την διαφορική μέθοδο οδήγησης με χρήση βοηθητικών τροχών. Αν οι τροχοί, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την οδήγηση, συρθούν, μπορεί να υπάρχουν προβλήματα στην στροφή του οχήματος σε χαλαρό χώμα. Αν το όχημα έχει κίνηση σε όλους τους τροχούς έχει πολύ καλές δυνατότητας για κίνηση εκτός δρόμου. Αν το όχημα μπορεί να κατευθυνθεί σε όλους τους άξονες είναι δυνατό να επιτευχθεί πολύ μικρή ακτίνα στροφής. Αν το σύστημα διεύθυνσης των μπροστινών και των πίσω τροχών είναι συμμετρικό σε σχέση με το μέσο του οχήματος, οι τροχοί θα είναι σε σταθερή στροφή ακολουθώντας την ίδια διαδρομή. Ως εκ τούτου, το όχημα χρειάζεται πολύ λίγο χώρο μεταξύ των γραμμών για να τις ακολουθήσει με ακρίβεια. Το μειονέκτημα της μεθόδου οδήγησης με αλλαγής της γωνίας σε όλους τους τροχούς είναι ότι η υλοποίηση της κατασκευής, το κόστος και πιο σύνθετος έλεγχος του συστήματος.



Αλλαγής Γωνίας Τροχών

Λόγω, λοιπόν των πλεονεκτημάτων αυτής της μεθόδου, την επιλέγουμε για υλοποίηση στο δικό μας σύστημα.

2.3 Διαστάσεις

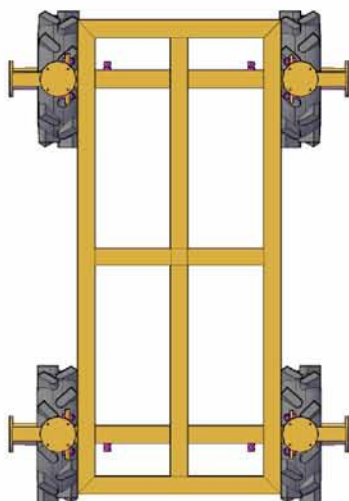
Η διαμόρφωση του οχήματος που έχει επιλεχθεί είναι τέσσερις τροχοί τοποθετημένοι στις γωνίες ένα ορθογώνιου παραλληλόγραμμου. Αυτή η διαμόρφωση μας δίνει μια αρκετά καλή σταθερότητα. Επιπλέον επειδή οι πίσω τροχοί έχουν την ίδια τροχιά με εμπρός τροχούς όταν το όχημα κινείται ανάμεσα στην καλλιέργεια, έχουμε μείωση της αντίστασης κύλισης.

Η συμμετρική τοποθέτηση των τροχών και η επιλογή της κίνησης και της οδήγησης και στους τέσσερις τροχούς μας δίνει τη δυνατότητα της κατασκευής τεσσάρων πανομοιότυπων μονάδων για την μετάδοση της κίνησης και της στροφής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον ευκολότερο μηχανολογικό σχεδιασμό και ειδικότερα την ταχύτερη κατασκευή του λόγω της ανάγκης κατασκευής όμοιων μηχανολογικών εξαρτημάτων. Η κατασκευή διαφορετικών εξαρτημάτων απαιτεί περισσότερο χρόνο στην σχεδίαση, την κατασκευή και την συναρμολόγηση και γι' αυτό είναι σημαντικό ο αριθμός των διαφορετικών εξαρτημάτων να είναι μικρός. Αυτή η αρθρωτή προσέγγιση την κατασκευής αποτελείται από μια πλατφόρμα και τέσσερις όμοιες μονάδες τροχών (πόδια).

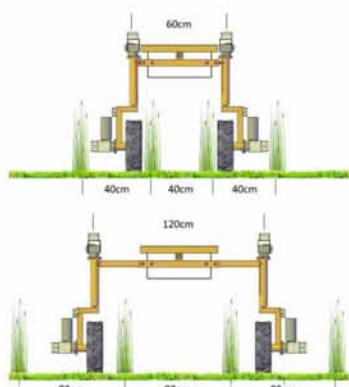
Για την διαμόρφωση των συνολικών διαστάσεων του οχήματος πρέπει να λάβουμε υπόψη αρκετές παραμέτρους. Μια παράμετρος που επηρεάζει τις διαστάσεις του οχήματος είναι το είδος των καλλιεργειών στις οποίες θα κινηθεί. Με δεδομένο ότι οι πιο κοινές καλλιέργειες στην Ελλάδα είναι το σιτάρι, το καλαμπόκι, τα ζαχαρότευτλα και το βαμβάκι συνεπάγεται ότι το πλάτος του οχήματος θα πρέπει να είναι μεταβλητό. Για παράδειγμα η απόσταση των γραμμών στην καλλιέργεια καλαμποκιού είναι 75cm με 90cm, στο σιτάρι 20cm με 30cm, στο βαμβάκι 20cm με 50cm και στα ζαχαρότευτλα 30cm με 60cm. Σύμφωνα με τα παραπάνω ένα πλάτος που θα κυμαίνεται από 60cm μέχρι 120cm θα ήταν επαρκές στις περισσότερες περιπτώσεις. Το μεταβλητό πλάτος του οχήματος επιτρέπει την ρύθμιση του, έτσι ώστε να κινείται παράλληλα με τις γραμμές τις καλλιέργειας χωρίς να βλάπτει τα φυτά, ενώ ταυτόχρονα διευκολύνει την μεταφορά του.

Το ύψος του οχήματος θα ήταν επίσης επιθυμητό να είναι μεταβλητό έτσι ώστε να μπορεί να προσαρμόζεται στα διαφορετικά ύψη των φυτών. Η καθαρή απόσταση μεταξύ του εδάφους και του κάτω μέρος του οχήματος μπορεί να κυμαίνεται από 50cm μέχρι 70cm. Το μέγιστο ύψος δεν θα πρέπει να είναι πολύ μεγάλο διότι το κέντρο βάρους θα μεταφερθεί πολύ ψηλά και το όχημα θα καταστεί ασταθές.

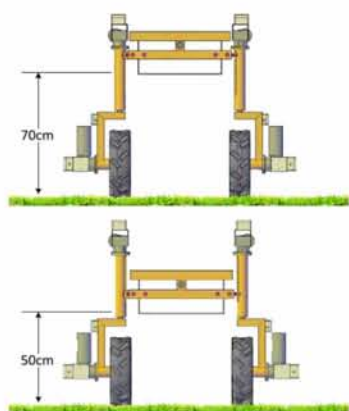
Ο τρόπος με τον οποίο μπορούμε να μεταβάλουμε τόσο το πλάτος όσο και το ύψος είναι σχετικά εύκολος και δεν απαιτείται πλήρης



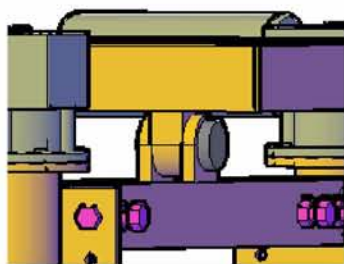
Κάτοψη διάταξης τροχών



Διαμόρφωση πλάτους του οχήματος ανάλογα με το απόσταση γραμμών της καλλιέργειας



Διαμόρφωση ύψους του οχήματος



Το όχημα διαθέτει δύο σημεία περιστροφής στον διαμήκη άξονα

αποσυναρμολόγηση του οχήματος. Η μεταβολή των διαστάσεων του οχήματος θα πρέπει να γίνεται με προσοχή για μην επηρεάζεται η συνολική γεωμετρία. Μια εσφαλμένη ρύθμιση μπορεί να οδηγήσει σε αστάθεια, ολίσθηση ή παρέκκλιση από την τροχιά.

Η απόσταση μεταξύ των δύο αξόνων (μεταξόνιο) είναι μικρή έτσι ώστε το όχημα να έχει την δυνατότητα ελιγμών αλλά αυτό καθιστά δυσκολότερο τον έλεγχο. Στόχος μας είναι να κάνουμε το όχημα ευέλικτο και ταυτόχρονα να υπάρχει αρκετός χώρος για τα περιφερειακά και τα εργαλεία που θα τοποθετηθούν μελλοντικά. Ο χώρος που απαιτείται για την περιστροφή των τροχών και ο ελεύθερος χώρος για την τοποθέτηση εργαλείων μας οδηγεί σε ένα μεταξόνιο 100cm.

Για την βελτίωση της πρόσφυσης και της καλύτερη συμπεριφοράς του οχήματος οι τροχοί θα πρέπει να έχουν πάντα επαφή με το έδαφος. Σε όλα οχήματα υπάρχουν διάφορα συστήματα ανάρτησης των τροχών για την επίτευξη αυτού του στόχου. Στο όχημά μας για τον περιορισμό του κόστους δεν επιλέγουμε την χρησιμοποίηση ενός τέτοιου συστήματος. Στις χαμηλές ταχύτητες εκτός δρόμου που κινείται το όχημά μας, δεν είναι αναγκαία η χρήση συστήματος απόσβεσης κραδασμών. Τα ελαστικά μπορούν να προσφέρουν της απαιτούμενη απόσβεση που χρειάζεται το όχημα. Ωστόσο, για να υπάρχει συνεχής επαφή των τροχών με το έδαφος έχει προστεθεί ένα εγκάρσιο σημείο περιστροφής σε κάθε άξονα του οχήματος. Με αυτούς τους συνδέσμους ο εμπρός και ο πίσω άξονας μπορεί να περιστρέφεται ανεξάρτητα γύρω από το διαμήκη άξονα του οχήματος.

2.4 Μετάδοση Κίνησης

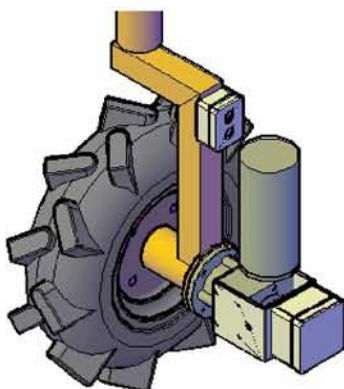
Σε αυτή την παράγραφο θα αναφερθούμε στις τεχνικές μετάδοσης κίνησης τόσο για το σύστημα κύλισης όσο και για το σύστημα διεύθυνσης στηριζόμενοι στις αποφάσεις που πήραμε στις προηγούμενες παραγράφους.

Κάθε πόδι του οχήματος έχει τον δικό του κινητήρα για την διεύθυνση και την κύλιση το οποίο καθιστά το σύστημα πολύ ευέλικτο. Η τοποθέτηση και δύο κινητήρων στην ίδια μονάδα, θα έχουμε πολύ λίγους περιορισμούς στον σχεδιασμό του πλαισίου και καλύτερες προδιαγραφές για τη βελτιστοποίηση του οχήματος.

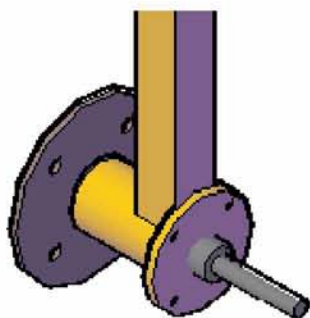
2.4.1 Σύστημα Κύλισης

Προδιαγραφές

Λόγω της μεγάλης απόστασης από το έδαφος (1m) και την διαμέτρου των ελαστικών (0.4m) είναι πολύπλοκο να γίνει η μετάδοση κίνησης με ένα κοινό κινητήρα. Ένα κοινός κινητήρας θα απαιτεί επιπλέον ξεχωριστούς μειωτήρες σε κάθε τροχό. Αυτό θα είναι πολύ ακριβή, βαριά και πολύπλοκη λύση. Η πιο λογική λύση είναι η χρήση ενός ηλεκτροκινητήρα



Το σύστημα κύλισης αποτελείται από τον τροχό, τον κινητήρα, τον μειωτήρα και τον αισθητήρα ταχύτητας



Άξονας σύνδεσης τροχού
κινητήρα/μειωτήρα

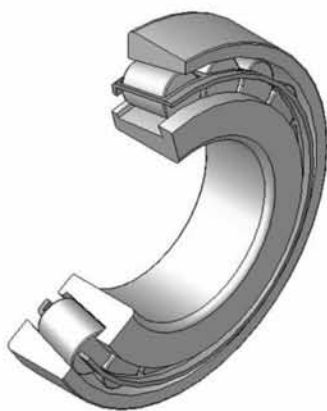
να κινεί κάθε τροχό ξεχωριστά και στη συνέχεια με ένα σύστημα κλειστού βρόγχο για τον έλεγχο της ταχύτητας του κάθε τροχού σύμφωνα με την ακτίνα στροφής του.

Κάθε πόδι αποτελείται από ένα τροχό με κινητήρα και μειωτήρα, ένα κινητήρα και ένα μειωτήρα για το σύστημα διεύθυνσης, τους αισθητήρες για τους δύο κινητήρες και τα ηλεκτρονικά (LegBoard). Λόγω της απαίτησης για μεγάλη απόσταση από το έδαφος οι κινητήρες κύλισης έχουν τοποθετηθεί στον άξονα των τροχών. Ενώ ο αρχικός σχεδιασμός προέβλεπε την κατασκευή συστήματος κύλισης με μικρό πλάτος, με την χρησιμοποίηση κινητήρων τοποθετημένων στο εσωτερικού του τροχού, λόγω του αυξημένου κόστους επιλέχθηκε μια πιο φθηνή λύση. Τοποθετήσαμε τον κινητήρα και τον μειωτήρα εξωτερικά με αναπόφευκτο αποτέλεσμα το μεγαλύτερο συνολικό πλάτος του συστήματος κύλισης το οποίο είναι περίπου 40cm. Εκτός από το αυξημένο συνολικό πλάτος, η μεγαλύτερη απόσταση ανάμεσα στα τροχό και τον κινητήρα δημιουργεί μεγαλύτερες δυνάμεις στα έδρανα στήριξης του άξονα και στον μειωτήρα το οποίο μπορεί να προκαλέσει μηχανικές φθορές.

Υπό κανονικές συνθήκες, το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να εκπληρώσει τις απαιτήσεις που καθορίστηκαν και μπορεί να είναι σημαντικό να εξετάσουμε την δυναμική του συστήματος. Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι είναι αδύνατο να αποφευχθεί η ανεπάρκεια του συστήματος σε όλες τις συνθήκες. Είναι σημαντικό να προβλεφθεί ότι όταν το σύστημα παρουσιάζει πρόβλημα θα αποφευχθεί σε πρωτεύοντα βαθμό ο κίνδυνος για τους ανθρώπους και σε δευτερεύοντα βαθμό βλάβες στο όχημα. Η μηχανική σχεδίαση είναι πάντα μια εξισορρόπηση μεταξύ αντικρουόμενων συμφερόντων, για παράδειγμα το χαμηλό βάρος και η υψηλή αντοχή. Αυτό το όχημα πρέπει να έχει χαμηλό βάρος για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας και την μείωση του κόστους των κινητήρων και των και μπαταριών.

Οι απαιτήσεις για ένα καλό σύστημα μετάδοσης της κίνησης είναι ότι η ταχύτητα του οχήματος σε έδαφος με χαλαρό χώμα πρέπει να είναι 1m/s, προστασία από την βροχή και την σκόνη (ελάχιστη προστασία IP54), μικρό τζόγο και χαμηλή πολυπλοκότητα.

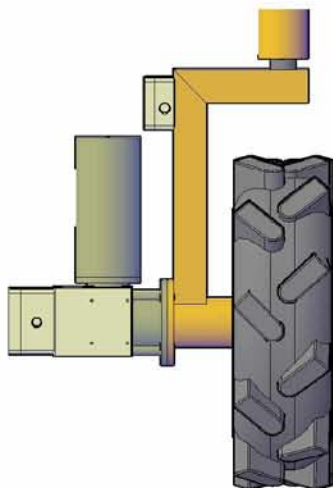
Έγιναν πολλές έρευνες στην ελληνική αλλά και την ξένη αγορά για την εύρεση των διαθέσιμων λύσεων που είναι κατάλληλες για αυτή την εφαρμογή κάνοντας αρκετές ζητήσεις σε προμηθευτές



Ρουλεμάν κυλινδρικά
κωνικού τύπου

Κινητήρας και Μειωτήρας

Ο κινητήρας και ο μειωτήρας είναι δύο διαφορετικά εξαρτήματα. Ένας άξονας, ο οποίος στηρίζεται στην πλήμνη σε δυο ρουλεμάν για καταπολέμηση των ακτινωτών δυνάμεων, συνδέει τον μειωτήρα και τον τροχό. Τα ρουλεμάν που χρησιμοποιούνται είναι κυλινδρικά κωνικού τύπου τα οποία εκτός από την καταπολέμηση ακτινωτών και εγκάρσιων δυνάμεων διευκολύνουν την αποσυναρμολόγηση. Ο άξονας διαθέτει στην



Τοποθέτηση κινητήρα και μειωτήρα στην πλήμνη του ποδιού

μία πλευρά του μια φλάντζα για την στήριξη του τροχού. Η σύνδεση του άξονα με τον μειωτήρα γίνεται μέσω ενός σφηνοειδή συνδέσμου. Ο κινητήρας είναι άμεσα συνδεδεμένος άμεσα με τον μειωτήρα. Πρέπει να δοθεί πολύ μεγάλη προσοχή στην ευθυγράμμιση άξονα με τον μειωτήρα για να μην προκληθεί φθορά του μειωτήρα, πράγμα που παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια των δοκιμών.

Για να βρούμε το κατάλληλο μέγεθος του κινητήρα πρέπει να εκτιμηθεί το βάρος του οχήματος και η αντίσταση κύλισης στο έδαφος. Το μικτό βάρος του οχήματος υπολογίζεται περίπου 250kg συμπεριλαμβανομένου ωφέλιμου φορτίου 40kg και 60kg για της μπαταρίες. Η αντίσταση κύλισης (Kilgour) είναι πολύ δύσκολο να καθοριστεί. Ο συντελεστή αντίστασης κύλισης, για τα ελαστικά διαμέτρου 0,5m, έχει τιμή 0,35 στην άμμο και 0,1 σε επίπεδο έδαφος. Σε αγροτικές εφαρμογές, για μαλακά εδάφη, ο συντελεστής παίρνει τιμές από 0,15 ως 0,25.

Η ροπή στρέψης του άξονα μπορεί να υπολογιστεί από την παρακάτω εξίσωση.

$$I = \frac{m \times g \times (\sin\theta + c) \times d}{2}$$

- I : Ροπή άξονα (Nm)
- m : Μάζα οχήματος (kg)
- g : Επιτάχυνση βαρύτητας (9,81m/s²)
- θ : Κλίση εδάφους (deg)
- c : Συντελεστής τριβής εδάφους
- d : Διάμετρος ελαστικού (m)

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, με δεδομένο συντελεστή κύλισης 0.2, διάμετρο ελαστικού 0.4m και μηδενική κλίση, η συνολική ροπή που απαιτείται είναι περίπου 98Nm. Αυτό σημαίνει 25Nm σε κάθε τροχό.



Κινητήρας ME 5675 ισχύος 200W

Ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη με ψήκτρα. Συγκεκριμένα είναι ο ME 5675⁹ της εταιρείας DAGU. Ο κινητήρας περιστρέφεται στις 3000 στροφές/λεπτό και τροφοδοτείται με 24Vdc. Η ονομαστική ισχύς του είναι 200W με ροπή 0,64Nm. Ο συγκεκριμένος κινητήρας είναι πολύ οικονομική και αξιόπιστη λύση. Εκτός από το μειονέκτημα του καταναλισκόμενου χώρου ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι κινητήρας λειτουργεί με ψήκτρες (brushes). Οι κινητήρες με ψήκτρες απαιτούν συντήρηση μετά από κάποιες ώρες λειτουργίας λόγω φθοράς των ψηκτρών.

Λόγω της μικρής ροπής και της μεγάλης ταχύτητας απαιτείται η τοποθέτηση μειωτήρα στροφών. Ο μειωτήρας είναι γωνιακός με σύστημα κοχλία-ατέρμονα. Συγκεκριμένα είναι ο MI30/60¹⁰ της εταιρείας SIT1 με σχέση μετάδοσης 60/1. Συνδυαζόμενος με το κινητήρα που αναφέραμε παραπάνω η ταχύτητα εξόδου είναι 50 στροφές/λεπτό και η ροπή εξόδου 38.4Nm.



Μειωτήρας MI30/60

Οι τροχοί του οχήματος που επιλέχθηκαν είναι για χρήση εκτός δρόμου. Έχουν εξωτερική διάμετρο 40cm, πλάτος πέλματος 11cm και τοποθετούνται σε ζάντα 23cm. Οι συγκεκριμένοι τροχοί χρησιμοποιούνται σε πληθώρα αγροτικών εργαλείων και προσφέρουν εξαιρετική πρόσφυση σε εδάφη με μαλακό χώμα.

$$V = \frac{u \times d \times \pi}{60}$$

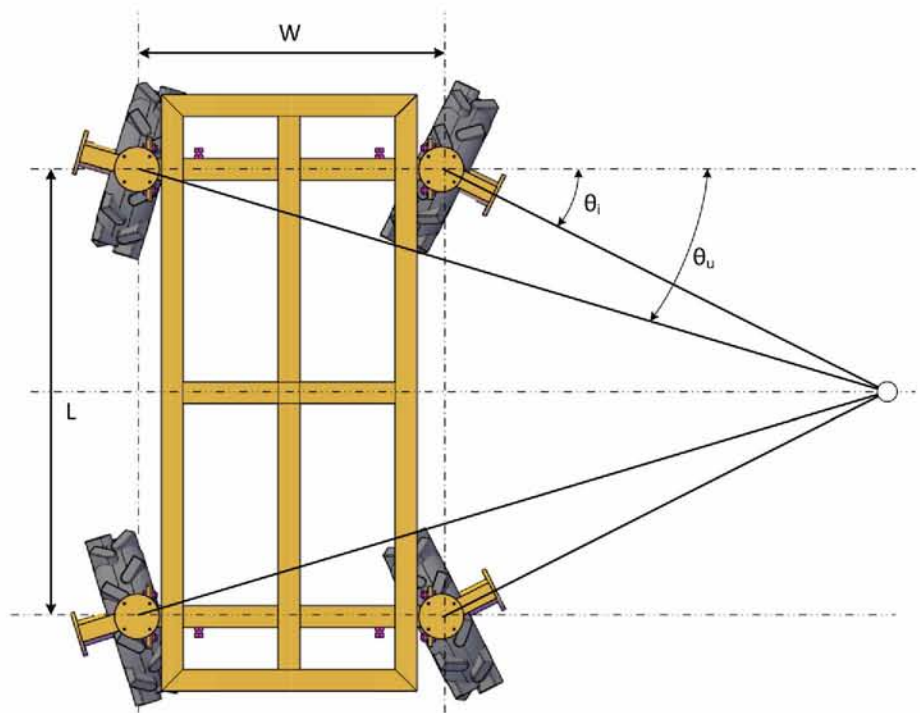
- V : Ταχύτητα εδάφους (m/s)
- u : Ταχύτητα περιστροφής άξονα (r/min)
- d : Διάμετρος ελαστικού

Με δεδομένο ότι η ταχύτητα περιστροφής του άξονα (στην έξοδο του μειωτήρα) είναι 50r/min η μέγιστη ταχύτητα του οχήματος είναι 1.05m/s.

Η επιλογή του συγκεκριμένου μειωτήρα καλύπτει τις αρχικές απαιτήσεις τόσο για την τελική ταχύτητα (1.05m/s) όσο και για την συνολική ροπή εξόδου (38.4Nm).

2.4.2 Σύστημα Διεύθυνσης

Το σύστημα διεύθυνσης που έχουμε επιλέξει είναι οδήγηση και στους τέσσερις τροχούς χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις του Άκερμαν λόγω της ευελιξίας, της ακρίβειας και την μικρή ακτίνα στροφής. Η γεωμετρία του συστήματος διεύθυνσης σύμφωνα με τον Άκερμαν φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

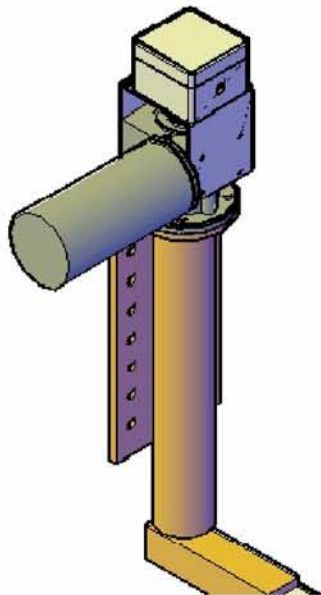


Εικόνα 2.2 : Κριτήριο Άκερμαν

Η σχέση μεταξύ των γωνιών τροχών φαίνεται στον παρακάτω μαθηματικό τύπο ο οποίος δείχνει ότι η σχέση μεταξύ των γωνιών των τροχών είναι μη

γραμμική και είναι σε συνάρτηση με το μεταξόνιο (L) και το μετατρόχιο (W).

$$\frac{1}{\tan\theta_u} - \frac{1}{\tan\theta_i} = \frac{W}{L}$$



Το σύστημα διεύθυνσης αποτελείται τον κινητήρα, τον μειωτήρα και τον αισθητήρα γωνίας

Οι διαστάσεις του οχήματος που έχουν επιλεγεί και το μεγάλο πλάτος σε σχέση με το μήκος κάνει τη διαφορά γωνίας μεταξύ των τροχών μεγάλη ακόμη και για μικρές γωνίες διεύθυνσης. Αυτό καθιστά δύσκολο να το σχεδιασμό του συστήματος διεύθυνσης για την αποφυγή της ολίσθησης των ελαστικών, η οποία θα έχει ως αποτέλεσμα την μη ακριβή διεύθυνση του οχήματος.

Οι απαιτήσεις και τα κριτήρια για την σωστή υλοποίηση του συστήματος διεύθυνσης είναι η καλή συμμόρφωση στο κριτήριο Άκερμαν, το αποδεκτό περιθώριο τζόγου, η ασφάλεια και αξιοπιστία.

Σε κάθε πόδι τοποθετείται ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος και ένας μειωτήρας στροφών. Η μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιώντας ένα σύστημα κλειστού βρόγχου πετυχαίνουμε πολύ καλή συμμόρφωση με τον Άκερμαν. Επιπλέον με αυτόν τον τρόπο γίνεται πολύ εύκολα η αλλαγή της στρατηγικής οδήγησης μέσω λογισμικού ενώ ταυτόχρονα είναι εύκολο να επιτευχθεί επιτόπια στροφή 360°. Η ευελιξία αυτής της μεθόδου θα είναι πολύ μεγάλο όφελος για την περαιτέρω έρευνα στον τομέα του συστήματος διεύθυνσης. Η σχεδίαση και η κατασκευή δεν είναι περίπλοκη, είναι πολύ συμπαγής και οι συνδέσεις γίνονται με ηλεκτρικά καλώδια. Η μέθοδος αυτή δημιουργεί ένα μικρό πρόβλημα ασφάλειας καθώς οι τροχοί δεν είναι μηχανικά συνδεδεμένοι. Η χρήση τεσσάρων ξεχωριστών κινητήρων απαιτεί την προμήθεια περισσότερων ηλεκτρονικών και μηχανικών εξαρτημάτων ενώ μπορεί να υπάρχουν προβλήματα στο να ακολουθούν οι τροχοί το κριτήριο Άκερμαν σε πραγματικό χρόνο λόγω της ολίσθησης των ελαστικών.

Κινητήρας και Μειωτήρας

Η περιστροφή κάθε ποδιού επιτυγχάνεται με ένα άξονα ο οποίος περιστρέφει την πλήμνη. Ο άξονας στηρίζεται σε δυο κυλινδρικά ρουλεμάν κωνικού στο σταθερό μέρος του ποδιού. Η σύνδεση του άξονα με τον μειωτήρα γίνεται μέσω ενός σφηνοειδή συνδέσμου. Ο κινητήρας είναι άμεσα συνδεδεμένος άμεσα με τον μειωτήρα.

Είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί η ροπή που απαιτείται για τον χειρισμό του οχήματος. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την απαιτούμενη ισχύ είναι πολλές. Επειδή ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος και περνάει από το κέντρο του τροχού, ο υπολογισμός απλοποιείται. Μια απλή μέθοδος, για τον υπολογισμό της μέγιστης ροπής που απαιτείται για το σύστημα διεύθυνσης, είναι ο υπολογισμός της ροπής απαιτείται σε στεγνό και καθαρό σκυρόδεμα υπό σταθερές συνθήκες. Αυτό είναι συνήθως το μεγαλύτερο φορτίο του συστήματος διεύθυνσης.

$$T = w \times f \sqrt{\frac{I_0}{A} + e^2}$$

- T : Ροπή (Nm)
- w : Βάρος οχήματος (N)
- f : Πραγματικός συντελεστής τριβής
- I₀ : Ροπή αδράνειας του πέλματος του ελαστικού (kg m²)
- A : Επιφάνεια ελαστικού (m²)
- e : Απόκλιση άξονα (m)

Με δεδομένα το βάρος του οχήματος που αναλογεί σε κάθε τροχό (250/4=62.5kg>>613N), τον πραγματικό συντελεστή τριβής 0.7, τη ροπή αδράνειας του ελαστικού, την επιφάνεια του ελαστικού 0,15m² και την μηδενική απόκλιση του άξονα η απαιτούμενη ροπή είναι περίπου 23Nm.

Ο ηλεκτρικός κινητήρας είναι όμοιος με αυτόν που χρησιμοποιούμε για το σύστημα κύλισης.

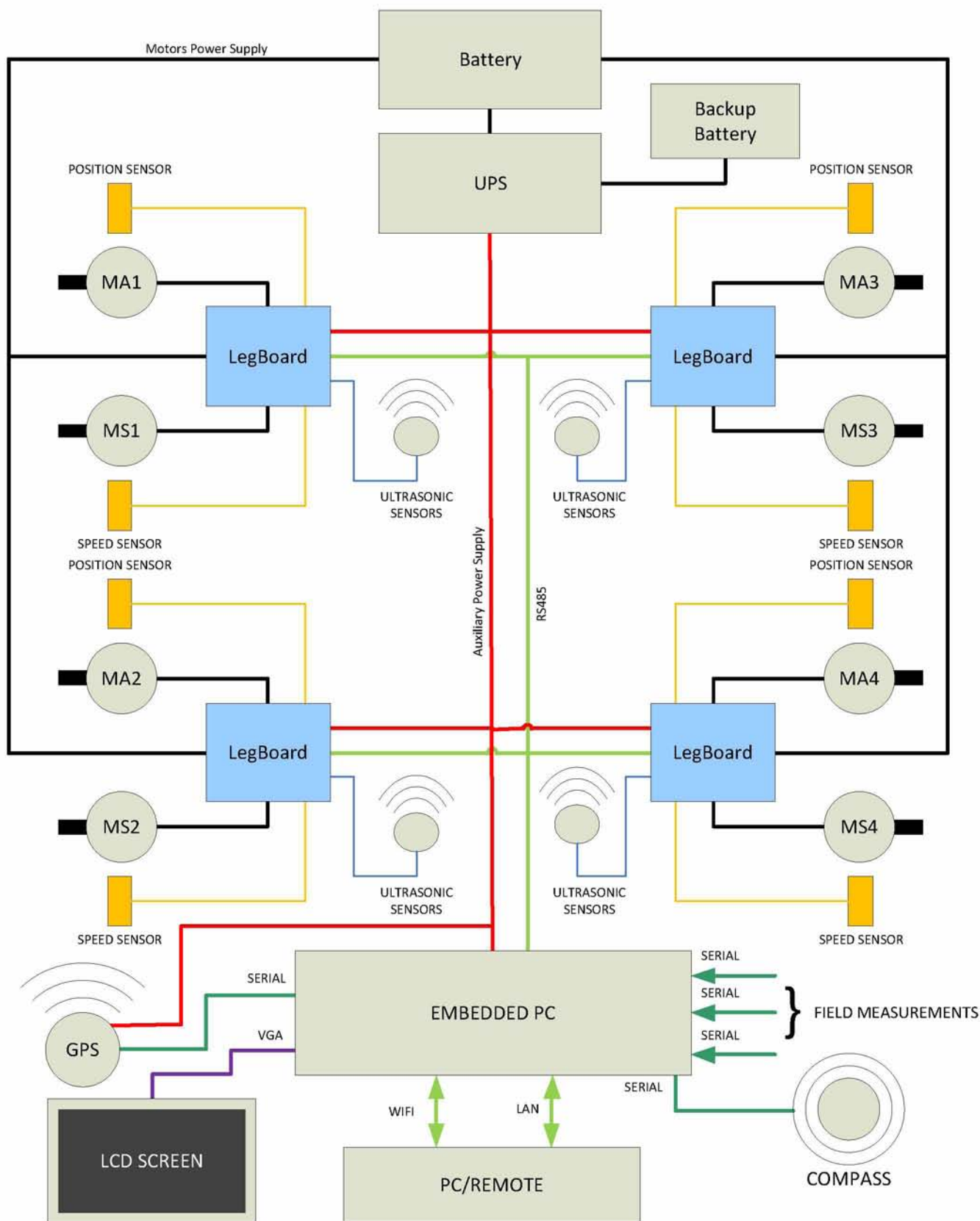
Ο μειωτήρας είναι παρόμοιος με αυτόν του συστήματος κύλισης. Στο σύστημα διεύθυνσης χρησιμοποιούμε τον MI30/100 με σχέση μετάδοσης 100/1. Συνδυαζόμενος με το κινητήρα που αναφέραμε παραπάνω η ταχύτητα εξόδου είναι 30 στροφές/λεπτό και η ροπή εξόδου 64Nm. Η μέγιστη ταχύτητα αλλαγής γωνίας είναι 180deg/s.

Ένα πρόβλημα που έχει προκύψει με την χρήση μειωτήρων με κοχλία-ατέρμονα είναι ο τζόγος που είναι της τάξης της ±1°, το οποίο δημιουργεί μικρά προβλήματα στην ακρίβεια στροφής. Αυτό το πρόβλημα λύνεται είτε με καλύτερης ποιότητας μειωτήρες είτε με την χρήση μειωτήρων κορώνας-πηνίου.

2.5 Αρχιτεκτονική

Ο συνδυασμός όλων των μονάδων, η ροή ενέργειας, η επικοινωνία και σύνδεση αισθητήρων είναι ένα θέμα που απασχολεί την αρχιτεκτονική λειτουργίας του “Δία”.

Η σχεδίαση της αρχιτεκτονικής του “Δία” είναι ένα τα πρώτα πράγματα τα οποία συζητήθηκαν στο ξεκίνημα αυτού του project. Σκοπός μας ήταν η δημιουργία ενός εύρωστου συστήματος το οποίο παράλληλα θα είχε και μικρό κόστος. Η γενική άποψη ήταν η χρησιμοποίηση υλικών και τεχνικών που είναι ευρύτερα γνωστές έτσι ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν από όσο γίνεται περισσότερο κόσμος. Χρησιμοποιώντας λοιπόν την πείρα από προηγούμενες σχετικές εφαρμογές καταλήξαμε στην αρχιτεκτονική που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2.3 : Αρχιτεκτονική Συστήματος

Η δομή του συστήματος ξεκινάει από την παροχή ενέργειας η οποία γίνεται από δύο συστοιχίες μπαταριών. Η πρώτη συστοιχία είναι στην ουσία η κύρια τροφοδοσία του οχήματος ενώ η δεύτερη συστοιχία εξυπηρετεί στην αδιάλειπτη λειτουργία των ηλεκτρονικών του



συστήματος. Μια μονάδα αδιάλειπτης παροχής ενέργειας αναλαμβάνει να τροφοδοτήσει τα ηλεκτρονικά μέρη σε περίπτωση που οι κύριες μπαταρίες αδειάσουν. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε για παράδειγμα να έχουμε ενημέρωση της θέσης του οχήματος μέσω του ασύρματου δικτύου.

Μέσα από ένα κύκλωμα επεξεργασίας και διανομής τροφοδοτούνται όλες οι συσκευές με την κατάλληλη τάση αφού πρώτα έχουν ασφαλιστεί τα κυκλώματα από πιθανά βραχυκυκλώματα.

Για να γίνει έλεγχος την ταχύτητας και γωνίας του οχήματος απαιτείται ρύθμιση και των 8 κινητήρων. Στον “Δια” ο έλεγχος δεν γίνεται από ένα μόνο υπολογιστή αλλά 4 ανεξάρτητους υπολογιστές. Κάθε ένας από τους 4 υπολογιστές αναλαμβάνει να ρυθμίσει των ταχύτητα και την γωνία σε κάθε πόδι του οχήματος.

Κάθε πόδι διαθέτει ένα τυπωμένο κύκλωμα (LegBoard) πάνω στο οποίο συνδέονται οι δύο κινητήρες μέσω κυκλώματος οδήγησης καθώς και οι αισθητήρες για την γωνία στρέψης και την ταχύτητα. Ο υπολογιστής κάθε LegBoard αναλαμβάνει να ρυθμίσει την γωνία και την ταχύτητα σύμφωνα με την εντολή που έχει πάρει από τον κεντρικό υπολογιστή. Σε κάθε LegBoard συνδέονται επίσης και αισθητήρες υπέρηχων για την εύρεση περιμετρικών εμποδίων.

Ο κεντρικός υπολογιστής συνδέεται μέσω ενός δικτύου RS485 με όλα τα LegBoard. Το δίκτυο αυτό είναι τύπου master-slave το οποίο σημαίνει ότι ο κεντρικός υπολογιστής είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο της επικοινωνίας. Κάθε LegBoard επικοινωνεί με τον κεντρικό υπολογιστή μόνο μετά από σχετικό αίτημα.

Στον κεντρικό υπολογιστή είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο της τροχιάς του οχήματος. Μέσω κατάλληλου λογισμικού στέλνει σε κάθε LegBoard τις επιθυμητές τιμές γωνίας και ταχύτητας.

Οι περιφερειακοί αισθητήρες που απαιτούνται για τον έλεγχο της τροχιάς συνδέονται στο κεντρικό υπολογιστή μέσω σειριακών συνδέσεων. Οι αισθητήρες αυτοί είναι το GPS, η πυξίδα και διάφορα όργανα για μέτρηση παραμέτρων από το πεδίο.

Ο χειρισμός, η παραμετροποίηση και η επίβλεψη του οχήματος γίνεται μέσω ενσύρματης ή ασύρματης σύνδεσης δικτύου. Η διασύνδεση αυτή μπορεί να γίνει είτε μέσω απομακρυσμένης διαχείρισης του κεντρικού υπολογιστή είτε με απευθείας πρόσβαση στα περιφερειακά χρησιμοποιώντας τον υπολογιστή σαν πύλη πρόσβασης (access point)

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα σύνδεσης τοπικής οθόνης χειρισμού του οχήματος.

2.6 Ισχυοδότηση



Φωτογραφίες από τις δοκιμές και τις μετρήσεις ισχύος

Αφού έχουμε καθορίσει τον τρόπο με τον οποίο θα κινείται το όχημά μας, δηλαδή με ηλεκτρικούς κινητήρες, πρέπει να επιλέξουμε και τον τρόπο με τον οποίο θα τροφοδοτήσουμε αυτούς του κινητήρες. Η πηγή ενέργειας για την κίνηση του οχήματος δεν θα μπορούσε να είναι άλλη από ηλεκτρικούς συσσωρευτές. Τι συσσωρευτές είναι κατάλληλοι όμως για την δική μας εφαρμογή; Για την σωστή επιλογή των συσσωρευτών θα πρέπει να δούμε τα φορτία τα οποία θα τροφοδοτηθούν. Τα φορτία τα οποία θα τροφοδοτηθούν είναι τα εξής:

Πίνακας 2.2 : Ανάλυση ισχύος

α/α	Περιγραφή	Αρ.	Ισχύς (W)	Σύνολο (W)
1	Κινητήρες κύλισης	4	200,0	800,0
2	Κινητήρες στρέψης	4	200,0	800,0
3	Υπολογιστής	1	15,0	15,0
4	GPS	1	5,0	5,0
5	Πυξίδα	1	0,2	0,2
6	LegBoard	4	0,5	2,0
7	Αισθητήρες Υπέρηχων	4	0,6	2,4
8	Κάμερα	1	12,0	12,0
9	Άλλα ηλεκτρονικά	1	2,0	2,0
Σύνολο				1638,6

Από τον παραπάνω πίνακα είναι εύκολα αντιληπτό ότι η περισσότερη ενέργεια απαιτείται για τους κινητήρες. Γνωρίζοντας λοιπόν ότι η συνολική ισχύς του "Δία" είναι περίπου 1700W θα πρέπει να ορίσουμε την μέση ωριαία κατανάλωση του οχήματος με δεδομένο ότι οι κινητήρες κύλισης και στρέψης δεν λειτουργούν συνέχεια και με βάση αυτή την κατανάλωση πρέπει να επιλέξουμε τις κατάλληλες μπαταρίες. Επίσης, ύστερα από έρευνα καταλήξαμε ότι η ονομαστική τάση των μπαταριών πρέπει να είναι 24Vdc.

Πίνακας 2.3 : Ανάλυση καταναλώσεων

α/α	Περιγραφή	Ισχύς (W)	Time (%)	Κατανάλωση (Wh)
1	Κινητήρες κύλισης	800,0	70	560
2	Κινητήρες στρέψης	800,0	30	240
3	Ηλεκτρονικά	100,0	100	100
Σύνολο				900,0

Καταλήγουμε λοιπόν ότι για μια τυπική διαδρομή του οχήματος απαιτούνται 900W/h. Αυτό σημαίνει ότι με επιλογή μιας συστοιχίας μπαταριών ονομαστικής τάσης 24Vdc και χωρητικότητας 100Ah έχουμε μια τυπική αυτονομία περίπου 2,5 ωρών.

$$t = \frac{V \times c}{E} = \frac{24 \times 100 \text{ VAh}}{900 \text{ Wh}} = 2.6h$$

2.7 Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός



Κεντρικός υπολογιστής
MPCV855/I



Ο κεντρικός υπολογιστής
τοποθετημένος στον "Δία"

2.7.1 Κεντρικός Υπολογιστής

Το σύστημα ελέγχεται κεντρικά από έναν υπολογιστή βιομηχανικής χρήσης τύπου PC/104^A. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούμε τον MPCV855/I¹¹ της εταιρείας Advanced Digital Logic Inc. Ο υπολογιστής αυτός είναι εξοπλισμένος με επεξεργαστή Intel® Celeron® M 800MHz, 1GB RAM, 40GB σκληρό δίσκο, 4 θύρες σειριακής επικοινωνίας RS-232, 2 ενσύρματες θύρες δικτύου LAN, 1 ασύρματη θύρα δικτύου WLAN, καθώς και μερικές ακόμα θύρες επικοινωνίας για σύνδεση διάφορων περιφερειακών.

Σκοπός του κεντρικού υπολογιστή είναι η συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες που είναι συνδεδεμένοι με αυτόν (GPS, Πυξίδα, Laser Scanner, κ.α.) και ο γονικός έλεγχος όλης της πλατφόρμας. Με χρήση κατάλληλου λογισμικού θα γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων από τους αισθητήρες και θα δίνονται οι κατάλληλες εντολές προς τους κινητήρες (μέσω των LegBoard). Ο υπολογιστής παράλληλα μπορεί να εκτελεί και άλλες διεργασίες όπως είναι η καταγραφή δεδομένων, αποφυγή εμποδίων, διαχείριση ενέργειας και διάφορες άλλες εργασίες. Η υπολογιστική ισχύς του κεντρικού υπολογιστή θεωρείται επαρκής για μια πληθώρα παράλληλων διεργασιών.

Οι εντολές προς τον κεντρικό υπολογιστή μπορούν να δοθούν είτε μέσω του ασύρματου δικτύου, είτε μέσω της τοπικής οθόνης αφής.

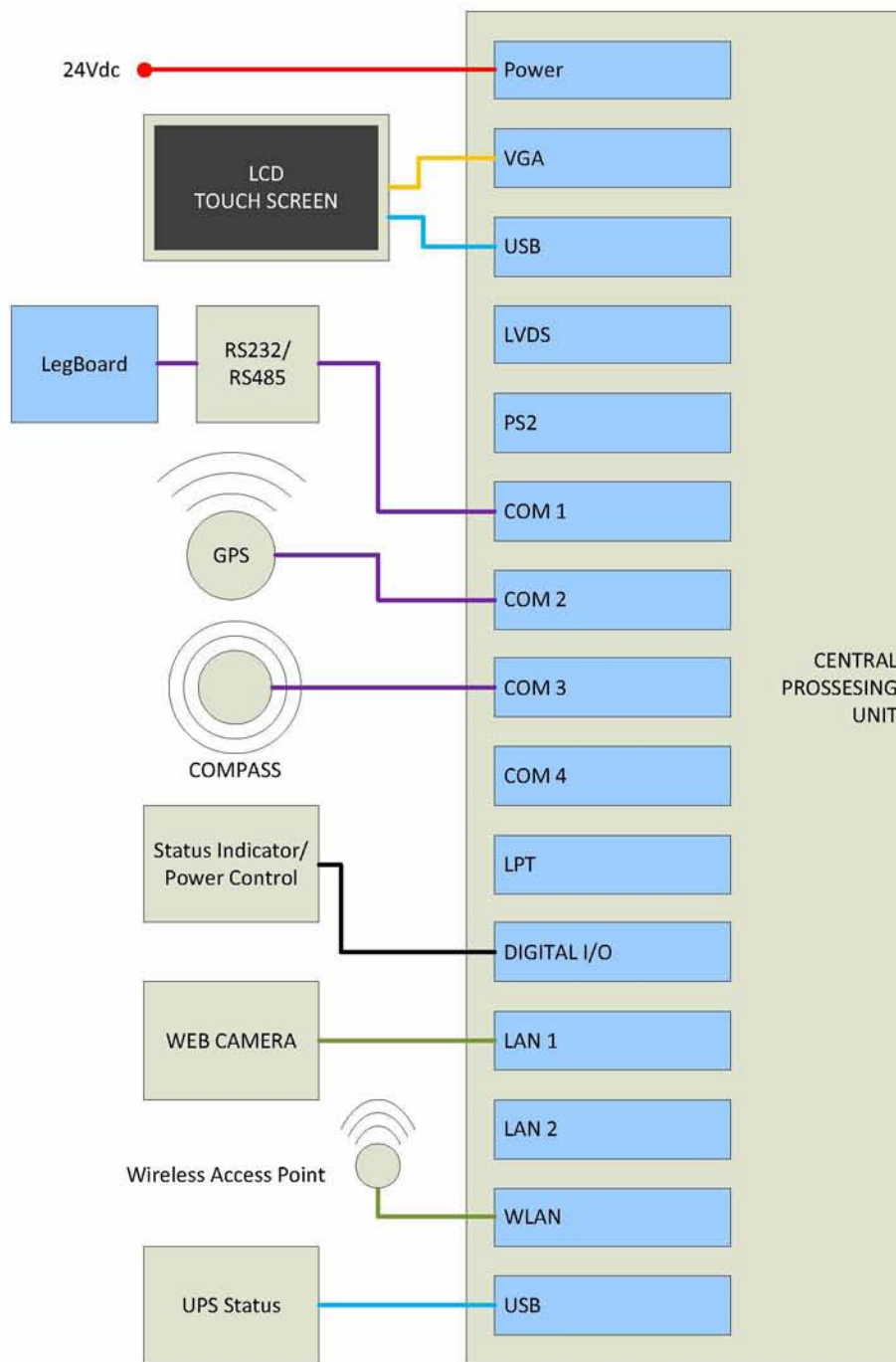
Σε αυτή την φάση του έργου ο κεντρικός υπολογιστής χρησιμοποιείται μόνο σαν πύλη πρόσβασης προς τα υποσυστήματα που είναι συνδεδεμένα με αυτόν.

Το περιβάλλον εργασίας που χρησιμοποιούμε είναι τα Microsoft® Windows® XP (ενδέχεται μελλοντικά να χρησιμοποιηθεί η έκδοση Embedded των Windows για περισσότερη σταθερότητα). Η χρησιμοποίηση του λειτουργικού συστήματος της Microsoft® έγινε με βάση της μεγάλη εμπειρία μας στον δημιουργία εφαρμογών για την συγκεκριμένη πλατφόρμα. Επιπλέον τα Windows® XP είναι η βάση ανάπτυξης και άλλων εφαρμογών (SAFAR^B) που θα χρησιμοποιηθούν στον "Δία".

Ο υπολογιστής τροφοδοτείται με 24Vdc μέσω του UPS έτσι ώστε να βρίσκεται συνεχώς σε λειτουργία και καταναλώνει 15W ισχύος. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται όλες οι συνδεσμολογίες από και προς τον υπολογιστή. Να σημειωθεί ότι η συγκεκριμένη συνδεσμολογία μπορεί να τροποποιηθεί ανάλογα με τις ανάγκες μας.

^A Form factor PC/104, <http://en.wikipedia.org/wiki/PC/104>

^B Software Architecture For Agricultural Robots, <http://www.mobotsoft.com>



Εικόνα 2.4 : Συνδεσμολογία Κεντρικού Υπολογιστή



Το κύκλωμα του LegBoard

2.7.2 LegBoard

Η βασική έκδοση της πλατφόρμας εκτός από την κεντρική μονάδα ελέγχου περιλαμβάνει τις μονάδες ποδιών με το υποστηρικτικό κύκλωμα της κάθε μίας. Το σύστημα του κάθε ποδιού ονομάζεται LegBoard και ελέγχει την κίνηση των δύο κινητήρων (γωνία στροφής του ποδιού και ταχύτητα). Το LegBoard επικοινωνεί με τον κεντρικό υπολογιστή μέσω σειριακής επικοινωνίας RS-485. Ο χειριστής μπορεί να παρακολουθήσει τις παραμέτρους σε μία οθόνη LCD που υπάρχει σε κάθε πόδι. Κάθε LegBoard περιλαμβάνει το τυπωμένο κύκλωμα, τα κυκλώματα οδήγησης των κινητήρων και την οθόνη. Ό αυτά είναι τοποθετημένα σε στεγανό κουτί IP56 διαστάσεων 190x140x70mm (Gewiss, GW44427¹²). Πάνω σε αυτό



Οπές στο κουτί ηλεκτρονικών LegBoard για την είσοδο των καλωδίων

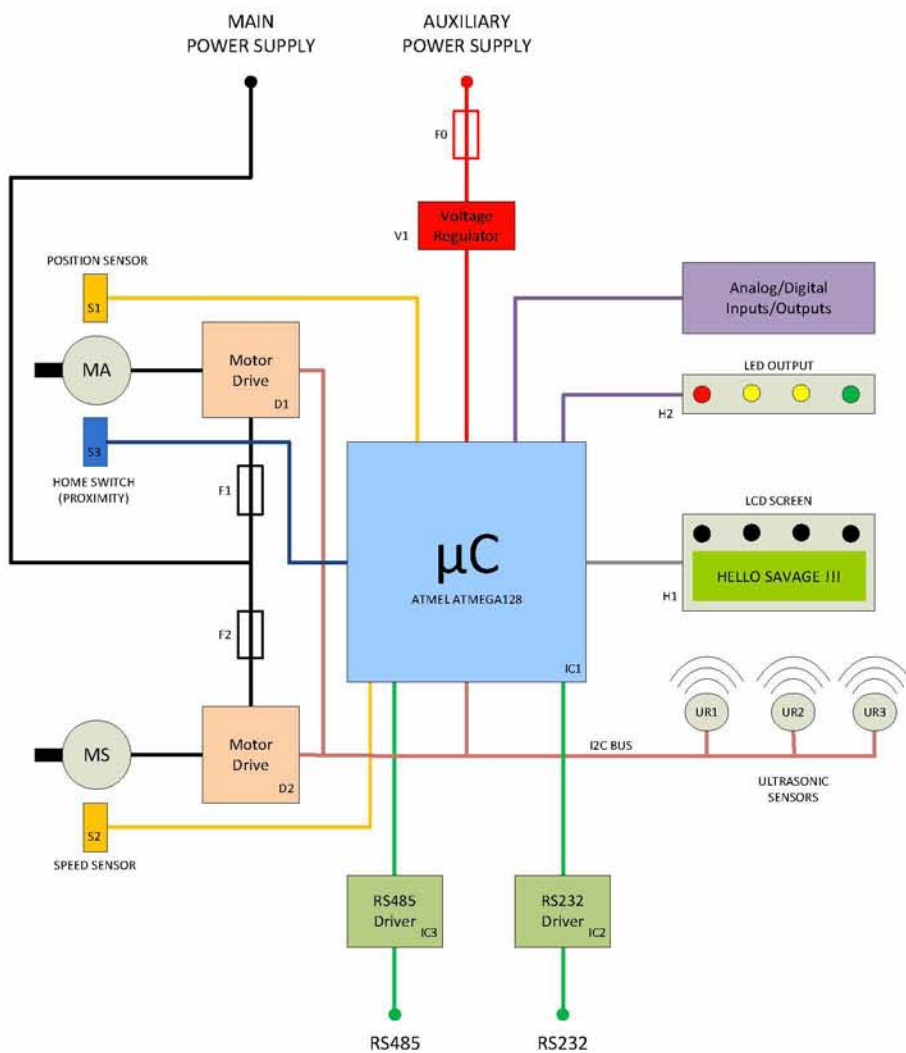


Σύνδεση κινητήρων στα κυκλώματα οδήγησης με χρήση ασφαλειών

είναι συνδεδεμένοι οι αισθητήρες γωνίας και ταχύτητας καθώς και οι αισθητήρες υπερήχων.

2.7.2.1 Αρχιτεκτονική

Ο έλεγχος γωνίας του τροχού και ο έλεγχος της ταχύτητας του σε κάθε πόδι του “Δία” ελέγχεται από το LegBoard. Κάθε Leboard ακολουθεί την αρχιτεκτονική που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2.5 : Αρχιτεκτονική LegBoard

Η καρδιά του LegBoard είναι ένα μικροεπεξεργαστής (IC1) πάνω στον οποίο συνδέονται οι θύρες επικοινωνίας, οι αισθητήρες, τα ενδεικτικά, η οθόνη και τα κυκλώματα οδήγησης των κινητήρων.

Τα LegBoard τροφοδοτείται μέσω κυκλώματος σταθεροποίησης (V1). Η επικοινωνία με τον κεντρικό υπολογιστή γίνεται μέσω του δικτύου RS-485 (IC3), ενώ υπάρχει και μια τοπική θύρα RS-232 (IC2) για διαγνωστικά ή για σύνδεση περιφερειακών μονάδων. Μέσω του τοπικού δικτύου I²C (βλέπε παράγραφο 3.3.6) ο μικροεπεξεργαστής επικοινωνεί με τα κυκλώματα οδήγησης των κινητήρων (D1,D2) (βλέπε παράγραφο 0). Τα κυκλώματα οδήγησης των κινητήρων τροφοδοτούνται από ανεξάρτητη παροχή αφού πρώτα ασφαλιστούν από πιθανό βραχυκύκλωμα με ασφάλεια 30A (F1, F2).



Ψηφιακός αισθητήρας παλμών HEDS-5701

Για τον έλεγχο της ταχύτητας χρησιμοποιούμε έναν ψηφιακό αισθητήρα παλμών (encoder) (S2) ο οποίος συνδέεται στον μικροεπεξεργαστή. Για τον έλεγχο της γωνίας εκτός από τον ψηφιακό αισθητήρα παλμών (S1) χρησιμοποιούμε και έναν επαγωγικό διακόπτη (S3) για την ανίχνευση της θέσης "0". Εναλλακτικά αντί του ψηφιακού αισθητήρα παλμών (S1) χρησιμοποιούμε έναν αναλογικό αισθητήρα (ποτενσιόμετρο).

Για την παρουσίαση της κατάστασης του LegBoard υπάρχει εκτός από τα ενδεικτικά led (H2), και μια αλφαριθμητική οθόνη (H1).

Στο δίκτυο I²C συνδέονται επίσης και οι αισθητήρες υπερήχων οι οποίοι μέσω του μικροεπεξεργαστή μεταφέρονται στον κεντρικό υπολογιστή (βλέπε παράγραφο 2.7.3.3).

Τέλος υπάρχουν διαθέσιμες εφεδρικοί ψηφιακές εισοδοί/έξοδοι και αναλογικές εισοδοί για μελλοντική χρήση και σύνδεση περιφερειακών μονάδων.

Περισσότερες λεπτομέρειες για το κύκλωμα του LegBoard θα βρείτε στην παράγραφο 3.3.

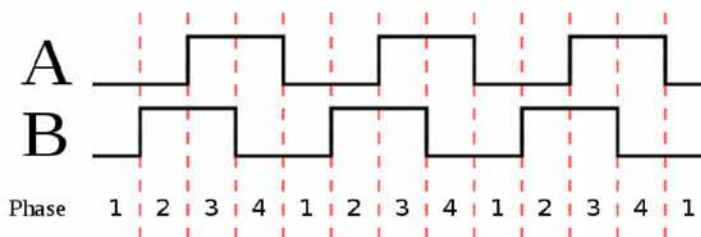


2.7.2.2 Αισθητήρες

Σε ένα κλειστό σύστημα ελέγχου ένα από τα βασικά συστατικά στοιχεία είναι οι αισθητήρες. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούμε στο LegBoard είναι οι ψηφιακοί αισθητήρες παλμών, ο αναλογικός αισθητήρας θέσης και ο επαγωγικός αισθητήρας θέσης.

Ο ψηφιακός αισθητήρας παλμών που χρησιμοποιούμε για τον έλεγχο της ταχύτητας είναι ο HEDS-5701-G01¹³ της εταιρείας Avago Technologies. Ο αισθητήρας αυτός είναι αυξητικού τύπου (incremental encoder^c) το οποίο σημαίνει ότι μας δίνει της σχετική θέση του περιστρεφόμενου αντικείμενου σε αντίθεση με τους αισθητήρες απόλυτου τύπου (absolute encoder) οι όποιοι είναι αρκετά πιο ακριβοί. Ο αισθητήρας παράγει δυο παλμοσειρές (A+B) με διαφορά φάσης 90° μεταξύ τους, ανάλυσης 360 παλμών ανά περιστροφή. Έχουμε δηλαδή ακρίβεια 1°.

Τοποθέτηση αισθητήρα παλμών για μέτρηση ταχύτητας



Εικόνα 2.6 : Έξοδος αυξητικού αισθητήρα παλμών

^c Rotary encoder, http://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_encoder



Ποτενσιόμετρο 6657S



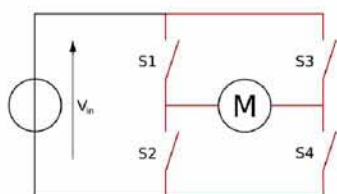
Τοποθέτηση αναλογικού αισθητήρα γωνίας



Λεπτομέρειες τοποθέτησης αισθητήρα θέσης "0"



Κύκλωμα οδήγησης κινητήρων MD03 της Devantech Ltd.



Κύκλωμα Γέφυρας "H"

Στην αρχική κατασκευή, για την μέτρηση της γωνίας χρησιμοποιήθηκε αυξητικός ψηφιακός αισθητήρας. Λόγω του ότι η χρήση του συγκεκριμένου αισθητήρα απαιτεί αρχικοποίηση της μέτρησης της γωνίας, επειδή η μέτρηση της γωνίας είναι σχετική και όχι απόλυτη, τελικά χρησιμοποιήθηκε αναλογικός αισθητήρας, ο οποίος δεν χρειάζεται αρχικοποίηση (ρύθμιση).

Ο αναλογικός αισθητήρας μέτρησης της γωνίας είναι το ποτενσιόμετρο 6657S-1-502¹⁴ της εταιρείας Bougns το οποίο έχει ονομαστική τιμή 5KΩ. Το συγκεκριμένο ποτενσιόμετρο είναι μιας περιστροφής, ατέρμονο, με ενεργή γωνία 340°. Με δεδομένο ότι η ανάλυση του αναλογικού/ψηφιακού μετατροπέα του μικροεπεξεργαστή είναι 10 bit, η ακρίβεια μέτρησης της γωνίας είναι 0,33°. Το μειονέκτημα της χρήσης του αναλογικού ποτενσιόμετρου για την μέτρηση της γωνίας είναι ότι δεν επιτρέπει την ελεύθερη περιστροφή του ποδιού, περιορίζοντάς την στις ±170°, το οποίο όμως δεν δημιουργεί πρόβλημα στη δεδομένη χρήση.

Για την εύρεση της θέσης "0" της γωνίας έχει τοποθετηθεί ένας επαγωγικός αισθητήρας. Ο αισθητήρας IM05-08BPS-ZW1¹⁵ της εταιρείας SICK λειτουργεί με το φαινόμενο "Hall"^D. Η μέγιστη απόσταση ανίχνευσης είναι 0,8mm. Πρέπει να δοθεί πολύ μεγάλη προσοχή στην τοποθέτηση του αισθητήρα καθώς μια εσφαλμένη ενεργοποίηση του ή μη ενεργοποίησή του κατά την διάρκεια ρύθμισης της θέσης "0" συνεπάγεται την μη ευθυγράμμιση όλων των τροχών του οχήματος.

2.7.2.3 Οδήγηση Κινητήρων

Λόγω του αρκετά μεγάλου ρεύματος λειτουργίας που απαιτούν οι κινητήρες, σε σχέση με την κατανάλωση των λοιπών ηλεκτρονικών (μικροεπεξεργαστή, αισθητήρες κ.τ.λ.), απαιτούνται ειδικά κυκλώματα για την οδήγησή τους. Για να αποφύγουμε την κατασκευή κυκλωμάτων ισχύος για την οδήγηση των κινητήρων κάναμε μια έρευνα αγοράς για την προμήθειά τους. Για την οδήγηση κινητήρων συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιούνται κατά κόρον κυκλώματα τεχνολογίας FET.

Το κύκλωμα οδήγησης (drive) MD03¹⁶ της εταιρείας Devantech Ltd. είναι ένα κύκλωμα οδήγησης κινητήρων μέσης ισχύος, σχεδιασμένο να παρέχει ισχύ μεγαλύτερη από οποιαδήποτε ολοκληρωμένο κύκλωμα γέφυρας "H"^E που κυκλοφορεί¹⁷. Κύρια χαρακτηριστικά του είναι η ευκολία χρήσης και η ευελιξία. Η ισχύς του κινητήρα ελέγχεται μέσω PWM^F σε συχνότητα 15kHz. Το κύκλωμα απαιτεί δύο τάσεις τροφοδοσίας, μία των 5Vdc για τον έλεγχο λειτουργίας (με ρεύμα λειτουργίας 50mA) και μια για την τροφοδοσία των κινητήρων (δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 60Vdc). Το μέγιστο ρεύμα του κυκλώματος οδήγησης είναι 20A, το οποίο σημαίνει ότι με 24Vdc

^D Hall effect, http://en.wikipedia.org/wiki/Hall_effect

^E H bridge, http://en.wikipedia.org/wiki/H_bridge

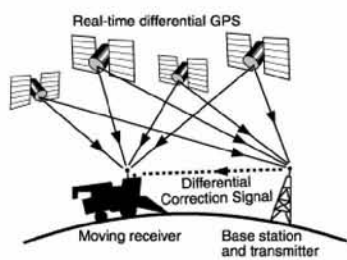
^F Pulse Width Modulation, http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation



Τοποθέτηση κυκλωμάτων οδήγησης στο κουτί ηλεκτρονικών σε κάθε πόδι



Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης αποτελείται από 24 δορυφόρους



Διάταξη συστήματος RTK GPS

τροφοδοσία η μέγιστη ισχύς του συνδεδεμένου κινητήρα είναι 480W. Αν και προστατεύεται από ηλεκτρονικό κύκλωμα περιορισμού του ρεύματος απαιτείται η χρήση μιας ασφάλειας 25-30A.

Οι επιλογές διασύνδεσης με τον μικροεπεξεργαστή είναι αρκετές. Η εντολές προς το MD03 μπορεί να είναι είτε μια αναλογική είσοδος, είτε μια είσοδος PWM, είτε μια είσοδος RC, είτε , τέλος, διασύνδεση μέσω δίαυλου I²C (παράγραφος 3.3.6).

Μέσω του δίαυλου I²C έχουμε αμφίδρομη επικοινωνία με τον ελεγκτή και έτσι μπορούμε να λάβουμε πληροφορίες για την κατάσταση του αλλά και επίσης να αλλάξουμε και κάποιες παραμέτρους, όπως για παράδειγμα την επιτάχυνση.

Περισσότερες λεπτομέρειες θα βρείτε στο τεχνικό φυλλάδιο της συσκευής.

2.7.3 Περιφερειακά

2.7.3.1 GPS

Το GPS (Global Positioning System) ή Παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης είναι ένα σύστημα ραδιο-πλοήγησης βασισμένο σε 24 δορυφόρους και σε υποστήριξη εδάφους. Το GPS παρέχει στους χρήστες ακριβείς πληροφορίες για τη θέση τους, το υψόμετρο, την ταχύτητα, την κατεύθυνση της κίνησης τους, την ώρα όπου και εάν βρίσκονται και τις καιρικές συνθήκες.¹⁸

Οι δορυφόροι του GPS εκπέμπουν συνέχεια δεδομένα για την θέση του δορυφόρου και για την ώρα. Έτσι οι δέκτες GPS συλλέγοντας αυτές τις πληροφορίες από διάφορους δορυφόρους υπολογίζουν τη θέση τους.

Το GPS είναι διαθέσιμο σε δύο βασικές μορφές: στη υπηρεσία βασικής θέσης (Standard Positioning Service – SPS) και στην υπηρεσία ακριβής θέσης (Precise Positioning Service – PPS). Η πρώτη παρέχει την θέση η οποία έχει απόκλιση μέχρι 100 μέτρα ενώ η δεύτερη μέχρι τα 20 μέτρα. Για εξουσιοδοτημένους χρήστες (Δηλαδή για το στρατό και τους συμμάχους των Η.Π.Α.) η υπηρεσία ακριβής θέσης παρέχει μεγαλύτερη αντίσταση στις παρεμβολές.

Επειδή όμως η ακρίβεια του συστήματος GPS δεν είναι μεγάλη έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές για την αύξηση της ακρίβειας.

Το Διαφορικό GPS είναι μια μέθοδος μείωσης των σφαλμάτων, με σκοπό ο δέκτης GPS να μας δίνει όσο το δυνατόν πιο ακριβείς πληροφορίες. Το DGPS επιτυγχάνει ακρίβεια θέσης 5m.

Η μέθοδος βασίζεται πάνω στην αρχή ότι τα περισσότερα σφάλματα που παρουσιάζονται σε ένα δέκτη GPS σε μια περιοχή, είναι κοινά σφάλματα. Τα κοινά αυτά σφάλματα προέρχονται από κάποιους παράγοντες που προαναφέρθηκαν, όπως το σφάλμα του χρονομέτρου του δέκτη, η επιλεκτική διαθεσιμότητα του σήματος και σε καθυστερήσεις στη

μετάδοση του ραδιοσήματος που οφείλονται στην παρεμβολή της ιονόσφαιρας.

Αν ένας δέκτης GPS τοποθετηθεί σε μια σταθερή θέση, όπου είναι γνωστές οι συντεταγμένες και στη συνέχεια τεθεί σε λειτουργία για να αρχίσει να εντοπίζει τη θέση του (να υπολογίζει τις συντεταγμένες του), η διαφορά μεταξύ των υπολογιζόμενων και των γνωστών συντεταγμένων είναι το σφάλμα. Ο σταθερός αυτός δέκτης συχνά καλείται επίγειος σταθμός βάσης (base station) ή σταθμός αναμετάδοσης/αναφοράς (GPS Reference Station). Το σφάλμα που υπολογίζεται από το δέκτη GPS του σταθμού βάσης (σταθερό GPS), χρησιμοποιείται και στους υπόλοιπους μετακινούμενους δέκτες GPS.



Σταθμός βάσης σε σύστημα RTK GPS

Επειδή οι πηγές που προκαλούν τα προαναφερόμενα σφάλματα συνέχεια αλλάζουν, είναι αναγκαίο να γίνει διόρθωση του σφάλματος, που υπολογίστηκε από το σταθερό σταθμό, πολύ γρήγορα προς το φορητό δέκτη GPS. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι να αποθηκεύονται δεδομένα στο σταθερό σταθμό και στον φορητό δέκτη GPS, οπότε αργότερα τα δεδομένα αυτά μπορούν να υποστούν επεξεργασία. Αυτή η διαδικασία καλείται εκ των υστέρων επεξεργασία και είναι πολύ κοινή στις χαρτογραφικές εφαρμογές.

Ο άλλος τρόπος είναι να μεταδοθούν τα δεδομένα τηλεμετρικά από το σταθμό βάσης προς το φορητό δέκτη (σταθμό), οπότε ο υπολογισμός του σφάλματος γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η διεργασία καλείται διαφορικό σύστημα εντοπισμού θέσης σε πραγματικό χρόνο (Real Time DGPS ή Real Time Kinematic (RTK) GPS).

Στην εκ των υστέρων επεξεργασία και οι δύο δέκτες, ο σταθερός σταθμός και ο φορητός δέκτης GPS, καταγράφουν τα ραδιοσήματα (από τους δορυφόρους GPS) ταυτόχρονα. Το πως γίνεται αυτό, εξαρτάται από την εκάστοτε περίπτωση. Μια περίπτωση είναι να καταγράφουν τα ραδιοσήματα απευθείας στο δέκτη GPS. Αυτή είναι κοινή περίπτωση που χρησιμοποιείται σε χαρτογραφικές εφαρμογές, όπου ο σταθμός βάσης και φορητός δέκτης χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν συγκεκριμένη “νοητή γραμμή”, δηλαδή την ευθεία που ενώνει νοητά το σταθμό βάσης με το φορητό GPS. Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της γραμμής αυτής, τόσο μικρότερη είναι η επιτυγχάνομενη ακρίβεια του φορητού GPS. Η μέγιστη απόσταση μεταξύ τους δεν πρέπει να ξεπερνά 10-15 χιλιόμετρα

Σαν αποτέλεσμα αυτής της διόρθωσης παίρνουμε μια ακρίβεια των 1-5 cm. Μέχρι τώρα δεν έχει υπάρξει ένα εθνικό δίκτυο σταθμών βάσης. Αντ'αυτού πρέπει να φτιάξουμε δικό σας σταθμό βάσης στην περιοχή που θέλουμε να εργαστούμε. Τα τελευταία χρόνια ιδιωτικές εταιρείες προσφέρουν τους σταθμούς βάσης με συνδρομή, πράγμα που σημαίνει ότι δεν απαιτείται η αγορά και τοποθέτησή του.



Δέκτης RTK-GPS, AgGPS 252

Εξοπλισμός

Για τον έλεγχο του οχήματος με ακρίβεια έχουμε προμηθευτεί ένα σύστημα RTK GPS της εταιρείας Trimble. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τον κεντρικό σταθμό βάσης AgGPS RTK Base 450¹⁹ και τον φορητό σταθμό AgGPS 252²⁰. Το φορητός σταθμός είναι συνδεδεμένος με τον κεντρικό υπολογιστή με μια σειριακή θύρα RS-232. Τα δεδομένα του Trimble GPS είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές του πρότυπου NMEA^G 0183 (Υποστηρίζονται οι προτάσεις: GGA, GLL, GRS, GST, GSA, GSV, MSS, RMC, VTG, ZDA, XTE), το οποίο περιγράφει μια τυπική RS-232 επικοινωνία για ανταλλαγή διαφόρων πληροφοριών πλοήγησης (από GPS, Ραντάρ, πυξίδα, κλπ).

Ο σταθμός βάσης AgGPS RTK Base 450 τροφοδοτείται από μια ενσωματωμένη μπαταρία και αποστέλλει τα δεδομένα διόρθωσης συνεταγμένων στην συχνότητα των 450MHz.

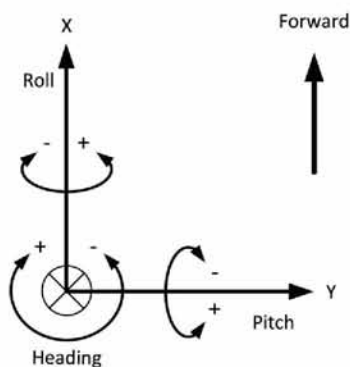
Ο δέκτης AgGPS 252 τροφοδοτείται με 12Vdc μέσω του συστήματος UPS και καταναλώνει 350mA. Η συχνότητα δειγματοληψίας κυμαίνεται από 1Hz έως 10Hz, ενώ η ακρίβεια μετρήσεων (σε συνδυασμό με τον σταθμό βάσης) είναι 2,5cm. Ο δέκτης για την σύνδεση με τον σταθμό βάσης είναι ενσωματωμένος.

2.7.3.2 Πυξίδα

Δεδομένου ότι το GPS μπορεί να μας πληροφορήσει για τον προσανατολισμό του οχήματος μόνο κατά την κίνηση του, χρειαζόμαστε έναν αισθητήρα ο οποίος θα μπορεί να μας δώσει τον προσανατολισμό του οχήματος ακόμα και όταν αυτό είναι σταματημένο. Ο αισθητήρας αυτός είναι μια ψηφιακή πυξίδα, η οποία μας δίνει πληροφορίες προσανατολισμού σε 3 άξονες.

Η HMR-3000²¹ της εταιρείας Honeywell είναι μια ψηφιακή πυξίδα που παρέχει πληροφορίες για προσανατολισμού σε τρεις άξονες, κατεύθυνση, κλίση, στροφή (heading-pitch-roll). Οι τρεις μαγνητικοί αισθητήρες είναι προσανατολισμένοι σε ορθογώνιες κατευθύνσεις και μαζί με ένα αισθητήρα κλίσης χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του διανύσματος του μαγνητικού πεδίου της γης. Αυτοί οι solid-state αισθητήρες δημιουργούν μια συμπαγή και αξιόπιστη πυξίδα.

Η πυξίδα συνδέεται μέσω σειριακής θύρας RS-232 με τον κεντρικό υπολογιστή με ταχύτητα σύνδεσης από 1200 έως 19200 bit/s και μπορεί να τον ενημερώνει για τον προσανατολισμό μέχρι 20 φορές το δευτερόλεπτο. Τα δεδομένα που μεταφέρονται στον κεντρικό υπολογιστή είναι συμβατά με το πρότυπο NMEA 0183 (Υποστηρίζονται οι προτάσεις: HDG, HDT, XDR, HPR, RCD, CCD).



Κατεύθυνση, κλίση, στροφή

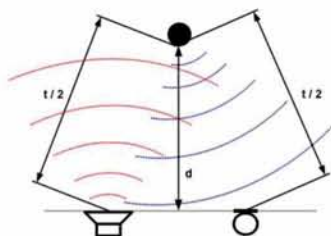


Ψηφιακή πυξίδα HMR-3000

^G National Maritime Electronics Association

Η HMR-3000 είναι συσκευασμένη σε αλουμινένιο κουτί διαστάσεων 106x38x20mm, τροφοδοτείται με 6 έως 15Vdc και καταναλώνει περίπου 0,17W.

Η ανάλυση της κατεύθυνσης (heading) είναι 0.1°, με την επαναληψιμότητα να κυμαίνεται στο $\pm 0.3^\circ$. Ο αισθητήρας κλίσης και στροφής (pitch, roll) μπορεί να μετρήσει γωνίες και στους δύο άξονες έως και $\pm 40^\circ$, με ακρίβεια $\pm 0.4^\circ$ και επαναληψιμότητα $\pm 0.2^\circ$.



Η αρχή λειτουργίας μέτρησης απόστασης με υπέρηχους



Ο πομποδέκτης υπέρηχων SRF02 της Devantech

2.7.3.3 Υπέρηχοι

Ένα σημαντικό στοιχείο στις αυτόνομα κινούμενες πλατφόρμες είναι η δυνατότητα εύρεσης και αποφυγής εμποδίων. Η εύρεση εμποδίων μπορεί να γίνει με διάφορες τεχνολογίες (υπέρηχους, radar, κάμερες). Κάθε μια από αυτές έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

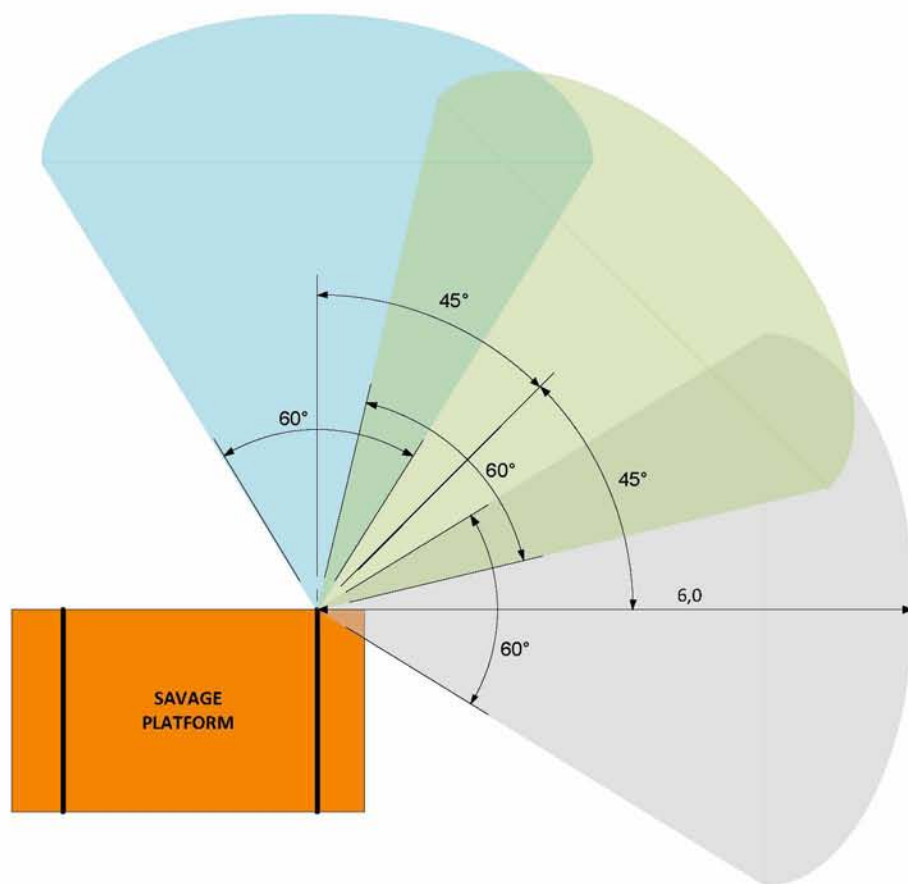
Ο τρόπος λειτουργίας ενός αισθητήρα υπέρηχων είναι ο εξής: ο πομπός παράγει υπερήχους, τα σήματα προσκρούουν σε αντικείμενα που βρίσκονται στο πεδίο τους και από την επιστροφή των ανακλώμενων σημάτων, ένα ειδικό κύκλωμα προσδιορίζει την απόσταση του εμποδίου από τον πομπό. Εφόσον είναι γνωστά η ταχύτητα του ήχου, βρίσκοντας τον χρόνο που χρειάζεται το σήμα για την διαδρομή από τον πομπό στο εμπόδιο και πάλι πίσω, μπορεί να υπολογισθεί η απόσταση του πομποδέκτη από το εμπόδιο²².

Ο αισθητήρας SRF02²³ της εταιρείας Devantech Ltd επιτρέπει την ανίχνευση αντικειμένων σε απόσταση μεγαλύτερη από 0,16m και μικρότερη από 6m. Η ακρίβεια της μέτρησης είναι 1mm και η γωνία ανίχνευσης $\pm 40^\circ$. Το SRF02 λειτουργεί στην συχνότητα των 40KHz, τροφοδοτείται με 5Vdc και καταναλώνει περίπου 4mA. Η επικοινωνία με τον αισθητήρα γίνεται είτε μέσω σειριακής θύρας RS-232 (TTL), είτε μέσω του δίαυλου I²C. Και με την δύο μεθόδους έχουμε την δυνατότητα παράλληλης σύνδεσης έως και 16 αισθητήρων.

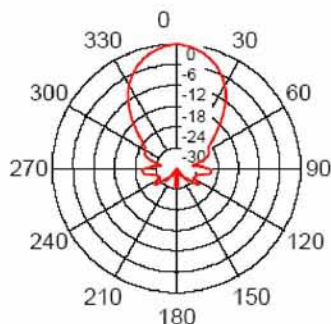
Κάθε αισθητήρας είναι τοποθετημένος σε ένα στεγανό IP56 κουτί διαστάσεων 51x53x35mm (G362, Velleman).

Υπάρχουν κάποιες περιπτώσεις που το αισθητήριο υπερήχων αδυνατεί να αναγνωρίσει εμπόδια. Μια περίπτωση, είναι το εμπόδιο να βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη των 6 μέτρων. Μία άλλη περίπτωση είναι Το εμπόδιο να βρίσκεται υπό γωνία θ με το αισθητήριο και η γωνία αυτή να είναι μικρότερη των 45 μοιρών και ο ήχος δεν θα αντανακλαστεί προς τα πίσω. Επίσης υπάρχει η περίπτωση ένα αντικείμενο να είναι υπερβολικά μικρό, όπου και πάλι δεν θα είναι εφικτή η αντανάκλαση του ήχου. Υπάρχουν και περιπτώσεις που οι υπέρηχοι που παράγει το αισθητήριο προσπίπτουν σε απορροφητικές για τον ήχο επιφάνειες και δεν ανακλώνται οι παλμοί. Τέτοιες είναι συνήθως πορώδεις επιφάνειες σαν αυτή που έχουν τα ηχομονωτικά υλικά κτλ.

Για τον “Δία” κατασκευάσαμε ένα δίκτυο από αισθητήρες υπέρηχων το οποίο είναι τοποθετημένο περιμετρικά του οχήματος. Για να καλυφθεί ολόκληρη η περίμετρος χρειάζονται 12 αισθητήρες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 2.7 : Λεπτομερής ανάλυση τοποθέτηση αισθητήρων υπέρηχων



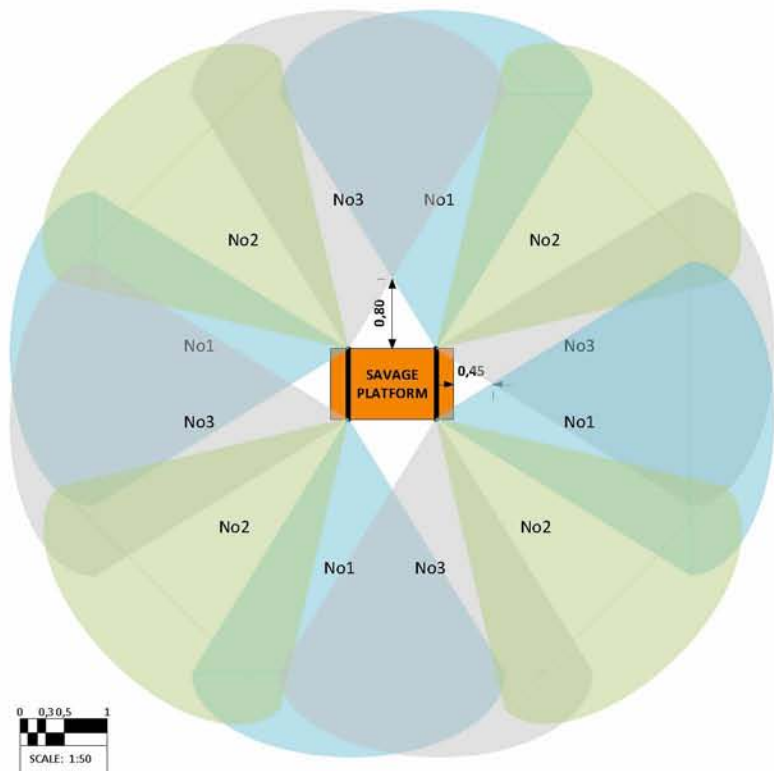
Ο πομποδέκτης υπέρηχων SRF02 της Devantech

Συμφώνα με το πολικό διάγραμμα του αισθητήρα η ενεργή γωνία ανίχνευσης είναι περίπου 80°. Για καλύτερα αποτελέσματα θεωρούμε ότι η ενεργή γωνία είναι 60°. Στην Εικόνα 2.7 βλέπουμε ότι σε κάθε γωνία του οχήματος τοποθετήσαμε 3 αισθητήρες, με γωνία 45° μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνουμε μια κάλυψη περίπου 240°. Οι 3 αυτοί αισθητήρες είναι συνδεδεμένοι σε κάθε LegBoard μέσω του διαυλου I²C. Η ανάγνωση των τιμών των αισθητήρων από τον κεντρικό υπολογιστή γίνεται μέσω του δικτύου RS-485.

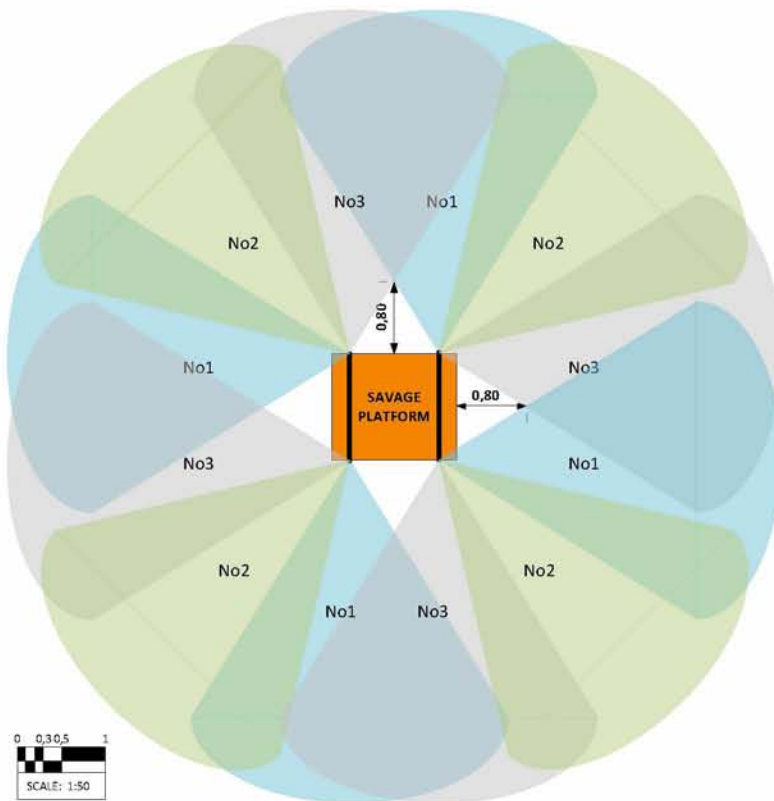
Έτσι η συνολική κάλυψη στην περίμετρο του οχήματος φαίνεται στα παρακάτω γραφήματα. Τα δύο γραφήματα δείχνουν την κάλυψη στο ελάχιστο και στο μέγιστο πλάτος του οχήματος.



Τοποθέτηση αισθητήρων σε κάθε πόδι.



Εικόνα 2.8 : Συνολική κάλυψη αισθητήρων υπέρηχων (Πλάτος οχήματος 0.80m)



Εικόνα 2.9 : Συνολική κάλυψη αισθητήρων υπέρηχων (Πλάτος οχήματος 1.20m)



PTZ κάμερα WVC200



Προβολή εικόνας σε πρόγραμμα περιήγησης

2.7.3.4 Κάμερα

Η προσθήκη μιας ασύρματης τηλεχειριζόμενης κάμερας μας επιτρέπει να βλέπουμε την περιοχή γύρω από το όχημα όταν αυτό βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση.

Η WVC200²⁴ της Linksys είναι μια ασύρματη PTZ^H κάμερα, η οποία υποστηρίζει σύνδεση σε ενσύρματο και ασύρματο δίκτυο Ethernet (IEEE 802.11b/g). Η ανάλυση της εικόνας είναι 640x480pixel με ρυθμό ανανέωσης 30fps (frame per second) και συμπίεση MPEG4 ή MJPEG. Ο φακός έχει γωνία λήψης 60°, γωνιά περιστροφής ±67° και γωνία κλίσης 30° επάνω και 34° κάτω.

Η κάμερα τροφοδοτείται με 5Vdc και καταναλώνει περίπου 4W. Η τροφοδοσία της κάμερας γίνεται μέσα από κύκλωμα μετατροπέα DC/DC (βλέπε παράγραφο 3.1.2.1).

Η προβολή της εικόνας της κάμερα μπορεί να γίνει μέσα από πρόγραμμα περιήγησης (Internet Explorer, Firefox, Chrome, Safari κ.α.) ενώ μελλοντικά μπορεί να ενσωματωθεί με το πρόγραμμα διαχείρισης του “Δία”.

2.8 Δίκτυο Επικοινωνίας

Η επικοινωνία του κεντρικού υπολογιστή και των LegBoard γίνεται μέσω δικτύου RS-485.



Μοντέλο αναφοράς OSI

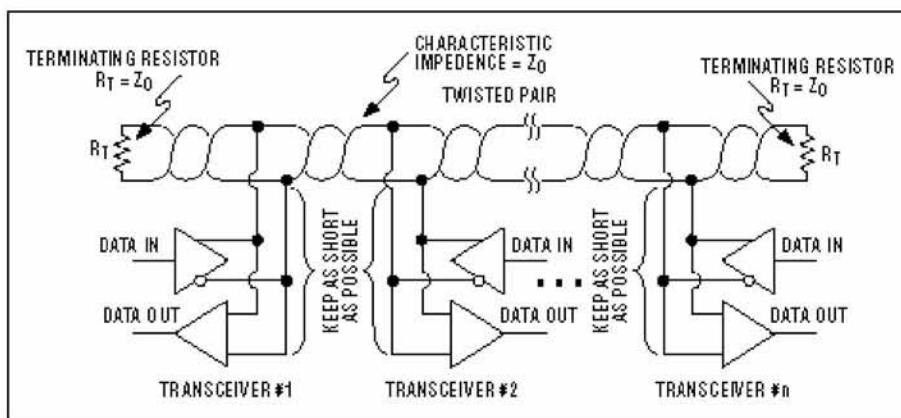
Το δίκτυο επικοινωνίας EIA-485²⁵, γνωστό και ως TIA/EIA-485 ή RS-485, είναι ένα πρότυπο που καθορίζει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των συσκευών για χρήση σε ψηφιακά συστήματα πολλαπλών σημείων. Το πρότυπο ανήκει στο φυσικό επίπεδο (Επίπεδο 1) στο μοντέλο αναφοράς OSI²⁶. Το πρότυπο δημοσιεύεται από την ANSI Telecommunications Industry Association^I / Electronic Industries Alliance^J (TIA / EIA). Τα ψηφιακά δίκτυα που εφαρμόζουν το πρότυπο EIA-485 μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά σε μεγάλες αποστάσεις και σε περιβάλλοντα με ηλεκτρικό θόρυβο. Σε ένα τέτοιο δίκτυο μπορεί να συνδεθούν πολλαπλοί δέκτες/παραλήπτες σε γραμμική διαμόρφωση. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν αυτά τα δίκτυα χρήσιμα σε βιομηχανικό περιβάλλον και παρόμοιες εφαρμογές.

Το πρότυπο EIA-485 καθορίζει μόνο ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του πομπού και του δέκτη. Δεν προσδιορίζει ούτε συνιστά κανένα πρωτόκολλο επικοινωνίας. Το EIA-485 επιτρέπει τη διαμόρφωση φθηνών τοπικών δικτύων. Προσφέρει τη διαβίβαση των δεδομένων με ταχύτητες της τάξης των 35Mbit/s έως και 10m και 100kbit/s στα 1200m.

^H Pan-Tilt-Zoom

^I Telecommunications Industry Association, <http://www.tiaonline.org>

^J Electronic Industries Alliance, <http://www.ecaus.org/eia/site/index.html>

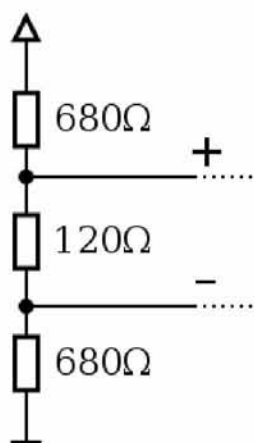


Εικόνα 2.10 : Τυπική διάταξη δικτύου EIA-485

Δεδομένου ότι χρησιμοποιεί μια διαφορική ισορροπημένη γραμμή επικοινωνίας μέσω συνεστραμμένου ζεύγους μπορεί να εκτείνεται σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι η ταχύτητα σε bit/s επί το μήκος σε μέτρα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 10^8 . Έτσι σε ένα καλώδιο 50 μέτρων η ταχύτητα δεν θα πρέπει υπερβαίνει τα 2Mbit/s.²⁷

Πίνακας 2.4 : Χαρακτηριστικά EIA RS-485

Πρότυπο	EIA RS-485
Φυσικό μέσο	Συνεστραμμένο ζεύγος
Τυπολογία δικτύου	Point-to-point, Multi-dropped, Multi-point
Αριθμός συσκευών	Μέγιστο 32
Απόσταση	Μέγιστο 1200m
Ταχύτητα	100 kbit/s έως 10 Mbit/s
Τάση λειτουργίας	-7 V έως +12 V
Λογικό (1)	Θετική τάση (B-A > +200 mV)
Λογικό (0)	Αρνητική τάση (B-A < -200 mV)
Ονομασίες	Tx+/Rx+, Tx-/Rx- (Half Duplex)



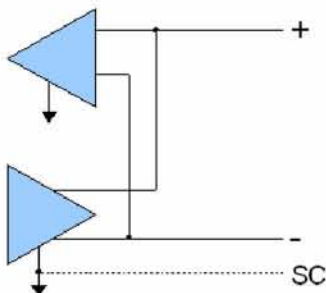
Διάταξη αντίστασης τερματισμού (120Ω) και αντιστάσεων προκατάληψης

Σε αντίθεση με το EIA-422²⁸, το οποίο έχει μόνο ένα κύκλωμα οδήγησης που δεν μπορεί να απενεργοποιηθεί, στο EIA-485 υπάρχουν δυο κυκλώματα οδήγησης, ένα για την λήψη και ένα για της αποστολή. Αυτό επιτρέπει στο EIA-485 την χρήση γραμμικής τοπολογίας δικτύου, χρησιμοποιώντας μόνο δύο καλώδια.

Η συνιστώμενη διάταξη των καλωδίων είναι γραμμική σύνδεση κόμβων σε σειρά, σε γραμμή, δαχτυλίδι, ή συνδυασμός των προηγούμενων. Στην ιδανική περίπτωση, τα δύο άκρα του καλωδίου πρέπει να υπάρχει μια αντίσταση τερματισμού συνδεδεμένη στις δύο καλώδια. Η μη χρησιμοποίηση αντιστάσεων τερματισμού, μπορεί να προκαλέσει καταστροφή δεδομένων λόγω των αντανάκλασεων που δημιουργούνται στα άκρα του δικτύου. Οι αντιστάσεις τερματισμού επίσης μειώνουν την ευαισθησία στο θόρυβο που οφείλεται στη χαμηλή αντίσταση, γι αυτό το λόγο απαιτούνται και αντιστάσεις προκατάληψης (bias). Η τιμή κάθε

αντίστασης τερματισμού θα πρέπει να είναι ίση με την αντίσταση του καλωδίου (συνήθως 120Ω για συνεστραμμένα ζεύγη).

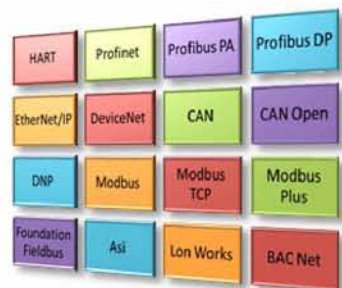
Συχνά σε ένα δίκτυο master-slave, κάποια συσκευή θεωρείται master και διαχειρίζεται όλες τις δραστηριότητες επικοινωνίας. Σε αυτήν τη τοπολογία, η συσκευή master βρίσκεται συνήθως σε κεντρική τοποθεσία, κατά μήκος του καλωδίου, οπότε οι δύο συσκευές slave θα βρίσκονται στο φυσικό τέλος των καλωδίων.



Σύνδεση RS-485 με 3 σύρματα

Ακόμα κι αν τα δεδομένα μεταδίδονται μέσω ενός καλωδίου 2-συρμάτων συνεστραμμένου ζεύγους, όλα οι πομποδέκτες EIA-485 ερμηνεύουν τα επίπεδα της τάσης σε σχέση με ένα τρίτο σημείο αναφοράς. Χωρίς αυτό το κοινό σημείο αναφοράς ένα σύνολο από πομποδέκτες μπορούν να ερμηνεύουν διαφορετικά τα ίδια σήματα. Σε μια τυπική τοπολογία, αυτή η τρίτη τάση υπονοείται ότι είναι η παροχή ρεύματος. Ωστόσο, μιλώντας ουσιαστικά, δεν υπάρχει τίποτα που να υπαγορεύει ότι αυτή η κοινή τάση πρέπει να είναι το ίδιο με αυτή της τροφοδοσίας. Στην πραγματικότητα, ορισμένες τοπολογίες καλωδίωσης (Master-Slave / Token-Passing) απαιτούν την πλήρη απομόνωση μεταξύ των διαφόρων συσκευών EIA-485 και έτσι απαιτείται η χρήση και τρίτου καλωδίου για την κοινή σύνδεση²⁹.

Το πρότυπο EIA-485, όπως και το EIA-422 μπορεί να υποστηρίξει πλήρη αμφίδρομη επικοινωνία, χρησιμοποιώντας τέσσερα καλώδια. Το πρότυπο EIA-485 προδιαγράφει επικοινωνία πολλών σημείων, ωστόσο αυτό δεν είναι απαραίτητο σε πολλές περιπτώσεις. Τα πρότυπα EIA-485 και EIA-422 μπορούν συνεργαστούν με ορισμένους περιορισμούς.



Ορισμένα βιομηχανικά δίκτυα που στηρίζονται στο πρότυπο EIA-485

Για την επικοινωνία με άλλες μορφές δικτύων υπάρχουν κατάλληλοι μετατροπείς EIA-485. Με τη χρήση επαναλήπτων μπορεί να σχηματιστούν πολύ μεγάλα δίκτυα RS-485.

Το πρότυπο EIA-485 χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα των ηλεκτρονικών υπολογιστών και συστημάτων αυτοματισμού. Το EIA-485 χρησιμοποιείται ως βάση σε πολλά τυποποιημένα πρωτόκολλα επικοινωνίας βιομηχανικών συστημάτων ελέγχου, συμπεριλαμβανομένων των πιο γνωστών Modbus και Profibus. Αυτά χρησιμοποιούνται σε προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές και συστήματα απεικόνισης. Λόγω στο ότι αντιστέκεται ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές από μηχανές θεωρείται η ιδανική λύση.

Αν και πολλές εφαρμογές χρησιμοποιούν το EIA-485 τα επίπεδα τάσης του σήματος, η ταχύτητα, η μορφή και το πρωτόκολλο της διαβίβασης των στοιχείων δεν καθορίζεται από το EIA-485. Η λειτουργικότητα ακόμη και παρόμοιων συσκευών από διαφορετικούς κατασκευαστές δεν είναι εξασφαλισμένη από τη συμμόρφωση με τα επίπεδα τάσης του σήματος και μόνο.

2.8.1 Πρωτόκολλο Επικοινωνίας

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η επικοινωνία του κεντρικού υπολογιστή και των LegBoard γίνεται μέσω δικτύου RS-485. Για την πραγματοποίηση όμως της επικοινωνίας απαιτείται ο ορισμός του τρόπου με τον οποίο οι συσκευές που συνδέονται στο δίκτυο θα κατανοούν η μια την άλλη. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούμε ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας βασισμένο στο πρότυπο NMEA 0183³⁰.

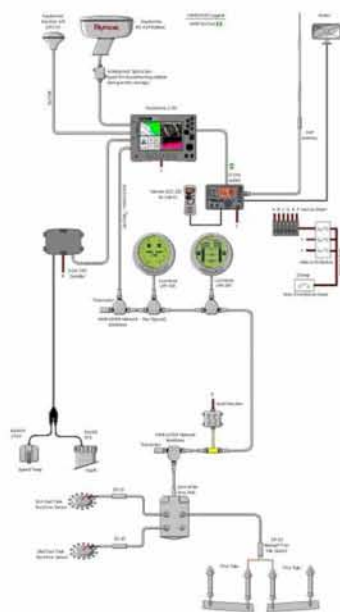
2.8.1.1 Σύνομη Περιγραφή Πρωτοκόλλου NMEA 0183

Η National Marine Electronics Association (NMEA) έχει αναπτύξει μια προδιαγραφή που ορίζει τη διασύνδεση μεταξύ των διαφόρων συσκευών ναυτιλιακού ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Το πρότυπο NMEA 0183 ορίζει μια ηλεκτρική διεπαφή και ένα πρωτόκολλο δεδομένων για επικοινωνίες μεταξύ ναυτιλιακών περιφερειακών. Το NMEA πρότυπο υπάρχει εδώ και πολλά χρόνια (από το 1983) και έχει υποστεί πολλές αναθεωρήσεις. Η τελευταία έκδοση του είναι η 4.00 που εκδόθηκε το 2009. Το NMEA 0183 περιγράφεται επίσης και στο διεθνή πρότυπο IEC 61162-1³¹.



National Marine Electronics Association

Το πρωτόκολλο NMEA 0183 ορίζει ότι μια γραμμή δεδομένων ονομάζεται πρόταση, η οποία είναι εντελώς αυτόνομη και ανεξάρτητη από άλλες προτάσεις. Υπάρχουν πρότυπες προτάσεις για κάθε κατηγορία συσκευών και υπάρχει επίσης η δυνατότητα να καθοριστεί νέο πρότυπη πρόταση αναλόγως την εφαρμογή. Όλες οι βασικές προτάσεις έχουν δύο γράμματα που ορίζουν τη συσκευή που τις χρησιμοποιεί, η οποία ακολουθείται από μια αλληλουχία τριών γραμμάτων που καθορίζει το περιεχόμενο της πρότασης. Όλες οι αποκλειστικές προτάσεις ξεκινούν με το γράμμα P και ακολουθούνται με 3 γράμματα που προσδιορίζει ο κατασκευαστής που ελέγχει αυτή την πρόταση.



Διάταξη δικτύου NMEA 0183

Κάθε γραμμή δεδομένων αρχίζει με το σύμβολο 'S' και τελειώνει με μια ακολουθία ειδικών χαρακτήρων. Τα δεδομένα που περιέχονται σε αυτή τη γραμμή διαχωρίζονται με κόμματα. Τα ίδια τα δεδομένα αποτελείται από εκτυπώσιμους χαρακτήρες ASCII^K και μπορεί να είναι έχουν μορφή αριθμού ή απλού κειμένου. Υπάρχει πρόβλεψη για έλεγχο της ακεραιότητας των δεδομένων στο τέλος κάθε πρότασης που μπορεί να ελεγχθεί από τη μονάδα που διαβάζει τα δεδομένα. Το πεδίο ελέγχου ακεραιότητας (checksum) αποτελείται από ένα σύμβολο '*' και δύο δεκαεξαδικά ψηφία που αντιστοιχούν στο αποτέλεσμα της εφαρμογής αποκλειστικού 'H' των 8bit (XOR^L) μεταξύ όλων των χαρακτήρων μη συμπεριλαμβανομένων όμως των χαρακτήρων 'S' και '*'. Το πεδίο ελέγχου ακεραιότητας δεν είναι υποχρεωτικό.

Το NMEA 0183 ορίζει πως θα γίνει η μετάδοση των δεδομένων από έναν "πομπό" σε ένα "δέκτη" μια δεδομένη χρονική στιγμή (τη φορά). Η

^K American Standard Code for Information Interchange, <http://en.wikipedia.org/wiki/ASCII>

^L Exclusive OR, http://en.wikipedia.org/wiki/Exclusive_or

διεπαφή του NMEA είναι τύπου EIA-422A αλλά για τις περισσότερες εφαρμογές μπορεί να θεωρηθεί συμβατό με το RS-232.

Με την χρήση των ενδιάμεσων επεκτάσεων, ένας πομπός μπορεί να έχει αμφίδρομη επικοινωνία με πολλούς δέκτες, και χρησιμοποιώντας πολυπλέκτες, πολλαπλοί αισθητήρες μπορούν να επικοινωνούν διαδοχικά μέσω μιας και μόνο θύρας.

Η ταχύτητα διασύνδεσης μπορεί να ρυθμιστεί σε μερικές συσκευές, αλλά το πρότυπο NMEA ορίζει τυπική ταχύτητα 4800 bit/, με 8 bits δεδομένων, χωρίς ισοτιμία, και ένα stop bit. Όλες οι μονάδες που υποστηρίζουν το πρότυπο NMEA θα πρέπει να υποστηρίζουν αυτήν την ταχύτητα. Με ταχύτητα 4800 bit/s μπορείτε να στείλετε 480 χαρακτήρες σε ένα δευτερόλεπτο. Δεδομένου ότι μια πρόταση NMEA μπορεί περιέχει 82 χαρακτήρες αυτό σημαίνει ότι σε ένα δευτερόλεπτο μπορεί να αποσταλούν 6 διαφορετικές προτάσεις. Το NMEA είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί ως μια διαδικασία στο παρασκήνιο αποστέλλοντας συνέχεια προτάσεις οι οποίες στη συνέχεια λαμβάνονται από τους δέκτες και επεξεργάζονται όπως αυτοί απαιτούν.

2.8.1.2 Εισαγωγή

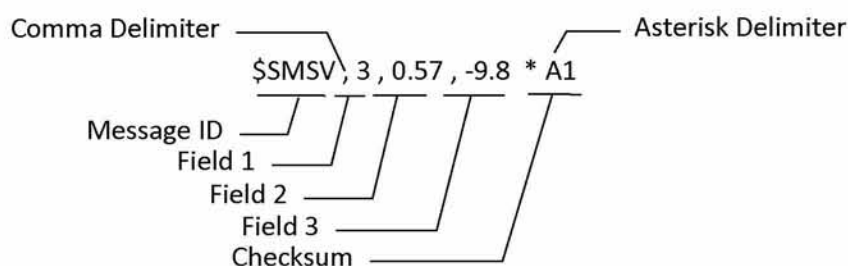
Βασιζόμενοι στο πρότυπο NMEA 0183 σχεδιάσαμε ένα πρότυπο για την επικοινωνία των υποσυστημάτων του “Δία”. Η επιλογή του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου έγινε πρώτα απ’ όλα λόγω στην απλότητα της υλοποίησης του και επίσης επειδή είναι ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται και σε άλλα περιφερειακά που συνδέονται στο κεντρικό υπολογιστή του “Δία”. Αυτές οι συσκευές είναι το GPS και η πυξίδα. Με την χρήση ενός μόνο πρωτοκόλλου επικοινωνίας επιτυγχάνουμε την απλούστερη δομή του λογισμικού που διαχειρίζεται την συλλογή δεδομένων.

Όλες οι λεπτομέρειες του πρωτοκόλλου επικοινωνίας περιγράφονται αναλυτικά στο σχετικό έγγραφο (Message Document for Savage Platform). Η τελευταία έκδοση του πρωτοκόλλου είναι η 0.3. Σε αυτήν περιλαμβάνονται 13 NMEA προτάσεις-μηνύματα.

2.8.1.3 Δομή Μηνυμάτων

Όπως ορίζει το πρότυπο NMEA 0183 ένα μήνυμα αποτελείται από ένα κείμενο στο οποίο τα δεδομένα διαχωρίζονται με κόμματα. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η δομή του μηνύματος.

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας για τον “Δία” υποστηρίζει συνολικά 13 μηνύματα



Εικόνα 2.11 : Δομή μηνύματος NMEA

Κάθε μήνυμα αποτελείται από:

- ένα αναγνωριστικό για τη διάκρισή του από άλλα μηνύματα
- έναν ή περισσότερα πεδία δεδομένων, που χωρίζονται μεταξύ τους από ένα κόμμα
- το άθροισμα ελέγχου (ακολουθεί μετά τον χαρακτήρα '*' (ASCII κωδικός: 42 [0x2A])) για την επικύρωση της ακεραιότητας των δεδομένων

Όλα τα μηνύματα ακολουθούν το πρότυπο NMEA 0183, στο οποίο σύμβολα αναγνωρίζουν ή διαχωρίζουν τα δεδομένων του μηνύματος. Ένα μήνυμα NMEA:

- αρχίζει με το σύμβολο του δολαρίου '\$' (ASCII κωδικός: 36 [0x24]) που ακολουθείται από έναν κωδικό ID μηνύματος (για παράδειγμα, SLSV)
- τελειώνει τους ειδικούς χαρακτήρες αλλαγής γραμμής (ASCII κωδικοί 13 [0x0D] + 21 [0x15]).

Το άθροισμα ελέγχου υπολογίζεται από όλους τους χαρακτήρες στο μήνυμα, μαζί με τα κόμματα, αλλά χωρίς τα σύμβολα '\$' και '*'. Το άθροισμα ελέγχου είναι το αποτέλεσμα της πράξης XOR που εφαρμόζεται σε κάθε ASCII κωδικό του χαρακτήρα και το αποτέλεσμα της πράξης τοποθετείται σε δεκαεξαδική^M μορφή μετά το σύμβολο '*'.

Η μορφή κάθε παραμέτρου των δεδομένων εξαρτάται από τον τύπο της παραμέτρου (π.χ. πραγματικός αριθμός, Boolean, κείμενα κ.τ.λ.)

Όλα τα μηνύματα περιέχουν ένα σταθερό αριθμό πεδίων (παραμέτρων), έτσι σε περίπτωση που δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία τοποθετείται κενό πεδίο (null^N). Αυτά τα πεδία συνήθως χρησιμοποιούνται για τα δεδομένα που διαβιβάζονται περιοδικά.

Ένα μήνυμα NMEA μπορεί να διαφέρει σε μήκος, ανάλογα με τα περιεχόμενα των πεδίων. Έτσι συνιστάται η οριοθέτηση των πεδίων να γίνεται με την χρήση των συμβόλων 'κόμμα'.

2.8.1.4 Σύνοψη Μηνυμάτων

Ο παρακάτω πίνακας περιέχει όλα τα μηνύματα που υποστηρίζονται από το πρωτόκολλο. Ανάλογα με την πληροφορίες που θέλουμε να πάρουμε από τα LegBoard μπορούμε να στείλουμε οποιοδήποτε από τα μηνύματα. Κάποια από τα μηνύματα αφορούν την κανονική λειτουργία του οχήματος και κάποια μόνο την παραμετροποίηση των LegBoard.

^M Hexadecimal, <http://en.wikipedia.org/wiki/Hexadecimal>

^N Null character, http://en.wikipedia.org/wiki/Null_character

Πίνακας 2.5 : Κατάλογος μηνυμάτων LegBoard

Μήνυμα	Περιγραφή	Πεδία
LBDT	Detail Data	36
LBIF	Information Data	7
LBBS	Basic Data	10
LBOK	Message Received	2
LBST	Setup Parameters	15
LBSC	Speed Controller Parameters	21
LBAC	Angle Controller Parameters	21
SMRQ	Request Message	2
SMCD	Send Command	3+
SMSV	Set Variables	3
SMST	Setup Parameters	15
SMSC	Speed Controller Parameters	21
SMAC	Angle Controller Parameters	21

Κάθε ένα από τα παραπάνω μηνύματα περιέχει και διαφορετικά δεδομένα.

Πίνακας 2.6 : Κατάλογος μηνυμάτων LegBoard

Μήνυμα	Περιεχόμενα
LBDT	Angle-Speed current and set values, system status, drive status, PID status, counters, power supply, ultrasonic sensors
LBIF	Angle-Speed drive software version, LCD message, system SW-HW versions, system status
LBBS	Angle-Speed current and set values, system status, drive basic status
LBOK	-
LBST	Encoders, timers, LCD parameters, drive parameters, warning-alarm parameters
LBSC	Controller parameters (PID parameters, error zone, watchdog)
LBAC	Controller parameters (PID parameters, error zone, watchdog)
SMRQ	Message ID
SMCD	Command ID, command parameters
SMSV	Angle-Speed set-points
SMST	Encoders, timers, LCD parameters, drive parameters, warning-alarm parameters
SMSC	Controller parameters (PID parameters, error zone, watchdog)
SMAC	Controller parameters (PID parameters, error zone, watchdog)

Στις επόμενες παραγράφους θα γίνει λεπτομερείς αναφορά στα περιεχόμενα των μηνυμάτων.

2.8.1.5 Ακολουθία Μηνυμάτων

Λόγω της αρχιτεκτονικής του “Δία” υπάρχει ένας κεντρικός υπολογιστής (MASTER) που είναι υπεύθυνος για όλες τις εργασίες που εκτελούνται στο ρομπότ, όπως η κίνηση, η συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες, η κατάσταση και η ασφάλεια λειτουργίας για τις περιφερειακές συσκευές κλπ. Η κεντρικός υπολογιστής είναι συνδεδεμένος με διάφορα περιφερειακά (SLAVE) του ρομπότ, όπως τα LegBoard, το GPS, η πυξίδα κ.α.



Εικόνα 2.12 : Επικοινωνία master-slave

Ο κεντρικός υπολογιστής έχει την δυνατότητα να παρέχει πληροφορίες στα περιφερειακά του και να ζητά περαιτέρω πληροφορίες για την κατάστασή τους. Τα περιφερειακά ανταποκρίνονται στα αιτήματα του κεντρικού υπολογιστή και λαμβάνουν εντολές από αυτόν. Ο έλεγχος του όλου συστήματος είναι συγκεντρωμένος στον κεντρικό υπολογιστή, έτσι τα περιφερειακά δεν μπορούν να στείλουν μήνυμα χωρίς πριν αυτό να έχει ζητηθεί. Για περισσότερες πληροφορίες ανατρέξτε στην αρχιτεκτονική του συστήματος.

Υπάρχουν δύο είδη μηνυμάτων:

- Master: εντολές και αιτήματα που αρχίζουν με SMxx (SMST, SMSV, SMRQ, SMCD, SMAC, SMSC)
- Slave: απαντήσεις που ξεκινούν με LBxx (LBST, LBBS, LBDT, LBIF, LBOK, LBAC, LBSC)

Το μήνυμα SMCD χρησιμοποιείται για την αποστολή διάφορων εντολών στα LegBoard και αντίστροφα. Περιλαμβάνει ένα κωδικό εντολής και μια σειρά από παραμέτρους. Το σύνολο των παραμέτρων που μπορεί να σταλεί εξαρτάται από την έκδοση του λογισμικού (τυπικά 30 παράμετροι είναι διαθέσιμοι). Ο σκοπός αυτού του μηνύματος είναι η αποστολή ειδικών εντολών στα LegBoard, όπως η αυτόματη βαθμονόμηση, η δοκιμή εξόδων, η δοκιμή των DC drive, η αίτηση για μια συγκεκριμένη παράμετρο, η αλλαγή μιας συγκεκριμένης παραμέτρου, κλπ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη συμβατότητα για νεότερες εκδόσεις του λογισμικού. Παρακάτω θα βρείτε έναν πίνακα με όλους τους δυνατούς συνδυασμούς μηνυμάτων.

Πίνακας 2.7 : Ακολουθία μηνυμάτων

PC	LegBoard	Χρήση
SMRQ	⇔ * Varies *	Request parameters
SMSV	⇔ LBOK	Set new variables (angle, speed)
SMST	⇔ LBOK	Set system parameters
SMCD	⇔ SMCD	Send a specific command and respond
SMAC	⇔ LBOK	Set Angle PID controller parameters
SMSC	⇔ LBOK	Set Speed PID controller parameters
-	⇔ LBBS	Basic Data
-	⇔ LBIF	Information Data
-	⇔ LBDT	Detail Data
-	⇔ LBOK	SLSV message received OK
-	⇔ LBAC	Read Angle PID controller parameters
-	⇔ LBSC	Read Speed PID controller parameters
-	⇔ LBST	Read system parameters

Η αποστολή των μηνυμάτων LBBS, LBDT, LBIF, LBST, LBOK, LBAC, LBSC από τον υπολογιστή στα LegBoard δεν έχει πρακτική χρήση όπως επίσης και η αποστολή μηνυμάτων SMSV, SMST, SMCD, SMAC, SMSC από τα LegBoard στον υπολογιστή.

2.8.1.6 Περιγραφή Μηνυμάτων

Συνολικά υπάρχουν 13 διαφορετικά μηνύματα NMEA, κάθε ένα από τα οποία περιέχει διαφορετικές πληροφορίες.

Πίνακας 2.8 : Περιγραφή μηνυμάτων

Τύπος	LBBS	ID : 20 (0x14)
Περιγραφή	Βασικά δεδομένα	
Παράμετροι	10	
$\$LBBS, bus_addr, sys_status, angle, angle_new, angle_drive.pwm, angle_drive.direction, speed, speed_new, speed_drive.pwm, speed_drive.direction * checksum <CR> <LF>$		

Τύπος	LBDT	ID : 21 (0x15)
Περιγραφή	Εκτεταμένα δεδομένα	
Παράμετροι	36	
$\$LBDT, bus_addr, sys_status, angle, angle_new, angle_pid, angle_counter, angle_cha, angle_chb, angle_pid_p_rt, angle_pid_i_rt, angle_pid_d_rt, angle_drive.pwm, angle_drive_acceleration, angle_drive.current, angle_drive.direction, angle_drive.status, angle_drive.temperature, speed, speed_new, speed_pid, speed_counter, speed_cha, speed_chb, speed_pid_p_rt, speed_pid_i_rt, speed_pid_d_rt, speed_drive.pwm, speed_drive_acceleration, speed_drive.current, speed_drive.direction, speed_drive.status, speed_drive.temperature, power_voltage, ur_range1, ur_range2, ur_range3 * checksum <CR> <LF>$		

Τύπος	LBIF	ID : 22 (0x16)
Περιγραφή	Βασικές πληροφορίες	
Παράμετροι	4	
\$LBIF,bus_addr,sys_status,angle_drive.sw_version,speed_drive.sw_version, lcd_message,VERSION_SOFTWARE,VERSION_HARDWARE*checksum<CR> <LF>		

Τύπος	LBOK	ID : 23 (0x17)
Περιγραφή	Βασικές πληροφορίες	
Παράμετροι	2	
\$LBOK,bus_addr,nmea_out*checksum<CR><LF>		

Τύπος	LBST	ID : 24 (0x18)
Περιγραφή	Γενικές ρυθμίσεις	
Παράμετροι	15	
\$LBST,bus_addr,angle_encoder,angle_drive_acceleration,speed_encoder, speed_drive_acceleration,watchdog_timer,angle_auto_calibrate_speed,wh eel_diameter,lcd_refresh_timer,lcd_backlight,power_warning,power_alar m,ur_warning,ur_alarm,ur_refresh_timer*checksum<CR><LF>		

Τύπος	LBSC	ID : 25 (0x19)
Περιγραφή	Παράμετροι ελεγκτή ταχύτητας	
Παράμετροι	21	
\$LBSC,bus_addr,speed_pid_p,(...),speed_pid_i,(...),speed_pid_d,(...),speed_ error_zone,watchdog_speed_timer*checksum<CR><LF>		

Τύπος	LBAC	ID : 26 (0x1A)
Περιγραφή	Παράμετροι ελεγκτή γωνίας	
Παράμετροι	21	
\$LBAC,bus_addr,angle_pid_p,(...),angle_pid_i,(...),angle_pid_d,(...),angle_er ror_zone,watchdog_angle_timer*checksum<CR><LF>		

Τύπος	SMRQ	ID : 30 (0x1E)
Περιγραφή	Αίτημα μηνύματος	
Παράμετροι	2	
\$SMRQ,bus_addr,nmea_out*checksum<CR><LF>		

Τύπος	SMCD	ID : 31 (0x1F)
Περιγραφή	Ειδική εντολή	
Παράμετροι	3+	
$\$SMCD, bus_addr, command, command_parameter * checksum <CR> <LF>$		

Τύπος	SMSV	ID : 33 (0x21)
Περιγραφή	Ορισμός ταχύτητας και γωνίας	
Παράμετροι	3	
$\$SMSV, bus_addr, angle_new, speed_new * checksum <CR> <LF>$		

Τύπος	SMST	ID : 34 (0x22)
Περιγραφή	Βασικές ρυθμίσεις	
Παράμετροι	15	
$\$SMST, bus_addr, angle_encoder, angle_drive_acceleration, speed_encoder, speed_drive_acceleration, watchdog_timer, angle_auto_calibrate_speed, wheel_diameter, lcd_refresh_timer, lcd_backlight, power_warning, power_alarm, ur_warning, ur_alarm, ur_refresh_timer * checksum <CR> <LF>$		

Τύπος	SMSC	ID : 35 (0x23)
Περιγραφή	Παράμετροι ελεγκτή ταχύτητας	
Παράμετροι	21	
$\$SMSC, bus_addr, speed_pid_p, (...), speed_pid_i, (...), speed_pid_d, (...), speed_error_zone, watchdog_speed_timer * checksum <CR> <LF>$		

Τύπος	SMAC	ID : 36 (0x24)
Περιγραφή	Παράμετροι ελεγκτή γωνίας	
Παράμετροι	21	
$\$SMAC, bus_addr, angle_pid_p, (...), angle_pid_i, (...), angle_pid_d, (...), angle_error_zone, watchdog_angle_timer * checksum <CR> <LF>$		

Όλα τα παραπάνω μηνύματα περιέχουν διάφορους παραμέτρους του συστήματος οι οποίες εξηγούνται στον Πίνακα 2.9. Η στήλη “ID” υποδηλώνει τον κωδικό της παραμέτρου που χρησιμοποιείται στο μήνυμα SMCD. Η στήλη “Τύπος” αναφέρει τον τύπο των δεδομένων της παραμέτρου. Η στήλη “R/W” δείχνει αν η παράμετρος μπορεί να αλλάξει. (R: μόνο για ανάγνωση, R/W: ανάγνωση και μεταβολή). Η στήλη “M/M” είναι η φυσικές διαστάσεις της παραμέτρου (εάν αυτό μπορεί να οριστεί). Η στήλη “Εύρος” υποδεικνύει την πιθανή τιμή ή το αποδεκτό εύρος τιμών της παραμέτρου.

Πίνακας 2.9 : Παράμετροι μηνυμάτων

ID	Όνομα	Τύπος	R/W	Περιγραφή	M/M	Εύρος
1 (0x01)	bus_addr	BYTE	R	RS485 bus address	-	0~15
2 (0x02)	sys_status	LINT	R	Status	-	-
16 (0x10)	angle	FLOAT	R	Angle	deg	-
17 (0x11)	angle_new	FLOAT	R/W	Angle Set Point	deg	-
18 (0x12)	angle_pid	FLOAT	R	Angle Controller PID Value	-	-
19 (0x13)	angle_counter	FLOAT	R	Angle Counter	-	-
20 (0x14)	angle_cha	INT	R	Angle Counter chA	-	-
21 (0x15)	angle_chb	INT	R	Angle Counter chB	-	-
-	angle_pid_p	FLOAT_ARRAY	R/W	Angle Controller P value	-	-
-	angle_pid_i	FLOAT_ARRAY	R/W	Angle Controller I value	-	-
-	angle_pid_d	FLOAT_ARRAY	R/W	Angle Controller D value	-	-
22 (0x16)	angle_pid_p_rt	FLOAT	R	Angle Controller P value	-	-
23 (0x17)	angle_pid_i_rt	FLOAT	R	Angle Controller I value	-	-
24 (0x18)	angle_pid_d_rt	FLOAT	R	Angle Controller D value	-	-
25 (0x19)	angle_error_zone	FLOAT	R/W	Angle Controller Error Zone	deg	-
26 (0x1A)	angle_encoder	INT	R/W	Angle Encoder Pulses	p/r	-
48 (0x30)	angle_drive.pwm	BYTE	R/W	Drive ANGLE PWM	-	0~255
49 (0x31)	angle_drive.acceleration	FLOAT	R/W	Drive ANGLE Acceleration	-	0~255
50 (0x32)	angle_drive.current	FLOAT	R	Drive ANGLE Current	A	-
51 (0x33)	angle_drive.direction	BYTE	R/W	Drive ANGLE Direction	-	0,1,2
52 (0x34)	angle_drive.status	BYTE	R	Drive ANGLE Status	-	0~255
53 (0x35)	angle_drive.temperature	FLOAT	R	Drive ANGLE Dif. Temperature	°C	-
54 (0x36)	angle_drive.sw_version	BYTE	R	Drive ANGLE SW Version	-	0~255
32 (0x20)	speed	FLOAT	R	Speed	m/s	-
33 (0x21)	speed_new	FLOAT	R/W	Speed Set Point	m/s	-
34 (0x22)	speed_pid	FLOAT	R	Speed Controller PID Value	-	-
35 (0x23)	speed_counter	FLOAT	R	Speed Counter	-	-
36 (0x24)	speed_cha	INT	R	Speed Counter chA	-	-
37 (0x25)	speed_chb	INT	R	Speed Counter chB	-	-
-	speed_pid_p	FLOAT_ARRAY	R/W	Speed Controller P value	-	-
-	speed_pid_i	FLOAT_ARRAY	R/W	Speed Controller I value	-	-
-	speed_pid_d	FLOAT_ARRAY	R/W	Speed Controller D value	-	-
38 (0x26)	speed_pid_p_rt	FLOAT	R	Speed Controller P value	-	-

ID	Όνομα	Τύπος	R/W	Περιγραφή	M/M	Εύρος
39 (0x27)	speed_pid_i_rt	FLOAT	R	Speed Controller I value	-	-
40 (0x28)	speed_pid_d_rt	FLOAT	R	Speed Controller D value	-	-
41 (0x29)	speed_error_zone	FLOAT	R/W	Speed Controller Error Zone	m/s	-
42 (0x2A)	speed_encoder	INT	R/W	Speed Encoder Pulses	p/r	-
64 (0x40)	speed_drive.pwm	BYTE	R/W	Drive SPEED PWM	-	0~255
65 (0x41)	speed_drive_acceleration	FLOAT	R/W	Drive SPEED Acceleration	-	0~255
66 (0x42)	speed_drive.current	FLOAT	R	Drive SPEED Current	A	-
67 (0x43)	speed_drive.direction	BYTE	R/W	Drive SPEED Direction	-	0,1,2
68 (0x44)	speed_drive.status	BYTE	R	Drive SPEED Status	-	0~255
69 (0x45)	speed_drive.temperature	FLOAT	R	Drive SPEED Dif. Temperature	°C	-
70 (0x46)	speed_drive.sw_version	BYTE	R	Drive SPEED SW Version	-	0~255
3 (0x03)	nmea_out	BYTE	R/W	NMEA output string	-	-
4 (0x04)	watchdog_timer	FLOAT	R/W	Watchdog timer	s	0~60
5 (0x05)	watchdog_angle_timer	FLOAT	R/W	Watchdog timer	s	0~60
6 (0x06)	watchdog_speed_timer	FLOAT	R/W	Watchdog timer	s	0~60
7 (0x07)	angle_auto_calibrate_speed	FLOAT	R/W	Angle calibrate move speed	%	0~100
8 (0x08)	wheel_diameter	FLOAT	R/W	Wheel Diameter	m	-
97 (0x61)	lcd_message	BYTE	R/W	LCD message	-	-
98 (0x62)	lcd_refresh_timer	FLOAT	R/W	LCD refresh timer	s	1~60
99 (0x63)	lcd_backlight	FLOAT	R/W	LCD Backlight	%	0~100
113 (0x71)	power_voltage	FLOAT	R	Power Supply	V	0~30.0
122 (0x7A)	power_warning	FLOAT	R/W	Power Warning	V	0~30.0
123 (0x7B)	power_alarm	FLOAT	R/W	Power Alarm	V	0~30.0
81 (0x51)	ur_range1	FLOAT	R	Distance from Ultrasonic 1	m	0~6.0
82 (0x52)	ur_range2	FLOAT	R	Distance from Ultrasonic 2	m	0~6.0
83 (0x53)	ur_range3	FLOAT	R	Distance from Ultrasonic 3	m	0~6.0
90 (0x5A)	ur_warning	FLOAT	R/W	Warning Distance for Ultrasonic	m	0~6.0
91 (0x5B)	ur_alarm	FLOAT	R/W	Alarm Distance for Ultrasonic	m	0~6.0
92 (0x5C)	ur_refresh_timer	FLOAT	R/W	Ultrasonic refresh timer	s	0~60
10 (0x0A)	VERSION_SOFTWARE	STR	R	Software Version	-	-
11 (0x0B)	VERSION_HARDWARE	STR	R	Hardware Version	-	-
-	command	INT	W	Special Command	-	-
-	command_parameter	VAR	W	Special Command Parameter	-	-
-	checksum	INT	R	Checksum (XOR of characters)	-	-

Ο τύπος των παραμέτρων όπως αυτός εμφανίζεται στην στήλη “Τύπος” επεξηγείται παρακάτω. Όλοι οι αριθμοί παρουσιάζονται σε δεκαδική μορφή εκτός και αν αναφέρεται κάτι διαφορετικό. Σημειώστε ότι το σημείο οριοθέτησης δεκαδικού ψηφίου σε δεκαδικούς αριθμούς (float) είναι η τελεία ‘.’. Σε όσες παραμέτρους δεν ορίζεται συγκεκριμένο εύρος τιμών τότε η παράμετρος μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή ανάλογα με το τύπο της.

Πίνακας 2.10 : Τύπος παραμέτρων

Τύπος	Περιγραφή	Εύρος	Μέγεθος
BOOL	Boolean (True/False)	0,1	1 bit
BYTE	Byte	0~255	1 byte
INT	Integer	0~65535	2 byte
INTs	Signed Integer	±32767	2 byte
FLOAT	Float	±2 ³²	4 byte
STR	Text	Ποικίλει	1 byte/χαρακτήρα

Ορισμένες από τις παραμέτρους απαιτούν ειδική επεξήγηση καθώς η τιμή τους εξαρτάται από συγκεκριμένες συνθήκες.

Η τιμή της παραμέτρου “drive_status” ορίζεται από τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.11 : Κατάσταση κυκλώματος οδήγησης

Bit	Περιγραφή
0	Acceleration
1	Over-current
2	Over-temperature
3	-reserved-
4	-reserved-
5	-reserved-
6	-reserved-
7	Busy

Η τιμή της παραμέτρου “sys_status” διαμορφώνεται από την κατάσταση διάφορων υπο-παραμέτρων, όπως αυτή φαίνεται παρακάτω. Στην ουσία η 32bit παράμετρος αποτελείται από 32 ξεχωριστά συμβάντα τύπου Boolean.

Πίνακας 2.12 : Κατάσταση συστήματος

Bit	Περιγραφή
0	Run
1	Busy
2	Home Switch
3	Speed Busy
4	Angle Busy
5	Angle Auto Calibration Busy
6	Communication Watchdog
7	Speed Watchdog
8	Angle Watchdog
9	Angle Feedback Encoder
10	Power Failure
11	Power Warning
12	Power Alarm
13	Speed Drive Error
14	Angle Drive Error
15	LCD Error
16	Ultrasonic Sensor No1 Error
17	Ultrasonic Sensor No2 Error
18	Ultrasonic Sensor No3 Error
19	Ultrasonic Ring Warning
20	Ultrasonic Ring Alarm
21	-reserved-
22	-reserved-
23	-reserved-
24	-reserved-
25	-reserved-
26	-reserved-
27	-reserved-
28	-reserved-
29	-reserved-
30	-reserved-
31	-reserved-

Η τιμή της παραμέτρου “hmea_out” που χρησιμοποιείται στο μήνυμα SLRQ έχει πιθανές τιμές όπως αυτές αναφέρονται στον Πίνακα 2.8.

Η τιμή της παραμέτρου “command” είναι ο κωδικός της εντολής σύμφωνα με τον Πίνακα 2.15 .

2.8.1.7 Μήνυμα SMCD

Η σύνταξη του μηνύματος SMCD εξαρτάται από τον τύπο εντολής. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει όλες τις πιθανές εκδοχές της εντολής.

Πίνακας 2.13 : Κατάλογος μηνυμάτων SMCD

Τύπος	Assign parameter	ID : 161 (0xA1)
Περιγραφή	Μεταβολή τιμής συγκεκριμένης παραμέτρου χρησιμοποιώντας των κωδικό της (ID)	
Παράμετροι	4	
§SMCD,bus_addr,161,parameter_id,parameter_value*checksum		

Τύπος	Request parameter	ID : 162 (0xA2)
Περιγραφή	Ερώτηση για τιμή συγκεκριμένης παραμέτρου χρησιμοποιώντας των κωδικό της (ID)	
Παράμετροι	3	
§SMCD,bus_addr,162,parameter_id*checksum		

Τύπος	Respond parameter	ID : 163 (0xA3)
Περιγραφή	Μήνυμα απάντησης σε εντολές	
Παράμετροι	-	
-reserved-		

Τύπος	Angle auto calibration	ID : 177 (0xB1)
Περιγραφή	Αυτόματη βαθμονόμηση γωνίας	
Παράμετροι	2	
§SMCD,bus_addr,177*checksum		

Τύπος	Angle analog feedback	ID : 179 (0xB3)
Περιγραφή	Ορισμός ανάδρασης ελεγκτή γωνίας από ποτενσιόμετρο (αναλογική είσοδος)	
Παράμετροι	2	
§SMCD,bus_addr,179*checksum		

Τύπος	Angle encoder feedback	ID : 180 (0xB4)
Περιγραφή	Ανάδραση ελεγκτή γωνίας από παλμογεννήτρια	
Παράμετροι	2	
§SMCD,bus_addr,180*checksum		

Τύπος	Normal Mode	ID : 192 (0xC0)
Περιγραφή	Κανονική λειτουργία	
Παράμετροι	2	
§SMCD,bus_addr,192*checksum		

Τύπος	Log Mode	ID : 197 (0xC5)
Περιγραφή	Αποστολή συγκεκριμένων παραμέτρων ανά τακτά προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα	
Παράμετροι	4+	
§SMCD,bus_addr,197,interval,parameter_id1,parameter_id2,...*checksum		

Τύπος	NMEA Log Mode	ID : 198 (0xC6)
Περιγραφή	Αποστολή μηνύματος NMEA ανά τακτά προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα	
Παράμετροι	4	
§SMCD,bus_addr,198,interval,nmea_id*checksum		

Τύπος	Park Mode	ID : 200 (0xC8)
Περιγραφή	Περιστροφή τροχών 180°	
Παράμετροι	2	
§SMCD,bus_addr,200*checksum		

Τύπος	Test Mode	ID : 202 (0xCA)
Περιγραφή	Κατάσταση δοκιμών	
Παράμετροι	2	
§SMCD,bus_addr,202*checksum		

Τύπος	System Soft Reset	ID : 208 (0xD0)
Περιγραφή	Επανεκκίνηση συστήματος	
Παράμετροι	2	
§SMCD,bus_addr,208*checksum		

Τύπος	Message received	ID : 250 (0xFA)
Περιγραφή	Επιβεβαίωση λήψης μηνύματος	
Παράμετροι	2	
§SMCD,bus_addr,250*checksum		

Παρατηρήσεις: Σημειώστε ότι εντολή με κωδικό 161 δεν ισχύει για τις παραμέτρους με λειτουργία μόνο για ανάγνωση. Προσέξτε ότι κατά τη χρήση του κωδικού εντολής 197 με πολύ μικρή τιμή χρόνου ανανέωσης μπορεί να μπλοκάρει την επικοινωνία με το LegBoard. Η εντολή με κωδικό 198 υποστηρίζει μόνο τα μηνύματα LBBS, LBDT και LBIF. Η επανεκκίνηση του συστήματος γίνεται με διπλή αποστολή της εντολής 208. Στην κατάσταση PARK το LegBoard σταματάει την εκτέλεση του προγράμματος, οι επικοινωνίες συνεχίζουν να λειτουργούν κανονικά.

Η παράμετροι του μηνύματος SMCD είναι οι εξής:

Πίνακας 2.14 : Παράμετροι μηνύματος SMCD

Όνομα	Περιγραφή
bus_addr	LegBoard’s RS485 bus address
parameter_id	Parameter ID from parameter table
parameter_value	Parameter value (Take care the parameter’s format)
interval	Log interval in ms (0 means as fast as possible)
nmea_id	NMEA message ID

Για να κατανοηθεί καλύτερα η χρήση των μηνυμάτων SMCD στον παρακάτω πίνακα θα βρείτε την αλληλουχία μηνυμάτων μετά την αποστολή κάποιου μηνύματος SMCD.

Πίνακας 2.15 : Ακολουθία μηνυμάτων SMCD

Εντολή	Απάντηση
161	§SMCD,bus_addr,163,parameter_id,parameter_value*checksum
162	§SMCD,bus_addr,163,parameter_id,parameter_value *checksum
163	Δεν υποστηρίζεται
177	§SMCD,bus_addr,250*checksum
179	§SMCD,bus_addr,250*checksum
180	§SMCD,bus_addr,250*checksum
192	§SMCD,bus_addr,250*checksum
197	§SMCD,bus_addr,163,parameter_id1,parameter_value*checksum §SMCD,bus_addr,163,parameter_id2,parameter_value*checksum §SMCD,bus_addr,163,parameter_idx,parameter_value*checksum
198	Reply with the specified NMEA message

Εντολή	Απάντηση
200	\$SMCD,bus_addr,250*checksum
202	\$SMCD,bus_addr,250*checksum
208	\$SMCD,bus_addr,250*checksum
250	Δεν υποστηρίζεται

2.8.1.8 Τεχνικά χαρακτηριστικά διεπαφής

Το πρωτόκολλο NMEA μπορεί να λειτουργήσει πάνω σχεδόν σε όλα φυσικά πρότυπα επικοινωνίας (EIA-485, EIA-422, RS-232 κ.α.).

Στα LegBoard υποστηρίζεται η επικοινωνία με το πρωτόκολλο NMEA τόσο από την θύρα δικτύωσης RS-485 όσο και από την τοπική σειριακή θύρα RS-232. Οι ρυθμίσεις για την πραγματοποίηση της σύνδεσης είναι οι εξής:

Πίνακας 2.16 : Τεχνικά χαρακτηριστικά διεπαφής

Παράμετρος	Τιμή
Baud Rate	38400bit/s
Parity	None
Data bits	8bit
Stop bits	1bit

Εντούτοις είναι πιθανή η χρήση μικρότερης ή μεγαλύτερης ταχύτητας ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής.

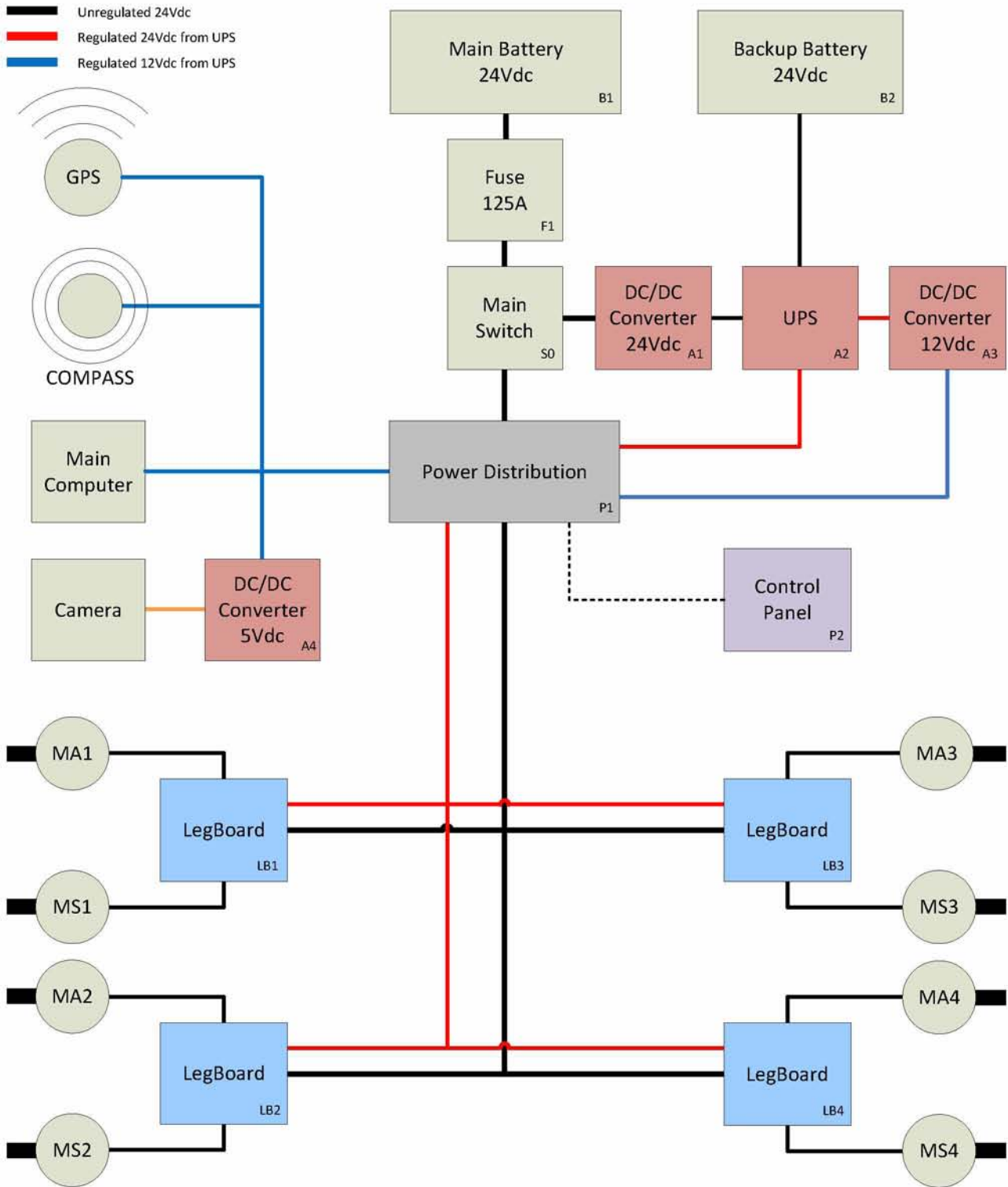
3 Σχεδίαση Ηλεκτρονικών

Για την υλοποίηση της κατασκευής του “Δία” χρειάστηκαν να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν μια σειρά από κυκλώματα χαμηλής και υψηλής ισχύος. Συγκεκριμένα σχεδιάστηκαν κυκλώματα για την διαχείριση της ενέργειας, την επικοινωνία των περιφερειακών και τον έλεγχο των κινητήρων.

Στις επόμενες παραγράφους θα αναπτυχθεί η αρχιτεκτονική, η σχεδίαση και η λειτουργία αυτών των κατασκευών.

3.1 Διαχείριση Ενέργειας

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα στην σχεδίαση του οχήματος είναι η διαχείριση της ενέργειας. Οι τομείς στους οποίους μπορεί να διαχωριστεί η διαχείριση της ενέργειας είναι η παροχή, η επεξεργασία και η διανομή.



Εικόνα 3.1 : Διανομή Ενέργειας

3.1.1 Παροχή Ενέργειας

Η παροχή ενέργειας για το σύστημα γίνεται από δύο μπαταρίες τάσης 12V και χωρητικότητας 100Ah. Οι μπαταρίες είναι συνδεδεμένες σε σειρά αποδίδοντας συνολική ισχύ 2400Wh (βλέπε B1 στην Εικόνα 3.1). Οι μπαταρίες είναι τύπου Μολύβδου (Pb) και απαιτείται αντικατάσταση τους περίπου κάθε περίπου 6 χρόνια³².

Η εκτιμώμενη διάρκεια λειτουργίας του συστήματος είναι περίπου 2,5 ώρες



Για την πλήρη φόρτιση των κύριων μπαταριών απαιτούνται περίπου 6 ώρες



Οι εφεδρικές μπαταρίες τοποθετημένες σε στεγανό κουτί στο πάνω μέρος

Ο βαθμός απόδοσης ενός παλμοτροφοδοτικού DC/DC φτάνει το 98%

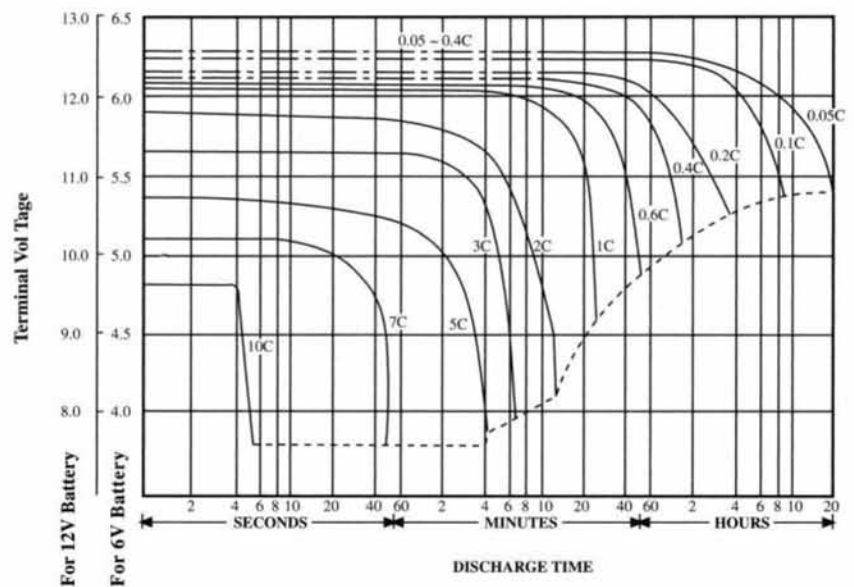
Εκτός από την βασική παροχή ενέργειας, το όχημα είναι εφοδιασμένο και με μια εφεδρική παροχή ενέργειας. Η εφεδρική παροχή αποτελείται από δύο μπαταρίες τάσης 12V κλειστού τύπου (Lead Acid) και χωρητικότητας 7,2Ah (βλέπε B2 στην Εικόνα 3.1) η κάθε μια. Η εφεδρική παροχή χρησιμεύει στην αδιάλειπτη παροχή ενέργειας στο σύστημα σε περίπτωση πλήρους αποφόρτισης της βασικής παροχής. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγουμε την πλήρη διακοπή επικοινωνίας με το όχημα ακόμα και όταν αδειάσουν τελείως οι κύριες μπαταρίες επιτρέποντάς μας να έχουμε πλήρη έλεγχο του συστήματος.

Η φόρτιση των μπαταριών γίνεται από εξωτερικό κατάλληλο φορτιστή που συνδέεται σε δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Η σύνδεση του φορτιστή γίνεται σε πλαίσιο του κεντρικού διακόπτη ισχύος.

Για την λειτουργία του οχήματος συνιστάται πλήρη φόρτιση των μπαταριών.

3.1.2 Επεξεργασία Τροφοδοσίας

Η παροχή του συστήματος γίνεται από μπαταρίες και αυτό δημιουργεί ορισμένα προβλήματα στην ομαλή λειτουργία του οχήματος. Το βασικότερο από όλα είναι η μη σταθερή τάση λειτουργίας. Η τάση λειτουργίας μιας μπαταρίας εξαρτάται άμεσα από την ποσοστό πληρότητάς της, από τον φορτίο εργασίας αλλά και από την θερμοκρασία.

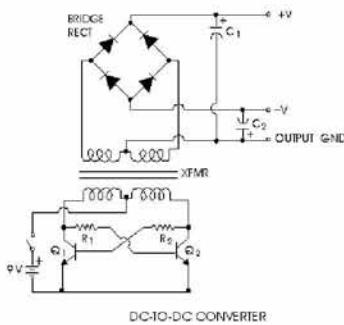


Εικόνα 3.2 : Διακύμανση τάσης μπαταριών

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα σχεδιάστηκε κύκλωμα για την επεξεργασία της τροφοδοσίας το οποίο αποτελείται μετατροπείς DC/DC και σύστημα αδιάλειπτης παροχής ενέργειας (UPS)^{33/34}.

Οι μετατροπείς DC/DC που χρησιμοποιήσαμε στην κατασκευή είναι τύπου switching. Ένα παλμοτροφοδοτικό (Switched-mode power supply)^{35/36} είναι μια ηλεκτρονική συσκευή η οποία μετατρέπει ένα επίπεδο τάσης συνεχούς

ρεύματος σε ένα άλλο, αποθηκεύοντας την ενέργεια εισόδου προσωρινά και στη συνέχεια απελευθερώνοντας την στην έξοδο σε μια διαφορετική τάση. Η αποθήκευση μπορεί να γίνει είτε σε μαγνητικά στοιχεία αποθήκευσης (πηνία, μετασχηματιστές) είτε σε ηλεκτρονικά στοιχεία αποθήκευσης (πυκνωτές). Αυτή η μέθοδος μετατροπής είναι πιο αποτελεσματική (συνήα 75% έως 98%)³⁷ σε σχέση με γραμμική ρύθμιση τάσης (στην οποία η ανεπιθύμητη ενέργεια εκλύεται ως θερμότητα). Αυτός ο βαθμός απόδοσης είναι ευεργετικός για την αύξηση του χρόνου λειτουργίας των συσκευών που λειτουργούν με μπαταρία. Ο βαθμός απόδοσης έχει αυξηθεί από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 λόγω της χρήσης της τεχνολογίας FET^ο, η οποία επιτρέπει την χρήση υψηλών συχνοτήτων.



Τυπικό κύκλωμα παλμοτροφοδοτικού DC/DC

Στα μειονεκτήματα των παλμοτροφοδοτικών περιλαμβάνεται η πολυπλοκότητα, ο ηλεκτρονικός θόρυβος (EMI/ RFI) και σε κάποιο βαθμό το κόστος, αν και αυτό έχει μειωθεί με τις προόδους στο σχεδιασμό των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.



Εικόνα 3.3 : Παλμοτροφοδοτικό Συνεχούς Ρεύματος

3.1.2.1 Παλμοτροφοδικά

Στην κατασκευή μας χρησιμοποιούμε τρεις διαφορετικούς μετατροπείς DC/DC. Ο πρώτος που χρησιμοποιούμε είναι ένας μετατροπέας ο οποίος δέχεται στην είσοδο του την παροχή από τις κύριες μπαταρίες (βλέπε A1 στην Εικόνα 3.1). Η τάση από τις κύριες μπαταρίες κυμαίνεται από τα 18 έως 26Vdc ενώ μπορεί να παρατηρηθεί πολύ χαμηλότερη τάση κατά την κίνηση του οχήματος. Ο μετατροπέας αναλαμβάνει να πάρει αυτήν την τάση και να μας τροφοδοτήσει τα περιφερειακά με σταθερή τάση 24Vdc. Ο μετατροπέας είναι ο UQQ-24/4-Q12P-C της εταιρείας Murata³⁸, έχει τάση εξόδου 24Vdc, τάση εισόδου από 10 έως 36Vdc με συνολική ισχύ 96W (μέγιστο ρεύμα 4A) και μέγιστο βαθμό απόδοσης 89%. Περισσότερες πληροφορίες θα βρείτε στο τεχνικό φυλλάδιο της συσκευής.

Ο δεύτερος μετατροπέας που χρησιμοποιούμε είναι αυτός που τροφοδοτεί τα περιφερειακά μας με 12Vdc μπαταρίες (βλέπε A3 στην Εικόνα 3.1). Αρκετά από τα περιφερειακά μας έχουν τάση λειτουργίας τα 12Vdc όπως το GPS, η πυξίδα κ.α. με αποτέλεσμα να απαιτείται ένας μετατροπέας από τα 24Vdc στα 12Vdc με την χρήση αυτού του τύπου να είναι ενδεδειγμένη. Ο μετατροπέας αυτός είναι ο SDS-060B12 της εταιρείας Sunpower³⁹, έχει τάση εξόδου 12Vdc, τάση εισόδου από 18 έως 36Vdc με συνολική ισχύ



UQQ-24/4-Q12P-C



SDS-060B12

^ο Field-effect transistor, <http://en.wikipedia.org/wiki/FET>



DC/DC 78SR105VC

60W (μέγιστο ρεύμα 5A) και μέγιστο βαθμό απόδοσης 76%. Περισσότερες πληροφορίες θα βρείτε στο τεχνικό φυλλάδιο της συσκευής.

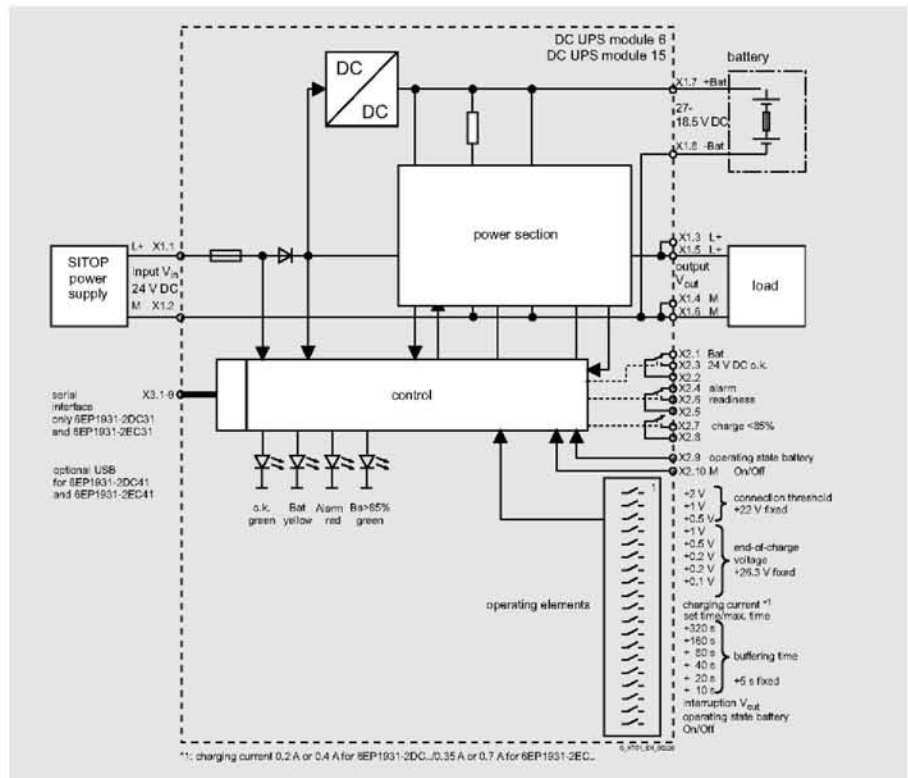
Ο τρίτος μετατροπέας που χρησιμοποιούμε είναι αυτός που τροφοδοτεί τα κάμερα του συστήματος με 5Vdc μπαταρίες (βλέπε A4 στην Εικόνα 3.1). Ο μετατροπέας αυτός είναι 78SR105VC της εταιρείας Power Trends, έχει τάση εξόδου 5Vdc, τάση εισόδου από 7 έως 30Vdc με συνολική ισχύ 7.5W (μέγιστο ρεύμα 1.5A) και μέγιστο βαθμό απόδοσης 78%. Περισσότερες πληροφορίες θα βρείτε στο τεχνικό φυλλάδιο της συσκευής.

3.1.2.2 Σύστημα Αδιάλειπτης Παροχής Ενέργειας

Για την σωστή λειτουργία του οχήματος απαιτείται συνεχής παροχή ενέργειας σε όλα τα ηλεκτρονικά μέρη του συστήματος προκειμένου να εκτελούνται όλες οι λειτουργίες με ασφάλεια. Για τον σκοπό αυτό έχει τοποθετηθεί ένα σύστημα αδιάλειπτης παροχής ενέργειας.



DC UPS module 6



Εικόνα 3.4 : Σύστημα Αδιάλειπτης Παροχή Ενέργειας

Το Σύστημα Αδιάλειπτης Παροχή Ενέργειας (UPS, αρχικά των λέξεων Uninterruptible Power Supply) είναι μια συσκευή που παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε περίπτωση διακοπής. Πολλές φορές ασφαλίζει τις συσκευές που είναι συνδεδεμένες από υπερτάσεις ή χαμηλές τάσεις, ενώ σε μερικές περιπτώσεις φιλτράρει το ρεύμα από παράσιτα και διακυμάνσεις. Τα UPS, ανάλογα με την τεχνολογία τους, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: On line, Line interactive και Stand-by. Για την δική μας εφαρμογή χρησιμοποιούμε UPS τύπου On-line (βλέπε A2 στην Εικόνα 3.1). Τα συγκεκριμένα UPS είναι κατάλληλα για χρήση σε μηχανήματα ευαίσθητα σε διακυμάνσεις τάσεως. Αν και αρχικά έβρισκαν εφαρμογή σε εγκαταστάσεις των 10KVA και άνω, η



Γενικός διακόπτης ισχύος

ανάπτυξη της τεχνολογίας έχει επιτρέψει την χρήση τους σε μικρότερα συστήματα ισχύος 500W ή και λιγότερο. Η συγκεκριμένη κατηγορία UPS είναι η καταλληλότερη σε περιβάλλοντα με ηλεκτρικό "θόρυβο". Το βασικό πλεονέκτημα αυτού του τύπου UPS είναι ο μηδενικός χρόνος μετάβασης από την κύρια τροφοδοσία στην εφεδρική.

Το UPS για το όχημά μας είναι το DC UPS module 6 της εταιρείας Siemens⁴⁰, έχει τάση εξόδου 24Vdc, τάση εισόδου από 22 έως 29Vdc με συνολική ισχύ 144W (μέγιστο ρεύμα 6A) και μέγιστο βαθμό απόδοσης 95%. Περισσότερες πληροφορίες θα βρείτε στο τεχνικό φυλλάδιο της συσκευής.

3.1.3 Διανομή Ενέργειας

Στον "Δία" έχουμε τοποθετηθεί αρκετά ηλεκτρονικά συστήματα τα οποία απαιτούν τροφοδοσία. Αφού λοιπόν είδαμε από πού παρέχεται η ενέργεια και πως γίνεται η επεξεργασία της, ας δούμε πως γίνεται η διανομή της. Στην Εικόνα 3.1 βλέπετε ένα απλοποιημένο σχεδιάγραμμα της διανομής ενέργειας σε όλο το όχημα.

3.1.3.1 Επιτήρηση Τροφοδοσίας

Η παροχή τροφοδοσίας από την μπαταρίες ασφαλίζεται από ισχυρά βραχυκυκλώματα με μια ασφάλεια (βλέπε F1 στην Εικόνα 3.1). Η ασφάλεια αυτή είναι τύπου ΖΧΕΗ της εταιρείας Littelfuse⁴¹ ονομαστικού ρεύματος 125A. Περισσότερες πληροφορίες θα βρείτε στο τεχνικό φυλλάδιο της συσκευής.

Στην συνέχεια η παροχή διακόπτεται από τον γενικό διακόπτη ισχύος (βλέπε S0 στην Εικόνα 3.1). Ο διακόπτης αυτός χρησιμεύει στην πλήρη διακοπή των μπαταριών από τα ηλεκτρονικά. Ο διακόπτης είναι ο 4G100-10U της εταιρείας Koncar⁴² και έχει την ικανότητα διακοπής 125A. Περισσότερες πληροφορίες θα βρείτε στο τεχνικό φυλλάδιο της συσκευής. Ο διακόπτης και η γενική ασφάλεια είναι τοποθετημένα σε ένα στεγανό κουτί IP56 (Gewiss, GW44417¹²). Στο ίδιο κουτί βρίσκονται και οι υποδοχές για την σύνδεση του φορτιστή.

Για τον άμεσο έλεγχο της κατάστασης των μπαταριών έχει τοποθετηθεί αναλογικό βολτόμετρο κλίμακας 0 έως 40Vdc διαστάσεων 72x72mm (Circutor, BC72⁴³). Επίσης είναι τοποθετημένο ένα αμπερόμετρο κλίμακας 0 έως 100A, διαστάσεων 72x72mm (Circutor, BC72) για την μέτρηση του φορτίου. Για την μέτρηση του ρεύματος χρησιμοποιείται μία αντίσταση με έξοδο 60mV/100A (Circutor, SHB⁴⁴). Και τα δύο όργανα είναι τοποθετημένα στο κουτί των ηλεκτρονικών.

3.1.3.2 Κύκλωμα Διανομής Ενέργειας

Η καρδιά της διανομής είναι το τυπωμένο κύκλωμα "Power Distribution Board" (PDB για συντομογραφία) (βλέπε P1 στην Εικόνα 3.1).

Το PDB κατασκευάστηκε έτσι ώστε να κατανέμει την τροφοδοσία στα διάφορα υποσυστήματα του "Δία". Η κατασκευή του έγινε σε ενισχυμένο



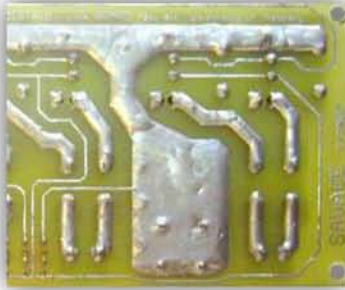
Γενική ασφάλεια 125A



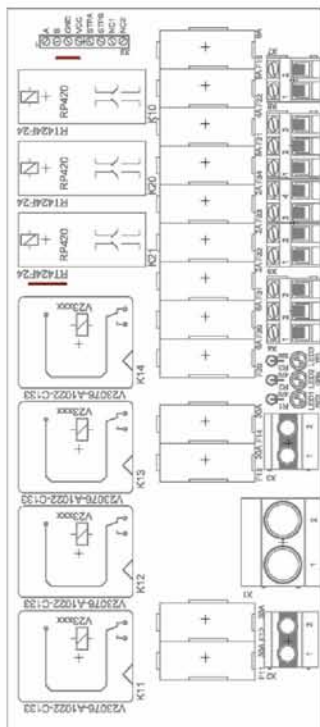
Αντίσταση για μέτρηση ρεύματος τροφοδοσίας



Όργανα μέτρησης τάσης και ρεύματος τροφοδοσίας



Ενισχυμένο τυπωμένο κύκλωμα πάχους 2oz



Διάταξη Power Distribution Board



τυπωμένο κύκλωμα μιας όψης λόγω των μεγάλων φορτίων τα οποία διαχειρίζεται. Αποτελείται από ασφάλειες και ρελέ για τον διαμοιρασμό και την ασφάλιση των επιμέρους κυκλωμάτων.



Εικόνα 3.5 : Power Distribution Board

Το PDB δέχεται στην είσοδό του τις εξής τροφοδοσίες:

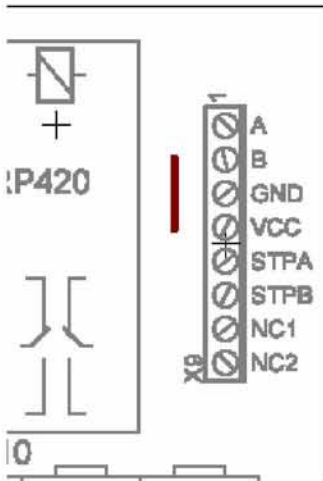
Πίνακας 3.1: Είσοδοι τροφοδοσίας

α/α	Περιγραφή	Ασφάλεια	Σύνδεση
1	24Vdc χωρίς ρύθμιση	-	Battery+
2	24Vdc μέσω UPS	6A	12
3	12Vdc μέσω UPS	6A	24

Στην έξοδό του παρέχει τροφοδοσίες για τα εξής:

Πίνακας 3.2 : Έξοδοι τροφοδοσίας

α/α	Περιγραφή	Ασφάλεια	Σύνδεση
1	24Vdc χωρίς ρύθμιση για πόδι Νο1	30A	1
2	24Vdc χωρίς ρύθμιση για πόδι Νο2	30A	2
3	24Vdc χωρίς ρύθμιση για πόδι Νο3	30A	3
4	24Vdc χωρίς ρύθμιση για πόδι Νο4	30A	4
5	12Vdc μέσω UPS για ηλεκτρονικά	2A	5
6	12Vdc μέσω UPS (εφεδρική)	5A	6
7	12Vdc μέσω UPS για GPS	5A	7
8	12Vdc μέσω UPS για πυξίδα	2A	8
9	24Vdc μέσω UPS για υπολογιστή	2A	9
10	24Vdc μέσω UPS (εφεδρική)	5A	10
11	24Vdc χωρίς ρύθμιση (εφεδρική)	5A	11



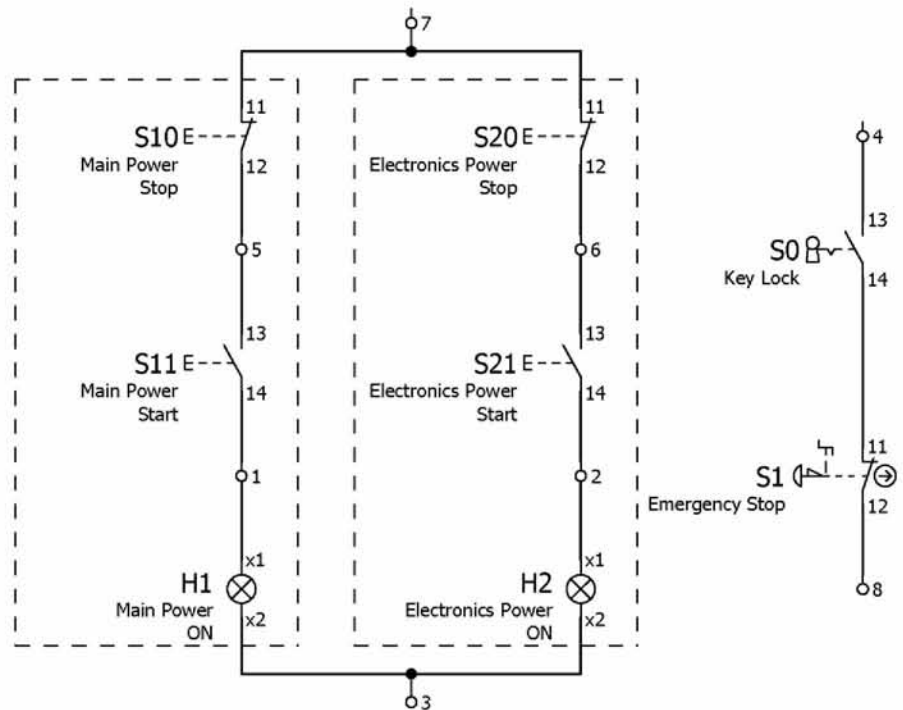
Ακροδέκτες σύνδεσης χειριστήριου τροφοδοσίας

απενεργοποιήσουμε την παροχή τροφοδοσίας. Το χειριστήριο αυτό συνδέεται μέσω ενός καλωδίου RJ45 με το PDB. Ο σύνδεσμος X9 στο PDB έχει τους εξής ακροδέκτες :

Πίνακας 3.4 : Χειριστήριο τροφοδοσίας

No	Καλώδιο	Περιγραφή
1	A	Πορτοκαλί/Άσπρο Ενεργοποίηση κυκλώματος κινητήρων
2	B	Πορτοκαλί Ενεργοποίηση κυκλώματος ηλεκτρονικών
3	GND	Πράσινο/Άσπρο Τροφοδοσία 0V
4	VCC	Μπλε Τροφοδοσία 24Vdc
5	STPA	Μπλε/Άσπρο Απενεργοποίηση κυκλώματος κινητήρων
6	STPB	Πράσινο Απενεργοποίηση κυκλώματος ηλεκτρονικών
7	NC1	Καφέ/Άσπρο Κλειστή επαφή από Emergency Stop
8	NC2	Καφέ Κλειστή επαφή από Emergency Stop

Η συνδεσμολογία του χειριστήριου είναι η εξής:



Εικόνα 3.7 : Συνδεσμολογία Χειριστήριου Τροφοδοσίας

Το χειριστήριο αποτελείται από ένα πλαστικό στεγανό κουτί IP56 και την κλειδαριά (P9CSCD0K95), τα μπουτόν έναρξης/διακοπής (P9DPLVRG01) και το μπουτόν έκτακτης διακοπής (P9CER4RN). Όλα τα υλικά είναι της εταιρείας General Electric⁴⁷.



Μπουτόν έκτακτης διακοπής τροφοδοσίας στο μπροστινό μέρος του οχήματος

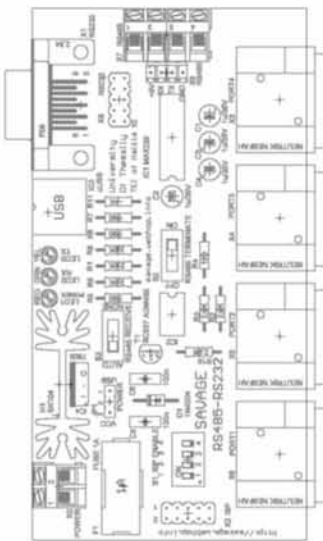
Πάνω στο όχημα είναι τοποθετημένα συνολικά δυο ενσύρματα μπουτόν έκτακτης διακοπής. Το πρώτο βρίσκεται πάνω στο χειριστήριο της τροφοδοσίας ενώ το δεύτερο βρίσκεται στο μπροστινό μέρος του “Δία”.

Εκτός από τα δύο ενσύρματα μπουτόν έκτακτης διακοπής έχουμε τοποθετήσει και ένα ασύρματο χειριστήριο. Το ασύρματο χειριστήριο είναι το SRC019D⁴⁸ το οποίο διαθέτει δύο τηλεχειριζόμενες εξόδους, έχει τάσης λειτουργίας 12Vdc, λειτουργεί στα 315MHz και έχει μια ακτίνα λειτουργίας μέχρι τα 50m. Στην δική μας εφαρμογή χρησιμοποιούμε μόνο το κανάλι Α (κόκκινο μπουτόν).

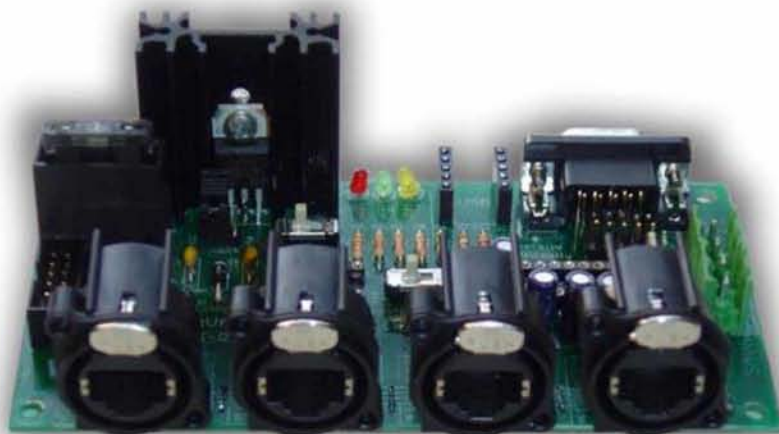
Όταν ενεργοποιήσουμε οποιοδήποτε μπουτόν έκτακτης διακοπής τροφοδοσίας είτε ενσύρματο είτε ασύρματο τότε διακόπτεται η παροχή τροφοδοσίας προς τους κινητήρες μόνο, τα υπόλοιπα υποσυστήματα συνεχίζουν να λειτουργούν κανονικά. Αν θέλουμε να ενεργοποιήσουμε πάλι την τροφοδοσία, μέσω του χειριστηρίου τροφοδοσίας, θα πρέπει πρώτα να επαναφέρουμε όλα τα μπουτόν στην κανονική τους θέση. Τα ενσύρματα μπουτόν επανέρχονται με δεξιά περιστροφή.

3.2 Μετατροπέας RS485

Όπως ήδη έχει αναφερθεί η επικοινωνία του κεντρικού υπολογιστή με κάθε πόδι του συστήματος επιτυγχάνεται μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας RS485. Επειδή όμως ο κεντρικός υπολογιστής μπορεί να συνδεθεί μέσω του πρωτοκόλλου RS-232 χρειάζεται ένα κύκλωμα για την μετατροπή του σήματος. Επιπλέον ο μετατροπέας αναλαμβάνει να τροφοδοτήσει κάθε πόδι με μια βοηθητική τροφοδοσία η οποία χρησιμοποιείται μόνο για τα ηλεκτρονικά μέρη κάθε ποδιού αλλά όχι και για τους κινητήρες.

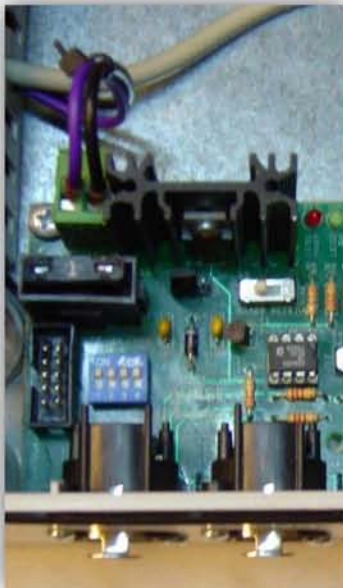


Διάταξη Μετατροπέα RS485



Εικόνα 3.8 : Μετατροπέας RS485

Οι απαιτήσεις τροφοδοσίας του μετατροπέα είναι: Περιοχή τάσης 5.5 έως 40 Vdc Κατανάλωση ~50mA

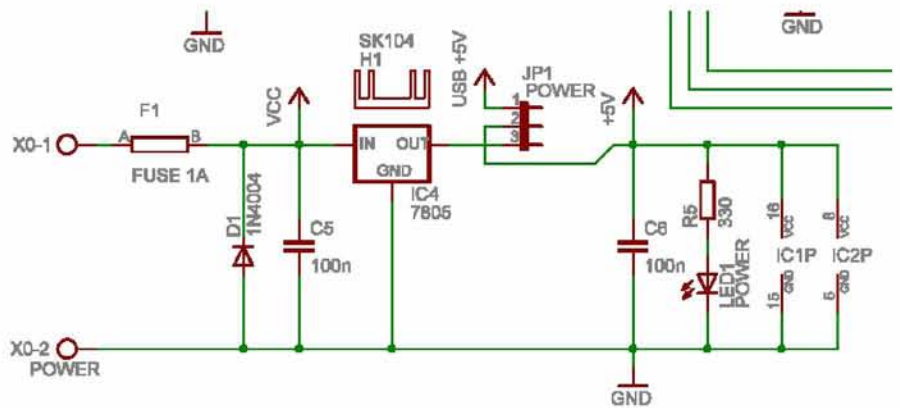


Μετατροπέας uUSB

Μετατροπέας RS232-USB

3.2.1 Κύκλωμα τροφοδοσίας

Η τροφοδοσία των ηλεκτρονικών του κυκλώματος ελέγχου σε κάθε πόδι γίνεται μέσω του καλωδίου επικοινωνίας. Ο μετατροπέας RS485 αναλαμβάνει και την διανομή της τροφοδοσίας. Σε κάθε θύρα επικοινωνίας του μετατροπέα υπάρχει εκτός από το δίκτυο και τροφοδοσία.

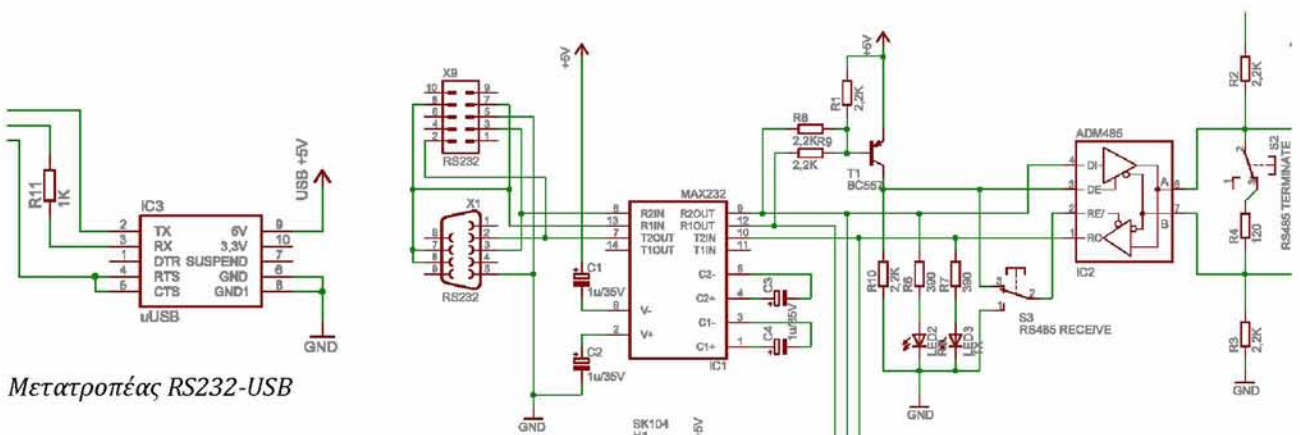


Εικόνα 3.9 : Κύκλωμα τροφοδοσίας Μετατροπέα RS485

Στην είσοδο του κυκλώματος υπάρχει μία ασφάλεια 1A για την προστασία από βραχυκυκλώματα και μία δίοδος (D1, 1N4004⁴⁹) για προστασία από αντίστροφη πολικότητα⁵⁰. Η τροφοδοσία του κυκλώματος του μετατροπέα γίνεται από ένα σταθεροποιητή 7805⁵¹, ο οποίος σταθεροποιεί την τάση στα 5Vdc με μέγιστο ρεύμα 1A. Ο σύνδεσμος JP1 εξυπηρετεί την τροφοδοσία του μετατροπέα μέσω της θύρας USB. Για την σύνδεση της τροφοδοσίας χρησιμοποιείται ένας διπολικός σύνδεσμός τύπου BLZ 5.08, 2 ακροδεκτών.

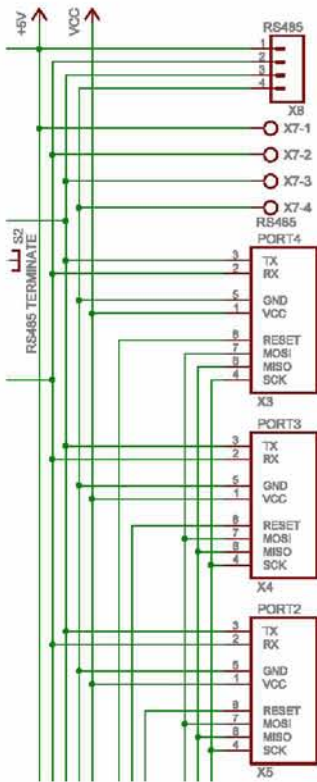
3.2.2 Κύκλωμα μετατροπέα

Για την μετατροπή του κυκλώματος RS485 σε RS232 χρησιμοποιούμε το ολοκληρωμένο κύκλωμα ADM485⁵² το οποίο αναλαμβάνει τα αποπλέξει το δίκτυο.



Εικόνα 3.10 : Κύκλωμα μετατροπέα RS485

Στο κύκλωμα υπάρχει ένας διακόπτης (S3) για την επιλογή της αυτόματης ή χειροκίνητης εναλλαγής του δικτύου RS485 από κατάσταση λήψης σε



κατάσταση αποστολής. Ακόμα υπάρχει και ένας διακόπτης (S2) για την τερματισμό του δικτύου RS485.

Στην συνέχεια το ολοκληρωμένο κύκλωμα MAX232⁵³ μετατρέπει το δίκτυο RS232 από επίπεδο TTL (5Vdc) σε ±12Vdc.

Εκτός από την σειριακή σύνδεση RS232, μπορεί να γίνει και σύνδεση μέσω USB. Αυτό γίνεται μέσω του ενσωματωμένου ολοκληρωμένου κυκλώματος uUSB.

Για την RS232 σύνδεση υπάρχει ένα θηλυκός σύνδεσμος τύπου SUB-D, 9 ακροδεκτών (X1) και επίσης ένας απλός σύνδεσμος 10 ακροδεκτών (X9). Η συνδεσμολογία της θύρας RS232 ακολουθεί το πρωτόκολλο της IEEE.

Πίνακας 3.5 : Συνδεσμολογία θύρας RS-232

Pin No (Board)	Περιγραφή	Pin No (PC)
2	Receive	2
3	Transmit	3
5	GND	5
7	Request to send	7
8	Clear to send	8
1,4,6,9	Not used	-

Για την RS485 σύνδεση υπάρχουν 4 σύνδεσμοι (X3, X4, X5, X6) τύπου RJ45, ένας σύνδεσμος (X7) τύπου BLZ 5.08 4 ακροδεκτών καθώς και ένας σύνδεσμος τύπου Molex (X8) 4 ακροδεκτών.

Οι σύνδεσμοι X3-X4-X5-X6 είναι βιομηχανικού τύπου της εταιρείας NEUTRIK⁵⁴ (πρίζα RJ45 NE8FAH, βύσμα RJ45 NE8MC-1). Η συνδεσμολογία τους φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.6 : Συνδεσμολογία θύρας RS-485

Pin No	Ονομασία	Περιγραφή
1	Vcc	Power Supply (+5.5...35Vdc)
2	Rx	RS485 Receive (B)
3	Tx	RS485 Transmit (A)
4	SCK	Chip Programming – Clock
5	GND	Power Supply Ground
6	MISO	Chip Programming – Data output
7	MOSI	Chip Programming – Data input
8	Reset	Chip Programming – Reset

Η συνδεσμολογία των συνδέσμων X7 και X8 φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.



Πρίζα RJ45, NEUTRIK



Βύσμα RJ45, NEUTRIK

Πίνακας 3.7 : : Συνδεσμολογία ακροδεκτών RS-485

Pin No	Ονομασία	Περιγραφή
1	Vcc	Power Supply (+5Vdc)
2	Rx	RS485 Receive (B)
3	Tx	RS485 Transmit (A)
4	GND	Power Supply Ground

Για μεγαλύτερη ευκολία στον προγραμματισμό έχει τοποθετηθεί ένας σύνδεσμος (X2) στον οποίο συνδέεται κατάλληλος ISP προγραμματιστής για μικροεπεξεργαστές Atmel AVRmega. Η συνδεσμολογία είναι η εξής:

Πίνακας 3.8 : : Συνδεσμολογία θύρας ISP

Pin No	Ονομασία	Περιγραφή
1	MOSI	Chip Programming – Data input
2	Vcc	Power Supply (+5Vdc)
3	NC	Not used
4	GND	Power Supply Ground
5	Reset	Chip Programming – Reset
6	GND	Power Supply Ground
7	SCK	Chip Programming – Clock
8	GND	Power Supply Ground
9	MISO	Chip Programming – Data output
10	GND	Power Supply Ground

Κατά διάρκεια του προγραμματισμού μόνο ένας επεξεργαστής επιτρέπεται να είναι συνδεδεμένος.

Περισσότερες πληροφορίες θα βρείτε στα τεχνικά φυλλάδια των συσκευών.

3.3 Κύκλωμα Ελέγχου (LegBoard)

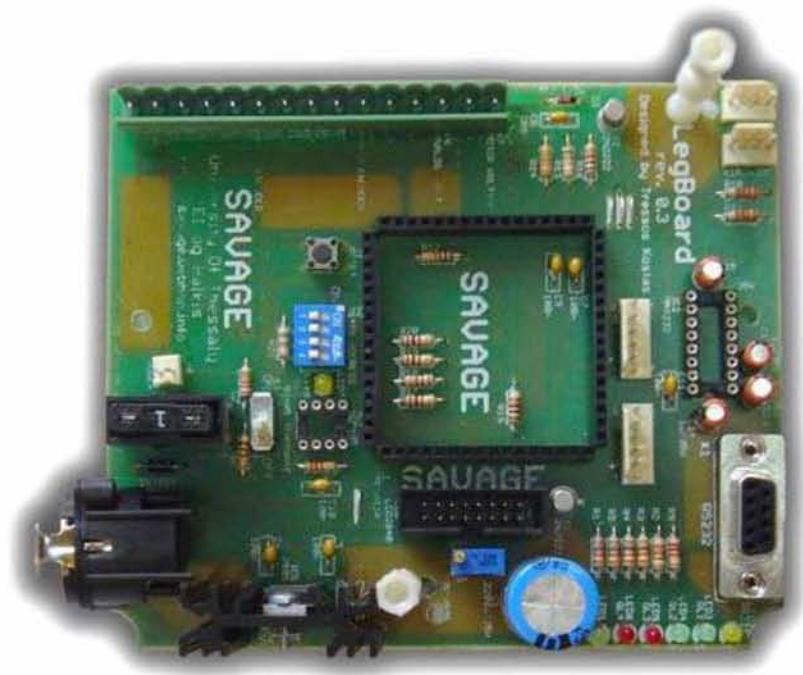
Ένα από τα βασικά συστατικά μέρη της κατασκευής είναι ο μικροεπεξεργαστής ο οποίος είναι τοποθετημένος σε κάθε πόδι του οχήματος και αναλαμβάνει να τοποθετήσει τον αντίστοιχο τροχό στην σωστή θέση με την κατάλληλη ταχύτητα. Για την υλοποίησή του σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ένα ηλεκτρονικό τυπωμένο κύκλωμα (LegBoard) το οποίο περιλαμβάνει τον μικροεπεξεργαστή και μερικά άλλα υποσυστήματα όπως είναι η τροφοδοσία, η επικοινωνία, οι αισθητήρες και η διεπαφή χρήστη.



Η πρώτη δοκιμαστική έκδοση του LegBoard v0.1



Διάταξη τυπωμένου κυκλώματος LegBoard



Εικόνα 3.11 : Τυπωμένο Κύκλωμα LegBoard

3.3.1 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας

Η καρδιά του LegBoard είναι ένας 8bit RISC^P μικροεπεξεργαστής. Ο μικροεπεξεργαστής αυτός είναι ο ATmega128 της εταιρείας Atmel⁵⁵. Ανήκει στην οικογένεια AVR της Atmel και έχει ταχύτητα λειτουργίας 16Mhz. Για μεγαλύτερη ευκολία στην κατασκευή, επειδή ο ATmega128 είναι σε συσκευασία SMT^Q (TQFP^R), χρησιμοποιήσαμε έναν μετατροπέα από SMT σε THT^S. Συγκεκριμένα προμηθευτήκαμε τον μετατροπέα AVR-H128 ο οποίος χρησιμοποιεί και τους 64 ακροδέκτες του επεξεργαστή και επιπλέον διαθέτει θύρες προγραμματισμού ISP^T και JTAG^U.

Η επιλογή του συγκεκριμένου επεξεργαστή έγινε λόγω της επαρκούς επεξεργαστικής ισχύος, την πληθώρα των εισόδων/εξόδων του και λόγω της προηγούμενης μεγάλης εμπειρίας μας στην σχεδίαση συστημάτων με επεξεργαστές της οικογένειας AVR.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η συνδεσμολογία του μικροεπεξεργαστή. Στην πρώτη σειριακή θύρα (USART0) συνδέεται η τοπική θύρα RS232 ενώ στην δεύτερη σειριακή θύρα (USART1) συνδέεται η θύρα RS485. Ο αισθητήρας ταχύτητας συνδέεται στις ψηφιακές εισόδους INT4 (PE4) και INT5 (PE5) ενώ ο αισθητήρας γωνίας συνδέεται στις ψηφιακές εισόδους



Atmel ATmega 128, 16MIPS



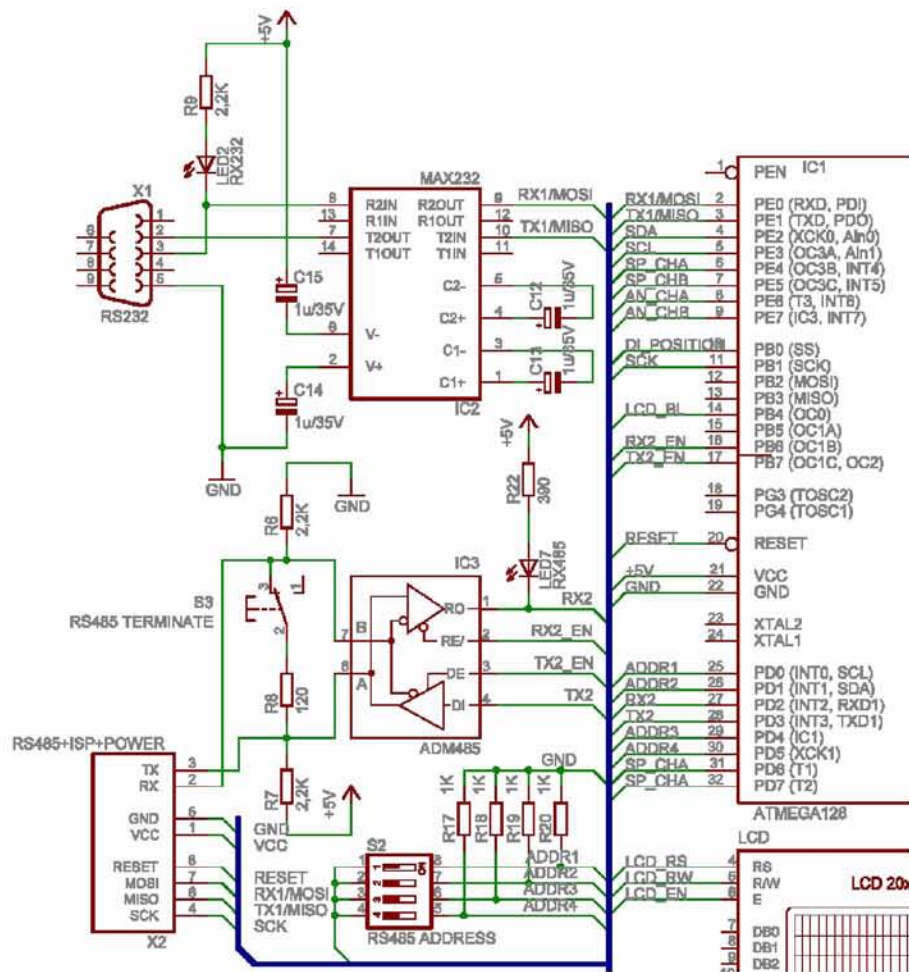
Ο μετατροπέας AVR-H128

^P Reduced Instruction Set Computer
^Q Surface Mount Technology
^R Thin Quad Flat Package
^S Through Hole Technology
^T In System Programming
^U Joint Test Action Group

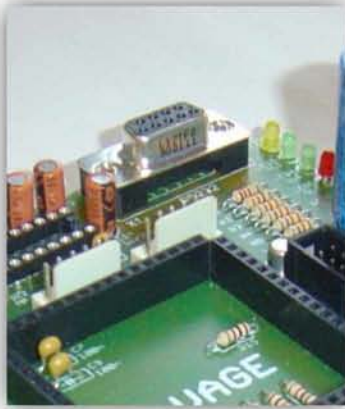
ανάποδη πολικότητα. Η τροφοδοσία του κυκλώματος γίνεται μέσω ενός σταθεροποιητή 7805⁵¹, ο οποίος σταθεροποιεί την τάση στα 5Vdc με μέγιστο ρεύμα 1A. Το 7805 έχει περιοχή εισόδου από 5,5 έως 35Vdc. Στην έξοδο του 7805 υπάρχει φίλτρο εξομάλυνσης αποτελούμενο από τους πυκνωτές C1 και C6. Η σύνδεση της τροφοδοσίας γίνεται μέσω ενός ακροδέκτη RJ45 (X2) (πρίζα RJ45 NE8FAH, βύσμα RJ45 NE8MC-1)⁵⁴, όμοιο με αυτόν που χρησιμοποιείται στον μετατροπέα RS485. Τέλος υπάρχει και ένα led για την ένδειξη της κατάστασης της τροφοδοσίας.

3.3.3 Κύκλωμα Επικοινωνίας

Ο μετατροπέας RS485 είναι υπεύθυνος για την διασύνδεση των LegBoard με τον κεντρικό υπολογιστή. Η διασύνδεση σε φυσικό επίπεδο γίνεται μέσω του δικτύου RS485. Σε κάθε LegBoard υπάρχει ένας μετατροπέας δικτύου RS485 σε RS232 (ADM485⁵²) για την σύνδεση του δικτύου στον μικροεπεξεργαστή. Η σύνδεση με το δίκτυο γίνεται μέσω του συνδέσμου X2 (τύπου RJ45) σύμφωνα με τον Πίνακα 3.6. Ο διακόπτης S3 μας επιτρέπει να τερματίσουμε το δίκτυο όταν η συσκευή είναι τελευταία σε ένα κλάδο. Το Led7 μας δείχνει την κατάσταση του δικτύου και την ροή δεδομένων στο κλάδο λήψης.



Εικόνα 3.14 : Κύκλωμα επικοινωνίας LegBoard



Το LegBoard διαθέτει επίσης και μια δεύτερη σειριακή θύρα για απευθείας επικοινωνία. Η θύρα αυτή υποστηρίζει το πρωτόκολλο RS232, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να συνδεθεί άμεσα σε υπολογιστή μέσω του συνδέσμου X1 τύπου SUB-D. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα MAX232⁵³ αναλαμβάνει να μετατρέψει το δίκτυο RS232 από επίπεδο TTL (5Vdc) σε $\pm 12\text{Vdc}$. Η δεύτερη σειριακή θύρα επιτρέπει μελλοντικά την σύνδεση και άλλων περιφερειακών που απαιτούν τέτοια σύνδεση.

Ο διακόπτης S2 (Dip switch) μας επιτρέπει στον καθορισμό της διεύθυνσης του LegBoard σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.9 : Διακόπτης διευθυνσιοδότησης

Διακόπτης σε Θέση ON	Τιμή Διεύθυνσης
1	1
2	2
3	4
4	8

Η τιμή της διεύθυνσης του LegBoard είναι το άθροισμα των διακοπών που βρίσκονται σε θέση ON. Για να θέσουμε διεύθυνση 6 πρέπει να βάλουμε σε θέση ON τους διακόπτες 2 και 3. Αν πάλι θέλουμε διεύθυνση 3 πρέπει να βάλουμε σε θέση ON τους διακόπτες 1 και 2. Με αυτόν τον τρόπο η τιμή της διεύθυνσης μπορεί να πάρει τιμή από 0 μέχρι 15.

3.3.4 Κύκλωμα Εισόδων/Εξόδων

Για τον έλεγχο της ταχύτητας και της γωνίας σε κάθε πόδι χρειάζεται να γίνεται μέτρηση κάποιων φυσικών παραμέτρων. Το LegBoard διαθέτει μια σειρά από εισόδους και εξόδους που η κάθε μια εξυπηρετεί διαφορετικό σκοπό.

Οι σύνδεσμοι X3 και X4 εξυπηρετούν για την σύνδεση περιστροφικών encoder. Υποστηρίζονται encoder 2 καναλιών με τροφοδοσία 5Vdc. Στον σύνδεσμο X3 συνδέεται το encoder για την μέτρηση της γωνίας ενώ στον X4 το encoder για την μέτρηση της ταχύτητας.

Για την μέτρηση της γωνίας υποστηρίζεται και αναλογικό ποτενσιόμετρο. Ο σύνδεσμος X6 επιτρέπει ενός ποτενσιόμετρου με τροφοδοσία 5Vdc. Προτείνεται ποτενσιόμετρο τουλάχιστον 5k Ω . Επίσης μπορεί να συνδεθεί οποιαδήποτε αναλογική είσοδος με κλίμακα από 0 έως 5Vdc.

Ο σύνδεσμος X5 μας χρησιμεύει στην σύνδεση τερματικού διακόπτη «ξερή» επαφής για την ανίχνευση της θέσης "0" της γωνίας. Μπορεί επίσης να συνδεθεί επαγωγικός αισθητήρας τύπου proximity με μέγιστη τάση εισόδου 5Vdc.

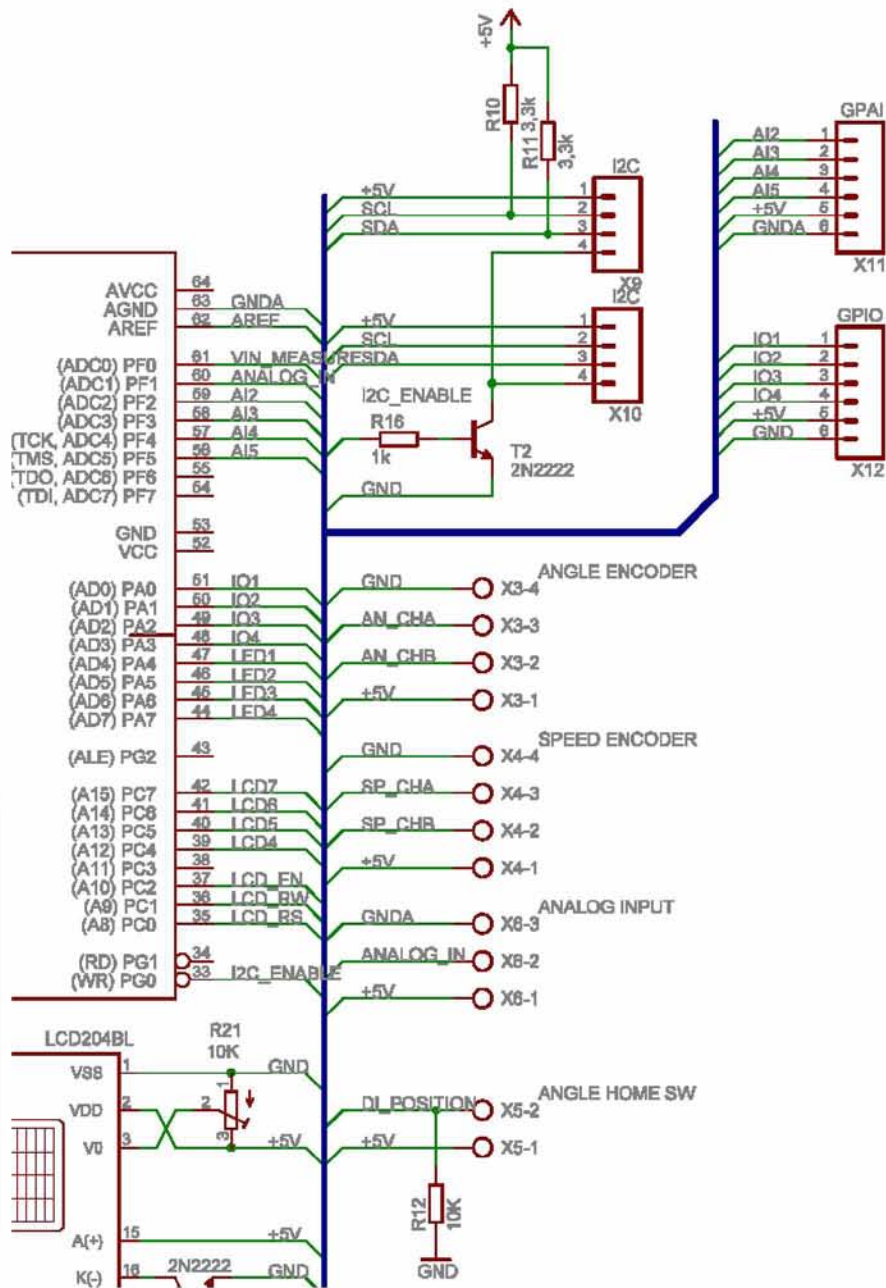


Η διεύθυνση του LegBoard μπορεί να πάρει τιμή από 0 μέχρι 15.





Το πρωτόκολλο I²C υποστηρίζει διασύνδεση μέχρι 256 περιφερειακών (8bit)

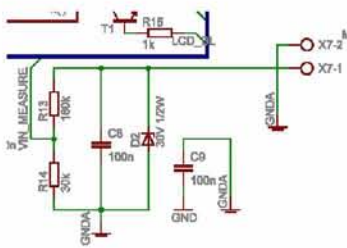


Εικόνα 3.15 : Κύκλωμα εισόδων/εξόδων LegBoard

Οι σύνδεσμοι X9 και X10 συνδέονται συσκευές που υποστηρίζουν το πρωτόκολλο επικοινωνίας I²C. Το πρωτόκολλο επικοινωνίας I²C χρησιμοποιείται για την διασύνδεση μικροεπεξεργαστών με περιφερειακά υποσυστήματα σε μικρή απόσταση. Το τρανζίστορ T2 (2N2222⁵⁸) λειτουργεί σαν διακόπτης στην τροφοδοσία των περιφερειακών. Περισσότερα για το πρωτόκολλο I²C δείτε την παράγραφο 3.3.6.

Οι σύνδεσμοι X11 και X12 είναι τύπου Molex και χρησιμοποιούνται για την διάφορων περιφερειακών. Ο X11 διαθέτει 4 αναλογικές εισόδους κλίμακας από 0 έως 5Vdc. Ο X12 διαθέτει 4 προγραμματιζόμενες ψηφιακές εισόδους/εξόδους.

Ο σύνδεσμος X7 μας επιτρέπει την μέτρηση της τάσης της παροχής των κινητήρων. Μέσω ενός διαιρέτη τάσης από τις αντιστάσεις R13 και R14 η



τάση αυτή οδηγείται σε μια αναλογική είσοδο του μικροεπεξεργαστή. Η σχέση του διαιρέτη τάσης είναι 3/16, δηλαδή για τάση 24V ο μικροεπεξεργαστής μετράει 4,5V. Η διόδος D2 είναι τύπου zener^v και προστατεύει τον μικροεπεξεργαστή από μεγάλες τάσεις (>30Vdc). Έχει δοθεί ιδιαίτερη μέριμνα στον διαχωρισμό των ψηφιακών και αναλογικών σημάτων⁵⁶.

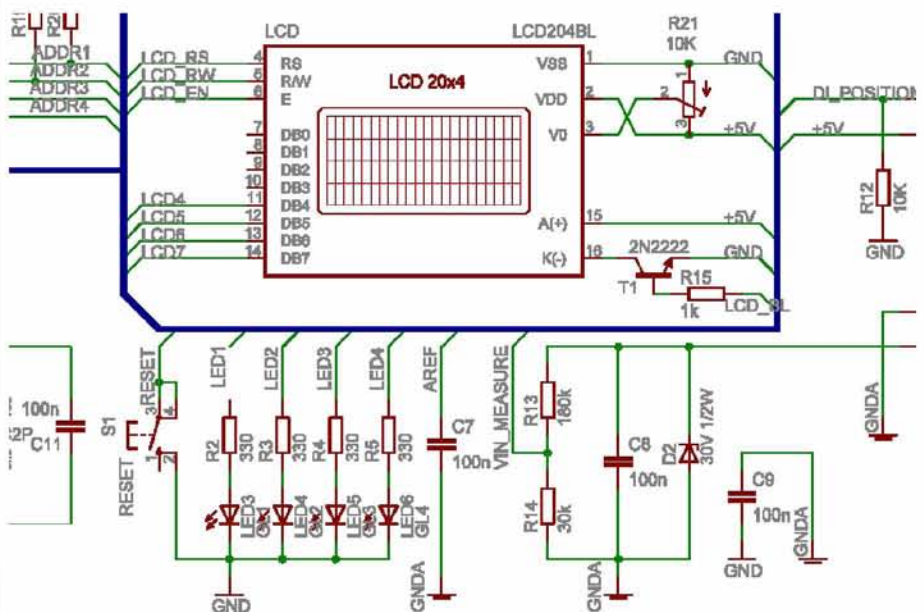
Οι σύνδεσμοι X3, X4, X5, X6 και X7 είναι τύπου BLZ 5.08, ενώ οι X9, X10, X11 και X12 είναι τύπου Molex.

3.3.5 Διεπαφή Χρήστη

Η χρήση της οθόνης δεν είναι απαραίτητη για την λειτουργία LegBoard. Γι αυτό τον λόγο έχουν προστεθεί 4 ενδεικτικά led για την προβολή της κατάστασης του LegBoard.



Ο σύνδεσμος για την οθόνη υποστηρίζει ένας πλήθος αλφαριθμητικών οθονών



Εικόνα 3.16 :Κύκλωμα Διεπαφή Χρήστη LegBoard

Το μπουτόν S1 χρησιμοποιείται για Reset του επεξεργαστή. Σε κανονικές συνθήκες δεν απαιτείται η χρήση του.

Πίνακας 3.10 : Ενδεικτικά LED κατάστασης

Led No	Χρώμα	Λειτουργία
1	Μπλε	Τροφοδοσία OK
2	Κίτρινο	RS232 Receive
3	Πράσινο	Προγραμματιζόμενο
4	Πράσινο	Προγραμματιζόμενο
5	Κόκκινο	Προγραμματιζόμενο
6	Κόκκινο	Προγραμματιζόμενο
7	Κίτρινο	RS485 Receive

^v Zener diode, http://en.wikipedia.org/wiki/Zener_diode

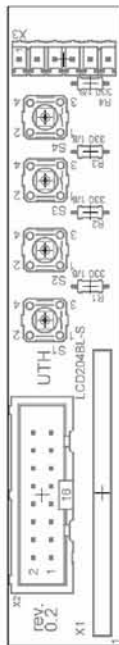
Το LegBoard υποστηρίζει την σύνδεση αλφαριθμητικής οθόνης για την προβολή της κατάστασης αλλά και την παραμετροποίηση του. Υποστηρίζεται ένα μεγάλο πλήθος αλφαριθμητικών οθονών που χρησιμοποιούν το ολοκληρωμένο κύκλωμα HD44780⁵⁷. Το ποτενσιόμετρο R21 χρησιμοποιείται για την ρύθμιση της αντίθεσης της οθόνης. Η ρύθμιση της φωτεινότητας του οπίσθιου φωτισμού γίνεται από τον μικροεπεξεργαστή (έξοδος PWM^W) μέσω του τρανζίστορ T1 (2N2222⁵⁸). Το μέγιστο ρεύμα για τον οπίσθιο φωτισμό δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 800mA. Η σύνδεση την οθόνης γίνεται μέσω του συνδέσμου 2x8 ακροδεκτών (LCD) Η συνδεσμολογία για την οθόνη είναι η εξής:

Πίνακας 3.11 : Συνδεσμολογία οθόνης LCD

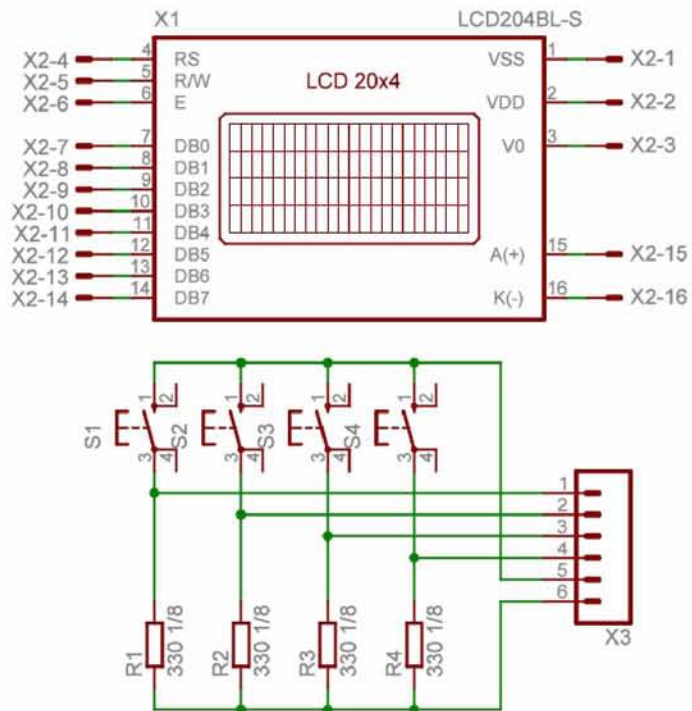
Pin No	Ονομασία	Περιγραφή
1	Vss	Power Supply Ground
2	Vdd	Power Supply +5Vdc
3	Vo	Contrast 0..5Vdc
4	RS	Register Select
5	R/W	Read/Write
6	E	Enable
7	DB0	Data bit 0 (Not used in 4-bit operation)
8	DB1	Data bit 1 (Not used in 4-bit operation)
9	DB2	Data bit 2 (Not used in 4-bit operation)
10	DB3	Data bit 3 (Not used in 4-bit operation)
11	DB4	Data bit 4
12	DB5	Data bit 5
13	DB6	Data bit 6
14	DB7	Data bit 7
15	A+	Backlight +5Vdc
16	K-	Backlight GND

Η σύνδεση της οθόνης γίνεται μέσω ενός τυπωμένου κυκλώματος που περιλαμβάνει εκτός από την μετατροπή του συνδέσμου από 2x8 σε 1x16, και 4 μπουτόν τα οποία συνδέονται στον ακροδέκτη X12. Τα μπουτόν αυτά είναι χρήσιμα για πλοήγηση στο μενού της οθόνης ή ακόμα και για την παραμετροποίηση του LegBoard.

^W Pulse-width modulation, http://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation



Διάταξη του τυπωμένου κυκλώματος για την οθόνη



Εικόνα 3.17 : Τυπωμένο κύκλωμα Οθόνης LCD

3.3.6 Δίκτυο Περιφερειακών I²C

Ο δίαυλος I²C επινοήθηκε από τη Philips στις αρχές της δεκαετίας του 80. Από τότε έως σήμερα έχει χρησιμοποιηθεί σε αναρίθμητες συσκευές. Ο δίαυλος αυτός υποστηρίζει σειριακή επικοινωνία μεταξύ ολοκληρωμένων κυκλωμάτων κάθε τεχνολογίας (CMOS^X, NMOS^Y, PMOS^Z). Στηρίζεται στην αρχιτεκτονική των δύο συρμάτων, με τη βοήθεια των οποίων τα επιμέρους ολοκληρωμένα κυκλώματα μιας συσκευής ανταλλάσσουν σειριακά δεδομένα και σήματα συγχρονισμού μεταξύ τους. Για δίκτυο I²C χρειάζονται δύο γραμμές (SCL^{AA} και SDA^{BB}) οι οποίες βρίσκονται σε υψηλό δυναμικό χρησιμοποιώντας αντιστάσεις ανύψωσης (Pull Up Resistors), έχοντας τάση συνήθως από 3.3V έως 5V, αλλά αυτό ποικίλει από διάταξη σε διάταξη. Κάθε συσκευή που συνδέεται σε αυτές τις γραμμές, χαρακτηρίζεται από μια μοναδική διεύθυνση και μπορεί να λειτουργήσει ως πομπός ή ως δέκτης δεδομένων. Το εύρος διευθύνσεων του διαύλου είναι 7bit ή 10bit, και με 16 διευθύνσεις δεσμευμένες, ο συνολικός αριθμός ολοκληρωμένων που μπορούν να συνδεθούν στον δίαυλο είναι 112 (7bit) ή 1008 (10 bit). Η πιο συνηθισμένη ταχύτητα που λαμβάνει χώρα σε έναν δίαυλο I²C είναι αυτή των 100 kbit/sec και ονομάζεται standard mode. Υπάρχουν ωστόσο και εναλλακτικές ταχύτητες που κυμαίνονται από 100 kbit/sec μέχρι 3.4 Mbit/s.



Το δίκτυο I²C υποστηρίζει επικοινωνία 1008 συσκευών

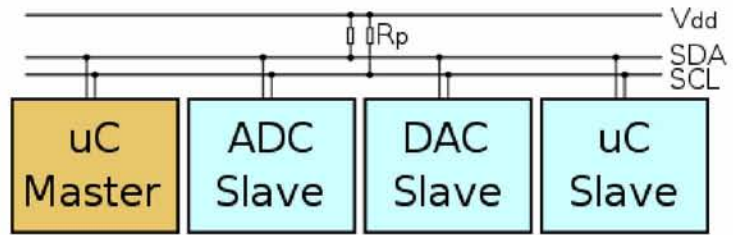
^X Complementary Metal Oxide Semiconductor, <http://en.wikipedia.org/wiki/CMOS>

^Y N-type Metal Oxide Semiconductor, http://en.wikipedia.org/wiki/NMOS_logic

^Z P-type Metal Oxide Semiconductor, http://en.wikipedia.org/wiki/PMOS_logic

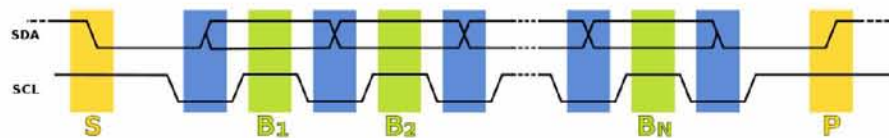
^{AA} Serial Clock signal

^{BB} Serial Data signal



Εικόνα 3.18 : Τυπικό δίκτυο I2C

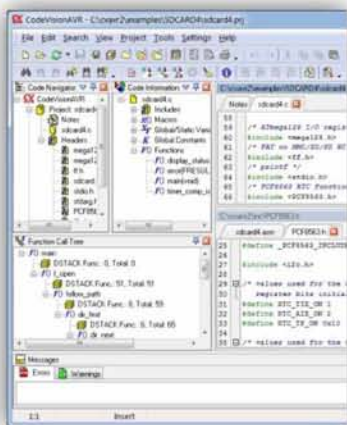
Οι συσκευές που συνδέονται στον I²C διακρίνονται σε Master και Slave. Ο Master είναι αυτός που έχει την πρωτοβουλία στο κύκλωμα και στέλνει τους παλμούς χρονισμού στις συσκευές που είναι εξαρτώμενες (Slave). Η αρχή αποστολής δεδομένων γίνεται με τη συνθήκη εκκίνησης (Start). Αντίστοιχα η παύση αποστολής δεδομένων γίνεται με τη συνθήκη τερματισμού (Stop). Τα δεδομένα μεταφέρονται στον δίαυλο κατά bytes. Ανάμεσα στα bytes που αποστέλλονται από τον πομπό προς τον δέκτη, ο δέκτης παράγει παλμούς επιβεβαίωσης ACK (Acknowledge)⁵⁹.



Εικόνα 3.19 : Διάγραμμα χρονισμού I²C δίαυλου

4 Λογισμικό

4.1 Λογισμικό LegBoard



Περιβάλλον εργασίας
CodevisionAVR

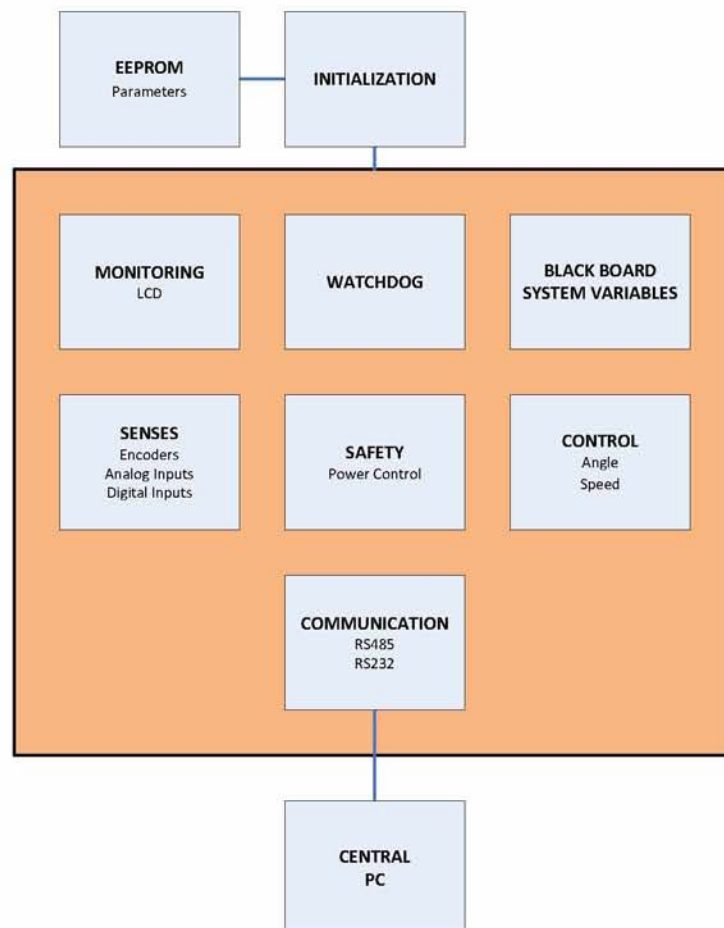
Στις παραπάνω παραγράφους (Βλέπε παράγραφο 2.7.2 και 3.3) είδαμε τον μικροεπεξεργαστή μας και την συνδεσμολογία όλων των στοιχείων. Σε αυτήν την παράγραφο θα δούμε το λογισμικό που γράψαμε για τον μικροεπεξεργαστή το οποίο είναι ο κρίσιμος κρίκος στην αλυσίδα της εργασίας.

Ο μικροεπεξεργαστής που επιλέχθηκε είναι ο ATmega128. Το γεγονός ότι ο προγραμματισμός του ελεγκτή σε γλώσσα μηχανής (assembly) κρύβει δυσκολίες ως αναφορά την υλοποίηση βασικών λειτουργιών, αποτελεί δε μια χρονοβόρα διαδικασία, μας οδήγησε στην επιλογή της εργασίας σε μια ανωτέρου επιπέδου γλώσσα, η οποία με τον κατάλληλο μεταφραστή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον προγραμματισμό του ελεγκτή μας. Στο διαδίκτυο κυκλοφορούν πάρα πολλές παραλλαγές γλωσσών ανωτέρου επιπέδου. Οι παραλλαγές αυτές είναι προσαρμοσμένες κάτω από ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον εργασίας και συμβατές με την γλώσσα μηχανής του ελεγκτή.

Ειδικά για την οικογένεια AVR μικροεπεξεργαστών την οποία και χρησιμοποιήσαμε οι επιλογές από άποψη γλώσσας προγραμματισμού ανωτέρου επιπέδου ήταν δύο. Η πρώτη ήταν το πακέτο Bascom-AVR^{CC} το οποίο μετατρέπει τον Basic κώδικα σε κώδικα μηχανής και η δεύτερη ήταν το πακέτο Codevision-AVR^{DD} το οποίο μετατρέπει τον κοινό κώδικα ANCI-C σε κώδικα μηχανής. Τελικά επιλέξαμε την δεύτερη λύση, δηλαδή την συγγραφή του προγράμματος του μικροεπεξεργαστή σε γλώσσα C, εξαιτίας των ειδικών χαρακτηριστικών και της προσαρμοστικότητας της C καθώς επίσης και την προηγούμενης μεγάλης μας εμπειρίας με το συγκεκριμένο πακέτο. Ένα ακόμα ισχυρό πλεονέκτημα ήταν η καλύτερη διαχείριση που κάνει ο μεταφραστής του Codevision-AVR γεγονός που σημαίνει ότι για την ίδια εργασία ο μεταφραστής της Bascom θα δημιουργήσει περισσότερο κώδικα μηχανής.

4.1.1 Αρχιτεκτονική Λογισμικού

Στην ενότητα αυτή θα προσπαθήσουμε να εξηγήσουμε την δομή του λογισμικού το οποίο συντάξαμε, ούτως ώστε να γίνει κατανοητή από τον αναγνώστη η δομή και ο σκοπός του.



Εικόνα 4.1 : Αρχιτεκτονική λογισμικού LegBoard

^{CC} Basic Compiler for the AVR family, <http://www.mcselec.com>

^{DD} ANSI C Compiler for the Atmel AVR family, <http://www.hpinfotech.ro>

Το λογισμικό χωρίζεται σε διάφορα τμήματα, τα οποία είναι υπεύθυνα για διαφορετικές λειτουργίες.

EEPROM – Parameters

Στην περιοχή μνήμης **EEPROM** του μικροεπεξεργαστή αποθηκεύονται όλες οι παράμετροι του συστήματος. Η μνήμη αυτή αποθηκεύει τις πληροφορίες μόνιμα ακόμα και με την απουσία τροφοδοσίας. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να αναγνωστούν και να τροποποιηθούν.

Initialization

Σε αυτό το τμήμα γίνεται η αρχικοποίηση του προγράμματος. Μόλις γίνει τροφοδοσία του μικροεπεξεργαστή τότε γίνεται καθορισμός των εισόδων/εξόδων καθώς και των περιφερειακών μονάδων του μικροεπεξεργαστή και καθορισμός των αρχικών τιμών σύμφωνα με τις αποθηκευμένες πληροφορίες στην **EEPROM**.

Watchdog

Το **watchdog** είναι ένα υποπρόγραμμα το οποίο επιτηρεί την λειτουργία του μικροεπεξεργαστή. Αν για κάποιο λόγο ο μικροεπεξεργαστής σταματήσει να ανταποκρίνεται τότε το **watchdog** αναλαμβάνει να τον επαναφέρει στην αρχική κατάσταση. Ταυτόχρονα επιτηρείται και η κατάσταση της επικοινωνίας με τον κεντρικό υπολογιστή. Αν για κάποιο λόγο δεν υπάρχει επικοινωνία με τον κεντρικό υπολογιστή τότε το LegBoard μπαίνει σε ασφαλούς λειτουργίας, το οποίο σημαίνει ότι δεν εκτελεί τον έλεγχο γωνίας και ταχύτητας.

Safety – Power Control

Για την ασφάλεια και την σωστή λειτουργία του LegBoard απαιτείται ο έλεγχος της τροφοδοσίας των περιφερειακών και κυρίως των κυκλωμάτων οδήγησης των κινητήρων. Το τμήμα **Safety** στην ουσία επιτηρεί όλες τις παραμέτρους που έχουν σχέση με την ασφάλεια του οχήματος.

Blackboard – System Variables

Το **blackboard** είναι μια περιοχή μνήμης στην οποία αποθηκεύονται όλες οι πληροφορίες του συστήματος. Σε αυτήν την περιοχή καταγράφονται όλες οι δυναμικές και στατικές παράμετροι του συστήματος.

Senses

Σε αυτό το τμήμα γίνεται η ανάγνωση όλων των αισθητήρων που είναι συνδεδεμένοι στον μικροεπεξεργαστή. Οι μετρήσεις από αναλογικές και ψηφιακές εισόδους καθώς και τους αισθητήρες γωνίας και ταχύτητας αποθηκεύονται στο **Blackboard**.

Control – Angle/Speed

Στο τμήμα **control** γίνεται ο έλεγχος της γωνίας και την ταχύτητας. Οι ζητούμενες τιμές συγκρίνονται με τις τρέχουσες τιμές και ο ελεγκτής υπολογίζει την απαιτούμενη έξοδο.

Monitoring

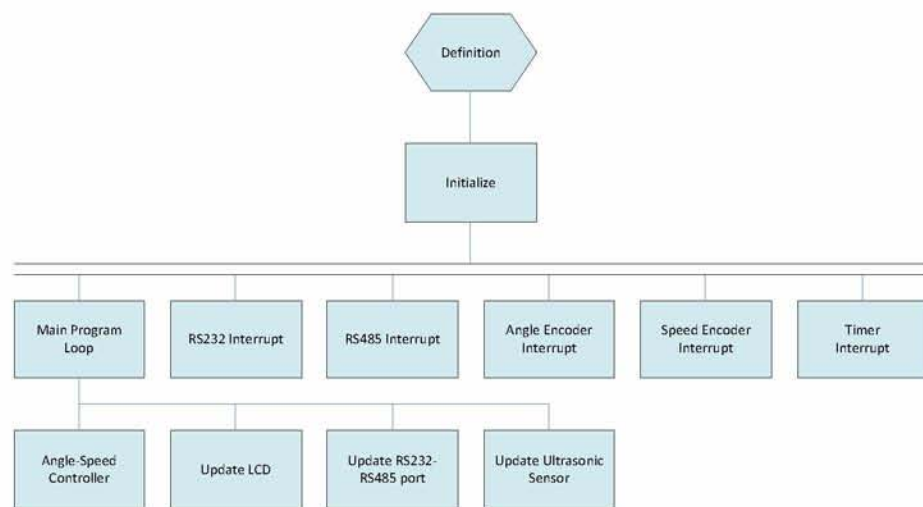
Το τμήμα αυτό αναλαμβάνει να εμφανίσει πληροφορίες για την κατάσταση του συστήματος στην τοπική αλφαριθμητική οθόνη.

Communication

Εδώ γίνεται η επικοινωνία με τον κεντρικό υπολογιστή τόσο μέσω της θύρας RS-485 όσο και μέσω της RS-232. Τα εισερχόμενα μηνύματα ελέγχονται και αξιολογούνται. Από εδώ διαβιβάζονται και οι πληροφορίες προς τον κεντρικό υπολογιστή.

4.1.2 Συνοπτική Ροή Προγράμματος

Το λογισμικό του LegBoard περιλαμβάνει διεργασίες που εκτελούνται μια φορά, διεργασίες που εκτελούνται συνέχεια και διεργασίες που εκτελούνται μόνο υπό προϋποθέσεις.



Εικόνα 4.2 : Ροή προγράμματος LegBoard

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η ροή του προγράμματος του LegBoard. Σύμφωνα με αυτή την εικόνα το πρώτο πράγμα που γίνεται με την εκκίνηση του προγράμματος είναι η αρχικοποίηση (Initialize) του συστήματος σύμφωνα με τις καθορισμένες παραμέτρους (definition). Στην συνέχεια το πρόγραμμα μπαίνει σε μια διαδικασία παραλλήλων διεργασιών.

Το “Main Program Loop” εκτελείται συνέχεια και περιλαμβάνει τον έλεγχο της γωνίας και της ταχύτητας (Angle-Speed Controller), την ενημέρωση της οθόνης (Update LCD), τις επικοινωνίες (Update RS232-RS485 port) και την ενημέρωση των αισθητήρων υπέρηχων.

Οι υπόλοιπες διεργασίες εκτελούνται μόνο όταν συμβεί κάποιο γεγονός. Συγκεκριμένα η “RS232 Interrupt” και η “RS485 Interrupt” ενεργοποιούνται όταν υπάρχει εισερχόμενο μήνυμα. Η διεργασία “Angle Encoder Interrupt” και “Speed Encoder Interrupt” ενεργοποιούνται όταν υπάρχει αλλαγή από τους αισθητήρες γωνίας και ταχύτητας. Τέλος η διεργασία “Timer Interrupt” ενεργοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα για εκτέλεση συγκεκριμένων λειτουργιών.

4.1.3 Κατάσταση λειτουργίας

Το LegBoard έχει την δυνατότητα να λειτουργήσει σε διαφορετικές καταστάσεις λειτουργίας. Υπάρχουν 6 καταστάσεις λειτουργίας οι οποίες εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς. Η αλλαγή της κατάστασης λειτουργίας μπορεί να γίνει είτε μέσω εντολής από το δίκτυο, είτε, σε ορισμένες καταστάσεις λειτουργίας, μέσα από την οθόνη από τον μενού 6.0 “Mode selection”.

Normal

Είναι η κανονική κατάσταση λειτουργίας στην οποία εκτελούνται κανονικά όλες οι λειτουργίες ελέγχου, επικοινωνίας και ασφάλειας.

Normal – No Safe

Εκτελούνται κανονικά όλες οι λειτουργίες ελέγχου και επικοινωνίας αλλά παρακάμπτονται οι εξής ασφαλιστικές διατάξεις:

- Επιτήρηση επικοινωνίας
- Επιτήρηση ελεγκτή γωνίας
- Επιτήρηση ελεγκτή ταχύτητας
- Επιτήρηση τροφοδοσίας
- Επιτήρηση γωνίας περιστροφής

Προσοχή όταν χρησιμοποιείται αυτήν την λειτουργία καθώς μπορεί να προκαλέσει βλάβες στην μηχανολογική κατασκευή.

Log

Εκτελούνται κανονικά όλες οι λειτουργίες ελέγχου, επικοινωνίας και ασφάλειας αλλά ταυτόχρονα αποστέλλονται, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, επιλεγμένοι παράμετροι στον κεντρικό υπολογιστή.

Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια δοκιμών και δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ταυτόχρονα σε όλα τα LegBoard καθώς προκαλεί πολλά σφάλματα στο δίκτυο επικοινωνίας.

Log NMEA

Παρόμοια λειτουργία με την “Log” με την διαφορά ότι δεν αποστέλλονται παράμετροι αλλά συγκεκριμένο επιλεγμένο μήνυμα NMEA.

Test

Δεν εκτελείται καμία λειτουργία ελέγχου και ασφάλειας. Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των περιφερειακών μονάδων του LegBoard. Σε αυτήν την κατάσταση έχετε απευθείας πρόσβαση στα κυκλώματα οδήγησης των κινητήρων, τα ενδεικτικά Led, την οθόνη LCD και τις άλλες ψηφιακές εισόδους/εξόδους.

Park

Κατά την λειτουργία “Park” δεν εκτελείται καμία λειτουργία ελέγχου και ασφάλειας. Με την λειτουργία “Park” μπορείτε να στρέψετε το πόδι του οχήματος 180° προκειμένου να γίνει ευκολότερη η μεταφορά του.

4.1.4 Παράμετροι LegBoard

Για την ευκολότερη προσαρμογή του συστήματος σε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας υπάρχει η δυνατότητα να αλλάξουμε κάποιες ρυθμίσεις του συστήματος. Παρακάτω προβάλλονται οι παράμετροι που μπορούν να επεξεργαστούν και το πιθανό εύρος τιμών

Πίνακας 4.1 : Παράμετροι LegBoard

Γενικές Ρυθμίσεις

Περιγραφή	M/M	Εύρος Τιμών	Αρχική Τιμή
Angle Encoder Pulses	p/r	-	360
Drive ANGLE Acceleration	-	0~255	125
Speed Encoder Pulses	p/r	-	360
Drive SPEED Acceleration	-	0~255	125
Watchdog timer	s	0~60	20.0
Angle calibrate move speed	%	0~100	30.0
Wheel Diameter	m	-	0.4

Προειδοποιήσεις

Περιγραφή	M/M	Εύρος Τιμών	Αρχική Τιμή
Power Warning	V	0~30.0	23.0
Power Alarm	V	0~30.0	22.0
Warning Distance Ultrasonic	m	0~6.0	2.0
Alarm Distance Ultrasonic	m	0~6.0	1.0
Ultrasonic refresh timer	s	0~60	0.5

Οθόνη LCD

Περιγραφή	M/M	Εύρος Τιμών	Αρχική Τιμή
LCD message	-	-	0
LCD refresh timer	s	1~60	1.0
LCD Backlight	%	0~100	100

Ελεγκτής Γωνίας

Περιγραφή	M/M	Εύρος Τιμών	Αρχική Τιμή
Angle Controller P value	-	-	(Πίνακας 4.2)
Angle Controller I value	-	-	(Πίνακας 4.2)
Angle Controller D value	-	-	(Πίνακας 4.2)
Angle Controller Error Zone	deg	-	0.4
Angle Watchdog timer	s	0~60	15.0

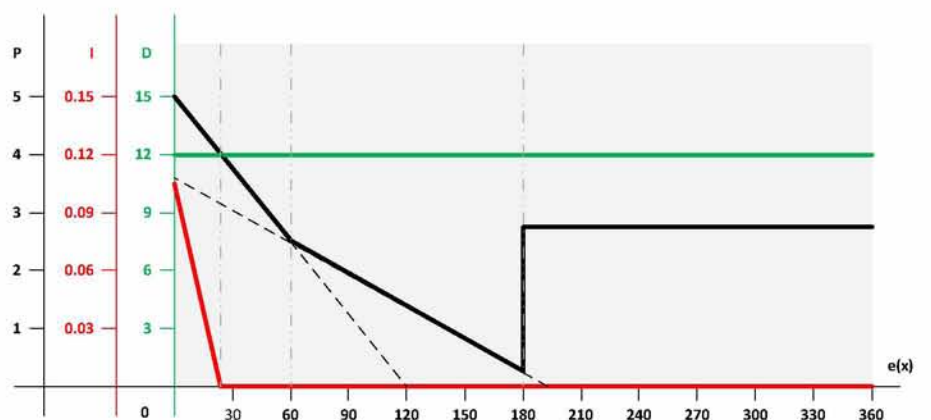
Ελεγκτής Ταχύτητας

Περιγραφή	Μ/Μ	Εύρος Τιμών	Αρχική Τιμή
Speed Controller P value	-	-	(Πίνακας 4.3)
Speed Controller I value	-	-	(Πίνακας 4.3)
Speed Controller D value	-	-	(Πίνακας 4.3)
Speed Controller Error Zone	m/s	-	0.05
Speed Watchdog timer	s	0~60	4.0

Οι ελεγκτές γωνίας και ταχύτητας είναι τύπου Fuzzy Control PID το οποίο σημαίνει ότι οι παράμετροι τους αλλάζουν δυναμικά. Στους παρακάτω πίνακες εξηγείται πως διαμορφώνονται οι παράμετροι του ελεγκτή ανάλογα με την τιμή του σφάλματος.^{60/61/62/63/64/65/66}

Πίνακας 4.2 : Παράμετροι ελεγκτή Fuzzy PID γωνίας

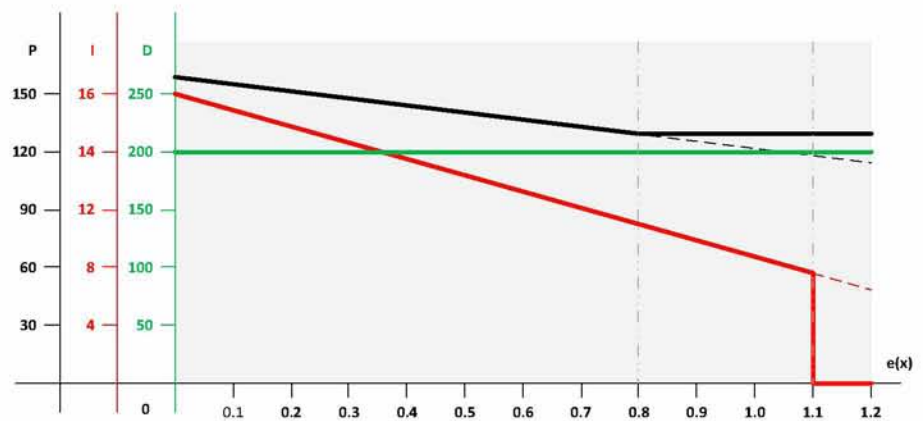
Parameter	Sector	Point (deg)	Slope	Offset
P	A	60.0	-0.04	5.0
	B	180.0	-0.02	3.8
	C	360.0	0.0	2.7
I	A	25.0	-0.007	0.11
	B	360.0	0.0	0.0
	C	360.0	0.0	0.0
D	A	360.0	0.0	12.0
	B	360.0	0.0	12.0
	C	360.0	0.0	12.0



Εικόνα 4.3 : Διακύμανση παραμέτρων ελεγκτή Fuzzy PID γωνίας

Πίνακας 4.3 : Παράμετροι ελεγκτή Fuzzy PID ταχύτητας

Parameter	Sector	Point (deg)	Slope	Offset
P	A	0.8	-57.0	157.0
	B	100.0	0.0	110.0
	C	100.0	0.0	110.0
I	A	1.1	-7.1	16.0
	B	100.0	0.0	0.0
	C	100.0	0.0	0.0
D	A	100.0	0.0	200.0
	B	100.0	0.0	200.0
	C	100.0	0.0	200.0



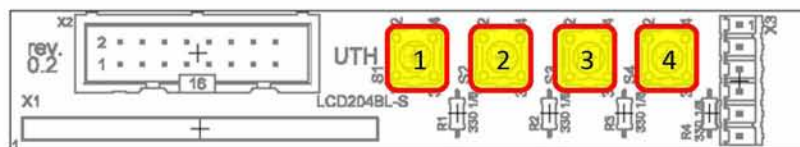
Εικόνα 4.4 : Διακύμανση παραμέτρων ελεγκτή Fuzzy PID ταχύτητας



Η οθόνη του LegBoard και τα μπουτόν χειρισμού

4.1.5 Διεπαφή Χρήστη

Η αλφαριθμητική οθόνη LCD εμφανίζει διάφορες πληροφορίες για την κατάσταση του συστήματος. Ο χειρισμός του μενού της οθόνης γίνεται από τα μπουτόν που βρίσκονται ακριβώς από επάνω.



Εικόνα 4.5 : Διάταξη μπουτόν οθόνης LegBoard

Η λειτουργία κάθε μπουτόν είναι η εξής:

Πίνακας 4.4 : Μπουτόν χειρισμού οθόνης

No	Περιγραφή
1	Κεντρική οθόνη (Home)
2	Επιλογή (Enter)
3	Προηγούμενο (Previous)
4	Επόμενο (Next)

Το μενού περιλαμβάνει 9 βασικές οθόνες και μερικές υπο-οθόνες. Εκτός από το βασικό μενού, μπορούν να εμφανιστούν και μερικά διαφορετικά μηνύματα στην οθόνη τα οποία θα επεξηγηθούν παρακάτω

Πίνακας 4.5 : Δομή μενού οθόνης

Μενού	Υπο-μενού
0	Κεντρική Ταχύτητα Γωνία
1	Κατάσταση Κατάσταση 1..3
2	Αισθητήρες Υπέρηχων
3	Σύστημα Χρονικά 1/2 Χρονικά 2/2 Κύκλος προγράμματος Σφάλματα
4	Ελεγκτής Παράμετροι PID γωνίας Παράμετροι PID ταχύτητας
5	Ρυθμίσεις Παράμετροι 1...10
6	Κατάσταση Λειτουργίας
7	Ρύθμιση Γωνίας Αυτόματη Ρύθμιση Χειροκίνητη Ρύθμιση
8	Πληροφορίες

Παρακάτω θα βρείτε τις πληροφορίες που απεικονίζει κάθε μήνυμα που εμφανίζεται στην οθόνη.

Home Screen (0.0)

Εμφανίζει την γενική κατάσταση του συστήματος. Στην πρώτη γραμμή υπάρχουν πληροφορίες για την κατάσταση διάφορων παραμέτρων. Στην δεύτερη γραμμή περιέχει την κατάσταση των κυκλωμάτων οδήγησης των κινητήρων. Η τρίτη και τέταρτη γραμμή περιέχουν την τρέχουσα τιμή και την επιθυμητή τιμή του ελεγκτή γωνίας και ταχύτητας αντίστοιχα.

```

    000000000000000000000000000000
    Aw:111* Sw:222* #33
    %A:4444(5555)dee
    %S:6666(7777)m/s
    
```

Η πληροφορία του λογισμικού που περιγράφεται εδώ αναφέρονται στην έκδοση λογισμικού 0.6.4

- *: Φορά περιστροφής κινητήρα
- %: Κατάσταση ελεγκτή (στροφής/κύλισης)
- 1: Έξοδος PWM κινητήρα στροφής
- 2: Έξοδος PWM κινητήρα κύλισης
- 3: Διεύθυνση δικτύου RS-485
- 4: Τρέχουσα τιμή γωνίας
- 5: Επιθυμητή τιμή γωνίας
- 6: Τρέχουσα τιμή ταχύτητας
- 7: Επιθυμητή τιμή ταχύτητας

Η πληροφορίες που περιέχονται στην πρώτη γραμμή από αριστερά προς τα δεξιά είναι: Speed Busy, Angle Busy, Angle Auto Calibration Busy, Communication Watchdog, Speed Watchdog, Angle Watchdog, Power Failure, Power Alarm, Power Warning, Speed Drive Error, Angle Drive Error, LCD Error, Ultrasonic Sensor No1 Error, Ultrasonic Sensor No2 Error, Ultrasonic Sensor No3 Error, Ultrasonic Ring Warning, Ultrasonic Ring Alarm.

Speed Controller (0.1)

Εμφανίζει πληροφορίες κατάσταση του ελεγκτή ταχύτητας.

```

0:1 Speed Controller
PU:1111 SU:2222 m/s
C:333 PWM:444* D:555
e:666(777) a:888

```

- *: Φορά περιστροφής κινητήρα
- 1: Τρέχουσα τιμή
- 2: Επιθυμητή τιμή
- 3: Τιμή counter
- 4: Έξοδος PWM κινητήρα
- 5: Κωδικός κατάστασης κυκλώματος οδήγησης
- 6: Σφάλμα ελεγκτή
- 7: Αθροιστικό σφάλμα ελεγκτή
- 8: Τιμή εξόδου ελεγκτή

Angle Controller (0.2)

Εμφανίζει πληροφορίες κατάσταση του ελεγκτή γωνίας.

```

0:1 Angle Controller
PU:1111 SU:2222 m/s
C:333 PWM:444* D:555
e:666(777) a:888

```

- *: Φορά περιστροφής κινητήρα
- 1: Τρέχουσα τιμή
- 2: Επιθυμητή τιμή
- 3: Τιμή counter
- 4: Έξοδος PWM κινητήρα
- 5: Κωδικός κατάστασης κυκλώματος οδήγησης
- 6: Σφάλμα ελεγκτή
- 7: Αθροιστικό σφάλμα ελεγκτή
- 8: Τιμή εξόδου ελεγκτή

Status (1.0)

Εμφανίζει πληροφορίες κατάσταση του συστήματος.

```
1:0 Status Menu
Mode: 11111
Status Code: 22222
PS:333V AI:444V
```

- 1: Κατάσταση λειτουργίας
- 2: Κωδικός κατάστασης
- 3: Τάση τροφοδοσίας κινητήρων
- 4: Τάση αναλογικής εισόδου

Status Details (1.1)

Εμφανίζει λεπτομερές πληροφορίες κατάσταση του συστήματος. Συγκεκριμένα εμφανίζει την κατάσταση των: Speed Busy, Angle Busy, Angle Auto Calibration Busy, Communication Watchdog, Speed Watchdog, Angle Watchdog.

```
1:1 Status Details
[ ]Busy Sp. [ ]WD Comm
[ ]Busy Ang. [ ]WD Speed
[ ]Busy A.C. [ ]WD Angle
```

Status Details (1.2)

Εμφανίζει λεπτομερές πληροφορίες κατάσταση του συστήματος. Συγκεκριμένα εμφανίζει την κατάσταση των: Power Failure, Power Alarm, Power Warning, Speed Drive Error, Angle Drive Error, Angle Feedback Encoder.

```
1:2 Status Details
[ ]PWR Fail [ ]A.D. Err.
[ ]PWR Alarm [ ]S.D. Err.
[ ]PWR Warn [ ]A.F/B ENC
```

Status Details (1.3)

Εμφανίζει λεπτομερές πληροφορίες κατάσταση του συστήματος. Συγκεκριμένα εμφανίζει την κατάσταση των: Ultrasonic Sensor No1 Error, Ultrasonic Sensor No2 Error, Ultrasonic Sensor No3 Error, Ultrasonic Ring Warning, Ultrasonic Ring Alarm.

```
1:3 Status Details
[ ]US.1 Err. [ ]US Warn.
[ ]US.2 Err. [ ]US Alarm
[ ]US.3 Err.
```

Ultrasonic Ring (2.0)

Εμφανίζει τις τρέχουσες τιμές των μετρήσεων από τους αισθητήρες υπέρηχων. Επίσης εμφανίζει και ένα γράφημα της μετρούμενης απόστασης με κλίμακα από 0 έως 6m.

```

2:0 Ultrasonic Ring
1:1111m ████████████████████
2:2222m ████████████████████
3:3333m ████████████████████

```

Ultrasonic Ring (2.1)

Εμφανίζει τις τρέχουσες τιμές των μετρήσεων από τους αισθητήρες υπέρηχων, καθώς και την ελάχιστη απόσταση μέτρησης.

```

2:1 Ultrasonic Ring
01:1111m (min:4444m)
02:2222m (min:5555m)
03:3333m (min:6666m)

```

System Status (3.0)

Εμφανίζει πληροφορίες για ειδικές παραμέτρους του συστήματος.

```

3:0 System Status
Press 'ENTER' to
view timers, comm.
port and prog. cycle

```

Timer Status (3.1)

Εμφανίζει πληροφορίες για την κατάσταση των χρονικών.

```

3:1 Timer Status
LOG:111/222(333s)
UR:444/555(666s)
SP:777/888(999s)

```

- 1: Timer καταγραφής : Τρέχουσα τιμή
- 2: Timer καταγραφής : Συνολική τιμή
- 3: Timer καταγραφής : Βάση χρόνου
- 4: Timer ανάγνωσης υπέρηχων : Τρέχουσα τιμή
- 5: Timer ανάγνωσης υπέρηχων : Συνολική τιμή
- 6: Timer ανάγνωσης υπέρηχων : Βάση χρόνου
- 7: Timer υπολογισμού ταχύτητας : Τρέχουσα τιμή
- 8: Timer υπολογισμού ταχύτητας : Συνολική τιμή
- 9: Timer υπολογισμού ταχύτητας : Βάση χρόνου

Timer Status (3.2)

Εμφανίζει πληροφορίες για την κατάσταση των χρονικών.

```

3:2 Timer Status
WCo:111/222(333s)
WAn:444/555(666s)
WSp:777/888(999s)

```

- 1: Watchdog επικοινωνίας : Τρέχουσα τιμή
- 2: Watchdog επικοινωνίας : Συνολική τιμή
- 3: Watchdog επικοινωνίας : Βάση χρόνου
- 4: Watchdog ελεγκτή γωνίας : Τρέχουσα τιμή
- 5: Watchdog ελεγκτή γωνίας : Συνολική τιμή
- 6: Watchdog ελεγκτή γωνίας : Βάση χρόνου

- 7: Watchdog ελεγκτή ταχύτητας : Τρέχουσα τιμή
- 8: Watchdog ελεγκτή ταχύτητας : Συνολική τιμή
- 9: Watchdog ελεγκτή ταχύτητας : Βάση χρόνου

Program cycle (3.3)

Εμφανίζει πληροφορίες για χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος όσο για τον τελευταία μέτρηση όσο και για τον μέσο όρο.

```
3:3 Program cycle
Last: 111 s
Average: 222 s
```

Program cycle (3.4)

Εμφανίζει πληροφορίες για τα σφάλματα της επικοινωνίας.

```
3:4 Communication
Port:111111 e:22222
CRC:333(444/555)
LES:666666
```

- 1: Όνομα θύρας (RS232, RS485)
- 2: Συνολικά σφάλματα
- 3: Άθροισμα επαλήθευσης (εισερχόμενο)
- 4: Άθροισμα επαλήθευσης (υπολογισμένο)
- 5: Άθροισμα επαλήθευσης (υπολογισμένο XOR)
- 6: Τελευταία εισερχόμενο μήνυμα

Fuzzy Parameters (4.0)

Εμφανίζει τις τιμές των παραμέτρων των ελεγκτών στροφής και κύλισης.

```
4:0 Fuzzy Parameters
Press 'ENTER' to
view fuzzy param's
for PID controllers
```

Setup Parameters (5.0)

Εμφανίζει όλες τις τιμές των παραμέτρων του συστήματος.

```
5:0 Setup Parameters
Press 'ENTER' to
view system setup
parameters
```

Mode selection (6.0)

Από εδώ έχετε την δυνατότητα να αλλάξετε την κατάσταση λειτουργίας του συστήματος.

```
6:0 Mode selection
Press 'ENTER' to
change current mode
```

Mode selection (6.1)

Πατώντας το μπουτόν (1) μπορούμε να επιλέξουμε την νέα κατάσταση λειτουργίας. Πατώντας το μπουτόν "Enter" (2) ενεργοποιούμε την νέα κατάσταση λειτουργίας.

```
6:1 Mode selection
Current: xxxxx
New: xxxxx
'ENTER' to change
```

Angle adjustment (7.0)

Από εδώ έχετε την δυνατότητα να ρυθμίσετε αυτόματα ή χειροκίνητα την θέση "0" της γωνίας.

```
7:0 Angle adjustment
Press 'ENTER' to
auto/manual adjust
angle zero position
```

Angle adjustment (7.1)

Από εδώ πατώντας το μπουτόν "Enter" έχετε την δυνατότητα να ρυθμίσετε αυτόματα την θέση "0" της γωνίας.

```
7:1 Angle adjustment
Press 'ENTER' to
adjust automatically
angle zero position
```

Με την ενεργοποίηση της λειτουργίας ρύθμισης εμφανίζεται μια οθόνη που περιέχει την τρέχουσα τιμή της γωνίας.

```
Angle auto calibrate
-----
Current position
Angle: xx deg
```

```
Angle auto calibrate
-----
Centering...
Center: xx deg
```

Σε περίπτωση σφάλματος θα εμφανιστεί αντίστοιχο μήνυμα.

```
Angle auto calibrate
-----
Error! Over xx deg
Check limit switch
```

Angle adjustment (7.2)

Από εδώ έχετε την δυνατότητα να ρυθμίσετε χειροκίνητα την θέση "0" της γωνίας. Στην οθόνη φαίνεται η αποθηκευμένη τιμή και η τρέχουσα τιμή

της γωνίας. Πατώντας το μπουτόν “Enter” αποθηκεύουμε την νέα τιμή την θέση “0” της γωνίας.

```
7:2 Angle adjustment
-----
Current: xxxx des
Adjust: xxxx des
```

Information (8.0)

Περιέχει πληροφορίες για την έκδοση του λογισμικού και του υλικού. Εμφανίζεται επίσης κατά την εκκίνηση του προγράμματος.

```
SAVAGE Uni.Thessaly
HW:v0.3.1 SW:v0.6.4
by Kostas Tressos
savase.webhop.info
```

Initialization

Εμφανίζεται κατά την εκκίνηση και περιέχει την διεύθυνση του LegBoard.

```
Initialization...
Bus Address: XX
```

Initialize EEPROM

Εμφανίζεται κατά την εκκίνηση, μόνο μετά την πρώτη εγκατάσταση του λογισμικού στο LegBoard.

```
Initialize EEPROM...
```

Software Resetting

Εμφανίζεται κατά την διάρκεια επανεκκίνησης του λογισμικού.

```
Software Resetting..
```

Watchdog timer

Μήνυμα σφάλματος. Εμφανίζεται όταν δεν έχει ληφθεί κανένα μήνυμα από την θύρα επικοινωνίας RS-485, για τον προκαθορισμένο χρόνο.

```
Watchdog timer
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
No message received
for more than XXs
```

Angle Watchdog timer

Μήνυμα σφάλματος. Εμφανίζεται όταν δεν υπάρχει ανταπόκριση του κινητήρα περιστροφής, για τον προκαθορισμένο χρόνο.

```
Angle Watchdog timer
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
Angle motor does not
respond for xx s
```

Speed Watchdog timer

Μήνυμα σφάλματος. Εμφανίζεται όταν δεν υπάρχει ανταπόκριση του κινητήρα κύλισης, για τον προκαθορισμένο χρόνο.

```
Speed Watchdog timer
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
Angle motor does not
respond for xx s
```

Power Failure

Μήνυμα σφάλματος. Εμφανίζεται όταν δεν υπάρχει επαρκής τροφοδοσία για τους κινητήρες. Περιέχει την τιμή της τάσης.

```
Power Failure
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
Check fuses & cables
Voltage: x.xx Volt
```

Angle Limit Reached

Μήνυμα σφάλματος. Εμφανίζεται όταν χρησιμοποιείται αναλογική είσοδος ως αισθητήρας γωνίας και η τιμή της εισόδου βγει εκτός ορίων . Περιέχει την τιμή της γωνίας και την τιμή της αναλογικής εισόδου

```
Angle Limit Reached
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
Angle: xxx
Analogue Input: x.xxV
```

Angle Limit Reached

Μήνυμα σφάλματος. Εμφανίζεται όταν υπάρχει σφάλμα στον δίαυλο I²C . Το σφάλμα μπορεί να προέλθει από σφάλμα επικοινωνίας με τα κυκλώματα οδήγησης των κινητήρων ή τους αισθητήρες υπερήχων.

```
I2C Bus Error !!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
Resettine....
```

System Mode: PARKING

Εμφανίζεται στην κατάσταση λειτουργίας “Parking”, στην οποία δεν λειτουργεί ο έλεγχος. Μπορούμε να περιστρέψουμε το πόδι με την



Ενδεικτικά Led του LegBoard

εμφανιζόμενη ταχύτητα (xxx), επιλέγοντας με τα μπουτόν την κατεύθυνση περιστροφής (*).

```
System Mode: PARKING
!!!! ATTENTION !!!!!
Adjust Angle
Drive Output: xxx*
```

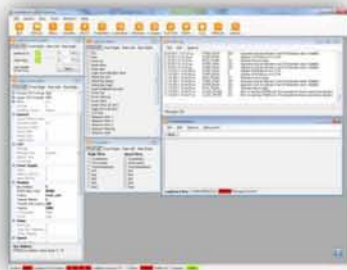
Ενδεικτικά LED κατάστασης

Εκτός από την οθόνη υπάρχουν διαθέσιμα και 7 ενδεικτικά led τα οποία παρέχουν πληροφορίες για την κατάσταση του συστήματος (βλέπε παράγραφο 3.3.5)

Πίνακας 4.6 : Ενδεικτικά LED κατάστασης

Led No	Χρώμα	Λειτουργία
1	Μπλε	Τροφοδοσία OK
2	Κίτρινο	RS232 Receive
3	Πράσινο	RS485 Transmit
4	Πράσινο	Γωνία θέση "0"
5	Κόκκινο	Γενικό σφάλμα
6	Κόκκινο	LegBoard σε λειτουργία
7	Κίτρινο	RS485 Receive

4.2 Διαγνωστικό Λογισμικό



Λογισμικό παραμετροποίησης SAVAGEcom

Έκτος από το κομμάτι του προγραμματισμού του LegBoard, δημιουργήσαμε και λογισμικό για παραμετροποίηση και για τον γενικό έλεγχο όλου του συστήματος. Σε αυτήν την φάση της κατασκευής έχουμε δημιουργήσει λογισμικό για περιβάλλον Windows με το οποίο έχουμε την δυνατότητα να συλλέγουμε πληροφορίες από το LegBoard και να δίνουμε αντίστοιχες εντολές. Το λογισμικό αυτό ονομάζεται SAVAGEcom και κατά την εγγραφή αυτού του κειμένου βρίσκεται στην έκδοση 0.4.5.145

4.2.1 Εγκατάσταση-Απεγκατάσταση

Το SAVAGEcom δεν έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις για την εγκατάστασή του. Στην αρχική του έκδοση (beta) δεν υπάρχει πρόγραμμα εγκατάστασης. Η εγκατάσταση γίνεται με απλή αντιγραφή των απαραίτητων αρχείων. Τα αρχεία αυτά είναι:

SAVAGEcom.exe
NPlot.dll
default_parameters.inf

Η απαιτήσεις του υπολογιστή για την εγκατάσταση του SAVAGEcom είναι

Pentium® 1GHz ή μεγαλύτερος
Μνήμη 512Mb
Microsoft® Windows® XP/Vista/7
.NET Framework 2.0

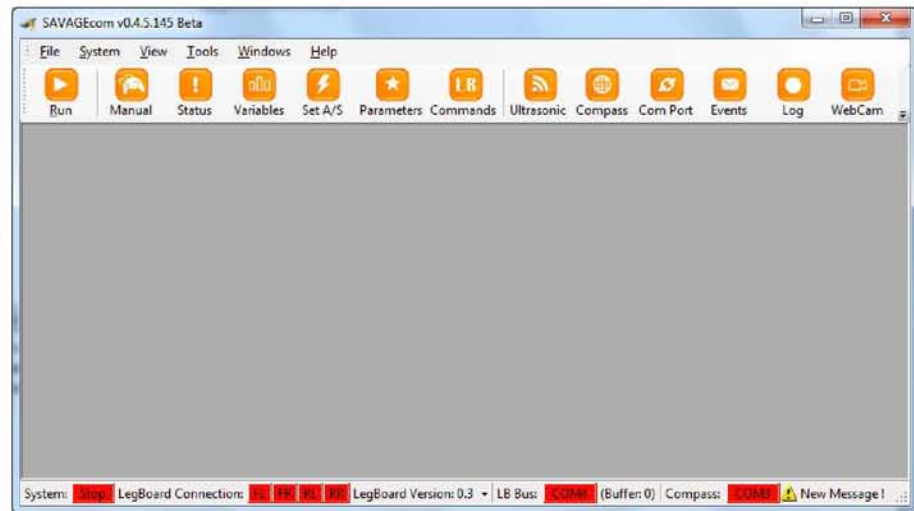


4.2.2 Λειτουργίες Λογισμικού

Με την εκκίνηση του λογισμικού εμφανίζεται το κεντρικό παράθυρο και ταυτόχρονα ζητείται από τον χρήστη να πληκτρολογήσει τα στοιχεία εισόδου.



Τα προκαθορισμένα στοιχεία εισόδου είναι:
Username: admin
Password: <κενό>



Εικόνα 4.6 : Κεντρικό παράθυρο SAVAGEcom

Στο πάνω μέρος του παραθύρου υπάρχει το κεντρικό μενού και ακριβώς από κάτω η εργαλειοθήκη που σας δίνει την δυνατότητα να έχετε άμεση πρόσβαση σε συγκεκριμένες λειτουργίες. Στο κάτω μέρος του παραθύρου υπάρχει η γραμμή κατάστασης η οποία σας δίνει πληροφορίες για την κατάσταση του προγράμματος.

Κεντρικό Μενού

- File
 - Exit: Έξοδος SAVAGEcom
- System
 - Run: Εκκίνηση διαδικασίας επικοινωνίας
 - Restart: Επανεκκίνηση διαδικασίας επικοινωνίας
- View
 - Layout : Προβολή προκαθορισμένης δομής παραθύρων
 - Standard
 - Standard with Com
 - Debug
 - Debug with Com
 - LegBoard
 - Manual Mode : Χειροκίνητος χειρισμός ρομπότ
 - Status : Κατάσταση LegBoard
 - Variables : Παράμετροι LegBoard
 - Set Variables : Αλλαγή τιμών γωνίας/ταχύτητας
 - Set Parameters : Αλλαγή παραμέτρων
 - Advanced Command : Εντολές για προχωρημένους
 - Angle Auto Calibration : Αυτόματη ρύθμιση γωνίας
 - Test Mode : Δοκιμή LegBoard



- Drive Status : Προβολή κατάστασης κυκλωμάτων οδήγησης
- Ultrasonic Ring : Προβολή δικτύου αισθητήρων υπέρηχων
- Compass : Προβολή δεδομένων πυξίδας
- Communications : Προβολή παράθυρου επικοινωνιών
- Event Log : Προβολή παραθύρου μηνυμάτων
- WebCamera : Προβολή παραθύρου κάμερας
- Joystick : Προβολή διαγνωστικού Joystick
- Toolbar : Απόκρυψη/Προβολή εργαλειοθήκης
- Status Bar : Απόκρυψη/Προβολή γραμμής κατάστασης
- Tools
 - Options : Επιλογές SAVAGEcom
 - Parameter Log : Καταγραφή μετρήσεων
 - CRC Calculator : Υπολογισμός πεδίου ελέγχου NMEA
 - User Account Control : Διαχείριση χρηστών SAVAGEcom
 - RS485 Transmit/Request Buffer : Κατάλογος μηνυμάτων
- Windows : Διαχείριση παραθύρων
 - Cascade : Παράθεση παραθύρων σε στοιβα
 - Tile Vertical : Κατακόρυφη παράθεση παραθύρων
 - Tile Horizontal : Οριζόντια παράθεση παραθύρων
 - Close All : Κλείσιμο όλων των παραθύρων
- Help
 - Index : Αρχείο βοήθειας (Δεν είναι ακόμα διαθέσιμο)
 - About : Σχετικά με το SAVAGEcom
 - Visit Home Page : Ιστοσελίδα “Δία” (SAVAGE)

Εργαλειοθήκη



Η εργαλειοθήκη παρέχει πρόσβαση σε βασικές επιλογές του προγράμματος. Όλες οι επιλογές είναι διαθέσιμες και μέσω του κεντρικού μενού.

Γραμμή Κατάστασης

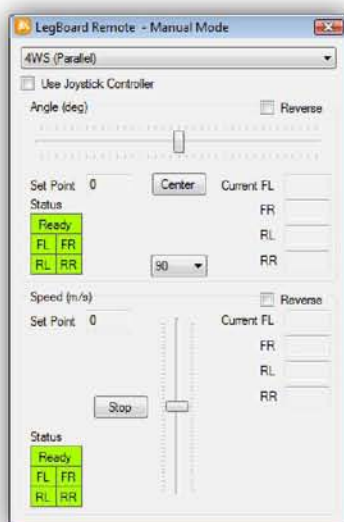
System: **Msg** LegBoard Connection: **FL FR RL RR** LegBoard Version: 0.3 LB Bus: **COM1** (Buffer: 0) Compass: **COM1** New Message!

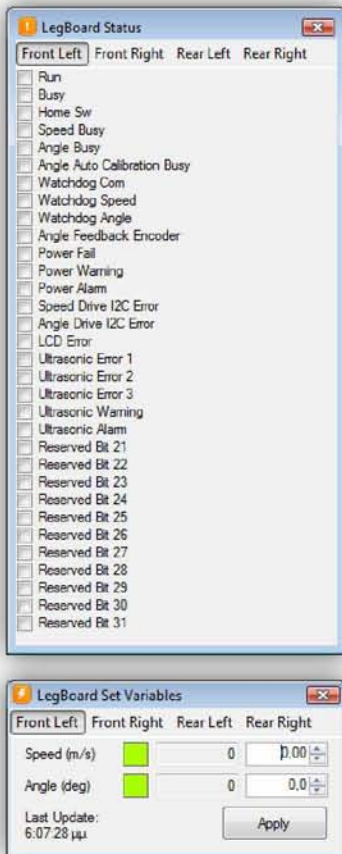
Η γραμμή κατάστασης εμφανίζει τις εξής πληροφορίες από αριστερά προς τα δεξιά:

- System : Διαδικασίας αποστολής/παραλαβής μηνυμάτων
- LegBoard Connection : Κατάσταση επικοινωνίας με LegBoard
- LegBoard Version : Έκδοση πρωτοκόλλου επικοινωνίας NMEA
- LB Bus : Κατάσταση θύρας επικοινωνίας με LegBoard
- Buffer : Κατάσταση μηνυμάτων αποστολής
- Compass: Κατάσταση θύρας επικοινωνίας με πυξίδα

Manual Mode

Σε αυτό το παράθυρο μπορείτε να χειριστείτε το όχημα μέσω των κυλιόμενων οδηγών. Επιλέξτε την κατάσταση λειτουργίας (4WD, 2WD κτλ.)





από τον κατάλογο στο πάνω μέρος του παραθύρου. Παράλληλα μπορείτε να βλέπετε την ανταπόκριση κάθε ποδιού τόσο στην ταχύτητα όσο και στην γωνία.

LegBoard Status

Εδώ μπορείτε να δείτε την κατάσταση του επιλεγμένου LegBoard. Στο πάνω μέρος του παραθύρου μπορείτε να αλλάξετε LegBoard. Οι παράμετροι στον κατάλογο αντιστοιχούν στον Πίνακα 2.12.

LegBoard Variables

Εδώ μπορείτε να δείτε όλες τις παραμέτρους του LegBoard. Δεν μπορεί να γίνει καμία αλλαγή σε αυτές τις τιμές. Στο πάνω μέρος του παραθύρου μπορείτε να αλλάξετε LegBoard που προβάλλεται.

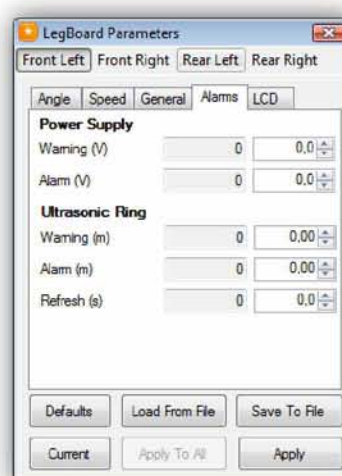
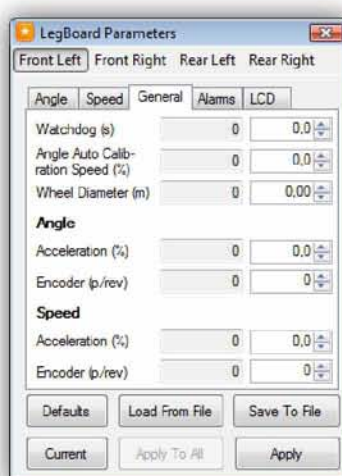
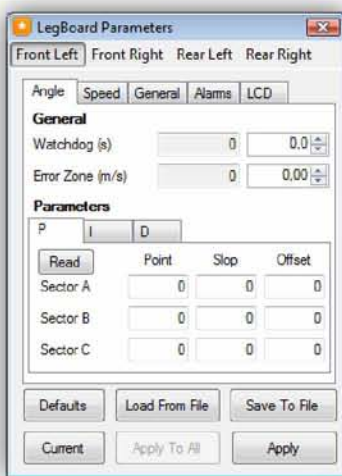
LegBoard Set Variables

Σε αυτό το παράθυρο μπορείτε να θέσετε την τιμή της γωνίας και της ταχύτητας. Ταυτόχρονα προβάλλεται η τρέχουσα τιμή και η κατάσταση του ελεγκτή. Οι τιμές που δεν έχουν γίνει ακόμα αποστολή στο LegBoard εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα. Στο πάνω μέρος του παραθύρου μπορείτε να αλλάξετε LegBoard που προβάλλεται.

LegBoard Parameters

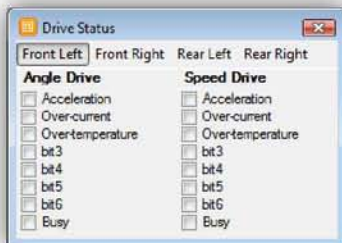
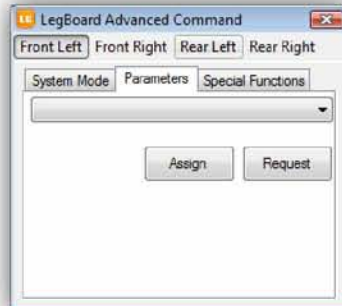
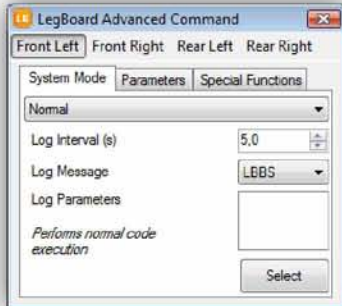
Σε αυτό το παράθυρο μπορούμε να αλλάξουμε τις ρυθμίσεις του LegBoard. Οι παράμετροι που μπορούν να αλλαχτούν φαίνονται και στην παράγραφο 4.1.4.

Στο κάτω μέρος του παραθύρου έχετε την δυνατότητα να αποθηκεύσετε ή να φορτώσετε τις ρυθμίσεις από αρχείο. Επίσης έχετε την δυνατότητα να επαναφέρετε τις αρχικές ρυθμίσεις ή να φορτώσετε τις ρυθμίσεις από το LegBoard. Οι τιμές που δεν έχουν γίνει ακόμα αποστολή στο LegBoard εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα. Στο πάνω μέρος του παραθύρου μπορείτε να αλλάξετε LegBoard που προβάλλεται.



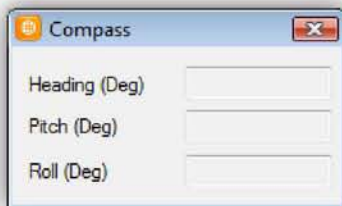
LegBoard Advanced Command

Σε αυτό το παράθυρο μπορείτε να δώσετε ειδικές εντολές προς τα LegBoard. Μπορείτε να αλλάξετε την κατάσταση λειτουργίας, να αλλάξετε συγκεκριμένους παραμέτρους, κ.α.



Drive Status

Εδώ μπορείτε να δείτε την κατάσταση των κυκλωμάτων οδήγησης του επιλεγμένου LegBoard. Στο πάνω μέρος του παραθύρου μπορείτε να αλλάξετε LegBoard. Οι παράμετροι στον κατάλογο αντιστοιχούν στον Πίνακα 2.11.

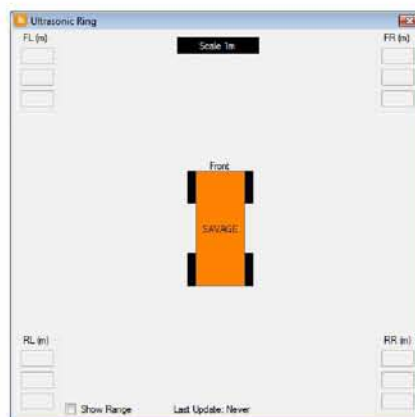


Compass

Σε αυτό το παράθυρο μπορείτε να δείτε την μετρήσεις από την πυξίδα.

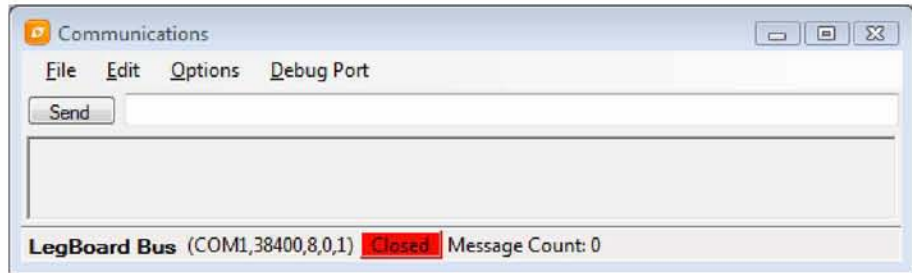
Ultrasonic Ring

Σε αυτό το παράθυρο προβάλλονται οι μετρήσεις όλων των αισθητήρων υπέρηχων από όλα τα LegBoard. Οι μετρήσεις εμφανίζονται τόσο αριθμητικά όσο και γραφικά.



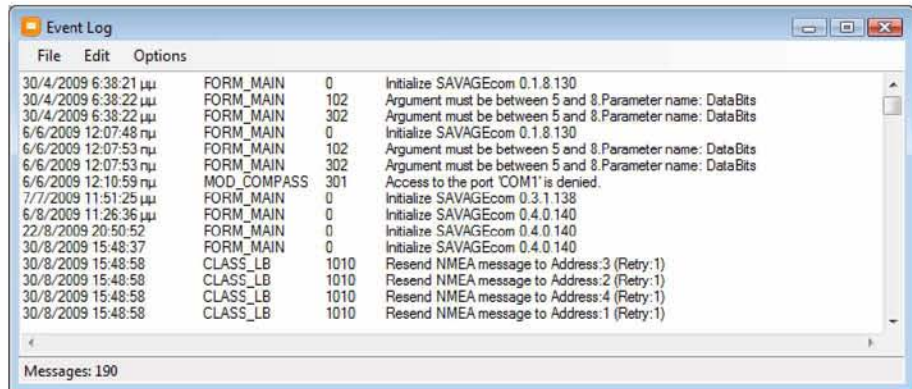
Communications

Σε αυτό το παράθυρο προβάλλονται τα δεδομένα όπως λαμβάνονται από την θύρα επικοινωνίας. Μπορείτε να αλλάξετε την θύρα που προβάλλεται από το μενού “Debug Port”. Από το μενού “File>Save” μπορείτε να αποθηκεύσετε σε αρχείο τα ληφθέντα δεδομένα. Μπορείτε επίσης να στείλετε χειροκίνητα ένα μήνυμα στην επιλεγμένη θύρα.



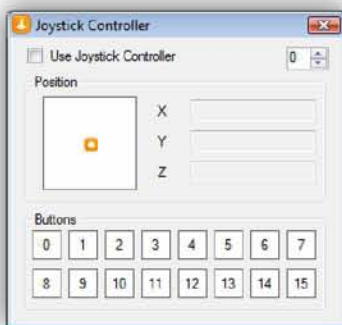
Event Log

Σε αυτό το παράθυρο εμφανίζονται όλες οι ειδοποιήσεις και τα μηνύματα σφάλματος του προγράμματος αλλά και των επικοινωνιών. Το ιστορικό των μηνυμάτων αποθηκεύεται μόνιμα στον σκληρό δίσκο.



LegBoard Angle Auto Calibration

Με αυτό το παράθυρο δίνετε η δυνατότητα να γίνει αυτόματη ρύθμιση της θέσης "0" σε κάθε LegBoard.



Joystick Controller

Αυτό το παράθυρο είναι ένα διαγνωστικό της λειτουργίας του συνδεδεμένου Joystick.



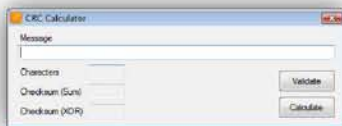
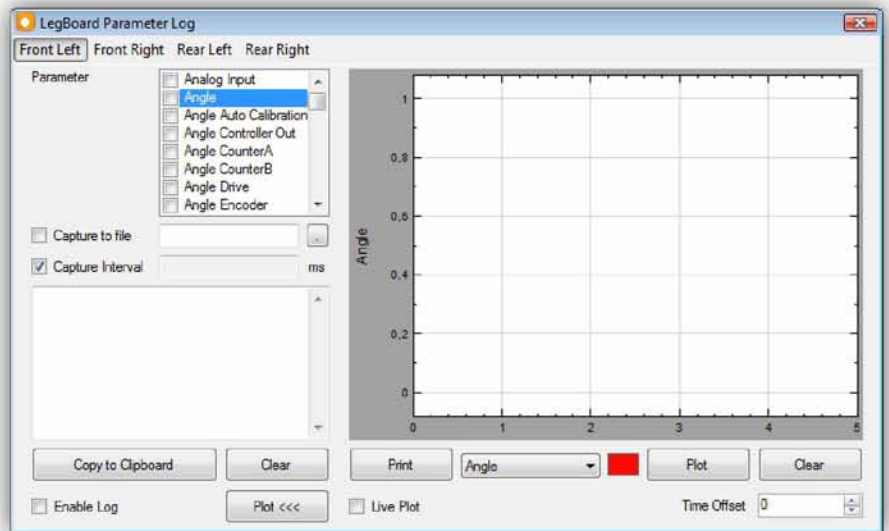
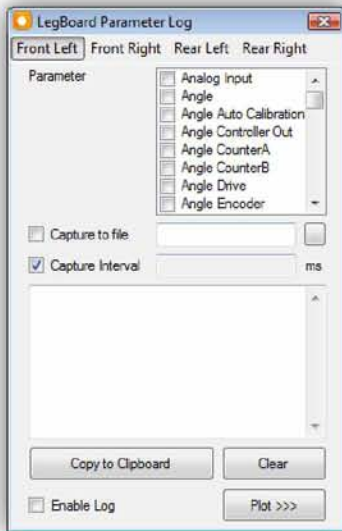
User Account Control

Σε αυτό το παράθυρο μπορείτε να επεξεργαστείτε, να προσθέσετε ή να διαγράψετε χρήστες που έχουν δικαίωμα στην λειτουργία του SAVAGEcom.

LegBoard Parameter Log

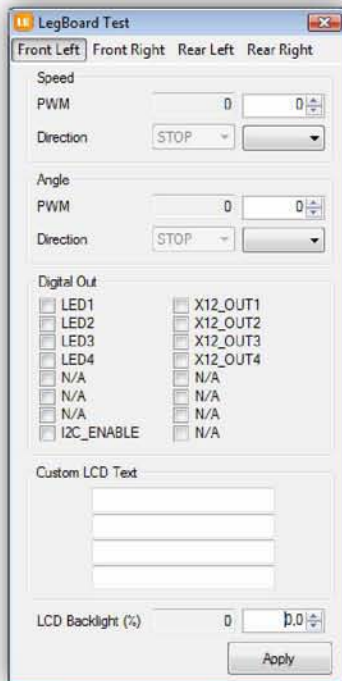
Με αυτό το παράθυρο έχουμε δυνατότητα να καταγράψουμε παραμέτρους από τα LegBoard. Επιλέξτε από τον κατάλογο τις παραμέτρους που θέλετε να καταγράψετε. Για να ενεργοποιήσετε την καταγραφή των παραμέτρων τσεκάρετε την επιλογή "Enable Log". Με το κουμπί "Clear" διαγράφετε όλο το ιστορικό των μετρήσεων. Υπάρχει η δυνατότητα να υπολογιστεί και η απόσταση μεταξύ των δειγμάτων των μετρήσεων τσεκάροντας την επιλογή "Capture Interval". Πατώντας το κουμπί "Plot>>>" μπορούμε να σχεδιάσουμε τις ληφθείσες μετρήσεις. Για να γίνει αυτό επιλέξτε την παράμετρο από τον κατάλογο που θέλετε να σχεδιάσετε και το χρώμα της επιλογής σας και πατήστε το κουμπί "Plot".

Με το κουμπί “Clear” διαγράφετε όλα τα γραφήματα. Τσεκάροντας την επιλογή “Live Plot” οι εισερχόμενες μετρήσεις σχεδιάζονται άμεσα.



CRC Calculator

Με αυτό το εργαλείο μπορούμε να ελέγξουμε την ακεραιότητα ενός μηνύματος NMEA ή να υπολογίσουμε τον αριθμός επαλήθευσης για ένα νέο μήνυμα.



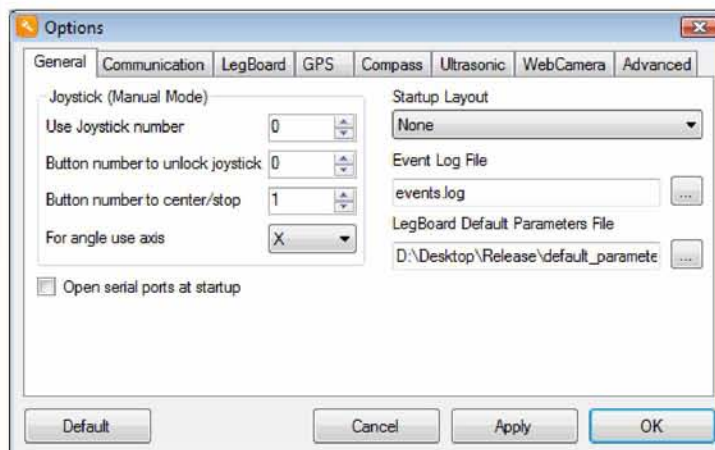
LegBoard Test

Αυτό το παράθυρο χρησιμοποιείται μόνο όταν είναι επιλεγμένη η αντίστοιχη κατάσταση λειτουργίας και μπορούμε να κάνουμε δοκιμές σε διάφορα υποσυστήματα του LegBoard.

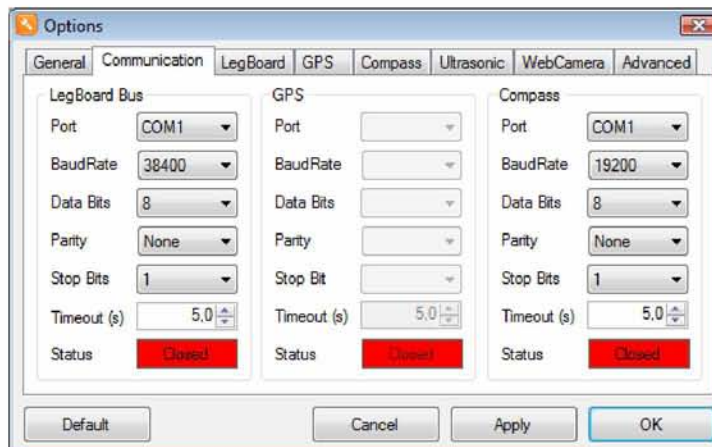
Options

Στο παράθυρο “Options” συγκεντρώνονται όλες οι ρυθμίσεις του SAVAGEcom. Οι ρυθμίσεις αυτές χωρίζονται σε ξεχωριστές κατηγορίες.

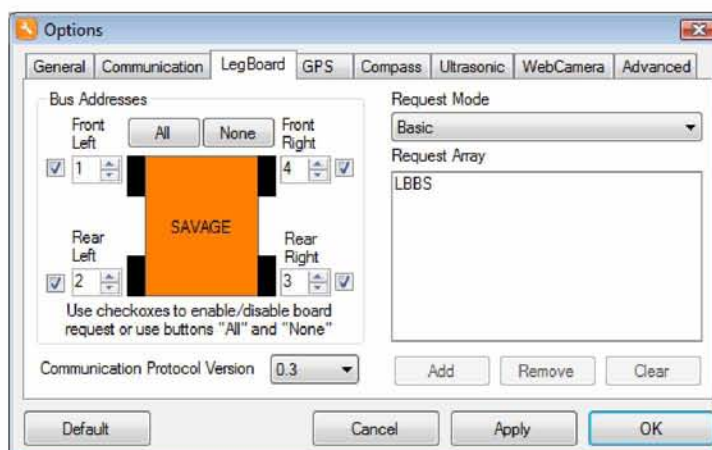
Στην καρτέλα “General” θα βρείτε ρυθμίσεις για το Joystick, την αρχική εμφάνιση του προγράμματος και την διαδρομή αποθήκευσης αρχείων.



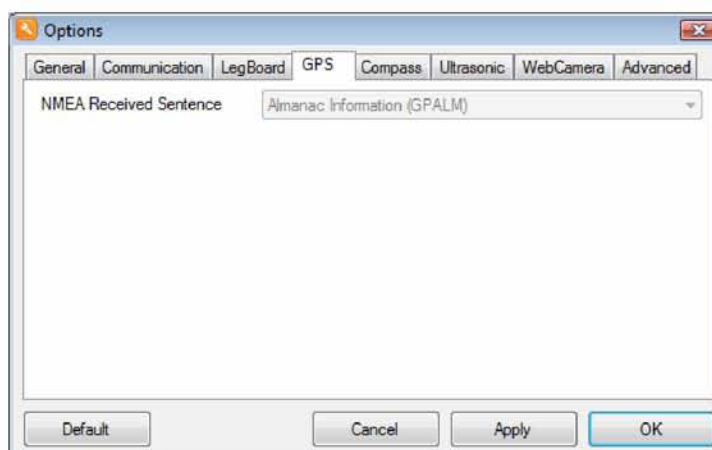
Στην καρτέλα “Communication” υπάρχουν οι ρυθμίσεις για την θύρες επικοινωνίας με τα LegBoard, το GPS, και την πυξίδα.

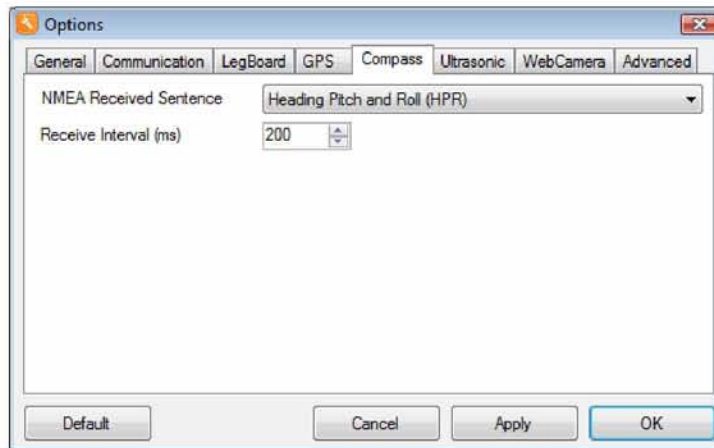


Στην καρτέλα “LegBoard” έχετε την δυνατότητα να ορίσετε τις διευθύνσεις του δικτύου RS-485 των LegBoard και να ορίσετε την έκδοση των μηνυμάτων NMEA που θα χρησιμοποιηθούν. Επιπλέον μπορείτε να ορίσετε τον κατάλογο μηνυμάτων που θα γίνονται ερώτηση στα LegBoard τα οποία είναι τσεκαρισμένα στις αντίστοιχες επιλογές.

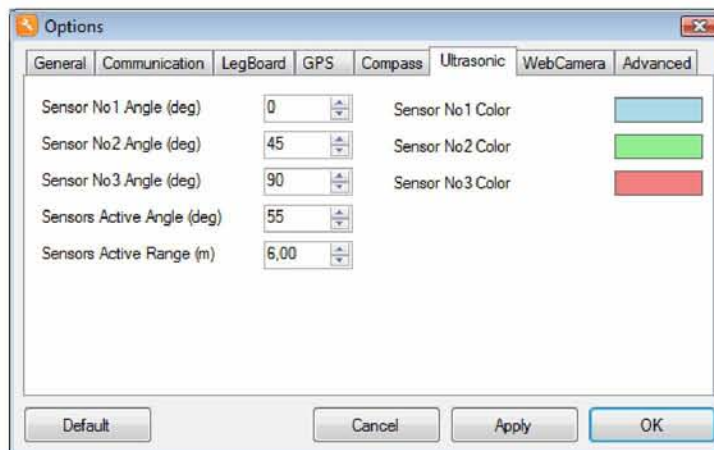


Στις καρτέλες “GPS” και “Compass” μπορείτε να ορίσετε τα μηνύματα NMEA που θα γίνονται ανάγνωση από το GPS και την πυξίδα αντίστοιχα.

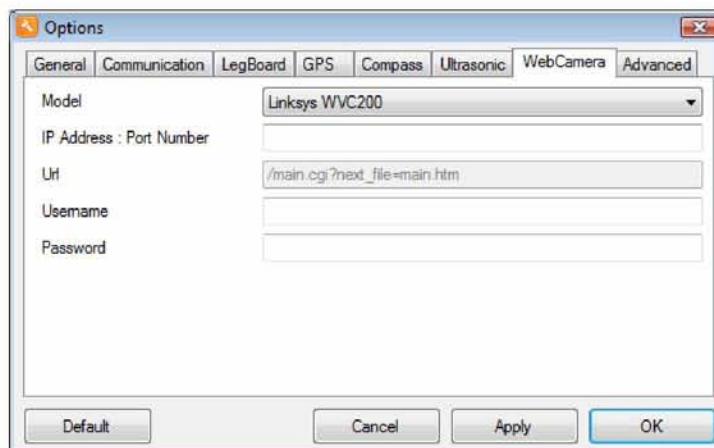




Στην καρτέλα “Ultrasonic” μπορείτε να ρυθμίσετε τις παραμέτρους για την γραφική εμφάνιση των αισθητήρων υπέρηχων. Αυτές οι ρυθμίσεις αφορούν τις γωνίες τοποθέτησης και το χρωματισμό.

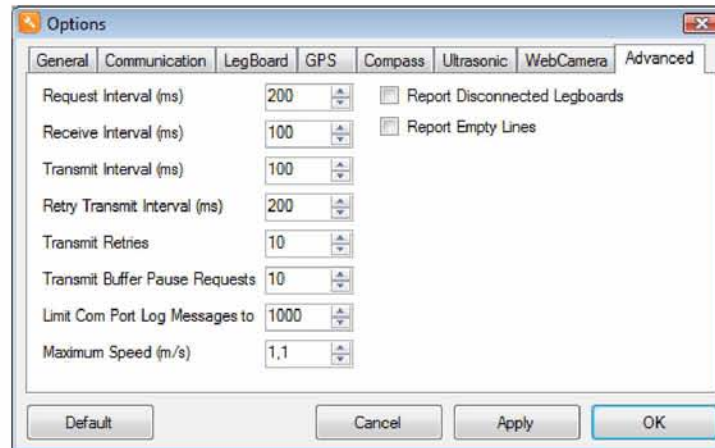


Στην καρτέλα “WebCamera” μπορείτε να ορίσετε τις παραμέτρους για την επικοινωνία με την ασύρματη κάμερα του οχήματος. Οι ρυθμίσεις που απαιτούνται είναι η IP διεύθυνση και η θύρα επικοινωνίας, η διεύθυνση της σελίδας της κάμερα (Url) καθώς και το όνομα χρήστη και ο κωδικός πρόσβασης.



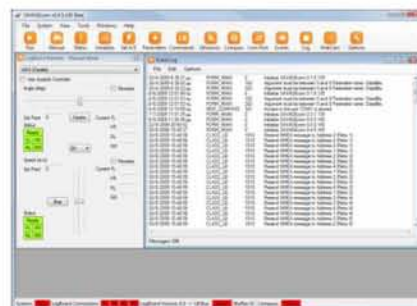
Τέλος η καρτέλα “Advanced” περιέχει ειδικές ρυθμίσεις που αφορούν την συχνότητα λήψης και αποστολής μηνυμάτων, τις ρυθμίσεις επανάληψης

αποστολής, την μέγιστη ταχύτητα του οχήματος και την ενεργοποίηση καταγραφής ειδικών συμβάντων.

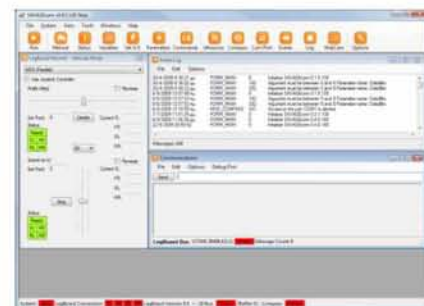


Layout

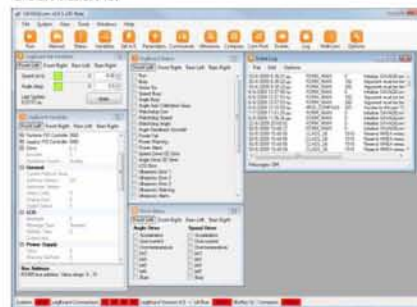
Από τον μενού View>Layout μπορούμε να δημιουργήσουμε μια προκαθορισμένη εμφάνιση για το SAVAGEcom.



Standard



Standard with Com



Debug



Debug with Com

5 Παράρτημα

Βιβλιογραφία

- ¹ Shibusawa, S. 1996. PhytoTechnology - An introduction to the concept and topic of a new project. School of Bio-Applications and Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology.
- ² Arvidsson, J. 2001. Subsoil compaction caused by heavy sugarbeet harvesters in southern Sweden. I. Soil physical properties and crop yield in six field experiments. Soil and tillage research. Published by Elsevier Science B.V. 60: 67-78.
- ³ Blackmore, S., Fountas, S., Vougioukas, S., Tang, L., Sørensen, C.G. and Jørgensen, R., 2005. Decomposition of agricultural tasks into robotic behaviors. Journal of the International Commission of Agricultural Engineering (CIGR).
- ⁴ Have, H., J. Nielsen, S. Blackmore and F. Theilby. 2005. Development and test of an autonomous Christmas tree weeder. In Proc. of 5th European Conference of Precision Agriculture. Uppsala, Sweden, July 9-12, 2005.
- ⁵ Blackmore, B. S., Griepentrog, H. W., Nielsen, H., Nørremark, M., and Resting-Jeppersen, J. (2004). Development of a deterministic autonomous tractor. CIGR International conference Beijing.

- ⁶ Blackmore, B. S., Have, H., and Fountas, S. (2002). A proposed system architecture to enable behavioural control of an autonomous tractor. *Automation Technology for Off-Road Equipment*. ed. Q. Zhang. 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659, USA, ASAE. pp.13-23.
- ⁷ Crosley P. J. Kilgour (1983) Small farm mechanization for developing countries John Wil Blackmore, B. S., Have, H., and Fountas, S. (2001). A specification of behavioural requirements for an autonomous tractor. 6th International Symposium on Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering conference. eds. M. Zude, B. Herold, and M. Guyer. Potsdam - Bornim, Germany, Institute für Agrartechnik Bornim e.V. pp.25-36.
- ⁸ Blackmore, B. S., Fountas, S., Vougioukas, S., Tang, L., Sørensen, C. G., and Jørgensen, R. (2004). A method to define agricultural robot behaviours. *Mechatronics & Robotics Conference (MECHROB) 2004*. pp.1197-1200.
- ⁹ ME series catalog, Dagu S.r.l., 2006
- ¹⁰ Technical and Commercial Catalog, SITI SPA, Società Italiana Trasmissioni Industriali, 2011
- ¹¹ MICROSPACE PC Systems, MPCV800/I/M, MPCV855/I/M, Advanced Digital Logic Inc., 2006
- ¹² 44 CE Range - Techno polymer surface mounting watertight junction boxes, Catalogue EUROBOX, Gewiss, 2007
- ¹³ Panel Mount Optical Encoders, Technical Data, 5988-2565EN, Avago Technologies Pte., 2006
- ¹⁴ 6657 - Precision Potentiometer, Bourns®, 2008
- ¹⁵ SENSICK Catalogue, SICK AG, 2006
- ¹⁶ MD03 Technical Documentation, Devantech Ltd.
- ¹⁷ Chuck McManis, H-Bridges: Theory and Practice, 2006
- ¹⁸ Judy Skeen, TxDOT Survey Manual, 2010
- ¹⁹ AgGPS® RTK Base 450/900 GPS Receiver, User Guide, Version 3.30, Rev. A, 62065-00-EN, Trimble Navigation Ltd, 2007
- ²⁰ AgGPS® 252 Receiver, User Guide, Version 1.00, Rev.A, 55510-00-ENG, Trimble Navigation Ltd, 2004
- ²¹ HMR3000 Digital Compass, Solution User's Guide, 900240 Rev C, Honeywell International Inc., 2005
- ²² Murugavel Raju, Ultrasonic Distance Measurement With the MSP430, Application Report SLAA136A, Texas Instruments Incorporated, 2002
- ²³ SRF02 Ultrasonic range finder, Technical Specification, Devantech Ltd.
- ²⁴ WVC200, PTZ Internet Camera with Audio, User Guide, Linksys®, Cisco Systems Inc., 2006
- ²⁵ Engineering Department, Electronic Industries Association, EIA Standard RS-485 Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Multipoint Systems, reprinted in Telebyte Technology "Data Communication Library" Greenlawn NY, 1985, no ISBN
- ²⁶ OSI Reference Model — The ISO Model of Architecture for Open Systems Interconnection, Hubert Zimmermann, IEEE Transactions on Communications, vol. 28, no. 4, April 1980, pp. 425 - 432
- ²⁷ Texas Instruments, Application Report, SLLA070D—June 2002—Revised May 2010, RS-422 and RS-485 Standards Overview and System Configurations, May 2010
- ²⁸ TIA/EIA-422 Electrical Characteristics of Balanced Voltage Digital Interface Circuits, Leroy Davi, 1998
- ²⁹ Why you need 3 wires for 2 (two) wire RS485, <http://www.chipkin.com/articles/rs485-cables-why-you-need-3-wires-for-2-two-wire-rs485>

- ³⁰ NMEA 0183 Standard, http://www.nmea.org/content/nmea_standards/nmea_083_v_400.asp
- ³¹ IEC 61162-1, Maritime navigation and radio communication equipment and systems - Digital interfaces - Part 1: Single talker and multiple listeners, International Electrotechnical Commission, 2000
- ³² Henrik Bindner, Tom Cronin, Per Lundsager, James F. Manwell, Utama Abdulwahid, Ian Baring-Gould, "Lifetime Modelling of Lead Acid Batteries", Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, April 2005
- ³³ Detailed explanation of UPS topologies, "High-Availability Power Systems, Part I: UPS Internal Topology", Liebert, 2000
- ³⁴ Detailed explanation of UPS redundancy options, "High-Availability Power Systems, Part II: Redundancy Options", Liebert, 2003
- ³⁵ Brown Marty, Power Supply Cookbook (2nd ed.), Newnes, 2001
- ³⁶ Maniktala Sanjaya, *Switching Power Supplies A to Z*, Newnes/Elsevier, 2006
- ³⁷ Daniel Wagner, "Switch-Mode Power Supplies for Beginners: An Efficiency Primer Part 1", 2008
- ³⁸ Wide Input Range Single Output DC/DC Converters, UQQ Series, MDC_UQQ.A08, Murata Power Solutions, Inc., 2008
- ³⁹ 60W 24V Input 12V 5A Output DC-DC Converter, Sunpower (UK) Ltd, 2008
- ⁴⁰ Catalog KT 10.1, E86060-D4001-A110-C3-7600, Siemens® AG, 2004
- ⁴¹ Blade Terminal & Special Purpose Fuses, MEGA® Slo-Blo® Fuse, Littelfuse®
- ⁴² Rotary Cam Switches Series 4G, 74020(1,2), KONČAR NSP, 2005
- ⁴³ Analogue instruments, Catalog M.1, Circutor, 2002
- ⁴⁴ Measurement Transformers and Shunts, Catalog M.7, Circutor, 2002
- ⁴⁵ Power Relay K (Open & Sealed), Catalog 1308028, Tyco Electronics, 2005
- ⁴⁶ Compact PC Board Power Relay, JW Relays, Matsushita Electric Works Ltd., 2002
- ⁴⁷ Control and Signaling Units, Series P9, Ref. C/4500/E/E 5.0 Ed. 06/05, GE Power Controls, 2005
- ⁴⁸ SRC019D, User's Manual, Allremote Wireless Technology, 2008
- ⁴⁹ 1N4001 - 1N4007, General Purpose Rectifiers, Fairchild Semiconductor Corporation, 2009
- ⁵⁰ Reverse Battery Protection, Technical Paper, Tyco Electronics Corporation, 2003
- ⁵¹ 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator, LM78XX/LM78XXA, Fairchild Semiconductor Corporation, 2011
- ⁵² EIA RS-485 Transceiver, ADM485, Analog Devices, Inc., 2008
- ⁵³ RS-232 Transceivers, Maxim Integrated Products, 1996
- ⁵⁴ Ethercon®, Ruggedized RJ45 Data Connector, Neutric AG, 2002
- ⁵⁵ 8bit AVR Microcontroller with 128K Bytes In-System Programmable Flash, ATmega128, ATmega128L, Preliminary, Rev. 2467H-AVR-02/03, Atmel Corporation, 2003
- ⁵⁶ Partitioning and layout of a mixed signal PCB, Henry W. Ott
- ⁵⁷ Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver, ADE-207-272(Z), Hitachi Ltd., 1999
- ⁵⁸ Datasheet, 2N2222; 2N2222A, NPN switching transistors, Philips Electronics N.V., 1997
- ⁵⁹ I²C bus specification and user manual, UM10204, NXP B.V., 2007
- ⁶⁰ AVR221 Discrete PID Controller, Application Note, Atmel Corporation, 2006

-
- ⁶¹ A PID Controller for Real-Time DC Motor Speed Control using the C505C Microcontroller, Sukumar Kamalasan, Abhiman Hande, 2005
- ⁶² K. S. Tang, Kim Fung Man, Guanrong Chen, Sam Kwong, An Optimal Fuzzy PID Controller, IEEE transactions on industrial electronics, VOL. 48, NO. 4, August 2001
- ⁶³ Fuzzy Logic in C, Greg Viot, Dr. Dobb's Journal, Feb. 1993
- ⁶⁴ Fuzzy Logic: A Clear Choice For Temperature Control, Haubold vom Berg, Instruments and Control Systems, June 1993, pp. 39-41.
- ⁶⁵ PID Control Theory, Matt Krass, Team 358, 2006
- ⁶⁶ Baogang Hu, George K. I. Mann, Raymond G. Gosine, New Methodology for Analytical and Optimal Design of Fuzzy PID Controllers, IEEE Transactions On Fuzzy Systems, VOL. 7, NO. 5, 1999