

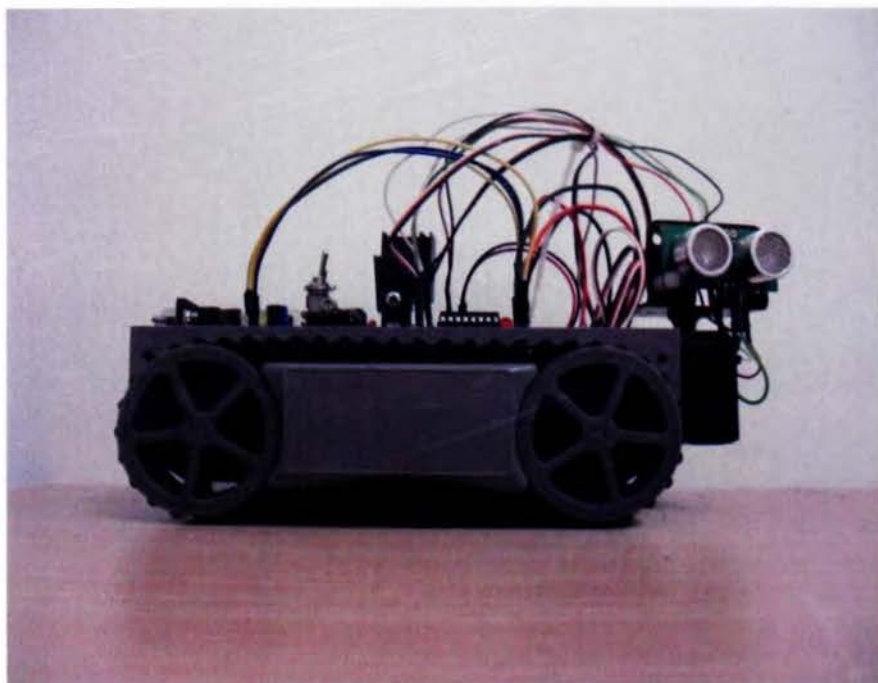


Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

#1/y
509
ΑΥΤ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΡΟΜΠΟΤ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΜΙΑ ΜΑΥΡΗ ΓΡΑΜΜΗ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΝΤΟΥΚΑΣ 32249

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΧΑΜΗΛΟΘΩΡΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ ΜΑΪΟΣ 2012



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Επιθυμώ να ευχαριστήσω για την αρωγή τους στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας τους καθηγητές του εργαστηρίου Μηχατρονικής. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής με οποιοδήποτε τρόπο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	σελ.4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ	σελ.6-31
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ.....	σελ.6
1.2 Η ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ ΩΣ ΣΗΜΕΡΑ.....	σελ.6-18
1.2.1 ΜΥΘΟΛΟΓΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ.....	σελ.6-8
Ο ΤΑΛΩΣ.....	σελ.6-7
ΚΙΝΟΥΜΕΝΕΣ ΚΟΥΚΛΕΣ.....	σελ.7
ΧΡΥΣΟΙ ΒΟΗΘΟΙ.....	σελ.7
ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΣΚΥΛΟΙ.....	σελ.7
ΘΡΟΝΟΣ ΠΑΓΙΔΑ.....	σελ.8
1.2.2 ΡΟΜΠΟΤ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑΣ.....	σελ.8-11
ΠΤΑΜΕΝΗ ΜΗΧΑΝΗ.....	σελ.8
Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ.....	σελ.8-9
ΗΡΩΝ Ο ΑΛΕΞΑΝΔΡΙΝΟΣ.....	σελ.9-11
1.2.3 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ.....	σελ.11-18
Ο ΣΚΥΛΟΣ ΤΟΥ ΤΑΚΟΛΑ.....	σελ.11
ΛΕΟΝΑΡΝΤΟ ΝΤΑ ΒΙΝΤΣΙ.....	σελ.11-12
ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΠΑΠΙΑ.....	σελ.12
ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΖΟΜΕΝΟ ΠΛΟΙΟ.....	σελ.12-13
ΕΛΕΚΤΡΟ.....	σελ.13
ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ UNIMATE.....	σελ.13
ΤΟ ΡΟΜΠΟΤ ΣΕΙΚΙ.....	σελ.13-14
ΤΟ ΡΟΜΠΟΤ DANTE 2.....	σελ.14
ΤΟ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΟ ΡΟΜΠΟΤ ROBOTUNA.....	σελ.15
Ο ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΣΚΥΛΟΣ ΑΙΒΟ.....	σελ.15-16
Ο ASIMO.....	σελ.16
ΤΟ ΡΟΜΠΟΤ QRIO SDR-4XII.....	σελ.16-17
Ο ΤΙΤΑΝ.....	σελ.17
ΤΟ ΡΟΜΠΟΤ PARTNER.....	σελ.17-18
ACTROID-F.....	σελ.18
1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΡΟΜΠΟΤ.....	σελ.19-28
1.3.1 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ.....	σελ.19-23
1.3.2 ΚΙΝΗΤΑ ΡΟΜΠΟΤ.....	σελ.23-26
1.3.3 ΙΑΤΡΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ.....	σελ.26
1.3.4 ΤΗΛΕΡΟΜΠΟΤ.....	σελ.27
1.3.5 ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ.....	σελ.27-28
1.4 STANFORD CART.....	σελ.28-31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΜΙΑ ΜΑΥΡΗ ΓΡΑΜΜΗ	σελ.32-47
2.1 BX-24.....	σελ.33
2.1.1 Ο ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗΣ BasicX.....	σελ.33
2.1.2 SPI ΕΕΡΡΟΜ ΜΙΚΡΟΤΣΙΠ.....	σελ.33

2.1.3 ΣΕΙΡΙΑΚΗ ΘΥΡΑ.....	σελ.33-34
2.1.4 ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	σελ.34
2.1.5 ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	σελ.34
2.1.6 ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ.....	σελ.34
2.1.7 ΒΧ-24 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ.....	σελ.35-36
2.1.8 ΒΧ-24 ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΑΚΙΔΩΝ.....	σελ.36
ΒΧ-24 ΟΡΙΣΜΟΙ ΑΚΙΔΩΝ.....	σελ.37
.....ΒΧ-24 DC ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	σελ.38
2.2 SRF05 - ULTRA SONIC RANGER ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	σελ.38-44
2.2.1 MODE 1 SRF04 ΞΕΧΩΡΙΣΤΑ TRIGGER ΚΑΙ ECHO.....	σελ.39-40
2.2.2 MODE 2 TRIGGER ΚΑΙ ECHO ΣΕ ΕΝΑ.....	σελ.40-41
2.2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ.....	σελ.41-42
2.2.4 Η ΑΛΛΗ ΣΕΙΡΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ 5 ΑΚΡΟΔΕΚΤΕΣ.....	σελ.42
2.2.5 ΑΛΛΑΓΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΑΙ ΠΛΑΤΟΣ ΔΕΣΜΗΣ.....	σελ.42
2.2.6 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ SRF05 SONAR ΜΕ ΒΧ-24.....	σελ.43-44
2.3 LINE FOLLOWER ΜΕ QTI	σελ.44-46
2.4 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (DC)	σελ.46
2.5 ΣΕΡΒΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ.....	σελ.47
2.6 ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΛΑΚΕΤΑΣ.....	σελ.47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΩΔΙΚΑΣ.....	σελ.48-55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΠΙΠΛΕΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ.....	σελ.56-57
4.1 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ.....	σελ.57
4.2 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΚΑΜΕΡΑΣ.....	σελ.57
4.3 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΑΡΠΑΓΗΣ.....	σελ.57
4.4 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΗΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΜΝΗΜΗΣ FLASH.....	σελ.57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	σελ.58
ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ.....	σελ.58-59

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο κλάδος της ρομποτικής είναι αναμφισβήτητα ένας πολύ σημαντικός και εντυπωσιακός κλάδος που έχει κάνει την εμφάνισή του από την αρχαιότητα και συνεχίζεται με εκπληκτικές εφαρμογές μέχρι και σήμερα. Η άνθηση της ρομποτικής στις επόμενες δεκαετίες είναι πλέον επιστημονικά σίγουρη. Αυτό φαίνεται και στην καθημερινή μας ζωή. Υπάρχουν ήδη ρομποτικά όργανα που εξυπηρετούν διάφορες ανάγκες των ανθρώπων, όπως όργανα ακοής, ρομποτικά χέρια και πόδια.

Η ρομποτική στις μέρες μας χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς για να εξυπηρετήσει τις διαφορετικές ανάγκες που προκύπτουν καθημερινά. Οι τομείς αυτοί είναι αρχικά της βιομηχανίας όπου θα συναντήσει κανείς ένα τεράστιο εύρος από ρομπότ τα οποία κρατούν σχεδόν ολόκληρη την γραμμή παραγωγής και έχουν αντικαταστήσει πλήρως την ανθρώπινη εργασία. Ένας ακόμα τομέας όπου γίνεται με επιτυχία η χρήση της ρομποτικής είναι η ιατρική, αν και ακόμα η εξέλιξή της σε βρίσκεται σε αρχικά στάδια και όχι σε ολόκληρο το φάσμα της ιατρικής. Επίσης εκτεταμένη είναι η χρήση της ρομποτικής και στον στρατό σε αντίθεση με τα κοινωνικά και καθημερινής χρήσης ρομπότ τα οποία έχουν ακόμα αρκετό αλλά όχι πολύ δρόμο για αν μπου βαθιά στην καθημερινότητά μας. Σύντομα θα είναι διαθέσιμα όργανα που ενσωματώνονται και με τα οποία θα επικοινωνούμε μεταξύ μας καθώς και με διάφορες συσκευές. Ολοένα και μεγαλύτερο μέρος της ανθρώπινης φύσης μας αντικαθίσταται από τα ρομπότ και φυσικά υπάρχουν συζητήσεις και ανησυχίες μεταξύ επιστημόνων για την επίδραση των ρομπότ στο μέλλον της ανθρωπότητας

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής είναι η πραγματοποίηση ενός ρομπότ Line follower που ακολουθεί μία μαύρη γραμμή και είναι σε θέση, με βάση των υπολογισμών της απόστασης να αποφεύγει τα διάφορα εμπόδια και να ξανά βρίσκει τον δρόμο του ακολουθώντας την μαύρη γραμμή. Ο προγραμματισμός του Line follower ρομπότ έχει πραγματοποιηθεί σε γλώσσα Basic με την βοήθεια του προγράμματος BX-24. Ο κώδικάς του Line follower υπάρχει και αναλύεται λεπτομερώς στο κεφάλαιο 3 της παρούσας πτυχιακής. Στο θεωρητικό μέρος της πτυχιακής αυτής εργασίας γίνεται μία εκτεταμένη αναφορά στην ιστορική εξέλιξη των ρομπότ από την αρχαιότητα αλλά και ακόμα από την μυθολογία μέχρι τα σημερινά και φυσικά τα μελλοντικά ρομπότ.

Τέλος η ρομποτική μπορεί να προσφέρει πολλά στην ανθρωπότητα αρκεί βέβαια να λαμβάνονται πάντα υπόψη Οι τρεις νόμοι συμπεριφοράς των ρομπότ οι οποίοι είναι:

1. Δεν επιτρέπεται στο Ρομπότ να βλάπτει τον άνθρωπο ή με την αδράνειά του ν' αφήσει να πάθει κακό.
2. Το Ρομπότ πρέπει να υπακούει στις διαταγές που λαμβάνει από τον άνθρωπο, εκτός εάν οι διαταγές αυτές έρχονται σε αντίθεση με τον Πρώτο Νόμο.
3. Το Ρομπότ πρέπει να προστατεύει την ύπαρξή του, εφ' όσον η φροντίδα αυτή δεν συγκρούεται με τον Πρώτο και Δεύτερο Νόμο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ

ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

Ρομπότ ονομάζεται εκείνη η μηχανή η οποία έχει συμπεριφορά ανάλογα με αυτή του ανθρώπου και εκτελεί εργασίες σύμφωνα με προγραμματισμένες εντολές από τον άνθρωπο. Η εισαγωγή της έννοιας των ρομπότ έγινε το 1921 από τον Τσέχο θεατρικό συγγραφέα Karel Čapek με το θεατρικό έργο “Rossum’s Universal Robots”. Στο τελευταίο ο συγγραφέας φαντάζεται ένα μηχανικό κατασκεύασμα, το οποίο και ονομάζει robot από την τσέχικη λέξη robota για την καταναγκαστική εργασία. Το «αυτόματο» του Rossum στρέφεται τελικά εναντίον της ανθρωπότητας. Οι σύγχρονοι ρομποτικοί μηχανισμοί κατάγονται από δύο εντελώς διαφορετικούς κλάδους: Βλέπε [26]

- από τα πρώιμα αυτόματα, που ουσιαστικά δεν ήταν τίποτε άλλο παρά ψυχαγωγικά «παιχνίδια» για μεγάλους και
- από τις ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις στο χώρο της βιομηχανικής παραγωγής που είχε συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες για όλο και πιο «έξυπνες» μηχανές οι οποίες θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν επάξια τον άνθρωπο στην παραγωγική διαδικασία.

1.2 Η ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ ΩΣ ΣΗΜΕΡΑ

1.2.1 ΜΥΘΟΛΟΓΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ

Αναζητώντας κανείς τις ρίζες της ρομποτικής θα οδηγηθεί αρκετά πίσω στην ιστορία της ανθρωπότητας. Πράγματι, η φιλοδοξία του ανθρώπου να δημιουργήσει μηχανές που θα του μοιάζουν τόσο στη μορφή όσο και τη λειτουργία πρωτοσυναντάται στην ελληνική μυθολογία. Παρακάτω γίνεται μια αναφορά στα ποιά σημαντικά μυθολογικά ρομπότ τις αρχαιότητας.

Ο ΤΑΛΩΣ

Ο Τάλως ήταν μυθικός χάλκινος γίγαντας, το πρώτο ρομπότ στην ιστορία, που προστάτευε την μινωική Κρήτη από κάθε επίδοξο εισβολέα. Ο Τάλως (εικόνα 1) είναι από τις πιο αγαπητές μυθικές προσωπικότητες του αρχαίου κόσμου και ένας από τους πιο σημαντικούς ελληνικούς μύθους. Πρόκειται για ένα τεράστιο μηχανικό σύστημα, μια μηχανή άτρωτη με ανθρώπινη μορφή, κινούμενη με σύστημα υδραυλικό στο εσωτερικό της. Μια φλέβα, μια σύριγγα, ένας σωλήνας έκρυβε μέσα στον γίγαντα την δύναμη της ζωής του, το τεχνητό του αίμα, το υγρό ιχώρ, όμοιο με λειωμένο μολύβι. Με το υγρό αυτό, υδραυλικά δηλαδή, έμπαιναν σε κίνηση τα μεταλλικά μέρη της θεόρατης ανθρωπομηχανής. Το υδραυλικό αυτό σύστημα ήταν η ζωή της μηχανής και σε περίπτωση που το υγρό αυτό χυνόταν ο γίγαντας χάλαγε. Επίσης αρκετά νομίσματα στα οποία εικονίζεται (εικόνα 2) ο Τάλως βρέθηκαν στην πόλη της Φαιστού. Βλέπε [1] και [3].



Εικόνα 1: Ο χάλκινος γίγαντας ο Τάλως



Εικόνα 2: Νόμισμα με τον Τάλω

ΚΙΝΟΥΜΕΝΕΣ ΚΟΥΚΛΕΣ

Ο Όμηρος και ο Πλάτωνας αναφέρουν ότι ο Δαίδαλος ανάμεσα στις άλλες εντυπωσιακές του κατασκευές έφτιαξε και κούκλες για τα παιδιά του Μίνωα. Σαν βασιλικά παιχνίδια δεν ήταν συνηθισμένες αλλά μπορούσαν να μιλάνε και να κινούνται. Λέγεται μάλιστα ότι αναγκαζόταν να τις δένουν για να μην τους φεύγουν μακριά και τις χάνουν. Το ίδιο λέγεται και για τους μηχανικούς ανθρωπόμορφους φύλακες του λαβύρινθου που κινούταν με υδράργυρο. Βλέπε [4].

ΧΡΥΣΟΙ ΒΟΗΘΟΙ

Ο Ήφαιστος αν και τυπικά ήταν παντρεμένος με την Αφροδίτη αισθανόταν πολύ μοναξιά και αναγκάστηκε να φτιάξει μερικές χρυσές γυναίκες (θεραπαινίδες) να τον βοηθάνε στο εργαστήριο, να τον στηρίζουν για να περπατάει καλύτερα, αλλά και για να έχει κάποιον να μιλάει (εικόνα 3). Βλέπε [4].



Εικόνα 3: Θεραπαινίδα

ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΣΚΥΛΟΙ

Οι Θεοί ήταν ιδιαίτερα ευχαριστημένοι με τον βασιλιά Αλκίνοο και μέσω της τέχνης του Ήφαιστου του χάρισαν χρυσούς και ασημένιους αθάνατους και πανίσχυρους μηχανικούς σκύλους για την προστασία του παλατιού του. Βλέπε [4].

ΘΡΟΝΟΣ ΠΑΓΙΔΑ

Ο Ήφαιστος για να εκδικηθεί την μητέρα του Ήρα που τον απέριψε σαν άσχημο μωρό, κατασκεύασε ένα αυτόματο ειδικό μηχάνημα. Ήταν ένας εντυπωσιακά καλοφτιαγμένος χρυσός θρόνος. Όταν όμως η Ήρα κάθισε πάνω του αυτόματα σφίχτηκαν γύρω της αλυσίδες κρατώντας την δέσμια! Κανένας δεν μπορούσε να την απελευθερώσει απ' τα δεσμά της και ο Ήφαιστος ούτε που δεχόταν να συζητήσει την απελευθέρωσή της. Τελικά ο Διόνυσος τον επισκέφτηκε και αφού τον μέθυσε για τα καλά, τον έπεισε να ελευθερώσει την μάνα του απ' τα δεσμά. Οι υπόλοιποι Θεοί αναγνωρίζοντας τις δυνάμεις και τα ταλέντα του τον δέχτηκαν στον Όλυμπο σαν ίσο τους. Βλέπε [4].

1.2.2 ΡΟΜΠΟΤ ΤΗΣ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑΣ

ΙΠΤΑΜΕΝΗ ΜΗΧΑΝΗ

Ο Αρχύτας ο Ταραντίνος (428 - 347 π.Χ.) λέγεται πως κατασκεύασε μία ιπτάμενη μμηχανή ("πετομηχανή" ή "περιστέρα") που κινούνταν με ατμό και μπορούσε να διανύσει απόσταση μέχρι και 200μ. (εικόνα 4). Βλέπε [5].



Εικόνα 4: Ιπτάμενη μηχανή (περιστέρα)

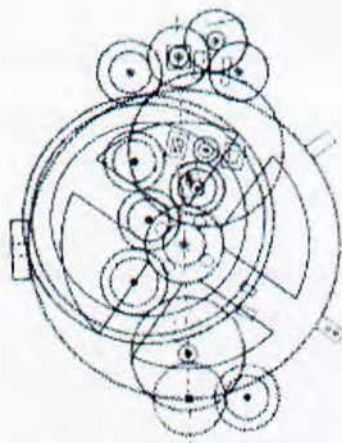
Ο ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΚΥΘΗΡΩΝ

Ο μηχανισμός των Αντικυθήρων (γνωστός και ως αστρολάβος των Αντικυθήρων ή υπολογιστής των Αντικυθήρων) είναι ένα αρχαίο τέχνημα που πιστεύεται ότι ήταν ένας μηχανικός υπολογιστής και όργανο αστρονομικών παρατηρήσεων, που παρουσιάζει ομοιότητες με πολύπλοκο ωρολογιακό μηχανισμό. Ανακαλύφθηκε σε ναυάγιο ανοικτά του Ελληνικού νησιού Αντικύθηρα μεταξύ των Κυθήρων και της Κρήτης. Με βάση τη μορφή των ελληνικών επιγραφών που φέρει χρονολογείται μεταξύ του 150 π.Χ. και του 100 π.Χ., αρκετά πριν από την ημερομηνία του ναυαγίου, το οποίο ενδέχεται να συνέβη ανάμεσα στο 87 π.Χ. και 63 π.Χ. Ο μηχανισμός είναι η αρχαιότερη σωζόμενη διάταξη με γρανάζια. Είναι φτιαγμένος από

μπρούντζο σε ένα ξύλινο πλαίσιο και έχει προβληματίσει και συναρπάσει πολλούς ιστορικούς της επιστήμης και της τεχνολογίας αφότου ανακαλύφθηκε. Η πιο αποδεκτή θεωρία σχετικά με τη λειτουργία του υποστηρίζει ότι ήταν ένας αναλογικός υπολογιστής σχεδιασμένος για να υπολογίζει τις κινήσεις των ουρανίων σωμάτων. Πρόσφατες λειτουργικές ανακατασκευές της συσκευής υποστηρίζουν αυτήν την ανάλυση. Από τις πρόσφατες έρευνες καταρρίφθηκε η θεωρία ότι εμπεριέχει ένα διαφορικό γρανάτζι, όμως ο ανακαλυφθείς μηχανισμός της κίνησης της Σελήνης είναι ακόμα πιο εντυπωσιακός, καθότι δίνει τη δυνατότητα μεταβλητής γωνιακής ταχύτητας στον άξονα που κινεί τη Σελήνη (δεύτερος Νόμος Κέπλερ) (εικόνα 5 και 6). Βλέπε [6].



Εικόνα 5: Το κύριο θραύσμα του μηχανισμού Αθήνα, Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο



Εικόνα 6: Διάγραμμα του μηχανισμού των Αντικυθήρων

ΗΡΩΝ Ο ΑΛΕΞΑΝΔΡΙΝΟΣ

Ο Ήρων ο Αλεξανδρινός, Έλληνας σοφός του 1ου αιώνα π.χ. θεωρείται ο πατέρας της σύγχρονης ρομποτικής. Δίδαξε στο μουσείο της Αλεξάνδρειας και τα αυτόματά του περιγράφονται στο βιβλίο του «Πνευματικά και Αυτοματοποιητική». Κατασκεύασε μεγάλο αριθμό αυτοκινούμενων μηχανών, που λειτουργούσαν και κινούνταν από μόνες τους σαν όντα αληθινά, αξιοποιώντας τις ιδιότητες των υγρών και των αερίων, διαθέτοντας πολύπλοκα μηχανικά συστήματα και έναν ιδιοφυή προγραμματισμό κινήσεων. Κατά την παράδοση, που ίσως να περιλαμβάνει και υπερβολές, κατασκεύασε μηχανικά πουλιά που κελαηδούσαν, έπιναν νερό και πετούσαν. Τα 80 σχέδια που έχουν σωθεί από το βιβλίο του «Πνευματικά και Αυτοματοποιητική» μας δείχνουν ότι είχε κατασκευάσει υδραυλικά σιφόνια και μηχανισμούς ελέγχου ροής, υδραυλικές συσκευές ευρείας χρήσης, όπως κλειψύδρες, αυτόματα σιντριβάνια, αυτόματους βωμούς κλπ..., συσκευές που παράγουν ήχους πουλιών, υδραυλικές αυτόματες μηχανές, θερμοσυσκευές, μηχανές με ατμό κλπ. Βλέπε [1].

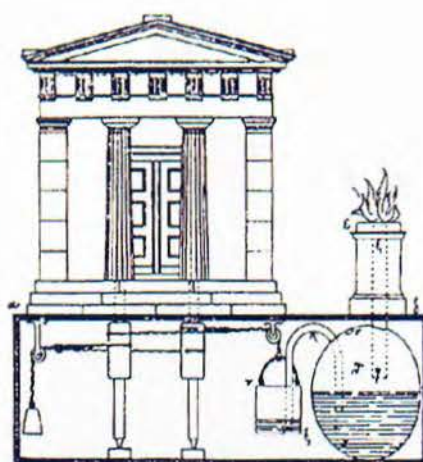
Μερικά παραδείγματα είναι :

- Αυτόματες πύλες ναού

Όπου ο Ήρων αξιοποιεί τη διαστολή του θερμαινόμενου αέρα κάτω από το βωμό για να διοχετεύσει νερό από ένα σταθερό σε ένα κινητό δοχείο και να θέσει έτσι σε κίνηση τον μηχανισμό που ανοίγει τις πόρτες (εικόνα 7 και 8).



Εικόνα 7: Αυτόματες πύλες ναού



Εικόνα 8: Αυτόματες πύλες ναού
Εσωτερικό διάγραμμα

- Αυτόματος κερματοδέκτης
Όπου ένα νόμισμα έπεφτε πάνω σε ένα ζυγό, που μετακινούμενος άνοιγε μια βαλβίδα και έρεε λίγο νερό (εικόνα 9).



Εικόνα 9: Αυτόματος κερματοδέκτης

- Η Αυτοματοποιητική του Ήρωνα
Η Αυτοματοποιητική του Ήρωνα είναι ένα κινητό αυτόματο το οποίο με την βοήθεια αυτόματων μηχανικών συστημάτων πραγματοποιούσε προγραμματισμένες κινήσεις (εικόνα 10).



Εικόνα 10: Το κινητό αυτόματο θέατρο του Ήρωνος

1.2.3 ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ

Ο ΣΚΥΛΟΣ ΤΟΥ ΤΑΚΟΛΑ

Ο Μαριάνο ντι Γιάκοπο, επονομαζόμενος Τακόλα (1382-1453), ήταν ένας μηχανικός όπου σε ένα σχέδιο του υπάρχει ένα υποτυπώδες αντικλεπτικό σύστημα για πύργους, το οποίο αποτελούνταν από ένα σκύλο και μια καμπάνα. Ο σκύλος δενόταν στο σχοινί της καμπάνας και η τροφή του τοποθετούνταν σε διαφορετικές αποστάσεις, ακόμα και σε απρόσιτες. Καθώς κινούνταν, ο σκύλος χτυπούσε την καμπάνα με ακανόνιστο τρόπο, δίνοντας την εντύπωση ότι στον πύργο υπήρχε κάποιος. Βλέπε [7].

ΛΕΟΝΑΡΝΤΟ ΝΤΑ ΒΙΝΤΣΙ

Ο Λεονάρντο γεννήθηκε στην πόλη Αντσιάνο, κοντά στο Βίντσι της Ιταλίας στις 15 Απριλίου του έτους 1452 μ.Χ. Το πλήρες όνομα του ήταν "Leonardo di ser Piero da Vinci", αν και υπέγραφε τα έργα του ως "Leonardo" ή "Io, Leonardo" (= «Εγώ, ο Λεονάρντο»). Ο Λεονάρντο ντα Βίντσι, εκτός από μεγάλος καλλιτέχνης υπήρξε ακόμα σημαντικός εφευρέτης και επιστήμονας, με σημαντική συνεισφορά στην ανατομία, και την αστρονομία. Τα σημαντικότερα ρομπότ που είχε υλοποιήσει είναι κάποια αυτοκίνητα οχήματα και μια στρατιά από ρομπότ (εικόνα 11). Ο ιδιοφυής καλλιτέχνης και μηχανικός έκρυψε στον Ατλαντικό Κώδικα τις οδηγίες για την κατασκευή μιας στρατιάς από ρομπότ. Ειδικοί μελετητές τις αποκωδικοποίησαν.

Ένας στρατός από πολεμιστές με αστραφτερές πανοπλίες, παραταγμένους στα τείχη ενός πύργου. Κρατούν μακριούς λογχοπελέκες και κινούνται με απειλητικό τρόπο. Στις σκοπιές άλλοι στρατιώτες κραδαίνουν τα όπλα τους. Ποιος θα τολμούσε να πλησιάσει έναν τόσο καλά φρουρούμενο πύργο; Όταν μάλιστα αυτοί οι στρατιώτες είναι πραγματικά ακούραστοι κανείς δεν εγκαταλείπει ποτέ το πόστο του Αναγκαστικά, γιατί δεν είναι άνθρωποι αλλά ρομπότ. Οι κινήσεις τους καθοδηγούνται από μηχανισμούς με σχοινιά και τροχαλίες. Βλέπε [8].



Εικόνα 11: Πολεμιστής ρομπότ

ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΠΑΠΙΑ

Το 1748 ο Γάλλος Jacques de Vaucanson κατασκεύασε μια ρομποτική πάπια (εικόνα 12) που είχε την δυνατότητα να τρώει σπόρους να κουνάει τα φτερά της, τσιμπολογούσε καλαμπόκι και ακόμη «χώνευε» ή τουλάχιστον διέλυε το καλαμπόκι. Βλέπε [9].



Εικόνα 12: Ρομποτική πάπια

ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΖΟΜΕΝΟ ΠΛΟΙΟ

Ο Νίκολα Τέσλα (10 Ιουλίου 1856 - 7 Ιανουαρίου 1943) ήταν εφευρέτης, μηχανολόγος και ηλεκτρολόγος μηχανικός. Ο Νίκολα από μικρή ηλικία εντυπωσιάστηκε από το φαινόμενο του ηλεκτρισμού όταν άρχισε να τρίβει το τρίχωμα των ζώων που είχανε στο πατρικό του. Από μικρός ήταν βιβλιοφίλος καθώς

διάβαζε τα περιοδικά που δημοσίευε ποίηση ο πατέρας του και λάτρευε τον Ιούλιο Βέρν (1828-1905) και τον Εμίλ Ζολά (1840-1902). Μία από τις πολλές εφευρέσεις του ήταν το τηλεχειριζόμενο πλοίο όπου το παρουσίασε το 1898. Βλέπε [10].

ELEKTRO

Το 1930 η εταιρία Westinghouse Electric Corporation (Η.Π.Α.) κατασκευάζει το ανθρωποειδές ρομπότ Elektro (εικόνα 13) που μπορούσε να μιλά, να περπατά, και να καπνίζει, να φουσκώνει μπαλόνια και να κινεί τα χέρια του και τους ώμους του. Το σώμα του Elektro αποτελούνταν από χάλυβα και ο σκελετός του καλύπτονταν από αλουμίνιο. Είχε φωτοηλεκτρικά "μάτια" τα οποία μπορούσε να διακρίνει το κόκκινο και το πράσινο φως. Βλέπε [11].



Εικόνα 13: Ανθρωποειδές ρομπότ Elektro

ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ UNIMATE

Το 1954 ο George Devol καθιερώνει τον όρο βιομηχανικό ρομπότ (industrial robot) και κατασκευάζει το πρώτο σύγχρονο, ψηφιακά προγραμματιζόμενο ρομποτικό βραχίονα Unimate. Το ρομπότ Unimate είναι σχεδιασμένο με σκοπό να φέρνει σε πέρας επικίνδυνες, δύσκολες ή επαναλαμβανόμενες και ανιαρές εργασίες. Η εταιρία General Motors (Η.Π.Α) αγοράζει και εγκαθιστά το πρώτο ρομπότ Unimate το 1961 και χρησιμοποιήθηκε για εκφόρτωση μετάλλου από μια μηχανή χυτηρίου. Βλέπε [4].

ΤΟ ΡΟΜΠΟΤ ΣΕΙΚΙ

Το ρομπότ Σέικι (εικόνα 14) σχεδιάστηκε από τους ερευνητές του Stanford Research Institute (ΗΠΑ), στα τέλη της δεκαετίας του 1960. Ο Σέικι ήταν σε θέση να τοποθετεί τουβλάκια σε κατακόρυφες στήλες, έχοντας μια βιντεοκάμερα ως οπτικό αισθητήρα

και ένα μικρό υπολογιστή για την επεξεργασία των πληροφοριών που λάμβανε. Βλέπε [12].



Εικόνα 14: Το ρομπότ Σέικι

ΤΟ ΡΟΜΠΟΤ DANTE 2

Στις αρχές του 1990 η NASA απέτυχε στην χρήση του Dante, ενός ρομπότ με οχτώ πόδια που είχε σαν αποστολή την συλλογή αερίων και μάγματος στην Ανταρκτική (εικόνα 15). Μία βλάβη στα καλώδια δεν επέτρεψε στο ρομπότ να εισέλθει στο ενεργό ηφαίστειο. Ένα χρόνο μετά ο Dante 2 εισήλθε με επιτυχία στο ηφαίστειο φέροντας εις πέρας την αποστολή του. Βλέπε [13].



Εικόνα 15: Ο Dante II του Εργαστηρίου JPL της NASA κατά τη διάρκεια ανάβασης σε βουνό της Αλάσκα

ΤΟ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΟ ΡΟΜΠΟΤ ΡΟΒΟΤΥΝΑ

Το βιομετρικό ρομπότ Robotuna δημιουργείται από τον φοιτητή David Barrett στο Massachusetts Institute of Technology, με σκοπό να μελετήσει πως κολυμπούν τα ψάρια στο νερό (εικόνα 16). Το πρώτο ανθρωπόμορφο ρομπότ, το P2 αποτέλεσε τον θεμέλιο λίθο των ερευνών της εταιρείας Honda πάνω στην δημιουργία δένδροειδών (ανθρωπόμορφα ρομπότ που θα μπορούν να μιμούνται τον άνθρωπο σε εμφάνιση και συμπεριφορά). Είχε ύψος 1.80 μέτρα και οι κινήσεις του ήταν πολύ κοντά στις ανθρώπινες. Βλέπε [14].



Εικόνα 16: Το βιομετρικό ρομπότ Robotuna

ΤΟ ΣΚΑΚΙΣΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ DEEP BLUE

Το σκακιστικό πρόγραμμα Deep Blue της εταιρείας λογισμικού IBM, κερδίζει το 1997 τον παγκόσμιο πρωταθλητή σκακιού Gary Kasparov, στο προχωρημένο επίπεδο. Πολλοί εκφράζουν τότε ανησυχίες για την ραγδαία αύξηση της AI (Artificial Intelligence) και τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει στον άνθρωπο. Ο σούπερ αυτός υπολογιστής είχε την ικανότητα να επεξεργάζεται 200000000 κινήσεις το δευτερόλεπτο! Το παιχνίδι μεταδόθηκε ζωντανά μέσω του Διαδικτύου και το παρακολούθησαν πάνω από 74 εκατομμύρια άτομα. Βλέπε [15].

Ο ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΣΚΥΛΟΣ AIBO

Η εταιρία Sony κατασκεύασε το 1999 το τετράποδο αυτόνομο ρομπότ ψυχαγωγίας «AIBO» (Artificial Intelligence roBO) πρώτης γενιάς πρότυπο. Ο AIBO είναι ένας ρομποτικός σκύλος ικανός να αλληλεπιδρά με τον άνθρωπο σαν κανονικό κατοικίδιο (εικόνα 17). Τα πρώτα μοντέλα που κυκλοφόρησαν έγιναν ανάρπαστα σε 20 μόλις λεπτά στην Ιαπωνία. Βλέπε [15].



Εικόνα 17: Ο ρομποτικός σκύλος της AIBO

Ο ASIMO

Το 2000 αποτελεί σταθμό στην επιστήμη της ρομποτικής. Η διαρκώς δραστήρια Honda, παρουσιάζει την πρώτη έκδοση του ASIMO (Advanced Step in Innovative MObility), ενός ρομπότ που είναι σε θέση να τρέχει, να περπατά, να επικοινωνεί με τους ανθρώπους, να αναγνωρίζει εκφράσεις και περιβάλλοντα και να αλληλεπιδρά με αυτά (εικόνα 18). Το ύψος του είναι 1.30 μέτρα ενώ ζυγίζει 54. Η όψη του θυμίζει έναν μίνι αστροναύτη και αποτελεί εξέλιξη παλαιότερων ρομποτικών μοντέλων της ίδιας εταιρείας. Βλέπε [15].



Εικόνα 18: Το ρομπότ ASIMO

ΤΟ ΡΟΜΠΟΤ QRIO SDR-4XII

Το ρομπότ QRIO SDR-4XII σχεδιάστηκε το 2003 για χρήση μέσα στο σπίτι (εικόνα 19). Αυτό το συμπαγές δίποδο ρομπότ χαρακτηρίζεται από την ενισχυμένη ασφάλεια και τη μεγάλη διάρκεια λειτουργίας, επίσης αυξήθηκε η ικανότητα για καλύτερη επικοινωνία. Επιπλέον το QRIO τραγούδησε τα πρώτα τραγούδια που γράφτηκαν από Ryuichi Sakamoto και επίσης μπορούσε να εκτελέσει και χορευτικές επιδείξεις. Τελικά το QRIO ήταν ένα πρωτότυπο, και δεν προωθήθηκε εμπορικά. Βλέπε [16].



Εικόνα 19: Το ρομπότ QRIO

Ο TITAN

Ο Titan, προϊόν της γερμανικής εταιρίας Kuka (2004), είναι το δυνατότερο ρομπότ στον κόσμο. Μπορεί να σηκώνει μια BMW στον αέρα με το ένα του χέρι, να την κάνει μια στροφή και να την ακουμπήσει ξανά στο ίδιο ακριβώς σημείο, χωρίς το παραμικρό τρέμουλο (εικόνα 20). Ψηλός όσο μια καμηλοπάρδαλη και ικανός να σηκώνει 1.000 κιλά βάρος, πέρα από την αυτοκινητοβιομηχανία, απασχολείται στον κατασκευαστικό τομέα, όπου σηκώνει τεράστια μπλοκ τσιμέντου ή ράβδους χάλυβα. Βλέπε [17].



Εικόνα 20: Το ρομπότ Titan

ΤΟ ΡΟΜΠΟΤ PARTNER

Από την άλλη, υπάρχουν μικρόσωμα ανθρωποειδή ρομπότ, όπως το ύψους 1,4 μέτρων ρομπότ **Partner**(Συνεταίρος) της Toyota (2005), πολύ πιο ευέλικτο, που αντί να είναι βιδωμένο στο πάτωμα, όπως ο Titan, κάνει βόλτες σε δύο πόδια, ενώ μπορεί

ακόμα και να τρέξει λίγο (εικόνα 21). Διαθέτει πέντε ευκίνητα δάκτυλα στα δύο του χέρια, με τα οποία παίζει ακόμα και βιολί. Βλέπε [18].



Εικόνα 21: Το ρομπότ Partner

ACTROID-F

Ένα από τα ποίο τελευταία και υπερσύγχρονα ανθρωποειδή ρομπότ είναι το ρομπότ Actroid-F (εικόνα 22) το οποίο κατασκευαστικέ το 2010 στην Ιαπωνία. Αυτό το ρομπότ έχει την μορφή νοσοκόμας και σκοπός του είναι να βρίσκεται μέσα στα νοσοκομεία για να παρατηρεί τους ασθενείς ώστε να τους προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια. Βλέπε [19].



Εικόνα 22: Το ρομπότ Actroid-F

1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΡΟΜΠΟΤ

Σήμερα με την ανάπτυξη της τεχνολογίας τα ρομπότ χωρίστηκαν σε πέντε βασικές κατηγορίες για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες εργασίας, παραγωγής, υγείας, ευημερίας και ψυχαγωγίας του ανθρώπου. Οι πέντε βασικές αυτές κατηγορίες ρομπότ είναι:

- Βιομηχανικά ρομπότ
- Κινητά ρομπότ
- Ιατρικά ρομπότ
- Τηλερομπότ
- Κοινωνικά ρομπότ

1.3.1 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ

Βιομηχανικό ρομπότ σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης είναι ένας επαναπρογραμματιζόμενος μηχανικός βραχίονας πολλαπλών λειτουργιών που έχει μερικούς άξονες κίνησης, ικανός για να κινεί υλικά, κομμάτια, εργαλεία ή ειδικές συσκευές μέσω μεταβλητών, προγραμματισμένων λειτουργιών για την εκτέλεση μιας ποικιλίας εργασιών (εικόνα 23).



Εικόνα 23: Μηχανικός βραχίονας βιομηχανικού ρομπότ

Τα βιομηχανικά ρομπότ ή αλλιώς ρομποτικοί βραχίονες έχουν τη μορφή ενός ανθρώπινου βραχίονα με αρθρώσεις (ώμο, αγκώνα, καρπό) και παλάμη (αρπάγη/δαγκάνα, δάκτυλα). Η επιλογή του τύπου της κίνησής τους (γραμμική, κυλινδρική, σφαιρική, αρθρωτή) εξαρτάται από το είδος της εργασίας που πρέπει να εκτελέσουν. Τα βιομηχανικά ρομπότ είναι κατάλληλα για επαναλαμβανόμενες εργασίες σε πλήρως δομημένα και σταθερά περιβάλλοντα. Τέτοιες εργασίες είναι: φόρτωμα/ξεφόρτωμα μηχανών, συναρμολόγηση (Εικόνα 24), συγκόλληση, πρεσάρισμα, βαφή, γυάλισμα, κοκ. Τα πλεονεκτήματα που παρέχουν τα βιομηχανικά ρομπότ είναι: απαλλαγή των εργαζομένων από κουραστικές, ανιαρές και επικίνδυνες

εργασίες ευελιξία, υψηλή παραγωγικότητα, καλύτερη ποιότητα προϊόντος και βελτιωμένη ποιότητα ζωής. Βλέπε [2] και [20]



Εικόνα 24: Βιομηχανική εργασία

Ένας ρομποτικός βραχίονας αποτελείται από μία σειρά διαδοχικών στερεών σωμάτων που ονομάζονται σύνδεσμοι. Οι σύνδεσμοι συνδέονται ανά δύο μεταξύ τους μέσω αρθρώσεων σχηματίζοντας μία κινηματική αλυσίδα. Οι αρθρώσεις μπορεί να είναι :

- πρισματικές : σχετική μεταφορική κίνηση μεταξύ δύο διαδοχικών συνδέσμων,
- περιστροφικές : υλοποιούν σχετική περιστροφική κίνηση μεταξύ δύο διαδοχικών συνδέσμων
- σφαιρικές : υλοποιούν σφαιρική περιστροφική κίνηση μεταξύ δύο διαδοχικών συνδέσμων.

και παρέχουν στην κατασκευή από έναν βαθμό κινητικότητας. Με τη σειρά της, μία κινηματική αλυσίδα χαρακτηρίζεται ως ανοικτή όταν υπάρχει μία μόνο διαδοχή συνδέσμων που να συνδέει τα δύο άκρα του βραχίονα και κλειστή όταν οι σύνδεσμοι που τη συνιστούν σχηματίζουν βρόχο.

Βαθμοί Κινητικότητας και Βαθμοί Ελευθερίας

Κρίνεται σκόπιμο να επισημάνουμε τη διαφορά που υπάρχει ανάμεσα στους βαθμούς κινητικότητας ενός βραχίονα και τους βαθμούς ελευθερίας που απαιτούνται για την εκτέλεση ενός έργου. Για ένα βραχίονα το πλήθος των βαθμών κινητικότητας είναι σταθερό και ίσο με το πλήθος των αρθρώσεων του (πρισματικών ή/και περιστροφικών). Από την άλλη πλευρά οι βαθμοί ελευθερίας είναι άμεσα συνδεδεμένοι με το συγκεκριμένο έργο που καλείται να φέρει εις πέρα ο βραχίονας. Για τη γενική περίπτωση που θέλουμε να τοποθετήσουμε και να προσανατολίσουμε ένα αντικείμενο στον τρισδιάστατο χώρο απαιτούνται 6 βαθμοί ελευθερίας (3 για να

τοποθετήσουμε ένα σημείο του αντικειμένου στο χώρο και 3 για να προσανατολίσουμε το αντικείμενο ως προς ένα σύστημα συντεταγμένων αναφοράς). Είναι προφανές ότι ένας ρομποτικός βραχίονας με 6 βαθμούς κινητικότητας μπορεί να αντεπεξέλθει σ' αυτό το έργο, όπως επίσης και σε οποιοδήποτε άλλο έργο που απαιτεί μέχρι 6 βαθμούς ελευθερίας.

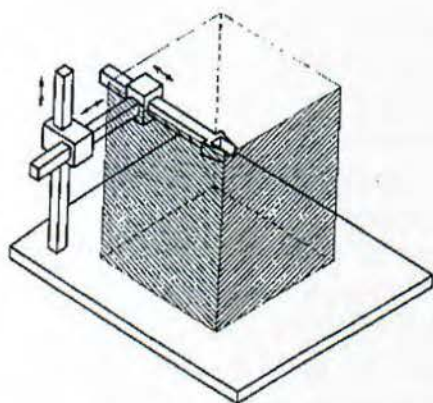
Χώρος Εργασίας

Ως χώρος εργασίας ορίζεται ο τρισδιάστατος χώρος τον οποίο μπορεί να σαρώσει η άκρη του ρομποτικού μηχανισμού. Το μέγεθος και η γεωμετρική μορφή του χώρου αυτού εξαρτώνται από την κατασκευαστική δομή του ρομπότ, κάτι που θα γίνει φανερό και στη συνέχεια.

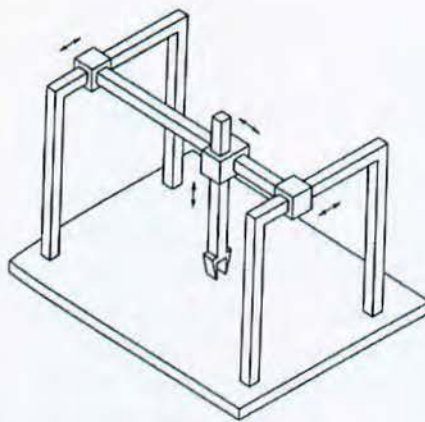
Ταξινόμηση Βραχιόνων βάσει της Γεωμετρικής Διαμόρφωσης τους

Ο τύπος και η διαδοχή των αρθρώσεων ενός βραχίονα επιτρέπει την ταξινόμησή των ρομπότ σε διάφορες κατηγορίες, οι οποίες αναφέρονται παρακάτω. Οι αρθρώσεις που μας απασχολούν στο σημείο αυτό είναι οι τρεις πρώτες του βραχίονα και κατά συνέπεια εξαιρούνται οι αρθρώσεις του καρπού. Θα έχουμε λοιπόν τα εξής:

- Καρτεσιανοί Βραχίονες: η καρτεσιανή γεωμετρία υλοποιείται με τρεις διαδοχικές πρισματικές αρθρώσεις. Οι άξονες των αρθρώσεων αυτών είναι ανά δύο κάθετοι μεταξύ τους (Εικόνα 25). Η καρτεσιανή δομή παρέχει μεγάλη δυσκαμψία και σταθερή ακρίβεια σε ολόκληρο το χώρο εργασίας που είναι ένα παραλληλεπίπεδο. Βασικό μειονόητα της κατασκευής είναι η μειωμένη επιδεξιότητα κίνησης, λόγω της πρισματικής φύσης των αρθρώσεων.
- Βραχίονες Gantry: οι βραχίονες Gantry είναι στην ουσία καρτεσιανοί, διαφέρουν όμως από τους τελευταίους στον τρόπο προσέγγισης τους αντικείμενου ενδιαφέροντος (Εικόνα 26). Ειδικότερα ο βραχίονας Gantry προσεγγίζει το αντικείμενο από πάνω, τη στιγμή που ένας κλασικός καρτεσιανός βραχίονας προσεγγίζει το αντικείμενο από το πλάι. Άμεσες συνέπειες της διαφοροποίησης αυτής είναι η αύξηση του χώρου εργασίας και της δυσκαμψίας, καθώς επίσης και η δυνατότητα χειρισμού μεγάλων και βαριών αντικειμένων.



Εικόνα 25: Καρτεσιανός Βραχίονας

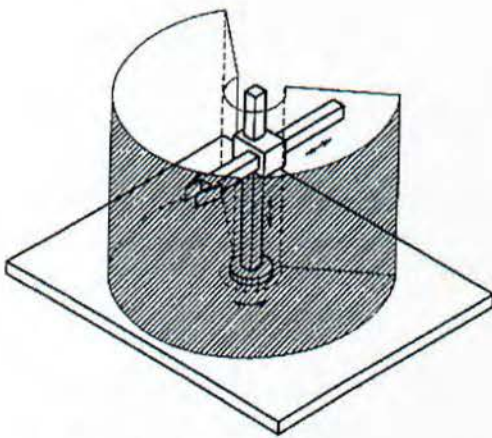


Εικόνα 26: Βραχίονας Gantry

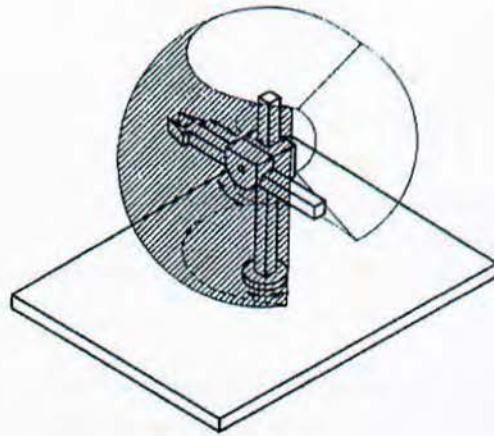
- Κυλινδρικοί Βραχίονες: στους κυλινδρικούς βραχίονες η πρώτη πρισματική

άρθρωση της καρτεσιανής δομής έχει αντικατασταθεί από μία περιστροφική άρθρωση (Εικόνα 27). Οι συγκεκριμένοι βραχίονες χαρακτηρίζονται από καλή δυσκαμψία, όμως η ακρίβεια της θέσης του καρπού μειώνεται καθώς η οριζόντια μετατόπιση αυξάνεται. Ο χώρος εργασίας στην περίπτωση αυτή είναι τμήμα κυλίνδρου. Σημαντικό μειονέκτημα της συγκεκριμένης γεωμετρίας είναι το ότι ο βραχίονας εισέρχεται στο χώρο εργασίας και τον περιορίζει.

- Σφαιρικοί Βραχίονες: στους βραχίονες αυτούς αντικαθίσταται πλέον και η δεύτερη πρισματική άρθρωση της καρτεσιανής δομής με περιστροφική (Εικόνα 28). Η μηχανολογική πολυπλοκότητα αυξάνει, ενώ η δυσκαμψία μειώνεται. Επιπλέον η ακρίβεια του καρπού μειώνεται με την αύξηση της ακτινικής απόστασης. Ο χώρος εργασίας είναι τμήμα σφαίρας και περιέχει ένα μέρος της βάσης με άμεση συνέπεια τη δυνατότητα χειρισμού αντικειμένων που βρίσκονται στο έδαφος.

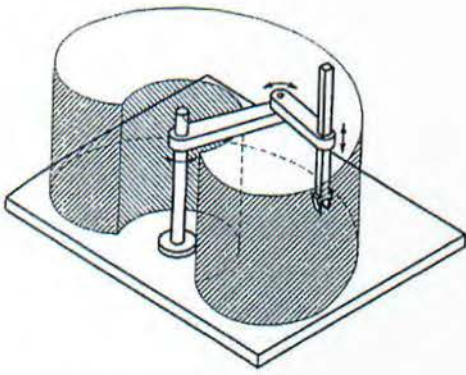


Εικόνα 27: Κυλινδρικός Βραχίονας

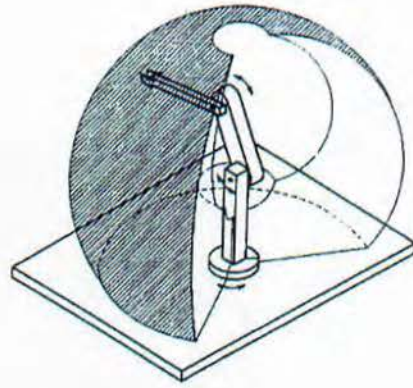


Εικόνα 28: Σφαιρικός Βραχίονας

- Βραχίονες SCARA: η γεωμετρία SCARA είναι ειδική και περιλαμβάνει δύο περιστροφικές και μία πρισματική άρθρωση τοποθετημένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι άξονες κίνησης να είναι παράλληλοι μεταξύ τους (Εικόνα 29). Το όνομα SCARA προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Selective Compliance Assembly Robot Arm. Η συγκεκριμένη γεωμετρία παρείχε μεγάλη δυσκαμψία σε κατακόρυφη φόρτιση και ελαστικότητα σε οριζόντια. Η ακρίβεια τοποθέτησης του καρπού μειώνεται με την αύξηση της απόστασης του από τον άξονα της πρώτης άρθρωσης.
- Ανθρωπομορφικοί Βραχίονες: η ανθρωπομορφική γεωμετρία υλοποιείται με τρεις διαδοχικές περιστροφικές αρθρώσεις. Ειδικότερα, ο άξονας περιστροφής της πρώτης άρθρωσης είναι κατακόρυφος και κάθετος στους άξονες περιστροφής των επομένων δύο αρθρώσεων, οι οποίοι είναι παράλληλοι μεταξύ τους (Εικόνα 30). Η συγκεκριμένη δομή παρέχει τη μεγαλύτερη επιδεξιότητα από όλες τις προηγούμενες, καθώς όλες οι αρθρώσεις είναι περιστροφικές. Ωστόσο η ακρίβεια του καρπού δεν είναι σταθερή εντός του χώρου εργασίας που έχει τη μορφή σφαίρας.



Εικόνα 29: Βραχίονας SCARA



Εικόνα 30: Ανθρωπομορφικός Βραχίονας

1.3.2 ΚΙΝΗΤΑ ΡΟΜΠΟΤ

Ως κινητά ρομπότ χαρακτηρίζονται όλα εκείνα τα ρομπότ που έχουν τη δυνατότητα να μετακινήσουν όλα τα σημεία του μηχανισμού τους. Η δυνατότητα αυτή προσφέρεται από ειδικά συστήματα προώθησης, τα οποία μπορεί να είναι είτε απλά (όπως τροχοί) είτε πολύπλοκα (όπως jet, προπέλες, μηχανικά πόδια). Τα κινούμενα ρομπότ διακρίνονται σε επιμέρους κατηγορίες ανάλογα με το βαθμό αυτονομίας τους. Έτσι έχουμε:

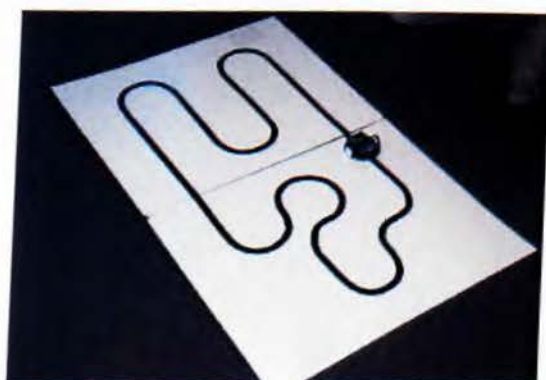
- AGVs: τα AGVs (Automatic Guided Vehicles) έχουν περιορισμένη αυτονομία κίνησης, δεδομένου ότι η τροχιά τους είναι προκαθορισμένη μέσω καλωδίων στο έδαφος ή πομπών στον περιβάλλοντα χώρο (εικόνα 31).



Εικόνα 31: Κινητό ρομπότ τύπου AGVs:

- Αυτόνομα Έντροχα Ρομπότ: τα ρομπότ αυτά λειτουργούν με αρκετά υψηλό

βαθμό αυτονομίας. Πιο συγκεκριμένα μπορούν και λειτουργούν χωρίς συνεχή εξωτερική επίβλεψη και είναι ικανά να εκτελούν εργασίες αυτόνομα δεχόμενα μόνο ορισμένες υψηλού επιπέδου εντολές (εικόνα 32).



Εικόνα 32: Αυτόνομο έντροχο ρομπότ

- Βαδίζοντα Ρομπότ: τα ρομπότ αυτά χρησιμοποιούν μηχανικά πόδια για την κίνησή τους και όχι συμβατικούς τροχούς όπως στις προηγούμενες δύο κατηγορίες. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης υλοποίησης είναι η μεγάλη δυνατότητα αποφυγής εμποδίων και η ικανότητα αναρρίχησης σε ανώμαλα εδάφη και μη επίπεδες επιφάνειες. Από τα πιο συνηθισμένα ρομπότ αυτής της κατηγορίας είναι τα δίποδα ενώ δεν αποκλείονται και εφαρμογές με περισσότερα από δύο πόδια, π.χ. ρομπότ που μοιάζουν και κινούνται όπως οι αράχνες (εικόνα 33).



Εικόνα 33: Ρομπότ που βαδίζει

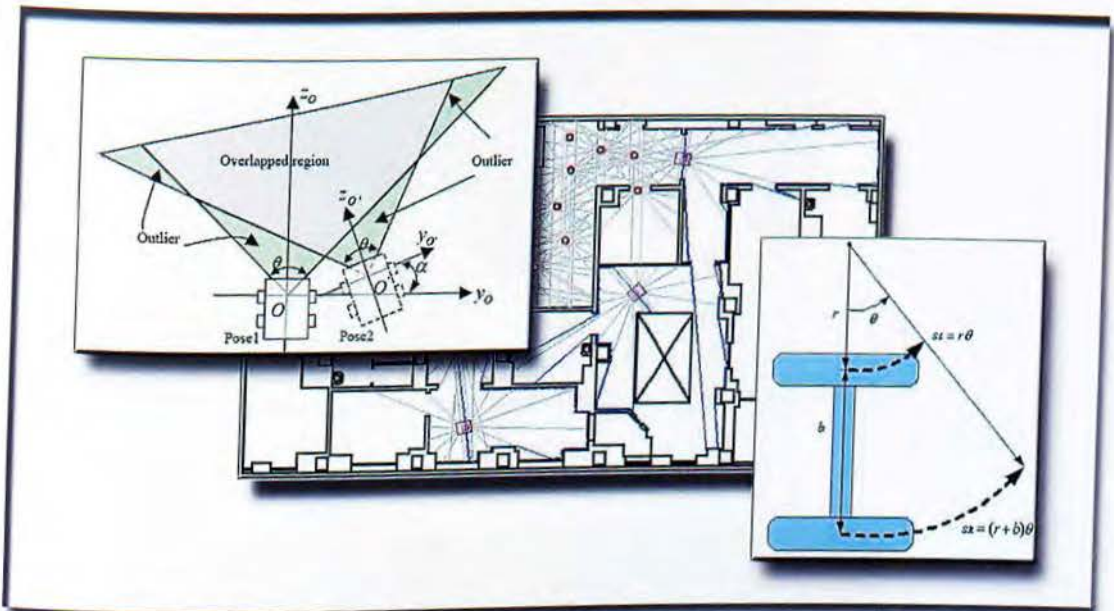
ΟΔΟΜΕΤΡΙΑ

Ο όρος “οδομετρία” περιλαμβάνει τα βασικά χαρακτηριστικά που πρέπει να αναλύσει κανείς ώστε να επιτύχει τον έλεγχο κινούμενων ρομπότ (εικόνα 34). Για να γίνει αυτό, θα πρέπει λοιπόν αρχικά να βρεθεί αναλυτικά το κινηματικό ή και το δυναμικό μοντέλο του ρομπότ, στη συνέχεια με βάση αυτό ή με άλλες διατάξεις να βρεθεί μια μέθοδος μέτρησης της κίνησης του ρομπότ, ουσιαστικά να βρεθεί η θέση του ρομπότ

στο χώρο που κινείται και τέλος έχοντας αναλύσει τα παραπάνω να βρεθεί ένας νόμος ελέγχου της κίνησης των ρομπότ, ώστε να μπορεί το τελευταίο να εκτελέσει την εργασία που θέλουμε.

Ειδικότερα, το κινηματικό μοντέλο είναι πολύπλοκο και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Δυναμικό: Αναφέρεται στο ότι χρειαζόμαστε προηγούμενες τιμές της θέσης του ρομπότ ώστε να υπολογίσουμε την ταχύτητα και τελικώς την καινούργια θέση του.
- Μη γραμμικό: Αναφέρεται στο ότι χρησιμοποιούμε μη γραμμικά στοιχεία για να αναλύσουμε την κίνηση του ρομπότ.
- Μη ολονομικό: Αναφέρεται στο ότι το ρομπότ δεν μπορεί να κινηθεί κατά την κάθετη διεύθυνση των τροχών του.
- Συζευγμένο: Αναφέρεται στο ότι οι εξόδοι του συστήματος εξαρτώνται από περισσότερες από μία εισόδους.
- Υποενεργοποιούμενο: Αναφέρεται στο ότι στο σύστημα μας έχουμε περισσότερες εξόδους από ότι εισόδους.



Εικόνα 34: Διάφορες μέθοδοι που υπάγονται στην οδομετρία ρομπότ

Για το λόγο ότι το αναλυτικό κινηματικό μοντέλο είναι δύσκολο να βρεθεί, συχνά γίνονται κάποιες παραδοχές που το απλοποιούν. Επίσης, οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για την εύρεση της θέσης του ρομπότ χωρίζονται σε δύο γενικές κατηγορίες:

- Στην εύρεση της θέσης του ρομπότ σε εξωτερικούς χώρους
- Στην εύρεση της θέσης του ρομπότ σε εσωτερικούς χώρους

Τέλος, όπως συμβαίνει σε όλα τα συστήματα μπορεί να υπάρχουν δύο βασικοί νόμοι ελέγχου:

- Ανοιχτού βρόχου: Κάνοντας χρήση του αντίστροφου κινηματικού μοντέλου και ξέροντας την τροχιά που θα ακολουθήσει το ρομπότ, υπολογίζουμε εξαρχής τις ταχύτητες που θα αναπτύξει το ρομπότ σε κάθε χρονική στιγμή.
- Κλειστού βρόχου: Ξέροντας την θέση του ρομπότ κάνουμε ανατροφοδότηση στο σύστημα ελέγχου ώστε να οδηγηθεί στην θέση που θέλουμε.

1.3.3 ΙΑΤΡΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ

Τα ιατρικά ρομπότ διακρίνονται σε «μακρο-ρομπότ» (χειρουργικά ρομπότ, ρομπότ αποκατάστασης ΑΜΕΑ, αυτόνομες ρομποτικές καρέκλες) και «μικρο-ρομπότ» (για καθοδηγούμενη από εικόνες χειρουργική, ελάχιστης επέμβασης/ενδοσκοπική χειρουργική, αγγειοπλαστική, εμβολισμός (γέμισμα) εγκεφαλικών ανευρυσμάτων, κ.α.). Τα ιατρικά ρομπότ ενισχύονται σημαντικά από τηλεχειριστές και εικονική πραγματικότητα, ιδιαίτερα όταν ο ασθενής δεν μπορεί να μεταφερθεί στον τόπο του ειδικευμένου χειρουργού (τραυματίες πολέμου, ασθενείς απομακρυσμένων νησιών, κλπ). Ένα ιατρικό ρομπότ ευρείας χρήσης είναι το χειρουργικό ρομπότ Da Vinci. Εικόνα 35. Μια έξυπνη αυτόνομη ρομποτική καρέκλα εικονίζεται στην Εικόνα 34. Βλέπε [20]



Εικόνα 34: Το χειρουργικό ρομπότ Da Vinci (λειτουργούν πάνω από 2000 σε όλον τον κόσμο)



Εικόνα 35: Εγχείρηση προστάτη με το ρομπότ Da Vinci

1.3.4 ΤΗΛΕΡΟΜΠΟΤ

Τηλερομπότ ονομάζονται τα ρομπότ τα οποία ελέγχονται από απόσταση από έναν ανθρώπινο χειριστή ανεξάρτητα από τον βαθμό αυτονομίας του ρομπότ (εικόνα 36). Πιο εξειδικευμένα θα μπορούσαμε να έχουμε διακρίσεις σε ρομπότ των οποίων η κίνηση ελέγχεται συνεχώς από τον χειριστή και σε ρομπότ τα οποία έχουν μερική αυτονομία. Βλέπε[21]



Εικόνα 36: Διαστημικά τηλερομπότ (NASA)

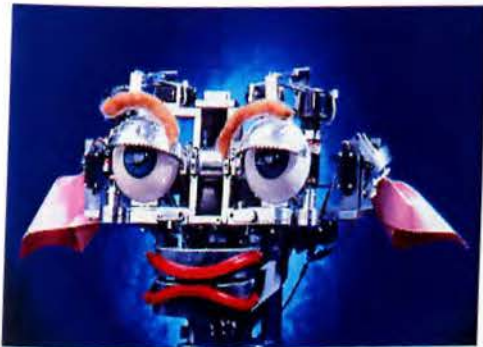
1.3.5 ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ

Κοινωνικό ρομπότ είναι ένα αυτόνομο ρομπότ που επικοινωνεί και αλληλεπιδρά με τον άνθρωπο ακολουθώντας κανόνες κοινωνικής συμπεριφοράς τους οποίους έχει διδαχθεί και μάθει. Οι τρεις βασικοί κανόνες τους οποίους πρέπει να ακολουθεί ένα κοινωνικό ρομπότ (πέρα από τους ειδικούς κανόνες ανθρώπινης συμπεριφοράς) είναι οι τρεις ρομποτικοί νόμοι του Ρώσου συγγραφέα Isaac Asimov που δημοσίευσε το 1941 στο μυθιστόρημα επιστημονικής φαντασίας (I, Robot). Οι νόμοι αυτοί είναι: (1) Ένα ρομπότ δεν πρέπει να βλάψει τον άνθρωπο ενεργά ή παθητικά, (2) Ένα, ρομπότ πρέπει να υπακούει στον άνθρωπο εκτός εάν αυτό αντίκειται στο νόμο (1), (3) Ένα ρομπότ πρέπει να προστατεύει την ύπαρξή του εφόσον τούτο δεν αντιβαίνει στους δύο προηγούμενους νόμους. Στα κοινωνικά ρομπότ ανήκουν και τα ανθρωποειδή ρομπότ που μπορούν να βαδίζουν και πολλά απ' αυτά έχουν ανθρώπινη μορφή (πρόσωπο, χέρια, κλπ). Οι ικανότητές τους εξαρτώνται από τις εργασίες που πρέπει να εκτελέσουν. Για παράδειγμα, ένα ρομπότ σερβιτόρος πρέπει να ακολουθεί τους κανόνες καλής εξυπηρέτησης. Τρία γνωστά κοινωνικά ρομπότ είναι το ρομπότ «Kismet» (‘μοίρα/ εμαρμένη’ στην Τουρκική), το ρομπότ «μουσικός» και το ρομπότ «Asimo» της Honda (Εικόνα 37). Το Kismet, είναι ένα ρομποτικό κεφάλι με στόμα, μάτια και αυτιά που μπορεί να αποκρίνεται με συναισθηματικούς μορφασμούς (χαράς, θανμασμού, έκπληξης, θυμού) ανάλογα με την περίπτωση που αντιμετωπίζει

(εικόνα 38 και 39). Βλέπε [20]



Εικόνα 37: Το ανθρωποειδές ρομπότ Asimo



Εικόνα 38: Ρομποτικό κεφάλι Kismet



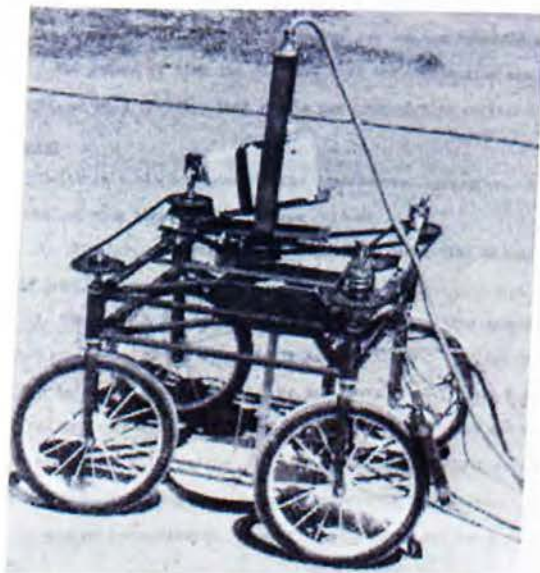
Εικόνα 39: Ρομποτικό κεφάλι Kismet

1.4 STANFORD CART

Τα ρομπότ τύπου Line Following μπορούν να θεωρηθούν ότι είναι η εξέλιξη του Stanford Cart το οποίο είχε στο ιστορικό του 45 χρόνια καριέρα, γεμάτη σκαμπανεβάσματα. Γεννήθηκε ως πλατφόρμα έρευνας για τη μελέτη προβλημάτων ελέγχου οχημάτων στην Σελήνη από τη Γή. Στη συνέχεια αναδιαρθρώνεται ως όχημα ρομπότ για την έρευνα στην οπτική πλοήγηση, μετέπειτα μεταφέρθηκε στο χώρο του θεάματος, για μερικά χρόνια. Σήμερα βρίσκεται στο Μουσείο Ιστορίας Υπολογιστών αναμένοντας την επιστροφή του. Βλέπε [22]

Το 1960-61 το Stanford Cart (εικόνα 40) κατασκευάστηκε αρχικά από τον Μηχανολόγο Μηχανικό (MM) James L Adams στα πλαίσια του μεταπτυχιακού του, για να υποστηρίξει την έρευνα του σχετικά με το πρόβλημα του ελέγχου ενός τηλεχειριζόμενου οχήματος χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες μέσω της χρήσης βίντεο. Είχε εργαστεί στο Εργαστήριο Jet Propulsion πάνω σε ένα σχέδιο της NASA

που ονομαζόταν Project Prospector, το οποίο προχωρά με την υπόθεση ότι κάποιος στη γη θα μπορούσε να κάνει zoom στη Σελήνη χρησιμοποιώντας μια τηλεοπτική κάμερα, η οποία ήταν τοποθετημένη σε ένα όχημα, ελέγχοντας την μέσω ραδιοκυμάτων. Ωστόσο Adams έδειξε ότι η υπόθεση αυτή ήταν ψευδής.



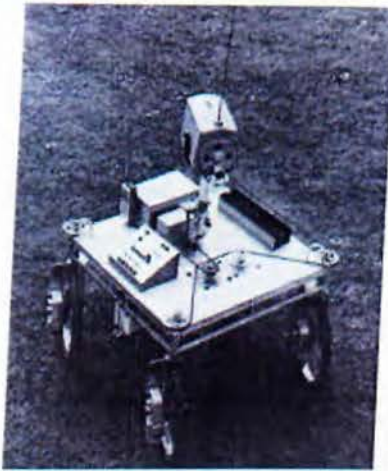
Εικόνα 40: Stanford Cart with cable, 1961

Το Cart είχε τέσσερις μικρούς τροχούς ποδηλάτου με ηλεκτρικούς κινητήρες που τροφοδοτούνταν από μια μπαταρία αυτοκινήτου και μετέφερε μία τηλεοπτική κάμερα με σταθερή θέα προς τα εμπρός. Το Cart ήταν συνδεδεμένο με ένα πολύ μακρύ καλώδιο σε μια κονσόλα ελέγχου με οθόνη τηλεόρασης και τους ελεγκτές σχετικά με τη διεύθυνση και την ταχύτητα. Μια μαγνητική ταινία βρόχου, κατέστησε δυνατή τη διαφοροποίηση της χρονικής καθυστέρησης των εντολών του συστήματος διεύθυνσης, ώστε να προσομοιωθούν οι καθυστερήσεις στην επικοινωνία.

Ο Adams διερεύνησε την δυνατότητα ελέγχου του οχήματος, αποφεύγοντας τα εμπόδια με διάφορους συνδυασμούς επικοινωνίας καθυστέρησης και ταχύτητας. Όταν οι εντολές του συστήματος διεύθυνσης καθυστερούσαν να φτάσουν στο όχημα, υπήρχε μια τάση να στρίβει παραπάνω από ότι χρειαζόταν με αποτέλεσμα να χάνει τον έλεγχο. Μεταξύ άλλων, ο Adams έδειξε στη διατριβή του ότι με καθυστερήσεις στην επικοινωνία περίπου 2 1/2 δευτερολέπτων το όχημα δεν μπορεί να ελεγχθεί με αξιοπιστία εάν ταξίδευε γρηγορότερα από περίπου 0,2 μίλια την ώρα (0,3 χιλιόμετρα την ώρα).

Το 1962-63 ο Μηχανολόγος Μηχανικός μεταπτυχιακός φοιτητής Paul W. Braisted επινόησε ένα σύστημα για τη βελτίωση της εκλεξιμότητας του οχήματος με την προσθήκη ενός αναλογικού υπολογιστή όπου λειτουργούσε ως προγνωστικός παράγοντας που λάμβανε υπόψη τις προηγούμενες εντολές διεύθυνσης του συστήματος και τοποθετούσε μια φωτεινή κουκίδα στην οθόνη δείχνοντας έτσι την προβλεπόμενη θέση του οχήματος, όταν οι τρέχουσες εντολές του συστήματος διεύθυνσης θα άρχιζαν να παράγουν αποτελέσματα (εικόνα 41). Με την προσθήκη αυτή, το όχημα θα μπορούσε να ελεγχθεί πορευόμενο με ταχύτητα 5 mph (8 χλμ. την ώρα). Ακόμα, υπήρχε ένας βασικός περιορισμός τηλεχειρισμού στο ότι, αν το ταξίδι κατά τη διάρκεια της χρονικής καθυστέρησης είναι μεγαλύτερο από την απόσταση

του οχήματος μας από ένα αόρατο εμπόδιο δεν υπήρχε κανένας τρόπος να αποφευχθεί η σύγκρουση. Ο Braisted ολοκλήρωσε τη διατριβή του το 1963. Ωστόσο, η άμεση προοπτική της εφαρμογής αυτής της τεχνολογίας τέθηκε εκτός ως αποτέλεσμα της εξαγγελίας του Προέδρου Τζον Φ. Κένεντι, στις 12 Σεπτεμβρίου 1962 για επανδρωμένη αποστολή των Η.Π.Α. στη Σελήνη.



Εικόνα 41: Stanford Cart with radio links, 1963

Το 1964-71 το όχημα προφανώς καθόταν ακρησιμοποιήτο σε ένα εργαστήριο μέχρι το 1966, όταν ο Les Earnest, ένας ανώτερος επιστήμονας που είχε προσχωρήσει πρόσφατα στο Stanford Artificial Intelligence Lab (SAIL), το βρήκε και μίλησε στον δημιουργό του, James Adams, για να τον αφήσει να το χρησιμοποιήσει για δοκιμές στην πλοήγηση υπό τον έλεγχο υπολογιστή, χρησιμοποιώντας οπτικές αναφορές. Ωστόσο, οι ραδιοζεύξεις και άλλα ηλεκτρονικά που υπήρχαν νωρίτερα είχαν εξαφανιστεί, οπότε προσελήφθη ο Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και υποψήφιος διδάκτορας Rodney Schmidt για να κατασκευάσει έναν μικρής έντασης πομπό τηλεόρασης και μίας ραδιοζεύξης για τον έλεγχο και να αναλάβει την οπτική καθοδήγηση του έργου. Στο SAIL χορηγήθηκε άδεια πειραματικής τηλεόρασης από την Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών για τα κανάλια 22 και 23 και η πειραματική λειτουργία του άρχισε με τον χειριστή οχήματος να ελέγχει το όχημα μέσω του υπολογιστή βασιζόμενος σε τηλεοπτικές εικόνες. Ο Καθ. John McCarthy άρχισε να ενδιαφέρεται για το έργο και, ως διευθυντής του SAIL, ανέλαβε την εποπτεία του. Χρησιμοποιώντας τον επεξεργαστή KA10, το οποίο λειτουργούσε με περίπου 0,65 MIPS, ο Schmidt ήταν τελικά σε θέση να κάνει το όχημα για ακολουθεί αυτόματα μια υψηλής αντίθεσης άσπρη γραμμή κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού με ταχύτητα περίπου 0,8 μίλια την ώρα (1,3 χιλιόμετρα την ώρα) (εικόνα 42). Ο Schmidt ολοκλήρωσε τη διατριβή του το 1971.



Εικόνα 42: Stanford Cart at SAIL

Το 1971-80 ο υποψήφιος Διδάκτωρ Bruce Baumgart και μερικοί άλλοι μεταπτυχιακοί φοιτητές πειραματίστηκαν με το όχημα κατά τη διάρκεια της διατριβής τους. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου το όχημα μεταβλήθηκε από 4-τροχο σε 2-τροχών (εικόνα 43). Ο Hans Moravec, που είχε έρθει στο Στάνφορντ ειδικά για να εργαστεί για την πλοήγηση εξ όψεως, αλλά το όχημα υπέστη πλήγμα τον Οκτώβριο του 1973, όταν ανέτρεψε το όχημα από τη ράμπα εξόδου και κατέληξε με οξύ μπαταρίας όλος ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός. Ο Moravec ήταν σε θέση να ζητήσει τη βοήθεια του Βίκτωρ Scheinman το 1977 για να οικοδομήσουν ένα «ρυθμιστικό», μια μηχανική περιστροφής η οποία θα κινούσε την τηλεοπτική κάμερα από πλευρά σε πλευρά η οποία θα επέτρεπε πολλαπλές λήψεις χωρίς να μετακινούν το όχημα. Χρησιμοποιώντας τον επεξεργαστή KL10 ο Moravec ήταν σε θέση να χρησιμοποιεί διόφθαλμη όραση ώστε το όχημα να πλοηγείτε αργά γύρω από τα εμπόδια. Το όχημα κινούνταν με παύσης ανά ένα μέτρο για να πάρει καινούργιες εικόνες για τον επανασχεδιασμό της διαδρομής. Το 1979, το καλάθι πέρασε με επιτυχία μια αίθουσα γεμάτη καρέκλες, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση σε περίπου πέντε ώρες. Ο Moravec ολοκλήρωσε τη διατριβή του το 1980.



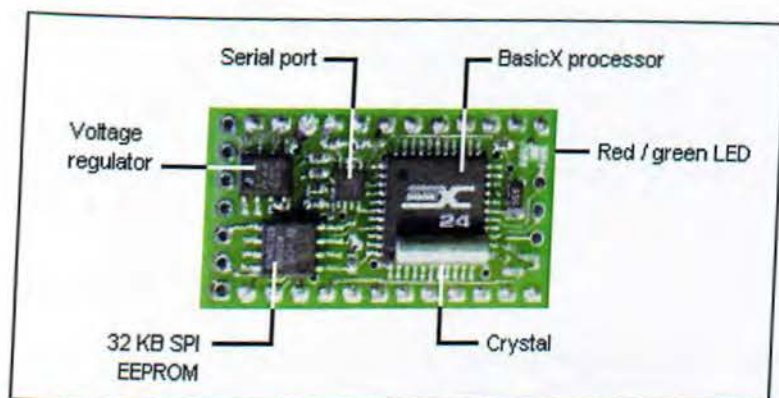
Εικόνα 43: Stanford Cart with slider, 1979

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΜΙΑ ΜΑΥΡΗ ΓΡΑΜΜΗ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤ ΠΟΥ ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΜΙΑ ΜΑΥΡΗ ΓΡΑΜΜΗ

2.1 BX-24



Εικόνα 44: BX-24

2.1.1 Ο ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗΣ BasicX

Ο επεξεργαστής BasicX είναι η καρδιά του BX-24 υπολογιστή, και βασίζεται στο μικροτσιπ Atmel AT90S8535. Το μικροτσιπ αυτό αποτελείται από 44 ακροδέκτες και ένα ικανό να διαβάσει και να εκτελεί προγράμματα τα οποία αποθηκεύονται στην 32 KB EEPROM. Το BX-24 διαθέτει 16 γενικής χρήσης I / O γραμμές που είναι συμβατές με TTL και CMOS. Όταν χρησιμοποιείται ο επεξεργαστής BasicX για την ψηφιακή I / O, κάθε γραμμή μπορεί να ρυθμιστεί σε 1 από τις 4 καταστάσεις output high, output low, input tristate (hi-Z) and input with pullup. Μέχρι 8 από τις 16 γραμμές του μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά ως 10-bit αναλογικό σε ψηφιακό μετατροπείς (ADC) για την ανίχνευση αναλογικών τάσεων Βλέπε [24].

2.1.2 SPI EEPROM ΜΙΚΡΟΤΣΙΠ

Όταν γράφετε ένα πρόγραμμα, στο SPI (Serial Peripheral Interface) το EEPROM μικροτσιπ είναι το μέσο στο οποίο αποθηκεύεται το πρόγραμμα. Όταν ο επεξεργαστής BasicX εκτελεί τις διάφορες λειτουργίες του, ανακαλεί τις οδηγίες από την EEPROM. Η 32 KByte EEPROM (AT25656) μπορεί να αποθηκεύσει περίπου 8000 γραμμές κώδικα BasicX, ανάλογα με την πολυπλοκότητα του προγράμματος.

2.1.3 ΣΕΙΡΙΑΚΗ ΘΥΡΑ

Μια υψηλής ταχύτητας σειριακή θύρα των 5 volt προβλέπεται για τη σύνδεση με μόντεμ, υπολογιστές, τερματικά ή άλλους ελεγκτές. Η μέγιστη ταχύτητα επικοινωνίας είναι 460 800 baud. Ένας δεκαεξαδικός μετατροπέας (TC7WH04) μετατρέπει τα εισερχόμενα και εξερχόμενα σήματα της σειριακή θύρα του επεξεργαστή. Το δεκαεξαδικός μετατροπέας χρησιμοποιείται επίσης για να απομονώσει την 5V σειριακή θύρα του επεξεργαστή από τα υψηλότερα επίπεδα τάσης (συνήθως 12V) που βρίσκονται στις συνηθισμένες σειριακές θύρες των υπολογιστών. Η σειριακή

θύρα χρησιμοποιεί 3 καλώδια τα RxData, TxData και DTR. Η γραμμή DTR χρησιμοποιείται μόνο για τη λήψη προγραμμάτων. Το Περιβάλλον ανάπτυξης BasicX στον υπολογιστή διαθέτει ένα built-in window που επιτρέπει αμφίδρομη επικοινωνία με τον BasicX μέσω της σειριακής θύρας.

2.1.4 ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΤΑΣΗΣ

Το BX-24 είναι εξοπλισμένο με ένα 5 V low-voltage dropout regulator/monitor (LP2951). Ο ρυθμιστής είναι ικανός να φιλοξενήσει ένα εύρος τάσης εισόδου μεταξύ των 5,7 V και των 15 V. Όταν εφαρμόζετε τάση στον ακροδέκτη 24 (VIN), ο ρυθμιστής παράγει 5 VDC με μέγιστο ρεύμα 100 mA. Δεδομένου ότι το BX-24 καταναλώνει μόλις 17 mA έως 25 mA του ρεύματος, το υπόλοιπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για δικούς μας σκοπούς.

2.1.5 ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

Για να αποφύγει το BX-24 το κλείδωμα ή τη λειτουργική αστάθεια κατά τη διάρκεια της ενεργοποίησης ή οποιασδήποτε άλλης περιόδου το BX-24 χρησιμοποιεί ένα low voltage monitor. Το monitor είναι ένα εσωτερικό τμήμα του τσιπ ρυθμιστή. Το monitor ελέγχει συνεχώς το επίπεδο τάσης του συστήματος. Αν η 5 V τάση τροφοδοσίας του BX-24 πέσει κάτω από τα 4,75 V, το monitor τοποθετεί αμέσως το BX-24 σε κατάσταση επαναφοράς μέχρι το επίπεδο της τάσης να αυξηθεί και πάλι.

2.1.6 ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ

Το BX-24 περιλαμβάνει έναν 8 καναλιών, 10-bit μετατροπέα ο οποίος μετατρέπει το αναλογικό σήμα σε ψηφιακό (ADC). Τα κανάλια ADC συνδέονται στις ακίδες 13 έως 20, και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του επεξεργαστή. Και τα 8 κανάλια μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ως αναλογικές ή ψηφιακές εισοδοί. Οι εισοδοί ADC είναι από 0 έως 5 V και δεν ενδείκνυται η τάση αυτή να είναι υψηλότερη των 5 V ή να έχει αρνητικές τιμές. Για αξιόπιστες ADC μετατροπές συνιστάται ότι η γείωση της πηγής τάσης (η τάση που μετράμε) μοιράζεται μια κοινή γείωση με τον BX-24 στις ακίδες 4 ή 23.

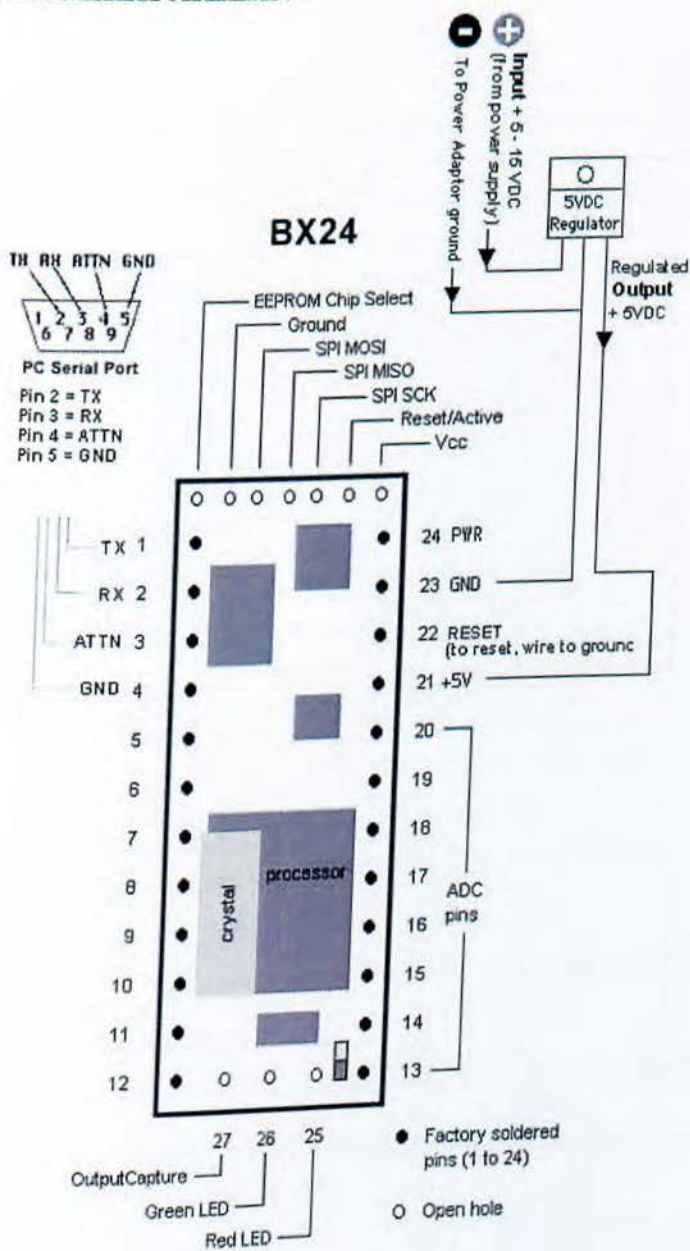
2.1.7 BX-24 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ

ΓΕΝΙΚΑ

I/O Lines	16 total 8 digital plus 8 lines that can be ADC or digital
EEPROM for program and data storage	On-board 32 KB EEPROM Largest executable user program size is 32 KBytes
RAM	400 bytes
Analog to digital converter	8 channels of 10 bit ADC, can also be used as regular digital (TTL level) I/O
ADC sample rate	6 k samples/s maximum
On-chip LEDs	Has a 2-color surface mount LED (red/green), fully user programmable, not counted as I/O line
Program execution speed	60 microseconds per 16 bit integer add/subtract
Serial I/O speed	2400 baud to 460.8 Kbaud on Com1 300 baud to 19 200 baud on any I/O pin (Com3)
Operating voltage range Min/Max	4.8 VDC to 15.0 VDC
Current requirements	20 mA plus I/O loads, if any
I/O output source current	10 mA @ 5 V (I/O pin driven high)
I/O output sink current	20 mA @ 5 V (I/O pin pulled low)
Combined maximum current load allowed across all I/Os	80 mA sink or source
I/O internal pull-up resistors	120 k Ω maximum
Floating point math	Yes
On-chip multitasking	Yes

On-chip clock/calendar	Yes
Built-in SPI interface	Yes
PC programming interface	Parallel or serial downloads
Package type	24 pin PDIP carrier board
Environmental specifications Absolute maximum ratings	Operating temperature: 0 °C to +70 °C Storage temperature: -65 °C to +150 °C

2.1.8 BX-24 ΑΡΙΘΜΗΣΗ ΑΚΙΔΩΝ



Εικόνα 45: Αρίθμηση και ορισμός ακροδεκτών

BX-24 ΟΡΙΣΜΟΙ ΑΚΙΔΩΝ

Κάθε ακίδα στο BX-24 έχει μια κύρια και μια εναλλακτική λειτουργία, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Η πρωταρχική λειτουργία περιγράφει πώς η κάθε ακίδα μπορεί να ρυθμιστεί. Η εναλλακτική λειτουργία που περιγράφει πώς οι ακίδες είναι ρυθμισμένες όταν στο BasicX έχει επιλεγθεί η λειτουργία built-in.

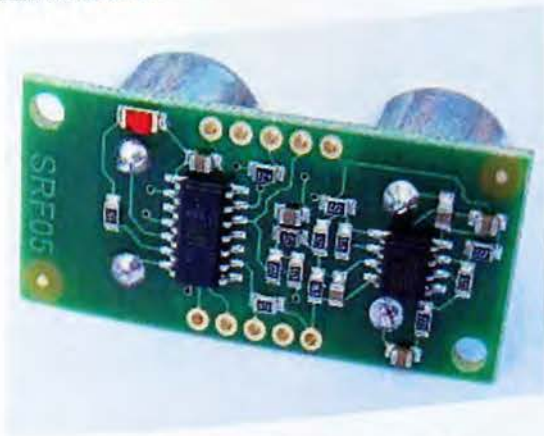
Pin #	Primary Function	Primary Description	Alternate Alternate	Alternate Description
1	Com1 Transmit	High speed Com port	Serial download transmit	See Com Ports
2	Com1 Receive	High speed Com port	Serial download receive	See Com Ports
3	ATN line	For serial downloading		
4	Ground	Common with pin 23		See below for DC characteristics
5	PortC, Bit 7	General Purpose I/O Port		
6	PortC, Bit 6	General Purpose I/O Port		
7	PortC, Bit 5	General Purpose I/O Port		
8	PortC, Bit 4	General Purpose I/O Port		
9	PortC, Bit 3	General Purpose I/O Port		
10	PortC, Bit 2	General Purpose I/O Port		
11	PortC, Bit 1	General Purpose I/O Port	Interrupt pin	
12	PortC, Bit 0	General Purpose I/O Port	Interrupt capture pin	
13	PortA, Bit 7	ADC channel 7	General Purpose I/O Port	
14	PortA, Bit 6	ADC channel 6	General Purpose I/O Port	
15	PortA, Bit 5	ADC channel 5	General Purpose I/O Port	
16	PortA, Bit 4	ADC channel 4	General Purpose I/O Port	
17	PortA, Bit 3	ADC channel 3	General Purpose I/O Port	
18	PortA, Bit 2	ADC channel 2	General Purpose I/O Port	
19	PortA, Bit 1	ADC channel 1	General Purpose I/O Port	
20	PortA, Bit 0	ADC channel 0	General Purpose I/O Port	
21	VCC	5 V output from regulator (when powered at Vin)	4.8 V to 5.5 V power input (when Vin not used)	
22	Reset	Low Active Reset		See below for DC characteristics
23	Ground	Common with Pin 4		See below for DC characteristics
24	Vin, 5.5 V to 15 V	Input to 5 V regulator (see note below)		See below for DC characteristics

Σημείωση: Εάν ο σταθεροποιητής των 5 V συνδεθεί απευθείας στο VCC (pin 21), το Vin (pin 24) θα μπορεί είναι μη συνδεδεμένο.

BX-24 DC ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Parameter	Condition	Min	Typ	Max
Pin 24 power input to voltage regulator	Cannot be used as input if pin 21 is connected	5.5 V	6.0 V	15.0 V
Pin 21 regulated input/output	Cannot be used as input if pin 24 is connected	4.8 V	5.0 V	5.5 V
Ground is common to pins 4 and 23				
Output low voltage	V _{cc} = 5.0 V Output current = 10 mA			0.5 V
Output high voltage	V _{cc} = 5.0 V Output current = 10 mA	4.5 V		
Output source current	V _{cc} = 5.0 V V _{cc} = 2.7 V			10 mA 5 mA
Output sink current	V _{cc} = 5.0 V			15 mA
Maximum total	V _{cc} = 2.7 V for all output pins			10 mA 70 mA
Analog comparator input offset voltage	V _{cc} = 5.0 V			40 mV
Analog comparator input leakage A	V _{cc} = 5.0 V V _{in} = V _{cc} /2	-50 nA	50 nA	
Analog comparator propagation	V _{cc} = 5.0 V		500 ns	
I/O pin programmable pull-up resistor		35 kΩ		120 kΩ

2.2 SRF05 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΕΡΗΧΗΤΙΚΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΟΥ



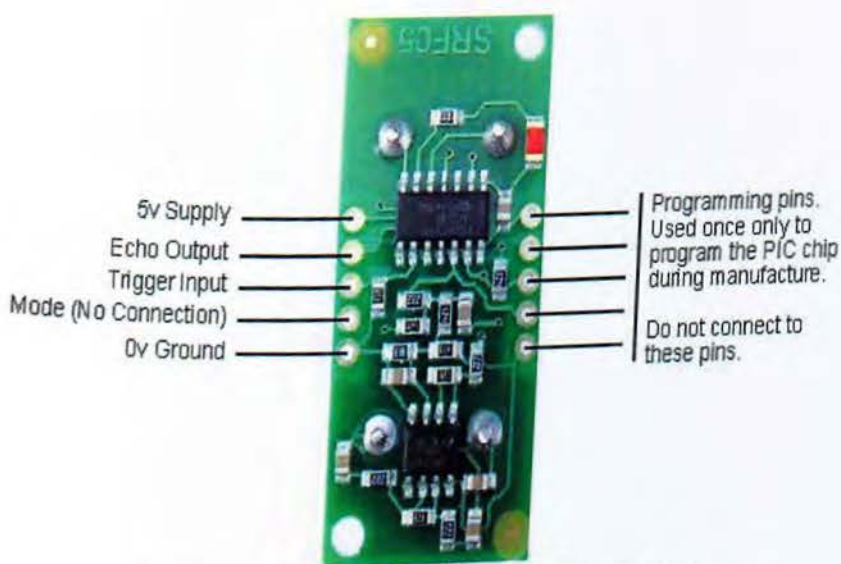
Εικόνα 46: SRF05 Υπερηχητικό

Το SRF05 - Ultra-Sonic Ranger είναι ένας υπερηχητικός αισθητήρας ο οποίος μεταδίδει υπέρηχους τύπου "ping" όταν λάβει τις απαραίτητες οδηγίες από το πρόγραμμα /κώδικα και επιστρέφει ένα σήμα κάθε φορά που λαμβάνει έναν ήχο. Το SRF05 είναι ένα εξελικτικό βήμα από το SRF04, και έχει σχεδιαστεί για να αυξήσει την ακτίνα ευελιξίας του SRF04, και να μειώσει το κόστος παραγωγής του ακόμη περισσότερο. Ως εκ τούτου, το SRF05 είναι πλήρως συμβατό με το SRF04. Το εύρος

έχει αυξηθεί από τα 3 στα 4 μέτρα. Ένας νέος τρόπος λειτουργίας (ενώνοντας τον ακροδέκτη mode στη γείωση) επιτρέπει τον SRF05 να χρησιμοποιεί έναν ενιαίο ακροδέκτη τόσο για το trigger όσο και για το echo, εξοικονομώντας έτσι πολύτιμους ακροδέκτες για τον μικροελεγκτή μας. Όταν ο ακροδέκτης mode είναι ασύνδετος το SRF05 λειτουργεί με ξεχωριστούς ακροδέκτες για το trigger και για το echo, όπως το SRF04. Η SRF05 έχει έναν μικρό χρόνο καθυστέρησης πριν από τον παλμό της ηχώ για να δώσει στους πιο αργούς ελεγκτές, όπως οι Basic Stamp και οι Picaxe χρόνο για να εκτελέσουν τον παλμό στις εντολές τους. Βλέπε [25].

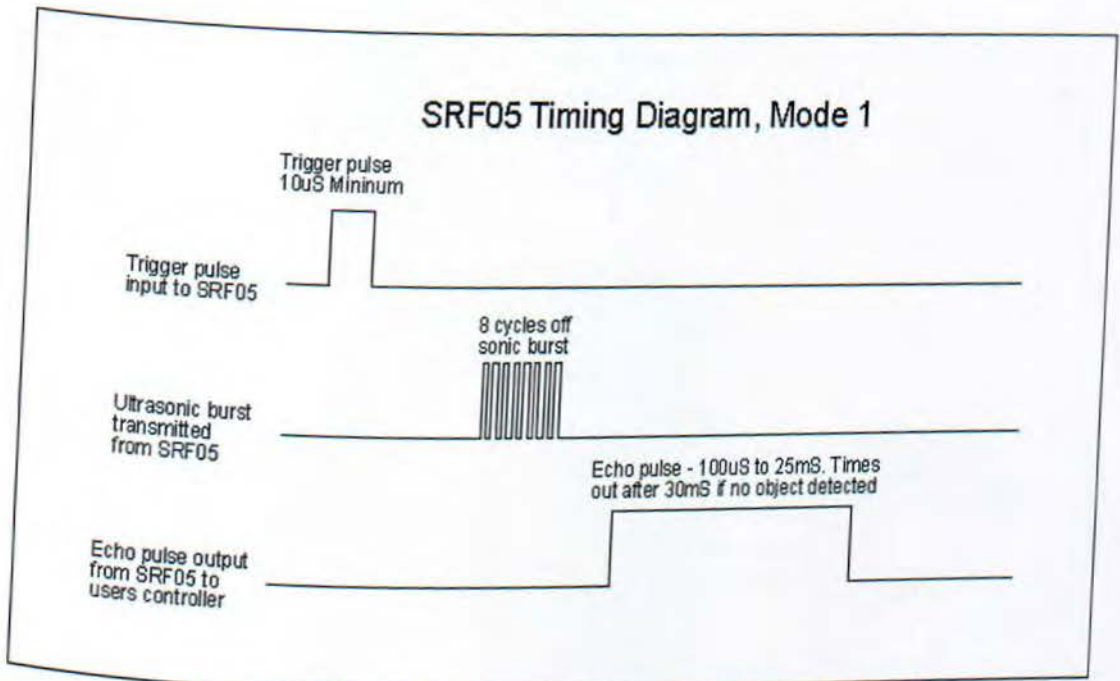
2.2.1 MODE 1 SRF04 ΞΕΧΩΡΙΣΤΑ TRIGGER ΚΑΙ ECHO

Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιεί ξεχωριστούς ακροδέκτες για το trigger και για το echo, και είναι ο απλούστερος τρόπος για να χρησιμοποιηθεί το SRF05. Όλα τα παραδείγματα κώδικα για το SRF04 θα δουλεύουν και για το SRF05 σε αυτή την κατάσταση (εικόνα 47). Για να πραγματοποιηθεί αυτή η λειτουργία, απλά αφήνουμε τον ακροδέκτη mode μη συνδεδεμένο. Το SRF05 διαθέτει μια εσωτερική pull up αντίσταση σε αυτόν τον ακροδέκτη (εικόνα 49).

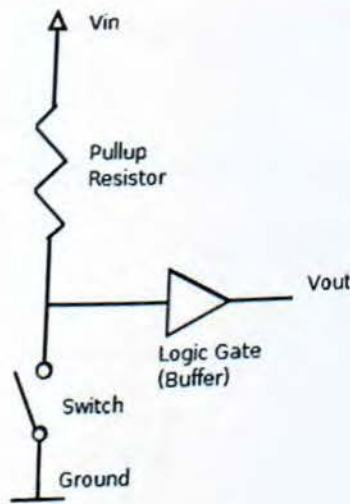


Connections for 2-pin Trigger/Echo Mode (SRF04 compatible)

Εικόνα 47: Ακροδέκτες στο Mode 1



Εικόνα 48: Διάγραμμα Mode 1



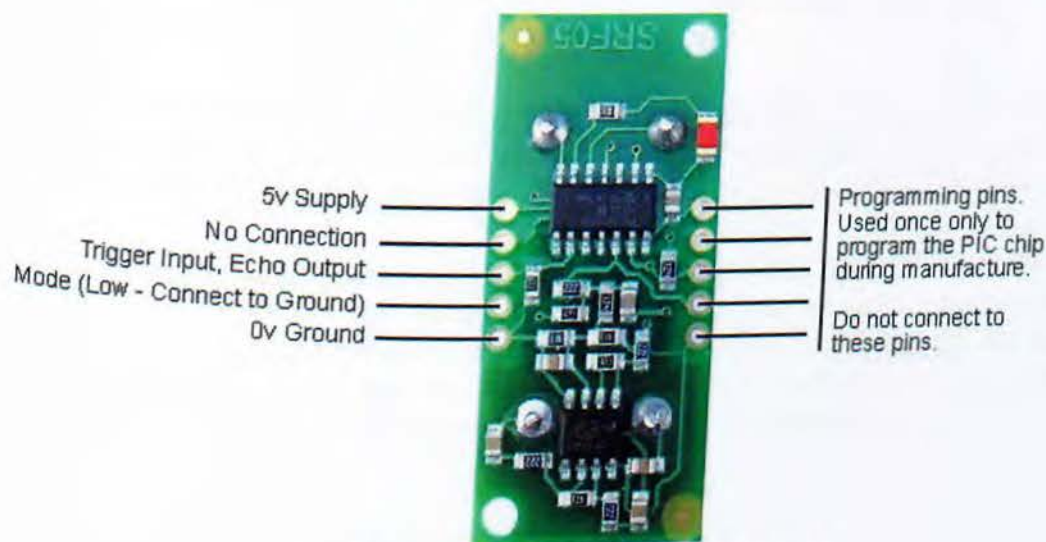
Εικόνα 49: Pullup resistor

Όταν ο διακόπτης στην παραπάνω εικόνα είναι ανοιχτός η τάση εισόδου στην πύλη είναι ίση με την τάση V_{in} . Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, η τάση εισόδου στην πύλη πηγαίνει προς τη γη

2.2.2 MODE 2 TRIGGER KAI ECHO ΣΕ ΕΝΑ

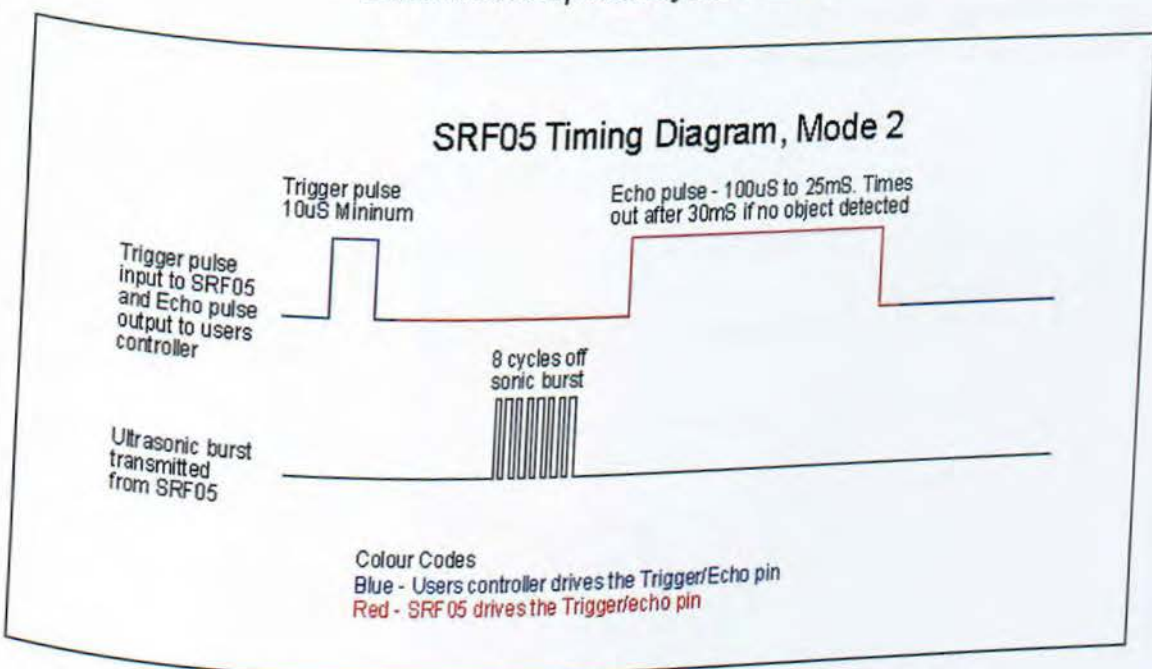
Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιεί έναν ακροδέκτη τόσο για το Trigger όσο και για το Echo, και έχει σχεδιαστεί για να προσφέρει πολύτιμους ακροδέκτες στους μικροελεγκτές (εικόνα 50). Για να χρησιμοποιήσουμε αυτή τη λειτουργία, συνδέουμε τον ακροδέκτη mode στον ακροδέκτη γείωσης 0V. Το σήμα του echo θα εμφανιστεί στον ίδιο ακροδέκτη με το σήμα trigger. Το SRF05 δεν θα ενεργοποιήσει το echo

μέχρι να περάσουν 700uS μετά το τέλος του σήματος trigger. Το SRF05 μας παρέχει αρκετό χρόνο ώστε να γυρίσουμε τον ακροδέκτη ενεργοποίησης από την λειτουργία trigger στην λειτουργία echo και να είναι έτοιμο για την καταγραφή αποστάσεων. Έχει διαπιστωθεί ότι η εντολή PULSIN σε πολλούς ελεγκτές εκτελείται αυτόματα.



Connections for single pin Trigger/Echo Mode

Εικόνα 50: Ακροδέκτες στο Mode 2



Εικόνα 51: Διάγραμμα Mode 2

2.2.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ

Τα διαγράμματα χρονισμού του SRF05 φαίνονται παραπάνω για κάθε λειτουργία του. Το μόνο που χρειάζεται είναι να παρέχουμε έναν σύντομο παλμό 10uS στον ακροδέκτη trigger για να ξεκινήσει η διαδικασία. Το SRF05 θα στείλει ένα παλμό 8 κύκλων με συχνότητα 40kHz και θα δώσει λογικό 1 στον ακροδέκτη του echo (ή

στον ακροδέκτη trigger στο mode 2). Στην συνέχεια περιμένει για την επιστροφή του echo, και μόλις την εντοπίσει στέλνει λογικό 0 στον ακροδέκτη του echo. Το πλάτος του επιστρεφόμενου παλμού είναι ανάλογο με την απόσταση από το αντικείμενο. Με το να μετράμε τον χρόνο διάρκειας του παλμού αυτού είναι δυνατό να υπολογιστεί η απόσταση σε ίντσες / εκατοστά ή οτιδήποτε άλλο. Εάν δεν εντοπιστεί, αντικείμενο τότε το SRF05 θέτει λογικό 0 στον ακροδέκτη του echo ούτως ή άλλως μετά από περίπου 30ms.

Το SRF04 παρέχει παλμό echo ανάλογο με την απόσταση. Αν το πλάτος του παλμού μετριέται σε μS , τότε διαιρώντας με 58 θα μας δώσει την απόσταση σε cm, και από τη διαίρεση με το 148 θα δώσει την απόσταση σε ίντσες. $\mu\text{S}/58 = \text{cm}$ ή $\mu\text{S}/148 = \text{ίντσες}$.

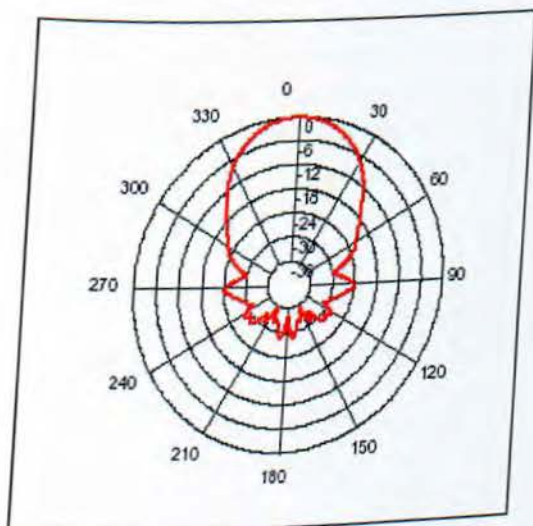
Το SRF05 μπορεί να ενεργοποιηθεί τόσο γρήγορα όπως κάθε 50ms, ή 20 φορές κάθε δευτερόλεπτο. Θα πρέπει να περιμένουμε 50ms πριν από την επόμενη ενεργοποίηση, ακόμα και αν το SRF05 εντοπίσει ένα κοντινό αντικείμενο και ο παλμός του echo είναι μικρότερος. Αυτό γίνεται για να διασφαλισθεί ότι ο υπερηχητικός παλμός έχει ξεθωριάσει και δεν θα προκαλέσει μια ψευδή echo στην επόμενη κυμάτωση.

2.2.4 Η ΑΛΛΗ ΣΕΙΡΑ ΑΠΟ ΤΟΥΣ 5 ΑΚΡΟΔΕΚΤΕΣ

Οι 5 ακροδέκτες με την ένδειξη " ακροδέκτες προγραμματισμού" χρησιμοποιούνται μόνο μία φορά κατά τη διάρκεια της κατασκευής για να προγραμματιστεί η μνήμη Flash για το PIC16F630 τσιπ. Οι ακίδες του προγραμματισμού PIC16F630 χρησιμοποιούνται επίσης για άλλες λειτουργίες του SRF05, οπότε φροντίζουμε να μην συνδέσουμε τίποτα σε αυτές τις ακίδες, αλλιώς θα διακοπεί η λειτουργία των μονάδων.

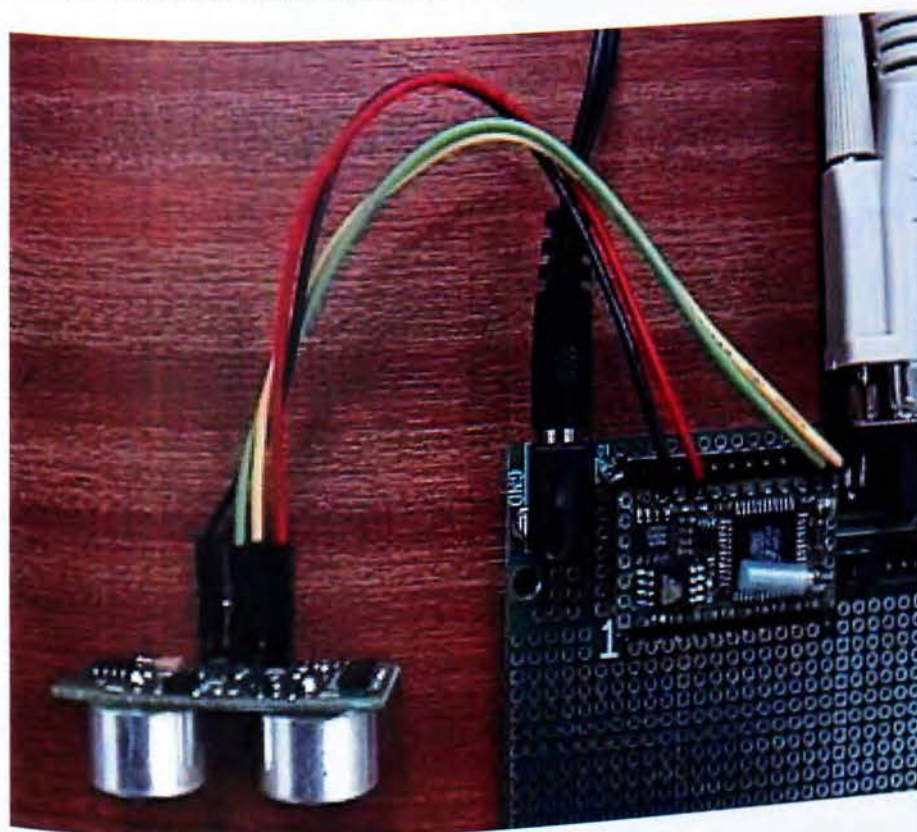
2.2.5 ΑΛΛΑΓΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΚΑΙ ΠΛΑΤΟΣ ΔΕΣΜΗΣ

ΠΡΟΣΟΧΗ ΔΕΝ ΜΠΟΡΟΥΜΕ! Ένα ερώτημα που ανακύπτει συχνά, είναι ότι δεν υπάρχει εύκολος τρόπος για να μειωθεί ή να αλλάξει το πλάτος της δέσμης. Η δέσμη φωτός του SRF05 είναι πάντα σταθερή και το διάγραμμα της φαίνεται παρακάτω (εικόνα 52).



Εικόνα 52: Διάγραμμα δέσμης SRF05

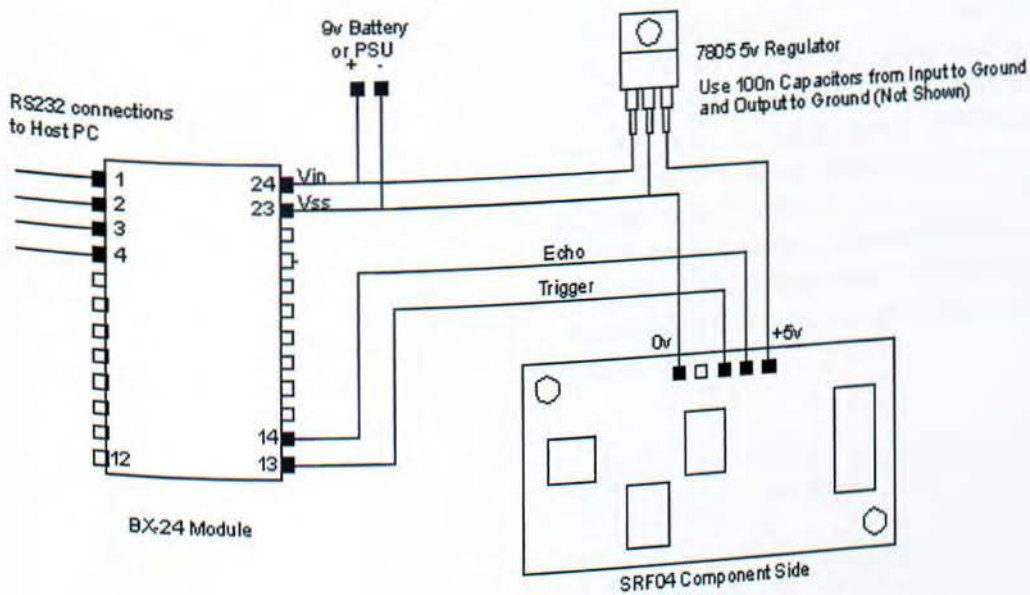
2.2.6 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ SRF05 ΜΕ BX-24



Εικόνα 53: Σύνδεση SRF05 με το BX-24

Το SRF05 ελέγχεται από ένα παλμό ενεργοποίησης από τον ελεγκτή BX-24 διάρκειας περίπου 10 μ S. Μετά την παραλαβή του παλμού ενεργοποίησης, το SRF05 θα αυξήσει τον παλμό echo και θα περιμένει για την ηχώ να επιστρέψει. Μόλις η echo ανιχνευτεί από το SRF05, θα μειώσει τον παλμό της echo του και πάλι. Ο ελεγκτής BX-24 θα μετρήσει το πλάτος του παλμού echo και χρησιμοποιούν αυτή την μέτρηση για τον υπολογισμό της απόστασης.

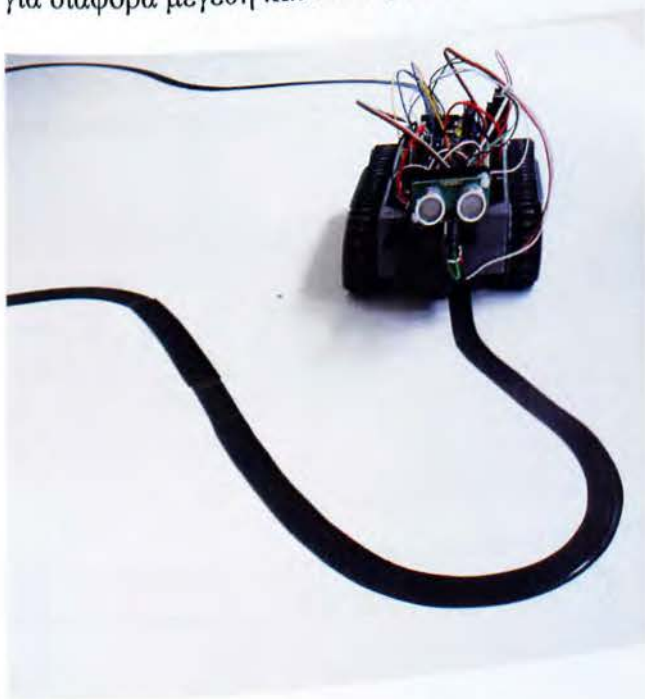
Παρά το γεγονός ότι έχουμε το SRF05 να τροφοδοτείται από το BX-24 στην παραπάνω εικόνα (εικόνα 53), ο εσωτερικός σταθεροποιητής των 5v του BX-24 δεν είναι κατάλληλος για την τροφοδότηση εξωτερικών κυκλωμάτων. Θα μπορούσε να τροφοδοτήσει το SRF05 αλλά μόνο αυτό και τίποτα άλλο είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσουμε έναν ξεχωριστό σταθεροποιητή των 5v, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (εικόνα 54).



Εικόνα 54: Κύκλωμα συνδεσμολογίας SRF05 SONAR με BX-24

2.3 LINE FOLLOWER ME QTI

Ο QTI αισθητήρας (sensor) είναι ένας πομπός και δέκτης υπέρυθρης ακτινοβολίας προσαρμοσμένος σε ένα μικρό PCB. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αναλογικός αισθητήρας για να εντοπίζει τα διάφορα επίπεδα υπέρυθρης ακτινοβολίας. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μια ψηφιακή συσκευή η οποία επιστρέφει την τιμή 1 όταν ανιχνεύει μια μαύρη γραμμή και την τιμή 0 όταν ανιχνεύει λευκό φόντο. Στο δικό μας ρομπότ έχουμε χρησιμοποιήσει τρεις QTI αισθητήρες (sensors) οι οποίοι μας προσδίδουν ένα αποτελεσματικό και ευκολοκίνητο ρομπότ το οποίο ακολουθεί μια μαύρη γραμμή (εικόνα 55) Τέλος οι QTI αισθητήρες (sensors) μπορούν προσαρμοστούν για διάφορα μεγέθη και τύπους γραμμών. Βλέπε [23].

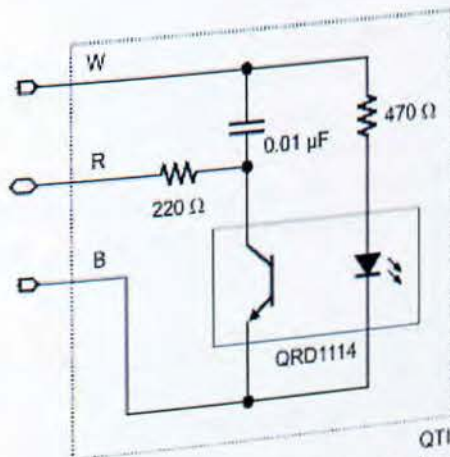


Εικόνα 55: Line Follower

Η διάταξη του QTI αισθητήρα (sensor) είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να εντοπίζει την υπέρυθη ακτινοβολία σε κοντινές αποστάσεις. Πιο συγκεκριμένα βλέποντας την (εικόνα 56) εντοπίζουμε το κυρίως μέρος του QTI αισθητήρα (sensor) κάτω από τον πυκνωτή και ανάμεσα στις δύο αντιστάσεις το οποίο το ονομάζουμε QRD1114 (εικόνα 57). Το QRD1114 αποτελείται από μία δίοδο η οποία εκπέμπει υπέρυθη ακτινοβολία και ένα τρανζίστορ το οποίο λαμβάνει την υπέρυθη ακτινοβολία. Όταν η υπέρυθη ακτινοβολία εκπέμπεται από την δίοδο και ανακλάται στην επιφάνεια του αντικειμένου επιστρέφει και συλλέγεται από την βάση του τρανζίστορ προκαλώντας τη ροή ρεύματος. Γενικά όσο ποιά πολύ ακτινοβολία συλλέγεται στη βάση του τρανζίστορ τόσο μεγαλύτερη ροή ρεύματος έχουμε.

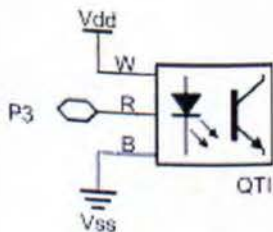


Εικόνα 56: QTI αισθητήρας



Εικόνα 57: Κύκλωμα QTI αισθητήρα

Όταν χρησιμοποιείται ως ένα αναλογικός αισθητήρα, ο Qti μπορεί να ανιχνεύσει αποχρώσεις του γκρι σε χαρτί και αποστάσεις σε μικρή ακτίνα όταν το φως στο δωμάτιο παραμένει σταθερό. Με το παρακάτω σχήμα, μπορεί να ρυθμιστεί το P3 στα 5V και στη συνέχεια, να το δοκιμάσουμε με την εντολή RCTIME για να μετρήσουμε πόσο χρόνο παίρνει στον πυκνωτή να εκφορτιστεί μέσω του IR τρανζίστορ. Το ρεύμα που παράγει το IR τρανζίστορ εξαρτάτε από την υπέρυθη ακτινοβολία που δέχεται. Η μέτρηση που θα πραγματοποιήσει το RCTIME μπορεί να μας δώσει μια ένδειξη της απόστασης ή αποχρώσεις του γκρι.



```
' AnalogQti.bs2
' {$STAMP BS2}
' {$PBASIC 2.5}

time VAR word

DO
HIGH 3
RCTIME 3, 1, time
DEBUG CLS, ? time
PAUSE 100
LOOP
```

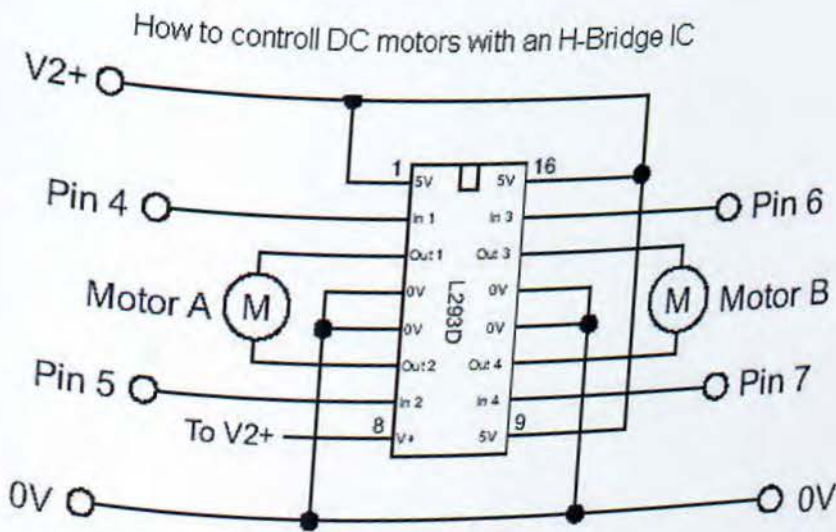
Στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει να γνωρίζουμε μόνο το αν η γραμμή είναι άσπρη ή μαύρη ο QTI μπορεί να λειτουργήσει σαν ψηφιακός αισθητήρας.

Όταν ο ακροδέκτης W του QTI συνδεθεί στο Vdd και ο ακροδέκτης B συνδεθεί με το Vss και, όταν το τρανζίστορ εντοπίσει υπέρυθρη ακτινοβολία από το IR LED, η τάση στον ακροδέκτη R πέφτει κάτω από 1,4 V. Στην περίπτωση που το κυρίως μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολία που εκπέμπει το IR LED απορροφείται από μια μαύρη επιφάνεια η τάση στον ακροδέκτη R ανεβαίνει πάνω από τα 1,4 V. Δεδομένου ότι το BASIC Stamp ερμηνεύει οποιαδήποτε τάση πάνω από 1,4 V ως λογικό 1 και οποιαδήποτε τάση κάτω από 1,4 V ως λογικό 0, το κύκλωμα αυτό μας δίνει έναν γρήγορο και εύκολο τρόπο για να εντοπίσουμε μια μαύρη γραμμή σε λευκό φόντο.

2.4 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (DC)

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος είναι κινητήρες με ηλεκτρικούς πόλους οι οποίοι αποτελούνται από μόνιμο μαγνήτη και παράγουν συνεχές ρεύμα (DC) και από το δρομέα ο οποίος αποτελείται από τυλίγματα χάλκινου σύρματος. Οι άκρες του τυλίγματος του δρομέα καταλήγουν στα άκρα του συλλέκτη πάνω στον οποίο εφάπτονται οι ψήκτρες ώστε να οδηγηθεί το ηλεκτρικό ρεύμα στο τύλιγμα και να δημιουργήσει την ανάλογη περιστροφική κίνηση μέσα από ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.

Για να ελέγξουμε τους δύο κινητήρες DC του οχήματός μας θα χρειαστούμε μια γέφυρα ενίσχυσης σήματος. Η συνδεσμολογία του BX-24 με την γέφυρά μας (L293D) φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (εικόνα 58). Επίσης στους ακροδέκτες 4, 5, 6, 7 συνδέουμε τους αντίστοιχους ακροδέκτες του BX-24.



Both inputs low - motor halt
 First output high, second output low - motor forward
 First output low, second output high - motor reverse
 Both inputs high - motor halt

Εικόνα 58: Συνδεσμολογία DC κινητήρα με τη γέφυρα L293D

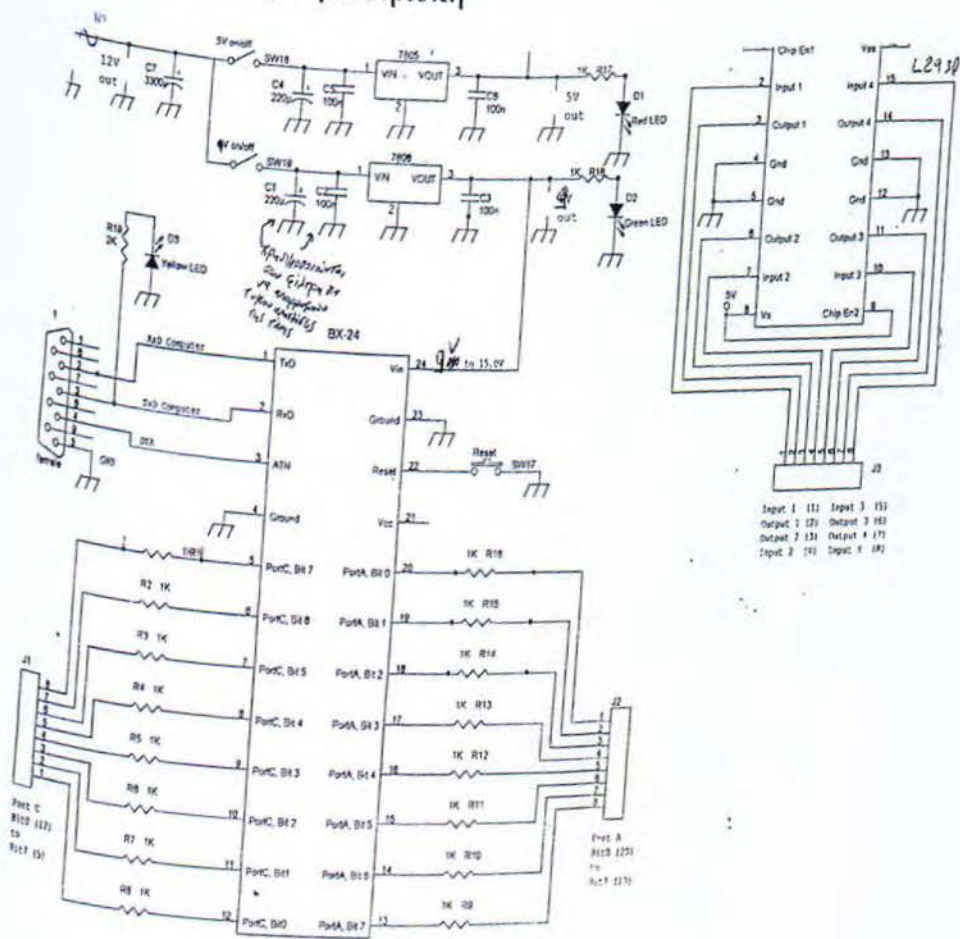
2.5 ΣΕΡΒΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

Οι σερβοκινητήρες είναι οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται στα Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου, χωρίς φυσικά να είναι ίδιοι με τους κοινούς κινητήρες παρόλο που μοιάζουν κατασκευαστικά. Οι σερβοκινητήρες διαφέρουν από τους άλλους κινητήρες στο ότι ενσωματώνουν σύστημα ανάδρασης το οποίο χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ένα σερβομηχανισμό οδήγησης με σκοπό να ελεγχθεί είτε η ροπή είτε η ταχύτητα. Ο σερβομηχανισμός οδήγησης συνίσταται στο σερβοενισχυτή (servodrive) που αποτελεί ένα ξεχωριστό στοιχείο του σερβοσυστήματος.

2.6 ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΛΑΚΕΤΑΣ

Στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 59) φαίνεται το κύκλωμα του οχήματός μας. Για την υλοποίησή του χρειαστήκαμε τα παρακάτω στοιχεία:

- 3 πυκνωτές των 3300μf, 4 των 100nF και 2 των 220μf.
- 18 αντιστάσεις των 1 KΩ και 1 των 2KΩ
- 2 διακόπτες on/off
- 1 Led κόκκινο, 1 πράσινο και ένα κίτρινο
- 1 σταθεροποιητή 7805 και έναν 7809
- 1 ολοκληρωμένο τσίπ L293d
- 1 σειριακή θύρα θηλυκή



Εικόνα 59: Κύκλωμα πλακέτας BX-24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΩΔΙΚΑΣ

Option Explicit

```
Public Sub Main()  
dim apostash as integer  
dim apostasharistera as integer  
dim apostashdexia as integer  
  
call servokedro  
  
do  
    call servokedro  
  
    call linefollower  
    call tipota  
    call delay(1.0)  
  
    call servoaristera  
    call delay(0.05)  
    call pulseout (17,20,1)  
    apostash=pulsein(18,1)\58  
    debug.print"range=";cstr(apostash);"cm"  
    apostasharistera=apostash  
  
    call tipota  
    call servokedro  
    call delay(1.0)  
  
    call servodeksiat  
    call servodeksiat  
    call delay(0.05)  
    call pulseout (17,20,1)  
    apostash=pulsein(18,1)\58  
    debug.print"range=";cstr(apostash);"cm"  
    apostashdexia=apostash  
  
    call tipota  
    call servokedro  
    call delay(1.0)  
  
if apostasharistera>=apostashdexia then  
    call prosperasharistera  
else  
    call prosperasharistera  
end if  
  
call tipota  
call servokedro  
call delay(1.0)
```

Στην κύρια ρουτίνα εκτελούνται όλες οι εντολές του προγράμματος μας για την λειτουργία του οχήματος μας.

Στις τρεις αυτές σειρές έχουμε στην δήλωση των μεταβλητών τις οποίες θα χρησιμοποιήσουμε παρακάτω.

Το κύριο κομμάτι της ρουτίνας αυτής είναι μια εντολή επανάληψης η (do) όπου μέσα σε αυτή εκτελούνται όλες οι άλλες υπορουτίνες .

Μέσα στην (do)καλείται και η υπορουτίνα linefollower η οποία δίνει εντολές στο όχημα μας να κινείται βάση της μαύρης γραμμής.

Ακολουθούν μια σειρά από εντολές που σκοπός τους είναι να μας δώσουν την ελεύθερη απόσταση που έχει το όχημα μας από το αριστερά του και στην συνέχεια από τα δεξιά του.

Αφού τελειώσει ο παραπάνω έλεγχος γίνεται σύγκριση την ελεύθερης απόστασης από τα αριστερά με αυτήν από τα δεξιά. Και όταν διαπιστωθεί ποία είναι μεγαλύτερη τότε δίνονται και οι κατάλληλες εντολές στο όχημα μας να κάνει από την αντίστοιχη μεριά την προσπέραση μέσω των υπορουτίνων prosperasharistera και prosperasharistera.

Τέλος όταν ολοκληρωθούν όλες αυτές οι ενέργειες επαναλαμβάνονται και πάλι από την αρχή χάρης στον ατέρμονα βρόγχο της εντολής (do).

loop
End Sub

```
public sub aristera()  
  call putpin(5,1)  
  call putpin(6,0)  
  call putpin(7,0)  
  call putpin(8,1)  
end sub
```

```
public sub dexia()  
  call putpin(5,0)  
  call putpin(6,1)  
  call putpin(7,1)  
  call putpin(8,0)  
end sub
```

```
public sub tipota()  
  call putpin(5,0)  
  call putpin(6,0)  
  call putpin(7,0)  
  call putpin(8,0)  
end sub
```

```
public sub brosta()  
  call putpin(5,1)  
  call putpin(6,0)  
  call putpin(7,1)  
  call putpin(8,0)  
end sub
```

```
public sub piso()  
  call putpin(5,0)  
  call putpin(6,1)  
  call putpin(7,0)  
  call putpin(8,1)  
end sub
```

```
public sub servodeksiati()  
  dim i as integer  
  for i=0 to 4  
    call pulseout (16,0.5E-3,1)  
    call delay(0.05)  
  next  
end sub
```

Στις πέντε αυτές υπορουτίνες θέτουμε λογικό '1' ή λογικό '0' στα κατάλληλα πινάκια του Bx24 ώστε το όχημα μας να εκτελέσει την αντίστοιχη κίνηση την οποία θέλουμε κάθε φορά.

Με την υπορουτίνα αυτή δίνουμε τις κατάλληλες εντολές στον Bx24 ώστε να περιστρέψει τον σερβοκινητήρα κατά 45° προς τα δεξιά. Ο αριθμός των επαναλήψεων και ο χρόνος της εντολής pulseout έχουν βρεθεί πειραματικά.


```

public sub dexiat()
dim q as integer
for q=0 to 4300
  call dexia
next
call tipota
End Sub

```

```

public sub aristerat()
dim q as integer
for q=0 to 4300
  call aristera
next
call tipota
End Sub

```

```

public sub servodeksia()
dim i as integer
for i=0 to 5
  call pulseout (16,0.5E-3,1)
  call delay(0.05)
next
end sub

```

```

public sub servokedro()
dim i as integer
for i=0 to 7
  call pulseout (16,1.5E-3,1)
  call delay(0.05)
next
end sub

```

```

public sub servoaristera()
dim i as integer
for i=0 to 7
  call pulseout (16,2.5E-3,1)
  call delay(0.05)
next
end sub

```

```

public sub servoaristerat()
dim i as integer
for i=0 to 4
  call pulseout (16,2.5E-3,1)
  call delay(0.05)
next
end sub

```

```

public sub prosperashdeksia()

```

Με την υπορουτίνα αυτή δίνουμε τις κατάλληλες εντολές στον Bx24 ώστε να κάνει μια περιστροφή 90° προς τα δεξιά. Ο αριθμός των επαναλήψεων έχει βρεθεί πειραματικά.

Με την υπορουτίνα αυτή δίνουμε τις κατάλληλες εντολές στον Bx24 ώστε να κάνει μια περιστροφή 90° προς τα αριστερά. Ο αριθμός των επαναλήψεων έχει βρεθεί πειραματικά.

Με την υπορουτίνα αυτή δίνουμε τις κατάλληλες εντολές στον Bx24 ώστε να περιστρέψει τον σερβοκινητήρα κατά 90° προς τα δεξιά. Ο αριθμός των επαναλήψεων και ο χρόνος της εντολής pulseout έχουν βρεθεί πειραματικά.

Με την υπορουτίνα αυτή δίνουμε τις κατάλληλες εντολές στον Bx24 ώστε να περιστρέψει τον σερβοκινητήρα στον κεντρικό άξονα. Ο αριθμός των επαναλήψεων και ο χρόνος της εντολής pulseout έχουν βρεθεί πειραματικά.

Με την υπορουτίνα αυτή δίνουμε τις κατάλληλες εντολές στον Bx24 ώστε να περιστρέψει τον σερβοκινητήρα κατά 90° προς τα αριστερά. Ο αριθμός των επαναλήψεων και ο χρόνος της εντολής pulseout έχουν βρεθεί πειραματικά.

Με την υπορουτίνα αυτή δίνουμε τις κατάλληλες εντολές στον Bx24 ώστε να περιστρέψει τον σερβοκινητήρα κατά 45° προς τα αριστερά. Ο αριθμός των επαναλήψεων και ο χρόνος της εντολής pulseout έχουν βρεθεί πειραματικά.

```

dim apostash as integer

call tipota
call delay(1.0)
call dexiat
call servoaristerat

do
  call delay(0.1)
  call pulseout (17,20,1)
  apostash=pulsein(18,1)\58
  debug.print"range=";cstr(apostash);"cm"

  if (apostash=10) and (apostash<12) then
    if (getpin(14)=1) then
      exit do
    end if
    call delay(0.05)
    call brosta
    call servoaristera
  elseif (apostash<9)then
    if (getpin(14)=1) then
      exit do
    end if
    call dexia
    call delay(0.05)
  elseif apostash>12 then
    if (getpin(14)=1) then
      exit do
    end if
    call aristera
    call delay(0.05)
  else
    if (getpin(14)=1) then
      exit do
    end if
    call brosta
    call delay(0.5)
  end if

  if getpin(15)=1 then
    exit do
  end if

loop

call delay(0.5)
call brosta
call tipota
call brosta

```

πειραματικά.

Με την υπορουτίνα prosperashdeksia έχουμε ως στόχο να δώσουμε στο όχημα μας να προσπεράσει το εμπόδιο το οποίο βρίσκετε στην πορεία του, από τα δεξιά. Παράλληλα με αυτό γίνεται και ένας έλεγχος ώστε μετά την προσπέραση του εμποδίου το όχημα μας να ξαναμπει στην πορεία του.

Το παραπάνω το πετυχαίνουμε μέσω ενός βρόγχου επανάληψης (do). Στο οποίο το όχημα μέσω του αισθητηρίου υπερήχων προσπαθεί να κρατάει μια συγκεκριμένη απόσταση από το εμπόδιο κάνοντας τις κατάλληλες διορθωτικές κινήσεις. Παράλληλα με την παραπάνω διαδικασία τρέχει και μια δεύτερη μέσω της οποίας το όχημα ελέγχει και τα υπέρυθρα αισθητήρια του για τον εντοπισμό της μαύρης γραμμής που είναι η τροχιά του. Ο βρόγχος αυτός εκτελείτε συνεχώς έως ότου γίνει ο εντοπισμός της μαύρης γραμμής και έχουμε την έξοδο από αυτόν.


```

call tipota

do
  call delay(0.5)
  call dexia
  loop until (getpin(14)=1)
end sub

public sub prosperasharistera()
  dim apostash as integer

  call tipota
  call delay(1.0)
  call aristerat
  call servodeksiat

do
  call delay(0.1)
  call pulseout (17,20,1)
  apostash=pulsein(18,1)\58
  debug.print"range=";cstr(apostash);"cm"

  if (apostash=10) and (apostash<12) then
    if (getpin(14)=1)then
      exit do
    end if
    call brosta
    call delay(0.05)
    call servodeksia
  elseif (apostash<9)then
    if (getpin(14)=1) then
      exit do
    end if
    call delay(0.05)
    call aristera
    call servodeksia
  elseif apostash>12 then
    if (getpin(14)=1) then
      exit do
    end if
    call delay(0.05)
    call dexia
  else
    if (getpin(14)=1)then
      exit do
    end if
    call delay(0.05)
    call brosta
  end if
end sub

```

Μετά την έξοδο από τον προηγούμενο βρόγχο το όχημα μας κινείται για λίγο ακόμα ευθεία και μετά στρίβει προς τα δεξιά μέχρι να ξαναβρεί την γραμμή. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι για να έχει το όχημα μια ποιο ομαλή είσοδο στην πορεία του.

Με την υπορουτίνα prosperasharistera έχουμε ως στόχο να δώσουμε στο όχημα μας να προσπεράσει το εμπόδιο το οποίο βρίσκεται στην πορεία του, από τα αριστερά. Παράλληλα με αυτό γίνεται και ένας έλεγχος ώστε μετά την προσπέραση του εμποδίου το όχημα μας να ξαναμπει στην πορεία του.

Το παραπάνω το πετυχαίνουμε μέσω ενός βρόγχου επανάληψης (do). Στο οποίο το όχημα μέσω του αισθητηρίου υπερήχων προσπαθεί να κρατάει μια συγκεκριμένη απόσταση από το εμπόδιο κάνοντας τις κατάλληλες διορθωτικές κινήσεις. Παράλληλα με την παραπάνω διαδικασία τρέχει και μια δεύτερη μέσω της οποίας το όχημα ελέγχει και τα υπέρυθρα αισθητήρια του για τον εντοπισμό της μαύρης γραμμής που είναι η τροχιά του. Ο βρόγχος αυτός εκτελείτε συνεχώς έως ότου γίνει ο εντοπισμός της μαύρης γραμμής και έχουμε την έξοδο από αυτόν.

```

if getpin(15)=1 then
  exit do
end if
loop until(getpin(15)=1)

call delay(0.5)
call brosta
call tipota
call brosta
call tipota

do
  call delay(0.5)
  call aristera
  loop until (getpin(14)=1)
end sub

Public sub linefollower()
dim apostash as integer
do
  call delay(0.05)
  call pulseout (17,20,1)
  apostash=pulsein(18,1)\58
  debug.print"range=";cstr(apostash);"cm"

  if (getpin(13)=1) and (getpin(14)=0) and
(getpin(15)=0) or (getpin(13)=1) and
(getpin(14)=1) then
    call dexia
  elseif (getpin(13)=0) and (getpin(14)=1)
and (getpin(15)=0) then
    call brosta
  elseif (getpin(13)=0) and (getpin(14)=0)
and (getpin(15)=1) or (getpin(14)=1) and
(getpin(15)=1) then
    call aristera
  elseif (getpin(13)=1) and (getpin(14)=1)
and (getpin(15)=1) then
    call piso
  else
    call dexia
    call tipota
  end if
  loop until (apostash=5)
exit sub
end sub

```

Μετά την έξοδο από τον προηγούμενο βρόγχο το όχημα μας κινείται για λίγο ακόμα ευθεία και μετά στρίβει προς τα αριστερά μέχρι να ξαναβρεί την γραμμή. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι για να έχει το όχημα μια πιο ομαλή είσοδο στην πορεία του.

Η υπορουτίνα linefollower είναι η κύρια υπορουτίνα του προγράμματος μας. Οι ενέργειες που εκτελούνται μέσω αυτής είναι ο έλεγχος του αισθητήρα υπερήχων για τον εντοπισμό εμποδίων και των υπέρυθρων για τον έλεγχο της μαύρης γραμμής και για τον σωστό τρόπο ακολούθησης της. Όλα αυτά γίνονται χάρης σε έναν ατέρμονα βρόγχο, ο οποίος τερματίζει όταν εντοπιστεί εμπόδιο σε μια συγκεκριμένη απόσταση. Μέσα σε αυτόν τον βρόγχο γίνονται και οι διορθωτικές κινήσεις στην κίνηση του οχήματος. Ανάλογα με ποια από τα τρία αισθητήρια υπέρυθρων εντοπίζουν την μαύρη γίνεται και η αντίστοιχη επιλογή κατεύθυνσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΠΙΠΛΕΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

ΕΠΙΠΛΕΩΝ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

Στην εποχή που ζούμε η ρομποτική είναι ένας κλάδος της τεχνολογίας που συνεχώς αναβαθμίζεται και εξελίσσεται. Μερικοί λόγοι της εξέλιξης της ρομποτικής είναι η γενική πρόοδος της τεχνολογίας και ότι όλο και περισσότεροι άνθρωποι έχουν πρόσβαση ή βρίσκονται στον χώρο της ρομποτικής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο καθένας από αυτούς να έχει να δώσει στην ρομποτική μία δικιά του ιδέα ή εφαρμογή. Έτσι καθημερινός γεννιούνται νέες εφαρμογές για τη σύγχρονη ρομποτική. Όλοι ο παραπάνω λόγοι δίνουν και στο δικό μας ρομπότ αρκετά περιθώρια βελτίωσης και μερικά από αυτά παραθέτονται παρακάτω.

4.1 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

Μια πρώτη και πολύ ουσιαστική βελτίωση που θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί στο ρομπότ μας είναι η προσθήκη ηλιακού συλλέκτη. Η προσθήκη αυτή θα δώσει περαιτέρω αυτονομία στο ρομπότ. Πιο συγκεκριμένα προσθέτοντας τους ηλιακούς συλλέκτες πέραν του ότι το όχημά μας θα λειτουργεί χωρίς να χρειάζεται φόρτιση των μπαταριών του θα έχουμε ταυτόχρονα και άλλα οφέλη. Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων, λόγω του ότι όσο αραιά θα γίνεται η φόρτιση των μπαταριών τόσο αυξάνεται και η διάρκεια ζωής τους. Επίσης με την προσθήκη αυτή έχουμε και οικολογικά οφέλη.

4.2 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΚΑΜΕΡΑΣ

Μια ακόμη προσθήκη που θα μπορούσε να γίνει είναι η προσθήκη κάμερας. Αυτή η προσθήκη είναι χρήσιμη γιατί θα δίνει στο χρήστη την εικόνα του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται το ρομπότ. Αυτό θα έχει άμεση εφαρμογή σε μέρη στα οποία είναι απαγορευμένη η πρόσβαση του ανθρώπου πχ. αποθήκη πυρηνικών αποβλήτων.

4.3 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΑΡΠΑΓΗΣ

Η προσθήκη αυτή θα είχε μεγάλη χρησιμότητα και εφαρμογή σε αποθήκες και εργοστάσια. Το ρομπότ κινούμενο στην τροχιά που του έχουμε χαράξει εμείς θα μπορεί με την προσθήκη της αρπάγης να μπορεί να μετακινεί και να μεταφέρει αντικείμενα.

4.4 ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΗΧΕΙΟΥ ΚΑΙ ΜΝΗΜΗΣ FLASH

Η τελευταία αλλά εξίσου χρήσιμη βελτίωση που θα μπορούσε να γίνει στο ρομπότ είναι η προσθήκη ενός ηχείου και μίας μνήμης Flash στην οποία μπορούμε να αποθηκεύουμε ηχητικά αρχεία. Έχοντας τα δύο παραπάνω το ρομπότ μας θα μπορούσε να γίνει ένας άριστος ξεναγός σε μουσεία και σε εκθεσιακούς χώρους. Έχοντας τους χώρους αυτούς το ρομπότ το οποίο θα είναι κατάλληλα προγραμματισμένο μπορεί να περνάει μπροστά από τα εκθέματα και αν δίνει πληροφορίες, οι οποίες αποθηκευμένες στη μνήμη Flash, για τα εκθέματα μέσω του ηχείου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Μαθήματα ιστορίας της τεχνολογίας και των αυτομάτων
Δημήτριος Καλλιγερόπουλος
2. Αριθμητικός έλεγχος με υπολογιστή
Στ. Καραγιάννης

ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

3. <http://www.explorecrete.com/mythology/GR-talos.html>
4. <http://www.mythologia.8m.com/robot.html>
5. http://el.wikipedia.org/wiki/Αρχύτας_ο_Ταραντίνος
6. http://el.wikipedia.org/wiki/Μηχανισμός_των_Αντικυθήρων
7. <http://www.leonardo3.net/leonardo/press/pdf/focus-grecia.pdf>
8. http://el.wikipedia.org/wiki/Λεονάρντο_ντα_Βίντσι
9. <http://www.tallos.gr/library.asp?id=2>
10. http://el.wikipedia.org/wiki/Νικόλα_Τέσλα
11. <http://en.wikipedia.org/wiki/Elektro>
12. <http://www.palo.gr/search/?kwd=%CE%A3%CE%95%CE%CE%9A%CE%99>
13. <http://spttechnologikaepitevgmata1.wikispaces.com/%CE%A1%CE%BF%CE%BC%CF%80%CF%8C%CF%84>
14. <http://spttechnologikaepitevgmata1.wikispaces.com/%CE%A1%CE%BF%CE%BC%CF%80%CF%8C%CF%84>
15. <http://www.in2life.gr/features/notes/articles/159323/article.aspx?mode=paging&m=61&pg=9>
16. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.141.6766>
17. http://en.wikipedia.org/wiki/Titan_the_Robot
18. http://www.toyota-global.com/innovation/partner_robot/
19. <http://techcrunch.com/2010/10/27/videos-super-realistic-female-humanoid-actroid-f/>

20. www.eef.gr/happenings/65_312_final.doc
21. <http://bionova.gr/bio/uploads/texts/rompotiki.pdf>
22. <http://www.stanford.edu/~learnest/cart.htm>
23. www.parallax.com
24. <http://www.basicx.com/>
25. <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf05tech.htm>
26. <http://remaliaclub.gr/forum/showthread.php?t=1230>