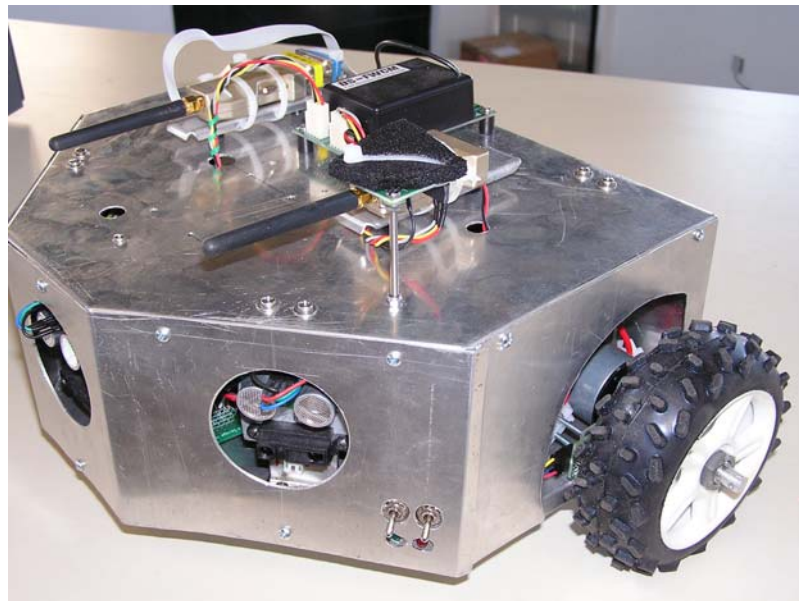




**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

# **ΣΧΕΔΙΑΣΗ, ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΑΛΕ**



Διατριβή που υπεβλήθη για τη μερική ικανοποίηση των απαιτήσεων για την απόκτηση  
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης  
υπό:  
**Σάββα Πιπερίδη**

**Χανιά, 2005**



Η διατριβή του Σάββα Πιπερίδη εγκρίνεται,

Νικόλαος Τσουρβελούδης

---

Βασίλης Κουϊκόγλου

---

Ιωάννης Νικολός

---

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>16</b>
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ.....	16
1.2 ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΛΥΣΗΣ.....	19
1.3 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΡΟΜΠΟΤΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ.....	22
1.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΕΥΚΑΙΡΙΩΝ .....	27
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ .....</b>	<b>31</b>
2.1 ΠΛΑΙΣΙΟ .....	31
2.1.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....	31
2.1.2 ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ, ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ .....	34
2.1.3 ΜΕΣΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ .....	38
2.1.3.1 ΤΡΟΧΟΙ .....	39
2.1.3.2 ΕΡΠΥΣΤΡΙΕΣ.....	42
2.1.3.3. ΑΚΡΑ .....	45
2.1.3.4 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ .....	46
2.2 ΤΡΟΠΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ .....	47
2.3 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ .....	51
2.3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ .....	52
2.3.2 ΙΣΧΥΣ ΚΙΝΗΣΗΣ.....	53
2.3.3 ΣΕΡΒΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ .....	54
2.3.4 ΒΗΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ .....	58
2.3.5 ΣΕΡΒΟ .....	60
2.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ .....	61
2.4.1 ΕΛΕΓΚΤΕΣ .....	62
2.4.1.1 ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ .....	64
2.4.1.2 ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ.....	65
2.4.2 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ.....	67
2.5 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ.....	69
2.6 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ .....	73
2.6.1 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ .....	74
2.6.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ.....	75
2.6.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ .....	76
2.6.4 ΠΥΞΙΔΑ .....	78
2.6.5 ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΜΕΤΡΟ.....	79
2.6.6 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΝ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ .....	80
2.6.6 ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΟ .....	80
2.6.7 ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΚΛΙΣΕΩΝ .....	81
2.6.8 ΕΙΚΟΝΟΛΗΠΤΗΣ .....	81
2.6.9 ΑΛΛΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ.....	82

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΑΛΕ .....</b>	<b>83</b>
3.1 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ .....	83
3.2 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ.....	86
3.3 ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥΣ .....	87
3.3.1. ΔΑΠΕΔΟ .....	87
3.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ .....	89
3.3.3 ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΑ ΟΡΟΦΗΣ.....	90
3.3.4 ΟΡΟΦΗ .....	91
3.3.5 ΚΑΛΥΜΜΑ.....	92
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ.....</b>	<b>93</b>
4.1 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΚΙΒΩΤΙΟ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ ΣΧΕΣΕΩΝ.....	93
4.2 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΚΑΙ ΚΥΚΛΩΜΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ.....	96
4.3 ΤΡΟΧΟΙ ΚΑΙ ΑΞΟΝΕΣ .....	98
4.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ.....	99
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Ο ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ .....</b>	<b>103</b>
5.1 Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ΟΟPic-R.....	103
5.2 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ.....	105
5.3 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕΣΩ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΘΥΡΑΣ .....	107
5.4 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ .....	108
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ .....</b>	<b>110</b>
6.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ .....	110
6.2 ΨΗΦΙΑΚΗ ΠΥΞΙΔΑ .....	111
6.3 ΟΔΟΜΕΤΡΑ .....	112
6.4 ΕΙΚΟΝΟΛΗΠΤΗΣ .....	113
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.....</b>	<b>115</b>
7.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΣΤΟΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ ΟΟPic.....	115
7.2 ΤΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟ ΟΧΗΜΑ .....	116
7.2.1 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ .....	116
7.2.2 ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ .....	116
7.2.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ.....	117

7.2.4 ΟΔΟΜΕΤΡΑ .....	117
7.2.5 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ I2C.....	117
7.3 ΣΕΙΡΙΑΚΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΤΟΥ ΟΟPic-R .....	117
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>119</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>121</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 .....</b>	<b>122</b>
<b>ΡΟΜΠΟΤΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟ ΕΜΠΟΡΙΟ.....</b>	<b>122</b>
1. GARCIA .....	122
2. PPRK (Palm Pilot Robot Kit) .....	123
3. ADVANCED WHISKERS .....	123
4. ROBOT CONSTRUCTION KIT .....	124
5. PACKBOT .....	125
6. PEKEE .....	125
7. TJ pro.....	126
8. ROBOBUG.....	127
9. TALRIK .....	127
10. TALRIK JUNIOR .....	128
11. QUADCRAWLER .....	129
12. HEXCRAWLER .....	129
13. HEXCRAWLER HDATS .....	130
14. NOMAD HDATS .....	131
15. BOE BOT .....	131
16. SUMO BOT .....	132
17. TODDLER .....	133
18. AROBOT .....	133
19. TRILOBOT .....	134
20. MB835.....	135
21. SHRIMP III .....	135
22. SMARTEASE .....	136
23. ER1 .....	137
24. MOSRO 1.....	137
25. MOSRO MINI .....	138
26. OFRO .....	139
27. VERSATRAX 300VLR.....	139
28. VERSATRAX 150.....	140
29. VERSATRAX 100.....	140
30. VGTV XTREME.....	141
31. KHEPERA II .....	141
32. KOALA .....	142
33. K-ALICE .....	143
34. CARPET ROVER .....	143
35. WIFIBOT 4G.....	144
36. ROBULAB 80 .....	144
37. ROBULAB 150 .....	145
38. ROBUROC 4 .....	145
39. ROBUCAR TT 4 .....	146

40.	ROBUCAR .....	146
41.	PIONEER 3-AT .....	147
42.	PIONEER 3-DX .....	147
43.	AMIGOBOT .....	148
44.	POWERBOT .....	148
45.	PATROLBOT .....	149
46.	PEOPLEBOT .....	150
47.	MARK III .....	150
48.	SCRIBBLER .....	151
49.	TREKKER .....	152
50.	QUAD VECTOR .....	152
51.	ROGUE BLUE .....	153
52.	ROGUE ATR .....	154
53.	X4 ROVER MK I .....	154
54.	AIRAT 2 .....	155
55.	ROBO LEFTER .....	155
56.	RIGEL .....	156
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 .....</b>		<b>157</b>
<b>ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ OOPic-R ΤΟΥ ΑΛΕ .....</b>		<b>157</b>

## ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1: Αυτοκίνητο του 1897 .....	16
Εικόνες 1.2,1.3: Σύγχρονα αυτοκίνητα εξειδικευμένων χρήσεων .....	16
Εικόνα 1.4: Σύγχρονο αυτόνομο ρομποτικό όχημα .....	17
Εικόνα 1.6: Ρομποτικό όχημα κατασκευασμένο για την επιφάνεια του πλανήτη Άρη .....	18
Εικόνα 1.7: Ομάδα ρομποτικών οχημάτων που χρησιμοποιείται για τη μελέτη συνεργατικών συμπεριφορών .....	19
Εικόνα 1.8: SHAKEY, το πρώτο ρομποτικό όχημα με αυτόνομη συμπεριφορά κατασκευασμένο στο Stanford το 1969 .....	19
Εικόνα 1.9: POWERBOT, ένα σύγχρονο εμπορικό ρομποτικό όχημα από την ACTIVMEDIA, USA .....	20
Εικόνα 1.10: Το ρομποτικό όχημα ROGUE BLUE .....	28
Εικόνα 2.1: Το ρομποτικό όχημα SANDWICH .....	31
Εικόνα 2.2: Πλήρες πλαίσιο τηλεχειριζόμενου οχήματος εφοδιασμένο με ανάρτηση, τροχούς, κινητήρα, σύστημα διεύθυνσης και μετάδοσης .....	32
Εικόνα 2.3: Ρομποτικό όχημα κατασκευασμένο με LOGO MindStorms .....	33
Εικόνα 2.4: Κατανομή βάρους σε ρομποτικό όχημα .....	35
Εικόνα 2.5: Σύστημα μετακίνησης του κέντρου βάρους του οχήματος .....	36
Εικόνα 2.6: Παράδειγμα πλαισίου με σωστή τοποθέτηση των συσσωρευτών και κινητήρων .....	36
Εικόνα 2.8: Η υπεροχή του κυκλικού σχήματος έναντι του τετράγωνου[1] .....	38
Εικόνα 2.9: Το Carpet Rover, βάρους 1kg. Φέρει τροχούς από μαλακό αφρώδες υλικό, διαμέτρου 8 cm. ....	39
Εικόνα 2.10: Το WIFIBOT βάρους 4,5 kg. Φέρει ελαστικούς τροχούς χωρίς αεροθαλάμους, διαμέτρου 10cm. ....	40
Εικόνα 2.11: Το PIONEER 3-DX βάρους 9 kg .....	40
Εικόνα 2.12: Τα τέσσερα είδη τροχών, ανάλογα με τον τρόπο περιστροφής τους [5] .....	41
Εικόνα 2.13: Φορά περιστροφής των τροχών του οχήματος για να στρίψει δεξιά [7] .....	42
Εικόνα 2.13: Το όχημα EyeTrack .....	43
Εικόνα 2.14: Όχημα με μια ερπύστρια και δύο κατευθυντήριους τροχούς [4] .....	43
Εικόνα 2.15: Όχημα με δύο ερπύστριες [4] .....	44
Εικόνα 2.16: Το όχημα FireBo με το πτυσσόμενο ερπυστριοφόρο σύστημα υπερπήδησης εμποδίων [8] .....	44
Εικόνα 2.16: Το εξάποδο ρομπότ HEXCRAWLER HDATS, με άκρα τριών βαθμών ελευθερίας και στατική ισορροπία .....	45
Εικόνα 2.17: Το δίποδο ανθρωπόμορφο ρομπότ ASIMO, με άκρα έξι βαθμών ελευθερίας και δυναμική ισορροπία .....	45
Εικόνας 2.18: Συμβολισμοί τροχών .....	47
Εικόνας 2.19: Το ρομποτικό όχημα CYE με δύο κινητήριους τροχούς και κέντρο βάρους χαμηλότερα από τον άξονά τους. ....	48
Εικόνας 2.20: Το ρομποτικό όχημα NEPTUNE με δύο πίσω τροχούς και έναν κινητήριο και κατευθυντήριο εμπρός. ....	49
Εικόνας 2.21: Το ρομποτικό όχημα PPRK με τρεις τροχούς παντός κατεύθυνσης .....	49
Εικόνας 2.22: Το ρομποτικό όχημα HYPERION με τετραδιεύθυνση και τετρακίνηση .....	50
Εικόνας 2.23: Διαφορική ή ομοαξονική κίνηση [7] .....	51
Εικόνας 2.24: Οι δυνάμεις που ασκούνται σε ένα κινούμενο όχημα [3] .....	53
Εικόνας 2.25: Η λειτουργία του σερβοκινητήρα .....	54
Εικόνας 2.26: Σχέση μεταξύ ροπής T, ισχύος P και ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα U [3] .....	55
Εικόνας 2.27: Σερβοκινητήρας με κιβώτιο μείωσης της σχέσης μετάδοσης .....	56
Εικόνας 2.28: Η τεχνική Διαμόρφωσης Πλάτους Παλμού (PWM) .....	57



<b>Εικόνα 2.29:</b> Τομή ενός βηματικού κινητήρα.....	58
<b>Εικόνα 2.30:</b> Το σέρβο HS422 της Hitec.....	60
<b>Εικόνα 2.31:</b> Τρία σήματα ελέγχου και οι αντίστοιχες θέσεις του σέρβο. ....	60
<b>Εικόνα 2.31:</b> Βάση για τη στήριξη εικονολήπτη, που περιστρέφεται με τη βοήθεια σέρβο δεξιά, αριστερά, πάνω, κάτω. ....	61
<b>Εικόνα 2.32:</b> Ο ελεγκτής BASIC Stamp 2.....	62
<b>Εικόνα 2.33:</b> Το περιβάλλον εργασίας του μικροελεγκτή Basic-X.....	63
<b>Εικόνα 2.34:</b> Το ρομποτικό όχημα Monsieur II-p, που περιλαμβάνει έναν πολύ περιορισμένων διαστάσεων μικροελεγκτή της Seiko Epson Corp .....	64
<b>Εικόνα 2.35:</b> Τα τμήματα του ελεγκτή OOPic-R, 1:τροφοδοσία, 2: επεξεργαστής και μνήμη, 3: σειριακή θύρα, 4: είσοδοι, έξοδοι. ....	64
<b>Εικόνα 2.36:</b> PC104 και OOPic-R .....	65
<b>Εικόνα 2.37:</b> Ελεγκτής PC104 που αποτελείται από συνδυασμό τριών ηλεκτρονικών πλακετών.....	66
<b>Εικόνα 2.38:</b> Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής στο εσωτερικό του ρομποτικού οχήματος ATRVmini .....	66
<b>Εικόνα 2.39:</b> Ασύρματες συσκευές επικοινωνίας που συνδέονται στη σειριακή θύρα και στη θύρα USB .....	67
<b>Εικόνα 2.40:</b> Η συσκευή απευθείας επικοινωνίας FWCM .....	68
<b>Εικόνα 2.41:</b> Η ασύρματη συσκευή BreezeNet της Alvarion για επικοινωνία μέσω τοπικού δικτύου .....	69
<b>Εικόνα 2.42:</b> Το ρομποτικό όχημα HYPERION που τροφοδοτείται από ηλιακή ενέργεια. ...	70
<b>Εικόνα 2.43:</b> Συσσωρευτής NiMH των 7.2V, 3000mAh που προέκυψε από σύνδεση σε σειρά έξι μονάδων των 1.2V, 3000mAh .....	71
<b>Εικόνα 2.44:</b> Καμπύλες αποφόρτισης για τα διάφορα είδη συσσωρευτών υπό το ίδιο φορτίο [2].....	72
<b>Εικόνα 2.45:</b> Επαναφορτιζόμενος συσσωρευτής Μολύβδου 12V, 4.5Ah, κατάλληλος για μεσαίου μεγέθους ρομποτικά οχήματα. ....	73
<b>Εικόνα 2.46:</b> Μαγνητικός κωδικοποιητής απόλυτης θέσης AWS1 της AMS .....	74
<b>Εικόνα 2.47:</b> Οπτικός μετρητής E3 της US Digital.....	75
<b>Εικόνα 2.48:</b> Σύνδεση μετατροπέα και μικροελεγκτή. ....	75
<b>Εικόνα 2.49:</b> Η αρχή λειτουργίας του αισθητήρα υπερήχων και ένα από τα πιο δημοφιλή εμπορικά μοντέλα, ο αισθητήρας Polaroid SensComp 6500. ....	76
<b>Εικόνα 2.50:</b> Η λειτουργία του αισθητήρα υπερήχων και ο αισθητήρας GP2D120 της SHARP .....	77
<b>Εικόνα 2.50:</b> Η σχέση μεταξύ της απόστασης και της τάσης εξόδου του αισθητήρα SHARP GP2D20 .....	77
<b>Εικόνα 2.51:</b> Το ρομποτικό όχημα PIONEER 3-DX της ACTIVMEDIA εφοδιασμένο με έναν σαρωτή λειζερ .....	78
<b>Εικόνα 2.52:</b> Η αναλογική πυξίδα Dinsmore 1525 αριστερά και η ψηφιακή Vector 2X δεξιά .....	78
<b>Εικόνα 2.53:</b> Ψηφιακό επιταχυνσίμετρο δύο αξόνων 25200A της SUMMIT.....	79
<b>Εικόνα 2.54:</b> Ψηφιακός ασύρματος αισθητήρας παγκόσμιων συντεταγμένων.....	80
<b>Εικόνα 2.54:</b> Γυροσκόπιο GY401 της Futaba .....	80
<b>Εικόνα 2.55:</b> Μετρητής κλίσεων, σε σχέση με μια κλίση αναφοράς, A2T της US Digital.....	81
<b>Εικόνα 2.56:</b> Ο εικονολήπτης EyeCam, κατάλληλος για τον μικροελεγκτή EyeBot .....	81
<b>Εικόνα 2.57:</b> Το όχημα MOSRO1 της ROBOWATCH TECHNOLOGIES το οποίο είναι εξοπλισμένο μεταξύ των άλλων και με αισθητήρα δακτυλικών αποτυπωμάτων και αερίων .....	82
<b>Εικόνα 3.1:</b> Η κάτω βάση του ΑΛΕ [13].....	84
<b>Εικόνα 3.2:</b> Η άνω βάση του ΑΛΕ [13].....	85
<b>Εικόνα 3.3:</b> Ράβδος στήριξης άνω βάσης του ΑΛΕ [13].....	85

<b>Εικόνα 3.4:</b> Οι διαστάσεις της βάσης του ΑΛΕ [13]	86
<b>Εικόνα 3.5:</b> Οι διαστάσεις της βάσης του ΑΛΕ [13]	87
<b>Εικόνα 3.6:</b> Το αλουμινένιο δάπεδο του οχήματος	87
<b>Εικόνα 3.7:</b> Το κάτω μέρος του δαπέδου	88
<b>Εικόνα 3.8:</b> Το δάπεδο μαζί με τις συσκευές που στηρίζει	88
<b>Εικόνα 3.9:</b> Σχέδιο αποσυναρμολόγησης του συστήματος κίνησης [13]	89
<b>Εικόνα 3.10:</b> Το σύστημα κίνησης	89
<b>Εικόνα 3.11:</b> Τα στηρίγματα συναρμολογημένα με την οροφή	90
<b>Εικόνα 3.12:</b> Η οροφή και οι συσκευές που στηρίζει	91
<b>Εικόνα 3.13:</b> Σχέδια του εμπρός και πίσω καλύμματος [13]	92
<b>Εικόνα 3.14:</b> Τα καλύμματα τοποθετημένα στο ΑΛΕ	92
<b>Εικόνα 4.1:</b> Οι δύο κινητήριои τροχοί στο πίσω μέρος και ο τροχός ελεύθερης περιστροφής στο εμπρός μέρος του οχήματος	93
<b>Εικόνα 4.2:</b> Ο κινητήρας HSIANG NENG GH12-2217Y με κιβώτιο 50:1	94
<b>Εικόνα 4.3:</b> Το κιβώτιο μείωσης της σχέσης μετάδοσης του κινητήρα	94
<b>Εικόνα 4.4:</b> Η θέση του συσσωρευτή 12V και οι οδηγοί που τον ασφαλίζουν	96
<b>Εικόνα 4.6:</b> Οι διακόπτες λειτουργίας	97
<b>Εικόνα 4.7:</b> Κινητήριος τροχός	98
<b>Εικόνα 4.8:</b> Οι θέσεις του οχήματος και τα σχετικά μεγέθη κατά τις χρονικές στιγμές i και i-1 [11]	99
<b>Εικόνα 4.9:</b> Κίνηση σε τετραγωνική τροχιά	101
<b>Εικόνα 4.10:</b> Κίνηση σε κυκλική τροχιά	101
<b>Εικόνα 4.11:</b> Κίνηση σε καμπύλη τροχιά	102
<b>Εικόνα 5.1:</b> Οι θύρες του ελεγκτή OOPic-R	104
<b>Εικόνα 5.2:</b> Ο συσσωρευτής τροφοδοσίας των ηλεκτρονικών	105
<b>Εικόνα 5.3:</b> Η θέση των συσσωρευτών στο πίσω τμήμα του ΑΛΕ	105
<b>Εικόνα 5.4:</b> Η ηλεκτρονική πλακέτα βοηθητικών κυκλωμάτων του ΑΛΕ	106
<b>Εικόνα 5.5:</b> Το κύκλωμα οδήγησης των ηλεκτροκινητήρων τοποθετημένο επάνω από την ηλεκτρονική πλακέτα βοηθητικών κυκλωμάτων του ΑΛΕ	106
<b>Εικόνα 5.5:</b> Η συσκευές HPU 120 και HPS 120	107
<b>Εικόνα 5.6:</b> Οι ασύρματες συσκευές επικοινωνίας του ΑΛΕ	108
<b>Εικόνα 5.7:</b> Η συσκευή ασύρματης επικοινωνίας FWCM της Digital Solutions	108
<b>Εικόνα 6.1:</b> Αισθητήρας υπερήχων SRF-04 της Devantech	110
<b>Εικόνα 6.2:</b> Το διάγραμμα της δέσμης του αισθητήρα SRF-04	110
<b>Εικόνα 6.3:</b> Η τοποθέτηση του αισθητήρα SRF-04 στη ράβδο στήριξης της οροφής	111
<b>Εικόνα 6.4:</b> Η ψηφιακή πυξίδα CMP-03 της Devantech	111
<b>Εικόνα 6.5:</b> Η τοποθέτηση της πυξίδας στο όχημα	112
<b>Εικόνα 6.6:</b> Το οδόμετρο WW-01 τοποθετημένο σε κινητήρα του ΑΛΕ	112
<b>Εικόνα 6.7:</b> Ο εικονολήπτης CMUcam2 τοποθετημένος με τη βάση περιστροφής του στην οροφή του ΑΛΕ	113
<b>Εικόνα 6.8:</b> Το λογισμικό προγραμματισμού και επικοινωνίας του εικονολήπτη	114
<b>Εικόνα 6.8:</b> Το περιβάλλον προγραμματισμού του OOPic-R	115
<b>Εικόνα Π1:</b> GARCIA, ACRONAME INC, USA	122
<b>Εικόνα Π2:</b> PPRK, CARNEGIE MELLON UNIVERSITY, USA	123
<b>Εικόνα Π3:</b> ADVANCED WHISKERS, ANGELUS RESEARCH, USA	123
<b>Εικόνα Π4:</b> ROBOT CONSTRUCTION KIT, ANGELUS RESEARCH, USA	124
<b>Εικόνα Π5:</b> PACKBOT EOD, iROBOT USA	125
<b>Εικόνα Π6:</b> PEKEE, WANY ROBOTICS, FRANCE	125
<b>Εικόνα Π7:</b> TJ pro, MEKATRONIX, USA	126
<b>Εικόνα Π8:</b> ROBOBUG, MEKATRONIX, USA	127
<b>Εικόνα Π9:</b> TALRIK, MEKATRONIX, USA	127
<b>Εικόνα Π10:</b> TALRIK JUNIOR, MEKATRONIX, USA	128

Εικόνα Π11:	QUADCRAWLER, CRUSTCRAWLER, USA.....	129
Εικόνα Π12:	HEXCRAWLER, CRUSTCRAWLER, USA.....	129
Εικόνα Π13:	HEXCRAWLER HDATS, CRUSTCRAWLER, USA.....	130
Εικόνα Π14:	NOMAD HDATS, CRUSTCRAWLER, USA.....	131
Εικόνα Π15:	BOE BOT, PARALLAX, USA.....	131
Εικόνα Π16:	SUMO BOT, PARALLAX, USA.....	132
Εικόνα Π17:	TODDLER, PARALLAX, USA.....	133
Εικόνα Π18:	AROBOT, ARRICK, USA .....	133
Εικόνα Π19:	TRILOBOT, ARRICK, USA.....	134
Εικόνα Π20:	MB835, BLUEBOTICS, SWITZERLAND .....	135
Εικόνα Π21:	SHRIMP III, BLUEBOTICS, SWITZERLAND .....	135
Εικόνα Π22:	SMARTEASE, BLUEBOTICS, SWITZERLAND .....	136
Εικόνα Π23:	ER1, EVOLUTION ROBOTICS, USA .....	137
Εικόνα Π24:	MOSRO1, ROBOWATCH TECHNOLOGIES, GERMANY .....	137
Εικόνα Π25:	MOSRO MINI, ROBOWATCH TECHNOLOGIES, GERMANY .....	138
Εικόνα Π26:	OFRO, ROBOWATCH TECHNOLOGIES, GERMANY .....	139
Εικόνα Π27:	VERSATRAX 300VLR, INUKTUN, CANADA .....	139
Εικόνα Π28:	VERSATRAX 150, INUKTUN, CANADA .....	140
Εικόνα Π29:	VERSATRAX 100, INUKTUN, CANADA .....	140
Εικόνα Π30:	VGTV XTREME, INUKTUN, CANADA .....	141
Εικόνα Π31:	KHEPERA II, K-TEAM, SWITZERLAND .....	141
Εικόνα Π32:	KOALA, K-TEAM, SWITZERLAND .....	142
Εικόνα Π33:	K-ALICE, K-TEAM, SWITZERLAND .....	143
Εικόνα Π34:	CARPET ROVER, LYNXMOTION, USA .....	143
Εικόνα Π35:	WIFIBOT 4G, ROBOSOFT, FRANCE .....	144
Εικόνα Π36:	ROBULAB 80, ROBOSOFT, FRANCE .....	144
Εικόνα Π37:	ROBULAB 150, ROBOSOFT, FRANCE.....	145
Εικόνα Π38:	ROBUROC 4, ROBOSOFT, FRANCE .....	145
Εικόνα Π39:	ROBUCAR TT 4, ROBOSOFT, FRANCE .....	146
Εικόνα Π40:	ROBUCAR, ROBOSOFT, FRANCE.....	146
Εικόνα Π41:	PIONEER 3-AT, ACTIVMEDIA, USA .....	147
Εικόνα Π42:	PIONEER 3-DX, ACTIVMEDIA, USA.....	147
Εικόνα Π43:	AMIGOBOT, ACTIVMEDIA, USA .....	148
Εικόνα Π44:	POWERBOT, ACTIVMEDIA, USA .....	148
Εικόνα Π45:	PATROLBOT, ACTIVMEDIA, USA.....	149
Εικόνα Π46:	PEOPLEBOT, ACTIVMEDIA, USA.....	150
Εικόνα Π47:	MARK III, PORTLAND AREA ROBOTICS SOCIETY, USA .....	150
Εικόνα Π48:	SCRIBBLER, PARALLAX, USA .....	151
Εικόνα Π49:	TREKKER, SUPERDROID ROBOTS, USA .....	152
Εικόνα Π50:	QUAD VECTOR, SUPERDROID ROBOTS, USA .....	152
Εικόνα Π51:	ROGUE BLUE, ROGUE ROBOTICS, CANADA .....	153
Εικόνα Π52:	ROGUE ATR, ROGUE ROBOTICS, CANADA.....	154
Εικόνα Π53:	X4 ROVER MK I, TOTAL ROBOTS, UK .....	154
Εικόνα Π54:	AIRAT 2, MICROROBOTS, KOREA .....	155
Εικόνα Π55:	ROBO LEFTER, MICROROBOTS, KOREA.....	155
Εικόνα Π56:	RIGEL, BUDGET ROBOTICS, USA.....	156

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1:</b> Κατανομή παραγωγής εμπορικών ρομποτικών οχημάτων παγκοσμίως..	22
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2:</b> Είδη ρομποτικών οχημάτων.....	23
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.3:</b> Κατανομή βαρών των ρομποτικών οχημάτων. ....	23
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.4:</b> Αριθμός κινητήριων τροχών των ρομποτικών οχημάτων. ....	24
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.5:</b> Είδη Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας των ρομποτικών οχημάτων. ....	24
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.6:</b> Είδη κινητήρων που χρησιμοποιούνται από τα οχήματα. ....	25
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.7:</b> Τιμές των οχημάτων.....	26
<b>ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.8:</b> Χρήσεις των ρομποτικών οχημάτων. ....	27

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον καθηγητή μου Νικόλαο Τσουρβελούδη. Η παρούσα εργασία δεν θα υπήρχε χωρίς την καθοδήγησή του.

Επίσης θα πρέπει να ευχαριστήσω και τους συναδέλφους μου Χρήστο Αναστασόπουλο και Νικόλαο Μιχαηλίδη, για τη σχεδίαση και επεξεργασία του τρισδιάστατου μοντέλου του ΑΛΕ, καθώς και τον Κώστα Τσολάκο για την κατασκευή του περιβάλλοντος διεπαφής με το όχημα.

## ΣΥΝΤΟΜΟ ΒΙΟΓΡΑΦΙΚΟ

Ο Σάββας Πιπερίδης γεννήθηκε στην Πτολεμαΐδα το 1971, όπου και ολοκλήρωσε τη πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευσή του. Το 1989 εισήχθη στο Πολυτεχνείο Πατρών από όπου και πήρε, το 1994, το δίπλωμα του Μηχανικού Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής. Από το 1996 μέχρι το 1999 εργάστηκε στην Κεντρική Βιβλιοθήκη του Πολυτεχνείου Κρήτης. Από το 2003 μέχρι και σήμερα είναι διορισμένος ως Ειδικό Τεχνικό Εργαστηριακό Προσωπικό στο Εργαστήριο Ευφύων Συστημάτων και Ρομποτικής του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Τα ρομποτικά οχήματα απασχολούν ιδιαίτερα τον τομέα της ρομποτικής τα τελευταία χρόνια. Υπάρχουν σημαντικότερες εξελίξεις στο υλικό και λογισμικό της πληροφορικής, των επικοινωνιών, των ηλεκτρικών συσκευών και αισθητήρων που σχετίζονται με τα οχήματα αυτά. Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η κατασκευή του πρωτότυπου ρομποτικού οχήματος ΑΛΕ και επίσης μελετώνται οι εναλλακτικές λύσεις που υπάρχουν σήμερα για τα διάφορα στάδια κατασκευής ενός τέτοιου οχήματος.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Από τα τέλη του 18<sup>ου</sup> αιώνα μια νέα εφεύρεση έκανε αισθητή την παρουσία της στην Γερμανία, Γαλλία, Ηνωμένο Βασίλειο αλλά και στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής: το αυτοκίνητο. Πρόκειται για ένα μεταφορικό μέσο το οποίο κινείται με τη βοήθεια τροχών, χρησιμοποιώντας δικές του μηχανές παραγωγής κινητήριας δύναμης. Από την αρχή της εξέλιξης του αυτοκινήτου παρουσιάστηκαν πολλές διαφορετικές μορφές και είδη οχημάτων, με διαφοροποιήσεις στις μηχανές που χρησιμοποιούσαν για την παραγωγή της κινητήριας δύναμης, στη μορφή, το μέγεθος, τις επιδόσεις και δυνατότητές τους. Περισσότερο από δύο αιώνες μετά, τα αυτοκίνητα όχι μόνο χρησιμοποιούνται σε όλα τα μήκη και πλάτη του πλανήτη μας επιτελώνοντας πολλών ειδών εργασίες, αλλά έχουν επισκεφτεί και άλλους πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος.

Σε κάθε αυτοκίνητο, όπως τουλάχιστον τα γνωρίζουμε μέχρι σήμερα, ένας ή περισσότεροι από τους επιβαίνοντες χαρακτηρίζονται ως οδηγοί. Διαθέτουν συγκεκριμένες γνώσεις γύρω από το αυτοκίνητό τους και έχουν αποκτήσει οδηγικές ικανότητες κατόπιν αντίστοιχης εκπαίδευσης. Οι οδηγοί χειρίζονται τη μηχανή αλλά και πληθώρα άλλων συσκευών και με τη βοήθεια του συστήματος διεύθυνσης μετακινούν το αυτοκίνητο επί της επιθυμητής πορείας.



**Εικόνα 1.1:** Αυτοκίνητο του 1897



**Εικόνες 1.2,1.3:** Σύγχρονα αυτοκίνητα εξειδικευμένων χρήσεων

Η ανάγκη ύπαρξης οδηγού επί του οχήματος θέτει πολλούς περιορισμούς στα μορφολογικά χαρακτηριστικά του, αλλά και στις επιχειρησιακές του δυνατότητες. Για το λόγο



αυτό τα τελευταία πενήντα χρόνια γίνονται σε παγκόσμιο επίπεδο προσπάθειες για να εξελιχθούν αυτοκίνητα ικανά να επιχειρούν χωρίς την ανάγκη ανθρώπινης παρουσίας σε αυτά. Η παράλληλη πρόοδος των τεχνολογιών που σχετίζονται με την αυτοκίνηση και τη ρομποτική αλλά κυρίως η έκρηξη στην εξέλιξη της πληροφορικής παρέχουν πλέον τα μέσα για την εξέλιξη τέτοιου είδους αυτοκινήτων, που σήμερα κάνουν δειλά την εμφάνισή τους ακόμη και ως ολοκληρωμένα και προσιτά εμπορικά προϊόντα. Η ρομποτική, η επιστήμη με θέμα τη μελέτη των ρομπότ, τα τελευταία χρόνια έχει πάρει τη σκυτάλη στην εξέλιξη αυτοκινήτων, οχημάτων, όπως και εναέριων, θαλάσσιων και υποβρύχιων σκαφών που έχουν το χαρακτηριστικό ότι δε μεταφέρουν άνθρωπο ως οδηγό τους. Έτσι σήμερα οχήματα διαφορετικών μεγεθών, σχεδίασης και δυνατοτήτων λειτουργούν παγκόσμια αλλά και σε άλλους πλανήτες επιτελώντας εργασίες χωρίς να επιβαίνει ανθρώπινο προσωπικό σε αυτά.

Η ορολογία που χρησιμοποιείται σε αυτόν τον τομέα της ρομποτικής περιλαμβάνει μεταξύ άλλων και τα παρακάτω:

Ως **ρομποτικό όχημα** χαρακτηρίζεται μια επαναπρογραμματιζόμενη συσκευή με δυνατότητες επικοινωνίας και αντίληψης του περιβάλλοντός της, η οποία μπορεί να μετακινείται, με τη βοήθεια τροχών, προκειμένου να εκτελέσει διάφορα έργα.



**Εικόνα 1.4:** Σύγχρονο αυτόνομο ρομποτικό όχημα

Η **αυτονομία** στα ρομποτικά οχήματα συνιστά την ικανότητα τους να επιχειρούν χωρίς την ανάγκη για παροχή υπηρεσιών από το εξωτερικό τους περιβάλλον. Έτσι ένα αυτόνομο ρομποτικό όχημα θα πρέπει να αποφασίζει σε πραγματικό χρόνο για τις ενέργειές του με βάση ένα πρόγραμμα ελέγχου, να μπορεί να αντεπεξέρχεται σε καταστάσεις που οφείλονται σε αστάθμητους παράγοντες και να προσαρμόζεται σε αλλαγές του περιβάλλοντός του. Θα πρέπει επίσης να έχει την ικανότητα να κατασκευάζει αναπαράσταση του πραγματικού κόσμου η οποία θα είναι κατανοητή και συμβατή με τον ελεγκτή του. Για να τα επιτύχουν όλα αυτά, τα ρομποτικά οχήματα περιλαμβάνουν δικές τους μονάδες παροχής ενέργειας, κεντρική μονάδα επεξεργασίας, που ελέγχει τη λειτουργία τους, αισθητήρια και πλήθος άλλων χαρακτηριστικών ανάλογα με το περιβάλλον μέσα στο οποίο λειτουργούν.



**Εικόνα 1.5:** Τηλεχειριζόμενο ρομποτικό όχημα για επιθεώρηση σωληνώσεων

Εκτός από τα αυτόνομα ρομποτικά οχήματα υπάρχουν και τα **τηλεχειριζόμενα**. Τα οχήματα αυτά δεν είναι δυνατόν να λειτουργήσουν χωρίς τη συμμετοχή και βοήθεια από εξωτερικούς παράγοντες, όπως ένας χειριστής, μια μονάδα ελέγχου σε έναν απομακρυσμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή ή μονάδες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι, δηλαδή, απαραίτητη η επικοινωνία τους, ασύρματη ή ενσύρματη με άλλες συσκευές του εξωτερικού περιβάλλοντος οι οποίες καθορίζουν τη λειτουργία τους. Για το λόγο αυτό τα τηλεχειριζόμενα οχήματα δεν χρειάζεται να είναι πάντα 'έξυπνα' όπως τα αυτόνομα και συνήθως χαρακτηρίζονται από μειωμένη πολυπλοκότητα και δυσκολία κατασκευής σε σχέση με αυτά.

Οι χρήσεις των ρομποτικών οχημάτων επεκτείνουν το πεδίο δράσης των συμβατικών αυτοκινήτων. Συνήθη έργα που επιτελούν τα οχήματα αυτά είναι εξειδικευμένες μεταφορές, επιτηρήσεις χώρων, ξεναγήσεις και επιθεωρήσεις. Η απουσία προσωπικού από το όχημα όχι μόνο επιτρέπει να μειωθεί το μέγεθός του αλλά το καθιστά κατάλληλο και για εργασίες σε περιβάλλοντα εχθρικά ή απρόσιτα και απροσπέλαστα για τον άνθρωπο. Έτσι έχουν εξελιχθεί υποβρύχια και διαστημικά οχήματα αλλά και άλλα που μπορούν να επιχειρούν σε μολυσμένα περιβάλλοντα, περιβάλλοντα υψηλού κινδύνου για το ανθρώπινο προσωπικό ή τέλος σε χώρους πολύ μικρούς για το μέγεθος του ανθρώπου-οδηγού.



**Εικόνα 1.6:** Ρομποτικό όχημα κατασκευασμένο για την επιφάνεια του πλανήτη Άρη

Μια άλλη ευρεία περιοχή εφαρμογών των ρομποτικών οχημάτων καλύπτει επιστήμες όπως η ψυχολογία καθώς και θέματα τεχνητής και φυσικής νοημοσύνης. Τα ρομποτικά οχήματα, και ιδιαίτερα τα αυτόνομα, ενδείκνυνται για πειραματισμούς και έλεγχο υποθέσεων

και αλγορίθμων που διαπραγματεύονται προβλήματα ευφυούς συμπεριφοράς και αντίληψης. Το πρόγραμμα ελέγχου του οχήματος διαμορφώνεται σύμφωνα με την υπόθεση ή τον αλγόριθμο που μελετάται, καθορίζεται το περιβάλλον και οι αλληλεπιδράσεις του περιβάλλοντος με το όχημα σύμφωνα με τις προδιαγραφές του πειράματος.



**Εικόνα 1.7:** Ομάδα ρομποτικών οχημάτων που χρησιμοποιείται για τη μελέτη συνεργατικών συμπεριφορών

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η λεπτομερής καταγραφή αποτελεσμάτων σε ελεγχόμενα και επαναλαμβανόμενα πειράματα, στα οποία μπορούν κάθε φορά να καθοριστούν οι παράμετροι που θεωρούνται σημαντικοί. Το ρομποτικό όχημα προσομοιώνει ένα νοήμον ον και το πρόγραμμα ελέγχου τη γνώση, νοημοσύνη του. Έτσι μπορεί να μελετηθούν ανεξάρτητες αλλά και συνεργατικές, κοινωνικές συμπεριφορές.

## **1.2 ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΛΥΣΗΣ**

Η διεύρυνση του πεδίου δράσης των συμβατικών οχημάτων είναι ο λόγος για την συντονισμένη προσπάθεια κατασκευής ρομποτικών οχημάτων σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι επιχειρησιακές δυνατότητες τέτοιων εξειδικευμένων οχημάτων ενδιαφέρουν ιδιαίτερα τις ένοπλες δυνάμεις, τα σώματα ασφαλείας και τα διαστημικά προγράμματα, τομείς στους οποίους επενδύονται τεράστια ποσά και συνεπώς δημιουργείται αυξημένο εμπορικό ενδιαφέρον.



**Εικόνα 1.8:** SHAKEY, το πρώτο ρομποτικό όχημα με αυτόνομη συμπεριφορά κατασκευασμένο στο Stanford το 1969

Από το 1950 που κατασκευάστηκαν τα πρώτα ρομποτικά οχήματα μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990 πολλά προβλήματα εμπόδιζαν την εξάπλωσή τους ως εμπορικά προϊόντα. Οι τιμές τους, αλλά και αυτές των σχετικών συσκευών όπως αισθητήρων και κινητήρων ήταν ιδιαίτερα υψηλές. Τα οχήματα ήταν κατά κανόνα πρωτότυπες κατασκευές και απολύτως εξειδικευμένα. Επίσης για τη χρήση και τη συντήρησή τους απαιτούνταν εκπαίδευση και ιδιαίτερες γνώσεις. Η υποστήριξη τέτοιων οχημάτων ήταν ελλιπής έως ανύπαρκτη και η αξιοπιστία τους περιορισμένη.



**Εικόνα 1.9:** POWERBOT, ένα σύγχρονο εμπορικό ρομποτικό όχημα από την ACTIVMEDIA, USA

Τα τελευταία δέκα χρόνια η εμπορική ζήτηση αλλά κυρίως η εξέλιξη της πληροφορικής και ιδιαίτερα των ηλεκτρονικών συσκευών, βελτίωσαν ραγδαία την πραγματικότητα των αυτόνομων ρομποτικών οχημάτων. Το υλικό και οι απαιτούμενες για την κατασκευή τέτοιων οχημάτων συσκευές είναι πλέον διαθέσιμες σε διάφορες τιμές, ποιότητες και δυνατότητες. Τα οχήματα είναι αξιόπιστα και το σημαντικότερο φιλικά ως προς τη χρήση και τον προγραμματισμό τους. Μπορούν να επικοινωνούν, να ελέγχονται και να προγραμματίζονται με τη βοήθεια δημοφιλών και φιλικών υπολογιστικών συστημάτων τα οποία είναι διεθνώς διαδεδομένα, όπως ένας προσωπικός ηλεκτρονικός υπολογιστής με λειτουργικό σύστημα Windows. Στο διαδίκτυο, επίσης, υπάρχουν πολλές σελίδες, ομάδες συζητήσεων, άρθρα και δημοσιεύσεις τα οποία συνθέτουν μια πλούσια συλλογή από πληροφορίες σχετικές με τα ρομποτικά οχήματα.

Σήμερα υπάρχουν εκατοντάδες εταιρείες και ερευνητικά ιδρύματα που ασχολούνται με την εξέλιξη, την παραγωγή, την εμπορική διάθεση αυτόνομων ρομποτικών οχημάτων καθώς και σχετικών με αυτά συσκευών αλλά και με την παροχή υποστήριξης και εκπαίδευσης. Είναι επομένως λογικό το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων της δευτεροβάθμιας, της ανώτερης και ανώτατης εκπαίδευσης για ρομποτικά οχήματα, κατάλληλα για χρήση στην εκπαιδευτική διαδικασία, συνεχώς να αυξάνεται. Οι σπουδαστές των τεχνολογικών κατευθύνσεων θα πρέπει να εκπαιδεύονται γύρω από θέματα σχετικά με τα οχήματα αυτά. Αντίστοιχα αυξάνονται οι ανάγκες των ερευνητών για οχήματα ικανά να υποστηρίξουν πειραματικά την έρευνά τους σε τομείς της ρομποτικής αλλά και άλλων επιστημών.

Οι σύγχρονες λοιπόν εξελίξεις, αλλά και η κατάσταση της αγοράς ορίζουν την ανάγκη για ένα αυτόνομο ρομποτικό όχημα το οποίο θα πρέπει να παρουσιάζει τα παρακάτω χαρακτηριστικά ως εμπορικό προϊόν:

- *Χαμηλή τιμή και κόστος συντήρησης.* Τα οχήματα, για να μπορούν να είναι προσιτά στα εκπαιδευτικά ιδρύματα αλλά και στους ιδιώτες ενδιαφερόμενους θα πρέπει να διατηρούν το κόστος της βασικής τους σύνθεσης όσο γίνεται χαμηλότερο. Οι αισθητήρες θα μπορούν να τοποθετούνται στο όχημα κατ' επιλογή και το κόστος τους ανάλογα με την ποσότητα, το είδος και την ποιότητά τους θα προστίθεται σε αυτό της βασικής έκδοσης.
- *Προσαρμοστικότητα στις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη.* Το όχημα πρέπει να προσφέρεται σε μια βασική έκδοση που να περιλαμβάνει τα απολύτως

απαραίτητα και καθοριστικά για τη λειτουργία του. Από εκεί και πέρα ο χρήστης, ανάλογα με τις απαιτήσεις του από το όχημα, θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να επιλέγει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και εξοπλισμό του, καθορίζοντας έτσι και τις επιχειρησιακές του δυνατότητες και πεδία δράσεως. Έτσι, για παράδειγμα, το όχημα θα πρέπει να υποστηρίζει τη λειτουργία των διαφόρων ειδών αισθητήρων υπερήχων που είναι διαθέσιμοι ως εμπορικά προϊόντα, ώστε ο υποψήφιος αγοραστής να μπορεί να επιλέγει ανάλογα με τις ανάγκες και τις οικονομικές δυνατότητές του. Ακόμη αλλάζοντας τμήμα του εξοπλισμού του, όπως τροχούς, κινητήρες και περίβλημα, να μετατρέπεται ένα ρομποτικό όχημα που η βασική του έκδοση είναι για εσωτερικό χώρο, σε όχημα παντός εδάφους εξωτερικού χώρου.

- *Συμβατότητα με καταξιωμένα, εμπορικά και επιστημονικά, προϊόντα της πληροφορικής.* Το ρομποτικό όχημα θα πρέπει να διαθέτει θύρες, πρωτόκολλα και αρχιτεκτονική που να επιτρέπουν την επικοινωνία, προγραμματισμό, ανταλλαγή δεδομένων και έλεγχο από εξωτερικά υπολογιστικά συστήματα προσιτά και γνώριμα στον υποψήφιο αγοραστή του. Θεωρώντας το επιστημονικό πεδίο της ρομποτικής σε ένα ευρύ παγκόσμιο επίπεδο, διακρίνονται κάποιες καθιερωμένες εμπορικά αλλά και επιστημονικά, αρχιτεκτονικές υπολογιστών, γλώσσες προγραμματισμού και πρωτόκολλα επικοινωνίας που θα πρέπει να είναι συμβατά με το όχημα. Έτσι οι μελλοντικοί χρήστες του θα μπορούν να το χρησιμοποιούν χωρίς να αλλάξουν τον πάγιο εξοπλισμό τους, σε υλικό αλλά και λογισμικό. Ο χρόνος εξοικείωσης και εκπαίδευσης μειώνεται στο ελάχιστο και η υποστήριξη του προϊόντος γίνεται πολύ πιο εύκολα. Τέλος είναι εφικτή η άμεση και χωρίς προβλήματα χρήση του οχήματος ως νέο μέλος μιας ήδη υπάρχουσας ομάδας ρομποτικών οχημάτων, διατάξεων και ελεγκτών.
- *Φιλική συμπεριφορά απέναντι στο χρήστη.* Σε συνδυασμό με την προσαρμοστικότητα και τη συμβατότητα ένα φιλικό ως προς τη χρήση και τον προγραμματισμό, ρομποτικό όχημα γίνεται αναντικατάστατο εργαλείο για την εκπαίδευση και την έρευνα. Ο χρήστης του δεν θα πρέπει να δαπανά χρόνο για να καταφέρει να το θέσει σε λειτουργία και να το διατηρεί σε ετοιμότητα. Δεν απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό για τον προγραμματισμό και τη χρήση του, με αποτέλεσμα ο σπουδαστής ή ο ερευνητής να έχουν άμεση επαφή με το όχημα και τις δραστηριότητές του. Η υποστήριξη ενός τέτοιου οχήματος δεν παρουσιάζει δυσκολίες. Τέλος ένα τέτοιο ρομποτικό όχημα θα μπορεί να χρησιμοποιείται στην εκπαιδευτική διαδικασία, ακόμη και σε χαμηλές βαθμίδες, προκαλώντας το ενδιαφέρον των σπουδαστών που θα μπορούν να το χειρίζονται χωρίς να είναι ανάγκη να εφοδιαστούν με εξειδικευμένες γνώσεις.
- *Δυνατότητες και επιδόσεις που να αντεπεξέρχονται στις σύγχρονες επιστημονικές και εκπαιδευτικές ανάγκες.* Ένα ρομποτικό όχημα, δηλαδή, θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται το χώρο τριγύρω του και να μετρά αποστάσεις από τα τριγύρω εμπόδια και όρια χώρων. Επίσης να συλλέγει και να επεξεργάζεται εικόνες από το περιβάλλον του, να μπορεί να προσανατολίζεται και να μετακινείται άνετα προς όλες τις κατευθύνσεις. Θα πρέπει να δέχεται και να αποστέλλει δεδομένα, ασύρματα, σε πραγματικό χρόνο επικοινωνώντας με κάποιο απομακρυσμένο πληροφοριακό σύστημα ελέγχου ή με άλλα παρόμοια οχήματα. Απαραίτητη επίσης είναι η δυνατότητα επαναπρογραμματισμού του οχήματος ώστε να καθορίζεται από το χρήστη το εκάστοτε πρόγραμμα ελέγχου και η διασφάλιση τουλάχιστον μιας ώρας αυτόνομης λειτουργίας. Οι ταχύτητες επεξεργασίας, μεταφοράς δεδομένων και επικοινωνίας θα πρέπει να επιτρέπουν τον έλεγχο του οχήματος σε πραγματικό χρόνο όταν αυτό αλληλεπιδρά με ένα μεταβαλλόμενο περιβάλλον.
- *Υπηρεσίες υποστήριξης υψηλής ποιότητας.* Σε έναν νεότατο και πρωτότυπο επιστημονικό τομέα όπως αυτός των ρομποτικών οχημάτων που αντιπροσωπεύει

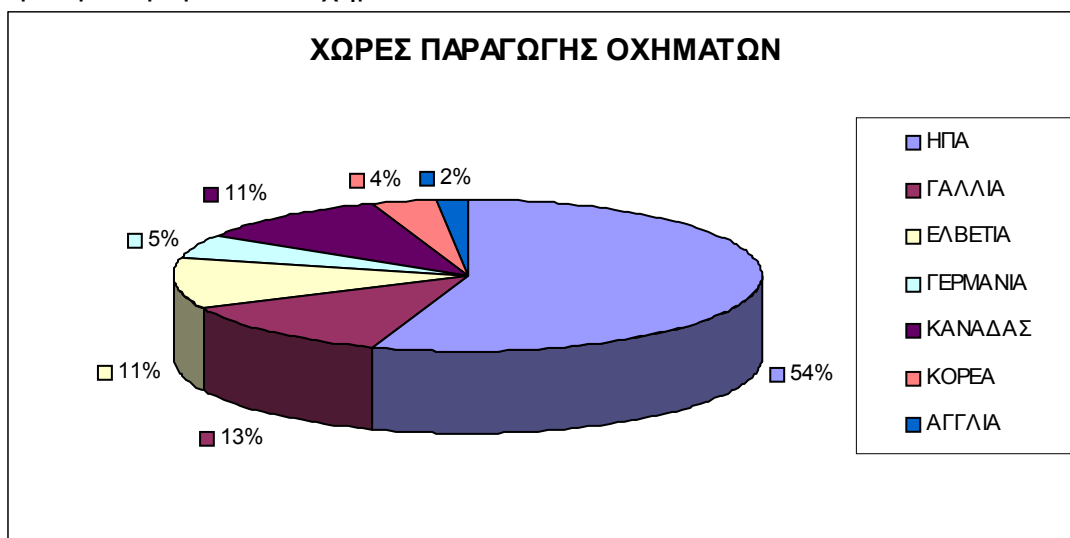


τα πολύ υψηλά επίπεδα της τεχνολογίας και βρίσκεται σε συνεχή ανάπτυξη, η σωστή, πλήρης και ενημερωμένη υποστήριξη είναι θεμέλιος λίθος για την εμπορική επιτυχία του οχήματος. Όσο φιλικό και προσαρμοσμένο στις ανάγκες του χρήστη και να είναι το όχημα, θα προκύπτουν συνεχώς απορίες ιδιαίτερα εάν το όχημα λειτουργεί σε ερευνητικό περιβάλλον. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των ευαίσθητων συσκευών που αποτελούν το όχημα και η αυξημένη πολυπλοκότητά του οδηγούν σε συχνές βλάβες που απαιτούν έγκαιρη και ουσιαστική υποστήριξη έτσι ώστε το όχημα να επανέλθει σε λειτουργία το συντομότερο δυνατό.

Τα σύγχρονα αυτόνομα ρομποτικά οχήματα που αποτελούν και εμπορικά προϊόντα παρουσιάζουν πολλά από τα παραπάνω χαρακτηριστικά, χωρίς όμως να τα καλύπτουν στο σύνολό τους. Ο συνδυασμός όλων αυτών, ως πλεονεκτήματα ενός αυτόνομου ρομποτικού οχήματος, αποτέλεσε την πρόκληση για την κατασκευή του οχήματος ΑΛΕ. Η σχεδιάσή του είχε ως κανόνες τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Έτσι το ΑΛΕ φιλοδοξεί να καλύψει τις ανάγκες του εκπαιδευτικού έργου, της ερευνητικής δραστηριότητας αλλά και των σύγχρονων επιστημονικών αναγκών αποτελώντας μια πρόταση για ένα επιτυχημένο εμπορικό προϊόν.

### 1.3 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΑ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΡΟΜΠΟΤΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

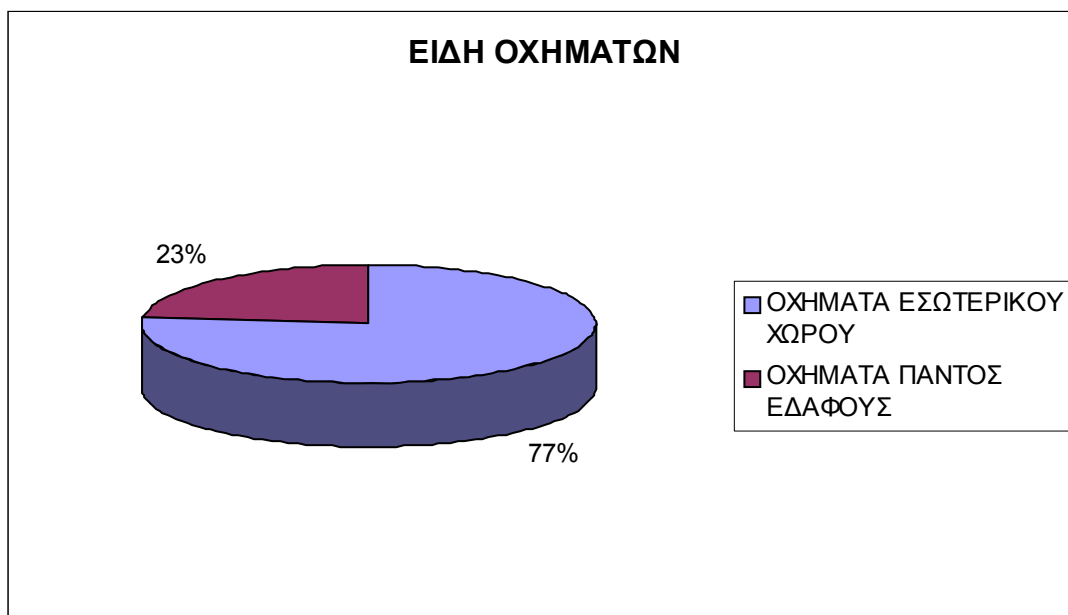
Στην παγκόσμια αγορά υπάρχουν πλέον πολλά εμπορικά προϊόντα που φιλοδοξούν να συγκεντρώσουν όσο γίνεται περισσότερα από τα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Υπάρχουν όμως και οχήματα που παρόλο που είναι εξειδικευμένα και το κόστος τους είναι πολύ υψηλό ή είναι δύσχρηστα και απαιτούν ειδική εκπαίδευση και γνώσεις για τη χρήση τους ωστόσο αποτελούν εμπορικά προϊόντα. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 παρουσιάζονται σύγχρονα ρομποτικά οχήματα που είναι διαθέσιμα στην παγκόσμια αγορά. Οι πληροφορίες για τη σύνταξη του παραρτήματος συλλέχθηκαν από το διαδίκτυο το καλοκαίρι του 2005. Το Διάγραμμα 1.1 περιλαμβάνει τις χώρες που έχουν αναπτύξει εμπορικά ρομποτικά οχήματα.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.1:** Κατανομή παγκόσμιας παραγωγής εμπορικών ρομποτικών οχημάτων

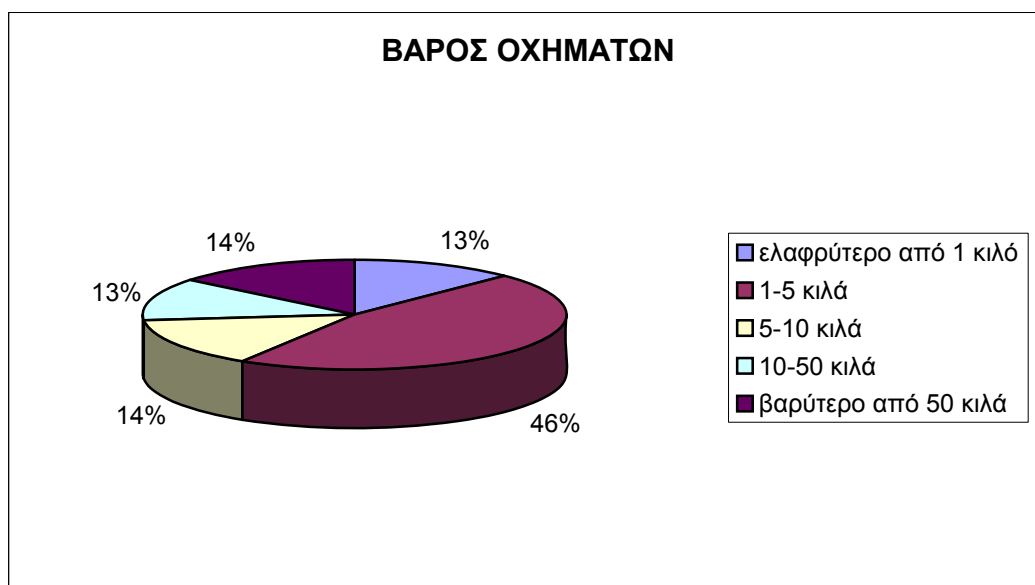
Η προέλευση των περισσότερων οχημάτων είναι από τις Η.Π.Α, όπου παράγονται πάνω από τα μισά εμπορικά διαθέσιμα ρομποτικά οχήματα. Στην Ευρώπη υπάρχει δραστηριότητα στον τομέα των εμπορικών ρομποτικών οχημάτων μόνο στη Γαλλία, τη Γερμανία και την Ελβετία ενώ ένα μόνο ένα από τα οχήματα του Παραρτήματος παράγεται στην Αγγλία. Οι

ΗΠΑ είναι πρωτοπόρος χώρα όχι μόνο στην κατασκευή οχημάτων αλλά και όλων των εξαρτημάτων που σχετίζονται με αυτά, όπως κινητήρες, αισθητήρες, κυκλώματα οδήγησης και λογισμικό.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.2:** Είδη ρομποτικών οχημάτων

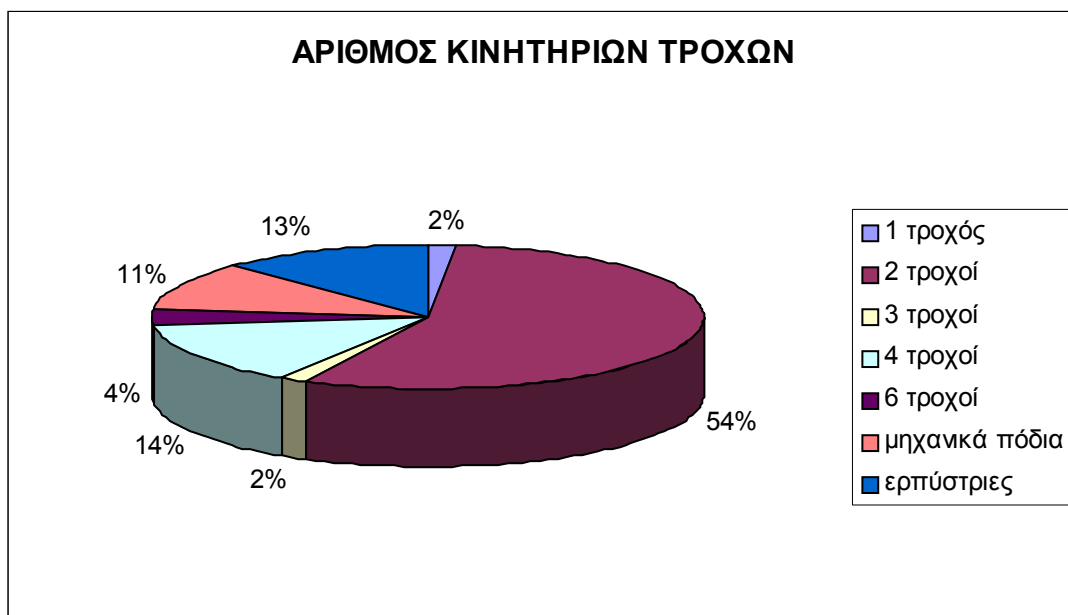
Η πλειοψηφία των οχημάτων είναι εσωτερικού χώρου και ένα πολύ μικρό ποσοστό είναι εξωτερικού χώρου και παντός εδάφους όπως φαίνεται και στον Διάγραμμα 1.2. Είναι σαφής ο προσανατολισμός των κατασκευαστών σε οχήματα εσωτερικού χώρου τα οποία είναι πιο απλές και μικρές κατασκευές, πιο φθηνά και καλύπτουν το σύνολο των εκπαιδευτικών αναγκών και τις βασικές ερευνητικές απαιτήσεις της πλειοψηφίας των υποψήφιων αγοραστών. Τα οχήματα παντός εδάφους είναι ακριβότερες, μεγαλύτερες και πιο εξειδικευμένες κατασκευές καλύπτοντας μόνο το 23% του συνόλου των εμπορικών ρομποτικών οχημάτων.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.3:** Κατανομή ρομποτικών οχημάτων ανάλογα με το βάρος τους

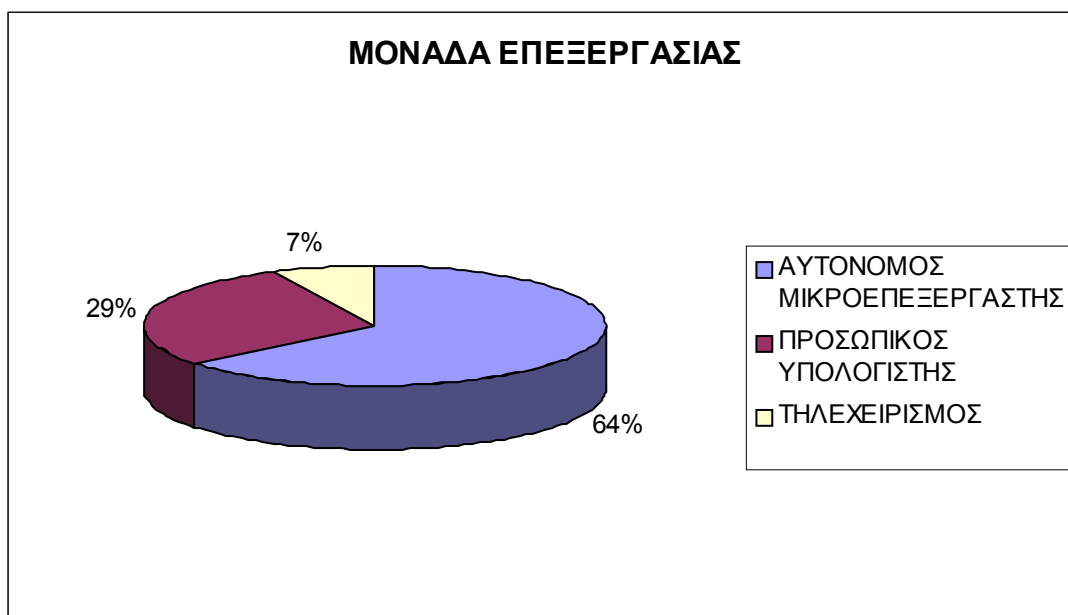
Τα περισσότερα οχήματα, 73%, ζυγίζουν λιγότερο από 10 κιλά, αφού πρόκειται για μικρά ρομποτικά οχήματα εσωτερικού χώρου, και μόνο το 14% από αυτά ξεπερνούν το βάρος των

50 κιλών. Το πιο βαρύ όχημα είναι το τετράτροχο παντός εδάφους RobuCar TT της ROBOSOFT με βάρος 350 κιλά και το ελαφρύτερο το Kalice της K-Team με βάρος 5 γραμμάρια.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.4:** Αριθμός κινητήριων τροχών των ρομποτικών οχημάτων

Όσον αφορά τον τρόπο μετακίνησης των οχημάτων η επικρατέστερη τεχνική είναι αυτή που χρησιμοποιεί δύο κινητήριους και έναν ή δύο τροχούς ελεύθερης περιστροφής ή παντός κατεύθυνσης. Τα οχήματα εξειδικευμένων χρήσεων χρησιμοποιούν σχεδόν στο σύνολό τους ερπύστριες ενώ τα οχήματα παντός εδάφους τέσσερις κινητήριους τροχούς. Υπάρχουν και 6 προϊόντα τα οποία μετακινούνται με τη βοήθεια μηχανικών ποδιών, ακολουθώντας τα πρότυπα της κίνησης των εντόμων.

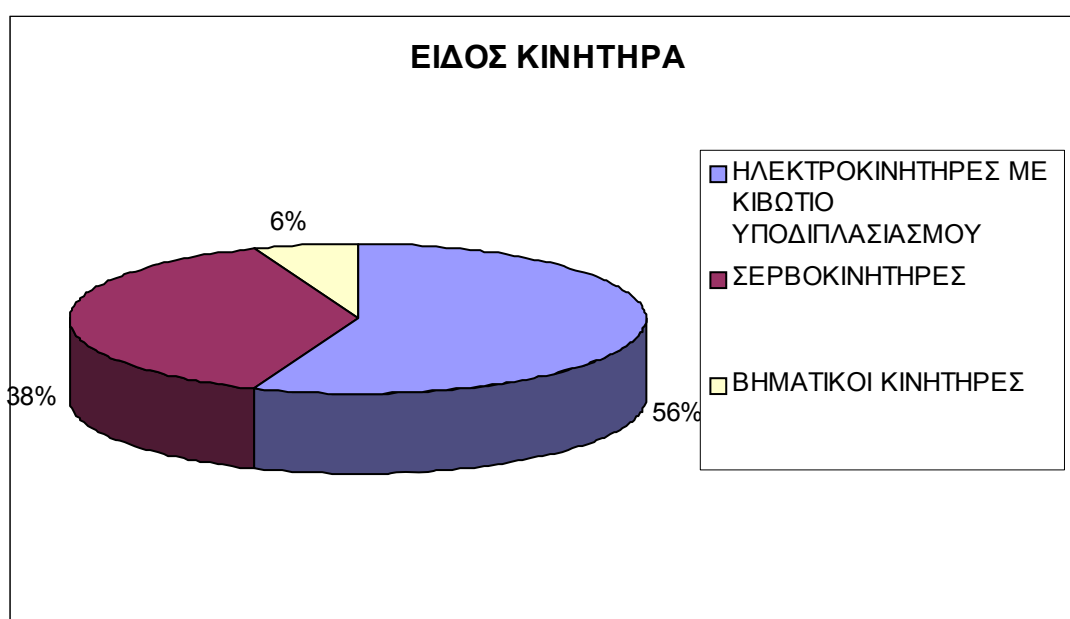


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.5:** Είδη Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας των ρομποτικών οχημάτων

Σήμερα τα τηλεκατευθυνόμενα ρομποτικά οχήματα, αυτά δηλαδή που δεν περιλαμβάνουν κεντρική μονάδα επεξεργασίας αλλά ο έλεγχός τους γίνεται από εξωτερικούς παράγοντες, είναι τα λιγότερο διαδεδομένα. Είναι εξειδικευμένα και απαιτούν έμπειρο



χειριστή για τη λειτουργία τους. Μόνο το 7% των οχημάτων που παρουσιάζονται στο Παράρτημα 1 είναι τηλεχειριζόμενα. Από την άλλη μεριά στα αυτόνομα ρομποτικά οχήματα έχουμε δύο τάσεις στην αρχιτεκτονική της μονάδας επεξεργασίας, του εγκέφαλου δηλαδή του οχήματος. Η πρώτη χρησιμοποιεί μια ηλεκτρονική πλακέτα που περιλαμβάνει την κεντρική μονάδα επεξεργασίας ή μικροεπεξεργαστή, μαζί με όλα τα βοηθητικά κυκλώματα για τη λειτουργία του, μνήμη και κατάλληλες επαφές για τις εισόδους και εξόδους του μικροεπεξεργαστή. Η δεύτερη περιλαμβάνει επί του οχήματος έναν πλήρη προσωπικό υπολογιστή, συνήθως φορητό. Τα τελευταία χρόνια είναι διαθέσιμοι προσωπικοί υπολογιστές με πολύ συμπαγή σχεδίαση, ώστε να έχουν όσο το δυνατό μικρότερες διαστάσεις, οι οποίοι περιλαμβάνουν μητρική κάρτα, μικροεπεξεργαστή, μνήμη, σκληρό δίσκο τροφοδοτικά και θύρες επέκτασης. Η επικρατέστερη τάση είναι η πρώτη με ποσοστό 64%, η οποία είναι φθηνότερη, απλούστερη αρχιτεκτονικά, παρέχει πολύ υψηλές ταχύτητες είναι όμως λιγότερο φιλική και με περιορισμένες δυνατότητες σε σχέση με την χρήση προσωπικού υπολογιστή επί του οχήματος που αντιστοιχεί στο 29% των οχημάτων.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.6:** *Είδη κινητήρων που χρησιμοποιούνται από τα οχήματα.*

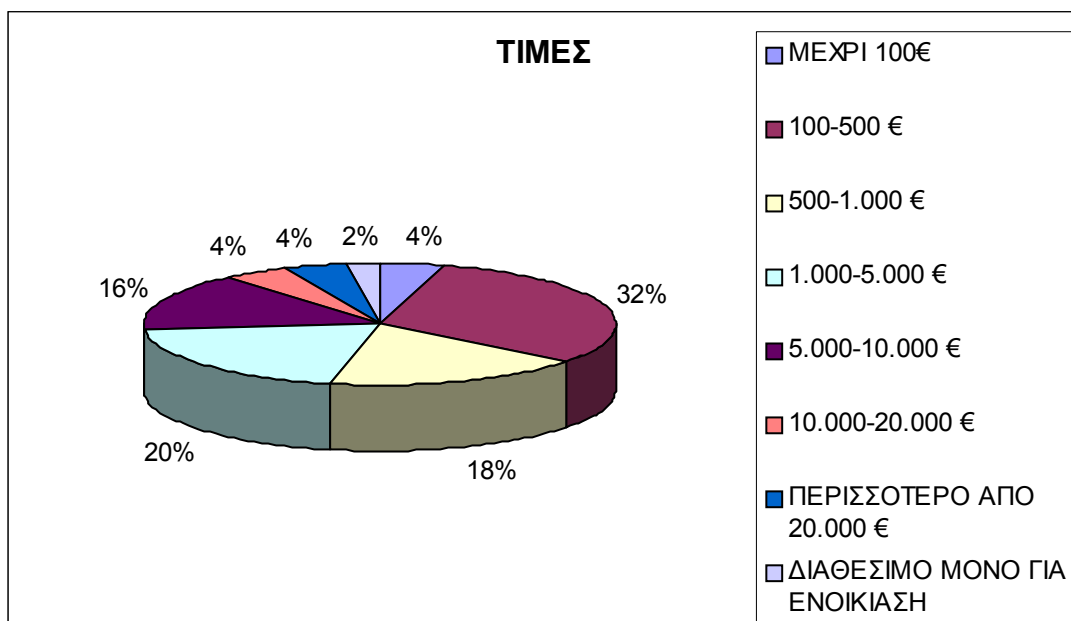
Όπως φαίνεται από τον Διάγραμμα 1.6 τα περισσότερα ρομποτικά οχήματα, 56%, χρησιμοποιούν για την παραγωγή της κινητήριας δύναμης ηλεκτροκινητήρες. Για την αύξηση της ροπής του ηλεκτροκινητήρα αλλά και για τον καλύτερο έλεγχο της ταχύτητας παρεμβάλλεται μεταξύ του κινητήρα και του τροχού ένα κιβώτιο υποδιπλασιασμού της σχέσης μετάδοσης. Το 38% από τα οχήματα κινούνται με τη βοήθεια σερβοκινητήρων. Στα οχήματα με μηχανικά πόδια οι σερβοκινητήρες είναι συμβατικοί, ενώ στα έντροχα είναι σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής. Τέλος σε τρία από τα οχήματα χρησιμοποιούνται βηματικοί κινητήρες.

Τα οχήματα που περιλαμβάνουν μονάδα επεξεργασίας έχουν πλήθος εισόδων και εξόδων αλλά και θυρών επέκτασης και επικοινωνίας. Η πιο δημοφιλής θύρα επικοινωνίας παραμένει η σειριακή θύρα, ενώ έχει αρχίσει να κάνει την εμφάνισή της και η θύρα USB. Στα οχήματα με αυτόνομο μικροεπεξεργαστή κυριαρχούν οι ψηφιακές εισοδοί και εξοδοί, οι εισοδοί μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και οι θύρες επικοινωνίας με πρωτόκολλο I2C. Στα οχήματα με πλήρη προσωπικό υπολογιστή η πιο συνήθης θύρα επικοινωνίας είναι αυτή του τοπικού δικτύου.

Το σύνολο σχεδόν των οχημάτων συνοδεύεται από γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου για τον προγραμματισμό του. Τα οχήματα αυτά αφού είναι εμπορικά προϊόντα, πρέπει να είναι όσο γίνεται πιο φιλικά απέναντι στο χρήστη τους είτε αυτός είναι μαθητής,

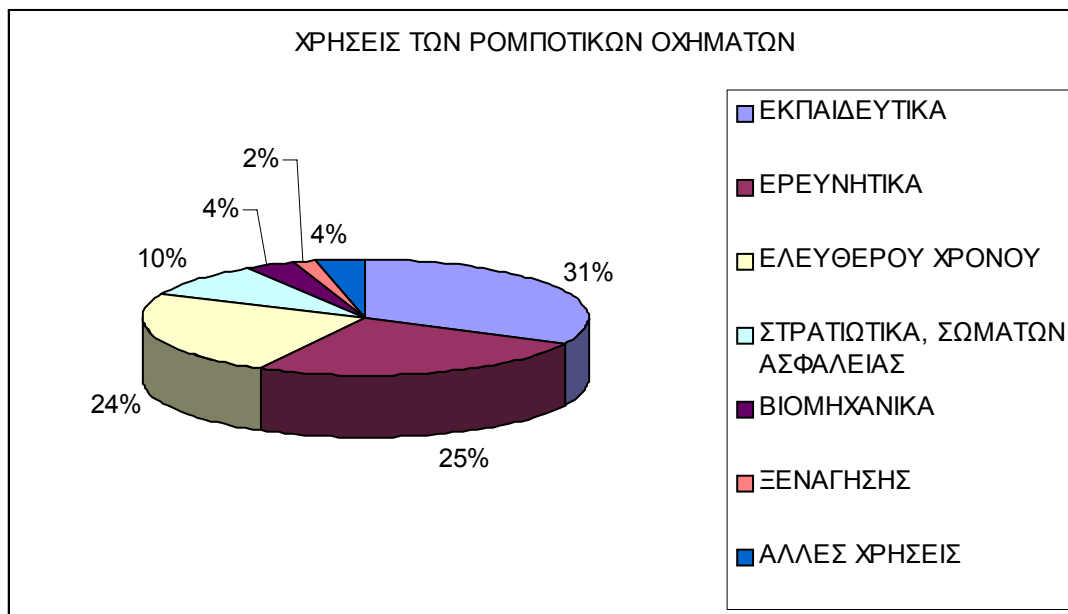
ερευνητής ή χρήστης ελεύθερου χρόνου. Για το λόγο αυτό αναπτύσσονται πλέον ολοκληρωμένα περιβάλλοντα ανάπτυξης εφαρμογών για τα ρομποτικά οχήματα τα οποία όμως προς το παρόν είναι αρκετά ακριβά και προϋποθέτουν την ύπαρξη προσωπικού υπολογιστή στο όχημα.

Όσον αφορά τους αισθητήρες των οχημάτων η τακτική που ακολουθείται από το σύνολο των κατασκευαστών είναι να προσφέρεται το προϊόν με ένα ή περισσότερα σύνολα από αισθητήρες διαμορφώνοντας έτσι συγκεκριμένα πακέτα προσφορών. Από εκεί και πέρα ο χρήστης μπορεί να προσθέσει, με το ανάλογο κόστος, τους αισθητήρες της προτίμησης του στο όχημα προσαρμόζοντάς το στις ανάγκες του. Οι πιο δημοφιλείς είναι οι αισθητήρες υπερήχων, υπερύθρων και τα οδόμετρα. Στα πιο ακριβά οχήματα υπάρχουν πλέον και εξειδικευμένοι βιοχημικοί αισθητήρες, ανιχνευτές αερίων, αισθητήρες δακτυλικών αποτυπωμάτων, ανιχνευτές λέιζερ και ραντάρ.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.7:** Τιμές των οχημάτων.

Από ότι φαίνεται στο Διάγραμμα 1.7 υπάρχουν οχήματα που καλύπτουν όλα τα ύψη τιμών με το μεγαλύτερο ποσοστό, 54%, να κοστίζουν κάτω από 1.000 €. Υπάρχουν και οχήματα με τιμές πάνω από 30.000€ κάτι που δικαιολογείται από τα χαρακτηριστικά και τον εξοπλισμό τους. Ένα από τα οχήματα, λόγω του κόστους κατασκευής, είναι διαθέσιμο μόνο για ενοικίαση. Τα οχήματα παντός εδάφους, εξωτερικού χώρου είναι αυτά που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο κόστος σε αντίθεση με τα φθηνότερα από τα οχήματα, που είναι εσωτερικού χώρου και πολύ περιορισμένων διαστάσεων.



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1.8:** Χρήσεις των ρομποτικών οχημάτων

Το 31% των ρομποτικών οχημάτων μπορεί να καλύψει τις σύγχρονες εκπαιδευτικές απαιτήσεις της δευτεροβάθμιας αλλά και της ανώτερης και ανώτατης εκπαίδευσης. Είναι σημαντική ένδειξη για την εξέλιξη του συγκεκριμένου κλάδου της αγοράς το γεγονός ότι σήμερα υπάρχουν διαθέσιμα 37 εμπορικά μοντέλα, με πλήρη υποστήριξη, έτοιμα για την εκπαιδευτική διαδικασία και μάλιστα, τα περισσότερα από αυτά, σε τιμές αρκετά χαμηλότερες από 1.000 €. Πριν από πέντε δέκα χρόνια δεν υπήρχε κανένα εκπαιδευτικό εμπορικό προϊόν σε αυτές τις τιμές. Στον τομέα της έρευνας το 25% των οχημάτων καλύπτει με επιτυχία τις ερευνητικές απαιτήσεις της σύγχρονης επιστημονικής κοινότητας της ρομποτικής αλλά και άλλων τομέων. Φυσικά κάποιες ερευνητικές εφαρμογές απαιτούν κατασκευές που ξεφεύγουν κατά πολύ από τα χαρακτηριστικά, τις δυνατότητες και τις τιμές των προϊόντων που παρουσιάζονται στο Παράρτημα 1. Πρόκειται για πρωτότυπες εξειδικευμένες κατασκευές και όχι εμπορικά προϊόντα. Στη σύγχρονη αγορά υπάρχουν πλέον και ρομποτικά οχήματα ελεύθερου χρόνου κάτι που δείχνει ότι η ρομποτική είναι πλέον πολύ δημοφιλής όχι μόνο στο επιστημονικό αλλά και στο ευρύ κοινό.

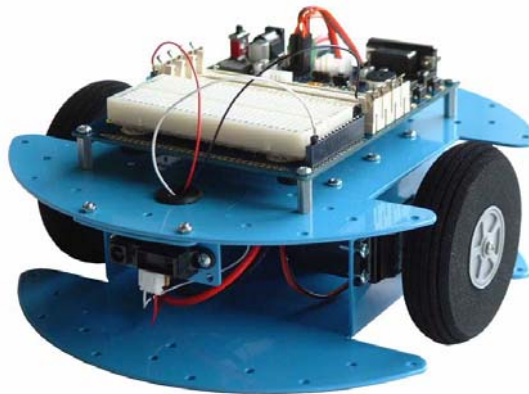
## **1.4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΕΥΚΑΙΡΙΩΝ**

Η κατάσταση που επικρατεί σήμερα στην αγορά των ρομποτικών οχημάτων αναδεικνύει δύο κατηγορίες προϊόντων, τα φθηνά και τα ακριβά. Τα φθηνά ρομποτικά οχήματα, αυτά που η τιμή τους δηλαδή δεν ξεπερνά τα 1.000 €, αποτελούν το 54% από το σύνολο των οχημάτων που μελετήθηκαν στην έρευνα αγοράς. Είναι λιτές κατασκευές στις οποίες συνήθως επάνω σε ένα απλό πλαίσιο κτίζεται όλο το όχημα. Τα ρομποτικά οχήματα αυτής της κατηγορίας, που περιλαμβάνει το Παράρτημα 1, παρουσιάζουν πλήθος μειονεκτημάτων:

- **Περιορισμένες δυνατότητες:** Η όλη κατασκευή και συναρμολόγηση τους χαρακτηρίζεται ευαίσθητη, χωρίς να είναι δυνατόν να αντιμετωπίσει ούτε τις στοιχειώδεις καταπονήσεις που θα δεχθεί ένα τέτοιο όχημα σε ερευνητικό περιβάλλον. Τα ρομποτικά οχήματα αυτής της κατηγορίας είναι εσωτερικού χώρου με περιορισμένες ικανότητες κίνησης. Οι κινητήρες τους είναι τροποποιημένοι σερβοκινητήρες ή ηλεκτροκινητήρες χαμηλού κόστους και ποιότητας. Οι τροχοί τους είναι δανεισμένοι από τηλεκατευθυνόμενα μοντέλα και ελαφρά παιχνίδια χωρίς να μπορούν να αντεπεξέλθουν στις απαιτήσεις ενός

ρομποτικού οχήματος έστω και εσωτερικού χώρου. Συνήθως για να μετακινηθούν άνετα θα πρέπει να επιλέξουμε επιφάνεια κύλισης που να είναι λεία και επίπεδη, γεγονός που μειώνει τις επιχειρησιακές τους δυνατότητες.

- *Ελλιπής τροφοδοσία:* Στον τομέα της τροφοδοσίας των κινητήρων και των ηλεκτρονικών, για να κρατηθεί το κόστος σε χαμηλά επίπεδα, επιλέγονται συσσωρευτές χαμηλής χωρητικότητας και απόδοσης που επηρεάζουν αρνητικά την αυτονομία του οχήματος. Πολύ σύνηθες είναι επίσης να επιλέγεται η λύση της κοινής παροχής ενέργειας, τόσο για τα ηλεκτρονικά τμήματα του οχήματος, όσο και για τους κινητήρες του. Η επιλογή αυτή οδηγεί σε ακόμη μικρότερη ενεργειακή αυτονομία, αλλά και πλήθος άλλων προβλημάτων, όπως παράσιτα στις ηλεκτρονικές διατάξεις.
- *Ελλιπής υπολογιστική ισχύς:* Υπάρχει αδυναμία υλοποίησης αλγορίθμων που απαιτούν υπολογιστική ισχύ, μνήμη και δομές δεδομένων. Το μειονέκτημα αυτό αποκλείει την ερευνητική χρήση αυτής της κατηγορίας οχημάτων. Οι μονάδες επεξεργασίας τους, είναι φθηνοί μικροεπεξεργαστές που συνοδεύονται από μια ηλεκτρονική πλακέτα που περιλαμβάνει τα βασικά κυκλώματα υποστήριξης του μικροεπεξεργαστή, μνήμη και θύρες επικοινωνίας και επέκτασης με πολύ περιορισμένες δυνατότητες. Ο προγραμματισμός αυτών των μονάδων γίνεται με τη βοήθεια προσωπικού υπολογιστή και του κατάλληλου περιβάλλοντος που συνοδεύει τον μικροεπεξεργαστή του οχήματος. Η περιορισμένη μνήμη, η υποστήριξη μόνο απλών τύπων μεταβλητών, η απουσία δυνατότητας ασύρματης επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο είναι τα προβλήματα που αποκλείουν τη χρήση αυτών των οχημάτων για την ανάπτυξη και έλεγχο αλγορίθμων της ρομποτικής.
- *Υψηλή τιμή:* Τέλος στην τιμή που προσφέρονται τα φθηνά ρομποτικά οχήματα περιλαμβάνονται ελάχιστοι ή και κανένας αισθητήρας κάτι που επιβαρύνει στη συνέχεια το χρήστη του οχήματος με επιπρόσθετες αγορές αλλά και με όλες τις απαραίτητες εργασίες σύνδεσης και προσαρμογής των νέων αισθητήρων.



**Εικόνα 1.10:** Το ρομποτικό όχημα ROGUE BLUE

Χαρακτηριστικό δείγμα αυτής της κατηγορίας και ένα από τα πλέον επιτυχημένα εμπορικά προϊόντα, είναι το ROGUE BLUE, Εικόνα 1.10. Κατασκευάζεται από την канаδική εταιρεία ROGUE ROBOTICS και το κόστος του είναι 280€. Πρόκειται για ένα πολύ μικρό όχημα με δύο κινητήριους τροχούς, που περιλαμβάνει κεντρική μονάδα επεξεργασίας, έναν αισθητήρα υπερύθρων και αλουμινένιο πλαίσιο. Τα θετικά του σημεία είναι:

- Χαμηλή τιμή, καθώς το Rogue Blue αποτελεί μια πολύ καλή λύση κατάλληλη για εκπαιδευτικές χρήσεις.

- Μικρό μέγεθος και μεγάλη ευελιξία που το καθιστούν κατάλληλο για χρήση σε περιορισμένους εσωτερικούς χώρους.
- Προσεγμένη εμφάνιση, συσκευασία και εύκολη συναρμολόγηση, μια και στην τιμή αυτή πωλείται αποσυναρμολογημένο.
- Φιλική συμπεριφορά καθώς η κεντρική μονάδα επεξεργασίας του οχήματος διαθέτει ένα πολύ φιλικό περιβάλλον προγραμματισμού με χρήση αντικειμενοστραφούς τεχνικής. Έτσι δεν απαιτούνται ιδιαίτερες γνώσεις και προηγούμενη εμπειρία για τον προγραμματισμό του οχήματος.
- Δυνατότητες επέκτασης και προσθήκης συσκευών και αισθητήρων. Χωρίς να απαιτούνται ιδιαίτερες γνώσεις ηλεκτρονικών και προγραμματισμού, είναι εφικτή η σύνδεση και η ταυτόχρονη χρήση μεγάλης ποικιλίας ψηφιακών και αναλογικών συσκευών και αισθητήρων που μπορεί να εξειδικεύσουν τη χρήση του οχήματος και να αυξήσουν τις δυνατότητές του.
- Σύστημα επικοινωνίας με προσωπικό υπολογιστή ή άλλο παρόμοιο μικροεπεξεργαστή σε πραγματικό χρόνο. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας του οχήματος δεδομένα και προγράμματα μπορεί να μεταφέρονται αμφίδρομα μεταξύ της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας του οχήματος και ενός προσωπικού υπολογιστή ή άλλου μικροεπεξεργαστή.
- Υψηλής ποιότητας τεχνική υποστήριξη για τον μικροεπεξεργαστή του μέσω διαδικτύου.

Αν και τα πλεονεκτήματα αυτά είναι σημαντικά, το όχημα παρουσιάζει ελλείψεις που περιορίζουν τη χρήση του μόνο σε εκπαιδευτικές εφαρμογές ρομποτικής. Οι ερευνητικές και εξειδικευμένες χρήσεις απαιτούν πολλές προσθήκες αλλά και αλλαγές από το Rogue Blue. Τα κυριότερα από τα προβλήματα που θα απασχολήσουν τους χρήστες του είναι τα παρακάτω:

- Το Rogue Blue παρουσιάζει δυσκολίες στη μετακίνησή του. Διαθέτει δύο μόνο τροχούς κατασκευασμένους από αφρώδες υλικό, οι οποίοι είναι και κινητήριои. Η στήριξη και σύνδεσή τους με τους κινητήρες είναι ελλιπής. Τέλος οι κινητήρες του οχήματος είναι τροποποιημένοι σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής που δεν ανταποκρίνονται σωστά στις εντολές του μικροεπεξεργαστή. Το αποτέλεσμα είναι να παρουσιάζονται προβλήματα οδήγησης και ευθυγράμμισης του οχήματος που περιορίζουν τη χρήση του σε επίπεδες και λείες επιφάνειες.
- Η αυτονομία του είναι περιορισμένη και δεν ξεπερνά, με το βασικό εξοπλισμό, τις δύο ώρες. Στην περίπτωση που συνδέσουμε στο όχημα πρόσθετες συσκευές, όπως για παράδειγμα δύο αισθητήρες υπερήχων και μια μονάδα ασύρματης επικοινωνίας, η αυτονομία μειώνεται απότομα σε λιγότερο από μια ώρα.
- Η μοναδική πηγή ενέργειας για το Rogue Blue είναι ένας συσσωρευτής 7.2V, 1600 mAh. Η κοινή τροφοδοσία ηλεκτρονικών και κινητήρων οδηγεί στη δημιουργία παρεμβολών στις ηλεκτρονικές συσκευές του οχήματος που οδηγεί σε απρόβλεπτη συμπεριφορά τους.
- Ο μόνος αισθητήρας που περιλαμβάνεται στον εξοπλισμό του οχήματος είναι ένας αισθητήρας υπερύθρων, υπολογισμού απόστασης. Ο εξοπλισμός αυτός κρίνεται ανεπαρκής για οποιαδήποτε άλλη χρήση πλην των εκπαιδευτικών.
- Δεν υπάρχει ασύρματη επικοινωνία με απομακρυσμένο υπολογιστή ή παρόμοιο όχημα.

Οχήματα σαν το Rogue Blue μπορεί να αποτελεί μια φθηνή λύση είναι όμως κατάλληλο μόνο για εκπαιδευτικές εφαρμογές. Αυτό ισχύει για το σύνολο των οχημάτων με κόστος κάτω των 1000€, που κάλυψε η έρευνα αγοράς. Όσον αφορά τα ακριβότερα οχήματα δύο είναι τα βασικά προβλήματα που απασχολούν τον υποψήφιο αγοραστή τους:

- Πολύ υψηλό κόστος αγοράς, συντήρησης και επέκτασης του εξοπλισμού: Σύμφωνα με τα ποσοστά της έρευνας αγοράς, τα οχήματα που διαθέτουν τον κατάλληλο εξοπλισμό και υποστήριξη για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλες εφαρμογές, πλην των εκπαιδευτικών, κοστίζουν περισσότερο από 3.000€. Υπάρχουν κατασκευές ακόμη πιο προηγμένες που ξεπερνούν σε κόστος τα 10.000€, οι οποίες παρέχουν και τη δυνατότητα κίνησης σε όλα τα εδάφη. Η συντήρηση, οι επισκευές αλλά και η εγκατάσταση νέων συσκευών και περιφερειακών στο όχημα, απαιτούν εξειδικευμένο προσωπικό και πρόσθετες δαπάνες. Εάν χρειαστεί να προστεθεί εξοπλισμός στα οχήματα αυτά, οι επιλογές είναι συγκεκριμένες, και ο κάτοχος του οχήματος αναγκάζεται για λόγους συμβατότητας να αγοράσει εξειδικευμένο και κατά κανόνα ακριβό εξοπλισμό.
- Έλλειψη φιλικότητας: Τα οχήματα αυτής της κατηγορίας είναι πρωτότυπες κατασκευές με κλειστή αρχιτεκτονική, οι οποίες δεν ακολουθούν κάποιο καθιερωμένο πρότυπο στον προγραμματισμό και το χειρισμό τους. Για τη λειτουργία τους απαιτείται καλή γνώση ηλεκτρονικών, προγραμματισμού, λειτουργικών συστημάτων, δικτύων και στη συνέχεια εξειδίκευση επάνω στη συγκεκριμένη κατασκευή. Αυτό σημαίνει ότι για εκπαιδευτικές εφαρμογές τα συγκεκριμένα οχήματα είναι ακατάλληλα. Για τις υπόλοιπες εφαρμογές θα πρέπει να υπάρχει προσωπικό με ειδική εκπαίδευση αλλά και προηγούμενη σχετική εμπειρία ώστε να χειρίζεται αποδοτικά το όχημα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω είναι σημαντικά τα μειονεκτήματα των οχημάτων που μελετήθηκαν στην έρευνα αγοράς του Παραρτήματος 1, σε όλες τις κατηγορίες τιμών. Τα μειονεκτήματα αυτά είναι τέτοιας φύσεως που με σωστή γνώση της αγοράς του εξοπλισμού των ρομποτικών οχημάτων, τις κατάλληλες επιλογές σε υλικό και λογισμικό και τη μελέτη των αναγκών των υποψήφιων αγοραστών μπορούν να αντιμετωπιστούν, στα πλαίσια των σύγχρονων τεχνολογικών εξελίξεων.

Πιο συγκεκριμένα στον τομέα των μικροεπεξεργαστών υπάρχει ραγδαία πρόοδος αλλά και ανταγωνισμός. Έτσι υπάρχουν πολύ αξιόλογα εμπορικά προϊόντα σε χαμηλές τιμές. Επιπλέον οι σύγχρονοι μικροεπεξεργαστές παρουσιάζουν χαρακτηριστικά όπως συμβατότητα με πλήθος διαφορετικών συσκευών, με γλώσσες προγραμματισμού και πρωτόκολλα επικοινωνίας. Ακόμη τα τελευταία χρόνια υπάρχουν αρκετά νέα προϊόντα που αναπτύχθηκαν με έμφαση στη φιλική προς το χρήστη συμπεριφορά.

Επίσης, οι αισθητήρες και τα κυκλώματα οδήγησης των ρομποτικών συσκευών έπαψαν πλέον να αποτελούν δυσεύρετα και εξωτικά προϊόντα υψηλού κόστους. Η διεθνής αγορά παρέχει αισθητήρες για όλες τις χρήσεις που απασχολούν τα ρομποτικά οχήματα, συμβατούς με τους δημοφιλείς μικροεπεξεργαστές, σε προσιτές τιμές. Τέλος λόγω της συνεχούς εισαγωγής στην αγορά νέων προϊόντων, που σχετίζονται με τα ρομποτικά οχήματα, όπως για παράδειγμα οι ηλεκτροκινητήρες και οι συσσωρευτές, αλλά και λόγω της άνθησης του ηλεκτρονικού εμπορίου, είναι δυνατή η διατήρηση του κόστους των ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών συσκευών του οχήματος σε χαμηλά επίπεδα.

Η σωστή επιλογή του εξοπλισμού διευκολύνει επίσης και την ανάπτυξη του κατάλληλου λογισμικού που θα συνοδεύει το όχημα ώστε να καλύπτει τις προγραμματιστικές ανάγκες των υποψήφιων αγοραστών του. Τέλος, θέτει και τις σωστές βάσεις για την ποιοτική και άμεση τεχνική υποστήριξη, αλλά και για την αξιοπιστία του τελικού προϊόντος.

Τα μειονεκτήματα, λοιπόν, από τα οποία πάσχουν τα σύγχρονα ρομποτικά οχήματα που παρουσιάζονται στο Παράρτημα 1, μπορούν να αντιμετωπιστούν. Υπάρχουν τα κατάλληλα μέσα για να κατασκευαστούν οχήματα που θα αποτελέσουν επιτυχημένα εμπορικά προϊόντα, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της παραγράφου 1.2 και θα ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις της εκπαίδευσης, της έρευνας αλλά και ποικίλων επαγγελματικών εφαρμογών.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

## 2.1 ΠΛΑΙΣΙΟ

Για να κατασκευαστεί το πλαίσιο ενός ρομποτικού οχήματος θα πρέπει να έχει καθοριστεί το υλικό κατασκευής, το σχήμα και οι διαστάσεις του. Οι παράγοντες που καθορίζουν αυτά τα χαρακτηριστικά του πλαισίου είναι:

- Τα μέσα που χρησιμοποιεί το ρομποτικό όχημα για να μετακινείται: τροχοί ή ερπύστριες. Αν συμπεριληφθούν και τα βαδίζοντα ρομπότ στα ρομποτικά οχήματα, τότε ως μέσα μετακίνησης θεωρούνται και τα άκρα, πόδια.
- Η γεωμετρία κίνησης, ο τρόπος δηλαδή που είναι τοποθετημένα τα μέσα που κινούν το ρομποτικό όχημα.
- Η χρήση για την οποία προορίζεται το ρομποτικό όχημα.
- Η χρήση του οχήματος σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους.
- Ο εξοπλισμός του οχήματος

### 2.1.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Το υλικό κατασκευής του πλαισίου ορίζει την αντοχή, την ακαμψία και το βάρος του. Ακόμη καθορίζει το βαθμό δυσκολίας και την τεχνογνωσία που απαιτείται για την κατασκευή του, καθώς και τον απαραίτητο εξοπλισμό και εξειδικευμένα εργαλεία που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Σήμερα υπάρχει μια πολύ μεγάλη ποικιλία υλικών που είναι κατάλληλα για την κατασκευή πλαισίων ρομποτικών οχημάτων. Αρχικά θα πρέπει να καθορισθεί εάν θα κατασκευαστεί πρωτότυπο πλαίσιο χρησιμοποιώντας πρώτες ύλες που διαμορφώνονται και κατεργάζονται κατάλληλα, όπως για παράδειγμα φύλλα πλαστικού PVC ή αν θα χρησιμοποιηθούν μορφοποιημένα τμήματα από άλλες κατασκευές, συσκευές, αντικείμενα καθημερινής χρήσης ή τμήματα από παιχνίδια και τηλεχειριζόμενα μοντέλα.

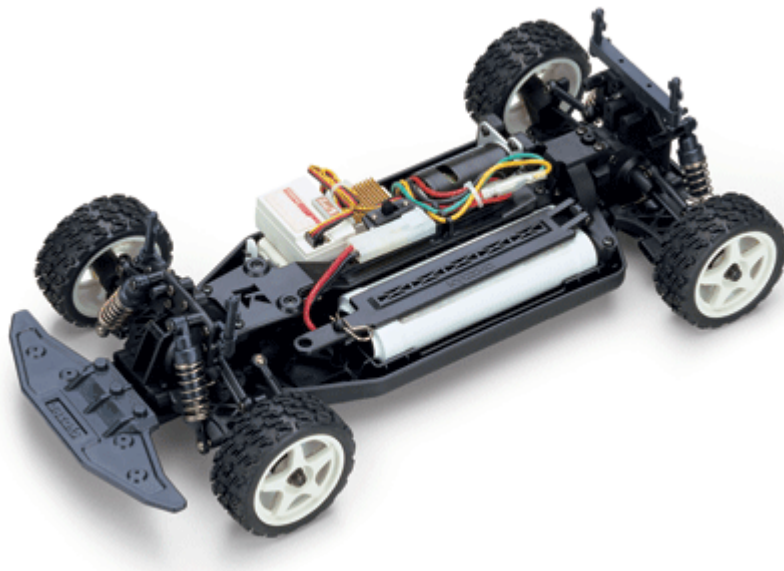


**Εικόνα 2.1:** Το ρομποτικό όχημα SANDWICH

Πολλά αντικείμενα που προορίζονται για άσχετες με τη ρομποτική χρήσεις, μπορεί να αποτελέσουν μια εύκολη, γρήγορη και ιδιαίτερα φθηνή λύση για την κατασκευή ρομποτικών



οχημάτων. Αυτόν τον τρόπο κατασκευής πλαισίων προτιμούν οι ερασιτέχνες κατασκευαστές ρομποτικών οχημάτων. Παράδειγμα μιας τέτοιας κατασκευής αποτελεί το όχημα SANDWICH που έχει ως πλαίσιο ένα πλαστικό δοχείο οικιακής χρήσης, Εικόνα 2.1. Τέτοιες κατασκευές δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις σύγχρονες απαιτήσεις της ρομποτικής. Δεν είναι επίσης δυνατόν να προκύψουν με τον τρόπο αυτό οχήματα που θα αποτελούν βιώσιμα εμπορικά προϊόντα.



**Εικόνα 2.2:** Πλήρες πλαίσιο τηλεχειριζόμενου οχήματος εφοδιασμένο με ανάρτηση, τροχούς, κινητήρα, σύστημα διεύθυνσης και μετάδοσης

Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθούν τμήματα ή το σύνολο από υπάρχοντα παιχνίδια και τηλεχειριζόμενα μοντέλα το κόστος αυξάνεται και ανάλογα με τις επιλογές μας μπορεί και να ξεπεράσει κατά πολύ το κόστος ενός πρωτότυπου πλαισίου. Τα πλαίσια των σύγχρονων τηλεκατευθυνόμενων μοντέλων διαθέτουν ανάρτηση των τροχών και σύστημα μετάδοσης της κίνησης, Εικόνα 2.2. Καταλληλότερα είναι τα πλαίσια που προέρχονται από μοντέλα ηλεκτροκίνητα, σερβοελεγχόμενα, με δυνατότητα προσθαφαίρεσης των τμημάτων τους. Είναι πολύ ποιοτικές κατασκευές ακριβείας, με ποικίλες δυνατότητες, όσον αφορά την ταχύτητα και το έδαφος κίνησης. Όμως ο διαθέσιμος χώρος και θέσεις για πρόσθετο εξοπλισμό είναι πολύ συγκεκριμένες και περιορισμένες. Επίσης τα χαρακτηριστικά που έχει η γεωμετρία τους αλλά και η μετάδοση της κίνησης, είναι ανάλογα με αυτά των πραγματικών αυτοκινήτων και δεν ενδείκνυνται για τις ρομποτικές εφαρμογές.

Υπάρχουν πολλά εμπορικά προϊόντα που αν και διατηρούν το χαρακτήρα του παιχνιδιού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικές μονάδες για την κατασκευή του πλαισίου ή τμήματός αυτού. Την τελευταία δεκαετία εμφανίστηκαν αρκετές εμπορικές εταιρείες που εκτός από τις δομικές μονάδες του πλαισίου παράγουν και άλλα τμήματα, όπως ηλεκτρονικά εξαρτήματα, κινητήρες, συστήματα μετάδοσης και τροχούς για την κατασκευή ενός ρομποτικού οχήματος με χαρακτήρα εκπαιδευτικού παιχνιδιού. Παραδείγματα τέτοιων προϊόντων είναι τα:

- LEGO MindStorms, <http://mindstorms.lego.com>
- MEGA BLOCS, <http://www.megabloks.com/>
- Fischertechnics, <http://www.fischertechnik.de>
- K'NEX, <http://www.knex.com/>
- Erector Set, <http://www.girdersandgears.com>
- Robotix, <http://www.roboticsandthings.com/robotix/rbxindex.html>



- Capsela, <http://www.discoverthis.com/capsela.html>
- Inventa, <http://www.valiant-technology.com>
- Zoids, <http://www.hasbro.com/zoids>



**Εικόνα 2.3:** Ρομποτικό όχημα κατασκευασμένο με LOGO MindStorms

Τα προϊόντα αυτά, όσο προηγμένα και αν είναι σήμερα, παραμένουν παιχνίδια ελεύθερου χρόνου. Μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες των εκπαιδευτικών εφαρμογών της ρομποτικής αλλά δεν μπορούν να καλύψουν τις απαιτήσεις του σύγχρονου ερευνητή.

Για την κατασκευή, λοιπόν, του πλαισίου ενός ρομποτικού οχήματος με αξιώσεις δεν θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μορφοποιημένα τμήματα από άλλες κατασκευές, συσκευές, αντικείμενα καθημερινής χρήσης ή τμήματα από παιχνίδια και τηλεχειριζόμενα μοντέλα. Θα πρέπει να επιλεγούν οι κατάλληλες πρώτες ύλες, όσον αφορά τη σύσταση αλλά και τη διαμόρφωσή τους. Με τη χρήση τεχνικών ανάλογων με την επιλογή των υλικών, θα κατασκευαστεί το πλαίσιο σύμφωνα με τη σχεδίαση του ρομποτικού οχήματος.

Ανάμεσα στα σύγχρονα, προσιτά υλικά κατασκευών, μπορούν να επιλεγούν τα κατάλληλα, που θα προσφέρουν τις επιθυμητές ιδιότητες σε ένα πλαίσιο ρομποτικού οχήματος. Η επιλογή γίνεται υπό τους περιορισμούς των μεθόδων κατεργασίας του υλικού που είναι διαθέσιμες στον κατασκευαστή και του κόστους υλικών και κατεργασιών. Όταν το κόστος και η δυσκολία κατεργασίας δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα κατασκευής τότε υλικά όπως τα ανθρακονήματα, το τιτάνιο και το μαγνήσιο είναι η καλύτερη σύγχρονη πρόταση στην κατασκευή πλαισίων.

Τα πιο δημοφιλή, προσιτά, υλικά κατάλληλα για πλαίσιο ρομποτικού οχήματος είναι [1]:

- Ξύλο και παράγωγα αυτού: το υλικό αυτό είναι εύκολο στην κατεργασία του και μπορεί να κοπεί και να διαμορφωθεί σε οποιοδήποτε σχήμα. Ένα άλλο χαρακτηριστικό του, που το καθιστά κατάλληλο για την κατασκευή πλαισίων για ρομποτικά οχήματα, είναι ότι αποτελεί κακό αγωγό του ηλεκτρισμού. Είναι διαθέσιμο σε μεγάλη ποικιλία από είδη, τιμές και προδιαγραφές και είναι μια ευρέως διαδεδομένη πρώτη ύλη. Ακόμη καλύτερη επιλογή από το ξύλο για την κατασκευή πλαισίων, είναι τα παράγωγα του ξύλου, όπως η μέσης πυκνότητας ινοσανίδα MDF και το αντικολλητό, κοινώς κόντρα πλακέ. Οι ινοσανίδες είναι διαθέσιμες σε εύχρηστα επίπεδα φύλλα διαφόρων διαστάσεων. Επίσης ανάλογα με την κατεργασία που έχουν δεχθεί παρουσιάζουν ένα ευρύ φάσμα στιβαρότητας και αντοχής. Ένα από τα σοβαρότερα μειονεκτήματα της ινοσανίδας είναι ότι λυγίζει και παραμορφώνεται όταν ασκούνται σε αυτήν δυνάμεις για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το αντικολλητό είναι περισσότερο στιβαρό από το ξύλο και με τις κατάλληλες κατεργασίες αποκτά ιδιότητες όπως για παράδειγμα η αντοχή στην

υγρασία που είναι χαρακτηριστικό του κόντρα πλακέ θαλάσσης. Επίσης παράγεται με τη μορφή επίπεδων φύλλων διαφόρων διαστάσεων που είναι ιδιαίτερα εύχρηστα.

- Πλαστικά: είναι υλικά μεγάλης αντοχής, εύκολης κατεργασίας και κατά κανόνα φθηνά και ευρέως διαδεδομένα. Υπάρχουν πάρα περισσότερα από 2.000 είδη διαθέσιμα στο εμπόριο, το κάθε ένα με τα δικά του, ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Τα πλαστικά υλικά, στην πλειοψηφία τους, μπορεί να διαμορφωθούν, να τρυπηθούν, να κολληθούν και να κοπούν με μεγάλη ευκολία, είναι μονωτές και κυκλοφορούν σε σχήματα και διαστάσεις που διευκολύνουν την κατασκευή ρομποτικών πλαισίων. Τα πιο διαδεδομένα για τη εργασία αυτή είναι τα ακρυλικά πλαστικά, τα εποξικά, το πολυαιθυλένιο, το πολυπροπυλένιο και το πολυβινυλοχλωρίδιο PVC.
- Φύλλα αφρού: είναι ο συνδυασμός χαρτονιού ή πλαστικού φύλλου που επικολλάται στις δύο πλευρές ενός συμπτυκνωμένου αφρώδους υλικού. Έτσι προκύπτουν επίπεδα φύλλα σε διάφορες διαστάσεις, βάρη και ανθεκτικότητα. Το υλικό αυτό μπορεί να κοπεί και να διαμορφωθεί πολύ εύκολα και γρήγορα χρησιμοποιώντας ένα κοινό κοπίδι. Είναι κατάλληλο για την κατασκευή πλαισίων μικρών οχημάτων όπου η ελαχιστοποίηση του βάρους έχει ιδιαίτερη σημασία. Ακόμη βοηθά στην γρήγορη και εύκολη κατασκευή πρωτοτύπων.
- Αλουμίνιο: αποτελεί ένα εξαιρετικό υλικό για την κατασκευή πλαισίων για ρομποτικά οχήματα μεσαίου αλλά και μεγάλου μεγέθους, επειδή είναι εξαιρετικά στιβαρό και ανθεκτικό για το βάρος του. Στην πραγματικότητα χρησιμοποιούνται κράματα αλουμινίου τα οποία είναι διαθέσιμα σε μορφή φύλλων ή ράβδων διαφόρων διαστάσεων και σχημάτων. Τα κράματα αλουμινίου δεν οξειδώνονται, και διατίθενται σε διάφορες ποιότητες. Το κύριο μειονέκτημα των κραμάτων αλουμινίου είναι η υψηλή τιμή τους.
- Ατσάλι: εξαιτίας της μεγάλης στιβαρότητάς του αλλά και της αντοχής του στις καταπονήσεις το υλικό αυτό χρησιμοποιείται για την κατασκευή των πλαισίων των μεγαλύτερων ρομποτικών οχημάτων, καθώς και για τα οχήματα εξειδικευμένων χρήσεων. Λόγω της σκληρότητας του παρουσιάζει δυσκολίες κατά την κατεργασία τον τεμαχισμό και μορφοποίησή του και απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και εργαλεία. Διατίθεται σε κράματα διαφόρων ποιοτήτων και διαστάσεων, σε μορφή φύλλων ή ράβδων. Ένα από τα πιο διαδεδομένα ατσάλινα κράματα είναι το ανοξείδωτο ατσάλι το οποίο παρέχει ακόμη περισσότερη σκληρότητα αλλά και αντοχή στην οξείδωση.
- Άλλα μέταλλα όπως ο κασσίτερος, ο σίδηρος και ο χαλκός. Είναι πιο μαλακά μέταλλα από το ατσάλι, γενικής χρήσης. Είναι βαρύτερα και αρκετά φθηνότερα από το αλουμίνιο.

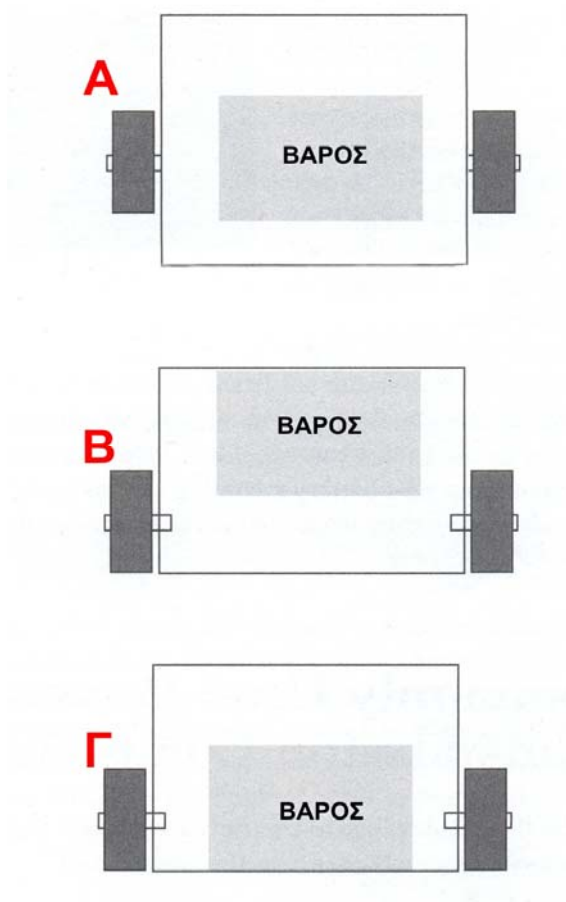
### **2.1.2 ΚΕΝΤΡΟ ΒΑΡΟΥΣ, ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ**

Σε ένα ρομποτικό όχημα οι διαστάσεις και το βάρος θα πρέπει να διατηρηθούν σε όσο γίνεται χαμηλότερα επίπεδα. Όσον αφορά τις διαστάσεις, θα πρέπει να γίνει μια πολύ προσεκτική μελέτη της κατανομής των συσκευών που θα πρέπει να περιλαμβάνει το όχημα και του βάρους τους. Η παροχή ισχύος από τους κινητήρες του οχήματος θα πρέπει να είναι ανάλογη του βάρους του οχήματος. Η μελέτη αυτή θα πρέπει επίσης να διασφαλίζει ότι το κέντρο βάρους του οχήματος βρίσκεται στη σωστή θέση. Εάν το βάρος δεν είναι σωστά κατανομημένο το ρομποτικό όχημα θα αντιμετωπίζει προβλήματα ευστάθειας, ευθυγράμμισης και ισορροπίας.

Η σωστή οριζόντια θέση του κέντρου βάρους είναι στο κέντρο της βάσης του οχήματος αν και ανάλογα με τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες του πλαισίου μπορεί να υπάρχουν αποκλίσεις από αυτόν τον κανόνα [1]. Εξετάζοντας ένα ρομποτικό όχημα με δύο κινητήριους

πίσω τροχούς και έναν μπροστινό ελεύθερης περιστροφής προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα για την οριζόντια θέση του κέντρου βάρους:

- Για τις συνήθεις διαστάσεις και βάρη οχημάτων θα πρέπει να δοκιμαστούν διάφορες κατανομές του βάρους. Θεωρητικά η καλύτερη είναι αυτή που τοποθετεί το κέντρο βάρους στο κέντρο της βάσης του οχήματος, Εικόνα 2.4α.
- Τοποθέτηση του κέντρου βάρους επάνω από τον εμπρός τροχό θα έχει σαν αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της ελεύθερης περιστροφής του, ειδικά εάν το βάρος είναι μεγάλο, Εικόνα 2.4β.
- Σε περιπτώσεις ελαφρών οχημάτων το κέντρο βάρους θα πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα στους κινητήριους τροχούς έτσι ώστε να βελτιώνεται η πρόσφυση, Εικόνα 2.4γ.



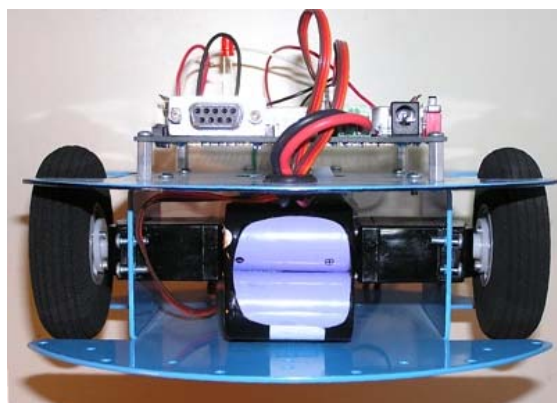
**Εικόνα 2.4:** Κατανομή βάρους σε ρομποτικό όχημα

Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου η οριζόντια θέση του κέντρου βάρους του οχήματος μπορεί να μεταφέρεται και έτσι να μεταβάλλεται η φόρτιση που δέχεται ο κάθε τροχός του. Με τον τρόπο αυτό αυξάνονται οι δυνατότητες κίνησης του οχήματος. Η μετατόπιση του κέντρου βάρους επιτυγχάνεται με τη μετατόπιση ενός έρματος από το εμπρός τμήμα προς τα πίσω, Εικόνα 2.5. Για παράδειγμα, για να ξεπεραστεί ένα εμπόδιο το έρμα μετακινείται προς τα πίσω μέχρι οι εμπρός τροχοί να το ξεπεράσουν και στη συνέχεια μετακινείται προς τα εμπρός ώστε και οι πίσω τροχοί να το υπερπηδήσουν ευκολότερα [4].

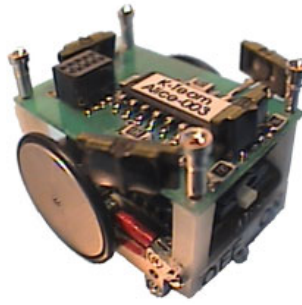


**Εικόνα 2.5:** Σύστημα μετακίνησης του κέντρου βάρους του οχήματος

Η κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους στο ρομποτικό όχημα πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο χαμηλά. Ο λόγος του ύψους στο οποίο βρίσκεται το κέντρο βάρους του οχήματος προς την επιφάνεια της βάσης του οχήματος είναι η ένδειξη για το πόσο πιθανό είναι να ανατραπεί το όχημα [2]. Για το λόγο αυτό πρέπει, ειδικά στα οχήματα με μεγάλο ύψος, τα βαριά αντικείμενα να τοποθετούνται όσο γίνεται πιο κοντά στη βάση του. Τα συνήθη τμήματα των ρομποτικών οχημάτων που έχουν μεγάλο βάρος είναι οι κινητήρες και οι συσσωρευτές τους. Οι κινητήρες τοποθετούνται στη βάση, ούτως ή άλλως, γιατί αυτή είναι η πιο λειτουργική θέση τους, συνεισφέροντας έτσι στην μείωση του ύψους του κέντρου βάρους. Συνεπώς, κατά τη σχεδίαση του πλαισίου του οχήματος, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή ώστε να δεσμευτεί χώρος για τους συσσωρευτές του στη βάση του. Στην Εικόνα 2.6 παρουσιάζεται η θέση των συσσωρευτών και των κινητήρων στο πλαίσιο του ρομποτικού οχήματος ROGUE BLUE, που του εξασφαλίζουν ένα ιδιαίτερα χαμηλό κέντρο βάρους.

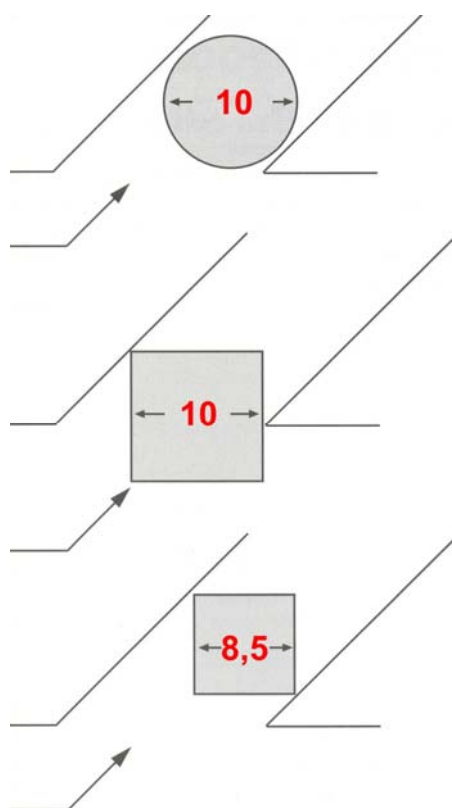


**Εικόνα 2.6:** Παράδειγμα πλαισίου με σωστή τοποθέτηση των συσσωρευτών και κινητήρων



**Εικόνα 2.7:** Το τριώροφο πλαίσιο του μικρού ρομποτικού οχήματος K-ALICE της K-TEAM

Σχετικά με τις διαστάσεις του οχήματος η σχεδιάσή του θα πρέπει να έχει ως στόχο τη μείωσή τους. Σε οχήματα εξειδικευμένων χρήσεων, η αποστολή τους καθορίζει και το σχήμα αλλά και τις διαστάσεις τους. Στην περίπτωση των ρομποτικών οχημάτων εσωτερικού χώρου, οι μικρές διαστάσεις είναι ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να παρουσιάζει το πλαίσιο τους. Αυτό συμβαίνει γιατί οι χώροι στους οποίους αυτά λειτουργούν είναι αρκετά περιορισμένοι. Το πρόβλημα οξύνεται στην περίπτωση των οχημάτων ερευνητικών χρήσεων, τα οποία είναι εξοπλισμένα με πολλές συσκευές, που απαιτούν αυξημένες διαστάσεις πλαισίου για τη στήριξή τους. Η πιο δημοφιλής λύση για το πρόβλημα αυτό είναι η κατασκευή πολυώροφων πλαισίων, Εικόνα 2.7. Τα πολυώροφα πλαίσια έχουν μειωμένες τις διαστάσεις του μήκους και πλάτους, με τίμημα την αύξηση του ύψους τους, σε σχέση με ένα πλαίσιο μονού δαπέδου. Η αύξηση του ύψους δεν προκαλεί τις δυσκολίες κίνησης, στους περιορισμένους εσωτερικούς χώρους, που θα προκαλούσε η αύξηση του μήκους ή του πλάτους του οχήματος.



**Εικόνα 2.8:** Η υπεροχή του κυκλικού σχήματος έναντι του τετράγωνου[1]

Τέλος οι δυνατότητες ελιγμών του ρομποτικού οχήματος εξαρτώνται και από το σχήμα του πλαισίου. Η εξάρτηση αυτή είναι εντονότερη στην περίπτωση των οχημάτων εσωτερικού χώρου. Για την κατασκευή ευέλικτων οχημάτων θα πρέπει να σχεδιάζονται πλαίσια ενός όγκου, χωρίς εξοχές. Τα οχήματα με κυκλικό σχήμα είναι, γενικά, σε θέση να περνούν από μικρότερα ανοίγματα, όποιος και αν είναι ο προσανατολισμός τους κατά την είσοδό τους στο πέρασμα, από ότι αυτά με τετράγωνο σχήμα [2]. Τα τελευταία θα πρέπει επίσης, κατά την είσοδό τους σε στενούς, για το μέγεθός τους, διαδρόμους να ευθυγραμμίζονται με τη διεύθυνση του περάσματος, Εικόνα 2.8.

Το πλαίσιο με κυκλικό σχήμα και γενικότερα με καμπύλες παρουσιάζει όμως και μειονεκτήματα, όπως ότι είναι κατά κανόνα πιο δύσκολο να κατασκευαστεί και συνεπώς ακριβότερο, από ένα πολύγωνο. Επίσης ένα κυκλικό όχημα έχει μικρότερο ωφέλιμο χώρο από ένα τετράγωνο, ίδιας επιφάνειας, κάτι που δυσκολεύει την τοποθέτηση εξοπλισμού στο όχημα. Συνεπώς για την επιλογή του σχήματος του πλαισίου θα πρέπει να αξιολογηθεί η ανάγκη για ευελιξία του οχήματος, ευκολία κατασκευής και εκμετάλλευση χώρων.

### 2.1.3 ΜΕΣΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Η κατασκευή του πλαισίου καθορίζεται άμεσα από την επιλογή του μέσου που μετατρέπεται, την ισχύ που παράγουν οι κινητήρες του, σε κίνηση. Τα οχήματα εξ ορισμού χρησιμοποιούν ως μέσο κίνησης τροχούς σε διάφορα είδη, μεγέθη και διατάξεις. Επίσης χρησιμοποιούν ερπύστριες, που συνδυάζουν την κίνηση τροχών και μιας εύκαμπτης αλυσιδωτής κατασκευής. Στην κατηγορία των μέσων κίνησης οχημάτων μπορούν να συμπεριληφθούν και τα άκρα, πόδια εάν, καταχρηστικά, θεωρηθούν τα βαδίζοντα ρομπότ ως

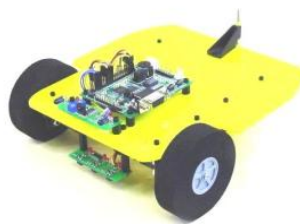
οχήματα. Τα ρομπότ αυτά μετακινούνται χρησιμοποιώντας τη συνδυασμένη κίνηση δύο ή περισσότερων άκρων.

### 2.1.3.1 ΤΡΟΧΟΙ

Οι τροχοί είναι το πιο δημοφιλές μέσο κίνησης στα ρομποτικά οχήματα. Ο αριθμός των τροχών που χρησιμοποιεί το κάθε όχημα μπορεί να είναι δύο, τρεις, τέσσερις ή και περισσότεροι, σε διάφορες διατάξεις, ανάλογα με τον τρόπο κίνησης που εφαρμόζεται σε αυτό. Επίσης χρησιμοποιούνται πολλά διαφορετικά είδη τροχών, σε μεγάλο εύρος διαστάσεων. Η επιλογή του κατάλληλου τροχού εξαρτάται από το μέγεθος του οχήματος, την ισχύ του και το έδαφος στο οποίο θα κινείται.

Η ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει το όχημα είναι ανάλογη της διαμέτρου των τροχών. Η ροπή που παράγεται για την κίνησή του είναι αντιστρόφως ανάλογη της διαμέτρου των τροχών. Για έναν τροχό με διάμετρο  $\Delta$ , η απόσταση που διανύει το όχημα μετά από μια πλήρη περιστροφή του είναι  $2\pi\Delta$ .

Συνεπώς, για δεδομένο ρυθμό περιστροφής του τροχού, η διανυόμενη από το όχημα απόσταση και κατ' επέκταση η ταχύτητά του, είναι ανάλογη της διαμέτρου του  $\Delta$ . Η ροπή που παράγει ο κινητήρας είναι αντιστρόφως ανάλογη της διαμέτρου του τροχού. Έτσι εάν ο κινητήρας παράγει 4.000 gr cm όταν ο άξονάς του είναι συνδεδεμένος με έναν τροχό διαμέτρου 5 cm, τότε αύξηση της διαμέτρου του τροχού σε 10 cm, θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ροπής στα 2.000 gr cm [3].



**Εικόνα 2.9:** Το Carpet Rover, βάρους 1kg. Φέρει τροχούς από μαλακό αφρώδες υλικό, διαμέτρου 8 cm.

Εκτός από την ταχύτητα που θα πρέπει να επιτυγχάνει το όχημα και την απαραίτητη ποσότητα ροπής για την κίνησή του, ένας άλλος παράγοντας που καθορίζει τη μέγεθος των τροχών, είναι οι διαστάσεις του. Για λόγους ευελιξίας και μείωσης του βάρους, τα μικρά και ελαφριά ρομποτικά οχήματα φέρουν συνήθως τροχούς διαμέτρου μικρότερης των 10 cm, Εικόνα 2.9. Τα μεσαίου μεγέθους οχήματα, Εικόνα 2.11, φέρουν τροχούς με διαμέτρους μέχρι 20 cm [2].





**Εικόνα 2.10:** Το WIFIBOT βάρους 4,5 kgr. Φέρει ελαστικούς τροχούς χωρίς αεροθαλάμους, διαμέτρου 10cm.

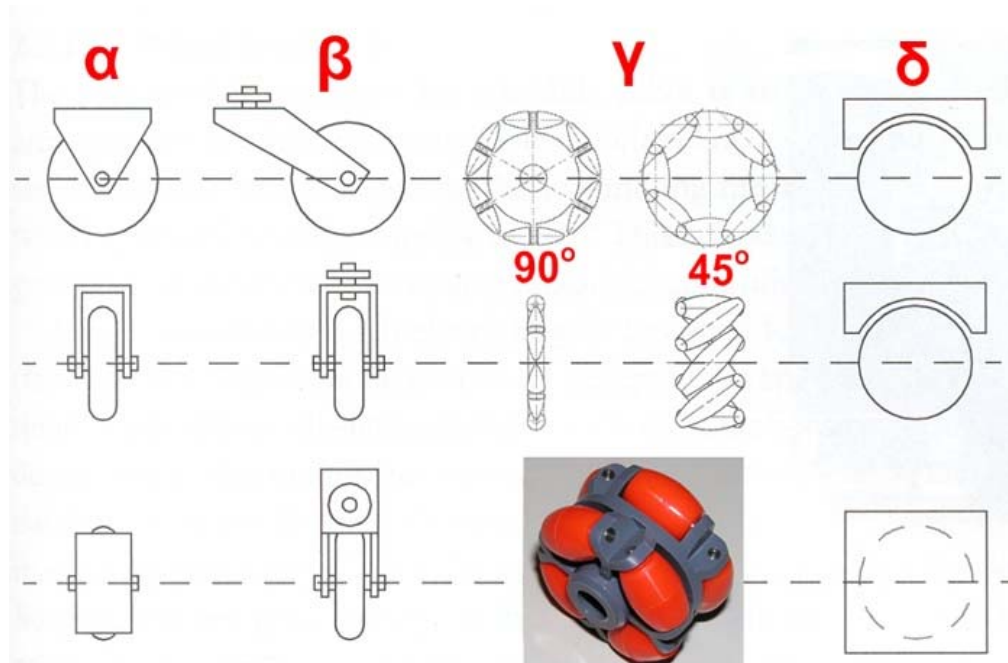
Το υλικό τριβής που έχει ο τροχός στην περιφέρειά του εξαρτάται από το βάρος του οχήματος. Ελαφριά οχήματα, με βάρος μέχρι 1 kgr, μπορεί να χρησιμοποιούν τροχούς με μαλακό αφρώδες υλικό, Εικόνα 2.9. Λόγω του μικρού τους βάρους οι τροχοί δεν παραμορφώνονται και έτσι δεν παρουσιάζονται προβλήματα τριβής. Για οχήματα μεγαλύτερου βάρους, μέχρι 5 κιλά, απαιτούνται υλικά πιο στιβαρά. Σε αυτή την κλίμακα βάρους χρησιμοποιούνται ελαστικά χωρίς αεροθαλάμους, κενά ή με γέμιση μαλακού αφρώδους υλικού, Εικόνα 2.10. Στα μεγάλα οχήματα με βάρος μέχρι 20 kgr είναι κατάλληλοι οι τροχοί που διαθέτουν ελαστικά συμπαγή ή εφοδιασμένα με αεροθαλάμους, Εικόνα 2.11. Για ακόμη βαρύτερα οχήματα θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν τροχοί με ελαστικά υψηλής ποιότητας [3].



**Εικόνα 2.11:** Το PIONEER 3-DX βάρους 9 kgr

Τέλος, το είδος του εδάφους ή επιφάνειας στην οποία προορίζεται να κινείται το ρομποτικό όχημα επηρεάζει την επιλογή της τιμής της διαμέτρου του τροχού, του υλικού κατασκευής του, αλλά και της χάραξης της επιφάνειας στην περιφέρειά του. Στην περίπτωση που η επιφάνεια δεν είναι επίπεδη αλλά υπάρχουν μικρά εξογκώματα ή εμπόδια, η διάμετρος των τροχών θα πρέπει να είναι τουλάχιστον τριπλάσια από το μεγαλύτερο εμπόδιο που θα πρέπει να ξεπερνά το όχημα [4]. Σε εδάφη με ανωμαλίες, η επιφάνεια στην περιφέρεια του τροχού θα πρέπει να έχει έντονη χάραξη, με μεγάλες αυλακώσεις. Σε επίπεδες, συμπαγείς και στεγνές επιφάνειες αποδίδουν πολύ καλύτερα τροχοί με ελαστικά που έχουν ελάχιστη ή και καθόλου χάραξη. Σε εδάφη που αποτελούνται από αδρανή υλικά, όπως η άμμος, η επιφάνεια επαφής τροχού και εδάφους πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη. Στην περίπτωση αυτή επιλέγεται η αύξηση του πλάτους του τροχού κάτι που όμως αυξάνει τις τριβές και συνεπώς και την απαίτηση σε ισχύ [3].



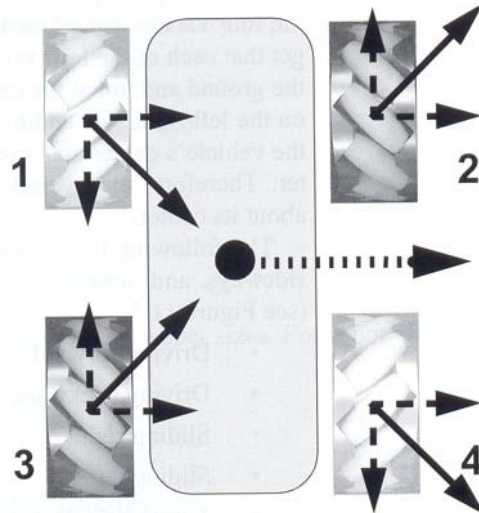


**Εικόνα 2.12:** Τα τέσσερα είδη τροχών, ανάλογα με τον τρόπο περιστροφής τους [5]

Οι τροχοί διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο που περιστρέφονται για να κυλά το όχημα και για να στρίβει [5]:

- Συνήθης τροχός, με δύο βαθμούς ελευθερίας, Εικόνα 2.12α. Μπορεί να περιστρέφεται γύρω από τον άξονα του τροχού, και γύρω από το σημείο επαφής του με το δάπεδο. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν κατά κανόνα οι κινητήριοι τροχοί του οχήματος.
- Τροχός ελεύθερης περιστροφής (castor wheel), Εικόνα 2.12β. Διαθέτει επίσης δύο βαθμούς ελευθερίας. Περιστρέφεται γύρω από τον άξονα του τροχού προκαλώντας την κύλιση του οχήματος. Επίσης γύρω από ένα σημείο, απομακρυσμένο κατακόρυφα από τον άξονα περιστροφής, στρίβοντας έτσι το όχημα. Συνήθως ένας ή δύο τέτοιοι τροχοί χρησιμοποιούνται από οχήματα με δύο ομοαξονικούς κινητήριους τροχούς για να επιτυγχάνεται η απαραίτητη στήριξη και ισορροπία. Κατά κανόνα είναι αρκετά μικρότεροι από τους κινητήριους, επειδή βρίσκονται κάτω από το δάπεδο του οχήματος.
- Τροχός παντός κατεύθυνσης (omnidirectional wheel ή omniwheel ή Swedish wheel), Εικόνα 2.12γ. Το κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι στην περιφέρειά του είναι κατάλληλα τοποθετημένοι υπό κάποια γωνία, συνήθως  $90^\circ$  ή  $45^\circ$ , κύλινδροι που περιστρέφονται ελεύθερα. Με τη βοήθεια αυτών των κυλίνδρων, ο τροχός μπορεί όχι μόνο να περιστρέφεται περί του άξονά του, προκαλώντας την κίνηση του οχήματος, αλλά και να μετακινείται δεξιά και αριστερά, κυλώντας επάνω στους κυλίνδρους και έτσι το όχημα να αλλάζει κατεύθυνση. Ο κινητήρας, δηλαδή, μεταφέρει την κίνηση σε ολόκληρο τον τροχό και όχι στους κυλίνδρους της περιφέρειας, που μπορεί να περιστρέφονται ελεύθερα. Στην Εικόνα 2.13 παρουσιάζεται το παράδειγμα ενός οχήματος που διαθέτει τέσσερις κινητήριους τροχούς παντός κατεύθυνσης  $45^\circ$  καθώς και ο τρόπος που αυτοί πρέπει να περιστρέφονται για να στρίβει το όχημα δεξιά. Οι τροχοί 1, 4 περιστρέφονται προς τα πίσω και οι 3, 2 προς τα εμπρός οπότε οι συνιστώσες της κίνησης τους στο διαμήκη άξονα του οχήματος αλληλοαναιρούνται. Οι συνιστώσες όμως της

κίνησης τους προς τα δεξιά προκαλούν την κύλιση του οχήματος προς αυτήν την κατεύθυνση [7]. Οχήματα που φέρουν τέτοιου είδους τροχούς μπορούν ανά πάσα στιγμή να κινηθούν προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Αντίθετα τα οχήματα με τους συμβατικούς τροχούς πρέπει να διαγράφουν καμπύλες τροχιές για να αλλάξουν τη κατεύθυνση κίνησής τους. Οι τροχοί αυτού του είδους έχουν τρεις βαθμούς ελευθερίας καθώς μπορούν να περιστρέφονται γύρω από τον άξονα του τροχού, γύρω από τους κυλίνδρους στην περιφέρειά τους και γύρω από το σημείο επαφής τους με το έδαφος. Το βασικότερο μειονέκτημα αυτών των τροχών είναι ότι για να ελεγχθούν τα οχήματα που τους φέρουν, απαιτείται πολύπλοκος προγραμματισμός και μικροεπεξεργαστές με μεγάλη υπολογιστική δύναμη.



**Εικόνα 2.13:** Φορά περιστροφής των τροχών του οχήματος για να στρίψει δεξιά [7]

- Σφαιρικός τροχός παντός κατεύθυνσης, Εικόνα 2.12δ. Ο τροχός αυτός έχει τις ιδιότητες της προηγούμενης κατηγορίας. Οχήματα τα οποία χρησιμοποιούν τέτοιους τροχούς για την κίνησή τους είναι δύσκολο τεχνικά να κατασκευαστούν. Τα σημαντικότερα προβλήματά που αντιμετωπίζουν είναι η μετάδοση της κίνησης και ο περιορισμός της χρήσης τους σε επίπεδες σκληρές και καθαρές επιφάνειες.

### 2.3.1.2 ΕΡΠΥΣΤΡΙΕΣ

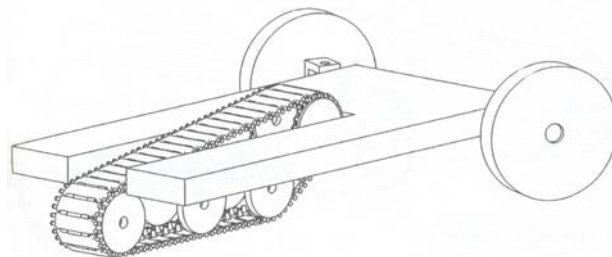
Οι ερπύστριες είναι αλυσιδωτές, διαμήκεις κατασκευές οι οποίες στηρίζονται και κυλούν με τη βοήθεια τροχών. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι παρέχουν στο όχημα μεγάλη επιφάνεια επαφής με το έδαφος κίνησης του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της πίεσης που ασκεί το όχημα στο έδαφος και συνεπώς τη δυνατότητα κίνησής του σε μαλακά εδάφη, όπως άμμος ή λάσπη, όπου με τους συνήθεις τροχούς το όχημα θα βούλιαζε μέσα στο έδαφος και θα ακινητοποιούνταν. Η μεγάλη επιφάνεια επαφής αυξάνει τις δυνάμεις τριβής της ερπύστριας με το έδαφος και έτσι αυξάνεται η πρόσφυση του οχήματος, επιτρέποντας το να κινηθεί σε επιφάνειες με μικρό συντελεστή τριβής, όπως χιόνι και πάγος. Τα ερπυστριοφόρα οχήματα μπορούν επίσης να ξεπερνούν κενά του εδάφους αλλά και εμπόδια που θα ακινητοποιούσαν του τροχούς.



**Εικόνα 2.13:** Το όχημα EyeTrack

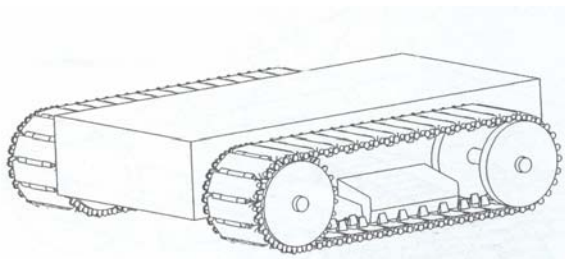
Τα κύρια μειονεκτήματα της ερπύστριας είναι το μεγάλο βάρος της, η πολυπλοκότητα κατασκευής της, αλλά και προσαρμογής της στο όχημα. Οι αυξημένες δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται, βοηθούν την πρόσφυση στα ολισθηρά εδάφη, αλλά δυσκολεύουν πολύ την αλλαγή πορείας και την περιστροφή του οχήματος, ειδικά σε εδάφη με αυξημένο συντελεστή τριβής. Η χρήση ερπυστριών απαιτεί στιβαρή κατασκευή πλαισίου, αξιόπιστους και ισχυρούς κινητήρες. Πρόβλημα επίσης αποτελεί το γεγονός ότι δεν υπάρχει ποικιλία ερπυστριών και παρελκόμενων τροχών και αναρτήσεων στο εμπόριο, σε μεγέθη κατάλληλα για χρήση στα ρομποτικά οχήματα. Μια συνήθης λύση είναι να χρησιμοποιούνται τμήματα από τηλεκατευθυνόμενα μοντέλα ή άλλα παιχνίδια για να κατασκευαστεί το πλαίσιο ερπυστριοφόρου ρομποτικού οχήματος.

Το πλαίσιο ενός ερπυστριοφόρου οχήματος θα πρέπει να είναι έτσι κατασκευασμένο ώστε να στηρίζει σωστά τον κινητήριο τροχό της κάθε ερπύστριας αλλά και τους τροχούς κύλισης και ανάρτησής της καθώς επίσης και να προστατεύει τα τμήματά της. Υπάρχουν πολλοί εναλλακτικοί σχεδιασμοί που αποσκοπούν στη βελτίωση των χαρακτηριστικών της. Για παράδειγμα υψώνοντας το εμπρός τμήμα της, ή αυξάνοντας το μέγεθος του εμπρός, πρώτου τροχού, η ερπύστρια θα αποκτήσει μεγαλύτερες δυνατότητες υπερπήδησης εμποδίων. Επίσης τοποθετώντας τον κινητήριο τροχό της ερπύστριας στο πίσω μέρος του οχήματος αυξάνουμε την αντοχή του.



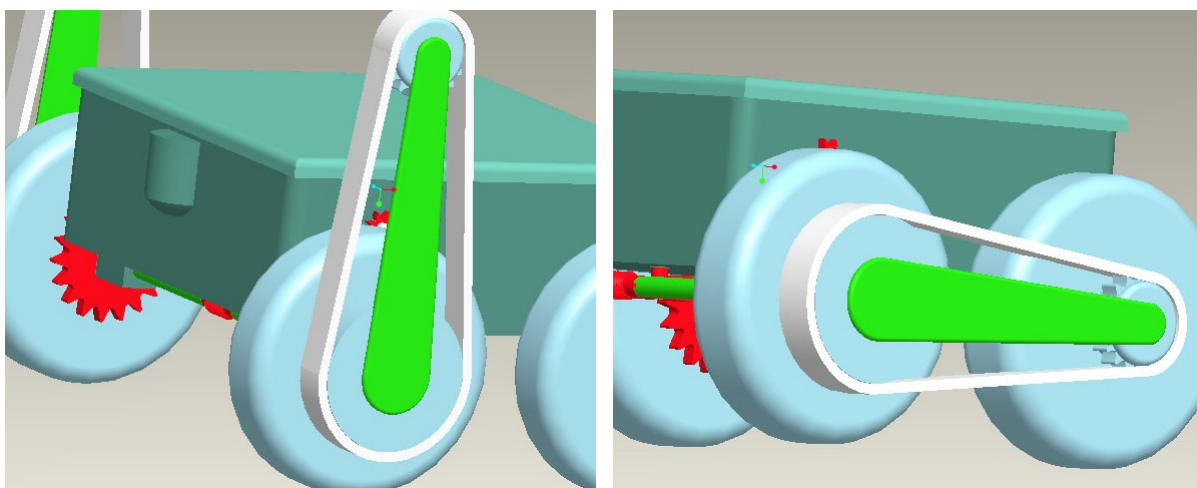
**Εικόνα 2.14:** Όχημα με μια ερπύστρια και δύο κατευθυντήριους τροχούς [4]

Υπάρχουν τρεις συνήθεις σχεδιασμοί πλαισίων για οχήματα που κινούνται με ερπύστριες καθώς και με συνδυασμό τους με τροχούς [4]. Στην εικόνα 2.14 παρουσιάζεται το πλαίσιο οχήματος που στο πίσω μέρος του έχει μια ερπύστρια, που μεταδίδει την κίνηση και στο εμπρός δύο κατευθυντήριους τροχούς. Η σχεδίαση αυτή παρουσιάζει δύο βασικά μειονεκτήματα. Οι εμπρός τροχοί περιορίζουν τις δυνατότητες κίνησης της ερπύστριας και το όχημα δεν μπορεί να περιστραφεί επί τόπου. Η σχεδίαση αυτή χρησιμοποιείται στα χιονοοχήματα. Μια παραλλαγή αυτής της σχεδίασης φέρει δύο ερπύστριες, μια σε κάθε πίσω πλευρά του οχήματος.



**Εικόνα 2.15:** Όχημα με δύο ερπύστριες [4]

Στην Εικόνα 2.15 παρουσιάζεται η πιο συνηθισμένη σχεδίαση με τις ερπύστριες να έχουν κοινή διεύθυνση και άξονα περιστροφής. Η κίνηση είναι διαφορική και το όχημα μπορεί να στρίβει επί τόπου. Σε διάφορες παραλλαγές, αποτελεί τη βάση για πολλά ρομποτικά οχήματα. Πλαίσια αυτού του είδους είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά για χρήση εκτός δρόμου.



**Εικόνα 2.16:** Το όχημα FireBo με το πτυσσόμενο ερπυστριοφόρο σύστημα υπερπήδησης εμποδίων [8]

Το τρίτο είδος οχήματος μπορεί να χρησιμοποιεί ερπύστριες χωρίς αυτές να βρίσκονται σε συνεχή επαφή με το έδαφος. Με τη βοήθεια μηχανισμού μπορεί να τις περιστρέφει γύρω από τον άξονα του εμπρός τροχού. Η περιστροφή της ερπύστριας, τη μεταφέρει στο εμπρός τμήμα του οχήματος, σε κατάλληλη κλίση, ώστε να χρησιμοποιηθεί ως μοχλός ανύψωσης του οχήματος και έτσι να ξεπεράσει μεγάλα εμπόδια, σκαλοπάτια και κενά. Όταν το όχημα δεν αντιμετωπίζει πρόβλημα κίνησης, η ερπύστρια απομακρύνεται από το έδαφος και μεταφέρεται στο πίσω μέρος του. Παράδειγμα οχήματος που χρησιμοποιεί αυτή τη σχεδίαση είναι το FireBo [8]. Είναι ένα τετράτροχο ρομποτικό όχημα, Εικόνα 2.16, που συνδυάζει τη διαφορική κίνηση με την υποστήριξη των ερπυστριών για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής κινητικής ικανότητας.



### 2.3.1.3. ΑΚΡΑ



**Εικόνα 2.16:** Το εξάποδο ρομπότ HEXCRAWLER HDATS, με άκρα τριών βαθμών ελευθερίας και στατική ισορροπία

Το τρίτο μέσο μετακίνησης είναι τα άκρα. Το μέσο αυτό χρησιμοποιείται στη φύση για την κίνηση όλων των επίγειων ζώντων οργανισμών. Καμία από τις δημιουργίες της φυσικής επιλογής δε μετακινείται μέσω τροχών ή ερπυστριών. Αυτό σημαίνει πως για τη φύση ο πιο αποτελεσματικός τρόπος κίνησης είναι το περπάτημα. Η συντριπτική πλειοψηφία όμως των ρομπότ μετακινούνται στο έδαφος επί τροχών, γιατί η κίνηση με περπάτημα είναι μια διαδικασία πολύ περίπλοκη και δύσκολη. Η ευστάθεια είναι το μεγαλύτερο πρόβλημα στα ρομπότ με άκρα, γιατί λόγω κατασκευής το κέντρο βάρους τους βρίσκεται σε μεγάλο ύψος. Οι δυνατότητες μετακίνησης όμως, σε ένα ρομπότ με άκρα, είναι θεωρητικά περισσότερες για ανισόπεδα εδάφη από ότι σε ένα συμβατικό όχημα. Η κατασκευή του πλαισίου καθορίζει εάν το ρομπότ θα διαθέτει στατική ισορροπία, οπότε θα ισορροπεί συνεχώς σε όποιο στιγμιότυπο του βηματισμού του και να το σταματήσουμε, Εικόνα 2.16. Υπάρχουν και πλαίσια με διατάξεις και σχεδιασμό άκρων, που διαθέτουν δυναμική ισορροπία, δηλαδή εάν ο βηματισμός σταματήσει σε λάθος στιγμή, ακολουθεί πτώση ή ανατροπή του ρομπότ. Ο σχεδιασμός πλαισίου για ένα βαδίζον ρομπότ με δυναμική ισορροπία είναι μια πολύ εξειδικευμένη και δύσκολη διαδικασία, που προς το παρόν καλύπτεται μόνο από πολύ φιλόδοξες ερευνητικές εργασίες, όπως το ρομπότ ASIMO της HONDA. Στην κατηγορία αυτή δεν υπάρχουν διαθέσιμα εμπορικά προϊόντα.



**Εικόνα 2.17:** Το δίποδο ανθρωπόμορφο ρομπότ ASIMO, με άκρα έξι βαθμών ελευθερίας και δυναμική ισορροπία

Οι διαστάσεις και το σχήμα του πλαισίου στα βαδίζοντα ρομπότ καθορίζεται από τον αριθμό των άκρων που χρησιμοποιούν για να κινούνται καθώς και από τον αριθμό των βαθμών ελευθερίας των άκρων. Υπάρχουν ρομπότ με ένα, δύο ή και περισσότερα άκρα αν και τα πιο δημοφιλή είναι τα τετράποδα και εξάποδα ρομπότ στατικής ισορροπίας. Οι βαθμοί ελευθερίας των άκρων, των ρομπότ στατικής ισορροπίας, μπορεί να είναι από ένας, μέχρι τέσσερις [4]. Στα πιο περίπλοκα βαδίζοντα ρομπότ οι βαθμοί ελευθερίας συνήθως ξεπερνούν τους τέσσερις.

Η κατασκευή του πλαισίου στα ρομπότ με άκρα καθορίζεται, τέλος, από τις επιλογές του σχεδιαστή για την παραγωγή της ισχύος για την κίνηση. Στα μικρότερα και φθηνότερα ρομπότ ο κανόνας είναι η χρήση σέρβο. Στα μεγαλύτερα και βαρύτερα ρομπότ χρησιμοποιούνται σερβοκινητήρες με κιβώτιο μείωσης της τελικής σχέσης μετάδοσης καθώς και υδραυλικοί ή πνευματικοί κινητήρες.

#### **2.3.1.4 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ**

Συνοψίζοντας τα συμπεράσματα από τη λειτουργία υπαρχόντων οχημάτων και βαδίζόντων ρομπότ, διαφόρων μεγεθών, σε διάφορα είδη εδάφους προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα για τα τρία μέσα μετακίνησης που αναλύθηκαν προηγουμένως [1].

Εσωτερικοί χώροι, μοκέτα.

- *Τροχοί*: εξαιρετική απόδοση, αρκεί η ακτίνα των τροχών να είναι, το λιγότερο, διπλάσια από το ύψος του πέλους της μοκέτας.
- *Ερπύστριες*: κακή απόδοση γιατί το πέλος και οι ίνες της μοκέτας εισχωρούν στα αρθρωτά τμήματα της ερπύστριας και εμποδίζουν τη λειτουργία της, ιδιαίτερα κατά τις στροφές.
- *Άκρα*: καλή απόδοση με την προϋπόθεση ότι το πέλος της μοκέτας είναι χαμηλό.

Εσωτερικοί χώροι, λείες σκληρές και επίπεδες επιφάνειες.

- *Τροχοί*: εξαιρετική απόδοση.
- *Ερπύστριες*: απόδοση από καλή έως εξαιρετική, ανάλογα με τη σκληρότητα του υλικού κατασκευής της ερπύστριας. Εάν χρησιμοποιηθεί μαλακό υλικό με υψηλό συντελεστή τριβής, όπως το λάστιχο, το όχημα θα αντιμετωπίζει πρόβλημα στις στροφές.
- *Άκρα*: εξαιρετική απόδοση, εάν τα πέλματα τους κατασκευαστούν από μαλακό υλικό, υψηλού συντελεστή τριβής, όπως το λάστιχο.

Εξωτερικοί χώροι, εκτός δρόμου χωμάτινη επιφάνεια.

- *Τροχοί*: Καλή απόδοση, αρκεί το έδαφος να μην είναι ολισθηρό ή μαλακό, όπως λάσπη άμμος και χιόνι. Η περιφέρεια των τροχών θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη από ελαστικό υλικό με έντονη χάραξη.
- *Ερπύστριες*: Εξαιρετική απόδοση, αρκεί να είναι σωστά σχεδιασμένη η ερπύστρια, ώστε να μη συσσωρεύει υλικά όπως λάσπη κατά την περιστροφή της.
- *Άκρα*: μέτρια έως κακή απόδοση, ανάλογα με το ανάγλυφο του εδάφους.

Εξωτερικοί χώροι, γρασίδι.

- *Τροχοί*: κακή έως μέτρια. Το ύψος του δαπέδου του οχήματος θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το ύψος της βλάστησης.
- *Ερπύστριες*: εξαιρετική απόδοση.
- *Άκρα*: εξαιρετική απόδοση.

Τσιμεντένιο δάπεδο.

- *Τροχοί*: εξαιρετική απόδοση, αρκεί να αποφεύγονται οι τροχοί που έχουν στην περιφέρειά τους αφρώδες υλικό.








- *Ερπύστριες*: απόδοση από μέτρια έως καλή. Θα πρέπει να αποφεύγονται τα πολύ σκληρά ή πολύ μαλακά υλικά για το πέλμα της ερπύστριας.
- *Άκρα*: εξαιρετική απόδοση.

Ασφαλτοστρωμένο οδόστρωμα.

- *Τροχοί*: εξαιρετικά απόδοση, αρκεί να αποφεύγονται οι τροχοί που έχουν στην περιφέρειά τους αφρώδες υλικό. Επίσης στη περίπτωση που το οδόστρωμα δεν είναι ομαλό η διάμετρος τους θα πρέπει να είναι μεγάλη.
- *Ερπύστριες*: εξαιρετική απόδοση.
- *Άκρα*: καλή απόδοση.

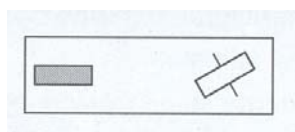
## 2.2 ΤΡΟΠΟΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο θα λειτουργεί το όχημα και με τις δυνατότητες κίνησης που πρέπει να διαθέτει, επιλέγεται και ο τρόπος κίνησης. Τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του πλαισίου εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό, όχι μόνο από τα μέσα που χρησιμοποιεί το όχημα για την κίνηση, αλλά και από τον τρόπο που αυτά είναι τοποθετημένα. Η θέση και το είδος των μέσων κίνησης καθορίζει τον τρόπο και τις δυνατότητες κίνησης του ρομποτικού οχήματος. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι τρόποι κίνησης για οχήματα με δύο, τρεις, τέσσερις και έξι τροχούς. Η επιλογή κάποιου από αυτούς εξαρτάται από το μέγεθος του χώρου στον οποίο θα πραγματοποιείται η κίνηση του οχήματος, από το βάρος του, το είδος του εδάφους, τις ταχύτητες κίνησης και τις κατασκευαστικές δυνατότητες που είναι διαθέσιμες. Οι τρόποι κίνησης των ερπυστριοφόρων οχημάτων καθώς και των βαδίζόντων ρομπότ αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους.

	μη κινητήριος τροχός ελεύθερης περιστροφής ή παντός κατεύθυνσης
	κινητήριος τροχός παντός κατεύθυνσης
	μη κινητήριος τροχός
	κινητήριος τροχός
	κινητήριος τροχός ελεύθερης περιστροφής
	κατευθυντήριος τροχός
	συνδεδεμένοι τροχοί

**Εικόνας 2.18:** Συμβολισμοί τροχών

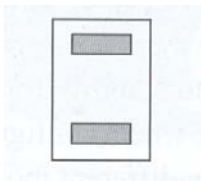
*Ρομποτικά οχήματα με δύο τροχούς.*



Ένας κινητήριος τροχός πίσω και ένας κατευθυντήριος εμπρός. Χρησιμοποιείται στα ποδήλατα και στις μοτοσικλέτες.

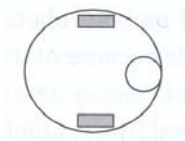


**Εικόνας 2.19:** Το ρομποτικό όχημα CYE με δύο κινητήριους τροχούς και κέντρο βάρους χαμηλότερα από τον άξονά τους.

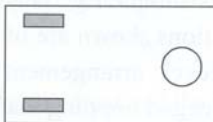


Δύο κινητήριοι τροχοί, διαφορετικός τρόπος κίνησης με το κέντρο βάρους χαμηλότερα από τον άξονα περιστροφής των τροχών, Εικόνα 2.19. Το όχημα στρίβει, περιστρέφοντας με διαφορετική ταχύτητα το δεξιό και τον αριστερό τροχό, οπότε διαγράφει καμπύλες. Μπορεί να περιστραφεί γύρω από τον ένα τροχό ή επί τόπου γύρω από το μέσο του μετατροχίου του.

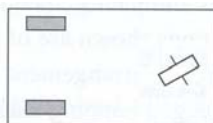
*Ρομποτικά οχήματα με τρεις τροχούς.*



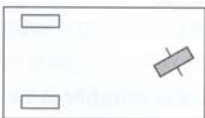
Δύο κινητήριοι τροχοί τοποθετημένοι κεντρικά και ένας τρίτος παντός κατεύθυνσης τοποθετημένος στο άκρο του πλαισίου. Διαφορικός τρόπος κίνησης.



Δύο κινητήριοι τροχοί στο εμπρός ή πίσω μέρος και ένας παντός κατεύθυνσης στο πίσω ή εμπρός μέρος αντίστοιχα. Διαφορικός τρόπος κίνησης.



Δύο κινητήριοι τροχοί στο πίσω μέρος και ένας ελεύθερης περιστροφής στο εμπρός. Ένα αρκετά συνηθής και απλός διαφορετικός τρόπος κίνησης.

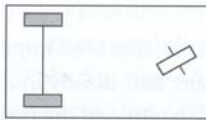


Δύο τροχοί στο πίσω μέρος και ένας κατευθυντήριος και κινητήριος στο εμπρός μέρος του οχήματος, Εικόνα 2.20

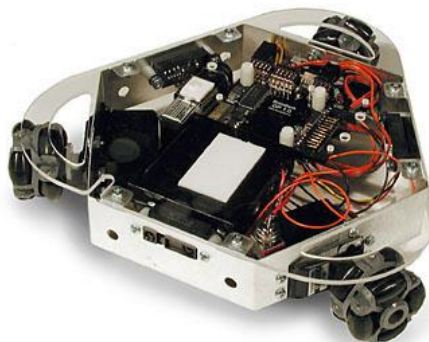




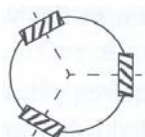
**Εικόνας 2.20:** Το ρομποτικό όχημα NEPTUNE με δύο πίσω τροχούς και έναν κινητήριο και κατευθυντήριο εμπρός.



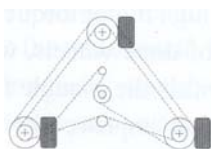
Δύο συνδεδεμένοι κινητήριοι τροχοί στο πίσω μέρος και ένας κατευθυντήριος τροχός εμπρός.



**Εικόνας 2.21:** Το ρομποτικό όχημα PPRK με τρεις τροχούς παντός κατεύθυνσης

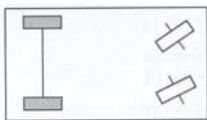


Τρεις κινητήριοι τροχοί παντός κατεύθυνσης με τριγωνική διάταξη, Εικόνα 2.11. Είναι εφικτή η κίνηση του οχήματος ανά πάσα στιγμή προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

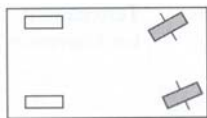


Τρεις κινητήριοι και κατευθυντήριοι τροχοί. Οι τρεις τροχοί έχουν κοινή διεύθυνση, η οποία μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με την επιθυμητή κατεύθυνση κίνησης. Είναι εφικτή η κίνηση του οχήματος ανά πάσα στιγμή προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

## Ρομποτικά οχήματα με τέσσερις τροχούς



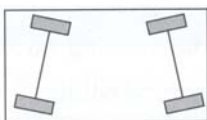
Δύο κινητήριοι τροχοί στο πίσω μέρος και δύο κατευθυντήριοι στο εμπρός. Κατά τη στροφή του οχήματος ο εσωτερικός τροχός θα πρέπει να έχει στραφεί περισσότερο από τον εξωτερικό. Για να στρίψει το όχημα, διαγράφει καμπύλες τροχιές. Χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα



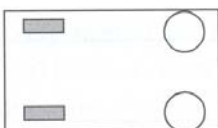
Δύο τροχοί πίσω και δυο κινητήριοι και κατευθυντήριοι τροχοί εμπρός. χρησιμοποιείται στα αυτοκίνητα.



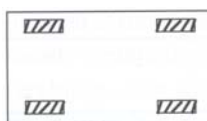
**Εικόνας 2.22:** Το ρομποτικό όχημα *HYPERION* με τετραδιεύθυνση και τετρακίνηση.



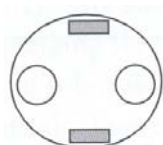
Τέσσερις κινητήριοι και κατευθυντήριοι τροχοί τοποθετημένοι ανά ζεύγη εμπρός και πίσω, Εικόνα 2.21. Το όχημα διαθέτει τετρακίνηση με τετραδιεύθυνση



Δύο κινητήριοι τροχοί στο πίσω ή εμπρός μέρος του οχήματος και δύο παντός κατεύθυνσης στο εμπρός ή πίσω μέρος αντίστοιχα. Στη διάταξη αυτή η κίνηση είναι διαφορετική

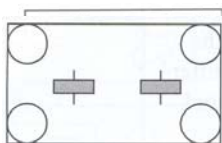


Τέσσερις κινητήριοι τροχοί παντός κατεύθυνσης. Το όχημα μπορεί να μετακινηθεί προς οποιαδήποτε κατεύθυνση χωρίς να στρίψει ακολουθώντας καμπύλη τροχιά.

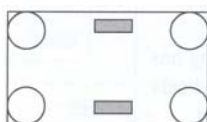


Δύο κινητήριοι τροχοί στο κέντρο και δύο τροχοί παντός κατεύθυνσης στο εμπρός και πίσω μέρος του οχήματος. Η κίνηση είναι διαφορετική.

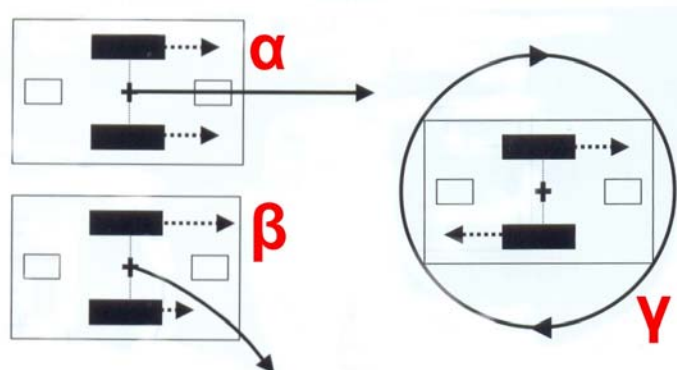
### Ρομπωτικά οχήματα με έξι τροχούς



Δύο κινητήριοι και κατευθυντήριοι τροχοί τοποθετημένοι στο διαμήκη άξονα και τέσσερις τροχοί παντός κατεύθυνσης τοποθετημένοι στις γωνίες του οχήματος



Δύο κινητήριοι τροχοί τοποθετημένοι στο κέντρο και τέσσερις τροχοί παντός κατεύθυνσης τοποθετημένοι στις γωνίες του οχήματος. Με τη διάταξη αυτή το όχημα μετακινείται με διαφορετική κίνηση



**Εικόνας 2.23:** Διαφορική ή ομοαξονική κίνηση [7]

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος κίνησης είναι ο διαφορικός ή ομοαξονικός γιατί είναι ο πιο απλός κατασκευαστικά παρέχει μεγάλη ευελιξία και είναι ο λιγότερο πολύπλοκος κατά τον προγραμματισμό του επεξεργαστή του οχήματος. Οι δύο κινητήριοι τροχοί τοποθετούνται ένας σε κάθε πλευρά του οχήματος, έτσι ώστε να έχουν κοινό άξονα περιστροφής. Είναι δυνατό να υπάρχουν δύο κινητήριοι τροχοί στην κάθε πλευρά του οχήματος που συνήθως παίρνουν κίνηση από έναν κινητήρα, με τη βοήθεια ιμάντα. Στη εικόνα 2.23 παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο μετακινείται ευθεία, στρίβει και περιστρέφεται ένα όχημα διαφορικής ή ομοαξονικής κίνησης.

## 2.3 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Οι μονάδες παραγωγής ισχύος για την κίνηση των σύγχρονων ρομπωτικών οχημάτων είναι στην πλειοψηφία τους ηλεκτρικοί κινητήρες. Οι εξαιρέσεις είναι μερικά βαδίζοντα ρομπότ, που χρησιμοποιούν πνευματικούς ή υδραυλικούς γραμμικούς ενεργοποιητές καθώς και ρομπωτικά οχήματα που είναι εξελιγμένα αυτοκίνητα με κινητήρα εσωτερικής καύσης.

Όλοι οι ηλεκτρικοί κινητήρες που κινούν τα ρομπωτικά οχήματα είναι κινητήρες συνεχούς ρεύματος. Σε βιομηχανικά περιβάλλοντα υπάρχουν ρομπωτικές διατάξεις που λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα αλλά αυτές είναι σταθερές κατασκευές με ρομπωτικούς βραχίονες. Σε αυτές τις ρομπωτικές διατάξεις, το εναλλασσόμενο ρεύμα τροφοδοσίας μετατρέπεται σε

συνεχές και τροφοδοτεί τις ηλεκτρικές συσκευές και κινητήρες του ρομπότ, που και σε αυτήν την περίπτωση λειτουργούν με συνεχές ρεύμα.

Το απαραίτητο χαρακτηριστικό που πρέπει να διαθέτει ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος, για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ρομποτικό όχημα, είναι να μπορεί να περιστρέφεται και προς τις δύο κατευθύνσεις. Οι κινητήρες μονής κατεύθυνσης αποκλείονται γιατί με αυτούς το όχημα θα μπορούσε να μετακινείται μόνο προς τα εμπρός ή προς τα πίσω. Τα είδη κινητήρων συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται για την κίνηση ρομποτικών οχημάτων είναι οι σερβοκινητήρες, οι βηματικοί κινητήρες και τα σέρβο.

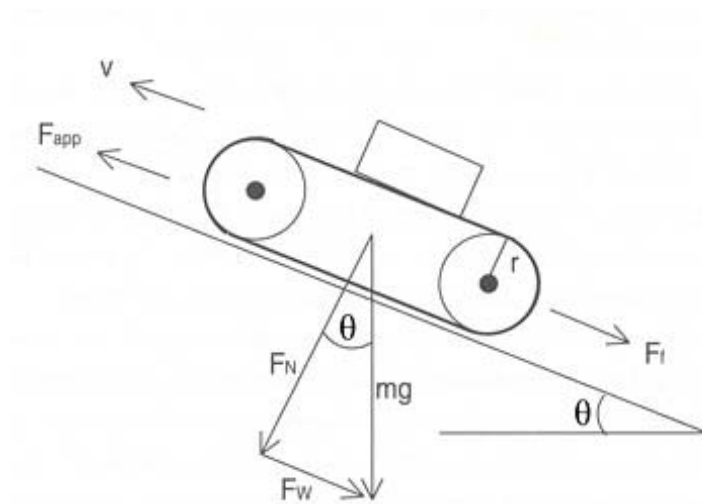
### 2.3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Τα μεγέθη που χαρακτηρίζουν έναν ηλεκτροκινητήρα σταθερού ρεύματος είναι:

- *Τάση λειτουργίας*. Μετράται σε Volts και είναι η τάση που πρέπει να έχει το ηλεκτρικό ρεύμα τροφοδοσίας ώστε ο κινητήρας να λειτουργεί σωστά. Η τάση λειτουργίας των κινητήρων που χρησιμοποιούνται στα ρομποτικά οχήματα κυμαίνεται από 1 έως και 24 Volts, ανάλογα με το είδος και τις επιδόσεις του κινητήρα. Συνήθως οι κινητήρες μπορεί να λειτουργήσουν και με λίγο χαμηλότερη ή υψηλότερη τάση από αυτήν της κανονικής λειτουργίας. Μειώνοντας την τάση παρατηρείται μείωση της ταχύτητας περιστροφής αλλά και της παραγόμενης ροπής. Το αντίθετο συμβαίνει για αύξηση της τάσεως. Στους βηματικούς κινητήρες η αύξηση ή μείωση της τάσης προκαλεί αντίστοιχα αύξηση ή μείωση μόνο στη ροπή αφήνοντας την ταχύτητα ανεπηρέαστη. Αν η τάση τροφοδοσίας μειωθεί κάτω από κάποιο όριο τότε ο κινητήρας αδυνατεί να ανταποκριθεί και ακινητοποιείται. Αυτό συμβαίνει, για παράδειγμα, κατά την εξάντληση της ισχύος του συσσωρευτή που τροφοδοτεί με ρεύμα τους κινητήρες. Αν η τάση τροφοδοσίας αυξηθεί πέρα από κάποιο όριο ο κινητήρας καταστρέφεται. Στα ρομποτικά οχήματα χρησιμοποιούνται κατάλληλα κυκλώματα τροφοδοσίας ώστε να προστατεύεται ο κινητήρας από τις αυξομειώσεις της τάσης.
- *Ένταση του ρεύματος*. Μετράται σε Amps και είναι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον κινητήρα όταν αυτός λειτουργεί. Η ένταση αυτή είναι ανάλογη του φορτίου του κινητήρα. Η ελάχιστη τιμή της αντιστοιχεί στην ελεύθερη περιστροφή του κινητήρα. Εάν ο κινητήρας έχει φορτίο η τιμή αυτή αυξάνεται και μάλιστα ανάλογα με το φορτίο. Για κάποια τιμή του φορτίου ο κινητήρας σταματά να περιστρέφεται, λόγω της μεγάλης αντίστασης, οπότε και η τιμή της έντασης μεγιστοποιείται. Η μέγιστη αυτή τιμή είναι ένα από τα σημαντικά χαρακτηριστικά του κινητήρα που πρέπει να είναι γνωστό για τη σωστή επιλογή της τροφοδοσίας του.
- *Ταχύτητα*. Για τους σερβοκινητήρες και τα σέρβο μετράται σε στροφές ανά λεπτό, rpm, στους βηματικούς κινητήρες σε βήματα ανά δευτερόλεπτο και είναι η ταχύτητα περιστροφής του άξονα του κινητήρα, όταν ο κινητήρας λειτουργεί υπό κανονική τάση. Το μέγεθος αυτό, συνήθως, αναφέρεται στην περιστροφή του κινητήρα χωρίς φορτίο.
- *Ροπή*. Μετράται σε Kgr m και είναι η ροπή που παράγεται από τον κινητήρα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ροπή του κινητήρα τόσο περισσότερο φορτίο μπορεί να αντιμετωπίσει και τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα που μπορεί να περιστραφεί με αυτό το φορτίο. Υπάρχουν δύο χαρακτηριστικές τιμές ροπής για κάθε κινητήρα. Η πρώτη είναι η τιμή της ροπής που παράγεται όταν το φορτίο που αντιμετωπίζει ο κινητήρας είναι τόσο μεγάλο, ώστε έχει ακινητοποιηθεί και ονομάζεται *ροπή ακινητοποίησης*. Η ροπή αυτή είναι η μέγιστη που μπορεί να παραχθεί από τον κινητήρα. Η δεύτερη είναι η τιμή της ροπής που παράγεται όσο ο άξονας του κινητήρα περιστρέφεται και ονομάζεται ροπή κίνησης. Η ροπή κίνησης είναι πολύ

χρήσιμο μέγεθος κατά τη σχεδίαση του ρομποτικού οχήματος γιατί καθορίζει εάν ο κινητήρας θα περιστραφεί ή όχι, δηλαδή εάν το όχημα θα κινηθεί, υπό κάποιο δεδομένο φορτίο.

### 2.3.2 ΙΣΧΥΣ ΚΙΝΗΣΗΣ



**Εικόνας 2.24:** Οι δυνάμεις που ασκούνται σε ένα κινούμενο όχημα [3]

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος για την κίνηση του οχήματος αναλύουμε τις ασκούμενες σε αυτό δυνάμεις, Εικόνα 2.24 [3]. Για να κινηθεί το εικονιζόμενο όχημα θα πρέπει να υπερνικηθούν δύο δυνάμεις, που σχετίζονται μεταξύ τους. Η συνιστώσα  $F_w$  της βαρύτητας και η τριβή κύλισης  $F_f$ . Και οι δυο δυνάμεις ασκούνται με φορά αντίθετη. Συνεπώς αν  $F_{app}$  είναι η δύναμη που απαιτείται για την κίνηση του οχήματος τότε θα πρέπει να ισχύει:

$$F_{app} = F_w + F_f \quad (2.1)$$

Σε επίπεδο έδαφος,  $\theta=0^\circ$  και  $F_w=0$ , δηλαδή δεν υπάρχει δύναμη βαρύτητας να εμποδίζει την κίνηση του οχήματος. Σε κάθε περίπτωση αν  $m$  είναι η μάζα του οχήματος και  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας τότε:

$$F_w = m \cdot g \cdot \sin\theta \quad (2.2)$$

Η δύναμη της τριβής κύλισης εξαρτάται από το συντελεστή τριβής κύλισης,  $\mu$ , μεταξύ του οδοστρώματος και των τροχών και από το βάρος του οχήματος:

$$F_f = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\theta \quad (2.3)$$

Συνδυάζοντας τις προηγούμενες σχέσεις προκύπτει:

$$F_{app} = m \cdot g \cdot \sin\theta + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos\theta \quad (2.4)$$

Σύμφωνα, λοιπόν, με τον ορισμό της ισχύος η απαιτούμενη ισχύς για την κίνηση του οχήματος είναι:

$$P = F_{app} \cdot U \quad (2.5)$$

Η σχέση μεταξύ γωνιακής ταχύτητας του τελικού άξονα μετάδοσης και γραμμικής του τροχού και κατ' επέκταση του οχήματος είναι:

$$U = \omega \cdot r \quad (2.6)$$

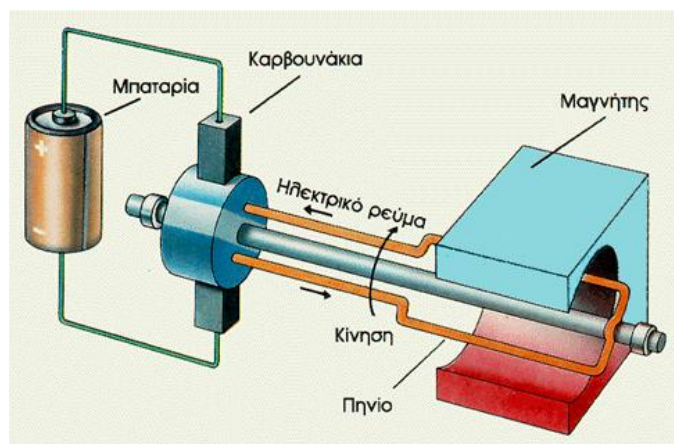
Έτσι, τελικά, η απαιτούμενη ισχύς για την κίνηση του οχήματος είναι:

$$P = F_{app} \cdot \omega \cdot r = T \cdot \omega \quad (2.7)$$

όπου  $T$  η ροπή του κινητήρα του οχήματος όταν αυτός περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ .

Με την ενεργοποίηση των κινητήρων και πριν το όχημα να αρχίσει να κινείται η δύναμη της στατικής τριβής  $F_s$  θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη συνιστώσα του βάρους  $F_w$ . Σε αντίθετη περίπτωση δε θα είναι δυνατόν να υπερνικηθεί η συνιστώσα του βάρους του οχήματος κατά την εκκίνηση, οπότε το όχημα δεν θα μπορεί να κινηθεί και οι τροχοί θα περιστρέφονται επί τόπου, όση και αν είναι η ισχύς που παράγουν οι κινητήρες του οχήματος. Σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται αύξηση του συντελεστή τριβής και όχι της ισχύος για να μπορέσει το όχημα να εκκινήσει.

### 2.3.3 ΣΕΡΒΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

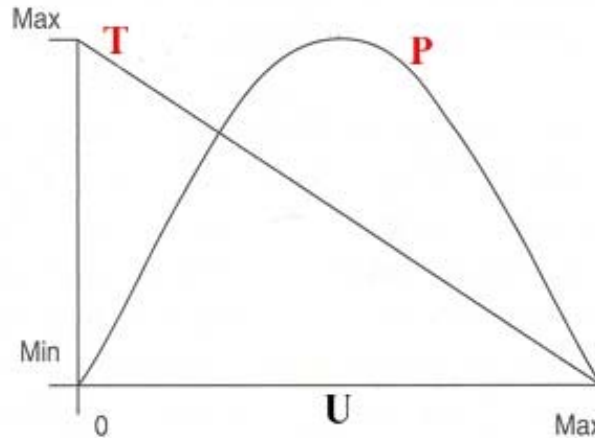


**Εικόνας 2.25:** Η λειτουργία του σερβοκινητήρα

Η πιο διαδεδομένη μορφή ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος, που χρησιμοποιούν τα ρομποτικά οχήματα, είναι οι σερβοκινητήρες. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που υλοποιείται έλεγχος κλειστού βρόχου και γι αυτό απαιτούνται γρήγορες αλλαγές θέσης, ταχύτητας, επιτάχυνσης και παραγωγή μεγάλων ροπών δυνάμεων. Για τις ρομποτικές εφαρμογές των οχημάτων οι σερβοκινητήρες πρέπει να συνδυάζονται με κιβώτιο μείωσης της ταχύτητας περιστροφής και αισθητήρες θέσης ή κωδικοποιητές.

Υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ της ροπής, της ταχύτητας περιστροφής, της ισχύος και της αποδοτικότητας του σερβοκινητήρα. Οι μέγιστες τιμές ροπής εμφανίζονται όταν υπάρχει μεγάλο φορτίο στον κινητήρα και η περιστροφή του τείνει να σταματήσει. Καθώς το φορτίο μειώνεται και η ταχύτητα αυξάνεται η ροπή που ασκεί ο κινητήρας μειώνεται. Στην γραφική παράσταση της Εικόνας 2.26 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ ισχύος, ροπής και ταχύτητας περιστροφής





**Εικόνας 2.26:** Σχέση μεταξύ ροπής  $T$ , ισχύος  $P$  και ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα  $U$  [3]

Ένα από τα χαρακτηριστικά των σερβοκινητήρων είναι ότι παράγουν τη μέγιστη ισχύ τους, όταν περιστρέφονται με το ήμισυ της μέγιστης ταχύτητας περιστροφής, που επιτυγχάνεται αν το φορτίο του κινητήρα είναι μηδενικό. Σε αυτήν την ταχύτητα περιστροφής η παραγόμενη ροπή του σερβοκινητήρα είναι το ήμισυ της μέγιστης ροπής ακινητοποίησης. Έτσι, σύμφωνα με τη Σχέση 2.7, η μέγιστη, παραγόμενη από τον κινητήρα του οχήματος, ισχύς είναι [3]:

$$P_{\max} = \frac{1}{4} \cdot T_{\max} \cdot \omega_{\max} \quad (2.8)$$

Χρησιμοποιώντας τη Σχέση 2.8 υπολογίζεται η μέγιστη ισχύς ενός κινητήρα έχοντας ως δεδομένα τη μέγιστη ροπή και τη μέγιστη ταχύτητα περιστροφής του, που συνήθως δίνονται από τον κατασκευαστή. Η μέγιστη ισχύς ενός υποψήφιου για την κίνηση του οχήματος κινητήρα, θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη ισχύ που υπολογίζεται από τη σχέση 2.7.

Ένα άλλο πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό των σερβοκινητήρων, είναι πως παρουσιάζουν τη μέγιστη απόδοσή τους, όταν περιστρέφονται με την ταχύτητα στην οποία παράγουν το 10% της μέγιστης ροπής τους, δηλαδή της ροπής ακινητοποίησης. Η ταχύτητα αυτή είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα στην οποία παρουσιάζεται η μέγιστη ισχύς,  $P_{\max}$ , του σερβοκινητήρα. Για να είναι κατάλληλος ένας σερβοκινητήρας για ένα όχημα θα πρέπει να λειτουργεί στην περιοχή μέγιστης απόδοσής του και όχι μέγιστης ισχύος, κατά τις συνήθεις συνθήκες κίνησής του. Με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται η χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από τον κινητήρα, για τις επιθυμητές ταχύτητες κίνησης.



**Εικόνας 2.27:** Σερβοκινητήρας με κιβώτιο μείωσης της σχέσης μετάδοσης

Οι συνήθεις ταχύτητες περιστροφής των σερβοκινητήρων είναι από μερικές εκατοντάδες έως και δεκάδες χιλιάδες στροφές το δευτερόλεπτο. Τέτοιες ταχύτητες είναι πολύ μεγάλες για τις απαιτήσεις των ρομποτικών οχημάτων. Η λύση είναι η σύνδεση ενός κιβωτίου γραναζιών μείωσης της σχέσης μετάδοσης, μεταξύ του άξονα του κινητήρα και του άξονα της τελικής μετάδοσης στον τροχό. Η λύση αυτή έχει ως αποτέλεσμα και την αύξηση της ροπής του κινητήρα, ανάλογα με τη σχέση μείωσης της μετάδοσης. Για παράδειγμα ο σερβοκινητήρας της Εικόνας 2.27 είναι συνδεδεμένος με ένα κιβώτιο μείωσης 50:1. Η ταχύτητα περιστροφής του είναι 6.000 rpm οπότε ο άξονας εξόδου του κιβωτίου περιστρέφεται με  $6.000/50=120$  rpm, ταχύτητα κατάλληλη για κίνηση ρομποτικών οχημάτων. Επίσης η ροπή στον τελικό άξονα μετάδοσης είναι πενήντα φορές μεγαλύτερη. Στην πραγματικότητα λόγω τριβών η αύξηση της ροπής είναι μικρότερη, ανάλογα με τις απώλειες ισχύος που παρουσιάζει το κάθε κιβώτιο. Υπάρχουν πολλά είδη κιβωτίων μείωσης που παρουσιάζουν και άλλες χρησιμότητες, εκτός από τη μείωση της ταχύτητας περιστροφής και την αύξησης της ροπής του κινητήρα. Έτσι υπάρχουν κιβώτια που μπορεί να μετατρέπουν την περιστροφική κίνηση σε γραμμική, να μετατοπίζουν ή να αλλάζουν τη διεύθυνση του άξονα μετάδοσης.

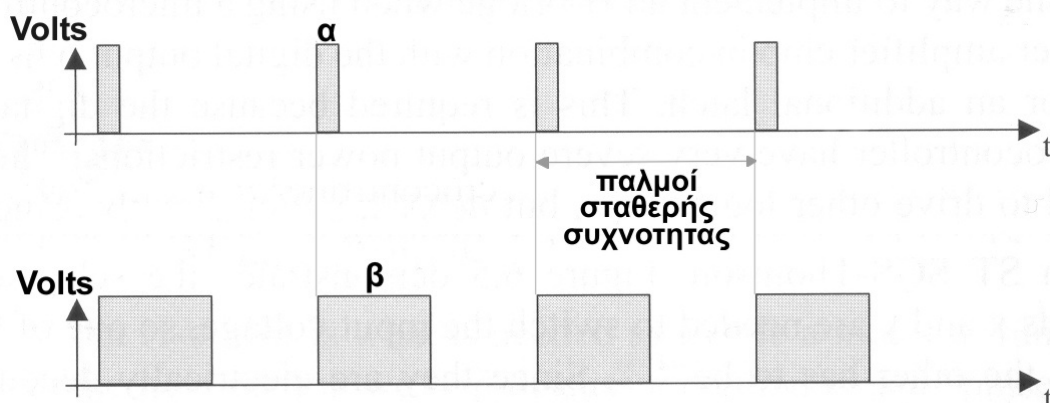
Τα μειονεκτήματα της χρήσης κιβωτίων είναι οι απώλειες ισχύος, η θορυβώδης λειτουργία τους και η αύξηση στις διαστάσεις και το βάρος του συστήματος κίνησης. Η απώλεια της ισχύος αυξάνεται, όσο αυξάνεται ο λόγος μετάδοσης. Έτσι για ένα τυπικό σύστημα σερβοκινητήρα και κιβωτίου, η απώλεια είναι 19% για σχέση μείωσης 6:1 και φτάνει το 47% για σχέση 1.000:1. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να προτιμούνται κινητήρες με μικρές ταχύτητες περιστροφής που συνδυάζονται με κιβώτια μικρής σχέσης μείωσης, εάν το ζητούμενο είναι οι μικρές ταχύτητες κίνησης του οχήματος.

Τα κιβώτια χαρακτηρίζονται από τη σχέση μείωσης που επιτυγχάνουν, το υλικό κατασκευής και το σχήμα των γραναζιών που περιέχουν. Υπάρχουν, επίσης, κιβώτια σφραγισμένα, Εικόνα 2.27 και άλλα που είναι ανοιχτά και είναι δυνατή η επέμβαση στο εσωτερικό τους. Για αυξημένες απαιτήσεις κίνησης τα γρανάζια είναι από μεταλλικά κράματα. Σε φθηνές ή μικρής ισχύος κατασκευές, το υλικό που χρησιμοποιείται είναι το πλαστικό, ή συνδυασμός μεταλλικών και πλαστικών γραναζιών. Τα γρανάζια συνήθως είναι οδοντωτά κυκλικά, υπάρχουν όμως και ελικοειδή και κωνικά. Τα ελικοειδή είναι λιγότερο θορυβώδη και μπορούν να μεταδίδουν μεγάλες τιμές ροπής, σε μεγάλες ταχύτητες. Τα κωνικά εμπλέκονται συνήθως υπό γωνία  $90^\circ$  και έτσι μπορεί να αλλάζει η διεύθυνση του άξονα κίνησης.

Στα ρομποτικά οχήματα η λειτουργία των σερβοκινητήρων καθορίζεται από τον υπεύθυνο για την κίνηση μικροεπεξεργαστή. Όλοι οι μικροεπεξεργαστές που χρησιμοποιούνται στα ρομποτικά οχήματα, έχουν θύρες εξόδου για την επικοινωνία τους με συσκευές όπως οι σερβοκινητήρες. Οι θύρες όμως αυτές παρέχουν ρεύματα πολύ μικρής έντασης, μερικών δεκάδων mA. Οι κινητήρες απαιτούν ρεύματα που φτάνουν σε ένταση



αρκετών Amps. Για να μπορεί ο κινητήρας να ελεγχθεί από τον μικροεπεξεργαστή και να τροφοδοτηθεί με το απαραίτητο ρεύμα, μεσολαβεί μεταξύ τους το κατάλληλο ηλεκτρονικό κύκλωμα. Το κύκλωμα αυτό, που ονομάζεται κύκλωμα οδήγησης ή οδηγός ή ενισχυτής, οδηγείται από τα σήματα ελέγχου του μικροεπεξεργαστή που προορίζονται για τον κινητήρα και τροφοδοτείται από την τροφοδοσία επίσης του κινητήρα. Ο σερβοκινητήρας συνδέεται στο κύκλωμα αυτό, από όπου οδηγείται με τα κατάλληλα ρεύματα σύμφωνα με τις εντολές του μικροεπεξεργαστή.



**Εικόνας 2.28:** Η τεχνική Διαμόρφωσης Πλάτους Παλμού (PWM)

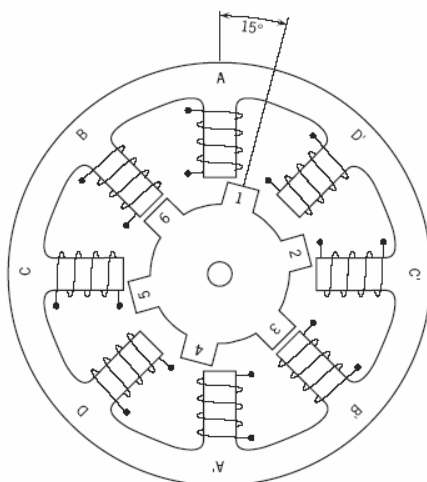
Οι σερβοκινητήρες, υπό κανονικές συνθήκες τάσης και φορτίου, περιστρέφονται με μια συγκεκριμένη ταχύτητα. Στα ρομποτικά οχήματα όμως απαιτείται κίνηση σε όλο το εύρος των ταχυτήτων, από τις πολύ μικρές έως την μέγιστη δυνατή. Η λύση στο πρόβλημα αυτό είναι η χρήση της μεθόδου Διαμόρφωσης Πλάτους Παλμού (Pulse Width Modulation, PWM). Η μέθοδος αυτή υποστηρίζεται σήμερα από όλους τους δημοφιλείς για την κατασκευή ρομποτικών οχημάτων μικροεπεξεργαστές και οδηγούς κινητήρων. Ο μικροεπεξεργαστής στέλνει στον οδηγό του κινητήρα, όχι μια σταθερή τάση, αλλά παλμούς σταθερής συχνότητας από 2 έως 25 KHz, η διάρκεια των οποίων καθορίζει την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα. Εάν ο οδηγός του κινητήρα λαμβάνει από τον μικροεπεξεργαστή την κυματομορφή β της Εικόνας 2.28, θα περιστρέψει τον κινητήρα με πενταπλάσια ταχύτητα, από ότι αν λάμβανε την κυματομορφή α, αφού  $\beta=5\cdot\alpha$ . Η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα είναι ανάλογη του εμβαδού της κυματομορφής και μπορεί, με αυτόν τον τρόπο, να πάρει θεωρητικά όλες τις τιμές, από το μηδέν, έως την μέγιστη τιμή της. Αν σταματήσει η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στον κινητήρα τότε στον άξονά του δεν ασκούνται πλέον δυνάμεις και μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα. Για την ακινητοποίηση λοιπόν του οχήματος πρέπει να επιλεγθούν σερβοκινητήρες με ηλεκτρικό ή μηχανικό φρένο.

Τα κύρια μειονεκτήματα των σερβοκινητήρων είναι η υψηλή τους κατανάλωση και το υψηλό κόστος του συνολικού συστήματος κίνησης, που εκτός από τον κινητήρα, πρέπει επίσης να περιλαμβάνει κύκλωμα οδήγησης, κιβώτιο και κωδικοποιητή. Τέλος,

Οι σερβοκινητήρες διατίθενται στο εμπόριο σε πολύ μεγαλύτερη ποικιλία από ότι τα άλλα είδη κινητήρων. Έτσι είναι εύκολη η επιλογή του κατάλληλου, με χαρακτηριστικά ανάλογα του είδους κίνησης που θα εκτελεί το ρομποτικό όχημα. Είναι οι πιο ισχυροί από τα τρία είδη των κινητήρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα ρομποτικά οχήματα. Είναι συνεπώς οι καταλληλότεροι για τα μεσαίου και μεγάλου μεγέθους οχήματα. Οι παράγοντες που πρέπει να καθορίσουν την επιλογή ενός σερβοκινητήρα είναι η επιθυμητή ταχύτητα περιστροφής, οι απαιτήσεις ισχύος, η ευκολία τοποθέτησης του κινητήρα στο όχημα και σύνδεσής του με τις άλλες συσκευές του συστήματος κίνησης, όπως οι τροχοί και το κιβώτιο. Τέλος θα πρέπει να προτιμούνται έτοιμες, ολοκληρωμένες λύσεις, όπως συστήματα σερβοκινητήρα με

ενσωματωμένο κιβώτιο και κωδικοποιητή, καθώς είναι πιο αξιόπιστα και μειώνουν τις κατασκευαστικές απαιτήσεις.

#### 2.3.4 ΒΗΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ



**Εικόνα 2.29:** Τομή ενός βηματικού κινητήρα

Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς παλμούς για την κίνησή τους. Στην Εικόνα 2.29 παρουσιάζεται η διατομή ενός απλού βηματικού κινητήρα που αποτελείται από έναν ρότορα μαλακού σιδήρου με οδοντώσεις και έναν στάτορα με τέσσερα ζεύγη ηλεκτρομαγνητών: A και A', B και B', C και C', D και D'. Για να κινηθεί ο κινητήρας εφαρμόζεται διαδοχικά σε κάθε ένα από τα παραπάνω ζεύγη μια τάση ηλεκτρικού ρεύματος. Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται από το ένα ζεύγος ηλεκτρομαγνητών στο διπλανό του ο ρότορας μετατοπίζεται κατά  $15^\circ$  λόγω των μαγνητικών δυνάμεων που εφαρμόζονται σε αυτόν. Η γωνία αυτή ονομάζεται βήμα του κινητήρα και είναι ένα από τα μεγέθη που τον χαρακτηρίζουν. Πιο αναλυτικά, όταν ένας παλμός ηλεκτρικού ρεύματος εφαρμοστεί στο ζεύγος A και A' του στάτορα, οι οδοντώσεις 1 και 4 του ρότορα ευθυγραμμίζονται με τους ηλεκτρομαγνήτες A και A' αντίστοιχα, λόγω της μαγνητικής έλξης. Στο στιγμιότυπο της Εικόνας 2.29 βλέπουμε τη θέση του κινητήρα όταν το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται από το ζεύγος A, A' στο B, B'. Οι οδοντώσεις 6 και 3 ευθυγραμμίζονται με τους ηλεκτρομαγνήτες B και B' αντίστοιχα και έτσι ο ρότορας στρέφεται κατά 15 μοίρες κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Στην συνέχεια παύει η εφαρμογή του ρεύματος στο ζεύγος B, B' και μεταφέρεται στο C και C'. Το αποτέλεσμα είναι η ευθυγράμμιση των οδοντώσεων 5 και 2 με τα C και C'. Τέλος, το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται στο ζεύγος D και D' το οποίο ευθυγραμμίζεται με τις οδοντώσεις 4 και 1 αντίστοιχα και στη συνέχεια ο κύκλος εναλλαγής του ρεύματος επαναλαμβάνεται. Η περιστροφή κατά φορά αντίστροφη της φοράς των δεικτών του ρολογιού, επιτυγχάνεται αντιστρέφοντας τη σειρά εναλλαγής της εφαρμογής της ηλεκτρικής τάσης στα ζεύγη των ηλεκτρομαγνητών.

Τα πλεονεκτήματα του βηματικών κινητήρων είναι τα παρακάτω [9]:

- Ο βηματικός κινητήρας όταν βρίσκεται σε κατάσταση ακινησίας ασκεί μαγνητική δύναμη στο ρότορα, που δεν του επιτρέπει να περιστραφεί ελεύθερα, εφόσον τα πηνία τροφοδοτούνται με ρεύμα. Έτσι, σε αντίθεση με τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος, δεν χρειάζονται φρένα για να μένουν ακίνητοι.
- Οι μετακινήσεις είναι ακριβείς καθώς οι βηματικοί κινητήρες έχουν ακρίβεια 3-5% σε κάθε βήμα.

- Έχουν εξαιρετική απόκριση στην εκκίνηση τους. Επίσης δεν απαιτείται μηχανικό φρένο για την επιβράδυνση τους.
- Είναι πολύ αξιόπιστοι καθώς για τη λειτουργία τους δεν απαιτούνται κινούμενες ηλεκτρικές επαφές όπως στον κινητήρα συνεχούς ρεύματος. Επομένως η ζωή του κινητήρα εξαρτάται μόνο από τη ζωή του εδράνου κύλισης.
- Η απόκριση του κινητήρα σε εισερχόμενους ψηφιακούς παλμούς δίνει την δυνατότητα ελέγχου *Ανοιχτού Βρόχου (Open Loop operation)* με μεγάλη ακρίβεια, κάνοντας τον κινητήρα ευκολότερα και φθηνότερα ελέγξιμο.
- Για τον έλεγχο ανοιχτού βρόχου δεν χρειάζεται να υπάρχει ανάδραση πληροφορίας στο σύστημα ελέγχου για τη θέση του συστήματος, κάτι που είναι απαραίτητο στον έλεγχο κλειστού βρόχου. Αυτό σημαίνει ότι αποφεύγονται έξοδα για ακριβείς αισθητήρες θέσης και συσκευές ανάδρασης. Η θέση του συστήματος μπορεί εύκολα να υπολογιστεί σε κάθε στιγμή αν κρατούνται ως δεδομένα οι εισερχόμενοι παλμοί στον κινητήρα. Έτσι ξεκινώντας από μία θέση μπορεί, μετρώντας τον αριθμό και τις εναλλαγές των παλμών, να υπολογιστεί η θέση του συστήματος σε κάθε χρονική στιγμή.
- Είναι δυνατόν να επιτευχθεί πολύ χαμηλή ταχύτητα περιστροφής.
- Ο κινητήρας έχει μεγάλο εύρος ταχυτήτων περιστροφής.
- Δεν απαιτεί κυκλώματα οδήγησης και κιβώτιο μείωσης της σχέσης μετάδοσης.
- Είναι εύκολη η διασύνδεση και ο έλεγχός τους από μικροεπεξεργαστή, σε αντίθεση με τους κινητήρες DC.

Τα μειονεκτήματα των βηματικών κινητήρων είναι τα ακόλουθα:

- Η λειτουργία του κινητήρα μπορεί να είναι ιδιαίτερα θορυβώδης ειδικά εάν αυτός δεν ελέγχεται σωστά.
- Δεν είναι εύκολη η λειτουργία τους σε υψηλές ταχύτητες.
- Είναι αδύναμοι για το μέγεθός τους σε σχέση με τους σερβοκινητήρες και τα σέρβο.
- Κατά τη μετακίνηση φορτίων μεγάλης μάζας μπορεί να μη σταματήσει ακαριαία ο κινητήρας, λόγω της αυξημένης αδράνειας.

Υπάρχουν πολλά είδη βηματικών κινητήρων. Διακρίνονται σε μονοπολικούς και διπολικούς, ανάλογα με το αν στα πηνία τους το ρεύμα διαρρέει πάντα προς μια ή και προς την αντίθετη κατεύθυνση αντίστοιχα. Επίσης διακρίνονται σε βηματικούς κινητήρες κύματος, δύο φάσεων, και τέλος μισού βήματος, ανάλογα με τη σειρά που τα ζεύγη πηνίων διατρέχονται από το ηλεκτρικό ρεύμα.

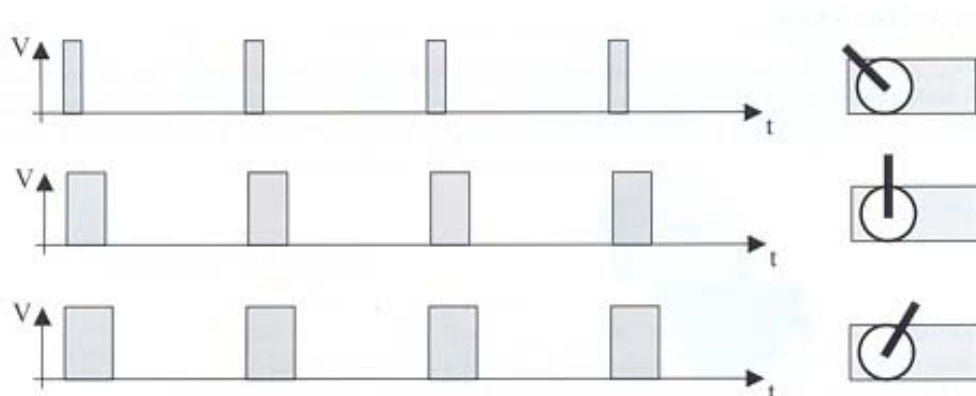
Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρά οχήματα εσωτερικού χώρου. Αυτό συμβαίνει επειδή είναι σχετικά αδύναμοι αλλά και επειδή δεν απαιτούν κυκλώματα οδήγησης, κιβώτιο μείωσης της σχέσης μετάδοσης και κωδικοποιητή. Με τη χρήση των βηματικών κινητήρων ο μικροεπεξεργαστής που είναι υπεύθυνος για την κίνηση του οχήματος εφαρμόζει έλεγχο ανοιχτού βρόχου και έτσι το όλο σύστημα κίνησης είναι απλούστερο, μικρότερο σε διαστάσεις και ελαφρύτερο. Έχουν χαμηλό κόστος, ιδιαίτερα αν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι, για την προσθήκη τους στο σύστημα κίνησης του οχήματος, δεν απαιτείται πρόσθετος εξοπλισμός. Στο εμπόριο διατίθενται σε ικανοποιητική ποικιλία χαρακτηριστικών, καλύπτοντας πλήρως τις ανάγκες για την κίνηση των ρομποτικών οχημάτων.

### 2.3.5 ΣΕΡΒΟ



**Εικόνα 2.30:** Το σέρβο HS422 της Hitec

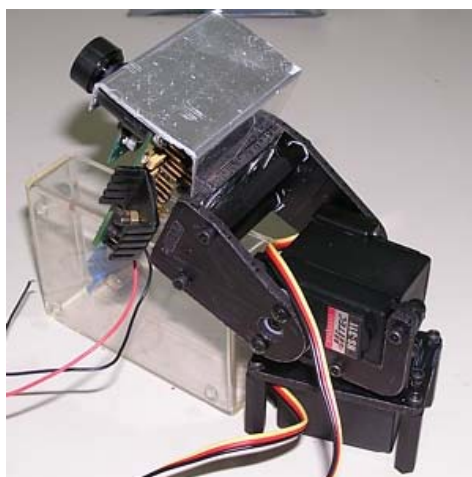
Τα σέρβο χρησιμοποιούνται σε τηλεκατευθυνόμενα μοντέλα αλλά και σε πολλές ρομποτικές εφαρμογές. Είναι συσκευές που αποτελούνται από έναν ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος, ένα κιβώτιο υποβιβασμού της σχέσης μετάδοσης του κινητήρα και ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που ελέγχει, σε πραγματικό χρόνο, τη θέση του άξονα της τελικής μετάδοσης του σέρβο. Όλα τα τμήματά του περιβάλλονται από ένα συμπαγές περίβλημα από το οποίο εξέρχει μόνο ο τελικός άξονας κίνησης. Ένα τυπικό παράδειγμα σέρβο παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.30. Σε σχέση με έναν σερβοκινητήρα το σέρβο περιλαμβάνει επιπλέον κιβώτιο και ηλεκτρονικό κύκλωμα έλεγχου θέσης.



**Εικόνα 2.31:** Τρία σήματα ελέγχου και οι αντίστοιχες θέσεις του σέρβο.

Κάθε σέρβο έχει δύο ηλεκτρικές επαφές για την τροφοδοσία του και μια τρίτη για το σήμα ελέγχου. Στέλνοντας το κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα στη γραμμή ελέγχου του σέρβο, χρησιμοποιώντας διαμόρφωση πλάτους παλμού, προκαλείται περιστροφή του άξονά του σε μια συγκεκριμένη θέση. Στους σερβοκινητήρες, αντίθετα, υπάρχουν δύο μόνο ηλεκτρικές επαφές για την εφαρμογή της τάσης λειτουργίας. Το σήμα ελέγχου του σέρβο είναι μια τετραγωνική κυματομορφή συχνότητας 50Hz, Εικόνα 2.31, στην οποία η θέση του τελικού άξονα του σέρβο είναι ανάλογη της διάρκειας του παλμού. Η διάρκεια του παλμού κυμαίνεται από 0 έως 2 ms. Η συνήθης γωνία περιστροφής τους είναι  $130^\circ$  έως  $180^\circ$ . Με κάποιες αλλαγές όμως στο κιβώτιο και στο κύκλωμα ελέγχου, οι τελικοί άξονες των σέρβο μπορούν να εκτελούν πλήρεις περιστροφές  $360^\circ$ , με διάφορες ταχύτητες, δηλαδή να περιστρέφονται συνεχώς, όπως και οι κοινοί ηλεκτροκινητήρες. Η δυνατότητα αυτή είναι πολύ χρήσιμη για την κίνηση των ρομποτικών οχημάτων, όπου τα τροποποιημένα σέρβο χρησιμοποιούνται ως φθινοί, συμπαγείς ηλεκτροκινητήρες με κιβώτιο. Είναι σαφές από τα παραπάνω ότι το σέρβο

είναι διαφορετική συσκευή από το σερβοκινητήρα, που περιγράφηκε σε προηγούμενη παράγραφο.



**Εικόνα 2.31:** Βάση για τη στήριξη εικονολήπτη, που περιστρέφεται με τη βοήθεια σέρβο δεξιά, αριστερά, πάνω, κάτω.

Τα μη τροποποιημένα σέρβο χρησιμοποιούνται στα βαδίζοντα ρομπότ, ενώ τα τροποποιημένα στα μικρά ρομποτικά οχήματα εσωτερικού χώρου. Πολλά ρομποτικά οχήματα τα χρησιμοποιούν επίσης για την περιστροφή κάποιων τμημάτων τους, για παράδειγμα ενός εικονολήπτη, Εικόνα 2.31, ώστε να καλύπτει μεγαλύτερο χώρο. Δεν μπορούν να επιτύχουν τις ταχύτητες περιστροφής και τις τιμές ροπής των μεγαλύτερων και βαρύτερων σερβοκινητήρων και είναι λιγότερο αξιόπιστα από αυτούς. Το σημαντικότερο μειονέκτημά των τροποποιημένων σέρβο για τη χρήση τους στα ρομποτικά οχήματα είναι η αδυναμία για ακριβή έλεγχο της ταχύτητας περιστροφής τους. Επίσης τα σέρβο συνεχούς περιστροφής, όπως και οι σερβοκινητήρες, απαιτούν τη χρήση κωδικοποιητή για τον υπολογισμό της μετακίνησης του οχήματος κάτι που δεν είναι απαραίτητο για τους βηματικούς κινητήρες. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά τους είναι η συμπαγής, μικρών διαστάσεων κατασκευή τους και το μικρό τους κόστος.

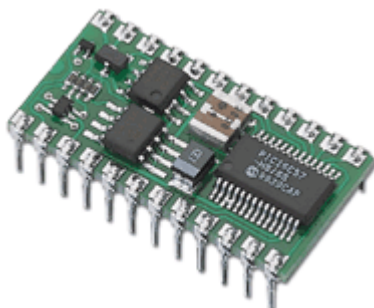
Διατίθενται σε διάφορες ποιότητες, μεγέθη και υπάρχουν τα κατάλληλα σέρβο για μεγάλο εύρος επιθυμητών ροπών και ταχυτήτων περιστροφής. Όπως και οι βηματικοί κινητήρες, τα σέρβο μπορεί εύκολα να ελεγχθούν από όλους τους εμπορικά διαθέσιμους μικροεπεξεργαστές, κατάλληλους για τον έλεγχο της κίνησης στα ρομποτικά οχήματα.

## **2.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ**

Όλα ρομποτικά οχήματα, ακόμη και τα τηλεκατευθυνόμενα διαθέτουν ηλεκτρονικές μονάδες ελέγχου και επικοινωνίας. Οι συσκευές αυτές διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες: μικροεπεξεργαστές, κυκλώματα οδήγησης και συσκευές ασύρματης επικοινωνίας. Στην πράξη ο έλεγχος του ρομποτικού οχήματος και η επικοινωνία του με το περιβάλλον υλοποιείται με συνδυασμό συσκευών των τριών αυτών κατηγοριών αρκεί να υπάρχει η απαραίτητη συμβατότητα μεταξύ τους. Εάν είναι αναγκαστική η συνεργασία δυο ηλεκτρονικών συσκευών, που παρουσιάζουν ασυμβατότητα μεταξύ τους, τότε είναι αναγκαία και μια τρίτη συσκευή που θα μεσολαβήσει ως συσκευή διεπαφής για τη σύνδεσή τους. Οι συσκευές διεπαφής είναι η τέταρτη κατηγορία ηλεκτρονικών συσκευών, που παρόλο που δεν είναι συσκευές ελέγχου και επικοινωνίας χρησιμοποιούνται πολύ συχνά για την κατασκευή

ρομποτικών οχημάτων. Συνήθως μετατρέπουν τάσεις στα σήματα επικοινωνίας, ή αποτελούν προσωρινές μνήμες αποθήκευσης δεδομένων.

#### 2.4.1 ΕΛΕΓΚΤΕΣ

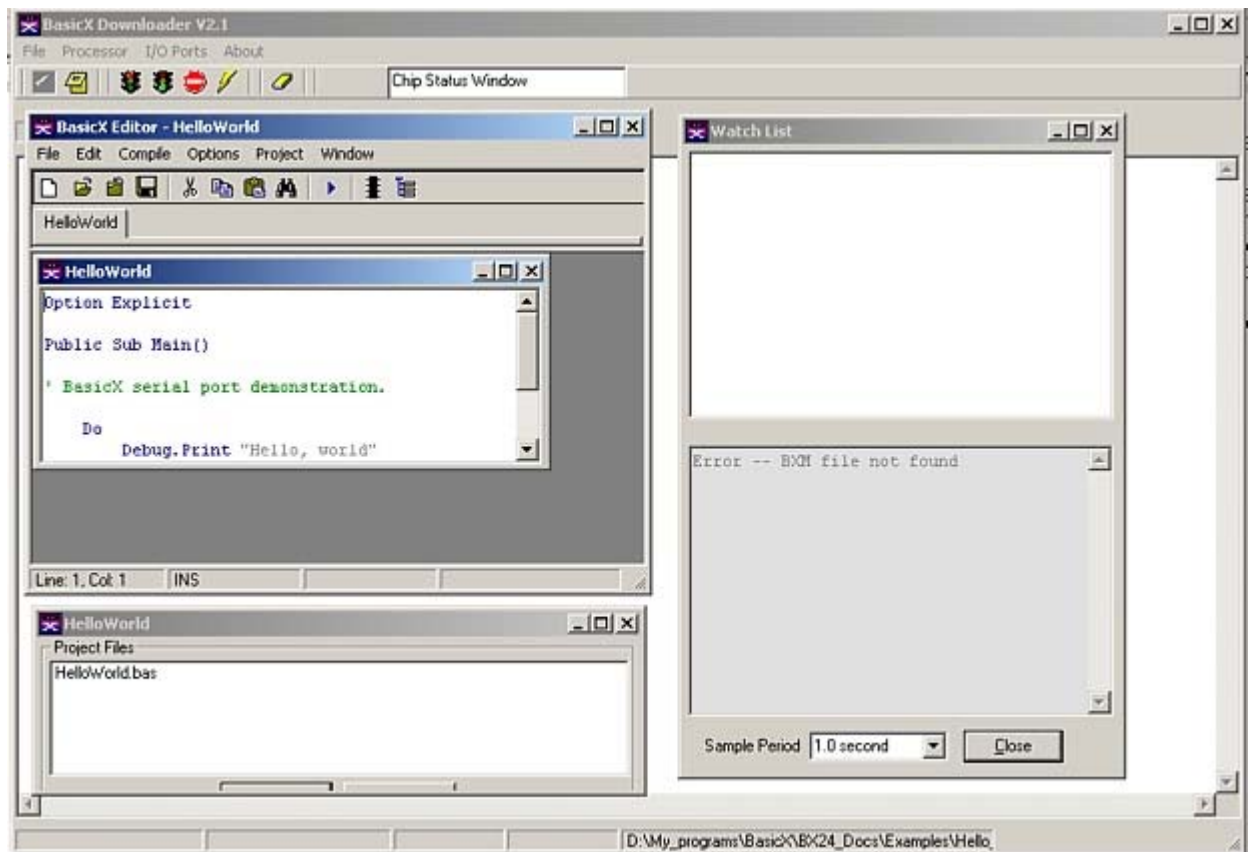


**Εικόνα 2.32:** Ο ελεγκτής BASIC Stamp 2

Οι μικροεπεξεργαστές είναι οι συσκευές που βρίσκονται ιεραρχικά υψηλότερα από όλες τις άλλες που περιλαμβάνει το ρομποτικό όχημα. Είναι ότι ο εγκέφαλος για τον άνθρωπο. Οι συσκευές αυτές παράγουν όλα τα ηλεκτρικά σήματα, για να αρχικοποιηθούν και στη συνέχεια να λειτουργήσουν, όλες οι υπόλοιπες συσκευές του οχήματος. Στην περίπτωση που υπάρχουν στο ίδιο όχημα περισσότεροι από ένας συνεργαζόμενοι μικροεπεξεργαστές, τότε υπάρχει μεταξύ τους σαφής ιεράρχηση και ανάθεση καθηκόντων. Ο κάθε μικροεπεξεργαστής για να λειτουργήσει απαιτεί πλήθος περιφερειακών, μαζί με τα οποία σχηματίζει μια ή περισσότερες πλακέτες ηλεκτρονικών στοιχείων. Επίσης χρειάζεται ένα αρχικό πρόγραμμα που θα εκτελείται με την εκκίνηση του συστήματος, που αποτελεί το λειτουργικό σύστημα του μικροεπεξεργαστή. Το πρόγραμμα αυτό θέτει τις προδιαγραφές λειτουργίας του και διαχειρίζεται τους πόρους του συστήματος της πλακέτας.

Το σύστημα του μικροεπεξεργαστή μαζί με την πλακέτα που τον υποστηρίζει είναι ένας πλήρης ηλεκτρονικός υπολογιστής και ονομάζεται ελεγκτής του ρομποτικού οχήματος. Οι περισσότεροι ελεγκτές συνοδεύονται από το αντίστοιχο λειτουργικό σύστημα, ώστε να είναι έτοιμοι για εκτέλεση προγραμμάτων. Υπάρχουν και ελεγκτές στους οποίους ο χρήστης, ανάλογα με τις ανάγκες του οχήματος, μπορεί να επιλέξει κάποιο λειτουργικό σύστημα για να εγκαταστήσει ή να συγγράψει ένα δικό του. Οι φυσικές διαστάσεις, η πολυπλοκότητα, οι δυνατότητες ελέγχου και επικοινωνίας, η υπολογιστική ισχύς, οι δομές δεδομένων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν, οι δυνατότητες αποθήκευσης δεδομένων και προγραμμάτων των ελεγκτών παρουσιάζουν σημαντική ποικιλία.





**Εικόνα 2.33:** Το περιβάλλον εργασίας του μικροελεγκτή Basic-X

Η τεχνολογική εξέλιξη σε αυτόν τον τομέα είναι ραγδαία. Υπάρχουν πολλοί και προσιτοί σύγχρονοι ελεγκτές που υπερκαλύπτουν τις ανάγκες των ρομποτικών οχημάτων. Η σημαντικότερη όμως εξέλιξη είναι το φιλικό περιβάλλον που πλέον διακρίνει τους περισσότερους σύγχρονους ελεγκτές. Παλαιότερα ο προγραμματισμός τους γίνονταν με τη χρήση κάποιας γλώσσας χαμηλού επιπέδου, για παράδειγμα Assembly και απαιτούσε βαθιά γνώση της αρχιτεκτονικής του ελεγκτή. Σήμερα οι ελεγκτές προγραμματίζονται με γλώσσες υψηλού επιπέδου, συνήθως αντικειμενοστραφείς σε πολύ φιλικό περιβάλλον, Εικόνα 2.33, χωρίς να απαιτείται από τον προγραμματιστή να διαθέτει εξειδικευμένες γνώσεις σε θέματα λογισμικού και υλικού.

Κάθε αυτόνομο ρομποτικό όχημα περιέχει έναν ή περισσότερους ελεγκτές. Πάντα όμως υπάρχει ένας εποπτικός ελεγκτής που καθοδηγεί τους υπόλοιπους. Κατώτερου Ελεγκτές που βρίσκονται κατώτερα σε ιεραρχία μπορεί να χρησιμοποιούνται, για παράδειγμα, για τον έλεγχο του συστήματος κίνησης, για τη λειτουργία κάποιου αισθητήρα ή για την ασύρματη επικοινωνία του κύριου ελεγκτή με έναν άλλον. Η χρήση, περισσότερων από ένα, ελεγκτών είναι μερικές φορές αναγκαία λόγω των προδιαγραφών των συσκευών που περιλαμβάνει το όχημα. Συνήθως, επίσης, χρησιμοποιούνται για την αποσυμφόρηση του κύριου ελεγκτή και την αποδοτικότερη κατανομή εργασιών. Στα τηλεκατευθυνόμενα ρομποτικά οχήματα μπορεί να μην περιέχονται ελεγκτές επί του οχήματος. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει ένας σταθμός βάσης που περιλαμβάνει τον ή τους ελεγκτές που είναι υπεύθυνοι για τη λειτουργία του οχήματος.

Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες ελεγκτών εάν θέσουμε ως κριτήριο τις δυνατότητές τους, οι μικροελεγκτές και οι προσωπικοί υπολογιστές.

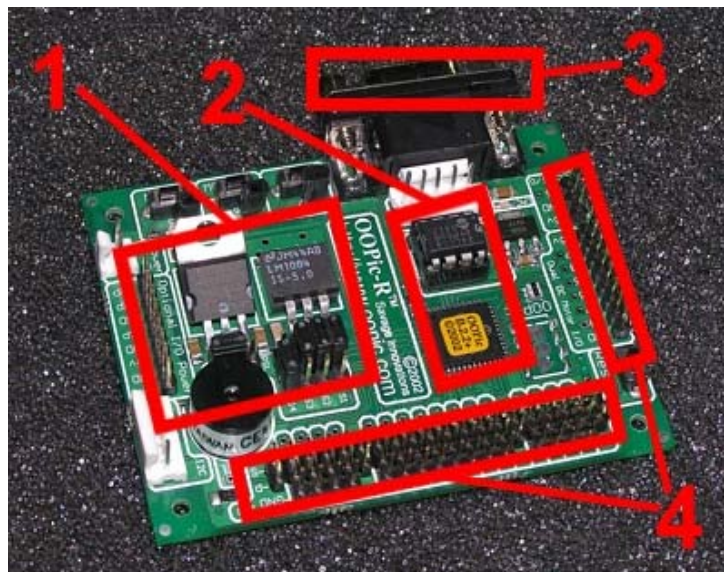
#### 2.4.1.1 ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ

Οι μικροελεγκτές χαρακτηρίζονται από το μικρό τους μέγεθος και το πολύ χαμηλό κόστος. Οι διαστάσεις τους σπάνια ξεπερνούν τα  $10 \times 10 \text{ cm}$ . Υπάρχουν πολλοί, ιδιαίτερα διαδεδομένοι στα ρομποτικά οχήματα, ελεγκτές σε μέγεθος μικρού γραμματοσήμου, όπως ο Basic-X, Εικόνα 2.32 και ο OOPIC-C. Οι τιμές τους δεν ξεπερνούν τα 100€, με την πλειοψηφία τους να κοστίζουν από 40 έως 70€. Οι ακόμη μικρότερες κατασκευές είναι αρκετά ακριβότερες και πολύ δύσχρηστες. Χρησιμοποιούνται μόνο σε εξειδικευμένα και πολύ δύσκολα στην κατασκευή τους, μικρά, ρομποτικά οχήματα, όπως το Monsieur II-p, Εικόνα 2.34.



**Εικόνα 2.34:** Το ρομποτικό όχημα Monsieur II-p, που περιλαμβάνει έναν πολύ περιορισμένων διαστάσεων μικροελεγκτή της Seiko Epson Corp

Οι μικροελεγκτές περιλαμβάνουν τον μικροεπεξεργαστή, το ρολόι και τη μνήμη του. Η μνήμη των μικροελεγκτών αποτελείται από μνήμη τυχαίας προσπέλασης, RAM, και ηλεκτρικά επαναπρογραμματιζόμενη μνήμη, EEPROM, που δεν αλλοιώνει τα περιεχόμενά της όταν διακοπεί η τροφοδοσία της και το όχημα παραμένει εκτός λειτουργίας. Στη μνήμη EEPROM βρίσκεται αποθηκευμένο το λειτουργικό σύστημα του μικροεπεξεργαστή, καθώς και το πρόγραμμα που αυτός εκτελεί κάθε φορά. Στους συνήθεις μικροελεγκτές το μέγεθος της RAM είναι μερικές εκατοντάδες bytes και της EEPROM από μερικά έως μερικές δεκάδες Kbytes.



**Εικόνα 2.35:** Τα τμήματα του ελεγκτή OOPic-R, 1:τροφοδοσία, 2: επεξεργαστής και μνήμη, 3: σειριακή θύρα, 4: είσοδοι, έξοδοι.

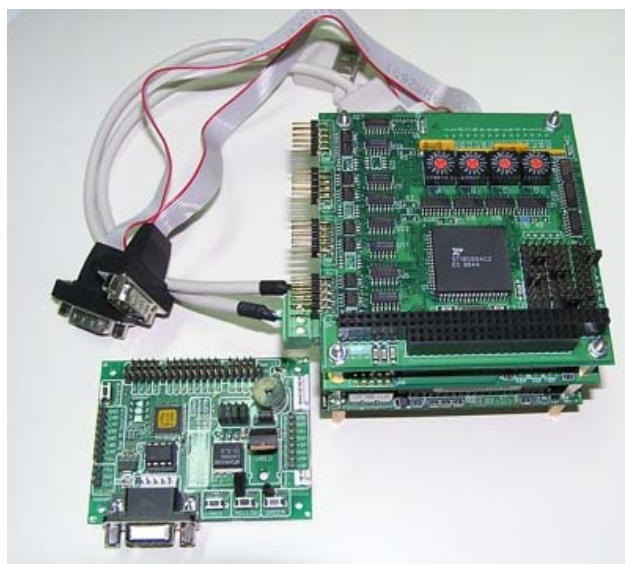


Επίσης οι μικροελεγκτές διαθέτουν θύρες εξόδου, αναλογικές και ψηφιακές, για να μπορούν να ελέγχουν τις συσκευές του οχήματος και θύρες εισόδου, επίσης αναλογικές και ψηφιακές, για να λαμβάνουν δεδομένα από τις συσκευές του οχήματος. Ακόμη περιλαμβάνουν θύρες που υποστηρίζουν συγκεκριμένα πρωτόκολλα επικοινωνίας ώστε να μπορούν να επικοινωνούν με συσκευές του οχήματος, εξωτερικές συσκευές και άλλους ελεγκτές, που υποστηρίζουν τα ίδια πρωτόκολλα. Τέτοιες θύρες, που η χρήση τους έχει καθιερωθεί πλέον στους ελεγκτές ρομπωτικών οχημάτων, είναι η σειριακή θύρα με πρωτόκολλο RS-232 και η θύρα με το πρωτόκολλο I2C. Ο αριθμός των θυρών και το είδος των θυρών είναι ένα μέτρο των ικανοτήτων ελέγχου και επικοινωνίας του μικροελεγκτή.

Στους περισσότερους μικροελεγκτές υπάρχουν και κυκλώματα τροφοδοσίας. Η λειτουργία τους είναι να μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια των συσσωρευτών του οχήματος σε διαμορφωμένο και ασφαλές ρεύμα, κατάλληλο για τα ευαίσθητα ηλεκτρονικά κυκλώματα του μικροελεγκτή. Στους πιο εξελιγμένους, μάλιστα, υπάρχουν κυκλώματα τροφοδοσίας και για τις υπόλοιπες ηλεκτρονικές συσκευές του οχήματος, όπως για τους αισθητήρες και τις συσκευές επικοινωνίας.

Στην Εικόνα 2.35 όπου παρουσιάζεται ο OOPic-R. Ο ελεγκτής αυτός αποτελεί ένα τυπικό παράδειγμα μικροελεγκτή που χρησιμοποιείται στα ρομπωτικά οχήματα.

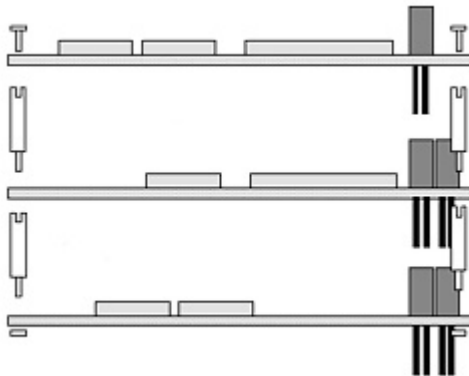
#### 2.4.1.2 ΠΡΟΣΩΠΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ



**Εικόνα 2.36:** PC104 και OOPic-R

Αυτή η οικογένεια ελεγκτών είναι σαφώς ανώτεροι σε υπολογιστική δύναμη και ταχύτητα, από τους μικρούς τους συγγενείς. Ονομάζονται ηλεκτρονικοί υπολογιστές γιατί αρχικά ήταν οι ηλεκτρονικές πλακέτες, μητρική και κάρτες εισόδου, εξόδου ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Μέχρι πριν από μερικά χρόνια για να κατασκευαστεί ένα αυτόνομο ρομπωτικό όχημα με μεγάλη υπολογιστική δύναμη, μνήμη, και ταχύτητα έπρεπε να μεταφερθούν σε αυτό όλες οι δομικές μονάδες ενός προσωπικού ή φορητού ηλεκτρονικού υπολογιστή. Με την εξέλιξη, όχι μόνο της ρομπωτικής αλλά και άλλων επιστημών, έγινε επιτακτική η ανάγκη για την ανάπτυξη ελεγκτών, που να διαθέτουν μεν τις δυνατότητες ενός προσωπικού υπολογιστή, αλλά να είναι συμπαγείς, μικρών διαστάσεων και στιβαρής κατασκευής, ώστε να μπορούν να τοποθετηθούν και να λειτουργήσουν σε πλατφόρμες όπως τα ρομπωτικά οχήματα. Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε το πρότυπο PC-104 για την κατασκευή συμπαγών ελεγκτών. Σήμερα υπάρχουν πολύ αξιόλογα προϊόντα σε αυτή την κατηγορία των ελεγκτών που ονομάζονται έτσι λόγω του αριθμού των επαφών της κυριότερης θύρας επικοινωνίας τους.

Στη σημερινή τους μορφή είναι πλέον αντίστοιχου μεγέθους με τους μικροελεγκτές, Εικόνα 2.36, αλλά κοστίζουν πολύ περισσότερο. Ένα PC-104, κατάλληλο για χρήση σε ρομποτικό όχημα, κοστίζει σήμερα όσο και ένας προσωπικός υπολογιστής. Στο κόστος αυτό θα πρέπει να προσθέσουμε και το κόστος τουλάχιστον ενός μικροελεγκτή, που θα πρέπει να συνοδεύει το PC-104 για τον πλήρη έλεγχο του οχήματος.



**Εικόνα 2.37:** Ελεγκτής PC104 που αποτελείται από συνδυασμό τριών ηλεκτρονικών πλακετών

Οι ελεγκτές PC-104 αποτελούνται από μια βασική ηλεκτρονική πλακέτα, διαστάσεων  $90 \times 96$  mm για την κατηγορία των 16bit, που περιέχει τον μικροεπεξεργαστή, συνήθως x386 και τις θύρες επικοινωνίας του. Επάνω στην πλακέτα αυτή μπορεί να τοποθετηθούν άλλες συμβατές πλακέτες τροφοδοσίας και επέκτασης, των ίδιων συμπαγών διαστάσεων, Εικόνα 2.37. Με τον τρόπο αυτό προσθέτουμε δυνατότητες και έτσι προκύπτει ο ελεγκτής που αντεπεξέρχεται στις απαιτήσεις μας. Τέλος πρέπει να επιλεγεί το λειτουργικό σύστημα που θα εγκατασταθεί στον ελεγκτή ώστε να διαχειριζόμαστε αποδοτικά τους πόρους του. Οι ελεγκτές PC-104 έχουν κατάλληλη κατασκευή ώστε να αντέχουν στις μηχανικές καταπονήσεις όπως τους κραδασμούς που προκαλούνται από τη λειτουργία ενός ρομποτικού οχήματος.



**Εικόνα 2.38:** Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής στο εσωτερικό του ρομποτικού οχήματος ATRVmini

Εκτός από τα PC-104, χρησιμοποιούνται και τα τμήματα ενός προσωπικού ηλεκτρονικού υπολογιστή, για την κατασκευή ελεγκτών ρομποτικών οχημάτων. Η σχεδίαση αυτή εξακολουθεί να κρατάει τα σκήπτρα στην ταχύτητα και την υπολογιστική δύναμη, καθώς παρ'

όλη την εξέλιξή τους, οι ελεγκτές PC-104 δεν μπορούν ακόμη να προσεγγίσουν την υπολογιστική ισχύ ενός προσωπικού υπολογιστή. Στην Εικόνα 2.38 παρουσιάζεται το εσωτερικό του ρομποτικού οχήματος ATRVmini, που φιλοξενεί έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ακόμη, κατά κανόνα, οι προσωπικοί υπολογιστές είναι αρκετά φθηνότεροι, παρά την υπεροχή τους σε επιδόσεις. Ωστόσο υπάρχουν και σημαντικά μειονεκτήματα, όσον αφορά τη χρήση τους από τα ρομποτικά οχήματα. Αρχικά έχουν αρκετά μεγαλύτερο μέγεθος και βάρος, ακόμη και αν πρόκειται για τμήματα φορητού προσωπικού υπολογιστή. Παρουσιάζουν μεγάλη κατανάλωση ρεύματος και έχουν αυξημένες απαιτήσεις εξαερισμού και ψύξης. Απαιτούν για την εκκίνησή και τη λειτουργία τους σκληρό δίσκο, ο οποίος είναι μια συσκευή με ευαισθησία στους κραδασμούς που παράγονται κατά τη κίνηση ενός ρομποτικού οχήματος, ειδικά σε εξωτερικούς χώρους. Γενικότερα η προσαρμογή όλων των απαραίτητων τμημάτων ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, σε ένα ρομποτικό όχημα είναι ιδιαίτερα προβληματική και οδηγεί σε δύσκολες κατασκευαστικές λύσεις. Δικαιολογείται μόνο εάν η απαίτηση για υπολογιστική ισχύ επί του οχήματος είναι η πρώτη προτεραιότητα.

Οι προσωπικοί υπολογιστές, όποια και αν είναι η αρχιτεκτονική τους, δεν είναι κατασκευασμένοι για να εκτελούν τις ενέργειες που είναι απαραίτητες για τον έλεγχο των ρομποτικών οχημάτων, όπως για παράδειγμα οδήγηση των κινητήρων και εισαγωγή δεδομένων από τους αισθητήρες. Για το λόγο αυτό η χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών στα ρομποτικά οχήματα πρέπει να συνδυάζεται με μικροελεγκτές. Ο προσωπικό υπολογιστής εκτελεί τον κύριο έλεγχο και οι μικροελεγκτές βρίσκονται σε χαμηλότερο επίπεδο, ως συσκευές διεπαφής μεταξύ του κύριου ελεγκτή του οχήματος και του υλικού του.

#### 2.4.2 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ



**Εικόνα 2.39:** Ασύρματες συσκευές επικοινωνίας που συνδέονται στη σειριακή θύρα και στη θύρα USB

Ανεξάρτητα από τη χρήση και την αρχιτεκτονική του ρομποτικού οχήματος, είναι πολύ χρήσιμη η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ αυτού και ενός προσωπικού υπολογιστή που συνήθως αναφέρεται με τον όρο σταθμός βάσης. Η ανταλλαγή αυτή θα πρέπει να υλοποιείται μέσω ασύρματης επικοινωνίας ώστε το όχημα να είναι απαγκιστρωμένο από το σταθμό βάσης και να μπορεί να κινείται ανεξάρτητα. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι επιθυμητό, ακόμη και στην περίπτωση που το ρομποτικό όχημα παρουσιάζει υψηλό βαθμό αυτονομίας, ώστε να συλλέγονται και να παρακολουθούνται τα στοιχεία που προκύπτουν από τη λειτουργία του. Είναι απαραίτητο, εάν το όχημα δεν διαθέτει αρκετή υπολογιστική δύναμη και πρέπει να υλοποιήσει περίπλοκους αλγορίθμους και δομές δεδομένων. Στην περίπτωση αυτή το

πρόβλημα επιλύεται με τη χρήση ενός σταθμού βάσης στο ένα άκρο του διαύλου της ασύρματης επικοινωνίας, που εκτελεί τους αλγορίθμους και διαχειρίζεται τις δομές δεδομένων. Στο άλλο άκρο του διαύλου της επικοινωνίας βρίσκεται ο ελεγκτής του οχήματος που εκτελεί τις εντολές της βάσης και υλοποιεί τον έλεγχο, σε επίπεδο υλικού. Τέλος με την ασύρματη επικοινωνία είναι δυνατός ο επαναπρογραμματισμός του οχήματος ακόμη και όταν αυτό βρίσκεται σε απομακρυσμένο σημείο.

Οι συσκευές ασύρματης επικοινωνίας είναι πλέον διαθέσιμες σε προσιτές τιμές και μεγάλη ποικιλία. Ειδικά για τα ρομποτικά οχήματα εσωτερικού χώρου υπάρχουν, πλέον, πολύ οικονομικές λύσεις με επιδόσεις που υπερκαλύπτουν τις ανάγκες της κατηγορίας αυτής. Τέλος οι σύγχρονες συσκευές ασύρματης επικοινωνίας έχουν διαστάσεις, ανάγκες τροφοδοσίας, αξιοπιστία και ταχύτητες μετάδοσης που καλύπτουν τις ανάγκες των ρομποτικών οχημάτων.

Ο δίαυλος της ασύρματης επικοινωνίας συνδέει στα δύο άκρα του ελεγκτές, οι οποίοι για την ανταλλαγή δεδομένων χρησιμοποιούν συσκευές συμβατές με ένα κοινό πρωτόκολλο επικοινωνίας. Κωδικοποιώντας τα δεδομένα τους με τους κανόνες αυτού του κοινού πρωτοκόλλου, οι ελεγκτές μπορούν και τα ανταλλάσσουν μέσω του ασύρματου διαύλου. Τα χαρακτηριστικά της ασύρματης επικοινωνίας είναι η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων, η φορά της επικοινωνίας, η εμβέλεια και το πρωτόκολλο κωδικοποίησης της ασύρματης μετάδοσης. Συνήθεις ταχύτητες μετάδοσης για τις εφαρμογές ρομποτικών οχημάτων είναι 9.600 έως και 115.200 bps, με αμφίδρομη επικοινωνία εμβέλειας μέχρι 300m και Bluetooth ή 802.11x πρωτόκολλο ασύρματης κωδικοποίησης. Υπάρχουν δύο υλοποιήσεις στην ασύρματη επικοινωνία ελεγκτών [10]:



**Εικόνα 2.40:** Η συσκευή απευθείας επικοινωνίας FWCM

- *Απ ευθείας επικοινωνία*, όπου δε μεσολαβεί τίποτε μεταξύ των ασύρματων συσκευών. Η πληροφορία με τη βοήθεια κάποιας θύρας εισόδου-εξόδου, για παράδειγμα μέσω της σειριακής, μεταφέρεται από τον ελεγκτή-αποστολέα στην ασύρματη συσκευή. Κωδικοποιείται και με τη βοήθεια του πομπού της συσκευής αποστέλλεται ασύρματα στο δέκτη, ο οποίος την αποκωδικοποιεί και μέσω της ίδιας θύρας επικοινωνίας, την μεταφέρει στον παραλήπτη ελεγκτή. Στην ουσία, οι συσκευές απ ευθείας επικοινωνίας αντικαθιστούν το φυσικό μέσο, καλώδιο, που θα συνέδεε τους δύο ελεγκτές μεταξύ τους μέσω κάποιας κοινής τους θύρας. Η αντικατάσταση αυτή είναι διάφανη για τους ελεγκτές που επικοινωνούν. Οι θύρες των ελεγκτών που συνήθως επικοινωνούν ασύρματα είναι η σειριακή, η I2C και η USB. Αυτός ο τρόπος επικοινωνίας είναι ο πιο δημοφιλής στα ρομποτικά οχήματα. Χρησιμοποιείται για την επικοινωνία του ελεγκτή του οχήματος με το σταθμό βάσης, αλλά και με απομακρυσμένους ελεγκτές και άλλα οχήματα. Στην



Εικόνα 2.40 παρουσιάζεται η συσκευή FWCM της Designer Systems, που χρησιμοποιείται για την αμφίδρομη επικοινωνία ελεγκτών μέσω της σειριακής ή της I2C θύρας τους. Έχει εμβέλεια 300m και επιτυγχάνει ταχύτητες μέχρι και 19200bps.



**Εικόνα 2.41:** Η ασύρματη συσκευή BreezeNet της Alvarion για επικοινωνία μέσω τοπικού δικτύου

- Έμμεση επικοινωνία, όπου τα δεδομένα στέλνονται ασύρματα από τον αποστολέα ελεγκτή σε έναν μεσολαβητή και στη συνέχεια ο μεσολαβητής τα στέλνει στον ελεγκτή παραλήπτη. Ο μεσολαβητής υλοποιείται με τη βοήθεια του απαραίτητου υλικού και ενός πρωτοκόλλου επικοινωνίας. Οι ελεγκτές στα δύο άκρα της επικοινωνίας πρέπει να είναι συμβατοί με το πρωτόκολλο του μεσολαβητή. Στις εφαρμογές των ρομποτικών οχημάτων η έμμεση επικοινωνία είναι κανόνας στις περιπτώσεις που οι ελεγκτές τους είναι προσωπικοί υπολογιστές. Τότε η επικοινωνία μεταξύ δύο ή περισσότερων οχημάτων, ή μεταξύ οχημάτων και σταθμών βάσης γίνεται με μεσολαβητή το τοπικό δίκτυο, Local Area Network (LAN) και το πρωτόκολλο Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP).

## 2.5 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ

Η τροφοδοσία του ρομποτικού οχήματος παρέχει την απαραίτητη ενέργεια για να λειτουργήσουν οι συσκευές του. Στα τηλεκατευθυνόμενα οχήματα η ενέργεια αυτή κατά κανόνα μεταφέρεται με αγωγούς από το σταθμό βάσης που ασκεί τον έλεγχο. Στα υπόλοιπα ρομποτικά οχήματα παράγεται από διατάξεις που μεταφέρονται επί του οχήματος. Οι κινητήριες μονάδες των ρομποτικών οχημάτων αλλά και το σύνολο των συσκευών που περιλαμβάνονται σε αυτά χρησιμοποιούν συνεχές ρεύμα για τη λειτουργία τους. Συνεπώς οι διατάξεις τροφοδοσίας πρέπει να παρέχουν στο όχημα αρκετή και κατάλληλη ηλεκτρική ενέργεια με τη μορφή συνεχούς ρεύματος.



**Εικόνα 2.42:** Το ρομποτικό όχημα HYPERION που τροφοδοτείται από ηλιακή ενέργεια.

Οι διατάξεις τροφοδοσίας των ρομποτικών οχημάτων με ηλεκτρική ενέργεια είναι κατά κανόνα οι συσσωρευτές. Αποθηκεύουν χημική ενέργεια την οποία μπορούν αργότερα να μετατρέψουν σε ηλεκτρική. Εξάιρεση αποτελούν τα οχήματα που τροφοδοτούνται μετατρέποντας την ηλιακή ενέργεια του περιβάλλοντός τους σε ηλεκτρική, με τη βοήθεια φωτοβολταϊκών τόξων, Εικόνα 2.42. Υπάρχουν και οχήματα που μετατρέπουν με τη βοήθεια ενζύμων τη χημική σε ηλεκτρική ενέργεια. Ακόμη όμως και σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτούνται κατάλληλοι συσσωρευτές για την ενδιάμεση αποθήκευση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο σύνολο των ρομποτικών οχημάτων, αλλά και στα βαδίζοντα ρομπότ, χρησιμοποιούνται διαφόρων ειδών ηλεκτρικοί κινητήρες, οι οποίοι με τη λειτουργία τους προκαλούν παρεμβολές στο κύκλωμα τροφοδοσίας. Για το λόγο αυτό, τα κυκλώματα των ελεγκτών αλλά και όλων των υπόλοιπων ηλεκτρονικών συσκευών του οχήματος, που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις μεταβολές της τάσης τροφοδοσίας τους, πρέπει να έχουν ξεχωριστή τροφοδοσία από τους κινητήρες. Η παράμετρος αυτή θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψη κατά τη σχεδίαση του οχήματος ώστε να προβλεφθούν δύο συσσωρευτές, ένας για την παροχή ρεύματος στις ηλεκτρονικές διατάξεις και ένας για τους κινητήρες.



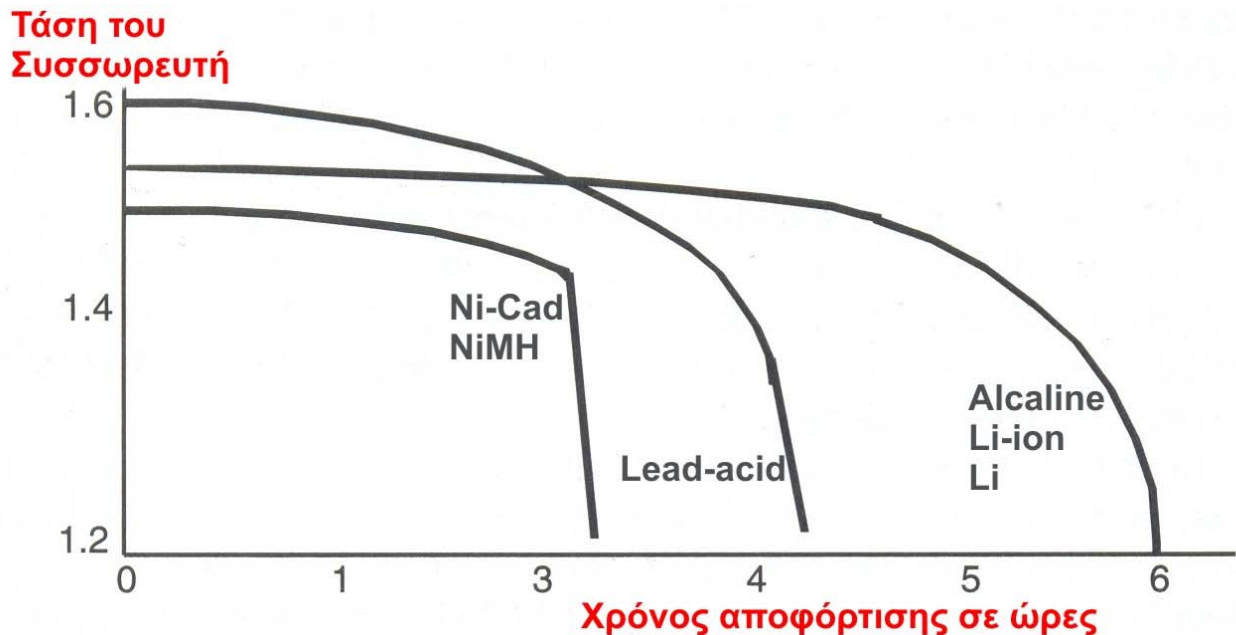
**Εικόνα 2.43:** Συσσωρευτής NiMH των 7.2V, 3000mAh που προέκυψε από σύνδεση σε σειρά έξι μονάδων των 1.2V, 3000mAh

Τα μεγέθη που χαρακτηρίζουν τους συσσωρευτές είναι τα ακόλουθα [2]:

- **Τάση:** κάθε συσσωρευτής παράγει στα άκρα του μια ονομαστική τάση όταν λειτουργεί φυσιολογικά. Σε κατάσταση πλήρους φόρτισης η τάση αυτή παίρνει τη μέγιστη τιμή της και μειώνεται καθώς ο συσσωρευτής εκφορτίζεται παρέχοντας ηλεκτρική ενέργεια στο ρομποτικό όχημα. Η τάση μέγιστης φόρτισης είναι 20 με 30% μεγαλύτερη της ονομαστικής. Ο συσσωρευτής πρέπει να αντικατασταθεί όταν η τάση που παράγει στα άκρα του μειωθεί στο 80% της ονομαστικής τάσης. Οι συσσωρευτές που συνήθως χρησιμοποιούνται στα οχήματα έχουν ονομαστικές τάσεις 1.2V, 1.5V, 6V, 12V, 24V. Συνδέοντας σε σειρά τους συσσωρευτές αθροίζονται οι ονομαστικές τους τάσεις. Με τον τρόπο αυτόν είναι δυνατόν να τροφοδοτηθεί ένα όχημα με ηλεκτρικό ρεύμα 7,2V από έξι συσσωρευτές ονομαστικής τάσης 1.2V συνδεμένους σε σειρά, Εικόνα 2.43. Η ονομαστική τάση των συσσωρευτών μετατρέπεται στην κατάλληλη για την τροφοδοσία του οχήματος τάση, μέσω των κυκλωμάτων τροφοδοσίας που περιλαμβάνονται στις ηλεκτρονικές πλακέτες του.
- **Χωρητικότητα:** μετριέται σε αμπερώρια (Ah) και αντικατοπτρίζει την ένταση ρεύματος που μπορεί να παρέχει ο συσσωρευτής για κάποιο χρονικό διάστημα. Χωρητικότητα 3AH τυπικά σημαίνει παροχή 1,5A για χρονικό διάστημα 2 ωρών, ή 1A για 3 ώρες ( $1,5 \times 2 = 1 \times 3 = 3\text{Ah}$ ). Στην πραγματικότητα, η παροχή ρεύματος υψηλής έντασης, για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς διακοπή, αποφορτίζει το συσσωρευτή πολύ συντομότερα από ότι καθορίζει η χωρητικότητά του και του προκαλεί αλλοιώσεις. Για να υπολογιστεί η απαραίτητη χωρητικότητα για το συσσωρευτή ενός ρομποτικού οχήματος, θα πρέπει να είναι γνωστές, έστω κατά προσέγγιση, οι καταναλώσεις των ηλεκτρικών συσκευών που περιλαμβάνει. Οι κατασκευαστές των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και ηλεκτρικών συσκευών συνήθως αναφέρουν τη μέση και τη μέγιστη ένταση ρεύματος που καταναλώνουν. Στους υπολογισμούς χρησιμοποιείται η μέγιστη κατανάλωση. Αθροίζοντας αυτές τις τιμές και θεωρώντας και τη προσδοκώμενη διάρκεια συνεχούς λειτουργίας του οχήματος, προκύπτει η απαιτούμενη χωρητικότητα. Στην πραγματικότητα πρέπει να επιλεγεί συσσωρευτής με χωρητικότητα τουλάχιστον 20% μεγαλύτερη από την τιμή που υπολογίστηκε με την προηγούμενη διαδικασία.
- **Δυνατότητα επαναφόρτισης:** καθορίζει εάν μετά από την αποφόρτιση του συσσωρευτή είναι δυνατή η επαναφόρτιση του. Στα ρομποτικά οχήματα κατά κανόνα τοποθετούνται επαναφορτιζόμενοι συσσωρευτές.
- **Χρόνος επαναφόρτισης:** αφορά του επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές, καθορίζεται από τον κατασκευαστή τους και είναι ο ελάχιστος επιτρεπόμενος

χρόνος για την επαναφόρτιση τους. Περαιτέρω μείωση του χρόνου σημαίνει μεγαλύτερο ρεύμα φόρτισης που θα καταστρέψει το συσσωρευτή. Ένας γενικός κανόνας είναι το μέγιστο ρεύμα επαναφόρτισης να μην ξεπερνά το 1/10 της χωρητικότητας, δηλαδή για έναν συσσωρευτή 5AH το μέγιστο ρεύμα επαναφόρτισης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0.5A και ο χρόνος επαναφόρτισης πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 ώρες.

- **Εσωτερική αντίσταση:** οι συσσωρευτές δεν είναι τέλειοι αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος αλλά παρουσιάζουν μια αντίσταση που ονομάζεται εσωτερική αντίσταση και μετριέται σε Ω. Όσο μεγαλύτερη είναι η εσωτερική αντίσταση του συσσωρευτή τόσο περιορίζεται η μέγιστη τιμή του ρεύματος που μπορεί να παράγει.



**Εικόνα 2.44:** Καμπύλες αποφόρτισης για τα διάφορα είδη συσσωρευτών υπό το ίδιο φορτίο [2]

Οι συσσωρευτές που τοποθετούνται στα ρομποτικά οχήματα ανήκουν στις παρακάτω κατηγορίες [6]:

- **Αλκαλικοί συσσωρευτές:** είναι συσσωρευτές με μεγάλη χωρητικότητα αξιοπιστία και υψηλή απόδοση που όμως δεν επαναφορτίζονται και έχουν υψηλό κόστος. Τοποθετούνται σε ρομποτικά οχήματα όταν δίνεται προτεραιότητα στις υψηλές επιδόσεις και όχι στο χαμηλό κόστος λειτουργίας.
- **Επαναφορτιζόμενοι αλκαλικοί συσσωρευτές:** συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των απλών αλκαλικών συσσωρευτών, με πολύ χαμηλότερο κόστος χρήσης, λόγω της δυνατότητας επαναφόρτισης τους για δεκάδες φορές. Απαιτούν εξειδικευμένους φορτιστές. Αποτελούν μια πολύ καλή λύση για ρομποτικά οχήματα αν και είναι πολύ ακριβότεροι από τους υπόλοιπους επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές.
- **Επαναφορτιζόμενοι συσσωρευτές Νικελίου Καδμίου (NiCad):** παρουσιάζουν χαμηλό κόστος και χωρητικότητες κατάλληλες για ρομποτικά οχήματα. Βασικό τους μειονέκτημα είναι τα φαινόμενα μνήμης που περιορίζουν την απόδοσή τους. Η χρήση τους τείνει να καταργηθεί, λόγω της τοξικότητας του Καδμίου.
- **Επαναφορτιζόμενοι συσσωρευτές Νικελίου Μετάλλου Υδριδίου (NiMH):** συσσωρευτές αποδεκτού κόστους για την απόδοσή τους, φιλικό προς το περιβάλλον και χωρίς φαινόμενα μνήμης, Εικόνα . Απαιτούν εξειδικευμένους



φορτιστές και είναι η πιο δημοφιλής λύση για την τροφοδοσία των μικρών και μεσαίων ρομποτικών οχημάτων.

- **Συσσωρευτές Ιόντων Λιθίου (Li-ion):** είναι επαναφορτιζόμενοι συσσωρευτές που παρουσιάζουν καλύτερα χαρακτηριστικά από όλες τις κατηγορίες. Μειονέκτημά τους είναι οι ακριβοί και εξειδικευμένοι φορτιστές που απαιτούν και το πολύ υψηλό κόστος τους. Τοποθετούνται σε ρομποτικά οχήματα όταν δίνεται προτεραιότητα στις υψηλές επιδόσεις και όχι στον περιορισμό του κόστους.



**Εικόνα 2.45:** Επαναφορτιζόμενος συσσωρευτής Μολύβδου 12V, 4.5Ah, κατάλληλος για μεσαίου μεγέθους ρομποτικά οχήματα.

- **Σφραγισμένοι συσσωρευτές Μολύβδου (Lead-acid):** επαναφορτιζόμενοι συσσωρευτές μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους, με γέμιση σε μορφή γέλης, με μεγάλες χωρητικότητες και προσιτό κόστος, Εικόνα 2.45. Ιδιαίτερα κατάλληλοι για την τροφοδοσία μεσαίων και μεγάλων ρομποτικών που κινούνται από ισχυρούς ηλεκτροκινητήρες.

## 2.6 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Οι αισθητήρες των ρομποτικών οχημάτων είναι ηλεκτρονικές συσκευές που μετρούν κάποιο φυσικό μέγεθος και παράγουν αναλογικά ή ψηφιακά σήματα τα οποία αντιστοιχούν στη μέτρηση. Τα σήματα αυτά μεταφέρονται και ερμηνεύονται από τον ελεγκτή του οχήματος με σκοπό να αποτελέσουν ένα τμήμα από τα δεδομένα του αλγόριθμου που εκτελείται ως πρόγραμμα ελέγχου του οχήματος. Μέχρι πριν από μερικά χρόνια ήταν πολύ δύσχρηστες και αναξιόπιστες συσκευές με μεγάλο κόστος. Αποτελούσε κοινό φαινόμενο η ανάπτυξη πρωτότυπων αισθητήρων από τους κατασκευαστές ρομποτικών οχημάτων, προκειμένου να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις τους. Οι σύγχρονοι αισθητήρες, που είναι κατάλληλοι για τα ρομποτικά οχήματα, είναι πλέον προσιτά εμπορικά προϊόντα με πολλές διαβαθμίσεις σε ποιότητα, αξιοπιστία και κόστος.

Διακρίνονται σε αναλογικούς και ψηφιακούς αισθητήρες. Στους αναλογικούς το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι συνεχές ενώ στους ψηφιακούς είναι κωδικοποιημένο σε διακριτές τιμές. Οι ψηφιακοί είναι συνήθως πιο πολύπλοκοι κατασκευαστικά από τους αναλογικούς αισθητήρες. Μια άλλη διάκριση μπορεί να γίνει ανάλογα με τη σχέση που έχουν οι αισθητήρες με το περιβάλλον τους. Έτσι διακρίνονται σε παθητικούς, οι οποίοι δεν

προκαλούν κάποια διαταραχή στο περιβάλλον, όπως ο εικονολήπτης, και σε ενεργητικούς οι οποίοι διαταράσσουν το περιβάλλον τους, όπως ο αισθητήρας υπερήχων. Υπάρχουν αισθητήρες που τοποθετούνται επί του οχήματος και άλλοι που βρίσκονται σε απομακρυσμένα σημεία και μεταδίδουν τα δεδομένα της μέτρησης σε δέκτη που βρίσκεται επί του οχήματος. Απομακρυσμένος είναι ο αισθητήρας του παγκόσμιου συστήματος συντεταγμένων, GPS. Τέλος οι αισθητήρες των ρομποτικών οχημάτων μπορεί να διακριθούν σε αυτούς που μετρούν κάποιο μέγεθος το οποίο αναφέρεται σε εσωτερική κατάσταση του οχήματος, για παράδειγμα την τάση του συσσωρευτή του, και σε αυτούς που μετρούν ένα εξωτερικό μέγεθος του περιβάλλοντος, για παράδειγμα απόσταση από αντικείμενα.

### 2.6.1 ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΤΕΣ



**Εικόνα 2.46:** Μαγνητικός κωδικοποιητής απόλυτης θέσης AWS1 της AMS

Οι κωδικοποιητές είναι από τα σημαντικά δομικά στοιχεία του συστήματος ελέγχου κλειστού βρόχου. Χρησιμοποιούνται στα ρομποτικά οχήματα για να μετρούν τον αριθμό των περιστροφών των αξόνων των κινητήρων, οπότε ονομάζονται μετρητές ή για τον υπολογισμό της απόλυτης θέσης του άξονα του κινητήρα, οπότε ονομάζονται κωδικοποιητές απόλυτης θέσης. Όταν χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό αποστάσεων που διανύει το όχημα ονομάζονται οδόμετρα. Με τη βοήθεια αυτών των αισθητήρων ένα όχημα μπορεί να υπολογίσει τη σχετική θέση του ως προς κάποιο σημείο αναφοράς. Ανάμεσα στα πολλά είδη κωδικοποιητών που είναι σήμερα διαθέσιμα, τα πιο συνήθη και αξιόπιστα είναι οι μαγνητικοί και οι οπτικοί κωδικοποιητές.

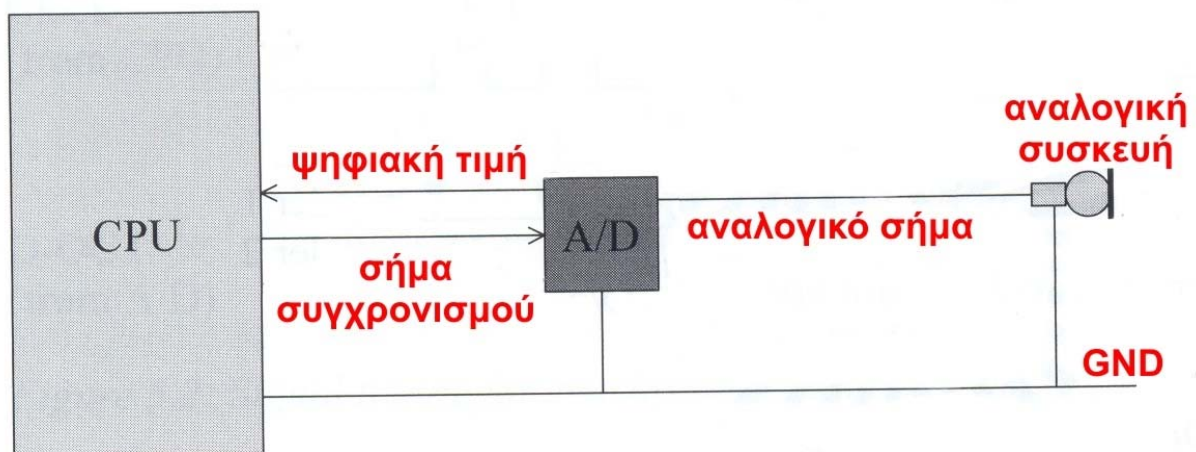
Οι μαγνητικοί λειτουργούν με τη βοήθεια ενός αισθητήρα που εκμεταλλεύεται το φαινόμενο Hall [12]. Ο αισθητήρας αντιμετωπίζει έναν δίσκο που φέρει έναν αριθμό, κατάλληλα τοποθετημένων, μαγνητών και περιστρέφεται μαζί με τον άξονα του οποίου την κίνηση κωδικοποιεί. Στην Εικόνα 2.46 παρουσιάζεται ο περιστροφικός μαγνητικός αισθητήρας απόλυτης θέσης AWS1 της AMS, βιομηχανικών προδιαγραφών με βάρος 450gr και διαστάσεις 80×70 mm.



**Εικόνα 2.47:** Οπτικός μετρητής E3 της US Digital.

Οι οπτικοί κωδικοποιητές λειτουργούν με τη βοήθεια ζεύγους, πομπού και δέκτη, υπέρυθρων ακτινών ο οποίος αντιμετωπίζει ένα δίσκο διάτρητο ή με εναλλασσόμενους άσπρους και μαύρους τομείς. Ο δίσκος και σε αυτήν την περίπτωση, περιστρέφεται μαζί με τον άξονα του οποίου την κίνηση κωδικοποιεί. Για να υπολογίζει και τη φορά της περιστροφής ο αισθητήρας χρησιμοποιεί και δεύτερο ζεύγος πομπού και δέκτη υπέρυθρων. Στην Εικόνα 2.47 παρουσιάζεται ο οπτικός κωδικοποιητής E3 της US Digital με κόστος 45€ και διαστάσεις 56×68 mm. Τέτοιου είδους αισθητήρες είναι κατάλληλοι για τα οδόμετρα των ρομποτικών οχημάτων.

## 2.6.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ



**Εικόνα 2.48:** Σύνδεση μετατροπέα και μικροελεγκτή.

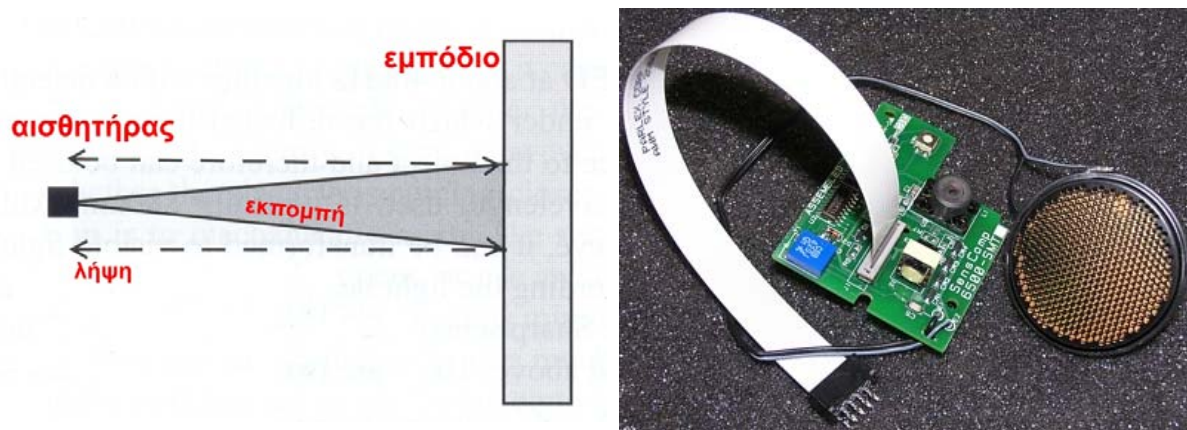
Οι αισθητήρες μετατροπής αναλογικών σημάτων σε ψηφιακό, A/D Converters, μετατρέπουν το αναλογικό ηλεκτρικό σήμα που λαμβάνουν στην είσοδό τους σε ψηφιακή τιμή. Πολλές αναλογικές συσκευές παράγουν μια τάση ενδεικτική κάποιου φυσικού μεγέθους, για παράδειγμα ένας αναλογικός αισθητήρας υπέρυθρων παράγει τάση αντίστοιχη της απόστασης του εμποδίου από αυτόν. Η τάση αυτή κωδικοποιείται ψηφιακά και μπορεί στη συνέχεια να προωθηθεί στον μικροελεγκτή με τη βοήθεια των ψηφιακών εισόδων του, Εικόνα 2.48. Το σύνολο σχεδόν των μικροελεγκτών, που χρησιμοποιούνται στα ρομποτικά οχήματα, διαθέτουν ενσωματωμένους μετατροπείς.

Τα μεγέθη που χαρακτηρίζουν το μετατροπέα είναι [7]:

- Η ακρίβεια της ψηφιακής τιμής που προκύπτει από τη μέτρηση. Εκφράζεται σε αριθμό δυαδικών ψηφίων, Bit. Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο αριθμός τόσο ακριβέστερη είναι η μέτρηση.
- Η ταχύτητα μετατροπής του αναλογικού σήματος. Εκφράζεται σε αριθμό μετατροπών ανά δευτερόλεπτο.
- Το εύρος τιμών αναλογικής τάσης που μπορεί να μετρηθεί. Εκφράζεται σε Volts.

### 2.6.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ

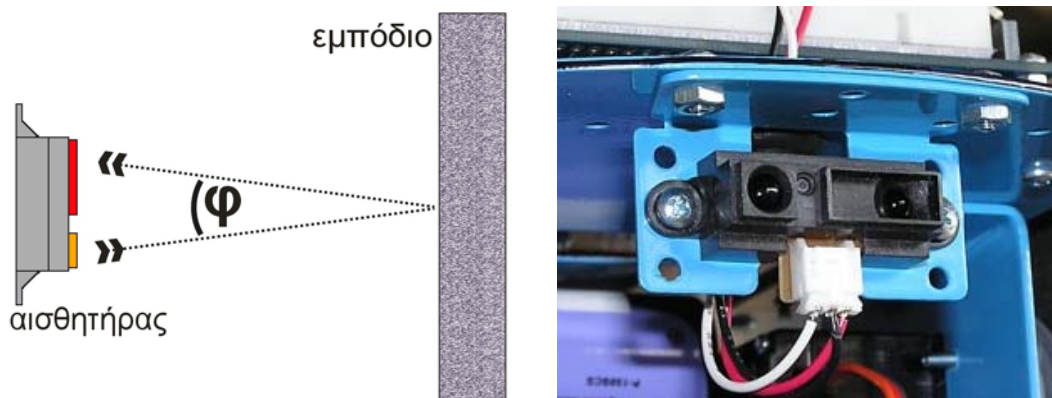
Η κατηγορία αυτή είναι η πιο συνηθισμένη κατηγορία αισθητήρων που χρησιμοποιείται στα ρομποτικά οχήματα. Η αποστολή τους είναι να υπολογίζουν την απόσταση από το εμπόδιο που μπορεί να βρεθεί μπροστά τους. Υπάρχουν τρία είδη συσκευών που μπορεί να μετρούν αποστάσεις και να τοποθετούνται σε ρομποτικά οχήματα. Διαφέρουν ως προς την αρχή λειτουργίας, το κόστος την ακρίβεια και την αξιοπιστία τους.



**Εικόνα 2.49:** Η αρχή λειτουργίας του αισθητήρα υπερήχων και ένα από τα πιο δημοφιλή εμπορικά μοντέλα, ο αισθητήρας Polaroid SensComp 6500.

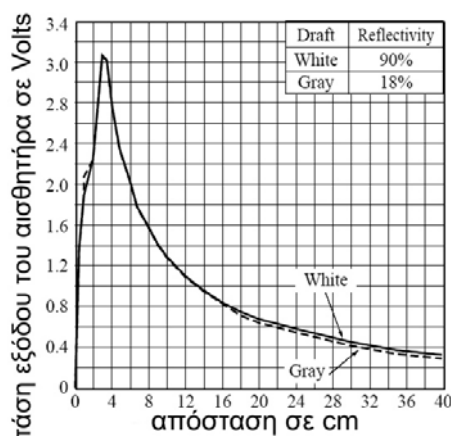
- **Αισθητήρες υπερήχων:** Είναι οι πιο δημοφιλείς αισθητήρες της κατηγορίας και οι πρώτοι που χρησιμοποιήθηκαν σε ρομποτικά οχήματα για τη μέτρηση αποστάσεων. Η αρχή λειτουργίας τους είναι η μέτρηση της χρονικής διάρκειας που απαιτείται για ένα ηχητικό σήμα, να διανύσει την απόσταση από τον αισθητήρα έως το πιθανό εμπόδιο, να ανακλαστεί και να επιστρέψει πάλι πίσω στον αισθητήρα, Εικόνα 2.49. Είναι ψηφιακοί αισθητήρες με σχετικά μικρό κόστος και βεληνεκές μέχρι και 10m. Τα μειονεκτήματά τους είναι η περιορισμένη ακρίβεια λόγω παρεμβολών και αντανάκλασεων. Παρεμβολές παρατηρούνται όταν περισσότεροι από ένας αισθητήρες υπερήχων λειτουργούν ταυτόχρονα, κάτι πολύ σύνηθες για τα ρομποτικά οχήματα. Σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να έχουμε σύγχυση μεταξύ των σημάτων διαφορετικών αισθητήρων. Λάθη επίσης συμβαίνουν όταν το ηχητικό σήμα πέσει επάνω στην επιφάνεια του εμποδίου υπό μεγάλη γωνία, οπότε αυτό υπολογίζεται να απέχει περισσότερο από ότι πραγματικά.





**Εικόνα 2.50:** Η λειτουργία του αισθητήρα υπερήχων και ο αισθητήρας GP2D120 της SHARP

- **Αισθητήρες υπερύθρων:** Οι συσκευές αυτής της κατηγορίας είναι αναλογικές συσκευές που διαθέτουν ένα πομπό υπέρυθρων ακτίνων και ένα δέκτη. Οι υπέρυθρες ακτίνες εκπέμπονται από τον πομπό του αισθητήρα, στη συνέχεια ανακλώνται από το εμπόδιο και τέλος συλλέγονται από το δέκτη του. Ο αισθητήρας μετρώντας τη γωνία που σχηματίζουν οι ακτίνες, καθώς αυτές προσπίπτουν και στη συνέχεια ανακλώνται από το εμπόδιο, υπολογίζει την απόστασή του από αυτό, Εικόνα 2.50. Στην πραγματικότητα ο αισθητήρας παράγει στην έξοδό του μια τάση η οποία εξαρτάται από τη μέτρηση αυτή. Στην Εικόνα 2.51 παρουσιάζεται η γραφική παράσταση της σχέσης μεταξύ της απόστασης στην οποία ανιχνεύεται εμπόδιο από τον αισθητήρα SHARP GP2D120 και της τάσης που παράγεται τότε στην έξοδό του, για λευκή και γκρι επιφάνεια.



**Εικόνα 2.50:** Η σχέση μεταξύ της απόστασης και της τάσης εξόδου του αισθητήρα SHARP GP2D20

Οι αισθητήρες υπερύθρων είναι μια φθηνή και σχετικά αξιόπιστη λύση χωρίς να απαιτούν πολύπλοκα κυκλώματα υποστήριξης. Είναι αρκετά δημοφιλείς στην κατηγορία των ρομποτικών οχημάτων. Τα σημαντικότερα μειονεκτήματά τους είναι ότι επηρεάζονται από το φωτισμό του χώρου, τα χρώματα, την υφή της επιφάνειας του εμποδίου και ότι αδυνατούν να μετρήσουν αποστάσεις

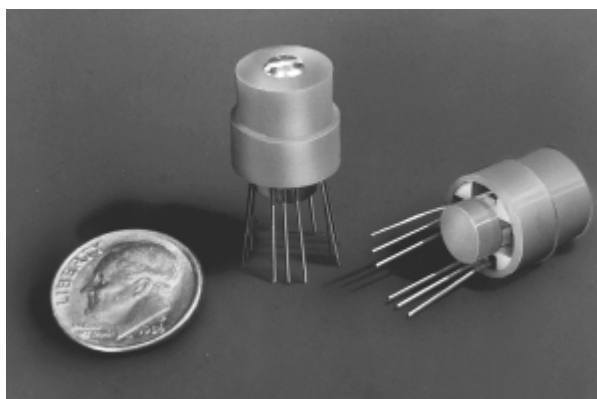
μεγαλύτερες από 150cm. Αποτελούν μαζί με τους αισθητήρες υπερήχων τις πιο δημοφιλείς λύσεις για τα ρομποτικά οχήματα.



**Εικόνα 2.51:** Το ρομποτικό όχημα PIONEER 3-DX της ACTIVMEDIA εφοδιασμένο με έναν σαρωτή λέιζερ

- **Σαρωτές λέιζερ:** Αποτελούν τη τελευταία λέξη της τεχνολογίας στους αισθητήρες υπολογισμού απόστασης και κρατούν τα σκήπτρα στον τομέα της ακρίβειας, της αξιοπιστίας και του βεληνεκούς. Οι συσκευές αυτές σαρώνουν με τη βοήθεια μιας ακτίνας λέιζερ το χώρο τριγύρω τους και παράγουν μια δυσδιάστατη ή σε πιο εξελιγμένα μοντέλα, τρισδιάστατη απεικόνισή του. για το λόγω αυτό συχνά αποκαλούνται σαρωτές λέιζερ. Το ρομποτικό όχημα θα πρέπει να διαθέτει προσωπικό υπολογιστή με υψηλές επιδόσεις και ικανοποιητική υπολογιστική δύναμη, ώστε να μπορεί να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες ενός τέτοιου αισθητήρα. Δυστυχώς είναι, προς το παρών, πολύ ακριβές συσκευές και χαρακτηρίζονται από μεγάλες διαστάσεις και υψηλό βάρος. Έτσι τοποθετούνται σε μεσαίου και μεγάλου μεγέθους οχήματα υψηλού κόστους.

#### 2.6.4 ΠΥΞΙΔΑ



**Εικόνα 2.52:** Η αναλογική πυξίδα Dinsmore 1525 αριστερά και η ψηφιακή Vector 2X δεξιά

Ο αισθητήρας αυτός, όπως και τα οδόμετρα είναι απαραίτητος στα ρομποτικά οχήματα για να μπορούν να υπολογίζουν τη θέση τους. Η έξοδος του αισθητήρα είναι αντίστοιχη της

γωνίας που σχηματίζει ο προσανατολισμός του, με το μαγνητικό βορά. Υπάρχουν οι αναλογικές πυξίδες που παράγουν μια τάση αντίστοιχη του προσανατολισμού τους και οι ψηφιακές που υπολογίζουν τη γωνία προσανατολισμού και την αναπαριστούν με έναν αριθμό δυαδικών ψηφίων. Οι ψηφιακές πυξίδες είναι πολύ πιο ακριβείς αλλά και πιο περίπλοκες στο χειρισμό τους. Το κόστος και το μέγεθός τους καθιστά τις πυξίδες κατάλληλες για όλα τα είδη ρομποτικών οχημάτων.

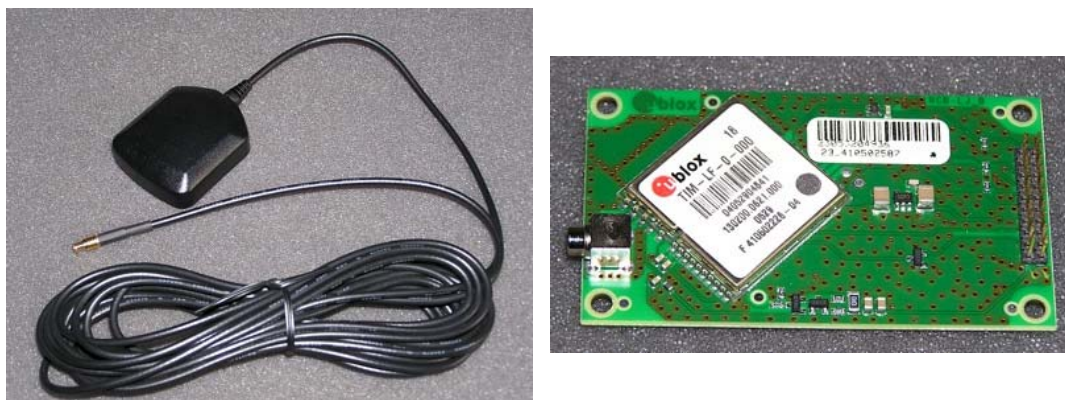
#### 2.6.5 ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΜΕΤΡΟ



**Εικόνα 2.53:** Ψηφιακό επιταχυνσίμετρο δύο αξόνων 25200A της SUMMIT

Το επιταχυνσίμετρο είναι αναλογική ή ψηφιακή συσκευή που μετρά την επιτάχυνση του οχήματος σε έναν ή περισσότερους άξονες. Χρησιμεύει στην πλοήγηση του οχήματος και στον υπολογισμό της θέσης του. Τα ψηφιακά επιταχυνσίμετρα παράγουν την έξοδό τους με τη μέθοδο διαμόρφωσης πλάτους παλμού. Με τη μέθοδο αυτή μπορούν να οδηγήσουν κατευθείαν ένα σέρβο ή έναν ψηφιακό μετρητή του μικροελεγκτή του οχήματος. Ένα πρόβλημα που συνοδεύει τη χρήση του επιταχυνσίμετρου είναι οι στιγμιαίες, μικρού μεγέθους αποκλίσεις της εξόδου του όταν το όχημα ακινητεί ή δεν επιταχύνεται.

## 2.6.6 ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΑΓΚΟΣΜΙΩΝ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ



*Εικόνα 2.54: Ψηφιακός ασύρματος αισθητήρας παγκόσμιων συντεταγμένων*

Ο αισθητήρας προσδιορισμού των παγκόσμιων συντεταγμένων μόλις συντονιστεί με έναν αριθμό δορυφόρων, που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη, μπορεί να προσδιορίσει το γεωγραφικό πλάτος και μήκος του σημείου στο οποίο βρίσκεται. Είναι ψηφιακός αισθητήρας και με τη βοήθεια των δεδομένων που παράγει μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί η ταχύτητα και η πορεία του οχήματος. Η ακρίβεια που προσφέρει εξαρτάται από τον αριθμό των δορυφόρων που είναι συντονισμένοι με τον αισθητήρα και από την ύπαρξη σταθμών εδάφους που παρέχουν πρόσθετες πληροφορίες. Στην Ευρώπη δεν υπάρχουν σταθμοί εδάφους και η μέγιστη ακρίβεια που επιτυγχάνει ένας καλής ποιότητας αισθητήρας, χωρίς εμπόδια για το συντονισμό του με τους δορυφόρους, είναι μερικά μέτρα. Άλλο ένα μειονέκτημα είναι ότι οι αισθητήρες αυτοί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εσωτερικούς χώρους λόγω αδυναμίας λήψης δορυφορικού σήματος. Για τους παραπάνω λόγους οι αισθητήρες προσδιορισμού παγκόσμιων συντεταγμένων χρησιμοποιούνται σε μεσαία και μεγάλα ρομποτικά οχήματα εξωτερικού χώρου.

## 2.6.6 ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΟ



*Εικόνα 2.54: Γυροσκόπιο GY401 της Futaba*

Το γυροσκόπιο είναι μια ψηφιακή συσκευή που μετρά γωνιακές επιταχύνσεις γύρω από τον άξονα του, οι οποίες παράγονται καθώς το όχημα μετακινείται. Τα ρομποτικά οχήματα



συνήθως χρησιμοποιούν συσκευές που προορίζονται για τηλεκατευθυνόμενα αεροπλάνα και ελικόπτερα, Εικόνα 2.54. Η χρήση του βοηθά στον προσδιορισμό της θέσης του οχήματος. Αυτός είναι και ο λόγος που η έξοδος των αισθητήρων αυτών έχει διαμόρφωση πλάτους παλμού. Το μέγεθος αλλά και το κόστος τους είναι κατάλληλα για την χρήση τους σε όλα τα είδη των ρομποτικών οχημάτων.

### 2.6.7 ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΚΛΙΣΕΩΝ



**Εικόνα 2.55:** Μετρητής κλίσεων, σε σχέση με μια κλίση αναφοράς, A2T της US Digital

Μετρητής κλίσεων είναι ο αισθητήρας που μετρά την κλίση του οχήματος σε σχέση με μια κλίση αναφοράς ή υπολογίζει διαφορές κλίσεων μεταξύ δύο θέσεων του οχήματος. Με τον τρόπο αυτό βοηθά στον προσδιορισμό της θέσης του οχήματος. Υπάρχουν αναλογικές αλλά και ψηφιακές συσκευές αυτής της κατηγορίας με διαφορετικά. Το μέγεθος, το κόστος και τα σήματα εξόδου των μετρητών κλίσεων είναι κατάλληλα για την χρήση τους σε όλα τα είδη των ρομποτικών οχημάτων.

### 2.6.8 ΕΙΚΟΝΟΛΗΠΤΗΣ



**Εικόνα 2.56:** Ο εικονολήπτης EyeCam, κατάλληλος για τον μικροελεγκτή EyeBot

Ο εικονολήπτης είναι η συσκευή που συλλέγει, με τη βοήθεια ενός οπτικού φακού και μιας φωτοευαίσθητης επιφάνειας την εικόνα που αντιστοιχεί στο πεδίο όρασής της. Χαρακτηρίζεται από το μέγεθος της φωτοευαίσθητης επιφάνειας και συνεπώς της ψηφιακής εικόνας, που εκφράζεται σε κουκίδες και το ρυθμό σύλληψης που εκφράζεται σε πλαίσια εικόνας ανά δευτερόλεπτο. Τυπικό μέγεθος εικόνας για εφαρμογές μικρών ρομποτικών οχημάτων είναι 60×80 κουκίδες ενώ για μεσαία και μεγάλα 320×240 κουκίδες [7]. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος της εικόνας, τόσο μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύς απαιτείται και

τόσο μειώνεται ο ενεργός ρυθμός σύλληψης. Λόγω της κίνησης των οχημάτων και συνεπώς της γρήγορης εναλλαγής της εικόνας στο πεδίο όρασης του εικονολήπτη, απαιτείται υψηλή τιμή στο ρυθμό σύλληψης ώστε η εικόνα που επεξεργάζεται το σύστημα να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Η χρήση του εικονολήπτη απαιτεί μεγάλη υπολογιστική ισχύ από τον ελεγκτή και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται από ρομποτικά οχήματα που φέρουν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Υπάρχουν εικονολήπτες με ενσωματωμένο μικροελεγκτή, που εκτελεί τους αλγορίθμους επεξεργασίας εικόνας και βοηθά έτσι στην αποσυμφόρηση του ελεγκτή του οχήματος. Τέτοιοι εικονολήπτες είναι κατάλληλοι για οχήματα με μικροελεγκτές. Η χρήση των εικονοληπτών βοηθά στον προσδιορισμό της θέσης του οχήματος αλλά και σε άλλες δραστηριότητες όπως ανίχνευση χρωμάτων, σχημάτων, φωτός και κίνησης. Στο εμπόριο υπάρχουν αρκετά προϊόντα σε διάφορες τιμές και δυνατότητες, κατάλληλα για όλα τα είδη και μεγέθη ρομποτικών οχημάτων.

## 2.6.9 ΑΛΛΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ



**Εικόνα 2.57:** Το όχημα MOSRO1 της ROBOWATCH TECHNOLOGIES το οποίο είναι εξοπλισμένο μεταξύ των άλλων και με αισθητήρα δακτυλικών αποτυπωμάτων και αερίων

Εκτός από τους αισθητήρες που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους υπάρχουν άλλοι που όμως είναι εξειδικευμένων, μη διαδεδομένων χρήσεων:

- Αισθητήρες εντοπισμού χημικών ενώσεων κατάλληλοι για οχήματα των σωμάτων ασφαλείας, επιθεώρησης χώρων και σωληνώσεων. Οι αισθητήρες αυτοί συνήθως χρησιμοποιούν καταλύτες για την ανίχνευση χημικών ενώσεων σε αέριο, υγρό ή στερεό περιβάλλον.
- Αισθητήρες οπτικής αναγνώρισης που τοποθετούνται σε οχήματα των σωμάτων ασφαλείας καθώς και επιτήρησης χώρων. Εκτελούν οπτική ανίχνευση σε δακτυλικά αποτυπώματα ή σε ίριδα ματιού με σκοπό την ταυτοποίηση προσώπων.
- Αισθητήρες υπολογισμού του ύψους ή του βάθους σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς. Χρησιμοποιούνται από οχήματα και σκάφη για τον προσδιορισμό της θέσης τους μετρώντας την ατμοσφαιρική ή υδροστατική πίεση, ανάλογα με το περιβάλλον επιχείρησης.
- Αισθητήρες υγρασίας που χρησιμοποιώντας υπέρυθρες ακτίνες ή μικροκύματα υπολογίζουν την υγρασία.
- Αισθητήρες ραδιενέργειας και ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΑΛΕ

## 3.1 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

Το ΑΛΕ είναι ένα ρομποτικό όχημα μεσαίου μεγέθους, εσωτερικού χώρου, που φιλοδοξεί να καλύψει ερευνητικές και εκπαιδευτικές ανάγκες σε εφαρμογές Ρομποτικής. Συνεπώς πρέπει να μπορεί να φιλοξενήσει τον απαραίτητο για τις ανάγκες αυτές εξοπλισμό. Ταυτόχρονα όμως πρέπει να διατηρήσει, όσο είναι δυνατόν, μικρές διαστάσεις ώστε να διαθέτει ευελιξία και μικρές απαιτήσεις ισχύος.

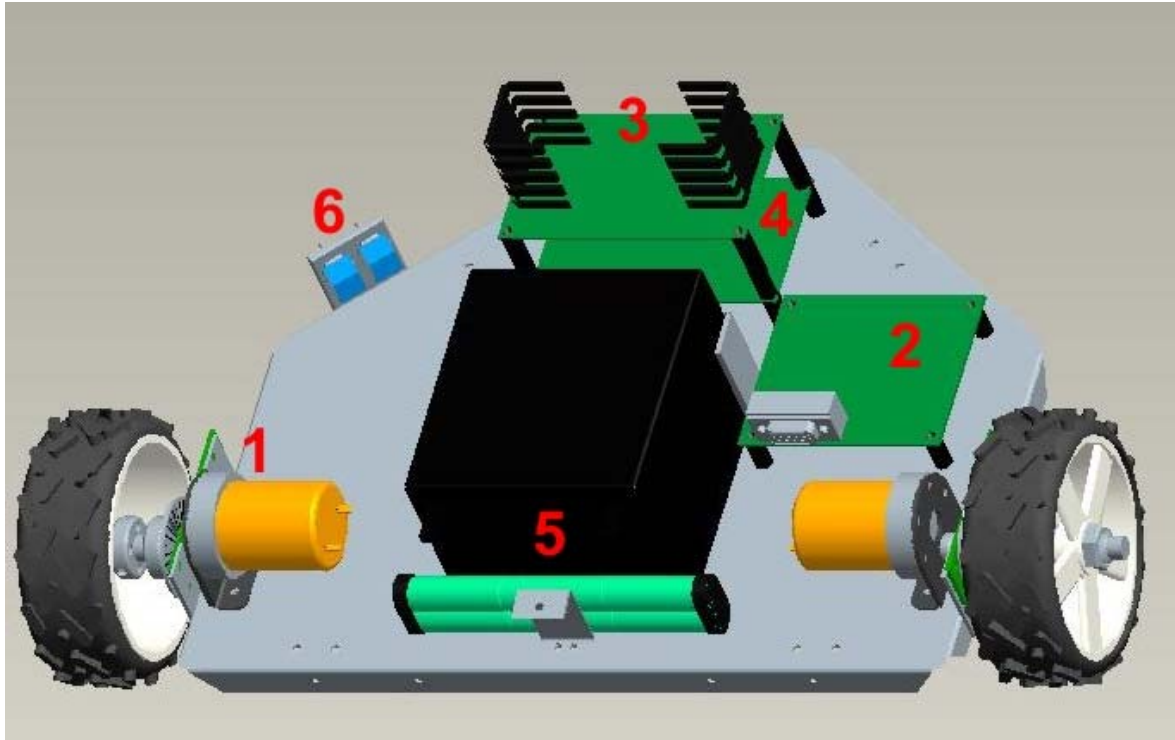
Τα τμήματα που το απαρτίζουν είναι:

- Αυτοφερόμενο πλαίσιο δύο βάσεων με ίσες διαστάσεις, ώστε να υπάρχει αρκετός χώρος για να τοποθετηθεί ο εξοπλισμός του οχήματος, αλλά να διατηρηθούν μικρές και οι διαστάσεις του.
- Ένας συσσωρευτής 12V για την τροφοδοσία των κινητήρων και ένας 7.2V για την τροφοδοσία των ηλεκτρονικών. Απαραίτητη η χρήση ξεχωριστών συσσωρευτών για την προστασία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων από τις παρεμβολές των κινητήρων.
- Δύο τροχοί που κινούνται από τους αντίστοιχους ηλεκτροκινητήρες, τοποθετημένοι στο πίσω μέρος του οχήματος και ένας τροχός ελεύθερης περιστροφής στο εμπρός τμήμα.
- Ένας μικροελεγκτής OOPic-R. Ο αριθμός και το είδος των αναλογικών και ψηφιακών εισόδων και εξόδων, η υπολογιστική ισχύς, ο εύκολος προγραμματισμός, οι δυνατότητες επικοινωνίας και η καλή τεχνική υποστήριξη που χαρακτηρίζουν τον OOPic-R είναι οι λόγοι για την επιλογή του.
- Ένα κύκλωμα οδήγησης των ηλεκτροκινητήρων, που ελέγχεται από τον OOPic-R και παρέχει το κατάλληλο ρεύμα σε κάθε έναν από τους ηλεκτροκινητήρες.
- Μια ηλεκτρονική πλακέτα που περιλαμβάνει βοηθητικά κυκλώματα.
- Τέσσερις αισθητήρες υπολογισμού απόστασης, τρεις στο εμπρός μέρος και ένας στο πίσω.
- Μια ηλεκτρονική ψηφιακή πυξίδα, για τον προσανατολισμό του οχήματος.
- Δύο οδόμετρα, ένα για κάθε τροχό, απαραίτητα, μαζί με την πυξίδα, για τον υπολογισμό της θέσης του οχήματος.
- Ένας εικονολήπτης που φέρεται σε μια περιστρεφόμενη βάση, ώστε να καλύπτει μεγάλο οπτικό πεδίο. Με τη βοήθειά του ανιχνεύονται χρώματα, σχήματα και φωτισμοί.
- Δύο συσκευές ασύρματης επικοινωνίας μέσω σειριακής θύρας, για την επικοινωνία του OOPic-R και του εικονολήπτη με προσωπικό υπολογιστή.
- Μια συσκευή ασύρματης επικοινωνίας μέσω της θύρας I2C, για την επικοινωνία του OOPic-R με άλλον μικροελεγκτή.

Η διάταξη των παραπάνω τμημάτων έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε:

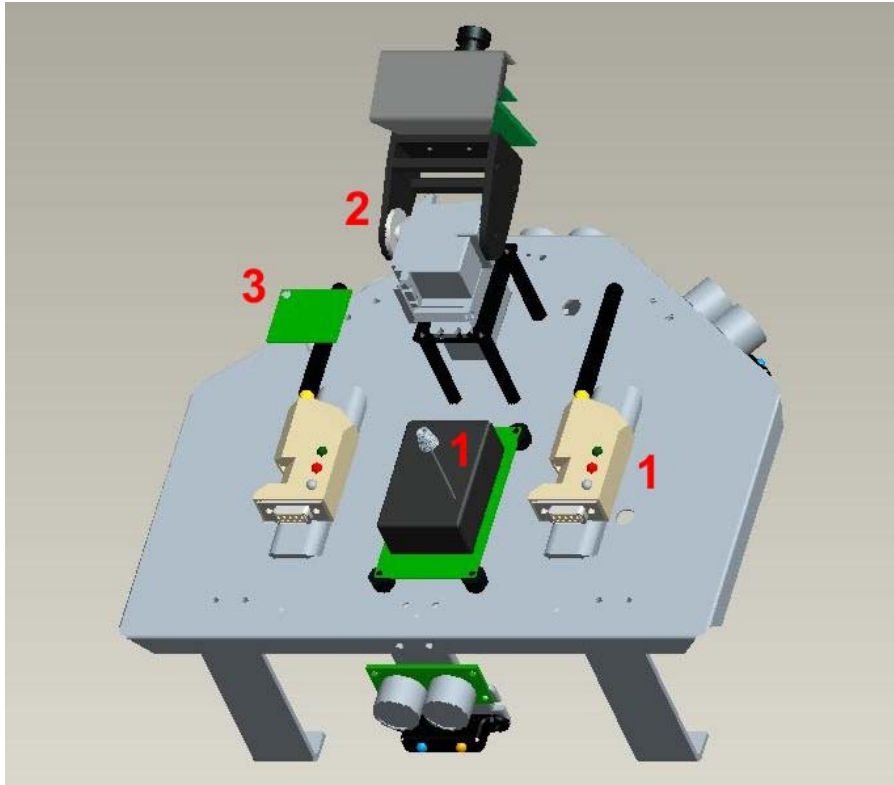
- οι ευαίσθητες ηλεκτρονικές πλακέτες και οι καλωδιώσεις να βρίσκονται προφυλαγμένες μεταξύ των βάσεων.
- οι αισθητήρες υπολογισμού αποστάσεων να είναι τοποθετημένοι έτσι ώστε να μην παρεμβάλλεται κάποιο τμήμα του οχήματος εμπρός τους.
- η οριζόντια και η κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους να ακολουθεί τα κριτήρια της Παραγράφου 2.1.2. Έτσι τα δύο βαρύτερα αντικείμενα του οχήματος, οι συσσωρευτές, τοποθετήθηκαν στην κάτω βάση του οχήματος, ώστε να φορτίζουν τους πίσω τροχούς.

- να είναι εύκολη η επαναφόρτιση ή η αντικατάσταση των συσσωρευτών.
- να μην υπάρχουν εμπόδια στη σωστή λήψη των ασύρματων συσκευών.
- να υπάρχει όσο το δυνατό μεγαλύτερο οπτικό πεδίο για τον εικονολήπτη.
- η πυξίδα να είναι απομακρυσμένη από τις μεταλλικές και ηλεκτρικές συσκευές ώστε να μην υπάρχουν παρεμβολές.



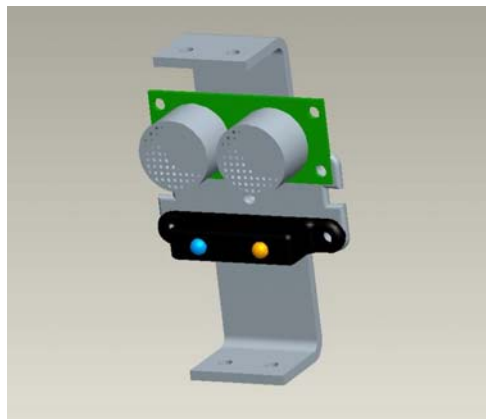
**Εικόνα 3.1:** Η κάτω βάση του ΑΛΕ [13]

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω σχεδιάστηκε η τοποθέτηση των συσκευών στις δύο βάσεις του ΑΛΕ και στις ράβδους στήριξης της άνω βάσης. Στην κάτω βάση, Εικόνα 3.1, τοποθετήθηκαν τα δύο συστήματα κινητήρα-κιβωτίου-οδομέτρου (1), ο OOPic-R (2), το κύκλωμα οδήγησης των κινητήρων (3), η πλακέτα βοηθητικών κυκλωμάτων (4), οι συσσωρευτές (5) και οι διακόπτες λειτουργίας.



**Εικόνα 3.2:** Η άνω βάση του ΑΛΕ [13]

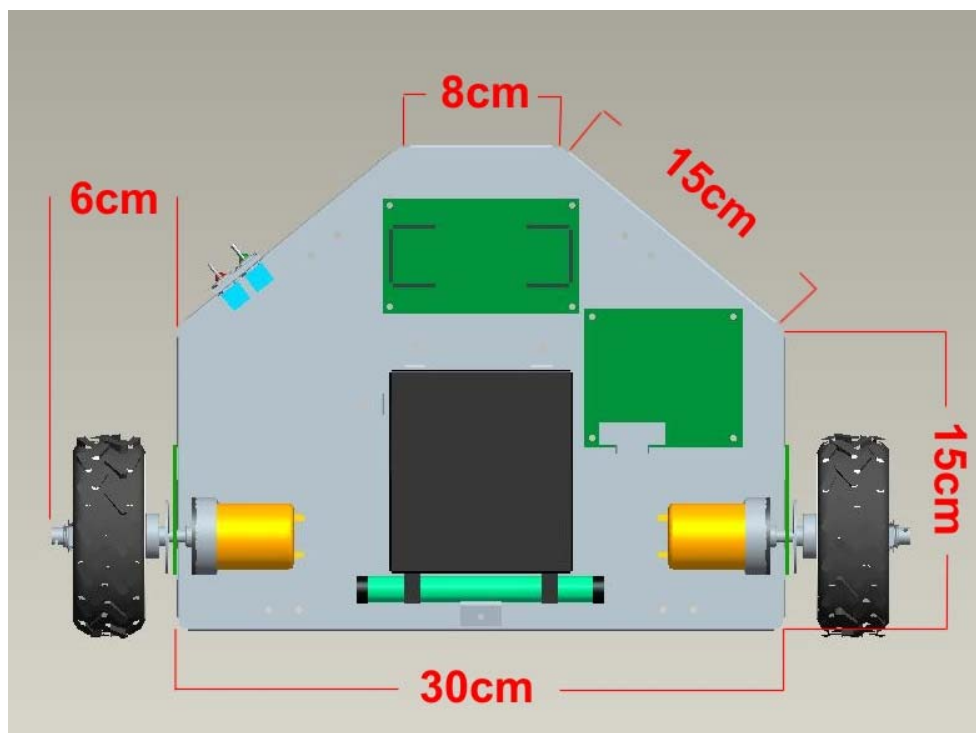
Στην άνω βάση, Εικόνα 3.2, τοποθετήθηκαν οι συσκευές ασύρματης επικοινωνίας (1), ο εικονολήπτης με τη βάση του (2), και η ηλεκτρονική πυξίδα (3).



**Εικόνα 3.3:** Ράβδος στήριξης άνω βάσης του ΑΛΕ [13]

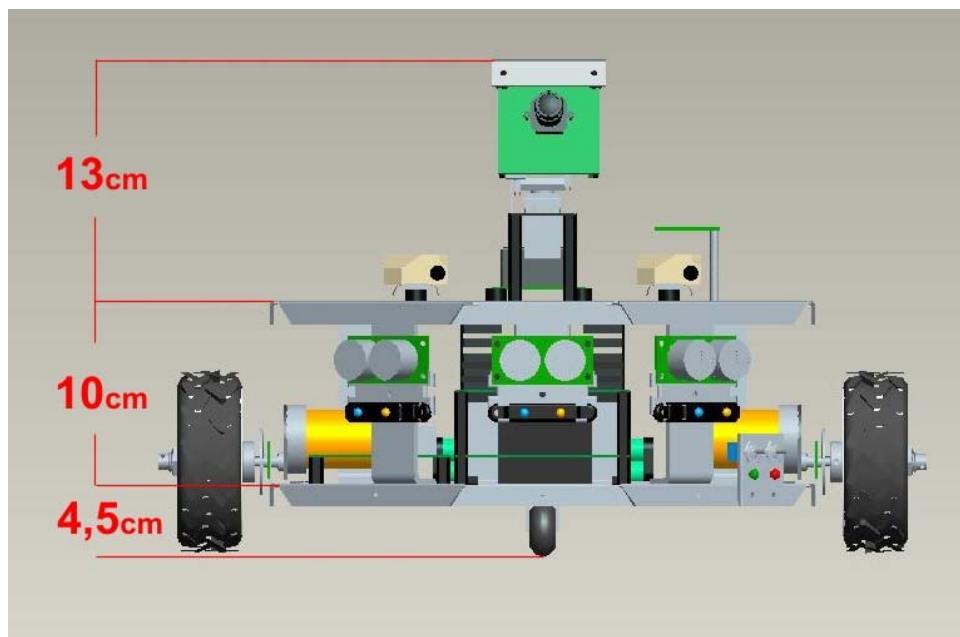
Τέλος στις μεταλλικές ράβδους στήριξης της άνω βάσης τοποθετήθηκαν οι αισθητήρες υπολογισμού απόστασης.

### 3.2 ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ



**Εικόνα 3.4:** Οι διαστάσεις της βάσης του ΑΛΕ [13]

Αφού έγινε η χωροθέτηση των τμημάτων του ΑΛΕ καθορίστηκαν οι διαστάσεις του, ώστε τα τμήματά του να τοποθετηθούν με ασφάλεια και άνεση και να υπάρχει αρκετός χώρος για να γίνουν οι απαραίτητες εργασίες τροποποιήσεων και συναρμολογήσεων. Ταυτόχρονα έγινε προσπάθεια οι διαστάσεις του οχήματος να μην ξεπεράσουν τα 50×30 cm. Περιορισμοί για το ύψος του οχήματος δεν υπήρχαν, εφόσον το σύνολο των συσκευών και ιδιαίτερα οι συσσωρευτές, τοποθετήθηκαν στην κάτω βάση, διατηρώντας έτσι σε πολύ χαμηλό ύψος την κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους. Οι διαστάσεις των δύο βάσεων είναι ίδιες και επιλέχθηκε για αυτές το πολυγωνικό σχήμα, με βάση τα κριτήρια της παραγράφου 2.1.2. Στην Εικόνα 3.4 αναφέρονται οι διαστάσεις των βάσεων και στην Εικόνα 3.5 τα ύψη του οχήματος.

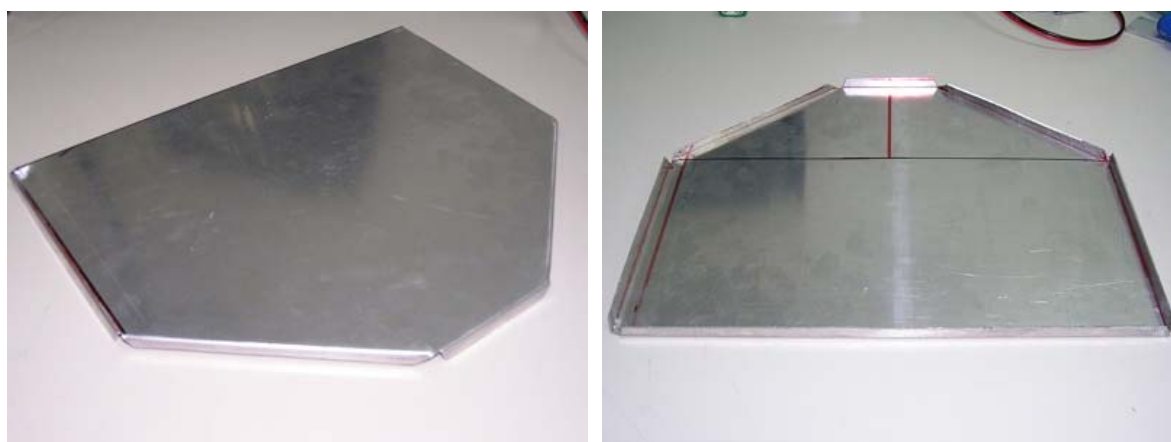


**Εικόνα 3.5:** Οι διαστάσεις της βάσης του ΑΛΕ [13]

Το υλικό που επιλέχθηκε είναι το αλουμίνιο λόγω της εύκολης κατεργασίας του και της πολύ υψηλής αντοχής του σε σχέση με το βάρος του. Για το αυτοφερόμενο πλαίσιο των βάσεων επιλέγεται ως υλικό κατασκευής φύλλο αλουμινίου πάχους 1,2mm. Οι ράβδοι στήριξης και ενίσχυσης του πλαισίου έχουν πάχος 4mm.

### 3.3 ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥΣ

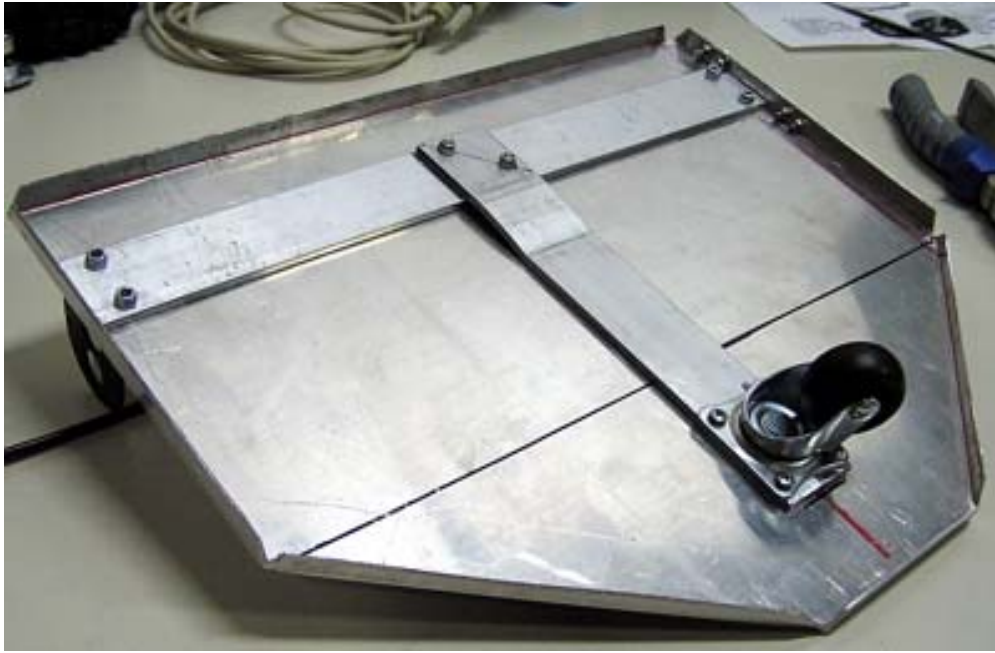
#### 3.3.1. ΔΑΠΕΔΟ



**Εικόνα 3.6:** Το αλουμινένιο δάπεδο του οχήματος

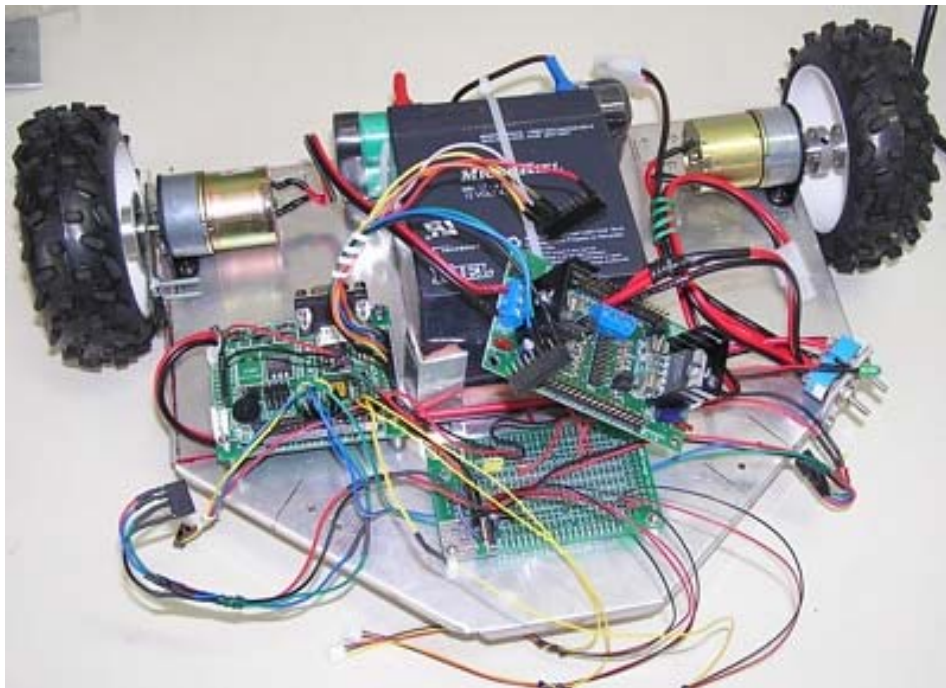
Το δάπεδο του οχήματος είναι κατασκευασμένο από φύλλο αλουμινίου πάχους 1,2mm οι άκρες του οποίου κάμφθηκαν ώστε να αυξηθεί η αντοχή του σε φορτίσεις, Εικόνα 3.6.





**Εικόνα 3.7:** Το κάτω μέρος του δαπέδου

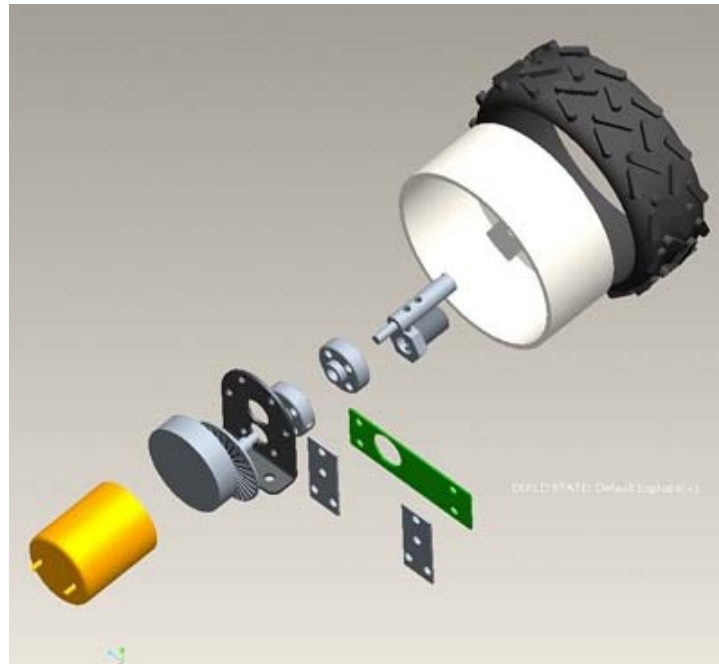
Στη συνέχεια κατασκευάστηκε το πλαίσιο ενίσχυσης του. Το κάτω μέρος του δαπέδου μαζί με τον τροχό ελεύθερης περιστροφής και το πλαίσιο ενίσχυσης παρουσιάζεται στη Εικόνα 3.7.



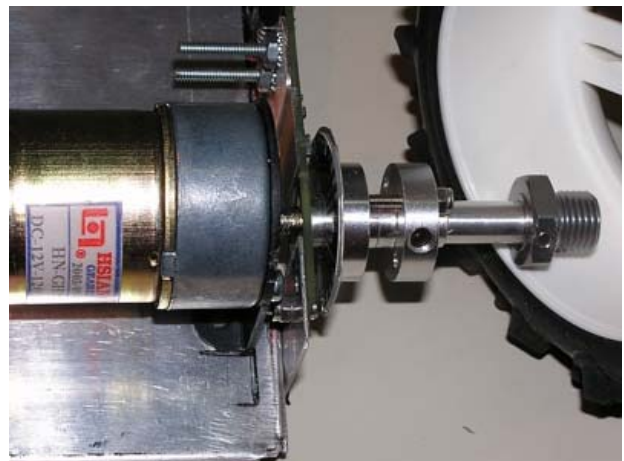
**Εικόνα 3.8:** Το δάπεδο μαζί με τις συσκευές που στηρίζει.

Το δάπεδο του ΑΛΕ με προσαρμοσμένες τις συσκευές που φέρει, παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.8.

### 3.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ



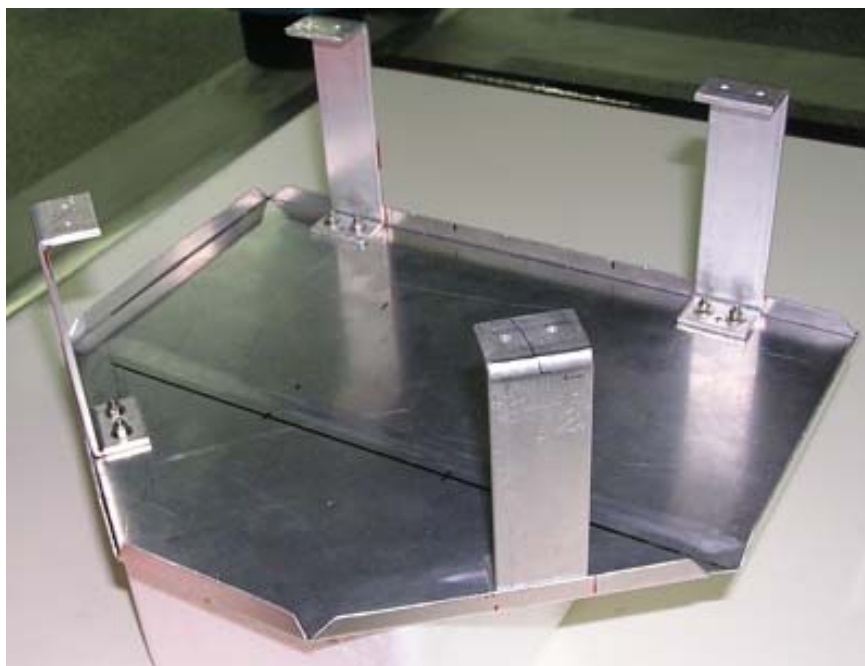
***Εικόνα 3.9:** Σχέδιο αποσυναρμολόγησης του συστήματος κίνησης [13]*



***Εικόνα 3.10:** Το σύστημα κίνησης*

Το σύστημα κίνησης περιλαμβάνει τους κινητήρες με το κιβώτιο, τον άξονα μετάδοσης, τον τροχό, το οδόμετρο και τις βάσεις στήριξής του. Ο άξονας και οι βάσεις κατασκευάστηκαν επίσης από αλουμίνιο, σύμφωνα με τα σχέδια της Εικόνας 3.9, ώστε το οδόμετρο να είναι στη σωστή θέση και ο τροχός να περιστρέφεται κανονικά. Το αποτέλεσμα της κατασκευής παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.10.

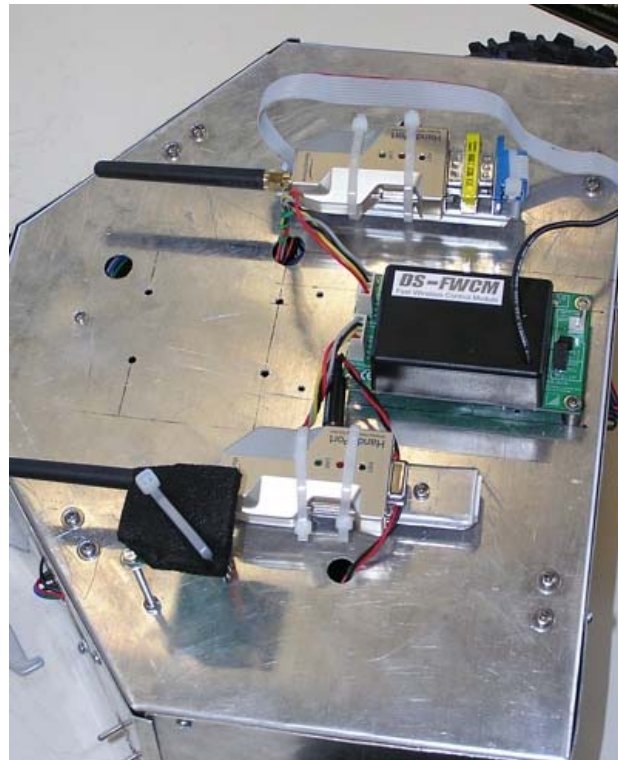
### 3.3.3 ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΑ ΟΡΟΦΗΣ



**Εικόνα 3.11:** Τα στηρίγματα συναρμολογημένα με την οροφή

Η άνω βάση, οροφή στηρίζεται στο δάπεδο με τη βοήθεια τεσσάρων ράβδων. Οι ράβδοι αυτοί τοποθετούνται στο όριο των βάσεων, δύο στα εμπρός, πλαϊνά, ακραία τμήματα και δύο στο πίσω. Εκτός από την οροφή στηρίζουν και τους αισθητήρες απόστασης του ΑΛΕ. Για την κατασκευή τους χρησιμοποιήθηκε αλουμίνιο πάχους 4mm, Εικόνα 3.11.

### 3.3.4 ΟΡΟΦΗ

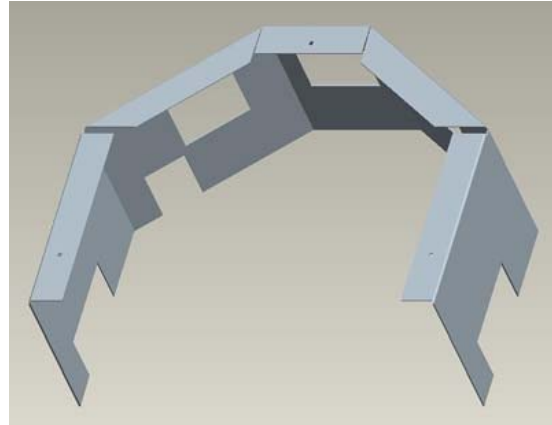
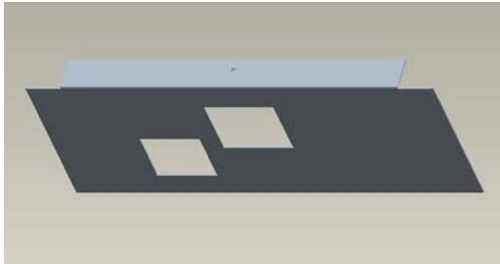


**Εικόνα 3.12:** Η οροφή και οι συσκευές που στηρίζει

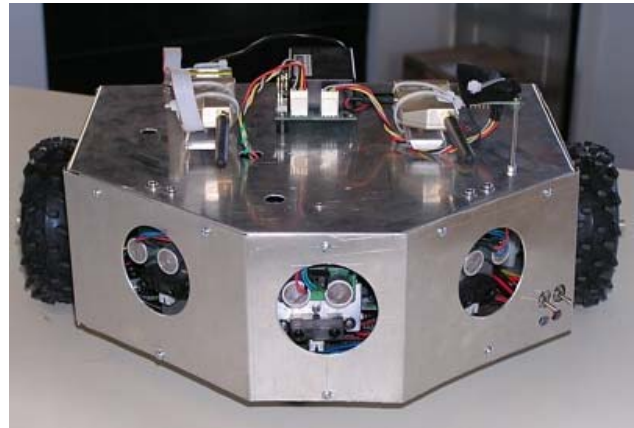
Για να κατασκευαστεί την οροφή του οχήματος χρησιμοποιήθηκε φύλλο αλουμινίου, πάχους 1. Μετά την κατασκευή της ανοίχθηκαν τρύπες, βιδώθηκαν και στερεώθηκαν οι συσκευές και τα στηρίγματά της, οπότε το τελικό αποτέλεσμα παρουσιάζεται στη Εικόνα 3.12.



### 3.3.5 ΚΑΛΥΜΜΑ



**Εικόνα 3.13:** Σχέδια του εμπρός και πίσω καλύμματος [13]



**Εικόνα 3.14:** Τα καλύμματα τοποθετημένα στο ΑΛΕ

Το κάλυμμα του οχήματος κατασκευάστηκε από φύλλο αλουμινίου πάχους 0,8mm σύμφωνα με τα σχέδια της Εικόνας 3.13. Αποτελείται από δύο τμήματα, ένα για το εμπρός και ένα για το πίσω μέρος του οχήματος. Στην Εικόνα 3.14 παρουσιάζεται το κάλυμμα τοποθετημένο στο όχημα.

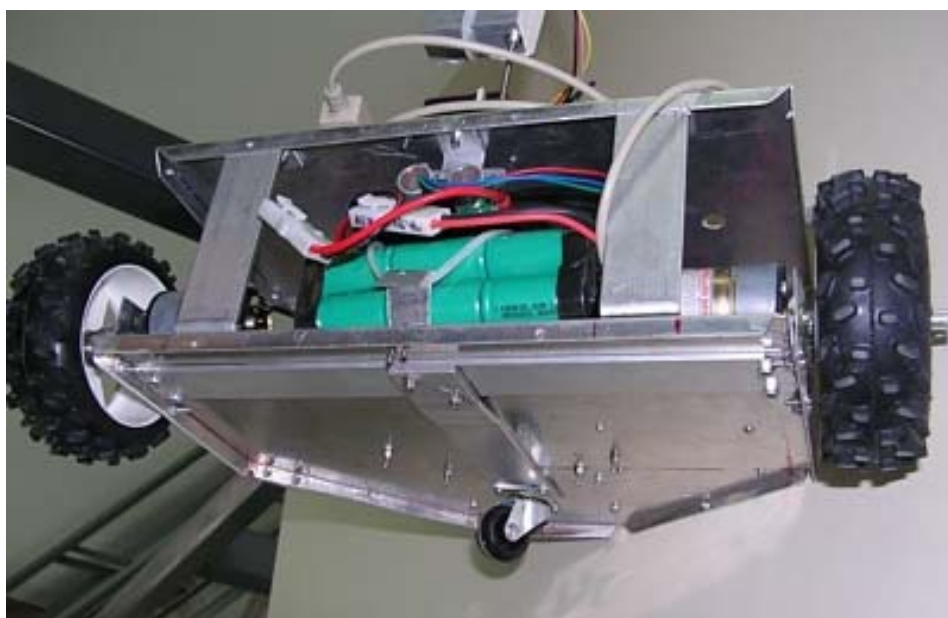
Το συνολικό βάρος οχήματος ΑΛΕ, με πλήρη εξοπλισμό είναι 4 κιλά.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΣΗΣ

## 4.1 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΚΙΒΩΤΙΟ ΥΠΟΒΙΒΑΣΜΟΥ ΣΧΕΣΕΩΝ

Ο σχεδιασμός του συστήματος κίνησης έλαβε υπ' όψη του τα δεδομένα των Παραγράφων 2.1, 2.2, 2.3 καθώς επίσης και τις επιχειρησιακές απαιτήσεις ενός ρομποτικού οχήματος που προορίζεται για εκπαιδευτικές, αλλά και για ερευνητικές χρήσεις. Το ΑΛΕ είναι ένα μεσαίου μεγέθους ρομποτικό όχημα, εσωτερικών χώρων. Προορίζεται να κινείται σε επίπεδες επιφάνειες, με συντελεστή τριβής ανάλογο του μάρμαρου ή του βιομηχανικού δαπέδου. Οι ταχύτητες κίνησης είναι σχετικά μικρές και δεν υπάρχει απαίτηση για απότομες επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω έγιναν οι εξής επιλογές για το σύστημα κίνησης του ΑΛΕ.



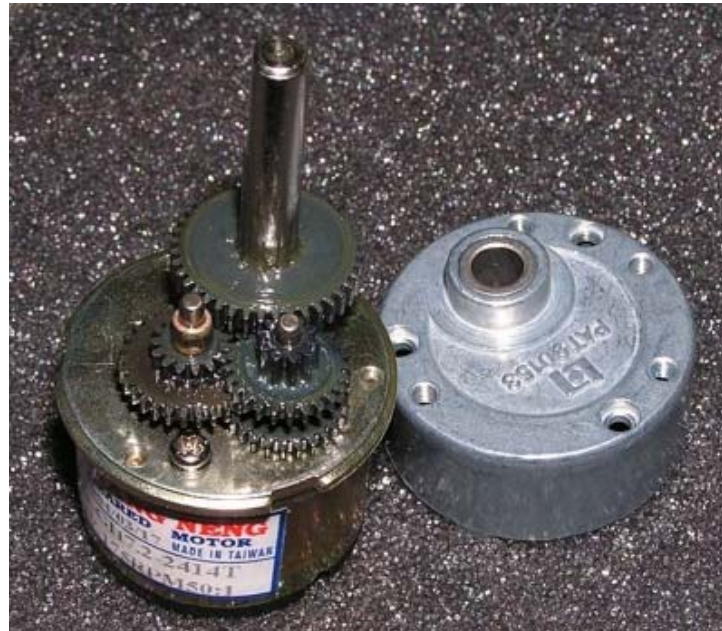
**Εικόνα 4.1:** Οι δύο κινητήριοι τροχοί στο πίσω μέρος και ο τροχός ελεύθερης περιστροφής στο εμπρός μέρος του οχήματος

- **Τρόπος κίνησης:** επιλέχθηκε ο διαφορικός τρόπος κίνησης με δύο κινητήριους τροχούς τοποθετημένους εκατέρωθεν του πίσω μέρους του οχήματος, κάθε ένας από τους οποίους διαθέτει το δικό του ηλεκτροκινητήρα. Τοποθετήθηκε ένας πολύ μικρότερος, μη κινητήριος, τροχός ελεύθερης στο εμπρός μέρος, Εικόνα 4.1. Η διάμετρος των πίσω τροχών είναι 11 cm και του εμπρός 3 cm. Οι τροχοί είναι έτσι τοποθετημένοι ώστε το δάπεδο του οχήματος να βρίσκεται σε ύψος 4 cm. Με αυτήν τη σχεδίαση το ΑΛΕ αποκτά διαφορικό τρόπο κίνησης. Οι άξονες περιστροφής των δύο κινητήριων τροχών είναι κοινοί και ο τρίτος τροχός, που χρησιμοποιείται μόνο για στήριξη του οχήματος, μπορεί να αλλάξει ανά πάσα στιγμή κατεύθυνση, ακολουθώντας την πορεία που καθορίζουν οι ταχύτητες περιστροφής των πίσω τροχών. Το ΑΛΕ μπορεί να περιστρέφεται περί του σημείου το οποίο βρίσκεται στο μέσο του ευθύγραμμου τμήματος που ενώνει τα σημεία επαφής των δυο τροχών με το έδαφος κίνησης.



**Εικόνα 4.2:** Ο κινητήρας HSIANG NENG GH12-2217Y με κιβώτιο 50:1

- **Κινητήρες:** για την κίνηση των τροχών επιλέχθηκαν οι σερβοκινητήρες HSIANG NENG GH12-2217Y, Εικόνα 4.2, με χαρακτηριστικά:
  - Τάση λειτουργίας: 12V
  - Ταχύτητα περιστροφής άνευ φορτίου: 7.000 rpm
  - Κατανάλωση ρεύματος για περιστροφή άνευ φορτίου: 90 mA
  - Ταχύτητα περιστροφής για μέγιστη απόδοση: 5.330 rpm
  - Κατανάλωση ρεύματος για περιστροφή στις στροφές μέγιστης απόδοσης: 130 mA
  - Ισχύς: 1 Watt
  - Απόδοση: 70%
  - Ροπή ακινητοποίησης: 0,8747 Nt m
  - Διάμετρος άξονα περιστροφής: 6mm
  - Βάρος: 0,15 Kgr



**Εικόνα 4.3:** Το κιβώτιο μείωσης της σχέσης μετάδοσης του κινητήρα

- **Κιβώτιο μείωσης της σχέσης μετάδοσης του κινητήρα:** ο κάθε σερβοκινητήρας του οχήματος συνδέεται με ένα κιβώτιο μείωσης της σχέσης μετάδοσής του, Εικόνα 4.2, και η έξοδος του κιβωτίου κινεί τους τροχούς. Η ύπαρξη του είναι απαραίτητη για να μπορεί να κινείται το όχημα με μικρές ταχύτητες, αλλά και επειδή πολλαπλασιάζει τη ροπή που παράγεται από τον κινητήρα. Το τίμημα είναι οι απώλειες ενέργειας που παρουσιάζονται εξαιτίας του. Για το συγκεκριμένο



κιβώτιο, που έχει σχέση μετάδοσης 50:1, ο συντελεστής απόδοσής του είναι 70%. Το κιβώτιο είναι επίσης HSIANG NENG, με μεταλλικά οδοντωτά γρανάζια, κατάλληλο για τον κινητήρα GH12-2217Y και είναι διαθέσιμα στο εμπόριο ως ενιαίο σύστημα κινητήρα-κιβωτίου, Εικόνα 4.3.

Σύμφωνα με την Παράγραφο 2.3.2 ισχύει η Σχέση 2.4 για τη δύναμη που κινεί το όχημα ΑΛΕ:

$$F_{app} = m \cdot g \cdot \sin \theta + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta \quad (2.4)$$

Η μέγιστη ροπή των κινητήρων είναι  $T_{\max} = 0.8747 \text{ Nt} \cdot m$  και η ακτίνα των κινητήριων τροχών είναι  $r = 0.05m$ . Συνεπώς η μέγιστη δύναμη κίνησης που μπορεί να ασκήσουν, μέσω των τροχών, οι κινητήρες στο όχημα είναι  $F_{\max} = 15.9 \text{ Nt}$ , αφού για τη ροπή ισχύει:  $T = F \cdot r$ . Έτσι για να υπολογιστεί η μέγιστη κλίση,  $\theta$ , ενός τσιμεντένιου δαπέδου στο οποίο μπορεί να κινείται το ΑΛΕ αρκεί να επιλυθεί η εξίσωση:

$$15.9 = 40 \cdot \sin \theta + 0.1 \cdot 40 \cdot \cos \theta \quad (4.1)$$

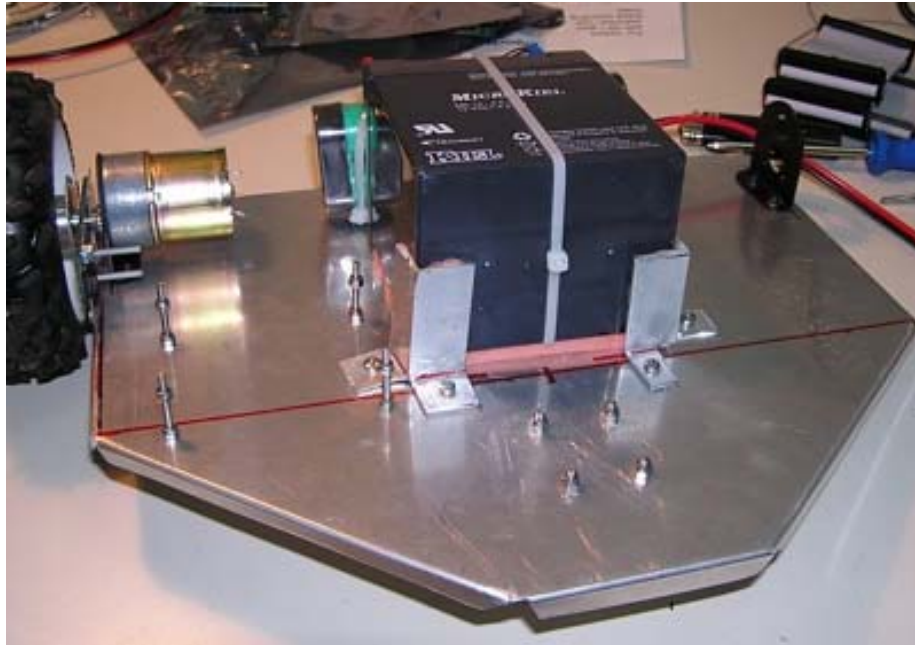
αφού το βάρος του ΑΛΕ είναι 4 Kgr και ο συντελεστής τριβής κύλισης μεταξύ επίπεδης τσιμεντένιας επιφάνειας και των ελαστικών του ΑΛΕ είναι  $\mu = 0.1$ . Με τη βοήθεια της σχέσης:

$$a \cdot \sin \theta + b \cdot \cos \theta = \sqrt{a^2 + b^2} \cdot \sin(\theta + \phi), \text{ όπου } \sin \phi = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (4.2)$$

επιλύεται η Εξίσωση 4.1 και υπολογίζεται ότι  $\theta = 17.59^\circ$ . Η τιμή της γωνίας μπορεί να αυξηθεί χρησιμοποιώντας πιο δυνατούς κινητήρες ή μειώνοντας τη διάμετρο των τροχών.

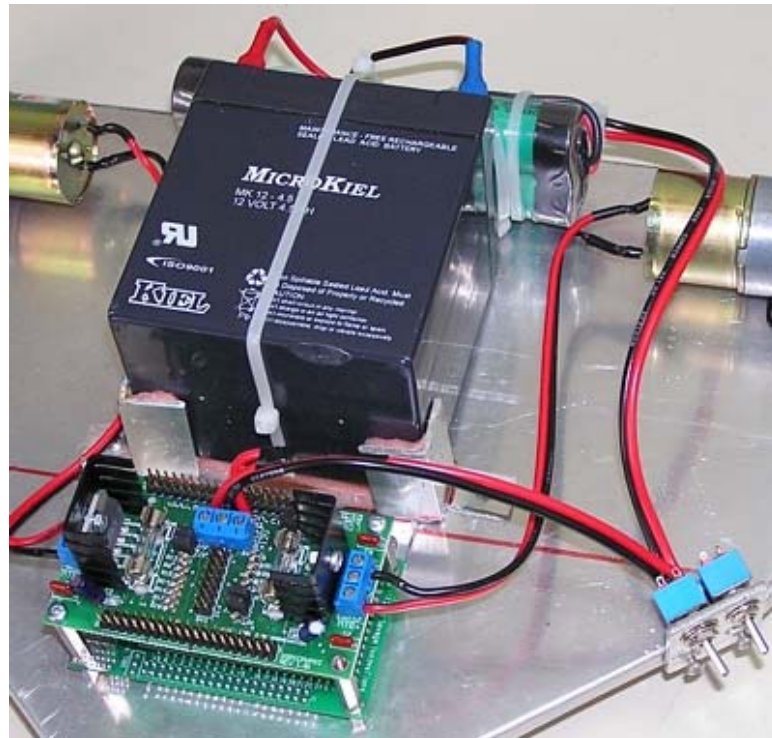
## 4.2 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΚΑΙ ΚΥΚΛΩΜΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Η τροφοδοσία των κινητήρων γίνεται με έναν επαναφορτιζόμενο συσσωρευτή μολύβδου (Lead acid), 12 V, στεγανού τύπου, διαστάσεων  $9 \times 7 \times 10$  cm, Εικόνα 2.45. Η χωρητικότητά του είναι 4,5A, που δίνει μια αυτονομία τριών τουλάχιστον ωρών συνεχούς λειτουργίας στο ρομποτικό όχημα ΑΛΕ. Οι επιλογές των δυνατοτήτων των κινητήρων και της τροφοδοσίας του οχήματος έγιναν με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να καλύψουν και πολύ μεγαλύτερες απαιτήσεις από τις υπάρχουσες.



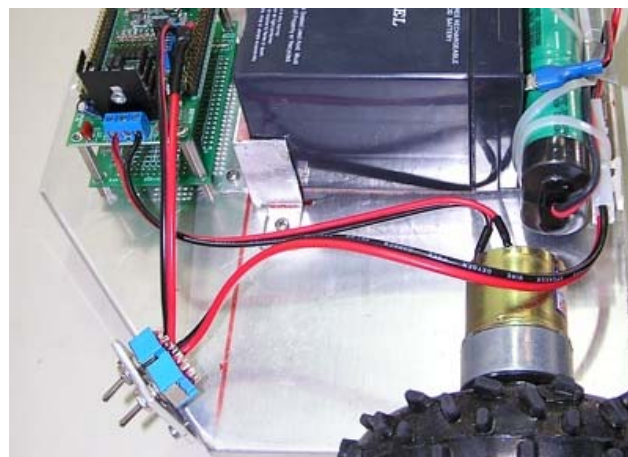
**Εικόνα 4.4:** Η θέση του συσσωρευτή 12V και οι οδηγοί που τον ασφαλίζουν

Για την τοποθέτηση του συσσωρευτή των 12V, κατασκευάστηκαν και βιδώθηκαν στο δάπεδο οδηγοί που ασφαλίζουν τη θέση και αποτρέπουν τις ανεπιθύμητες μετακινήσεις του συσσωρευτή, Εικόνα 4.4. Ως καταλληλότερη, σύμφωνα με την Παράγραφο 2.1.2, κρίθηκε η τοποθέτηση του συσσωρευτή των 12 V, που είναι το βαρύτερο αντικείμενο του οχήματος στο κέντρο του δαπέδου.



**Εικόνα 4.5:** Το κύκλωμα οδήγησης των κινητήρων και οι διακόπτες λειτουργίας

Για να λειτουργήσουν οι κινητήρες απαιτούν μεγάλες εντάσεις ρεύματος, έως και 1,5 A. Τέτοια ρεύματα δεν είναι δυνατόν να τα παρέχει ο μικροελεγκτής του οχήματος που ελέγχει τους κινητήρες. Έτσι τοποθετήθηκε το κατάλληλο κύκλωμα οδήγησης μεταξύ του OOPic-R και των κινητήρων. Το κύκλωμα αυτό, που είναι το Dual PWM της Magnevation, έχει ως είσοδο τα σήματα του OOPic-R που προορίζονται για τους κινητήρες και την τροφοδοσία των κινητήρων. Ενισχύει τα σήματα ελέγχου και οδηγεί με αυτά τους κινητήρες, παρέχοντάς τους με ασφάλεια μέχρι και 1,5 A ρεύματος. Είναι ένας οδηγός που, όπως και ο μικροελεγκτής OOPic-R, χρησιμοποιεί για τον καθορισμό της ταχύτητας περιστροφής των κινητήρων τη μέθοδο Διαμόρφωσης Πλάτους Παλμού, PWM, που αναλύθηκε στην Παράγραφο 2.3.3. Το κύκλωμα αυτό, με διαστάσεις 89×50 mm, τοποθετήθηκε εμπρός από το συσσωρευτή 12V, επάνω σε μια ειδική πτυσσόμενη βάση που φιλοξενεί και την πλακέτα βοηθητικών κυκλωμάτων, Εικόνα 4.5.



**Εικόνα 4.6:** Οι διακόπτες λειτουργίας

Μεταξύ του συσσωρευτή και του κυκλώματος οδήγησης βρίσκεται ο διακόπτης λειτουργίας των κινητήρων, Εικόνα 4.6, που είναι ο αριστερός από τους δύο διακόπτες οχήματος.

### **4.3 ΤΡΟΧΟΙ ΚΑΙ ΑΞΟΝΕΣ**

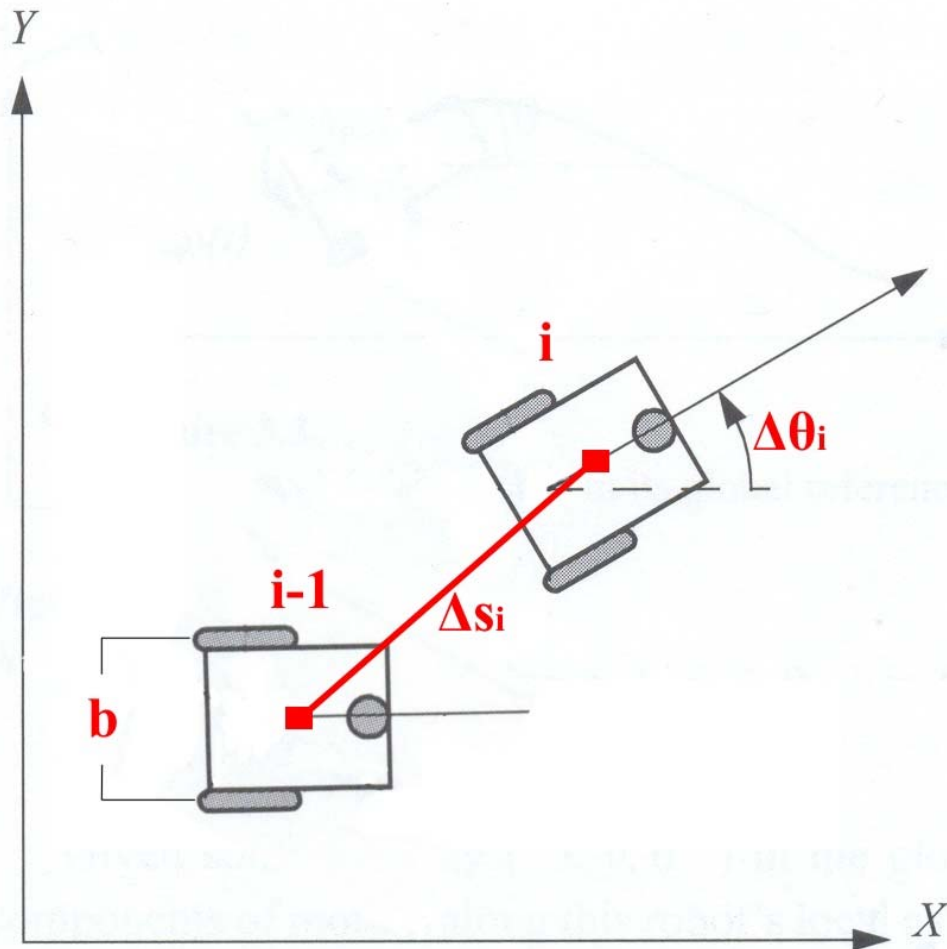


**Εικόνα 4.7:** Κινητήριος τροχός

Το ΑΛΕ διαθέτει τρεις τροχούς, δύο κινητήριους και ένα πολύ μικρότερο μη κινητήριο, ελεύθερης περιστροφής. Οι κινητήριοι τροχοί, Εικόνα 4.7, έχουν στην περιφέρειά τους ελαστικό χωρίς αεροθάλαμο, που περιέχει γόμωση από ελαφρύ και μαλακό αφρώδες υλικό, το οποίο είναι η σωστότερη λύση για όχημα με το μέγεθος και βάρος του ΑΛΕ. Το ελαστικό τους έχει πολύ βαθιά και έντονη χάραξη, οπότε είναι κατάλληλο και για χρήση εκτός δρόμου. Για τη μετακίνηση σε επίπεδους εσωτερικούς χώρους θα ήταν καλύτερο ένα πιο ομαλό και με λιγότερη χάραξη πέλμα για το ελαστικό. Η διάμετρος των κινητήριων τροχών είναι 11 cm και το πλάτος του πέλματός τους είναι 3.9 cm.

Ο κινητήρας, μέσω του κιβωτίου του, δίνει κίνηση στον άξονα τελικής μετάδοσης, που έχει διατομή 6 mm. Με τη βοήθεια ομοαξονικών συνδέσμων, ο άξονας τελικής μετάδοσης του κιβωτίου συνδέεται με τον άξονα κίνησης των τροχών, διατομής 8 mm, Εικόνα 3.11. Με τον τρόπο αυτό προεκτάθηκε το μήκος του άξονα μετάδοσης της κίνησης και έτσι προέκυψε και ο απαραίτητος χώρος για την τοποθέτηση των οδομέτρων.

#### 4.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ



**Εικόνα 4.8:** Οι θέσεις του οχήματος και τα σχετικά μεγέθη κατά τις χρονικές στιγμές  $i$  και  $i-1$  [11]

Το ρομποτικό όχημα ΑΛΕ μετακινείται με το διαφορετικό τρόπο κίνησης. Διαθέτει οδόμετρα τα οποία μετρούν τη μετατόπιση του κάθε τροχού κατά την κίνηση του οχήματος. Για να υπολογιστεί η θέση του σε σχέση με μια σταθερή θέση αναφοράς πρέπει να είναι γνωστή η αύξηση στο μετρητή του κάθε οδομέτρου [11]. Έστω ότι τη χρονική στιγμή  $i$  ο μετρητής του αριστερού οδομέτρου έχει αυξηθεί κατά  $N_l$  και του δεξιού κατά  $N_r$ . Επίσης ισχύει ότι:

$$C_m = \pi D_n / n C_e \quad (4.1)$$

όπου:

- $C_m$  ο συντελεστής μετατροπής μετρήσεων του οδομέτρου σε απόσταση που διάνυσε ο τροχός,
- $D_n$  είναι η διάμετρος των τροχών, για το ΑΛΕ είναι 115 mm,
- $n$  είναι ο λόγος μείωσης της μετάδοσης από το σημείο που γίνεται η κωδικοποίηση του οδομέτρου μέχρι τον τροχό. Στο ΑΛΕ η τιμή αυτή είναι 1.

- $C_e$  είναι η ανάλυση του οδομέτρου σε παλμούς ανά περιστροφή.

Η απόσταση που διάνυσε ο κάθε τροχός από τη χρονική στιγμή  $i-1$  έως τη χρονική στιγμή  $i$ , οπότε προέκυψε αύξηση  $N_{l,i}$  και  $N_{r,i}$  για τον αριστερό και δεξιό τροχό αντίστοιχα, είναι:

$$\Delta S_{l,i} = C_m N_{l,i} \quad (4.2)$$

για τον αριστερό τροχό και

$$\Delta S_{r,i} = C_m N_{r,i} \quad (4.3)$$

για το δεξιό τροχό.

Η μετακίνηση του κέντρου της βάσης του οχήματος είναι:

$$\Delta S_i = (\Delta S_{l,i} + \Delta S_{r,i}) / 2 \quad (4.4)$$

και η γωνία στροφής του οχήματος λόγω αυτής της μετακίνησης είναι:

$$\Delta \theta_i = (\Delta S_{l,i} - \Delta S_{r,i}) / b \quad (4.5)$$

όπου  $b$  είναι η απόσταση μεταξύ των σημείων επαφής των δύο τροχών στο έδαφος.

Έτσι, τελικά, ο προσανατολισμός του οχήματος,  $\theta_i$  τη χρονική στιγμή  $i$  είναι:

$$\theta_i = \theta_{i-1} + \Delta \theta_i \quad (4.6)$$

και οι συντεταγμένες του οχήματος τη χρονική στιγμή  $i$ , είναι:

$$x_i = x_{i-1} + \Delta S_i \cos \theta_i \quad (4.7)$$

$$y_i = y_{i-1} + \Delta S_i \sin \theta_i \quad (4.8)$$

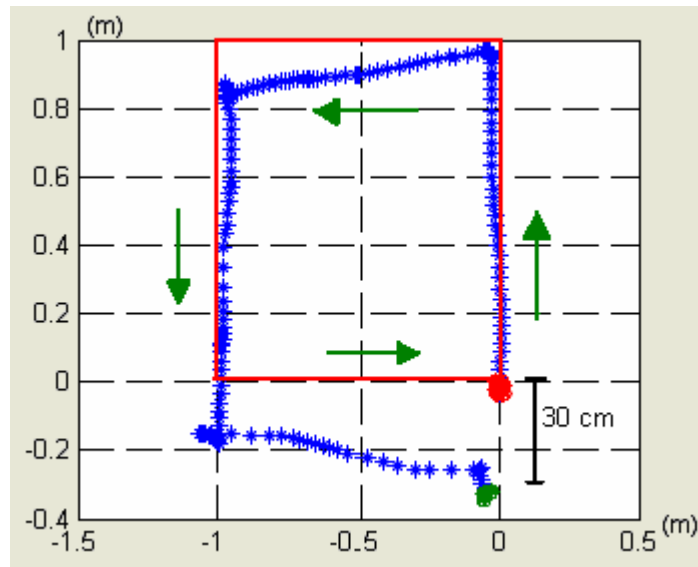
Για τον υπολογισμό της θέσης και της τροχιάς του ΑΛΕ, κατά την εκτέλεση πειραματικών μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκε το παραπάνω κινηματικό με μια μόνο διαφοροποίηση. Για τον υπολογισμό της γωνίας στροφής του οχήματος χρησιμοποιήθηκαν οι ενδείξεις της ηλεκτρονικής πυξίδας που φέρει το όχημα και όχι η Σχέση 4.4 που βασίζεται στις μετρήσεις των οδομέτρων. Αυτό έγινε για να διασταυρωθούν τα δεδομένα από δύο διαφορετικούς αισθητήρες και να μελετηθεί η αξιοπιστία και χρησιμότητά τους στον υπολογισμό της θέσης του οχήματος.

Διενεργήθηκαν τρεις διαφορετικοί τύποι πειραμάτων οι οποίοι καλύπτουν όλους τους τύπους κίνησης του οχήματος. Όλα τα πειράματα διενεργήθηκαν με χαμηλές ταχύτητες έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα λάθη των οδομέτρων. Τα πειράματα διενεργήθηκαν στον ίδιο χώρο ώστε να ισχύουν οι ίδιες συνθήκες για την τριβή και το μαγνητικό πεδίο. Μετά τη διενέργεια των πειραμάτων ήταν σαφές πως ο υπολογισμός του προσανατολισμού του οχήματος, με τη χρήση του παραπάνω κινηματικού μοντέλου, ήταν προβληματικός λόγω των λανθασμένων μετρήσεων της ηλεκτρονικής πυξίδας [14].

- *Κίνηση σε τετραγωνική τροχιά:* στην περίπτωση αυτή έχουμε κίνηση του οχήματος επί ενός τετραγώνου πλευράς ενός μέτρου. Παρουσιάζονται αποκλίσεις ανάμεσα στην πραγματική τροχιά του οχήματος, που σημειώνεται με κόκκινο χρώμα στο γράφημα της Εικόνας 4.9, και στην υπολογιζόμενη, από το παραπάνω κινηματικό μοντέλο, τροχιά που δημιουργείται από τις ενδείξεις της πυξίδας και των οδομέτρων και σημειώνεται με μπλε χρώμα. Οι αποκλίσεις αυτές οφείλονται σε σφάλματα υπολογισμού του προσανατολισμού, που προέρχονται από τις μετρήσεις της πυξίδας. Οι μετρήσεις των οδομέτρων εξάγουν σωστά αποτελέσματα για τον υπολογισμό των αποστάσεων κίνησης. Για παράδειγμα, το όχημα στην πρώτη στροφή στρίβει προς τα αριστερά γύρω από το κέντρο του κατά  $90^\circ$  ενώ η πυξίδα δείχνει ότι το όχημα στρίβει κατά  $115^\circ$  κάτι το οποίο

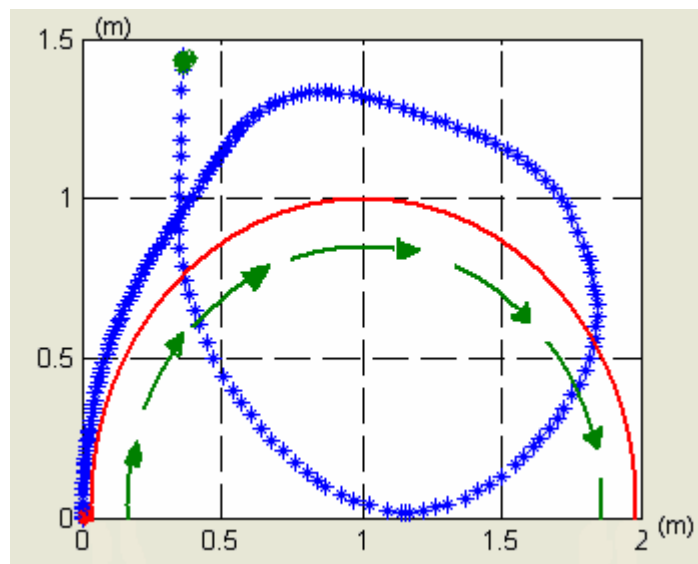


φαίνεται και στο γράφημα. Στην δεύτερη αριστερή στροφή του οχήματος γύρω από το κέντρο του η πυξίδα δείχνει μεταβολή  $90^\circ$ . Στην τρίτη στροφή του οχήματος, ενώ η πυξίδα υπολογίζει σωστά μια μεταβολή  $90^\circ$ , στην συνέχεια και ενώ το όχημα κινείται ευθεία, υπολογίζει στροφή του οχήματος δεξιά.



**Εικόνα 4.9:** Κίνηση σε τετραγωνική τροχιά

Το σφάλμα στον υπολογισμό της τροχιάς του οχήματος είναι σημαντικό και προκαλεί απόκλιση  $-7\text{ cm}$  στον άξονα  $Y$  και  $-30\text{ cm}$  στον άξονα  $X$ .

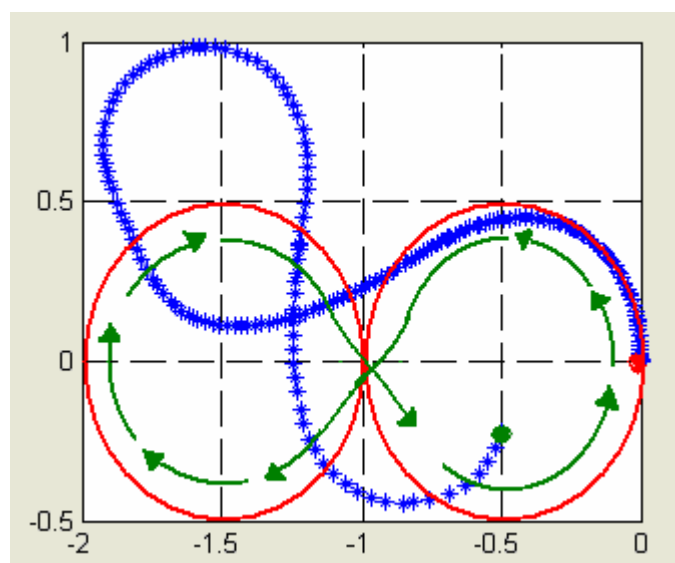


**Εικόνα 4.10:** Κίνηση σε κυκλική τροχιά

- **Κίνηση σε κυκλική τροχιά:** στο πείραμα αυτό το όχημα διέγραψε ένα κύκλο ακτίνας ενός μέτρου. Παρουσιάστηκε μεγάλη απόκλιση μεταξύ της πραγματικής και της υπολογιζόμενης τροχιάς, Εικόνα 4.10, η οποία στον άξονα  $X$  είναι  $140\text{ cm}$  και στον άξονα  $Y$  είναι  $40\text{ cm}$ . Παρακολουθώντας τις ενδείξεις των αισθητήρων το λάθος εντοπίζεται στις μετρήσεις της ηλεκτρονικής πυξίδας του οχήματος.
- **Κίνηση σε καμπύλη τροχιά:** στο τρίτο πείραμα το όχημα κινήθηκε πάνω σε καμπύλη τροχιά σχήματος οχτώ. Στην Εικόνα 4.11 παρουσιάζεται με μπλε χρώμα



το διάγραμμα της τροχιάς που υπολογίζεται από το κινηματικό μοντέλο και με κόκκινο η πραγματική τροχιά που διέγραψε το όχημα.



**Εικόνα 4.11:** Κίνηση σε καμπύλη τροχιά

Παρουσιάστηκαν και σε αυτήν την περίπτωση αποκλίσεις, 25cm στον άξονα X και 50cm στον άξονα Y. Σύμφωνα με τις μετρήσεις των αισθητήρων τα λάθη και σε αυτήν την περίπτωση προέκυψαν από τις λάθος μετρήσεις της πυξίδας.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Ο ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΤΟΥ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

## 5.1 Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ OOPic-R

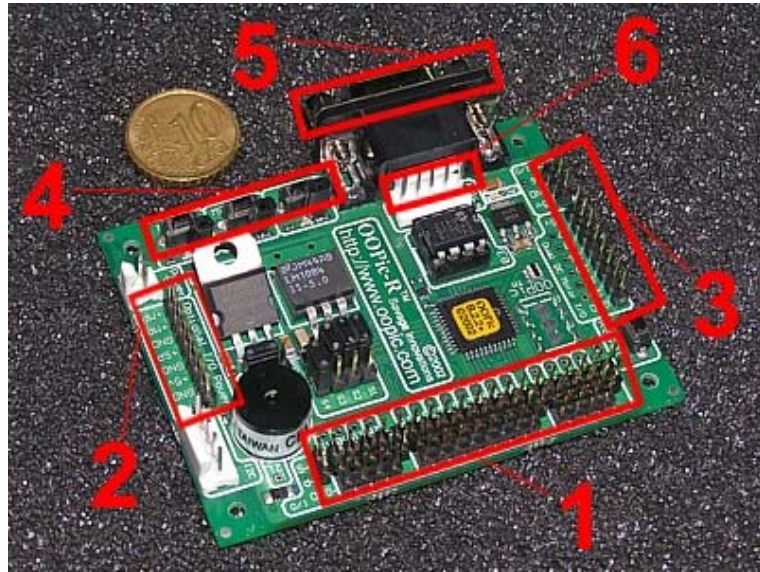
Μια από τις σημαντικές παραμέτρους σχεδίασης του ρομποτικού οχήματος ΑΛΕ ήταν η διατήρηση του κόστους σε χαμηλά επίπεδα. Ο περιορισμός αυτός καθόρισε την επιλογή μικροελεγκτή και όχι προσωπικού υπολογιστή για τον έλεγχο του ρομποτικού οχήματος. Τα κριτήρια για την επιλογή ανάμεσα στις πιθανές λύσεις, που προσφέρονται στην κατηγορία των μικροελεγκτών, ήταν:

- *Φιλικό περιβάλλον:* η επικοινωνία του χρήστη του οχήματος με τον μικροελεγκτή και ο προγραμματισμός του θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από φιλικότητα. Δεν θα πρέπει ο χρήστης να έχει εξειδικευμένες γνώσεις ηλεκτρονικών, προγραμματισμού και αρχιτεκτονικής μικροεπεξεργαστών για να μπορεί να προγραμματίσει και να αξιοποιήσει τις δυνατότητες του μικροελεγκτή του οχήματος.
- *Επικοινωνία πραγματικού χρόνου με προσωπικό υπολογιστή:* θα πρέπει ο μικροελεγκτής να μπορεί να επαναπρογραμματίζεται αλλά και να ανταλλάσσει δεδομένα με προσωπικό υπολογιστή καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του. Με τον τρόπο αυτό ο μικροελεγκτής επί του οχήματος, που διαθέτει περιορισμένη υπολογιστική ισχύ, θα εκτελεί έλεγχο σε επίπεδο υλικού. Θα μπορεί να αποστέλλει δεδομένα από τους αισθητήρες και άλλες συσκευές του οχήματος προς το σταθμό βάσης του οχήματος, όπου θα είναι δυνατή η εκτέλεση αλγορίθμων με υψηλές απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ. Στη συνέχεια ο σταθμός βάσης ορίζει τις παραμέτρους ελέγχου που αποστέλλονται στον μικροελεγκτή του οχήματος ο οποίος και τις υλοποιεί.

Ο μικροελεγκτής του οχήματος θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να επικοινωνεί ταυτόχρονα με τον σταθμό βάσης αλλά και με άλλον συμβατό μικροελεγκτή κοντινού οχήματος. Η επικοινωνία αυτή θα πρέπει να είναι απευθείας επικοινωνία με τις προδιαγραφές της Παραγράφου 2.4.2. Έτσι ανεξάρτητα από την ύπαρξη ή όχι σταθμού βάσης πρέπει να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ δύο ή περισσότερων οχημάτων.

- *Θύρες επικοινωνίας:* ο μικροελεγκτής πρέπει να διαθέτει τον επαρκή αριθμό, αλλά και τα κατάλληλα είδη ψηφιακών και αναλογικών εισόδων, καθώς και ψηφιακών εξόδων ώστε να μπορεί να ελέγξει τις συσκευές που περιλαμβάνει το όχημα ΑΛΕ στον εξοπλισμό του, Παράγραφος 3.1.
- *Κόστος:* η τιμή του μικροελεγκτή δεν πρέπει να ξεπερνά τα 200 €.
- *Υποστήριξη:* επειδή το ρομποτικό όχημα ΑΛΕ είναι μια πρωτότυπη συσκευή απαιτείται υψηλής ποιότητας τεχνική υποστήριξη για τον μικροελεγκτή, ώστε να μπορούν να ξεπεραστούν τα συνήθη προβλήματα υλοποίησης.

Κατόπιν σχετικής έρευνας αγοράς επιλέχθηκε ο μικροελεγκτής OOPic-R, της Savage Innovations, στην έκδοση B.2.2+. Ο OOPic-R ικανοποιεί όλα τα προηγούμενα κριτήρια και επιπλέον έχει αποδεδειγμένη αξιοπιστία και λειτουργικότητα, όπως μαρτυρούν τα δεκάδες εμπορικά και μη, προϊόντα που τον χρησιμοποιούν.



**Εικόνα 5.1:** Οι θύρες του ελεγκτή OOPic-R

Ο μικροελεγκτής περιλαμβάνει, Εικόνα 5.1:

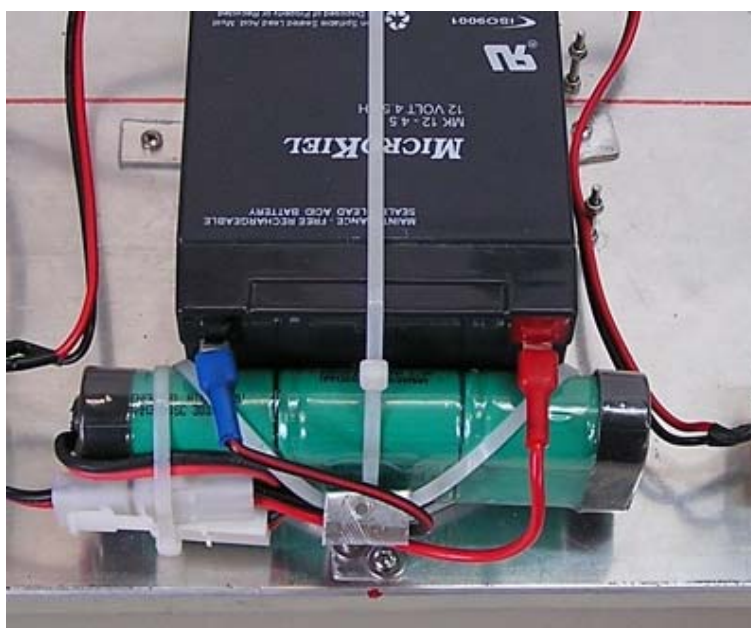
1. Τέσσερις αναλογικές εισόδους, δεκατρείς ψηφιακές εισόδους-εξόδους και είκοσι ακροδέκτες τροφοδοσίας.
2. Οκτώ ακροδέκτες τροφοδοσίας.
3. Θύρες για έλεγχο δύο σερβοκινητήρων και μίας οθόνης υγρών κρυστάλλων.
4. Τρεις ψηφιακές θύρες εισόδου-εξόδου.
5. Σειριακή θύρα επικοινωνίας .
6. Θύρα επικοινωνίας με χρήση του πρωτοκόλλου I2C.

## 5.2 ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ



**Εικόνα 5.2:** Ο συσσωρευτής τροφοδοσίας των ηλεκτρονικών

Η τροφοδοσία του μικροελεγκτή, αλλά και όλων των άλλων ηλεκτρονικών συσκευών που φέρει το όχημα, είναι διαφορετική από την τροφοδοσία των ηλεκτροκινητήρων για να αποφεύγονται οι παρεμβολές. Για την τροφοδοσία των ηλεκτρονικών επιλέχθηκε ένας επαναφοριζόμενος συσσωρευτής Νικελίου Μετάλλου Υδριδίου, 7.2 V, χωρητικότητας 3 Ah, Εικόνα 5.2. Η κατανάλωση των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων που περιλαμβάνει ο πλήρης εξοπλισμός του οχήματος, δεν ξεπερνά, σύμφωνα με τις τιμές που ανακοινώνουν οι κατασκευαστές τους, τα 700 mA. Ο συσσωρευτής μπορεί άνετα να ανταποκριθεί σε αντίστοιχες ανάγκες ρεύματος.



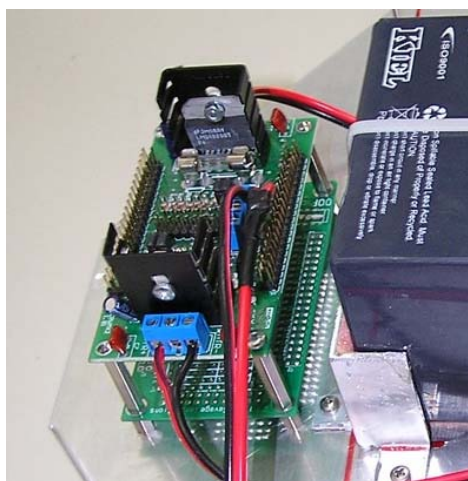
**Εικόνα 5.3:** Η θέση των συσσωρευτών στο πίσω τμήμα του ΑΛΕ

Το ηλεκτρικό ρεύμα του συσσωρευτή σταθεροποιείται στα 5 V πριν να τροφοδοτήσει τις ηλεκτρονικές συσκευές. Υπάρχουν τρεις σταθεροποιητές, δύο στον OOPic-R και ένας στην πλακέτα βοηθητικών κυκλωμάτων. Ο συσσωρευτής των 7.2 V τοποθετήθηκε στο πίσω μέρος του οχήματος, πίσω από το συσσωρευτή των 12 V, Εικόνα 5.3. Με την τοποθέτηση αυτή, το κέντρο βάρους μετατοπίζεται προς τα πίσω, φορτίζοντας περισσότερο τους τροχούς κίνησης και επιτρέποντας στον εμπρός τροχό να περιστρέφεται ελεύθερα.



**Εικόνα 5.4:** Η ηλεκτρονική πλακέτα βοηθητικών κυκλωμάτων του ΑΛΕ

Η δρομολόγηση των καλωδίων, το ένα από τα τρία τροφοδοτικά κυκλώματα σταθεροποίησης του ηλεκτρικού ρεύματος που προορίζεται για τις ηλεκτρονικές συσκευές, και οι απαιτούμενες αντιστάσεις, πυκνωτές για τη σωστή λειτουργία των συσκευών του ΑΛΕ βρίσκονται στην πλακέτα βοηθητικών κυκλωμάτων, Εικόνα 5.4. Βρίσκεται στο εμπρός κεντρικό τμήμα του οχήματος ώστε να υπάρχει εύκολη πρόσβαση σε αυτήν, από όλες τις συσκευές.



**Εικόνα 5.5:** Το κύκλωμα οδήγησης των ηλεκτροκινητήρων τοποθετημένο επάνω από την ηλεκτρονική πλακέτα βοηθητικών κυκλωμάτων του ΑΛΕ

Για την τοποθέτηση του κυκλώματος οδήγησης των κινητήρων αλλά και της πλακέτας των βοηθητικών κυκλωμάτων χρησιμοποιήθηκε ειδική πτυσσόμενη διάταξη με αποστάτες. Με τον τρόπο αυτό η εκμετάλλευση του ωφέλιμου χώρου του οχήματος γίνεται πολύ αποδοτικότερη. Αυτή η μέθοδος είναι πολύ συνήθης στα ρομποτικά οχήματα, λύνοντας το πρόβλημα τοποθέτησης δύο ή και περισσότερων πλακετών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.



### 5.3 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕΣΩ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΘΥΡΑΣ



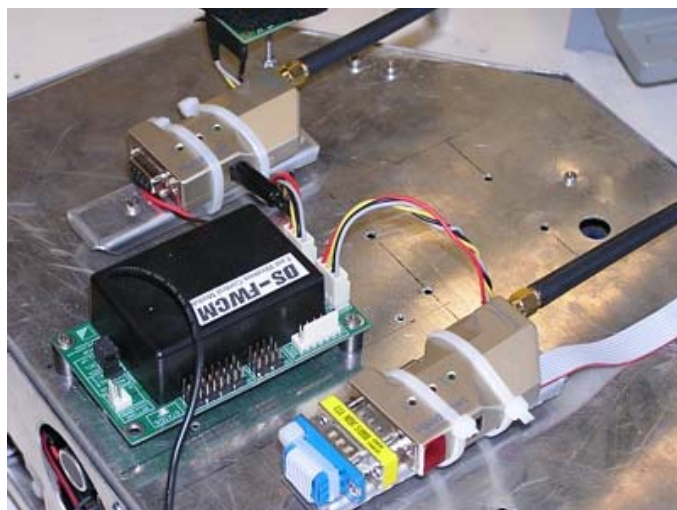
**Εικόνα 5.5:** Η συσκευές HPU 120 και HPS 120

Στο ρομποτικό όχημα ΑΛΕ υπάρχει η δυνατότητα απευθείας ασύρματης επικοινωνίας, μέσω σειριακής θύρας, με δύο από τις συσκευές του: τον OOPic-R και τον εικονολήπτη. Αυτό σημαίνει ότι ένας προσωπικός υπολογιστής μπορεί να χρησιμοποιείται ως σταθμός βάσης και μέσω μιας σειριακής θύρας του να επικοινωνεί με τον OOPic-R του ΑΛΕ και μέσω δεύτερης σειριακής θύρας με τον εικονολήπτη του. Η επικοινωνία αυτή γίνεται ασύρματα με τη βοήθεια ενός πομποδέκτη που συνδέεται μέσω θύρας USB στο σταθμό βάσης και δύο πομποδέκτες που συνδέονται στις σειριακές θύρες του OOPic-R και του εικονολήπτη αντίστοιχα.

Οι πομποδέκτες είναι οι συσκευές HPU 120 για το σταθμό βάσης και HPS 120 για τις συσκευές του οχήματος, της HandyWave, Εικόνα 5.6. Το σύστημα της ασύρματης επικοινωνίας υποστηρίζεται από το λογισμικό Bluesoleil, που είναι κατάλληλο για τη διαχείριση ασύρματων ζευξιών. Τα χαρακτηριστικά της ασύρματης επικοινωνίας είναι:

- **Ταχύτητα επικοινωνίας:** 9.600Bps για την επικοινωνία με τη σειριακή θύρα του OOPic-R και 115.200Bps για την επικοινωνία με τη σειριακή θύρα του εικονολήπτη.
- **Βεληνεκές:** 100 ή 300 m οπτικής επαφής, ανάλογα με την επιλογή της κεραίας, σε εσωτερικούς αλλά και εξωτερικούς χώρους.
- **Συχνότητα επικοινωνίας:** 2.4 GHz.
- **Πρωτόκολλο ασύρματης ζεύξης:** Bluetooth Version1.1
- **Μέγιστη κατανάλωση ρεύματος:** 110mA.





**Εικόνα 5.6:** Οι ασύρματες συσκευές επικοινωνίας του ΑΛΕ

Οι δύο συσκευές HPS 120 που φέρει το ρομποτικό όχημα ΑΛΕ τοποθετήθηκαν στην οροφή του, Εικόνα 5.6. Αυτή η επιλογή της θέσης εξασφάλισε ελεύθερο πεδίο λήψης. Επίσης δεν επηρέασε αρνητικά την κατακόρυφη θέση του κέντρου βάρους του οχήματος, αφού το βάρος της κάθε συσκευής είναι πολύ μικρό, μόλις 30 gr.

#### **5.4 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ**



**Εικόνα 5.7:** Η συσκευή ασύρματης επικοινωνίας FWCM της Digital Solutions

Εκτός από τις δυνατότητες επικοινωνίας που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο στο ρομποτικό όχημα ΑΛΕ υπάρχει εγκατεστημένος πομποδέκτης για την απευθείας ασύρματη επικοινωνία του μικροελεγκτή OOPic-R, μέσω της θύρας I2C που διαθέτει. Ο πομποδέκτης είναι η συσκευή FWCM της Digital Solutions, Εικόνα 5.7. Για να υλοποιηθεί η ασύρματη επικοινωνία η συσκευή FWCM συνδέθηκε στη θύρα I2C του OOPic-R. Με τον τρόπο αυτό ο μικροελεγκτής του οχήματος μπορεί να επικοινωνήσει μέχρι με 255 απομακρυσμένες συσκευές FWCM αποστέλλοντας και λαμβάνοντας δεδομένα. Οι απομακρυσμένες ασύρματες συσκευές μπορεί να είναι συνδεδεμένες:

- με μικροελεγκτές που διαθέτουν θύρα I2C

- με ψηφιακές θύρες εισόδου – εξόδου μικροελεγκτών
- με κινητήρες σέρβο

Τα χαρακτηριστικά της συσκευής είναι:

- Ταχύτητα επικοινωνίας: μέχρι 19200 Bps
- Συχνότητα επικοινωνίας: 433.9MHz
- Αριθμός ζεύξεων: 255
- Αριθμός ψηφιακών θυρών: 8
- Αριθμός θυρών σέρβο: 8
- Κατανάλωση ρεύματος: 50 mA

Έτσι με τη βοήθεια του FWCM ο μικροελεγκτής του οχήματος ΑΛΕ μπορεί να επικοινωνεί απευθείας με άλλα ρομποτικά οχήματα, στέλνοντας ψηφιακά δεδομένα, και να κινεί απομακρυσμένα σέρβο. Τοποθετήθηκε μαζί με τις άλλες συσκευές ασύρματης επικοινωνίας στην οροφή του ΑΛΕ, Εικόνα 5.6, για να έχει ελεύθερο πεδίο επικοινωνίας. Το βάρος της είναι πολύ μικρό, μόλις 20 gr, οπότε επηρεάζει ελάχιστα τη μετατόπιση του κέντρου βάρους προς τα άνω.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

## 6.1 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

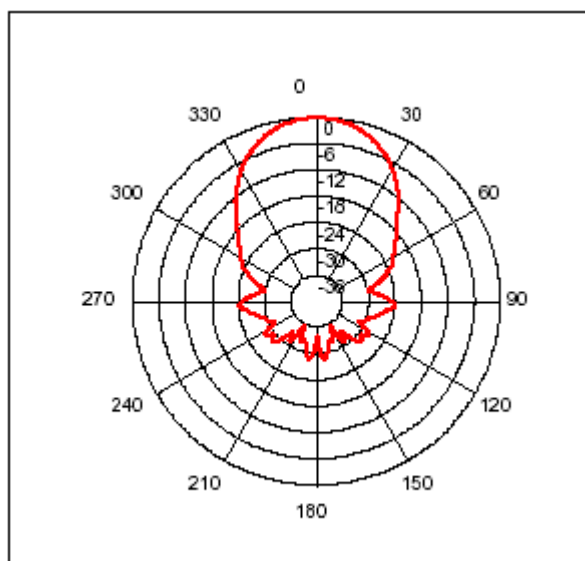


*Εικόνα 6.1: Αισθητήρας υπερήχων SRF-04 της Devantech*

Οι αισθητήρες μέτρησης απόστασης που επιλέχθηκαν για να τοποθετηθούν στο ρομποτικό όχημα ΑΛΕ είναι οι αισθητήρες υπερήχων SRF-04 της Devantech, Εικόνα 6.1. Η επιλογή αυτή έγινε λόγω της αξιόπιστης λειτουργίας τους, του ικανοποιητικού βεληνεκούς τους, της συμβατότητας με τον OOPic-R και του χαμηλού κόστους τους.

Τα χαρακτηριστικά τους είναι:

- *Βεληνεκές*: από 3 cm έως 3 m
- *Ευαισθησία*: εντοπισμός δοκού διαμέτρου 3 cm σε απόσταση 2 m
- *Συχνότητα λειτουργίας*: 40KHz
- *Κατανάλωση ρεύματος*: 50 mA
- *Διαστάσεις*: 43mm x 20mm x 17mm
- *Κόστος*: 20 €



*Εικόνα 6.2: Το διάγραμμα της δέσμης του αισθητήρα SRF-04*

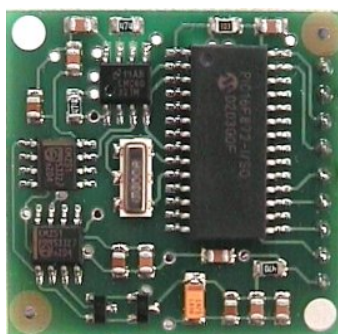
Όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα της Εικόνας 6.2, η διασπορά του ηχητικού σήματος που εκπέμπει ο αισθητήρας είναι κατάλληλη για τις χρήσεις του ρομποτικού οχήματος ΑΛΕ. Τοποθετήθηκαν τέσσερις αισθητήρες, ένας στο κέντρο εμπρός, ένας στο αριστερό τμήμα εμπρός, ένας στο δεξιό τμήμα εμπρός και ένας πίσω. Με τον τρόπο αυτό καλύπτονται τα πεδία στο εμπρός και πίσω περιβάλλοντα χώρο του οχήματος, που ενδιαφέρουν για την κίνησή του.



**Εικόνα 6.3:** Η τοποθέτηση του αισθητήρα SRF-04 στη ράβδο στήριξης της οροφής.

Η τοποθέτηση των αισθητήρων έγινε στις ράβδους στήριξης της οροφής για τους εμπρός και σε ειδική βάση για τον πίσω. Τοποθετήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να μην εξέρχουν από τις βάσεις του οχήματος. Η επικοινωνία τους με τον OOPic-R, για τη μεταφορά των δεδομένων μέτρησης, γίνεται μέσω των ψηφιακών εισόδων του.

## 6.2 ΨΗΦΙΑΚΗ ΠΥΞΙΔΑ



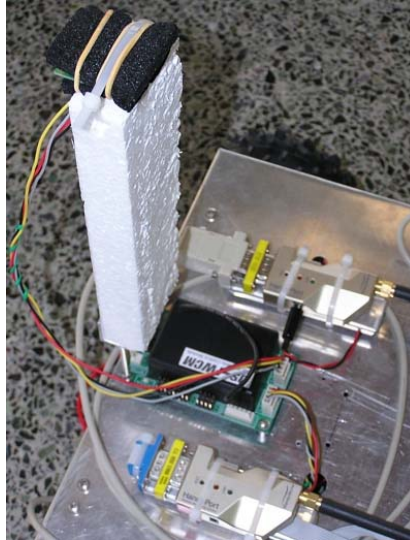
**Εικόνα 6.4:** Η ψηφιακή πυξίδα CMP-03 της Devantech

Για τον υπολογισμό του προσανατολισμού του οχήματος, ώστε να μπορεί να υπολογιστεί η θέση του, είναι απαραίτητη η χρήση των ενδείξεων της πυξίδας. Στο ρομποτικό όχημα ΑΛΕ τοποθετήθηκε η ψηφιακή πυξίδα CMP-03, της Devantech, Εικόνα 6.4. Η πυξίδα είναι μια συσκευή συμβατή με το πρωτόκολλο επικοινωνίας I2C. Με τον τρόπο αυτό μεταφέρονται τα δεδομένα της μέτρησης στον OOPic-R.

Τα χαρακτηριστικά της πυξίδας CMP-03 είναι:

- Ακρίβεια: 3-4°

- Ανάλυση:  $0,1^\circ$
- Συχνότητα λειτουργίας: 40KHz
- Κατανάλωση ρεύματος: 30 mA
- Διαστάσεις: 32mm x 35mm
- Κόστος: 30 €



**Εικόνα 6.5:** Η τοποθέτηση της πυξίδας στο όχημα

Η πυξίδα τοποθετήθηκε στην οροφή του οχήματος, μακριά από συσκευές και αντικείμενα που πιθανόν να προκαλούσαν μαγνητικές παρεμβολές και να επηρέαζαν τις μετρήσεις της. Το στήριγμά της είναι από διογκωμένη πολυουρεθάνη, Εικόνα 6.5.

### 6.3 ΟΔΟΜΕΤΡΑ



**Εικόνα 6.6:** Το οδόμετρο WW-01 τοποθετημένο σε κινητήρα του ΑΛΕ

Για τον υπολογισμό της θέσης του οχήματος είναι απαραίτητη η προσαρμογή, στο σύστημα κίνησής του, κωδικοποιητών που θα μετρούν τη μετακίνηση του κάθε ενός από τους



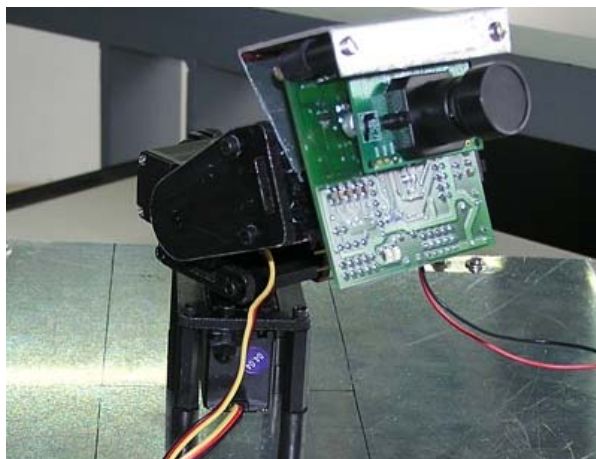
κινητήριους τροχούς. Οι μετρήσεις αυτές αξιοποιούνται από το κινηματικό μοντέλο του οχήματος, Παράγραφος 4.4.

Τα οδόμετρα που τοποθετήθηκαν στο ΑΛΕ είναι τα WW-01 της Nubotics, Εικόνα 6.6, με χαρακτηριστικά:

- Ανάλυση: 64 τομείς
- Κατανάλωση ρεύματος: 30 mA
- Κόστος: 30 €
- Δυνατότητα υπολογισμού φοράς κίνησης: Ναι

Τα δεδομένα των οδομέτρων μεταφέρονται στον OOPic-R μέσω ψηφιακών εισόδων του. Χρησιμοποιούν υπέρυθρους αισθητήρες και δίσκο με άσπρους και μαύρους τομείς. Για την τοποθέτησή τους κατασκευάστηκε βάση για την στήριξή τους στη σωστή θέση, ως προς τον άξονα περιστροφής των τροχών, Εικόνα 6.6.

## 6.4 ΕΙΚΟΝΟΛΗΠΤΗΣ



**Εικόνα 6.7:** Ο εικονολήπτης CMUcam2 τοποθετημένος με τη βάση περιστροφής του στην οροφή του ΑΛΕ

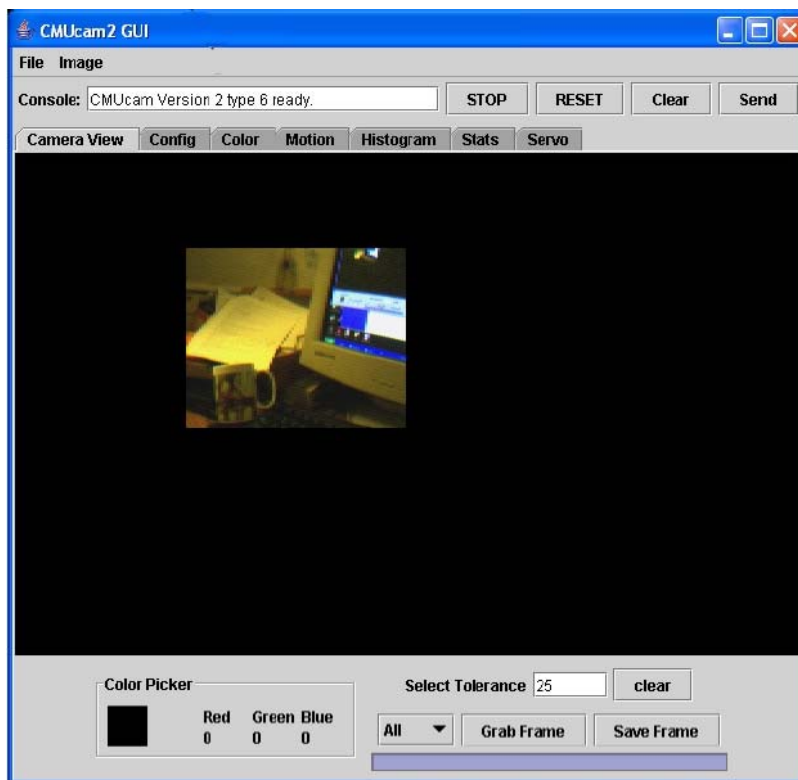
Ο εικονολήπτης CMUcam2, εξελιγμένος στο Carnegie Mellon University, είναι ο πιο πολύπλοκος και ακριβός αισθητήρας του ΑΛΕ. Διαθέτει το δικό του μικροελεγκτή, SX52, και την οπτική συσκευή OV7620 Omnivision CMOS. Μπορεί να ελέγξει μέχρι πέντε σέρβο και χρησιμοποιεί τη σειριακή θύρα για να επικοινωνήσει με μικροελεγκτές αλλά και με προσωπικούς υπολογιστές. Στο ρομποτικό όχημα ΑΛΕ είναι συνδεδεμένος με μια ασύρματη συσκευή επικοινωνίας ώστε να προγραμματίζεται και να ανταλλάσσει δεδομένα με τον απομακρυσμένο σταθμό βάσης του ΑΛΕ.

Ο σταθμός βάσης μπορεί να εκτελεί αλγορίθμους με δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από τον εικονολήπτη, αλλά και από τους άλλους αισθητήρες του ΑΛΕ. Τα δεδομένα αυτά, μέσω των ασύρματων συνδέσεων, αποστέλλονται σε δύο σειριακές θύρες του απομακρυσμένου σταθμού βάσης που με αυτόν τον τρόπο μπορεί να ασκεί κεντρικό έλεγχο. Τα χαρακτηριστικά του εικονολήπτη είναι:

- Ανίχνευση χρώματος σε ρυθμούς σύλληψης εικόνας μέχρι 50 πλαίσια το δευτερόλεπτο.
- Ανίχνευση κίνησης σε ρυθμούς σύλληψης εικόνας μέχρι 26 πλαίσια το δευτερόλεπτο.



- Υπολογισμός μέσης χρωματικής τιμής, φωτεινότητας και ιστογράμματος της εικόνας.
- Σύλληψη φωτογραφίας.
- Ανάλυση μέχρι  $160 \times 255$ .
- Ταχύτητα επικοινωνίας μέχρι 115200 Bps.
- Έξοδος σήματος βίντεο σε μορφή PAL ή NTSC.
- Προγραμματισμός λειτουργιών μέσω σειριακής θύρας.
- Κόστος 175 €.

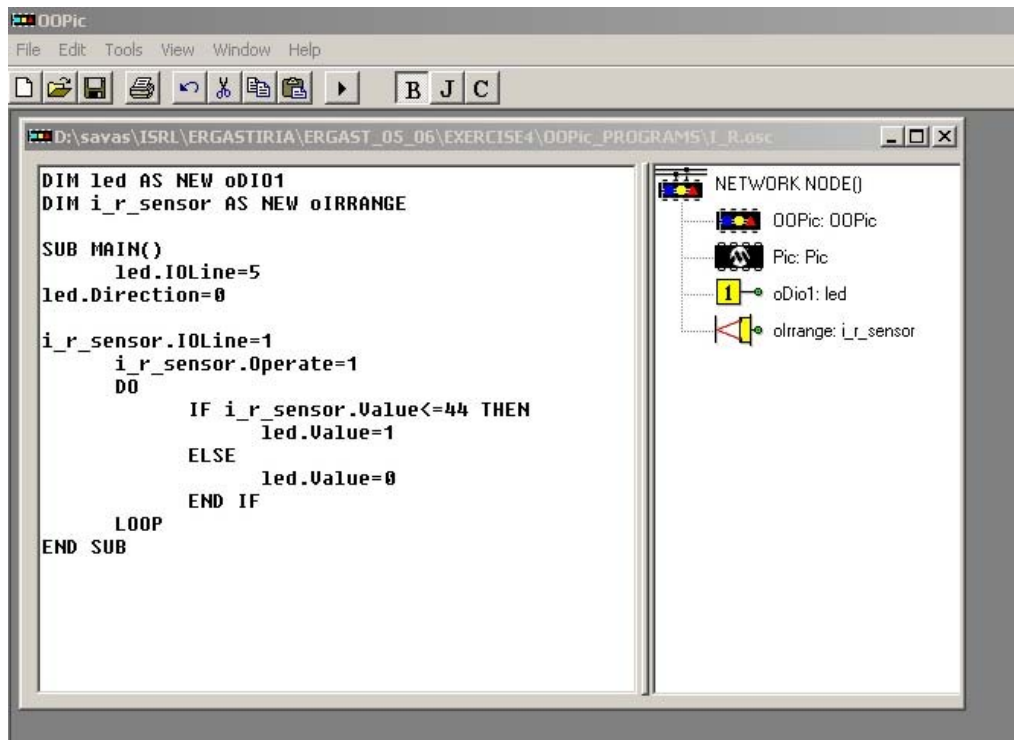


**Εικόνα 6.8:** Το λογισμικό προγραμματισμού και επικοινωνίας του εικονολήπτη.

Ο εικονολήπτης προσαρμόστηκε σε ειδική βάση περιστροφής, δύο αξόνων, ώστε να διαθέτει πεδίο όρασης που καλύπτει όλο το χώρο εμπρός, δεξιά και αριστερά του οχήματος. Ο κάθε ένας από τους άξονες της βάσης περιστρέφεται με τη βοήθεια σέρβο που ελέγχονται απευθείας από τον OOPic-R, Εικόνα 6.7. Ο εικονολήπτης συνοδεύεται από λογισμικό κατάλληλο για τον προγραμματισμό και την επικοινωνία μαζί του, Εικόνα 6.8. Επίσης υπάρχουν οι αναγκαίες εντολές ώστε με χρήση για τον έλεγχο της συσκευής μέσω της σειριακής θύρας.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

## 7.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ ΣΤΟΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗ OOPic



**Εικόνα 6.8:** Το περιβάλλον προγραμματισμού του OOPic-R

Ο μικροελεγκτής OOPic-R του ρομποτικού οχήματος ΑΛΕ περιλαμβάνει τον μικροεπεξεργαστή PIC16F877 εφοδιασμένο με το λειτουργικό σύστημα B.2.2+ της Savage Innovations. Ο μικροελεγκτής OOPic-R προγραμματίζεται με αντικειμενοστραφή τεχνική, μέσω του πολύ φιλικού περιβάλλοντος OOPic IDE. Τα προγράμματά του είναι εντολές που διαχειρίζονται μια συλλογή, ή αλλιώς βιβλιοθήκη, από αντικείμενα που συνοδεύουν αυτόν το μικροεπεξεργαστή. Στη βιβλιοθήκη του OOPic υπάρχουν τα κατάλληλα αντικείμενα για να:

- Διαβάζονται οι θύρες εισόδου.
- Ελέγχονται οι θύρες εξόδου.
- Ελέγχονται οι συμβατές συσκευές.

Έτσι για να συνταχθεί, για παράδειγμα, ένα πρόγραμμα το οποίο θα χρησιμοποιεί τις ενδείξεις του αισθητήρα υπέρυθρων και θα ελέγχει τα δύο σέρβο του οχήματος θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν τρία αντικείμενα από τη βιβλιοθήκη του OOPic: ένα του είδους **oIRRANGE** για τον αισθητήρα υπέρυθρων και δύο του είδους **oSERVOSP1**, ένα για κάθε ένα από τα σέρβο του οχήματος.

Η διαχείριση των αντικειμένων γίνεται με τη βοήθεια των χαρακτηριστικών τους (properties). Με τις κατάλληλες εντολές μπορεί να δοθεί η επιθυμητή τιμή στο χαρακτηριστικό ενός αντικειμένου ελέγχοντας έτσι και την αντίστοιχη συσκευή ή θύρα εξόδου. Επίσης μπορεί να διαβαστεί η τιμή που έχει κάποιο από τα χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου και έτσι να εισαχθεί στο πρόγραμμα η ένδειξη κάποιου αισθητήρα ή τα δεδομένα σε κάποια θύρα

εισόδου. Η αναφορά στο χαρακτηριστικό *Χαρακτ*, του αντικειμένου με όνομα *Αντικ*, γίνεται με τη φράση *Αντικ.Χαρακτ*.

## **7.2 ΤΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΟ ΟΧΗΜΑ**

Κάθε μια από τις συσκευές που χρησιμοποιεί το όχημα, είτε πρόκειται για συσκευή εισόδου, όπως οι αισθητήρες ή για συσκευή εξόδου, όπως οι ηλεκτροκινητήρες, αντιστοιχεί σε ένα αντικείμενο από τη βιβλιοθήκη του OOPic-R. Ο ελεγκτής αλληλεπιδρά με τα αντικείμενα διαβάζοντας ή γράφοντας τις τιμές των παραμέτρων των αντικειμένων. Στα προγράμματα αρχικά δηλώνονται τα αντικείμενα που θα χρησιμοποιηθούν. Στη συνέχεια αρχικοποιούνται οι παράμετροί τους και τέλος συμπληρώνονται οι εντολές υλοποίησης του προγράμματος.

Μια τεχνική που επιτρέπει την εκτέλεση αλγορίθμων υψηλών απαιτήσεων σε υπολογιστική ισχύ, πολύ υψηλότερων από τις επιδόσεις του OOPic-R, από το ρομποτικό όχημα είναι:

- Δηλώνονται τα απαραίτητα αντικείμενα για τον έλεγχο των συσκευών του οχήματος.
- Αρχικοποιούνται οι τιμές τους.
- Το πρόγραμμα που προκύπτει αποθηκεύεται και εκτελείται από τον OOPic-R.
- Το πρόγραμμα ελέγχου του οχήματος εκτελείται σε προσωπικό υπολογιστή που ασύρματα επικοινωνεί με τον OOPic-R και έτσι διαβάζει τιμές από τις παραμέτρους κάποιων αντικειμένων, για παράδειγμα αισθητήρων και μεταβάλλει τις τιμές των παραμέτρων κάποιων άλλων αντικειμένων, για παράδειγμα των κινητήρων.

### **7.2.1 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ**

Το αντικείμενο που ελέγχει τους σερβοκινητήρες που τοποθετήθηκαν στο ρομποτικό όχημα ΑΛΕ είναι το oDCMOTOR με παραμέτρους:

- Brake: καθορίζει εάν το κύκλωμα οδήγησης θα ασκεί η όχι ηλεκτρικά φρένο στον κινητήρα.
- Direction: καθορίζει τη φορά περιστροφής του κινητήρα.
- IOLineB: ορίζει τον αριθμό της ψηφιακής εξόδου που ελέγχει το φρένο του κινητήρα.
- IOLineD: ορίζει τον αριθμό της ψηφιακής εξόδου που ελέγχει τη φορά περιστροφής του κινητήρα.
- IOLineP: ορίζει τον αριθμό της ψηφιακής εξόδου που ελέγχει την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.
- Operate: θέτει σε λειτουργία το αντικείμενο
- Value: η τιμή της ταχύτητας περιστροφής.

### **7.2.2 ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΑ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ**

Κάθε συσσωρευτής συνδέεται σε μια αναλογική είσοδο του OOPic-R ώστε να μετρείται η τάση στα άκρα του και να προβλέπεται η στιγμή της αποφόρτισής του. Η αναλογική είσοδος μετατρέπει το αναλογικό σήμα, σε ψηφιακή μέτρηση. Το αντικείμενο που ελέγχει τη μετατροπή στην αναλογική είσοδο είναι το oA2D, με παραμέτρους:

- IOLine: ορίζει τον αριθμό της αναλογικής εισόδου όπου εφαρμόζεται η τάση που θα μετρηθεί.
- Operate: θέτει σε λειτουργία το αντικείμενο.
- Value: η τιμή της μέτρησης.

### 7.2.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

Το αντικείμενο που ελέγχει τους αισθητήρες υπερήχων και αποθηκεύει την τιμή του αποτελέσματος της μέτρησης είναι το oSONARDV, με παραμέτρους:

- IOLineP: ορίζει τον αριθμό της ψηφιακής εξόδου που ελέγχει το σήμα διέγερσης του αισθητήρα.
- IOLineE: ορίζει τον αριθμό της ψηφιακής εισόδου που δέχεται το σήμα λήψης του αισθητήρα.
- Operate: θέτει σε λειτουργία το αντικείμενο.
- Value: η τιμή της μέτρησης.

### 7.2.4 ΟΔΟΜΕΤΡΑ

Τα οδομέτρα του οχήματος αντιστοιχούν στο αντικείμενο oQENCODE, που μετράει τους παλμούς που παράγουν κατά την περιστροφή των τροχών. Τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου είναι:

- Direction: ορίζει τη φορά περιστροφής του κινητήρα.
- IOLine1: ορίζει τον αριθμό της ψηφιακής εισόδου που δέχεται το πρώτο σήμα του οδομέτρου.
- IOLine2: ορίζει τον αριθμό της ψηφιακής εισόδου που δέχεται το δεύτερο σήμα του οδομέτρου.
- Operate: θέτει σε λειτουργία το αντικείμενο
- Value: η τιμή της μέτρησης.

### 7.2.5 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ I2C

Με το αντικείμενο αυτό ο OOPic-R του οχήματος επικοινωνεί με τη συσκευή FWCM και με την πυξίδα. Τα χαρακτηριστικά του είναι:

- Location: η θέση μνήμης της συσκευής στη οποία θα γράψει η θα διαβάσει δεδομένα ο OOPic-R
- Mode: η μέθοδος διευθυνσιοδότησης που θα χρησιμοποιηθεί.
- Node: η αρίθμηση της συσκευής στην αλυσίδα επικοινωνίας I2C.
- Operate: θέτει σε λειτουργία το αντικείμενο
- Value: η τιμή της μέτρησης.

## 7.3 ΣΕΙΡΙΑΚΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΤΟΥ OOPic-R

Μια από τις χρησιμότερες δυνατότητες του OOPic-R είναι η προσπέλαση θέσεων από τη μνήμη του, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του. Για την προσπέλαση αυτή χρησιμοποιείται η σειριακή θύρα και το σειριακό πρωτόκολλο επικοινωνίας.

Εάν συνδεθεί η σειριακή θύρα του προσωπικού υπολογιστή, με τη σειριακή θύρα του OOPic-R μπορεί να σταλεί μια τιμή σε κάποια συγκεκριμένη θέση μνήμης, οπότε αλλάζει η παράμετρος λειτουργίας του αντικειμένου, που ήταν αποθηκευμένη στη θέση αυτή. Επίσης είναι δυνατή η ανάγνωση μιας τιμής από μια θέση μνήμης του OOPic-R κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του οχήματος.

Η ανταλλαγή δεδομένων με τη βοήθεια της σειριακού πρωτοκόλλου απαιτεί μια εφαρμογή ή γλώσσα προγραμματισμού με πρόσβαση στην σειριακή θύρα του υπολογιστή, η διαδικασία επικοινωνίας είναι η ακόλουθη:

- Για έναρξη επικοινωνίας αποστέλλεται στη σειριακή θύρα η ακολουθία χαρακτήρων `\0`
- Η θέση μνήμης που θα προσπελαστεί επιλέγεται με την ακολουθία `xxxJ`, όπου `xxx` η διεύθυνση της θέσης.
- Στη θέση που έχει επιλεγεί γράφεται η τιμή `zzz` με την αποστολή της ακολουθίας των χαρακτήρων `zzzN`.
- Η ανάγνωση της τιμής θέσης μνήμης που έχει επιλεγεί εκτελείται αποστέλλοντας στον OOPic-R τον χαρακτήρα `M`.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η τεχνολογία των ρομποτικών οχημάτων έχει κάνει αλματώδη πρόοδο κατά τα τελευταία δέκα έτη. Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της σύγχρονης πραγματικότητας των ρομποτικών οχημάτων είναι η διαθεσιμότητα ολοκληρωμένων εμπορικών προϊόντων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σχεδίαση και κατασκευή τους. Τόσο η, από το μηδέν, ανάπτυξη πρωτότυπων οχημάτων, όσο και η ανακατασκευή ήδη υπαρχόντων είναι δυνατότητες που πλέον διαθέτουν οι ανά τον κόσμο ερευνητές αλλά και εκπαιδευτικοί που ασχολούνται με τη ρομποτική. Το χαρακτηριστικό αυτό ωθεί τις εξελίξεις του τομέα της ρομποτικής και εξοπλίζει τους ενδιαφερόμενους με τα κατάλληλα μέσα για την έρευνά τους και τη μελέτη νέων αλγορίθμων.

Η επιλογή των χαρακτηριστικών που πρέπει να παρουσιάζει το όχημα είναι καθοριστική για την επιλογή των δομικών του μονάδων αλλά και του μεγέθους του. Οι σύγχρονες τάσεις στον τομέα της έρευνας αλλά και της εκπαίδευσης απαιτούν φιλικούς και υψηλών επιδόσεων ελεγκτές, που με χρήση αξιόπιστων αισθητήρων να μπορούν να αντεπεξέλθουν στην ανάπτυξη αλλά και τον έλεγχο αλγορίθμων της ρομποτικής. Το μέγεθος των οχημάτων μειώνεται συνεχώς, με παράλληλη αύξηση των επιχειρησιακών τους δυνατοτήτων. Η πλειοψηφία των ερευνητικών αλλά και εκπαιδευτικών οχημάτων λειτουργούν σε εσωτερικούς χώρους οι οποίοι είναι συνήθως περιορισμένοι και για το λόγο αυτό είναι πολύ σημαντική η μείωση του μεγέθους τους.

Για την επιτυχημένη κατασκευή ή ανακατασκευή ενός ρομποτικού οχήματος θα πρέπει να γίνει πολύ προσεκτική ανάλυση των απαιτήσεων του χρήστη του. Στον τομέα της ρομποτικής η εξειδίκευση είναι πολύ έντονη και δεν υπάρχουν λύσεις που να καλύπτουν μεγάλο εύρος εφαρμογών. Μια επιτυχημένη ιδέα είναι να αναπτυχθεί μια απλή και φθηνή βασική μορφή οχήματος, συμβατή με διαφορετικές επιλογές περιφερειακών συσκευών, που να καθορίζουν τις δυνατότητες αλλά και το κόστος του.

Απαραίτητα επίσης χαρακτηριστικά, που θα πρέπει να διαθέτει το σύγχρονο ρομποτικό όχημα, είναι η άμεση και πλήρης τεχνική υποστήριξη αλλά και η φιλική συμπεριφορά. Παλαιότερα τα ρομποτικά οχήματα τα χρησιμοποιούσαν ομάδες με μεγάλη εμπειρία στα ηλεκτρονικά και τον προγραμματισμό. Σήμερα τα σύγχρονα οχήματα πρέπει να μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά και από ομάδες χωρίς εξειδικευμένες γνώσεις και πολύχρονη εμπειρία στην πληροφορική και τα ηλεκτρονικά.

Το ρομποτικό όχημα ΑΛΕ συνδυάζει το χαμηλό κόστος με επιχειρησιακές δυνατότητες που καλύπτουν τις σύγχρονες ερευνητικές και εκπαιδευτικές ανάγκες. Συνοδεύεται από υψηλού επιπέδου τεχνική υποστήριξη που είναι διαθέσιμη για όλα τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά του δομικά τμήματα. Παρουσιάζει επίσης φιλική συμπεριφορά απέναντι στο χρήστη του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της αντικειμενοστραφούς γλώσσας προγραμματισμού του μικροελεγκτή του και τη δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε πλήθος συσκευών, όπως για παράδειγμα αισθητήρες και κινητήρες. Ένα άλλο πολύ σημαντικό πλεονέκτημά του είναι η δυνατότητα επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο με έναν προσωπικό υπολογιστή που εκτελεί χρέη σταθμού βάσης.

Ως πρωτότυπο όχημα παρουσιάζει περιθώρια για βελτίωση που εστιάζεται στη μείωση του μεγέθους του και στην αύξηση της υπολογιστικής του δύναμης. Έτσι θα είναι σε θέση να υλοποιεί προγράμματα που χρησιμοποιούν πολύπλοκους αλγορίθμους και δομές δεδομένων. Οι αισθητήρες του οχήματος ικανοποιούν τις συνήθειες ερευνητικές και εκπαιδευτικές απαιτήσεις, όπως και οι δυνατότητες κίνησης, επικοινωνίας και αυτονομίας.

Το μέγεθος του μπορεί να μειωθεί αρκετά με πιο αποτελεσματική χωροθέτηση των συσκευών, καθώς και με διαφορετικές επιλογές για τους συσσωρευτές. Το σχήμα και το εξωτερικό κάλυμμα του οχήματος θα πρέπει να επανασχεδιαστούν λαμβάνοντας υπόψη και τις σύγχρονες αισθητικές απαιτήσεις από μια κατασκευή υψηλής τεχνολογίας.



Ακόμη, για να μπορεί το όχημα να αντεπεξέρχεται στις ανάγκες για υψηλή υπολογιστική δύναμη, σε κατάσταση αυτόνομης λειτουργίας, θα πρέπει να περιλαμβάνει ως εποπτικό ελεγκτή ένα προσωπικό υπολογιστή της κατηγορίας PC-104. Με αυτόν τον εξοπλισμό το όχημα θα μπορεί να εκτελεί αυτόνομα πολύπλοκους αλγορίθμους που διαχειρίζονται σύνθετες δομές δεδομένων.

Σήμερα, όπως φαίνεται και από το Παράρτημα 1, υπάρχουν ήδη δεκάδες ρομποτικά οχήματα τα οποία είναι διαθέσιμα ως εμπορικά προϊόντα. Η εξέλιξή τους είναι ραγδαία και συνοδεύεται από μείωση του κόστους τους και διάθεσή τους σε όλο και αυξανόμενο πελατολόγιο. Είναι δύσκολο να γίνουν προβλέψεις για τις μελλοντικές εξελίξεις του τομέα των ρομποτικών οχημάτων, το σίγουρο όμως είναι ότι ο καιρός που τα σενάρια των κινηματογραφικών ταινιών επιστημονικής φαντασίας θα γίνουν καθημερινή πραγματικότητα πλησιάζει.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Gordon McComb, *Constructing Robot Bases*. New York: McGraw-Hill, 2004.
- [2] Gordon McComb, *The Robot Builder's Bonanza*. New York: McGraw-Hill, 2000.
- [3] Dennis Clark, Michael Owings, *Building Robot Drive Trains*. New York: McGraw-Hill, 2003.
- [4] Paul E. Sandin, *Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated*. New York: McGraw-Hill, 2003.
- [5] Roland Siegwart, Illah R. Nourbakhsh, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*. Massachusetts: The MIT Press, 2004.
- [6] Gordon Mc Comb, *Robot Builder's Sourcebook*. New York: McGraw-Hill, 2003.
- [7] Thomas Bräunl, *Embedded Robotics*. Berlin: Springer-Verlag, 2003
- [8] Γκορτσιλας Κωνσταντίνος, *Προδιαγραφές και Μελέτη Λειτουργίας / Ελέγχου του Ρομποτικού Οχήματος FireBo*. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μ.Π.Δ, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2005
- [9] Νικόλαος Ιωαν. Βιτζηλαίος, *Μελέτη Ελέγχου-Λειτουργίας του Ρομποτικού Μηχανισμού Τύπου Γερανογέφυρας Talos*. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μ.Π.Δ, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2004
- [10] Andrew S. Tanenbaum, *Computer Networks*. New Jersey: Prentice Hall, 2003
- [11] J. Borenstein , H. R. Everett , and L. Feng, *Where am I? Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning*. Michigan: University of Michigan, 1996
- [12] Edward M. PURCELL, *Electricity and Magnetism*. Berkeley: University of California, 1963, 1964, 1965
- [13] Νικόλαος Φ. Μιχαηλίδης, *Σχεδίαση και Εμπορική Ανάπτυξη του Ρομποτικού Οχήματος ΑΛΕ*. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μ.Π.Δ, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2005
- [14] Τσολάκος Κωνσταντίνος, *Ανάπτυξη Λογισμικού Διασύνδεσης και Επεξήγηση Λειτουργίας για το Ρομποτικό Όχημα ΑΛΕ*. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Μ.Π.Δ, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2005

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

## ΡΟΜΠΟΤΙΚΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟ ΕΜΠΟΡΙΟ

Στη συνέχεια αναφέρονται οχήματα που είναι διαθέσιμα στη διεθνή αγορά και συγκεντρώνουν τα βασικά χαρακτηριστικά ενός επιτυχημένου εμπορικού προϊόντος.

### 1. GARCIA



**Εικόνα Π1:** GARCIA, ACRONAME INC, USA

*Κατασκευαστής:* ACRONAME INC, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 28 x 19,5 x 9,5 εκατοστά (Μ x Π x Υ).

*Βάρος:* 2 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριои και ένας παντός κατεύθυνσης.

*Μονάδες επεξεργασίας:* BrainStem Moto 1.0 με μνήμη 32K και BrainStem GP 2.0 με μνήμη 32K.

*Κινητήρες:* Δύο ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος, με κιβώτιο υποδιπλασιασμού.

*Αισθητήρες:* Οκτώ αισθητήρες υπερύθρων υπολογισμού απόστασης, και δύο οδόμετρα.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Το όχημα διαθέτει εισόδους μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Α2D), δύο σειριακές θύρες, τέσσερις θύρες I2C και τέσσερις εξόδους για σερβοκινητήρες.

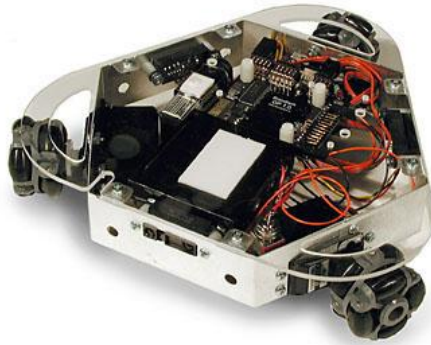
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από το κατάλληλο περιβάλλον διεπαφής εφαρμογών και λειτουργικού συστήματος, που υποστηρίζει τις δημοφιλείς γλώσσες C++ και JAVA.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 1420€

## 2. PPRK (Palm Pilot Robot Kit)



**Εικόνα Π2:** PPRK, CARNEGIE MELLON UNIVERSITY, USA

*Κατασκευαστής:* CARNEGIE MELLON UNIVERSITY, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 20 x 20 x 10 εκατοστά (Μ x Π x Υ).

*Βάρος:* 1,5 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Τρεις κινητήριοι παντός κατεύθυνσης.

*Μονάδες επεξεργασίας:* BrainStem Moto GP 1.0.

*Κινητήρες:* Τρεις σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής.

*Αισθητήρες:* Τρεις αισθητήρες υπερύθρων υπολογισμού απόστασης.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, τέσσερις είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D).

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή ή υπολογιστή PALM.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από τη γλώσσα προγραμματισμού TEA

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 270€.

## 3. ADVANCED WHISKERS



**Εικόνα Π3:** ADVANCED WHISKERS, ANGELUS RESEARCH, USA.

*Κατασκευαστής:* ANGELUS RESEARCH, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 9 x 19 x 22 εκατοστά (Μ x Π x Υ).

*Βάρος: 11 κιλά*

*Τρόπος μετακίνησης: Δύο κινητήριои και ένας παντός κατεύθυνσης.*

*Μονάδες επεξεργασίας: Motorola 68HC11, 32K PROM, 32K RAM.*

*Κινητήρες: Δυο ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος*

*Αισθητήρες: Δύο αισθητήρες επαφής, δύο υπολογισμού ροπής των κινητήρων, τέσσερις οπτικοί στην βάση και 3 σειρές με οπτικούς αισθητήρες στο άνω τμήμα του οχήματος, ένας αισθητήρας υπέρυθρων, ένας υπέρηχων και ένας ήχου.*

*Είσοδοι / έξοδοι: Σειριακή θύρα, θύρα δικτύου, ηχείο.*

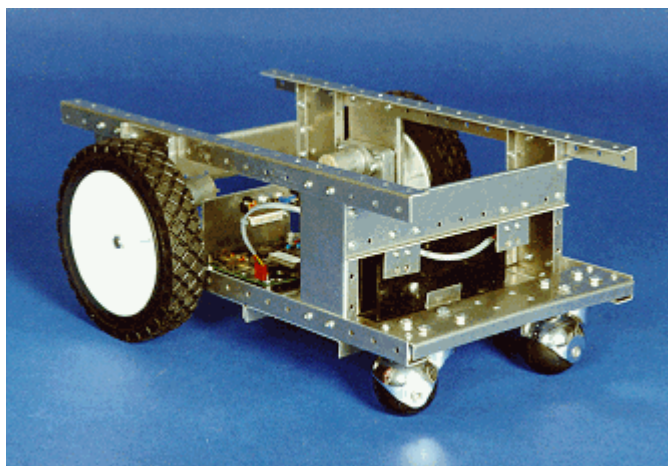
*Επικοινωνία: Ενσύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.*

*Προγραμματισμός: Το όχημα συνοδεύεται από τη δική του γλώσσα προγραμματισμού που μιμείται την φυσική γλώσσα των αγγλικών.*

*Χρήσεις: Εκπαιδευτικές, ερευνητικές.*

*Τιμή: 1660€.*

#### **4. ROBOT CONSTRUCTION KIT**



**Εικόνα Π4: ROBOT CONSTRUCTION KIT, ANGELUS RESEARCH, USA.**

*Κατασκευαστής: ANGELUS RESEARCH, USA.*

*Είδος: Εσωτερικού χώρου.*

*Διαστάσεις: 30 x 19 x 10 εκατοστά (Μ x Π x Υ).*

*Βάρος: 10 κιλά*

*Τρόπος μετακίνησης: Δύο κινητήριои και δύο παντός κατεύθυνσης.*

*Μονάδες επεξεργασίας: ARC-100.*

*Κινητήρες: Δυο ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος*

*Αισθητήρες: Τέσσερις οπτικοί.*

*Είσοδοι / έξοδοι: Σειριακή θύρα, θύρα δικτύου.*

*Επικοινωνία: Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.*

*Προγραμματισμός: Το όχημα συνοδεύεται από τη δική του γλώσσα προγραμματισμού που μιμείται την φυσική γλώσσα των αγγλικών.*

*Χρήσεις: Εκπαιδευτικές.*

*Τιμή: 990€.*

## 5. PACKBOT



**Εικόνα Π5:** PACKBOT EOD, iROBOT USA.

*Κατασκευαστής:* iROBOT, USA.

*Είδος:* Παντός εδάφους.

*Διαστάσεις:* 60 x 40 x 20 εκατοστά (Μ x Π x Υ του οχήματος χωρίς πρόσθετο εξοπλισμό).

*Βάρος:* 18 έως 25 κιλά ανάλογα με τον εξοπλισμό

*Τρόπος μετακίνησης:* Ζεύγη ερπυστριών στη δεξιά και αριστερή μεριά του οχήματος.

*Μονάδες επεξεργασίας:* επεξεργαστής Pentium

*Κινητήρες:* Δυο ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος

*Αισθητήρες:* Εικονολήπτες, μικρόφωνο, βιοχημικοί αισθητήρες, ανιχνευτές ναρκών, ραντάρ υπεδάφους,

*Είσοδοι / έξοδοι:* Θύρα δικτύου, USB, video, .

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και ασύρματη επικοινωνία με εξειδικευμένη φορητή υπολογιστική μονάδα.

*Προγραμματισμός:* γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου

*Χρήσεις:* Στρατιωτικές και σωμάτων ασφαλείας .

*Τιμή:* €.

## 6. PEKEE



**Εικόνα Π6:** PEKEE, WANY ROBOTICS, FRANCE.

*Κατασκευαστής:* WANY ROBOTICS, FRANCE.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.



*Διαστάσεις:* 30 x 20 x 20 εκατοστά (Μ x Π x Υ).

*Βάρος:* 7 κιλά

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριои με ανάρτηση και ένας παντός κατεύθυνσης.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Κεντρική μονάδα επεξεργασίας εφοδιασμένη με Linux ή Windows και μικροεπεξεργαστής Mitsubishi M16C.

*Κινητήρες:* Δύο ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος.

*Αισθητήρες:* Δύο οδόμετρα, γυροσκόπιο, δεκαπέντε αισθητήρες υπερύθρων, δύο θερμοκρασίας, ένας φωτός, ένας αδράνειας, τέσσερις οπτικοί.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, θύρα δικτύου, USB, ηχείο, τέσσερις I2C .

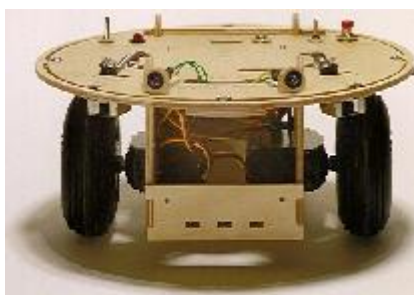
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη, 802.11b, επικοινωνία με τοπικό δίκτυο.

*Προγραμματισμός:* Εξειδικευμένο προγραμματιστικά εργαλεία Maëna 2004, Wany Robotic Software Lab. Υπάρχει συμβατότητα με Matlab και Microsoft Visual C++.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές.

*Τιμή:* 6290€.

## 7. TJ pro



**Εικόνα Π7:** TJ pro, MEKATRONIX, USA

*Κατασκευαστής:* MEKATRONIX, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* Διάμετρος:18, ύψος: 8 εκατοστά.

*Βάρος:* 1 κιλό.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριои και ένας παντός κατεύθυνσης.

*Μονάδες επεξεργασίας:* MTJPRO11 με επεξεργαστή MOTOROLA MC68HC11, 32K SRAM.

*Κινητήρες:* Δύο σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής.

*Αισθητήρες:* 5 αισθητήρες υπερύθρων υπολογισμού απόστασης, 4 αισθητήρες επαφής.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

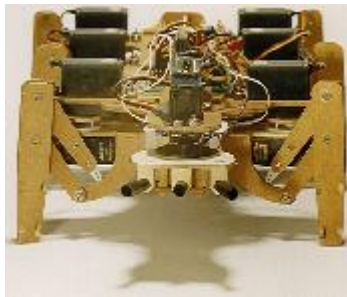
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από τη γλώσσα προγραμματισμού PROGO της MEKATRONIX, MC68HC11 Assembly και μεταγλωττιστή για C

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 330€.

## 8. ROBOBUG



**Εικόνα Π8: ROBOBUG, MEKATRONIX, USA**

*Κατασκευαστής:* MEKATRONIX, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 40 x 26 x 20 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 1 κιλό.

*Τρόπος μετακίνησης:* 6 μηχανικά πόδια.

*Μονάδες επεξεργασίας:* MOTOROLLA MC68HC11, 32K SRAM.

*Κινητήρες:* Δώδεκα σερβοκινητήρες.

*Αισθητήρες:*

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

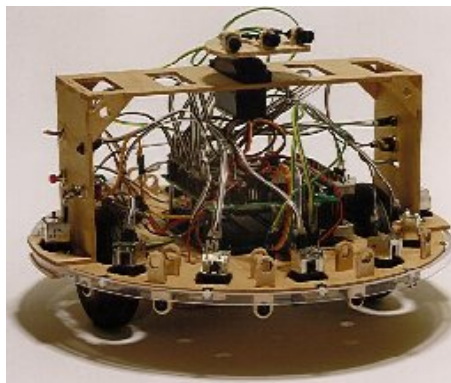
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* MC68HC11 Assembly, C.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 830€.

## 9. TALRIK



**Εικόνα Π9: TALRIK, MEKATRONIX, USA**

*Κατασκευαστής:* MEKATRONIX, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* Διάμετρος: 25, ύψος: 18 εκατοστά.

*Βάρος:* 1 κιλό.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι και ένας παντός κατεύθυνσης.

*Μονάδες επεξεργασίας:* MTJPRO11 με επεξεργαστή MOTOROLLA MC68HC11, 64K RAM.

*Κινητήρες:* Δύο σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής.

*Αισθητήρες:* Δώδεκα αισθητήρες υπερύθρων υπολογισμού απόστασης, δέκα αισθητήρες επαφής και έξι φωτοαισθητήρες.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* MC68HC11 Assembly και μεταγλωττιστής για C

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 1050€.

## **10. TALRIK JUNIOR**



**Εικόνα Π10:** TALRIK JUNIOR, MEKATRONIX, USA

*Κατασκευαστής:* MEKATRONIX, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* Διάμετρος: 18, ύψος: 8 εκατοστά.

*Βάρος:* 1 κιλό.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριои και ένας παντός κατεύθυνσης.

*Μονάδες επεξεργασίας:* MSCC11 με επεξεργαστή MOTOROLA MC68HC11, 256 bytes RAM, 2KB EEPROM.

*Κινητήρες:* Δύο σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής.

*Αισθητήρες:* Δύο αισθητήρες υπερύθρων υπολογισμού απόστασης, τρεις προβολείς υπερύθρων, τέσσερις αισθητήρες επαφής.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

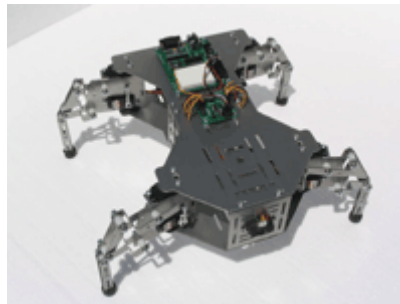
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Μεταγλωττιστής για C

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 255€.

## 11. QUADCRAWLER



**Εικόνα Π11:** QUADCRAWLER, CRUSTCRAWLER, USA

*Κατασκευαστής:* CRUSTCRAWLER, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 30 x 40 x 15 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 1.1 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Τέσσερα μηχανικά πόδια.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Parallax Board of Education με BASIC Stamp 2 module και δύο Parallax Servo Controllers.

*Κινητήρες:* Οκτώ σερβοκινητήρες.

*Αισθητήρες:* Ένας αισθητήρας υπερύθρων υπολογισμού απόστασης.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή BASIC για τον επεξεργαστή BASIC Stamp.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 410€.

## 12. HEXCRAWLER



**Εικόνα Π12:** HEXCRAWLER, CRUSTCRAWLER, USA

*Κατασκευαστής:* CRUSTCRAWLER, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 50 x 40 x 15 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 1.8 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Έξι μηχανικά πόδια.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Parallax Board of Education με BASIC Stamp 2 module και δύο Parallax Servo Controllers.

*Κινητήρες:* Δώδεκα σερβοκινητήρες.

*Αισθητήρες:* Στη βασικά του έκδοση δεν περιλαμβάνει αισθητήρες.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή BASIC για τον επεξεργαστή BASIC Stamp.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 580€.

### 13. HEXCRAWLER HDATS



**Εικόνα Π13:** HEXCRAWLER HDATS, CRUSTCRAWLER, USA

*Κατασκευαστής:* CRUSTCRAWLER, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 50 x 52 x 15 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 2,6 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Έξι μηχανικά πόδια.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Parallax Board of Education με BASIC Stamp 2 module και δύο Parallax Servo Controllers.

*Κινητήρες:* Δεκαοκτώ σερβοκινητήρες.

*Αισθητήρες:* Στη βασικά του έκδοση δεν περιλαμβάνει αισθητήρες.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή BASIC για τον επεξεργαστή BASIC Stamp.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 750€.

## 14. NOMAD HDATS



**Εικόνα Π14:** NOMAD HDATS, CRUSTCRAWLER, USA

*Κατασκευαστής:* CRUSTCRAWLER, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 66 εκατοστά (από άκρο σε άκρο).

*Βάρος:* 2,6 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Έξι μηχανικά πόδια.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Parallax Board of Education με BASIC Stamp 2 module και δύο Parallax Servo Controllers.

*Κινητήρες:* Δεκαοκτώ σερβοκινητήρες.

*Αισθητήρες:* Στη βασική του έκδοση δεν περιλαμβάνει αισθητήρες.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

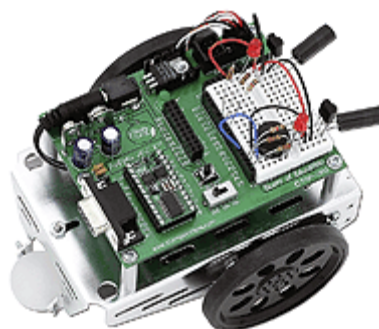
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή BASIC για τον επεξεργαστή BASIC Stamp.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 750€.

## 15. BOE BOT



**Εικόνα Π15:** BOE BOT, PARALLAX, USA

*Κατασκευαστής:* PARALLAX, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 12 x 10 x 10 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).



*Βάρος:* 0.5 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί και ένας ελεύθερης περιστροφής.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Parallax Board of Education με BASIC Stamp 2 module.

*Κινητήρες:* Δύο σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής.

*Αισθητήρες:* Φωτοαισθητήρες, πομποί και ανιχνευτές υπερύθρων ακτινών.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή και εναλλακτικά θύρα USB , ηχείο, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή BASIC για τον επεξεργαστή BASIC Stamp.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 170€.

## **16. SUMO BOT**



**Εικόνα Π16:** SUMO BOT, PARALLAX, USA

*Κατασκευαστής:* PARALLAX, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 10 x 10 x 10 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 0.5 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Parallax SUMO Board με BASIC Stamp 2 module.

*Κινητήρες:* Δύο σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής.

*Αισθητήρες:* Φωτοαισθητήρες, πομποί και ανιχνευτές υπερύθρων ακτινών.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, ηχείο, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή BASIC για τον επεξεργαστή BASIC Stamp.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 125€.

## 17. TODDLER



**Εικόνα Π17:** TODDLER, PARALLAX, USA

*Κατασκευαστής:* PARALLAX, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 10 x 10 x 25 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 0.5 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο μηχανικά πόδια.

*Μονάδες επεξεργασίας:* BASIC Stamp 2.

*Κινητήρες:* Δύο σερβοκινητήρες.

*Αισθητήρες:* Φωτοαισθητήρες, τέσσερις πομποί και ανιχνευτές υπερύθρων ακτινών.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

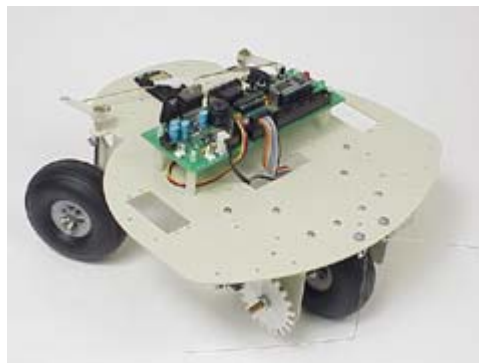
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή BASIC για τον επεξεργαστή BASIC Stamp.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 210€.

## 18. AROBOT



**Εικόνα Π18:** AROBOT, ARRICK, USA

*Κατασκευαστής:* ARRICK, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 25 x 25 x 13 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 1 κιλό.

*Τρόπος μετακίνησης:* Ένας κινητήριος τροχός εμπρός και δύο κατευθυντήριοι πίσω.

*Μονάδες επεξεργασίας:* ARobot's controller board που δέχεται τον επεξεργαστή BASIC Stamp 2.

*Κινητήρες:* Ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος με κιβώτιο υποδιπλασιασμού και ένας σερβοκινητήρας για την περιστροφή των κατευθυντήριων τροχών.

*Αισθητήρες:* Δύο αισθητήρες επαφής, οδόμετρο.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, ηχείο, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

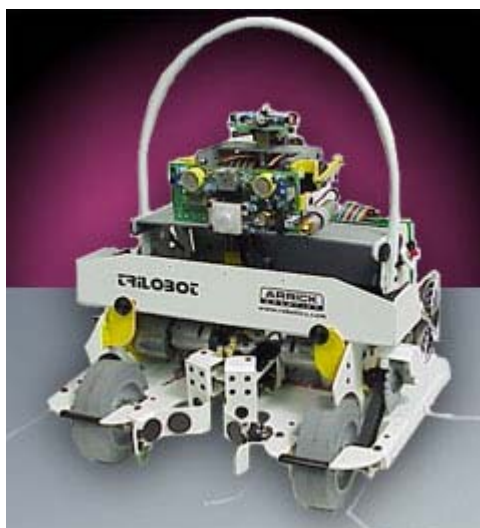
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή BASIC για τον επεξεργαστή BASIC Stamp.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 240€.

## 19. TRILOBOT



**Εικόνα Π19: TRILOBOT, ARRICK, USA**

*Κατασκευαστής:* ARRICK, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 30 x 30 x 30 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 5 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί εμπρός και ένας ελεύθερης περιστροφής πίσω.

*Μονάδες επεξεργασίας:* ATMEL 8051

*Κινητήρες:* Δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος με κιβώτιο υποδιπλασιασμού.

*Αισθητήρες:* Ψηφιακή πυξίδα, ηχείο, μικρόφωνο, πληκτρολόγιο, οκτώ αισθητήρες επαφής, αισθητήρας υπερήχων για τον υπολογισμό αποστάσεων, αισθητήρας ανίχνευσης κίνησης με υπέρυθρες, τέσσερις φωτοαισθητήρες, δύο οδόμετρα, αισθητήρας μέτρησης κλίσης του οχήματος, πομπός και δέκτης υπέρυθρων ακτινών.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

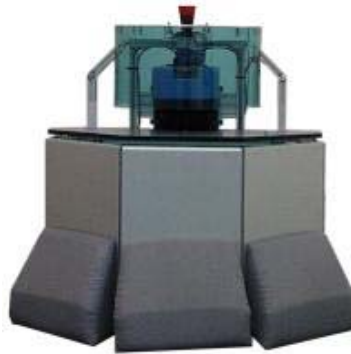
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή, επικοινωνία μέσω υπέρυθρων με τηλεχειριστήριο ή άλλα όμοια οχήματα, δυνατότητα ραδιοτηλεχειρισμού και σύνδεσης πηδαλίου.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή C για τον επεξεργαστή 8051.

*Χρήσεις:* Ερευνητικές.

*Τιμή:* 1600€.

## 20. MB835



**Εικόνα Π20:** MB835, BLUEBOTICS, SWITZERLAND

*Κατασκευαστής:* BLUEBOTICS, SWITZERLAND.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* Διάμετρος 70, ύψος 70 εκατοστά.

*Βάρος:* 100 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί και δύο ελεύθερης περιστροφής.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Motorola PPC750.

*Κινητήρες:* Δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος με κιβώτιο υποδιπλασιασμού.

*Αισθητήρες:* Δύο οδόμετρα, δύο σαρωτές LASER, οκτώ αισθητήρες επαφής.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

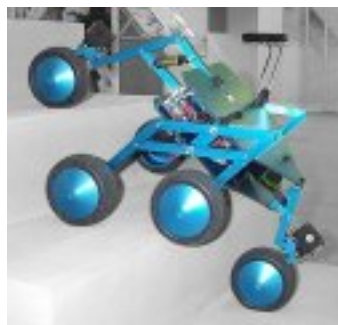
*Επικοινωνία:* Ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* εξειδικευμένο περιβάλλον ANT.

*Χρήσεις:* Αυτοματοποιημένες μεταφορές, ξεναγήσεις, επιτήρηση χώρων.

*Τιμή:* 41500 €.

## 21. SHRIMP III



**Εικόνα Π21:** SHRIMP III, BLUEBOTICS, SWITZERLAND

*Κατασκευαστής:* BLUEBOTICS, SWITZERLAND.

*Είδος:* Παντός εδάφους.

*Διαστάσεις:* 62 X 42 X 20 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 5.4 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Έξι κινητήριοι τροχοί από τους οποίους δύο κατευθυντήριοι ένας εμπρός και ένας πίσω.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Κεντρικός μικροεπεξεργαστής, που ελέγχει οκτώ οδηγούς κινητήρων και σερβοκινητήρων.

*Κινητήρες:* Έξι κινητήρες συνεχούς ρεύματος με κιβώτιο υποδιπλασιασμού και δύο σερβοκινητήρες για την περιστροφή των κατευθυντήριων τροχών.

*Αισθητήρες:* Αισθητήρας υπερύθρων για τηλεχειρισμό.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα.

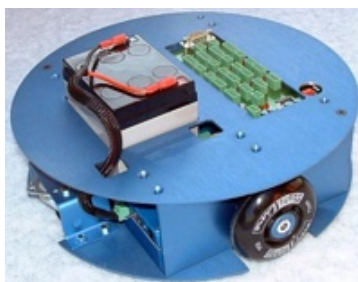
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* - .

*Χρήσεις:* Επιχειρήσεις σε δύσβατα εδάφη, διασώσεις.

*Τιμή:* 8000 €.

## **22. SMARTEASE**



**Εικόνα Π22: SMARTEASE, BLUEBOTICS, SWITZERLAND**

*Κατασκευαστής:* BLUEBOTICS, SWITZERLAND.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* Διάμετρος 28, ύψος 11 (εκατοστά)

*Βάρος:* 4 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί και ένας ελεύθερης περιστροφής.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Κεντρικός μικροεπεξεργαστής PC104.

*Κινητήρες:* Δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος με κιβώτιο.

*Αισθητήρες:* Τέσσερις αισθητήρες υπερύθρων, δύο οδόμετρα, εικονολήπτης, αισθητήρας υπερήχων.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, θύρες ελέγχου δύο σερβοκινητήρων.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου .

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 8000 €.

### 23.ER1



**Εικόνα Π23:** ER1, EVOLUTION ROBOTICS, USA

**Κατασκευαστής:** EVOLUTION ROBOTICS, USA.

**Είδος:** Εσωτερικού χώρου.

**Διαστάσεις:** 43 X 40 X 61 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

**Βάρος:** 9 κιλά (χωρίς τον προσωπικό υπολογιστή).

**Τρόπος μετακίνησης:** Δύο κινητήριои τροχοί και ένας ελεύθερης περιστροφής.

**Μονάδες επεξεργασίας:** Φορητός προσωπικός υπολογιστής (δεν περιλαμβάνεται στην τιμή).

**Κινητήρες:** Δύο βηματικοί κινητήρες συνεχούς ρεύματος με κιβώτιο.

**Αισθητήρες:** Εικονολήπτης.

**Είσοδοι / έξοδοι:** Θύρα USB, οκτώ ψηφιακές είσοδοι, οκτώ έξοδοι και δεκαπέντε αναλογικές είσοδοι.

**Επικοινωνία:** Ενσύρματη επικοινωνία με φορητό προσωπικό υπολογιστή.

**Προγραμματισμός:** Περιβάλλον Robot Control Center της Evolution Robotic και γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου .

**Χρήσεις:** Εκπαιδευτικές, ερευνητικές.

**Τιμή:** 6250 €.

### 24.MOSRO 1



**Εικόνα Π24:** MOSRO1, ROBOWATCH TECHNOLOGIES, GERMANY

**Κατασκευαστής:** ROBOWATCH TECHNOLOGIES, GERMANY.

**Είδος:** Εσωτερικού χώρου.

**Διαστάσεις:** Ύψος 116, βάθος 30 (εκατοστά).

**Βάρος:** 25 κιλά.

**Τρόπος μετακίνησης:** Δύο κινητήριои τροχοί και ένας ελεύθερης περιστροφής.

**Μονάδες επεξεργασίας:** Προσωπικός υπολογιστής επί του οχήματος.



*Κινητήρες:* Δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος με κιβώτιο.

*Αισθητήρες:* Αισθητήρας δακτυλικού αποτυπώματος, εικονολήπτης, ραντάρ, οδόμετρα, αισθητήρας ανίχνευσης κίνησης, αισθητήρες υπερήχων, υπερύθρων και ανίχνευσης αερίων .

*Είσοδοι / έξοδοι:* -.

*Επικοινωνία:* Ασύρματη επικοινωνία με τοπικό δίκτυο ή το διαδίκτυο.

*Προγραμματισμός:* - .

*Χρήσεις:* επιτηρήσεις χώρων.

*Τιμή:* 15400 €.

## **25. MOSRO MINI**



***Εικόνα Π25:*** MOSRO MINI, ROBOWATCH TECHNOLOGIES, GERMANY

*Κατασκευαστής:* ROBOWATCH TECHNOLOGIES, GERMANY.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* Ύψος 28.5, βάθος 8 (εκατοστά).

*Βάρος:* 5 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί και ένας ελεύθερης περιστροφής.

*Μονάδες επεξεργασίας:* 40 MHz ARM Thumb Processor, 2 Mbyte SDRAM, 256 Kbyte, FLASH Memory, 512 Kbyte Statical-RAM.

*Κινητήρες:* Δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος με κιβώτιο.

*Αισθητήρες:* Εικονολήπτης, τρεις αισθητήρες υπερύθρων, οδόμετρα.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, θύρα τοπικού δικτύου.

*Επικοινωνία:* Ασύρματη επικοινωνία με τοπικό δίκτυο ή το διαδίκτυο.

*Προγραμματισμός:* - .

*Χρήσεις:* Επιτηρήσεις χώρων.

*Τιμή:* 1050 €.

## 26. OFRO



**Εικόνα Π26:** OFRO, ROBOWATCH TECHNOLOGIES, GERMANY

*Κατασκευαστής:* ROBOWATCH TECHNOLOGIES, GERMANY.

*Είδος:* Παντός εδάφους.

*Διαστάσεις:* Ύψος 120, πλάτος 50 (εκατοστά).

*Βάρος:* 50 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο ερπύστριες.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Transmeta Crusor 800MHz.

*Κινητήρες:* Δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος με κιβώτιο.

*Αισθητήρες:* Εικονολήπτης, αισθητήρες υπερύθρων, υπερήχων, οδόμετρα, DGPS.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, θύρα τοπικού δικτύου, USB.

*Επικοινωνία:* Ασύρματη επικοινωνία με τοπικό δίκτυο ή το διαδίκτυο.

*Προγραμματισμός:* - .

*Χρήσεις:* Επιτηρήσεις χώρων.

*Τιμή:* 66400 €.

## 27. VERSATRAX 300VLR



**Εικόνα Π27:** VERSATRAX 300VLR, INUKTUN, CANADA

*Κατασκευαστής:* INUKTUN, CANADA.

*Είδος:* Παντός εδάφους.

*Διαστάσεις (ελάχιστες):* Ύψος 30, πλάτος 30 (εκατοστά).

*Βάρος:* 110 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Τέσσερις ερπύστριες.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Τηλεχειρισμός με εξειδικευμένο χειριστήριο.

*Κινητήρες:* -.

*Αισθητήρες:* Εικονολήπτης.

*Είσοδοι / έξοδοι:* -.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη επικοινωνία με το χειριστήριο.

*Προγραμματισμός:* - .

*Χρήσεις:* Επιθεωρήσεις υποβρύχιων χώρων, σωλήνων.

*Τιμή:* είναι διαθέσιμο μόνο για ενοικίαση.

## 28. VERSATRAX 150



**Εικόνα Π28:** VERSATRAX 150, INUKTUN, CANADA

Κατασκευαστής: INUCTUN, CANADA.

Είδος: Παντός εδάφους.

Διαστάσεις (ελάχιστες): Ύψος 15, πλάτος 15 (εκατοστά).

Βάρος: 41 κιλά.

Τρόπος μετακίνησης: Δύο ερπύστριες.

Μονάδες επεξεργασίας: Τηλεχειρισμός με εξειδικευμένο χειριστήριο.

Κινητήρες: -.

Αισθητήρες: Εικονολήπτης.

Είσοδοι / έξοδοι: -.

Επικοινωνία: Ενσύρματη επικοινωνία με το χειριστήριο.

Προγραμματισμός: -.

Χρήσεις: Επιθεωρήσεις υποβρύχιων χώρων, σωλήνων.

Τιμή: 34500 €

## 29. VERSATRAX 100



**Εικόνα Π29:** VERSATRAX 100, INUKTUN, CANADA

Κατασκευαστής: INUCTUN, CANADA.

Είδος: Παντός εδάφους.

Διαστάσεις (ελάχιστες): Ύψος 10, πλάτος 10 (εκατοστά).

Βάρος: 9 κιλά.

Τρόπος μετακίνησης: Δύο ερπύστριες.

Μονάδες επεξεργασίας: Τηλεχειρισμός με εξειδικευμένο χειριστήριο.

Κινητήρες: -.

Αισθητήρες: Εικονολήπτης.

Είσοδοι / έξοδοι: -.

Επικοινωνία: Ενσύρματη επικοινωνία με το χειριστήριο.

Προγραμματισμός: -.

Χρήσεις: Επιθεωρήσεις υποβρύχιων χώρων, σωλήνων.

Τιμή: 29300 €

### 30. VGTV XTREME



**Εικόνα Π30:** VGTV XTREME, INUKTUN, CANADA

Κατασκευαστής: INUKTUN, CANADA.

Είδος: Παντός εδάφους.

Διαστάσεις (ανορθωμένο): 21 X 27 X 34 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

Βάρος: 1,6 κιλά.

Τρόπος μετακίνησης: Δύο ερπύστριες μεταβλητής γεωμετρίας.

Μονάδες επεξεργασίας: Τηλεχειρισμός με εξειδικευμένο χειριστήριο.

Κινητήρες: -.

Αισθητήρες: Εικονολήπτης.

Είσοδοι / έξοδοι: -.

Επικοινωνία: Ενσύρματη επικοινωνία με το χειριστήριο.

Προγραμματισμός: -.

Χρήσεις: Επιχειρήσεις σε δύσβατα εδάφη και απρόσιτους χώρους, διασώσεις σε χαλάσματα.

Τιμή: 27500 €

### 31. KHEPERA II



**Εικόνα Π31:** KHEPERA II, K-TEAM, SWITZERLAND

Κατασκευαστής: K-TEAM, SWITZERLAND

Είδος: Εσωτερικού χώρου.

Διαστάσεις: Διάμετρος 7, ύψος 3 (εκατοστά).

Βάρος: 0,25 κιλά.

Τρόπος μετακίνησης: Δύο κινητήριοι τροχοί.

Μονάδες επεξεργασίας: MOTOROLLA 68331, 25 MHz.

Κινητήρες: Δύο σερβοκινητήρες.

*Αισθητήρες:* Οκτώ αισθητήρες υπερύθρων.

*Είσοδοι / έξοδοι:* K-Bus, οκτώ ψηφιακές είσοδοι, έξι έξοδοι, τρεις αναλογικές είσοδοι.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και ασύρματη (προαιρετικά) επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Περιβάλλον WEBOTS, KTRproject, γλώσσα προγραμματισμού C, συνεργασία με δημοφιλή προγραμματιστικά εργαλεία όπως MATLAB, LabVIEW.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές.

*Τιμή:* 1500 €.

## **32. KOALA**



***Εικόνα Π32: KOALA, K-TEAM, SWITZERLAND***

*Κατασκευαστής:* K-TEAM, SWITZERLAND

*Είδος:* Παντός εδάφους.

*Διαστάσεις:* 32 X 32 X 20 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 4 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Έξι κινητήριιοι τροχοί.

*Μονάδες επεξεργασίας:* MOTOROLLA 68331, 22 MHz, 1MB RAM, 1MB ROM.

*Κινητήρες:* Δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

*Αισθητήρες:* Δεκαέξι αισθητήρες υπερύθρων, αισθητήρας θερμοκρασίας, ροπής των κινητήρων, κατανάλωσης ενέργειας και μέτρησης αποθέματος συσσωρευτών.

*Είσοδοι / έξοδοι:* K-Bus, δώδεκα ψηφιακές είσοδοι, δώδεκα έξοδοι, έξι αναλογικές είσοδοι.

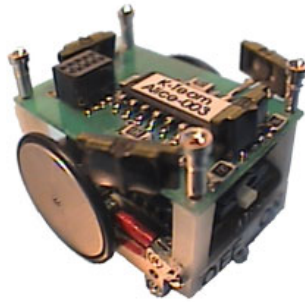
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και ασύρματη (προαιρετικά) επικοινωνία με φορητό προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Περιβάλλον WEBOTS, γλώσσα προγραμματισμού C, συνεργασία με δημοφιλή προγραμματιστικά εργαλεία όπως MATLAB, LabVIEW.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 5100 €.

### 33. K-ALICE



**Εικόνα Π33:** K-ALICE, K-TEAM, SWITZERLAND

Κατασκευαστής: K-TEAM, SWITZERLAND

Είδος: Εσωτερικού χώρου.

Διαστάσεις: 2 X 2 X 2 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

Βάρος: 0.005 κιλά.

Τρόπος μετακίνησης: Δύο κινητήριοι τροχοί.

Μονάδες επεξεργασίας: PIC 16F84, 68 Bytes RAM, 1 KByte ROM.

Κινητήρες: Δύο βηματικοί κινητήρες.

Αισθητήρες: Τέσσερις αισθητήρες υπερύθρων, αισθητήρας έντασης διάχυτου φωτός.

Είσοδοι / έξοδοι: -

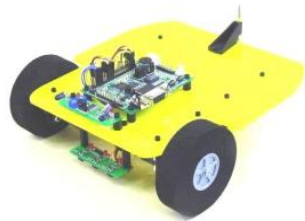
Επικοινωνία: -

Προγραμματισμός: Γλώσσα ASSEMBLY για τον επεξεργαστή PIC

Χρήσεις: Ερευνητικές.

Τιμή: - €.

### 34. CARPET ROVER



**Εικόνα Π34:** CARPET ROVER, LYNXMOTION, USA

Κατασκευαστής: LYNXMOTION, USA

Είδος: Εσωτερικού χώρου.

Διαστάσεις: 20 X 20 X 10 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

Βάρος: 0,5 κιλά.

Τρόπος μετακίνησης: Δύο κινητήριοι τροχοί.

Μονάδες επεξεργασίας: OOPic - R

Κινητήρες: Δύο σερβοκινητήρες.

Αισθητήρες: Δύο αισθητήρες υπερύθρων.

Είσοδοι / έξοδοι: Ψηφιακές είσοδοι, έξοδοι, αναλογικές είσοδοι, I2C, σειριακή θύρα.

Επικοινωνία: Ενσύρματη και ασύρματη (προαιρετικά) επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.



*Προγραμματισμός:* Ολοκληρωμένο περιβάλλον προγραμματισμού για τον επεξεργαστή OOPic.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 240 €.

### **35. WIFIBOT 4G**



**Εικόνα Π35:** WIFIBOT 4G, ROBOSOFT, FRANCE

*Κατασκευαστής:* ROBOSOFT, FRANCE

*Είδος:* Παντός εδάφους.

*Διαστάσεις:* 28 X 33 X 20 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 4,5 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Τέσσερις κινητήριοι τροχοί.

*Μονάδες επεξεργασίας:* MIPS AMD Au1500, 400MHz, RAM 64 MB, FLASH 32 MB.

*Κινητήρες:* Τέσσερις κινητήρες συνεχούς ρεύματος με κιβώτιο υποβιβασμού της σχέσης μετάδοσης.

*Αισθητήρες:* Εικονολήπτης, δύο αισθητήρες υπερύθρων, τέσσερα οδόμετρα.

*Είσοδοι / έξοδοι:* I2C, σειριακή θύρα, τέσσερις θύρες δικτύου, USB.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και ασύρματη επικοινωνία με τοπικό δίκτυο.

*Προγραμματισμός:* Γλώσσα προγραμματισμού C σε περιβάλλον LINUX

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, επιτηρήσεις χώρων.

*Τιμή:* 2500 €.

### **36. ROBULAB 80**



**Εικόνα Π36:** ROBULAB 80, ROBOSOFT, FRANCE

*Κατασκευαστής:* ROBOSOFT, FRANCE

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 60 X 48 X 46 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 70 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί και ένας ελεύθερης περιστροφής.

*Μονάδες επεξεργασίας:* MOTOROLA MPC555, PowerPC.

*Κινητήρες:* Δύο σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής.

*Αισθητήρες:* Δύο οδόμετρα.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, θύρα δικτύου.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και ασύρματη επικοινωνία με τοπικό δίκτυο.

*Προγραμματισμός:* Γλώσσα προγραμματισμού C σε περιβάλλον LINUX

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, βιομηχανικές.

*Τιμή:* 25350 €.

### **37. ROBULAB 150**



**Εικόνα Π37:** ROBULAB 150, ROBOSOFT, FRANCE

*Κατασκευαστής:* ROBOSOFT, FRANCE

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 102 X 68 X 44 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 150 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί και ένας ελεύθερης περιστροφής.

*Μονάδες επεξεργασίας:* MOTOROLA MPC555, PowerPC.

*Κινητήρες:* Δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

*Αισθητήρες:* Δύο οδόμετρα.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, θύρα δικτύου.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και ασύρματη επικοινωνία με τοπικό δίκτυο.

*Προγραμματισμός:* Γλώσσα προγραμματισμού C σε περιβάλλον LINUX

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, βιομηχανικές.

*Τιμή:* 34350 €.

### **38. ROBUROC 4**



**Εικόνα Π38:** ROBUROC 4, ROBOSOFT, FRANCE

*Κατασκευαστής:* ROBOSOFT, FRANCE

*Είδος:* Παντός εδάφους.

*Διαστάσεις:* 105 X 80 X 70 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 90 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Τέσσερις κινητήριοι τροχοί.

*Μονάδες επεξεργασίας:* MOTOROLLA MPC555, PowerPC.

*Κινητήρες:* Τέσσερις κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

*Αισθητήρες:* Τέσσερα οδόμετρα.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, θύρα δικτύου.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και ασύρματη επικοινωνία με τοπικό δίκτυο.

*Προγραμματισμός:* Γλώσσα προγραμματισμού C σε περιβάλλον LINUX

*Χρήσεις:* Ερευνητικές, στρατιωτικές.

*Τιμή:* 40000 €.

### **39. ROBUCAR TT 4**



**Εικόνα Π39:** ROBUCAR TT 4, ROBOSOFT, FRANCE

*Κατασκευαστής:* ROBOSOFT, FRANCE

*Είδος:* Παντός εδάφους.

*Διαστάσεις:* 184 X 130 X 62 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 350 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Τέσσερις κινητήριοι τροχοί.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Δύο MOTOROLLA MPC555, PowerPC.

*Κινητήρες:* Τέσσερις κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

*Αισθητήρες:* Τέσσερα οδόμετρα.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, θύρα δικτύου.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και ασύρματη επικοινωνία με τοπικό δίκτυο.

*Προγραμματισμός:* Γλώσσα προγραμματισμού C σε περιβάλλον LINUX

*Χρήσεις:* Ερευνητικές, στρατιωτικές.

*Τιμή:* 42500 €.

### **40. ROBUCAR**



**Εικόνα Π40:** ROBUCAR, ROBOSOFT, FRANCE

*Κατασκευαστής:* ROBOSOFT, FRANCE

*Είδος:* Παντός εδάφους.

*Διαστάσεις:* 190 X 120 X 65 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 350 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Τέσσερις κινητήριοι τροχοί.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Δύο MOTOROLLA MPC555, PowerPC.

*Κινητήρες:* Τέσσερις σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής.

*Αισθητήρες:* Τέσσερα οδόμετρα.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, θύρα δικτύου.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και ασύρματη επικοινωνία με τοπικό δίκτυο.

*Προγραμματισμός:* Γλώσσα προγραμματισμού C σε περιβάλλον LINUX

*Χρήσεις:* Ερευνητικές, στρατιωτικές, επιτήρησης χώρων, βιομηχανικές.

*Τιμή:* 40000 €.

#### **41. PIONEER 3-AT**



**Εικόνα Π41:** PIONEER 3-AT, ACTIVMEDIA, USA

*Κατασκευαστής:* ACTIVMEDIA, USA

*Είδος:* Παντός εδάφους.

*Διαστάσεις:* 50 X 49 X 26 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 12 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Τέσσερις κινητήριιοι τροχοί.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Hitachi H8S, 1MB flash ROM.

*Κινητήρες:* Τέσσερις κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

*Αισθητήρες:* Τέσσερα οδόμετρα.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Θύρα εισόδου εξόδου 8bit, πέντε είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D), τρεις σειριακές θύρες, θύρα δικτύου, ηχείο.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη επικοινωνία με τοπικό δίκτυο.

*Προγραμματισμός:* ARIA Robotics API

*Χρήσεις:* Ερευνητικές, εκπαιδευτικές.

*Τιμή:* 5830 €.

#### **42. PIONEER 3-DX**



**Εικόνα Π42:** PIONEER 3-DX, ACTIVMEDIA, USA

*Κατασκευαστής:* ACTIVMEDIA, USA

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 45 X 40 X 25 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 9 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί και ένας ελεύθερης περιστροφής.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Hitachi H8S, 1MB flash ROM.

*Κινητήρες:* Δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

*Αισθητήρες:* Δύο οδόμετρα.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Θύρα εισόδου εξόδου 8bit, πέντε είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D), τρεις σειριακές θύρες, θύρα δικτύου, ηχείο.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη επικοινωνία με τοπικό δίκτυο.

*Προγραμματισμός:* ARIA Robotics API

*Χρήσεις:* Ερευνητικές, εκπαιδευτικές.

*Τιμή:* 3500 €.

#### **43. AMIGOBOT**



**Εικόνα Π43:** AMIGOBOT, ACTIVMEDIA, USA

*Κατασκευαστής:* ACTIVMEDIA, USA

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 33 X 28 X 15 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 3.6 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί και ένας ελεύθερης περιστροφής.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Hitachi H8S, 1MB flash ROM.

*Κινητήρες:* Δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

*Αισθητήρες:* Δύο οδόμετρα, οκτώ αισθητήρες υπερήχων.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Θύρα εισόδου εξόδου 8bit, είσοδος μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D), τρεις σειριακές θύρες, ηχείο.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* ARIA Robotics API

*Χρήσεις:* Ερευνητικές, εκπαιδευτικές.

*Τιμή:* 2000 €.

#### **44. POWERBOT**



**Εικόνα Π44:** POWERBOT, ACTIVMEDIA, USA

*Κατασκευαστής:* ACTIVMEDIA, USA

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 85 X 62 X 43 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 120 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί και δύο ελεύθερης περιστροφής.

*Μονάδες επεξεργασίας:* πλήρης προσωπικός υπολογιστής 1GHz, Hitachi H8S, 1MB flash ROM.

*Κινητήρες:* Δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

*Αισθητήρες:* Δύο οδόμετρα, είκοσι οκτώ αισθητήρες υπερήχων, αισθητήρας προφυλακτήρα.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Θύρα εισόδου εξόδου 8bit, είσοδος μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D), δύο σειριακές θύρες, έξι USB, πέντε PCI, ηχείο.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* ARIA Robotics API, γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου

Χρήσεις Ερευνητικές, εκπαιδευτικές, βιομηχανικές.

*Τιμή:* 19800 €.

#### **45. PATROLBOT**



**Εικόνα Π45: PATROLBOT, ACTIVMEDIA, USA**

*Κατασκευαστής:* ACTIVMEDIA, USA

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 59 X 48 X 38 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 46 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριои τροχοί και δύο ελεύθερης περιστροφής.

*Μονάδες επεξεργασίας:* πλήρης προσωπικός υπολογιστής 1.6GHz Pentium M, Hitachi SH2, 1MB flash ROM.

*Κινητήρες:* Δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

*Αισθητήρες:* Δύο οδόμετρα, δεκαέξι αισθητήρες υπερήχων, δέκα αισθητήρες προφυλακτήρα, γυροσκόπιο, μικρόφωνο, αισθητήρας LASER.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Θύρα εισόδου εξόδου 8bit, είσοδος μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D), τέσσερις σειριακές θύρες, δύο USB, τρεις PCI, ηχείο.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* ARIA Robotics API, λογισμικό κατάλληλο για την διαχείριση του LASER, γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου.

Χρήσεις Ερευνητικές, εκπαιδευτικές, επιτήρηση χώρων.

*Τιμή:* 26300 €.



## 46. PEOPLEBOT



**Εικόνα Π46:** PEOPLEBOT, ACTIVMEDIA, USA

*Κατασκευαστής:* ACTIVMEDIA, USA

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 47 X 38 X 112 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 10 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί και ένας ελεύθερης περιστροφής.

*Μονάδες επεξεργασίας:* πλήρης προσωπικός υπολογιστής 1.6GHz Pentium M, Hitachi SH2, 1MB flash ROM.

*Κινητήρες:* Δύο κινητήρες συνεχούς ρεύματος με κιβώτιο.

*Αισθητήρες:* Δύο οδόμετρα, εικοσιτέσσερις αισθητήρες υπερήχων, δύο αισθητήρες υπερύθρων, μικρόφωνο.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Θύρα εισόδου εξόδου 8bit, είσοδος μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D), τρεις σειριακές θύρες, ηχείο.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* ARIA Robotics API.

*Χρήσεις:* Ερευνητικές, επιτήρηση, ξενάγηση χώρων.

*Τιμή:* 10000 €.

## 47. MARK III



**Εικόνα Π47:** MARK III, PORTLAND AREA ROBOTICS SOCIETY, USA

*Κατασκευαστής:* PORTLAND AREA ROBOTICS SOCIETY, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 12 x 10 x 10 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 0.5 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί.

*Μονάδες επεξεργασίας:* Ηλεκτρονική πλακέτα MARK III Controller Board με μικροεπεξεργαστή PIC 16F877.

*Κινητήρες:* Δύο σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής.

*Αισθητήρες:* Φωτοαισθητήρες, αισθητήρας υπερύθρων ακτινών.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή CH BASIC.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 80€.

#### **48. SCRIBBLER**



**Εικόνα Π48:** SCRIBBLER, PARALLAX, USA

*Κατασκευαστής:* PARALLAX, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 20 x 20 x 10 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 1 κιλό.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί.

*Μονάδες επεξεργασίας:* BASIC STAMP2.

*Κινητήρες:* Δύο ηλεκτροκινητήρες.

*Αισθητήρες:* Φωτοαισθητήρες, αισθητήρας υπερύθρων ακτινών, αισθητήρας ανίχνευσης γραμμών.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι, ηχείο.

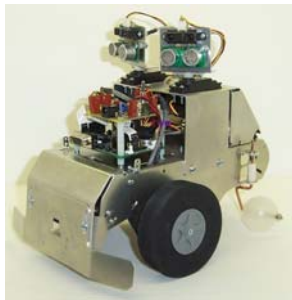
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή BASIC για τον επεξεργαστή BASIC Stamp.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 75€.

## 49. TREKKER



**Εικόνα Π49:** TREKKER, SUPERDROID ROBOTS, USA

*Κατασκευαστής:* SUPERDROID ROBOTS, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 30 x 20 x 25 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 2 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί και δύο τροχοί ελεύθερης περιστροφής.

*Μονάδες επεξεργασίας:* OOPic-R.

*Κινητήρες:* Δύο σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής.

*Αισθητήρες:* Αισθητήρας επαφής στον προφυλακτήρα, αισθητήρες υπερύθρων και υπερήχων σε κατευθυνόμενες βάσεις.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι, οθόνη υγρών κρυστάλλων δύο γραμμών.

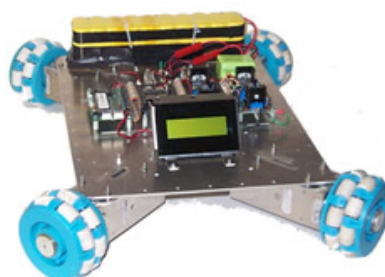
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή για τον επεξεργαστή OOPic-R.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 530€.

## 50. QUAD VECTOR



**Εικόνα Π50:** QUAD VECTOR, SUPERDROID ROBOTS, USA

*Κατασκευαστής:* SUPERDROID ROBOTS, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 30 x 40 x 10 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 4 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Τέσσερις κινητήριοι τροχοί παντός κατεύθυνσης.

*Μονάδες επεξεργασίας:* OOPic-R.

*Κινητήρες:* Τέσσερις ηλεκτροκινητήρες με κιβώτιο υποβιβασμού της σχέσης μετάδοσης.

*Αισθητήρες:* -.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι, οθόνη υγρών κρυστάλλων δύο γραμμών.

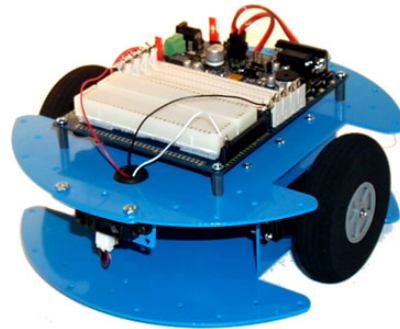
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή για τον επεξεργαστή OOPic-R.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ερευνητικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 600€.

## **51. ROGUE BLUE**



***Εικόνα Π51: ROGUE BLUE, ROGUE ROBOTICS, CANADA***

*Κατασκευαστής:* ROGUE ROBOTICS, CANADA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 20 x 20 x 10 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 1 κιλό.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριои τροχοί.

*Μονάδες επεξεργασίας:* ROGUE ooBOARD με τον επεξεργαστή OOPic-II+.

*Κινητήρες:* Δύο σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής.

*Αισθητήρες:* Αισθητήρας υπερύθρων και φωτοαισθητήρας.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

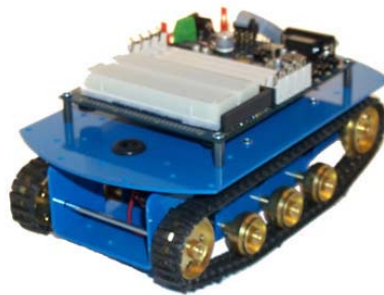
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή για τον επεξεργαστή OOPic-II+.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 280€.

## 52. ROGUE ATR



**Εικόνα Π52:** ROGUE ATR, ROGUE ROBOTICS, CANADA

*Κατασκευαστής:* ROGUE ROBOTICS, CANADA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 20 x 15 x 15 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 1,5 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο ερπύστριες.

*Μονάδες επεξεργασίας:* ROGUE ooBOARD με τον επεξεργαστή OOPic-II+.

*Κινητήρες:* Δύο ηλεκτροκινητήρες με κιβώτιο υποβιβασμού της σχέσης μετάδοσης.

*Αισθητήρες:* -

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή για τον επεξεργαστή OOPic-II+.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 320€.

## 53. X4 ROVER MK I



**Εικόνα Π53:** X4 ROVER MK I, TOTAL ROBOTS, UK

*Κατασκευαστής:* TOTAL ROBOTS, UK.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 20 x 20 x 10 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 1,5 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Τέσσερις κινητήριοι τροχοί.

*Μονάδες επεξεργασίας:* OOPic-R.

*Κινητήρες:* Τέσσερις σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής.

*Αισθητήρες:* Αισθητήρας υπερήχων.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή για τον επεξεργαστή OOPic-II+.

Χρήσεις: Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

Τιμή: 370€.

#### **54. AIRAT 2**



**Εικόνα Π54:** AIRAT 2, MICROROBOTS, KOREA

*Κατασκευαστής:* MICROROBOTS, KOREA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 12 x 9 x 10 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 1 κιλό.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριοι τροχοί και ένας παντός κατεύθυνσης.

*Μονάδες επεξεργασίας:* JS8051-A2.

*Κινητήρες:* Δύο βηματικοί κινητήρες.

*Αισθητήρες:* Έξι αισθητήρες υπερύθρων.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

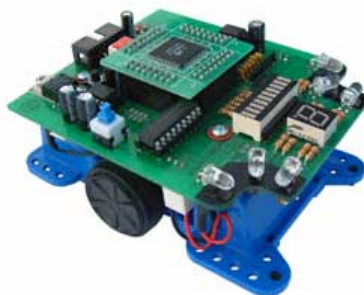
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή C για τον επεξεργαστή JS8051-A2 καθώς και από λογισμικό που εξομοιώνει τη λειτουργία του AIRAT 2 σε προσωπικό υπολογιστή.

Χρήσεις: Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

Τιμή: 600€.

#### **55. ROBO LEFTER**



**Εικόνα Π55:** ROBO LEFTER, MICROROBOTS, KOREA

*Κατασκευαστής:* MICROROBOTS, KOREA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 12 x 9 x 5 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).



*Βάρος:* 1 κιλό.

*Τρόπος μετακίνησης:* Δύο κινητήριои τροχοί.

*Μονάδες επεξεργασίας:* ATMEΛ AVR Atmega103.

*Κινητήρες:* Δύο ηλεκτροκινητήρες με κιβώτιο υποβιβασμού της σχέσης μετάδοσης.

*Αισθητήρες:* Έξι αισθητήρες υπερύθρων.

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Α2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

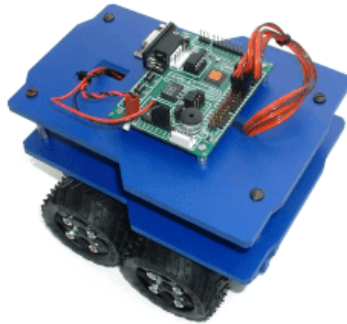
*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή C για τον επεξεργαστή ATMEΛ AVR Atmega103 και από ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών κατάλληλο για προσωπικό υπολογιστή..

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 200€.

## **56. RIGEL**



**Εικόνα Π56:** RIGEL, BUDGET ROBOTICS, USA

*Κατασκευαστής:* BUDGET ROBOTICS, USA.

*Είδος:* Εσωτερικού χώρου.

*Διαστάσεις:* 17 x 15 x 9.5 εκατοστά (μήκος x πλάτος x ύψος).

*Βάρος:* 1,5 κιλά.

*Τρόπος μετακίνησης:* Τέσσερις κινητήριои τροχοί.

*Μονάδες επεξεργασίας:* OOPic-R.

*Κινητήρες:* Τέσσερις σερβοκινητήρες συνεχούς περιστροφής.

*Αισθητήρες:* -

*Είσοδοι / έξοδοι:* Σειριακή θύρα, είσοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (Α2D) και ψηφιακές είσοδοι / έξοδοι.

*Επικοινωνία:* Ενσύρματη και προαιρετικά ασύρματη επικοινωνία με προσωπικό υπολογιστή.

*Προγραμματισμός:* Το όχημα συνοδεύεται από εξειδικευμένο μεταγλωττιστή για τον επεξεργαστή OOPic-R.

*Χρήσεις:* Εκπαιδευτικές, ελεύθερου χρόνου.

*Τιμή:* 170€.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

## *ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΟΟPic-R ΤΟΥ ΑΛΕ*

```
' Left odometer
DIM l_odo AS NEW oQENCODE

' Right odometer
DIM r_odo AS NEW oQENCODE

' Motors
DIM l_motor AS NEW oDCMOTOR
DIM r_motor AS NEW oDCMOTOR

' Voltmeter 12V
DIM voltage12 AS NEW oA2D

' Voltmeter 7V
DIM voltage7 AS NEW oA2D

' Sonars
DIM l_sonar AS NEW oSONARDV

DIM c_sonar AS NEW oSONARDV

DIM r_sonar AS NEW oSONARDV

DIM b_sonar AS NEW oSONARDV

' Compass
DIM compass AS NEW oI2C
DIM compass_result AS NEW oBYTE

Sub Main()

' left odometer initialization
    l_odo.IOLINE1=9
    l_odo.IOLINE2=8
    l_odo.OPERATE=cvTRUE
    l_odo.INVERTD=cvTRUE

' right odometer initialization
    r_odo.IOLINE1=6
    r_odo.IOLINE2=5
    r_odo.OPERATE=cvTRUE

' left motor initialization
```

```

l_motor.IOLineB=25
l_motor.IOLineD=27
l_motor.IOLineP=17
l_motor.OPERATE=cvTRUE
l_motor.BRAKE=cvOFF

' right motor initialization
r_motor.IOLineB=24
r_motor.IOLineD=26
r_motor.IOLineP=18
r_motor.OPERATE=cvTRUE
r_motor.BRAKE=cvOFF
r_motor.INVERTOUTD=cvTRUE

' Voltmeter 12V initialization
voltage12.IOLine=1
voltage12.OPERATE=cvTRUE

' Voltmeter 7V initialization
voltage7.IOLine=4
voltage7.OPERATE=cvTRUE

' Sonars initialization
l_sonar.IOLineE=10
l_sonar.IOLineP=11

c_sonar.IOLineE=12
c_sonar.IOLineP=13

r_sonar.IOLineE=14
r_sonar.IOLineP=15

b_sonar.IOLineE=28
b_sonar.IOLineP=29

' Compass initialization
compass.NODE = 96
compass.MODE = cv10bit
compass.WIDTH = cv8bit
compass.NOINC = 1
compass.LOCATION = 1

do

l_sonar.OPERATE=cvTRUE
l_sonar.OPERATE=cvFALSE

c_sonar.OPERATE=cvTRUE

```

```
c_sonar.OPERATE=cvFALSE
```

```
r_sonar.OPERATE=cvTRUE  
r_sonar.OPERATE=cvFALSE
```

```
b_sonar.OPERATE=cvTRUE  
b_sonar.OPERATE=cvFALSE  
compass_result=compass
```

```
loop  
END SUB
```