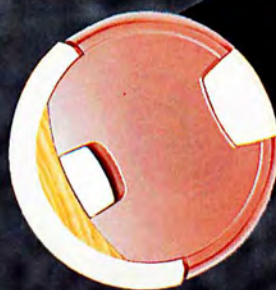




ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΥΓΡΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ
ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΣΗΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΦΟΙΤΗΤΕΣ : ΡΟΥΤΚΟΒΣΚΙ ΚΑΜΙΛ ΠΑΤΡΙΚ - Α.Μ. 37167

ΚΟΝΤΑΚΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ - Α.Μ. 37196

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2012

#1γ
526
A47

Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά όλους όσους μας βοήθησαν και μας στήριξαν τα χρόνια της φοίτησης μας στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, τους γονείς μας, τα αδέρφια μας, τους φίλους μας, τους καθηγητές μας και τους συμφοιτητές μας, καθώς και όσους συνετέλεσαν στη διαδικασία εισαγωγής μας στη σχολή.

Συγκεκριμένα, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή κ. Μιχάλη Παπουτσιδάκη για την εμπιστοσύνη και την συμπαράσταση που μας έδειξε κατά τη διεξαγωγή της πτυχιακής εργασίας, αλλά κυρίως για την υποδειγματική του παρουσία και διδασκαλία όλα αυτά τα χρόνια της φοίτησής μας στη σχολή. Θα θέλαμε επίσης να ευχαριστήσουμε τον κ. Μιχάλη Παπουτσιδάκη για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του, στην επίλυση διάφορων θεμάτων, καθώς και για την προσπάθεια του να μας μεταδίδει συνεχώς γνώσεις.

Περιεχόμενα

	Σελίδα
1. <u>Εισαγωγή - Ιστορική Αναδρομή</u>	4
1.1 Ορισμός Αυτοματισμού	4
1.2 Ιστορική Αναδρομή	5
1.3 Χρονολόγιο	6
1.4 Ο Αρχαίος Ελληνικός μύθος	7
1.5 Από την Αναγέννηση έως Σήμερα	12
1.6 Αυτοματισμοί στο Έξυπνο σπίτι	16
1.7 Εξέλιξη της σκούπας	18
2. <u>Η Κατασκευή</u>	22
2.1 Σενάριο Λειτουργίας	22
2.2 Βασικά εξαρτήματα	24
2.2.1 Αισθητήρες	24
2.2.2 Ενεργοποιητές	28
2.2.3 Γέφυρα-Η (H-bridge)	32
2.2.4 Arduino	34
2.3 Η κατασκευή του οχήματος	42
2.4 Κατασκευή βάσης επαναφόρτισης και πλήρωσης υγρών	54
2.5 Κόστος κατασκευής	63
2.6 Κώδικας	65
3. <u>Βελτιστοποιήσεις - Επεκτάσεις</u>	96
<u>Βιβλιογραφία</u>	99

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά τη δημιουργία οχήματος αυτοματοποιημένων λειτουργιών υγρού καθαρισμού και βάσης για επαναφόρτιση και πλήρωση υγρών. Στόχος της κατασκευής αυτής είναι η αποδέσμευσή μας από μία χρονοβόρα διαδικασία που είναι ο καθαρισμός του δαπέδου.

Η δομή της πτυχιακής εργασίας έχει ως εξής:

Αρχικά, αναλύεται η έννοια του αυτοματισμού και της ρομποτικής και γίνεται μια ιστορική αναδρομή στις έννοιες αυτές, όπου φαίνεται η ανάπτυξη του κλάδου από την αρχαιότητα έως σήμερα. Στη συνέχεια, περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας του οχήματος και της βάσης και γίνεται εκτενής αναφορά στα μέρη από τα οποία αποτελείται. Ειδικότερα, τα επιμέρους εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται σε φωτογραφίες, αναλύεται το κόστος και τα κριτήρια επιλογής τους και δίνονται εναλλακτικές λύσεις. Ακολουθεί ένα μέρος του κώδικα που χρησιμοποιήθηκε, αποτελούμενος από ρουτίνες οι οποίες περιγράφονται έτσι ώστε να γίνει όσο το δυνατόν πιο κατανοητή η λογική και ο τρόπος λειτουργίας της κατασκευής. Τέλος, παρουσιάζονται διάφορες βελτιστοποιήσεις και επεκτάσεις που μπορούν να αναπτυχθούν στο μέλλον έχοντας ως σκοπό την περαιτέρω διευκόλυνση του χρήστη.



1 Εισαγωγή - Ιστορική Αναδρομή

1.1 Ορισμός Αυτοματισμού

Αυτοματισμός είναι:

- η λειτουργία μίας μηχανής ή συνόλου μηχανών που συνδέονται μεταξύ τους, χάρη σε ένα εσωτερικό σύστημα σχέσεων και προγραμματισμού εντολών, χωρίς την επέμβαση του ανθρώπου, παρά μόνο για την εντολή εκκίνησης.
- ο περιορισμός του ανθρώπινου παράγοντα στην μαζική παραγωγή προϊόντων.
- (Ιατρική ετυμολογία) το σύνολο των κινήσεων που εκτελούνται από τον άνθρωπο χωρίς συνειδητή σκέψη (Βλέπε [1]).
- το πεδίο της επιστήμης και της τεχνολογίας που ασχολείται με την επιβολή επιθυμητής συμπεριφοράς στα φαινόμενα και με την κατανόηση των μηχανισμών μέσω των οποίων καθορίζεται η λειτουργία ενός φαινομένου (Βλέπε [W1]).
- η εύρεση ενός αλγορίθμου για την επίλυση ενός προβλήματος, ή η κατασκευή ενός αυτόνομου μηχανισμού που εκτελεί αυτόν τον αλγόριθμο για κάποια είσοδο χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση (Βλέπε [W2]).

Ο αυτοματισμός έχει έναν αυστηρά εφαρμοσμένο χαρακτήρα και στην πράξη αξιοποιεί ποικιλία εξειδικευμένων προϊόντων ηλεκτρονικής και τεχνολογίας πληροφοριών (π.χ. μικροελεγκτές, συστήματα πραγματικού χρόνου, τεχνολογίες CAx). Η σημασία του αυτοματισμού είναι μεγάλη στη βιομηχανία, όπου μειώνει σημαντικά την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση (π.χ. σε τηλεμετρίες, αυτόματο έλεγχο γραμμών παραγωγής κλπ).

Ειδικότερα, περιλαμβάνει:

- την εξέταση και κατανόηση των μηχανισμών μέσω των οποίων ένα φαινόμενο οδηγείται στο να έχει τη μια ή την άλλη συμπεριφορά. Αυτή η αντίληψη των αιτιών που καθορίζουν τις λειτουργίες ενός φαινομένου ονομάζεται και ανάλυση των συστημάτων.
- τον έλεγχο, δηλαδή την επιβολή στα φαινόμενα της επιθυμητής ή της συμφέρουσας συμπεριφοράς ή, ακόμη, την αποτροπή μιας επικίνδυνης ή ζημιογόνου εξέλιξης.

Οι δύο αυτές διαστάσεις είναι, αλληλένδετες και συμπληρωματικές. Η ικανότητα να ελέγξουμε ένα φαινόμενο στηρίζεται, στην προηγούμενη κατανόηση των επιμέρους γεγονότων και συνθηκών που το προκαλούν.

Όπως και τα άλλα πεδία της σύγχρονης τεχνολογίας, ο Αυτοματισμός ενσωματώνει όλες τις σχετικές δραστηριότητες και αποτελέσματα, δηλαδή:

- τις μεθόδους και τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση και τον έλεγχο των συστημάτων με μαθηματικές ή άλλες μεθόδους, καθώς και τις γενικότερες θεωρητικές προσεγγίσεις από τις οποίες προέρχονται και στις οποίες στηρίζονται αυτές οι μέθοδοι.
- όλα τα βήματα της διαδικασίας ανάπτυξης των αυτόματων συστημάτων: την αρχική θέωρηση και σύλληψη, τη σχεδίαση, την κατασκευή, την εγκατάσταση, τη δοκιμαστική λειτουργία και την οριστική εφαρμογή.
- τις διάφορες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται ή υποβοηθούν στην εφαρμογή των μεθόδων του αυτοματισμού και περιλαμβάνουν όργανα και ειδικό εξοπλισμό, τεχνικές γνώσεις, τεκμηρίωση κλπ.
- τις ίδιες τις τεχνητές ή φυσικές διατάξεις και μηχανές που χρησιμοποιούμε για να επιβάλλουμε την επιθυμητή συμπεριφορά και οι οποίες, επομένως, επιτελούν την "αυτόματη" λειτουργία.

Όλες αυτές οι περιοχές συναποτελούν την ύλη του Αυτοματισμού και το αντικείμενο εργασίας των τεχνικών που απασχολούνται σε αυτόν τον τομέα (Βλέπε [W3]).

1.2 Ιστορική Αναδρομή

Ένα από τα βασικότερα ιστορικά πεδία της επιστήμης είναι ο Αυτοματισμός, λόγω της ανάπτυξης του που συνοδεύει την εξέλιξη όλων των άλλων τεχνολογιών. Η ιστορική ανάδρομη είναι ιδιαίτερα πλούσια μιας και οι Αρχαίοι Έλληνες επέδειξαν ιδιαίτερη εφευρετικότητα και ανέπτυξαν πολλές και σημαντικές λύσεις αυτοματισμού, που χρησιμοποιούμε μέχρι και σήμερα.

Η προϊστορία των αυτομάτων

Αναμφισβήτητα τα αυτόματα αποτελούν την τεχνολογία αιχμής κάθε εποχής. Τα τρία μεγάλα άλματα που πραγματοποίησε η τεχνική σκέψη στην ιστορική της εξέλιξη αφορούν:

Πρώτον, την εφεύρεση των εργαλείων, των τεχνητών και άψυχων αντικειμένων, που επεκτείνουν τη δύναμη, τις ικανότητες και την εμβέλεια του ανθρώπου, όπως το ρόπαλο, το ακόντιο και το δρεπάνι.

Δεύτερον, την επινόηση των μηχανών, που αποτελούν συμπλέγματα επιμέρους μηχανισμών, ικανών να μεταδίδουν κίνηση ή να ενισχύουν φυσικά μεγέθη, και που λειτουργούν αξιοποιώντας μια εξωτερική ενέργεια, π.χ. την ενέργεια του ανθρώπου, ενός ζώου, του νερού ή του ανέμου, όπως το τόξο, η άμαξα και το πλοίο.

Τρίτον, τα αυτόματα, τις αυτοκίνητες εκείνες μηχανές που κινούνται με ενέργεια εσωτερική, πλησιάζοντας περισσότερο τη λειτουργία των ζωντανών όντων. Τα αυτόματα αυτά, έχουν πανάρχαιες ρίζες.

Τα σπουδαία τεχνολογικά επιτεύγματα των αρχαίων ελλήνων συνοπτικά είναι:

- Οι μυκηναϊκές αποξηράνσεις λιμνών και μεγάλα υδατοφράγματα.
- Τα ποικίλα μεταγενέστερα αρδευτικά έργα.
- Οι συστηματικές υδρεύσεις των πόλεων.
- Η επινόηση γερανών και αντλιών.
- Η οδοποιία και γεφυροποιία.
- Οι τεχνικοεπιστημονικές βελτιώσεις στη μεταλλουργία του αργύρου, που πέτυχαν οι Αθηναίοι στο Λαύριο με την μηχανοποίηση στην ανύψωση φορτίων, ελικοειδή πλυντήρια, μαζική εκκαμίνευση.
- Το πλήθος μετρητικών οργάνων ακριβείας, μέτρηση χρόνου (ακριβή υδραυλικά ωροσκόπια), μέτρηση αποστάσεων (οδόμετρον), τοπογραφικά όργανα (χωροβάτης, διόπτρα), αστρονομικά όργανα (αστρολάβοι, αναλογικός υπολογιστής των Αντικυθήρων κ.ά.).
- μαθηματικοποίηση των ήχων από τους Πυθαγορείους, ώστε να διευκολυνθεί η κατασκευή έγχορδων μουσικών οργάνων.

1.3 Χρονολόγιο

Στην ιστορία της τεχνολογίας, τα αυτόματα πρωτοεμφανίζονται ως όραμα στον αρχαίο ελληνικό μύθο και υλοποιούνται ιδιαίτερα σε περιόδους – σταθμούς της τεχνολογίας, περιόδους εφαρμογής των θεωρητικών επινοήσεων, όπως η ελληνιστική περίοδος, η Αναγέννηση και η ευρωπαϊκή Βιομηχανική Επανάσταση, αλλά ιδιαίτερα όπως η σύγχρονη περίοδος του αυτοματισμού και της ψηφιακής τεχνολογίας.

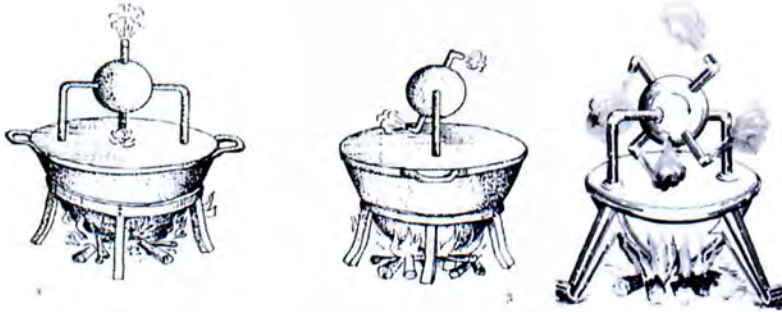
- **6ος αι. π.Χ.** Ο Ευπαλίνος κατασκευάζει στη Σάμο έναν αγωγό μήκους πάνω από 2 χλμ., από το οποίο το ένα χλμ. μέσα σε σήραγγα, για την ύδρευση της πόλης. Την ίδια περίοδο εισάγονται οι κάμινοι αναγωγής στη μεταλλουργία και στην οικοδομική γενικεύεται η χρήση της πέτρας.
- **Αρχές 5ου αι. π.Χ.** Αρχίζει η εξόρυξη μολύβδου και ασημιού από τα μεταλλεία του Λαυρίου.
- **Αρχές 4ου αι. π.Χ.** Ο Αρχύτας ο Ταραντίνος εφευρίσκει τον κοχλία και την τροχαλία, χάρη στα οποία εισάγεται στην οικοδομική η χρήση των πρώτων ανυψωτικών μηχανών (τρίποδα, γερανοί, βαρούλκα, τροχαλίες). Παράλληλα ο Αρχύτας καινοτομεί στον τομέα της υδραυλικής. Λίγο αργότερα εμφανίζονται στην οικοδομική οι αψίδες και οι θόλοι, που αρχικά εφαρμόζονται στην κατασκευή των δημόσιων κτιρίων. Τα βαρούλκα θα χρησιμεύσουν επίσης ευρύτατα στην ανύψωση των όγκων μεταλλεύματος στο Λαύριο.
- **308-246 π.Χ.** Περίοδος ζωής του Κτησίβιου του Αλεξανδρινού. Επιδόθηκε σε πολλές τεχνικές ανακαλύψεις και εφευρέσεις, ενώ υπήρξε ο σημαντικότερος κατασκευαστής διάφορων τύπων κλειψύδρας.
- **300 π.Χ.** Κατασκευή της Ανυψωτικής μηχανής νερού της Περαχώρας.



Εικ. 1 Ανυψωτική μηχανή νερού Περαχώρας

- **Αρχές 3ου αι. π.Χ.** Ο αρχιτέκτονας Σώστρατος ο Κνίδιος κατασκευάζει το φάρο της Αλεξάνδρειας με ύψος 87 μ., του οποίου το φως έφτανε σε απόσταση μεγαλύτερη των 50 χλμ.

- **3ος αι. π.Χ.** Το έργο του μηχανικού Φίλωνα του Βυζαντίου για την κατασκευή λιμανιών, φρουριών και πολιορκητικών μηχανών συμβάλλει σημαντικά στην ενίσχυση της ναυτικής δύναμης των νησιών του Αιγαίου. Το τζάμι στα παράθυρα αντικαθιστά τις πλάκες, τα υφάσματα, τα δέρματα και τα ξύλινα πετάσματα.
- **287-212 π.Χ.** Ο Αρχιμήδης διατυπώνει τη θεωρία της υδροστατικής άνωσης, ενώ συμβάλλει καθοριστικά στην άμυνα της πατρίδας του, των Συρακουσών, εναντίον των Ρωμαίων με τα κοίλα κάτοπτρα που «συλλέγουν» τις δέσμες του Ήλιου και καίνε τα πλοία των επιτιθεμένων.
- **100 π.Χ. περίπου.** Ο Ήρων ο Αλεξανδρεύς, ο δημιουργός των αυτομάτων, θεμελιώνει τη θεωρία που θα τον οδηγήσει στον πρόδρομο της ατμομηχανής.



Εικ. 2 Η ατμομηχανή του Ήωνα

1.4 Ο Αρχαίος Ελληνικός μύθος

Κάθε λαός στήνει τους θεούς του κατ' εικόνα και ομοίωσιν, επομένως οι Έλληνες δεν θα αποτελούσαν εξαίρεση. Χρησιμοποιώντας λοιπόν τις αρχικές θρησκευτικές – μυθολογικές «προβολές» των Ελλήνων, μπορούμε να αντιληφθούμε τη θέση που είχε η τεχνολογία στις πρώιμες εκείνες κοινωνίες.

Τα επιλεγμένα αυτόματα που περιέχονται στον αρχαίο ελληνικό μύθο είναι τα έργα τεχνολογίας, που ζευγαρώνουν δυο ανθρώπινες δημιουργίες :την ποίηση, το μύθο, τη φαντασία και το όνειρο από τη μια μεριά, την τεχνολογία, την τεχνική πρόθεση, επινόηση και πρόβλεψη από την άλλη.

Μερικά από αυτά είναι:

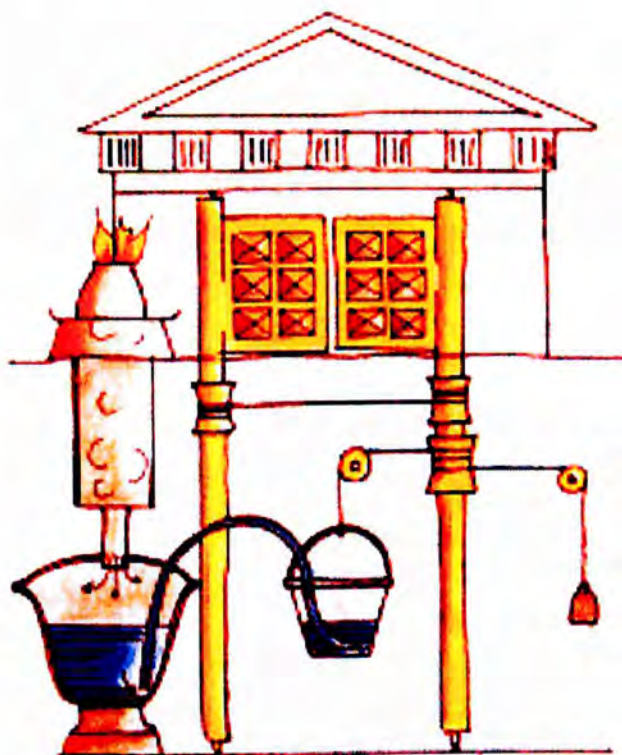
- **Τα Αυτόματα της Ιλιάδας**

Η *Ιλιάδα* είναι η ποιητική περιγραφή της πολεμικής σύγκρουσης μεταξύ του στρατού των Αχαιών και των υπερασπιστών της Τροίας. Είναι μια σύγκρουση που προσωποποιείται στην πάλη των δύο μεγάλων πολεμιστών ηρώων: του Αχιλλέα και του Έκτορα, και γίνεται κάτω από το βλέμμα και την παρότρυνση των θεών. Οι τεχνολογικές αναφορές είναι συνεπώς πολεμικές, ηρωικές, θεικές.

- **Αυτόματες πύλες του ουρανού**

Όταν η Ήρα αποφάσισε να πάρει μέρος στον πόλεμο στο πλευρό των Ελλήνων, έτρεξε και ετοίμασε το θείο της άρμα, έζεψε τα γρήγορα άλογά της, χτύπησε το μαστίγιο και τότε «αυτόματα (από μόνες τους) άνοιξαν τρίζοντας οι πύλες του ουρανού, που τις κρατούσαν οι Ωρες. Γιατί αυτές είχαν το χρέος ν' ανοίγουν και να σκεπάζουν με σύννεφο πυκνό τον μέγα ουρανό και τον Όλυμπο».

Η φανταστική αυτή ποιητική εικόνα των αυτόματων πυλών τον ουρανού, που με το χτύπημα του μαστίγιου της Ήρας ανοίγουν από μόνες τους, εισάγει την έννοια της αυτόματης κίνησης, εκφράζει ίσως μια ασαφή τεχνική πρόθεση, ένα φανταστικό τεχνικό όραμα και ανοίγει το δρόμο για λεπτομερέστερες περιγραφές αυτόματων μηχανών, που αποδίδονται στον μεγάλο μάστορα του Ολύμπου, τον Ήφαιστο.



Εικ. 3 Αυτόματες πύλες του ουρανού

• Αυτόματοι τρίποδες

Στη Ραψωδία Σ της *Ιλιάδας*, ο Όμηρος μπαίνει στο εργαστήρι του ξακουστού για την τέχνη του Ήφαιστου, περιγράφοντας το θεό την ώρα της δουλειάς του περιστοιχισμένο από τα εργαλεία, τις μηχανές και τα έργα του. Και εκεί στα άδυτα της μυθικής τεχνολογίας ο ποιητής περιγράφει με τη φαντασία του έργα θαυμαστά, θαυματοργά, θαύμα να τα βλέπεις. Θαύμα τόσο με την έννοια του θαυμασμού που προκαλεί η τελειότητα της κατασκευής τους, όσο και με την έννοια του υπερφυσικού, του απραγματοποίητου, της ακατόρθωτης τεχνικής επιθυμίας, που η ολοκλήρωσή της αποδίδεται στους Θεούς.

Περιγράφει, λοιπόν, ο Όμηρος τη Θέτιδα, μητέρα του Αχιλλέα, να εισέρχεται στο εργαστήρι του φημισμένου οπλουργού για να του ζητήσει να φτιάξει όπλα για το γιο της, ο οποίος αποφάσισε να συμμετάσχει στον πόλεμο των Αχαιών. Σαν φτάνει η Θέτιδα στον Όλυμπο, βρίσκει τον Ήφαιστο <<...μες τον ιδρώτα να στριφογυρνά γύρω από τα φυσερά του γιατί βιαζότανε. Είκοσι όλους κι όλους μαστόρρευε τρίποδες, για να στέκουν γύρω-γύρω στην αίθουσα την στεριοκάμωτη κατά μήκος των τοίχων. Και κάτω υπό τη βάση του καθενός άρμοζε ρόδες χρυσές για να μπορούν αυτόματα, από μόνοι τους, αυτοκινούμενοι, να μπαίνουν στον των θεών τη σύναξη και πάλι μόνοι τους να γυρνούν στο οίκημα. Ένα θαύμα να τους βλέπει κανείς».

Οι τρίποδες είναι πολύτιμα σκεύη, σταθερά ή κινητά, με ρόδες από κάτω, που χρησιμοποιούν είτε για την προσφορά οίνου ή νερού στους φιλοξενούμενους είτε ακόμη σαν τελετουργικά σκεύη στις θυσίες και στις Θρησκευτικές τελετές.

Τέτοιους κινητούς τρίποδες έφτιαχνε ο Ήφαιστος, προσαρμόζοντας ρόδες στη βάση τους. Κι ήταν η ανάγκη προφανής τα σκεύη αυτά να μπορούν να κινούνται. Από μόνα τους όμως; Αυτό που ο Ήρων ο Αλεξανδρινός κατασκευάζει και περιγράφει με λεπτομέρειες μερικούς αιώνες αργότερα στα κινητά του αυτόματα ο Όμηρος, το νιώθει σαν ανάγκη, το προβλέπει και φαντάζεται ότι είναι δυνατόν να γίνει, το παρουσιάζει και το αποδίδει στο μεγάλο μάστορα.



Εικ. 4 Αρχαίο Χυτήριο από αγγειογραφία που πληροφορείται " Το καμίνι του Ηφαιστου"

- **Αυτορυθμιζόμενα φυσερά**

Λίγο πιο κάτω, στην ίδια Ραψωδία, ο ποιητής περιγράφει τον Ήφαιστο να δουλεύει με τα φυσερά του. <<... Πήγε (ο Ήφαιστος) στα φυσερά του, τα έστρεψε προς την φωτιά και τα πρόσταξε (τα κέλευσε) ν' αρχίσουν να δουλεύουν. Και τα φυσερά, είκοσι όλα μαζί, φυσούσανε μες στα καμίνια βγάζοντας κάθε λογής δυνατόν αέρα, άλλοτε γρήγορα σαν να βιαζότανε κι άλλοτε αργά, όπως ήθελε ο Ήφαιστος κι όπως το ζήτηγε η δουλειά του. Και μέσα στη φωτιά βάζει αλύγιστο χαλκό και κασσίτερο και πολύτιμο χρυσό και ασήμι. Κατόπιν βάζει στη θέση του ένα αμόνι θεόρατο και παίρνει στο ένα χέρι του σφυρί και μια μασιά στο άλλο».

Αυτή είναι η περιγραφή του Θεϊκού χυτηρίου, όπου ο χαλκιάς δουλεύει στη φωτιά χαλκό και κασσίτερο, χρυσό και ασήμι, μέταλλα δηλαδή με υψηλό σημείο τήξης. Χρειάζεται γι' αυτό είκοσι συνολικά φυσερά, για να ανεβάσει τη θερμοκρασία στο καμίνι, να πυρώσει και να λιώσει τα μέταλλα. Ο Ήφαιστος βρίσκεται μόνος του στο εργαστήριο του, χωρίς βοηθούς, και αρκεί να προστάξει είκοσι μαζί φυσερά για να αρχίσουν να δουλεύουν. Κι όχι μόνο αυτό. Αλλά τα φυσερά αυτορυθμίζονται και αυξομειώνουν την ταχύτητα λειτουργίας τους ανάλογα με τις ανάγκες της δουλειάς. Σύλληψη μεγαλοφυής -Τεχνικό όραμα –Εργαστήρι θεϊκό , που ξεχώριζε από το κοινό εργαστήριο , χάρη στην τεχνολογία, την εφευρετικότητα ,την πρωτοτυπία.



Εικ. 5 Αρχαίο σιδηρουργείο

- **Χρυσές θεραπεΐνιδες**

Και ο Ήφαιστος δεν σταματά εκεί. Πρέπει να φτιάξει μηχανές όμοιες με ζωντανά όντα. «Είπε κι από τη θέση του αμονιού σηκώθηκε ο πελώριος όγκος αγκομαχώντας και κουτσαίνοντας. Και κάτω κινούνταν γρήγορα οι αδύναμες κνήμες του. Βάζει μακριά από τη φωτιά τα φυσερά του και όλα τα

σύνεργα της δουλειάς του τα συνάζει σε ένα κιβώτιο από άργυρο φτιαγμένο και με σφουγγάρι εσφόγγισε από τα δυο μέρη το πρόσωπο και τα δυο του χέρια και το γερό του λαιμό και τα δασύτριχα του στήθη. Και φόρεσε χιτώνα πάνω του, πήρε και σκήπτρο χοντρό και βγήκε κουτσαίνοντας από την πόρτα. Από το πλάι τον κράταγαν χρυσές θεραπαινίδες, γυναίκες χρυσές, σκλάβες από χρυσό που έμοιαζαν με ζωντανές κοπέλες. Μέσα τους είχαν λογικό, είχαν φωνή και δύναμη και τους αθάνατους θεούς έμαθαν κάθε τέχνη. Αυτές πλάι στον αφέντη τους βάδιζαν γοργά και τον υποβάσταζαν. Κι αυτός με κόπο πλησιάζοντας τη Θέτιδα πάνω σε θρόνο λαμπρό καθίζει» .

Τα θαυμαστά επιτεύγματα του τεχνολόγου θεού ολοκληρώνονται με την κατασκευή δυο ανθρωπόμορφων μηχανών , δύο ρομπότ , που έχουν λογικό ,φωνή και δύναμη και είναι σε θέση να κουβαλάνε τον κουτσό Ήφαιστο στα χέρια. Η φαντασία του ποιητή δίνει ζωή στις μηχανές. Κι αν ο τεχνολόγος Θεός μπορεί να δώσει κίνηση σε μηχανές, μπορεί να φτιάξει αυτορυθμιζόμενα συστήματα, τότε γιατί να μην ολοκληρώσει το τεχνολογικό όραμα ο ποιητής, δημιουργώντας μηχανές όμοιες με ζωντανές κοπέλες, σαν όντα αληθινά.

• Τα Αυτόματα της Οδύσσειας

Αν η *Ιλιάδα* είναι το έπος τον πολέμου, η *Οδύσσεια* είναι το έπος για την τέχνη της θάλασσας. Η *Οδύσσεια* είναι ένας ύμνος στην ευστροφία και την εφευρετικότητα τον πολυμήχανου Οδυσσέα. Και αν στην *Ιλιάδα* τα τεχνικά επιτεύγματα του ανθρώπου αποδίδονται στους Θεούς, στην Οδύσσεια θεωρούνται κυρίως σαν έργα ανθρώπινα, επώνυμων ή και συχνά ανωνύμων μαστόρων, ή σαν έργα μακρινών και ανεπτυγμένων πολιτισμών σαν αυτόν των Φαιάκων.

• Το παλάτι και τα σκυλιά του Αλκίνοου

Ο Όμηρος περιγράφει με θαυμασμό τον πολιτισμό ενός μυθικού λαού, του λαού των Φαιάκων, που κατοικεί στη Σχερία, στην άκρη της γης, όπου οι άντρες κατέχουν άριστα τη θαλασσινή τέχνη και οι γυναίκες είναι φημισμένες για τα υφαντά τους. Τα έργα αυτού του λαού στη ναυπηγική, στην οδήγηση των πλοίων, στην αρχιτεκτονική, στη γεωπονία, στην άρδευση και ύδρευση των κήπων είναι μοναδικά. Η ομηρική περιγραφή ξεκινά με το παλάτι του βασιλιά των Φαιάκων Αλκίνοου και ξεπερνά τις περιγραφές στην *Ιλιάδα* για τα παλάτια των θεών. Πρόκειται για ένα παλάτι με μπρούντζινα κατώφλια, μπρούντζινους τοίχους και χρυσές πόρτες με ασημένιους παραστάτες (η81-90). Ένα θαύμα αρχιτεκτονικής και μεταλλοτεχνίας. Αλλά όχι μόνο αυτό. Μπροστά στην πόρτα του παλατιού στέκονται δύο σκυλιά ρομπότ, από χρυσάφι και ασήμι, που άγρυπνα φυλάνε το αρχοντικό του Αλκίνοου στους αιώνες.

«Από το ένα κι από το άλλο μέρος (της πόρτας) ήσαν χρυσοί κι ασημένιοι σκύλοι, που ο Ήφαιστος τους έφτιαξε με το πολύτεχνο μυαλό του. Κι ήταν αθάνατοι κι αγέραστοι στους αιώνες, για να φυλάνε του Αλκίνοου τα παλάτια» (η91-94).

• Τα πλοία των Φαιάκων

Τα πλοία των Φαιάκων είναι αυτόματα. Ξέρουν από μόνα τους να ταξιδεύουν, να προσανατολίζονται, να κατευθύνονται στον προορισμό τους, χωρίς κυβερνήτες και χωρίς πηδάλιο. Ακολουθούν τη σωστή κατεύθυνση ακόμη και με συννεφιά ή τη νύχτα. Είναι ταχύτατα και ασφαλή, φτιαγμένα με τέτοιο τρόπο ,ώστε να μην παθαίνουν βλάβη και να μη βουλιάζουν. Την περιγραφή των εξάισιων αυτών πλοίων την κάνει ο ίδιος ο βασιλιάς Αλκίνοος, όταν ζητά από τον Οδυσσέα να του πει τη χώρα του και τον προορισμό του.

«Πες μου για τη χώρα σου και το λαό σου και την πόλη σου για να σε πάνε εκεί τα πλοία μας τα κατασκευασμένα με σκέψη. Γιατί δεν υπάρχουν κυβερνήτες στα πλοία των Φαιάκων, ούτε πηδάλια σαν αυτά που έχουν τα άλλα καράβια. Παρά τα πλοία των Φαιάκων ξέρουν τις διαθέσεις και τις σκέψεις των ανθρώπων και γνωρίζουν τις πατρίδες όλων, και με εξαιρετική ταχύτητα διανύουν τις θαλασσινές αποστάσεις, ακόμη κι όταν έχει σκοτάδι και συννεφιά. Και ποτέ δεν υπάρχει φόβος να πάθουν καμιά βλάβη» (θ555-563).

• Ο δούρειος ίππος

Το έπος της Οδύσσειας εκφράζει από μόνο του ένα θρίαμβο της τεχνολογίας. Η λύση του Τρωικού πολέμου καταχτιέται με ένα ξύλινο έργο τέχνης, έργο του τεχνίτη Επειού, γιγάντιο, κινητό, με μυστικές κρύπτες, έργο του νου, της ευστροφίας αλλά και της δεξιοτεχνίας, της τεχνικής, της εμπειρίας από την κατασκευή των ξύλινων πλοίων, των ξύλινων ικριωμάτων και των πολεμικών μηχανών ,το δούρειο ίππο.

Τον ίδιο τον κατασκευαστή του δούρειου ίππου, τον Επειό, η θεά Αθηνά τον ορίζει υπεύθυνο για την ολοκλήρωση του πελώριου σύνθετου αυτού τεχνικού έργου.

«Κι ύστερα (ο Οδυσσεύς) επινόησε την κατασκευή του δούρειου ίππου και την ανάθεσε στον Επειό, που ήταν αρχιπέκτονας. Από την Ίδη αυτός ξύλα έκοψε και κατασκεύασε άλογο, κούφιο στο εσωτερικό του, με πόρτες στα πλευρά. Σ' αυτό ο Οδυσσεύς έπεισε πενήντα απ' τους καλύτερους άντρες του να μπουν, ή, όπως λέει ο συγγραφέας της μικρής Ιλιάδας τρεις χιλιάδες» (Απολλόδωρος Επιτομή Γ14).



Εικ. 6 Ο Δούρειος Ίππος

- **Τα Αυτόματα στην Αργοναυτική Εκστρατεία**

Η εκστρατεία του Ιάσωνα και των Αργοναυτών από τη Θεσσαλική Ιωλκό στη μακρινή Κολχίδα, όπου βασιλεύει ο βασιλιάς Αιήτης, είναι κι αυτή ένας παλιός ναυτικός μύθος, στολισμένος με τεχνολογικά επιτεύγματα, γοργοτάξιδα καράβια, παλάτια περίφημα, έργα αναπτυσσόμενης αρχιτεκτονικής και χάλκινα ρομπότ της αρχαιότητας.

- **Το χρυσόμαλλο δέρας**

Ο στόχος της μεγάλης Αργοναυτικής εκστρατείας φαίνεται ότι ήταν κι αυτός τεχνολογικός. Οι Αργοναύτες έπρεπε *“παίρνοντας το χρυσό δέρας του Αιήτη να το φέρουν στην Ελλάδα”* (Απολλώνιος ο Ρόδιος, Αργοναυτικά 3, 12).

Αλλά το χρυσόμαλλο αυτό δέρας, η χρυσή προβιά της Κολχίδας, έχει την τεχνολογική ερμηνεία του. Στη χρυσοφόρα εκείνη περιοχή της Μαύρης Θάλασσας, ο ποταμός Φάσις φέρνει από τα ριζά του Καυκάσου άφθονα ψήγματα χρυσού. Τα μαλλιαρά, δασύτριχα δέρματα κριαριών, απλωμένα στην κοίτη του ποταμού, λειτουργούσαν σαν φίλτρα, σχάρες, διηθητήρες του χρυσού. Στο πυκνό τρίχωμα τους κατακρατούσαν το βαρύ πολύτιμο μέταλλο. Και οι χρυσορύχοι έπαιρναν μετά τα λαμπερά, φορτωμένα με χρυσό δέρματα, τα κρέμαγαν, τα στέγνωναν, τα τίναζαν και μάζευαν έτσι την πλούσια χρυσόσκονη. Ο Στράβωνας αναφέρει στα *Γεωγραφικά* του:

«Από τους λαούς της Κολχίδας, οι λεγόμενοι Σοάνες (...) κατέχουν όλη την περιοχή και τις κορφές του Καυκάσου πάνω απ' των Διδόσκουρων τη χώρα. (...) Λέγεται μάλιστα ότι στα μέρη τους οι χείμαρροι κατεβάζουν το χρυσάφι. Και οι βάρβαροι το συλλέγουν με τρυπητές λεκάνες (φάνταις κατατετηρημέναις) και μαλλιαρές προβιές (μαλλωταίς δοραίς). Από δω βγήκε και ο μύθος για το χρυσόμαλλο δέρας. Τους ανθρώπους αυτούς τους λένε ακόμα και Ίβηρες, όπως και τους δυτικούς λαούς, γιατί και οι δυο έχουν χρυσορυχεία» (Στράβων, *Γεωγραφικά*, 11, 2, 19).

- **Το παλάτι και οι βρύσες του Αιήτη**

Φθάνοντας στη μακρινή Κολχίδα ο Ιάσων επισκέπτεται με τους άντρες του το αξιοθαύμαστο παλάτι του βασιλιά Αιήτη, το στολισμένο με αυτόματα έργα του Ηφαίστου, υδραυλικά συστήματα που δουλεύουν ασταμάτητα, βρύσες με διάφορα υγρά να αναβλύζουν, ζεστά και κρύα, που

προϋποθέτουν πολύπλοκους υδραυλικούς μηχανισμούς. Στα *Αργοναυτικά* του ο Απολλώνιος ο Ρόδιος εξιστορεί την είσοδο του Ιάσονα στο βασιλικό παλάτι.

«Στην είσοδο στεκόντουσαν και θαύμαζαν το τείχος το βασιλικό και τις φαρδιές τις πόρτες και τις κολώνες, που στη σειρά ορθώνονταν γύρω στους τοίχους. Πέτρινο στέγαστρο σκέπαζε από πάνω το παλάτι, στερεωμένο πάνω σε χάλκινες γλυφίδες. Σιωπηλοί αυτοί πέρασαν το κατώφλι και δίπλα φύτευαν ψηλές κληματαριές, γεμάτες φύλλα χλωρά. Και από κάτω τους έρεαν αδιάκοπα τέσσερις βρύσες, που ο ίδιος ο Ήφαιστος τις σκάλισε. Από την πρώτη ανάβλυζε γάλα, από την άλλη κρασί, από την τρίτη λάδι αρωματικό. Και η τέταρτη έβγαζε νερό, που ζεστό έτρεχε σαν έδυαν οι Πλειάδες και παγωμένο κρύσταλλο μέσα από τον κούφιο βράχο πήδαγε σαν οι Πλειάδες στον ουρανό ανέβαιναν. Τέτοια αξιοθαύμαστα έργα μες στο βράχο. Τέτοια αξιοθαύμαστα έργα μες στο παλάτι του Κυταίου Αιήτη ο επιδέξιος Ήφαιστος εδούλεψε» (Απολλώνιος ο Ρόδιος *Αργοναυτικά* 3,215-229) (Βλέπε [W4]).

Για αρκετούς αιώνες στη συνέχεια η τεχνολογία του αυτοματισμού παρέμεινε αρκετά στάσιμη. Μεγάλη άνθηση βλέπουμε ξανά την εποχή της Αναγέννησης.

1.5 Από την Αναγέννηση έως Σήμερα

Ο Leonardo da Vinci (1452 – 1519 μ.Χ.) σχεδίασε ένα ανθρωποειδές ρομπότ με πανοπλία. Οι λειτουργίες που μπορούσε να εκτελέσει ήταν να ανασηκώνεται και να κινεί τα χέρια και το κεφάλι του. Κάθε κομμάτι του ρομπότ κατασκευάστηκε από ξύλο και σχοινιά, ακολουθώντας ένα συγκεκριμένο κανόνα: να χρησιμοποιηθούν μόνο συστήματα και υλικά που ήταν διαθέσιμα κατά το 15ο αιώνα. Συγκεκριμένα, η μεγάλη σημασία του λογχοτελέεως αποδείχτηκε κατά τη διαδικασία της κατασκευής: δε δίνει απλώς μια επιθετική όψη στους στρατιώτες αλλά κυρίως προσφέρει ισορροπία στα ανδρείκελα. Τα χέρια του μηχανικού στρατιώτη έπεφταν από το βάρος της πανοπλίας και των μηχανικών τμημάτων. Όταν όμως τα χέρια στερεώθηκαν σε δύο λογχοτελέεις, που επιλέχτηκαν ανάμεσα στους πολλούς που είχε σχεδιάσει ο ίδιος ο Ντα Βίντσι, τα χέρια παρέμειναν στη θέση τους σε μια φυσική στάση (Βλέπε [W5]).

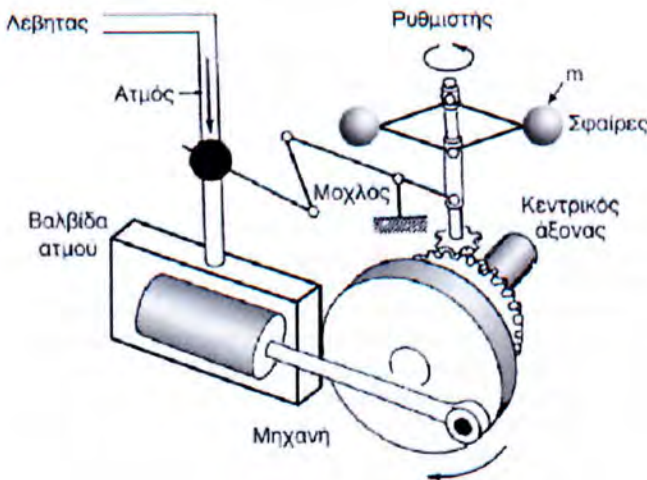


Εικ. 7 Ανθρωποειδές ρομπότ με πανοπλία

Το 16ο αιώνα, ο Ολλανδός Κορνήλιος Ντρεμπέλ, παρουσίασε έναν αυτόματο ρυθμιστή θερμοκρασίας.

Το 17ο αιώνα, ο Denis Papin εποίησε τον αυτόματο ρυθμιστή πίεσης που είχε εφαρμογή στους ατμολέβητες.

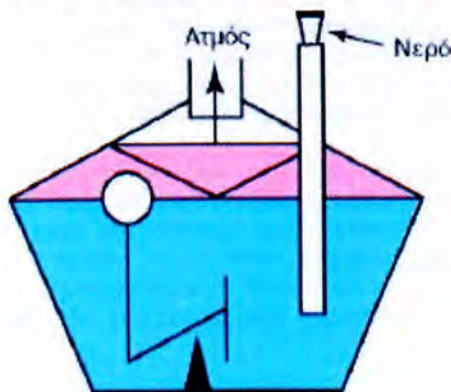
Το 1769 ,ο James Watt ανακάλυψε τον αυτόματο φυγοκεντρικό ρυθμιστή ταχύτητας των ατμομηχανών ή ρυθμιστή με σφαίρες, ο οποίος ήταν το πρώτο αυτόματο σύστημα που εφαρμόστηκε ευρέως στον χώρο της βιομηχανίας.



Εικ. 8 Αυτόματος φυγοκεντρικός ρυθμιστής ταχύτητας Watt

Όταν αυξάνεται η γωνιακή ταχύτητα της ατμομηχανής , αυξάνεται η φυγόκεντρος δύναμη η οποία ωθεί τις σφαίρες προς τα έξω με αποτέλεσμα το κλείσιμο της βαλβίδας και τη διακοπή της εισόδου του ατμού από το λέβητα προς τη μηχανή, με συνέπεια τη μείωση της γωνιακής ταχύτητας. Αντίστροφα, όταν η γωνιακή ταχύτητα είναι χαμηλή, οι σφαίρες κινούνται προς τα μέσα, η βαλβίδα ανοίγει περισσότερο , με αποτέλεσμα την είσοδο μεγαλύτερης ποσότητας ατμού από το λέβητα προς την μηχανή και την αύξηση πάλι της γωνιακής ταχύτητας.

Το 1765, ο Ρώσος μηχανικός Ιβάν Πουλζούνωφ, επινόησε το Σύστημα ρύθμισης της στάθμης νερού σε ατμολέβητα. Με τη θέρμανση του νερού και τη μετατροπή του σε ατμό, κατέβαινε η στάθμη του νερού. Κατεβαίνοντας ο πλωτήρας υποχρέωνε το πώμα (μέσω μοχλών) να απομακρυνθεί από τη θέση έμφραξης του στομίου του σωλήνα παροχής νερού, εξασφαλίζοντας έτσι την εισροή της απαιτούμενης ποσότητας στο λέβητα.



Εικ. 9 Αυτόματος ρυθμιστής στάθμης νερού σε ατμολέβητα

Όλες οι εφευρέσεις που είχαν γίνει μέχρι το 1868 βασίστηκαν μόνο στην εμπειρία. Γι αυτό και τα συστήματα που κατασκευάστηκαν μέχρι και τότε τα διέκρινε η αστάθεια κατά την διάρκεια της λειτουργίας τους. Δηλαδή, πολλοί απρόβλεπτοι παράγοντες μπορούσαν να επιδράσουν σε αυτά και να επηρεάσουν την ομαλή λειτουργία τους. Ο χειριστής της μηχανής έπρεπε να την επιβλέπει ώστε να μην καταστραφεί σε περίπτωση αστοχίας του συστήματος.

Μετά τη **Βιομηχανική Επανάσταση** ο αυτοματισμός άρχισε να εφαρμόζεται ευρέως στις παραγωγικές διαδικασίες. Ο ηλεκτρισμός έδωσε ώθηση στις δυνατότητες των αυτόματων συστημάτων και ήταν πλέον ένα όπλο στα χέρια των μηχανικών που μπορούσαν να υλοποιήσουν τη «λογική» του συστήματος με τις γνωστές διατάξεις του «κλασικού» αυτοματισμού. Στη συνέχεια η ανάπτυξη της ηλεκτρονικής και ειδικά η ανακάλυψη των ημιαγωγών, κυριολεκτικά απογείωσε τις δυνατότητες.

Την περίοδο εκείνη ο Βισενγκράντски ανέπτυξε την πρώτη μαθηματική θεωρία γύρω από τους αυτόματους ελεγκτές. Από τότε και κυρίως μέχρι την έναρξη του Β' Παγκοσμίου πολέμου, σημειώθηκε σημαντική πρόοδος στον τομέα των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου, χάρη σε επιστήμονες, όπως ο Bode, ο Black, ο Nyquist, οι οποίοι είναι οι θεμελιωτές των ομώνυμων θεωριών.

Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου πολέμου, ο τομέας των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου παρουσίασε σημαντική ανάπτυξη και βρήκε εφαρμογές στη βελτίωση των οπλικών συστημάτων, όπως στον αυτόματο σκοπευτή πυροβόλων όπλων, στην αυτόματη πλοήγηση των αεροσκαφών και στο ραδιοεντοπισμό (ανίχνευση) κινούμενων στόχων με ραντάρ. Με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου έχουν εξελιχθεί σημαντικά, ώστε η οποιαδήποτε απόκλιση από την κανονική λειτουργία του συστήματος να γίνεται άμεσα αντιληπτή και η διόρθωσή της να γίνεται πολύ σύντομα. Χωρίς τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου δεν θα ήταν δυνατή η κατασκευή πυραύλων, διαστημοπλοίων κτλ., αλλά και πιο απλών εφαρμογών της καθημερινής ζωής, όπως είναι π.χ. ο κλιματισμός, το ηλεκτρικό πλυντήριο ρούχων, ο ηλεκτρικός θερμοσίφωνας, η ηλεκτρική τοστιέρα, η διευθέτηση της κυκλοφορίας των οχημάτων με ηλεκτρονικούς σηματοδότες κτλ.

Τη δεκαετία του '60 στην Ευρώπη άρχισε η μετάβαση στα συστήματα με ψηφιακά ηλεκτρονικά. Αυτό δεν άλλαξε μόνο τον τρόπο σκέψης των κατασκευαστών αλλά και τη δομή και το τρόπο λειτουργίας εγκαταστάσεων και μηχανών. Υπήρξαν όμως και αρνητικά σημεία αφού απαιτήθηκε η γνώση υψηλής ηλεκτρονικής για τη σωστότερη εγκατάσταση και συντήρησή τους. Συνέπεια της αύξησης της παραγωγικότητας και της αξιοπιστίας των παραγωγικών συστημάτων, είναι η ριζική τροποποίηση των σχέσεων ανθρώπου-μηχανής αλλά και των ανθρώπων μεταξύ τους, λόγω της όλο και αυξανόμενης χρήσεως των αυτομάτων συστημάτων σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας και των αλλαγών που επέφεραν σε δομές, δραστηριότητες και συνήθειες.

Τον **Μάιο του 1967** παρελήφθη το φορτηγό πλοίο "Elbe Ore", το οποίο ήταν το πρώτο πλοίο που εφαρμόστηκε αυτόματος έλεγχος μηχανής από την γέφυρα, χωρίς προσωπικό στο μηχανοστάσιο. Το πλοίο διέθετε μηχανή ισχύος 16.800 ίππους πέδης, δωμάτιο έλεγχου στο μηχανοστάσιο, αυτοματισμούς στη κύρια μηχανή και στα βοηθητικά μηχανήματα. Διέθετε επίσης καταγραφέα στοιχείων, σύστημα υψηλής ανίχνευσης πυρκαγιάς, εγκατάσταση αυτόματου διαχωριστήρα του νερού των υδροσυλλεκτών, σύστημα της B&W για την συγκέντρωση των υγρών από τον οχετό σαρώσεως, thermo monitor για την ένδειξη της θερμοκρασίας των καυσαερίων εξαγωγής καθώς και άλλους απαραίτητους μηχανισμούς για τη λειτουργία της μηχανής αυτόματα χωρίς ανθρώπινη παρακολούθηση (Βλέπε [W6]).

Στις επόμενες δεκαετίες η εισαγωγή των αναλογικών και των ψηφιακών Η/Υ στα συστήματα αυτομάτου ελέγχου συνέβαλε δραστικά στην ακρίβεια και στην απόδοση της λειτουργίας τους. Δόθηκε νέα σημαντική ώθηση στα συστήματα αυτομάτου ελέγχου με αποτέλεσμα το σχεδιασμό εξαιρετικά πολύπλοκων και μεγάλης ακριβείας συστημάτων. Νέες θεωρίες αναπτύχθηκαν με σκοπό τη δημιουργία ακόμη τελειότερων αυτοματισμών. Επιγραμματικά οι εξελίξεις στην επιστήμη και την τεχνολογία των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου μέχρι σήμερα είναι:

- Ολοκλήρωση της θεωρίας των γραμμικών συστημάτων.
- Ανάπτυξη της θεωρίας άριστου ελέγχου.

- Ανάπτυξη της θεωρίας της αναλογικής εξομοίωσης με χρήση αναλογικών υπολογιστών.
- Ανάπτυξη της θεωρίας των μη γραμμικών συστημάτων.
- Αναγνώριση συστημάτων και αναπροσαρμοζόμενος έλεγχος.
- Ανάπτυξη του ψηφιακού ελέγχου και εφαρμογή ψηφιακών Η/Υ.
- Σχεδιασμός προγραμματιζόμενων ελεγκτών για τον έλεγχο παραγωγικών διεργασιών.
- Ανάπτυξη της ρομποτικής επιστήμης με εφαρμογή στη βιομηχανία, στο διάστημα, στην ιατρική κ.ά.
- Ανάπτυξη ευφυών συστημάτων και τεχνητής νοημοσύνης για την αυτόματη διάγνωση βλαβών, για την κατασκευή συστημάτων με υψηλό βαθμό ασφάλειας.

Οι πρώτοι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC - Programmable Logic Controllers) στην αρχή της δεκαετίας του '70 χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την αντικατάσταση των ρελέ. Η μεγάλη απαίτηση για μείωση του κύκλου παραγωγής άρχισε στην αρχή της δεκαετίας του '80. Η τεχνολογία γινόταν γρηγορότερη και αναπτυσσόταν συνεχώς, παράλληλα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Όπως σε όλους τους τομείς έτσι κι εδώ, η επικοινωνία και η πληροφορία έγιναν η σημαντικότερη βάση για αποδοτική παραγωγή.

Οι διαδικασίες παραγωγής γίνονται πιο σύνθετες, οι νεκροί χρόνοι στη παραγωγή μειώνονται συνεχώς, οι απαιτήσεις για αυξημένη ποιότητα αυξάνονται. Αλλάζει και ο ρόλος του ανθρώπου στη παραγωγική διαδικασία, τώρα σχεδιάζει, κατασκευάζει, προγραμματίζει, επιτηρεί κι επισκευάζει. Κι ενώ η τεχνολογία προχωρά, φθάνουμε στη δεκαετία του '90 όπου τεχνολογικά έγινε μεγάλο άλμα (συσκευές μικρότερες, φθηνότερες, με σημαντικά αυξημένες δυνατότητες συγκριτικά με αυτές της προηγούμενης δεκαετίας) αλλά παράλληλα αυξήθηκε δυσανάλογα το κόστος εκπόνησης των προγραμμάτων και της θέσης σε λειτουργία των εγκαταστάσεων. Οι κατασκευαστές ρίχνουν πλέον σημαντικό βάρος στο λογισμικό όπου παρέχονται έτοιμες λύσεις για τομείς του αυτοματισμού με τη βοήθεια βιβλιοθηκών, εκμεταλλεύονται την πρόοδο των ηλεκτρονικών υπολογιστών και χρησιμοποιούν την εξέλιξη στο λειτουργικό τους σύστημα (τεχνολογία Windows) για να μειώσουν τους χρόνους στον προγραμματισμό των PLC (σχόλια προγράμματος, αντιγραφή τμημάτων προγράμματος από ένα πρόγραμμα σ' ένα άλλο κλπ). Εμφανίζονται νέες γλώσσες προγραμματισμού για τεχνολόγους σε γραφική μορφή, όπου ο χρήστης μέσω βιβλιοθηκών κι έχοντας γνώση μόνο της παραγωγικής διαδικασίας «συνθέτει» τον αυτοματισμό του. Τα υπόλοιπα γίνονται αυτόματα στο παρασκήνιο για λογαριασμό του. Υποστηρίζεται και η εξέλιξη στις γλώσσες προγραμματισμού των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Pascal, C++) για χρήστες που είναι εξοικειωμένοι σε τέτοια περιβάλλοντα. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη δικτύωση - ασύρματη ή ενσύρματη για τον προγραμματισμό και την επιτήρηση εξ αποστάσεως μέσω ειδικών συσκευών επικοινωνίας και λογισμικού για ηλεκτρονικό υπολογιστή (SCADA) καθώς και στις επικοινωνίες Internet.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας σήμερα, έχει εισάγει στις οικιακές συσκευές και άλλα είδη, όπως οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές που συνδέονται με προηγμένα συστήματα. Οι αυτοματισμοί του σπιτιού απαρτίζουν όλες εκείνες οι τεχνολογίες που δίνουν την δυνατότητα στο σπίτι να έχει νοημοσύνη, να σκέφτεται και να εκτελεί αυτοματοποιημένες και έξυπνες λειτουργίες. Οι αυτοματισμοί εξελίσσονται διαρκώς και σήμερα βρισκόμαστε πολύ κοντά στο όραμα της μαζικής εξάπλωσής τους. Στο παρελθόν, λόγω του υψηλού κόστους των υπολογιστών και την έλλειψη προσιτής και αποδοτικής τεχνολογίας, οι αυτοματισμοί απέτυχαν να προσελκύσουν το ενδιαφέρον των οικιακών χρηστών. Εντούτοις, σήμερα οι τιμές υπολογιστών έχουν μειωθεί δραστικά, το κόστος χρήσης του απαιτούμενου εύρους ζώνης για την μεταφορά δεδομένων προσφέρεται σε σχετικά χαμηλό κόστος και η ύπαρξη διαφόρων τεχνολογιών, θα μπορούσε να αποτελέσει το έναυσμα ώστε οι αυτοματισμοί του σπιτιού να επανέλθουν δυναμικά με προοπτικές ευρείας αποδοχής. Η βιομηχανία του οικιακού αυτοματισμού ήταν μέχρι σήμερα χαμηλής παραγωγής, με υψηλό περιθώριο κέρδους για τους κατασκευαστές. Η σύγκλιση των τεχνολογιών σε ότι αφορά τον φωτισμό, την ασφάλεια, τις τηλεπικοινωνίες, την μετάδοση δεδομένων και τα συστήματα εικόνας και ήχου προσφέρουν στους αυτοματισμούς του σπιτιού την ώθηση που χρειάζονται για να αποτελέσουν προϊόντα ευρείας κατανάλωσης. Η αυξανόμενη ανάγκη για περισσότερο εύρος ζώνης και μεγαλύτερες ταχύτητες σύνδεσης με το Διαδίκτυο θα επηρεάσει θετικά και την αγορά των αυτοματισμών. Τα ολοκληρωμένα συστήματα αυτοματισμού επιτρέπουν στους χρήστες να επωφεληθούν από τα

πλεονεκτήματα των συνεχώς αναπτυσσόμενων τεχνολογιών στις τηλεπικοινωνίες σήμερα και στο μέλλον. Το ενιαίο δίκτυο καλωδίωσης του σπιτιού παρέχει τη στιγμιαία, ταυτόχρονη πρόσβαση στα προγράμματα επίγειας και δορυφορικής τηλεόρασης, και τις υπηρεσίες τηλεφωνίας, fax και δεδομένων. Τα συστήματα αυτοματισμού της κατοικίας προσφέρουν επίσης όλους τους ελέγχους για τις συσκευές, τα συστήματα θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματισμού, ασφάλειας και φωτισμού από οπουδήποτε μέσα και έξω από το σπίτι.

1.6 Αυτοματισμοί στο Έξυπνο σπίτι

Οι αυτοματισμοί που αφορούν την κεντρική διαχείριση διαφόρων συστημάτων μιας κατοικίας ονομάζονται συνήθως *έξυπνο σπίτι*. Το έξυπνο σπίτι ελέγχει τις εγκαταστάσεις μιας κατοικίας με στόχο την ομαδοποίηση κάποιων λειτουργιών και την αυτοματοποίηση κάποιων άλλων. Το έξυπνο σπίτι χαρακτηρίζεται από την ολοκλήρωση των υπηρεσιών του, δηλαδή χρησιμοποιεί τα ίδια περιφερειακά για πολλές χρήσεις (π.χ., τα αισθητήρια του συναγερμού χρησιμοποιούνται και για τον έλεγχο του φωτισμού, οι οθόνες των τηλεοράσεων για να δέχονται και την εικόνα της θυροτηλεόρασης, το τηλέφωνο για να μας στέλνει μήνυμα ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα ή ότι κάποιος βρίσκεται μπροστά στην εξώπορτα κλπ.). Φυσικά όλα τα συστήματα έχουν πολύ περισσότερες δυνατότητες από το να ελέγχουν τις λειτουργίες μιας κατοικίας. Έτσι εγκαταστάσεις έχουν πολύ συχνά σε μεγάλους επαγγελματικούς χώρους όπως είναι τα συνεδριακά κέντρα, οι αίθουσες ξενοδοχείων, τα εστιατόρια και σε πολλές άλλες εφαρμογές.



Εικ. 10 Smart Home

Προσφορές και ασφάλειες του έξυπνου σπιτιού:

Το έξυπνο σπίτι οδηγεί στην πολυτέλεια με το πάτημα ενός μόνον πλήκτρου. Η ευελιξία του συστήματος επιτρέπει στον ιδιοκτήτη να δημιουργεί διάφορα δικής του επιλογής σενάρια φωτισμού όπως διαδρομές, πλήκτρα πανικού, και πολλά άλλα. Ένα έξυπνο σπίτι πρέπει να

μας επιτρέπει, όταν είμαστε μέσα, να ενεργούμε εύκολα, χωρίς να πηγαίνουμε στους χώρους, ενώ, παράλληλα, πρέπει να εξακολουθεί να λειτουργεί ως κλασικό σπίτι. Όταν πάλι είμαστε μακριά, πρέπει να μπορούμε να ενεργούμε εύκολα, μέσω τηλεφώνου ή Διαδικτύου. Τα έξυπνα σπίτια μπορούν να αναλάβουν πρωτοβουλίες όπως να ρυθμίσουν την εσωτερική θερμοκρασία τους, να κλείσουν τα καλοριφέρ (όταν κάποιο παράθυρο ξεχαστεί ανοικτό), να ανεβάσουν μόνα τους τις τέντες (για να μην καταστραφούν από τον αέρα), να ενεργοποιηθούν τα ρομπότ καθαρισμού δαπέδου, να προσομοιώσουν κίνηση ανοιγοκλείνοντας τα φώτα και τα ρολά αποθαρρύνοντας τους διαρρηκτές κατά την απουσία μας, ή απλά να ενημερώσουν τον ιδιοκτήτη για την κατάσταση της κατοικίας μέσω internet (θερμοκρασία, ηλιοφάνεια, βροχή, αέρας, αποθέματα νερού, πετρελαίου, κατάσταση εξόδων και ότι άλλο μπορείτε να φανταστείτε). Τα πλεονεκτήματα μιας εγκατάστασης smart home, επιγραμματικά είναι:

- Μοναδικές Συνθήκες Άνεσης.
- Καλαισθησία και φινέτσα.
- Ασφάλεια και ενδοεπικοινωνία.
- Έλεγχος θέρμανσης και κλιματισμού.
- Εξοικονόμηση ενέργειας- κόστους.
- Κεντρική Διαχείριση - Διανομή ήχου.
- Ενοποίηση συστημάτων κατοικίας.



Εικ. 11 Πάνελ Ελέγχου

Έξυπνο σπίτι - Ποιες είναι οι βασικές λειτουργίες;

Με το έξυπνο σπίτι μπορεί η βασική λειτουργία να είναι ο έλεγχος του φωτισμού αλλά στην ουσία δίνεται η δυνατότητα να παρακολουθούμε και να διαχειριζόμαστε όλες τις εγκαταστάσεις από οπουδήποτε έχουμε επικοινωνία με το σπίτι μας (πχ μέσω τηλεφώνου, διαδικτύου, κινητού τηλεφώνου) όπως είναι η θέρμανση, το ζεστό νερό, ο συναγερμός, τα φώτα, τα ρολά, το αυτόματο πότισμα ή ακόμα και τη στάθμη του πετρελαίου. Ακόμα μας δίνει τη δυνατότητα για μεταφορά εικόνας και ήχου στο κινητό μας ή στο γραφείο μας όταν προκύψουν κάποια συστήματα τα οποία θεωρούμε σημαντικά για εμάς. Παράλληλα με την δημιουργία σεναρίων μπορούμε να έχουμε στα χέρια μας ένα πολύ δυνατό εργαλείο ελέγχου των εγκαταστάσεων. Τα σενάρια που μπορούμε να εφαρμόσουμε είναι ουσιαστικά άπειρα και αφορά την εξοικείωση του τελικού χρήστη με τον χρήστη. Γι' αυτό πολλές φορές το σύστημα προγραμματίζεται με κάποια βασικά σενάρια και στην πορεία ανάλογα με τις επιθυμίες του εκάστοτε χρήστη της κατοικίας προσαρμόζεται σε πιο σύνθετα σενάρια. Μελλοντικές επεκτάσεις ή διαφοροποιήσεις είναι πολύ απλά πράγματα με μικρό κόστος, εφόσον η αλλαγή είναι στον προγραμματισμό. Μερικά από τα πιθανά σενάρια που μπορούμε να εφαρμόσουμε σε μια κατοικία είναι:

- Σενάρια φωτισμού κατοικίας.
- Κλείσιμο, άνοιγμα όλων των ρολών ταυτόχρονα / ασφάλιση της κατοικίας (π.χ. το βράδυ ή όταν ξυπνάμε το πρωί).

- Δυνατότητα προγραμματισμού πραγματοποίησης λειτουργιών αυτόματα. (π.χ. να ανάβουν σταδιακά τα φώτα όσο δύει ο ήλιος, να ανοίγουν αυτόματα τα ρολά όταν έχουμε αισθητήρες φωτιάς, κλπ).
- Όταν κάποιος γυρίζει κουρασμένος από την δουλειά του με την χρήση του τηλεφώνου μπορεί να ανάψει το θερμοσίφωνο πριν φτάσει στο σπίτι ή κλείνει την παροχή ρεύματος σε κάποια συσκευή που έχει ξεχάσει ανοιχτή, π.χ. την κουζίνα.
- Χρονοπρογράμματα για το αυτόματο καθαρισμό δαπέδων με ρομποτικά οχήματα ή για το πότισμα.
- Έλεγχος θέρμανσης ή κλιματισμού.
- Αναφορές κατάστασης για: Εσωτερική, εξωτερική θερμοκρασία, ηλιοφάνειας, ταχύτητας ανέμου, στάθμης πετρελαίου, νερού.

Φυσικά όλα αυτά μπορούν να εκτελούνται από κάθε διακόπτη μέσα στο σπίτι, οπουδήποτε και αν θελήσουμε να τον τοποθετήσουμε. Και οποιαδήποτε αλλαγή και αν θελήσουμε να κάνουμε αλλάζοντας κάποιο σενάριο ή λειτουργία απλώς αναπρογραμματίζουμε το σύστημα χωρίς καμιά άλλη επέμβαση (Βλέπε [W7]).

1.7 Εξέλιξη της σκούπας

Στην καθημερινή ζωή χρησιμοποιούμε αντικείμενα και εργαλεία, που μας διευκολύνουν σε ποικίλες δραστηριότητες. Κατά την ομολογία πολλών, από τις πιο βαρετές και χρονοβόρες εργασίες που υποχρεούται να φέρει κανείς εις πέρας, είναι το συγύρισμα του σπιτιού. Σε αυτή την περίπτωση, υπάρχουν πολλά εργαλεία που κάνουν την αγγαρεία αυτή, πιο εύκολη και, ως ένα βαθμό, υποφερτή. Και ένα εξ αυτών είναι η ηλεκτρική σκούπα.

Πριν βρεθεί οποιαδήποτε λύση που θα διευκόλυne το ξεσκόνισμα, οι άνθρωποι κρεμούσαν τα χαλιά τους στον τοίχο ή σε μεταλλικές ράβδους και τα κοπανούσαν με ξύλα μέχρι να βγει από μέσα όση περισσότερη σκόνη και βρωμιά γινόταν. Η πρώτη εμπνευσμένη λύση για το σκούπισμα ήρθε από τον Daniel Hess το 1860, η οποία ονομάστηκε καθαριστής χαλιών (carpet sweeper). Ο καθαριστής λοιπόν αυτός είχε μηχανισμό με περιστρεφόμενη βούρτσα, καθώς επίσης και φυσητήρες πάνω από το σώμα που απορροφούσαν τη σκόνη. Μάλιστα ο Hess εκείνη τη χρονιά πήρε βραβείο ευρεσιτεχνίας για τη κατασκευή αυτή.

Ο άνθρωπος που έφερε ένα βήμα μπροστά την εφεύρεση αυτή ήταν ο Ives W. McGaffey. Το 1868 έφτιαξε την πρώτη μηχανή η οποία λειτουργούσε χειροκίνητα με μανιβέλα. Η μηχανή αυτή ήταν ελαφριά, όμως πολύ δύσκολη στο χειρισμό καθώς έπρεπε να γυρίζεται η μανιβέλα ταυτόχρονα με την κίνηση της σκούπας πάνω στο χαλί. Οχτώ χρόνια μετά, ο Melville R. Bissell κατασκεύασε καθαριστή χαλιών που λειτουργούσε με την ώθηση. Η κατασκευή αυτή έγινε για χάρη της γυναίκας του, προκειμένου να σκουπίζει τα πριονίδια από το σπίτι. Αφού όμως ο Melville πέθανε ξαφνικά το 1889, η σύζυγός του ανέλαβε την εταιρία και έγινε μια από τις ισχυρότερες γυναίκες επιχειρηματίες της εποχής. Τον 19ο αιώνα οι γυναίκες δεν είχαν ούτε καν δικαίωμα ψήφου, άρα η διεύθυνση εταιρίας από μια γυναίκα ήταν πολύ σημαντικό κατόρθωμα. Αργότερα, το 1898, ο John S. Thurman κατασκεύασε σκούπα που λειτουργούσε με βενζίνη, για την εταιρία General Compressed Air Company. Η κατασκευή του χρησιμοποιήθηκε από εταιρία καθαρισμού κατ' οίκον. Κοστολόγησε την υπηρεσία του στα 4 δολάρια ανά επίσκεψη.



Εικ. 12 Σκούπα με μανιβέλα (1868)

Ωστόσο η λειτουργία της μηχανής δεν είχε τελειοποιηθεί ακόμα, αφού η σκόνη αντί να απορροφάται, σκορπιζόταν στον αέρα. Ο Hubert Cecil Booth είδε την παρουσίαση της μηχανής αυτής και σκέφτηκε, όπως ισχυρίστηκε ο ίδιος αργότερα, ότι είναι πιο έξυπνο να κατασκευαστεί μία, η οποία θα απορροφά τη σκόνη. Δοκίμασε στην πράξη την ιδέα αυτή. Τοποθέτησε ένα μαντήλι στην καρέκλα ενός εστιατορίου, και βάζοντας το στόμα του στο μαντήλι άρχισε να ρουφά τη σκόνη και ανακάλυψε πως η σκονη αποτυπωνόταν στο ύφασμα.

Έφτιαξε λοιπόν, το 1901, μια μηχανή σκουπίσματος η οποία πρώτα λειτουργούσε με κινητήρα πετρελαίου και αργότερα ηλεκτρικό. Κατάργησε τις περιστρεφόμενες βούρτσες και η δουλειά γινόταν με την απορρόφηση της σκόνης μέσα από μεγάλους σωλήνες που κατέληγαν σε ύφασμα. Ο Booth δεν πουλούσε τη μηχανή του, αλλά σκοπό είχε να προσφέρει υπηρεσίες καθαρισμού. Η μηχανή αυτή, παρά την ευφύεστατη κατασκευή της, έκανε πολύ θόρυβο ο οποίος ενοχλούσε τους γείτονες και τρώμαζε τα άλογα. Πήρε όμως την βασιλική σφραγίδα έγκρισης για τις υπηρεσίες του και ίδρυσε δική του εταιρία.



Εικ. 13 Ο Hubert Cecil Booth και η σκούπα του.

Το 1910, ο P.A. Fisker έφτιαξε την πρώτη ηλεκτρική σκούπα στην Ευρώπη, η οποία μπορούσε να χειριστεί από ένα άτομο. Η σκούπα αυτή ζύγιζε 17,5 κιλά και την ονόμασε Nilfisk. Όμως, 11 χρόνια αργότερα, το 1921 η εταιρία Electrolux έφερε στο προσκήνιο την Model V σκούπα, η οποία ήταν σχεδιασμένη να μετακινείται στο πάτωμα πάνω σε δύο λεπτές μεταλλικές ράβδους. Η ηλεκτρική σκούπα ήταν εκείνη την εποχή είδος πολυτελείας. Αυτό άλλαξε μετά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο όταν άρχισε η μαζική παραγωγή τους (Βλέπε [W8]).

Το 2004, βρετανική εταιρία παρουσίασε την ηλεκτρική σκούπα airider η οποία κατεύθυνε τον αναρροφούμενο αέρα προς το δάπεδο, ώστε να αιωρείται πάνω σε στρώμα αέρα.



Εικ. 14 Airider

Στο διάστημα 1999 – 2000 έγινε το μεγαλύτερο βήμα στην πρόοδο της ηλεκτρικής σκούπας. Κατασκευάστηκαν τα πρώτα αυτόματα οχήματα καθαρισμού δαπέδου ή αλλιώς ρομποτικές ηλεκτρικές σκούπες όπως η Intellibot, Robomaxx, Trilobite, Roomba, FloorBot και η Dyson.



Εικ. 15 Αυτόματα οχήματα καθαρισμού δαπέδου

Σήμερα, οι αυτόματοι καθαριστές δαπέδου έχουν εξελιχθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό. Οι δυνατότητες τους έχουν βελτιωθεί (μεγαλύτερη διάρκεια μπαταρίας, ταχύτερη αντίδραση στα εμπόδια, γρηγορότερος καθαρισμός), μπορούν να καθαρίζουν το δάπεδο με καθαριστικό υγρό, επιστρέφουν σε βάση για φόρτιση των μπαταριών, μπορούν να συνεργάζονται περισσότερα από ένα για τον καθαρισμό ενός χώρου ή ακόμη να περιοριστούν στο καθαρισμό μέρους του δωματίου, τοποθετώντας ειδικούς πομπούς υπερύθρων. Μάλιστα το RC3000, της KARCHER, επιστρέφει στην βάση όχι μόνο για φόρτιση των μπαταριών αλλά και για άδειασμα του δοχείου με την σκόνη για να επιτύχει μεγαλύτερο χρόνο καθαρισμού.



Εικ. 16 RC3000 της Karcher



Εικ. 17 Βάσεις φόρτισης



Εικ. 18 Πομποί υπέρυθρων για περιορισμό κίνησης των ρομπότ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας ήταν η βελτιστοποίηση ακόμη περισσότερο των υπάρχοντων συστημάτων. Στόχος ήταν η κατασκευή οχήματος το οποίο θα επιστέφει στην βάση για φόρτιση, συμπλήρωση καθαρού υγρού και άδειασμα του βρώμικου στην βάση. Χρησιμοποιώντας μέρη από υπάρχον αυτοματοποιημένο ρομπότ υγρού καθαρισμού δαπέδου, κατασκευάστηκε το όχημα, απεναντίας, η δημιουργία της βάσης έγινε από το μηδέν. Στο επόμενο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η κατασκευή και τα μέρη από τα οποία αποτελείται.

2 Η Κατασκευή

2.1 Σενάριο Λειτουργίας

Το όχημα:

Το όχημα καθαρισμού διαθέτει τέσσερα προγράμματα λειτουργίας τα οποία εμφανίζονται στην lcd οθόνη και ο χρήστης μπορεί να επιλέξει με την βοήθεια των πλήκτρων αυτό που θέλει. Τα προγράμματα λειτουργίας είναι:

I. Άμεση έναρξη καθαρισμού

Αν επιλεγεί η «άμεση έναρξη» το όχημα κάνει έλεγχο της στάθμης του καθαρού νερού στο δοχείο και αν το νερό επαρκεί ξεκινάει την διαδικασία καθαρισμού. Αν το νερό δεν είναι αρκετό ξεκινάει την διαδικασία της αναζήτησης, της βάσης, στην οποία όταν εισέλθει κάνει πλήρωση των υγρών.

Η διαδικασία καθαρισμού του δαπέδου ξεκινά με μια σπирάλ κίνηση από μέσα προς τα έξω, για να καλύψει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη επιφάνεια με την πρώτη κίνηση. Για αυτό ο χρήστης αν τοποθετήσει το όχημα στο κέντρο του δωματίου θα πετύχει τον βέλτιστο καθαρισμό του χώρου. Η σπирάλ αυτή κίνηση, διακόπτεται στο πρώτο αντικείμενο που θα βρεθεί μπροστά από το όχημα ή σε περίπτωση που βρεθεί πάνω από σκαλοπάτι. Στην συνέχεια ακολουθεί μια τυχαία και μη, κίνηση μέσα στον χώρο αποφεύγοντας τα εμπόδια και τα σκαλοπάτια. Ο καθαρισμός γίνεται σε τρία στάδια. Το όχημα στο μπροστινό μέρος διαθέτει σκούπα αναρρόφησης για την σκόνη, τα ψίχουλα, τα χώματα και άλλα. Στο επόμενο στάδιο βρίσκονται οι ψεκαστές νερού και μια περιστρεφόμενη βούρτσα για αποτελεσματικό καθαρισμό του δαπέδου. Στο πίσω μέρος βρίσκεται άλλη μια σκούπα αναρρόφησης η οποία μαζεύει το βρώμικο νερό από το δάπεδο. Την διαδικασία του καθαρισμού την κάνει για προσδιορισμένο χρονικό διάστημα, ο οποίος έχει υπολογιστεί ότι αρκεί για τον καθαρισμό ενός μεγάλου δωματίου. Η διαδικασία καθαρισμού μπορεί να διακοπεί στην περίπτωση που το ζητήσει ο χρήστης, πατώντας το μπουτόν stop, μπορεί να συνεχίσει από εκεί που σταμάτησε πατώντας το μπουτόν start ή να διακοπεί οριστικά πατώντας ξανά το stop. Η διακοπή στην λειτουργία θα γίνει επίσης αν ανοιχτεί το καπάκι των δοχείων του οχήματος, στην περίπτωση αυτή το όχημα σταματάει και εμφανίζεται το αντίστοιχο μήνυμα στην lcd οθόνη και παραμένει σταματημένο μέχρις ότου να κλείσει ο χρήστης το καπάκι. Αν κατά την διάρκεια του καθαρισμού αδειάσει το δοχείο του καθαρού νερού ή γεμίσει το δοχείο του βρώμικου νερού ή οι μπαταρίες έχουν τάση μικρότερη από την απαιτούμενη για την ορθή λειτουργία του οχήματος, τότε το όχημα ξεκινά την διαδικασία επιστροφής στην βάση. Όταν εισέλθει στην βάση και ολοκληρωθούν οι διαδικασίες πλήρωσης υγρών και φόρτισης το όχημα βγαίνει και συνεχίζει το καθαρισμό. Η διαδικασία επιστροφής στην βάση μπορεί να επαναληφτεί μερικές φορές κατά την διάρκεια ενός προγράμματος καθαρισμού. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία του καθαρισμού το όχημα μπαίνει σε λειτουργία στεγνώματος δαπέδου που περιγράφεται παρακάτω, για λίγα λεπτά και στην συνέχεια επιστρέφει στην βάση και αναμένει εκεί μέχρι να πατηθεί από τον χρήστη το πλήκτρο GET OUT το οποίο βρίσκεται πάνω στην βάση και αφού εξέλθει το όχημα μπορεί να γίνει η επιλογή ξανά κάποιου προγράμματος λειτουργίας.

II. Έναρξη καθαρισμού με χρονοκαθυστέρηση

Αν επιλεγεί το πρόγραμμα λειτουργίας «καθαρισμός με χρονοκαθυστέρηση» εμφανίζεται στην lcd οθόνη η επιλογή του χρόνου καθυστέρησης όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από 30 λεπτά έως 12 ώρες. Αφού επιλέξει τον χρόνο με τους κατάλληλους χειρισμούς από τα πλήκτρα, το όχημα μπαίνει σε αναμονή για το χρονικό διάστημα αυτό και ενεργοποιείται μετά την λήξη του χρόνου. Η διαδικασία που ακολουθείται μετά είναι ίδια ακριβώς με αυτήν που περιγράφεται παραπάνω στο πρόγραμμα λειτουργίας «Άμεση έναρξη καθαρισμού».

III. Στέγνωμα δαπέδου

Η λειτουργία «στέγνωμα δαπέδου» είναι χρήσιμη σε δύο περιπτώσεις. Πρώτον, στην περίπτωση που ο χρήστης θέλει να στεγνώσει πιο γρήγορα το δάπεδο μετά από την λειτουργία καθαρισμού, και δεύτερον, όταν ο χρήστης θέλει να στεγνώσει το δάπεδο του μπάνιου ή κάποιου άλλου χώρου που έχουν τρέξει νερά. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι ίδια με αυτήν της λειτουργίας του καθαρισμού με την μόνη διαφορά ότι δεν γίνεται έλεγχος της στάθμης του καθαρού νερού και δεν ενεργοποιείται η τρόμπτα ψεκασμού νερού κατά την κίνηση του οχήματος.

IV. Επιστροφή στην βάση

Αν επιλεγεί το πρόγραμμα λειτουργίας «επιστροφή στη βάση» το όχημα ξεκινάει άμεσα την αναζήτηση της βάσης. Αρχικά κάνει μια περιστροφή 360° για να εντοπίσει το μέγιστο σήμα και στην συνέχεια κατευθύνεται προς αυτό αποφεύγοντας τα εμπόδια στο δρόμο του. Σε περίπτωση που βρεθεί μέσα στη βάση αλλά δε γίνει σωστή σύνδεση με αυτή, για να υπάρξει επικοινωνία και ανταλλαγή πληροφοριών, το όχημα αποχωρεί και δοκιμάζει να εισέλθει ξανά. Αφού βρεθεί τελικά στη βάση αναμένει εκεί μέχρι να πατηθεί από τον χρήστη το πλήκτρο GET OUT το οποίο βρίσκεται επάνω σε αυτή.



Εικ. 19 Είσοδος οχήματος στην βάση

Η βάση:

Η βάση εκτελεί και αυτή κάποιες διαδικασίες με τη διαφορά πως αυτές δεν ελέγχονται από τον χρήστη αλλά από το όχημα. Το μόνο που πρέπει να κάνει ο χρήστης με την βάση είναι η συμπλήρωση του δοχείου με το καθαρό νερό, το άδειασμα του δοχείου με το βρώμικο νερό και η παροχή ρεύματος. Τα υπόλοιπα να αναλαμβάνει το όχημα. Μόλις εισέλθει λοιπόν το όχημα μέσα στην βάση και ενεργοποιηθεί ο εσωτερικός διακόπτης, αυτή θα προσπαθήσει με έναν σερβομηχανισμό να «κουμπώσει» το φινις της επικοινωνίας στο πλάι του οχήματος. Μόλις γίνει αυτό επικοινωνεί η βάση με το όχημα για επιβεβαίωση της σύνδεσης. Αν η σύνδεση έχει γίνει σωστά το όχημα θα ενημερώσει την βάση για τον λόγο της επιστροφής του σε αυτήν. Δηλαδή, αν έχει επιστρέψει λόγω έλλειψης καθαρού νερού, υπερχειλίσης του βρώμικου νερού, χαμηλής τάσης των μπαταριών ή λόγω εντολής από τον χρήστη. Στην περίπτωση που πρέπει να γίνει συμπλήρωση καθαρού νερού ή άδειασμα του βρώμικου, η βάση τις εκτελεί και τις δύο για να μην επιστέφει το όχημα κάθε λίγο στην βάση. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι να ανοίξει πρώτα το καπάκι των δοχείων με έναν σερβομηχανισμό, να κατέβει το σωληνάκι τις τρόμπτες νερού μέσα στο δοχείο με το βρώμικο νερό με την βοήθεια ενός άλλου σερβομηχανισμού, να ανοίξει με άλλο σερβομηχανισμό, η βάννα με του δοχείου με το καθαρό νερό για να αρχίσει η ροή του μέσα στο όχημα. Ένας ακόμη σερβομηχανισμός εκτελεί την λειτουργία της τρόμπτας νερού για να αδειάσει το δοχείο του βρώμικου νερού.

Όταν το πρώτο δοχείο γεμίσει, η βάννα σταματά την ροή του νερού και όταν αδειάσει το δεύτερο δοχείο σταματάει η τρόμπα νερού και το σωληνάκι βγαίνει από το όχημα. Τέλος ένας σερβομηχανισμός κλείνει το καπάκι των δοχείων.

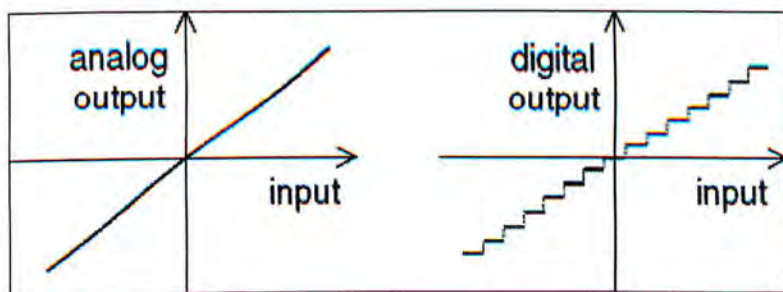
Στην περίπτωση που το όχημα επέστρεψε για φόρτιση μπαταριών, τότε θα ενεργοποιηθεί η **τροφοδοσία σε ένα από τα pins του φινς επικοινωνίας για να φορτιστούν οι μπαταρίες. Εάν το όχημα επέστρεψε στην βάση από εντολή του χρήστη τότε θα παραμένει μέσα μέχρι να πατηθεί το πλήκτρο GET OUT.**

Όταν τελικά ολοκληρωθούν οι εργασίες ή εάν πατηθεί το πλήκτρο GET OUT, η βάση θα ενημερώσει το όχημα και θα γίνει η αποσύνδεση του φινς. Το όχημα συνεχίζει τις λειτουργίες του μετά, όπως περιγράφεται παραπάνω.

2.2 Βασικά εξαρτήματα

2.2.1 Αισθητήρες

Οι αισθητήρες δίνουν τη δυνατότητα μετατροπής ενός φυσικού μεγέθους σε ένα άλλο (συχνότερα ηλεκτρικό), το οποίο είναι πιο εύκολο να μετρηθεί ή να χρησιμοποιηθεί και να αξιοποιηθεί πρακτικά. Για να γίνει δυνατή η ανάγνωση της εξόδου ενός αισθητήρα από κάποιο μικροελεγκτή, χρησιμοποιούνται μετατροπείς ώστε το σήμα εξόδου, να μπορεί να μετασχηματιστεί σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή (Σχήμα 1) (Βλέπε [2]).



Σχήμα 1 Αναλογική(αριστερά) και ψηφιακή(δεξιά) έξοδος

Κατηγορίες αισθητήρων :

Οι αισθητήρες διακρίνονται σε *ενεργητικούς* και σε *παθητικούς*. Παθητικοί ονομάζονται αυτοί οι οποίοι βασίζονται στην παροχή από το περιβάλλον του μέσου προς παρατήρηση, για παράδειγμα, μια κάμερα απαιτεί κάποια ποσότητα φωτισμού ώστε να μπορέσει να εμφανίσει την εικόνα. Οι ενεργητικοί αισθητήρες, αντιθέτως, εξάγουν ενέργεια προς το περιβάλλον ώστε να το ενισχύσουν ή να το μετατρέψουν, για παράδειγμα, ένα σόναρ εξάγει κάποιον ήχο, λαμβάνει την ηχώ και μετρά τον ενδιάμεσο χρόνο (Βλέπε [3,4]) .

Από την πλευρά ενός μηχανικού είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να διαχωριστούν οι αισθητήρες αναλόγως με το σήμα στην έξοδό τους. Αυτό καθίσταται σημαντικό για την ενσωμάτωσή τους σε ένα σύστημα. Στον πίνακα (πίνακας 1) που ακολουθεί διακρίνουμε ορισμένες μορφές σημάτων στην έξοδο αισθητήρων και δίπλα κάποιες εφαρμογές στις οποίες χρησιμεύουν.

Έξοδος Αισθητήρα	Εφαρμογή
Διαδικό σήμα (0 ή 1)	Αισθητήρας επαφής
Αναλογικό σήμα (π.χ. 0...5V)	Κλινόμετρο
Χρονικό σήμα (π.χ. PWM)	Γυροσκόπιο
Σειριακή σύνδεση (RS232 ή USB)	Μονάδα GPS
Παράλληλη σύνδεση	Ψηφιακή κάμερα

Πίνακας 1 Έξοδοι αισθητήρων

Παρατηρώντας τους αισθητήρες από την πλευρά των εφαρμογών τους χρειάζεται ένας διαφορετικός διαχωρισμός. Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 2) παρουσιάζονται αυτοί οι διαχωρισμοί.

	Τοπικοί	Περιφερειακοί
Εσωτερικοί	<p>Παθητικοί αισθητήρες</p> <p>μπαταρίας, θερμοκρασίας, επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο, πυξίδα</p> <p>Ενεργητικοί αισθητήρες</p> <p>—</p>	<p>Παθητικοί αισθητήρες</p> <p>—</p> <p>Ενεργητικοί αισθητήρες</p> <p>—</p>
Εξωτερικοί	<p>Παθητικοί αισθητήρες</p> <p>ενσωματωμένη κάμερα</p> <p>Ενεργητικοί αισθητήρες</p> <p>υπερύθρων, laser scanner, sonar</p>	<p>Παθητικοί αισθητήρες</p> <p>εξωτερική κάμερα, δορυφορικό GPS</p> <p>Ενεργητικοί αισθητήρες</p> <p>γενικό sonar ή οποιοδήποτε άλλο γενικό σύστημα εντοπισμού θέσεως</p>

Πίνακας 2 Διαχωρισμός αισθητήρων

Σε αυτό το σημείο πρέπει να διευκρινιστούν κάποιοι όροι που χρησιμοποιήθηκαν παραπάνω:

- Τοπικοί αισθητήρες : Είναι οι αισθητήρες οι οποίοι βρίσκονται επάνω στο ρομπότ.
- Περιφερειακοί αισθητήρες : Είναι οι αισθητήρες οι οποίοι βρίσκονται στο περιβάλλον του ρομπότ και αλληλεπιδρούν με αυτό μεταδίδοντας δεδομένα προς αυτό.
- Εσωτερικοί αισθητήρες : Είναι οι αισθητήρες οι οποίοι παρακολουθούν την εσωτερική κατάσταση του ρομπότ.
- Εξωτερικοί αισθητήρες : Είναι οι αισθητήρες οι οποίοι παρακολουθούν το περιβάλλον του ρομπότ (Βλέπε [5]).

Χαρακτηριστικά αισθητήρων:

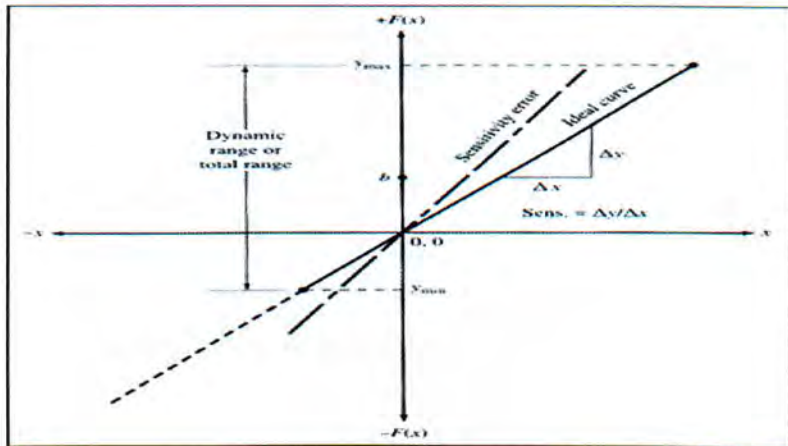
Η επιλογή του κατάλληλου αισθητηρίου για κάθε περίπτωση γίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά του. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των αισθητήρων είναι:

1. Το εύρος

Η διαφορά ανάμεσα στη μέγιστη και την ελάχιστη τιμή εισόδου ενός αισθητήρα που θα δώσει μια έγκυρη έξοδο ονομάζεται εύρος (Σχήμα 2). Αυτό συνήθως καθορίζεται από τον κατασκευαστή.

2. Η ευαισθησία

Με τον όρο ευαισθησία ενός αισθητήρα εννοούμε τη μικρότερη δυνατή τιμή εισόδου που μπορεί να πάρει αυτός, ώστε να μας δώσει την επιθυμητή τιμή στην έξοδο (Σχήμα 2).



Σχήμα 2 Εύρος και ευαισθησία σήματος. Πηγή: J.J. Carr, *Sensors and Circuits* Prentice Hall.

3. Το σφάλμα

Σφάλμα ονομάζεται η διαφορά ανάμεσα στη μετρούμενη και την αναμενόμενη τιμή στην έξοδο του αισθητήρα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Τα σφάλματα διακρίνονται σε 2 κατηγορίες στα τυχαία και τα επαναλαμβανόμενα. Τα επαναλαμβανόμενα σφάλματα εμφανίζονται σε κάθε μέτρηση με κάποιο συγκεκριμένο αισθητήρα και δε μπορούν να ανιχνευθούν ή να αφαιρεθούν. Αντιθέτως, τα τυχαία σφάλματα εμφανίζονται σε κάποια μέτρηση και συνήθως οφείλονται σε εξωγενείς παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον αισθητήρα.

4. Η επαναληψιμότητα

Με τον όρο επαναληψιμότητα αναφερόμαστε στην ικανότητα του αισθητήρα να δίνει περίπου την ίδια τιμή εξόδου για κάθε ίδια είσοδο που του δίνουμε (Βλέπε [6]).

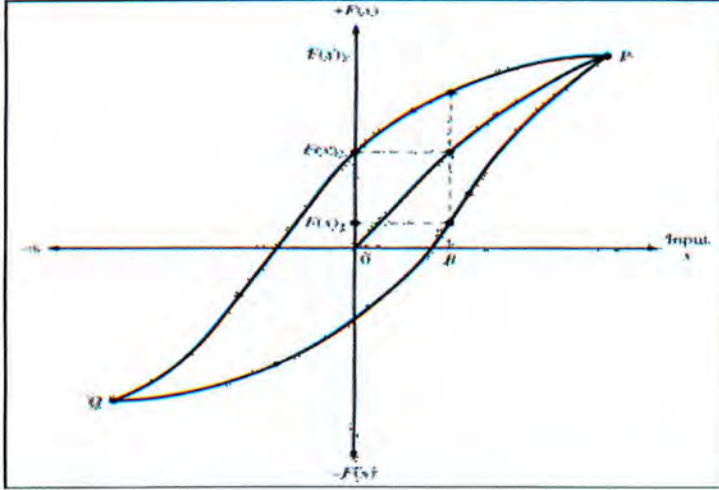
5. Η ακρίβεια

Με τον όρο ακρίβεια εννοούμε τη διαφορά ανάμεσα στην αναμενόμενη και τη μετρούμενη τιμή στην έξοδο του αισθητήρα. Με λίγα λόγια αποτελεί την εγγύτητα της τιμής εξόδου προς τη τιμή εισόδου. Η ακρίβεια είναι αντιστρόφως ανάλογη του σφάλματος.

6. Υστέρηση

Η μέτρηση της δυνατότητας του μετατροπέα να ακολουθεί, ανεξαρτέτως κατεύθυνσης, τις αλλαγές που επιτελούνται στην είσοδο του αισθητήρα ονομάζεται υστέρηση. Στο σχήμα 3 παρατηρούμε μια συνηθισμένη καμπύλη

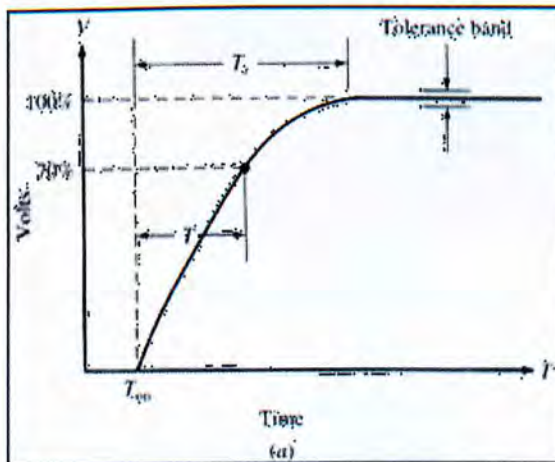
υστέρησης. Παρατηρούμε πως πλησιάζοντας μια σταθερή τιμή εισόδου (σημείο B) από μια μεγαλύτερη τιμή (σημείο P) θα οδηγηθούμε σε μια διαφορετική ένδειξη απ' ό,τι πλησιάζοντας την ίδια τιμή εισόδου από μια μικρότερη (σημείο Q ή μηδέν). Βλέπουμε πως η τιμή B μπορεί να αναπαρασταθεί σε τρία διαφορετικά σημεία ($f(x_1)$, $f(x_2)$, $f(x_3)$), αναλόγως από την αμέσως προηγούμενη τιμή. Εμφανίζεται ένα καθαρό σφάλμα υστέρησης.



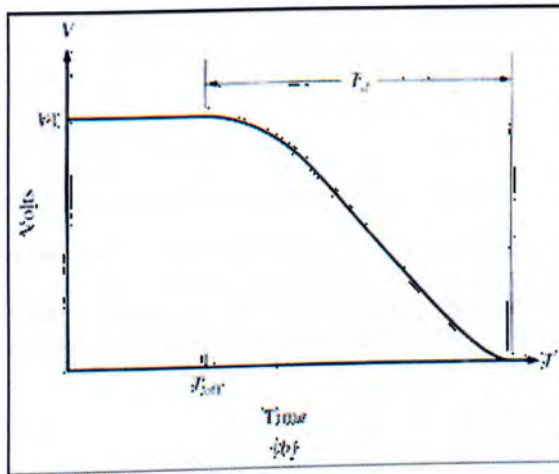
Σχήμα 3 Καμπύλη υστέρησης. Πηγή: J.J. Carr, *Sensors and Circuits* Prentice Hall.

7. Χρόνος αντίδρασης

Η έξοδος ενός αισθητήρα δεν αλλάζει ταυτόχρονα με την αλλαγή των παραμέτρων της εισόδου του. Η αλλαγή θα συμβεί ύστερα από κάποιο χρόνο. Αυτός ο χρόνος ονομάζεται χρόνος αντίδρασης. Ως χρόνος αντίδρασης ορίζεται ο χρόνος που απαιτείται ώστε να αλλάξει η έξοδος ενός αισθητήρα από την προηγούμενη τιμή στην επόμενη εντός ενός ορίου ανοχής (Tolerance band). Στα σχήματα 4 και 5 φαίνονται δύο διαφορετικοί τύποι χρόνου αντίδρασης. Στο σχήμα 4 βλέπουμε τη καμπύλη η οποία αναπαριστά το χρόνο αντίδρασης για θετικό παλμό στην είσοδο, ενώ στο σχήμα 5 για αρνητικό (Βλέπε [W9]).



Σχήμα 4 Χρόνος αντίδρασης για θετικό παλμό (Χρόνος ανόδου). Πηγή: J.J. Carr, *Sensors and Circuits* Prentice Hall.



Σχήμα 5 Χρόνος αντίδρασης για αρνητικό παλμό (Χρόνος καθόδου). Πηγή: J.J. Carr, *Sensors and Circuits* Prentice Hall.

2.2.2 Ενεργοποιητές

Υπάρχουν πολλών ειδών ρομπωτικοί ενεργοποιητές. Οι πιο συνηθισμένοι είναι οι ηλεκτρικοί κινητήρες οι πνευματικοί και οι υδραυλικοί ενεργοποιητές. Εμείς θα ασχοληθούμε με τους ηλεκτρικούς κινητήρες σταθερού ρεύματος. Σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται οι κοινοί DC κινητήρες, οι βηματικοί κινητήρες και οι σερβομηχανισμοί οι οποίοι είναι DC κινητήρες με ενσωματωμένο μηχανισμό ανίχνευσης θέσεως (Βλέπε [7]).



Εικ. 20 DC κινητήρας, σερβομηχανισμός και βηματικός κινητήρας

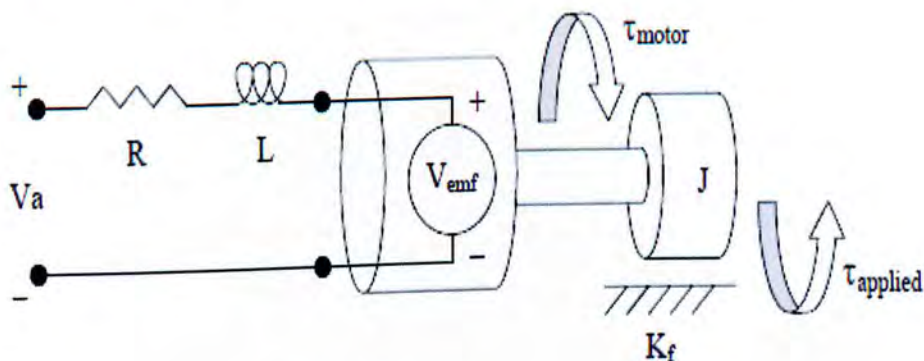
DC κινητήρες

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες συνεχούς ρεύματος είναι οι πιο διαδεδομένοι και χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην κίνηση των ρομπότ. Οι συγκεκριμένοι κινητήρες είναι αθόρυβοι και έχουν αρκετή ισχύ ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές εφαρμογές. Προτού

Ξεκινήσουμε τη διαδικασία κατασκευής του ρομπότ πρέπει να αποφασίσουμε για το καταλληλότερο σύστημα κινητήρα. Η καταλληλότερη επιλογή είναι ένας συνδυασμός αποτελούμενος από:

- DC κινητήρα
- Ελεγκτή ταχύτητας
- Οπτική ή μαγνητική παλμογεννήτρια επιστροφής (encoder)

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των συνδυαστικών συστημάτων κινητήρων είναι ο μικρός τους όγκος και η καλή μόνωση από τη σκόνη και από το φως το οποίο επηρεάζει αρνητικά τις οπτικές παλμογεννήτριες επιστροφής. Το κυριότερο μειονέκτημά τους είναι η δυσκολία αλλαγής της σχέσης μετάδοσης ή ακόμα και η παντελής έλλειψη δυνατότητας αλλαγής.



Σχήμα 6 Μοντέλο κινητήρα

Στο παραπάνω σχήμα (Σχήμα 6) παρατηρούμε ένα απλό μοντέλο DC κινητήρα. Μια τάση V_a εφαρμόζεται στους ακροδέκτες του κινητήρα, η οποία δημιουργεί ρεύμα i στον σπλισμό του. Η περιστροφική δύναμη τ_m που παράγεται από τον κινητήρα είναι ανάλογη του ρεύματος και το K_m είναι η σταθερά περιστροφής του κινητήρα:

$$\tau_m = K_m * i$$

Κρίνεται σημαντική η επιλογή ενός κινητήρα με τη κατάλληλη δύναμη για τη συγκεκριμένη λειτουργία που επιθυμούμε να επιτελέσει. Η ισχύς P_o στην έξοδο ενός περιστροφικού DC κινητήρα ισούται με τη γωνιακή ταχύτητα ω του άξονα πολλαπλασιασμένη με την εφαρμοσμένη περιστροφική δύναμη τ_a :

$$P_o = \tau_a * \omega$$

Η ισχύς P_i στην είσοδο του κινητήρα ισούται με την τάση στα άκρα του πολλαπλασιασμένη με το ρεύμα.

$$P_i = V_a * i$$

Εξαιτίας του ρεύματος που διαρρέει τους σπλισμούς του κινητήρα έχουμε επίσης απώλεια ισχύος με τη μορφή θερμότητας. Η απώλεια αυτή ισούται με:

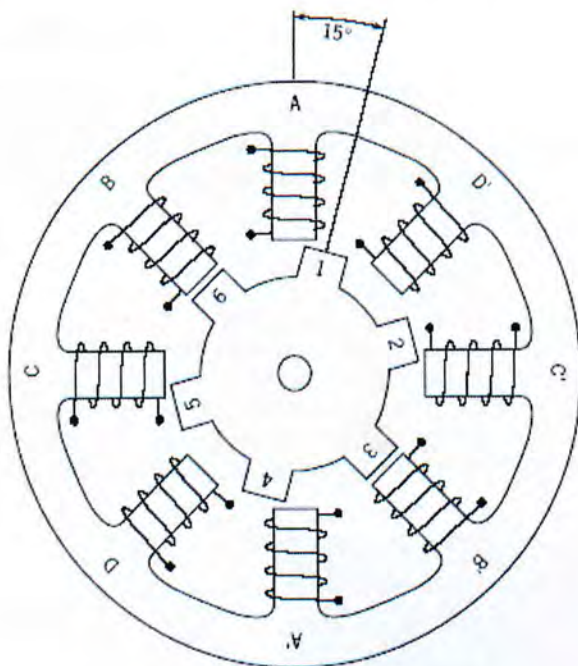
$$P_t = R * i^2$$

Η απόδοση η του κινητήρα μετριέται βάση της μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική. Έτσι μπορεί να ορισθεί ως ο λόγος της ισχύος που παράγεται στη έξοδο προς την ισχύ που απαιτείται στην είσοδο του κινητήρα:

$$\eta = P_o / P_i = \tau_a * \omega / V_a * i \quad (\text{Βλέπε [5]}).$$

Βηματικοί κινητήρες

Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούν συνδυασμό ηλεκτρικών παλμών για την κίνησή τους. Στο σχήμα παρακάτω (Σχήμα 7) παρουσιάζεται η διατομή ενός βηματικού κινητήρα. Ο κινητήρας αυτός 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 ρότορας 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 μοίρες λόγω των μαγνητικών δυνάμεων που εφαρμόζονται σε αυτόν. Η γωνία αυτή ονομάζεται βήμα του κινητήρα (Βλέπε [8]).



Σχήμα 7 Διατομή βηματικού κινητήρα

Πιο αναλυτικά, βλέπουμε τη θέση του κινητήρα όταν το ηλεκτρικό ρεύμα εφαρμόζεται στο ζεύγος B και B'. Τότε οι οδοντώσεις 6 και 3 ευθυγραμμίζονται, λόγω της μαγνητικής έλξης, με τους ηλεκτρομαγνήτες B και B' αντίστοιχα. Στην συνέχεια εάν πάψει η εφαρμογή του ρεύματος στο ζεύγος B, B' και μεταφερθεί στο C και C' τότε το αποτέλεσμα θα είναι η ευθυγράμμιση των οδοντώσεων 5 και 2 με τα C και C' και έτσι ο ρότορας στρέφεται 15 μοίρες κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Εάν στη συνέχεια το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφερθεί στο ζεύγος D και D' τότε τα πηνία αυτά θα ευθυγραμμιστούν με τις οδοντώσεις 4 και 1 αντίστοιχα και ο ρότορας θα περιστραφεί κατά 15 μοίρες ακόμη. Για τη συνεχή κίνηση του κινητήρα αρκεί η ανάλογη εναλλαγή της παροχής ηλεκτρικού ρεύματος σε διαδοχικά ζεύγη πηνίων. Όσο πιο γρήγορα γίνεται η εναλλαγή αυτή τόσο αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα. Για να αντιστραφεί η φορά περιστροφής του κινητήρα αρκεί να αντιστραφεί η σειρά με την οποία εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση στα ζεύγη των ηλεκτρομαγνητών.

Η μέθοδος ανοιχτού βρόχου χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των βηματικών κινητήρων. Μετρώντας τον αριθμό και τις εναλλαγές των παλμών που αποστέλλονται από τον ελεγκτή προς τον κινητήρα, μπορεί να υπολογιστεί η θέση του σε κάθε χρονική στιγμή. Δεν χρειάζεται να υπάρχει ανάδραση πληροφορίας από κάποιον αισθητήρα θέσης προς τον ελεγκτή, κάτι που είναι απαραίτητο στον έλεγχο κλειστού βρόχου.

Πλεονεκτήματα βηματικού κινητήρα

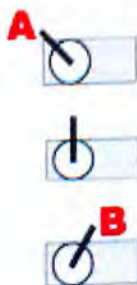
- Σε αντίθεση με τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος, δεν χρειάζεται φρένα για να μένει ακίνητος ή για να επιβραδυνθεί.
- Στις μικρές ταχύτητες περιστροφής, αλλά και κατά την εκκίνησή του, παράγει μεγάλες τιμές ροπής.
- Είναι πολύ αξιόπιστος καθώς για τη λειτουργία του δεν απαιτούνται κινούμενες ηλεκτρικές επαφές, όπως στον κινητήρα συνεχούς ρεύματος και έτσι η διάρκεια ζωής του εξαρτάται μόνο από την αξιοπιστία του εδράνου κύλισης.
- Δεν απαιτείται χρήση αισθητήρων και κυκλωμάτων ανάδρασης για τον προσδιορισμό της θέσης του άξονα κίνησης.
- Ο βηματικός κινητήρας μπορεί να επιτύχει μεγάλο εύρος ταχυτήτων περιστροφής.
- Ο βηματικός κινητήρας μπορεί να επιτύχει πολύ χαμηλές ταχύτητες περιστροφής.

Μειονεκτήματα βηματικού κινητήρα

- Θορυβώδης λειτουργία.
- Αδυναμία περιστροφής σε υψηλές ταχύτητες.
- Κατά τη μετακίνηση φορτίων μεγάλης μάζας μπορεί να μη σταματήσει ακαριαία ο κινητήρας, λόγω της αυξημένης αδράνειας (Βλέπε [W10]).

Σερβομηχανισμοί

Ο σερβομηχανισμός ή αλλιώς σέρβο είναι συσκευή που αποτελείται από έναν ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος, ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που ελέγχει τη θέση του τελικού άξονα κίνησης και ένα κιβώτιο υποβιβασμού της σχέσης μετάδοσης του κινητήρα. Ο τελικός άξονας κίνησης δεν εκτελεί πλήρεις περιστροφές, αλλά περιστρέφεται μεταξύ δύο ακραίων θέσεων A, B. Για τη λειτουργία του σέρβο απαιτείται η παροχή της κατάλληλης ηλεκτρικής τάσης αλλά και ενός σήματος ελέγχου που καθορίζει τη θέση περιστροφής του τελικού άξονα.



Σχήμα 8 Ακραίες θέσεις σερβομηχανισμού

Εικ. 21 Σερβομηχανισμός

Για τον έλεγχο του σέρβο απαιτείται εξειδικευμένος ελεγκτής και χρησιμοποιείται η μέθοδος ελέγχου ανοιχτού βρόχου. Πιο συγκεκριμένα, ο ελεγκτής διαμορφώνει και μεταδίδει στο σέρβο ηλεκτρικούς παλμούς, ανάλογα με τη θέση στην οποία πρέπει να περιστραφεί ο άξονας του σέρβο. Οι ηλεκτρικοί παλμοί λαμβάνονται και αποκωδικοποιούνται από το σέρβο, με τη βοήθεια του κυκλώματος ελέγχου που περιλαμβάνεται σε αυτό. Στη συνέχεια, μετά την αποκωδικοποίηση του ηλεκτρικού σήματος των παλμών, το κύκλωμα ελέγχου του σέρβο οδηγεί τον κινητήρα του στην κατάλληλη θέση.

Στη μέθοδο ελέγχου ανοιχτού βρόχου υπάρχει επικοινωνία μιας κατεύθυνσης, από τον ελεγκτή προς το σύστημα που πρόκειται να ελεγχθεί. Δεν υπάρχει ανατροφοδότηση πληροφορίας από το σύστημα προς τον ελεγκτή. Για το λόγο αυτό η μέθοδος ανοιχτού βρόχου δεν χρησιμοποιεί αισθητήρες όπως η μέθοδος κλειστού βρόχου.

Τα σέρβο χρησιμοποιούνται σε τηλεκατευθυνόμενα μοντέλα αλλά και σε πολλές ρομποτικές εφαρμογές.

Πλεονεκτήματα

- Χαμηλό κόστος.
- Μικρές διαστάσεις και εύχρηστο σχήμα: όλα τα τμήματά ενός σέρβο περιβάλλονται από ένα συμπαγές περίβλημα από το οποίο εξέρχει μόνο ο τελικός άξονας κίνησης.
- Παράγουν υψηλές τιμές ροπής.
- Δεν απαιτείται χρήση αισθητήρων και κυκλωμάτων ανάδρασης για τον προσδιορισμό της θέσης του άξονα κίνησης.

Μειονεκτήματα

- Αδυναμία εκτέλεσης πλήρους και συνεχούς περιστροφής.

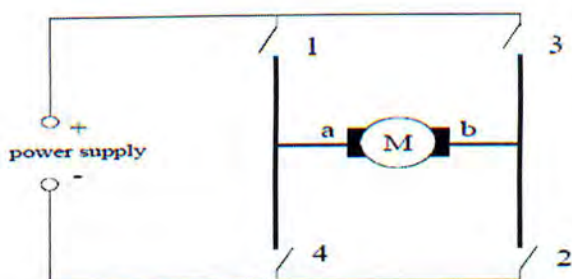
Χαρακτηριστικά ηλεκτρικών κινητήρων

Τα μεγέθη που χαρακτηρίζουν τους ηλεκτροκινητήρες των ρομποτικών εφαρμογών είναι:

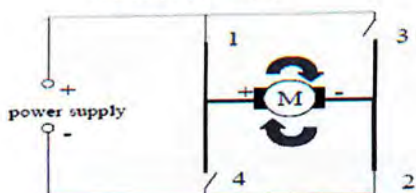
- *Τάση λειτουργίας*, μετράται σε Volts και είναι η τάση που πρέπει να έχει το ηλεκτρικό ρεύμα τροφοδοσίας ώστε ο κινητήρας να λειτουργεί σωστά.
- *Ένταση του ρεύματος*, μετράται σε Amps και είναι η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον κινητήρα όταν αυτός λειτουργεί. Η ένταση αυτή είναι ανάλογη του φορτίου του κινητήρα. Η ελάχιστη τιμή της αντιστοιχεί στην ελεύθερη περιστροφή του κινητήρα. Εάν ο κινητήρας έχει φορτίο η τιμή αυτή αυξάνεται. 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*, στους σερβοκινητήρες μετράται σε στροφές ανά λεπτό, στα σέρβο σε μοίρες ανά λεπτό και στους βηματικούς κινητήρες σε βήματα ανά δευτερόλεπτο. Πρόκειται για την ταχύτητα περιστροφής του άξονα του κινητήρα, όταν ο κινητήρας λειτουργεί υπό κανονική ηλεκτρική τάση και με δεδομένο φορτίο.
- *Ροπή*, μετράται σε Nm (Newton meters) και είναι η ροπή που παράγει ο κινητήρας στις διάφορες ταχύτητες περιστροφής του. Η μέγιστη τιμή ροπής κάθε κινητήρα, που ονομάζεται ροπή ακινητοποίησης, είναι η ροπή που παράγει όταν το φορτίο που αντιμετωπίζει είναι τόσο μεγάλο, ώστε να τον ακινητοποιεί (Βλέπε [W10]).

2.2.3 Γέφυρα-H (H-bridge)

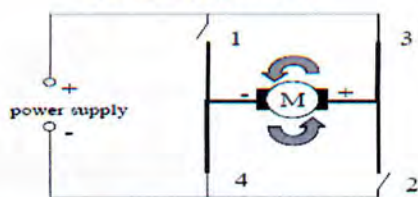
Η γέφυρα - H χρησιμοποιείται στις περισσότερες εφαρμογές είτε καλύπτοντας την ανάγκη περιστροφής του κινητήρα και στις δυο κατευθύνσεις είτε τροποποιώντας την ταχύτητά του. Στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 9) παρατηρούμε τη λειτουργία της γέφυρας - H. Κλείνοντας τους διακόπτες 1 και 2 ο θετικός πόλος της πηγής πηγαίνει στον ακροδέκτη a του κινητήρα, ενώ ο αρνητικός στον ακροδέκτη b και ο κινητήρας κινείται δεξιόστροφα. Με τον ίδιο τρόπο, κλείνοντας τους 3 και 4 ο αρνητικός πόλος της πηγής πηγαίνει στον ακροδέκτη a του κινητήρα, ενώ ο θετικός στον ακροδέκτη b και ο κινητήρας κινείται αριστερόστροφα.



Δεξιόστροφη κίνηση :

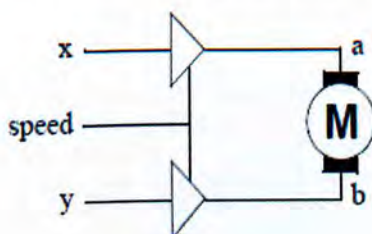


Αριστερόστροφη κίνηση :



Σχήμα 9 Γέφυρα - Η και οι λειτουργίες της

Ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιείται μια γέφυρα - Η σε ένα μικροελεγκτή είναι χρησιμοποιώντας ενισχυτή ισχύος στις εξόδους του. Αυτό συμβαίνει λόγω της αδυναμίας των εξόδων του μικροελεγκτή να παράσχουν στον κινητήρα το ρεύμα που χρειάζεται. Μάλιστα επειδή ένας κινητήρας μπορεί να τραβήξει 1 Ampere ή και παραπάνω, υπάρχει σημαντικός κίνδυνος καταστροφής του μικροελεγκτή σε περίπτωση απευθείας σύνδεσής τους. Στο σχήμα 10 παρατηρούμε ένα κοινό ενισχυτή ισχύος. Στις 2 εισόδους x και y εναλλάσσεται η τάση, έτσι η μια πρέπει να είναι θετική και η άλλη αρνητική. Η x και η y μπορούν να οδηγηθούν απευθείας στις εξόδους του μικροελεγκτή. Πλέον η κατεύθυνση του κινητήρα μπορεί να καθοριστεί από το πρόγραμμα, για παράδειγμα να τεθεί λογικό 1 στην έξοδο x και λογικό 0 στην έξοδο y. Η ταχύτητα περιστροφής μπορεί να ρυθμιστεί από την είσοδο "speed".



Σχήμα 10 Ενισχυτής ισχύος

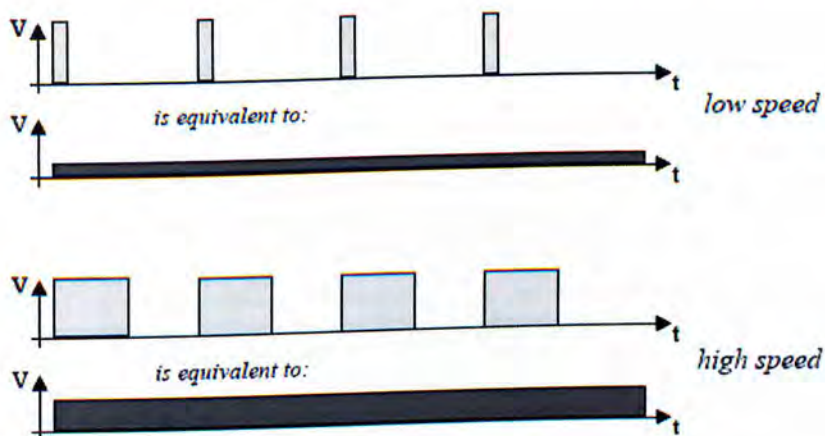
Δύο είναι οι τρόποι διακοπής της κινήσεως του κινητήρα:

- ✓ θέτοντας το x και το y στην ίδια λογική κατάσταση (0 ή 1) ή
- ✓ θέτοντας την ταχύτητα στο 0.

Διαμόρφωση εύρους παλμών - PWM

Μια έξυπνη μέθοδος ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία κυκλώματος αναλογικής ισχύος είναι η διαμόρφωση του εύρους των παλμών. Μέσω λογισμικού, υπάρχει η δυνατότητα διαμόρφωσης του εύρους των ψηφιακών παλμών που έχουν παραχθεί με σταθερή συχνότητα στην έξοδο, έτσι ώστε να μπορεί να ελέγχεται η ταχύτητα του κινητήρα. Στο

παρακάτω σχήμα (Σχήμα 11) παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται το εύρος του παλμού, τόσο αυξάνεται η τάση στην έξοδο.



Σχήμα 11 PWM

Αρκετοί μικροελεγκτές έχουν ειδικές λειτουργίες και εξόδους ώστε να είναι σε θέση να μπορούν να υποστηρίξουν αυτή τη δυνατότητα. Έτσι η ψηφιακή έξοδος με το σήμα PWM συνδέεται απευθείας στον ακροδέκτη ταχύτητας "speed" του ενισχυτή ισχύος που είδαμε στο παραπάνω σχήμα (Βλέπε [4]).

2.2.4 Arduino

Το Arduino είναι μια υπολογιστική πλατφόρμα βασισμένη σε μια απλή μητρική πλακέτα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, και η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα σύνολο εντολών από τις γλώσσες C και C++, οι οποίες μπορούν να κλιθούν από τον κώδικα. Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider. Οι περισσότερες εκδόσεις του Arduino μπορούν να αγοραστούν προ-συναρμολογημένες. Το διάγραμμα και πληροφορίες για το υλικό είναι ελεύθερα διαθέσιμα για αυτούς που θέλουν να συναρμολογήσουν το Arduino μόνοι τους. Το πρόγραμμα Arduino έλαβε τιμητική μνεία στην κατηγορία Digital Communities στο Prix Ars Electronica το 2006.

Μία πλακέτα Arduino αποτελείται από ένα μικροελεγκτή Atmel AVR και συμπληρωματικά εξαρτήματα για την διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωση του σε άλλα κυκλώματα. Ο μικροελεγκτής είναι από κατασκευής προγραμματισμένος με ένα *bootloader*, έτσι ώστε να μην χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής (Βλέπε [W11]).

Το μοντέλο της Arduino που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα πτυχιακή εργασία, είναι το Duemilanove και βασίζεται στον ATmega328, έναν 8-bit RISC μικροελεγκτή, τον οποίο χρονίζει στα 16MHz. Ο ATmega328 διαθέτει ενσωματωμένη μνήμη τριών τύπων:

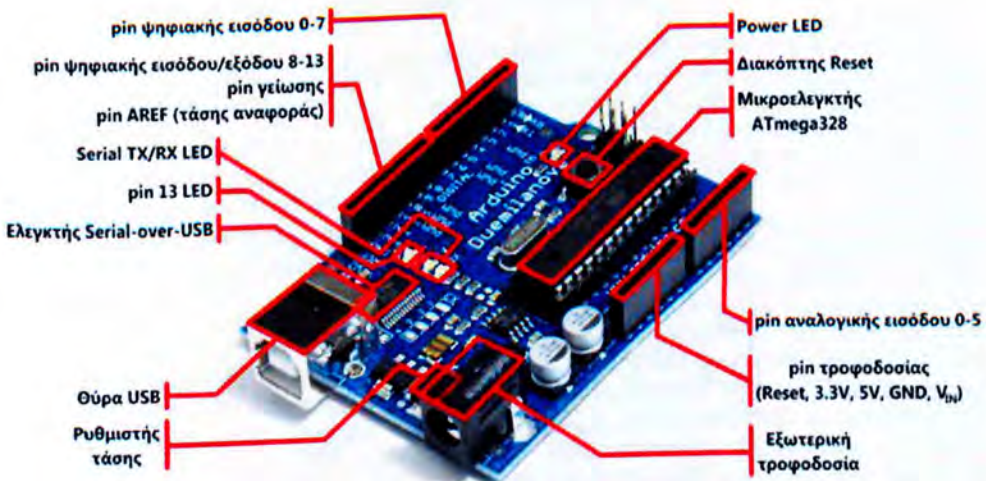
- 2Kb μνήμης SRAM που είναι η ωφέλιμη μνήμη που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα προγράμματα για να αποθηκεύουν μεταβλητές, πίνακες κλπ. κατά το runtime. Όπως

και σε έναν υπολογιστή, αυτή η μνήμη χάνει τα δεδομένα της όταν η παροχή ρεύματος στο Arduino σταματήσει ή αν γίνει reset.

- 1Kb μνήμης EEPROM η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για «ωμή» εγγραφή/ανάγνωση δεδομένων (χωρίς datatype) ανά byte από τα προγράμματα κατά το runtime. Σε αντίθεση με την SRAM, η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset οπότε είναι το ανάλογο του σκληρού δίσκου.
- 32Kb μνήμης Flash, από τα οποία τα 2Kb χρησιμοποιούνται από το firmware του Arduino που έχει εγκαταστήσει ήδη ο κατασκευαστής του. Το firmware αυτό που στην ορολογία του Arduino ονομάζεται bootloader είναι αναγκαίο για την εγκατάσταση των προγραμμάτων στον μικροελεγκτή μέσω της θύρας USB, χωρίς δηλαδή να χρειάζεται εξωτερικός hardware programmer. Τα υπόλοιπα 30Kb της μνήμης Flash χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση αυτών ακριβώς των προγραμμάτων, αφού πρώτα μεταγλωττιστούν στον υπολογιστή. Η μνήμη Flash, όπως και η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset. Επίσης, ενώ η μνήμη Flash υπό κανονικές συνθήκες δεν προορίζεται για χρήση runtime μέσα από τα προγράμματα, λόγω της μικρής συνολικής μνήμης που είναι διαθέσιμη σε αυτά (2Kb SRAM + 1Kb EEPROM), έχει σχεδιαστεί μια βιβλιοθήκη που επιτρέπει την χρήση όσου χώρου περισσεύει (30Kb μείον το μέγεθος του προγράμματος σε μεταγλωττισμένη μορφή) (Βλέπε [W12]).

Είσοδοι – Έξοδοι

Καταρχήν το Arduino duemilanove διαθέτει σειριακό interface. Ο μικροελεγκτής ATmega υποστηρίζει σειριακή επικοινωνία, την οποία το Arduino προωθεί μέσα από έναν ελεγκτή Serial-over-USB ώστε να συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω USB. Η σύνδεση αυτή χρησιμοποιείται για την μεταφορά των προγραμμάτων που σχεδιάζονται από τον υπολογιστή στο Arduino αλλά και για αμφίδρομη επικοινωνία του Arduino με τον υπολογιστή μέσα από το πρόγραμμα την ώρα που εκτελείται.

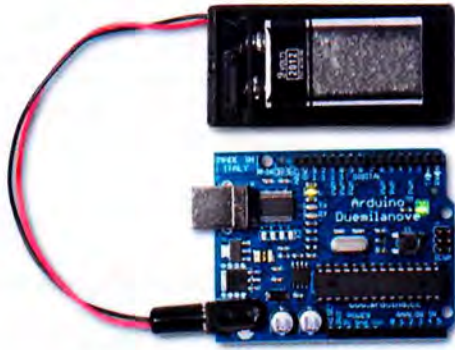


Εικ. 22 Arduino Duemilanove

Επιπλέον, στην πάνω πλευρά του Arduino βρίσκονται 14 θηλυκά pin, αριθμημένα από 0 ως 13, που μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακές εισοδοι και έξοδοι. Λειτουργούν στα 5V και 13, που μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακές εισοδοι και έξοδοι. Ως ψηφιακή έξοδος, κάθε ένα από αυτά καθένα μπορεί να παρέχει ή να δεχτεί το πολύ 40mA.



Εικ. 23 Μετασχηματιστής για τροφοδοσία Arduino



Εικ. 24 Τροφοδοσία Arduino με μπαταρίες

Για να μην υπάρχουν προβλήματα, η εξωτερική τροφοδοσία πρέπει να είναι από 7 ως 12V και μπορεί να προέρχεται από ένα κοινό μετασχηματιστή του εμπορίου, από μπαταρίες ή οποιαδήποτε άλλη πηγή DC. Δίπλα από τα pin αναλογικής εισόδου, υπάρχει μια ακόμα συστοιχία από 6 pin με την σήμανση POWER. Η λειτουργία του καθενός έχει ως εξής:

- Το πρώτο, με την ένδειξη RESET, όταν γειωθεί (σε οποιοδήποτε από τα 3 pin με την ένδειξη GND που υπάρχουν στο Arduino) έχει ως αποτέλεσμα την επανεκκίνηση του Arduino.
- Το δεύτερο, με την ένδειξη 3.3V, μπορεί να τροφοδοτήσει τα εξαρτήματα με τάση 3.3V. Η τάση αυτή δεν προέρχεται από την εξωτερική τροφοδοσία αλλά παράγεται από τον ελεγκτή Serial-over-USB και έτσι η μέγιστη ένταση που μπορεί να παρέχει είναι μόλις 50mA.
- Το τρίτο, με την ένδειξη 5V, μπορεί να τροφοδοτήσει τα εξαρτήματα με τάση 5V. Ανάλογα με τον τρόπο τροφοδοσίας του ίδιου του Arduino, η τάση αυτή προέρχεται είτε άμεσα από την θύρα USB (που ούτως ή άλλως λειτουργεί στα 5V), είτε από την εξωτερική τροφοδοσία αφού αυτή περάσει από ένα ρυθμιστή τάσης για να την «φέρει» στα 5V.
- Το τέταρτο και το πέμπτο pin, με την ένδειξη GND, είναι γειώσεις.
- Το έκτο και τελευταίο pin, με την ένδειξη Vin έχει διπλό ρόλο. Σε συνδυασμό με το pin γείωσης δίπλα του, μπορεί να λειτουργήσει ως μέθοδος εξωτερικής τροφοδοσίας του Arduino, στην περίπτωση που δεν είναι εφικτό να χρησιμοποιηθεί η υποδοχή του φινιτών των 2.1mm. Αν όμως υπάρχει ήδη συνδεδεμένη εξωτερική τροφοδοσία μέσω του φινιτών, αυτό το pin μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει εξαρτήματα με την πλήρη τάση της εξωτερικής τροφοδοσίας (7~12V), πριν αυτή περάσει από τον ρυθμιστή τάσης όπως γίνεται με το pin των 5V.

Ενσωματωμένα κουμπιά και LED

Πάνω στην πλακέτα του Arduino υπάρχει ένας διακόπτης micro-switch και 4 μικροσκοπικά LED επιφανειακής στήριξης. Η λειτουργία του διακόπτη (που έχει την σήμανση RESET) και των LED με την σήμανση POWER είναι προφανής. Τα δύο LED με τις σημάνσεις TX και RX, χρησιμοποιούνται ως ένδειξη λειτουργίας του σειριακού interface, καθώς ανάβουν όταν το Arduino στέλνει ή λαμβάνει (αντίστοιχα) δεδομένα μέσω USB. Τα LED αυτά ελέγχονται από τον ελεγκτή Serial-over-USB και συνεπώς δεν λειτουργούν όταν η σειριακή επικοινωνία

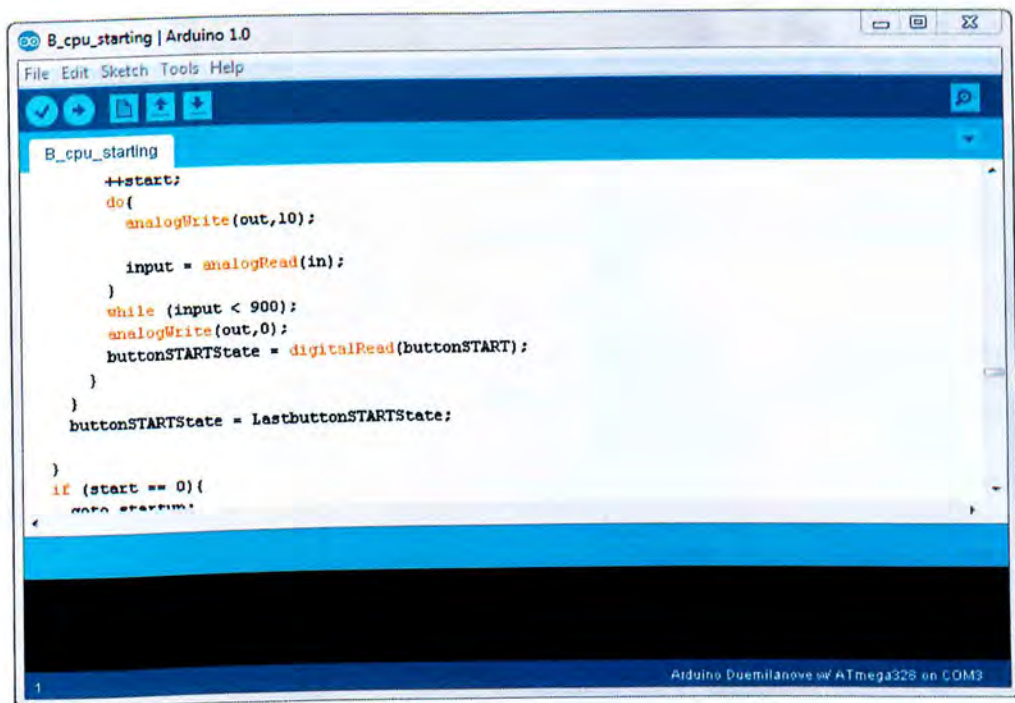
γίνεται αποκλειστικά μέσω των ψηφιακών pin 0 και 1. Τέλος, υπάρχει το LED με την σήμανση L. Η βασική δοκιμή λειτουργίας του Arduino είναι να του ανατεθεί να αναβοσβήνει ένα LED. Για να μπορέσει να συμβεί αυτό από την πρώτη στιγμή, χωρίς να συνδεθεί τίποτα πάνω στο Arduino, οι κατασκευαστές του σκέφτηκαν να ενσωματώσουν ένα LED στην πλακέτα, το οποίο σύνδεσαν στο ψηφιακό pin 13. Έτσι, ακόμα και αν δεν έχει συνδεθεί τίποτα πάνω στο φυσικό pin 13, αναθέτοντάς του την τιμή HIGH μέσα από το πρόγραμμα, θα ανάψει αυτό το ενσωματωμένο LED.

Arduino IDE και σύνδεση με τον υπολογιστή

Το Arduino IDE είναι βασισμένο σε Java και συγκεκριμένα παρέχει:

- ένα πρακτικό περιβάλλον για την συγγραφή των προγραμμάτων (τα οποία ονομάζονται sketch στην ορολογία του Arduino) με συντακτική χρωματική σήμανση,
- αρκετά έτοιμα παραδείγματα,
- μερικές έτοιμες βιβλιοθήκες για προέκταση της γλώσσας και για εύκολο χειρισμό μέσα από τον κώδικα τα εξαρτήματα που συνδέονται στο Arduino,
- τον compiler για την μεταγλώττιση των sketch,
- ένα serial monitor που παρακολουθεί τις επικοινωνίες της σειριακής (USB), αναλαμβάνει να στείλει αλφαριθμητικά στο Arduino μέσω αυτής και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για το debugging των sketch
- και την επιλογή να ανέβει το μεταγλωττισμένο sketch στο Arduino.

Για τα δύο τελευταία χαρακτηριστικά βέβαια, το Arduino πρέπει να έχει συνδεθεί σε μια από τις θύρες USB του υπολογιστή και, λόγω του ελεγκτή Serial-over-USB, θα πρέπει να αναγνωριστεί από το λειτουργικό σύστημα ως εικονική σειριακή θύρα.



Εικ. 25 Περιβάλλον συγγραφής προγραμμάτων Arduino

Γλώσσα προγραμματισμού

Η γλώσσα του Arduino βασίζεται στη γλώσσα Wiring, μια παραλλαγή C/C++ για μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής AVR όπως ο ATmega, και υποστηρίζει όλες τις βασικές δομές της C καθώς και μερικά χαρακτηριστικά της C++. Για compiler χρησιμοποιείται ο AVR gcc και ως βασική βιβλιοθήκη C χρησιμοποιείται η AVR libc. Λόγω της καταγωγής της από την C, στην γλώσσα του Arduino μπορεί να χρησιμοποιήσει ουσιαστικά τις ίδιες βασικές εντολές και συναρτήσεις, με την ίδια σύνταξη, τους ίδιους τύπων δεδομένων και τους ίδιους τελεστές όπως και η C. Πέρα από αυτές όμως, υπάρχουν κάποιες ειδικές εντολές, συναρτήσεις και σταθερές που βοηθούν για την διαχείριση του ειδικού hardware του Arduino.

Οι πιο σημαντικές από αυτές επεξηγούνται στον πίνακα που ακολουθεί:

Όρισμα	Είδος	Τύπος	Παράμετροι	Περιγραφή
LOW	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 0 και είναι αντίστοιχη του λογικού false.
HIGH	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 1 και είναι αντίστοιχη του λογικού true.
INPUT	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 0 και είναι αντίστοιχη του λογικού false.
OUTPUT	Σταθερά	int	-	Έχει την τιμή 1 και είναι αντίστοιχη του λογικού true.
pinMode	Εντολή	-	(pin, mode)	Καθορίζει αν το συγκεκριμένο ψηφιακό pin θα είναι pin εισόδου ή pin εξόδου ανάλογα με την τιμή που δίνεται στην παράμετρο mode (INPUT ή OUTPUT αντίστοιχα).
digitalWrite	Εντολή	-	(pin, pinstatus)	Θέτει την κατάσταση pinstatus (HIGH ή LOW) στο συγκεκριμένο ψηφιακό pin.
digitalRead	Συνάρτηση	int	(pin)	Επιστρέφει την κατάσταση του συγκεκριμένου ψηφιακού pin (0 για LOW και 1 για HIGH) εφόσον αυτό είναι pin εισόδου.
analogReference	Εντολή	-	(type)	Δέχεται τις τιμές DEFAULT, INTERNAL ή EXTERNAL στην παράμετρο type για να καθορίσει την τάση αναφοράς (V_{ref}) των αναλογικών εισόδων (5V, 1.1V ή η εξωτερική τάση με την οποία τροφοδοτείται το pin AREF αντίστοιχα)

analogRead	Συνάρτηση	int	(pin)	Επιστρέφει έναν ακέραιο από 0 έως 1023, ανάλογα με την τάση που τροφοδοτείται το συγκεκριμένο pin αναλογικής εισόδου στην κλίμακα 0 ως V_{ref} .
analogWrite	Εντολή	-	(pin, value)	Θέτει το συγκεκριμένο ψηφιακό pin σε κατάσταση ψευδοαναλογικής εξόδου (PWM). Η παράμετρος value καθορίζει το πλάτος του παλμού σε σχέση με την περίοδο του παραγόμενου σήματος στην κλίμακα από 0 ως 255 (π.χ. με value 127, το πλάτος του παλμού είναι ίσο με μισή περίοδο).
millis	Συνάρτηση	unsigned long	()	Μετρητής που επιστρέφει το χρονικό διάστημα σε ms από την στιγμή που άρχισε η εκτέλεση του προγράμματος. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι λόγω του τύπου μεταβλητής (unsigned long δηλ. 32bit) θα γίνει overflow σε 2^{32} ms δηλαδή περίπου σε 50 μέρες, οπότε ο μετρητής θα ξεκινήσει πάλι από το μηδέν.
delay	Εντολή	-	(time)	Σταματά προσωρινά την ροή του προγράμματος για time ms. Η παράμετρος time είναι unsigned long (από 0 ως 2^{32}). Πρέπει να σημειωθεί ότι παρά την προσωρινή παύση, συναρτήσεις των οποίων η εκτέλεση ενεργοποιείται από interrupt θα εκτελεστούν κανονικά κατά την διάρκεια μιας delay.
attachInterrupt	Εντολή	-	(interrupt, function, triggermode)	<p>Θέτει σε λειτουργία το συγκεκριμένο interrupt, ώστε να ενεργοποιεί την συνάρτηση function, κάθε φορά που ικανοποιείται η συνθήκη που ορίζεται από την παράμετρο triggermode:</p> <ul style="list-style-type: none"> • LOW (ενεργοποίηση όταν η κατάσταση του pin που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο interrupt γίνει LOW) • RISING (όταν από LOW γίνει HIGH) • FALLING (όταν από HIGH γίνει LOW) • CHANGE (όταν αλλάξει κατάσταση γενικά)

detachInterrupt	Εντολή	-	(<i>interrupt</i>)	Απενεργοποιεί το συγκεκριμένο <i>interrupt</i> .
noInterrupts	Εντολή	-	()	Σταματά προσωρινά την λειτουργία όλων των <i>interrupt</i>
interrupts	Εντολή	-	()	Επαναφέρει την λειτουργία των <i>interrupt</i> που διακόπηκε προσωρινά από μια εντολή <i>noInterrupts</i> .
Serial.begin	Μέθοδος κλάσης	-	(<i>datarate</i>)	Θέτει τον ρυθμό μεταφοράς δεδομένων του σειριακού interface (σε baud)
Serial.println	Μέθοδος κλάσης	-	(<i>data</i>)	Διοχετεύει τα δεδομένα <i>data</i> για αποστολή μέσω του σειριακού interface. Η παράμετρος <i>data</i> μπορεί να είναι είτε αριθμός είτε αλφαριθμητικό.

Πίνακας 3 Βασικές συναρτήσεις

Επιπλέον, στην γλώσσα του Arduino κάθε πρόγραμμα αποτελείται από δύο βασικές ρουτίνες ώστε να έχει την γενική δομή:

// Ενσωματώσεις βιβλιοθηκών, δηλώσεις μεταβλητών...

void setup()

{

// ...

}

void loop()

{

// ...

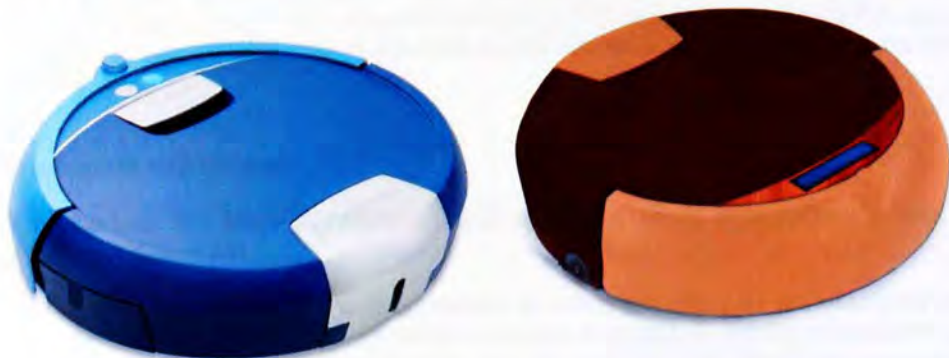
}

// Υπόλοιπες συναρτήσεις...

Η βασική ρουτίνα *setup()* εκτελείται μια φορά μόνο κατά την εκκίνηση του προγράμματος ενώ η βασική ρουτίνα *loop()* περιέχει τον βασικό κορμό του προγράμματος και η εκτέλεσή της επαναλαμβάνεται συνέχεια σαν ένας βρόγχος *while(true)* (Βλέπε [W12]).

2.3 Η κατασκευή του οχήματος

Η κατασκευή του οχήματος βασίστηκε πάνω σε ένα υπάρχον ρομποτικό όχημα καθαρισμού δαπέδου, το scooba της iRobot. Χρησιμοποιήθηκαν τα βασικά τμήματα από το σασί και σχεδόν όλα τα μηχανικά του μέρη. Στο εσωτερικό αλλά και στο εξωτερικό έγιναν πολλές μετατροπές ώστε να χωρέσουν στο όχημα οι πλακέτες, οι δυο lipo μπαταρίες και όλα τα εξαρτήματα που προστέθηκαν ώστε να επιτευχθεί η επικοινωνία του οχήματος με την βάση και τον χρήστη. Παρακάτω αναλύονται όλα τα τμήματα, έτοιμα και χειροποίητα, που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του οχήματος. Στο τέλος του κεφαλαίου δίνεται ο πίνακας με το αναλυτικό κόστος όλων των υλικών και εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν στο όχημα και στην βάση.

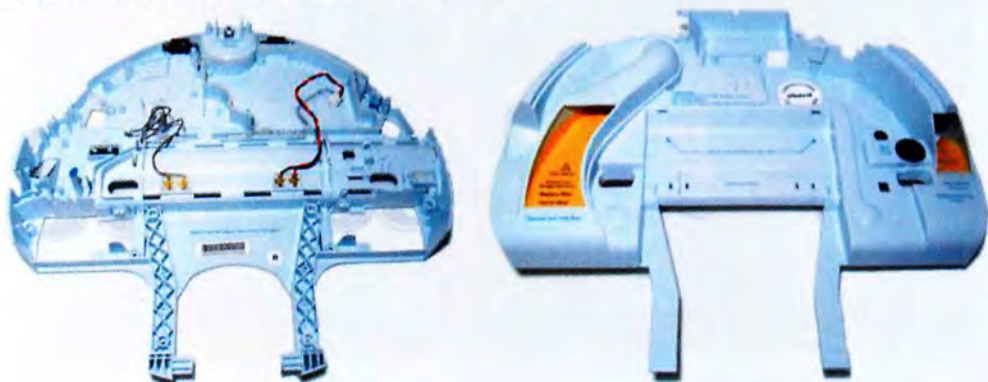


Εικ. 26 Αριστερά: Scooba – iRobot. Δεξιά: Σχέδιο οχήματος πριν την υλοποίηση

Τα μέρη

Σασί

Το σασί που χρησιμοποιήθηκε είναι από το όχημα καθαρισμού scooba, της iRobot και είναι κατασκευασμένο από πλαστικό μεγάλης αντοχής. Έγιναν κατάλληλες μετατροπές στο μπροστινό μέρος ώστε να χωρέσουν οι δύο χειροποίητες πλακέτες ελέγχου του οχήματος. Στο αριστερό μέρος προσαρμόστηκε υποδοχή για εύκολη αναβάθμιση του προγράμματος. Στο δεξί μέρος τοποθετήθηκαν δυο υποδοχές για την επικοινωνία με την βάση και για την φόρτιση των μπαταριών. Η μια μπαταρία αντικαταστάθηκε με δύο, με μεγαλύτερη χωρητικότητα, γι' αυτό χρειάστηκε να γίνει και εκεί προσαρμογή στο σασί.



Εικ. 27 Αριστερά: Κατώτερο τμήμα του σασί. Δεξιά: Κεντρικό τμήμα του σασί

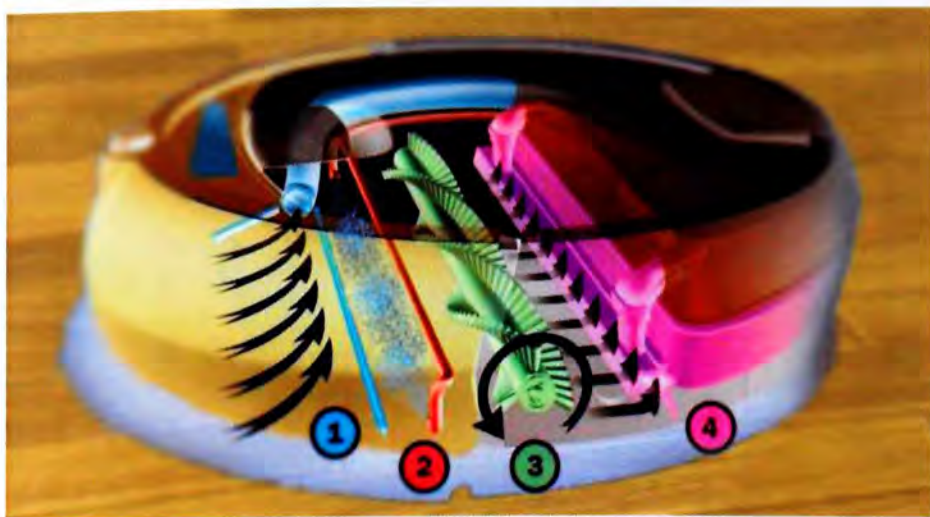
Κίνηση

Το όχημα διαθέτει δύο DC μοτέρ για την κίνησή του. Το κάθε ένα συνδέεται μέσω συστήματος μετάδοσης με έναν τροχό. Το σύστημα μετάδοσης χρησιμοποιείται για την απόδοση μεγαλύτερης ροπής και η σχέση της είναι 10:1. Επιπλέον, στο μπροστινό μέρος του οχήματος υπάρχει ένας ελεύθερος τροχός ο οποίος περιστρέφεται 360° γύρω από τον κάθετο άξονα για να διευκολύνει την κίνηση του οχήματος. Η ταχύτητα με την οποία κινείται το όχημα, ρυθμίζεται από την τάση με την οποία τροφοδοτούνται τα δύο μοτέρ, η οποία κυμαίνεται από 0 έως 9 volt. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται και η περιστροφή του οχήματος. Για παράδειγμα, για να κινηθεί το όχημα προς τα δεξιά, η ταχύτητα του αριστερού τροχού αυξάνεται και η ταχύτητα του δεξιού τροχού μειώνεται και το αντίστροφο, για την αριστερή στροφή. Επίσης για να κάνει το όχημα περιστροφή γύρω από τον άξονά του, οι δυο τροχοί κινούνται με αντίθετη φορά. Και οι τρεις τροχοί διαθέτουν απλό σύστημα ανάρτησης για ευκολότερη κίνηση σε ανώμαλο δάπεδο όπως τα πλακάκια με αρμούς. Οι δύο τροχοί που ωθούν το όχημα είναι ντυμένοι περιμετρικά με λάστιχο για καλύτερη πρόσφυση στο βρεγμένο δάπεδο.

Εξαρτήματα καθαρισμού

Ο καθαρισμός του δαπέδου γίνεται σε τέσσερα στάδια όπως απεικονίζεται εικόνα 28 και αναλύονται παρακάτω.

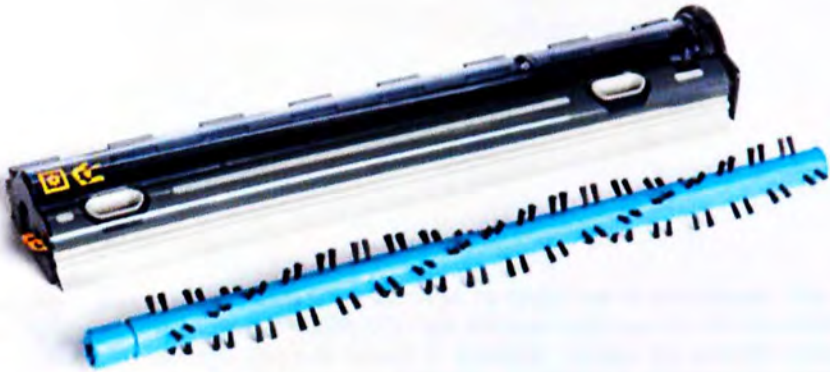
- (1) Στο πρώτο στάδιο γίνεται αναρρόφηση με υποπίεση όπως σε μία ηλεκτρική σκούπα για συλλογή της σκόνης και άλλων στερεών σωματιδίων. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα ισχυρό μοτέρ το οποίο λειτουργεί στα 12 volt και μέσω σωληνώσεων οδηγεί τα σωματίδια στο δοχείο του βρώμικου νερού.
- (2) Στο δεύτερο στάδιο του καθαρισμού, γίνεται ψεκασμός του δαπέδου με το νερό. Μία τρόμπα νερού τραβά μέσω σωληνώσεων το νερό από το δοχείο και το στέλνει με πίεση στους ψεκαστήρες. Το μοτέρ που κινεί την αντλία λειτουργεί σταθερά στα 6 volt και συνδέεται με αυτή μέσω συστήματος μετάδοσης της κίνησης.
- (3) Στο τρίτο στάδιο υπάρχει μια βούρτσα η οποία τρίβει το δάπεδο με σκοπό την αφαίρεση των λεκέδων και σωματιδίων που είναι κολλημένα στο δάπεδο. Η περιστροφή της βούρτσας γίνεται με ισχυρό μοτέρ το οποίο λειτουργεί στα 12 volt και συνδέεται μέσω συστήματος μετάδοσης για μεγαλύτερη ροπή.
- (4) Στο τέταρτο στάδιο του καθαρισμού γίνεται αναρρόφηση για τη συλλογή του βρώμικου νερού από το δάπεδο. Η αναρρόφηση γίνεται με την βοήθεια του συστήματος αναρρόφησης από το πρώτο στάδιο καθαρισμού και με διαφορετική σωλήνωση η οποία οδηγεί και αυτή το νερό στο δοχείο του βρώμικου νερού.



Εικ. 28 Τέσσερα στάδια καθαρισμού



Εικ. 29 Μοτέρ αναρρόφησης στερεών σωματιδίων και υγρών



Εικ. 30 Βούρτσα καθαρισμού



Εικ. 31 Μοτέρ κίνησης βούρτσας καθαρισμού με σύστημα μετάδοσης



Εικ. 32 Τρόμπα νερού



Εικ. 33 Τρόμπα νερού και σωληνώσεις



Εικ. 34 Ψεκαστήρες νερού

Επικοινωνία με τον χρήστη

Για την καλύτερη δυνατή επικοινωνία του χρήστη με το όχημα και το αντίστροφο, στο επάνω μέρος του οχήματος τοποθετήθηκε οθόνη LCD και τέσσερα πλήκτρα και στο εσωτερικό του οχήματος ένα ηχείο. Με την βοήθεια αυτών ο χρήστης μπορεί να επιλέξει εύκολα το πρόγραμμα καθαρισμού που επιθυμεί, να το διακόψει, να ελέγξει τη στάθμη των μπαταριών και τον χρόνο λήξης του καθαρισμού και να ενημερωθεί για πιθανά σφάλματα. Για να χωρέσει η οθόνη και τα πλήκτρα έγιναν κατάλληλες μετατροπές στο άνω τμήμα του οχήματος, το οποίο είναι από το scooba της iRobot. Τα πλήκτρα τοποθετήθηκαν σε πλακέτα και από πάνω επικολλήθηκε ειδική μεμβράνη για την προστασία αυτών και της οθόνης. Μια καλωδιοταινία συνδέει την κεντρική πλακέτα με αυτό το τμήμα του οχήματος.



Εικ. 35 Άνω τμήμα οχήματος πριν και μετά την μετατροπή

Δοχεία

Χρησιμοποιήθηκε το διπλό δοχείο από το όχημα scooba το οποίο χωρίζεται στο εσωτερικό και χωράει 400ml καθαρό νερό και 400ml βρώμικο νερό. Το δοχείο είχε εγκατεστημένη επαφή για έλεγχο της μέγιστης στάθμης του βρώμικου νερού. Έγιναν μετατροπές και προστέθηκαν επαφές για έλεγχο της ελάχιστης στάθμης του βρώμικου νερού και της μέγιστης στάθμης του καθαρού νερού. Η ελάχιστη στάθμη του καθαρού νερού ελέγχεται στο σωληνάκι πριν την τρόμπα νερού. Το καπάκι των δοχείων ανακατασκευάστηκε ώστε να ανοίγει χωρίς να χρειάζεται να σηκωθεί το όχημα από το δάπεδο για να γίνει δυνατή η πλήρωση υγρών στην βάση.



Εικ. 36 Δοχείο οχήματος

Τροφοδοσία

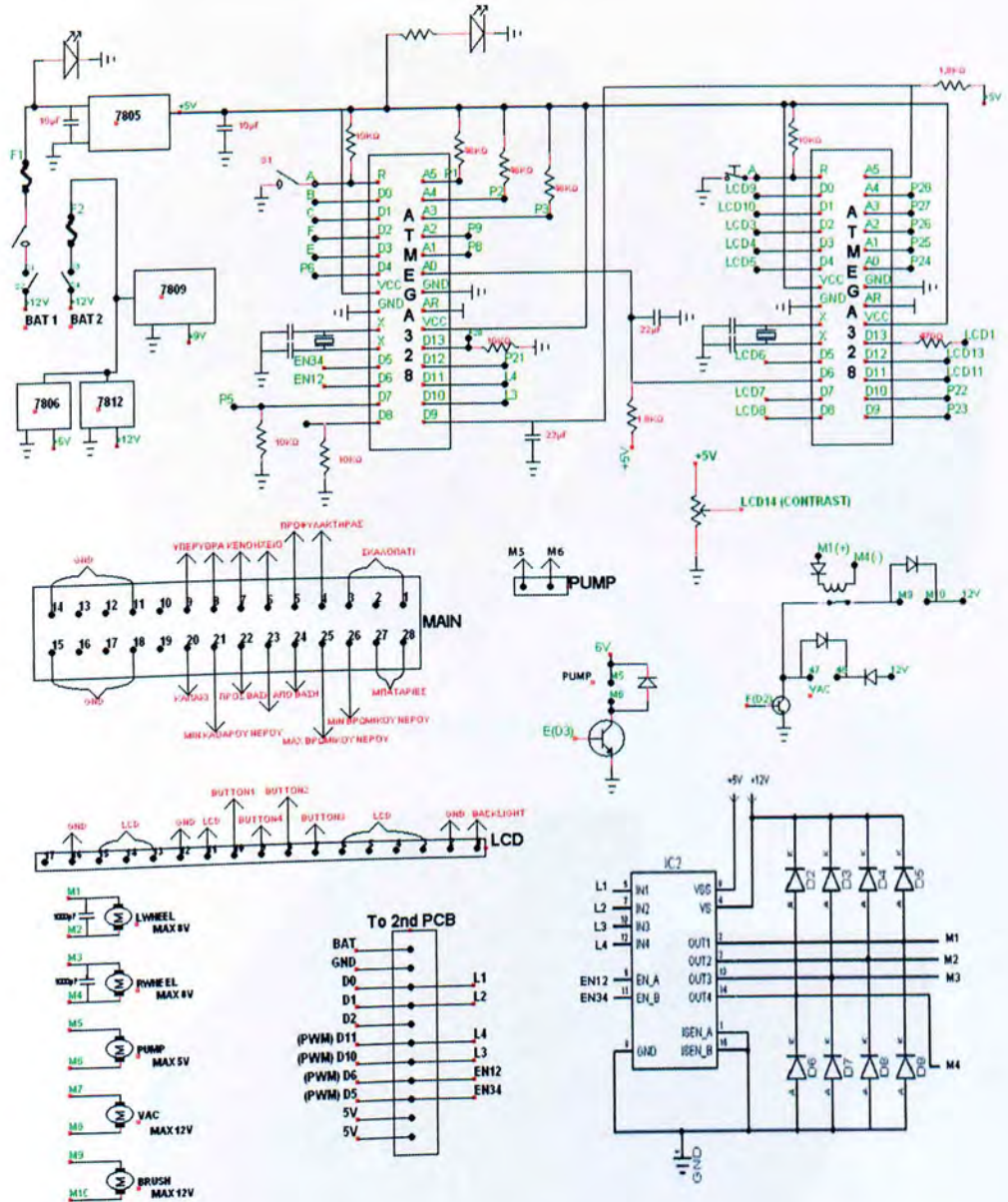
Το όχημα τροφοδοτείται από δύο μπαταρίες τεχνολογίας lipo (Lithium-Polymer). Μια χωρητικότητας 4000 mAh που τροφοδοτεί όλα τα μοτέρ και τα εξαρτήματα καθαρισμού και μια χωρητικότητας 2280 mAh η οποία τροφοδοτεί τις πλακέτες και τα αισθητήρια που συνδέονται με αυτές. Κάθε μπαταρία περιλαμβάνει τρία κελιά των 3,7 V που δίνει συνολικά 11,1 V. Οι Lipo μπαταρίες είναι πολύ ελαφριές σε σχέση με τις υπόλοιπες μπαταρίες. Έχουν επίσης την δυνατότητα να δώσουν παρά πολύ ρεύμα σε σχέση με τη χωρητικότητα τους C , πράγμα που επιτρέπει την ταυτόχρονη λειτουργία όλων των μοτέρ του οχήματος. Η χρήση δύο ξεχωριστών μπαταριών παρέχει μεγάλη σταθερότητα στην τάση και το ρεύμα που τροφοδοτεί τις πλακέτες και τα αισθητήρια, με αποτέλεσμα οι μετρήσεις που γίνονται να είναι ακριβείς ακόμη και όταν τα μοτέρ τραβάνε πολύ ρεύμα.



Εικ. 37 Μπαταρίες lipo 2280 mAh και 4000 mAh αντίστοιχα

Κύκλωμα Ελέγχου

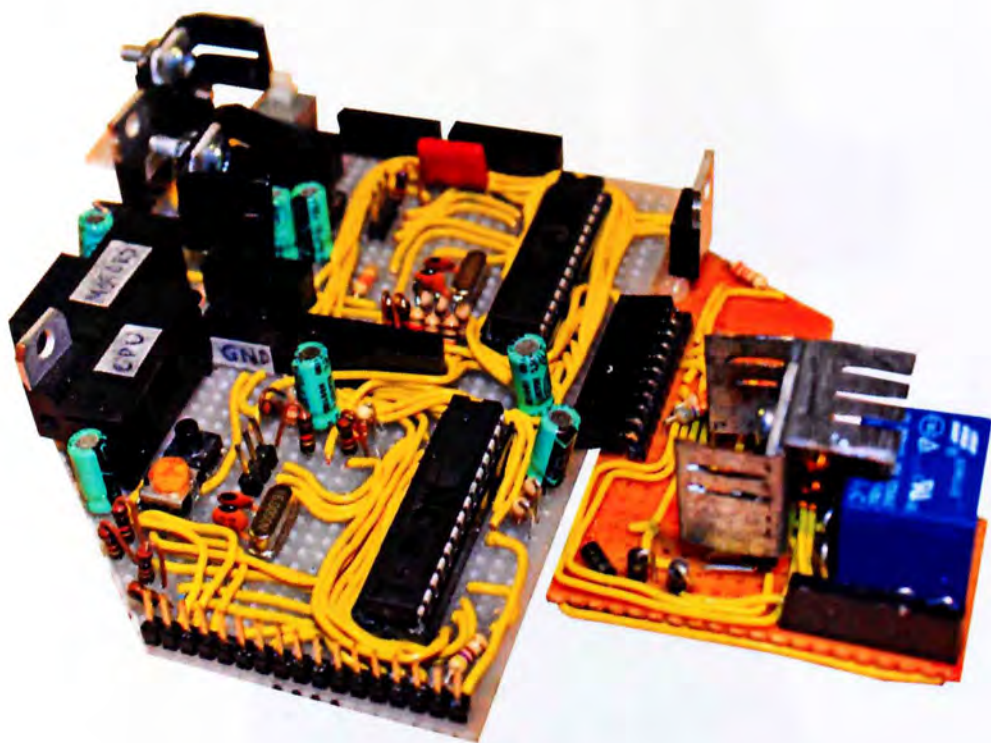
Το κύκλωμα ελέγχου του οχήματος αποτελείται από δύο πλακέτες. Το κύκλωμά τους σχεδιάστηκε στο χέρι και στην συνέχεια μεταφέρθηκε σε ηλεκτρονική μορφή όπως φαίνεται στο σχήμα 12.



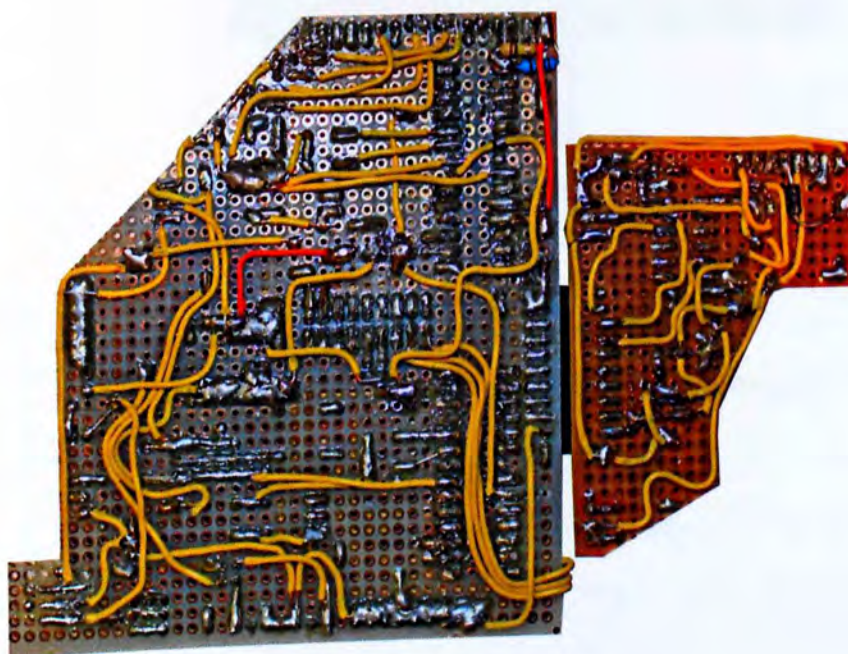
Σχήμα 12 Κύκλωμα πλακετών οχήματος

Το κύκλωμα διαχωρίστηκε σε δύο πλακέτες για δύο λόγους. Πρώτον διότι η τοποθέτησή τους στο όχημα είναι ευκολότερη όταν διαχωριστούν σε δύο μέρη και δεύτερον, στην δευτερεύουσα πλακέτα έχουν τοποθετηθεί οι σταθεροποιητές τάσης και οι γέφυρες που οδηγούν τα μοτέρ του οχήματος, τα εξαρτήματα δηλαδή που ανεβάζουν μεγάλες θερμοκρασίες κατά την λειτουργία τους, με αποτέλεσμα να μην επηρεάζουν τους μικροελεγκτές και τα υπόλοιπα εξαρτήματα. Οι δύο πλακέτες ενώνονται μεταξύ τους με 11

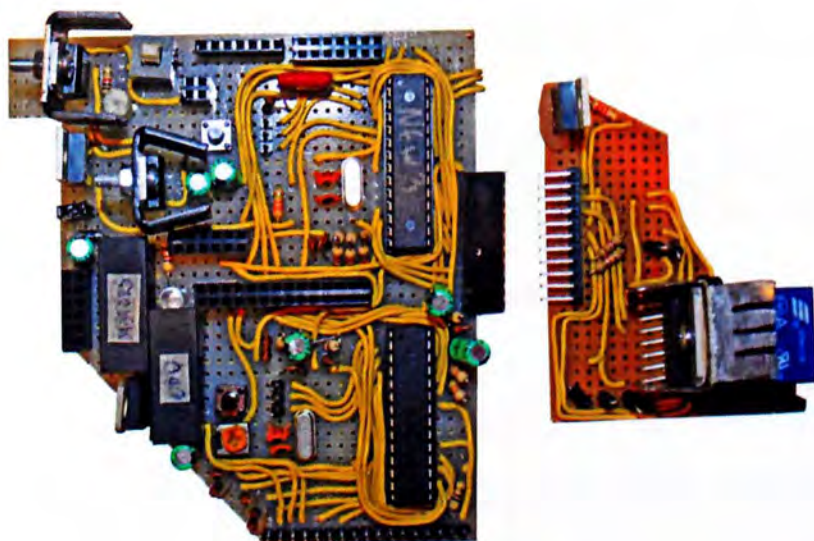
Pin Headers των 2.54 mm. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται οι πλακέτες του οχήματος οι οποίες κατασκευάστηκαν στο χέρι, πάνω σε διάτρητη πλακέτα.



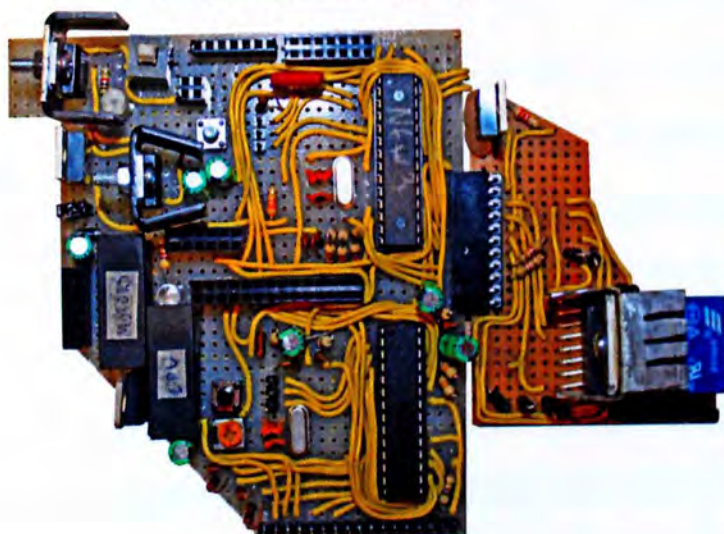
Εικ. 38 Πλακέτες οχήματος



Εικ. 39 Άνωψη πλακετών οχήματος



Εικ. 40 Κάτοψη πλακετών οχήματος



Εικ. 41 Κάτοψη ενωμένων πλακετών οχήματος

Υπάρχουν συνολικά 11 υποδοχές πάνω στις δύο πλακέτες.

- Μία για τον εξωτερικό διακόπτη της τροφοδοσίας του οχήματος
- Μία για την σύνδεση των μπαταριών
- Μία για την καλωδιότητα που συνδέεται με την οθόνη LCD και τα πλήκτρα
- Μία για την τρόμπα νερού
- Μία για την αναρρόφηση και την βούρτσα
- Δύο για την αναβάθμιση του προγράμματος των δυο μικροελεγκτών
- Δύο για γείωση
- Δύο 5V έξοδοι (μία για τις φωτοдиодους και μία για τα αισθητήρια)

Το κύκλωμα αυτό, ελέγχει τα δύο μοτέρ της κίνησης, την τρόμπα νερού, την βούρτσα, το μοτέρ της αναρρόφησης, την στάθμη του νερού στα δύο δοχεία, τα δυο μπουτόν που βρίσκονται στον προφυλακτήρα του οχήματος, τα τρία υπέρυθρα στο κάτω μέρος του οχήματος, τα μπουτόν και την οθόνη LCD στο πάνω μέρος, το ηχείο, το καπάκι των δοχείων,

τα δύο υπέρυθρα εντοπισμού της βάσης και επικοινωνεί με την βάση όταν εισέλθει σε αυτήν. Οι λειτουργίες που εκτελεί το όχημα και ελέγχονται από το κύκλωμα αυτό αναφέρονται στο κεφάλαιο 2.1 – Σενάριο λειτουργίας.

Πάνω στο κύκλωμα υπάρχουν δύο δίοδοι LED. Η πράσινη δίοδος φωτίζει όταν τροφοδοτηθεί το κύκλωμα από τις μπαταρίες. Η μπλε δίοδος βρίσκεται μετά την ασφάλεια της τροφοδοσίας των μικροελεγκτών και όταν σταματήσει να φωτίζει συμβολίζει την βλάβη στο κύκλωμα αυτό. Σε κάθε υποδοχή του κυκλώματος περισσεύει από μία κενή θέση για διευκόλυνση στις μετρήσεις.

Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του κυκλώματος φαίνονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

Περιγραφή υλικού	Τεμάχια
Πλακέτα Διάτρητη	2
Μικροελεγκτής ATmega328 - PU	2
Πυκνωτής 22μF 35V	5
Πυκνωτής 1000μF 25V	2
Πυκνωτής 10μF 16V	4
Πυκνωτής 22pF	4
Πυκνωτής 0,1μF	1
Κρύσταλλος 16MHz	2
Ασφαλειοθήκη 5X20	2
Ασφάλεια 1A	1
Ασφάλεια 3A	1
Σταθεροποιητής τάσης L7805CV	2
Σταθεροποιητής τάσης L7809CV	1
Σταθεροποιητής τάσης L7806CV	1
Σταθεροποιητής τάσης L7812CV	1
Αντίσταση 48kΩ 0.25 W	3
Αντίσταση 10kΩ 0.25 W	5
Αντίσταση 470Ω 0.25 W	4
Αντίσταση 1,8kΩ 0.25 W	2
Αντίσταση 2,2kΩ 0.25 W	4
Tact switch 6x6mm 4pins	6
Transistor TIP120	2
Γέφυρα L298N	1
Βάση μικροελεγκτή 16X2	2
Ρελέ 12V SPDT	1
Ποτενσιόμετρο 1kΩ	1
Ψύκτρα αλουμινίου TO220	2
Χειροποίητη μεταλλική ψύκτρα	1
Push button	1
Δίοδος 1N4004	4
Δίοδος 1N4001	4
Δίοδος 1N4148	1
Δίοδος 1N5819	8
LED πράσινο 5mm	1
LED μπλε 5mm	1
Υποδοχή DC για φισ 2,5mm	2

Πίνακας 4 Εξαρτήματα του κυκλώματος του οχήματος

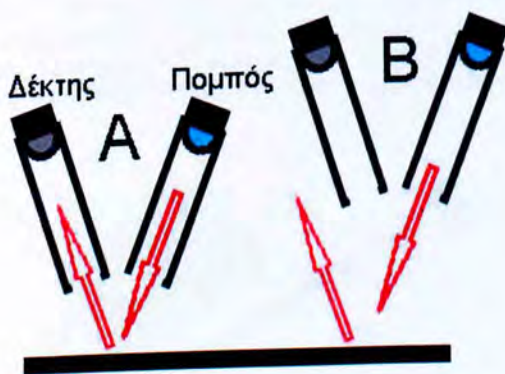
Αισθητήρια

Το όχημα διαθέτει συνολικά δώδεκα αισθητήρια. Τα βασικότερα βρίσκονται στο μπροστινό μέρος του οχήματος, στον προφυλακτήρα του και είναι τα βασικότερα διότι χάρη σε αυτά το όχημα εντοπίζει τα εμπόδια, και με βάση αυτά καθορίζεται η διαδρομή που ακολουθεί. Δεξιά και αριστερά του προφυλακτήρα υπάρχει από ένα αδιάβροχο μπουτόν τα οποία πιέζονται όταν ο προφυλακτήρας του οχήματος συγκρουστεί με κάποιο εμπόδιο. Μόλις πιεστεί το μπουτόν κλείνει το κύκλωμα και ο μικροελεγκτής δίνει άμεση εντολή για αλλαγή κατεύθυνσης κίνησης. Τα συγκεκριμένα αισθητήρια είναι από το όχημα scooba της iRobot στα οποία δεν έγινε καμία μετατροπή και χρησιμοποιήθηκαν επειδή είναι πολύ ευαίσθητα και επειδή είναι αδιάβροχα.

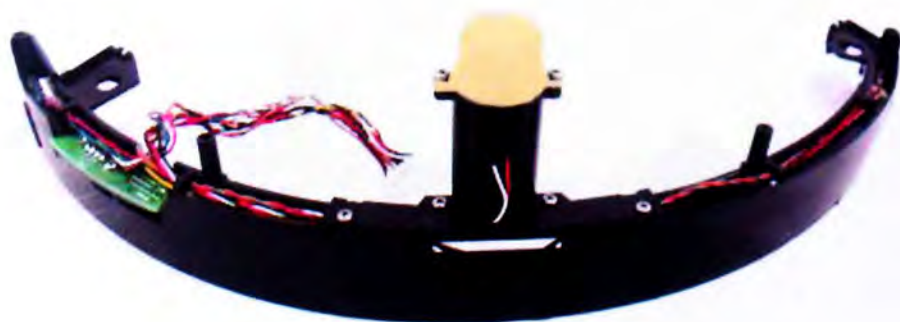


Εικ. 42 Αισθητήρια εντοπισμού εμποδίων

Στο κάτω μέρος του προφυλακτήρα υπάρχουν τρία υπέρυθρα αισθητήρια για τον έλεγχο της απόστασης από το δάπεδο. Ο έλεγχος αυτός χρειάζεται για να αποφευχθεί η πτώση του οχήματος από τα σκαλοπάτια που τυχόν θα συναντήσει στην διαδρομή του. Το κάθε αισθητήριο αποτελείται από δύο μέρη. Μια δίοδο υπέρυθρης ακτινοβολίας και έναν δέκτη υπέρυθρων. Τα δυο αυτά είναι τοποθετημένα υπό γωνία προς το δάπεδο όπως φαίνεται στο σχήμα 13. Όταν το όχημα βρίσκεται κανονικά στο δάπεδο (Α στο σχήμα), η απόσταση του πομποδέκτη από το δάπεδο είναι τέτοια ώστε το εκπεμπόμενο υπέρυθρο σήμα να ανακλάται στο δάπεδο και να καταλήγει στον δέκτη. Όταν όμως το όχημα βρει κενό μπροστά του (Β στο σχήμα) τότε η απόσταση του πομποδέκτη θα είναι τέτοια ώστε το ανακλώμενο υπέρυθρο σήμα δεν θα στοχεύει τον δέκτη. Σε αυτήν την περίπτωση το όχημα θα αντιδράσει αλλάζοντας πορεία κίνησης. Τα αισθητήρια που χρησιμοποιήθηκαν είναι από το όχημα scooba στα οποία δεν έγινε καμία μετατροπή διότι η απόσταση από το δάπεδο και η γωνία κλήσης είναι ιδανική για το όχημα.



Σχήμα 13 Πομποδέκτης υπέρυθρου αισθητηρίου



Εικ. 43 Τμήμα προφυλακτήρα με προεγκατεστημένα υπέρυθρα αισθητήρια

Στο μπροστινό μέρος του προφυλακτήρα, στα δεξιά και αριστερά, υπάρχουν άλλα δύο υπέρυθρα αισθητήρια και για την ακρίβεια δύο φωτοτρανζίστορ. Αυτά χρησιμοποιούνται από το όχημα για τον εντοπισμό της βάσης η οποία εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία. Το όχημα όταν χρειαστεί να επιστρέψει στην βάση ελέγχει τα δυο αυτά αισθητήρια και στρίβει προς την κατεύθυνση από την οποία λαμβάνει περισσότερη υπέρυθρη ακτινοβολία. Τα φωτοευαίσθητα αυτά στοιχεία είναι τοποθετημένα μέσα στον προφυλακτήρα με τρόπο ώστε να επηρεάζονται όσο το δυνατόν λιγότερο από τους εξωτερικούς παράγοντες.



Εικ. 44 Φωτοτρανζίστορ

Η στάθμη του νερού στα δυο δοχεία ελέγχεται σε δύο σημεία. Στο ανώτερο και στο κατώτερο σημείο του καθ' ενός. Τα δοχεία που χρησιμοποιήθηκαν στο όχημα είχαν μόνο μία προεγκατεστημένη επαφή για έλεγχο της μέγιστης στάθμης του βρώμικου νερού. Έγιναν όμως, κατάλληλες μετατροπές στα δοχεία έτσι ώστε να είναι δυνατός ο έλεγχος και των υπόλοιπων σημείων που κρίθηκαν απαραίτητα. Η ελάχιστη στάθμη του βρώμικου νερού και η μέγιστη του καθαρού μετριοούνται όταν το όχημα βρίσκεται μέσα στην βάση και εκτελείται το άδειασμα του βρώμικου νερού και η πλήρωση του καθαρού αντίστοιχα. Η ελάχιστη στάθμη του καθαρού νερού ελέγχεται από αισθητήριο της iRobot εκτός του δοχείου, μέσα στο σωληνάκι που το οδηγεί στην τρόμπτα νερού. Αυτός ο τρόπος είναι ο πιο αξιόπιστος επειδή είναι σίγουρο ότι το δοχείο έχει αδειάσει πλήρως από το νερό και στην συνέχεια επιστρέφει το όχημα στην βάση.



Εικ. 45 Αισθητήριο νερού



Εικ. 46 Αισθητήριο νερού scooba – iRobot

Στο πίσω μέρος του οχήματος βρίσκεται το καπάκι που κλείνει τα δοχεία. Το καπάκι αυτό πρέπει να είναι κλειστό κατά την κίνηση του οχήματος διότι το νερό μπορεί να χύνεται έξω από τα δοχεία και λόγω της θέσης του καπακιού όταν είναι ανοιχτό δεν είναι δυνατό να εισέλθει το όχημα στην βάση και είναι πιθανό να εγκλωβιστεί κάτω από κάποιο έπιπλο. Για αυτό κρίθηκε απαραίτητο να γίνεται έλεγχος στο καπάκι και να διακόπτεται η κίνηση του οχήματος μόλις αυτό ανοιχτεί και στην συνέχεια να κλείσει, το όχημα συνεχίζει να εκτελεί την του στην κλειστή θέση. Όταν ο χρήστης το κλείσει, το όχημα συνεχίζει να εκτελεί την λειτουργία που διέκοψε. Ο έλεγχος του καπακιού γίνεται με δυο επαφές οι οποίες, όταν ανοιχτεί το καπάκι, κλείνουν το κύκλωμα και μια τάση περνάει στον μικροελεγκτή. Όταν το καπάκι κλείσει το κύκλωμα ανοίγει και ο μικροελεγκτής παύει να βλέπει τάση στην συγκεκριμένη γραμμή.



Εικ. 47 Καπάκι δοχείων οχήματος

2.4 Κατασκευή βάσης επαναφόρτισης και πλήρωσης υγρών

Η κατασκευή της βάσης έγινε εξ' ολοκλήρου στο χέρι εκτός από κάποια εξαρτήματα στο εσωτερικό όπως οι σερβομηχανισμοί. Οι διαστάσεις της είναι 50x50x32 εκ. και το βάρος, με άδεια τα δοχεία, 3 κιλά. Κατασκευάστηκε έτσι ώστε να καλύπτει τον λιγότερο δυνατό χώρο στο δάπεδο γι' αυτό όλα τα εξαρτήματα και τα δοχεία βρίσκονται στο πάνω μέρος της, πάνω από την θέση του οχήματος. Η τοποθέτηση της βάσης πρέπει να γίνεται σε επίπεδη επιφάνεια προσβάσιμη από το όχημα σε οποιοδήποτε σημείο του χώρου που θα καθαρίζεται και πρέπει να υπάρχει παροχή 220V AC για την τροφοδοσία της. Μπροστά από την είσοδο της βάσης πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένα μέτρο επιφάνειας καθαρής από εμπόδια ώστε το όχημα να μπορεί να την εντοπίσει και να εισέλθει σε αυτήν.



Εικ. 48 Όχημα και βάση

Τα μέρη

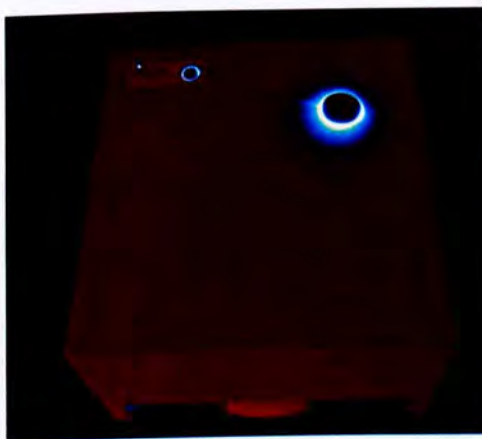
Σκελετός – Εξωτερική σχεδίαση

Ο σκελετός της βάσης κατασκευάστηκε από μεταλλικό προφίλ από γαλβανισμένο μέταλλο χαμηλού βάρους και υψηλών αντοχών. Όλα τα τμήματα του σκελετού έχουν δεθεί μεταξύ τους με πριτσίνια. Τα δύο εσωτερικά τοιχώματα τα οποία κεντράρουν το όχημα όταν αυτό εισέρχεται στην βάση, έχουν στηριχθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύκολη η ρύθμισή τους. Δηλαδή αν χρειαστεί το όχημα, κατά την είσοδό του στην βάση, να είναι λίγο πιο δεξιά ή αριστερά τότε μπορεί εύκολα ακόμη και ο χρήστης να ρυθμίσει τα εσωτερικά τοιχώματα της βάσης με τα δύο βιδάκια που υπάρχουν στις πίσω κάτω γωνίες της βάσης. Εξωτερικά ο σκελετός έχει ντυθεί με κόντρα πλακέ θαλάσσης πάχους 4mm. Με αυτόν τον τρόπο

επετεύχθη το χαμηλό βάρος όλης της κατασκευής και η υψηλή αντοχή κάτι που είναι πολύ σημαντικό για να είναι εύχρηστη αλλά παράλληλα να αντέχει το βάρος των δοχείων στο εσωτερικό και άλλων αντικειμένων που μπορούν να τοποθετηθούν πάνω σε αυτή. Για να είναι λειτουργική η βάση, η πάνω επιφάνεια είναι επίπεδη και τα πλήκτρα συγκεντρωμένα σε ένα σημείο ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν τραπέζακι. Η βάση διαθέτει τρία ανοιγόμενα μέρη, ένα επάνω για την εύκολη πρόσβαση στο εσωτερικό της βάσης και την εποπτεία της διαδικασίας επαναφόρτισης και πλήρωσης υγρών, ένα στο πλάι για την πρόσβαση στο δοχείο με το βρώμικο νερό και ένα για την εύκολη πρόσβαση στην κεντρική πλακέτα και την αναβάθμισή της. Στο πάνω μέρος υπάρχει επίσης ένα πώμα για την συμπλήρωση του καθαρού νερού. Τα πλήκτρα και το πώμα φωτίζονται έτσι ώστε να είναι ευδιάκριτα ακόμη και όταν στο χώρο δεν υπάρχει φωτισμός.



Εικ. 49 Πρόσβαση στο δοχείο και την πλακέτα της βάσης



Εικ. 50 Η βάση με φωτισμό και χωρίς φωτισμό στον χώρο

Επικοινωνία με τον χρήστη

Για την επικοινωνία του χρήστη με την βάση και το αντίστροφο, στο επάνω μέρος της βάσης τοποθετήθηκαν τέσσερις ενδεικτικές λυχνίες led και ένα πλήκτρο.

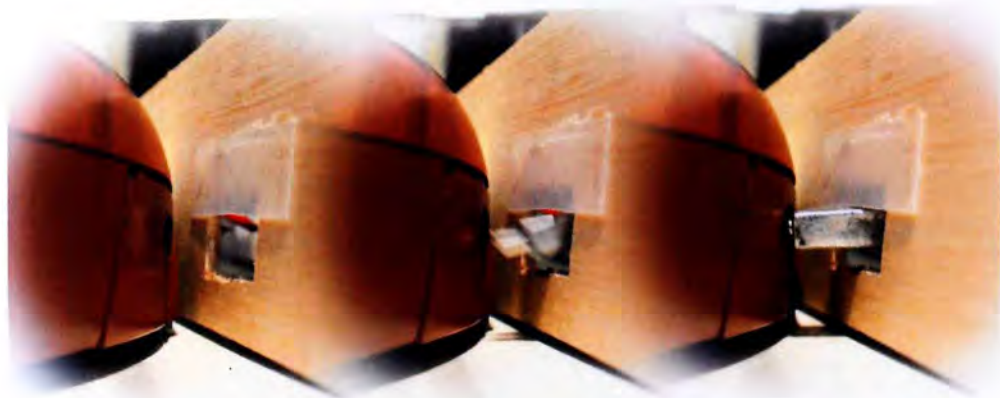
Οι ενδείξεις είναι :

- I. Power - Η βάση τροφοδοτείται
- II. Check tank - Το καθαρό νερό τελείωσε ή το δοχείο του βρώμικου είναι γεμάτο
- III. Dock - Το όχημα εισήλθε επιτυχώς στην βάση
- IV. Charge - Οι μπαταρίες του οχήματος φορτίζονται

Η βάση διαθέτει μόνο ένα πλήκτρο και τον διακόπτη ON/OFF διότι όλες οι εργασίες είναι αυτοματοποιημένες και ελέγχονται από την βάση και το όχημα. Το πλήκτρο (Get Out) χρησιμεύει όταν ο χρήστης θέλει να βγει το όχημα από την βάση.

Επικοινωνία μεταξύ οχήματος και βάσης

Για την επικοινωνία του οχήματος με την βάση αλλά και την φόρτιση των μπαταριών κατασκευάστηκε ένας ακροδέκτης αποτελούμενος από δύο φις DC αρσενικά. Αυτά στο σύνολο διαθέτουν τέσσερις επαφές. Οι δύο χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία, η μία για παροχή ρεύματος για φόρτιση και μια για κοινή γη. Ο ακροδέκτης είναι τοποθετημένος πάνω σε έναν σερβομηχανισμό ο οποίος το κινεί προς το όχημα όταν αυτό εισέλθει στην βάση. Το όχημα διαθέτει στο πλάι δυο φις DC θηλυκά στα οποία κουμπώνει ο ακροδέκτης. Όταν ολοκληρωθεί ο κύκλος εργασιών στην βάση και το όχημα είναι έτοιμο για να εξέλθει, τότε ο σερβομηχανισμός μαζεύει προς το εσωτερικό της βάσης τον ακροδέκτη και το όχημα απελευθερώνεται. Όλος ο μηχανισμός είναι απλός και στηρίχθηκε πάνω στον σκελετό της βάσης.



Εικ. 51 Κίνηση τοποθέτησης ακροδέκτη στο όχημα

Άνοιγμα καπακιού

Όταν το όχημα επιστρέψει στην βάση για πλήρωση νερού ή άδειασμα του βρώμικου νερού και γίνει η σύνδεση με την βάση, τότε ενεργοποιείται ο μηχανισμός που ανοίγει το καπάκι των δοχείων. Ο μηχανισμός αποτελείται από έναν μικρό και ελαφρύ κατεύθυνση, για να ανοίγει το καπάκι. Η κίνηση που κάνει η ράβδος είναι αντίθετη από αυτή του σερβομηχανισμού, όπως φαίνεται και στην εικόνα 52, γιατί ο άξονας της περιστροφής της ράβδου δεν είναι το κέντρο του σερβομηχανισμού. Με αυτόν τον τρόπο επετεύχθη μικρότερη κίνηση στην άκρη της ράβδου αλλά η δύναμη είναι μεγαλύτερη. Ο μηχανισμός στηρίχθηκε πάνω στον σκελετό της βάσης.



Εικ. 52 Κίνηση ανοίγματος του καπακιού του οχήματος

Συμπλήρωση καθαρού νερού

Η συμπλήρωση του καθαρού νερού στο όχημα γίνεται με πολύ απλό τρόπο. Όταν ανοιχτεί το καπάκι των δοχείων ένας σερβομηχανισμός ξεσφίγγει το σωληνάκι του δοχείου με το νερό. Το δοχείο βρίσκεται πάνω από το όχημα και το σωληνάκι είναι στο κάτω μέρος του, έτσι δεν χρειάζεται τρόμππα νερού και το νερό τρέχει προς τα κάτω με την βαρύτητα. Όταν γεμίσει το δοχείο του οχήματος τότε ο σερβομηχανισμός επιστρέφει στην αρχική θέση και σφίγγει ξανά το σωληνάκι ώστε να σταματήσει η ροή του νερού. Το σωληνάκι δεν φθείρεται, γιατί δεν υπάρχει άμεση επαφή του κινούμενου μέρους του σερβομηχανισμού με αυτό αλλά μεσολαβεί μεταξύ τους μια μεμβράνη. Η παύση της ροής του νερού επιτυγχάνεται επειδή το σωληνάκι είναι κατασκευασμένο από σιλικόνη και είναι πολύ εύκαμπτο. Όλος ο μηχανισμός στηρίζεται στο κάτω μέρος του δοχείου με το καθαρό νερό.



Εικ. 53 Διακοπή και ελευθέρωση της ροής του νερού

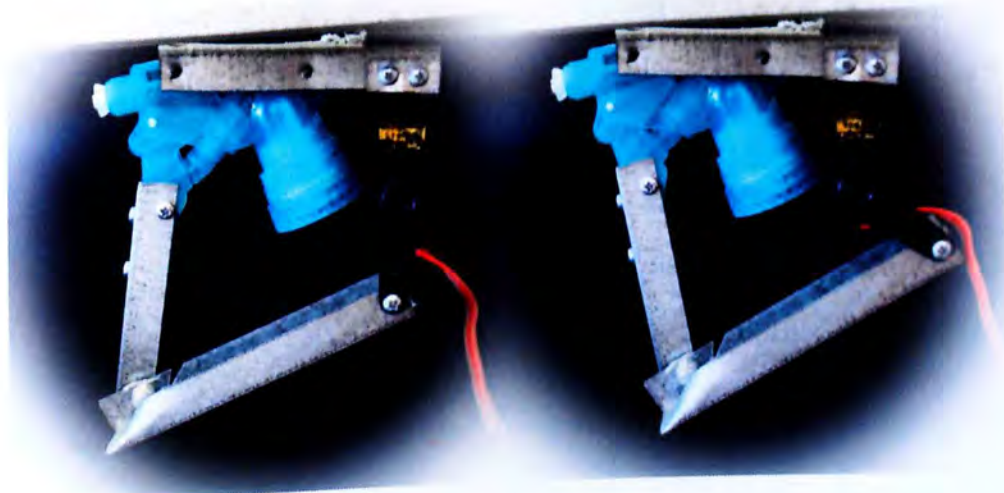
Άδειασμα βρώμικου νερού

Το άδειασμα του βρώμικου νερού από το δοχείο του οχήματος γίνεται σε δύο στάδια. Πρώτα ένας σερβομηχανισμός κατεβάζει ένα σωληνάκι μέσα στο δοχείο με το βρώμικο νερό και στην συνέχεια ένας άλλος μηχανισμός στέλνει το νερό στο δοχείο της βάσης. Ο σερβομηχανισμός που κατεβάζει το σωληνάκι στηρίζεται πάνω στον σκελετό της βάσης. Πάνω στον άξονα περιστροφής προσαρμόστηκε μια μεταλλική προέκταση για να αυξηθεί το μήκος της κίνησης. Στην άκρη της μεταλλικής προέκτασης υπάρχει μια ελεύθερα περιστρεφόμενη στήριξη για το σωληνάκι. Έτσι όταν ο σερβομηχανισμός περιστρέφει την προέκταση, το σωληνάκι περνάει ελεύθερα μέσα από έναν οδηγό και καταλήγει μέσα στο δοχείο. Η αναρρόφηση του νερού

γίνεται με την βοήθεια ενός ψεκάστηρα νερού, τον οποίο κινεί ένας σερβομηχανισμός. Το κάτω άκρο του ψεκάστηρα βυθίζεται μέσα στο δοχείο του οχήματος και στο μπροστινό άκρο, από το οποίο ψεκάζει το νερό, προσαρμόστηκε σωληνάκι που καταλήγει στο δοχείο της βάσης. Στο χερούλι του ψεκάστηρα προσαρμόστηκε προέκταση για διευκόλυνση του σερβομηχανισμού. Με αυτόν τον τρόπο ένα απλό εργαλείο καθημερινής χρήσης μετατράπηκε σε τρόμπα νερού απλά αντικαθιστώντας το ανθρώπινο χέρι με έναν σερβομηχανισμό. Όλος ο μηχανισμός στηρίζεται πάνω στον σκελετό της βάσης. Αφού ολοκληρωθεί η αναρρόφηση του βρώμικου νερού το σωληνάκι επιστρέφει στην αρχική του θέση.



Εικ. 54 Κίνηση τοποθέτησης σωλήνα στο δοχείο του οχήματος

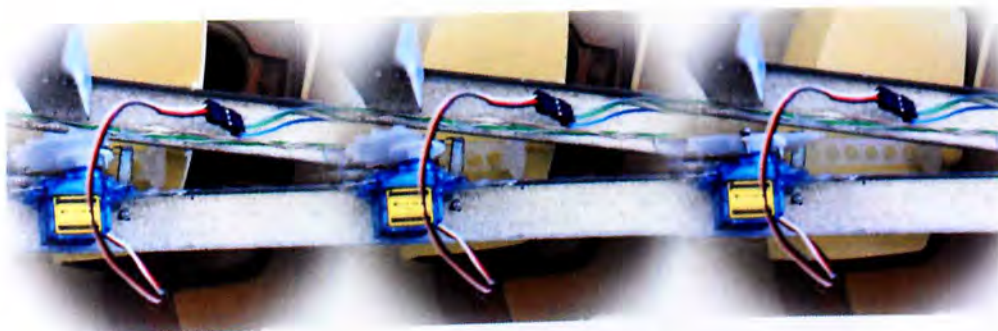


Εικ. 55 Αυτοσχέδια τρόμπα νερού

Κλείσιμο καπακιού

Όταν ολοκληρωθεί ο κύκλος εργασιών στην βάση, που αφορούν τα δοχεία του οχήματος, ένας μικρός σερβομηχανισμός κλείνει το καπάκι των δοχείων. Ο σερβομηχανισμός στηρίζεται πάνω στον σκελετό της βάσης και περιστρέφει ένα πλαστικό ημικόκλιο γρανάζι το οποίο μετακινεί μια πλαστική διάτρητη μπάρα. Η μπάρα στηρίζεται πάνω σε οδηγούς και η

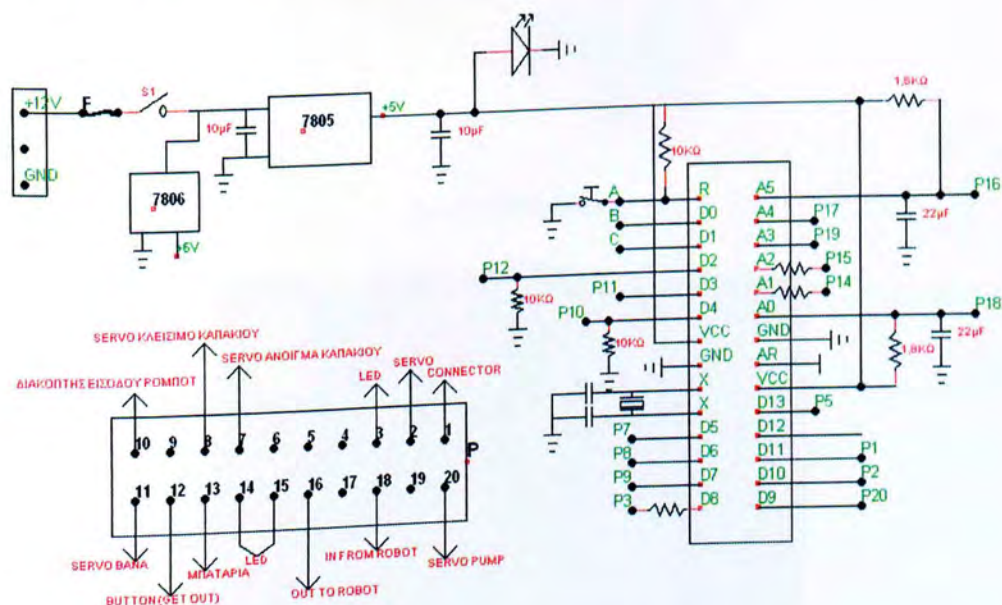
μετακίνηση της σπρώχνει το καπάκι των δοχείων προς τα κάτω. Μόλις τερματίσει την κίνησή της και κλείσει το καπάκι, επιστρέφει στην αρχική της θέση.



Εικ. 56 Κίνηση κλεισίματος καπακιού του οχήματος

Κύκλωμα Ελέγχου

Το κύκλωμα ελέγχου της βάσης σχεδιάστηκε στο χέρι και στην συνέχεια μεταφέρθηκε σε ηλεκτρονική μορφή όπως φαίνεται στο σχήμα 14.



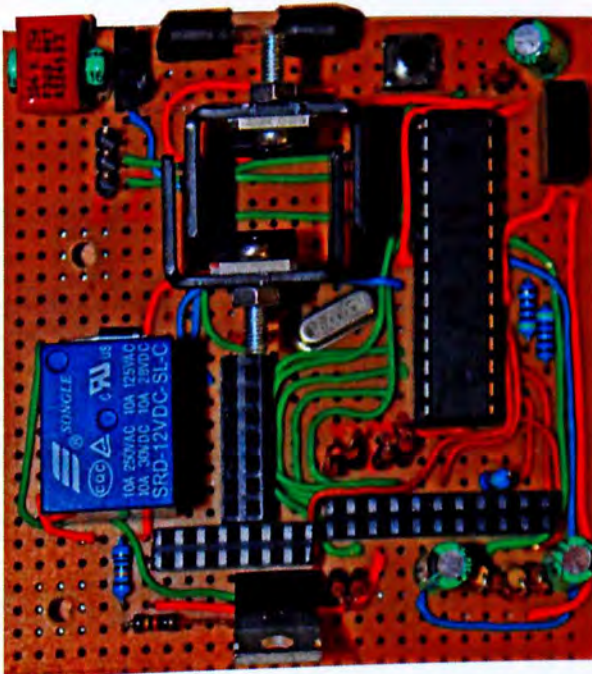
Σχήμα 14 Κύκλωμα πλακέτας βάσης

Το κύκλωμα αυτό, ελέγχει συνολικά έξι σερβομηχανισμούς οι οποίοι εκτελούν τις εργασίες ανοίγματος και κλεισίματος του καπακιού των δοχείων, ελέγχου ροής του νερού, αναρρόφησης του βρώμικου νερού από το όχημα και τοποθέτησης του βύσματος επικοινωνίας στο όχημα.

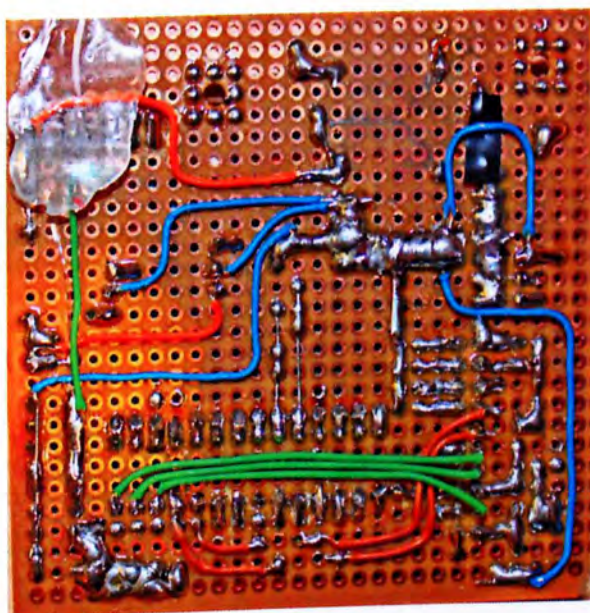
Πάνω στο κύκλωμα υπάρχουν επίσης τέσσερις δίοδοι LED. Μία για ένδειξη της τροφοδοσίας του κυκλώματος, μία για ένδειξη της εισόδου του οχήματος στην βάση, μία για ένδειξη της φόρτισης των μπαταριών του οχήματος και μία για ένδειξη της έλλειψης νερού στην βάση. Οι λειτουργίες που εκτελεί η βάση και ελέγχονται από το κύκλωμα αυτό, αναφέρονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 2.1 – Σενάριο λειτουργίας.



Εικ. 57 Πλακέτα βάσης



Εικ. 58 Κάτωψη πλακέτας βάσης



Εικ. 59 Άνωψη πλακέτας βάσης

Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του κυκλώματος φαίνονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα.

Περιγραφή υλικού	Τεμάχια
Πλακέτα Διάτρητη	1
Μικροελεγκτής ATmega328 - PU	1
Πυκνωτής 22μF 35V	2
Πυκνωτής 10μF 16V	2
Πυκνωτής 22pF	2
Πυκνωτής 0,1μF	1
Κρύσταλλος 16MHz	1
Ασφάλεια 3A	1
Σταθεροποιητής τάσης L7805CV	1
Σταθεροποιητής τάσης L7806CV	1
Αντίσταση 10kΩ 0.25 W	4
Αντίσταση 1,8kΩ 0.25 W	2
Αντίσταση 2,2kΩ 0.25 W	2
Tact switch 6x6mm 4pins	2
Βάση μικροελεγκτή 16X2	1
Ρελέ 12V SPDT	1
Ψύκτρα αλουμινίου TO220	2
LED μπλε 5mm	4
Υποδοχή DC για φισ 2,5mm	1

Πίνακας 5 Εξαρτήματα του κυκλώματος της βάσης

Αισθητήρια

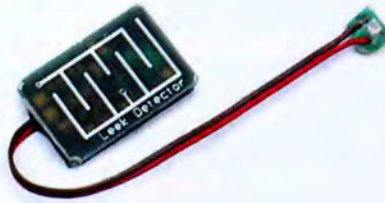
Στην βάση υπάρχουν μόνο τρία αισθητήρια. Ο σκοπός της βάσης είναι η φόρτιση των μπαταριών και η πλήρωση των υγρών, έτσι, όλες οι μετρήσεις που χρειάζονται για τον καθαρισμό του χώρου εκτελούνται από το όχημα.

Εσωτερικά στην βάση υπάρχει ένα μπουτόν για να μπορεί να καταλάβει η βάση πότε εισέρχεται σε αυτήν το όχημα. Το μπουτόν είναι συνδεδεμένο με το μικροελεγκτή της βάσης και μόλις πιεστεί και κλείσει το κύκλωμα, ο μικροελεγκτής θα δώσει την εντολή για την σύνδεση του ακροδέκτη στο όχημα.



Εικ. 60 Μπουτόν ελέγχου της εισόδου του οχήματος στην βάση

Το μόνο που πρέπει να επιτηρεί η βάση για να ενημερώνει τον χρήστη, είναι η στάθμη του νερού στα δοχεία. Γι' αυτό υπάρχουν δύο επαφές, μία στο δοχείο με το καθαρό νερό και μία στο δοχείο με το βρώμικο νερό. Έτσι όταν το καθαρό νερό τελειώσει ή το δοχείο του βρώμικου γεμίσει, ο χρήστης θα ενημερωθεί για να επιλύσει το πρόβλημα.



Εικ. 61 Αισθητήρας νερού

Τροφοδοσία

Η βάση τροφοδοτείται από το ηλεκτρικό δίκτυο με 220V AC και στο εσωτερικό της, υπάρχει τροφοδοτικό AC/DC το οποίο τροφοδοτεί την πλακέτα και τα υποεξαρτήματα με 18V 5A σταθερή τάση.



Εικ. 62 Τροφοδοτικό βάσης 18V 5A

2.5 Κόστος κατασκευής

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία έγιναν δύο κατασκευές, το όχημα και η βάση. Το όχημα κατασκευάστηκε από τμήματα αυτοματοποιημένου οχήματος καθαρισμού, που υπάρχει στην αγορά και έγιναν όλες οι μετατροπές και οι προσθήκες που περιγράφονται στα παραπάνω κεφάλαια. Η βάση ανιθέτως κατασκευάστηκε από την αρχή, ξεκινώντας από τον μεταλλικό σκελετό και τελειώνοντας με τοποθέτηση των εξαρτημάτων. Αν και το συνολικό κόστος δεν υπερέβη τον προϋπολογισμό χρειάστηκαν πολλές ώρες για την κατασκευή και τον προγραμματισμό του οχήματος και της βάσης. Παρακάτω δίνεται ο αναλυτικός πίνακας με τις τιμές όλων των εξαρτημάτων, καινούργιων και μεταχειρισμένων, που χρησιμοποιήθηκαν.

Περιγραφή υλικού	Ποσότητα	Κόστος €
Πλακέτα Διάτρητη	2 Τεμ.	8.56
Μικροελεγκτής ATmega328 - PU	3 Τεμ.	12.70
Πυκνωτής 22μF 35V	7 Τεμ.	0.25
Πυκνωτής 1000μF 25V	2 Τεμ.	1.00
Πυκνωτής 10μF 16V	6 Τεμ.	0.25
Πυκνωτής 22pF	6 Τεμ.	0.25
Πυκνωτής 0,1μF	2 Τεμ.	0.10
Κρύσταλλος 16MHz	3 Τεμ.	1.40
Ασφαλειοθήκη 5X20	2 Τεμ.	0.98
Ασφάλεια 1A	1 Τεμ.	0.20
Ασφάλεια 3A	2 Τεμ.	0.40
Σταθεροποιητής τάσης L7805CV	3 Τεμ.	0.95
Σταθεροποιητής τάσης L7809CV	1 Τεμ.	0.35
Σταθεροποιητής τάσης L7806CV	2 Τεμ.	0.70
Σταθεροποιητής τάσης L7812CV	1 Τεμ.	0.40
Αντίσταση 48kΩ 0.25 W	3 Τεμ.	0.06
Αντίσταση 10kΩ 0.25 W	9 Τεμ.	0.18
Αντίσταση 470Ω 0.25 W	4 Τεμ.	0.08
Αντίσταση 1,8kΩ 0.25 W	4 Τεμ.	0.08
Αντίσταση 2,2kΩ 0.25 W	6 Τεμ.	0.12
Tact switch 6x6mm 4pins	8 Τεμ.	2.10
Transistor TIP120	2 Τεμ.	1.10
Γέφυρα L298N	1 Τεμ.	3.90
Βάση μικροελεγκτή 16X2	3 Τεμ.	0.36
Ρελέ 12V SPDT	2 Τεμ.	5.34
Ποτενσιόμετρο 1kΩ	1 Τεμ.	0.25
Ψύκτρα αλουμινίου TO220	4 Τεμ.	2.99
Push button	2 Τεμ.	0.80
Δίοδος 1N4004	4 Τεμ.	0.16
Δίοδος 1N4001	4 Τεμ.	0.16
Δίοδος 1N4148	1 Τεμ.	0.04
Δίοδος 1N5819	8 Τεμ.	1.80
LED πράσινο 5mm	1 Τεμ.	0.5
LED μπλε 5mm	12 Τεμ.	0.55
DC αρσενικό καλώδιο	2 μ.	0.90
Stereo Βυσματα	2 τεμ.	2.00

Υπεριθρα Led	12 τεμ. .	5.00
Υπεριθρος Δεκτης	2 τεμ.	3.00
Καλωδιο Flat UI2651 28	1 μ.	1.67
Pins Θυλκια Hns 1x40	2 τεμ.	0.50
Pins Θυλκια Pns 1x20	2 τεμ.	0.50
Φις Dc Μακρυ 5.5x2.1 S	2 τεμ.	1.84
Σασι Dc Προεκταση 2.5	2 τεμ.	4.36
Καλωδιο Μονοκλωνο	10 μ.	1.23
Θερμοαγωγικη Αλοιφη Na	1 τεμ.	1.49
Pin Header 40	6 τεμ.	1.64
Lcd 16x2 Bleu	1 τεμ.	5.41
Άλλα Ηλεκτρονικά Εξαρτήματα και κόσθη αποστολών	-	20.00
Θερμοσυστελλόμενο 1,6 mm	3 μ.	0.54
Θερμοσυστελλόμενο 2,4 mm	2 μ.	0.36
Θερμοσυστελλόμενο 3,2 mm	2 μ.	0.62
Θερμοσυστελλόμενο plf10	1 μ.	0.20
Χοντρό πλαστικό	1 τεμ.	0.90
Utufspray R1014 Tunry 400ml	1 τεμ.	4.80
Utufspray R8002 Stgnai Bronh 400ml	1 τεμ.	4.80
Spray Αστάρι Πρόσφυσης πλαστικού	1 τεμ.	8.95
Παξιμάδι γαλβανιζέ 3mm	100 τεμ.	1.00
Θερμοκολλα Σε Ραβδους 12mm 100 τεμ.	1 τεμ	8.80
Κοντρα Πλακε Shel.Marplex (4mm)	2 τ.μ.	9.40
Πλαστικη Διαφανια	1 τ.μ.	1.40
Πλαστικο Ματ 1μμ	1 τ.μ.	3.20
Μαυρο Χαρτονι	1 τ.μ.	1.00
Μαγνητικη Επαφή	4 τεμ.	5.12
Σωλινακι Σιλικονης	2 μ.	8.00
Μεταλλικό γαλβανιζέ προφίλ	12 μ.	12.00
Βιδες Λαμαρινας (100τεμ)	1 τεμ.	2.50
Σιλικονη Στεγανωποιησης	1 τεμ.	2.50
Σασί οχήματος	1 τεμ.	16.00
Βαλβίδα εισαγωγής με αισθητήρα	1 τεμ.	30.00
Ψεκαστήρες νερού και σωληνάκια	2 τεμ.	8.00
Τρόμπα νερού οχήματος	1 τεμ.	35.00
Βούρτσα	1 τεμ.	15.00
Μοτέρ βούρτσας και μετάδοση	1 τεμ.	43.00
Μπροστινή ρόδα οχήματος	1 τεμ.	5.00
Πίσω ρόδες	2 τεμ.	7.00
Μοτέρ κίνησης οχήματος με μετάδοση	2 τεμ.	40.00
Αισθητήρες προφυλακτήρα (μπουτόν)	2 τεμ.	10.00
Προφυλακτήρας	1 τεμ.	12.00
Αισθητήρας υπέρυθρος bumper cliff	3 τεμ.	16.00
Σύστημα αναρρόφησης	1 τεμ.	32.00
Δοχείο οχήματος	1 τεμ.	20.00
Ηχείο οχήματος	1 τεμ.	4.00
Μπαταρία LiPo 2280mAh 3 κελιών	1 τεμ.	15.00
Μπαταρία LiPo 4000mAh 3 κελιών	1 τεμ.	20.00
Servo 55g με μεταλλικά γρανάζια	2 τεμ.	15.00

Servo 41g με πλαστικά γρανάζια	2 τεμ.	40.00
Mini Servo 9g	2 τεμ.	5.00
Τροφοδοτικό 18V 5A	1 τεμ.	10.00
Πριτσίνια μεταλλικά	150 τεμ.	4.00
Ψεκαστήρας νερού	1 τεμ.	1.50
Πλαστικό δοχείο (για καθαρό νερό)	1 τεμ.	2.00
Πλαστικό δοχείο (για βρώμικο νερό)	1 τεμ.	0.60
Τρυπάνι μετάλλου HSS-TTN 3,2 MM	2 τεμ.	7.40
Πλαστικό χωνί μικρό	1 τεμ.	0.90
Graupner Μπάλα Φύλλο 10X100cm 3mm	1 τεμ.	2.76

Πίνακας 6 Αναλυτικό κόστος υλικών

Το συνολικό κόστος της κατασκευής του οχήματος και της βάσης ανήλθε στα 591.85 Ευρώ.

2.6 Κώδικας

Η κατασκευή διαθέτει τρεις μικροελεγκτές ATmega328-PU. Έναν στην βάση και δύο στο όχημα. Κάθε μικροελεγκτής είναι αυτόνομος, με τον δικό του κώδικα. Ο πρώτος (Α) μικροελεγκτής στο όχημα, ελέγχει την κίνηση και τα αισθητήρια. Ο κώδικάς του είναι γραμμένος σε 1050 γραμμές και αποτελείται από 25 ρουτίνες. Ο δεύτερος (Β) μικροελεγκτής του οχήματος ελέγχει την στάθμη των δοχείων και είναι υπεύθυνος για την επικοινωνία του με την βάση αλλά και με τον χρήστη μέσω των πλήκτρων και της οθόνης lcd. Ο κώδικάς του είναι γραμμένος σε 1220 γραμμές και αποτελείται από 13 ρουτίνες. Ο τρίτος (Γ) μικροελεγκτής, της βάσης ελέγχει όλες τις λειτουργίες της και είναι υπεύθυνος για την επικοινωνία με το όχημα. Ο κώδικας του είναι γραμμένος σε 350 γραμμές και αποτελείται από 10 ρουτίνες.

Παρακάτω ακολουθούν κάποιες ρουτίνες από τον κώδικα των τριών μικροελεγκτών.

void start() (B Μικροελεγκτής)

```
{
digitalWrite(lcdbacklight, HIGH);
delay(4000);
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print("Automated");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Cleaning Machine");
delay(5000);
lcd.clear();
delay(2000);
lcd.setCursor(4,0);
lcd.print("E");
lcd.write(5);
lcd.print("I");
lcd.write(3);
lcd.print("O");
lcd.write(1);
```

```

lcd.print("H ");
lcd.setCursor(2,1);
lcd.write(5);
lcd.print("PO");
lcd.write(1);
lcd.print("PAMMATO");
lcd.write(6);
delay(5000);
lcd.clear();
delay(2000);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("E");
lcd.write(5);
lcd.print("I");
lcd.write(3);
lcd.print("E");
lcd.write(4);
lcd.print("TE ENA A");
lcd.write(5);
lcd.print("O");
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print("TA ");
lcd.write(5);
lcd.print("PO");
lcd.write(1);
lcd.print("PAMMATA");
delay(5000);
lcd.clear();
}

```

Η ρουτίνα void start είναι η πρώτη που ενεργοποιείται από τον Β μικροελεγκτή μόλις τροφοδοτηθεί το όχημα. Αρχικά ανάβει η lcd οθόνη και στην συνέχεια προβάλλονται τα μηνύματα «Automated Cleaning Machine», «Επιλογή προγράμματος» και «Επιλέξτε ένα από τα προγράμματα». Παράλληλα ενεργοποιείται σε άλλον μικροελεγκτή η παρακάτω ρουτίνα readfromB.

void selectprogram()*(B Μικροελεγκτής)*

```

{
  int start = 0;
  digitalWrite(lcdbacklight, HIGH);
  startup;
  LastbuttonSTARTState = digitalRead(buttonSTART);
  delay(20);
  Last2buttonSTARTState = digitalRead(buttonSTART);
  LastbuttonPLUSState = digitalRead(buttonPLUS);
  delay(20);
  Last2buttonPLUSState = digitalRead(buttonPLUS);
  LastbuttonMINUSState = digitalRead(buttonMINUS);
  delay(20);
  Last2buttonMINUSState = digitalRead(buttonMINUS);
  if (LastbuttonPLUSState == Last2buttonPLUSState) {
    if (LastbuttonPLUSState != buttonPLUSState) {
      if (LastbuttonPLUSState == LOW) {
        ++NumberOfProgram;
        do{
          analogWrite(out,10);
          input = analogRead(in);
        }
      }
    }
  }
}

```



```

while (input < 900);
analogWrite(out,0);
buttonPLUSState = digitalRead(buttonPLUS);
}
}
buttonPLUSState = LastbuttonPLUSState;
}
if (LastbuttonMINUSState == Last2buttonMINUSState) {
if (LastbuttonMINUSState != buttonMINUSState) {
if (LastbuttonMINUSState == LOW){
NumberOfProgram = NumberOfProgram - 1;
do{
analogWrite(out,10);
input = analogRead(in);
}
while (input < 900);
analogWrite(out,0);
buttonMINUSState = digitalRead(buttonMINUS);
}
}
buttonMINUSState = LastbuttonMINUSState;
}
if (NumberOfProgram == 1)
{
lcd.clear();
lcd.setCursor(2,0);
lcd.print("AME");
lcd.write(6);
lcd.print("H ENAP");
lcd.write(4);
lcd.print("H");
}
else if (NumberOfProgram == 2)
{
lcd.clear();
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print("ENAP");
lcd.write(4);
lcd.print("H ME");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("XPONOKA");
lcd.write(2);
lcd.print("Y");
lcd.write(6);
lcd.print("TEPH");
lcd.write(6);
lcd.print("H");
}
else if (NumberOfProgram == 3)
{
lcd.clear();
lcd.setCursor(4,0);
lcd.write(6);
lcd.print("TE");
lcd.write(1);
lcd.print("N");
lcd.write(7);
lcd.print("MA");
}
else if (NumberOfProgram == 4)

```

```

{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print("E");
  lcd.write(5);
  lcd.print("I");
  lcd.write(6);
  lcd.print("TPO");
  lcd.write(8);
  lcd.print("H ");
  lcd.setCursor(3,1);
  lcd.write(6);
  lcd.print("THN BA");
  lcd.write(6);
  lcd.print("H");
}
else if (NumberOfProgram < 1)
{
  NumberOfProgram = NumberOfProgram + 4;
}
else if (NumberOfProgram > 4)
{
  NumberOfProgram = NumberOfProgram - 4;
}
if (LastbuttonSTARTState == Last2buttonSTARTState ) {
  if (LastbuttonSTARTState != buttonSTARTState) {
    if (LastbuttonSTARTState == LOW){
      ++start;
      do{
        analogWrite(out,10);
        input = analogRead(in);
      }
      while (input < 900);
      analogWrite(out,0);
      buttonSTARTState = digitalRead(buttonSTART);
    }
  }
  buttonSTARTState = LastbuttonSTARTState;
}
if (start == 0){
  goto startup;
}
startprogram(NumberOfProgram);
}

```

Η ρουτίνα `selectprogram` παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει το πρόγραμμα λειτουργίας που επιθυμεί. Πατώντας, ο χρήστης, τα μπουτόν "+" και "-" εναλλάσσονται στην οθόνη LCD του οχήματος, τα τεσσερα προγράμματα λειτουργίας. Όταν θέλει να επιλέξει κάποιο για να εκτελεστεί, απλά πατά το μπουτόν START. Σε κάθε ένα από τα προγράμματα, αντιστοιχεί ένας αριθμός. Όταν ο χρήστης πατήσει το START θα κληθεί η ρουτίνα `startprogram` με συνοδεία τον αριθμό του προγράμματος που επέλεξε ο χρήστης.

void startprogram(int NumberOfProgram) (B Μικροελεγκτής)

```

{
  digitalWrite(lcdbacklight, HIGH);
  if (NumberOfProgram == 1)
  {
    StartNOW();
  }
}

```



```

}
else if (NumberOfProgram == 2)
{
  epilogikathisterisis();
}
else if (NumberOfProgram == 3)
{
  stegnoma();
}
else if (NumberOfProgram == 4)
{
  returntobase();
}
}

```

Η ρουτίνα startprogram ελέγχει τον αριθμό που παίρνει από την ρουτίνα selectprogram, ο οποίος αντιστοιχεί στο πρόγραμμα λειτουργίας που επέλεξε ο χρήστης και στην συνέχεια εκτελεί την ρουτίνα που απαιτείται για κάθε περίπτωση.

void stegnoma() *(B Μικροελεγκτής)*

```

{
  digitalWrite(lcdbacklight, HIGH);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("ENAP");
  lcd.write(4);
  lcd.print("H ");
  lcd.write(6);
  lcd.print("E : ");
  for (int i = 10; i > 0; i--)
  {
    lcd.setCursor(13,0);
    lcd.print(i);
    delay(150);
    lcd.setCursor(13,0);
    lcd.print(" ");
  }
  lcd.clear();
  do{
    analogWrite(out,147);
    input = analogRead(in);
  }
  while (input < 900);
  analogWrite(out,0);
  delay(500);
  clean();
}

```

Η ρουτίνα stegnoma καλείται όταν ο χρήστης επιλέξει το πρόγραμμα στεγνώματος δαπέδου. Αρχικά εμφανίζεται στην LCD οθόνη η αντίστροφη μέτρηση των δέκα δευτερολέπτων για την έναρξη της διαδικασίας και στην συνέχεια ενημερώνεται ο Α μικροελεγκτής για την επιλογή του χρήστη και καλείται η ρουτίνα clean.

void epilogikathisterisis() *(B Μικροελεγκτής)*

```

{
  startup3:

```

```

int start = 0;
lcd.clear();
lcd.setCursor(2,0);
lcd.print("E");
lcd.write(5);
lcd.print("I");
lcd.write(3);
lcd.print("E");
lcd.write(4);
lcd.print("TE THN");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("XPONOKA");
lcd.write(2);
lcd.print("Y");
lcd.write(6);
lcd.print("TEPH");
lcd.write(6);
lcd.print("H");
delay(5000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("XPONOKA");
lcd.write(2);
lcd.print("Y");
lcd.write(6);
lcd.print("TEPH");
lcd.write(6);
lcd.print("H");
lcd.setCursor(10,1);
lcd.print("min");
int time = 30;
startup2:
LastbuttonSTARTState = digitalRead(buttonSTART);
delay(20);
Last2buttonSTARTState = digitalRead(buttonSTART);
LastbuttonSTOPState = digitalRead(buttonSTOP);
delay(20);
Last2buttonSTOPState = digitalRead(buttonSTOP);
LastbuttonPLUSState = digitalRead(buttonPLUS);
delay(20);
Last2buttonPLUSState = digitalRead(buttonPLUS);
LastbuttonMINUSState = digitalRead(buttonMINUS);
delay(20);
Last2buttonMINUSState = digitalRead(buttonMINUS);
if (LastbuttonPLUSState == Last2buttonPLUSState) {
  if (LastbuttonPLUSState != buttonPLUSState) {
    if (LastbuttonPLUSState == LOW) {
      if (time >=0 && time < 720){
        time = time + 30;
        do{
          analogWrite(out,10);
          input = analogRead(in);
        }
        while (input < 900);
        analogWrite(out,0);
      }
    }
  }
  else {
    do{
      analogWrite(out,50);
      input = analogRead(in);
    }
  }
}

```



```

    }
    while (input < 900);
    analogWrite(out,0);
  }
  buttonPLUSState = digitalRead(buttonPLUS);
}
}
buttonPLUSState = LastbuttonPLUSState;
}
if (LastbuttonMINUSState == Last2buttonMINUSState ){
  if (LastbuttonMINUSState != buttonMINUSState) {
    if (LastbuttonMINUSState == LOW){
      if (time >30 && time <= 720){
        time = time - 30;
        do{
          analogWrite(out,10);

          input = analogRead(in);
        }
        while (input < 900);
        analogWrite(out,0);
      }
      else {
        do{
          analogWrite(out,50);
          input = analogRead(in);
        }
        while (input < 900);
        analogWrite(out,0);
      }
      buttonMINUSState = digitalRead(buttonMINUS);
    }
  }
  buttonMINUSState = LastbuttonMINUSState;
}
}
lcd.setCursor(5,1);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(5,1);
lcd.print(time);
if (LastbuttonSTARTState == Last2buttonSTARTState ){
  if (LastbuttonSTARTState != buttonSTARTState) {
    if (LastbuttonSTARTState == LOW){
      start = 5;
      do{
        analogWrite(out,10);
        input = analogRead(in);
      }
      while (input < 900);
      analogWrite(out,0);
      buttonSTARTState = digitalRead(buttonSTART);
    }
  }
  buttonSTARTState = LastbuttonSTARTState;
}
}
if (LastbuttonSTOPState == Last2buttonSTOPState ){
  if (LastbuttonSTOPState != buttonSTOPState) {
    if (LastbuttonSTOPState == LOW){
      start = 10;
      do{

```

```

    analogWrite(out,10);
    input = analogRead(in);
}
while (input < 900);
analogWrite(out,0);
buttonSTOPState = digitalRead(buttonSTOP);
}
}
buttonSTOPState = LastbuttonSTOPState;
}
if (start == 10)
{
    start = 1;
    lcd.clear();
    selectprogram();
}
if (start == 0)
{
    goto startup2;
}
else if (start == 5)
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("ENAP");
    lcd.write(4);
    lcd.print("H ");
    lcd.write(6);
    lcd.print("E : ");
    for (int b=0;b<time;b++)
    {
        digitalWrite(lcdbacklight, HIGH);
        lcd.setCursor(13,0);
        lcd.print(" ");
        lcd.setCursor(13,0);
        lcd.print(time-b);
        delay(1000);
        digitalWrite(lcdbacklight, LOW);
        for (int c=0;c<59;c++)
        {
            delay(1000);
            if (digitalRead(buttonSTOP)==HIGH ){
                digitalWrite(lcdbacklight, HIGH);
                delay(1500);
                goto startup3;
            }
            if (digitalRead(buttonSTART)==HIGH ){
                delay(1500);
                StartNOW();
            }
        }
    }
    lcd.clear();
    StartNOW();
}
else if (start == 1)
{
    goto startup3;
}
}

```


Η ρουτίνα `epilogikathisterisis` καλείτε όταν ο χρήστης επιλέξει την λειτουργία καθαρισμού με χρονοκαθυστέρηση. Αρχικά ενημερώνει τον χρήστη με κατάλληλο μήνυμα στην LCD οθόνη και στην συνέχεια του παρέχει την δυνατότητα να επιλέξει με τα μπουτόν "+" και "-" τον χρόνο καθυστέρησης που επιθυμεί. Ο χρόνος καθυστέρησης που μπορεί να επιλέξει ο χρήστης είναι μεταξύ των 30 λεπτών και των 12 ωρών και το βήμα αλλαγής είναι 30 λεπτά.

Οι χρόνοι αυτοί εμφανίζονται στην LCD οθόνη. Για να επιλεγεί η χρονοκαθυστέρηση και να αρχίσει η διαδικασία της αντίστροφης μέτρησης ο χρήστης πρέπει να πατήσει το μπουτόν START. Στην συνέχεια το όχημα αναμένει για τον χρόνο αυτό και ξεκινά την διαδικασία καθαρισμού. Στην περίπτωση που ο χρήστης θέλει να επιστρέψει στο μενού επιλογής προγράμματος λειτουργίας, αρκεί να πατήσει το μπουτόν STOP.

void StartNOW() (*B Μικροελεγκτής*)

```
{
digitalWrite(lcdbacklight, HIGH);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("ENAP");
lcd.write(4);
lcd.print("H ");
lcd.write(6);
lcd.print("E : ");
for (int i = 10; i > 0; i--)
{
  lcd.setCursor(13,0);
  lcd.print(i);
  delay(150);
  lcd.setCursor(13,0);
  lcd.print(" ");
}
lcd.clear();
do{
  analogWrite(out,100);
  input = analogRead(in);
}
while (input < 900);
analogWrite(out,0);
delay(500);
clean();
}
```

Η ρουτίνα `StartNOW` εκτελείται όταν ο χρήστης επιλέξει την άμεση έναρξη καθαρισμού αλλά και όταν λήξει ο χρόνος της αντίστροφης μέτρησης στο πρόγραμμα καθαρισμού με χρονοκαθυστέρηση. Αρχικά εμφανίζεται στην LCD οθόνη η αντίστροφη μέτρηση των δέκα δευτερολέπτων για την έναρξη της διαδικασίας και στην συνέχεια ενημερώνεται ο A μικροελεγκτής για την επιλογή του χρήστη και καλείται η ρουτίνα `clean`.

void readfromB() (*A Μικροελεγκτής*)

```
{
int L=0 ;
do{
  input = analogRead(in);
  if (input > 20){
    delay(51);
    int input2= analogRead(in);
    delay(17);
  }
}
```

```

int input3= analogRead(in);
input = (input+input2+input3)/3 ;
if (input > 30 && input < 50){
  tone(TONE_PIN, NOTE_D7 );
  delay(50);
  noTone(TONE_PIN);
  analogWrite(out,255);
  delay(150);
  analogWrite(out,0);
}
else if (input > 190 && input < 205){
  tone(TONE_PIN, NOTE_C4 );
  delay(50);
  noTone(TONE_PIN);
  analogWrite(out,255);
  delay(150);
  analogWrite(out,0);
}
else if (input > 390 && input < 410){
  char PS=HIGH;
  clean(PS);
}
else if (input > 570 && input < 610){
  char PS=LOW;
  delay(10);
  clean(PS);
}
else if (input > 900 && input < 1024){
  analogWrite(out,255);
  delay(500);
  analogWrite(out,0);
  returntobase();
}
}
}
}
while(L==0);
}

```

Στην ρουτίνα readfromB, ο μικροελεγκτής υπεύθυνος για την κίνηση (A), αναμένει το σήμα έναρξης από τον μικροελεγκτή που επικοινωνεί με τον χρήστη (B). Συγκεκριμένα αντιδρά στα σήματα των 0,15 V, 1V, 2V, 3V και 4V. Στα πρώτα δύο σήματα αντιδρά με δυο διαφορετικούς ήχους οι οποίοι αντιστοιχούν σε πλήκτρα που πατάει ο χρήστης. Όταν λάβει σήμα 2 V ενημερώνεται ότι ο χρήστης επέλεξε την έναρξη του καθαρισμού και ενεργοποιείται η ρουτίνα clean(PS) όπου PS, δηλαδή Pump Status, είναι HIGH διότι θέλουμε να λειτουργεί ο ψεκασμός νερού. Όταν λάβει σήμα 3 V σημαίνει ότι επιλέχθηκε το στέγνωμα δαπέδου και ενεργοποιείται η ρουτίνα clean(PS) αλλά με τιμή PS = LOW διότι δεν θέλουμε να ενεργοποιηθεί ο ψεκασμός νερού στην λειτουργία στεγνώματος. Τέλος το σήμα των 4 V σημαίνει ότι επιλέχθηκε η επιστροφή στην βάση και ενεργοποιείται η αντίστοιχη ρουτίνα returntobase.

void clean(char PS) (A Μικροελεγκτής)

```

{
  analogWrite(out,255);
  delay(500);
  analogWrite(out,0);
  minstatus =checkMINclean();
  if( minstatus == 0)
  {

```



```

    returntobase();
}
spiral();
start:
RND = random(1,30);
switch (RND)
{
case 4:
    LandRwheelsF(40,20);
    digitalWrite(vac_and_brush,HIGH);
    digitalWrite(pump,PS);
    check();
    break;
case 10:
    digitalWrite(vac_and_brush,HIGH);
    digitalWrite(pump,PS);
    spiral();
    break;
default:
    LandRwheelsF(40,40);
    digitalWrite(vac_and_brush,HIGH);
    digitalWrite(pump,PS);
    check();
}
goto start;
}

```

Η ρουτίνα clean(char PS) εκτελεί τον βασικότερο ρόλο στην κίνηση του οχήματος. Αρχικά ενημερώνεται ο δεύτερος μικροελεγκτής ότι αρχίζει ο καθαρισμός. Στην συνέχεια γίνεται έλεγχος του δοχείου με το καθαρό νερό με την ρουτίνα checkMINclean, οπότε αν δεν είναι επαρκές το νερό ενεργοποιείται η ρουτίνα returntobase() για επιστροφή στην βάση. Αν το νερό είναι επαρκές, ενεργοποιείται η ρουτίνα spiral() για έναρξη της σπιδάλ κίνησης του οχήματος και όταν αυτή ολοκληρωθεί λόγω εμποδίου ξεκινά η τυχαία κίνηση του οχήματος. Κάθε φορά επιλέγεται ένας τυχαίος αριθμός από το 1 ως το 30. Αν ο αριθμός είναι το 4, το όχημα κάνει κίνηση με μια μικρή κλήση. Αν ο αριθμός είναι το 10, το όχημα θα εκτελέσει την σπιδάλ κίνηση και σε όλους τους υπόλοιπους αριθμούς θα προχωρήσει ευθεία. Αυτό σημαίνει ότι οι πρώτες δύο κινήσεις έχουν από 3,33% πιθανότητα να εκτελεστούν ενώ η ευθεία κίνηση εκτελείται στο 93,33%. Κάθε φορά λοιπόν που επιλέγει τον τυχαίο αριθμό, εκτελεί στην συνέχεια την ρουτίνα check.

void check() (B Μικροελεγκτής)

```

{
do {
    bumperLStatus = digitalRead(bumperL);
    bumperRStatus = digitalRead(bumperR);
    kapakistatus=digitalRead(kapaki);
    Lirstatus=analogRead(Lir);
    Cirstatus=analogRead(Cir);
    Rirstatus=analogRead(Rir);
    Stopstatus =stopstatus();
    minstatus =checkMINclean();
}
while(bumperLStatus == LOW && bumperRStatus == LOW && minstatus == 1 &&
kapakistatus == LOW && Lirstatus < 200 && Cirstatus < 200&& Rirstatus < 200 &&
Stopstatus == 0 );

```

```

wheelsSTOP();
digitalWrite(pump,LOW);
input = analogRead(in);
if (input > 700){
  analogWrite(out,255);
  delay(150);
  analogWrite(out,0);
  returntobase();
}
if (kapakistatus > LOW)
{
  piswkapaki();
}
else if (Stop|=0)
{
  do
  {
    input = analogRead(in);
    if (input > 20){
      delay(51);
      int input2= analogRead(in);
      delay(17);
      int input3= analogRead(in);
      input = (input+input2+input3)/3 ;
      if (input > 30 && input < 50){
        tone(TONE_PIN, NOTE_D7 );
        delay(50);
        noTone(TONE_PIN);
        analogWrite(out,255);
        delay(150);
        analogWrite(out,0);
        Stop = 0;
        readfromB();
      }
      else if (input > 160 && input < 240){
        tone(TONE_PIN, NOTE_D7 );
        delay(50);
        noTone(TONE_PIN);
        analogWrite(out,255);
        delay(150);
        analogWrite(out,0);
        Stop = 0;
      }
    }
  }
  while (Stop|=0);
}
else
{
  if ( LorR <100){
    LorR = LorR +1;
    switch (RND)
    {
      case 5:
        LandRwheelsB(50,50);
        delay(150);
        LwheelF(50);
        RwheelB(50);
        delay(500);
        break;
    }
  }
}

```



```

case 8:
  LandRwheelsB(50,50);
  delay(150);
  LwheelF(50);
  RwheelB(50);
  delay(800);
  break;
default:
  LandRwheelsB(50,50);
  delay(150);
  LwheelB(50);
  RwheelF(50);
  delay(200);
}
}
else if (LorR <200)
{
  LorR = LorR +1;
  switch (RND)
  {
  case 5:
    LandRwheelsB(50,50);
    delay(150);
    RwheelF(50);
    LwheelB(50);
    delay(500);
    break;
  case 8:
    LandRwheelsB(50,50);
    delay(150);
    RwheelF(50);
    LwheelB(50);
    delay(800);
    break;
  default:
    LandRwheelsB(50,50);
    delay(150);
    RwheelB(50);
    LwheelF(50);
    delay(200);
  }
}
else {
  LorR = 0;
}
}
telos;;
}

```

Αρχικά η ρουτίνα check κάνει έλεγχο όλων των αισθητηρίων, ώστε να διακόψει την κίνηση του οχήματος, που ενεργοποιήθηκε στην ρουτίνα clean(char PS), σε περίπτωση που βρει κάποιο εμπόδιο με τον προφυλακτήρα του ή βρεθεί στο κενό κάποιο από τα τρία υπέρυθρα αισθητήρια ή πατηθεί το πλήκτρο stop ή εάν ανοιχτεί το καπάκι των δοχείων. Αν κάποιο από αισθητήρια ή πατηθεί το πλήκτρο stop ή εάν ανοιχτεί το καπάκι των δοχείων. Εξετάζει αυτά ενεργοποιηθεί, διακόπτει την κίνηση του και σταματάει τον ψεκασμό νερού. Εξετάζει στην συνέχεια τις μπαταρίες μιας και δεν υπάρχει μεγάλο φορτίο εκείνη τη στιγμή και στην συνέχεια αν έχει πατηθεί το stop περιμένει μέχρι να πατηθεί το start για να συνεχίσει ή ξανά το stop για να επιστρέψει στην επιλογή προγράμματος λειτουργίας. Αν έχει ανοιχτεί το καπάκι των δοχείων, ενημερώνει τον δεύτερο μικροελεγκτή για να εμφανιστεί το κατάλληλο μήνυμα στην οθόνη lcd και αναμένει το κλείσιμό του. Στην περίπτωση που βρει σε κάποιο εμπόδιο ή σε σκαλοπάτι χρησιμοποιεί πάλι τον τυχαίο αριθμό για να επιλέξει τις μοίρες της στροφής που

θα κάνει για να αποφύγει το εμπόδιο. Ανά εκατό κτυπήματα σε εμπόδιο ή σκαλοπάτι αλλάζει την πορεία του από δεξιά σε αριστερή και εναλλάξ.

void spiral() (A Μικροελεγκτής)

```
{
int a;
long i = 0;
if (f=1){
}
do {
i = i +1;
int z;
if (i>80000){
a=a+1/1000;
}
else{
a = log(i/80)+3;
}
LandRwheelsF(a,50);
bumperLStatus = digitalRead(bumperL);
bumperRStatus = digitalRead(bumperR);
kapakistatus=digitalRead(kapaki);
Lirstatus=analogRead(Lir);
Cirstatus=analogRead(Cir);
Rirstatus=analogRead(Rir);
Stopstatus =stopstatus();
}
while(bumperLStatus == LOW && bumperRStatus == LOW && kapakistatus == LOW &&
Lirstatus < 200 && Cirstatus < 200&& Rirstatus < 200 && Stopstatus == 0) ;
wheelsSTOP();
digitalWrite(pump,LOW);
if (kapakistatus > LOW)
{
piswkapaki();
}
else if (Stop|=0)
{
do
{
input = analogRead(in);
if (input > 20){
delay(51);
int input2= analogRead(in);
delay(17);
int input3= analogRead(in);
input = (input+input2+input3)/3 ;

//An path8ei to STOP
if (input > 30 && input < 50){
tone(TONE_PIN, NOTE_D7 );
delay(50);
noTone(TONE_PIN);
analogWrite(out,255);
delay(150);
analogWrite(out,0);
Stop = 0;
readfromB();
}
}
```



```

else if (input > 160 && input < 240){
  tone(TONE_PIN, NOTE_D7 );
  delay(50);
  noTone(TONE_PIN);
  analogWrite(out,255);
  delay(150);
  analogWrite(out,0);
  Stop = 0;
}
}
}
while (Stop!=0);
}
else
{
  LandRwheelsB(50,50);
  delay(150);
  LwheelB(50);
  RwheelF(50);
  delay(200);
}
f=1;
telos;;
}

```

Η ρουτίνα spiral είναι ίδια σχεδόν με την ρουτίνα check, με την διαφορά στην κίνηση του οχήματος η οποία είναι σπирάλ. Οι έλεγχοι που εκτελούνται δεν έχουν διαφορά αλλά σε περίπτωση που βρεθεί κάποιο εμπόδιο, το όχημα θα συνεχίσει την κίνησή του με την ρουτίνα check.

int checkMINclean() (Α Μικροελεγκτής)

```

{
  int MINC;
  int i = 5;
  unsigned long currentMillis = millis();
  unsigned long previousMillis = currentMillis;
  do
  {
    currentMillis = millis();
    digitalWrite(pump,HIGH);
    MINC = digitalRead(MINclean);
  }
  while(MINC == LOW && currentMillis - previousMillis < 4000);
  if(MINC == HIGH){
    minstatus = 1;
  }
  else{
    minstatus=0;
  }
  digitalWrite(pump,LOW);
  return minstatus;
}

```

Η ρουτίνα checkMINclean ενεργοποιείται για τον έλεγχο της στάθμης του καθαρού νερού. Ο έλεγχος αυτός γίνεται όχι μέσα στο δοχείο αλλά μέσα στο σωληνάκι που το οδηγεί στην τρόμππα. Γι' αυτό το λόγο η ενεργοποιείται η τρόμππα για τέσσερα δευτερόλεπτα ,πριν την έναρξη της λειτουργίας του οχήματος, και γίνεται έλεγχος εάν σε αυτόν το χρόνο το σωληνάκι

θα γεμίσει με νερό. Εάν γεμίσει, το όχημα ξεκινά κανονικά την λειτουργία του καθαρισμού. Εάν δεν εντοπιστεί νερό, τότε θα ενεργοποιηθεί η ρουτίνα returntobase.

void piswkapaki() (A Μικροελεγκτής)

```
{
digitalWrite(vac_and_brush,LOW);
tone(TONE_PIN, NOTE_C4 );
delay(10);
noTone(TONE_PIN);
do
{
analogWrite(out,10);
input = analogRead(in);
}
while (input < 900);
analogWrite(out,0);
do
{
kapakistatus=digitalRead(kapaki);
}
while(kapakistatus == HIGH);
do
{
analogWrite(out,10);
input = analogRead(in);
}
while (input < 900);
}
```

Η ρουτίνα piswkapaki ενεργοποιείται όταν ανοιχτεί το καπάκι των δοχείων νερού. Το όχημα ειδοποιεί τον χρήστη με ήχο και μήνυμα στην οθόνη lcd. Ο μικροελεγκτής A ενημερώνει τον B για το άνοιγμα του καπακιού ώστε αυτός να προβάλλει το αντίστοιχο μήνυμα στην οθόνη. Όσο το καπάκι είναι ανοικτό το όχημα είναι σε αναμονή. Αν ο χρήστης κλείσει το καπάκι τότε ο B μικροελεγκτής θα ξαναημερωθεί για να αποσύρει το μήνυμα από την οθόνη και η διαδικασία που ακολουθούσε πριν την διακοπή θα συνεχιστεί.

int stopstatus() (A Μικροελεγκτής)

```
{
input = analogRead(in);
if (input > 20)
{
delay(51);
int input2= analogRead(in);
delay(17);
int input3= analogRead(in);
input = (input+input2+input3)/3 ;
if (input > 20 && input < 60)
{
tone(TONE_PIN, NOTE_D7 );
delay(50);
noTone(TONE_PIN);
analogWrite(out,255);
delay(150);
analogWrite(out,0);
Stop = 1;
}
}
```



```

else {
  Stop = 0;
}
return Stop;
}

```

Η ρουτίνα stopstatus ελέγχει έναν πατήθηκε το μπουτόν stop. Το μπουτόν αυτό ελέγχεται όμως από τον Β μικροελεγκτή. Γι' αυτό ο Α μικροελεγκτής διαβάζει συνεχώς τα μηνύματα από τον Β και στην περίπτωση που πατηθεί το μπουτόν ειδοποιείται για αυτό άμεσα. Αν πατηθεί το μπουτόν ειδοποιεί ηχητικά και στην συνέχεια επιστρέφει στην ρουτίνα, που "τρέχει" την δεδομένη στιγμή, την τιμή 1 ώστε το όχημα να διακόψει άμεσα την κίνηση του.

void returntobase() (Α Μικροελεγκτής)

```

{
  int eksodosapovash=0;
  int anazhthshvashs=0;
  searchformaxir();
  do
  {
    anazhthshvashs = 0;
    do
    {
      Leftirstatus = analogRead(Leftir);
      Rightirstatus = analogRead(Rightir);
      if (Leftirstatus > Rightirstatus)
      {
        LandRwheelsF(50,0);
      }
      else if (Rightirstatus > Leftirstatus){
        LandRwheelsF(0,50);
      }
      else
      {
        LandRwheelsF(50,50);
      }
      bumperLStatus = digitalRead(bumperL);
      bumperRStatus = digitalRead(bumperR);
      kapakistatus=digitalRead(kapaki);
      Lirstatus=analogRead(Lir);
      Cirstatus=analogRead(Cir);
      Rirstatus=analogRead(Rir);
      Stopstatus =stopstatus();
    }
    while(bumperLStatus == LOW && bumperRStatus == LOW && kapakistatus == LOW &&
    Lirstatus < 200 && Cirstatus < 200&& Rirstatus < 200 && Stopstatus == 0) ;
    wheelsSTOP();
    digitalWrite(pump,LOW);
    if (kapakistatus > LOW)
    {
      piswkapaki();
    }
    else if(bumperLStatus == HIGH || bumperRStatus == HIGH)
    {
      LandRwheelsB(50,50);
      delay(150);
      LwheelB(50);
      RwheelF(50);
      delay(200);
    }
  }
}

```

```

}
else if (Stop!=0)
{
do
{
input = analogRead(in);
if (input > 20){
delay(51);
int input2= analogRead(in);
delay(17);
int input3= analogRead(in);
input = (input+input2+input3)/3 ;
if (input > 30 && input < 50){
tone(TONE_PIN, NOTE_D7 );
delay(50);
noTone(TONE_PIN);
analogWrite(out,255);
delay(250);
analogWrite(out,0);
Stop = 0;
}
}
}
while (Stop!=0);
}
else if (Lirstatus < 200 || Cirstatus < 200 || Rirstatus < 200)
{
LandRwheelsF(100,100);
delay(5000);
wheelsSTOP();
anazhthshvashs = 0;
analogWrite(out,255);
delay(250);
analogWrite(out,0);
do
{
input = analogRead(in);
if (input > 20){
delay(51);
int input2= analogRead(in);
delay(17);
int input3= analogRead(in);
input = (input+input2+input3)/3 ;
if (input > 20 && input < 60)
{
analogWrite(out,255);
delay(250);
analogWrite(out,0);
goout();
LwheelF(50);
delay(2000);
LandRwheelsF(50,50);
delay(2000);
searchformaxir();
eksodosapovash=0;
anazhthshvashs = 1;
}
}
else if (input> 700)
{
eksodosapovash=1;
}
}
}

```



```

    anazhthshvashs=1;
    analogWrite(out,255);
    delay(250);
    analogWrite(out,0);
  }
}
}
while(anazhthshvashs==0);
}
}
while (eksodosapovash==0);
gout();
}

```

Η ρουτίνα `returntobase` ενεργοποιείται για να επιστέψει το όχημα στην βάση. Εδώ υπάρχει μεγάλη συνεργασία των τριών μικροελεγκτών διότι ο Α ορίζει την κίνηση, ο Β ενημερώνεται από τον Α για την πιθανή άφιξη στην βάση, και παράλληλα ελέγχει την είσοδο από το Γ για επιβεβαίωση την άφιξης. Όταν ενεργοποιηθεί η ρουτίνα αυτή, πρώτα ανοίγει την ρουτίνα `searchformaxir`, η οποία περιγράφεται παρακάτω, για τον εντοπισμό της μέγιστης ισχύος εκπεμπόμενου υπέρυθρου και στην συνέχεια κινείται προς αυτή τη κατεύθυνση ελέγχοντας συνεχώς τα δύο υπέρυθρα αισθητήρια, ώστε να διορθώνει τον προσανατολισμό του. Παράλληλα της κίνησης, ελέγχονται τα υπόλοιπα αισθητήρια για εντοπισμό εμποδίων. Την είσοδο στην βάση την καταλαβαίνει από το χρώμα στο δάπεδο της βάσης και για να βρεθεί στο επιταχύνει για να πετύχει την ευθυγράμμιση στο κέντρο της βάσης και για να βρεθεί στο κατάλληλο σημείο ώστε να κουμπώσουν τα πινάκια επικοινωνίας. Στην συνέχεια ειδοποιεί τον Β μικροελεγκτή για την άφιξη και αναμένει για λίγα δευτερόλεπτα την επιβεβαίωση της. Στην περίπτωση που ο Β το επιβεβαιώσει αναμένει την ολοκλήρωση των εργασιών. Στην περίπτωση που ο Β ενημερώσει για την αδυναμία επικοινωνίας με την βάση, τότε βγαίνει από την βάση με την ρουτίνα `gout`, κάνει αναστροφή, απομακρύνεται λίγο και προσπαθεί εκ νέου να εντοπίσει την μέγιστη ισχύ υπέρυθρου ώστε να κινηθεί προς τα εκεί.

void searchformaxir() (Α Μικροελεγκτής)

```

{
int MAX = 1023;
int lastmax;
unsigned long currentMillis = millis();
previousMillis = currentMillis;
do
{
currentMillis = millis();
LwheelF(50);
RwheelB(50);
Leftirstatus = analogRead(Lefttir);
Rightirstatus = analogRead(Righttir);
lastmax=(Leftirstatus+Rightirstatus)/2;
if (lastmax<MAX)
{
MAX = lastmax;
}
}
while(currentMillis - previousMillis < 6000);
do
{
LwheelB(50);
RwheelF(50);
Leftirstatus = analogRead(Lefttir);
Rightirstatus = analogRead(Righttir);
lastmax=(Leftirstatus+Rightirstatus)/2;
}
}

```

```

}
while(lastmax > MAX +5);
}

```

Η ρουτίνα searchformaxir ενεργοποιείται για τον εντοπισμό της μέγιστης ισχύος υπέρυθρου γύρω από το όχημα. Για να το πετύχει αυτό ξεκινά μια κίνηση 360° γύρω από το κέντρο του, παίρνει μετρήσεις από τα δύο αισθητήρια και αποθηκεύει την μέγιστη μέση τιμή που εντοπίζει. Στην συνέχεια εκτελεί άλλη μία περιστροφή σταματώντας όμως στο σημείο όπου είχε εντοπιστεί το μέγιστο σήμα.

void LandRwheelsF(int L,int R) (A Μικροελεγκτής)

```

{
analogWrite(enable_right,R);
digitalWrite(right1,HIGH);
digitalWrite(right2,LOW);
analogWrite(enable_left,L);
digitalWrite(left1,LOW);
digitalWrite(left2,HIGH);
}

```

void LwheelB(int L) (A Μικροελεγκτής)

```

{
analogWrite(enable_left,L);
digitalWrite(left1,HIGH);
digitalWrite(left2,LOW);
}

```

void RwheelB(int R) (A Μικροελεγκτής)

```

{
analogWrite(enable_right,R);
digitalWrite(right1,LOW);
digitalWrite(right2,HIGH);
}

```

void LwheelF(int L) (A Μικροελεγκτής)

```

{
analogWrite(enable_left,L);
digitalWrite(left1,LOW);
digitalWrite(left2,HIGH);
}

```

void RwheelF(int R) (A Μικροελεγκτής)

```

{
analogWrite(enable_right,R);
digitalWrite(right1,HIGH);
digitalWrite(right2,LOW);
}

```

void LandRwheelsB(int L,int R) (A Μικροελεγκτής)

```

{
analogWrite(enable_right,R);
digitalWrite(right1,LOW);
digitalWrite(right2,HIGH);
}

```



```

analogWrite(enable_left,L);
digitalWrite(left1,HIGH);
digitalWrite(left2,LOW);
}

```

void TurnL(int L, int R) (A Μικροελεγκτής)

```

{
analogWrite(enable_right,R);
digitalWrite(right1,HIGH);
digitalWrite(right2,LOW);
analogWrite(enable_left,L);
digitalWrite(left1,HIGH);
digitalWrite(left2,LOW);
}

```

void TurnR(int L, int R) (A Μικροελεγκτής)

```

{
analogWrite(enable_right,R);
digitalWrite(right1,LOW);
digitalWrite(right2,HIGH);
analogWrite(enable_left,L);
digitalWrite(left1,LOW);
digitalWrite(left2,HIGH);
}

```

Οι παραπάνω ρουτίνες καλούνται με συνοδεία την τιμή της τάσης που προσδιορίζει την ταχύτητα της κάθε ρόδας και το όχημα εκτελεί τις κινήσεις που του ορίζονται. Μπορεί έτσι να κινηθεί εμπρός, πίσω, δεξιά και αριστερά στρίβοντας με τον έναν τροχό ή και τους δύο ή να κινηθεί σε τόξο αν οι δύο τροχοί κινηθούν με διαφορετική ταχύτητα.

void clean() (B Μικροελεγκτής)

```

{
int k = 0;
int s=0;
currentMillis = millis();
previousMillis = currentMillis;
do
{
LastbuttonSTOPState = digitalRead(buttonSTOP);
delay(20);
Last2buttonSTOPState = digitalRead(buttonSTOP);
if (LastbuttonSTOPState == Last2buttonSTOPState) {
if (LastbuttonSTOPState != buttonSTOPState) {
if (LastbuttonSTOPState == LOW){
k= k +1;
do{
analogWrite(out,10);
delay(10);
analogWrite(out,10);
delay(10);
analogWrite(out,10);
delay(10);
input = analogRead(in);
}
while (input < 900);
analogWrite(out,0);
}
}
}
}

```

```

    buttonSTOPState = digitalRead(buttonSTOP);
    if (k==2)
    {
        k=0;
        selectprogram();
    }
}
}
buttonSTOPState = LastbuttonSTOPState;
}
LastbuttonSTARTState = digitalRead(buttonSTART);
delay(20);
Last2buttonSTARTState = digitalRead(buttonSTART);
if (LastbuttonSTARTState == Last2buttonSTARTState ){
    if (LastbuttonSTARTState != buttonSTARTState) {
        if (LastbuttonSTARTState == LOW){
            k=0;
            do{
                analogWrite(out,50);
                delay(10);
                analogWrite(out,52);
                delay(10);
                analogWrite(out,48);
                delay(10);
                input = analogRead(in);
            }
            while (input < 900);
            analogWrite(out,0);
            delay(300);
            buttonSTARTState = digitalRead(buttonSTART);
        }
    }
    buttonSTARTState = LastbuttonSTARTState;
}
if(k==0)
{
    readfromA();
}
bat1status = analogRead(bat1);
bat2status = analogRead(bat2);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
b1 = map(bat1status,0,1023,0,1500);
b1 = b1/100.00;
lcd.print( b1);
b2 = map(bat2status,0,1023,0,1500);
b2 = b2/100.00;
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(b2);
currentMillis = millis();
int MAXD = digitalRead(MAXdirty);
if (b1 < 8.00 || b2 < 8.00 || currentMillis - previousMillis > 3600000 || MAXD == HIGH)
{
    if(currentMillis - previousMillis > 3600000)
    {
        time=1;
    }
    if(MAXD == HIGH)
    {
        maxdirty=1;
    }
}

```



```

}
do{
  analogWrite(out,255);

  input = analogRead(in);
}
while (input < 700);
analogWrite(out,0);
}
}
while(s==0);
}

```

Η ρουτίνα clean του B μικροελεγκτή είναι ενεργή κατά την διάρκεια της διαδικασίας καθαρισμού. Σκοπός της είναι η χρονομέτρηση του καθαρισμού, ο έλεγχος του μπουτόν stop και start, ο έλεγχος της στάθμης του βρώμικου νερού και ο έλεγχος των μπαταριών. Αν ο χρόνος λήξει ή πατηθεί κάποιο μπουτόν ή ανέβει η στάθμη του νερού ή οι πέσει η τάση των μπαταριών θα ειδοποιηθεί γι' αυτό ο A μικροελεγκτής ώστε να διακόψει την λειτουργία και εάν χρειαστεί να επιστρέψει στην βάση. Στην ρουτίνα αυτή γίνεται και έλεγχος της εισόδου από τον A μικροελεγκτή από όπου ειδοποιείται στην περίπτωση επιστροφής στην βάση. Τέλος κατά τον έλεγχο των μπαταριών γίνεται προβολή των τιμών των τάσεών τους στην οθόνη LCD για καλύτερο έλεγχο τους από τον χρήστη.

void readfromC() (B Μικροελεγκτής)

```

{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0)
  lcd.print("DOCKING");
  unsigned long currentMillis = millis();
  long previousMillis = currentMillis;
  do
  {
    currentMillis = millis();
    fromC = analogRead(fromc);
  }
  while(currentMillis - previousMillis < 12000 && fromC <700);
  if (fromC >700){
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("GOT PULS FORM C");
    digitalWrite(toC,HIGH);
    delay(2000);
    digitalWrite(toC,LOW);
    delay(1000);
    sendcommands();
  }
  else
  {
    do
    {
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(0,0);
      lcd.print("NOT IN BASE");
      analogWrite(out, 10);
      delay(10);
      analogWrite(out,6);
      delay(10);
      analogWrite(out,15);
    }
  }
}

```

```

    delay(10);
    input = analogRead(in);
}
while (input < 700);
analogWrite(out,0);
delay(1000);
}
if(buttonreturntobase==1){
    buttonreturntobase=0;
    selectprogram();
}
}

```

Η ρουτίνα readfromC ενεργοποιείται όταν ο Α μικροελεγκτής ειδοποιήσει για την άφιξη στην βάση. Αρχικά εμφανίζει στην οθόνη LCD το μήνυμα DOCKING, αναμένει λίγα δευτερόλεπτα και στην συνέχεια περιμένει να πάρει παλμό από τον μικροελεγκτή της βάσης. Εάν πάρει παλμό, που σημαίνει ότι έγινε σωστά η σύνδεση στην βάση, ειδοποιεί με αντίστοιχο μήνυμα στην LCD και ενεργοποιείται η ρουτίνα selectprogram για ενημέρωση της βάσης εάν πρέπει να γίνει φόρτιση των μπαταριών ή γέμισμα δοχείου ή απλά αναμονή για εντολή από τον χρήστη. Στην περίπτωση που δεν λάβει παλμό εμφανίζεται αντίστοιχο μήνυμα στην οθόνη και ενημερώνει τον Α μικροελεγκτή για την αποτυχία σύνδεσης με την βάση.

void sendcommands() (*B Μικροελεγκτής*)

```

{
if (b1 < 9.00 || b2 < 9.00)
{
do
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("CHARGE");
    digitalWrite(toC,HIGH);
    fromC = analogRead(fromc);
}
while(fromC<700);
digitalWrite(toC,LOW);
}
else if (maxdirty == 1){
do
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("EMPTY");
    digitalWrite(toC,HIGH);
    fromC = analogRead(fromc);
}
while(fromC<700);
digitalWrite(toC,LOW);
delay(1000);
do
{
    digitalWrite(toC,HIGH);
    fromC = analogRead(fromc);
}
while(fromC<700);
digitalWrite(toC,LOW);
}
}

```



```

else if(time == 1 || buttonreturntobase==1)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("WAIT");
  time=0;
  do
  {
    digitalWrite(toC,HIGH);
    fromC = analogRead(fromc);
  }
  while(fromC<700);
  digitalWrite(toC,LOW);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("1st sent");
  delay(1000);
  do
  {
    digitalWrite(toC,HIGH);
    fromC = analogRead(fromc);
  }
  while(fromC<700);
  digitalWrite(toC,LOW);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("2nd sent");
  delay(1000);
  do
  {
    digitalWrite(toC,HIGH);
    fromC = analogRead(fromc);
  }
  while(fromC<700);
  digitalWrite(toC,LOW);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("3rd sent");
}
else
{
  do
  {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("TANK");
    digitalWrite(toC,HIGH);
    fromC = analogRead(fromc);
  }
  while(fromC<700);
  digitalWrite(toC,LOW);
  delay(1000);
  do
  {
    digitalWrite(toC,HIGH);
    fromC = analogRead(fromc);
  }
  while(fromC<700);
  digitalWrite(toC,LOW);
  delay(1000);
}

```

```

do
{
digitalWrite(toC,HIGH);
fromC = analogRead(fromc);
}
while(fromC<700);
digitalWrite(toC,LOW);
delay(1000);
do
{
digitalWrite(toC,HIGH);
fromC = analogRead(fromc);
}
while(fromC<700);
digitalWrite(toC,LOW);
}
delay(5000);
lcd.clear();
do
{
fromC = analogRead(fromc);
}
while(fromC<700);
digitalWrite(toC,HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(toC,LOW);
delay(10000);
do{
analogWrite(out,255);
input = analogRead(in);
}
while (input < 700);
analogWrite(out,0);
delay(5000);
}

```

Η ρουτίνα `sendcommands` ενεργοποιείται για την αποστολή εντολών προς την βάση. Η ειδοποίηση γίνεται με μια σειρά από παλμούς. Για φόρτιση μπαταριών στέλνει έναν παλμό. Για άδειασμα δοχείου βρώμικου νερού δύο παλμούς. Για αναμονή εντολής από τον χρήστη για έξοδο από την βάση, στέλνει τρεις παλμούς και για πλήρωση δοχείου με καθαρό νερό, στέλνει τέσσερις παλμούς. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία αυτή, Αναμένει μέχρι να ολοκληρωθούν οι εργασίες και πάρει την επιβεβαίωση από τον μικροελεγκτή της βάσης.

void readfromA() *(B Μικροελεγκτής)*

```

{
input = analogRead(in);
if (input > 20){
delay(100);
int input2= analogRead(in);
if (input2>input) {
input = input2;
}
else {
input = (input+input2)/2 ;
}

if (input > 30 && input < 50){
lcd.clear();
}
}

```



```

lcd.setCursor(3,0);
lcd.print("K");
lcd.write(3);
lcd.print("E!");
lcd.write(6);
lcd.print("TE TO");
lcd.setCursor(5,1);
lcd.print("KA");
lcd.write(5);
lcd.print("AKI");
analogWrite(out,255);
delay(150);
analogWrite(out,0);
do
{
  x = 0;
  input = analogRead(in);
  if (input > 20){
    delay(100);
    int input2= analogRead(in);
    if (input2>input) {
      input = input2;
    }
    else {
      input = (input+input2)/2 ;
    }
    if (input > 30 && input < 50){
      analogWrite(out,255);
      delay(150);
      analogWrite(out,0);
      x=1;
    }
  }
}
while( x == 0);
}
else if (input > 700 ){
  readfromC();
}
}
}

```

Η ρουτίνα readfromA ενεργοποιείτε μέσα από την ρουτίνα clean. Καλείται για έλεγχο της εισόδου από τον Α μικροελεγκτή. Εάν έχει στην είσοδο αυτή, τάση 0,5V σημαίνει ότι ανοίχτηκε το καπάκι των δοχείων και θα προβληθεί στην συνέχεια το αντίστοιχο μήνυμα στην οθόνη. Εάν έχει τάση 4V, σημαίνει ότι το όχημα βρίσκεται μέσα στην βάση και θα καλέσει την ρουτίνα readfromC για επιβεβαίωση της εισόδου στην βάση και επικοινωνία με αυτήν.

void waitforROBOT() (Γ Μικροελεγκτής)

```

{
  RobotisinsideState = digitalRead(Robotisinside);
  if (RobotisinsideState == HIGH ){
    flashLED();
    trytoconnect();
  }
}

```

Η ρουτίνα waitforROBOT είναι η πρώτη που εκτελείται μόλις τροφοδοτηθεί η βάση. Σκοπός της είναι ο έλεγχος του διακόπτη στο εσωτερικό της βάσης σε περίπτωση εισόδου το οχήματος. Αν ο διακόπτης πατηθεί, που σημαίνει ότι το όχημα είναι στο εσωτερικό της βάσης, θα αναβοσβήσει το LED "DOCK" που βρίσκεται πάνω στην βάση και στην συνέχεια θα κληθεί η ρουτίνα trytoconnect για σύνδεση με το όχημα.

void trytoconnect() (Γ Μικροελεγκτής)

```

{
  unsigned long currentMillis = millis();
  connector.write(150); //sto robot
  delay (1000);
  connector.write(125);
  digitalWrite(LEDrobotisinside,LOW);
  delay (500);
  connector.write(150);
  digitalWrite(LEDrobotisinside,HIGH);
  delay (500);
  connector.write(130);
  digitalWrite(LEDrobotisinside,LOW);
  delay (500);
  connector.write(150);
  digitalWrite(LEDrobotisinside,HIGH);
  delay (500);
  digitalWrite(LEDrobotisinside,LOW);
  currentMillis = millis();
  previousMillis = currentMillis;
  do
  {
    currentMillis = millis();
    analogWrite(toRobot,255);
    FromRobot = digitalRead(fromRobot);
  }
  while(currentMillis - previousMillis < 8000 && FromRobot ==LOW);
  analogWrite(toRobot,0);

  if (FromRobot == HIGH)
  {
    digitalWrite(LEDrobotisinside,HIGH);
    delay(4000);
    waitforcommand();
  }
  else
  {
    digitalWrite(LEDrobotisinside,LOW);
    connector.write(80);
    delay(10000);
  }
}

```

Η ρουτίνα trytoconnect εκτελείται για την σύνδεση της βάσης με το όχημα και την επιβεβαίωση της ορθής επικοινωνίας μεταξύ τους. Αρχικά ενεργοποιείται ο σερβομηχανισμός που κινεί τα πιν επικοινωνίας και τα ωθεί προς το όχημα. Αναμένει λίγα δευτερόλεπτα και στην συνέχεια στέλνει έναν παλμό προς το όχημα και αναμένει την απάντηση. Εάν πάρει απάντηση, σταθεροποιείται το LED "DOCK" και καλείται η ρουτίνα waitforcommand για αναμονή εντολών από το όχημα. Στην περίπτωση που μέσα σε 8 δευτερόλεπτα δεν πάρει

απάντηση από το όχημα τα πιν επιικοινωνίας επιστρέφουν στην θέση τους και το LED "DOCK" σβήνει.

void waitforcommand() (Γ Μικροελεγκτής)

```
{
  command = 0;
  unsigned long currentMillis = millis();
  previousMillis = currentMillis;
  do
  {
    currentMillis = millis();
    LastbuttonSTOPState = digitalRead(fromRobot);
    delay(20);
    Last2buttonSTOPState = digitalRead(fromRobot);
    if (LastbuttonSTOPState == Last2buttonSTOPState){
      if (LastbuttonSTOPState != buttonSTOPState) {
        if (LastbuttonSTOPState == HIGH){
          command=command+1;
          digitalWrite(LEDrobotisinside,LOW);
          analogWrite(toRobot,255);
          delay(200);
          digitalWrite(LEDrobotisinside,HIGH);
          delay(200);
          analogWrite(toRobot,0);
          buttonSTOPState = digitalRead(fromRobot);
        }
      }
      buttonSTOPState = LastbuttonSTOPState;
    }
  }
  while(currentMillis - previousMillis < 12000 );
  if (command == 1)
  {
    command =0;
    charge();
  }
  else if (command ==2)
  {
    command =0;
    empty();
  }
  else if (command ==3)
  {
    command =0;
    wait();
  }
  else if (command ==4)
  {
    command =0;
    tank();
  }
  else
  {
    for(int i=12; i>0; i--)
    {
      digitalWrite(LEDrobotisinside,LOW);
      delay(300);
    }
  }
}
```

```

        digitalWrite(LEDrobotisinside,LOW);
        delay(300);
    }
    command =0;
    goout();
}

```

Η ρουτίνα waitforcommand καλείται αφού δοκιμαστεί η επικοινωνία μεταξύ βάσης και οχήματος. Η ρουτίνα κάνει καταμέτρηση των παλμών που δέχεται η βάση από το όχημα και σε κάθε παλμό στέλνει επιβεβαίωση. Ο αριθμός των παλμών που λαμβάνει προσδιορίζει τον λόγο για τον οποίο το όχημα επέστρεψε στην βάση. Εάν λάβει έναν παλμό το όχημα επέστρεψε για φόρτιση. Εάν λάβει δύο παλμούς πρέπει να αδειάσει το δοχείο με το βρώμικο νερό. Εάν λάβει τρεις παλμούς πρέπει να γεμίσει το δοχείο με το καθαρό νερό και αν λάβει τέσσερις παλμούς πρέπει να αναμένει για την εντολή του χρήστη για έξοδο από την βάση. Σε κάθε περίπτωση εκτελείται η αντίστοιχη ρουτίνα.

void empty() (Γ Μικροελεγκτής)

```

{
    opencap.write(180);
    delay(1000);
    opencap.write(10);
    delay(1000);
    tubedown.write(100);
    delay(1000);
    for (int p=350;p>0;p--)
    {
        waterpump.write(70);
        delay(400);
        waterpump.write(130);
        delay(400);
    }
    tubedown.write(0);
    delay(1000);
    closecap.write(110);
    delay(1000);
    closecap.write(10);
    delay(1000);
    goout();
}

```

Η ρουτίνα empty καλείται για το άδειασμα του δοχείου με το βρώμικο νερό. Αρχικά ο σερβομηχανισμός ανοίγει το καπάκι των δοχείων, στην συνέχεια κατεβάζει το σωληνάκι μέσα στο δοχείο και ενεργοποιείται η τρόμπτα νερού. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία η τρόμπτα νερού σταματά, το σωληνάκι επιστρέφει στην θέση του και το καπάκι των δοχείων κλείνει. Τέλος καλείτε η ρουτίνα gout για να βγει το όχημα από την βάση.

void wait() (Γ Μικροελεγκτής)

```

{
    int a;
    do{
        a = digitalRead(GetOutButton);
    }
    while(a == LOW);
    goout();
}

```


Η ρουτίνα wait καλείται όταν το όχημα έχει επιστρέψει στην βάση και αναμένει την εντολή του χρήστη για την έξοδο του. Η ρουτίνα ελέγχει το μπουτόν "Go Out" που βρίσκεται πάνω στην βάση και εάν αυτό πατηθεί από τον χρήστη, δίνει εντολή στο όχημα για έξοδο από την βάση.

void goout() (Γ Μικροελεγκτής)

```
{
  do
  {
    analogWrite(toRobot,255);
    FromRobot = digitalRead(fromRobot);
  }
  while( FromRobot ==LOW);
  delay(500);
  analogWrite(toRobot,0);
  delay(1000);
  connector.write(70);//aposundesh plainou PIN
  delay(500);
  connector.write(80);//aposundesh plainou PIN
  delay(500);
  connector.write(70);//aposundesh plainou PIN
  delay(500);
  connector.write(70);//aposundesh plainou PIN
  delay(500);
  connector.write(80);//aposundesh plainou PIN
  delay(20000);
}
```

Η ρουτίνα goout δίνει εντολή στο όχημα για έξοδο από την βάση. Αρχικά δίνει την εντολή και στην συνέχεια αποσυνδέει τα πιν επικοινωνίας. Όταν το όχημα λάβει το μήνυμα δεν κινείται αμέσως προς την έξοδο αλλά αναμένει λίγο ώστε η βάση να προλάβει να αποσυνδέσει τα πιν.

3 Βελτιστοποιήσεις - Επεκτάσεις

Παρόλο που ο αρχικός στόχος της πτυχιακής εργασίας επετεύχθη, ο προϋπολογισμός δεν επέτρεψε την αγορά πολλών εξαρτημάτων τα οποία θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην βελτιστοποίηση του οχήματος και της βάσης. Επίσης, λόγω έλλειψης εξοπλισμού, τα τμήματα που κατασκευάστηκαν στο χέρι και δεν είναι σταθερά και αξιόπιστα θα μπορούσαν να κατασκευαστούν σε κάποιο ιδικό εργαστήριο ή μηχανουργείο. Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται αυτές οι βελτιστοποιήσεις και στην συνέχεια οι επεκτάσεις που μελλοντικά θα μπορούσαν προστεθούν στο όχημα ή στην βάση.

Όσον αφορά το όχημα, ένα βασικό μειονέκτημα του στην παρούσα κατάσταση είναι η χρήση δύο μικροελεγκτών για τον έλεγχο των λειτουργιών του. Τους δύο μικροελεγκτές ATmega328 θα μπορούσε να αντικαταστήσει ένας ισχυρότερος, για παράδειγμα ο ATmega2560. Ο συγκεκριμένος μικροελεγκτής διαθέτει 54 ψηφιακές πύλες και 16 αναλογικές, δηλαδή, κατά 50 συνολικά περισσότερες από τον υπάρχοντα. Αντίστοιχα και η μνήμη του (256Kb) είναι κατά 224 Kb μεγαλύτερη, κάτι που δίνει μεγάλες προγραμματιστικές δυνατότητες. Αντιλαμβάνεται λοιπόν κάποιος πως οι δυνατότητες που δίνονται από αυτή την αλλαγή είναι τεράστιες, αφενός γιατί υπάρχουν πολλές παραπάνω πύλες στις οποίες μπορούν να εγκατασταθούν επιπλέον εξαρτήματα, αφετέρου γιατί, υπάρχει μεγαλύτερη μνήμη για την ανάπτυξη του κώδικα και την εφαρμογή επιπλέον λειτουργιών. Όλα αυτά βέβαια σε μικρότερο χρόνο, καθώς η ταχύτητα επεξεργασίας αυξάνεται διότι οι λειτουργίες εκτελούνται πλέον από έναν μικροελεγκτή και δεν υπάρχουν οι καθυστερήσεις στην επικοινωνία μεταξύ των δύο μικροελεγκτών.

Στο θέμα του εντοπισμού της βάσης από το όχημα, τα αισθητήρια υπερύθρων που χρησιμοποιούνται θα μπορούσαν να αναζητούν μια συγκεκριμένη συχνότητα που να εκπέμπεται από τη βάση και όχι απλά την μέγιστης εκπεμπόμενη ισχύ του υπερύθρου. Έτσι δε θα υπήρχε κίνδυνος παρεμβολής από άλλες πηγές υπερύθρων, όπως είναι το φως του ηλίου ή το φως από τους λαμπτήρες και κατ' επέκταση, αποπροσανατολισμού του οχήματος.

Μια επιπλέον βελτιστοποίηση που θα μπορούσε να γίνει, είναι ο έλεγχος της κατανάλωσης του ρεύματος από τους κινητήρες. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούσε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα μη αντίληψης του εμποδίου λόγω έλλειψης πρόσφυσης στο δάπεδο. Βέβαια, αυτό το πρόβλημα θα μπορούσε να αποφευχθεί και με την αντικατάσταση των διακοπών του προφυλακτήρα από δυναμοκυβέλες ούτως ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια εντοπισμού των εμποδίων καθώς και αντίληψη της ελαστικότητας του υλικού στο οποίο προσκρούει το όχημα. Με τον έλεγχο της κατανάλωσης των κινητήρων μπορεί επίσης να αποφευχθεί η καταστροφή τους σε περίπτωση που κάποιο σκουπίδι ή τρίχα μπλεχτεί στα κινούμενα μέρη. Σε αυτή τη περίπτωση το όχημα θα σταματούσε την κίνησή του μέχρι τον έλεγχο από τον χρήστη.

Για τη διόρθωση και τον καλύτερο έλεγχο της κίνησης του οχήματος, θα μπορούσαν χρησιμοποιηθούν encoders στους τροχούς. Τα encoders δίνουν αναφορά στον μικροελεγκτή για την ταχύτητα περιστροφής του τροχού. Με αυτόν τον τρόπο γίνονται εύκολα διορθώσεις στην κίνηση σε περίπτωση απόκλισης προς κάποια κατεύθυνση και βελτιώνονται τα αποτελέσματα στον καθαρισμό του χώρου.

Τέλος μια βελτιστοποίηση για τον ακριβέστερο υπολογισμό της απόστασης που μπορεί να διανύσει το όχημα με την ποσότητα υγρού που διαθέτει στα δοχεία, είναι η εγκατάσταση πλωτήρα (φλοτέρ) στη θέση των αισθητηρίων με τα οποία μετράται η ποσότητα του υγρού. Ο πλωτήρας σε αντίθεση με τα υπάρχοντα αισθητήρια δεν μετράει την μέγιστη και ελάχιστη ποσότητα του νερού αλλά δίνει ακριβή αναφορά στον μικροελεγκτή για την στάθμη του νερού.

Όσον αφορά τη βάση, μια μετατροπή με την οποία μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια καθώς και εξοικονόμηση χρημάτων είναι η αντικατάσταση των δύο σερβομηχανισμών που υπάρχουν για το άνοιγμα και το κλείσιμο του καπακιού των δοχείων του οχήματος, με κάποια

μηχανική κατασκευή. Έτσι εισχωρώντας το όχημα στην βάση θα άνοιγε αυτόματα το καπάκι και κατά την έξοδο του θα έκλεινε.

Μια ακόμα μετατροπή, η οποία μάλιστα σχετίζεται με τη προαναφερθείσα, είναι η αντικατάσταση του τύπου και η αλλαγή της θέσεως των ακροδεκτών επικοινωνίας και φόρτισης. Αυτό δεν κατέστη δυνατό λόγω έλλειψης χώρου στο μπροστινό τμήμα του οχήματος διότι δεν μπορούσαν να γίνουν περαιτέρω μετατροπές στα συστήματα καθαρισμού. Το μπροστινό τμήμα του οχήματος είναι το ιδανικότερο γιατί θα μπορούσε να αποφευχθεί η χρήση ενός επιπλέον σερβομηχανισμού που στην παρούσα κατάσταση τοποθετεί τον ακροδέκτη στο πλάι του οχήματος όταν αυτό εισχωρήσει στην βάση. Άλλος ένας σερβομηχανισμός που θα μπορούσε να μην είχε χρησιμοποιηθεί, είναι αυτός που ελέγχει την ροή του νερού, ο οποίος θα μπορούσε να αντικατασταθεί με μια βάνα ή μια μαγνητική ηλεκτροβαλβίδα.

Επίσης θα μπορούσε να αντικατασταθεί η αυτοσχέδια αντλία νερού που έχει χρησιμοποιηθεί με μια τρόμπα νερού, με σκοπό τη σημαντική μείωση του χρόνου πλήρωσης του δοχείου. Αυτό δεν κατέστη δυνατό λόγω μεγάλου κόστους των αντλιών στο εμπόριο.

Τέλος για εξοικονόμηση χώρου και μεγαλύτερη αυτονομία, τα δοχεία της βάσης θα μπορούσαν να αντικατασταθούν από άλλα μεγαλύτερα, τα οποία να είχαν ακανόνιστο σχήμα, προσαρμοσμένο στις ανάγκες της κατασκευής ώστε να καλυφθεί όλος ο χρησιμοποιήσιμος χώρος εντός της βάσης.

Αν και οι βελτιστοποιήσεις που μπορούν να γίνουν στο όχημα και στην βάση θα βελτιώναν την απόδοση και την ταχύτητα του καθαρισμού, υπάρχουν ακόμη μεγάλα περιθώρια για τελειοποίηση του αυτόματου συστήματος καθαρισμού. Για να επιτευχθούν τα καλύτερα αποτελέσματα μπορούν να γίνουν κάποιες επεκτάσεις στην υπάρχουσα κατασκευή.

Το μειονέκτημα του τρόπου με τον οποίο κινείται και καθαρίζει το όχημα, είναι πως δεν υπάρχει έλεγχος των σημείων που έχουν καθαριστεί. Αυτό θα μπορούσε να αλλάξει με δύο τρόπους. Ένας τρόπος είναι η εγκατάσταση κάμερας πάνω στο όχημα με την οποία να γίνεται χαρτογράφηση του χώρου και εντοπισμός των εμποδίων. Έτσι το όχημα θα απέφευγε ευκολότερα τα εμπόδια και θα γνώριζε τα σημεία που έχει περάσει και έχει καθαρίσει. Ο δεύτερος τρόπος και πιο ακριβής, είναι η εγκατάσταση τριών πομπών σε απομακρυσμένα σημεία στον χώρο που θα κινείται το όχημα. Το όχημα θα είχε πάνω του έναν δέκτη χάρη στον οποίο θα υπολόγιζε την ακριβή θέση στον χώρο, όπως γίνεται με το GPS. Έτσι ακόμη και αν ο χρήστης το μετακινούσε κατά την διαδικασία του καθαρισμού το όχημα θα γνώριζε από ποια σημεία του χώρου έχει περάσει. Μετά την πρώτη χαρτογράφηση του χώρου και τον εντοπισμό της βάσης, κάθε επόμενος καθαρισμός θα γινόταν πιο γρήγορα και η επιστροφή στην βάση πανεύκολη.

Επίσης, για να γίνεται ακόμη πιο γρήγορα ο καθαρισμός του χώρου και για να αποφευχθεί η πιθανότητα πρόσκρουσης σε εύθραυστα αντικείμενα, ο εντοπισμός των εμποδίων θα μπορούσε να γίνεται με την χρήση υπέρυθρων ή ακόμη καλύτερα, υπέρηχων αισθητήριων.

Για τον αποτελεσματικότερο καθαρισμό όλων των σημείων του χώρου, θα μπορούσαν να εγκατασταθούν στο όχημα μικρά περιστρεφόμενα βουρτσάκια σε δύο μπροστινά σημεία του, έτσι ώστε να απομακρύνουν την σκόνη από τις γωνίες. Ακόμη, χρησιμοποιώντας ειδικά αισθητήρια στο κάτω μέρος, θα μπορούσε να γίνεται εντοπισμός της σκόνης στο δάπεδο ώστε το όχημα, να επιμένει στο σημείο αυτό ή να γίνεται εντοπισμός νερού, ώστε να αυξηθεί αντίστοιχα ο χρόνος στεγνώματος του δαπέδου. Η βάση, θα μπορούσε να τροποποιηθεί, εγκαθιστώντας μια ράμπα πάνω στην οποία θα ανεβαίνει το όχημα για να καθαρίζει την βούρτσα με νερό υπό πίεση, αυξάνοντας έτσι την υγιεινή.

Μια επιπλέον χρήσιμη επέκταση σε αυτή τη κατασκευή, αφορά τον τρόπο επικοινωνίας με τον χρήστη. Θα μπορούσε η μονάδα ελέγχου, να εγκατασταθεί στην βάση αντί για το όχημα, ώστε ο χρήστης να επιλέγει τα προγράμματα από την βάση. Θα μπορούσε επίσης, να χρησιμοποιηθεί τηλεκοντρόλ για αυτό το σκοπό ή ακόμη να γίνεται απομακρυσμένος έλεγχος μέσω κινητού ή ηλεκτρονικού υπολογιστή. Επειδή η τεχνολογία προχωράει πολύ γρήγορα και

τα έξυπνα σπίτια γίνονται όλο και περισσότερα, θα μπορούσε να υπάρχει συμβατότητα με τα συστήματα της αγοράς ώστε ο έλεγχος να γίνεται μέσω του κεντρικού πάνελ του σπιτιού.

Στην περίπτωση πολύ μεγάλης επιφάνειας, είτε σε κατοικία, είτε σε βιομηχανικό χώρο όπου χρειάζονται περισσότερα από ένα όχηματα για την διατήρηση την καθαριότητας, θα ήταν πολύ χρήσιμο αν μία βάση μπορούσε να τα εξυπηρετήσει όλα. Σίγουρα χρειάζονται κατάλληλες μετατροπές στον κώδικα, ώστε να καθοριστεί σειρά προτεραιότητας στα οχήματα που θα περιμένουν για φόρτιση ή πλήρωση υγρών, αλλά το βασικό είναι η εγκατάσταση αισθητηρίων ώστε να επικοινωνούν όλα μεταξύ τους και η σύνδεση στην βάση, παροχής νερού και αποχέτευση ώστε να μην χρειάζεται η συνεχής επίβλεψη από τον χρήστη.

Όλες αυτές οι μετατροπές και βελτιστοποιήσεις είναι δυνατό να επιτευχθούν αν και το κόστος για την κατασκευή του πρωτοτύπου μπορεί να είναι πολύ μεγάλο. Ο στόχος είναι, στο άμεσο μέλλον, να εφαρμοστούν όλα αυτά και να κατασκευαστεί μια πρωτοπόρα και εκσυγχρονισμένη συσκευή που θα μπορεί να ανταγωνιστεί τα συστήματα καθαρισμού μεγάλων εταιριών αλλά η τιμή της να είναι προσιτή για να μπορεί να διευκολύνει στην καθημερινότητα κάθε οικογένεια.



Εικ. 63 Μελλοντική κατασκευή

Βιβλιογραφία

- [1] Παύλος Δ. Παπαχρηστοφίλου, "ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΙΚΟ ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΜΕΝΟ ΛΕΞΙΚΟ OXFORD - ΤΟΜΟΣ Α", Ελληνικά γράμματα, 2004.
- [2] Robert H. Bishop, "Mechatronics: An Introduction", CRC Press, 2005.
- [3] ROBIN R. MURPHY, "INTRODUCTION TO AI ROBOTICS", Massachusetts Institute of Technology, 2000.
- [4] Shuzhi Sam Ge Frank L. Lewis, "Autonomous Mobile Robots Sensing, Control, Decision Making and Applications", CRC Press, 2006.
- [5] Thomas Bräunl, "EMBEDDED ROBOTICS", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
- [6] Robert H. Bishop, "The Mechatronics Handbook", CRC Press, 2002.
- [7] Stan Gibilisco, "Concise Encyclopedia of Robotics", McGraw-Hill/TAB Electronics, 2002.
- [8] Thomas R. Kurfess, "Robotics and Automation Handbook", CRC Press, 2004.
- [W1] "http://imm.demokritos.gr/platon/AEOAAUAC_OOIOO_AOOIIAEOEIOIOO/aeoaaauac_oioo_aooiiaoeoiioo.html%20"
- [W2] "<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82>"
- [W3] "http://imm.demokritos.gr/platon/AEOAAUAC_OOIOO_AOOIIAEOEIOIOO/aeoaaauac_oioo_aooiiaoeoiioo.html"
- [W4] "<http://agonigrammi.wordpress.com/2009/10/12/%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%B1%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%BC%CE%AD%CF%83%CE%B1-%CE%B1%CF%80%CF%8C-%CF%84%CE%B7%CE%BD/>"
- [W5] "http://hereticafilisofia.blogspot.gr/2010/12/blog-post_2907.html"
- [W6] "<http://www.scribd.com/doc/52599652/2/%CE%99%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CE%B4%CF%81%CE%BF%CE%BC%CE%AE>"
- [W7] "<http://lyk-vatheos.eyv.sch.gr/Ergasies/2008-2009/OikiakesSuskeues.htm>"
- [W8] "<http://lataerna.gr/2011/11/kai-h-skoypa-exei-istoria/>"
- [W9] "<http://zone.ni.com/devzone/cda/ph/p/id/227>"
- [W10] "http://www.robotlab.tuc.gr/ASSETS/PAPERS_PDF/ROBOTICS/LAB/4_STEPPER&SERVOS_LAB.pdf"
- [W11] "<http://el.wikipedia.org/wiki/Arduino>"
- [W12] "<http://deltahacker.gr/2009/08/01/arduino-intro/>"