



Τμήμα Αυτοματισμού

Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης



ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ
ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ
ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ ΟΔΥΣΣΕΑΣ

**Remote control system for ODYSSEUS
Autonomous navigation robotic platform**

*Ποζικίδης Λεωνίδα
Ροκάνης Παναγιώτης*

Επιβλέπων καθηγητής: Αστάρας Αλέξανδρος

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

Αφιερωμένο

σε όλους εκείνους που μας βοήθησαν.

Κανένα μέρος της εργασίας αυτής δεν μπορεί να αναπαραχθεί ή να μεταδοθεί σε οποιαδήποτε μορφή ή με οποιοδήποτε μέσο, ηλεκτρονικό ή μηχανικό, συμπεριλαμβανομένης της φωτοαντιγραφής, ή από οποιαδήποτε σύστημα αποθήκευσης πληροφοριών ή σύστημα ανάκτησης, χωρίς προηγούμενη ρητή γραπτή άδεια τουλάχιστον από έναν εκ των συγγραφέων, οι οποίοι κατέχουν τα πλήρη πνευματικά δικαιώματα. Εξαιρούνται περιπτώσεις χρήσης κειμένου της εργασίας για εκπαιδευτικούς μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα σκοπούς, για τις οποίες οι συγγραφείς παραχωρούν το δικαίωμα δανεισμού μικρών κομματιών κειμένου και μόνον εφόσον γίνει σωστή βιβλιογραφική ετεροαναφορά των αυθεντικών σχεδιαστών του συστήματος και συγγραφέων της εργασίας.

Επικοινωνία: *pozikidis.leonidas@gmail.com* και *panrok90@gmail.com*

© 2013, Λεωνίδας Ποζικίδης, Παναγιώτης Ροκάνης, Αλέξανδρος Αστάρας, Τμήμα Αυτοματισμού, Αλεξάνδρειο Εκπαιδευτικό Τεχνολογικό Ίδρυμα, Σίνδος Θεσσαλονίκη, Ελλάδα.

No part of this work may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or by any information storage or retrieval system, without the prior written permission of the copyright owners, except for non-profit educational purposes in which the owners give the leading rights for pieces of work, and only if the owners are properly cited as the authentic designers of the system and the authors of the dissertation.

Contact: *pozikidis.leonidas@gmail.com* and *panrok90@gmail.com*

© 2013, Leonidas Pozikidis, Panagiotis Rokanis, Alexander Astaras, Alexandrio Technological Educational Institute of Thessaloniki, Sindos, Greece.

Abstract

The current thesis project is based on ODYSSEUS autonomous navigation robotic platform. Actually, it is the evolution of the initial version of that platform, which was developed by Konstantinos Patsonas and Andreas Lengas. ODYSSEUS rover has been designed and built, in order to follow a number of waypoints, which are received from a GPS unit. Furthermore, it has the ability to avoid possible obstacles or road irregularities, which may encounter in its route.

In the second version of ODYSSEUS rover, our goal was the independence of the user from ODYSSEUS. In other words, it means that the physical presence of the user near the robotic platform is not necessary for the start, stop, or change of the rover's route. In addition to this, we added a robotic arm and a wireless camera so as to have continuous supervision to the surrounding area and the operation of ODYSSEUS. Also, it was quite significant for ODYSSEUS not to deprive of its already installed capabilities. For this reason, relied on Arduino Uno board that uses AVR ATmega328P microcontroller, we added two radio communication transceivers Xbee-PRO 900 for the wireless communication and also we developed and embedded the following functions:

- ✓ Wireless coordinate input
- ✓ Complete navigation's remote control
- ✓ Wireless interface between user and vehicle
- ✓ Wireless control of robotic arm and camera

All this, in combination with the initial skills, offered to us a full autonomous navigation remote controlled robotic platform, with the ability to avoid obstacles. A system that satisfies every desire of the user for automatic or manual navigation with only limitation, the range of the wireless subsystems and the efficiency of the power source.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία βασίζεται στην ρομποτική πλατφόρμα αυτόνομης πλοήγησης ΟΔΥΣΣΕΑΣ. Πρόκειται, ουσιαστικά για την εξέλιξη της πλατφόρμας που αναπτύχθηκε σε πρώτο στάδιο από τους Κωνσταντίνο Πατσώνα και Ανδρέα Λένγκα. Ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί έτσι ώστε να μπορεί να ακολουθήσει μια σειρά συντεταγμένων, τις οποίες λαμβάνει από ένα δέκτη GPS. Παράλληλα μπορεί να αποφεύγει πιθανά εμπόδια ή εδαφικές ανωμαλίες, που θα συναντήσει στην πορεία του.

Στην δεύτερη έκδοση του ΟΔΥΣΣΕΑ ο στόχος μας ήταν να ανεξαρτητοποιηθεί ο χρήστης από τον ΟΔΥΣΣΕΑ. Δηλαδή, να μην είναι απαραίτητη η φυσική παρουσία του χρήστη κοντά στην ρομποτική πλατφόρμα για την εκκίνηση, διακοπή ή αλλαγή πορείας του. Επιπλέον, προστέθηκε ένας ρομποτικός βραχίονας σε συνδυασμό με μία ασύρματη βιντεοκάμερα για να έχουμε συνεχή εποπτεία του περιβάλλοντα χώρου και της σωστής λειτουργίας του ΟΔΥΣΣΕΑ. Επίσης σημαντικό ήταν να μην στερηθεί ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ καμία από της ήδη υπάρχουσες δυνατότητες του. Έτσι, βασιζόμενοι στην πλακέτα Arduino Uno που χρησιμοποιεί τον μικροελεγκτή AVR ATmega328P, προσθέσαμε δύο πομποδέκτες ραδιοεπικοινωνίας Xbee-PRO 900 για την ασύρματη επικοινωνία, και αναπτύξαμε και ενσωματώσαμε τις παρακάτω λειτουργίες:

- ✓ Ασύρματη εισαγωγή στιγμάτων
- ✓ Πλήρης απομακρυσμένος έλεγχος πλοήγησης
- ✓ Ασύρματη διεπαφή χρήστη – αμαξιδίου
- ✓ Ασύρματος έλεγχος ρομποτικού βραχίονα & κάμερας

Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με τις προηγούμενες δυνατότητες, μας παρέχουν μια ολοκληρωμένη τηλεχειριζόμενη ρομποτική πλατφόρμα αυτόνομης πλοήγησης, με δυνατότητα αποφυγής εμποδίων. Ένα σύστημα που ικανοποιεί κάθε επιθυμία του χρήστη για αυτόματη ή χειροκίνητη πλοήγηση με μόνο περιορισμό την εμβέλεια των ασύρματων υποσυστημάτων και την αυτονομία της πηγής ενέργειας.

Ευχαριστίες

Πρώτα από όλα ευχαριστούμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Αλέξανδρο Αστάρα που μας στήριξε να συνεχίσουμε τον σκοπό μας και μας καθοδήγησε επιτυχώς μέσα από όλα τα στάδια της εργασίας μας. Ευχαριστούμε τους πρωτολάτες αυτής της εργασίας, Κωνσταντίνο Πατσώνα και Ανδρέα Λένγκα για την πολύτιμη βοήθειά τους πάνω σε διάφορα θέματα για τον ΟΔΥΣΣΕΑ. Τέλος να ευχαριστήσουμε όλους όσους μας πρόσφεραν την δική τους μικρή ή μεγάλη βοήθεια για την εκπλήρωση αυτής της εργασίας.

Περιεχόμενα

Abstract.....	i
Περίληψη	ii
Ευχαριστίες.....	iv
Περιεχόμενα.....	v
Επεξήγηση ακρωνύμων	vii
1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	1
1.2 Τηλεπικοινωνίες στην ρομποτική	4
1.3 Τρόπος λειτουργίας πρώτης έκδοσης ΟΔΥΣΣΕΑ	6
1.4 Δεύτερη έκδοση ΟΔΥΣΣΕΑ	7
2 Σχεδιαστικές προδιαγραφές.....	8
2.1 Στόχοι και προδιαγραφές	8
2.2 Βήματα ανάπτυξης του συστήματος	12
3 Περιγραφή υλικού	14
3.1 Υπάρχον εξοπλισμός ΟΔΥΣΣΕΑ.....	14
3.2 Προσθήκες - βελτιώσεις του ΟΔΥΣΣΕΑ.....	16
3.3 Συνδυασμός εξοπλισμού σε ένα ενιαίο σύστημα.....	29
4 Περιγραφή λογισμικού	32
4.1 Λογισμικό διεπαφής χρήστη	32
4.2 Σχεδιασμός κώδικα σε επίπεδο διαγράμματος ροής.....	37
4.3 Υλοποίηση πηγαίου κώδικα.....	45
5 Πειράματα.....	49
5.1 Μελέτη εμβέλειας ασύρματης επικοινωνίας.....	49
5.2 Μελέτη εμβέλειας μεταφοράς δεδομένων	50
5.3 Μελέτη εμβέλειας ασύρματης μετάδοσης εικόνας	53
5.4 Έλεγχος επιστροφής θορύβου στις πηγές τροφοδοσίας.....	54
5.5 Έλεγχος όλων των λειτουργιών ταυτοχρόνως.....	55
5.6 Συμπεράσματα.....	58
6 Ματιά στο μέλλον	59
6.1 Προτάσεις βελτίωσης.....	59
6.2 Μελλοντικές εφαρμογές.....	61
6.3 Εξελιξίσεις εμπλεκόμενων τεχνολογιών	62
Παραρτήματα.....	65
Λίστα υλικών πρώτης έκδοσης ΟΔΥΣΣΕΑ και αριθμών παραγγελίας τους.....	65

Λίστα υλικών δεύτερης έκδοσης ΟΔΥΣΣΕΑ και αριθμών παραγγελίας τους	68
Φύλλα δεδομένων ηλεκτρονικών στοιχείων	70
Ευρετήρια.....	76
Ευρετήριο εικόνων	76
Ευρετήριο πινάκων.....	77
Βιβλιογραφία	78

Επεξήγηση ακρωνύμων

IDE	Integrated Development Environment
DC	Direct Current
GPS	Global Positioning System
USB	Universal Serial Bus
XCTU	Xbee Configure & Testing Utility
WP	Way Point
MP	Manual Point

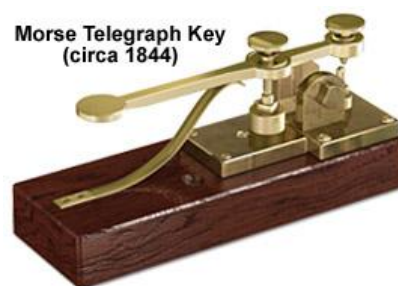
1 Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί να διερευνήσει τον τρόπο ανάπτυξης ασύρματης επικοινωνίας μεταξύ της ρομποτικής πλατφόρμας ΟΔΥΣΣΕΑΣ και του χρήστη, καθώς και να εμπλουτίσει και να βελτιώσει τις λειτουργίες της πλατφόρμας. Για την καλύτερη κατανόηση του ζητήματος κρίνουμε σκόπιμο να αναφερθούμε σε μια σύντομη ιστορική αναδρομή και να απαντήσουμε στο ερώτημα «Γιατί ασύρματη επικοινωνία;».

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η ανάγκη στην επικοινωνία, στην μετάδοση και στην αποθήκευση πληροφοριών γεννήθηκε με την εξέλιξη της ανθρωπότητας. Από την αρχαία εποχή το φως και ο ήχος ήταν το κύριο μέσο μετάδοσης πληροφοριών. Όσο οι αποστάσεις μεγάλωναν, έπρεπε να βρεθεί ένας πιο αποτελεσματικός τρόπος. Οι φωτιές, για παράδειγμα, αποτελούσαν μια αποτελεσματική μέθοδο επικοινωνίας σε περίπτωση κινδύνου. Στην συνέχεια εφευρέθηκε το μπαρούτι και άρχισαν να χρησιμοποιούνται πυροβολισμοί ως ηχητικά σήματα. Η μετάδοση πληροφοριών δεν είχε αλλάξει σημαντικά μέχρι να ανακαλυφθεί ο ηλεκτρομαγνητισμός.

Η πρώτη θεωρία για τον ηλεκτρισμό διατυπώθηκε από τον B. Franklin το 1747, ο οποίος ερμηνεύει τον ηλεκτρισμό ως μη υλικό υγρό (fluid).¹ Ο ίδιος εφηύρε αργότερα το αλεξικέραυνο, αποδεικνύοντας πως ο κεραυνός είναι ηλεκτρικής φύσεως. Λίγα χρόνια αργότερα άρχισε να εξελίσσεται η τεχνολογία των τηλεπικοινωνιών. Το 1836 ο Samuel Morse² δημιούργησε ηλεκτρικό τηλέγραφο (Εικόνα 1.1³).



Εικόνα 1.1: Ο τηλέγραφος του Μορς

¹ Roderick W. Home, 'Franklin's Electrical Atmospheres', *The British Journal for the History of Science* [ηλεκτρονικό περιοδικό], 6/02 (1972), 131-151.
<<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=2908756&fulltextType=RA&fileId=S0007087400012255>>, πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.

² D. Hochfelder, 'Joseph Henry: Inventor of the Telegraph?', *Smithsonian Institution Archives* [ηλεκτρονικό έγγραφο] (2007),
<http://siarchives.si.edu/sites/default/files/pdfs/jhpp/JHP_Inventor_of_the_Telegraph.pdf>, πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.

Ο ίδιος εφηύρε και τον διάσημο κώδικα Morse, ο οποίος αποτελεί τον πρώτο ψηφιακό τρόπο μετάδοσης δεδομένων και ταυτόχρονα μία από τις πρώτες μορφές τηλεπικοινωνιών. Ο παραπάνω κώδικας περιλαμβάνει ένα σύνολο ηχητικών σημάτων, τα οποία αντιστοιχούν σε χαρακτήρες (Εικόνα 1.2⁴). Αυτό το σύστημα μετάδοσης πληροφοριών αποδείχθηκε πολύ χρήσιμο για την εποχή του, γεγονός για το οποίο μαρτυρεί και η μακροχρόνια χρήση του.

E	•	T	—
I	••	M	— —
S	•••	O	— — —
H	••••	N	— •
A	• —	G	— — •
U	•• —	Z	— — ••
V	••• —	Q	— — • —
W	• — —	D	— ••
J	• — — —	B	— •••
R	• — •	K	— • —
L	• — ••	C	— • — •
F	•• — •	Y	— • — —
P	• — — •	X	— •• —
1	• — — — —	6	— ••••
2	•• — — —	7	— — •••
3	••• — —	8	— — — ••
4	•••• —	9	— — — — •
5	•••••	0	— — — — —

Εικόνα 1.2: Κώδικας Μόρς

Ο όρος τηλεπικοινωνίες (από το αρχαίο ελληνικό «*Τήλε*»), σημαίνει επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις.⁵ Στο πλαίσιο αυτό είναι σημαντικό να καταλάβουμε ότι υπάρχει μια ουσιώδης διαφορά μεταξύ του όρου

«τηλεπικοινωνίες», και του όρου «επικοινωνία», καθώς στην πρώτη περίπτωση η μορφή της πληροφορίας πρέπει να μετατραπεί προκειμένου να μεταδοθεί, ενώ στην δεύτερη παραμένει αναλλοίωτη. Το 1875 ο Graham Bell έκανε επαναστατική εφεύρεση - το τηλέφωνο⁶, το οποίο σε μεγάλο βαθμό επηρέασε τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι επικοινωνούν μεταξύ τους. Ωστόσο η εφεύρεση αυτή δεν ήταν μοναδική για την εποχή της, καθώς ήδη στα τέλη του 19^{ου} αιώνα ο Heinrich Hertz ανακάλυψε τον τρόπο δημιουργίας και εντοπισμού ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, ενώ το 1896 ο ρώσος επιστήμονας Alexander Stepanovich Popov προχώρησε ακόμα παραπάνω, πραγματοποιώντας το επιτυχημένο του πείραμα ασύρματης μετάδοσης

³ Η εικόνα πάρθηκε από National High Magnetic Laboratory, 'Morse Telegraph', *National High Magnetic Laboratory* [ιστοσελίδα] (2013) <<http://www.magnet.fsu.edu/education/tutorials/museum/morsetelegraph.html>>, πρόσβαση 20 Ιαν. 2013.

⁴ Η εικόνα πάρθηκε από Poole Radio Society, 'Morse Code Receiving Crib Sheet', *Poole Radio Society* [ιστοσελίδα] (2012) <http://www.g4prs.org.uk/Foundation%20Course%20Material/CW_Receiving_Crib_Sheet.htm>, πρόσβαση 20 Ιαν. 2013.

⁵ Α. Αλεξόπουλος και Γ. Λαγογιάννης, *Τηλεπικοινωνίες και δίκτυα υπολογιστών* (7^η εκδ.; Αθήνα: Γιαλός, 2010) : 23.

⁶ BBC, 'Alexander Graham Bell (1847 - 1922)', *BBC* [ιστοσελίδα] (2013) <http://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/bell_alexander_graham.shtml>, πρόσβαση 21 Ιαν. 2013.

μηνύματος Heinrich Hertz σε απόσταση 250 μέτρων.⁷ Αλλά ούτε η τελευταία αυτή ανακάλυψη δεν έμεινε χωρίς απάντηση για μεγάλο χρονικό διάστημα, καθώς μερικά χρόνια αργότερα ιταλός επιστήμονας Guglielmo Marconi, γνωστός ως ο πρώτος που κατάφερε να μεταδώσει ραδιοκύματα σε μακρινές αποστάσεις, εφηύρε παρόμοια συσκευή με πολύ μεγαλύτερη όμως εμβέλεια.⁸ Η εφεύρεση του Marconi ήταν τόσο επιτυχημένη, που οδήγησε στην οργάνωση εταιρείας στην Μεγάλη Βρετανία, η οποία έφερε το όνομα του ίδιου και υπήρξε η μοναδική εταιρεία στις αρχές του 20 αιώνα που πραγματοποίησε τηλεφωνικές συνδέσεις μεταξύ διάφορων πόλεων. Σε λίγα χρόνια η εταιρεία αυτή κατάφερε να εξαπλώσει τις δραστηριότητές της σε άλλες χώρες, γεγονός που συνέφερε στην διάδοση της καινούργιας τεχνολογίας παγκοσμίως.⁹

Η Ευρώπη δεν υπήρξε ο μοναδικός χώρος ανάπτυξης νέων μεθόδων τηλεπικοινωνιών, καθώς το 1946 η αμερικανική εταιρεία Bell Laboratories εφηύρε τα λεγόμενα ράδιο-τηλέφωνα, τα οποία μπορούσαν να εγκατασταθούν σε αυτοκίνητα.¹⁰ Παρόλο που η ιδέα αυτή υπήρξε πρωτότυπη για την εποχή της, η εφεύρεση αυτή δεν βρήκε μεγάλη απήχηση, διότι ένα τέτοιο ράδιο-τηλέφωνο ζύγιζε 30 κιλά και είχε πολύ υψηλό κόστος.

Ήταν ο Martin Cooper που τόλμησε να επαναφέρει την ιδέα την δεκαετία του 60 στην εταιρεία Motorola, γνωστή τότε ως εταιρεία παραγωγής ραδιοφωνικού εξοπλισμού. Η Motorola χρειάστηκε μόλις 15 χρόνια και 100 εκατομμύρια δολάρια για την κατασκευή πρώτου κινητού τηλεφώνου, ενώ ήδη το 1973 η εταιρεία εγκατέστησε την πρώτη κεραία κινητής τηλεφωνίας στην οροφή ενός 50 – ορόφου κτιρίου. Ο Martin Cooper ήταν αυτός που πραγματοποίησε την πρώτη στον κόσμο κλίση από το πρώτο κινητό τηλέφωνο, το οποίο πήρε ονομασία Dyna-Tac¹¹ και είχε

⁷National Radio Astronomy Observatory, 'Pre-History of Radio Astronomy', *National Radio Astronomy Observatory* [ιστοσελίδα] (2003), < http://www.nrao.edu/whatisra/hist_prehist.shtml >, πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.

⁸Ibid.

⁹W. Baker, *History of the Marconi Company 1874-1965* (Νέα έκδ.; New York: Routledge, 1998).

¹⁰ Alcatel Lucent, 'Historical Timeline', *Alcatel Lucent* [ιστοσελίδα] (2013), < http://www.alcatel-lucent.com/wps/portal/lut/p/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLt4z3DADJmMU7xhu5mupHIgsZxDvCBXw98nNT9YOAEPHmQLWm7t76lfqRzvregEgk2Bi4UWpeSmpRfoFuaER5X5pHrmOiooAk6aU5Q!!/delta/base64xml/L0INN3VhQ1NXWUEHlS9JTmhBQ0lpRWiBaU13cUFbd0FxZ0FNQUEvNExFNVJPZ3JnSUEhLzdfQV81R0s!/?decade=1940s&innovation=History%2FTimeline%2FTimeline%2000078.jsp#7_A_5GK >, πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.

¹¹Motorola Solutions, 'Cell phone Development', *Motorola Solutions* [ιστοσελίδα] (2013), <<http://www.motorolasolutions.com/US->

διαστάσεις 225x125x375 mm, καθώς και βάρος 1,15 κιλά (Εικόνα 1.3).¹²

Σε λίγα χρόνια και ύστερα από αντιμετώπιση ουσιαστικών τυπικών δυσκολιών, τα κινητά τηλέφωνα της Motorola βγήκαν στην παραγωγή. Σήμερα τα κινητά τηλέφωνα χρησιμοποιούνται ευρέως σε όλες τις χώρες στον κόσμο, ενώ η τεχνολογική πρόοδος δεν σταματάει να εκπλήσσει την ανθρωπότητα με τα αποτελέσματά του. Σύμφωνα με τα δεδομένα του ΟΗΕ στο τέλος του 2012 υπήρχαν 6 δισεκατομμύρια χρήστες κινητής τηλεφωνίας παγκοσμίως, ένα νούμερο που σηματοδοτεί την επιτυχία της ανακάλυψης της ασύρματης επικοινωνίας.¹³



Εικόνα 1.3: Dyna-Tac, το πρώτο κινητό τηλέφωνο της Motorola

1.2 Τηλεπικοινωνίες στην ρομποτική

Οι τηλεπικοινωνίες παίζουν πάρα πολύ σημαντικό ρόλο στον τομέα της ρομποτικής, γεγονός ευρέως αποδεκτό, ακόμα και από τους πλέον ερασιτέχνες. Η ασύρματη επικοινωνία αποτελεί ένα από τα πιο συχνά και συνεχώς εξελισσόμενα ζητήματα της ρομποτικής, καθώς οποιαδήποτε πλατφόρμα χρειάζεται ασύρματη επικοινωνία για να λαμβάνει εντολές από τον χρήστη ή να του αποστέλλει δεδομένα. Μία από τις ιδανικότερες περιπτώσεις είναι η περίπτωση στην οποία η ρομποτική πλατφόρμα είναι ασύρματα συνδεδεμένη με ένα απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου και υπάρχει αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ τους. Αυτό οδηγεί στην απομόνωση του χρήστη από την ελεγχόμενη ρομποτική πλατφόρμα, και ταυτόχρονα παρέχει σε αυτόν μεγαλύτερη ελευθερία δράσεως. Δεν είναι πλέον απαραίτητη η παρουσία του χρήστη

[EN/About/Company+Overview/History/Explore+Motorola+Heritage/Cell+Phone+Development](#) >, πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.

¹²Peter Ha, 'All-TIME 100 Gadgets', *Time*, 25 Οκτ. 2010 [ηλεκτρονική βάση δεδομένων], πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.

¹³News and Media, United Nations Radio, 'ITU:Six billion mobile phone subscribers worldwide and still growing', *News and Media, United Nations Radio* [ιστοσελίδα] (2012) <<http://www.unmultimedia.org/radio/english/2012/10/itusix-billion-mobile-phone-subscribers-worldwide-and-still-growing/>>, πρόσβαση 21 Ιαν. 2013.

κοντά στην ρομποτική πλατφόρμα. Εκτός αυτού ο ίδιος έχει την δυνατότητα να ελέγχει και να επιβλέπει περισσότερες από μια ρομποτικές πλατφόρμες ή να δίνει μεγαλύτερη έμφαση σε κάτι από το ίδιο το κέντρο ελέγχου.

Η παρούσα εργασία, όπως ήδη προαναφέρθηκε, αποσκοπεί στην παρουσίαση της δεύτερης έκδοσης του ΟΔΥΣΣΕΑ, ο οποίος αρχικά ήταν ένα απλό ηλεκτροκίνητο παιδικό αμαξίδιο. Στην πρώτη του έκδοση¹⁴ ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ είχε πλέον μετατραπεί από χειροδηγούμενο αμαξίδιο σε ένα όχημα αυτόνομης πλοήγησης, το οποίο είχε την ικανότητα να ακολουθεί προκαθορισμένες διαδρομές. Εκτός αυτού το όχημα είχε την δυνατότητα να εντοπίζει και να αποφεύγει εμπόδια ακολουθώντας προκαθορισμένη πορεία. Η πρώτη αυτή έκδοση είχε αναπτυχθεί από τους φοιτητές του τμήματος Αυτοματισμού, Κωνσταντίνο Πατσώνα και Ανδρέα Λένγκα κατά το ακαδημαϊκό έτος 2011- 2012, με επιβλέποντα καθηγητή τον Αλέξανδρο Αστάρα.

Στην δεύτερη έκδοση ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ μετατρέπεται σε πλήρη τηλεχειριζόμενη πλατφόρμα. Γίνεται εγκατάσταση ρομποτικού βραχίονα για πρόσθετες δυνατότητες, και προσθήκη μιας ασύρματης βιντεοκάμερας. Παρόλα αυτά διατηρεί την αυτόνομη πλοήγηση και την δυνατότητα αποφυγής εμποδίων αναλλοίωτη.



Εικόνα 1.4: Ρομποτική πλατφόρμα ΟΔΥΣΣΕΑΣ

¹⁴ Arber Llenga και Κωνσταντίνος Πατσώνας, ‘Ανάπτυξη συστήματος αυτόνομης πλοήγησης και αποφυγής εμποδίων για ηλεκτροκίνητο αμαξίδιο’, Πτυχιακή εργασία (ΑΤΕΙΘ, 2011).

1.3 Τρόπος λειτουργίας πρώτης έκδοσης ΟΔΥΣΣΕΑ

Για να τεθεί ο Οδυσσέας σε λειτουργία απαιτούνται συγκεκριμένες ενέργειες. Αρχικά πρέπει να γίνει η αποθήκευση στιγμάτων (Way Points), τα οποία θα ορίσουν την διαδρομή, την οποία επιθυμούμε να ακολουθήσει ο Οδυσσέας. Αυτό γίνεται με την βοήθεια πληκτρολογίου και οθόνης LCD, τα οποία είναι συνδεδεμένα με τον μικροελεγκτή και σχεδιασμένα έτσι ώστε να αφαιρούνται από το αμαξίδιο μαζί με την πηγή τροφοδοσίας τους (μπαταρία 6V). Με την εκκίνηση τροφοδοσίας ο μικροελεγκτής εξάγει στη οθόνη LCD το προαποθηκευμένο μήνυμα «NAVIG. 1 OR TRACK 2» πράγμα το οποίο σημαίνει πως πρέπει να πατήσουμε 1 για να εισάγουμε νέα διαδρομή ή 2 για να κρατήσουμε την παλιά. Εφόσον επιλέξουμε να εισάγουμε νέα διαδρομή, θα πρέπει να επιλέξουμε και τον αριθμό των στιγμάτων από τα οποία αυτή θα αποτελείται. Όσο κινούμαστε στον χώρο κρατώντας την πλακέτα, διακρίνουμε στην οθόνη LCD το γεωγραφικό μήκος και πλάτος που παίρνουμε από το GPS. Για να αποθηκεύσουμε κάποιο στίγμα τις επιλογής μας, πρέπει να πατήσουμε ένα ξεχωριστό μπουτόν. Μόλις συλλέξουμε τον κατάλληλο αριθμό στιγμάτων, η οθόνη LCD απενεργοποιείται και ο μικροελεγκτής είναι έτοιμος για την επανατοποθέτηση του στο αμαξίδιο. Αφού γίνει η επανατοποθέτηση, μπορούμε να δώσουμε τροφοδοσία και ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ «ζωντανεύει», και αρχίζει να ακλουθεί την διαδρομή που αποθηκεύσαμε, αποφεύγοντας όλα τα τυχόν εντοπισμένα εμπόδια. Μόλις φτάσει στο τελευταίο στίγμα, είναι έτοιμος να επαναλάβει την διαδικασία από την αρχή.

1.4 Δεύτερη έκδοση ΟΔΥΣΣΕΑ

Στην δεύτερη έκδοση ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ αναβαθμίζεται και αποκτάει τις παρακάτω βελτιώσεις:

- Ασύρματη βιντεοκάμερα για την επίβλεψη λειτουργίας και για την ανάγνωση περιβάλλοντος.
- Πλήρη ασύρματα ελεγχόμενο από ηλεκτρονικό υπολογιστή ρομποτικό βραχίονα - πέντε βαθμών ελευθερίας.
- Δυνατότητα επιλογής τρόπου εισαγωγής συντεταγμένων.
- Δυνατότητα ασύρματης διακοπής του ΟΔΥΣΣΕΑ και μεταβολής του σε χειροκίνητο έλεγχο οποιαδήποτε στιγμή.
- Δυνατότητα εισαγωγής προγραμματιζόμενου στίγματος στο οποίο αυτόματα σταματάει, ειδοποιώντας το κέντρο ελέγχου και αναμένει για περεταίρω εντολές.
- Δυνατότητα διακοπής και προσθήκης στίγματος παράκαμψης δίχως να αλλοιωθεί η κύρια διαδρομή.
- Εντολή «Reset» σε περίπτωση σφάλματος λειτουργίας.
- Εντολή «Back to Base» με την οποία επιστρέφει στο σημείο από το οποίο ξεκίνησε.

Όλες οι παραπάνω βελτιώσεις του ΟΔΥΣΣΕΑ θα παρουσιαστούν αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, όπου θα αναφερθούμε στον τρόπο λειτουργίας αυτών των βελτιώσεων.

2 Σχεδιαστικές προδιαγραφές

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε στους στόχους και στις προδιαγραφές που είχαν αρχικά τεθεί κατά το στάδιο της μελέτης της πτυχιακής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, είναι οι στόχοι που έχουμε θέση για την τελική κατασκευή αλλά και για τα επιμέρους συστήματα.

2.1 Στόχοι και προδιαγραφές

Βασική προϋπόθεση που τέθηκε από την αρχή ήταν να μην επηρεαστούν οι υπάρχουσες δυνατότητες αυτόνομης πλοήγησης και αποφυγής εμποδίων από τις νέες προσθήκες. Ο επόμενος κύριος στόχος ήταν να μπορούμε να χειριζόμαστε τον Οδυσσέα από απόσταση μέσω υπολογιστή ώστε ο χρήστης να είναι ανεξάρτητος. Επιπλέον θα έπρεπε να ελέγχουμε όχι μόνο το ίδιο το αμαξίδιο, αλλά και την υπάρχουσα δομή της αυτόνομης πλοήγησης με απομακρυσμένη εισαγωγή στιγμάτων και με άλλες λειτουργίες. Άλλη μία σημαντική απαίτηση ήταν να ελέγχουμε τον χώρο που κινείται ο Οδυσσέας μέσω προσθήκης ρομποτικού βραχίονα και με οπτική επαφή μέσω κάμερας. Τέλος, η ανάγκη για χαμηλό κοστολόγιο της συνολικής εργασίας, μας οδήγησαν στην χρήση ενός μόνο μικροελεγκτή που θα δεχόταν εντολές από υπολογιστή. Στις παρακάτω ενότητες θα αναφερθούμε αναλυτικότερα σε αυτές τις προδιαγραφές.

2.1.1 Χειροκίνητος έλεγχος κίνησης αμαξιδίου

Η προσθήκη της ασύρματης επικοινωνίας ήταν ο βασικός σκοπός της πτυχιακής εργασίας. Στόχος μας ήταν να ανεξαρτητοποιηθεί ο χρήστης από το αμαξίδιο και να έχει τον έλεγχο του οχήματος χωρίς να είναι απαραίτητη η φυσική παρουσία του. Με τον τρόπο αυτό, έπρεπε να μπορούμε να πάρουμε τον έλεγχο του αμαξιδίου ανά πάσα στιγμή. Ο έλεγχος της κίνησης έπρεπε να γίνεται χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα πλήκτρα του υπολογιστή ('w' - μπροστά, 'x' - πίσω, 'd' - μπροστά & δεξιά, 'c' - πίσω & δεξιά, κ.ο.κ.).

Αρχικά, έπρεπε να μπορούμε να χειριζόμαστε τον Οδυσσέα καθώς πλοηγείται αυτόνομα στην προδιαγεγραμμένη πορεία του πάνω στα στίγματα. Για παράδειγμα,

όταν το όχημα κατευθύνεται από το στίγμα Α στο στίγμα Β, να μπορούμε να διακόψουμε προσωρινά την πορεία του, να χειριστούμε ανάλογα τον Οδυσσέα, πιθανώς για να μεταβούμε σε ένα διαφορετικό σημείο ώστε να χρησιμοποιήσουμε τον ρομποτικό βραχίονα, και στην συνέχεια, επίσης όταν το θελήσει ο χρήστης, να συνεχίσει και να επιστρέψει στην προηγούμενη κατάστασή του, στην ακολουθία της διαδρομής. Αυτά έγιναν, με την ανάπτυξη ενός ξεχωριστού τμήματος κώδικα, μιας ρουτίνας χειροκίνητου ελέγχου (Manual Mode). Η ρουτίνα αυτή σε συνδυασμό με την ασύρματη επικοινωνία του ΟΔΥΣΣΕΑ θα μπορούσε να καλεστεί ανά πάσα στιγμή με το πλήκτρο «M». Όταν δεν χρειαζόμαστε πλέον να ελέγχουμε την ρομποτική πλατφόρμα χειροκίνητα, μπορούμε να επιστρέψουμε πίσω στο κύριο πρόγραμμα χρησιμοποιώντας το πλήκτρο «O».

Σε περίπτωση εγκλωβισμού του ΟΔΥΣΣΕΑ ανάμεσα σε πολλαπλά εμπόδια που καλύπτουν όλο το φάσμα της κίνησης του, και συνεπώς αδυναμίας λειτουργίας του υπάρχοντος συστήματος αποφυγής εμποδίων, θα πρέπει αυτόματα να διακοπεί η λειτουργία του και ο έλεγχος να μεταβιβαστεί στον χρήστη. Ο τελευταίος θα πρέπει να χειριστεί κατάλληλα το όχημα, να το επαναφέρει στο σωστό δρόμο παρακάμπτοντας τα εμπόδια, και έπειτα να συνεχίσει και πάλι στην λειτουργία της αυτόνομης πλοήγησης.

Ο ασύρματος χειροκίνητος έλεγχος της κίνησης, έπρεπε να είναι διαθέσιμος και στην περίπτωση που ‘ενεργοποιηθούν’ οι λειτουργίες “MANUAL POINT” και “DEVIATION POINT”, τις οποίες θα αναλύσουμε παρακάτω.

2.1.2 Έλεγχος αυτόνομης πλοήγησης

Ήδη από την πρώτη έκδοση του Οδυσσέα υπήρχαν περιορισμοί στον έλεγχο της πλοήγησης. Ο χρήστης έπρεπε να καταγράφει τις συντεταγμένες της διαδρομής, ακολουθώντας την καταπόδας και εισάγοντας τα στίγματα μέσω της πλακέτας GPS που θα κρατούσε στα χέρια του. Στο τέλος της διαδρομής, πάλι ο χρήστης έπρεπε να φέρει το αμαξίδιο πίσω στην βάση από όπου ξεκίνησε. Εφαρμόζοντας την ασύρματη επικοινωνία, τέτοιου είδους περιορισμοί θα εξαλείφονταν.

Ως πρώτο βήμα της τελικής κατασκευής, ο χρήστης θα πρέπει πρώτα να εισάγει τα επιθυμητά στίγματα ασύρματα, πατώντας το πλήκτρο ‘I’. Αυτό σημαίνει πως θα αποκτούσε πλέον δύο μεθόδους εισαγωγής συντεταγμένων: τον τοπικό με την φυσική

παρουσία του χρήστη (παλιά μέθοδος) και τον απομακρυσμένο μέσο H/Y (νέα μέθοδος).

Θα έπρεπε οπωσδήποτε να υπάρχει μία λειτουργία “reset” η οποία θα ενεργοποιείται με το πλήκτρο ‘r’. Καλώντας την ρουτίνα “reset” ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ θα πρέπει να διακόπτει την οποιαδήποτε δραστηριότητα του και να μπει στο στάδιο εισαγωγής συντεταγμένων για την ακολουθία νέας διαδρομής.

Ακόμη μία επιπρόσθετη ικανότητα του ΟΔΥΣΣΕΑ είναι να μπορεί να σταματήσει αυτόματα σε ένα προκαθορισμένο από τα δοσμένα στίγματα, ονομαζόμενο ως “MANUAL POINT”, ούτως ώστε ο χρήστης να χειριστεί είτε το αμαξίδιο, είτε τον ρομποτικό βραχίονα. Ένα στίγμα θα ορίζεται ως MANUAL POINT, αν μετά την εισαγωγή του θα ακολουθούν οι χαρακτήρες «mp». Η λειτουργία αυτή είναι διαθέσιμη μόνο στην περίπτωση απομακρυσμένης εισαγωγής στιγμάτων.

Επίσης, θα έπρεπε να υπάρχει και μία λειτουργία παράκαμψης, ενεργοποιούμενη από το πλήκτρο ‘d’, όπου ο χρήστης να μπορεί να στείλει συντεταγμένες για ένα στίγμα “DEVIATION POINT” στο οποίο θα γίνει παράκαμψη από την δοσμένη διαδρομή. Θα πρέπει να μπορούμε να χειριστούμε και πάλι το βραχίονα ή τον ίδιο τον ΟΔΥΣΣΕΑ, μόλις φτάσουμε στο στίγμα, και μετά να συνεχίζει την ακολουθία της διαδρομής που διέκοψε.

Τέλος, απαραίτητη ήταν η προσθήκη μιας λειτουργίας η οποία θα επέστρεφε το αμαξίδιο στην βάση του. Η λειτουργία αυτή θα είναι διαθέσιμη εφόσον ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ έχει φτάσει στο τελευταίο στίγμα της διαδρομής του ή εφόσον την χρειαστούμε νωρίτερα. Σε αυτό το σημείο, ανάλογα με το αν θελήσει ο χρήστης ή όχι, πατώντας ‘y’ ή ‘n’ αντίστοιχα, μπορεί να δώσει στο αμαξίδιο την δυνατότητα επιστροφής πίσω στην “βάση”, στο αρχικό σημείο από όπου ξεκίνησε.

2.1.3 Εποπτεία περιβάλλοντα χώρου

Σχετικά με τον χώρο που κινείται ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ, σκοπεύαμε από την αρχή της εργασίας στην τοποθέτηση ενός ρομποτικού βραχίονα παράλληλα με μία ασύρματη κάμερα. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσαμε να έχουμε ζωντανή εικόνα στην οθόνη του υπολογιστή που θα απεικόνιζε αφενός την πορεία και τον χώρο κίνησης του ΟΔΥΣΣΕΑ, και αφετέρου την αρπάγη του βραχίονα και το αντικείμενο που πιθανώς

θα κρατάει. Η κίνηση του βραχίονα θα πρέπει να γίνεται ασύρματα δίνοντας εντολές από το πληκτρολόγιο. Ο βραχίονας θα βοηθάει στην περισυλλογή χρήσιμων αντικειμένων που θα βρίσκονται στην περίμετρο του αμαξιδίου (π.χ. πετρώματα για έρευνα, μικρά εμπόδια κ.ά.), αλλά και αντίστοιχα στον διαμοιρασμό αντικειμένων (π.χ. «κιτ» επιβίωσης σε εγκλωβισμένους). Τέλος, η κάμερα θα έπρεπε να είχε διαφορετική συχνότητα επικοινωνίας από αυτή των πομποδεκτών, ώστε να μην υπάρχουν παρεμβολές μεταξύ των δύο συστημάτων.

2.1.4 Κόστος κατασκευής

Όπως στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, έτσι και στην δική μας το κόστος της κατασκευής θα έπρεπε να διατηρηθεί σε σχετικά χαμηλά επίπεδα, δεδομένου και της κατάστασης της σημερινής εποχής. Αποφασίστηκε από κοινού να χρησιμοποιήσουμε έναν μικροελεγκτή στην απομακρυσμένη πλευρά, αλλά όχι και δεύτερο από την τοπική πλευρά, την δική μας. Έτσι θα αυξανόταν το κόστος με τον επιπλέον ελεγκτή, αλλά και τα περιφερειακά στοιχεία για την εκτέλεση των επιθυμητών εντολών (ειδικά ποτενσιόμετρα, πλακέτα πομποδέκτη, μπουτόν, κ.ά.). Αντί αυτού, όλες οι εντολές θα δίνονταν από το πληκτρολόγιο του υπολογιστή μέσω τερματικού προγράμματος (terminal). Δώσαμε μεγαλύτερη βαρύτητα στον βασικό σκοπό μας, τους ασύρματους πομποδέκτες, που αποτελούν και το πιο δαπανηρό κομμάτι της εργασίας. Ως εκ τούτου, επιλέξαμε ένα ρομποτικό βραχίονα και μία ασύρματη βιντεοκάμερα χαμηλού κόστους με απροσδόκητα ικανοποιητική ποιότητα, μιας και η εργασία δεν στόχευε στην μαζική παραγωγή, αλλά στον πειραματισμό για ακαδημαϊκούς σκοπούς. Για μεγαλύτερη μείωση του κόστους, επιλέξαμε να εφαρμόσουμε την κάμερα επάνω στον βραχίονα, ώστε να μην χρειαστεί να κατασκευαστεί ένα ξεχωριστό σύστημα κίνησης της κάμερας. Έτσι, με την κίνηση του βραχίονα θα κερδίζαμε και ταυτόχρονη κίνηση της κάμερας.

2.2 Βήματα ανάπτυξης του συστήματος

Στην έναρξη της μελέτης και σχεδίασης της εργασίας, αποφασίστηκαν τα παρακάτω βήματα που θα μας βοηθούσαν στην καλύτερη οργάνωση και διεκπεραίωση της κατασκευής:

1. Κατασκευή συστήματος ελέγχου ρομποτικού βραχίονα.
2. Προσθήκη συστήματος ασύρματης επικοινωνίας.
3. Λειτουργία απομακρυσμένου ελέγχου αμαξιδίου και βραχίονα.
4. Λειτουργίες απομακρυσμένου ελέγχου αυτόνομης πλοήγησης.
5. Συναρμολόγηση και έλεγχος λειτουργίας ολοκληρωμένου συστήματος.

Στην πρώτη φάση της εργασίας, έπρεπε να κατασκευάσουμε το σύστημα που θα ελέγχει την κίνηση του ρομποτικού βραχίονα. Ο βραχίονας αποτελείται από πέντε κινητήρες DC χαμηλής ισχύος με ενσωματωμένο μειωτήρα και, επομένως, έπρεπε να κατασκευάσουμε μία μικρή πλακέτα με τα αντίστοιχα κυκλώματα που θα οδηγούσε αυτούς τους κινητήρες παίρνοντας εντολές από το μικροελεγκτή μέσω ασύρματης σύνδεσης.¹⁵

Σε δεύτερη φάση, έπρεπε να υλοποιήσουμε την εισαγωγή του συστήματος ασύρματης επικοινωνίας. Αυτή αποτελείται από δύο όμοιους πομποδέκτες που επικοινωνούν ασύρματα εκπέμποντας μία συγκεκριμένη ραδιοσυχνότητα. Έπρεπε να γίνει σωστή ρύθμιση των παραμέτρων τους, ώστε να ικανοποιούν τις ανάγκες μας για μία απλή ασύρματη επικοινωνία δύο σημείων. Παράλληλα, έπρεπε να τοποθετηθούν ολοκληρωμένες πλακέτες εφαρμογών (shields), οι οποίες θα αναλάμβαναν την σύνδεση του απομακρυσμένου πομποδέκτη με την πλατφόρμα Arduino και την σύνδεση του τοπικού πομποδέκτη με την θύρα USB του υπολογιστή.¹⁶

Στην συνέχεια, βασική προτεραιότητα ήταν ο ασύρματος έλεγχος της κίνησης του Οδυσσέα και του βραχίονα. Αυτό απαιτούσε την σχεδίαση και τη δημιουργία μιας κοινής ρουτίνας για αυτό το σκοπό. Σε πρώτο στάδιο θα έπρεπε να ελέγχει πιο πλήκτρο έχει πατηθεί από το χρήστη, και ανάλογα να εκτελείται η εντολή κίνησης. Στο δεύτερο στάδιο η ρουτίνα έπρεπε να περιμένει για νέα είσοδο, μέχρι να πατηθεί

¹⁵ Περισσότερες λεπτομέρειες ακολουθούν στην ενότητα 3.2.2.

¹⁶ Αναλυτικότερη περιγραφή στο κεφάλαιο 3.

ένα ορισμένο πλήκτρο εξόδου. Επίσης, οι εντολές για τις κινήσεις του βραχίονα και του αμαξιδίου δεν θα έπρεπε να είχαν κοινά κουμπιά ενεργοποίησης.¹⁷

Το επόμενο βήμα ήταν ο πλήρης έλεγχος της πλοήγησης του Οδυσσέα μέσω ορισμένων λειτουργιών. Η πρώτη ενέργεια αφορούσε την τηλε-εισαγωγή στιγμάτων, στην οποία ο μικροελεγκτής θα πρέπει να αποθηκεύει τα ζευγάρια συντεταγμένων που θα λαμβάνει ασύρματα από το χρήστη. Η λειτουργία επαναφοράς του αμαξιδίου στην αρχική του θέση, όταν θα έχει θετική είσοδο από το χρήστη, θα έθετε σαν τελευταίο στίγμα της διαδρομής, αυτό της αρχικής του θέσης και θα επέστρεφε σε αυτό. Στην επανεισαγωγή στιγμάτων για νέα διαδρομή, θα έπρεπε με γίνεται μία μορφή επανεκκίνησης του όλου προγράμματος ώστε να μπορούν να αποθηκευτούν καινούρια στίγματα. Η λειτουργία της παράκαμψης θα έπρεπε να ενσωματώνει σε οποιοδήποτε σημείο της διαδρομής όταν καλεστεί ένα way-point, το οποίο θα γίνεται προσωρινά το επόμενο στίγμα που θα ακολουθήσει ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ. Μετά την ολοκλήρωση της παράκαμψης, το αμαξίδιο θα έχει την δυνατότητα να επιστρέψει στο πραγματικό επόμενο στίγμα που κατευθυνόταν προτού καλεστεί η ρουτίνα τις παράκαμψης. Τέλος, η αυτόματη στάση για χειροκίνητο έλεγχο, θα πρέπει να 'διαβάζει', κατά την εισαγωγή των στιγμάτων, μία συγκεκριμένη συλλαβή που θα δίνεται μετά από το προαποφασισμένο way-point, και όταν φτάσει σε αυτό θα γίνεται αυτόματη διακοπή για ασύρματο χειρισμό.

Μετά από τα παραπάνω βήματα, έπρεπε να συνδυαστούν όλα σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα που θα λειτουργεί αρμονικά, χωρίς παρεμβολές και παρασιτικά φαινόμενα. Η πυξίδα θα έπρεπε να είναι στην αρχική της θέση, απομονωμένη όσο το δυνατόν από μαγνητικά πεδία. Οι κεραίες των πομποδεκτών θα πρέπει να είναι κατασκευασμένες για τη συγκεκριμένη ραδιοσυχνότητα των 900 MHz που λειτουργούν οι πομποδέκτες (transceivers). Ακόμη, θα έπρεπε να βρεθεί η βέλτιστη δυνατή λύση για την κατανομή των εισόδων/εξόδων (I/O pins) του Arduino, αφού οι διαθέσιμες εισοδοί ήταν λιγότερες από τα περιφερειακά που είχαμε να συνδέσουμε. Θα έπρεπε λοιπόν να προσαρμόσουμε στο ίδιο pin, περιφερειακά που θα λειτουργούν μόνο στο αρχικό κομμάτι του προγράμματος με άλλα που θα λειτουργούν στο υπόλοιπο κομμάτι του προγράμματος, χωρίς φυσικά να έχουμε παρεμβολές και να επηρεάζουν το ένα το άλλο.

¹⁷ Περισσότερες λεπτομέρειες παρακάτω στο κεφάλαιο 4.

3 Περιγραφή υλικού

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε την αναλυτική περιγραφή του υλικού από το οποίο αποτελείται η συγκεκριμένη ρομποτική πλατφόρμα, καθώς και θα εστιάσουμε την προσοχή μας στους κύριους λόγους επιλογής του συγκεκριμένου υλικού. Θα εξετάσουμε τους τρόπους της λειτουργίας των εξαρτημάτων και θα παρέχουμε μια συνοπτική περιγραφή¹⁸ των χαρακτηριστικών του επιλεγμένου εξοπλισμού.

3.1 Υπάρχον εξοπλισμός ΟΔΥΣΣΕΑ

Ο εξοπλισμός της πρώτης έκδοσης του ΟΔΥΣΣΕΑ δεν θα αποτελέσει αντικείμενο της λεπτομερούς ανάλυσης στην παρόν εργασία, καθώς θα δοθεί περισσότερη βαρύτητα στις προσθήκες και στις αλλαγές της δεύτερης έκδοσης του¹⁹.

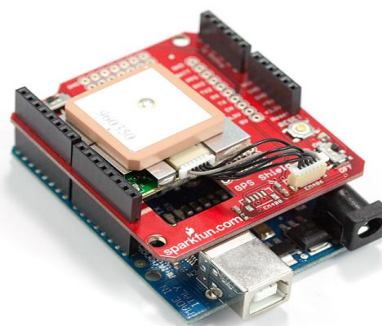
Τον ρόλο του «εγκέφαλου» του ΟΔΥΣΣΕΑ παίζει ο μικροελεγκτής AT mega328 της Atmel (οικογένειας AVR). Ο μικροελεγκτής είναι εγκατεστημένος στην

εκπαιδευτική πλακέτα Arduino Uno η οποία προσφέρει στον μικροελεγκτή όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα για την σωστή και ασφαλή λειτουργία της, καθώς και την σύνδεση με τον Η/Υ και προγραμματισμό της.



Εικόνα 3.1: πλακέτα Arduino Uno

Για τον εντοπισμό θέσης του αμαξιδίου χρησιμοποιήθηκε ο δέκτης GPS EM-406A μαζί με την απαραίτητη συνοδευτική πλακέτα για την προσαρμογή του πάνω στον μικροελεγκτή.

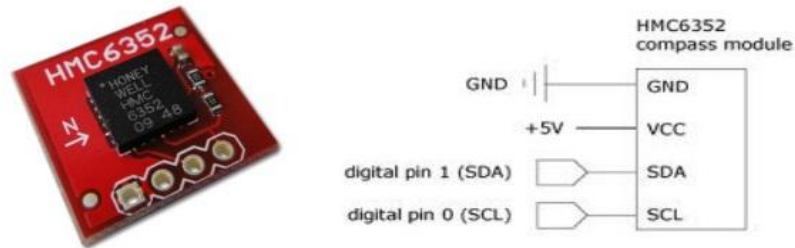


Εικόνα 3.2: GPS EM-406A & Arduino Uno

¹⁸ Πιο αναλυτική περιγραφή υπάρχει στο αντίστοιχο Datasheet στα παραρτήματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

¹⁹ Για περισσότερες λεπτομέρειες βλέπε Arber Llega, Op. Cit.

Για τον προσανατολισμό του αμαξιδίου επιλέχτηκε η ψηφιακή πυξίδα HMC6353 η οποία επικοινωνεί με τον μικροελεγκτή μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας I2C²⁰.



Εικόνα 3.3: Ψηφιακή πυξίδα HMC6353

Η δυνατότητα αποφυγής εμποδίων χρησιμοποιεί τα υπερηχητικά αισθητήρια HC-SR04.



Εικόνα 3.4: Υπερηχητικά αποστασιόμετρα

Για περιστροφή των εμπρόσθιων τροχών (τιμονιού) και περιστροφή του μπροστινού αισθητηρίου χρησιμοποιήθηκαν Servo (DC κινητήρες με ενσωματωμένο ελεγκτή θέσης).



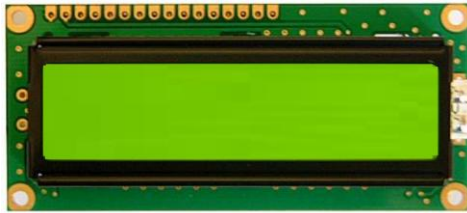
Εικόνα 3.5: Servo τιμονιού



Εικόνα 3.6: Servo αισθητηρίου

²⁰ Για αναλυτική περιγραφή του συγκεκριμένου πρωτοκόλλου επικοινωνίας ανατρέξτε στο Arber Llega, Op. Cit.

Για εισαγωγή δεδομένων και έλεγχο λειτουργίας αμαξιδίου χρησιμοποιείται μία οθόνη LCD και ένα δεκαεξαδικό πληκτρολόγιο.

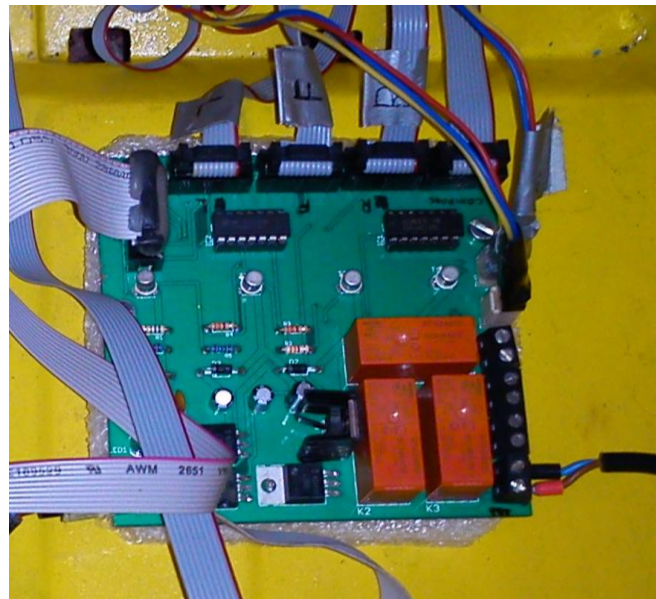


Εικόνα 3.8: Οθόνη LCD



Εικόνα 3.7: Πληκτρολόγιο 4x4

Για να κινηθεί το αμαξίδιο χρησιμοποιήθηκε ένας DC κινητήρας 12 Volt, συνδεδεμένος με τον μικροελεγκτή μέσω της πλακέτας ισχύος (Εικόνα 2.9).



Εικόνα 3.9: Πλακέτα ισχύος

3.2 Προσθήκες - βελτιώσεις του ΟΔΥΣΣΕΑ

Για την επίτευξη όλων των παραπάνω στόχων, που τέθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας και περιγράφηκαν αναλυτικά στο κεφάλαιο 2, χρειάζεται όχι μόνο ένα μεγάλο μέρος επιπλέον κώδικα προγράμματος, αλλά και η εγκατάσταση καινούργιου εξοπλισμού, καθώς και πιθανή μετατροπή του ήδη υπάρχοντος.

3.2.1 Μετάδοση εικόνας

Για την μετάδοση βίντεο επιλέχθηκε η ασύρματη βιντεοκάμερα Hamy C-201 Wireless Mini Camera²¹ (Εικόνα 3.10) με δέκτη Wireless USB DVR²² 2.4GHz με 4 κανάλια επικοινωνίας (Εικόνα 3.11).

Χαρακτηριστικά κάμερας:

Ανάλυση: PAL: 628x582, NTSC: 510x492

Οριζόντια ανάλυση: 380TV γραμμές

Γωνία προβολής: 62⁰

Ελάχιστος απαιτούμενος φωτισμός: 1.5LUX/F1.5

Συχνότητα: ISM 2400-2483MHz 4 CH

Ισχύς μετάδοσης: 10 mW

Modulation mode: FM

Bandwidth: 18 MHz

Κατανάλωση: 400 mW

Μέγιστη επιτρεπτή υγρασία: 85% RH

Διαστάσεις: 66 x 23 x 23 mm

Απόσταση μετάδοσης: 100m σε ανοιχτό χώρο

Τροφοδοσία: DC 5V

Μπαταρία: 500mAh επαναφορτιζόμενη λυθίου 4-5 ώρες εργασίας.



Εικόνα 3.10: Ασύρματη βιντεοκάμερα

Χαρακτηριστικά δέκτη:

Είσοδος βίντεο: 4 κανάλια

Τύπος συμπίεσης βίντεο: AVI

Ανάλυση: 720 x 576

Frame Rate: 30 fps

Είσοδος ήχου: 4 κανάλια

Δυνατότητες εγγραφής: Wireless USB DVR

²¹ Lightinthebox, 'Wireless Mini CCTV Camera (2.4GHz)', *Lightinthebox* [ιστοσελίδα] (2012) <http://www.lightinthebox.com/Wireless-Mini-Spy-Camera--2-4GHz-_p24256.html>, πρόσβαση 21 Ιαν. 2013.

²² Lightinthebox, 'Wireless USB DVR (2.4GHz + 4 Channels)', *Lightinthebox* [ιστοσελίδα] (2012) <http://www.lightinthebox.com/Wireless-USB-DVR--2-4GHz---4-Channels-_p71385.html?pos=ultimately_buy_1>, πρόσβαση 21 Ιαν. 2013.

Θύρα επικοινωνίας: USB 2.0

Τροφοδοσία: 5V DC

Διαστάσεις: 100x35x10 mm



Εικόνα 3.11: Ασύρματος δέκτης USB

3.2.2 Ρομποτικός Βραχίονας

Ο ρομποτικός βραχίονας που επιλέχτηκε είναι της εταιρίας OWI²³ (Εικόνα 3.12), διαθέτει πέντε βαθμούς ελευθερίας, και η κίνηση των αρθρώσεων επιτυγχάνεται με dc κινητήρες χαμηλής ισχύος.

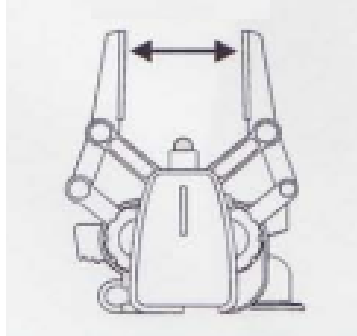


Εικόνα 3.12: Ρομποτικός βραχίονας OWI Edge

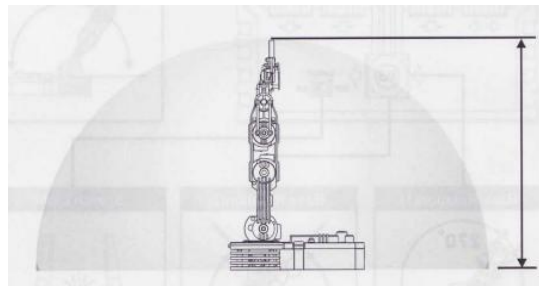
²³ Owirobots, 'OWI-535 ROBOTIC ARM EDGE KIT', *Owirobots* [ιστοσελίδα] (2012) <<http://www.owirobots.com/cart/html/owi-535-robotic-arm-edge-kit.html>>, πρόσβαση 21 Ιαν. 2013.

Χαρακτηριστικά βραχίονα:

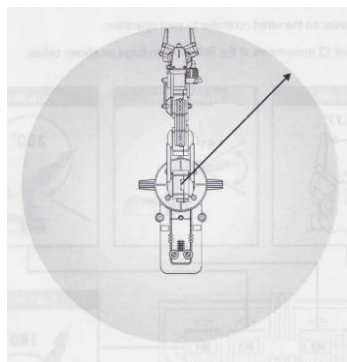
Μέγιστο άνοιγμα αρπάγης – 4.5 cm.



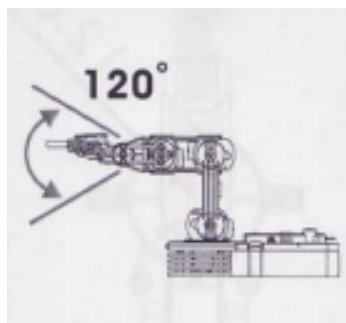
Μεγίστη κάθετη απόσταση έκτασης – 38 cm.



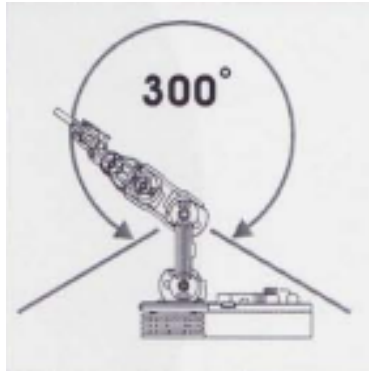
Μεγίστη οριζόντια απόσταση έκτασης – 32 cm.



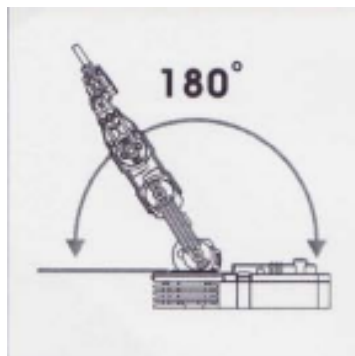
Δυνατότητα περιστροφής καρπού – 120°



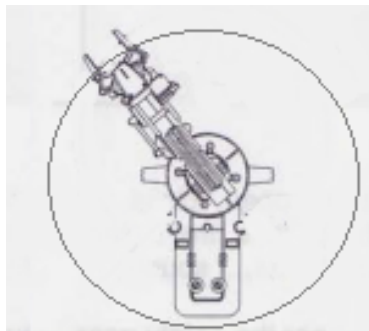
Δυνατότητα περιστροφής αγκώνα – 300°



Δυνατότητα περιστροφής ώμου – 180°



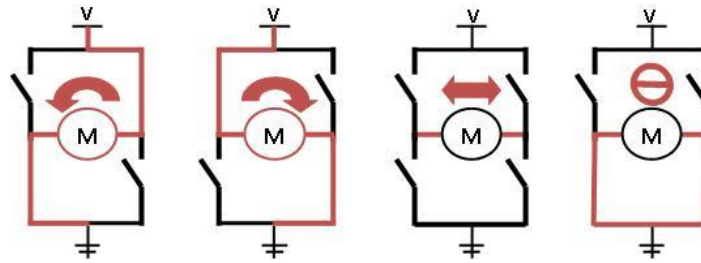
Δυνατότητα περιστροφής βάσης – 360° (Βελτιώθηκε από την αρχική δυνατότητα περιστροφής 270°)



Μέγιστη ανυψωτική ικανότητα - 0.1 kg

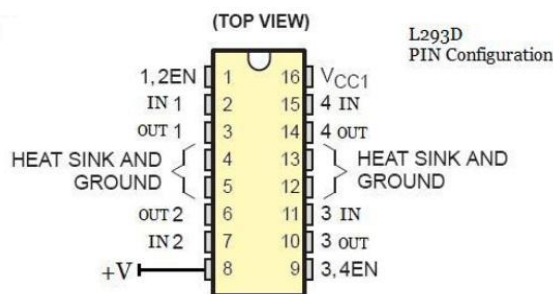
Βάρος ρομποτικού βραχίονα - 0.658 kg

Ο βραχίονας πάρθηκε σε μορφή ξεχωριστών εξαρτημάτων και χρειάστηκε η συναρμολόγησή του. Ο χειρισμός της ολοκληρωμένης μορφής του επιτυγχανόταν με ένα ενσύρματο χειριστήριο. Ήταν αναγκαία η μετατροπή του, έτσι ώστε ο βραχίονας να συνδεθεί στο μικροελεγκτή και να ελέγχεται από αυτόν. Για τον έλεγχο φοράς περιστροφής των αρθρώσεων επιλέχτηκε να κατασκευαστούν γέφυρες τύπου H-Bridge (Εικόνα 3.13).

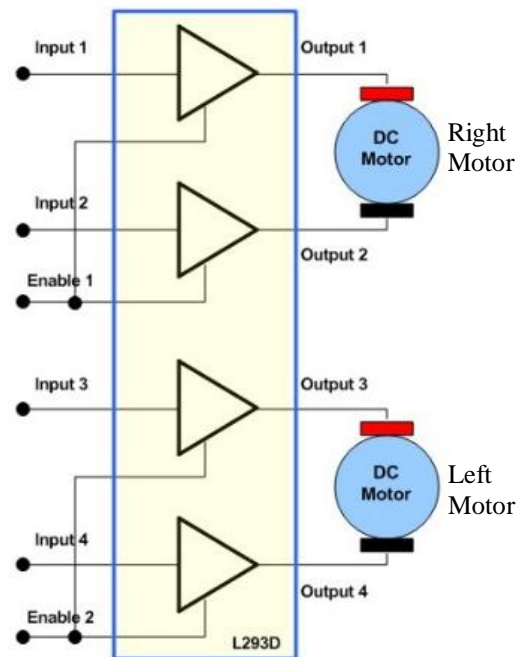


Εικόνα 3.13: Γέφυρες τύπου H

Αρχικά υπήρξε μια προσπάθεια υλοποίησης αυτής της συνδεσμολογίας με την χρήση ηλεκτρομαγνητικών ρελέ. Ο βραχίονας ανταποκρινόταν και λειτουργούσε ικανοποιητικά στις ενσύρματες δοκιμές. Όταν ρυθμίσαμε όμως την ασύρματη επικοινωνία και έγινε δοκιμή ελέγχου του βραχίονα μέσω X-BEE, τα ρελέ δεν είχαν άμεση ανταπόκριση λόγω των μικροδιακοπών, προερχόμενων από την ασύρματη λήψη εντολών. Αποφασίστηκε λοιπόν να απορριφτούν τα ρελέ και να χρησιμοποιηθούν οδηγοί με βάση τρανζίστορ. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το ολοκληρωμένο L293D (Εικόνα 3.14).



Εικόνα 3.14: Το ολοκληρωμένο chip L293D



Εικόνα 3.15: Συνδεσμολογία L293D

Η λογική λειτουργίας του ολοκληρωμένου κυκλώματος αναπαριστάται παραπάνω στην εικόνα 3.15 με ένα παράδειγμα συνδεσμολογίας για δύο κινητήρες DC. Χρειαζόμαστε ένα ολοκληρωμένο μικροτσιπ L293D για δυο κινητήρες, οπότε συνολικά θα χρειαστούμε τρία ολοκληρωμένα κυκλώματα. Ο μικροελεγκτής θα ελέγχει τα ολοκληρωμένα, τα οποία στην συνέχεια θα ελέγχουν τους κινητήρες, με αποτέλεσμα να κινηθεί ο βραχίονας.

Πίνακας 3-1: Καταστάσεις εισόδων & φορά περιστροφής κινητήρα

Input				Output (1,2,3,4)	
INP 1	INP 2	INP 3	INP 4	Left Motor	Right Motor
0	1	1	0	On Forward	On Forward
0	1	0	0	Off	On Forward
0	0	1	0	On Forward	Off
0	1	0	1	On Reverse	On Forward
1	0	1	0	On Forward	On Reverse
1	0	0	1	On Reverse	On Reverse
0	0	0	0	Off	Off

ENABLE 1, ENABLE 2 = Pulse Width Modulation

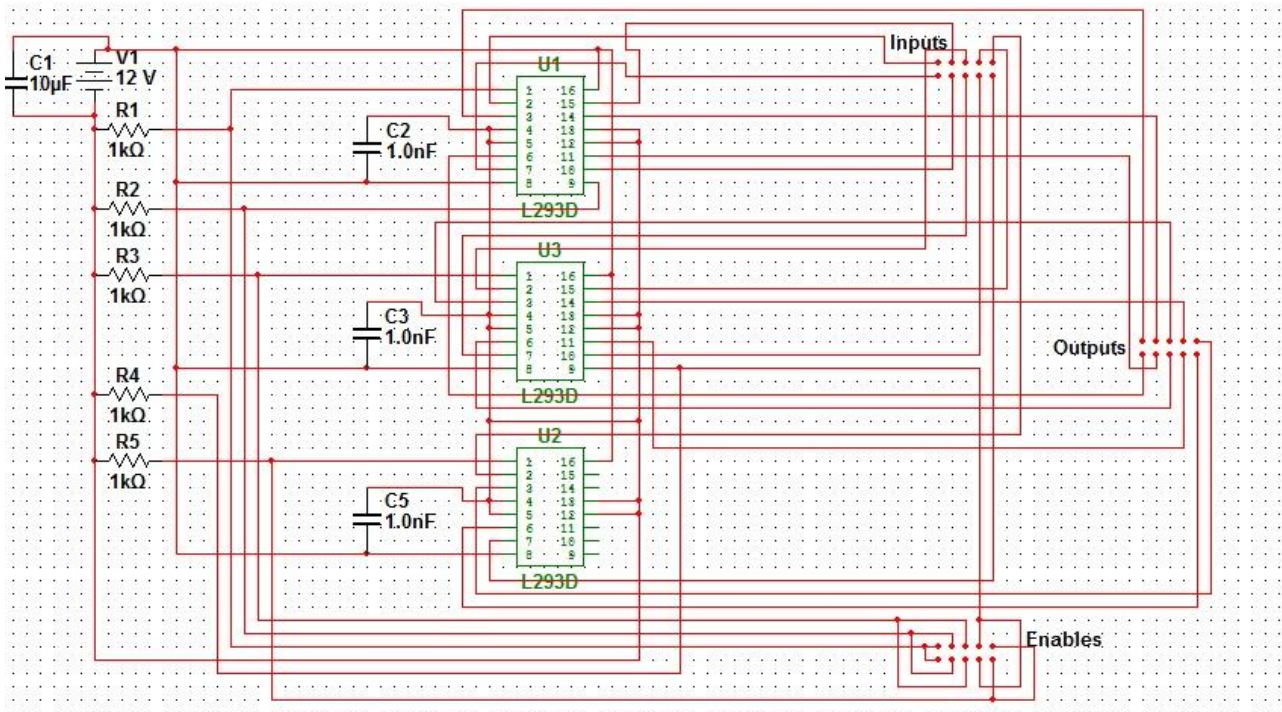
Η συμπεριφορά τις κάθε άρθρωσης εξετάστηκε ξεχωριστά και καταγράφηκε στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3.2).

Πίνακας 3-2: Τάση μελών βραχίονα και η λειτουργία τους

Μέλος βραχίονα	Καλώδιο (+)	Καλώδιο (-)	Λειτουργία
Αρπάγη	HIGH	LOW	Κλείσιμο
	LOW	HIGH	Άνοιγμα
Καρπός	HIGH	LOW	Κάτω
	LOW	HIGH	Πάνω
Αγκώνας	HIGH	LOW	Πάνω
	LOW	HIGH	Κάτω
Ωμος	HIGH	LOW	Κάτω
	LOW	HIGH	Πάνω
Βάση	HIGH	LOW	Αριστερά
	LOW	HIGH	Δεξιά

Το ηλεκτρονικό σχέδιο²⁴ (Εικόνα 3.4) της πλακέτας που κατασκευάστηκε παρουσιάζεται παρακάτω:

²⁴ Το σχέδιο έχει αναπτυχθεί με την βοήθεια του προγράμματος Multisim 11.0 της εταιρίας National Instruments.

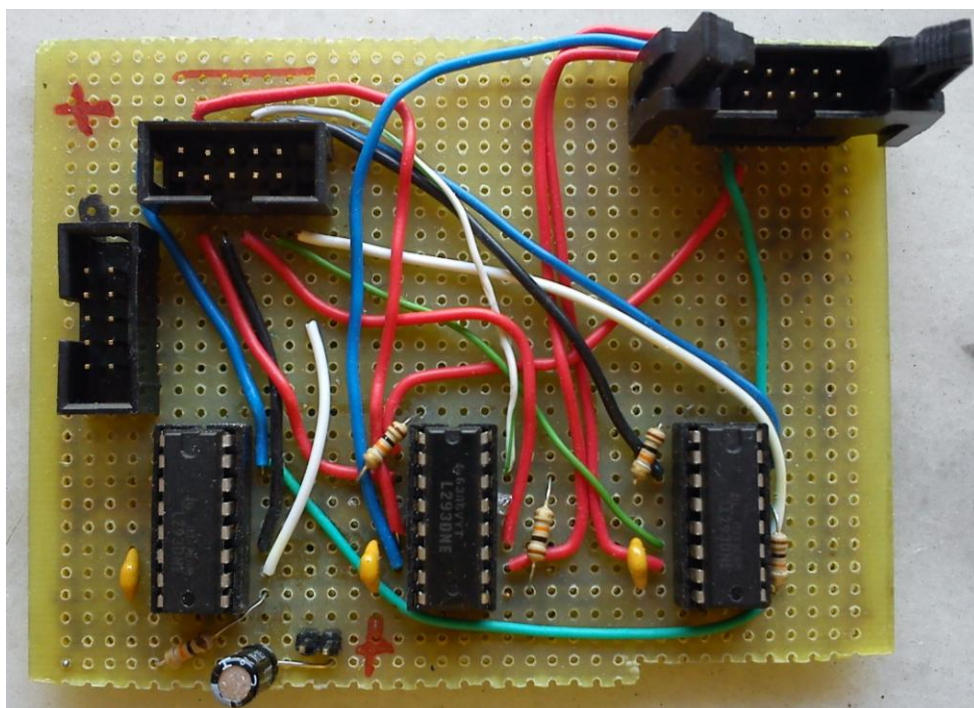


Εικόνα 3.16: Ηλεκτρονικό σχέδιο πλακέτας βραχίονα

Όπως βλέπουμε, πέρα από το κύριο κύκλωμα έχουν προστεθεί αντιστάσεις Pull-Down στις γραμμές Enable των ολοκληρωμένων. Αυτό γίνεται λόγω ύπαρξης ασύρματων πομποδεκτών (XBEE και Wi-Fi Camera). Για τον ίδιο λόγο έχουν προστεθεί και πυκνωτές στην πηγή τροφοδοσίας της πλακέτας και στις τροφοδοσίες του εκάστοτε driver L293D ξεχωριστά.

Κάθε ασύρματη συσκευή κατά την διάρκεια λειτουργίας εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα με τα οποία στέλνει δεδομένα. Αυτά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα για τις υπόλοιπες συσκευές μπορούν να αποτελέσουν παράσιτα. Όπως και συνέβη στην δική μας περίπτωση, κατά την πρώτη δοκιμή λειτουργίας του βραχίονα, χωρίς ακόμα να προστεθούν οι αντιστάσεις και οι πυκνωτές. Συγκεκριμένα, ο βραχίονας από την μια πλευρά ανταποκρινόταν σε κάθε εντολή, από την άλλη μπορούσε να κινηθεί αυθόρμητα προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Αυτό το σφάλμα λειτουργίας οφειλόταν στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα τα οποία η πλακέτα με τα ολοκληρωμένα L293D λάμβανε σαν παράσιτα στους ακροδέκτες ENABLE και INPUT. Το ολοκληρωμένο ενίσχυε τα παράσιτα ενεργοποιώντας έναν τυχαίο κινητήρα προς μία τυχαία κατεύθυνση. Μέσω πειραματικών διαδικασιών επιλέχτηκαν οι τιμές αντιστάσεων PULL DOWN 10 kΩ, και πυκνωτών αποσύζευξης 1 nF και 10 µF για σταθεροποίηση τάσης στα ολοκληρωμένα και στην πηγή τροφοδοσίας της πλακέτας αντίστοιχα.

Από το παραπάνω σχέδιο συμπεραίνουμε ότι έχουμε τρεις κύριες γραμμές δεδομένων (bus): Input Bus, Output Bus και Enable Bus. Το Input Bus συνδέεται στις εξόδους του μικροελεγκτή. Το Output Bus συνδέεται στους DC κινητήρες του βραχίονα. Το Enable Bus συνδέεται και αυτό στις εξόδους του μικροελεγκτή. Παρακάτω βλέπουμε την τελική μορφή της πλακέτας ελέγχου του βραχίονα (εικόνα 3.17).



Εικόνα 3.17: Πλακέτα ελέγχου βραχίονα

Συμπεραίνουμε ότι για κάθε κινητήρα ο μικροελεγκτής πρέπει να διαθέτει 3 ξεχωριστούς ακροδέκτες εξόδου (15 σύνολο). Ο μικροελεγκτής ATmega328 που χρησιμοποιούμε διαθέτει συνολικά 20 pins, εκ των οποίων τα 14 είναι μόνο ψηφιακά και τα υπόλοιπα 6 μπορούν να λειτουργήσουν και σαν αναλογικά. Η ανάπτυξη της πρώτης έκδοσης του ΟΔΥΣΣΕΑ χρησιμοποιεί ήδη όλα τα pins και κάποια χρησιμοποιούνται για τις περισσότερες από μια ενέργειες. Στην δική μας περίπτωση θέλαμε να προσθέσουμε περισσότερα περιφερειακά από πριν και επιπλέον 15 pins για την λειτουργία του L293D για τον έλεγχο του βραχίονα. Αυτά είναι δύο Input pin στα άκρα του κάθε ένα από τους πέντε κινητήρες και ένα Enable pin. Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας (πίνακας 3.3) με την αναλυτική χρήση και εφαρμογή του κάθε ενός pin.

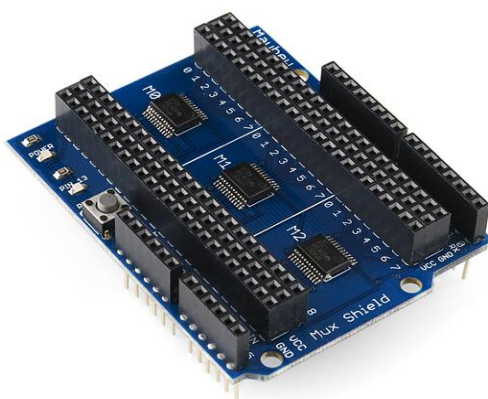
Πίνακας 3-3: Κατανομή I/O pins

I/O Pins	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
LCD			✓	✓	✓							✓	✓	✓						
Keyboard															✓					
Right					✓								✓							
Left							✓		✓											
Front								✓				✓								
Steering										✓										
S. Sensor											✓									
Motor						✓										✓	✓			
Compass																			✓	✓
ButtonPin																		✓		
GPS	✓	✓																		

- 1) LCD – οθόνη
- 2) Keyboard – πληκτρολόγιο
- 3) Right – δεξιός αισθητήρας (αποστασιόμετρο)
- 4) Left – αριστερός αισθητήρας
- 5) Front – μπροστινός αισθητήρας
- 6) Steering – Servo κινητήρας για περιστροφή εμπρόσθιων τροχών
- 7) S.Sensor – Servo κινητήρας για την περιστροφή του εμπρόσθιου αισθητήρα
- 8) Motor – DC κινητήρας κίνησης αμαξιδίου
- 9) Compass – ψηφιακή πυξίδα προσανατολισμού θέσης
- 10) ButtonPin – μπουτόν αποθήκευσης επιθυμητής συντεταγμένης.

Παρόλο που υπάρχουν κοινοί ακροδέκτες, δεν υπάρχουν συγκρούσεις. Αυτό συμβαίνει διότι οι ακροδέκτες με διπλή λειτουργία είναι συνδεδεμένοι σε περιφερικά, από τα οποία δεν υπάρχει απαίτηση ταυτόχρονης λειτουργίας (οθόνη LCD και αισθητήρες εντοπισμού εμποδίων). Πριν ξεκινήσει το αμαξίδιο να ακολουθάει την πορεία του και χρειαστεί να στείλει την εντολή «trigger» στο αποστασιόμετρο για να λάβει από αυτό δεδομένα, απενεργοποιείται η οθόνη, η οποία χρειαζόταν στο πρώτο στάδιο για να αποθηκεύσει τις συντεταγμένες.

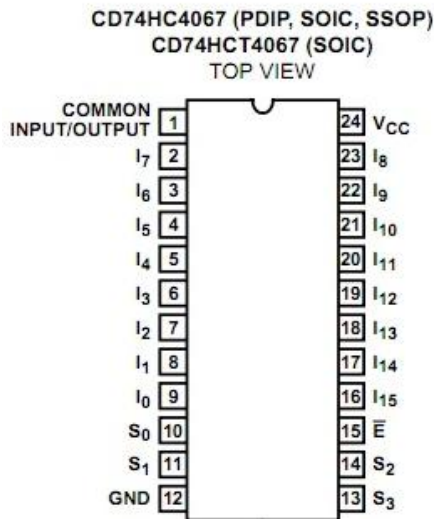
Σε καμία περίπτωση, ωστόσο, δεν υπάρχει δυνατότητα εύρεσης 15 επιπλέον ακροδεκτών για τον έλεγχο του βραχίονα χωρίς να δημιουργηθεί θέμα συγκρούσεων. Για να λυθεί το πρόβλημα αυτό, χωρίς να χρειαστεί να αλλάξει ο μικροελεγκτής, πάρθηκε απόφαση να προστεθεί στον μικροελεγκτή ένας αποκωδικοποιητής 4 σε 16 (MUX shield) όπως φαίνεται στην εικόνα 3.18.



Εικόνα 3.18: Αποκωδικοποιητής (Mux shield)

3.2.3 Αποκωδικοποιητής MUX SHIELD

Ο αποκωδικοποιητής αυτός συνδέεται στον μικροελεγκτή μέσω της εκπαιδευτικής πλατφόρμας Arduino Uno και για την λειτουργία του χρειάζεται μόλις 7 pins του μικροελεγκτή, ενώ μας προσφέρει $16 \times 3 = 48$ pins. Το MUX shield αποτελείται από τρεις αποκωδικοποιητές CD74HC4067, ο καθένας από τους οποίους παίρνει 4 ακροδέκτες και επιστρέφει $2^4=16$. Η λειτουργία του είναι απλή. Στους τέσσερις ακροδέκτες δεδομένων S0, S1, S2, S3 πρέπει να σταλεί δυαδικός αριθμός από 0000b (0 Dec) μέχρι 1111b (15 Dec) και να ενεργοποιηθεί ένα από τα λεγόμενα κανάλια. Μόλις γίνει αυτό, ενεργοποιείται ο αντίστοιχος ακροδέκτης Ix (όπου $x = 0\text{Dec} - 15\text{Dec}$). Έπειτα στέλνουμε την κατάλληλη εντολή σε ένα από τα αναλογικά pin του μικροελεγκτή A14, A15, A16 ώστε να επιλέξουμε τον αποκωδικοποιητή M0, M1 και M2 αντίστοιχα στον οποίο θέλουμε να επικοινωνήσουμε (ακροδέκτης !E του κάθε ολοκληρωμένου CD74HC4067). Παρακάτω, για την καλύτερη κατανόηση λειτουργίας, παρουσιάζεται το σχέδιο ενός ολοκληρωμένου CD74HC4067 (Εικόνα 3.19) και ο πίνακας αληθείας του.



Εικόνα 3.19: Αποκωδικοποιητής 74HC4067

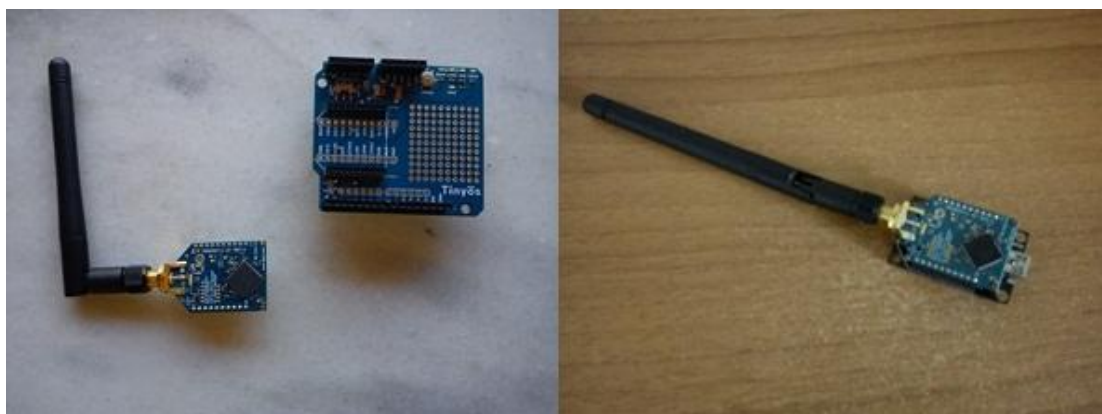
Πίνακας 3-4: Πίνακας αληθείας πολυπλέκτη

S0	S1	S2	S3	\bar{E}	SELECTED CHANNEL
X	X	X	X	1	None
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	2
1	1	0	0	0	3
0	0	1	0	0	4
1	0	1	0	0	5
0	1	1	0	0	6
1	1	1	0	0	7
0	0	0	1	0	8
1	0	0	1	0	9
0	1	0	1	0	10
1	1	0	1	0	11
0	0	1	1	0	12
1	0	1	1	0	13
0	1	1	1	0	14
1	1	1	1	0	15

Σε κάθε αποκωδικοποιητή ταυτόχρονα μπορεί να λειτουργήσει μονάχα ένα ποδαράκι, είτε ως είσοδος είτε ως έξοδος. Υπάρχει δυνατότητα να ενεργοποιηθούν στο MUX shield ταυτόχρονα δύο ή τρία κανάλια μόνο στην περίπτωση που ενεργοποιήσουμε πάνω από έναν πολυπλέκτη, δηλαδή στην περίπτωση που στείλουμε σήμα σε δυο ή και τρία ολοκληρωμένα ταυτόχρονα. Επειδή, όμως, τα ολοκληρωμένα CD74HC4067 μοιράζονται τους ίδιους ακροδέκτες εισόδου δεδομένων, θα ενεργοποιηθεί η ίδια έξοδος **I_x** και στα δυο ή τρία ολοκληρωμένα.

3.2.4 Ασύρματη επικοινωνία X-BEE

Η ασύρματη επικοινωνία επιτεύχθηκε με την βοήθεια του λεγόμενου συστήματος X-BEE. Επιλέξαμε συγκεκριμένα αυτόν τον τρόπο επικοινωνίας λόγω ικανοποιητικών χαρακτηριστικών και σχετικά χαμηλού κόστους. Το X-BEE είναι ένα ζεύγος πομποδεκτών, οι οποίοι μπορούν να ανταλλάζουν δεδομένα μεταξύ τους, ακόμα και να σχηματίσουν ένα δίκτυο επικοινωνίας. Η επιλογή των πομποδεκτών κρίθηκε σημαντική αφού τα περισσότερα μοντέλα της αγοράς λειτουργούσαν σε συχνότητα 2400 MHz. Πιο συγκεκριμένα, επιλέξαμε ένα ζεύγος Xbee-PRO 900, τα οποία λειτουργούν στην συχνότητα των 900MHz (εικόνα 3.20). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, διότι έχουμε ήδη ένα ασύρματο σύστημα μετάδοσης δεδομένων, αυτό της κάμερας και του δέκτη, η οποία λειτουργεί στην συχνότητα των 2400MHz.



Εικόνα 3.20: Xbee Pro 900 & Xbee shield

Όταν οι δυο πομποδέκτες δουλεύουν σε κοντινή συχνότητα και είναι τοποθετημένοι κοντά ο ένας στον άλλον, δημιουργούνται προβλήματα επικοινωνίας και στα δύο συστήματα, καθώς τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ενός ενισχύουν και αλλοιώνουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του άλλου. Υπάρχει πολύ μεγάλος κίνδυνος ύπαρξης σφαλμάτων και μη έγκυρων πληροφοριών στα δεδομένα που αποστέλλονται και λαμβάνονται. Η επιλογή των παραπάνω εξαρτημάτων μας έδωσε την δυνατότητα να επικοινωνούμε ασύρματα μεταξύ του Η/Υ και του μικροελεγκτή χωρίς σφάλματα και δυσκολίες.

Χαρακτηριστικά των πομποδεκτών XBEE²⁵:

- Κατανάλωση - 3.3V 210mA
- Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων - 156 Kbps RF
- Ισχύς εξόδου - 50 mW (+17 dBm)
- Έως 6 μίλια (10 χλμ.) RF LOS με κεραίες υψηλού κέρδους
- Κρυπτογράφηση - 128-bit AES
- Συχνότητα λειτουργίας 900 MHz
- Θερμοκρασίες εύρυθμης λειτουργίας (-40 ° C έως +85 ° C)

3.3 Συνδυασμός εξοπλισμού σε ένα ενιαίο σύστημα

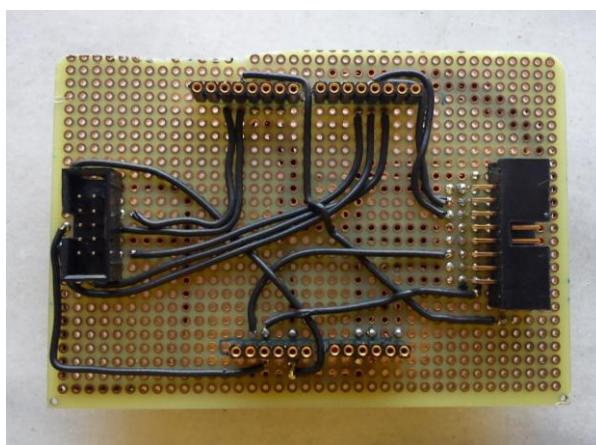
Όλα τα παραπάνω υποσυστήματα, 1 - μικροελεγκτής με το υλικό της πρώτης έκδοσης του αμαξιδίου, 2 - ρομποτικός βραχίονας, 3 - αποκωδικοποιητής MUX, 4 – ασύρματη επικοινωνία X-BEE, πρέπει να συνδυαστούν σε ένα ενιαίο σύστημα. Από τον παρακάτω πίνακα παρατηρούμε ότι έχουμε αρκετά Conflicts (Συγκρούσεις) και χρειάζεται να γίνουν αλλαγές στην συνδεσμολογία ώστε να καταφέρουμε να συνδυάσουμε όλο το επιμέρους υλικό.

Πίνακας 3-5: Κατανομή pin & συγκρούσεις

I/O Pins	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	A0	A1	A2	A3	A4	A5
LCD			✓	✓	✓							✓	✓	✓						
Keyboard															✓					
Right					✓								✓							
<u>Left</u>			✓	✓			<u>x</u>		<u>x</u>											
Front								✓				✓								
Steering										✓										
S. Sensor											✓									
<u>Motor</u>						✓										<u>x</u>	✓	✓		
Compass																			✓	✓
ButtonPin																		✓		
<u>GPS</u>	<u>x</u>	<u>x</u>					✓		✓											
X-BEE	✓	✓																		
MUX			✓	✓	✓	✓									✓	✓	<u>x</u>			

²⁵ Περισσότερες πληροφορίες στο Datasheet στα παραρτήματα στο τέλος της εργασίας.

Πολύ σημαντική είναι η σύγκρουση του GPS και του XBEE, καθώς και τα δυο προσπαθούν να επικοινωνήσουν από τους ίδιους ακροδέκτες. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την αλλαγή των ακροδεκτών της μίας από τις δυο συσκευές. Στην περίπτωση μας επιλέχτηκε να αλλαχτούν, με μια μικρή μετατροπή στην πλακέτα του, η μονάδα του GPS, οι ακροδέκτες επικοινωνίας του από 0 και 1 έγιναν 6 και 8. Με την αλλαγή αυτή ωστόσο, θα έχουμε σύγκρουση με τον αριστερό αισθητήρα. Πάρθηκε απόφαση να μεταφερθεί από τους ακροδέκτες 6 και 8 στους 2 και 3, τους οποίους χρησιμοποιεί και η οθόνη, η οποία, όμως, δεν προκαλεί σύγκρουση αφού γίνεται απενεργοποίηση πριν γίνει χρήση του GPS.



Εικόνα 3.21: Πλακέτα διασύνδεσης περιφερειακών

Η επόμενη σύγκρουση, που παρατηρείται, είναι μεταξύ των ακροδεκτών επιλογής καναλιού MUX και των ακροδεκτών του DC κινητήρα κίνησης του αμαξιτίου (A1, A2). Το ολοκληρωμένο M3 του MUX shield δεν χρησιμοποιείται για καμία λειτουργία, οπότε δεν αποτελεί πρόβλημα στον κινητήρα και τον ακροδέκτη A2. Ο ακροδέκτης A1 όμως, χρησιμοποιείται από το MUX κάθε φορά που θέλουμε να ελέγξουμε τον βραχίονα, για αυτό αποφασίσαμε να συνδέσουμε τον κινητήρα από A1 και A2 σε A3 και A2. Ο ακροδέκτης A3 χρησιμοποιείται ήδη ως είσοδος από το μπουτόν αποθήκευσης συντεταγμένων, για τον κινητήρα ωστόσο, ο ακροδέκτης θα χρησιμοποιηθεί ως έξοδος, οπότε δεν θα υπάρξει σύγκρουση²⁶.

²⁶ Σφάλμα θα γίνει μόνο στην περίπτωση που θα πατηθεί κατά κάποιον τρόπο το μπουτόν αποθήκευσης συντεταγμένων, όταν έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία ρύθμισης αμαξιτίου και αυτό έχει μπει σε λειτουργία (ακολουθεί την πορεία του ή εκτελεί κάπες ασύρματες εντολές).

Λόγο των παραπάνω μετατροπών χρειάστηκε να σχεδιαστεί νέα πλακέτα διασύνδεσης περιφερικών. Η νέα πλακέτα (Εικόνα 3.21) είναι ίδιας μορφής με την προηγούμενη, διαφέρει μόνο στον σχεδιασμό διεύθυνσης ακροδεκτών. Αφού έχουμε αναλύσει τα επιμέρους τμήματα του υλικού και τον τρόπο συναρμολόγησης του, συνέχεια έχει η περιγραφή του κώδικα που αναπτύχθηκε για την εύρυθμη λειτουργία ολόκληρου του συστήματος.

4 Περιγραφή λογισμικού

Στο κεφάλαιο αυτό θα επικεντρωθούμε στα προγράμματα, τα οποία χρησιμοποιήσαμε για την επικοινωνία του χρήστη με τον ΟΔΥΣΣΕΑ. Είναι προγράμματα – λογισμικά, όπως το τερματικό που γίνεται αποστολή και λήψη μηνυμάτων, και το περιβάλλον που σχεδιάσαμε για τον έλεγχο του βραχίονα. Επίσης στο πλαίσιο αυτού του κεφαλαίου θα παρουσιάσουμε την γενική λειτουργία του κώδικα που προγραμματίσαμε, μέσω των διαγραμμάτων ροής και των τρόπων εκτέλεσης των εντολών. Τέλος, θα αναφερθούμε αναλυτικά στον σχεδιασμό του πηγαίου κώδικα, τις τεχνικές προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και τα προβλήματα που συναντήσαμε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας.

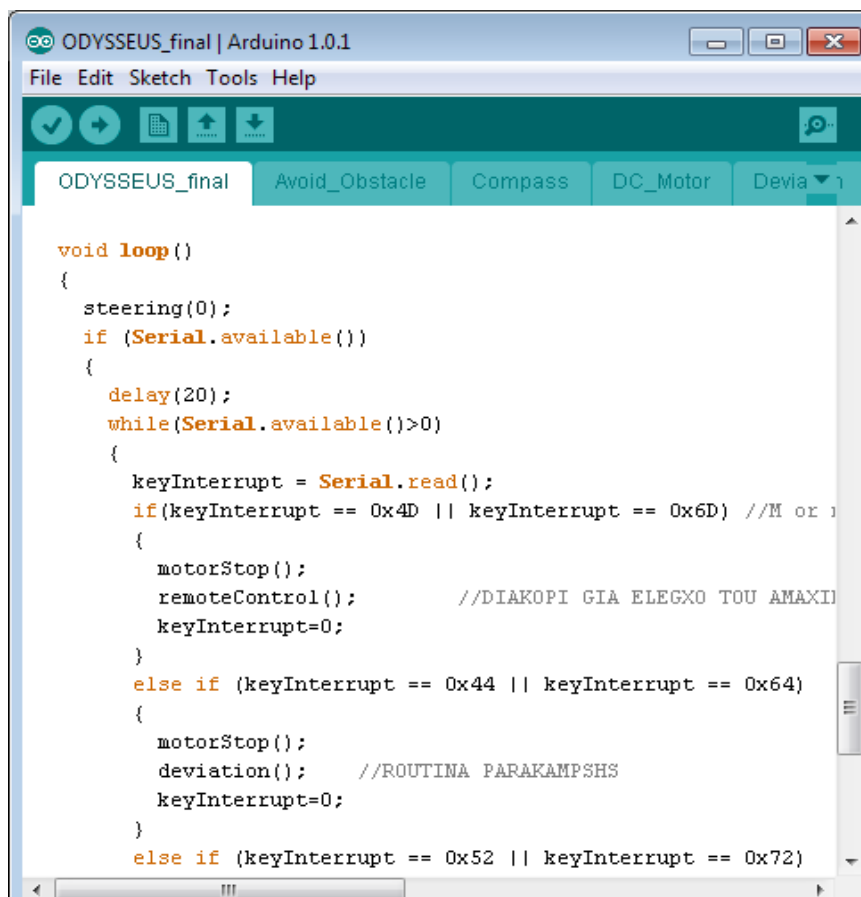
4.1 Λογισμικό διεπαφής χρήστη

Όπως προαναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, αποσκοπούσαμε να μειώσουμε το κόστος της κατασκευής, για αυτό και χρησιμοποιήσαμε το πληκτρολόγιο του υπολογιστή για να δίνουμε εντολές και, γενικότερα, να στέλνουμε και να λαμβάνουμε μηνύματα από τον ΟΔΥΣΣΕΑ. Το γεγονός αυτό μας οδήγησε στην επιλογή ορισμένων προγραμμάτων, τα οποία θα αποτελούσαν την διεπαφή του χρήστη (interface) με το αμαξίδιο. Τα παραπάνω χρησιμοποιούν την θύρα USB του υπολογιστή για να παίρνουν και να στέλνουν τα δεδομένα τους, και μέσω των πομποδεκτών XBEE οι εντολές μεταφέρονται στην πλακέτα του Arduino.

4.1.1 Arduino IDE

Το βασικότερο πρόγραμμα που εργαστήκαμε και στο οποίο ‘χτίστηκε’ όλος ο κώδικας, είναι το περιβάλλον προγραμματισμού «Arduino IDE». Είναι περιβάλλον ανοιχτού-κώδικα (open source), γραμμένο σε «Java» και έχει βασιστεί στο «Processing», ένα περιβάλλον ανάπτυξης που επιτρέπει καλύτερη κατανόηση του προγραμματισμού από τους αρχάριους και μη εξοικειωμένους χρήστες. Υποστηρίζει την γλώσσα προγραμματισμού C/C++, με μικρές τροποποιήσεις. Επίσης περιλαμβάνει επεξεργασία κώδικα (compiler), ο οποίος διαθέτει ποικιλία σχόλιων και υπενθυμίσεων για πιο αποδοτική αποσφαλμάτωση και έχει την ικανότητα να

φορτώνει εύκολα το πρόγραμμα από τον υπολογιστή στον μικροελεγκτή μέσω σειριακής θύρας.



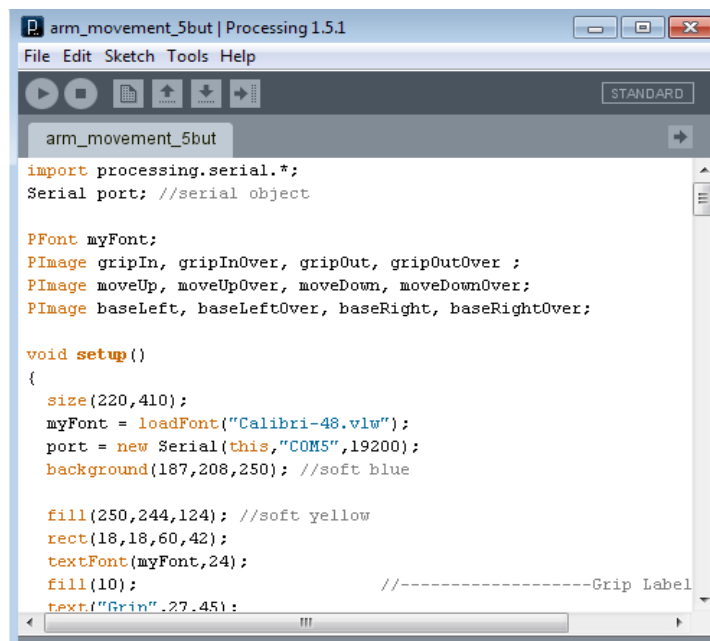
```
void loop()
{
  steering(0);
  if (Serial.available())
  {
    delay(20);
    while(Serial.available()>0)
    {
      keyInterrupt = Serial.read();
      if(keyInterrupt == 0x4D || keyInterrupt == 0x6D) //Μ or 1
      {
        motorStop();
        remoteControl(); //DIAKOPI GIA ELEGXO TOU AMAXI
        keyInterrupt=0;
      }
      else if (keyInterrupt == 0x44 || keyInterrupt == 0x64)
      {
        motorStop();
        deviation(); //ROUTINA PARAKAMPSHS
        keyInterrupt=0;
      }
      else if (keyInterrupt == 0x52 || keyInterrupt == 0x72)
```

Εικόνα 4.1: Το περιβάλλον Arduino IDE

Το συγκεκριμένο λογισμικό μας έδωσε την δυνατότητα να επικεντρωθούμε στην «δομή» του αναπτυσσόμενου κώδικα, ενώ μείωσε δραματικά τον χρόνο που χρειάστηκε να αφιερωθεί στα λεγόμενα «συντακτικά λάθη». Η ανάπτυξη του κώδικα βελτιώθηκε ακόμα περισσότερο με τον διαχωρισμό του σε καρτέλες (tabs), με αποτέλεσμα να πραγματοποιηθεί η καλύτερη οργάνωσή του. Ακόμα, περιλαμβάνει ένα πολύ σημαντικό εργαλείο - το ενσωματωμένο τερματικό του (terminal). Με αυτόν τον τρόπο είχαμε την δυνατότητα να επικοινωνούμε με τον μικροελεγκτή ήδη από τους πρώτους πειραματισμούς που χρειάστηκαν για την εκμάθησή του. Επίσης, οι κατάλληλες εντολές μας επέτρεψαν να διαβάσουμε από την οθόνη του τερματικού στοιχεία, που θα έστελνε ο μικροελεγκτής, όπως τιμές από αισθητήρια, αποτελέσματα πράξεων κ.ά..

4.1.2 Processing

Το «Processing» είναι άλλο ένα πρόγραμμα, το οποίο χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλο βαθμό. Αποτελεί μία ανοιχτού κώδικα γλώσσα προγραμματισμού και ταυτόχρονα ένα ολοκληρωμένο γραφικό περιβάλλον ανάπτυξης. Δημιουργήθηκε για σκοπούς σχεδιαστικών και γραφικής απεικόνισης, με στόχο την μετάδοση των βασικών αρχών του προγραμματισμού στους νέους μέσα από ένα γραφικό περιβάλλον.



```
arm_movement_5but | Processing 1.5.1
File Edit Sketch Tools Help
arm_movement_5but
import processing.serial.*;
Serial port; //serial object

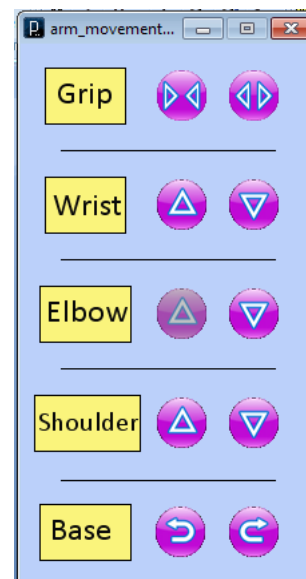
PFont myFont;
PImage gripIn, gripInOver, gripOut, gripOutOver;
PImage moveUp, moveUpOver, moveDown, moveDownOver;
PImage baseLeft, baseLeftOver, baseRight, baseRightOver;

void setup()
{
  size(220,410);
  myFont = loadFont("Calibri-48.vlw");
  port = new Serial(this,"COM5",19200);
  background(187,208,250); //soft blue

  fill(250,244,124); //soft yellow
  rect(18,18,60,42);
  textFont(myFont,24);
  fill(10);
  text("Grip",27,45); //-----Grip Label
```

Εικόνα 4.2: Το γραφικό περιβάλλον “Processing”

Το «Processing» χρησιμοποιήθηκε κατά κύριο λόγο για τον χειρισμό των μελών του ρομποτικού βραχίονα. Για αυτό σχεδιάσαμε ένα γραφικό περιβάλλον στο οποίο δίνουμε εντολές για την κίνηση ενός συγκεκριμένου μέλους του βραχίονα, πατώντας ένα εικονικό button, αντί της χρησιμοποίησης του terminal. Εισάγαμε δέκα τέτοια πλήκτρα, ανά ζευγάρια, για την κίνηση και των πέντε DC κινητήρων και για τις δύο φορές περιστροφής. Επιπλέον, με το πάτημα του κάθε μπουτόν, αλλάζει ο χρωματισμός του σε έναν πιο έντονο, δείχνοντας έτσι ότι έχει αλλάξει κατάσταση.

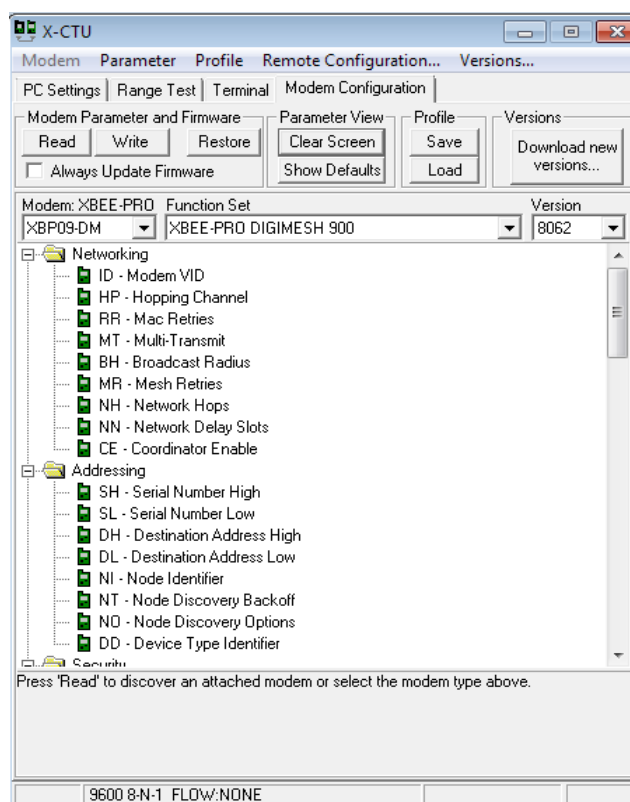


Εικόνα 4.3: Περιβάλλον χειρισμού βραχίονα

Τα μπουτόν αυτά δεν είναι τίποτε άλλο από απλά εικονίδια, τα οποία φορτώνονται στο πρόγραμμα και, σε συνδυασμό με απλά σχέδια και εισαγωγή κειμένου, μας εμφανίζουν το παράθυρο της εικόνας 4.3. Όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η επικοινωνία, το κάθε πλήκτρο ενεργοποιείται όταν ο δείκτης του ποντικιού βρίσκεται πάνω από το αντίστοιχο εικονίδιο και ταυτόχρονα πιέζεται το αριστερό ‘κλικ’ του ποντικιού. Υπό αυτή τη συνθήκη, το πρόγραμμα στέλνει ένα συγκεκριμένο αριθμό στην θύρα USB του υπολογιστή. Από την πλευρά του δέκτη, ο μικροεπεξεργαστής διαβάζει αυτά τα δεδομένα από την θύρα, και, αναλόγως, στέλνει τις απαραίτητες εντολές στο κύκλωμα οδήγησης του ρομποτικού βραχίονα.

4.1.3 X-CTU

Το επόμενο λογισμικό που θα αναλύσουμε είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τους πομποδέκτες ασύρματης επικοινωνίας. Το X-CTU είναι κατασκευασμένο από την «Digi International» και έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να επικοινωνεί με τα διάφορα προϊόντα ραδιοεπικοινωνίας της «Digi». Αποτελεί ένα πρόγραμμα το οποίο βοηθά στην παραμετροποίηση και στην δοκιμή αυτών των συσκευών, καθώς διαθέτει μία ποικιλία λειτουργιών.



Εικόνα 4.4: Το πρόγραμμα X-CTU

Οι λειτουργίες αυτές χωρίζονται σε τέσσερις καρτέλες που η κάθε μία περιέχει τις δικές της ρυθμίσεις για τους διαφορετικούς σκοπούς. Αυτές είναι:

PC Settings - Επιτρέπει την επιλογή της επιθυμητής θύρας επικοινωνίας, καθώς και τις απαραίτητες ρυθμίσεις για αυτήν, με σκοπό να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της ραδιοεπικοινωνίας.

Range Test - Ένα χρήσιμο εργαλείο που στέλνει μία σειρά αριθμών, γραμμάτων και συμβόλων, ανιχνεύοντας χαμένα πακέτα, για να δοκιμάσει τα όρια της εμβέλειας μεταξύ των δύο συσκευών ραδιοεπικοινωνίας.

Terminal - Είναι το ενσωματωμένο πρόγραμμα εξομοίωσης τερματικού. Επιτρέπει την πρόσβαση στην θύρα επικοινωνίας, την αποστολή και λήψη εντολών, δεδομένων, χαρακτήρων, και έχει την ικανότητα να ρυθμίζει τις ραδιοσυσκευές μετά από την αποστολή συγκεκριμένων εντολών.

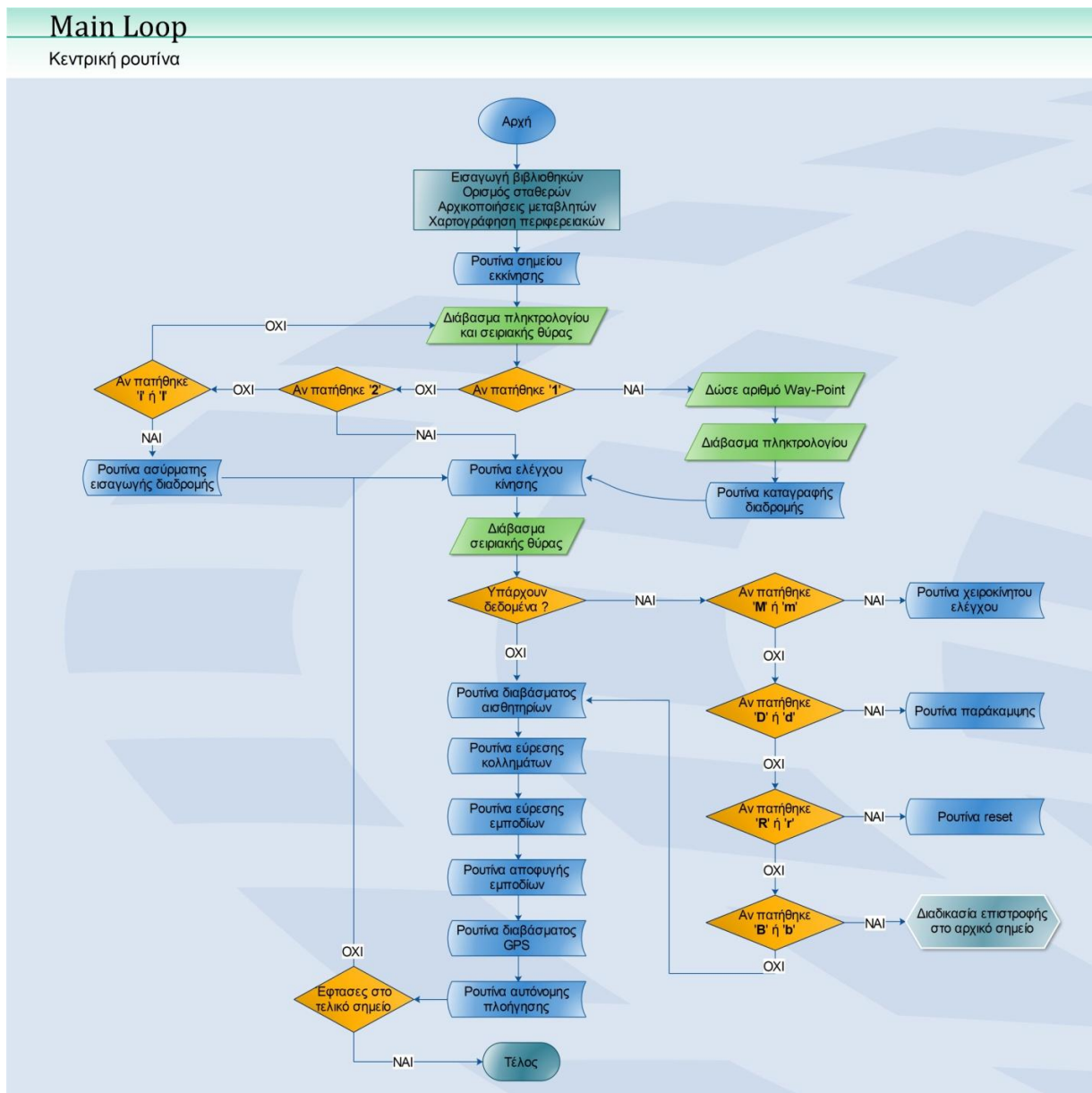
Modem Configuration - Η καρτέλα αυτή δίνει την δυνατότητα να προγραμματιστούν και να ρυθμιστούν οι ραδιοσυσκευές μέσα από μια σειρά παραμέτρων. Επίσης, ο χρήστης μπορεί να αλλάζει εκδόσεις firmware στις συσκευές.

Στην περίπτωσή μας, το X-CTU αποτέλεσε το βασικό πρόγραμμα επικοινωνίας με την πλακέτα του Arduino. Πιο συγκεκριμένα, το τερματικό (terminal) είναι το κομμάτι που χρησιμοποιήσαμε για να στέλνουμε τους ειδικούς χαρακτήρες για τις διάφορες λειτουργίες του ΟΔΥΣΣΕΑ. Επίσης, είχαμε την δυνατότητα να παρακολουθούμε την ροή του προγράμματος μέσα από την οθόνη, αφού ο μικροεπεξεργαστής ήταν προγραμματισμένος να μας απαντάει με σχετικά μηνύματα στα σημεία που απαιτούσαν προσοχή. Ένα άλλο σημείο, στο οποίο αξίζει να αναφερθούμε, είναι το γεγονός ότι υπάρχει δυνατότητα αποστολής ενός συνολικού πακέτου δεδομένων αποτελούμενου από πολλά byte. Αυτό έγινε εφικτό χάρη σε άμεσο τρόπο αποστολής χαρακτήρων (real time) και χωρίς το πάτημα του 'Enter'. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε και συντάσσουμε τις συντεταγμένες σε ένα πακέτο χαρακτήρων για να γίνει η ασύρματη εισαγωγή τους. Τέλος, μέσα από την καρτέλα 'Modem Configuration' φορτώσαμε την τελευταία έκδοση του firmware και ρυθμίσαμε τους πομποδέκτες σύμφωνα με τις ανάγκες μας και το είδος της επικοινωνίας που θέλαμε να πετύχουμε.

4.2 Σχεδιασμός κώδικα σε επίπεδο διαγράμματος ροής

Σε αυτό το υποκεφάλαιο, θα εξετάσουμε την ροή του κώδικα μέσα από τα διαγράμματα ροής. Θα δούμε την συνολική λειτουργία του προγράμματος, αλλά και την λειτουργία της κάθε ρουτίνας που προσθέσαμε στην υπάρχουσα δομή, τα δεδομένα που μεταφέρονται από και στον μικροελεγκτή, τις αποφάσεις που λαμβάνονται και την σειρά εκτέλεσής τους.

Το πρώτο διάγραμμα ροής που θα παρουσιάσουμε είναι η κύρια ρουτίνα, που επαναλαμβάνεται συνεχώς, και περιλαμβάνει όλες τις υπορουτίνες που αφορούν τα υποσυστήματα και τις λειτουργίες του ΟΔΥΣΣΕΑ.



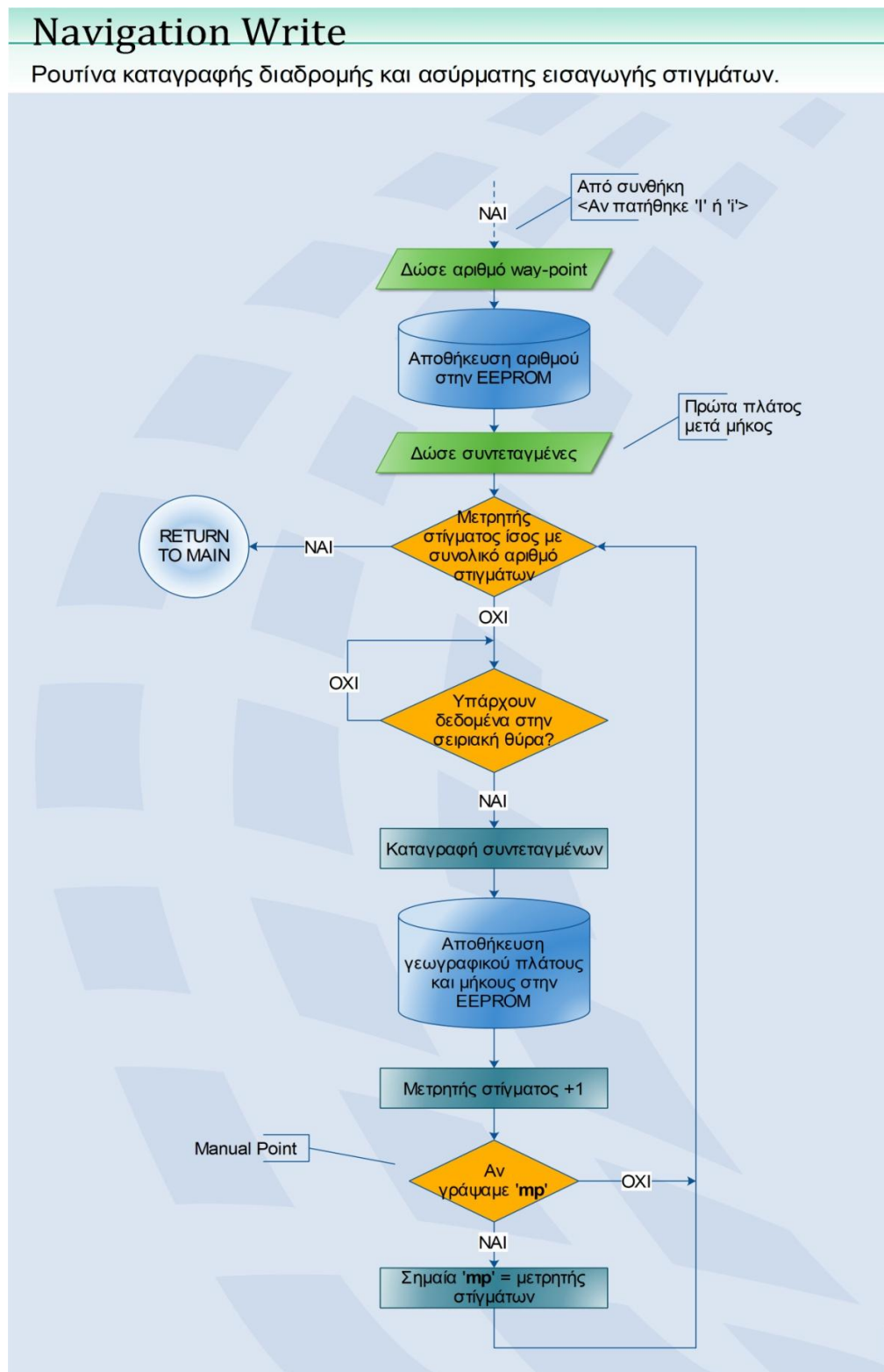
Εικόνα 4.5: Κεντρική ρουτίνα

Πρώτα, γίνονται οι απαραίτητες αρχικοποιήσεις και δηλώσεις των μεταβλητών και σταθερών, καθώς και η εισαγωγή των βιβλιοθηκών που συνοδεύουν περιφερειακές συσκευές όπως τα σέρβο και ο δέκτης GPS. Επίσης γίνεται και η χαρτογράφηση αυτών των περιφερειακών, δηλώνεται η θέση τους πάνω στα pins του μικροελεγκτή. Στην συνέχεια εκτελείται η ρουτίνα που καταγράφει τις συντεταγμένες του αρχικού σημείου που ξεκινάει ο Οδυσσέας, πριν το πρώτο waypoint. Αυτή βοηθάει στην λειτουργία για επιστροφή από το τελευταίο στίγμα, και έτσι ο χρήστης δεν χρειάζεται να μεταφέρει ο ίδιος τον ΟΔΥΣΣΕΑ πίσω στη βάση του.

Έπειτα, έρχεται το αρχικό κομμάτι επικοινωνίας με το χρήστη, ο οποίος πρέπει να καταγράψει ή να εισάγει ασύρματα τα στίγματα της διαδρομής. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας είτε το δεκαεξαδικό πληκτρολόγιο που βρίσκεται πάνω στο αμαξίδιο, είτε το πληκτρολόγιο του υπολογιστή. Με την αρχική μέθοδο, πατώντας το μπουτόν '1' γίνεται η καταγραφή νέας διαδρομής. Με το μπουτόν '2' γίνεται η ακολουθία των στιγμάτων της τελευταίας καταγεγραμμένης διαδρομής. Για να χρησιμοποιήσουμε την νέα μέθοδο εισαγωγής, χρειάζεται να γράψουμε σε ένα από τα τερματικά που αναφέραμε παραπάνω το 'I' ή το 'i'. Έτσι μπαίνουμε στην ρουτίνα της ασύρματης εισαγωγής στιγμάτων που θα περιγράψουμε παρακάτω.

Μετά από αυτό το βήμα, ακολουθάει μια σειρά καλεσμάτων ρουτινών που προϋπήρχαν και στην πρώτη έκδοση του ΟΔΥΣΣΕΑ. Αυτές είναι η ρουτίνα ελέγχου κίνησης που επεμβαίνει στο τιμόνι και στον κινητήρα, η ρουτίνα που διαβάζει τα υπερηχητικά αποστασιόμετρα για τυχόν εμπόδια, οι ρουτίνες εύρεσης κολλημάτων και εμποδίων καθώς και αποφυγής τους, η ρουτίνα που διαβάζει τον δέκτη GPS και ανανεώνει τις συντεταγμένες και τέλος η ρουτίνα αυτόνομης πλοήγησης που καθοδηγεί τον ΟΔΥΣΣΕΑ μέσα από τα καθορισμένα στίγματα. Ενδιάμεσα, προσθέσαμε έναν έλεγχο εισερχόμενων δεδομένων από την σειριακή θύρα που παραπέμπουν σε συγκεκριμένες λειτουργίες. Έτσι λοιπόν, αν πατηθεί το 'M' ή το 'm' καλείται η ρουτίνα για απομακρυσμένο έλεγχο του αμαξιδίου και του βραχίονα. Αν πατηθεί το 'D' ή το 'd' καλείται η ρουτίνα παράκαμψης (deviation) που προσθέτει ένα επιπλέον waypoint στην παρούσα διαδρομή. Αν πατηθεί το 'R' ή το 'r' καλείται η ρουτίνα «reset» για ακύρωση της παρούσας διαδρομής και εισαγωγής νέας. Τέλος, με το 'B' ή το 'b' ξεκινάει μία σειρά εντολών για να επιστρέψει ο Οδυσσέας στο αρχικό σημείο εκκίνησης.

Το δεύτερο διάγραμμα ροής που θα παρουσιάσουμε είναι η ασύρματη καταγραφή της διαδρομής. Ο χρήστης δίνει τον επιθυμητό αριθμό στιγμάτων, γίνεται η απομακρυσμένη εισαγωγή των συντεταγμένων καθώς και το στίγμα στο οποίο θέλουμε αυτόματο σταμάτημα για να γίνει χειροκίνητος έλεγχος (“manual point”).



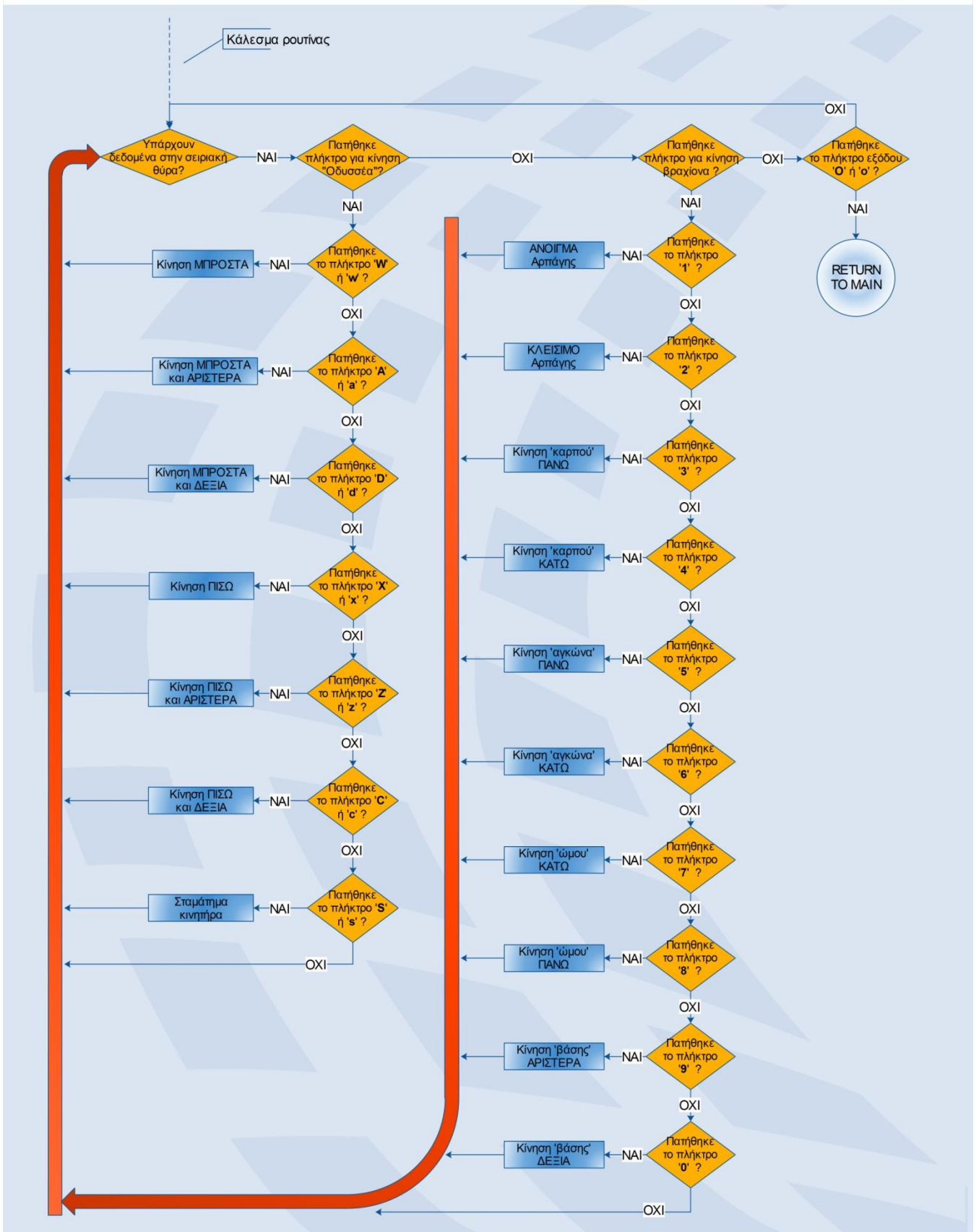
Εικόνα 4.6: Ρουτίνα ασύρματης εισαγωγής στιγμάτων

Διατηρώντας τις αρχικές λειτουργίες και στην δεύτερη έκδοση του Οδυσσέα, ο χρήστης προκειμένου να μεταφερθεί στην ρουτίνα ασύρματης εισαγωγής θα πρέπει να τυπογραφίσει το 'I' ή το 'i'. Στη συνέχεια ζητείται να δοθεί ο επιθυμητός αριθμός των στιγμάτων, ο οποίος αποθηκεύεται στην μνήμη EEPROM για να χρησιμοποιηθεί και πάλι σε επόμενα κομμάτια κώδικα. Έπειτα ο χρήστης πρέπει να εισάγει τις συντεταγμένες. Ο κώδικας έχει σχεδιαστεί ώστε κατά την αποστολή των συντεταγμένων θα πρέπει πρώτα να δίνεται το γεωγραφικό πλάτος του στίγματος και μετά το γεωγραφικό μήκος. Αυτά στη συνέχεια μετατρέπονται από απλούς χαρακτήρες σε έναν ενιαίο δεκαδικό αριθμό και αποθηκεύονται επίσης στην μνήμη EEPROM του μικροελεγκτή για περαιτέρω επεξεργασία. Στο τέλος της εισαγωγής κάθε ζεύγους συντεταγμένων, ο μετρητής των στιγμάτων αυξάνεται κατά 1 και έτσι γνωρίζουμε ότι τη στιγμή που η τιμή του μετρητή θα είναι ίση με τον αριθμό που δώσαμε στην αρχή, θα πρέπει να τερματιστεί η διαδικασία και να συνεχιστεί η ροή του προγράμματος. Ακόμα, μετά την εισαγωγή κάθε στίγματος και αν το θελήσει ο χρήστης, μπορεί να τυπογραφήσει την συλλαβή 'mp' (manual point). Αυτή υποδηλώνει ότι στο συγκεκριμένο waypoint θα πρέπει να γίνει αυτόματο σταμάτημα ώστε ο χειριστής να πάρει τον έλεγχο του Οδυσσέα μέσω του ασύρματου συστήματος ελέγχου. Η ρουτίνα αυτή καλείται με το πάτημα του πλήκτρου 'M' ή 'm' (manual) καθώς και από άλλα σημεία του προγράμματος όπως είναι το "manual point", ο εγκλωβισμός σε πολλαπλά εμπόδια, αλλά και όταν το αμαξίδιο φτάσει στο παρακαμπτήριο waypoint, αν αυτό υπάρχει. Ο χρήστης μπορεί να κινήσει το αμαξίδιο ή το βραχίονα πατώντας ένα προκαθορισμένο πλήκτρο για κάθε κίνηση που επιθυμεί.

Η ρουτίνα είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε όταν πατηθεί κάποιο πλήκτρο από το πληκτρολόγιο, ελέγχει αν είναι ένα από τα πλήκτρα για την κίνηση του ΟΔΥΣΣΕΑ ή για την κίνηση του ρομποτικού βραχίονα. Από κει και πέρα, ελέγχει πιο συγκεκριμένο πλήκτρο πατήθηκε, εκτελούνται οι κατάλληλες εντολές για την κάθε κίνηση η οποία γίνεται στιγμιαία και έπειτα επιστρέφει και ελέγχει για νέα είσοδο. Τέλος, αν πατηθεί το πλήκτρο εξόδου 'O' ή 'o' γίνεται τερματισμός της ρουτίνας και συνέχεια της ροής του προγράμματος.

Remote Control

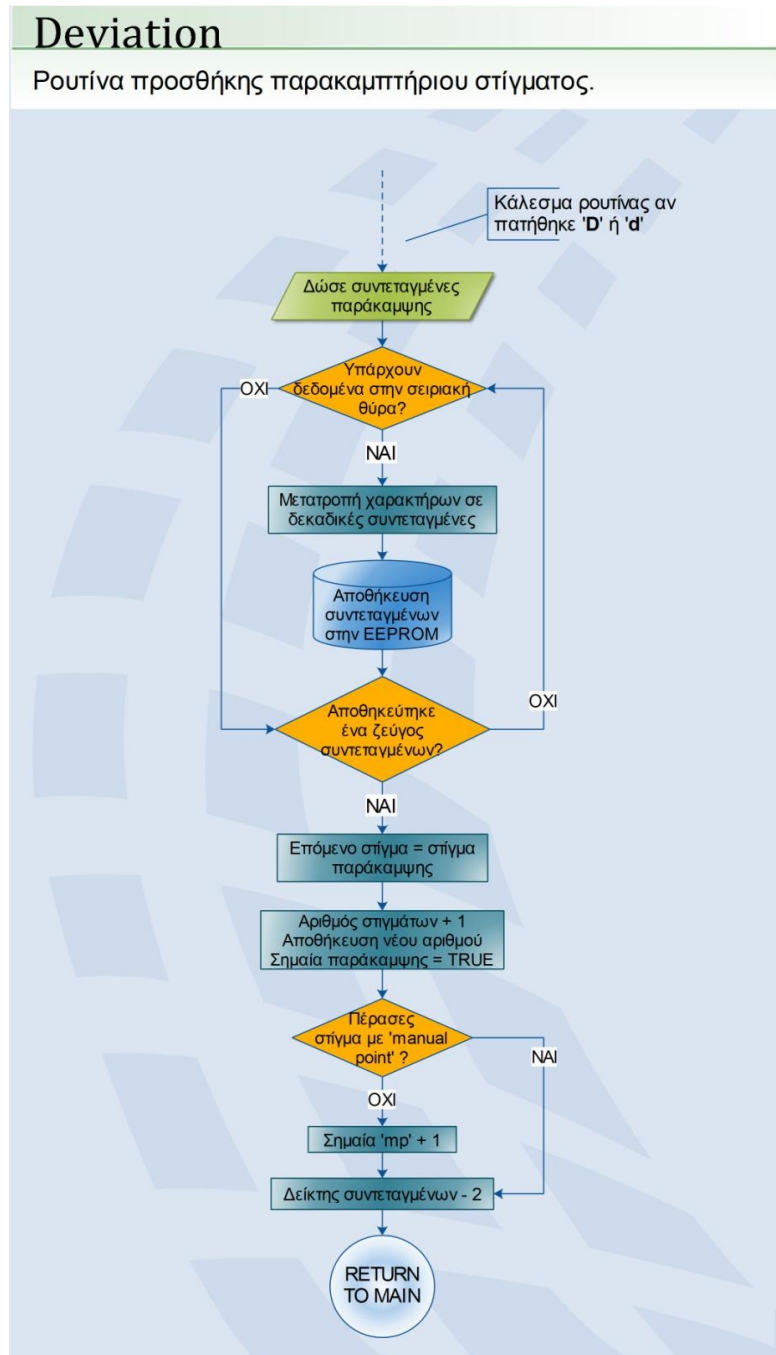
Ρουτίνα απομακρυσμένου χειροκίνητου ελέγχου.



Εικόνα 4.7: Ρουτίνα απομακρυσμένου ελέγχου

Η επόμενη ρουτίνα που θα περιγράψουμε είναι η ρουτίνα παράκαμψης. Καλείται όταν το θελήσει ο χρήστης με το πάτημα του πλήκτρου 'D' ή 'd' και μπορεί να προσθέσει ένα επιπλέον στίγμα στο οποίο όταν φτάσει το αμαξίδιο θα χρησιμοποιήσει τον χειροκίνητο απομακρυσμένο έλεγχο.

Ο χρήστης μπορεί να εισάγει ένα μόνο στίγμα για παράκαμψη. Το γεωγραφικό μήκος και πλάτος αρχικά μετατρέπεται από μία σειρά χαρακτήρων σε ενιαίες, δεκαδικής μορφής, συντεταγμένες και έπειτα αποθηκεύεται στην μνήμη EEPROM. Την θέση των υπαρχουσών συντεταγμένων παίρνουν οι νέες αποθηκευμένες τιμές. Επίσης, αυξάνουμε τον αριθμό των συνολικών waypoints και σημειώνουμε ως Αληθή την σημαία παράκαμψης που θα χρειαστεί στη συνέχεια. Επιπλέον, αν υπάρχει 'manual point', που ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ δεν έχει περάσει ακόμα από αυτό, αυξάνουμε την αντίστοιχη σημαία. Ένα ακόμα σημείο που πρέπει να τονίσουμε είναι ότι μειώνουμε τον δείκτη συντεταγμένων κατά δύο. Έτσι, όταν ο Οδυσσέας φτάσει στο στίγμα παράκαμψης, ο δείκτης που θα αυξηθεί αυτόματα κατά δυο, θα δείξει σωστά το επόμενο προκαθορισμένο στίγμα της διαδρομής.

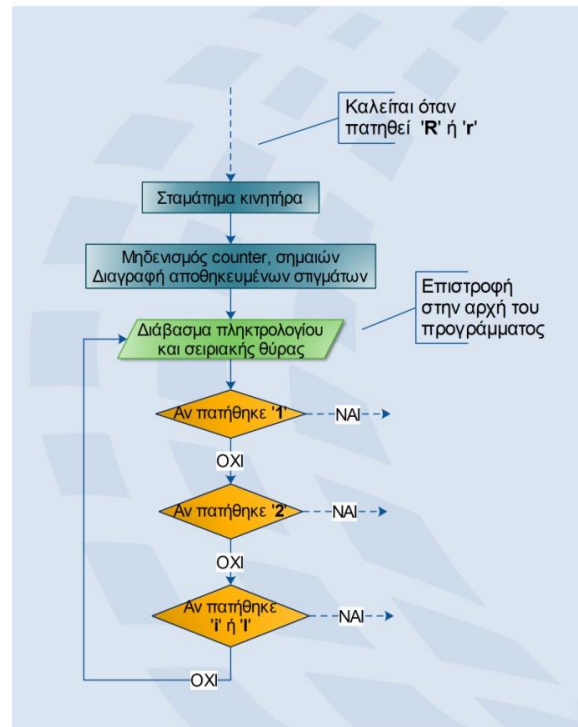


Εικόνα 4.8: Ρουτίνα παράκαμψης

Ακόμη μία από τις λειτουργίες που προσθέσαμε ήταν και η «Reset». Η ρουτίνα (εικόνα 4.9) καλείται με το πάτημα του πλήκτρου 'R' ή 'r', ο χρήστης μπορεί να διακόψει οποιαδήποτε στιγμή την υπάρχουσα διαδρομή του Οδυσσέα και να εισάγει μία νέα διαδρομή με νέα στίγματα από την αρχή. Το διάγραμμα ροής της συγκεκριμένης λειτουργίας φαίνεται στην εικόνα 4.9. Πρώτα απ' όλα γίνεται διακοπή της αυτόνομης πλοήγησης με σταμάτημα του DC κινητήρα και μηδενισμό όλων των μετρητών, σημαιών και μεταβλητών. Έπειτα, επιστρέφουμε στην αρχή του προγράμματος περιμένοντας την είσοδο του χρήστη για την εισαγωγή νέας διαδρομής είτε απομακρυσμένα, είτε με τον αρχικό τρόπο.

Reset

Διαδικασία εισαγωγής νέας διαδρομής.

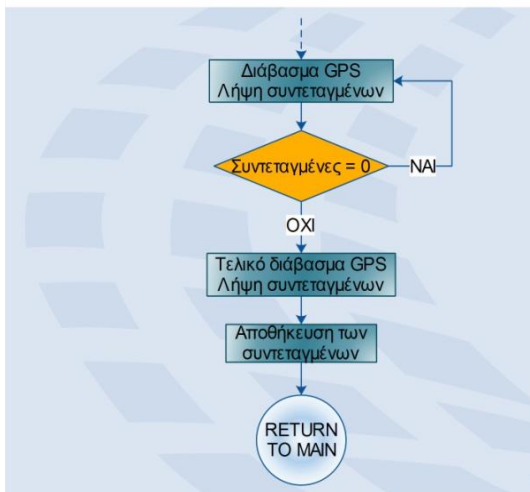


Εικόνα 4.9: Ρουτίνα reset

Άλλη μία ικανότητα που προσθέσαμε στον ΟΔΥΣΣΕΑ είναι η αυτόματη επιστροφή του στο αρχικό σημείο, απαλλάσσοντας τον χρήστη από την διαδικασία να τον μετακινεί με τα χέρια. Αυτό γίνεται μέσα από μια σειρά εντολών που θα

Base Point

Ρουτίνα καταγραφής αρχικού σημείου.



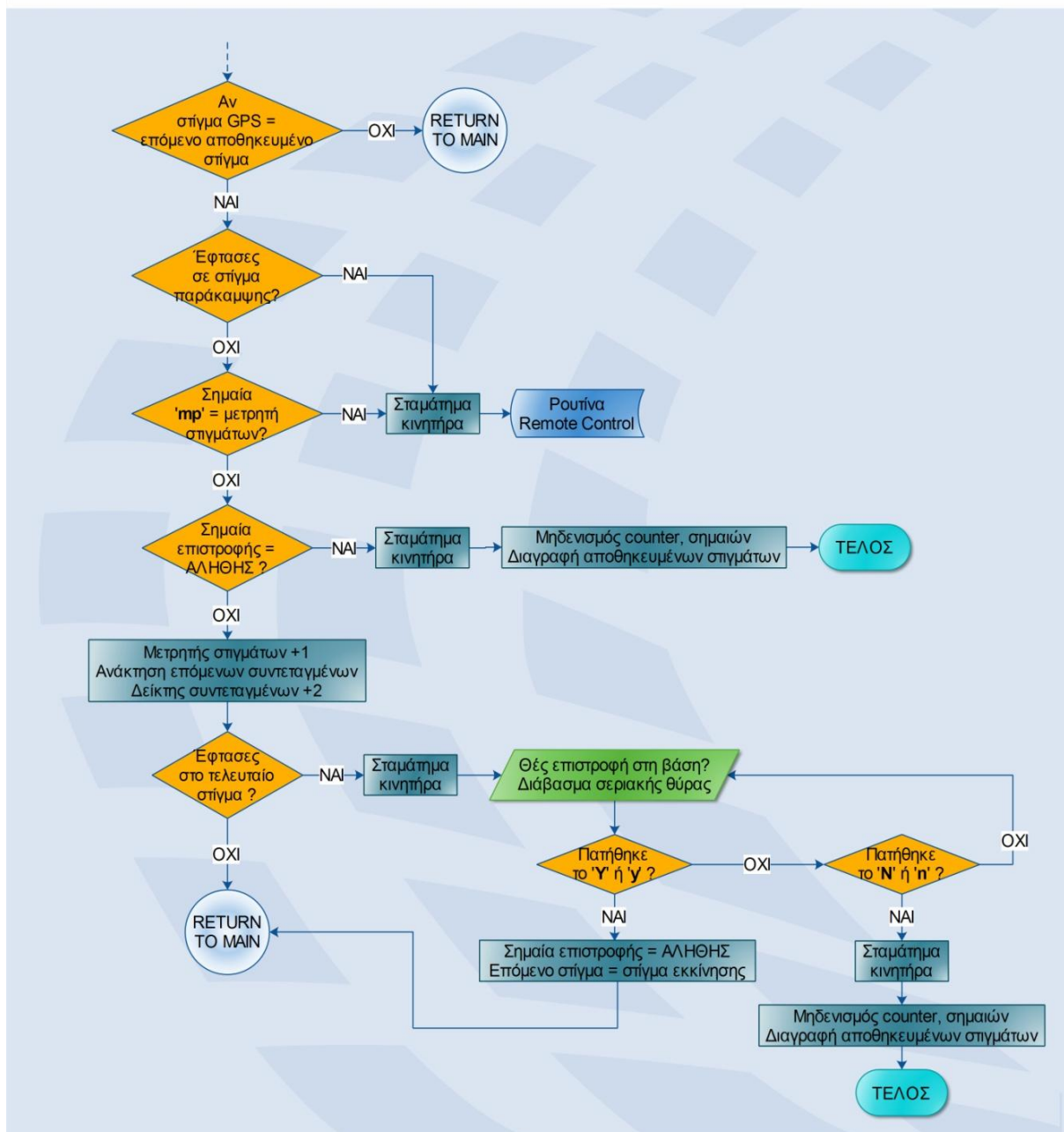
Εικόνα 4.10: Ρουτίνα καταγραφής αρχικού σημείου

εξηγήσουμε παρακάτω καθώς και με την βοήθεια μίας ρουτίνας που εκτελείται μόνο στην αρχή του προγράμματος ώστε να καταγράψει το αρχικό σημείο από το οποίο ξεκινάει. Το διάγραμμα ροής φαίνεται στην εικόνα 4.10. Αρχικά διαβάζουμε τον δέκτη GPS μέχρις ότου να βρεθεί σήμα με τον δορυφόρο, οπότε και οι συντεταγμένες δεν είναι πλέον μηδενικές. Έπειτα διαβάζουμε ξανά το GPS για να πετύχουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια των συντεταγμένων και τις αποθηκεύουμε σε δύο μεταβλητές.

Το τελευταίο κομμάτι κώδικα που θα παρουσιάσουμε είναι ο έλεγχος που γίνεται για τον αν φτάσαμε στο επιθυμητό waypoint. Εκεί εκτελούνται όλοι οι έλεγχοι και κάθε στίγμα από το οποίο περνάει ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ, ελέγχονται οι σημαίες κάθε λειτουργίας, αν πρόκειται για στίγμα παράκαμψης, στίγμα “manual point”, ή το τελευταίο στίγμα της διαδρομής και τέλος γίνεται η επιστροφή στο σημείο εκκίνησης αν το θελήσει ο χρήστης.

Navigation Read

Έλεγχος στιγμάτων πλοήγησης.



Εικόνα 4.11: Ρουτίνα έλεγχου waypoint

Στην περίπτωση που ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ έχει φτάσει σε στίγμα παράκαμψης ή στίγμα “manual point” γίνεται αυτόματο σταμάτημα του κινητήρα και καλείται η ρουτίνα απομακρυσμένου ελέγχου (MANUAL MODE) για να πάρει τον έλεγχο ο χρήστης. Όταν το σημείο που έχει φτάσει είναι το αρχικό σημείο εκκίνησης, τότε η αντίστοιχη σημαία είναι ΑΛΗΘΗΣ και γίνεται τερματισμός του προγράμματος. Τα καταγεγραμμένα στίγματα ελέγχονται επίσης από την ίδια ρουτίνα. Μετά από κάθε πέρασμα αυξάνεται ο μετρητής των συνολικών στιγμάτων που έχει περάσει ως τώρα και εισάγονται οι επόμενες αποθηκευμένες στην EEPROM συντεταγμένες. Όταν η τιμή του μετρητή γίνει ίση με τον αποθηκευμένο αριθμό που έχουμε δώσει στην αρχή, τότε η λειτουργία της πλοήγησης τερματίζεται ή γίνεται επιστροφή στο σημείο εκκίνησης ανάλογα την είσοδο του χρήστη που του ζητείτε στο τελευταίο waypoint. Η διαδικασία για την επιστροφή στο αρχικό σημείο μπορεί να καλεστεί ανά πάσα στιγμή, αρκεί ο χρήστης εισάγει το ‘B’ ή το ‘b’.

Κλείνοντας, το συνολικό πρόγραμμα αποτελείται και από άλλες ρουτίνες οι οποίες αναλύονται στην προηγούμενη έκδοση του Οδυσσέα. Όλες μαζί επαναλαμβάνονται συνεχώς μέσα από την κεντρική ρουτίνα, μέχρι να φτάσει το αμαξίδιο στον τελικό προορισμό που του έχουμε δώσει.

4.3 Υλοποίηση πηγαίου κώδικα

Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούμε στον τρόπο με το οποίο έγινε η ανάπτυξη του κώδικα, τις τεχνικές προγραμματισμού που χρησιμοποιήσαμε καθώς και τα προβλήματα που αντιμετωπίσαμε κατά την εξέλιξή του. Αφού πρώτα, μελετήσαμε εις βάθος του υπάρχον κώδικα της πρώτης έκδοσης του ΟΔΥΣΣΕΑΣ, ξεκίνησε η δημιουργία των νέων κομματιών για τις νέες λειτουργίες.

Πρώτα από όλα, στην κεντρική επαναληπτική ρουτίνα προσθέσαμε τον έλεγχο της σειριακής θύρας. Εκεί ανάλογα με το πλήκτρο που έχει πατήσει ο χρήστης, καλείται και η αντίστοιχη ρουτίνα. Τα δεδομένα που στάλθηκαν αποθηκεύονται σε μία μεταβλητή “keyInterrupt” και γίνεται σύγκριση με ένα ορισμένο αριθμό που θέλουμε να ισούται η είσοδος. Η σύγκριση μπορεί να γίνει με την δεκαδική ή την δεκαεξαδική μορφή ή ακόμα και με τον ίδιο τον χαρακτήρα που θέλουμε να συγκρίνουμε τα δεδομένα μας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση ελέγχουμε την

δεκαεξαδική μορφή του χαρακτήρα. Μετά από κάθε σύγκριση μηδενίζουμε την μεταβλητή για να αποφύγουμε τυχόν απρόβλεπτες καταστάσεις.

Στην συνέχεια κατασκευάσαμε την ρουτίνα απομακρυσμένου ελέγχου στην οποία γίνεται και εδώ έλεγχος της σειριακής θύρας μέσα από ένα επαναληπτικό βρόχο, ώστε ανάλογα με τον πλήκτρο που πατήθηκε να δοθεί η αντίστοιχη εντολή κίνησης στο αμαξίδιο ή στον βραχίονα. Ο έλεγχος των δεδομένων της θύρας γίνεται με τον ίδιο τρόπο που περιγράψαμε παραπάνω και αντίστοιχα η ροή του κώδικα μεταφέρεται στην κάθε υπορουτίνα. Εδώ να τονίσουμε ότι σε αυτές τις υπορουτίνες που γίνεται η κίνηση των μελών του βραχίονα και του ΟΔΥΣΣΕΑ, έχουμε προσθέσει μία μικρή χρονοκαθυστέρηση της τάξεως των 20 msec ώστε να προλαβαίνουν οι DC κινητήρες να αντιλαμβάνονται το πάτημα του πλήκτρου και να κινούνται ελάχιστα. Με αυτόν τον τρόπο όταν έχουμε συνέχεια πατημένο το πλήκτρο θα έχουμε συνεχόμενη κίνηση και όχι διακοπτόμενη.

Μία από τις δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε ήταν στην δημιουργία της ασύρματης εισαγωγής των συντεταγμένων στο αρχικό κομμάτι του κώδικα. Λόγω του ότι έπρεπε να διατηρήσουμε τις υπάρχουσες λειτουργίες, προσθέσαμε έναν ακόμη έλεγχο για κάποιο πλήκτρο που θα ενεργοποιεί την ασύρματη εισαγωγή. Έτσι λοιπόν, στο κομμάτι που ελέγχει αν πατηθεί το '1' ή το '2' από το δεκαεξαδικό πληκτρολόγιο, ελέγχουμε επίσης και την σειριακή θύρα για το γράμμα 'I' ή 'i'. Αν πατηθεί γίνεται εισαγωγή του επιθυμητού αριθμού στιγμάτων και των συντεταγμένων.

Η επόμενη δοκιμασία ήταν το διάβασμα των συντεταγμένων, όπου απλούς χαρακτήρες έπρεπε να εξάγουμε μία συντεταγμένη δεκαδικής μορφής. Αυτό έγινε με τον εξής τρόπο. Αρχικά ελέγχουμε την θύρα για εισερχόμενα δεδομένα. Όταν αυτά υπάρχουν, γίνεται μία μικρή χρονοκαθυστέρηση 100 msec ώστε να αποσταλεί ολόκληρο το πακέτο των δεδομένων. Έπειτα, για κάθε byte του πακέτου γίνεται το διάβασμα αυτού και αποθηκεύεται σε μία θέση ενός πίνακα ASCII χαρακτήρων. Όταν διαβαστούν όλα τα εισερχόμενα bytes, τότε μετατρέπουμε τον πίνακα με τους χαρακτήρες σε έναν ενιαίο αριθμό κινητής υποδιαστολής (float) μέσω της εντολής 'atof' (ascii to float) και αποθηκεύεται σε μία μεταβλητή. Αυτή η μεταβλητή είναι μία συντεταγμένη σε δεκαδική μορφή. Στο τέλος γεμίζουμε τον ίδιο πίνακα με μηδενικά ώστε να διαβάσουμε την επόμενη συντεταγμένη. Επίσης να τονίσουμε ότι υπάρχει μία μόνο ρουτίνα για το διάβασμα και των δύο συντεταγμένων και όχι μία για το

γεωγραφικό μήκος και δεύτερη για το πλάτος. Για το λόγο αυτό, μετά από κάθε διάβαση ο μετρητής στιγμάτων, αυξάνεται κατά 0,5 ώστε μετά από δύο συντεταγμένες να αυξάνεται κατά 1.

Με το ίδιο τρόπο αλλά πιο απλοποιημένο, διαβάζουμε τον αριθμό των στιγμάτων στην αρχή καθώς και τα πλήκτρα για τις διακοπές στην κύρια ρουτίνα και στην ρουτίνα απομακρυσμένου ελέγχου. Για να ανιχνεύσουμε το ‘manual point’ χρησιμοποιούμε την ίδια μέθοδο και ψάχνουμε να βρούμε αν τα δύο πρώτα στοιχεία του πίνακα ισούνται με ‘m’ και ‘p’ αντίστοιχα. Αν ισχύει αυτό, σημειώνουμε σε μία σημαία τον αριθμό των στιγμάτων που έχουν εισαχθεί ως τώρα, ώστε να ξέρουμε σε ποιο waypoint θα γίνει αυτόματο σταμάτημα.

Άλλο ένα σημείο που χρειάστηκε προσοχή ήταν η ρουτίνα παράκαμψης. Όταν καλεστεί, γίνεται σταμάτημα του κινητήρα και περιμένουμε από το χρήστη να στείλει τις συντεταγμένες για ένα παρακαμπτήριο waypoint με την μέθοδο που αναλύσαμε παραπάνω. Οι δύο νέες συντεταγμένες αποθηκεύονται στις τελευταίες θέσεις της EEPROM για να μην υπάρχουν “συγκρούσεις” μεταξύ των υπολοίπων, και συγκεκριμένα στις θέσεις 502 και 506. Ο μετρητής των θέσεων αυξάνεται κατά 4 μετά από κάθε συντεταγμένη διότι η κάθε μία είναι ένας float αριθμός και περιλαμβάνει 4 bytes. Η διαδικασία τελειώνει όταν ο μετρητής θέσεων ‘devAddress’ γίνει ίσος με 510 που σημαίνει ότι έχουν αποθηκευτεί ένα γεωγραφικό πλάτος και ένα μήκος. Εδώ, να σημειώσουμε ότι στις θέσεις 510 και 511 αποθηκεύεται ο τύπου ‘integer’ αριθμός των στιγμάτων, ο οποίος αποτελείται από 2 byte. Έπειτα, γίνονται οι απαραίτητες αλλαγές στις μεταβλητές, ώστε το αμαξίδιο να κατευθυνθεί προς το παρακαμπτήριο στίγμα και στην συνέχεια να μπορεί να ακολουθήσει το στίγμα στο οποίο κατευθυνόταν πριν γίνει η παράκαμψη.

Ένα από τα προβλήματα που είχαμε ήταν και οι παρεμβολές μεταξύ της μονάδας του GPS και του πομποδέκτη XBEE. Και οι δύο αυτές συσκευές χρησιμοποιούν δυο pins για την επικοινωνία τους με τον μικροελεγκτή. Ένα TX pin για την εκπομπή των δεδομένων τους και ένα RX pin για την λήψη. Σαν προκαθορισμένα pins έχουν τα 0 και 1, τα οποία αλλάζουν όπως επιθυμεί ο χρήστης με μια μικρή ρύθμιση στην πλακέτα τους. Έτσι λοιπόν, εγκαταστήσαμε την επικοινωνία του XBEE στα προκαθορισμένα pins και τα αντίστοιχα του GPS στα pins 6 και 8. Η διαδικασία αυτή έγινε με ορισμένες εντολές από μία βοηθητική βιβλιοθήκη (SoftwareSerial). Αυτή μετέτρεψε δύο ελεύθερα pins, σε pins σειριακής

επικοινωνίας που χρειαζόμασταν στον μικροελεγκτή. Παρόλα αυτά, όταν ο δέκτης GPS ήταν ενεργοποιημένος και γινόταν αποστολή δεδομένων από τον χρήστη, τότε στην πλειοψηφία, είχαμε χαμένα πακέτα δεδομένων. Η λύση που εφαρμόσαμε ήταν να απενεργοποιούμε τα pins επικοινωνίας του GPS κάθε φορά που θέλουμε να στείλουμε δεδομένα. Γι' αυτό στις ρουτίνες που γίνεται αποστολή συντεταγμένων γίνεται χρήση των εντολών «gpsPort.end()» για απενεργοποίηση και «gpsPort.begin(4800)» για ενεργοποίηση των ακροδεκτών.

Με την παραπάνω βελτιστοποίηση, βγήκε στην επιφάνεια ένα άλλο πρόβλημα που αφορούσε τα servo διεύθυνσης του τιμονιού και του μπροστινού αισθητήρα. Κάθε φορά που ξεκινούσε το πρόγραμμα παρουσίαζαν ανεξέλεγκτες κινήσεις δεξιά και αριστερά και μάλιστα με περιοδικότητα. Μετά από ελέγχους, το πρόβλημα βρέθηκε στις βιβλιοθήκες των servo και των pins σειριακής επικοινωνίας (SoftwareSerial) από τις οποίες η μία χρησιμοποιούσε χρονικές διακοπές, ενώ η άλλη τις απενεργοποιούσε. Το πρόβλημα λύθηκε με αλλαγή της βιβλιοθήκης των servo με μία πιο βελτιωμένη (PWMServo) και η οποία έχει διαφορετική αρχή λειτουργίας.

Κλείνοντας να αναφέρουμε ότι η πλατφόρμα Arduino με επεξεργαστή τον Atmel ATmega328P ικανοποίησε όλες μας τις απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ καθώς και σε επάρκεια μνήμης RAM ή ROM, παρά το γεγονός ότι όλα τα pins είναι κατοχυρωμένα από περιφερειακά εξαρτήματα και στα περισσότερα από αυτά έχουμε προσαρμόσει περισσότερα από ένα περιφερειακά. Τέλος, να επισημάνουμε πως η αντιμετώπιση των προβλημάτων που αναφέραμε επιτεύχθηκε έπειτα από πολύωρες δοκιμές και ελέγχους. Βέβαια, ακόμα και τώρα είναι πιθανό να υπάρχουν αδυναμίες και καταστάσεις οι οποίες δεν μπόρεσαν να προβλεφθούν και, άρα, δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν από τον ΟΔΥΣΣΕΑ.

5 Πειράματα

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγράψουμε μια σειρά από πειράματα, που αφορούν στην λειτουργία των υποσυστημάτων που αναπτύχθηκαν για τη δεύτερη γενιά της πλατφόρμας ΟΔΥΣΣΕΑΣ στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, όπως και το πως αυτά συμπληρώνουν και επηρεάζουν τις λειτουργίες της πρώτης γενιάς ΟΔΥΣΣΕΑ.

5.1 Μελέτη εμβέλειας ασύρματης επικοινωνίας

Στο πείραμα αυτό εξετάσαμε την εμβέλεια του απομακρυσμένου ελέγχου της ρομποτικής πλατφόρμας, καθώς και την ποιότητα μετάδοσης εικόνας. Αρχικά έγινε έλεγχος εμβέλειας του ασύρματου χειροκίνητου ελέγχου (Manual Control). Κατά την διάρκεια αυτού του πειράματος η πλατφόρμα είχε πάρει εντολή να κάνει εναλλαγή από αυτόνομη πλοήγηση σε χειροκίνητο έλεγχο. Σε αυτήν την λειτουργία, παρακολουθώντας την εικόνα μεταδιδόμενη από την κάμερα σε ανοιχτό περιβάλλον, ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ άρχισε να απομακρύνεται σταδιακά από το σημείο ελέγχου. Κάθε 10 μέτρα γινόταν προσπάθεια εναλλαγής μεταξύ ελέγχου αμαξιδίου και ελέγχου ρομποτικού βραχίονα (Πίνακας 5.1).

Πίνακας 5-1: Έλεγχος ασύρματης επικοινωνίας

Απόσταση (m)	Έλεγχος αμαξιδίου	Έλεγχος βραχίονα	Ποιότητα εικόνας
10	Πλήρης ανταπόκριση	Πλήρης ανταπόκριση	Καθαρή εικόνα
20	Πλήρης ανταπόκριση	Πλήρης ανταπόκριση	Καθαρή εικόνα
30	Πλήρης ανταπόκριση	Πλήρης ανταπόκριση	Καθαρή εικόνα
40	Πλήρης ανταπόκριση	Πλήρης ανταπόκριση	Καθαρή εικόνα
50	Πλήρης ανταπόκριση	Πλήρης ανταπόκριση	Καθαρή εικόνα
60	Πλήρης ανταπόκριση	Πλήρης ανταπόκριση	Καθαρή εικόνα
70	Πλήρης ανταπόκριση	Πλήρης ανταπόκριση	Καθαρή εικόνα
80	Πλήρης ανταπόκριση	Πλήρης ανταπόκριση	Καθαρή εικόνα
90	Πλήρης ανταπόκριση	Πλήρης ανταπόκριση	Καθαρή εικόνα
100	Πλήρης ανταπόκριση	Πλήρης ανταπόκριση	Πολύ λίγα παράσιτα
110	Πλήρης ανταπόκριση	Πλήρης ανταπόκριση	Πολύ λίγα παράσιτα
120	Πλήρης ανταπόκριση	Πλήρης ανταπόκριση	Πολύ λίγα παράσιτα
130	Ελαφριά καθυστέρηση	Ελαφριά καθυστέρηση	Λίγα παράσιτα
140	Ελαφριά καθυστέρηση	Ελαφριά καθυστέρηση	Λίγα παράσιτα
150	Ελαφριά καθυστέρηση	Καθυστέρηση εκτέλεσης με μικρές διακοπές	Αρκετά παράσιτα

160	Καθυστέρηση εκτέλεσης με μικρές διακοπές	Καθυστέρηση εκτέλεσης με μικρές διακοπές	Αρκετά παράσιτα
170	Μεγάλες διακοπές λειτουργίας	Μεγάλες διακοπές λειτουργίας	Πολλά παράσιτα και αλλοίωση εικόνας
180	Καμία ανταπόκριση	Καμία ανταπόκριση	Πολλά παράσιτα και αλλοίωση εικόνας
190	Καμία ανταπόκριση	Καμία ανταπόκριση	Πλήρης αλλοίωση εικόνας

Από τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνουμε ότι η μέγιστη εμβέλεια στην οποία υπάρχει δυνατότητα έλεγχου του αμαξιδίου είναι 170 μέτρα. Ο έλεγχος βραχίονα ανταποκρίνεται ακριβώς με τον ίδιο τρόπο με τον έλεγχο του αμαξιδίου, πράγμα το οποίο ήταν αναμενόμενο, διότι ο μικροελεγκτής αφού λάβει τις απεσταλμένες εντολές, τις εκτελεί σε κάθε περίπτωση και η ποιότητα των μεταδιδόμενων δεδομένων εξαρτάται εξ' ολοκλήρου από την απόσταση της ασύρματης επικοινωνίας.

5.2 Μελέτη εμβέλειας μεταφοράς δεδομένων

Αυτό το πείραμα πραγματοποιήθηκε με σκοπό να διαπιστωθεί η μέγιστη απόσταση στην οποία είναι εφικτό όχι μόνο να ελέγξουμε την ρομποτική πλατφόρμα, αλλά και να ανταλλάσσουμε δεδομένα με αυτήν. Πράγμα το οποίο θα μας δώσει την δυνατότητα εκτίμησης των απωλειών στα μεταδιδόμενα δεδομένα.

Για να πραγματοποιηθεί αυτό το πείραμα, αναπτύχθηκε και ενσωματώθηκε στην πλατφόρμα μια ξεχωριστή ρουτίνα προγράμματος, η οποία όταν καλείται, περιμένει να πάρει δεδομένα από το κέντρο έλεγχου, μόλις τα λάβει, τα επιστρέφει πίσω αναλλοίωτα. Ονομάσαμε αυτήν την ρουτίνα «Range Test». Κατά την εκτέλεση του πειράματος, ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ ήταν σε «Manual Mode» και απομακρυνόταν με αργούς ρυθμούς. Κάθε πέντε μέτρα καλούσαμε την ρουτίνα «Range Test» και στέλναμε μια σειρά από αριθμούς και χαρακτήρες (συνολικά 20). Ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ μόλις λάμβανε τους χαρακτήρες «1234567890!@#\$%^&*()», ήταν προγραμματισμένος να τους στείλει πίσω. Οπότε ήταν αναμενόμενο, μετά την αποστολή της συμβολοσειράς, αυτή να ξαναεμφανιστεί στην οθόνη του H/Y ως απάντηση του μικροελεγκτή (Πίνακας 5.2).

Πίνακας 5-2: Έλεγχος μεταφοράς δεδομένων

Απόσταση (m)	Αποστολή	Λήψη
5	1234567890!@#%^&*()	1234567890!@#%^&*()
10	1234567890!@#%^&*()	1234567890!@#%^&*()
15	1234567890!@#%^&*()	1234567890!@#%^&*()
20	1234567890!@#%^&*()	1234567890!@#%^&*()
25	1234567890!@#%^&*()	1234567890!@#%^&*()
30	1234567890!@#%^&*()	1234567890!@#%^&*()
35	1234567890!@#%^&*()	1234567890!@#%^&*()
40	1234567890!@#%^&*()	Καμία επιστροφή

Από τα δεδομένα που πήραμε, παρατηρούμε μια απότομη διακοπή επικοινωνίας στα 40 μέτρα. Γεγονός το οποίο στην αρχή μας προβλημάτισε, διότι ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ ανταποκρινόταν σε κάθε εντολή λειτουργίας του αμαξιδίου ή του βραχίονα μέχρι και τα 170 μέτρα.

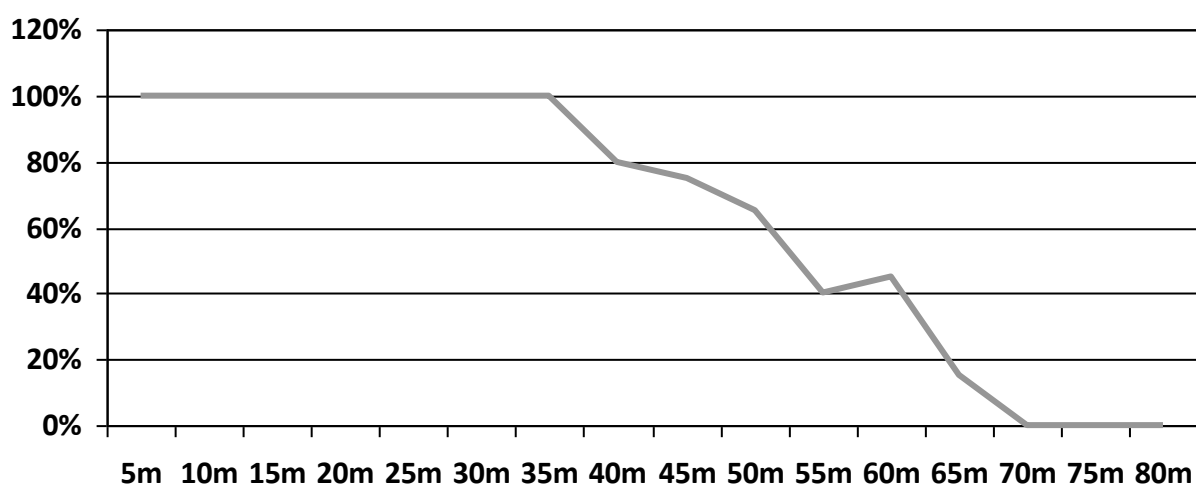
Μετά από τη μελέτη του τρόπου επικοινωνίας των πομποδεκτών XBEE, διαπιστώσαμε πως αυτό οφείλετε στο ότι ο πομποδέκτης, ο οποίος είναι συνδεδεμένος στον Η/Υ, δεν έχει την δυνατότητα να προγραμματιστεί. Όταν προσπαθούμε να ελέγξουμε τον ΟΔΥΣΣΕΑ, κρατάμε συγκεκριμένο κάποιο κουμπί του πληκτρολογίου, το οποίο αντιστοιχεί σε μία ορισμένη κίνηση της πλατφόρμας. Λόγο απόστασης τα δεδομένα δεν ανιχνεύονται αμέσως, το χρονικό διάστημα είναι μικρό και δεν παρατηρείται χωρίς τεχνικά μέσα. Τα δεδομένα αποστέλλονται επανειλημμένα, όσο κρατάμε το κουμπί του πληκτρολογίου, ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ δεν ανταποκρίνεται αμέσως, αλλά μετά από ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Ενώ όταν στέλνουμε την συμβολοσειρά, την στέλνουμε μια φορά, και στην περίπτωση που δεν ανιχνευτεί αμέσως από τον μικροελεγκτή, δεν ακολουθεί επανάληψη. Ακόμα και στην περίπτωση που ο μικροελεγκτής λάβει την συμβολοσειρά, την αποθηκεύει και την στέλνει αμέσως πίσω στον Η/Υ, όπου πάλι δεν υπάρχει εγγύηση πώς μια αποστολή θα είναι επιτυχής.

Για να πετύχει το πείραμα, έπρεπε να αλλάξει σε κάποιο βαθμό η φύση του. Αποφασίσαμε λοιπόν να στέλνουμε το πακέτο με τους χαρακτήρες περισσότερες από μια φορές, σημειώνοντας πόσες φορές επιστρέφει (Πίνακας 5.3).

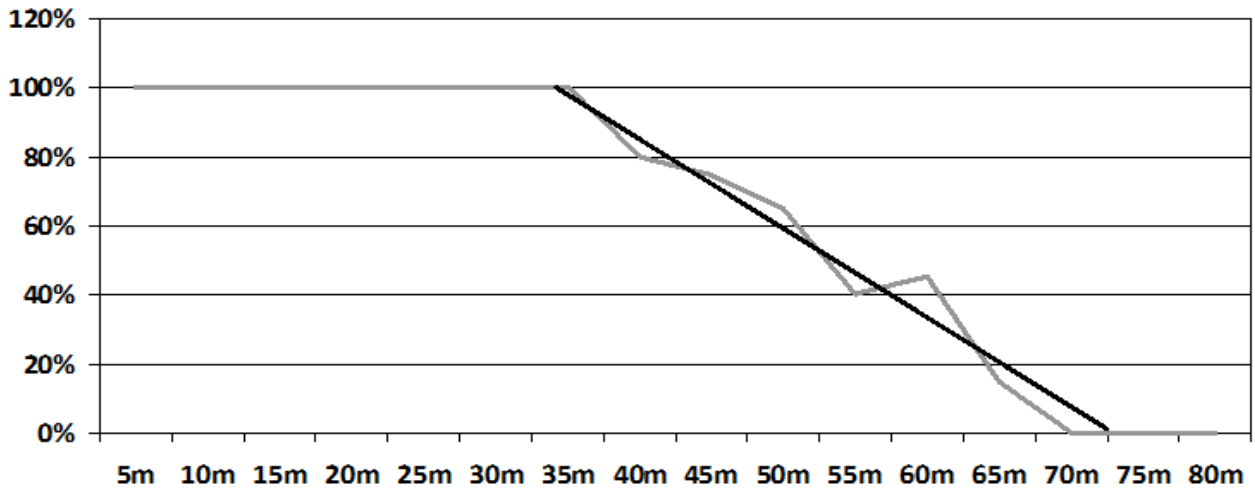
Πίνακας 5-3: Έλεγχος μεταφοράς δεδομένων κατ' επανάληψη

Απόσταση (m)	Αποστολή	Λήψη	Ποσοστό επιτυχίας %
40	20 φορές	16	80%
45	20 φορές	15	75%
50	20 φορές	13	65%
55	20 φορές	8	40%
60	20 φορές	9	45%
65	20 φορές	3	15%
70	20 φορές	0	0%
75	20 φορές	0	0%
80	20 φορές	0	0%

Από τον παραπάνω πίνακα συμπεραίνουμε ότι στα 70 μέτρα η δυνατότητα αποστολής δεδομένων χάνεται πλήρως. Επίσης, μια σημαντική παρατήρηση αφορά στην περίπτωση στην οποία το πακέτο χαρακτήρων φτάνει στον προορισμό του αναλλοίωτο. Γεγονός το οποίο σημαίνει ότι, αν και οι δυο πομποδέκτες XBEE είχαν την δυνατότητα προγραμματισμού του τρόπου αποστολής και λήψης δεδομένων, η απόσταση σωστής λειτουργίας θα είχε αυξηθεί σημαντικά (ακόμα και με τις ίδιες κεραίες). Από τις τιμές του πίνακα μπορούμε να σχεδιάσουμε το παρακάτω διάγραμμα, το οποίο θα μας βοηθήσει να καταλάβουμε αυτό το ζήτημα καλύτερα.



Εικόνα 5.1: Διάγραμμα ορθής λήψης δεδομένων



Φέρνοντας μια προσεγγιστική ευθεία, παρατηρούμε πως το ποσοστό επιτυχίας στην λήψη των δεδομένων, μετά τα 35 περίπου μέτρα, είναι αντιστρόφως ανάλογο με την αύξηση της απόστασης μεταξύ της ρομποτικής πλατφόρμας και του σημείου έλεγχου.

5.3 Μελέτη εμβέλειας ασύρματης μετάδοσης εικόνας

Ο σκοπός αυτού του πειράματος είναι να προσδιοριστεί η πραγματική εμβέλεια της ασύρματης βιντεοκάμερας, καθώς και να διαπιστωθεί αν η λειτουργία της επηρεάζεται από τους πομποδέκτες XBEE.

Το πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά με την ασύρματη βιντεοκάμερα και τον δέκτη. Συνδέσαμε την κάμερα στον υπολογιστή και την ενεργοποιήσαμε. Ένα άτομο βρισκόταν στο σημείο έλεγχου, παρακολουθούσε την συμπεριφορά της εικόνας, ενώ ένα άλλο άτομο, κρατώντας την κάμερα, απομακρυνόταν σκανάροντας το περιβάλλον. Η συμπεριφορά της κάμερας ήταν ακριβώς ίδια με αυτήν του πρώτου πειράματος, με την μοναδική διαφορά ότι η εικόνα διακόπηκε εντελώς στα 200 μέτρα.

Τα παραπάνω γεγονότα μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα δεδομένα της κάμερας με κανέναν τρόπο δεν επηρεάζονται ούτε από τους πομποδέκτες XBEE, ούτε και από τον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο, τον οποίο πιθανώς να εκπέμπουν τα υποσυστήματα του ΟΔΥΣΣΕΑ.

5.4 Έλεγχος επιστροφής θορύβου στις πηγές τροφοδοσίας.

Σε κάθε ρομποτική πλατφόρμα χρειάζεται αυτός ο έλεγχος μετά από την κατασκευή προς αποφυγή δημιουργίας πιθανής ζημιάς. Στην περίπτωση που ανιχνεύεται επιστροφή τάσης ή και ηλεκτρομαγνητικά παράσιτα (μη σταθερή τιμή τάσης), πρέπει να σιγουρευτούμε ότι όλα τα περιφερειακά εξαρτήματα, τροφοδοτούμενα από αυτήν την πηγή ισχύος είναι προστατευμένα με τον κατάλληλο τρόπο και δεν κινδυνεύουν από το συγκεκριμένο φαινόμενο.

Αποφασίσαμε να ελέγξουμε και τις δυο μπαταρίες σε κάθε πιθανή λειτουργία του ΟΔΥΣΣΕΑ. Για τον έλεγχο αυτό χρησιμοποιήθηκε ένας εργαστηριακός παλμογράφος HAMEG HM-303. Η μπαταρία των 6 Volt χρησιμοποιείται για την παροχή τάσης στον μικροελεγκτή και για τους κινητήρες του βραχίονα και ελέγχθηκε:

- 1) Κατά τις διαδικασίες ρύθμισης (αποθήκευσης συντεταγμένων)
- 2) Κατά την λειτουργία του ΟΔΥΣΣΕΑ σε λειτουργία Αυτόνομης πλοήγησης
- 3) Κατά την λειτουργία του ΟΔΥΣΣΕΑ σε Χειροκίνητη λειτουργία
- 4) Κατά την λειτουργία του βραχίονα

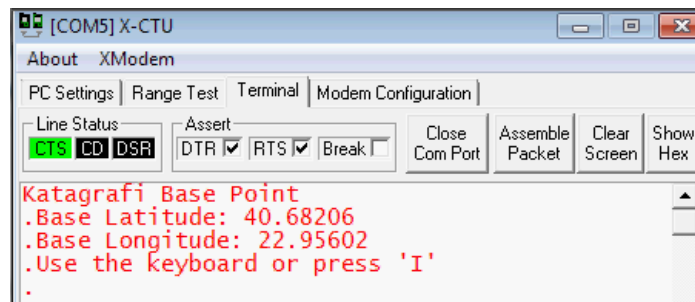
Η μοναδική ανωμαλία στην τάση παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια λειτουργίας του βραχίονα. Η τάση από τα 6 volt έπεφτε στα 5.6 Volt. Το φαινόμενο αυτό κρίθηκε λογικό και μη επικίνδυνο για την ρομποτική πλατφόρμα. Η πτώση της τάσης οφείλεται στην λειτουργία του κάθε DC κινητήρα του ρομποτικού βραχίονα. Κάθε κινητήρας διαθέτει πηνίο στο εσωτερικό του. Όταν ένα πηνίο διαρρέεται από το ρεύμα, δημιουργεί επαγωγική αντίσταση πάνω στην οποία και γίνεται η πτώση τάσης.

Η μπαταρία των 12 Volt χρησιμοποιείται εξ' ολοκλήρου για την τροφοδοσία του κινητήρα κίνησης του αμαξιδίου και ελέγχθηκε με τον ίδιο τρόπο με την μικρότερη μπαταρία των 6 Volt. Ούτε αυτήν την φορά παρατηρήθηκαν παράσιτα ή απότομες μεταβολές τάσης, παρά μόνο όταν ήταν σε κίνηση ο DC κινητήρας κίνησης. Από τα 12 Volt η τάση εμφάνιζε μία μείωση στα 10.5 Volt. Ο λόγος είναι ο ίδιος με αυτόν της προηγούμενης περίπτωσης, με την διαφορά τώρα, ότι ο κινητήρας είναι πολύ μεγαλύτερης ισχύος, άρα και μεγαλύτερο το πηνίο και το ρεύμα, το οποίο τον διαρρέει είναι μεγαλύτερο, επομένως και η επαγωγική αντίσταση η οποία θα δημιουργηθεί θα είναι μεγαλύτερη.

5.5 Έλεγχος όλων των λειτουργιών ταυτοχρόνως.

Το πείραμα που ακολουθεί περιλαμβάνει την ακολουθία μιας συγκεκριμένης διαδρομής, την συγκράτηση και αποθήκευση ενός αντικειμένου από το περιβάλλον καθώς και τον ασύρματο έλεγχο του αμαξιδίου. Σε αυτό το πείραμα στέλνουμε τον ΟΔΥΣΣΕΑ σε μια υποθετική αποστολή διερεύνησης χώρου. Αρχικά θα στείλουμε στον ΟΔΥΣΣΕΑ μια τυχαία διαδρομή αποτελούμενη από τρία στίγματα και το σημείο εκκίνησης, εκ των οποίων το δεύτερο στίγμα προγραμματίζεται ως Manual Point. Αυτό σημαίνει πως όταν φτάσει στο σημείο αυτό αυτόματα θα ενεργοποιήσει τον απομακρυσμένο έλεγχο (Manual Mode), στέλνοντας ασύρματα ένα μήνυμα στον Η/Υ. Στην συνέχεια θα ελέγξουμε την λειτουργία της παράκαμψης. Μόλις ολοκληρωθεί η διαδρομή θα χρησιμοποιήσουμε την λειτουργία επιστροφής στην βάση. Όλο το πείραμα έχει βιντεοσκοπηθεί και βρίσκεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση: https://www.youtube.com/watch?v=QN_qyFcl_LQ.

Ξεκινώντας το πείραμα, βλέπουμε στο terminal πως ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ, προτού μπορέσει να δεχτεί τις διάφορες εντολές, αποθηκεύει τις συντεταγμένες του αρχικού σημείου (Εικόνα 5.2).



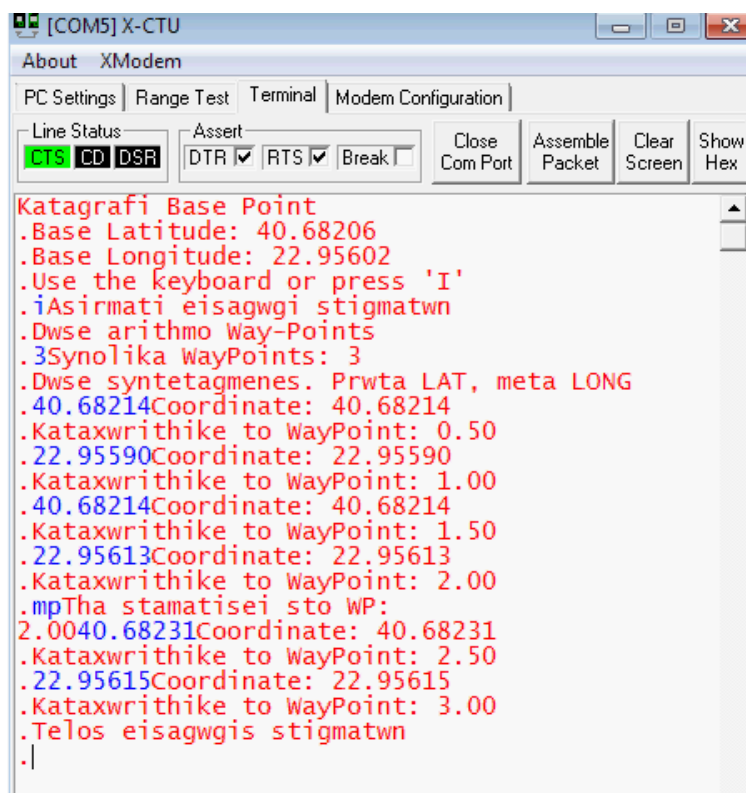
Εικόνα 5.2: Αποθήκευση αρχικών συντεταγμένων

Στην συνέχεια για να εισάγουμε συντεταγμένες πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τον αρχικό τρόπο χειρισμού με το πληκτρολόγιο το οποίο βρίσκεται πάνω στο αμαξίδιο ή με την νέα ασύρματη μέθοδο εισαγωγής και να πατήσουμε το πλήκτρο «I» στο πληκτρολόγιο του υπολογιστή. Επιλέγουμε τον δεύτερο τρόπο, πατώντας το «I». Στην συνέχεια αποστέλλουμε τις επιθυμητές συντεταγμένες για να αποθηκεύσουμε τα σημεία της διαδρομής μας.



Εικόνα 5.3: Σημεία επιλεγμένης διαδρομής

Όπως μπορούμε να δούμε στην εικόνα 5.4 μετά από την εισαγωγή συντεταγμένων δεύτερου στίγματος, στέλνουμε το μικρή συλλαβή «mp», το οποίο προγραμματίζει τον ΟΔΥΣΣΕΑ να σταματήσει στο δεύτερο στίγμα και να αλλάξει τον χειρισμό από αυτόματο σε χειροκίνητο. Μόλις εισάγουμε τον αριθμό των στιγμάτων τον οποίο ορίσαμε ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ ξεκινάει την πορεία του. Ακολουθεί την αποθηκευμένη διαδρομή αποφεύγοντας εμπόδια.



Εικόνα 5.4: Εισαγωγή συντεταγμένων

Όπως και προγραμματίστηκε μόλις έφτασε στο δεύτερο στίγμα έστειλε το αντίστοιχο μήνυμα (Εικόνα 5.5). Έπειτα ακολουθεί ο χειροκίνητος έλεγχος του αμαξιδίου ή του βραχίονα. Χρησιμοποιούμε τον βραχίονα για να συλλέξουμε ένα αντικείμενο από το περιβάλλον. Με το ίδιο τρόπο θα μπορούσαμε να αφήσουμε κάποιο αντικείμενο που να θα μετέφερε το αμαξίδιο για διάφορους σκοπούς. Να υπενθυμίσουμε πως ο χειροκίνητος έλεγχος μπορεί να καλεστεί οποιαδήποτε στιγμή, η λειτουργία «Manual Point» όμως μας δίνει την δυνατότητα να είμαστε απολύτως σίγουροι πως δεν θα προσπεράσουμε το επιθυμητό σημείο σε περίπτωση δυσκολίας παρακολούθησης.

```
.OK! Eftaseē sto WP 2
.SIMEIO XEIROKINITOU ELEGXOU.
.Xeirokinitos elegchos.
```

Εικόνα 5.5: Ένδειξη "Manual point"

Όταν έχουμε ολοκληρώσει οποιαδήποτε λειτουργία που εκτελούσαμε με τον χειροκίνητο έλεγχο, πατάμε το πλήκτρο «O» στο πληκτρολόγιο του H/Y για να επιστρέψει το αμαξίδιο στην λειτουργία της αυτόνομης πλοήγησης. Στην μέση της διαδρομής επιθυμούμε να αλλάξουμε την πορεία του χωρίς την χρήση όμως του χειροκίνητου ελέγχου. Χρησιμοποιούμε την ανεπτυγμένη λειτουργία της παράκαμψης «Deviation» η οποία καλείτε οποιαδήποτε στιγμή πατώντας το πλήκτρο «D». Μόλις πατήσουμε το πλήκτρο βλέπουμε στο terminal ένα προαποθηκευμένο μήνυμα (Εικόνα 5.6) το οποίο

```
.dDwse syntetagmenes parakampsis.
```

Εικόνα 5.6: Ένδειξη παράκαμψης

σημαίνει πως ο μικροελεγκτής έλαβε

την εντολή μας. Στην συνέχεια στέλνουμε

τις συντεταγμένες του σημείου παράκαμψης (Εικόνα 5.7) και το αμαξίδιο συνεχίζει την πορεία του με ένα επιπρόσθετο στίγμα. Μόλις φτάσει την συντεταγμένη παράκαμψης αλλάζει αυτόματα

```
.40.68214Deviation Coordinate: 40.68214  
.22.95596Deviation Coordinate: 22.95596  
.WAY-POINT PARAKAMPSHS.  
.Xeirokinitos elegchos.
```

Εικόνα 5.7: Συντεταγμένες παράκαμψης

σε χειροκίνητο έλεγχο για να μπορεί ο χρήστης να

αποφασίσει αν θα στείλει κάποιες

ακόμα εντολές στην πλατφόρμα ή αν απλά θα συνεχίσει την πορεία του.

Συνεχίζουμε την πορεία. Μόλις φτάσει ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ στο τελικό στίγμα στέλνει μήνυμα και ρωτάει αν επιθυμεί ο χρήστης να το επιστρέψει στο σημείο εκκίνησης. Επιλέγουμε «ναι» πατώντας το πλήκτρο «Y» (Εικόνα 5.8). Ο

```
Eftases sto WP 3  
.OK! Eftases sto WP 4  
.Navigation Completed  
.Return to BASE?? Yes or No  
.Y
```

Εικόνα 5.8: Μήνυμα ολοκλήρωσης διαδρομής

ΟΔΥΣΣΕΑΣ ξεκινάει μία ευθεία πορεία προς την «Βάση». Μολις φτάσει σε αυτήν μας εμφανίζει το αντίστοιχο μήνυμα (Εικόνα 5.9). Μετά από αυτό, ακολουθεί το αρχικό μήνυμα για

επιλογή μεθόδου εισαγωγής στιγμάτων πράγμα που σημαίνει πως ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ μπορεί να επαναλάβει όλη την διαδικασία από την αρχή και να ακολουθήσει μία νέα διαδρομή.

```
.YEFTASES STIN BASI.  
.Use the keyboard or press 'I  
.I
```

Εικόνα 5.9: Μήνυμα επιστροφής στο αρχικό σημείο

5.6 Συμπεράσματα

Από τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- ❖ Η μέγιστη απόσταση ελέγχου ρομποτικής πλατφόρμας με τις υπάρχουσες κεραίες είναι 170 μέτρα.
- ❖ Η μέγιστη απόσταση μετάδοσης καθαρής εικόνας από την βιντεοκάμερα είναι τα 100 μέτρα, όπως ορίζει και ο κατασκευαστής.
- ❖ Η λειτουργία της κάμερας δεν επηρεάζεται από τα υπόλοιπα περιφερειακά του ΟΔΥΣΣΕΑ.
- ❖ Επίτευξη ικανοποιητικής ποιότητας αποστολής και λήψης δεδομένων μέχρι και τα 35 μέτρα.
- ❖ Η λειτουργία της ρομποτικής πλατφόρμας είναι σταθερή με όλα τα περιφερειακά που προστέθηκαν σε αυτήν.
- ❖ Δεν υπάρχουν συγκρούσεις μεταξύ ανεπτυγμένων τμημάτων λογισμικού.
- ❖ Ο βραχίονας σε συνεργασία με την ασύρματη κάμερα μπορεί να συγκρατήσει κάποιο αντικείμενο και με τον ίδιο τρόπο να αφήσει κάτι σε κάποιο επιθυμητό σημείο.
- ❖ Μπορεί να πραγματοποιεί συνεχόμενες ξεχωριστές διαδρομές και να δέχεται εντολές επανειλημμένα και πλήρως ασύρματα.
- ❖ Το αρχικό σημείο επιστροφής (Βάση) εντοπίζεται με αρκετά μεγάλη ακρίβεια.

Από τα συμπεράσματα αυτά παράγονται κάποιες ιδέες μελλοντικής βελτίωσης, όπως, παραδείγματος χάριν, η βελτίωση της εμβέλειας και η επίλυση της δυσκολίας αποστολής και λήψης δεδομένων. Στο επόμενο κεφαλαίο θα γίνει αναλυτικότερη περιγραφή των ιδεών αυτών.

6 Ματιά στο μέλλον

Στο κεφάλαιο αυτό, θα αναφερθούμε στις μελλοντικές βελτιώσεις που μπορούν να προστεθούν στον ΟΔΥΣΣΕΑ, στις πιθανές εφαρμογές και στους τομείς που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Βέβαια, για να ισχύσει κάτι τέτοιο, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η τεχνολογική εξέλιξη και η ανάπτυξη του κάθε μέρους που το απαρτίζει. Αυτή εξέλιξη θα αναλυθεί στην συνέχεια, καθώς και το πώς μπορεί να βελτιωθεί η απόδοση παρόμοιων ρομποτικών οχημάτων.

6.1 Προτάσεις βελτίωσης

Μετά από την ολοκλήρωση και της δεύτερης έκδοσης του ΟΔΥΣΣΕΑ, και μετά από τις δοκιμές και τους ελέγχους που πραγματοποιήσαμε, έχουμε αναγνωρίσει τις αδυναμίες και τα μειονεκτήματα του συστήματος και είμαστε σε θέση να επισημάνουμε και να προτείνουμε ορισμένες βελτιώσεις που θα ήταν πολύ χρήσιμες για την μετέπειτα εξέλιξη του project «ΟΔΥΣΣΕΑΣ».

Σε πρώτη φάση, το κομμάτι που χρειάζεται άμεση βελτίωση είναι οι κραδασμοί και οι ταλαντώσεις που μεταφέρονται από τον δρόμο σε διάφορα εξαρτήματα, όπως οι ράβδοι στήριξης των αισθητηρίων, η βάση του ρομποτικού βραχίονα και η ασύρματη κάμερα. Το αποτέλεσμα είναι να γίνεται λανθασμένο διάβασμα των εδαφικών ανωμαλιών, κάνοντας το αμαξίδιο να σταματάει χωρίς να χρειάζεται, και επιπλέον να δοκιμάζονται τα όρια αντοχής των αρθρώσεων του βραχίονα. Ως λύση προτείνουμε την προσθήκη ελαστικών τροχών με αεροθάλαμο ή ακόμα και μικρών αποσβεστήρων μοντελισμού, για την μείωση των κραδασμών και συνεπώς των προβλημάτων που προκύπτουν. Με αυτόν τον τρόπο θα βελτιωθεί και η ποιότητα της εικόνας που λαμβάνουμε από την βιντεοκάμερα.

Ένα άλλο σκέλος που μας προβλημάτισε κατά την ανάπτυξη της εργασίας ήταν οι συσσωρευτές. Οι μπαταρίες που χρησιμοποιήσαμε είναι στερεού τύπου μία 12V, 7.2 Ah για την τροφοδοσία των περιφερειακών συσκευών και του κινητήρα, και μία 6V, 7Ah για την τροφοδοσία του μικροελεγκτή και των πλακετών. Παρά την αυξημένη ισχύ τους, αντιμετωπίσαμε προβλήματα πτώσης τάσης και ανεπαρκούς φόρτισης, πράγμα που μείωνε δραστικά την αυτονομία του όλου συστήματος. Έτσι,

λοιπόν, προτείνουμε την προσθήκη ενός φωτοβολταϊκού πάνελ μικρών διαστάσεων το οποίο θα ικανοποιεί τις ανάγκες για ρεύμα.

Μία άλλη βελτίωση είναι η ποιότητα εικόνας της κάμερας. Λόγω του χαμηλού της κόστους αγοράς, έχει αντίστοιχα μία χαμηλή ποιότητα εικόνας. Έτσι, η αλλαγή της με μία καλύτερη θα βοηθούσε σε επιπλέον εξέλιξη του «project», όπως είναι η αναγνώριση εικόνας. Βέβαια, κάτι τέτοιο προϋποθέτει την αλλαγή του ρομποτικού βραχίονα ο οποίος επίσης προστέθηκε για ακαδημαϊκούς σκοπούς. Ιδιαίτερα, η αλλαγή των πλαστικών μελών του με ισχυρότερα (π.χ. αλουμινίου) θα βοηθούσε στην σταθερότητα της βιντεοκάμερας και συνεπώς στην λήψη βίντεο. Επίσης, η αλλαγή των DC κινητήρων του βραχίονα με servo ισχύος θα έδινε ένα ακόμα πλεονέκτημα, στην μετακίνηση αντικειμένων μεγαλύτερου βάρους.

Πιθανή βελτίωση, είναι η αναβάθμιση του υπάρχοντος μικροελεγκτή. Η πλακέτα Arduino Uno που χρησιμοποιούμε ως τώρα, έχει το μειονέκτημα των λίγων, για την περίπτωσή μας, ελεύθερων pins. Οι συνολικά 14 ψηφιακές είσοδοι/έξοδοι και οι 6 αναλογικές είσοδοι επαρκούν οριακά για την προσαρμογή όλων των περιφερειακών εξαρτημάτων, και ο κίνδυνος διαταραχής στο ίδιο pin από την μία συσκευή στην άλλη είναι άμεσος. Με την εισαγωγή της πλακέτας Arduino Mega, προβλήματα τέτοιας φύσεως θα εξαλειφτούν. Ο Arduino Mega περιέχει τον μικροελεγκτή ATmega2560 με 54 ψηφιακές είσοδοι/έξοδοι και 16 αναλογικές είσοδοι. Παράλληλα, έχει και περισσότερη χωρητικότητα στις επιμέρους μνήμες που καλύπτουν όλες τις ανάγκες και τις απαιτήσεις.

Από την πλευρά του software, βελτίωση μπορεί να γίνει στην ρουτίνα παράκαμψης, ώστε ο χρήστης να μπορεί να προσθέσει παράκαμψη με παραπάνω από ένα waypoint. Επιπλέον, απλοποιήσεις που μπορούν να γίνουν στην ρουτίνα που διαβάζει το δεκαεξαδικό πληκτρολόγιο καθώς και αλλαγές στην ρουτίνα αποφυγής εμποδίων θα είχε ως αποτέλεσμα λιγότερο χρόνο εκτέλεσης του κώδικα και μεγαλύτερη αποδοτικότητα του συστήματος.

Τέλος, αξίζει να αναφερθούμε σε μια πιθανή λύση στο πρόβλημα αποστολής και λήψης δεδομένων μεταξύ ρομποτικής πλατφόρμας και κέντρου ελέγχου, το οποίο διαπιστώθηκε κατά την διάρκεια εκτέλεσης των πειραμάτων. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να επιλυθεί με την εγκατάσταση ενός ακόμα μικροελεγκτή. Ο μικροελεγκτής αυτός θα λειτουργήσει σε συνδυασμό με τον πομποδέκτη XBEE, ως δέκτης πληροφοριών (receiver). Με τον τρόπο αυτό ο πομποδέκτης XBEE θα συνδεθεί

πρώτα στον μικροελεγκτή, και όχι απευθείας στον υπολογιστή, και πλέον θα υπάρχει η δυνατότητα να προγραμματίσουμε τον δέκτη, βελτιώνοντας σημαντικά την ακρίβεια των δεδομένων που λαμβάνουμε. Επίσης, με κατάλληλες μεθοδολογίες προγραμματισμού, θα υπάρχει η δυνατότητα συμπλήρωσης και διόρθωσης των δεδομένων.

6.2 Μελλοντικές εφαρμογές

Η πλατφόρμα ΟΔΥΣΣΕΑΣ θα μπορούσε να είναι ένα τεχνολογικό προϊόν παραγωγής και να καλύπτει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Μία από αυτές θα μπορούσε να είναι η χρήση του ως μέλος ομάδας διάσωσης. Σε περίπτωση εγκλωβισμού ενός θύματος σε χιονοστιβάδα ή σε συντρίμια μετά από σεισμό, ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ θα μπορούσε να καθοδηγηθεί μέχρι εκείνο το σημείο και μέσω του ρομποτικού βραχίονα να αφήσει ένα κουτί πρώτων βοηθειών. Επίσης, με το ασύρματο σύστημα επικοινωνίας και με την προσθήκη ενός ηχείου, ο χειριστής θα μπορεί να δώσει κάποιες συμβουλές επιβίωσης στο θύμα μέχρι τον απεγκλωβισμό του.

Άλλη μία εφαρμογή που θα μπορούσε να έχει ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ είναι ως διαπλανητικός εξερευνητής. Ένας ρόλος ως διαστημικό όχημα θα ήταν πολύ χρήσιμο στην συλλογή πετρωμάτων από την επιφάνεια πλανητών, ιδίως με την χρήση του ρομποτικού βραχίονα.



Εικόνα 6.1: Παράδειγμα διαστημικού οχήματος

Επιπλέον, κάποιος αστροναύτης - ερευνητής μπορεί να καθοδηγεί τον ΟΔΥΣΣΕΑ και με την χρήση της κάμερας, να κάνει λήψη σημαντικών φωτογραφιών ή βίντεο. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να έχει εφαρμογή και στο γήινο περιβάλλον, για παράδειγμα, ως βοηθός ηφαιστειολόγου. Ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ, με τις κατάλληλες τροποποιήσεις και με πυροπροστασία, θα μπορεί να καθοδηγείται αρκετά βαθιά σε κάποιον κρατήρα ηφαιστείου και να συλλέγει κομμάτια λάβας ή άλλα πετρώματα για επεξεργασία.

Ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ μπορεί να έχει εφαρμογή και στον στρατιωτικό τομέα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μεταφορέας πυρομαχικών σε πεδία μάχης, όπου θα τα μεταφέρει μέσω μιας προκαθορισμένης διαδρομής μεταξύ της πρώτης γραμμής και του στρατοπέδου. Επίσης, θα μπορούσε να είναι ένα σπουδαίο εργαλείο σε ναρκοπέδια ή στην απόπλιση εκρηκτικών και βομβών. Με την προσθήκη και δεύτερου βραχίονα θα είναι ικανό να κόψει καλώδια, ή να πραγματοποιήσει κάποια άλλη ενέργεια που επιθυμεί ο χειριστής. Με μεγάλο πλεονέκτημα, την ζωντανή εικόνα μέσω της ασύρματης κάμερας, ώστε να υπάρχει «επαφή» με το επικίνδυνο σημείο.

Άλλες πιθανές εφαρμογές του Οδυσσέα μπορεί να είναι:

- Συλλογή δεδομένων σε αντίξοο περιβάλλον (έρημος, παγετώνες).
- Αυτοματοποιημένη περιπολία φύλαξης.
- Τηλεχειριζόμενος μεταφορέας βαρέων αντικειμένων.
- Αυτόματος διανομέας υλικού.
- Καθοδηγούμενο ή αυτόματο αναπηρικό καροτσάκι.

6.3 Εξελίξεις εμπλεκόμενων τεχνολογιών

Με την επιταχυνόμενη εξέλιξη της τεχνολογίας, βελτιώνονται οι συνθήκες που επικρατούσαν έως τώρα στην ηλεκτρονική. Τα microchip μικραίνουν και γίνονται λιγότερο ενεργοβόρα, οπότε απαιτείται μικρότερος όγκος και μικρότερη παροχή ισχύος για την λειτουργία τους. Έτσι, η ανάπτυξη σε τομείς, όπως τα συστήματα πλοήγησης, θα επιφέρει δέκτες GPS μεγαλύτερης ακρίβειας, μικρότερου όγκου, μεγαλύτερης επεξεργαστικής ισχύς και με μικρότερη κατανάλωση ενέργειας.

Οι τηλεπικοινωνίες δεν θα μπορούσαν να μην ακολουθούν τις κυρίαρχες τάσεις. Η ανάπτυξη τους τα τελευταία χρόνια έχει σημειώσει ραγδαία αύξηση, τόσο στον τομέα της ενσύρματης επικοινωνίας με το υψηλής ταχύτητας διαδίκτυο και τις οπτικές ίνες, όσο και στο κομμάτι της ασύρματης επικοινωνίας με τα νέας τεχνολογίας κινητά τηλέφωνα (smartphones). Η περαιτέρω εξέλιξη μπορεί να προσφέρει στο κοινό νέους ασύρματους πομποδέκτες για μεταφορά δεδομένων με μεγαλύτερη εμβέλεια και με λιγότερα σφάλματα. Επίσης, θα βελτιωθούν και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήριων και θα έχουμε ταχύτερη ειδοποίηση για κάποιο συμβάν στην βάση δεδομένων, για να γίνει η επεξεργασία τους.

Η τεχνολογική εξέλιξη δεν θα είχε υπόσταση χωρίς την συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για ηλεκτρονικά εξαρτήματα χαμηλού κόστους, μικρών διαστάσεων, με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και με μεγαλύτερη ακρίβεια και ισχύ. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, ρομποτικά οχήματα, όπως ο ΟΔΥΣΣΕΑΣ, ίσως να μπορούν στο μέλλον να λειτουργούν και να ικανοποιούν τους σκοπούς μας για μεγάλες χρονικές περιόδους με μικρότερες μπαταρίες. Επιπροσθέτως, τεχνολογίες αποδοτικών φωτοβολταϊκών ίσως τους δώσουν τη δυνατότητα να ανακτούν την χαμένη ενέργεια. Με μικρότερο βάρος και μεγαλύτερη αυτονομία, ίσως μπορούν να γίνουν ελικοφόρα ιπτάμενα οχήματα με πολύ ελαφριές κατασκευές, οι οποίες θα εξερευνούν το περιβάλλον μέχρι να τελειώσει η διαθέσιμη πηγή ενέργειας. Τέτοιες κατασκευές ίσως λύσουν πολλά από τα προβλήματα της ανθρωπότητας και βοηθήσουν στην ευρύτερη κοινωνία μας. Εξάλλου, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι πολλές από τις τεχνολογικές ανακαλύψεις, που μέχρι πρόσφατα άνηκαν στον χώρο της επιστημονικής φαντασίας, σήμερα αποτελούν μία πραγματικότητα, αν όχι καθημερινότητα.

Παραρτήματα

Λίστα υλικών πρώτης έκδοσης ΟΔΥΣΣΕΑ και αριθμών παραγγελίας τους

A/A	Περιγραφή	Μάρκα	Μοντέλο	Αρ. Κατασκευαστή	Αρ. Μεταπωλητή	Link
1	Πλακέτα Μικροελεγκτή	Arduino	Uno	DEV-09950	ARDX	http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno
2	Δέκτης GPS	USGlobalSat	EM-406A	11-0EM406CA	GPS-00465	http://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/EM-406A_User_Manual.PDF
3	GPS Shield	GPS-10710	RTL-10381	GPS-10710	GPS-09817	http://www.sparkfun.com/datasheets/Retail/SalesSheets-GPSShield-NoPrintersMarks.pdf
4	RELAY	SCHRACK	RT2	RT424012	RT424012	http://elcodis.com/datasheet.php?c=850079&c_name=RT424012&doc=605633
5	High strength Digital Servo	HiTec	HS-5755MG	35755S	113755	http://www.servocity.com/html/hs-5755mg_servo.html
6	High Speed digital Servo	Futaba	S3001	F-S3001	Δωρεά	http://www.rcmaster.gr/products.html?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=589&category_id=67
7	Υπερηχητικά αποστασιόμετρα	HC-SR04	Ultra01	HC-SR04	270755218294	http://elec Freaks.com/store/download/HC-SR04.pdf
8	Ψηφιακή πιξίδα	Honeywell	HMC6352	HMC6352-TR	SEN-07915	http://www.sparkfun.com/datasheets/Components/HMC6352.pdf
9	Μπαταρία 12V κλειστού τύπο	CSB	1272	GP1272	CSB- GP1272	http://www.batteries.gr/uploads/file/CSBGP1272.pdf
10	Power Mosfet	HEXFET	IRFZ44n	IRFZ44N,127	TO220	http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irfz44n.pdf

11	Λογική πύλη AND δύο εισόδων	On Semi	74ch08	74HC08/D	MC74HC08AN	http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/74HC08.REV1.PDF
12	Λογική πύλη NAND δύο εισόδων	Texas Instruments	74ch132	CD74HC132	CD74HC132E	http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd74hc132.pdf
13	CMOS Τρανζίστορ NPN	ST Microelectronics	2n222	P2N2222A	2N2222A	http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00003223.pdf
14	Καλωδιότητα	Amphenol	HF-34	HF-34	HF-34	http://www.marelectronics.gr/products.php?id=3400&lang=gr
15	Βύσμα καλωδιότητας (αρσενικό)	AMTEK	BH1R-16GB-L	BH1R-16GB-L	BH1R-16GB-L	http://www.amtek-co.com.tw/DB/pdf/2-101-BH1.pdf
16	Βύσμα καλωδιότητας (θηλυκό)	AMTEK	IDC1-16SB11L	IDC1-16SB11L	IDC1-16SB11L	http://www.amtek-co.com.tw/DB/pdf/P376.pdf
17	Σταθεροποιητής τάσης	On Semi	7805	MC7800/D	MC7805CT	http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/9/0p4t1g1lw0spoo5ukh2s1uxchzky.pdf
18	Σταθεροποιητής τάσης	On Semi	7806	MC7800/D	MC7806CT	
19	Ψήκτρα για Power Mosfet	Heatsink - Fischer Elektronik	FK237	FK 237 SA 220 O	4621141	http://www.farnell.com/datasheets/357683.pdf
20	Πληκτρολόγιο 16 κουμπιών	Mar	key 16	key 16	key 16	http://www.marelectronics.gr/products.php?id=4183&lang=gr
21	LCD 2x16	Gleichmann Electronics	GE-C1602B-YYH-JT/R	GE-C1602B-YYH-JT/R	GE-C1602B-YYH-JT/R	http://www.msc-ge.com/download/displays/dabla_allg/ge-c1602b-tmi-ct-r.pdf
22	Κλέμα	Sauro	MSD-2004	MSD02004-00000E	MSD02004	http://www.sauro.net/pdf/cat/SAURO_MSD_1a.pdf
23	Φωτοευαίσθητη πλακέτα	MAR	VK511-4	VK511-4	VK511-4	http://www.marelectronics.gr/products.php?id=3091&lang=gr
24	Δίοδος	LITE - ON	1N4007	1N4001-T	1N4007T/10	http://www.diodes.com/datasheets/ds28002.pdf
25	button	Amteck	SWTA6601HX	SWTA6601HC	SWTA6601H16	http://www.amtek-co.com.tw/DB/pdf/DIP%20SWITCH.pdf

26	Βύσμα υποδοχής Servo (θηλυκό)	Amtek	2544H	2544H-03R-L	2544H-03	http://www.amtek-co.com.tw/DB/pdf/3-92-2544H.pdf
27	Βύσμα υποδοχής υπερηχητικών αισθητηρίων (θηλυκό)	Amtek	2544H	2544H-04R-L	2544H-04	http://www.amtek-co.com.tw/DB/pdf/3-92-2544H.pdf
28	Βύσμα υποδοχής Servo (αρσενικό)	Amtek	2542R	2542S-03TW-L	2542R-03TW-L	http://www.amtek-co.com.tw/DB/pdf/3-91-2542S-R.pdf
29	Βύσμα υποδοχής υπερηχητικών αισθητηρίων (αρσενικό)	Amtek	2542R	2542S-04TW-L	2542R-04TW-L	
30	Αντίσταση	Riedon	MF Series	MF60-560Ω/10	MF60-560Ω/10	http://pdf1.alldatasheet.net/datasheet-pdf/view/241238/RIEDON/MF60.html
32	Trimmer	Piher	PT10LV	PT10LV-10K	PT10LV-10K	http://www.soselectronic.com/a_info/resource/a/pdf/pt10.pdf

Λίστα υλικών δεύτερης έκδοσης ΟΔΥΣΣΕΑ και αριθμών παραγγελίας τους

A/A	Περιγραφή	Κατασκευαστής	Αριθμός Κατασκευαστή	Προμηθευτής	Αριθμός Προμηθευτή	Link
1	Hamy C-201 Wireless Mini Camera	Shen Zhen Keying Science	C-201	LightInTheBox	00024256	http://www.lightinthebox.com/Wireless-Mini-Spy-Camera--2-4GHz-_p24256.html
2	Wireless USB DVR 2.4GHz, 4 Channels	Podar Technology Development	QT-U601	LightInTheBox	00071385	http://www.lightinthebox.com/Wireless-USB-DVR--2-4GHz---4-Channels-_p71385.html?pos=ultimately_buy_1
3	OWI-535 Robotic Arm Edge Kit	Owi Robotics	Owi-535	Owi Robotics	525	http://www.owirobots.com/cart/html/owi-535-robotic-arm-edge-kit.html
4	Αποκωδικοποιητής MUX shield	Mayhew Labs		Sparkfun Electronics	DEV-09832	https://www.sparkfun.com/products/9832?
5	Πομποδέκτες X-Bee	Digi International	XBP09-DPSIT-156	Microcontroller Pros LLC	XBP09-DPSIT156	http://microcontrollershop.com/product_info.php?products_id=4458
6	Xbee shield	Tinyos Electronics	G4E5B0A8B44AA3	Duino Shop	320891025210	http://www.ebay.com/itm/XBee-shield-for-Arduino-UNO-MEGA-/320891025210?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item4ab698773a
7	Xbee USB Adapter	Tinyos Electronics	G4CB1394ABEBC3	Easyduino	230752031800	http://www.ebay.com/itm/Xbee-USB-Adapter-XBee-Explorer-Free-Cable-/230752031800?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item35b9e49438

8	Κεραίες 900 MHz	Sparkfun Electronics	WRL-09143	Sparkfun Electronics	9143	https://www.sparkfun.com/products/9143
9	Μπαταρία 6V κλειστού τύπου	BIG BAT	GP1272	MAR Electronics	BIG06100	http://www.marelectronics.gr/products.php?id=612&lang=gr
10	Βύσματα IDC (θηλυκό)	AMTEK	IDC1-16SB11L	AMTEK	IDC1-16SB11L	http://www.amtek-co.com.tw/DB/pdf/P376.pdf
11	Βύσματα IDC (αρσενικό)	AMTEK	BH1R-16GB-L	AMTEK	BH1R-16GB-L	http://www.amtek-co.com.tw/DX/pdf/2-101-BH1.pdf
12	Quadruple half H Bridge Drivers	Texas Instruments	L293D	Yourduino	EC-100406	http://www.ti.com/product/l293
13	Αντιστάσεις 1kΩ	Jameco Electronics	CF1/4W102JRC	MAR Electronics	CF1/4W102JRC	http://www.jameco.com/1/1/28709-cf1-4w102jrc-1k%CF%89-carbon-film-1-4w-resistor-resistance-1k-8486.html
14	Πυκνωτές 1nF	Vishay	F102K39Y5RN6UK5R	MAR Electronics	683-2119	http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0d81/0900766b80d81bfa.pdf
15	Πυκνωτές 10μF	Jameco Electronics	R1/50	MAR Electronics		http://www.jameco.com/1/1/25189-r1-50-1%CE%BCf-50v-electrolytic-capacitor.html

Φύλλα δεδομένων ηλεκτρονικών στοιχείων

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά από τα φύλλα δεδομένων από τα σημαντικότερα στοιχεία που χρησιμοποιήσαμε κατά την κατασκευή της εργασίας.

X-BEE Pro 900

Key Features

High Performance, Low Cost

- Indoor/Urban: up to 450ft (140m)
- Outdoor line-of-sight: up to 1.8 miles (3 km)
- Transmit Power Output: 50 mW (+17dBm)
- Receiver Sensitivity: -100 dBm
- RF Data Rate: 156.25 kbps

Advanced Networking & Security

- Retries and Acknowledgements
- Point-to-point, point-to-multipoint and peer-to-peer topologies supported
- Self-routing, self-healing mesh networking

Low Power

XBee-PRO® 900

- TX Current: 210 mA (@3.3 V)
- RX Current: 80mA (@3.3 V)
- 60 uA typical cyclic sleep.

Easy-to-Use

- No configuration necessary for out-of box RF communications
- AT and API Command Modes for configuring module parameters
- Small form factor
- Extensive command set
- Free X-CTU Software (Testing and configuration software)

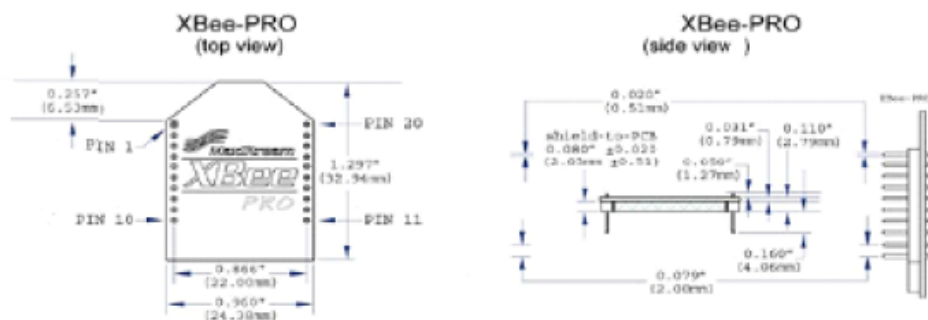
Electrical Characteristics

DC Characteristics of the XBee-PRO® 900 (VCC =3.0-3.6VDC)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typical	Max	Units
V _{IL}	Input Low Voltage	All Digital Inputs	-	-	0.2 * VCC	V
V _{IH}	Input High Voltage	All Digital Inputs	0.8 * VCC	-	-	V
V _{OL}	Output Low Voltage	I _{OL} = 2 mA, VCC >= 3.0 V	-	-	0.18*VCC	V
V _{OH}	Output High Voltage	I _{OH} = 2 mA, VCC >= 3.0 V	0.82*VCC	-	-	V
I _{IN}	Input Leakage Current	V _{IN} = VCC or GND, all inputs, per pin	-	-	0.5uA	uA

Mechanical Drawings

Mechanical drawings of the XBee-PRO® 900 OEM RF Modules (antenna options not shown)



Specifications

Specifications of the XBee-PRO® 900 OEM RF Module

Specification	XBee-PRO® 900
Performance	
Indoor/Urban Range	up to 450ft (140m).
Outdoor RF line-of-sight Range	up to 1.8 miles (3 km) w/2.1dB dipole antenna up to 6 miles (10 km) w/high gain antenna
Transmit Power Output	+17 dBm (50 mW)
RF Data Rate	156.25 kbps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	3.3V CMOS Serial UART (5V tolerant UART)
Receiver Sensitivity	-100dBm
Power Requirements	
Supply Voltage	3.0 to 3.6 VDC
Operating Current	210mA, (180 mA typical)
Operating Current (Receive)	80mA
Sleep Current	60 uA typical @ 3.3V
General	
Operating Frequency Band	902-928 MHz (ISM)
Dimensions	0.962 in x 1.312 in (2.443 cm x 3.332 cm)
Operating Temperature	-40 to 85 C (Industrial), 0 to 95% non-condensing
Connector Options	1/4 wave wire antenna, RPSMA RF connector, U.FI RF connector
Networking & Security	
Supported Network Topologies	Mesh, point-to-point, point-to-multipoint, peer-to-peer
Number of Channels (software selectable)	8 hopping patterns on 12 channels
Addressing Options	PAN ID, Channel, 64-bit addresses
Encryption	128 bit AES
Agency Approvals	
United States (FCC Part 15.247)	FCC ID: MCQ-XBEE09P
Industry Canada (IC)	IC: 1846A-XBEE09P
Europe (CE)	N/A

MUX Shield



Data sheet acquired from Harris Semiconductor
SCHS209C

February 1998 - Revised July 2003

CD74HC4067, CD74HCT4067

High-Speed CMOS Logic 16-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer

Features

- Wide Analog Input Voltage Range
- Low "ON" Resistance
 - $V_{CC} = 4.5V$ 70Ω (Typ)
 - $V_{CC} = 6V$ 60Ω (Typ)
- Fast Switching and Propagation Speeds
- "Break-Before-Make" Switching. . . . 6ns (Typ) at 4.5V
- Available in Both Narrow and Wide-Body Plastic Packages
- Fanout (Over Temperature Range)
 - Standard Outputs 10 LSTTL Loads
 - Bus Driver Outputs 15 LSTTL Loads
- Wide Operating Temperature Range . . . -55°C to 125°C
- Balanced Propagation Delay and Transition Times
- Significant Power Reduction Compared to LSTTL Logic ICs
- HC Types
 - 2V to 6V Operation
 - High Noise Immunity: $N_{IL} = 30\%$, $N_{IH} = 30\%$ of V_{CC} at $V_{CC} = 5V$
- HCT Types
 - 4.5V to 5.5V Operation
 - Direct LSTTL Input Logic Compatibility, $V_{IL} = 0.8V$ (Max), $V_{IH} = 2V$ (Min)
 - CMOS Input Compatibility, $I_I \leq 1\mu A$ at V_{OL} , V_{OH}

Description

The CD74HC4067 and CD74HCT4067 devices are digitally controlled analog switches that utilize silicon-gate CMOS technology to achieve operating speeds similar to LSTTL, with the low power consumption of standard CMOS integrated circuits.

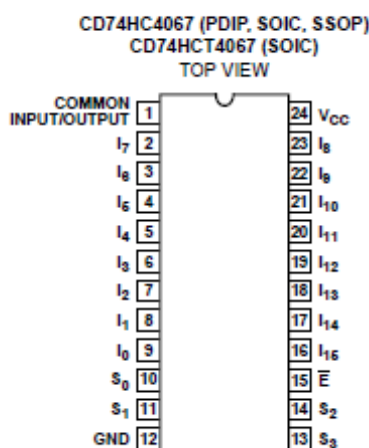
These analog multiplexers/demultiplexers control analog voltages that may vary across the voltage supply range. They are bidirectional switches thus allowing any analog input to be used as an output and vice-versa. The switches have low "on" resistance and low "off" leakages. In addition, these devices have an enable control which when high will disable all switches to their "off" state.

Ordering Information

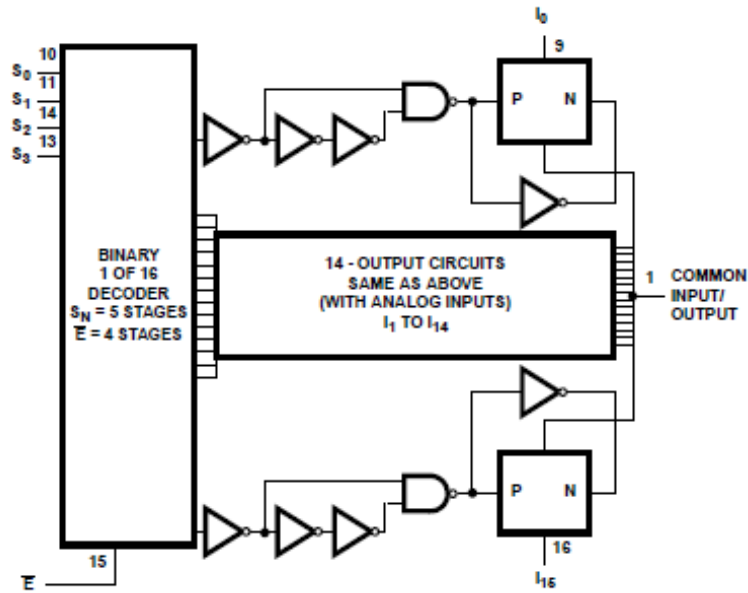
PART NUMBER	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE
CD74HC4067E	-55 to 125	24 Ld PDIP
CD74HC4067M	-55 to 125	24 Ld SOIC
CD74HC4067M96	-55 to 125	24 Ld SOIC
CD74HC4067SM96	-55 to 125	24 Ld SSOP
CD74HCT4067M	-55 to 125	24 Ld SOIC

NOTE: When ordering, use the entire part number. The suffix 96 denotes tape and reel.

Pinout



Functional Diagram



Absolute Maximum Ratings

DC Supply Voltage, V_{CC} (Voltages Referenced to Ground)	-0.5V to 7V
DC Input Diode Current, I_{IK} For $V_I < -0.5V$ or $V_I > V_{CC} + 0.5V$	$\pm 20mA$
DC Drain Current, I_O For $-0.5V < V_O < V_{CC} + 0.5V$	$\pm 25mA$
DC Output Diode Current, I_{OK} For $V_O < -0.5V$ or $V_O > V_{CC} + 0.5V$	$\pm 20mA$
DC Output Source or Sink Current per Output Pin, I_O For $V_O > -0.5V$ or $V_O < V_{CC} + 0.5V$	$\pm 25mA$
DC V_{CC} or Ground Current, I_{CC}	$\pm 50mA$

Operating Conditions

Temperature Range, T_A	-55°C to 125°C
Supply Voltage Range, V_{CC} HC Types2V to 6V
HCT Types	4.5V to 5.5V
DC Input or Output Voltage, V_I , V_O	0V to V_{CC}
Input Rise and Fall Time 2V	1000ns (Max)
4.5V	500ns (Max)
6V	400ns (Max)

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical)	θ_{JA} (°C/W)
E (PDIP) Package, Note 1	67
M (SOIC) Package, Note 2	46
SM (SSOP) Package, Note 2	63
Maximum Junction Temperature (Plastic Package)	150°C
Maximum Storage Temperature Range	-65°C to 150°C

L293D

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

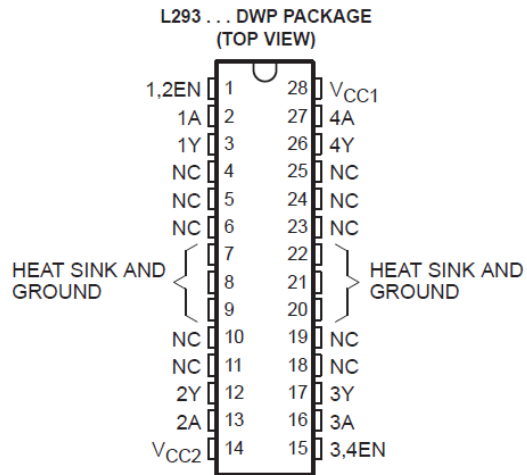
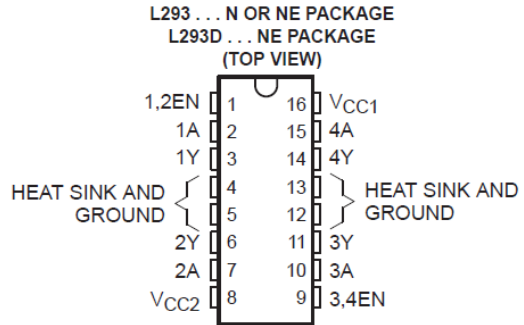
SLRS008C – SEPTEMBER 1986 – REVISED NOVEMBER 2004

- Featuring Unitorde L293 and L293D Products Now From Texas Instruments
- Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V
- Separate Input-Logic Supply
- Internal ESD Protection
- Thermal Shutdown
- High-Noise-Immunity Inputs
- Functionally Similar to SGS L293 and SGS L293D
- Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)
- Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)
- Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)

description/ordering information

The L293 and L293D are quadruple high-current half-H drivers. The L293 is designed to provide bidirectional drive currents of up to 1 A at voltages from 4.5 V to 36 V. The L293D is designed to provide bidirectional drive currents of up to 600-mA at voltages from 4.5 V to 36 V. Both devices are designed to drive inductive loads such as relays, solenoids, dc and bipolar stepping motors, as well as other high-current/high-voltage loads in positive-supply applications.

All inputs are TTL compatible. Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN. When an enable input is high, the associated drivers are enabled, and their outputs are active and in phase with their inputs. When the enable input is low, those drivers are disabled, and their outputs are off and in the high-impedance state. With the proper data inputs, each pair of drivers forms a full-H (or bridge) reversible drive suitable for solenoid or motor applications.



ORDERING INFORMATION

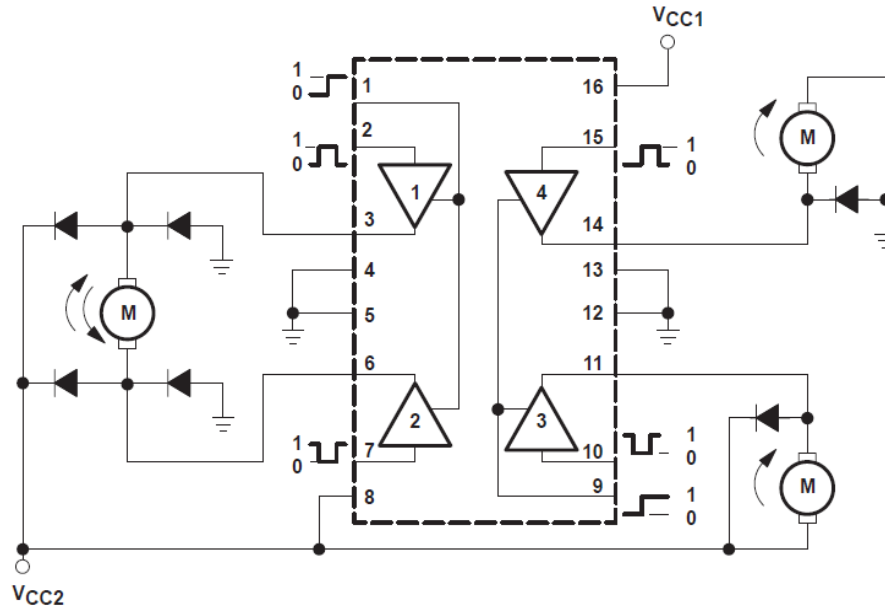
T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	HSOP (DWP)	Tube of 20	L293DWP	L293DWP
	PDIP (N)	Tube of 25	L293N	L293N
	PDIP (NE)	Tube of 25	L293NE	L293NE
		Tube of 25	L293DNE	L293DNE

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

description/ordering information (continued)

On the L293, external high-speed output clamp diodes should be used for inductive transient suppression. A V_{CC1} terminal, separate from V_{CC2} , is provided for the logic inputs to minimize device power dissipation. The L293 and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.

block diagram



NOTE: Output diodes are internal in L293D.

FUNCTION TABLE
(each driver)

INPUTS†		OUTPUT
A	EN	Y
H	H	H
L	H	L
X	L	Z

H = high level, L = low level, X = irrelevant, Z = high impedance (off)

† In the thermal shutdown mode, the output is in the high-impedance state, regardless of the input levels.

Ευρετήρια

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1.1: Ο τηλεγράφος του Μόρς	1
Εικόνα 1.2: Κώδικας Μόρς.....	2
Εικόνα 1.3: Dyna-Tac, το πρώτο κινητό τηλέφωνο της Motorola	4
Εικόνα 1.4: Ρομποτική πλατφόρμα ΟΔΥΣΣΕΑΣ	5
Εικόνα 3.1: πλακέτα Arduino Uno	14
Εικόνα 3.2: GPS EM-406A & Arduino Uno	14
Εικόνα 3.3: Ψηφιακή πυξίδα HMC6353	15
Εικόνα 3.4: Υπερηχητικά αποστασιόμετρα	15
Εικόνα 3.5: Servo τιμονιού	15
Εικόνα 3.6: Servo αισθητηρίου.....	15
Εικόνα 3.9: Πλακέτα ισχύος	16
Εικόνα 3.7: Πληκτρολόγιο 4x4.....	16
Εικόνα 3.8: Οθόνη LCD	16
Εικόνα 3.10: Ασύρματη βιντεοκάμερα.....	17
Εικόνα 3.11: Ασύρματος δέκτης USB.....	18
Εικόνα 3.12: Ρομποτικός βραχίονας OWI Edge.....	18
Εικόνα 3.13: Γέφυρες τύπου H.....	21
Εικόνα 3.14: Το ολοκληρωμένο chip L293D	21
Εικόνα 3.15: Συνδεσμολογία L293D.....	21
Εικόνα 3.16: Ηλεκτρονικό σχέδιο πλακέτας βραχίονα	23
Εικόνα 3.17: Πλακέτα ελέγχου βραχίονα.....	24
Εικόνα 3.18: Αποκωδικοποιητής (Mux shield)	26
Εικόνα 3.19: Αποκωδικοποιητής 74HC4067	27
Εικόνα 3.20: Xbee Pro 900 & Xbee shield.....	28
Εικόνα 3.21: Πλακέτα διασύνδεσης περιφερειακών ακροδεκτών	30
Εικόνα 4.1: Το περιβάλλον Arduino IDE.....	33
Εικόνα 4.2: Το γραφικό περιβάλλον “Processing”	34
Εικόνα 4.3: Περιβάλλον.....	34
Εικόνα 4.4: Το πρόγραμμα X-CTU	35
Εικόνα 4.5: Κεντρική ρουτίνα	37
Εικόνα 4.6: Ρουτίνα ασύρματης εισαγωγής στιγμάτων	39
Εικόνα 4.7: Ρουτίνα απομακρυσμένου ελέγχου	41
Εικόνα 4.8: Ρουτίνα παράκαμψης.....	42
Εικόνα 4.9: Ρουτίνα reset.....	43
Εικόνα 4.10: Ρουτίνα καταγραφής αρχικού σημείου	43
Εικόνα 4.11: Ρουτίνα ελέγχου waypoint	44
Εικόνα 5.1: Διάγραμμα ορθής λήψης δεδομένων.....	52
Εικόνα 5.2: Αποθήκευση αρχικών συντεταγμένων	55
Εικόνα 5.3: Σημεία επιλεγμένης διαδρομής	55
Εικόνα 5.4: Εισαγωγή συντεταγμένων	56
Εικόνα 5.5: Ένδειξη "Manual point"	56
Εικόνα 5.6: Ένδειξη παράκαμψης	57
Εικόνα 5.7: Συντεταγμένες παράκαμψης.....	57

Εικόνα 5.8: Μήνυμα ολοκλήρωσης διαδρομής	57
Εικόνα 5.9: Μήνυμα επιστροφής στο αρχικό σημείο	57
Εικόνα 6.1: Παράδειγμα διαστημικού οχήματος	61

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 3-1: Καταστάσεις εισόδων & φορά περιστροφής κινητήρα	22
Πίνακας 3-2: Τάση μελών βραχίονα και η λειτουργία τους	22
Πίνακας 3-3: Κατανομή I/O pins	25
Πίνακας 3-4: Πίνακας αληθείας πολυπλέκτη	27
Πίνακας 3-5: Κατανομή pin & συγκρούσεις	29
Πίνακας 5-1: Έλεγχος ασύρματης επικοινωνίας	49
Πίνακας 5-2: Έλεγχος μεταφοράς δεδομένων	51
Πίνακας 5-3: Έλεγχος μεταφοράς δεδομένων κατ' επανάληψη	52

Βιβλιογραφία

1. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ, Α. και ΛΑΓΟΓΙΑΝΝΗΣ, Γ., *Τηλεπικοινωνίες και δίκτυα υπολογιστών* (7η εκδ.; Αθήνα: Γιαλός, 2010).
2. ΚΩΤΤΗΣ, Π. Γ., *Διαμόρφωση και μετάδοση σημάτων* (2η εκδ.; Θεσσαλονίκη: Εκδ. Τζιόλα, 2008).
3. Llenga, Arber και Πατσώνας, Κωνσταντίνος, ‘Ανάπτυξη συστήματος αυτόνομης πλοήγησης και αποφυγής εμποδίων για ηλεκτροκίνητο αμαξίδιο’ Πτυχιακή εργασία (ΑΤΕΙΘ,2011).
4. ALCATEL LUCENT, ‘Historical Timeline’, *Alcatel Lucent* [ιστοσελίδα] (2013), <<http://www.alcatel-lucent.com/...>>, πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.
5. BAKER, W., *History of the Marconi Company 1874-1965* (Νέα έκδ.; New York: Routledge,1998).
6. BBC, ‘Alexander Graham Bell (1847 - 1922)’, *BBC* [ιστοσελίδα] (2013) <http://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/bell_alexander_graham.shtml>, πρόσβαση 21 Ιαν. 2013.
7. GILMORE, C. M., *Μικροεπεξεργαστές. Θεωρία και Εφαρμογές* (2η εκδ.; Θεσσαλονίκη: Εκδ. Τζιόλα, 2006).
8. HA, PETER, ‘All-TIME 100 Gadgets’, *Time*, 25 Οκτ. 2010 [ηλεκτρονική βάση δεδομένων], πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.
9. HELFENSTEIN, M. and MOSCHYTZ, G. S., *Circuits and Systems for Wireless Communications* (Boston, USA: Kluwer Academic Publishers, 2000).
10. HOCHFELDER, D., ‘Joseph Henry: Inventor of the Telegraph?’, *Smithsonian Institution Archives* [ηλεκτρονικό έγγραφο] (2007), <http://siarchives.si.edu/sites/default/files/pdfs/jhpp/JHP_Inventor_of_the_Telegraph.pdf> , πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.
11. HOME, RODERICK W., ‘Franklin's Electrical Atmospheres’, *The British Journal for the History of Science* [ηλεκτρονικό περιοδικό], 6/02 (1972), 131-151.<<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=2908756&fulltextType=RA&fileId=S0007087400012255>> , πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.
12. IGOE, T., *Making Things Talk* (1η εκδ.; USA: O'Reilly Media Inc., 2007).

13. INSTRUCTABLES, 'Control an OWI Robotic Arm with Arduino', *Instructables* [ιστοσελίδα] (2011), <<http://www.instructables.com/id/Intro-and-what-youll-need/>>, πρόσβαση 23 Ιαν. 2013.
14. INSTRUCTABLES, 'Processing Controls R/C Car with XBee modules', *Instructables* [ιστοσελίδα] (2011), <<http://www.instructables.com/id/Processing-Controls-RC-Car-with-XBee-modules/>>, πρόσβαση 23 Ιαν. 2013.
15. ITOH, T., HADDAD, G. and HARVEY, J., *RF Technologies for Low Power Wireless Communications* (UK: John Wiley & Sons, 2001).
16. KOBAKANT, 'Xbee Serial Communication', *Kobakant* [ιστοσελίδα] (2012), <<http://www.kobakant.at/DIY/?p=772>>, πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.
17. LET'S MAKE ROBOTS, 'Wireless upload / link of Arduino using Xbee modules', *Let's make robots* [ιστοσελίδα] (2010), <<http://letsmakerobots.com/node/23869>>, πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.
18. MOLISCH, A., *Wireless Communications* (2^η εκδ., Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2011).
19. MONK, S., *30 Arduino Projects for the Evil Genius* (U.S.: McGraw-Hill, 2010).
20. MOTOROLA SOLUTIONS, 'Cell phone Development', *Motorola Solutions* [ιστοσελίδα] (2013), <<http://www.motorolasolutions.com/US-EN/About/Company+Overview/History/Explore+Motorola+Heritage/Cell+Phone+Development>>, πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.
21. NATIONAL HIGH MAGNETIC LABORATORY, 'Morse Telegraph', National High Magnetic Laboratory [ιστοσελίδα] (2013) <<http://www.magnet.fsu.edu/education/tutorials/museum/morsetelegraph.html>>, πρόσβαση 20 Ιαν. 2013.
22. NATIONAL RADIO ASTRONOMY OBSERVATORY, 'Pre-History of Radio Astronomy', National Radio Astronomy Observatory [ιστοσελίδα] (2003), <http://www.nrao.edu/whatisra/hist_prehist.shtml>, πρόσβαση 22 Ιαν. 2013.
23. NEWS AND MEDIA, UNITED NATIONS RADIO, 'ITU:Six billion mobile phone subscribers worldwide and still growing', *News and Media, United Nations Radio* [ιστοσελίδα] (2012) <<http://www.unmultimedia.org/radio/english/2012/10/itusix-billion-mobile-phone-subscribers-worldwide-and-still-growing/>>, πρόσβαση 21 Ιαν. 2013.

24. NOOTROPIC DESIGN, 'Wireless Robotics Platform', *Project Lab* [ιστοσελίδα] (2010)
<<http://nootropicdesign.com/projectlab/2010/03/04/wireless-robotics-platform/>>, πρόσβαση 23 Ιαν. 2013.
25. OCHOA, G. J., 'A Swarm of Xbees! Arduino Xbee Wireless & More', *Bilddr. blog*, [ηλεκτρονικό έγγραφο] (2011) , <<http://bildr.org/2011/04/arduino-xbee-wireless/>>, πρόσβαση 23 Ιαν. 2013.
26. OXER, J. and BLEMING, H., *Practical Arduino: Cool Projects for Open Source Hardware* (U.S.A.: Apress, 2009).
27. POOLE RADIO SOCIETY, 'Morse Code Receiving Crib Sheet', *Poole Radio Society* [ιστοσελίδα] (2012)
<http://www.g4prs.org/Foundation%20Course%20Material/CW_Receiving_Crib_Sheet.htm>, πρόσβαση 20 Ιαν. 2013.
28. SAYERS, C., *Remote Control Robotics* (New York: Springer-Verlag, 1999).
29. SHEPHERD, W., HULLEY, L. N. και LIANG, D. T. W., *Power Electronics and Motor Control* (2η εκδ., UK: Cambridge University Press, 1995).
30. SHIRCLIFF, D. R., *Build a Remote-Controlled Robot* (USA: McGraw-Hill, 2002).
31. TAN, H. H. and D'ORAZIO, T. B., *C για Μηχανικούς* (Θεσσαλονίκη: Εκδ. Τζιόλα, 2009).
32. TITUS, J., *Hands-on Xbee Lab Manual. Experiments that Teach you Xbee Wireless Communications* (Kidlington, UK: Elsevier, 2012).
33. TOMPROS, J., 'Control an RC car via PC using Xbee', *Electronics Projects & Programming* [ηλεκτρονικό έγγραφο] (2009),
<<https://sites.google.com/site/electronicprojectsprogramming/control-an-rc-car-via-pc-using-xbee>>, πρόσβαση 23 Ιαν. 2013.
34. WARREN, J. D., ADAMS, J. AND MOLLE, H., *Arduino Robotics* (New York: Apress, 2011).