



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ  
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

Διπλωματική Εργασία

Πλοήγηση, Τηλεπλοήγηση της αυτοκινούμενης  
πλατφόρμας Hellenak και ανίχνευση εμποδίων



*Ιωάννης Μαργώνης*

*Επιβλέπων καθηγητής: Δρ. Νικόλαος Τσουρβελούδης*

*Χανιά 2004*

## **Ευχαριστίες**

Οι σπουδές μου στο τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης μου προσέφεραν πολλές γνώσεις αλλά και πολλές αναμνήσεις. Είμαι περήφανος που φοίτησα στο συγκεκριμένο τμήμα και η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί την ολοκλήρωση των σπουδών μου και το τελευταίο σκαλοπάτι για το πτυχίο.

Κατά τη διάρκεια των σπουδών, αλλά και στη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου, ήταν πολλά τα άτομα εκείνα που με υποστήριξαν και με βοήθησαν με διάφορους τρόπους. Είναι δύσκολο να τους μνημονεύσω όλους, ωστόσο θα ήθελα να αναφέρω κάποιους από αυτούς που συνέβαλαν στην πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Τσουρβελούδη Νικόλαο, που μου έδειξε εμπιστοσύνη αναθέτοντάς μου την συγκεκριμένη εργασία αλλά και κατά τη διάρκεια εκπόνησής της. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο του εργαστηρίου Ευφών Συστημάτων και Ρομποτικής, Πιπερίδη Σάββα, για την βοήθειά του σε αρκετά στάδια της εργασίας και για τις υποδείξεις του. Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Καλουτσάκη Γεώργιο, που σχεδίασε και κατασκεύασε την πλατφόρμα Hellenak, που όποτε του ζήτησα να μου λύσει κάποιες απορίες γύρω από τη λειτουργία της πλατφόρμας ήταν πρόθυμος να βοηθήσει. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον φίλο μου, Μανδουραράκη Ιωάννη, φοιτητή του τμήματος Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πολυτεχνείου Κρήτης, που με βοήθησε αρκετά σε θέματα ηλεκτρονικής.

Θα ήθελα ακόμα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όλους τους φίλους μου και να ζητήσω συγγνώμη αν ξέχασα να αναφέρω κάποιον.

*Μαργώνης Ιωάννης  
Χανιά 2004*

*Αφιερωμένη στους γονείς μου  
και σε αυτούς που πίστεψαν σε μένα*

## **Περιεχόμενα**

<b>Λίστα εικόνων .....</b>	<b>6</b>
<b>Λίστα πινάκων .....</b>	<b>7</b>
<b>Λίστα σχημάτων .....</b>	<b>7</b>
<b>Περίληψη .....</b>	<b>8</b>
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εισαγωγή .....</b>	<b>9</b>
1.1 Πρόλογος.....	9
1.2 Η πλατφόρμα Hellenak.....	9
1.3 Περιγραφή του προβλήματος.....	9
1.4 Δομή της εργασίας.....	10
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Περιγραφή της πλατφόρμας Hellenak .....</b>	<b>11</b>
2.1 Εισαγωγή .....	11
2.2 Περιγραφή .....	11
2.2.1 Λειτουργικά Στοιχεία .....	12
2.2.2 Ενεργειακές Απαιτήσεις .....	12
2.2.3 Μπαταρίες .....	13
2.2.4 Αδιάλειπτη Παροχή Ρεύματος (UPS) .....	14
2.2.5 Ηλεκτρονικός Υπολογιστής .....	14
2.2.6 Κινητήρες .....	14
2.2.7 Οδηγοί Κινητήρων [5] .....	15
2.2.8 Οδόμετρα [6] .....	18
2.2.9 Κάρτα Ελέγχου [7] .....	20
2.2.10 Φωτοηλεκτρικά Αισθητήρια [8] .....	20
2.2.11 Πηδάλιο .....	23
2.2.12 Φάρος .....	23
2.2.13 Στοιχεία Ασφάλειας .....	24
2.2.14 Επιπλέον Εξαρτήματα.....	25
2.2.15 Συνδέσεις.....	25
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: Κινηματική.....</b>	<b>26</b>
3.1 Εισαγωγή .....	26
3.2 Κινηματική της Πλατφόρμας Hellenak.....	26
3.2.1 Πρόβλημα Ευθείας Κινηματικής [10].....	28
3.2.2 Πρόβλημα Αντίστροφης Κινηματικής [10] .....	30
<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: Πηδάλιο .....</b>	<b>32</b>
4.1 Λειτουργία Πηδαλίου [13] .....	32
4.2 Λειτουργία Θύρας Παιχνιδιών (game port) [14, 15] .....	34
4.3 Επικοινωνία Πηδαλίου – MATLAB [20].....	35
<b>Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: Πλοήγηση .....</b>	<b>39</b>
5.1 Εισαγωγή .....	39
5.2 Πλοήγηση .....	39
5.3 Μεθοδολογία .....	39
Προσέγγιση 1 <sup>η</sup> .....	42
Προσέγγιση 2 <sup>η</sup> .....	42
Προσέγγιση 3 <sup>η</sup> .....	43
<b>Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: Πλοήγηση μέσω Δικτύου .....</b>	<b>47</b>
6.1 Εισαγωγή .....	47
6.2 Ενοσύρματο Δίκτυο .....	47
Βήματα από την πλευρά του εξυπηρετητή (server-side): .....	48
Βήματα από την πλευρά του πελάτη (client-side): .....	48
Παράδειγμα κώδικα από την πλευρά του εξυπηρετητή (server-side): .....	49



Παράδειγμα κώδικα από την πλευρά του πελάτη (client-side):.....	49
6.2.1 Τρόπος Λειτουργίας.....	49
6.2.2 Μειονεκτήματα.....	50
6.3 Ασύρματο Δίκτυο.....	50
6.3.1 Λειτουργία Ασύρματου Κιτ.....	50
6.3.2 Εναλλακτική Ασύρματη Επικοινωνία [22] .....	51
<b>Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>: Φωτοηλεκτρικά Αισθητήρια[23] .....</b>	<b>53</b>
7.1 Εισαγωγή .....	53
7.2 Μέθοδοι Ανίχνευσης.....	53
7.3 Τρόποι Λειτουργίας .....	54
7.4 Παράγοντες που Επηρεάζουν την Αποτελεσματικότητα των Αισθητηρίων.....	55
<b>Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup>: Ανίχνευση Εμποδίων .....</b>	<b>57</b>
8.1 Μετατροπή Σήματος από 12V σε 5V .....	57
8.2 Έλεγχος μέσω της MATLAB.....	59
8.3 Εφαρμογή .....	60
<b>Κεφάλαιο 9<sup>ο</sup>: Συμπεράσματα.....</b>	<b>64</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>66</b>

## **Λίστα εικόνων**

Εικόνα 2.1: Η πλατφόρμα Hellenak σε τελική μορφή [1].....	12
Εικόνα 2.2: Τοποθέτηση κινητήρων - τροχών στη πλατφόρμα [1] .....	15
Εικόνα 2.3: Όψεις των κινητήρων.....	15
Εικόνα 2.4: Ο οδηγός MD03 [5].....	15
Εικόνα 2.5: Διακόπτες πάνω στον οδηγό MD03 [5] .....	16
Εικόνα 2.6: Είσοδοι και έξοδοι του οδηγού MD03 [5].....	17
Εικόνα 2.7: Μέρος κωδικοποιημένου τροχού [6] .....	18
Εικόνα 2.8 α) Σχηματικό διάγραμμα αισθητήρα, β) Σήμα στην έξοδο του αισθητήρα	19
Εικόνα 2.9: Όψεις οδομέτρων .....	19
Εικόνα 2.10: Η κάρτα U12 της Labjack Co. [7].....	20
Εικόνα 2.11: Ο φωτοηλεκτρικός αισθητήρας SM912D .....	21
Εικόνα 2.12: α), β) Όψεις των αισθητήρων στην πλατφόρμα [1] .....	22
Εικόνα 2.13: Όψη των αισθητήρων.....	22
Εικόνα 2.14: Η τοποθέτηση του φάρου πάνω στη πλατφόρμα .....	23
Εικόνα 2.15: Διακόπτες κινητήρων.....	24
Εικόνα 2.16: Κεντρικός διακόπτης και ασφάλειες.....	24
Εικόνα 4.1: Το πηδάλιο TRUST PREDATOR SV 85 .....	32
Εικόνα 4.2: Το εσωτερικό ενός παλαιού τύπου αναλογικού πηδαλίου [13] .....	33
Εικόνα 4.3: Άποψη ενός σύγχρονου αναλογικού πηδαλίου [13] .....	33
Εικόνα 4.4: Μεταβλητή αντίσταση αναλογικού πηδαλίου [13] .....	34
Εικόνα 4.5: Θηλυκή θύρα DB25 [14].....	34
Εικόνα 6.1: α) Κεντρική συσκευή του ασύρματου κιτ, β) Κεραία του ασύρματου κιτ	51
Εικόνα 6.2: Το ασύρματο κιτ πάνω στο Hellenak .....	51
Εικόνα 7.1: Σήμα από τον εκπομπό στον δέκτη [23].....	53
Εικόνα 7.2 α) Σήμα από τον εκπομπό στον δέκτη, β) Το σήμα διακόπτεται και το αντικείμενο ανιχνεύεται [23] .....	53
Εικόνα 7.3: Λειτουργία αισθητήρα με ανακλαστήρα [23].....	54
Εικόνα 7.4: Ο αισθητήρας ανιχνεύει το αντικείμενο όταν αυτό ανακλάσει τη δέσμη φωτός [23] .....	54
Εικόνα 7.5: α) Ο αισθητήρας ανιχνεύει φως, β) Ο αισθητήρας δεν ανιχνεύει φως....	54
Εικόνα 7.6: Αισθητήρας γεμάτος σκόνη [23] .....	55
Εικόνα 8.1: Το ολοκληρωμένο 7805 [24].....	57
Εικόνα 8.3 α) Σύνδεση με την τροφοδοσία, β) Σύνδεση με την γείωση [23] .....	58
Εικόνα 8.4 α), β) Όψεις της πλακέτας από πάνω, γ) Όψεις της πλακέτας από κάτω, δ) Καλωδιωταινεία .....	59
Εικόνα 8.5: Τοποθέτηση εμποδίου μπροστά και δεξιά από την πλατφόρμα σε απόσταση περίπου 15cm .....	60
Εικόνα 8.6: Αποτελέσματα των αισθητήρων .....	61
Εικόνα 8.7: Τοποθέτηση εμποδίου μπροστά και δεξιά από την πλατφόρμα σε απόσταση περίπου 84cm .....	61
Εικόνα 8.8: Τοποθέτηση εμποδίου μπροστά και δεξιά από την πλατφόρμα σε απόσταση περίπου 209cm.....	61
Εικόνες 8.9: Αποτελέσματα του προγράμματος για απόσταση μεγαλύτερη από 84cm μέχρι 210cm, ο ένας αισθητήρας ανιχνεύει το αντικείμενο .....	62
Εικόνα 8.10: Δοκιμή ανίχνευσης στα 130cm περίπου.....	62

## **Λίστα πινάκων**

Πίνακας 2.1: απαιτούμενες τάσεις εισόδου για κάθε συσκευή .....	12
Πίνακας 2.2: χαρακτηριστικά των δύο μοντέλων μπαταριών [4] .....	13
Πίνακας 2.3: Αντιστοιχία τάσης με το ποσοστό της αποθηκευμένης ενέργειας.....	14
Πίνακας 2.4: Διαθέσιμες διαμορφώσεις.....	16
Πίνακας 4.1: Αντιστοίχιση των pins της θύρας παιχνιδιών .....	35

## **Λίστα σχημάτων**

Σχήμα 2.1: Μεταβολή της απόδοσης των μπαταριών με την αλλαγή της θερμοκρασίας [1].....	13
Σχήμα 2.2: Γενική συνδεσμολογία του οδηγού με τον κινητήρα, την μπαταρία τροφοδοσίας και τον ελεγκτή [5].....	18
Σχήμα 2.3: Σχηματικό διάγραμμα αισθητήρα SM912D [8] .....	21
Σχήμα 2.4: α) Πλεόνασμα ενίσχυσης (excess gain), β) Μορφή δέσμης φωτός (beam pattern) [8] .....	22
Σχήμα 2.5: Λειτουργικό διάγραμμα [1] .....	25
Σχήμα 3.1: Μεταβλητές προσδιορισμού τοποθέτησης.....	27
Σχήμα 3.2: Κινηματική διάταξη οχήματος Hellenak [1] .....	30
Σχήμα 5.1: Διάνυσμα Θέσης.....	40
Σχήμα 5.2: Αρχική τοποθέτηση πλατφόρμας .....	40
Σχήμα 5.3: Οι 5 περιοχές .....	44
Σχήμα 8.1: Σχηματικό διάγραμμα κυκλώματος μετατροπής τάσης.....	58

## **Περίληψη**

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η πλοήγηση της υπάρχουσας αυτοκινούμενης βιομηχανικής πλατφόρμας Hellenak. Έγινε μελέτη και ανάπτυξη ενός προγράμματος για τον έλεγχο της κίνησης της πλατφόρμας με χρήση πηδαλίου. Η πλοήγηση μπορεί να γίνει είτε με εγκατάσταση του πηδαλίου απευθείας πάνω στην πλατφόρμα είτε σε απομακρυσμένο τερματικό που επικοινωνεί με την πλατφόρμα μέσω ενσύρματου ή ασύρματου δικτύου. Επιπλέον ενεργοποιήθηκαν οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες που υπήρχαν τοποθετημένοι στη πλατφόρμα με σκοπό την ανίχνευση εμποδίων που τυχόν βρεθούν πάνω στην πορεία κίνησης της.

## **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Εισαγωγή**

### **1.1 Πρόλογος**

Η λέξη “ρομπότ” πρωτοεμφανίστηκε το 1921 στο θεατρικό κομμάτι “Rossum Universal Robots” του Τσέχου συγγραφέα Karel Capek. Η λέξη προέρχεται μάλιστα από τη τσέχικη λέξη robota που σημαίνει εργάτης, καταναγκαστική εργασία. Από εκείνη την εποχή μέχρι τις μέρες μας τα πράγματα έχουν εξελιχθεί. Τα ρομπότ δεν είναι πια μόνο στη φαντασία μας και σε μυθιστορήματα, αλλά υπάρχουν στις βιομηχανίες και έχουν αναλάβει να κάνουν κάποιες δουλειές αφήνοντας τον άνθρωπο πιο ξεκούραστο.

### **1.2 Η πλατφόρμα Hellenak**

Η πλατφόρμα Hellenak σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στα πλαίσια εκπόνησης διπλωματικής εργασίας από τον Καλουτσάκη Γεώργιο, φοιτητή του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης, με επιβλέποντα καθηγητή τον Δρ. Τσουρβελούδη Νικόλαο. Έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει φορτία έως 200kg και είναι βασισμένη σε μια ανοιχτή αρχιτεκτονική ώστε να επιτρέπει την περαιτέρω ανάπτυξή της.

### **1.3 Περιγραφή του προβλήματος**

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η περαιτέρω εξέλιξη της υπάρχουσας αυτοκινούμενης βιομηχανικής πλατφόρμας Hellenak έτσι ώστε να είναι δυνατή η πλοήγηση της από απόσταση και να μπορεί να ανιχνεύει τυχών εμπόδια στην πορεία της.

Το πρώτο στάδιο του προβλήματος αφορά την πλοήγηση της πλατφόρμας. Η πλοήγηση γίνεται μέσω ενός κλασικού πηδαλίου (joystick). Σημαντικό κομμάτι της εργασίας είναι η εύρεση ενός κατάλληλου αλγορίθμου για την επιτυχή μετάφραση της θέσης του πηδαλίου σε κίνηση της πλατφόρμας. Αναγκαίο είναι να έχει κατανοηθεί η κινηματική του οχήματος.

Το δεύτερο στάδιο αφορά την τηλεπλοήγηση της πλατφόρμας. Είναι μία προέκταση του προηγούμενου σταδίου και απαιτεί την επικοινωνία του οχήματος με κάποιο απομακρυσμένο τερματικό σταθμό μέσω ενσύρματου ή ασύρματου δικτύου.

Στη συνέχεια σκοπός είναι η ενεργοποίηση των αισθητηρίων, που είναι ήδη εγκατεστημένα στο όχημα, για την ανίχνευση τυχών εμποδίων πάνω στην τροχιά κίνησης.

## **1.4 Δομή της εργασίας**

Στο κεφάλαιο 2 περιγράφεται η αυτοκινούμενη βιομηχανική πλατφόρμα Hellenak. Είναι σημαντικό, πριν γίνει οποιαδήποτε ενέργεια για να εξελιχθεί ή να αλλάξει κάτι στην πλατφόρμα, να υπάρχει πλήρης εξοικείωση με αυτήν. Αναφέρονται οι τροποποιήσεις και οι προσθήκες που έχουν γίνει.

Στο κεφάλαιο 3 εξετάζεται η κινηματική του οχήματος, ενώ στο κεφάλαιο 4 αναλύεται η λειτουργία ενός πηδαλίου, της θύρας παιχνιδιών (game port) και ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η ανάκτηση της θέσης του πηδαλίου μέσω της MATLAB.

Το κεφάλαιο 5 περιγράφει την ακολουθούμενη μεθοδολογία πλοήγησης του Hellenak λαμβάνοντας υπόψη την λειτουργία του πηδαλίου σε συνδυασμό με την κινηματική συμπεριφορά του οχήματος.

Η τηλεπλοήγηση του οχήματος μέσω ενσύρματης και ασύρματης σύνδεσης παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 6.

Το κεφάλαιο 7 αναφέρεται στους τύπους και τη λειτουργία των φωτοηλεκτρικών αισθητηρίων καθώς και στους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία τους.

Στο κεφάλαιο 8 έμφαση δίνεται στη χρήση των αισθητηρίων με στόχο τη συλλογή πληροφοριών για αποφυγή πιθανών εμποδίων.

Η εργασία καταλήγει με συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική μελέτη.

## **Κεφάλαιο 2°: Περιγραφή της πλατφόρμας Hellenak**

### **2.1 Εισαγωγή**

Η αυτοκινούμενη βιομηχανική πλατφόρμα Hellenak σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από τον Καλουτσάκη Γεώργιο, φοιτητή του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης, στα πλαίσια της εκπόνησης της διπλωματικής του εργασίας με επιβλέποντα καθηγητή τον Δρ. Τσουρβελούδη Νικόλαο.

Ο σχεδιασμός της πλατφόρμας έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να βασίζεται σε μια ανοικτή αρχιτεκτονική για να είναι δυνατή η περαιτέρω εξέλιξή της. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της προέρχονται κυρίως από την τοπική αγορά και γενικότερα είναι υλικά τα οποία είναι εύκολα διαθέσιμα. Ο επιστημονικά τεκμηριωμένος τρόπος σχεδίασης και η επιλογή των υλικών έγινε με σκοπό να διευκολυνθεί η εξέλιξη αλλά και η ενδεχόμενη μαζική παραγωγή της πλατφόρμας.[1]

### **2.2 Περιγραφή**

Η σχεδίαση της πλατφόρμας έγινε με τη χρήση του σχεδιαστικού λογισμικού ProEngineer. Οι διαστάσεις του τελικού μοντέλου είναι 120cm μήκος, 70cm πλάτος και 58cm ύψος. Η δυνατότητα μεταφοράς φορτίου ανέρχεται σε 200kg (ο αρχικός στόχος ήταν 150kg μικτού φορτίου). Το πλαίσιο κατασκευάστηκε από τετραγωνικό προφίλ αλουμινίου, διατομής 4cm και πάχους 3mm. Η κατασκευή έχει καλυφθεί με φύλλα αλουμινίου πάχους 2mm.



Εικόνα 2.1: Οι δύο ελεύθερα περιστρεφόμενοι τροχοί

Η πλατφόρμα διαθέτει 4 τροχούς, 2 κινητήριους τροχούς και 2 ελεύθερα περιστρεφόμενους (castors). Υπάρχουν 2 κύριοι εσωτερικοί χώροι. Ο μεγαλύτερος χώρος προορίζεται για τις μπαταρίες και το UPS και καλύπτεται με διάτρητη λαμαρίνα σιδήρου πάχους 2mm για καλύτερο αερισμό, να μην αναπτύσσονται μεγάλες θερμοκρασίες και για να έχουμε μια άμεση αντίληψη του χώρου. Πάνω από αυτόν το χώρο είναι ο χώρος φόρτωσης του οχήματος. Ο μικρότερος χώρος προορίζεται για ηλεκτρονικό εξοπλισμό (Η/Υ, πλακέτες κτλ.). Ο χώρος φόρτωσης και ο χώρος όπου τοποθετούνται οι μπαταρίες καλύφθηκαν με λαμαρίνα σιδήρου ενισχυμένου τύπου (ρυζάκι), η οποία είναι

δομικό στοιχείο και ενισχύει τη στατική επάρκεια [1, 2]. Η εικόνα 2.1 παρουσιάζει την πλατφόρμα στην τελική της μορφή.



Εικόνα 2.2: Η πλατφόρμα Hellenak σε τελική μορφή [1]

### **2.2.1 Λειτουργικά Στοιχεία**

Τα λειτουργικά στοιχεία της πλατφόρμας είναι οι συσσωρευτές, το UPS, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, οι κινητήρες, οι οδηγοί των κινητήρων, τα οδόμετρα, οι κάρτες ελέγχου και οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες. Επιπλέον θα μπορούσε κανείς να θεωρήσει ως λειτουργικό στοιχείο και το πηδάλιο το οποίο όμως δεν είναι απαραίτητο να είναι πάνω στην πλατφόρμα αλλά μπορεί και να βρίσκεται σε κάποιο απομακρυσμένο τερματικό.

### **2.2.2 Ενεργειακές Απαιτήσεις**

Κάθε συσκευή πάνω στο όχημα απαιτεί ενέργεια για να λειτουργήσει. Οι ενέργεια αυτή παρέχεται από συσσωρευτές. Όμως η απαιτούμενη τάση εισόδου δεν είναι ίδια για κάθε συσκευή. Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι απαιτούμενες τάσεις εισόδου για κάθε συσκευή.

Πίνακας 2.1: απαιτούμενες τάσεις εισόδου για κάθε συσκευή	
Συσκευή	Τάση
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής	220V AC (εναλλασσόμενο)
Κινητήρες	24V DC (συνεχές)
Οδηγοί κινητήρων	5V DC
Κάρτες ελέγχου	5V DC
Φωτοηλεκτρικά Αισθητήρια	10-30V DC
Φάρος	12V DC


Για την κάλυψη των αναγκών σε ενέργεια χρησιμοποιούνται δύο συσσωρευτές σε σειρά. Η τάση που δίνει κάθε συσσωρευτής είναι 12V DC και άρα σε σειρά δίνουν τάση 24V DC. Είναι δυνατόν με αυτόν τον τρόπο να τροφοδοτηθούν οι συσκευές εκείνες που απαιτούν τάση 12 ή 24V. Για τον υπολογιστή χρησιμοποιείτε μονάδα αδιάλειπτης τάσης που δέχεται σαν τάση εισόδου 24V



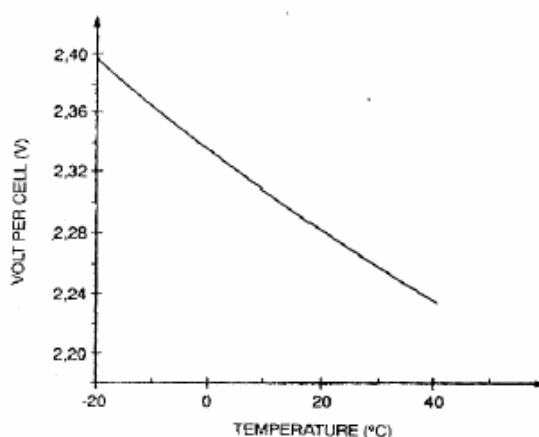
DC και αποδίδει 220V AC. Οι συσκευές που χρειάζονται 5V λαμβάνουν την ισχύ τους από την μονάδα του υπολογιστή που παρέχει έξοδο 5V. Έτσι το ρεύμα που καταλήγει στις συσκευές είναι σταθεροποιημένο και μειώνεται ο κίνδυνος για δυσλειτουργία αυτών.

### 2.2.3 Μπαταρίες

Το όχημα είναι εξοπλισμένο με δύο μπαταρίες αυτοκινήτου από την εταιρία FIAMM που βασίζονται στην τεχνολογία επανασυνδυαζόμενων ατμών και είναι ικανές να κινηθούν το όχημα για περίπου δύο ώρες. Συγκεκριμένα οι μπαταρίες στο όχημα είναι 1 FIAMM Ecoforce VR680 και 1 FIAMM Ecoforce VR760. Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των δύο μοντέλων.

Πίνακας 2.2: χαρακτηριστικά των δύο μοντέλων μπαταριών [4]								
	Type	FIAMM Code	Reserve Capacity [Ah]	A IEC	Schema	Dimensions [mm]		
						L	W	H
	VR680	912106	95	680	O	242	175	175
	VR760	912109	115	760	O	276	175	175

Η απόδοση των μπαταριών μεταβάλλεται με την αλλαγή της θερμοκρασίας. Η αποθηκευμένη ενέργεια μειώνεται αντιστρόφως ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας [1]. Αυτό φαίνεται σχηματικά στο Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1: Μεταβολή της απόδοσης των μπαταριών με την αλλαγή της θερμοκρασίας [1]

Ένα πολύ χρήσιμο μέγεθος για το χρήστη του οχήματος είναι το ποσοστό της ενέργειας που έχουν αποθηκευμένη οι μπαταρίες. Αυτό είναι δυνατό να μετρηθεί μέσω της τάσης του ζεύγους των μπαταριών. Η αντιστοίχιση της τάσης με το ποσοστό της ενέργειας παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3: Αντιστοιχία τάσης με το ποσοστό της αποθηκευμένης ενέργειας	
Τάση	Ποσοστό αποθηκευμένης ενέργειας
24,3	25%
24,6	50%
25,0	75%
25,4	100%

Για να υπολογιστεί το ποσοστό της ενέργειας που είναι αποθηκευμένο στους συσσωρευτές για ενδιάμεσες τιμές της τάσης είναι απαραίτητη γραμμική παρεμβολή.

#### **2.2.4 Αδιάλειπτη Παροχή Ρεύματος (UPS)**

Η χρήση του UPS στη πλατφόρμα Hellenak γίνεται κυρίως για να καλυφθεί η ανάγκη του Η/Υ σε ρεύμα 220V AC. Επιπλέον, από τη στιγμή που οι συσκευές που χρειάζονται ρεύμα 5V DC τροφοδοτούνται από τον Η/Υ, έμμεσα το UPS καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες και αυτών. Μια ακόμα σημαντική λειτουργία του UPS είναι η παροχή σταθεροποιημένης τάσης απομακρύνοντας τον κίνδυνο δυσλειτουργίας κάποιας συσκευής. Για να χρησιμοποιηθεί το UPS απομακρύνθηκαν τις μπαταρίες που αυτό αρχικά είχε και τις αντικαταστάθηκαν με τις μπαταρίες αυτοκινήτου που έχουν εγκατασταθεί στην πλατφόρμα. Η διαδικασία αυτή είναι σχετικά απλή αφού τα περισσότερα UPS χρησιμοποιούν ούτως ή άλλως μπαταρίες των 24V (συνήθως δύο μπαταρίες των 12V σε σειρά) οπότε αυτό που αλλάζει στην ουσία είναι η χωρητικότητα των μπαταριών (και κατ' επέκταση η αυτονομία).

#### **2.2.5 Ηλεκτρονικός Υπολογιστής**

Για να εξασφαλιστεί ότι η πλατφόρμα μας θα έχει ανοιχτή αρχιτεκτονική χρησιμοποιήθηκε Η/Υ αντί να χρησιμοποιηθούν κάποια ολοκληρωμένα κυκλώματα. Ο υπολογιστής στην πλατφόρμα Hellenak είναι ένας Pentium III στα 450Mhz με 128MB RAM που λειτουργεί σε σύστημα Microsoft Windows 98 SE. Ο Η/Υ είναι τοποθετημένος σε ειδική θέση μέσα στο όχημα, απομονωμένος από τα υπόλοιπα λειτουργικά στοιχεία και περιβάλλεται από πλαστική μεμβράνη για μόνωση.

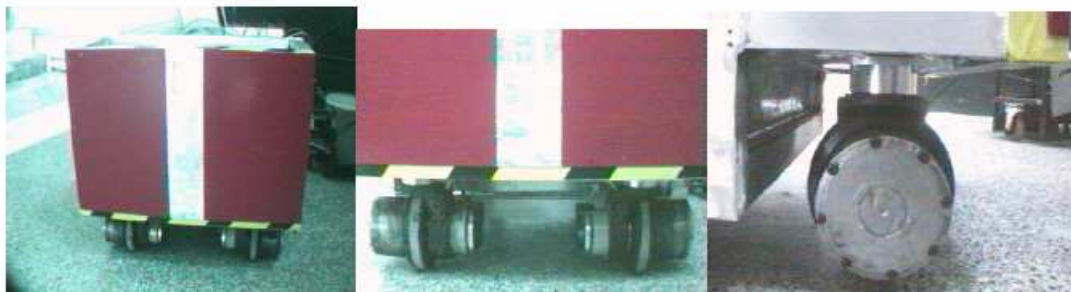
Στην μονάδα του υπολογιστή λαμβάνονται όλες οι αποφάσεις για την κίνηση και την λειτουργία του οχήματος. Η μονάδα έχει την δυνατότητα να επικοινωνεί μέσω δικτύου με άλλα τερματικά. Έτσι είναι δυνατός ο έλεγχος, ο προγραμματισμός και η παρακολούθηση του οχήματος από απόσταση.

Ο Η/Υ χρειάζεται τροφοδοσία 220V AC που του παρέχεται από το UPS.

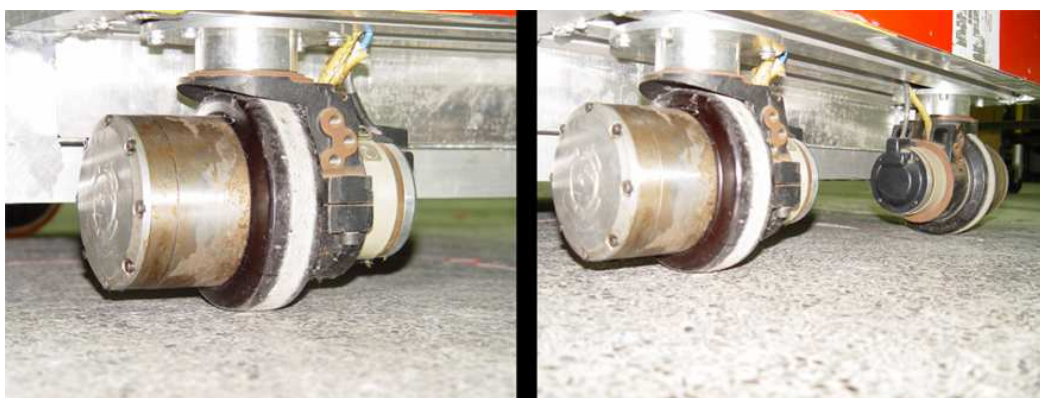
#### **2.2.6 Κινητήρες**

Το όχημα έχει δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος. Συγκεκριμένα οι δύο κινητήρες προέρχονται από ένα παλιό ρομπότ TRC Labmate και λειτουργούν με

22-24V DC. Σε μέγιστη ροπή καταναλώνουν 9Amps [2]. Οι κινητήρες έχουν προσαρτημένους πάνω τους τροχούς από καουτσούκ. Οι κινητήρες αυτοί είναι οι δύο πίσω τροχοί της πλατφόρμας. Στις Εικόνες 2.2 και 2.3 φαίνεται πως είναι τοποθετημένοι στην πλατφόρμα.



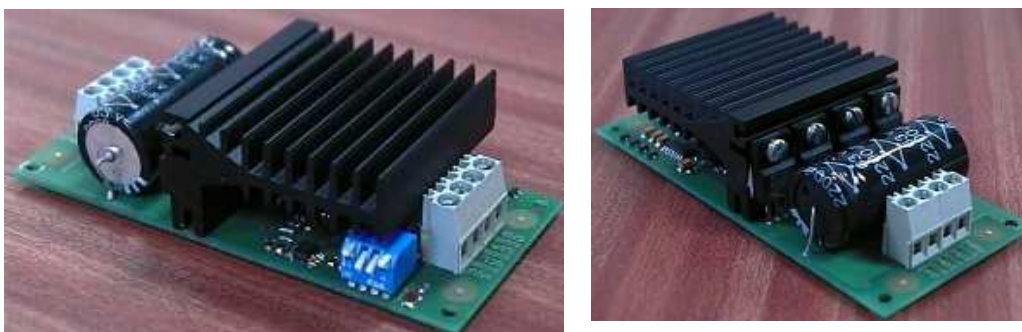
Εικόνα 2.3: Τοποθέτηση κινητήρων - τροχών στη πλατφόρμα [1]



Εικόνα 2.4: Όψεις των κινητήρων

### **2.2.7 Οδηγοί Κινητήρων [5]**

Οι οδηγοί κινητήρων είναι οδηγοί που ρυθμίζουν την ισχύ του κινητήρα. Λειτουργούν περιορίζοντας την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που καταναλώνουν οι κινητήρες. Το σήμα, για το πόση ισχύ θα επιτρέψουν να φτάσει από την πηγή ενέργειας προς τους κινητήρες, το παίρνουν από τον ελεγκτή του συστήματος, δηλαδή στην περίπτωση του οχήματος Hellenak από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Οι οδηγοί που χρησιμοποιήθηκαν είναι το μοντέλο MD03 της βρετανικής εταιρίας Devantech και φαίνονται στην Εικόνα 2.4.



Εικόνα 2.5: Ο οδηγός MD03 [5]

Ο MD03 ελέγχει την ισχύ του κινητήρα με διαμόρφωση πλάτους παλμού (Pulse Width Modulation – PWM) της γέφυρας σε συχνότητα 7,8KHz. Η τάση κίνησης παράγεται από τον οδηγό κι έτσι απαιτούνται μόνο δύο τάσεις:

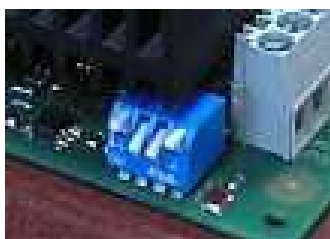
1. Μια σταθερή τάση 5V με μέγιστη απαιτούμενη ένταση 50mA
2. Μια τάση για την τροφοδοσία του κινητήρα από 5V έως 50V ανάλογα με τις απαιτήσεις του κινητήρα.

Ο έλεγχος της τάσης εξόδου μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους:

- Μέσω διαύλου I2C, μέχρι και 8 ελεγκτές MD03
- Με αναλογική τάση εισόδου 0V-2,5V-5V. 0V για πίσω κίνηση με μέγιστη ισχύ, 2,5V για ακινησία, 5V για μπροστά κίνηση με μέγιστη ισχύ
- Με αναλογική τάση εισόδου 0V-5V με ξεχωριστή τάση για τον έλεγχο της φοράς
- Με λειτουργία RC. Απευθείας έλεγχος από την έξοδο του ασύρματου δέκτη
- Με λειτουργία PWM. Ένα απλό φίλτρο σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα εύρος 0%-100% στα 20Khz ή περισσότερα αντί για ένα αναλογικό σήμα

Η διαμόρφωση που χρησιμοποιήθηκε στην πλατφόρμα Hellenak είναι με αναλογική τάση εισόδου 0V-2,5V-5V. Αρχικά η τάση που δίνεται στους κινητήρες είναι 2,5V ώστε να τεθούν σε ακινησία οι τροχοί. Ο οδηγός έχει νεκρή ζώνη της τάξης του 2,7% γύρω από τα 2,5V για να υπάρχει σταθερή θέση όπου δε θα έχουμε κίνηση.

Για να επιλεχθεί την διαμόρφωση που θέλουμε πρέπει να ρυθμιστούν κατάλληλα οι διακόπτες που φαίνονται στην εικόνα 2.5.



Εικόνα 2.6: Διακόπτες πάνω στον οδηγό MD03 [5]

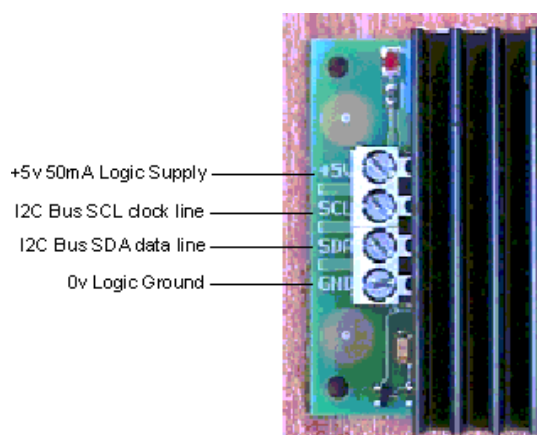
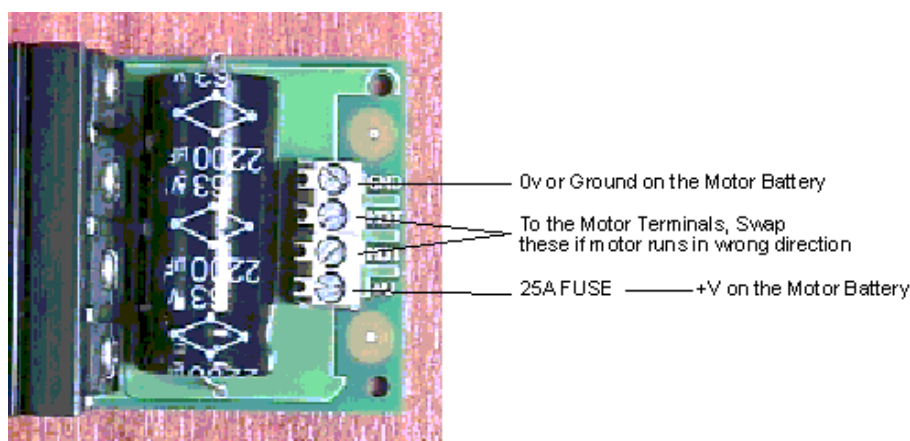
Οι διαθέσιμες διαμορφώσεις φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.4: Διαθέσιμες διαμορφώσεις				
Mode	Switch 1	Switch 2	Switch 3	Switch 4
I2C Bus - address 0xB0	On	On	On	On
I2C Bus - address 0xB2	Off	On	On	On
I2C Bus - address 0xB4	On	Off	On	On
I2C Bus - address 0xB6	Off	Off	On	On
I2C Bus - address 0xB8	On	On	Off	On
I2C Bus - address 0xBA	Off	On	Off	On
I2C Bus - address 0xBC	On	Off	Off	On

I2C Bus - address 0xBE	Off	Off	Off	On
0v - 2.5v - 5v Analog	On	On	On	Off
0v - 5v Analog + Direction	Off	On	On	Off
Radio Control	On	Off	On	Off

Όπως προαναφέρθηκε η διαμόρφωση που χρησιμοποιήθηκε είναι με αναλογική τάση εισόδου 0V-2,5V-5V. Άρα θα πρέπει οι διακόπτες 1,2 και 3 να είναι στη θέση On και ο διακόπτης 4 στη θέση Off.

Ο οδηγός MD03 διαθέτει 8 βιδωτές υποδοχές για σύνδεση με τη μπαταρία και το σήμα ελέγχου. Στις παρακάτω εικόνες φαίνονται οι θέσεις αυτές.

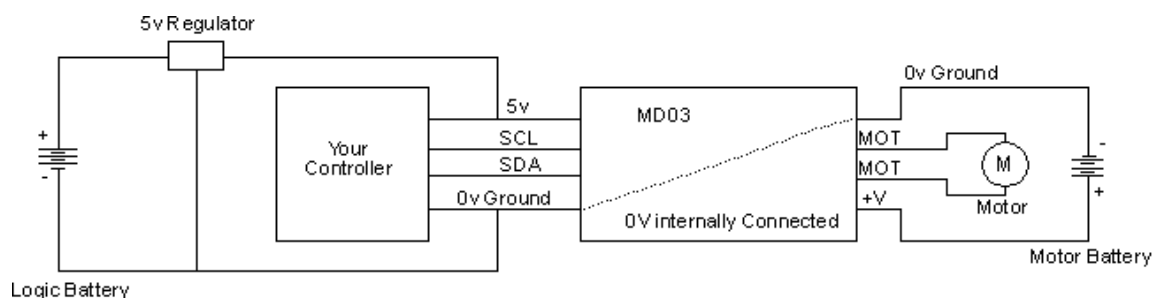


Εικόνα 2.7: Είσοδοι και έξοδοι του οδηγού MD03 [5]

Οι συνδέσεις που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

- Παροχή τάσης από τη μπαταρία στον οδηγό και γείωση
- Παροχή τάσης από τον οδηγό στο κινητήρα
- Αναλογικό σήμα ελέγχου (0V-2,5V-5V)

Μια γενική συνδεσμολογία του οδηγού με τον κινητήρα, την μπαταρία τροφοδοσίας και τον ελεγκτή φαίνεται στο επόμενο σχήμα (Σχήμα 2.2).

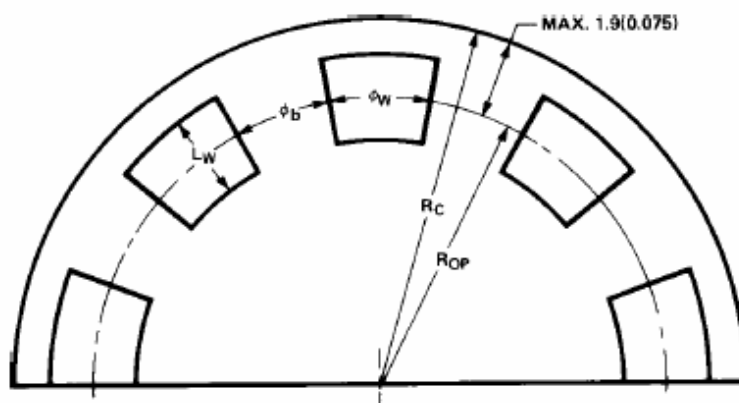


Σχήμα 2.2: Γενική συνδεσμολογία του οδηγού με τον κινητήρα, την μπαταρία τροφοδοσίας και τον ελεγκτή [5]

### 2.2.8 Οδόμετρα [6]

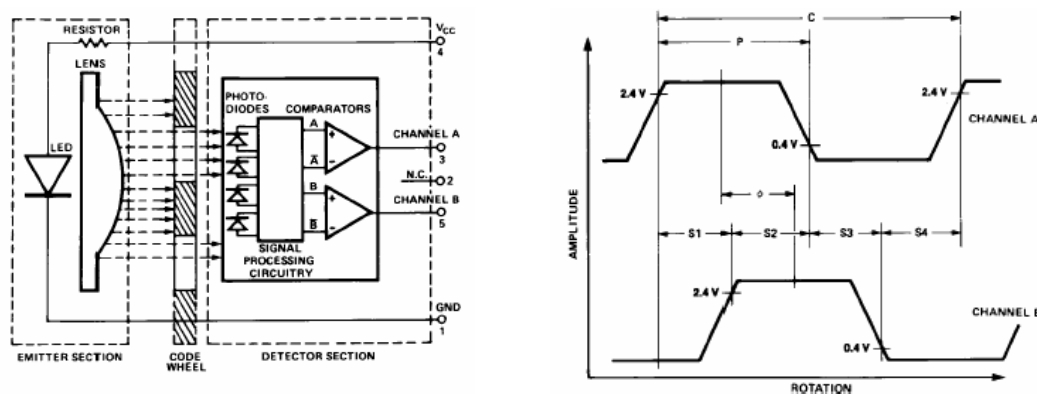
Τα οδόμετρα χρησιμεύουν για την μέτρηση της απόστασης που διανύει το όχημά. Συνδυάζοντας την απόσταση με το χρόνο μπορεί να προσδιοριστεί και η ταχύτητα.

Τα οδόμετρα αποτελούνται από οπτικούς κωδικοποιητές σε συνδυασμό με ένα κωδικοποιημένο τροχό. Οι οπτικοί κωδικοποιητές διαθέτουν από μια φωτεινή δίοδο (LED) που είναι πηγή φωτός. Με τη βοήθεια ενός πολυκαρβονικού φακού το εκπεμπόμενο φως ευθυγραμμίζεται και στέλνεται προς ένα κύκλωμα ανιχνευτών που βρίσκεται απέναντι από τον εκπομπό. Ο κωδικοποιημένος τροχός περιστρέφεται ανάμεσα από τον εκπομπό και τον ανιχνευτή, τότε διακόπτοντας την ακτίνα φωτός και τότε αφήνοντάς την να περάσει, ανάλογα με το σχέδιο των διαστημάτων και των φραγμών του.



Εικόνα 2.8: Μέρος κωδικοποιημένου τροχού [6]

Όταν η ακτίνα φωτός διασχίζει τον τροχό και φτάνει στο κύκλωμα των ανιχνευτών παράγεται ένας παλμός. Όταν ο τροχός παρεμβάλλεται ανάμεσα στον εκπομπό και το κύκλωμα ανίχνευσης ο παλμός διακόπτεται.

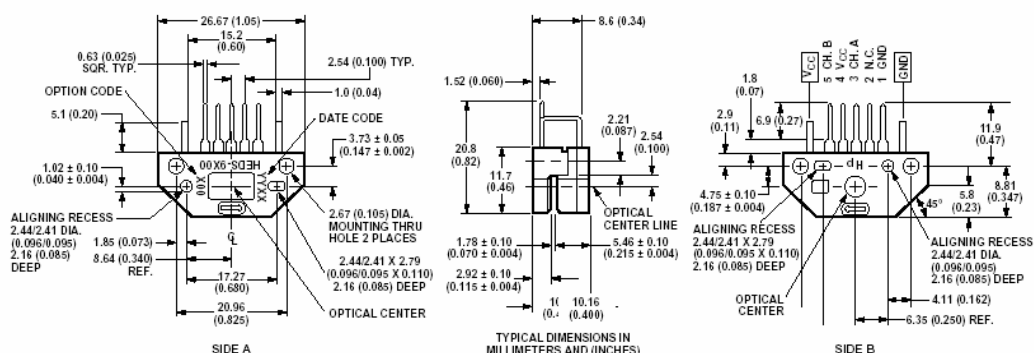


Εικόνα 2.9 α) Σχηματικό διάγραμμα αισθητήρα, β) Σήμα στην έξοδο του αισθητήρα

Όταν χρησιμοποιείται το πηδάλιο για την πλοήγηση της πλατφόρμας τα οδόμετρα χρησιμεύουν μόνο ως ανάδραση για την απόσταση που έχει καλύψει ή για την ταχύτητα. Αν όμως δε χρησιμοποιηθεί το πηδάλιο και επιλεγθεί να δοθεί εντολή στην πλατφόρμα να κινηθεί για μια συγκεκριμένη απόσταση είναι δυνατό μέσω του σήματος που επιστρέφεται από τα οδόμετρα να προγραμματιστεί ώστε να κινηθεί τόσο όσο είναι επιθυμητό. Έτσι μετρώντας τους παλμούς και γνωρίζοντας πόσοι παλμοί χρειάζονται για μια πλήρη περιστροφή του τροχού καθώς και την απόσταση που καλύπτει ο τροχός με μια πλήρη περιστροφή γίνεται ο υπολογισμός της απόστασης που έχει διανυθεί.

Μέσω ενός επαναληπτικού πειράματος βρέθηκε ότι παράγονται 21316 παλμοί ανά μέτρο ή 213 παλμοί ανά εκατοστό. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα πρόγραμμα ελέγχου σε ένα επαναληπτικό βρόγχο για την κίνηση του οχήματος σε συγκεκριμένη απόσταση. Επιπλέον, γνωρίζοντας ότι η απόσταση των πίσω (κινητήριων) τροχών είναι 42cm, είναι δυνατόν να στρίψει το όχημα κατά μια επιθυμητή γωνία. Για παράδειγμα αν ο ένας τροχός παραμένει ακίνητος, για να στρίψει το όχημα κατά μια μοίρα, ο άλλος τροχός θα πρέπει να κινηθεί για 156 παλμούς. Για αντίστοιχη στροφή, σε περίπτωση που οι τροχοί στρέφονται αντίρροπα, χρειάζονται 78 παλμοί σε κάθε τροχό.

Στους κινητήρες-τροχούς που χρησιμοποιούνται στη κατασκευή μας είναι προσαρμοσμένα από τον κατασκευαστή οδόμετρα μεγάλης ακρίβειας τύπου HEDS της εταιρίας Hewlett Packard (HEDS 9000, 9100). Στη παρακάτω εικόνα (Εικόνα 2.9) φαίνονται κάποιες όψεις αυτών.



Εικόνα 2.10: Όψεις οδομέτρων

### **2.2.9 Κάρτα Ελέγχου [7]**

Η πλατφόρμα Hellenak είναι εφοδιασμένη με δύο κάρτες ελέγχου U12 της εταιρίας Labjack Co. Οι κάρτες αυτές μεταφέρουν τα σήματα από τις περιφερειακές συσκευές στον ηλεκτρονικό υπολογιστή αλλά και εντολές από τον υπολογιστή προς τις συσκευές. Δηλαδή οι κάρτες παρέχουν ένα interface για την επικοινωνία συσκευών και μονάδας ελέγχου. Η κάρτα U12 της Labjack επικοινωνεί με τον υπολογιστή μέσω της θύρας USB, από όπου τροφοδοτείται και με τάση 5V, και διαθέτει αναλογικές και ψηφιακές εισόδους και εξόδους και άλλες λειτουργίες.



Εικόνα 2.11: Η κάρτα U12 της Labjack Co. [7]

Συγκεκριμένα διαθέτει συνολικά 30 βιδωτούς ακροδέκτες-θύρες από τις οποίες 8 αναλογικές εισόδους, 2 αναλογικές εξόδους, 4 ψηφιακές εισόδους-εξόδους, ένα μετρητή (παλμών), 9 γειώσεις, 4 εξόδους τροφοδοσίας 5V. Επίσης μέσω σύνδεσης τύπου DB25 παρέχονται άλλες 16 ψηφιακές είσοδοι-έξοδοι.

Η ύπαρξη των δύο αυτών καρτών ενισχύει την ανοιχτή αρχιτεκτονική του συστήματος και δίνουν την δυνατότητα να αναπτυχθεί περαιτέρω το όχημα. Το πλήθος εισόδων και εξόδων επιτρέπει να συνδεθούν στο όχημα και άλλες δυνατότητες όπως διάφορα αισθητήρια ή κάποιο άλλο μηχανισμό.

Το σημείο όπου έχουν τοποθετηθεί οι δύο κάρτες είναι απομονωμένο από τα υπόλοιπα λειτουργικά στοιχεία για να προστατεύονται οι συσκευές. Είναι προσαρμοσμένες πάνω σε ξύλινη πλακέτα για την αποφυγή διαρροής φορτίων.

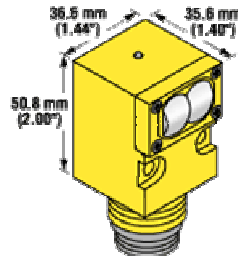
### **2.2.10 Φωτοηλεκτρικά Αισθητήρια [8]**

Τα φωτοηλεκτρικά αισθητήρια είναι διακόπτες που ανοίγουν ή κλείνουν από την παρουσία ή την έλλειψη λαμβανόμενου φωτός. Υπάρχουν πολλών ειδών φωτοηλεκτρικά αισθητήρια και τρόποι ανίχνευσης αλλά όλα περιλαμβάνουν τα βασικά στοιχεία που είναι μια πηγή ενέργειας, μια πηγή φωτός (εκπομπός), ένας φωτοανιχνευτής (δέκτης) και ένα κύκλωμα εξόδου. Ως πηγή φωτός



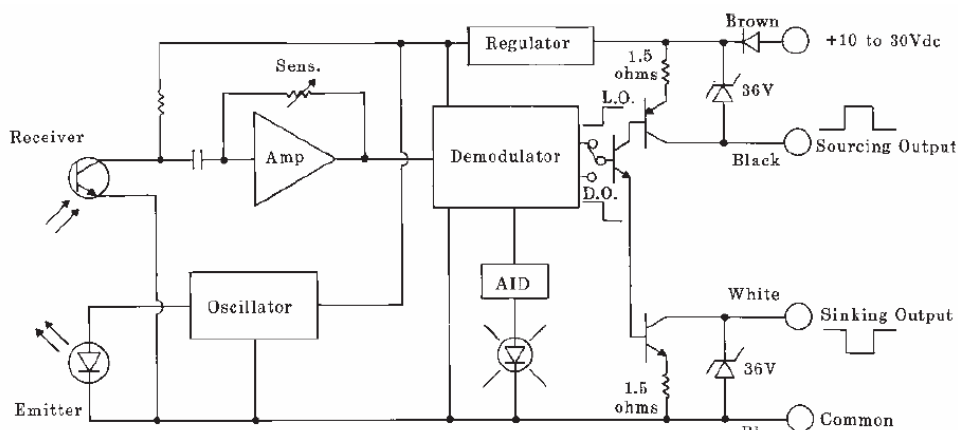
συνήθως χρησιμοποιούνται LEDs (Light Emitting Diodes, δίοδοι εκπομπής φωτός).

Στη πλατφόρμα Hellenak έχουν εγκατασταθεί 4 αισθητήρια SM912D της σειράς VALU-BEAM της εταιρίας Banner Electronics. Ο εκπομπός και ο ανιχνευτής περιέχονται και οι δύο στην ίδια κατασκευή.

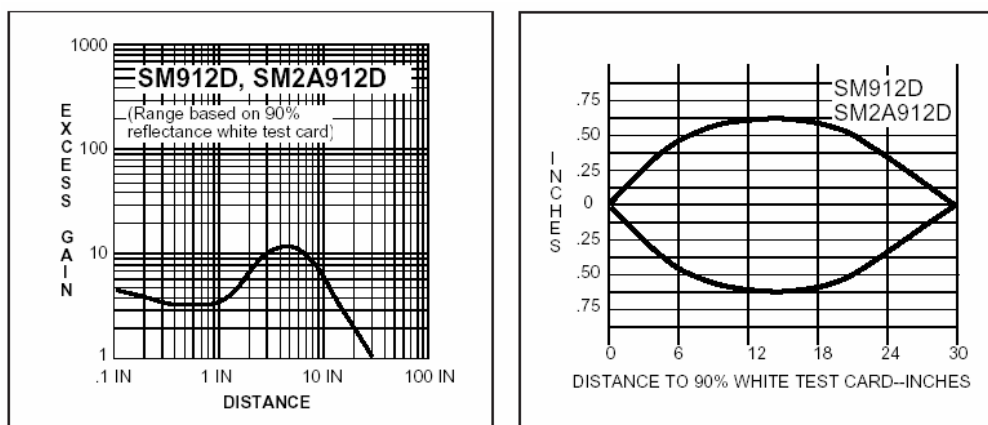


Εικόνα 2.12: Ο φωτοηλεκτρικός αισθητήρας SM912D

Ο αισθητήρας λειτουργεί σε τάση από 10 έως 30V DC στα 20mA. Η ακτίνα ανίχνευσής του κυμαίνεται από 38 έως 76cm. Ο χρόνος απόκρισης είναι ανεξάρτητος από την ένταση του σήματος, είναι ίδιος είτε κλείνει είτε ανοίγει το κύκλωμα (ON – OFF) και είναι 4ms. Επιπλέον υπάρχει μια καθυστέρηση 100ms όταν τροφοδοτείται ο αισθητήρας. Η επαναληψιμότητα κυμαίνεται στα 1,3ms. Η εκπεμπόμενη ακτίνα φωτός είναι υπέρυθρη με μήκος κύματος 880nm. Ο αισθητήρας μπορεί να δουλέψει σε θερμοκρασίες από -20 έως 70 °C. Επίσης δίνεται η δυνατότητα ρύθμισης της ευαισθησίας της ακτίνας όπως και του τρόπου λειτουργίας της ανίχνευσης (Light operate ή Dark operate). Στο κέλυφος της συσκευής υπάρχει ενδεικτική λυχνία που αναβοσβήνει όταν ανιχνεύεται κάποιο αντικείμενο. Ο ρυθμός με τον οποίο αναβοσβήνει η λυχνία εξαρτάται από την απόσταση, όσο πιο κοντά το αντικείμενο τόσο πιο γρήγορος ο ρυθμός.



Σχήμα 2.3: Σχηματικό διάγραμμα αισθητήρα SM912D [8]



Σχήμα 2.4: α) Πλεόνασμα ενίσχυσης (excess gain), β) Μορφή δέσμης φωτός (beam pattern) [8]

Οι τέσσερις αισθητήρες που έχουν τοποθετηθεί στην πλατφόρμα βρίσκονται προσαρμοσμένοι στο μπροστινό μέρος αφού μεγαλύτερη σημασία έχει η περιοχή ανίχνευσης μπροστά από το όχημα, στην πορεία της κίνησής του. Ο τρόπος με τον οποίο έχουν τοποθετηθεί οι αισθητήρες φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 2.13: α), β) Όψεις των αισθητηρίων στην πλατφόρμα [1]



Εικόνα 2.14: Όψη των αισθητηρίων

Για τα φωτοηλεκτρικά αισθητήρια και τους τρόπους λειτουργίας τους γίνεται πιο αναλυτική αναφορά στο κεφάλαιο 7.

### **2.2.11 Πηδάλιο**

Τα πηδάλια χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις όπως σε πολιτικά και μαχητικά αεροπλάνα, σε αναπηρικές καρέκλες, σε εκσκαφείς και σε πολλές ακόμα εφαρμογές. Η βασική χρήση τους είναι να μεταφράζουν τη μετακίνηση του χεριού μέσω μιας λαβής σε κίνηση του οχήματός.

Ο τύπος πηδαλίου που χρησιμοποιείται στην πλατφόρμα είναι τα πηδάλια για υπολογιστές. Χρησιμοποιώντας ένα πηδάλιο συνδεδεμένο στην υπολογιστική μονάδα της πλατφόρμας Hellenak δίνεται η δυνατότητα πλοήγησής της εκεί που είναι επιθυμητό. Γενικότερα, συνδέοντας ένα πηδάλιο σε έναν οποιοδήποτε ηλεκτρονικό υπολογιστή, υπάρχει η δυνατότητα να κατευθυνθεί η πλατφόρμα από οπουδήποτε αρκεί να υπάρχει επικοινωνία ανάμεσα τους μέσω κάποιου δικτύου, ενσύρματου ή ασύρματου.

Η λειτουργία του πηδαλίου, οι πληροφορίες που δίνει και πως τις λαμβάνει ο υπολογιστής είναι πολύ σημαντικές, αφού σκοπός της εργασίας είναι η χρησιμοποίηση ενός πηδαλίου για την πλοήγηση της πλατφόρμας. Για αυτό το λόγο γίνεται αναλυτικότερη αναφορά στα πηδάλια στο κεφάλαιο 4.

### **2.2.12 Φάρος**

Στην πλατφόρμα Hellenak έχει προσαρμοστεί περιστρεφόμενος φάρος κόκκινου χρώματος. Ο φάρος απαιτεί τροφοδοσία 12V και η πολικότητα του ρεύματος καθορίζει και τη φορά περιστροφής. Η σύνδεση της τάσης στο φάρο έχει γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε αυτός να λειτουργεί μόνο όταν τροφοδοτούνται και οι δύο κινητήρες.



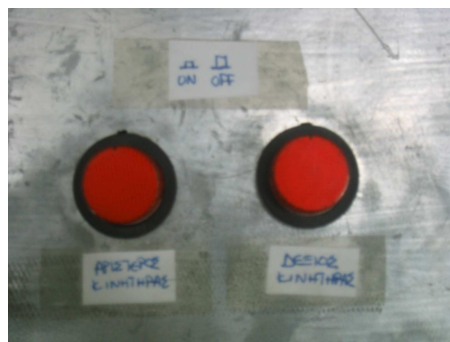
Εικόνα 2.15: Η τοποθέτηση του φάρου πάνω στη πλατφόρμα

Ο φάρος μπορεί να αποδειχτεί πολύ χρήσιμος σε βιομηχανικό περιβάλλον και είναι απαραίτητος για λόγους ασφαλείας αφού μπορεί να προειδοποιεί τους εργαζόμενους ότι η πλατφόρμα βρίσκεται σε λειτουργία.

### **2.2.13 Στοιχεία Ασφάλειας**

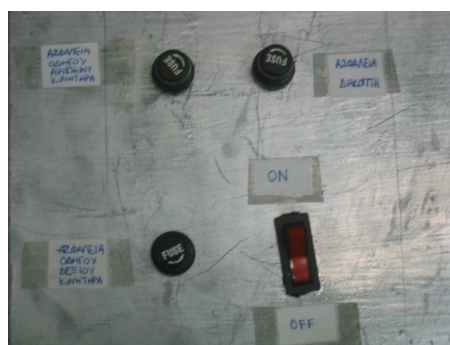
Η πλατφόρμα Hellenak χρησιμοποιεί πολλά ηλεκτρικά στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους, πολλά από τα οποία έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε τάση και ένταση του ρεύματος. Επιπλέον η χρήση των δύο μπαταριών της εταιρίας FIAMM προσφέρει αρκετή ισχύ για να λειτουργήσουν όλες οι συσκευές για αρκετή ώρα, ωστόσο ταυτόχρονα η ισχύ τους είναι και ένα στοιχείο που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα. Αν δεν ληφθούν οι κατάλληλες προφυλάξεις υπάρχει η πιθανότητα μια λάθος συνδεσμολογία να προκαλέσει τη βλάβη κάποιας συσκευής ή ακόμα και κάποιο ατύχημα. Για το λόγο αυτό κρίθηκε αναγκαίο να τοποθετηθούν στο κύκλωμα κάποιοι διακόπτες και κάποιες ασφάλειες.

Συγκεκριμένα έχουν τοποθετηθεί δύο διακόπτες, ένας για κάθε κινητήρα, που διακόπτουν ή επιτρέπουν την παροχή ρεύματος στους κινητήρες. Οι διακόπτες αυτοί δύνανται να λειτουργήσουν σαν διακόπτες έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση που κατά την κίνηση της πλατφόρμας χρειαστεί να σταματήσει αμέσως.



Εικόνα 2.16: Διακόπτες κινητήρων

Επιπλέον έχει τοποθετηθεί ένας διακόπτης που ανοίγει και κλείνει όλο το κύκλωμα. Σε σειρά με τον διακόπτη έχει τοποθετηθεί και μια ασφάλεια των 20A. Επιπλέον ασφάλειες, των 20A και αυτές, έχουν τοποθετηθεί στους οδηγούς των κινητήρων, σε σειρά με την παροχή από τον θετικό πόλο της μπαταρίας σε αυτούς, κατ' απαίτηση από των κατασκευαστή των οδηγών.



Εικόνα 2.17: Κεντρικός διακόπτης και ασφάλειες

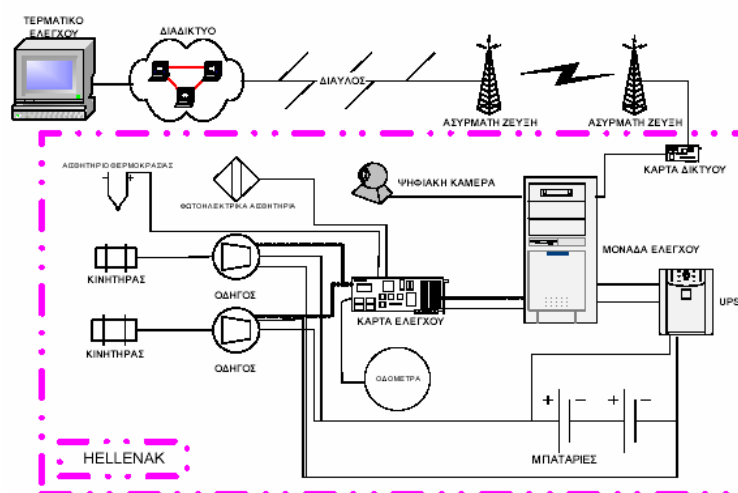
Τόσο οι διακόπτες, όσο και οι ασφάλειες, έχουν τοποθετηθεί πάνω από τον χώρο που βρίσκεται η υπολογιστική μονάδα για να είναι εύκολα προσβάσιμοι. Έτσι μπορεί εύκολα να ανοίξει ή να κλείσει τους διακόπτες ή να ελέγξει τις ασφάλειες και να τις αλλάξει αν τυχόν χρειαστεί.

### **2.2.14 Επιπλέον Εξαρτήματα**

Ο τρόπος σχεδίασης και κατασκευής της πλατφόρμας είχε ως στόχο την ανοιχτή αρχιτεκτονική. Αυτό έχει επιτευχθεί χρησιμοποιώντας ως κέντρο ελέγχου έναν υπολογιστή σε συνδυασμό με την επιλογή της κάρτας ελέγχου. Έτσι λοιπόν υπάρχει η δυνατότητα να συνδεθούν στην πλατφόρμα και άλλες συσκευές είτε απευθείας πάνω στον υπολογιστή είτε μέσω της κάρτας ελέγχου. Για παράδειγμα δίνεται η δυνατότητα να συνδεθεί απευθείας στον υπολογιστή κάμερα για να υπάρχει επίβλεψη του χώρου στον οποίο κινείται το Hellenak. Μέσω της κάρτας ελέγχου δίνεται η δυνατότητα να συνδεθούν πάσης φύσεως αισθητήρια ή και επενεργητές, όπως ένας ρομποτικός βραχίονας για φόρτωση-εκφόρτωση τεμαχίων. Το μόνο που περιορίζει την επέκταση είναι το κόστος του εξοπλισμού και οι δυνατότητες της υπολογιστικής μονάδας, καθώς και ο αριθμός των διαθέσιμων εισόδων εξόδων στην κάρτα ελέγχου. Αν αναλογιστεί κανείς ότι η υπολογιστική μονάδα μπορεί πολύ εύκολα να αντικατασταθεί με μια καινούρια ανά πάσα στιγμή καθώς και ότι υπάρχει η δυνατότητα να προστεθούν κι άλλες κάρτες ελέγχου τελικά οι μόνοι περιορισμοί είναι το κόστος και η φαντασία.

### **2.2.15 Συνδέσεις**

Αφού εξετάστηκαν τα εξαρτήματα που υπάρχουν πάνω στην πλατφόρμα κάθε ένα ξεχωριστά, θα πρέπει να αναφερθεί πως είναι όλα αυτά μεταξύ τους συνδεδεμένα και με ποιο τρόπο συνεργάζονται. Στο Σχήμα 2.5 παρουσιάζεται ένα λειτουργικό διάγραμμα των λειτουργικών στοιχείων της πλατφόρμας.



Σχήμα 2.5: Λειτουργικό διάγραμμα [1]

## **Κεφάλαιο 3°: Κινηματική**

### **3.1 Εισαγωγή**

Πριν επιχειρηθεί ο προγραμματισμός της κίνησης της πλατφόρμας είναι αναγκαίο να κατανοηθεί πλήρως η κινηματική συμπεριφορά της. Κινηματική είναι η μελέτη των μαθηματικών της κίνησης του οχήματος χωρίς εξέταση των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό. Η κινηματική ασχολείται με τη βασική γεωμετρία των μηχανισμών που παράγουν την κίνηση. Αυτό που ενδιαφέρει είναι η θέση (position) και ο προσανατολισμός (orientation) του οχήματός μας και γίνεται προσπάθεια να προσδιορισθούν οι σχέσεις εκείνες που συνδέουν τις συγκεκριμένες ποσότητες με μετρήσιμες και ελέγξιμες μεταβλητές. Η θέση και ο προσανατολισμός μαζί, συγκροτούν την έννοια της τοποθέτησης (pose).[9]

### **3.2 Κινηματική της Πλατφόρμας Hellenak**

Η πλατφόρμα Hellenak ανήκει στην κατηγορία των έντροχων κινούμενων ρομπότ. Τα ρομπότ αυτά εκμεταλλεύονται τη δύναμη της τριβής κατά τη διάρκεια κύλισης του τροχού για να κινηθούν.

Η πλατφόρμα έχει κινηματική αρχιτεκτονική τεσσάρων τροχών. Οι δύο οπίσθιοι τροχοί έχουν κοινό άξονα κίνησης και είναι προσαρμοσμένοι σε κινητήρα συνεχούς ρεύματος έκαστος. Οι δύο εμπρόσθιοι τροχοί περιστρέφονται ελεύθερα και στην αρχική τους θέση έχουν και αυτοί κοινό άξονα. Η κίνηση του οχήματος προέρχεται από τους πίσω τροχούς. Οι μπροστινοί τροχοί προσφέρουν στην ισορροπία της πλατφόρμας. Για να στρίψει η πλατφόρμα αρκεί να έχουν διαφορετική ταχύτητα οι πίσω τροχοί. Μικρότερη ταχύτητα του δεξιού τροχού έχει ως αποτέλεσμα τη στροφή προς τα δεξιά. Μικρότερη ταχύτητα του αριστερού τροχού έχει ως αποτέλεσμα τη στροφή προς τα αριστερά.[1]

Αυτού του είδους η κίνηση λέγεται διαφορική κίνηση. Είναι ο τρόπος με τον οποίο κινούνται πολλά έντροχα ρομπότ. Συνήθως υπάρχουν δύο κινητήριους τροχοί και μερικές φορές υπάρχουν και άλλοι παθητικοί τροχοί για να ισορροπεί το όχημα. Η συμπεριφορά του οχήματος μπορεί να περιγραφεί ως εξής:[10]

- Εάν το όχημα κινείται σε καμπύλη τροχιά, υπάρχει ένα στιγμιαίο κέντρο αυτής της τροχιάς, το Στιγμιαίο Κέντρο της Τροχιάς ή ICC (Instantaneous Center of Curvature). Ονομάζεται στιγμιαίο διότι κατά την κίνηση σε καμπύλη το κέντρο αυτό συνεχώς αλλάζει.
- Αν είναι  $r$  η ακτίνα της καμπύλης (μετρημένη από κάποιο σημείο πάνω στο ρομπότ όπως το μέσο αυτού αν υπάρχει ή, όπως στην περίπτωση που εξετάζουμε, από το μέσο ανάμεσα στους 2 κινητήριους τροχούς) και  $l$  είναι η απόσταση ανάμεσα στους 2 τροχούς, τότε ο ρυθμός περιστροφής  $\omega$  γύρω από το ICC σχετίζεται με την ταχύτητα των τροχών ( $v_l$  για τον αριστερό και  $v_r$  για τον δεξιό) ως εξής:

$$\omega \left( r + \frac{l}{2} \right) = v_r$$

$$\omega \left( r - \frac{l}{2} \right) = v_l$$

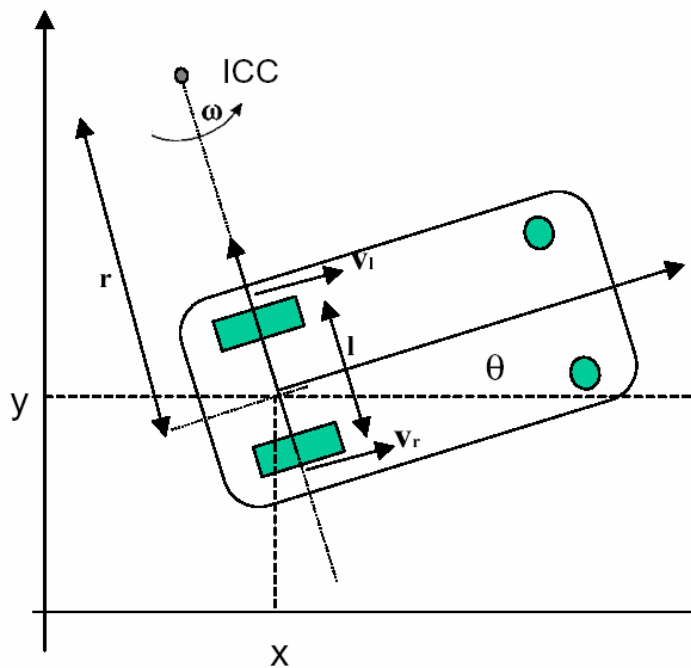
Λύνοντας στη συνέχεια ως προς  $r$  ή  $\omega$  :

$$r = \frac{l(v_l + v_r)}{2(v_r - v_l)}$$

$$\omega = \frac{(v_r - v_l)}{l}$$

Κάποιες παρατηρήσεις:

1. η γωνιακή ταχύτητα ισούται με τη διαφορά των ταχυτήτων των 2 τροχών προς την απόσταση που τους χωρίζει
2. αν  $v_r = v_l$ , τότε  $\omega = 0$  και το ρομπότ κινείται ευθεία
3. αν  $v_r = -v_l$ , τότε  $r = 0$  και το ρομπότ περιστρέφεται επιτόπου



Σχήμα 3.1: Μεταβλητές προσδιορισμού τοποθέτησης

Το ρομπότ ανά πάσα στιγμή βρίσκεται σε μια θέση  $x, y$  προσανατολισμένο προς μια κατεύθυνση που σχηματίζει γωνία  $\theta$  με τον άξονα  $x$ . Δηλαδή η τοποθέτηση του ρομπότ καθορίζεται από την τριπλέτα  $x, y, \theta$ .

**3.2.1 Πρόβλημα Ευθείας Κινηματικής [10]**

Το πρόβλημα ευθείας κινηματικής είναι, δεδομένου της τοποθέτησης του ρομπότ και των ταχυτήτων των τροχών για μια χρονική περίοδο  $\delta t$  (άρα γνωστή και η γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  καθώς και η ακτίνα  $r$ ), να υπολογιστεί η νέα τοποθέτηση του ρομπότ. Είναι φανερό λοιπόν ότι τα παραπάνω μεγέθη είναι συναρτήσεις του χρόνου.

Έστω δηλαδή ότι είναι γνωστή η τοποθέτηση  $\begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix}$  και θέλουμε να

υπολογίσουμε τη νέα τοποθέτηση  $\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ \theta' \end{bmatrix}$  μετά από χρόνο  $\delta t$ . Είναι επίσης

γνωστές οι ταχύτητες  $v_r, v_l$  και η απόσταση  $l$  μεταξύ των 2 τροχών. Τότε θα είναι:

$$r = \frac{l(v_l + v_r)}{2(v_r - v_l)}$$

$$\omega = \frac{(v_r - v_l)}{l}$$

Είναι δυνατόν να υπολογιστεί το ICC. Οι συντεταγμένες του θα είναι:

$$ICC = (x - r \sin \theta, y + r \cos \theta)$$

Επίσης είναι δυνατόν να υπολογιστεί η νέα θέση του οχήματος χρησιμοποιώντας τις παρακάτω εξισώσεις:

$$x(t) = \int_0^t V(t) \cos[\theta(t)] dt$$

$$y(t) = \int_0^t V(t) \sin[\theta(t)] dt$$

$$\theta(t) = \int_0^t \omega(t) dt$$

και επειδή η κίνηση είναι διαφορική  $V(t) = \frac{v_r(t) + v_l(t)}{2}$ . Αν γίνει αντικατάσταση στις παραπάνω εξισώσεις αυτές θα γίνουν:

$$x(t) = \frac{1}{2} \int_0^t [v_r(t) + v_l(t)] \cos[\theta(t)] dt$$

$$y(t) = \frac{1}{2} \int_0^t [v_r(t) + v_l(t)] \sin[\theta(t)] dt$$

$$\theta(t) = \int_0^t \omega(t) dt$$



Εφόσον οι ταχύτητες  $v_r, v_l$  παραμένουν σταθερές στο χρονικό διάστημα που εξετάζεται θα είναι:

$$\theta(t) = \int_0^t \frac{v_r - v_l}{l} dt = \frac{v_r - v_l}{l} \int_0^t 1 dt = \frac{v_r - v_l}{l} t$$

Αντικαθιστώντας στις προηγούμενες εξισώσεις και κάνοντας πράξεις, το αποτέλεσμα φαίνεται στις παρακάτω εξισώσεις:

$$x(t) = \frac{v_r + v_l}{v_r - v_l} \frac{l}{2} \sin \left[ \frac{v_r - v_l}{l} t \right]$$

$$y(t) = -\frac{v_r + v_l}{v_r - v_l} \frac{l}{2} \cos \left[ \frac{v_r - v_l}{l} t \right] + \frac{v_r + v_l}{v_r - v_l} \frac{l}{2}$$

Πρέπει να αναφερθεί ότι οι παραπάνω εξισώσεις υπολογίστηκαν θεωρώντας ότι ξεκινάμε από τη χρονική στιγμή 0 και ότι εκείνη τη στιγμή η τοποθέτηση του

οχήματος είναι  $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ .

Όλα τα παραπάνω ισχύουν στην περίπτωση που  $v_r \neq v_l$ . Στην περίπτωση που είναι  $v_r = v_l = v$  οι παραπάνω εξισώσεις δεν ισχύουν και πρέπει να υπολογισθούν διαφορετικές. Εφόσον οι ταχύτητες είναι ίσες δεν υπάρχει στροφή, άρα η γωνία  $\theta$  δεν εξαρτάται πια από τον χρόνο αλλά είναι σταθερή και θα είναι  $\theta(t) = 0$ . Έτσι οι εξισώσεις θα γίνουν:

$$x(t) = \frac{1}{2} \int_0^t [v_r(t) + v_l(t)] \cos[\theta(t)] dt \Rightarrow x(t) = v \delta t$$

$$y(t) = \frac{1}{2} \int_0^t [v_r(t) + v_l(t)] \sin[\theta(t)] dt \Rightarrow y(t) = 0$$

$$\theta(t) = 0$$

Οι παραπάνω τιμές είναι σε σχέση με την τοποθέτηση που βρισκόταν το ρομπότ. Αν θέλουμε να υπολογίσουμε σε σχέση με την αρχική τοποθέτηση (δηλαδή ως προς το σύστημα αναφοράς) θα ισχύουν οι παρακάτω τιμές:

$$x(t) = v \cos(\theta) \delta t$$

$$y(t) = v \sin(\theta) \delta t$$

$$\theta(t) = \theta$$

### 3.2.2 Πρόβλημα Αντίστροφης Κινηματικής [10]

Το πρόβλημα της αντίστροφης κινηματικής ανάλυσης είναι όταν είναι γνωστή η τοποθέτηση  $x, y, \theta$  και θέλουμε να υπολογίσουμε εκείνες τις ταχύτητες  $v_r, v_l$  που θα φέρουν το όχημα σε αυτή τη θέση. Το πρόβλημα αυτό έχει πολλές λύσεις αλλά δεν είναι εύκολο να βρεθούν. Ωστόσο για κάποιες ειδικές περιπτώσεις είναι δυνατόν να υπολογιστούν κάποιες λύσεις:

- αν υποθεθεί  $v_r = v_l = v$  τότε το όχημα μπορεί να κινηθεί μόνο ευθεία μπροστά ή πίσω, άρα μπορεί να προσεγγίσει μόνο ορισμένα σημεία και δεν μπορεί να αλλάξει τον προσανατολισμό του
- αν υποθεθεί  $-v_r = v_l = v$  τότε το όχημα περιστρέφεται επιτόπου και οι εξισώσεις θα έχουν τις παρακάτω τιμές:

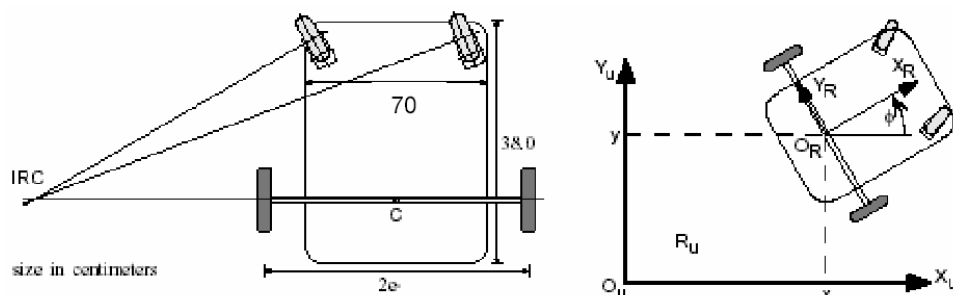
$$x(t) = 0$$

$$y(t) = 0$$

$$\theta(t) = \pm \frac{2v\delta t}{l}$$

Όπως γίνεται κατανοητό το όχημα μπορεί να προσεγγίσει οποιοδήποτε σημείο στο χώρο αν αρχικά περιστραφεί μέχρι να έχει προσανατολισμό προς τη σωστή κατεύθυνση, να προχωρήσει μέχρι το επιθυμητό σημείο πάνω σε μια ευθεία και αφού φτάσει να ξαναπεριστραφεί για να πάρει την επιθυμητή τοποθέτηση. Αυτή είναι μια απλή λύση στο αντίστροφο κινηματικό πρόβλημα.

Πρέπει εδώ να αναφερθεί ότι η πλατφόρμα Hellenak λόγω της δομής της ανήκει στην κατηγορία των non-holonomic οχημάτων. Τέτοια οχήματα είναι αυτά που υπάρχουν περιορισμοί στην κίνησή τους οι οποίοι δεν είναι ολοκληρώσιμοι. Αυτοί οι περιορισμοί μειώνουν τις πιθανές διαφορικές κινήσεις που μπορεί να κάνει το όχημα για να καταλήξει στην επιθυμητή θέση.



Σχήμα 3.2: Κινηματική διάταξη οχήματος Hellenak [1]

Στη πλατφόρμα Hellenak θεωρείτε το σημείο που βρίσκεται στο μέσο της απόστασης ανάμεσα στους 2 κινητήριους τροχούς ως το σημείο αναφοράς για την κίνησή της. Το σημείο αυτό, έστω  $R$ , θα βρίσκεται πάνω στον άξονα της πλατφόρμας και θα έχει συντεταγμένες  $x, y$  και γωνία  $\theta$  που μας δίνει τον προσανατολισμό της πλατφόρμας (η γωνία που σχηματίζει ο άξονας της πλατφόρμας με τον άξονα των  $x$ ). Αν η πλατφόρμα κινείται σε καμπύλη τροχιά

το σημείο  $R$  θα βρίσκεται συνεχώς πάνω στην εφαιπτομένη αυτής της καμπύλης. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να ικανοποιείται ο ακόλουθος περιορισμός:[11]

$$-\sin\theta dx + \cos\theta dy = 0$$

Ο παραπάνω περιορισμός μπορεί να αποδειχθεί ότι δεν ολοκληρώνεται άρα είναι ένας non-holonomic περιορισμός. Αυτό σημαίνει ότι η κινηματική ανάλυση για αυτά τα οχήματα είναι πιο σύνθετη. Σε αυτά τα οχήματα ο αριθμός των συντεταγμένων για την περιγραφή της θέσεώς τους είναι πάντα μεγαλύτερος από τον αριθμό των βαθμών ελευθερίας τους.

## **Κεφάλαιο 4°: Πηδάλιο**

Στην πλατφόρμα Hellenak το πηδάλιο που θα χρησιμοποιηθεί θα συνδεθεί απευθείας πάνω στην υπολογιστική μονάδα. Χρησιμοποιείται ένα συνηθισμένο πηδάλιο από αυτά που χρησιμοποιούνται στα παιχνίδια για υπολογιστές.



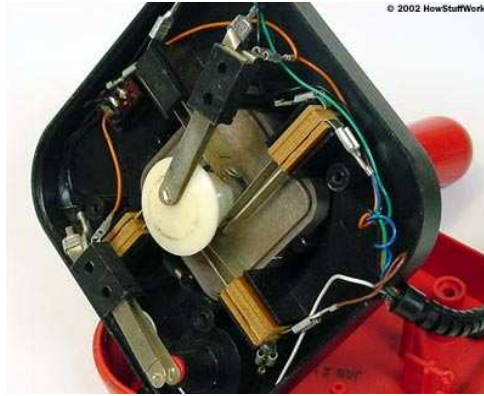
Εικόνα 4.1: Το πηδάλιο TRUST PREDATOR SV 85

Συγκεκριμένα χρησιμοποιείται το TRUST PREDATOR SV 85 το οποίο συνδέεται πάνω στο λεγόμενο game port, όπως άλλωστε και τα περισσότερα πηδάλια. Το game port είναι μια θύρα τύπου DB15 (έχει δηλαδή 15 pins) και βρίσκεται συνήθως πάνω στις κάρτες ήχου. Το συγκεκριμένο πηδάλιο αναγνωρίζεται συνήθως αυτόματα από τα λειτουργικά Windows από τη στιγμή που θα συνδεθεί, αλλά υπάρχουν και διαθέσιμοι οδηγοί σε περίπτωση που δεν γίνει αυτόματη αναγνώριση.

### **4.1 Λειτουργία Πηδαλίου [13]**

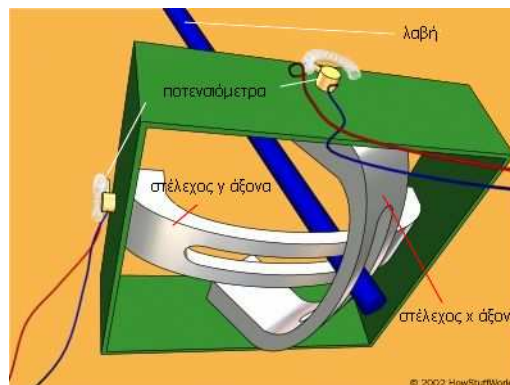
Τα πηδάλια μπορούν να χωριστούν σε αναλογικά και ψηφιακά. Τα πρώτα πηδάλια ήταν αναλογικά. Από τότε τα αναλογικά πηδάλια έχουν εξελιχθεί αρκετά. Τα πιο πρόσφατα πηδάλια είναι τα ψηφιακά τα οποία όμως χρησιμοποιούν τη θύρα USB.

Τα πρώτα αναλογικά πηδάλια ήταν απλοί διακόπτες. Ανάλογα με τη διεύθυνση προς την οποία γέρνει το πηδάλιο κλείνει και ο αντίστοιχος διακόπτης και στέλνει ηλεκτρικό σήμα. Στην θέση ηρεμίας είναι όλοι οι διακόπτες ανοιχτοί. Όταν το πηδάλιο είναι προς τα μπροστά κλείνει ο μπροστινός διακόπτης, όταν είναι αριστερά ο αριστερός διακόπτης και παρομοίως για τις άλλες κατευθύνσεις. Αργότερα κάποια πηδάλια αναγνώριζαν και διαγώνιες θέσεις. Σε περίπτωση που το πηδάλιο είναι σε θέση μπροστά και δεξιά για παράδειγμα κλείνει ταυτόχρονα δύο διακόπτες, τον μπροστινό και τον δεξιό. Παρόμοια λειτουργούν και τα κουμπιά. Όταν πατηθεί κάποιο κουμπί κλείνει το κατάλληλο κύκλωμα και το πηδάλιο δίνει το ανάλογο σήμα στον υπολογιστή. Αυτός ο σχεδιασμός όμως δε μπορεί να ξεχωρίσει το λίγο μπροστά από το πολύ μπροστά, αλλά έχει διακριτές καταστάσεις μόνο.



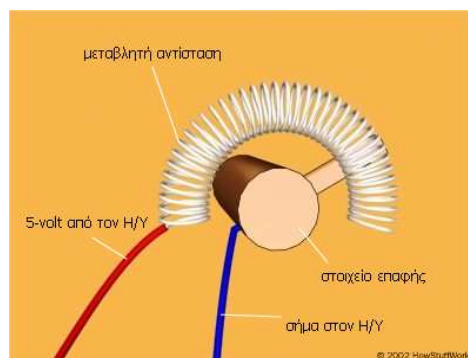
Εικόνα 4.2: Το εσωτερικό ενός παλαιού τύπου αναλογικού πηδαλίου [13]

Έτσι ο σχεδιασμός των αναλογικών πηδαλίων εξελίχθηκε ώστε να επιστρέφει τη θέση της λαβής σε δύο άξονες,  $x$  και  $y$ . Για να γίνει αυτό δυνατό, στα πηδάλια αυτά η λαβή μετακινεί μια ράβδο που είναι τοποθετημένη σε δύο στρεφόμενα στελέχη που διαθέτουν εγκοπές. Αν γείρουμε τη λαβή προς τα μπροστά ή πίσω στρέφεται το στέλεχος που αντιστοιχεί στον άξονα  $y$ . Αν γείρουμε τη λαβή προς τα δεξιά ή αριστερά στρέφεται το στέλεχος που αντιστοιχεί στον άξονα  $x$ . Αν γείρουμε τη λαβή διαγώνια στρέφονται και τα δύο στελέχη. Για να επανέρχεται η λαβή στη θέση ηρεμίας όταν την αφήνουμε ελεύθερη χρησιμοποιούνται ελατήρια.



Εικόνα 4.3: Άποψη ενός σύγχρονου αναλογικού πηδαλίου [13]

Για να προσδιοριστεί η θέση της λαβής αρκεί να παρακολουθείτε η θέση κάθε στελέχους. Αυτό γίνεται με τη χρήση δύο ποτενσιόμετρων (μεταβλητές αντιστάσεις). Καθώς στρέφεται κάθε στέλεχος μεταβάλλεται η αντίσταση του ποτενσιόμετρου. Από τον υπολογιστή περνάει ρεύμα στο πηδάλιο μέσω της αντίστασης και πάλι πίσω και αφού μεταβάλλεται η αντίσταση, μεταβάλλεται και η ένταση του ρεύματος που περνάει από το κύκλωμα. Έτσι, παράγεται ένα αναλογικό σήμα που περνάει από το πηδάλιο στον υπολογιστή. Για να το χρησιμοποιήσει ο υπολογιστής πρέπει να το μετατρέψει σε ψηφιακό σήμα. Η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται από το game port.



Εικόνα 4.4: Μεταβλητή αντίσταση αναλογικού πεδαλίου [13]

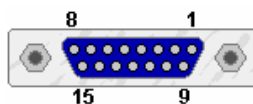
Τα ψηφιακά πεδαλία χρησιμοποιούν οπτικά οδόμετρα, παρόμοια με αυτά που υπάρχουν στους κινητήρες, για να παρακολουθούν την κίνηση της λαβής. Τα πεδαλία αυτά συνδέονται με τον υπολογιστή συνήθως μέσω της θύρας USB.

Το πεδαλίο που χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη εφαρμογή είναι αναλογικό και επικοινωνεί με τον υπολογιστή μέσω του game port.

## **4.2 Λειτουργία Θύρας Παιχνιδιών (game port) [14, 15]**

Η θύρα παιχνιδιών είναι μια θηλυκή θύρα τύπου DB15. Το σήμα που λαμβάνει η θύρα αυτή από το πεδαλίο είναι αναλογικό. Επειδή ο υπολογιστής χρειάζεται ψηφιακό σήμα η θύρα παιχνιδιών αναλαμβάνει να το μετατρέψει. Ο τρόπος που γίνεται η μετατροπή προέρχεται από την εποχή που η IBM παρουσίασε τον πρώτο προσωπικό υπολογιστή και είχε σχεδιαστεί για να είναι όσο το δυνατόν φτηνότερος. Η μετατροπή γίνεται με τη χρήση πυκνωτών. Οι πυκνωτές αυτοί φορτίζονται από το ρεύμα που περνάει μέσα από το πεδαλίο. Λόγω των ποτενσιόμετρων που υπάρχουν στο πεδαλίο, το ρεύμα που λαμβάνει από το πεδαλίο η θύρα έχει διαφορετική ένταση που εξαρτάται κάθε φορά από την αντίσταση και έτσι μεταβάλλεται ο χρόνος που χρειάζεται για να φορτίσουν οι πυκνωτές. Ένα κύκλωμα (monostable multivibrator) που έπεται του πυκνωτή δίνει σήμα 1 μόλις ο πυκνωτής φορτίσει και 0 όσο είναι αφόρτιστος. Όλα τα παραπάνω υπάρχουν σε ένα μόνο ολοκληρωμένο κύκλωμα 558. Ο χρόνος ανάμεσα σε δύο φορτίσεις μετρείται μέσω λογισμικού κάτι που σημαίνει ότι επιβαρύνεται η κεντρική μονάδα (CPU) του υπολογιστή. Η διαδικασία που ακολουθείται με τις φορτίσεις των πυκνωτών μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα μια, απειροελάχιστη, καθυστέρηση στην ανταπόκριση των προγραμμάτων στην κίνηση του πεδαλίου. Επίσης η ακρίβεια της μετατροπής του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό δεν είναι πολύ καλή.

Στην επόμενη εικόνα φαίνεται μια θηλυκή θύρα παιχνιδιών και στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι αντιστοιχίες για κάθε pin.



Εικόνα 4.5: Θηλυκή θύρα DB25 [14]

Πίνακας 4.1: Αντιστοίχιση των pins της θύρας παιχνιδιών

Pin	Όνομα	Κατεύθυνση	Περιγραφή
1	+5V	OUT	+5 VDC
2	/B1	IN	Button 1
3	X1	IN	Joystick 1 - X
4	GND	-----	Ground
5	GND	-----	Ground
6	Y1	IN	Joystick 1 - Y
7	/B2	IN	Button 2
8	+5V	OUT	+5 VDC
9	+5V	OUT	+5 VDC
10	/B3	IN	Button 3
11	X2	IN	Joystick 2 - X
12	GND	-----	Ground
13	Y2	IN	Joystick 2 - Y
14	/B4	IN	Button 4
15	+5V	OUT	+5 VDC

### **4.3 Επικοινωνία Πηδαλίου – MATLAB [20]**

Αυτό που ενδιαφέρει είναι να διαβάζεται η θέση του πηδαλίου για να είναι εφικτό να σταλούν οι κατάλληλες εντολές στους κινητήρες. Επειδή χρησιμοποιήθηκε η MATLAB για τον έλεγχο των κινητήρων επιλέχθηκε το πρόγραμμα ελέγχου να γραφεί σε MATLAB.

Η MATLAB για να επικοινωνεί με τον «έξω κόσμο», όπως με τις διάφορες θύρες του υπολογιστή και γενικότερα με διάφορες συσκευές και αισθητήρες που συνδέουμε στον υπολογιστή, χρησιμοποιεί το Data Acquisition Toolbox. Για παράδειγμα μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει την παράλληλη θύρα. Για την επικοινωνία με τις διάφορες θύρες χρειάζονται όμως οι κατάλληλοι οδηγοί. Συνήθως αυτοί παρέχονται από τους κατασκευαστές των συσκευών που χρησιμοποιούμε. Ωστόσο μας δίνεται η δυνατότητα μέσω του Data Acquisition Toolbox Adaptor Kit να φτιάξουμε τους δικούς μας οδηγούς.

Αυτό που χρειάζεται είναι να διαβάζεται η θέση του πηδαλίου σε μορφή συντεταγμένων μέσω του game port. Στον ιστοχώρο της εταιρίας MathWorks που κατασκευάζει τη MATLAB υπάρχει ένα άρθρο που περιγράφει ποια είναι η διαδικασία για να φτιάξει κανείς δικούς του οδηγούς για το Data Acquisition Toolbox και ως παράδειγμα έχει την κατασκευή ενός οδηγού για πηδάλιο. Το παράδειγμα αυτό είναι πλήρως λειτουργικό και κατάλληλο για εφαρμογή στην πλατφόρμα. Οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας ο συγκεκριμένος οδηγός.

Για να χρησιμοποιηθεί ο οδηγός χρειάζεται να εγκατασταθεί στον υπολογιστή το αρχείο *joy.dll* που είναι ο οδηγός για το πηδάλιο. Αυτό μπορεί να γίνει πολύ εύκολα μέσα από το περιβάλλον της MATLAB με τη χρήση της εντολής *daqregister*. Συγκεκριμένα η εντολή χρησιμοποιείται ως εξής *daqregister('joy.dll')*.

Έπειτα από αυτή τη διαδικασία είναι έτοιμο να χρησιμοποιηθεί το πηδάλιο στη MATLAB μέσω του Data Acquisition Toolbox. Η διαδικασία για να χρησιμοποιηθεί ο οδηγός είναι συγκεκριμένη και παρόμοια για όλους τους οδηγούς. Σε κάθε πρόγραμμα που χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί κάποιος οδηγός πρέπει να ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα:

- Να οριστεί ο οδηγός-συσσκευή. Αυτό γίνεται με την εντολή *analoginput*, εφόσον πρόκειται για αναλογική είσοδο, η οποία μπορεί να πάρει 1 ή 2 ορίσματα. Το πρώτο όρισμα είναι το όνομα του οδηγού και είναι απαραίτητο ενώ το δεύτερο είναι προαιρετικό και είναι ένας αριθμός που χρησιμοποιείται ως αναγνώριση (ID) της συσκευής.  
*ai=analoginput('joy',1)*
- Στη συνέχεια πρέπει να οριστεί πόσα κανάλια έχει η συσκευή. Για παράδειγμα, το πηδάλιο έχει δύο κανάλια, την θέση στον άξονα x και τη θέση στον άξονα y. Η εντολή που ορίζει τα κανάλια είναι η *addchannel*.  
*addchannel(ai,[1 2])*
- Όταν θέλουμε να πάρουμε δεδομένα από τη συσκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εντολή *getsample*. Η εντολή αυτή επιστρέφει μια τιμή για κάθε κανάλι.  
*d=getsample(ai)*
- Όταν τελειώσουμε και δε χρειαζόμαστε πια τον οδηγό, μια καλή πρακτική είναι να σβήνετε ο οδηγός από τη μνήμη και από το περιβάλλον της MATLAB. Αυτό γίνεται με τις εντολές *delete* και *clear*.  
*delete(ai)*  
*clear ai*

Εκτός από τις παραπάνω εντολές, το Data Acquisition Toolbox, έχει και άλλες. Ωστόσο για την εφαρμογή που εξετάζουμε αρκούν αυτές.

Πρέπει να τονισθεί ότι για τις περισσότερες συσκευές, έτσι και για το πηδάλιο, χρειάζεται πριν χρησιμοποιηθεί να γίνει μια βαθμονόμηση (calibration). Για να γίνει αυτό χρειάζεται να ελεγχθούν κάποιες γνωστές τιμές της συσκευής. Στη περίπτωση του πηδαλίου που εξετάζεται είναι γνωστό ότι αν μετακινηθεί το πηδάλιο τέρμα μπροστά ή τέρμα πίσω θα επιστρέψει την μέγιστη και ελάχιστη τιμή για τον άξονα y. Παρόμοια για τέρμα δεξιά και τέρμα αριστερά θα επιστρέψει την μέγιστη και ελάχιστη τιμή για τον άξονα x. Στη θέση ηρεμίας θα πρέπει να επιστρέψει μια ενδιάμεση τιμή και για τους δύο άξονες. Γνωρίζοντας αυτά είναι δυνατόν να βαθμονομηθεί η κίνηση του πηδαλίου μέσα στα επιθυμητά όρια. Με το παρακάτω κώδικα διαβάζονται οι τιμές για τα μέγιστα και ελάχιστα x και y καθώς και για τη θέση ηρεμίας.



```

i=analoginput('joy',1);
addchannel(ai,[1 2]);

display('Calibrating the joystick:');

ans=input('Terma dexia.Patiste ENTER otan eiste etoimos');
d = getsample(ai)
max_x=d(1)
display('Timi gia terma dexia kataxwrihike');

ans=input('Terma aristera.Patiste ENTER otan eiste etoimos');
d = getsample(ai)
min_x=d(1)
display('Timi gia terma aristera kataxwrihike');

ans=input('Terma mprosta.Patiste ENTER otan eiste etoimos');
d = getsample(ai)
max_y=-d(2)
display('Timi gia terma mprosta kataxwrihike');

ans=input('Terma pisw.Patiste ENTER otan eiste etoimos');
d = getsample(ai)
min_y=-d(2)
display('Timi gia terma pisw kataxwrihike');

ans=input('Iremia.Patiste ENTER otan eiste etoimos');
d = getsample(ai)
iremia_x=d(1)
iremia_y=-d(2)
display('Timi gia iremia kataxwrihike');

```

Αν βρεθούν οι τιμές για τα μέγιστα και ελάχιστα x και y καθώς και για τη θέση ηρεμίας είναι δυνατόν να γίνει ότι βαθμονόμηση κριθεί απαραίτητη όπως για παράδειγμα να τεθούν όρια από -10 έως 10 για τους άξονες x και y και τιμή 0 και για το x και για το y στη θέση ηρεμίας. Αυτό μπορεί να γίνει βρίσκοντας μια απλή σχέση που να συνδέει την κλίμακα των x και y που μας επιστρέφει το Data Acquisition Toolbox από το πηδάλιο με την κλίμακα που είναι κατάλληλη για την εκάστοτε εφαρμογή. Για παράδειγμα ο παρακάτω κώδικας διαβάζει μια φορά τη θέση του πηδαλίου και μετατρέπει τις τιμές των x και y σε κλίμακα από -10 έως 10, θεωρώντας μάλιστα ότι για μια περιοχή 10% γύρω από τη θέση ηρεμίας το πηδάλιο παραμένει σε αυτή.

```

% pairnoute tin kinisi toy joystick
d = getsample(ai);

% allazoume klimaka se -10,0,10
if(d(1)<1.1*iremia_x)
    x=((d(1)-min_x)/(iremia_x-min_x))*10-10; %allagi klimakas se (-10,0)
elseif(d(1)>1.1*iremia_x)
    x=((d(1)-iremia_x)/(max_x-iremia_x))*10; %allagi klimakas se (0,10)
else
    x=0;
end

```

```
if(-d(2)<1.1*iremia_y)
    y=(-d(2)-min_y)/(iremia_y-min_y)*10-10; %allagi klimakas se (-10,0)
elseif(-d(2)>1.1*iremia_y)
    y=(-d(2)-iremia_y)/(max_y-iremia_y)*10; %allagi klimakas se (0,10)
else
    y=0;
end
```

## **Κεφάλαιο 5°: Πλοήγηση**

### **5.1 Εισαγωγή**

Ο σκοπός μιας αυτοκινούμενης πλατφόρμας όπως αυτή της πλατφόρμας Hellenak είναι να μπορεί να κινείται στο χώρο αυτόνομα, χωρίς τη παρέμβαση του ανθρώπου. Έτσι η χρήση ενός πηδαλίου σε μια τέτοια πλατφόρμα μοιάζει να καταργεί την έννοια της αυτονομίας. Ωστόσο το πηδάλιο μπορεί να αποδειχθεί πολύ χρήσιμο σε πολλές περιπτώσεις. Για παράδειγμα μπορεί κανείς να πλοηγήσει την πλατφόρμα στο χώρο και να καταγράψει τις κινήσεις του πηδαλίου ώστε στη συνέχεια να μπορούν να αναπαραχθούν από την υπολογιστική μονάδα του οχήματος.

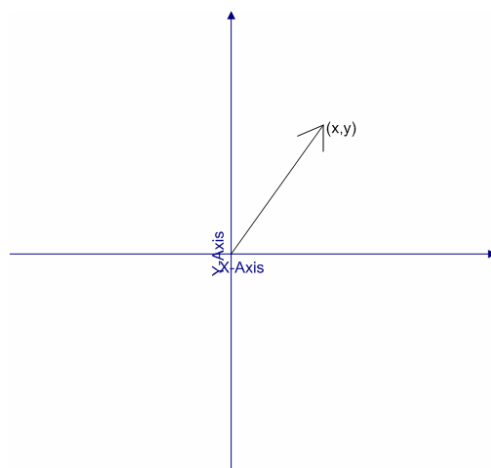
### **5.2 Πλοήγηση**

Η πλοήγηση της πλατφόρμας είναι δυνατόν να γίνει στέλνοντας εντολές, μέσα από κάποιο περιβάλλον όπως αυτό της MATLAB, απευθείας στους κινητήρες. Ως συσκευή εισόδου αυτών των εντολών έχει ήδη χρησιμοποιηθεί το πληκτρολόγιο. Το επόμενο βήμα είναι να χρησιμοποιηθεί ένας πιο εύκολος τρόπος εισόδου, το πηδάλιο. Το πηδάλιο δεν έχει την ίδια ακρίβεια που θα είχε μια εντολή προς τους κινητήρες να κινηθούν για συγκεκριμένη απόσταση με συγκεκριμένη ταχύτητα αλλά παρόλο που είναι πιο διαισθητικό είναι πολύ πιο απλό στη χρήση και παράγει καλύτερα αποτελέσματα.

Βασική αρχή της χρήσης ενός πηδαλίου για την πλοήγηση είναι η συσχέτιση της θέσης του πηδαλίου όχι μόνο με την κατεύθυνση του οχήματος αλλά και με την ταχύτητα αυτού. Μετά από έρευνα που έγινε, κυρίως μέσω Internet, ενώ βρέθηκαν αρκετές εφαρμογές οχημάτων που χρησιμοποιούν πηδάλια, δεν βρέθηκε κάποιο ξεκάθαρο μαθηματικό πρότυπο που να μοντελοποιεί την πλοήγηση οχημάτων, του τύπου της πλατφόρμας Hellenak, μέσω πηδαλίου. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να αναπτυχθεί μια δική μας μεθοδολογία για την μετατροπή της θέσης του πηδαλίου σε αντίστοιχη κίνηση της πλατφόρμας.

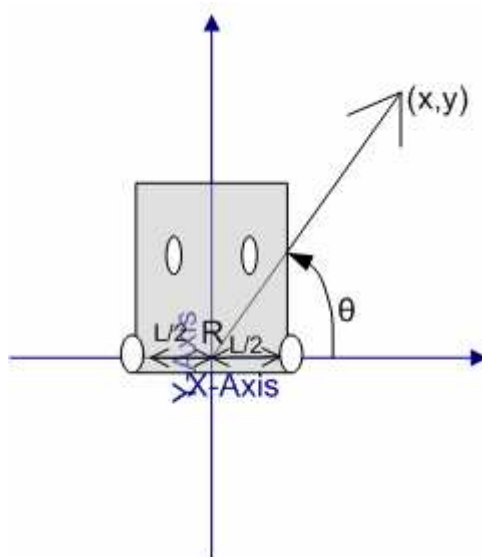
### **5.3 Μεθοδολογία**

Η πληροφορία που δίνει το πηδάλιο είναι ένα ζεύγος συντεταγμένων  $x$  και  $y$ . Αν τοποθετηθούν οι συντεταγμένες πάνω σε ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων μπορούμε να θεωρήσουμε ένα διάνυσμα από την αρχή των αξόνων μέχρι το σημείο αυτό, δηλαδή το διάνυσμα  $\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ .



Σχήμα 5.1: Διάνυσμα Θέσης

Επιπλέον θεωρώντας ότι η πλατφόρμα τη στιγμή αυτή βρίσκεται στην αρχή των αξόνων. Βεβαίως δεν είναι δυνατόν να θεωρηθεί ως σημειακό σημείο και γι' αυτό, όπως πραγματοποιήθηκε και στην κινηματική ανάλυση, θα χρησιμοποιηθεί το σημείο που βρίσκεται στο μέσο ανάμεσα από τους δύο κινητήριους τροχούς, ως το σημείο που βρίσκεται στην αρχή των αξόνων.



Σχήμα 5.2: Αρχική τοποθέτηση πλατφόρμας

Όπως είναι φανερό και από το σχήμα θα ήταν δυνατό να υποτεθεί ότι το πρόβλημα της πλοήγησης του οχήματος μέσω του πηδαλίου ως ένα πρόβλημα αντίστροφης κινηματικής. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο το πρόβλημα της αντίστροφης κινηματικής είναι να προσδιοριστούν οι ταχύτητες που πρέπει να έχουν οι τροχοί για να φτάσει το όχημα σε ένα συγκεκριμένο σημείο με συγκεκριμένο προσανατολισμό. Δυστυχώς όμως δεν είναι δυνατόν να λυθεί εύκολα αυτό το πρόβλημα. Επιπλέον στο αντίστροφο κινηματικό πρόβλημα η μετακίνηση του ρομπότ πρέπει να γίνει σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αντίθετα στην περίπτωση που εξετάζεται η θέση του πηδαλίου αλλάζει συνέχεια, δηλαδή ο χρόνος  $\delta t$  μέσα στον οποίο θα έπρεπε να πραγματοποιηθεί η μετακίνηση είναι απειροελάχιστος και εκ των πραγμάτων

δεν μπορεί να τηρηθεί. Έτσι θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα διαφορετικό μοντέλο για την κίνηση της πλατφόρμας.

Για να αναπτυχθεί ο αλγόριθμος κίνησης του ρομπότ με βάση τη θέση του πηδάλιου, ας εξετάσουμε πρώτα πως χρησιμοποιούμε το πηδάλιο. Η χρήση του πηδάλιου γίνεται από τους περισσότερους εντελώς διαισθητικά. Μετακινώντας το πηδάλιο με κάποιο τρόπο συνήθως έχουμε μια ιδέα για το πως θα έπρεπε να κινηθεί το όχημα. Συγκεκριμένα αν το πηδάλιο μετακινηθεί μπροστά ή πίσω, δηλαδή πάνω στον άξονα των  $y$ , διαισθητικά περιμένουμε το όχημα να κινηθεί προς την αντίστοιχη κατεύθυνση. Μάλιστα ανάλογα με την κλίση που δίνετε στο πηδάλιο περιμένουμε να μεταβάλλεται η ταχύτητα του οχήματος. Με αυτό το τρόπο συμπεραίνεται ότι η ταχύτητα της πλατφόρμας θα πρέπει να εξαρτάται από το  $y$ . Αν μετακινηθεί το πηδάλιο δεξιά ή αριστερά, δηλαδή πάνω στον άξονα των  $x$ , περιμένουμε ότι το όχημα θα στρίψει. Όσο πιο μεγάλη κλίση δοθεί στο πηδάλιο τόσο πιο γρήγορα περιμένουμε ότι θα πραγματοποιηθεί η στροφή. Έτσι συμπεραίνεται ότι η τιμή του  $x$  παίζει και αυτή ρόλο στην ταχύτητα της πλατφόρμας στην περίπτωση που έχουμε στροφή. Εάν τώρα έχουμε το πηδάλιο σε διαγώνια θέση, αυτό που αναμένεται να συμβεί είναι το όχημα να κινείται προς τα μπροστά (ή πίσω) και ταυτόχρονα να στρίψει. Η σχέση μεταξύ του  $y$  και του  $x$  είναι αυτή που καθορίζει αν θα γίνεται περισσότερη κίνηση προς τα μπροστά (ή πίσω) ή αν πραγματοποιείτε περισσότερο στροφή.

Η λύση του προβλήματος περιελάμβανε αρκετές δοκιμές. Η κίνηση προσεγγίστηκε με διάφορους τρόπους όμως όλοι έχουν μια κοινή βάση.

Ξεκινάμε θεωρώντας ότι η βασική μας κίνηση είναι πάνω στον άξονα  $y$ . Έτσι οι ταχύτητες στους 2 τροχούς θα πρέπει καταρχάς να είναι ίδιες γιατί αλλιώς θα έστριβε η πλατφόρμα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στην ευθεία κίνηση παίζει ρόλο μόνο η τιμή του  $y$ . Αν το  $y$  είναι θετικό έχουμε κίνηση προς τα μπροστά, αν είναι αρνητικό έχουμε κίνηση προς τα πίσω. Η απόλυτη τιμή του  $y$  καθορίζει την ταχύτητα. Δεδομένου ότι οι τροχοί περιστρέφονται ανάλογα με την τάση που τους παρέχεται, με 0V μέγιστη ταχύτητα μπροστά, 5V μέγιστη ταχύτητα προς τα πίσω και με 2,5V σταματάνε θα μπορούσε η ταχύτητα να εκφραστεί ως εξής, θεωρώντας ότι το μέτρο του μπορεί να είναι το πολύ 10 είτε για θετικό είτε για αρνητικό  $y$ :

$$v_y = 2.5 \left( 1 - \frac{y}{10} \right)$$

Με την προηγούμενη σχέση διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- $y = 0 \Rightarrow v_y = 2.5$ , η πλατφόρμα μένει ακίνητη
- $y = 10 \Rightarrow v_y = 0$ , η πλατφόρμα κινείται προς τα μπροστά με μέγιστη ταχύτητα
- $y = -10 \Rightarrow v_y = 5$ , η πλατφόρμα κινείται προς τα πίσω με μέγιστη ταχύτητα

- $-10 < y < 0 \Rightarrow 2.5 < v_y < 5$ , η πλατφόρμα κινείται προς τα πίσω
- $0 < y < 10 \Rightarrow 0 < v_y < 2.5$ , η πλατφόρμα κινείται μπροστά

Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι ακριβώς όπως τα επιθυμούμε. Ας δούμε όμως πως προχωρήσαμε στη συνέχεια.

Το παραπάνω μοντέλο δουλεύει μια χαρά όταν δεν έχουμε στροφή. Όταν όμως ληφθεί υπόψη η τιμή στον άξονα  $x$  τα πράγματα περιπλέκονται. Είναι γνωστό ότι για να στρίψει το ρομπότ πρέπει οι τροχοί να έχουν διαφορετικές ταχύτητες. Συγκεκριμένα ο εξωτερικός τροχός πρέπει να έχει μεγαλύτερη ταχύτητα από τον εσωτερικό. Οι νέες ταχύτητες θα προκύψουν συμπεριλαμβάνοντας στους υπολογισμούς μας και την τιμή του  $x$ . Θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η τιμή του  $x$  με τέτοιο τρόπο ώστε να προκύπτει μια διαφορά ανάμεσα στις ταχύτητες των δύο τροχών. Επιπλέον το πρόσημο του  $x$  θα καθορίζει αν το όχημα θα στρίβει αριστερά η δεξιά.

### **Προσέγγιση 1<sup>η</sup>**

Μια πρώτη σκέψη είναι να αυξάνεται η ταχύτητα του εξωτερικού τροχού κατά ένα ποσό ανάλογο με την απόλυτη τιμή του  $x$ . Έτσι η πλατφόρμα θα έστριβε προς την πλευρά που θέλουμε. Αν για παράδειγμα το πηδάλιο βρίσκεται σε μια θέση μπροστά και δεξιά και θεωρηθεί ότι η τιμή του  $y$  συμβάλλει στην κίνηση με μια ταχύτητα  $v_y$  και η τιμή του  $x$  με μια ταχύτητα  $v_x$  τότε οι ταχύτητες στους δύο τροχούς θα ήταν ως εξής:

$$v_l = v_y + v_x \text{ και } v_r = v_y$$

Με αυτό το τρόπο θα πραγματοποιούνταν μια κίνηση της πλατφόρμας προς τα εμπρός με ταυτόχρονη στροφή προς τα δεξιά. Όμως η συγκεκριμένη λύση τελικά δεν είναι κατάλληλη γιατί η πλατφόρμα θα μετατοπίζεται προς τα μπροστά περισσότερο από όσο είναι επιθυμητό, δηλαδή η κίνηση προς τα μπροστά θα είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τη θέση του πηδαλίου. Αυτό θα ήταν αισθητό στη χρήση, αν και ελάχιστα, αφού η πλατφόρμα δεν θα έστριβε όπως ακριβώς θα αναμενόταν.

### **Προσέγγιση 2<sup>η</sup>**

Η επόμενη σκέψη είναι αντί να αυξάνεται η ταχύτητα του εξωτερικού τροχού να μειώνεται η ταχύτητα του εσωτερικού τροχού. Οι ταχύτητες τότε για μια κίνηση προς τα μπροστά με ταυτόχρονη στροφή προς τα δεξιά θα ήταν ως εξής:

$$v_l = v_y \text{ και } v_r = v_y - v_x$$

Με αυτό το τρόπο η πλατφόρμα θα έστριβε προς τη πλευρά που θέλουμε αλλά αυτή τη φορά η μετατόπιση προς τα μπροστά θα ήταν μικρότερη σε σχέση με την επιθυμητή, δηλαδή σε σχέση με τη θέση του πηδαλίου.

### **Προσέγγιση 3<sup>η</sup>**

Η τελευταία προσέγγιση είναι ένας συνδυασμός των προηγούμενων δύο. Η λογική της συγκεκριμένης προσέγγισης είναι ότι και αυξάνεται η ταχύτητα στον εξωτερικό τροχό και μειώνεται η ταχύτητα στον εσωτερικό τροχό. Αν θεωρηθεί όπως και πριν ότι η τιμή του  $x$  συμβάλλει με μια ταχύτητα  $v_x$  στην κίνηση τότε θα προσθέσουμε ένα ποσό  $v_x$  στην ταχύτητα του εξωτερικού τροχού και θα αφαιρέσουμε ένα ποσό  $v_x$  από την ταχύτητα του εσωτερικού τροχού. Δηλαδή για θέση του πηδαλίου μπροστά και δεξιά οι εξισώσεις θα είναι της παρακάτω μορφής:

$$v_l = v_y + v_x \text{ και } v_r = v_y - v_x$$

Έτσι θα πραγματοποιείται στροφή προς τη πλευρά που είναι επιθυμητό αλλά και οι μετατοπίσεις θα είναι ακριβώς ανάλογες με τη θέση του πηδαλίου. Η περίπτωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα μια πιο ομαλή κίνηση της πλατφόρμας σε σχέση με τις δύο προηγούμενες.

### **Προσέγγιση 4<sup>η</sup>**

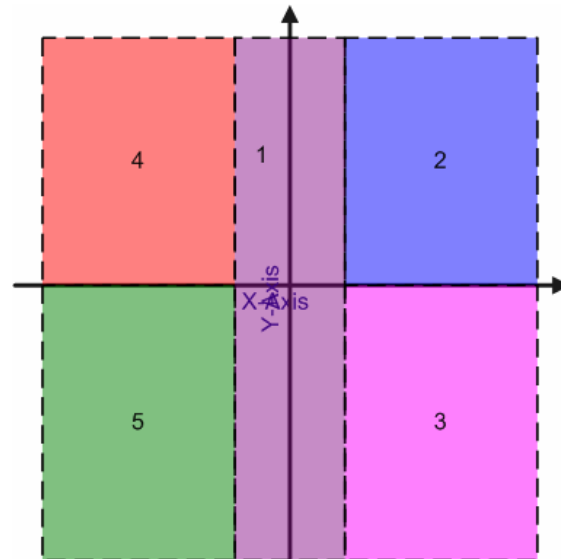
Μια ακόμα εναλλακτική προσέγγιση είναι όπως η παραπάνω αλλά να προστίθεται και να αφαιρείται ποσό  $\frac{v_x}{2}$  στην ταχύτητα του εξωτερικού τροχού και του εσωτερικού τροχού. Δηλαδή για θέση του πηδαλίου μπροστά και δεξιά οι εξισώσεις θα είναι της παρακάτω μορφής:

$$v_l = v_y + \frac{v_x}{2} \text{ και } v_r = v_y - \frac{v_x}{2}$$

### **Μεθοδολογία**

Επόμενο βήμα είναι να προσδιορισθούν οι ταχύτητες  $v_y$  και  $v_x$ . Για κάθε πιθανή θέση του πηδαλίου πρέπει να δίνονται και διαφορετικές ταχύτητες στους κινητήρες. Όπως γίνεται κατανοητό οι δυνατές θέσεις είναι άπειρες και δε θα ήταν δυνατό να μοντελοποιηθούν μια – μια. Έτσι παρουσιάζεται η ανάγκη ομαδοποίησης των πιθανών θέσεων σε περιπτώσεις. Εδώ όμως τίθεται ένα δίλημμα: όσο περισσότερες περιπτώσεις έχουμε τόσο πιο εύκολη είναι η μοντελοποίηση και τόσο πιο σωστά τα αποτελέσματα αλλά θυσιάζουμε ταχύτητα. Θα πρέπει λοιπόν να γίνει επιλογή ανάμεσα σε πιο γρήγορη ανταπόκριση στις κινήσεις του πηδαλίου με πιθανά κενά στη μοντελοποίηση κάποιων ειδικών περιπτώσεων ή να καλυφθούν πλήρως όλες οι περιπτώσεις με πιθανή όμως καθυστέρηση της ανταπόκρισης της κίνησης του ρομπότ στη κίνηση του πηδαλίου. Όπως είναι φυσικό η ταχύτητα επηρεάζεται και από το υλικό, όσο πιο γρήγορος είναι ο υπολογιστής για παράδειγμα τόσο πιο μεγάλη θα είναι η ταχύτητα εκτέλεσης της κίνησης.

Στο επόμενο σχήμα φαίνεται πως χωρίστηκε αρχικά σε περιοχές το ορθοκανονικό σύστημα συντεταγμένων.



Σχήμα 5.3: Οι 5 περιοχές

Διακρίνονται πέντε περιοχές. Στη 1<sup>η</sup> περιοχή θεωρούμε ότι η τιμή του  $x$  είναι μηδέν. Σε αυτή τη περιοχή η κίνηση είναι ευθεία προς τα μπροστά ή προς τα πίσω και οι δύο τροχοί θα πρέπει να έχουν την ίδια ταχύτητα. Στη 2<sup>η</sup> περιοχή το όχημα θα πρέπει να κινείται προς τα μπροστά και ταυτόχρονα να στρίβει προς τα δεξιά. Στη 3<sup>η</sup> περιοχή το όχημα θα πρέπει να κινείται προς τα πίσω και ταυτόχρονα να στρίβει προς τα δεξιά. Στη 4<sup>η</sup> περιοχή το όχημα θα πρέπει να κινείται προς τα μπροστά και ταυτόχρονα να στρίβει προς τα αριστερά. Τέλος, στη 5<sup>η</sup> περιοχή το όχημα θα πρέπει να κινείται προς τα πίσω και ταυτόχρονα να στρίβει προς τα αριστερά.

Αν εφαρμοστούν οι παραπάνω περιοχές στην 3<sup>η</sup> προσέγγιση που έχει αναφερθεί παραπάνω, το αποτέλεσμα θα είναι το παρακάτω για τις ταχύτητες στους τροχούς για κάθε περιοχή:

Περιοχή 1:  $v_l = v_x = v_y = 2.5 \left( 1 - \frac{y}{10} \right)$

$$v_l = v_y + v_x = 2.5 \left( 1 - \frac{y}{10} - \frac{x}{10} \right)$$

Περιοχή 2:

$$v_r = v_y - v_x = 2.5 \left( 1 - \frac{y}{10} + \frac{x}{10} \right)$$

$$v_l = v_y + v_x = 2.5 \left( 1 - \frac{y}{10} - \frac{x}{10} \right)$$

Περιοχή 3:

$$v_r = v_y - v_x = 2.5 \left( 1 - \frac{y}{10} + \frac{x}{10} \right)$$

$$v_l = v_y - v_x = 2.5 \left( 1 - \frac{y}{10} + \frac{x}{10} \right)$$

Περιοχή 4:

$$v_r = v_y + v_x = 2.5 \left( 1 - \frac{y}{10} - \frac{x}{10} \right)$$



$$v_l = v_y - v_x = 2.5 \left( 1 - \frac{y}{10} + \frac{x}{10} \right)$$

Περιοχή 5:

$$v_r = v_y + v_x = 2.5 \left( 1 - \frac{y}{10} - \frac{x}{10} \right)$$

Παρατηρούμε ότι οι περιοχές 2 και 3 έχουν τους ίδιους τύπους. Αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατόν να συμπτυχθούν σε μια περιοχή. Το ίδιο μπορεί να γίνει και με τις περιοχές 4 και 5. Ακόμα παρατηρώντας τις παραπάνω εξισώσεις γίνεται φανερό ότι αν στις εξισώσεις τις 1<sup>ης</sup> περιοχής υπήρχε και ο όρος  $\frac{x}{10}$  ή ο όρος

$-\frac{x}{10}$  μέσα στις παρενθέσεις δε θα άλλαζε κάτι αφού η τιμή του x είναι μηδέν

σε αυτή την περιοχή. Έτσι είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε από τις εξισώσεις των άλλων περιοχών για αυτή την περιοχή και θα το αποτέλεσμα θα ήταν πάλι το ίδιο. Δηλαδή τελικά είναι δυνατόν να χωριστεί το σύστημα συντεταγμένων σε μόλις 2 περιοχές. Το κριτήριο θα είναι το πρόσημο του x. Σε μια από τις περιοχές θα πρέπει να συμπεριληφθεί και η περίπτωση του x να είναι μηδέν, δεν έχει σημασία σε ποια.

Για να μετατραπούν τα παραπάνω συμπεράσματα σε λειτουργικό κώδικα χρειάστηκαν αρκετές δοκιμές. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών διαπιστώθηκε ότι πρέπει να γίνουν κάποιες τροποποιήσεις στις παραπάνω εξισώσεις. Αρχικά θα πρέπει να γίνει αναφορά στο γεγονός ότι δεν είναι ότι καλύτερο να λειτουργούν οι κινητήρες στα όρια και για αυτό έγινε προσπάθεια να ενσωματωθούν στον κώδικα έλεγχοι και πράξεις που θα συμβάλλουν ώστε οι κινητήρες να μην περιστρέφονται στη μέγιστη ταχύτητα, δηλαδή να μην παίρνουν σήμα στα 0 ή 5V. Ένα άλλο σημείο που προέκυψε είναι ότι για να υπολογίζονται πιο σωστά οι ταχύτητες θα πρέπει να λαμβάνεται το μέτρο των x και y συντεταγμένων. Παρόλα αυτά το πρόσημό τους είναι σημαντικό στο καθορισμό της πορείας. Το μεν πρόσημο του x λαμβάνεται υπόψη αφού με βάσει αυτό γίνεται ο χωρισμός σε περιοχές, ενώ το πρόσημο του y ενσωματώθηκε στην εντολή κίνησης. Παρακάτω φαίνεται το κομμάτι του κώδικα που πραγματοποιεί τον υπολογισμό των ταχυτήτων και στέλνει τις αντίστοιχες εντολές στους κινητήρες.

```
if(x>=0)
    tax_ar=min((abs(y/max_y)+abs(x/max_x))*0.5*sign(y),0.99)
    tax_dex=min((abs(y/max_y)-abs(x/max_x))*0.5*sign(y),0.99)

    2.5-1.5*tax_ar
    2.5-1.5*tax_dex

    volts_aristera=ealogout(kinitiras_aristera,0,2.5-1.5*tax_ar,0);
    volts_dexia=ealogout(kinitiras_dexia,0,2.5-1.5*tax_dex,0);
elseif(x<0)
    tax_ar=min((abs(y/max_y)-abs(x/max_x))*0.5*sign(y),0.99)
    tax_dex=min((abs(y/max_y)+abs(x/max_x))*0.5*sign(y),0.99)
```

```

2.5-1.5*tax_ar
2.5-1.5*tax_dex

volts_aristera=ealogout(kinitiras_aristera,0,2.5-1.5*tax_ar,0);
volts_dexia=ealogout(kinitiras_dexia,0,2.5-1.5*tax_dex,0);
end

```

Τα  $x$  και  $y$  είναι οι τιμές που έχουν ληφθεί από το πηδάλιο. Οι περιοχές χωρίζονται με βάση το πρόσημο του  $x$ . Η ταχύτητα υπολογίζεται ως το άθροισμα ή τη διαφορά της απόλυτης τιμής του  $y$  προς το μέγιστο  $y$  με την απόλυτη τιμή του  $x$  προς το μέγιστο  $x$ . Αυτό το νούμερο υποδιπλασιάζεται. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι για να μην ξεφεύγει έξω από τα όρια του κινητήρα. Αυτό έχει ως συνέπεια να μην αναπτύσσει μεγάλες ταχύτητες η πλατφόρμα όμως δε μας απασχολεί γιατί έτσι κι αλλιώς στην περίπτωση που μεταφέρει μεγάλα φορτία είναι προτιμότερο να έχει μικρή ταχύτητα για λόγους ασφαλείας. Το νούμερο που προκύπτει πολλαπλασιάζεται με το πρόσημο του  $y$ . Ουσιαστικά με αυτόν τον τρόπο ενσωματώνεται στον υπολογισμό της κίνησης η φορά κίνησης, προς τα μπροστά ή προς τα πίσω.

Το νούμερο που έχει προκύψει είναι ένας συντελεστής που θα χρησιμοποιηθεί παρακάτω. Με τον τρόπο που έγινε ο παραπάνω υπολογισμός το νούμερο αυτό δε θα πρέπει να ξεπερνάει το 1. Ωστόσο για να λόγους ασφαλείας έχει ενσωματωθεί ένας έλεγχος ώστε η μέγιστη δυνατή τιμή που μπορεί να πάρει να είναι το 0.99.

Στη συνέχεια αυτός ο συντελεστής που έχει προκύψει για κάθε κινητήρα πολλαπλασιάζεται με το 1,5 και αφαιρείται από το 2,5. Το 2,5 είναι η τιμή των βολτ για τα οποία οι κινητήρες δεν κινούνται. Αυτό που γίνεται δηλαδή είναι να περιοριστεί το σήμα που πάει στους κινητήρες στα 1 έως 4V γιατί όπως έχει αναφερθεί καλό είναι οι κινητήρες να μην λειτουργούν στη μέγιστη ισχύ. Το περιθώριο  $\pm 1,5$  είναι στην ευχέρεια του χρήστη να το αλλάξει και να καθορίσει μια άλλη τιμή. Πρέπει όμως να έχει εξοικειωθεί πρώτα αρκετά καλά με την πλατφόρμα, τον τρόπο λειτουργίας της και την κίνησή της. Όπως είναι φυσικό το περιθώριο δε θα πρέπει να είναι πάνω από 2,5 αφού σε αυτή τη περίπτωση βγαίνει έξω από τα όρια του κινητήρα.

Δυστυχώς ο παραπάνω κώδικας έχει και κάποια μειονεκτήματα τα οποία για να διορθωθούν απαιτούν την εισαγωγή περισσότερων ελέγχων που θα κάνουν το πρόγραμμα πολύ πιο αργό. Συγκεκριμένα σε περιπτώσεις που το μέτρο του  $x$  είναι πολύ μεγάλο και του  $y$  είναι πολύ μικρό και αρνητικό οι κινητήρες παίρνουν εντολή να κινηθούν ανάποδα από ότι θα έπρεπε. Σε περίπτωση που το  $y$  είναι θετικό, έστω και πολύ μικρό, ή το μέτρο του αυξηθεί η κίνηση γίνεται ομαλά. Για να γίνεται σωστός υπολογισμός της κίνησης θα πρέπει να υπάρχει ειδική περίπτωση σε περίπτωση που το  $y$  είναι αρνητικό και το μέτρο του κάτω από μια τιμή. Αυτό σημαίνει περισσότερους ελέγχους με αποτέλεσμα η εκτέλεση του προγράμματος να καθυστερεί και να μην υπάρχει άμεση ανταπόκριση της πλατφόρμας.

## **Κεφάλαιο 6°: Πλοήγηση μέσω Δικτύου**

### **6.1 Εισαγωγή**

Βασικός σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η δυνατότητα να γίνεται ο έλεγχος της κίνησης της πλατφόρμας από απόσταση. Η πλοήγηση από απόσταση προϋποθέτει να υπάρχει με κάποιο τρόπο επικοινωνία ανάμεσα στην πλατφόρμα και τον τερματικό σταθμό. Η επικοινωνία μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε μέσω ενσύρματου δικτύου είτε μέσω ασύρματου δικτύου. Θεωρητικά με την εξάπλωση που γνωρίζει το διαδίκτυο είναι δυνατόν να κινήσουμε την πλατφόρμα ενώ βρισκόμαστε στο άλλο άκρο της γης.

### **6.2 Ενσύρματο Δίκτυο**

Η υπολογιστική μονάδα που βρίσκεται πάνω στην πλατφόρμα Hellenak διαθέτει κάρτα δικτύου με την οποία μπορεί να συνδεθεί σε οποιοδήποτε τοπικό δίκτυο (LAN) ή στο διαδίκτυο. Στον υπολογιστή έχει παραχωρηθεί δικιά του διεύθυνση IP και είναι προσβάσιμος, μέσω του διαδικτύου, από όλο τον κόσμο.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορεί κανείς να συνδεθεί με κάποιον υπολογιστή εξ αποστάσεως. Στην παρούσα εργασία έχει επιλεγεί να γίνει χρήση έτοιμης εφαρμογής για να αποκτούμε πρόσβαση στην υπολογιστική μονάδα της πλατφόρμας από άλλο τερματικό. Χρησιμοποιείτε η εφαρμογή PC Anywhere της εταιρίας Symantec. Με τη συγκεκριμένη εφαρμογή είναι δυνατόν να γίνει σύνδεση από οπουδήποτε με την πλατφόρμα, αρκεί να είναι γνωστός ο κωδικός πρόσβασης. Η εφαρμογή αυτή παρουσιάζει μέσα σε ένα παράθυρο στον υπολογιστή που χρησιμοποιείτε την επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή του Hellenak και μπορεί κανείς να κάνει ότι ακριβώς θα μπορούσε να κάνει αν χρησιμοποιούσε απευθείας τον υπολογιστή της πλατφόρμας.

Οι δυνατότητες που δίνει η παραπάνω εφαρμογή είναι εξυπηρετικές αλλά δεν αρκούν για να χειριστεί κανείς την πλατφόρμα εξ αποστάσεως. Για να το κάνουμε αυτό χρησιμοποιείτε για άλλη μια φορά η MATLAB. Εφόσον στόχος είναι να πλοηγηθεί η πλατφόρμα από ένα απομακρυσμένο τερματικό θα πρέπει το πηδάλιο να είναι τοποθετημένο σε αυτό το τερματικό. Η διαδικασία είναι απλή και είναι ίδια όπως θα ήταν αν το πηδάλιο ήταν τοποθετημένο στην υπολογιστική μονάδα της πλατφόρμας. Επιπλέον είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ο ίδιος κώδικας που έχει χρησιμοποιηθεί και προηγουμένως για να διαβάζεται η κίνηση του πηδαλίου και να μεταφράζεται σε συντεταγμένες στο καρτεσιανό επίπεδο. Όμως θα πρέπει με κάποιον τρόπο οι τιμές των συντεταγμένων να μεταφέρονται στην υπολογιστική μονάδα στην πλατφόρμα και από εκεί να δίνονται οι κατάλληλες εντολές στους κινητήρες.

Τα παραπάνω σημαίνουν ότι για να είναι δυνατή η πλοήγηση εξ αποστάσεως χρειάζεται να τρέχουν ταυτόχρονα δύο εφαρμογές, μια στο τερματικό που θα

διαβάζει την κίνηση του πηδαλίου και μια στην πλατφόρμα που θα δίνει τις εντολές στον κινητήρα. Εκτός αυτού θα πρέπει οι δύο εφαρμογές να βρίσκονται σε διαρκή επικοινωνία μεταξύ τους.

Εφόσον υπάρχει ήδη κώδικας που διαβάζει την κίνηση του πηδαλίου αλλά και που μετατρέπει αυτή τη κίνηση σε εντολές προς τους κινητήρες και είναι σε MATLAB, επιλέχθηκε συνεχιστεί η χρήση της MATLAB και να υπάρχουν δύο προγράμματα σε MATLAB που να επικοινωνούν μεταξύ τους. Η MATLAB διαθέτει για αυτό το σκοπό το Instrument Control Toolbox. Με αυτό το toolbox είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί το πρωτόκολλο TCP/IP για επικοινωνία μέσω διαδικτύου δύο εφαρμογών. Ωστόσο η χρήση του toolbox δεν είναι πολύ απλή κι έτσι θα προτιμηθεί άλλος τρόπος.

Η MATLAB διαθέτει ένα μεγάλο αριθμό χρηστών που συμμετέχουν στην κοινότητά της βοηθώντας ο ένας τον άλλον και προσφέροντας ελεύθερα κάποιες εφαρμογές. Ανάμεσα σε αυτές τις εφαρμογές υπάρχει και το TCP/UDP/IP Toolbox, γραμμένο από κάποιο χρήστη της MATLAB, που το προσφέρει ελεύθερα προς χρήση. Το toolbox αυτό είναι πολύ πιο εύκολο στη χρήση και θα το προτιμηθεί. Οι περισσότερες διαδικασίες γίνονται με μια συνάρτηση η οποία κάνει διαφορετικά πράγματα ανάλογα με τα ορίσματα που δέχεται. Παρακάτω αναφέρονται τα κύρια βήματα που χρειάζονται για να υπάρξει επικοινωνία ανάμεσα σε δύο εφαρμογές της MATLAB μέσω δικτύου και αναλύονται κάποιες από τις βασικές εντολές.

#### Βήματα από την πλευρά του εξυπηρετητή (server-side):

1<sup>ο</sup>: *sockcon=pnet('tcpsocket',port)*

Με αυτή την εντολή γίνεται επιλογή του port που θα χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεσή. Σε περίπτωση αποτυχίας επιστρέφει -1 αλλιώς επιστρέφει έναν κωδικό σύνδεσης.

2<sup>ο</sup>: *con=pnet(sockcon,'tcp listen',['noblock'])*

Με αυτή την εντολή γίνεται επιλογή της σύνδεσης sockcon και περιμένει να γίνει σύνδεση. Η επιλογή 'noblock' είναι προαιρετική και χρησιμοποιείται για να μην μπλοκάρει σε περίπτωση που δε γίνει άμεση σύνδεση και περιμένει μέχρι να γίνει σύνδεση. Σε περίπτωση λάθους επιστρέφει -1.

3<sup>ο</sup>: *data=pnet(con,'read' [,size] [,datatype] [,swapping] [, 'view'] [, 'noblock'])*

Με αυτή την εντολή είναι δυνατόν να διαβάζονται τα δεδομένα που στέλνονται από την εφαρμογή πελάτη στη σύνδεση con. Τα δεδομένα που διαβάζει είναι μεγέθους size και αποθηκεύονται στη μεταβλητή data. Τα υπόλοιπα ορίσματα δε θα χρειαστούν.

4<sup>ο</sup>: *pnet(con,'close')*

Με αυτή την εντολή κλείνει η σύνδεση.

#### Βήματα από την πλευρά του πελάτη (client-side):

1<sup>ο</sup>: *con=pnet('tcpconnect','hostname',port)*

Με αυτή την εντολή πραγματοποιείται μια σύνδεση με τον υπολογιστή hostname στη θύρα port. Το hostname είναι η IP του εξυπηρετητή. Για να γίνει

σύνδεση θα πρέπει από την πλευρά του εξυπηρετητή να έχουν τρέξει οι εντολές του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> βήματος που αναφέρονται παραπάνω. Σε περίπτωση λάθους επιστρέφει -1 αλλιώς επιστρέφει έναν κωδικό σύνδεσης.

2<sup>ο</sup>: `elements=pnet(con,'printf', 'format',.....)`

Με αυτή την εντολή στέλνει στη σύνδεση `con` δεδομένα. Η εντολή χρησιμοποιεί την εντολή `sprintf` για να διαμορφώσει τα δεδομένα. Επιστρέφει τον αριθμό των στοιχείων που μεταφέρθηκαν.

3<sup>ο</sup>: `pnet(con,'close')`

Με αυτή την εντολή κλείνει η σύνδεση.

Υπάρχουν και άλλες εντολές αλλά στην εφαρμογή που εξετάζεται χρειάζονται μόνο οι παραπάνω.

Παράδειγμα κώδικα από την πλευρά του εξυπηρετητή (server-side):

```
sockcon=pnet('tcpsocket',80)
con=pnet(sockcon,'tcplisten','noblock')

m=0;
while m < 1000

    x=pnet(con,'read',[1])
    y=pnet(con,'read',[1])

    m = m + 1;
end

pnet(con,'close')
```

Παράδειγμα κώδικα από την πλευρά του πελάτη (client-side):

```
con=pnet('tcpconnect','147.27.9.59',80)

m=0;
while m < 1000
    % ipologizoume ta x,y me kapoio tropo
    XY=[x y]

    elements=pnet(con,'printf','%d%d',XY)

    m = m + 1;
end

pnet(con,'close')
```

### **6.2.1 Τρόπος Λειτουργίας**

Η εφαρμογή PC Anywhere χρησιμοποιείτε για να γίνει σύνδεση από τον απομακρυσμένο υπολογιστή στον υπολογιστή της πλατφόρμας. Αφού γίνει η

σύνδεση είναι δυνατόν να εκκινηθεί η MATLAB και μέσα από αυτήν να τρέξει η εφαρμογή-εξυπηρετητή η οποία θα περιμένει να πάρει σήμα από την εφαρμογή-πελάτη με τις συντεταγμένες του πηδαλίου για να δώσει τις κατάλληλες εντολές στους κινητήρες.

### **6.2.2 Μειονεκτήματα**

Όπως είναι φυσικό, όταν η σύνδεση είναι ενσύρματη, η ελευθερία κινήσεων της πλατφόρμας είναι πολύ μικρή. Για μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων θα ήταν αναγκαία η ύπαρξη μεγάλου μήκους καλωδίου. Έτσι όμως θα ανέκυπταν διάφορα προβλήματα, όπως η ανάγκη ενίσχυσης του σήματος ή ύπαρξη του καλωδίου ανάμεσα σε εργάτες, μηχανήματα κτλ.

Από τις δοκιμές που έγιναν διαπιστώθηκε ότι υπάρχει επικοινωνία μεταξύ του απομακρυσμένου τερματικού και της πλατφόρμας αλλά δυστυχώς η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων είναι πολύ μικρή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να λαμβάνεται η θέση του πηδαλίου από τον Η/Υ στην πλατφόρμα με μεγάλη καθυστέρηση με συνέπεια την μη έγκαιρη ανταπόκριση της κίνησης της πλατφόρμας στην κίνηση του πηδαλίου.

## **6.3 Ασύρματο Δίκτυο**

Στην περίπτωση του ασύρματου δικτύου γλιτώνουμε από την ανάγκη να έχουμε μεγάλο καλώδιο και τα προβλήματα που ανακύπτουν από την χρήση του. Στη λειτουργία της ασύρματης σύνδεσης δεν αλλάζουν και πολλά πράγματα σε σχέση με την ενσύρματη όσον αφορά το λογισμικό. Οι μεγαλύτερες διαφορές αφορούν το υλικό. Το εργαστήριο διαθέτει ένα ασύρματο κιτ, το BREEZENET PRO.11 Series, της εταιρίας BREEZECOM που δουλεύει στο πρωτόκολλο IEEE 802.11.

### **6.3.1 Λειτουργία Ασύρματου Κιτ**

Το συγκεκριμένο ασύρματο κιτ είναι πολύ απλό στη λειτουργία του και επιτρέπει τη χρήση του να είναι ένα μαύρο κουτί. Δηλαδή δεν ενδιαφέρει πως ακριβώς λειτουργεί γιατί δεν επηρεάζει το τρόπο επικοινωνίας. Ο τρόπος με τον οποίο δουλεύει είναι να «κόβει» το καλώδιο στα δύο. Δηλαδή εκεί που θα υπήρχε ένα καλώδιο από την πρίζα στο τοίχο να πηγαίνει στην κάρτα δικτύου της υπολογιστικής μονάδας τώρα υπάρχει ένα καλώδιο που από τη πρίζα στο τοίχο πηγαίνει στην ασύρματη μονάδα. Η μονάδα αυτή μπορεί και επικοινωνεί με μια αντίστοιχη μονάδα που βρίσκεται πάνω στην πλατφόρμα και είναι συνδεδεμένη με την κάρτα δικτύου του υπολογιστή.

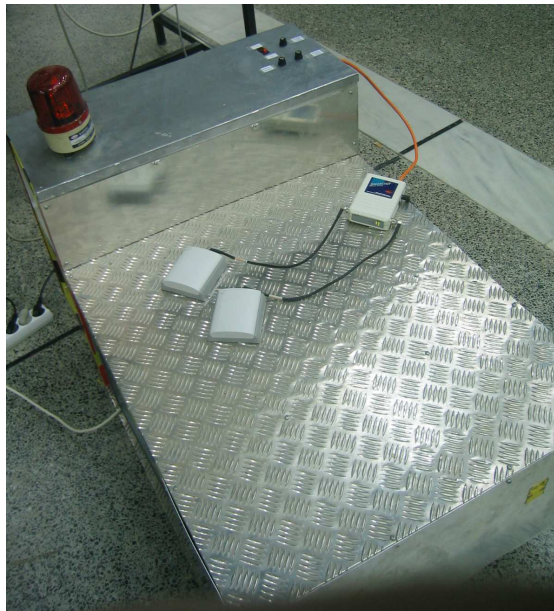
Αυτός ο τρόπος λειτουργίας έχει αρκετά πλεονεκτήματα. Στο λογισμικό που έχει γραφτεί η παρεμβολή της ασύρματης μονάδας στο καλώδιο είναι εντελώς διάφανη. Δεν επηρεάζεται η επικοινωνία αφού υπάρχουν οι ίδιες IP με πριν, τα

ίδια πρωτόκολλα. Δε χρειάζεται να γίνει κάποια επέμβαση στο κώδικά για να δουλέψει.

Τα μειονεκτήματα αυτής της μονάδας είναι κυρίως το μεγάλο κόστος.



Εικόνα 6.1: α) Κεντρική συσκευή του ασύρματου κιτ, β) Κεραία του ασύρματου κιτ



Εικόνα 6.2: Το ασύρματο κιτ πάνω στο Hellenak

### **6.3.2 Εναλλακτική Ασύρματη Επικοινωνία [22]**

Μια εναλλακτική που ερευνήθηκε ήταν η χρήση ασύρματης κάρτας δικτύου. Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία των ασύρματων δικτύων συνεχώς βελτιώνεται. Όλο και περισσότεροι είναι αυτοί που επιλέγουν να εγκαταστήσουν στον υπολογιστή τους εξοπλισμό για ασύρματα δίκτυα. Οι χρήσεις τους είναι πολλαπλές. Θα μπορούσε κανείς να έχει δίκτυο μέσα στο σπίτι του χωρίς καλώδια ή να επικοινωνεί με το γείτονά του χωρίς την παρέμβαση κάποιου τηλεπικοινωνιακού οργανισμού. Οι συχνότητες στις οποίες λειτουργούν οι ασύρματες κάρτες είναι συνήθως ελεύθερες προς χρήση. Οι εταιρίες που έχουν περισσότερα από ένα σημεία παρουσίας σε σχετικά μικρές αποστάσεις θα

μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν ασύρματα δίκτυα αντί ενσύρματα για τα δίκτυά τους.

Σε πολλές πόλεις του κόσμου, αλλά και της Ελλάδας, έχουν σχηματιστεί ασύρματα δίκτυα, τα λεγόμενα ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα. Μέσω αυτών δημιουργείται ένα νέο διαδίκτυο χωρίς την παρέμβαση κάποιων επιχειρήσεων και με μοναδικό κόστος την αγορά του εξοπλισμού. Σε πολλούς δημόσιους χώρους, όπως σε αεροδρόμια, παρέχεται η δυνατότητα ασύρματης πρόσβασης στο Internet. Στο χώρο του Πολυτεχνείου Κρήτης υπάρχει δυνατότητα ασύρματης σύνδεσης με το Internet στη βιβλιοθήκη και σε κάποια από τα αμφιθέατρα με σκοπό να επεκταθεί και σε άλλους χώρους.

Ωστόσο η χρήση αυτής της εναλλακτικής κρίνεται ακατάλληλη, τουλάχιστον στη παρούσα στιγμή. Για να λειτουργήσει ασύρματη σύνδεση χρειάζεται κάποιος εξοπλισμός. Χρειάζεται μια κάρτα για ασύρματο δίκτυο στον υπολογιστή καθώς και μια κεραία. Επιπλέον, επειδή αυτή τη στιγμή οι χώροι στους οποίους λειτουργεί ήδη ασύρματο δίκτυο είναι περιορισμένοι, θα πρέπει στο χώρο που βρίσκεται η πλατφόρμα να υπάρχει και δεύτερος υπολογιστής με εξοπλισμό ασύρματης δικτύωσης. Ουσιαστικά οι δύο αυτοί υπολογιστές θα σχηματίσουν ένα ξεχωριστό δίκτυο μεταξύ τους το οποίο δεν θα είναι προσβάσιμο από άλλους υπολογιστές χωρίς κατάλληλες ρυθμίσεις. Έτσι αν θέλουμε να μπορούμε να ελέγχουμε την κίνηση της πλατφόρμας από κάποιον απομακρυσμένο υπολογιστή θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν τεχνικές δρομολόγησης της κίνησης σε δίκτυα. Μια βαθύτερη ανάλυση της κατάστασης ξεφεύγει από τους σκοπούς της παρούσας εργασίας.

### **6.3.3 Μειονεκτήματα**

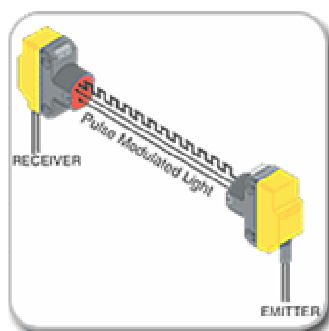
Όπως και στην περίπτωση του ενσύρματου δικτύου, έτσι και στην περίπτωση του ασύρματου δικτύου υπάρχει μεγάλη καθυστέρηση στη μεταφορά των δεδομένων από το τερματικό στην πλατφόρμα με αποτέλεσμα να μην κρίνεται ικανοποιητική η πλοήγηση της πλατφόρμας.



## **Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup>: Φωτοηλεκτρικά Αισθητήρια[23]**

### **7.1 Εισαγωγή**

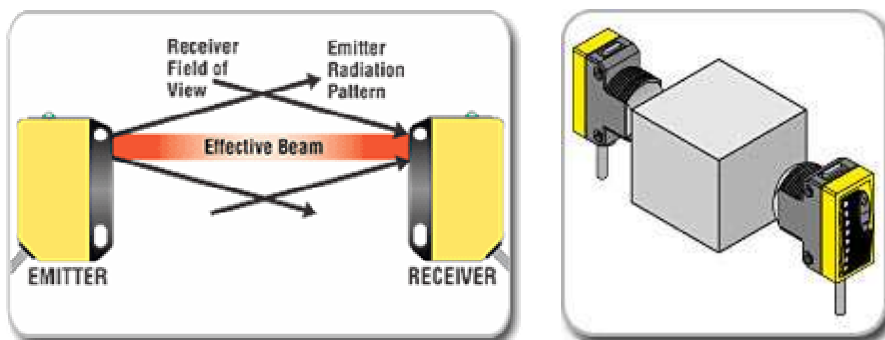
Υπάρχει μια μεγάλη γκάμα φωτοηλεκτρικών αισθητηρίων που δουλεύουν με διαφορετικούς τρόπους. Το κάθε ένα είναι κατάλληλο για διαφορετικές χρήσεις και η επιλογή πρέπει να βασίζεται στον τρόπο χρήσης και τις συνθήκες του περιβάλλοντος. Οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες εκπέμπουν ένα κατάλληλα διαμορφωμένο κύμα υπέρυθρου φωτός το οποίο το ανιχνεύει ο δέκτης που μπορεί να είναι σε ξεχωριστές μονάδες ή στην ίδια.



Εικόνα 7.1: Σήμα από τον εκπομπό στον δέκτη [23]

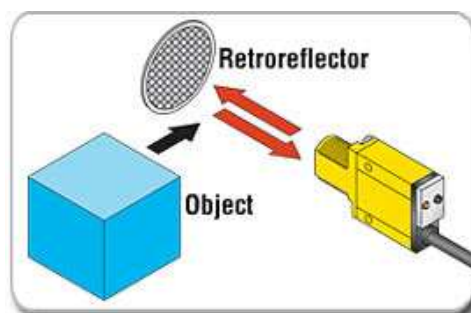
### **7.2 Μέθοδοι Ανίχνευσης**

Ένας τρόπος χρήσης φωτοηλεκτρικών αισθητηρίων είναι η αντικριστή λειτουργία. Σε αυτή την περίπτωση η πηγή του φωτός και ο φωτοανιχνευτής βρίσκονται σε δυο διαφορετικές μονάδες που τοποθετούνται αντικριστά. Ο ανιχνευτής λαμβάνει την ακτίνα φωτός απευθείας από την πηγή. Ένα αντικείμενο ανιχνεύεται αν «σπάσει» την ακτίνα φωτός.



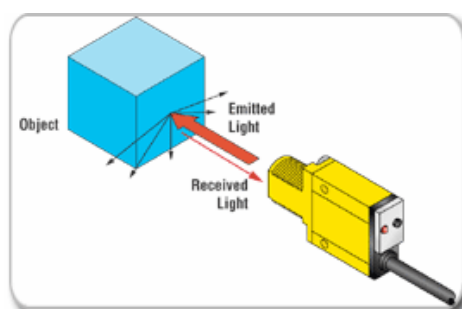
Εικόνα 7.2 α) Σήμα από τον εκπομπό στον δέκτη, β) Το σήμα διακόπτεται και το αντικείμενο ανιχνεύεται [23]

Άλλος τρόπος χρήσης είναι με τη βοήθεια ανακλαστήρα. Σε αυτή την περίπτωση η πηγή του φωτός και ο ανιχνευτής είναι μαζί σε μια μονάδα και απέναντί τους τοποθετείται ένας ανακλαστήρας. Η ακτίνα φωτός εκπέμπεται από την πηγή, ανακλάται στον ανακλαστήρα και ανιχνεύεται από τον δέκτη. Ένα αντικείμενο ανιχνεύεται αν «σπάσει» την ακτίνα φωτός.



Εικόνα 7.3: Λειτουργία αισθητήρα με ανακλαστήρα [23]

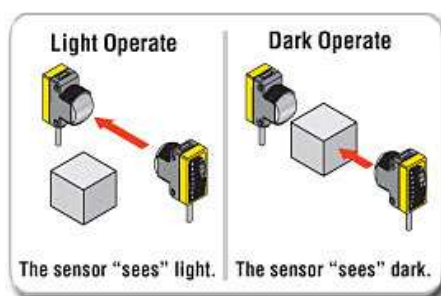
Ένας τρίτος τρόπος χρήσης, αυτός που χρησιμοποιείται στα εγκατεστημένα στη πλατφόρμα αισθητήρια, είναι να μην χρησιμοποιείται κάποιος ειδικός ανακλαστήρα αλλά η ακτίνα φωτός να ανακλάται πάνω στα αντικείμενα. Σε αυτή την περίπτωση η πηγή του φωτός και ο ανιχνευτής είναι μαζί σε μια μονάδα, η ακτίνα φωτός εκπέμπεται από την πηγή, ανακλάται πάνω σε κάποιο αντικείμενο και ανιχνεύεται από τον δέκτη. Ένα αντικείμενο ανιχνεύεται τώρα πια όχι αν «σπάσει» την ακτίνα φωτός αλλά αν την ανακλάσει.



Εικόνα 7.4: Ο αισθητήρας ανιχνεύει το αντικείμενο όταν αυτό ανακλάσει τη δέσμη φωτός [23]

### **7.3 Τρόποι Λειτουργίας**

Όλοι οι παραπάνω αισθητήρες είναι δυνατόν να δώσουν σήμα με δύο διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας. Ο ένας τρόπος λέγεται «φωτεινή λειτουργία» (light operate) και ο άλλος τρόπος είναι η «σκοτεινή λειτουργία» (dark operate). Στη φωτεινή λειτουργία ο αισθητήρας στέλνει σήμα όταν και όσο ανιχνεύει κάποια ποσότητα από το φως που έχει εκπέμψει. Αντίθετα στη σκοτεινή λειτουργία ο αισθητήρας στέλνει σήμα όταν δεν ανιχνεύει πια κάποια ποσότητα από το φως που έχει εκπέμψει.



Εικόνα 7.5: α) Ο αισθητήρας ανιχνεύει φως, β) Ο αισθητήρας δεν ανιχνεύει φως

Αυτό σημαίνει ότι ο αισθητήρας που χρησιμοποιείται στη πλατφόρμα στη φωτεινή λειτουργία θα στέλνει σήμα όταν ανιχνευθεί κάποιο αντικείμενο. Αντίθετα στη σκοτεινή λειτουργία ο αισθητήρας θα στέλνει συνεχώς κάποιο σήμα και μόλις ανιχνευθεί κάποιο αντικείμενο τότε θα σταματάει. Έγινε επιλογή να δουλεύει σε φωτεινή λειτουργία.

#### **7.4 Παράγοντες που Επηρεάζουν την Αποτελεσματικότητα των Αισθητηρίων**

Η αποτελεσματικότητα των αισθητηρίων εξαρτάται από τη χρήση τους αλλά και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Κάθε φωτοηλεκτρικός αισθητήρας έχει και διαφορετικές δυνατότητες σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες και εξαρτάται από το είδος του αισθητήρα και από τον τρόπο κατασκευής του.

Βασικός παράγοντας που επηρεάζει την απόδοση ενός αισθητήρα είναι η θερμοκρασία. Κάθε αισθητήρας έχει ένα εύρος θερμοκρασιών στο οποίο μπορεί να δουλέψει. Οι αισθητήρες που διαθέτουμε δουλεύουν σε θερμοκρασίες από  $-20$  έως  $70^{\circ}\text{C}$ . Για ακραίες συνθήκες θερμοκρασιών χρησιμοποιούνται ειδικά κατασκευασμένοι αισθητήρες ή οπτικές ίνες.

Ένας άλλος περιβαλλοντικός παράγοντας που επηρεάζει τη λειτουργία των αισθητήρων είναι η υγρασία. Η υγρασία είναι επικίνδυνη κυρίως για τα ηλεκτρονικά μέρη του αισθητήρα όπως για τον ενισχυτή ή για το κύκλωμα χρονισμού. Επίσης μπορεί να επηρεάσει την αντίσταση των κυκλωμάτων με αποτέλεσμα να παίρνουμε ελαφρώς διαφοροποιημένα αποτελέσματα μέχρι και την καταστροφή των κυκλωμάτων. Για να προστατευτούν τα κυκλώματα θα πρέπει το προστατευτικό κάλυμμα του αισθητήρα να είναι από κατάλληλο υλικό όπως για παράδειγμα από Epoxy. Σε περιβάλλον λειτουργίας με πολύ υγρασία ο τύπος αισθητήρα που χρησιμοποιούμε δεν είναι κατάλληλος.

Ρόλο στην απόδοση των αισθητηρίων παίζουν η βρομιά και η σκόνη αποδυναμώνοντας το σήμα. Η σκόνη, η βρομιά, ο καπνός στην περιοχή ανίχνευσης καθώς και σκόνη, λιπαρές ουσίες, γράσο πάνω στον αισθητήρα συμβάλλουν στην εξασθένηση της ενέργειας του φωτός που είναι διαθέσιμη για ανίχνευση.



Εικόνα 7.6: Αισθητήρας γεμάτος σκόνη [23]

Η απόδοση του αισθητήρα μπορεί να επηρεαστεί από κραδασμούς ή από τραντάγματα. Όταν λέμε κραδασμούς εννοούμε μια ταλαντευόμενη επαναλαμβανόμενη δύναμη ενώ με τράνταγμα μια δύναμη μικρής διάρκειας. Οι αισθητήρες δοκιμάζονται σε εργαστήρια και διαβαθμίζονται ανάλογα με την αντοχή τους.

Άλλος παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία ενός αισθητήρα είναι η διάβρωση. Ειδικότερα σε βιομηχανίες με χημικά θα πρέπει να επιλέγεται αισθητήρας με κατάλληλο περίβλημα για να μην διαβρωθεί από τις διάφορες ουσίες.

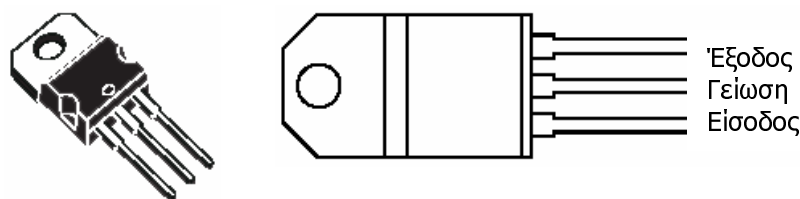
## **Κεφάλαιο 8°: Ανίχνευση Εμποδίων**

Οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στην πλατφόρμα για να δουλέψουν χρειάζονται μια τάση τροφοδοσίας από 10 έως 30V. Στην έξοδό τους επιστρέφουν επίσης μια τάση ίδια περίπου με την τάση εισόδου. Η επιλογή που έγινε ήταν να τροφοδοτηθούν οι αισθητήρες με 12V. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ένας μετασχηματιστή που τροφοδοτείται από το UPS. Η λύση αυτή είναι προτιμότερη από το να τροφοδοτούσαμε τους αισθητήρες απευθείας από τις μπαταρίες. Με το τρόπο αυτό διασφαλίζεται ότι η τάση θα είναι σταθερή. Από τον ίδιο μετασχηματιστή τροφοδοτείται και ο φάρος.

Για να διαβάσουμε το σήμα από τους αισθητήρες θα χρησιμοποιηθεί μια από τις δύο κάρτες ελέγχου που διαθέτει η πλατφόρμα και μέσω αυτής είναι δυνατόν να διαβιβάζεται το σήμα στον υπολογιστή. Οι αισθητήρες έχουν ρυθμιστεί στη φωτεινή λειτουργία, δηλαδή θα στέλνουν σήμα όταν θα ανιχνεύουν κάποιο αντικείμενο. Το σήμα, όπως προαναφέρθηκε, είναι μια τάση περίπου ίση με την τάση τροφοδοσίας, δηλαδή περίπου 12V. Ουσιαστικά οι αισθητήρες θα χρησιμοποιηθούν σαν διακόπτες που κλείνουν και ανοίγουν ανάλογα με το αν ανιχνεύουν ή όχι κάποιο εμπόδιο στην πορεία του ρομπότ. Ο πιο κατάλληλος τρόπος για να διαβάσει μέσω της κάρτας ελέγχου κάποια λειτουργία διακόπτη, όπως αυτή που συμβαίνει στη περίπτωση αυτή, είναι να χρησιμοποιηθούν οι ψηφιακές εισοδοί που διαθέτει. Το πρόβλημα που προκύπτει σε αυτή την περίπτωση είναι ότι οι ψηφιακές εισοδοί καταλαβαίνουν δύο καταστάσεις, ως 0 και 1, που είναι τάση 0V και τάση 5V. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να μεταβληθεί η τάση από 12V που θα δίνουν οι αισθητήρες σε 5V που καταλαβαίνει η κάρτα. Ο τρόπος με τον οποίο το επιτυγχάνεται η μετατροπή περιγράφεται στη συνέχεια.

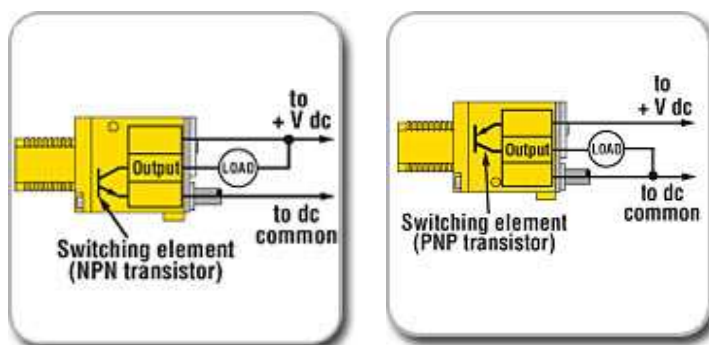
### **8.1 Μετατροπή Σήματος από 12V σε 5V**

Για την μετατροπή του σήματος από 12V σε 5V χρησιμοποιήθηκε ένας σταθεροποιητής τάσης. Συγκεκριμένα κατασκευάστηκε ένα κύκλωμα που περιλαμβάνει το ολοκληρωμένο 7805 το οποίο είναι σταθεροποιητής τάσης. Το ολοκληρωμένο που χρησιμοποιήθηκε είναι το L7805CV από την εταιρία STMicroelectronics. Μπορεί να δεχθεί είσοδο από 7 έως 25V και στην έξοδο βγάζει 5V τάση. Το ολοκληρωμένο έχει 3 ακροδέκτες. Ο 1<sup>ος</sup> ακροδέκτης συνδέεται με την είσοδο, ο 3<sup>ος</sup> με την έξοδο και ο μεσαίος είναι η γείωση.



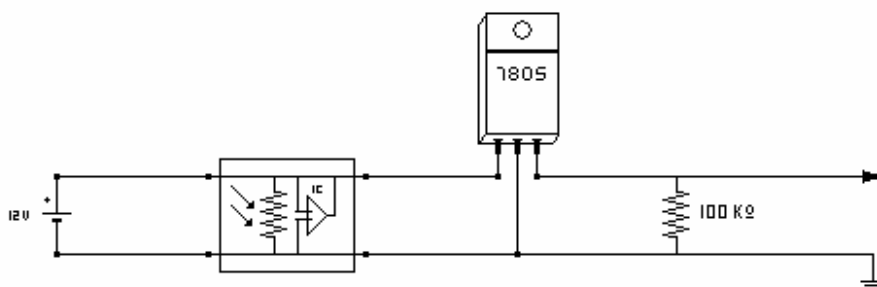
Εικόνα 8.1: Το ολοκληρωμένο 7805 [24]

Για να μετρηθεί η τάση στην έξοδο των φωτοηλεκτρικών αισθητηρίων που χρησιμοποιήθηκαν πρέπει να συνδεθεί ένα φορτίο στην έξοδο, που στη περίπτωση μας είναι το ολοκληρωμένο. Υπάρχουν δύο τρόποι για να γίνει η σύνδεση. Ένας τρόπος είναι να μετρηθεί η τάση ανάμεσα στο θετικό πόλο της τροφοδοσίας και την έξοδο του αισθητήρα. Αυτή είναι μια έξοδος από NPN ημιαγωγό. Με αυτό το τρόπο το φορτίο τροφοδοτείται απευθείας από την πηγή. Ο άλλος τρόπος είναι να παρέχεται η τάση από έναν ημιαγωγό PNP μετρώντας την τάση ανάμεσα στην κατάλληλη έξοδο και τη γείωση.



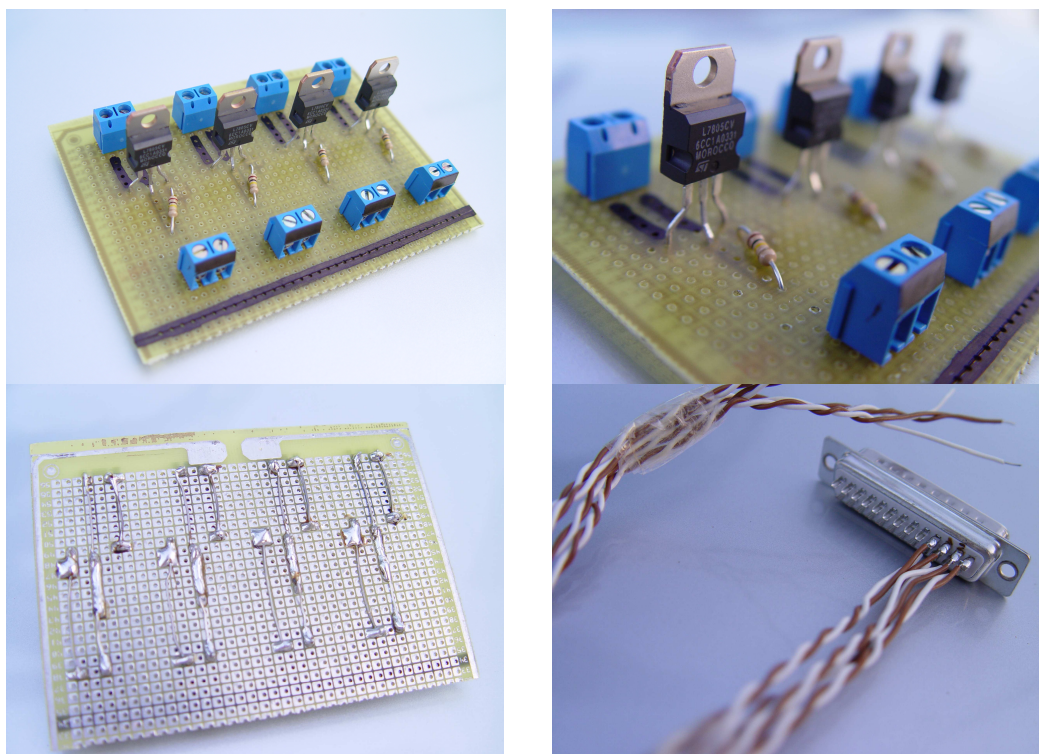
Εικόνα 8.3 α) Σύνδεση με την τροφοδοσία, β) Σύνδεση με την γείωση [23]

Αφού έχει συνδεθεί ο αισθητήρας με το ολοκληρωμένο θα πρέπει η έξοδος του ολοκληρωμένου να τη συνδεθεί στην κάρτα ελέγχου. Χρησιμοποιήθηκαν οι ψηφιακές εισόδους που βρίσκονται στο πάνω μέρος της κάρτας στη θύρα DB25. Για να μετρηθεί η τάση θα πρέπει η έξοδος του ολοκληρωμένου, ο 3<sup>ος</sup> ακροδέκτης, να συνδεθεί σε μια από τις ψηφιακές εισόδους της κάρτας και η γείωση, ο μεσαίος ακροδέκτης, να συνδεθεί σε μια από τις γειώσεις που παρέχει η κάρτα. Για λόγους προστασίας ο κατασκευαστής της κάρτας προτείνει από τη ψηφιακή είσοδο να γίνετε μια σύνδεση με τη γείωση παρεμβάλλοντας μια αντίσταση των 100KΩ. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται πως πρέπει να γίνουν οι συνδέσεις.



Σχήμα 8.1: Σχηματικό διάγραμμα κυκλώματος μετατροπής τάσης

Επειδή η πλατφόρμα διαθέτει τέσσερις αισθητήρες χρειάζεται να φτιάξουμε τέσσερα ίδια κυκλώματα. Τοποθετήθηκαν όλα πάνω σε μια διάτρητη κάρτα και κατασκευάστηκε και το κατάλληλο καλώδιο για την σύνδεση με την κάρτα ελέγχου.



Εικόνα 8.4 α), β) Όψεις της πλακέτας από πάνω, γ) Όψεις της πλακέτας από κάτω, δ) Καλωδιωταινεία

Αφού συνδεθεί η πλακέτα με τους αισθητήρες και με την κάρτα ελέγχου είμαστε σε θέση να ανιχνεύσουμε εμπόδια αν και η απόσταση μέχρι την οποία μπορούν να ανιχνεύσουν οι συγκεκριμένοι αισθητήρες σύμφωνα με τις προδιαγραφές τους είναι μικρή.

## **8.2 Έλεγχος μέσω της MATLAB**

Για να ελεγχθεί τι βλέπουν οι αισθητήρες χρειάζεται ένα μικρό πρόγραμμα που επιλέχθηκε να είναι σε MATLAB. Ένα απλό παράδειγμα φαίνεται παρακάτω.

```
dexia_karta=100020692;  
  
state(1:4)=0  
  
for i=1:50  
    for input=1:4  
        [state(input) errorcode]=edigitalin(dexia_karta,0,input-1,1)  
    end  
end
```

Με αυτό το πρόγραμμα είναι δυνατόν να διαβάζονται οι αισθητήρες. Οι συνάρτηση EdigitalIn επιστρέφει μια τιμή 0 ή 1 από τη ψηφιακή είσοδο που της έχει δοθεί ως όρισμα. Αν επιστρέφει 0 σημαίνει ότι ο συγκεκριμένος αισθητήρας δεν ανιχνεύει κάποιο εμπόδιο. Αν επιστρέφει 1 τότε ο αισθητήρας ανιχνεύει εμπόδιο. Με τις παραπάνω γραμμές κώδικα ελέγχουμε 50 φορές κάθε

αισθητήρα. Τα αποτελέσματα τυπώνονται κατευθείαν και στην οθόνη, μια σειρά από τέσσερα νούμερα. Αν είναι όλα 0 τότε δεν υπάρχει εμπόδιο. Αν υπάρχουν ένα ή περισσότερα 1 τότε ένας ή περισσότεροι αισθητήρες ανιχνεύουν κάποιο εμπόδιο.

Το παραπάνω πρόγραμμα μπορεί να συνδυαστεί με την πλοήγηση και ενώ δίνονται κάποιες εντολές για κίνηση στη πλατφόρμα αυτή αν ανιχνεύει εμπόδιο να σταματάει μέχρι να μην υπάρχει κάποιο εμπόδιο μπροστά της. Σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον, όπου μια τέτοια πλατφόρμα θα μπορούσε να βρίσκεται σε λειτουργία, η κίνηση της θα ακολουθούσε κάποια δεδομένα μονοπάτια και αν τυχόν βρισκόταν εμπόδια μπροστά της αυτά θα ήταν πιθανότατα προσωρινά και μετά θα έφευγαν από μπροστά, όπως η περίπτωση εργατών που μετακινούνται.

### **8.3 Εφαρμογή**

Για να διαπιστωθεί η σωστή λειτουργία των αισθητήριων και του προγράμματος ελέγχου διενεργήθηκαν κάποιες δοκιμές. Τοποθετήθηκαν μπροστά από την πλατφόρμα εμπόδια σε διάφορες θέσεις και λήφθηκαν μετρήσεις από τα αισθητήρια.

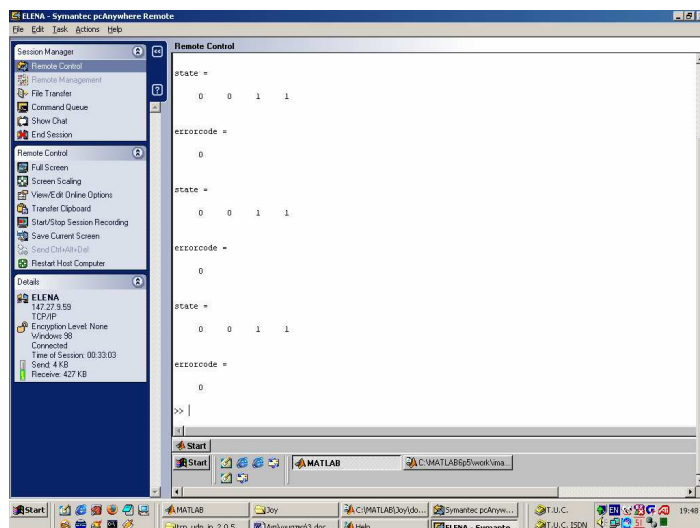
Αρχικά έγινε δοκιμή χωρίς εμπόδιο. Όπως ήταν αναμενόμενο οι τιμές που επέστρεψε το πρόγραμμα φανέρωναν πως δεν υπάρχει εμπόδιο μπροστά από την πλατφόρμα.

Στη συνέχεια τοποθετήθηκε ένα εμπόδιο σε κοντινή απόσταση μπροστά από τους αισθητήρες. Επιλέχθηκε να τοποθετηθεί μπροστά από τους αισθητήρες που βρίσκονται στη δεξιά πλευρά της πλατφόρμας. Η απόσταση ήταν περίπου 15cm. Όπως ήταν λογικό και οι δύο αυτοί αισθητήρες ανίχνευσαν το εμπόδιο ενώ οι άλλοι δύο όχι. Στην Εικόνα 8.5 φαίνεται η τοποθέτηση του εμποδίου ενώ στην Εικόνα 8.6 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα που δίνει το πρόγραμμα μέσω απομακρυσμένης σύνδεσης με την πλατφόρμα.



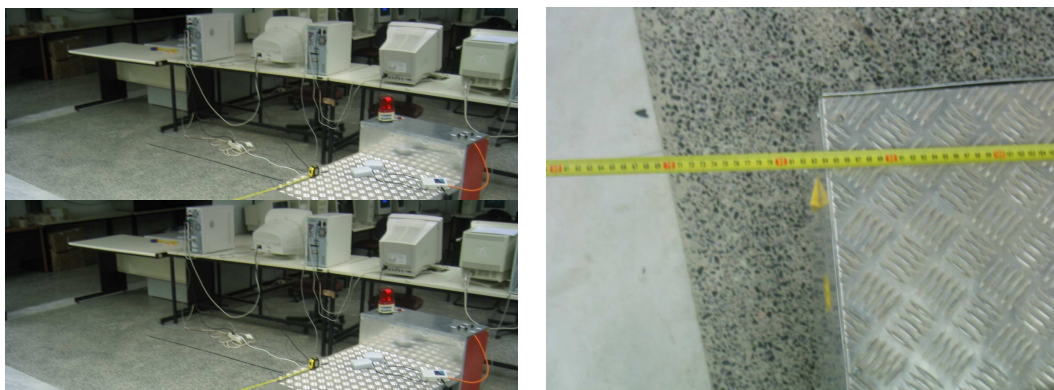
Εικόνα 8.5: Τοποθέτηση εμποδίου μπροστά και δεξιά από την πλατφόρμα σε απόσταση περίπου 15cm





Εικόνα 8.6: Αποτελέσματα των αισθητήρων

Στη συνέχεια απομακρύνθηκε το εμπόδιο μέχρι να ανιχνεύεται μόνο από τον μέσα δεξιά αισθητήρα που ελέγχει την περιοχή ευθεία μπροστά από το όχημα και όχι από τον αισθητήρα που ελέγχει την περιοχή διαγώνια μπροστά από το όχημα. Προς μεγάλη έκπληξη το εμπόδιο ήταν ανιχνεύσιμο και από τους δύο αισθητήρες για απόσταση 80cm περίπου.

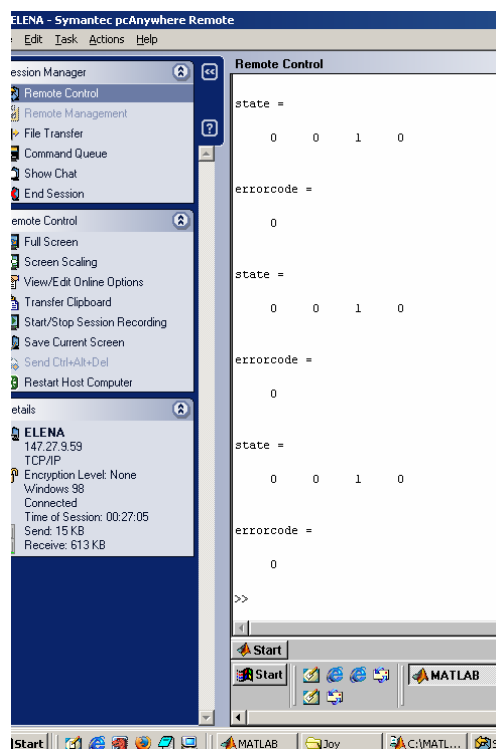


Εικόνα 8.7: Τοποθέτηση εμποδίου μπροστά και δεξιά από την πλατφόρμα σε απόσταση περίπου 84cm

Από το σημείο εκείνο περίπου το εμπόδιο ήταν ανιχνεύσιμο μόνο από τον ένα αισθητήρα, τον εσωτερικό, που ελέγχει την περιοχή ευθεία μπροστά από το όχημα. Απομακρύνοντας το εμπόδιο σε μεγαλύτερη απόσταση διαπιστώθηκε ότι αυτό ανιχνεύονταν σε απόσταση μέχρι και 210cm περίπου.



Εικόνα 8.8: Τοποθέτηση εμποδίου μπροστά και δεξιά από την πλατφόρμα σε απόσταση περίπου 209cm



Εικόνες 8.9: Αποτελέσματα του προγράμματος για απόσταση μεγαλύτερη από 84cm μέχρι 210cm, ο ένας αισθητήρας ανιχνεύει το αντικείμενο

Το αποτέλεσμα αυτό κάθε άλλο παρά αναμενόμενο ήταν αφού οι προδιαγραφές του αισθητήρα είναι για πολύ μικρότερη απόσταση. Ωστόσο μπορεί να εξηγηθεί αν ληφθούν υπόψη οι συνθήκες με τις οποίες έγινε η δοκιμή. Αρχικά θα πρέπει να αναφερθεί ότι η δοκιμή έγινε έχοντας την πλατφόρμα σταματημένη όπως άλλωστε και το εμπόδιο. Σε περίπτωση που η πλατφόρμα βρισκόταν σε κίνηση ή ακόμα περισσότερο σε περίπτωση κινούμενου εμποδίου τα αποτελέσματα δε θα ήταν τα ίδια. Επιπλέον ρόλο παίζει το σχήμα καθώς και το υλικό του εμποδίου. Το επίπεδο σχήμα του ευνοεί την αντανάκλαση της υπέρυθρης ακτίνας και προφανώς το υλικό, που είναι χαρτόνι, είναι και αυτό κατάλληλο.

Ως μέτρο σύγκρισης έγινε δοκιμή σε τι απόσταση μπορεί να ανιχνευτεί κάποιο άτομο που στέκεται μπροστά από το όχημα. Διαπιστώθηκε ότι η απόσταση ανίχνευσης μειώνεται στα 130cm περίπου. Εδώ προφανώς ρόλο παίζει ότι στο ύψος που βρίσκεται ο αισθητήρας η ακτίνα προσπίπτει στα πόδια που βεβαίως δεν είναι επίπεδα αλλά καμπύλα και δεν ευνοούν την αντανάκλασή της.



Εικόνα 8.10: Δοκιμή ανίχνευσης στα 130cm περίπου

Έγιναν επίσης δοκιμές με διαφορετικούς φωτισμούς του χώρου. Διαπιστώθηκε ότι είτε ήταν όλα τα φώτα ανοιχτά, είτε όλα κλειστά, είτε σε κάποια ενδιάμεση κατάσταση, η απόσταση ανίχνευσης επηρεαζόταν ελάχιστα.

## **Κεφάλαιο 9°: Συμπεράσματα**

Στη παρούσα διπλωματική εργασία αναπτύχθηκε ένα σύστημα πλοήγησης της αυτοκινούμενης πλατφόρμας Hellenak. Η πλοήγηση γίνεται μέσω πηδαλίου το οποίο μπορεί να τοποθετηθεί απευθείας πάνω στην πλατφόρμα ή σε κάποιο απομακρυσμένο τερματικό και να γίνεται η πλοήγηση από απόσταση μέσω ενσύρματου ή ασύρματου δικτύου. Μοντελοποιήθηκε η πλοήγηση και αναπτύχθηκαν διάφορες μέθοδοι για να μετατρέπεται η κίνηση του πηδαλίου σε κίνηση της πλατφόρμας. Το τελικό πρόγραμμα που δημιουργήθηκε δίνει έμφαση στην απλότητα του αλγορίθμου ώστε να υπάρχει άμεση ανταπόκριση της κίνησης της πλατφόρμας στη θέση του πηδαλίου. Το αποτέλεσμα είναι το πρόγραμμα εκτελεί με μεγάλη πιστότητα και με σχετικά μικρή καθυστέρηση τις εντολές που δίνονται από το πηδάλιο. Παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση είναι η ποιότητα του εδάφους. Οι μπροστινοί τροχοί επίσης αποδείχθηκε ότι δεν είναι οι πιο κατάλληλοι αφού επηρεάζουν αρνητικά την ικανότητα οδήγησης της πλατφόρμας. Γενικά όμως διαπιστώθηκε ότι είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί το πηδάλιο για την πλοήγηση της πλατφόρμας σε διάφορα περιβάλλοντα, όπως σε βιομηχανικούς χώρους. Επιπλέον το πηδάλιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καταγραφεί για μια διαδρομή οι κινήσεις και ταχύτητες που απαιτούνται από τους δύο τροχούς μέσω της υπολογιστικής μονάδας με σκοπό στη συνέχεια να πραγματοποιείται η διαδρομή χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου.

Στη συνέχεια έγινε ενεργοποίηση των φωτοηλεκτρικών αισθητηρίων που βρισκόταν εγκατεστημένοι πάνω στη πλατφόρμα. Αφού μελετήθηκε ο τρόπος λειτουργίας τους, κατασκευάστηκε κατάλληλο κύκλωμα που μετατρέπει την έξοδο των αισθητηρίων σε κατάλληλη είσοδο στην κάρτα ελέγχου. Δοκιμάστηκε η λειτουργία των αισθητηρίων με πρόγραμμα και διαπιστώθηκε ότι είναι δυνατή η ανίχνευση εμποδίων μέσω αυτών. Η ανταπόκριση των αισθητηρίων σε εμπόδια πάνω στην τροχιά κίνησης της πλατφόρμας κρίνεται ικανοποιητική. Σε περίπτωση εμποδίων το όχημα σταματάει την κίνησή του και περιμένει μέχρι να αδειάσει ο χώρος μπροστά του. Σε βιομηχανικό περιβάλλον όπου το όχημα κινείται πάνω σε μια προκαθορισμένη τροχιά αυτό χρησιμεύει στην ανίχνευση κινούμενων εμποδίων που βρίσκονται προσωρινά πάνω στην πορεία της κίνησης.

Στο μέλλον θα μπορούσε κανείς να μελετήσει την προσθήκη και άλλων αισθητηρίων στην πλατφόρμα, όπως για παράδειγμα αισθητήρια υπερήχων ή laser. Η καλύτερη επιλογή θα ήταν ο συνδυασμός αισθητηρίων περισσότερων τύπων. Περιθώρια βελτίωσης υπάρχουν και στο σύστημα πλοήγησης. Ακόμα θα μπορούσαν να βελτιωθούν παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση όπως για παράδειγμα η αντικατάσταση των μπροστινών βοηθητικών τροχών με άλλους πιο κατάλληλους. Επίσης σαν μελλοντική εργασία μπορεί να γίνει ο προγραμματισμός της πλατφόρμας να κινείται χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Για να είναι δυνατή η κίνηση της πλατφόρμας χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου κρίνεται αναγκαίο να εξοπλιστεί με μηχανισμό καθορισμού της θέσης της. Μια

ακόμα δυνατότητα που υπάρχει είναι να εγκατασταθεί μηχανικός βραχίονας για την φόρτωση και εκφόρτωση διαφόρων αντικειμένων. Η ανοιχτή αρχιτεκτονική του συστήματος επιτρέπει να γίνουν εύκολα βελτιώσεις και προσθήκες.

## **Βιβλιογραφία**

- [1] Γεώργιος Καλουτσάκης, "Σχεδίαση και Ανάπτυξη του Αυτοκινούμενου Οχήματος Hellenak", *Διπλωματική Εργασία*, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, 2003
- [2] Georgios Kaloutsakis, Nikos Tsourveloudis, Polyhronis Spanoudakis, 'Design and Development of an Automated Guided Vehicle', ICIT'03 International Conference on Industrial Technology, Maribor, Slovenia, 2003
- [3] D.J. Todd , *Fundamentals of Robot Technology, An Introduction to Industrial Robots, Teleoperators and Robot Vehicles*, , Kogan Page, London, 1986
- [4] FIAMM – Starting Batteries: Cars: Ecoforce  
<http://www.fiamm.com/en/1/prod.php/1;1>
- [5] Devantech Ltd. – MD03 50Volt 20Amp H-Bridge Motor Drive  
<http://www.robot-electronics.co.uk/htm/md03tech.htm>
- [6] Two Channel Optical Incremental Encoder Modules Technical Data
- [7] LabJack U12 User's Guide - Revision 1.08, LabJack Corporation [www.labjack.com](http://www.labjack.com),  
LabJack U12 Quickstart Guide - Revision 1.09, LabJack Corporation [www.labjack.com](http://www.labjack.com)
- [8] Banner VALU-BEAM Sensors, Product Line Specifications
- [9] Δ.Μ. Εμίρης, Δ.Ε. Κουλουριώτης, *Ρομποτική*, Αθήνα, 2004
- [10] Dr. Frederick Crabbe, "Mobile Robot Kinematics", Computer Science Department, United States Naval Academy  
<http://www.cs.usna.edu/~crabbe/2004-01/SI475/mob-kin/mobkin.pdf>
- [11] Jean-Claude Latombe, *Robot Motion Planning*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991
- [12] G.W. Lucas, "A Tutorial and Elementary Trajectory Model for the Differential Steering System of Robot Wheel Actuators",  
<http://rosum.sourceforge.net/papers/DiffSteer/DiffSteer.html>,  
The Rossum Project <http://rosum.sourceforge.net>
- [13] How Joysticks Work <http://computer.howstuffworks.com/joystick.htm>
- [14] Game Port <http://www.ctips.com/game.html>
- [15] PC analogue joystick interface  
[http://www.epanorama.net/documents/joystick/pc\\_joystick.html](http://www.epanorama.net/documents/joystick/pc_joystick.html)
- [16] Data Acquisition Toolbox User's Guide, The MathWorks, Inc.
- [17] Data Acquisition Toolbox Quick Reference Guide, The MathWorks, Inc.

- [18] Data Acquisition Toolbox Adaptor Kit User's Guide, The MathWorks, Inc.
- [19] The MathWorks - MATLAB Digest - June 2001 - Building A Joystick Adaptor for the Data Acquisition Toolbox  
<http://www.mathworks.com/company/newsletters/digest/june01/joystick.html>
- [20] MATLAB Function Calls for the Labjack U12
- [21] MATLAB Central, File Exchange, Utilities, Data Import/Export, TCP/UDP/IP Toolbox 2.0.5  
<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/loadFile.do?objectId=345&objectType=file>
- [22] Ασύρματο Μητροπολιτικό Δίκτυο Αθηνών <http://www.awmn.gr>,  
Συχνές ερωτήσεις <http://wiki.awmn.gr/moin/FAQ>,  
Εξοπλισμός <http://wiki.awmn.gr/moin/Εξοπλισμός>
- [23] Banner Photoelectrics Tutorial <http://www.bannerengineering.com/petutorial/>  
Banner Engineering Corp. <http://www.bannerengineering.com/>
- [24] STMicroelectronics, L7800 Series, Positive Voltage Regulators  
<http://www.st.com>