



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κατασκευές και προγραμματισμός ρομποτικών συστημάτων μικρής κλίμακας



Γκιάλης Γεώργιος

Επιβλέπων: Γιαννακέας Νικόλαος, επίκουρος καθηγητής

Άρτα, Φεβρουάριος 2022

**DEVELOPING AND PROGRAMMING OF SMALL-SCALE
ROBOTIC SYSTEMS**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Αρτα, Μάρτιος 2023

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Νικόλαος Γιαννακέας,

Επίκουρος Καθηγητής

2. Μέλος επιτροπής

Τζάλλας Αλέξανδρος,

Επίκουρος Καθηγητής

3. Μέλος επιτροπής

Δημόπουλος Δημήτριος,

Πανεπιστημιακός Υπότροφος

Ο Προϊστάμενος του Τμήματος

Ευριπίδης Γλαβάς,

Καθηγητής, Α' Βαθμίδας

Υπογραφή

© Γιάλλης Γεώργιος, 2023.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Γκιάλης Γεώργιος

Υπογραφή

Ευχαριστίες

Για αρχή, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα Καθηγητή Νικόλαο Γιαννακέα, για την πολύ καλή και ιδιαίτερη συνεργασία που είχαμε κατά την διάρκεια της δημιουργίας αυτής της εργασίας. Με την αμέριστη βοήθειά του, καθώς και με την πολύ σημαντική καθοδήγησή του, κατάφερα να βρω λύσεις σε κρίσιμα ζητήματα που αφορούσαν την εργασία και να την φτάσω στο τέλος της. Επίσης, του οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε σε ένα τόσο σημαντικό θέμα, πιστεύοντας στις δυνατότητές μου. Επιπλέον, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους στενούς μου φίλους μου Πρόδρομο Δημητριάδη, Θωμά Μπατανάρα και Λάμπρο Χρυσώτη για τις συμβουλές και την αμέριστη βοήθεια που παρείχαν, όχι μόνο κατά την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, αλλά καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησης μου στη σχολή. Τέλος, το μεγαλύτερο ίσως ευχαριστώ το οφείλω στους γονείς μου Μαργαρίτα Μπερμπάτη και Ιωάννη Γκιάλπη καθώς και στην αδερφή μου Μαρία Γκιάλπη, που ήταν διαρκώς στο πλάι μου και με υποστήριζαν με κάθε δυνατό και αδύνατο μέσο για να επιτευχθεί ο εν λόγω κρίσιμος στόχος.

Περιεχόμενα

Δήλωση μη λογοκλοπής	5
Ευχαριστίες	6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	11
ABSTRACT	12
Κεφάλαιο 1°	13
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ	13
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ	14
1.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	16
1.3 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ	17
1.4 ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΡΟΜΠΟΤ	19
Κεφάλαιο 2°	21
2. ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ	21
2.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ	21
2.1.1. ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ	23
2.1.2. ΒΑΘΜΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ	23
2.1.3. ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΩΝ	24
2.1.4. ΧΩΡΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ	26
2.2. ΕΙΔΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΩΝ ΒΡΑΧΙΩΝΩΝ	27
2.2.1 Ο ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ	28
2.2.2. Ο ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ	29
2.2.3. Ο ΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ	29
2.2.4. Ο ΑΡΘΡΩΤΟΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ	29
2.2.5 Ο ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ SCARA	30
Κεφάλαιο 3°	31
3. Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ARDUINO	31

3.1. Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ – ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ	31
3.2. Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ARDUINO	33
3.2.1. ΟΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ARDUINO	35
3.3. ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ARDUINO	36
3.3.1. ΜΟΝΤΕΛΑ ARDUINO	36
3.3.2 SHIELDS	38
3.3.3. ΥΛΙΚΟ ΤΟΥ ARDUINO UNO	40
3.4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ARDUINO	44
3.4.1 ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ARDUINO IDE	44
3.4.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ	47
Κεφάλαιο 4°	54
4. Η ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ	54
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ	54
4.2 ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ	55
4.3 ΕΥΘΥ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	56
4.4 ΜΕΘΟΔΟΣ DENAVIT – HARTENBERG	56
Κεφάλαιο 5°	59
5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	59
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	59
5.2 ΤΕΧΝΗΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	61
5.2.1. ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ	62
5.2.2 ΤΕΧΝΗΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΕΡΒΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ	62
5.3 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ	63
5.4 ΤΟ ARDUINO	71
5.4.1 ΕΙΣΟΔΟΙ – ΕΞΟΔΟΙ	72
5.4.2 ΜΝΗΜΗ	73
5.4.3 SHIELD	74

5.5 ΕΠΙΛΥΣΗ ΕΥΘΥ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ	74
5.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ	79
Κεφάλαιο 3 ^ο	82
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	82

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Robot	15
Εικόνα 1.2 Unimate το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ	19
Εικόνα 1.4 Ρομποτικό οπλικό όχημα	20
Εικόνα 1.3 Ρομποτικός βραχίονας εργοστασιακής χρήσης	20
Εικόνα 1.5 Χειρουργικοί βραχίονες	21
Εικόνα 1.6 Υποβρύχιο ρομπότ	22
Εικόνα 1.7 Ρομπότ με τροχούς	22
Εικόνα 1.8 Ρομπότ με πόδια	22
Εικόνα 1.9 Εναέριο ρομπότ	22
Εικόνα 2.1 Robotic arm	23
Εικόνα 2.2 Μέρη ρομποτικού βραχίονα	24
Εικόνα 2.3 Τα διάφορα είδη των αρθρώσεων	25
Εικόνα 2.4 Κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος (ac και dc)	27
Εικόνα 2.5 Βηματικός κινητήρας	28
Εικόνα 2.6 Servοκινητήρας	28
Εικόνα 2.7 Υδραυλικά Έμβολα	28
Εικόνα 2.8 Καρτεσιανός Βραχίονας	29
Εικόνα 2.9 Κυλινδρικός Βραχίονας	29
Εικόνα 2.10 Σφαιρικός Βραχίονας	29
Εικόνα 2.11 Αρθρωτός Βραχίονας	29
Εικόνα 2.12 Βραχίονας SCARA	30
Εικόνα 3.1 Μικροελεγκτής	34
Εικόνα 3.2 Arduino	36
Εικόνα 3.3 Το πρώτο Arduino	37
Εικόνα 3.4 Duemilanove	39
Εικόνα 3.5 Arduino Uno	39
Εικόνα 3.6 Arduino Nano	39
Εικόνα 3.7 Bluetooth module for Arduino	39
Εικόνα 3.8 Arduino Lilypad	39
Εικόνα 3.9 Arduino Pro	39
Εικόνα 3.10 Arduino Pro – mini	40
Εικόνα 3.11 Arduino Serial Single Sided	40

Εικόνα 3.12 Arduino Serial Single Sided	40
Εικόνα 3.13 Arduino WIFI Shield	41
Εικόνα 3.14 Arduino Ethernet Shield	41
Εικόνα 3.15 Arduino SD Shield	41
Εικόνα 3.16 Arduino Proto Shield	41
Εικόνα 3.17 Arduino Motor Shield	41
Εικόνα 3.18 Ψηφιακοί ακροδέκτες Arduino Uno	43
Εικόνα 3.19 Αναλογικοί ακροδέκτες Arduino Uno	44
Εικόνα 3.20 Είσοδοι και έξοδοι τροφοδοσίας	45
Εικόνα 3.21 Βασικές λειτουργίες του IDE	49
Εικόνα 5.1 Κομμάτια του Ρομποτικού Βραχίονα	63
Εικόνα 5.2 Οι δύο SpringRC SR311	65
Εικόνα 5.3 Οι τέσσερις SpringRC SR431	65
Εικόνα 5.4 Το πρώτο πλαστικό μέρος	66
Εικόνα 5.5 Το πρώτο πλαστικό μέρος με τον σερβοκινητήρα βιδωμένο πάνω του	66
Εικόνα 5.6 Το δεύτερο πλαστικό μέρος με το ελατήριο	67
Εικόνα 5.7 Το δεύτερο και το πρώτο μέρος	67
Εικόνα 5.8 Τα δύο μέρη μαζί βιδωμένα	67
Εικόνα 5.9 Τα επόμενα κομμάτια	68
Εικόνα 5.10 Τα κομμάτια ενωμένα	68
Εικόνα 5.11 Τα δύο πρώτα μέρη του πειράματος ενωμένα	68
Εικόνα 5.12 Η κεφαλή της βάσης με τον SpringRC SR431	69
Εικόνα 5.13 Τα τρία πρώτα μέρη ενωμένα μεταξύ τους	69
Εικόνα 5.14 Τα μέρη ξεχωριστά μεταξύ τους	70
Εικόνα 5.15 Η βάση βιδωμένη με το υπόλοιπο πείραμα	70
Εικόνα 5.16 Η βάση της αρπάγης με τον SpringRC SR311	70
Εικόνα 5.17 Τα κομμάτια της αρπάγης	71
Εικόνα 5.18 Πρώτο κομμάτι αρπάγης	71
Εικόνα 5.19 Ένωση «δαγκάνας» ενωμένο με SpringRC SR311	71
Εικόνα 5.20 Η αρπάγη ολοκληρωμένη	72
Εικόνα 5.21 Ο ρομποτικός βραχίονας	72
Εικόνα 5.22 Το Arduino Uno	73
Εικόνα 5.23 Το Arduino Uno με το shield ενωμένα	76
Εικόνα 5.24 Άξονες Y, Z στην πλάγια όψη	77

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή αναφέρεται στην κατασκευή και στον προγραμματισμό ρομποτικών συστημάτων μικρής κλίμακας. Αρχικά γίνεται αναφορά στα ρομποτικά συστήματα ευρείας κλίμακας. Στην συνέχεια υπάρχει επεξήγηση των ρομποτικών συστημάτων μικρής κλίμακας καθώς γίνεται αναφορά στα συστήματα Arduino, για την καλύτερη κατανόηση της εργασίας. Έπειτα ακολουθεί το πειραματικό μέρος, όπου δίνεται η κατασκευή και ο προγραμματισμός ενός ρομποτικού βραχίονα. Ακολουθεί αναλυτική απεικόνιση της δημιουργίας του βραχίονα καθώς και του προγραμματισμού του. Μαζί γίνεται αναφορά και στην χρήση, αλλά και την χρησιμότητα που έχουν τέτοια συστήματα είτε σε μικρή είτε σε μεγάλη κλίμακα. Τέλος δίνεται ο κώδικας σε γλώσσα C, όπως χρησιμοποιήθηκε για την λειτουργία του βραχίονα καθώς και οι παραπομπές στην βιβλιογραφία.

ABSTRACT

This work is referred to the construction and programming of small-scale robotic systems. First, reference is made to large-scale robotic systems. Then there is the explanation of small scale robotic systems as reference is made to Arduino systems, for a better understanding of the work. Then follows the experimental part, where the construction and programming of a robotic arm is given. The following is a detailed illustration of the creation of the arm as well as its programming. Reference is also made to the use, but also to the usefulness of such systems, either on a small or large scale. Finally, the code in C language is given, as used for the operation of the arm as well as the references in the literature.

Κεφάλαιο 1^ο

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ

Σκοπός της εν λόγω εργασίας είναι η κατασκευή και ο προγραμματισμός μικρών ρομποτικών συστημάτων καθώς και η εξοικείωση με το σύστημα Arduino. Για την ακρίβεια στα πλαίσια της εργασίας αυτής έγινε η κατασκευή βήμα, βήμα ενός μικρού ρομποτικού βραχίονα.

Είναι χωρισμένη σε δύο μέρη για την διευκόλυνση και την πιο άμεση κατανόησή της. Το πρώτο μέρος είναι το θεωρητικό κι αφορά ουσιαστικά “εργαλεία” τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να επιτευχθεί η δημιουργία του εν λόγω εγχειρήματος. Επίσης γίνεται ιστορική αναδρομή στους ρομποτικούς βραχίονες, τα ρομποτικά συστήματα αλλά και στα Arduino. Το δεύτερο μέρος αφορά το πειραματικό κομμάτι της εργασίας που, δηλαδή την δημιουργία του βραχίονα, την κατασκευή και τον προγραμματισμό. Υπάρχει και φωτογραφικό υλικό, το οποίο δείχνει την δημιουργία του βραχίονα από την πρώτη στιγμή μέχρι το τέλος. Ο προγραμματισμός του έγινε μέσω του Energia που κάνει χρήση γλώσσας C. Τέλος, θα διατεθεί και ο κώδικας αυτούσιος μέσα από τις βιβλιοθήκες της εφαρμογής.



Εικόνα 1.1 Robot

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Ως ρομποτική ορίζουμε τον σύγχρονο διεπιστημονικό κλάδο της επιστήμης και της μηχανικής υπολογιστών. Περιλαμβάνει την σχεδίαση, την δημιουργία, την λειτουργία και χρήση των ρομπότ. Ως στόχο της ορίζουμε τον σχεδιασμό μηχανών που θα μπορούν να βοηθήσουν τους ανθρώπους. Επίσης, μπορεί να ενσωματώσει τους τομείς διαφόρων κλάδων των επιστημών, όπως της μηχανολογίας, της ηλεκτρικής μηχανικής, της μηχανικής πληροφοριών, της μηχανικής, της ηλεκτρονικής, της βιομηχανικής, της μηχανικής υπολογιστών, της μηχανικής ελέγχου, της μηχανικής λογισμικού καθώς και των μαθηματικών. Η άμεση αυτή σχέση της ρομποτικής με διάφορους άλλους κλάδους επιστημών σημαίνει πως επηρεάζεται και ωφελείται από τις εξελίξεις που τις αφορούν.

Ένα ρομπότ, με την σειρά του, είναι ένα μηχάνημα, που μπορεί να προγραμματιστεί μέσα από έναν υπολογιστή και αυτό το καθιστά ικανό να εκτελεί με αυτοματισμό μια σύνθετη σειρά ενεργειών. Μπορεί να καθοδηγηθεί από κάποια εξωτερική συσκευή ή από κάποιο χειριστήριο που μπορεί να είναι το ενσωματωμένο μέσο. Τα ρομπότ μπορεί να κατασκευάζονται και να είναι ανθρωπόμορφα, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις είναι μηχανές που εκτελούν εργασίες, σχεδιασμένες με έμφαση στην έντονη λειτουργικότητα και όχι στην εκφραστική αισθητική. Συνήθως είναι πολυλειτουργικά και εξυπηρετούν σε διάφορες διεργασίες, όπως για παράδειγμα να μετακινούν υλικά, αντικείμενα, τεμάχια, εργαλεία ή να μπορούν να εκτελούν μια εξειδικευμένη ενέργεια, πάντα με κατάλληλες προγραμματισμένες κινήσεις που έχουν ως κύριο στόχο τη βελτίωση της απόδοσης μιας σειράς εργασιών. Μπορεί να είναι αυτόνομα ή ημιαυτόνομα και ποικίλλουν από ανθρωποειδή έως βιομηχανικά ρομπότ, ρομπότ ιατρικών χειρισμών, ρομπότ υποβοήθησης ασθενών, ρομπότ θεραπείας ζώων, συλλογικά προγραμματισμένα ρομπότ σμήνους, drones, ακόμη και μικροσκοπικά νανορομπότ. Μιμούμενος μια ρεαλιστική εμφάνιση ή αυτοματοποιώντας τις κινήσεις, ένα ρομπότ μπορεί ακόμα και να μεταφέρει μια αίσθηση ευφυΐας ή τη δική του σκέψη.

Η χρήση τους κατ' εξοχήν αποσκοπεί στην αντικατάσταση του ανθρώπου, άμεσα ή έμμεσα, ως προς την επίλυση προβλημάτων αλλά και την εκτέλεση διαφόρων εργασιών που αφορούν τόσο το φυσικό επίπεδο, όσο και το επίπεδο της λήψης αποφάσεων. Ένα από τα πιο βασικά πλεονεκτήματα τους είναι η πολύ μεγάλη ευελιξία τους. Είναι αρκετά προσαρμοστικά όσον αφορά την γραμμή παραγωγής των προϊόντων.

Ενώ, μπορούν ακόμα και να προγραμματιστούν ανάλογα, έτσι ώστε να είναι κατάλληλα για την οποιαδήποτε αλλαγή, μικρή ή μεγάλη στη γραμμή παραγωγής. Ο τρόπος εξέλιξής τους έχει περάσει ανά τα χρόνια μέσα από πάρα πολλά στάδια. Εκείνα που ανήκουν στην πρώτη γενιά, δεν είχαν την ικανότητα να υπολογίζουν και να έχουν αισθήσεις. Αντίθετα τα ρομπότ που ανήκουν στην δεύτερη γενιά. Αυτά που ανήκουν στην τρίτη γενιά διαθέτουν νοημοσύνη, πράγμα που σημαίνει ότι είναι ικανά να λαμβάνουν αποφάσεις κατά τη διάρκεια εκτέλεσης μιας εργασίας που τους έχει ανατεθεί. Αυτές οι ικανότητες μπορεί να αποκτηθούν μέσα από την τεχνητή νοημοσύνη η οποία αν συνδυαστεί με κάποιες εξελιγμένες και νέες μορφές αισθητήρων όπως για παράδειγμα αισθητήρες ήχου ή αφής.

Μπορούμε να πούμε πως τα σύγχρονα, κλασικά βιομηχανικά ρομπότ είναι εξελιγμένα συστήματα αυτοματισμού, που μέσα από την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή επιτυγχάνεται ο έλεγχός τους. Στην σημερινή εποχή είναι ξεκάθαρο πως οι υπολογιστές, με την μορφή που έχουν πλέον, αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι του βιομηχανικού αυτοματισμού.

Τα νέα ρομπότ είναι ικανά να εκτελέσουν πολλές εργασίες με αποτέλεσμα να αποτελούν βασικό και αναπόσπαστο κομμάτι στις εταιρείες και τα εργοστάσια βιομηχανικής παραγωγής. Όσον αφορά την έρευνα πάνω στον τομέα της ρομποτικής εκτείνεται κατά βάση σε τρεις κατευθύνσεις, η πρώτη έχει ως σημείο αναφοράς την εφαρμογή και την ανάπτυξη διαφόρων τεχνικών ελέγχου ώστε να υπάρξει βελτίωση στις αποδόσεις. Η δεύτερη ασχολείται, όχι μόνο με την ανάπτυξη λογισμικών για να μπορούν τα ρομπότ να διαχειρίζονται και να εκτελούν τις διάφορες εργασίες. Στην τελευταία γίνεται ενασχόληση με τον σχεδιασμό του υλικού των υπολογιστών για την εφαρμογή των λογισμικών και την πιο καλή σύνδεση με τους αισθητήρες που υπάρχουν στα ρομπότ.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί πως, κάθε ρομπότ αποτελείται από δύο υποσυστήματα προκειμένου να μπορέσει να εκτελέσει την όποια εργασία. Αυτά χωρίζονται στο μηχανολογικό και σε αυτό της αίσθησης. Το πρώτο υποσύστημα αποτελείται από τη βάση του ρομπότ, τις αρθρώσεις, τους συνδέσμους καθώς και οποιοδήποτε άλλο κομμάτι απαρτίζει το ρομπότ και του επιτρέπει να εκτελέσει τις λειτουργίες του σε συνδυασμό πάντα με το υποσύστημα της αίσθησης. Το δεύτερο υποσύστημα, αυτό της αίσθησης, με την σειρά του είναι αυτό που βοηθάει στην συλλογή των πληροφοριών μέσω των αισθητήρων ή μέσα από άλλα όργανα μέτρησης. Επίσης, μπορεί να ελέγχει την κατάσταση του ρομπότ, να δέχεται τις όποιες εντολές δίνει ο χρήστης ή οι αισθητήρες

και τα όργανα μέτρησης, να τις επεξεργάζεται και να τις μετατρέπει σε ισχύ για τους κινητήρες, οι οποίοι με την σειρά τους, τελικά θα εκτελέσουν την εντολή, αν φυσικά αυτό είναι εφικτό [1].

1.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Στην ιστορία των βιομηχανικών αυτοματισμών, μπορεί κανείς να βρει περιόδους μεγάλης και μαζικής μεταβολής στις κοινά χρησιμοποιημένες μεθόδους. Οι διάφορες μεταβολές, συνδέονται, είτε άμεσα είτε έμμεσα, με το οικονομικό και κοινωνικό υπόβαθρο που διέπει την εκάστοτε χώρα. Στις αρχές της δεκαετίας του εξήντα, τα ρομπότ αποτέλεσαν ξεχωριστές διατάξεις, κυρίως στις χώρες του δυτικού κόσμου, πράγμα το οποίο σηματοδότησε και τις νέες τάσεις που άρχισαν να υπάρχουν στον τομέα της αυτοματοποιημένης παραγωγής. Από εκείνη την περίοδο μέχρι και τις μέρες μας η συγκεκριμένη αγορά εξελίσσεται διαρκώς ανάλογα και με τα οικονομικά περιβάλλοντα.

Το κόστος που αφορά κατ' εξοχήν τις πρώτες ύλες στην δημιουργία των βιομηχανικών ρομπότ βρίσκεται σε μία διαρκή πτωτική τάση. Αυτό αποτελεί ένα αρκετά σημαντικό στην ολόενα και πιο αυξανόμενη χρήση τους. Παράλληλα, η αποτελεσματικότητα τους βρίσκεται σε ανοδική τάση καθώς χρόνο με τον χρόνο δημιουργούνται όλο και πιο γρήγορες και ευέλικτες ρομποτικές μηχανές. Έτσι προσφέρουν μία συμφέρουσα λύση, σε αντίθεση με το κόστος της ανθρώπινης εργασίας που συχνά αυξάνεται [2].

Από το παραπάνω συμπεραίνει εύκολα κάποιος πως χρόνο με τον χρόνο αρκετές βιομηχανικές διεργασίες και εφαρμογές, περνάνε στην λίστα των υποψήφιων ρομποτικών υλοποιήσεων. Με την εξέλιξη των ρομπότ, εξελίσσονται και οι εφαρμογές που εκτελούνται από αυτά καθώς γίνονται πολύ πιο ιδιαίτερες και δύσκολες. Γεγονός είναι πως στις αρχές του 2000, ένα πολύ μεγάλο ποσοστό (κοντά στο 80%) εκτελούσαν διεργασίες που αφορούσαν την επεξεργασία υλικών.

Άξιο αναφοράς είναι το Unimate, που αποτελεί το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ, που τέθηκε σε εργασία σε μια γραμμή συναρμολόγησης της General Motors στο Inland Fisher Guide Plant στο Ewing Township, στο Νιου Τζέρσεϊ, στις αρχές του 1961.

Εφευρέθηκε από τον George Devol τη δεκαετία του 1950 χρησιμοποιώντας το αρχικό του δίπλωμα ευρεσιτεχνίας που κατατέθηκε το 1954 και χορηγήθηκε το 1961. Ο Devol, μαζί με τον Joseph Engelberger, τον επιχειρηματικό του συνεργάτη, ξεκίνησαν την πρώτη εταιρεία κατασκευής ρομπότ στον κόσμο, την Unimation. Το μηχάνημα ανέλαβε τη δουλειά της μεταφοράς χυτών από μια γραμμή συναρμολόγησης και της συγκόλλησης αυτών των εξαρτημάτων σε αμαξώματα αυτοκινήτων, μια επικίνδυνη εργασία για τους εργάτες, οι οποίοι μπορούσαν να δηλητηριαστούν από τοξικές αναθυμιάσεις ή να χάσουν ένα άκρο αν δεν πρόσεχαν.

Το αρχικό Unimate αποτελούνταν από ένα μεγάλο κουτί που έμοιαζε με υπολογιστή, ενωμένο με ένα άλλο κουτί και συνδεδεμένο με έναν βραχίονα, με συστηματικές εργασίες αποθηκευμένες σε μια μνήμη τυμπάνου. [3]



Εικόνα 1.2 Unimate το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ

1.3 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ

Στις μέρες μας οι απαιτήσεις σε διάφορες εφαρμογές για ακρίβεια, ταχύτητα, ασφάλεια, δύναμη, ευελιξία είναι απαραίτητες και σε αρκετές περιπτώσεις οι ικανότητες και οι γνώσεις των ανθρώπων δεν επαρκούν. Αυτός είναι και ο λόγος που ο κλάδος της ρομποτικής, εξελίσσεται και κυριαρχεί με ταχύτατους ρυθμούς. Από το παραπάνω συνεπάγεται πως οι ρομποτικές μηχανές τείνουν να αντικαταστήσουν τον άνθρωπο σε αρκετές εφαρμογές καθώς έχουν πολλές και ποικίλες δυνατότητες, μεταξύ αυτών των δυνατοτήτων είναι ότι μπορούν να οδηγήσουν στην βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων, όπως και να συμβάλουν στην μείωση του κόστους. Ωστόσο το βασικότερο είναι πως μπορούν να τον απαλλάξουν από το να λαμβάνει μέρος σε αρκετές εφαρμογές που ο κίνδυνος τραυματισμού είναι μεγάλος. Γι' αυτό και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολύ μεγάλο βαθμό έχοντας συνεχή και διαρκή ανάπτυξη και έρευνα.

Οι βασικότεροι τομείς στους οποίους γίνεται χρήση των ρομπότ είναι αρχικά στη βιομηχανία, όπου η πιο συνηθισμένη χρήση γίνεται πάνω σε εφαρμογές που αφορούν τη μεταφορά υλικών, την ταξινόμηση αποθηκών, τη συναρμολόγηση διαφόρων συσκευών και μηχανισμών, τη συγκόλληση μεταλλικών κατασκευών και ηλεκτρικών στοιχείων, τις εργασίες σε επικίνδυνους και ανθυγιεινούς χώρους. Φυσικά αυτές είναι μόνο μερικές ενδεικτικές χρήσεις της ρομποτικής. Έπειτα στον στρατό, εκεί όπου χρησιμοποιούνται κυρίως είναι στην αφόπλιση διαφόρων εκρηκτικών μηχανισμών, στην πλοήγηση, στη μεταφορά εφοδίων, αλλά και στα οπλικά συστήματα. Τέλος, φυσικά στην ιατρική που τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μια μεγάλη και σημαντική εξέλιξη. Η ανάπτυξη συμβαίνει σε διάφορους κλάδους της όπως στις χειρουργικές επεμβάσεις ή στην προσομοίωση επεμβάσεων, σε διαγνώσεις ασθενειών καθώς και σε διάφορα μηχανήματα αποκατάστασης ανθρώπινων μελών. Τέτοια μηχανήματα αποκατάστασης, με χαρακτηριστικό παράδειγμα να είναι ρομποτικοί βραχίονες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πλέον πάνω σε ανθρώπινα σώματα, μιας και οι κινήσεις γίνονται με το πέρασμα του χρόνου, ολοένα πιο ρεαλιστικές και ανθρώπινες.



Εικόνα 1.4 Ρομποτικό οπλικό όχημα



Εικόνα 1.3 Ρομποτικός βραχίονας εργοστασιακής χρήσης



Εικόνα 1.5 Χειρουργικοί βραχίονες

1.4 ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΡΟΜΠΟΤ

Από τα όσα έχουμε αναφέρει ως τώρα φυσικά γίνεται κατανοητό πως τα ρομπότ μπορούν να καταλάβουν ένα πολύ μεγάλο εύρος σε εφαρμογές που αφορούν την σύγχρονη καθημερινότητα και τους τομείς ανάπτυξης. Έτσι μπορεί κανείς εύκολα να συμπεράνει πως τα είδη των ρομπότ ποικίλουν με ξεχωριστές μορφές, τα οποία λειτουργούν πάντα ανάλογα με τις απαιτήσεις τις εκάστοτε εφαρμογής.

Μία πρώτη πολύ σημαντική μορφή των ρομπότ είναι αυτά της σταθερής βάσης. Αυτό το είδος, κατ' εξοχήν, απαρτίζεται από μια βάση η οποία παραμένει σταθερή μέσα στο χώρο εργασίας και πάνω σε αυτή είναι τοποθετημένοι οι σύνδεσμοι, οι αρθρώσεις, αλλά και το εργαλείο τελικής δράσης. Στην εν λόγω κατηγορία ανήκει κι ο ρομποτικός βραχίονας ο οποίος κατασκευάστηκε και θα παρουσιαστεί στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας.

Επόμενη κατηγορία που συναντάμε είναι αυτή των κινούμενων ρομπότ. Σε αυτή βρίσκονται τα ρομπότ τα οποία έχουν τη δυνατότητα να μετακινούνται στο χώρο. Αυτό μπορούν να το επιτύχουν κάνοντας χρήση τροχών, ελίκων, προπελών, αλλά ακόμα και με την χρήση μηχανικών ποδιών. Αυτό φυσικά οδηγεί στην ύπαρξη αρκετών υποκατηγοριών κινούμενων ρομπότ ανάλογα με τον τρόπο κίνησής. Έτσι έχουμε πρώτα τα έντροχα ρομπότ των οποίων η κίνησή επιτυγχάνεται μέσω των τροχών. Έπειτα υπάρχουν τα βαδίζοντα ρομπότ. Για να μπορέσουν να κινηθούν τα εν λόγω ρομπότ γίνεται χρήση μηχανικών ποδιών διαφόρων τύπων. Επίσης, υπάρχουν τα εναέρια ρομπότ. Στην συγκεκριμένη κατηγορία βρίσκονται τα μη επανδρωμένα αεροπλάνα και άλλα ιπτάμενα ρομπότ όπως τα γνωστά σε όλους drone. Τέλος, αξίζουν να αναφερθούν τα υποβρύχια ρομπότ. Τα εν λόγω ρομπότ είναι κατάλληλα για λειτουργίες κάτω από την θάλασσα με την κίνηση τους να επιτυγχάνεται μέσω προπέλας.



Εικόνα 1.6 Υποβρύχιο ρομπότ



Εικόνα 1.7 Ρομπότ με τροχούς



Εικόνα 1.8 Ρομπότ με πόδια



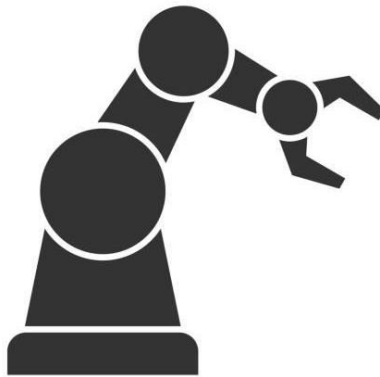
Εικόνα 1.9 Εναέριο ρομπότ

Κεφάλαιο 2^ο

2. ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ

2.1 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ

Ένας ρομποτικός βραχίονας είναι ένας τύπος μηχανικού βραχίονα, συνήθως προγραμματιζόμενος, που μπορεί να επιτελέσει παρόμοιες λειτουργίες με έναν ανθρώπινο βραχίονα. Ο βραχίονας μπορεί να είναι κομμάτι ενός μεγαλύτερου μηχανισμού ή μπορεί να είναι ένας αυτοτελής μηχανισμός που εκτελεί διάφορες εργασίες. Κάθε ρομποτικός βραχίονας, συνήθως, αποτελείται από τη βάση, τις αρθρώσεις, τους συνδέσμους καθώς και το τελικό εργαλείο δράσης. Αναφορικά με την βάση, είναι σταθεροποιημένη στον χώρο εργασίας. Πάνω σε αυτή συνδέονται διαδοχικά οι αρθρώσεις, οι σύνδεσμοι με κατάληξη το τελικό εργαλείο δράσης που αλλιώς ονομάζεται και αποληκτήριο επενεργητής.



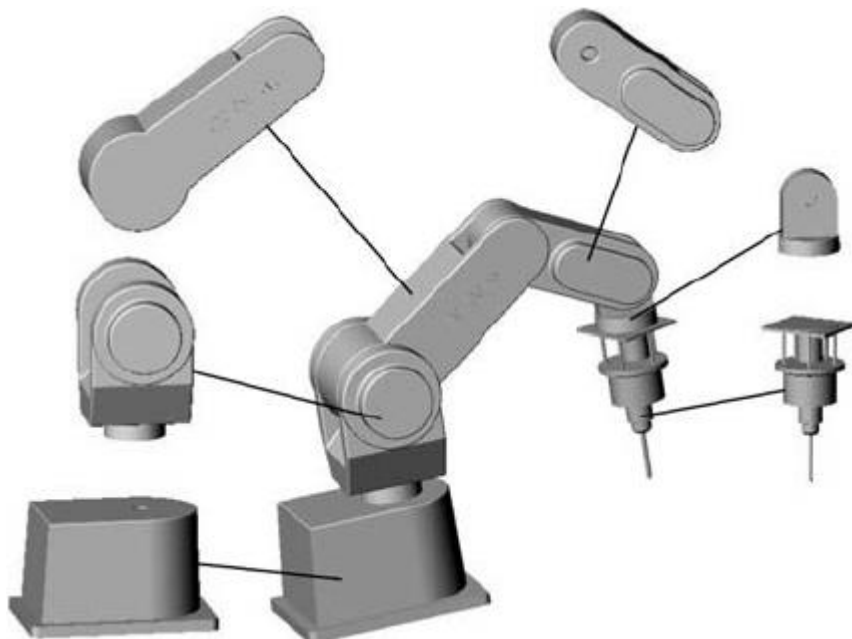
Εικόνα 2.1 Robotic arm

Οι σύνδεσμοι είναι, κατά κάποιον τρόπο, ο «σκελετός» των ρομπότ καθώς είναι τα στερεά σώματα που τον απαρτίζουν. Από την άλλη οι αρθρώσεις είναι οι μηχανισμοί που επιτρέπουν την κίνηση μεταξύ των συνδέσμων. Αντίστοιχα, το εργαλείο τελικής δράσης είναι το εργαλείο εκείνο με το οποίο το ρομπότ εκτελεί τη δοσμένη εργασία. Ανάλογα με την εργασία που καλείται να εκτελέσει ένας ρομποτικός βραχίονας, το

εργαλείο τελικής δράσης έχει την αντίστοιχη μορφή και χρησιμότητα, έτσι προσαρμόζεται πάνω στην εκάστοτε εργασία. Παραδείγματος χάρη μπορεί να είναι αρπάγη, ένας μηχανισμός συγκόλλησης, ένα κατσαβίδι ή ακόμα κι ένας φακός. Επίσης χρήσιμο είναι να γνωρίζουμε πως η αρίθμηση των αρθρώσεων και των συνδέσμων ξεκινάει πάντα από κάτω προς τα πάνω, δηλαδή γίνεται πάντα από τη βάση του βραχίονα προς το εργαλείο τελικής δράσης.

Όλοι οι βραχίονες αποτελούνται από τη βάση, το κορμό και το καρπό του. Όπως προαναφέρθηκε η βάση είναι το μέρος στο οποίο στηρίζεται ο βραχίονας. Πάνω σε αυτή βρίσκουμε τον κορμό ο οποίος αποτελείται από διαδοχικούς συνδέσμους και αρθρώσεις. Με την σειρά του το εργαλείο της τελικής δράσης κινείται με μια ομάδα αρθρώσεων της οποίας το όνομα είναι καρπός. Σημαντικό να γνωρίζουμε πως η κάθε άρθρωση αντιστοιχεί σε έναν βαθμό ελευθερίας. Από αυτό προκύπτει πως ένας βραχίονας ο οποίος έχει n αριθμό αρθρώσεων θα έχει και n βαθμούς ελευθερίας.

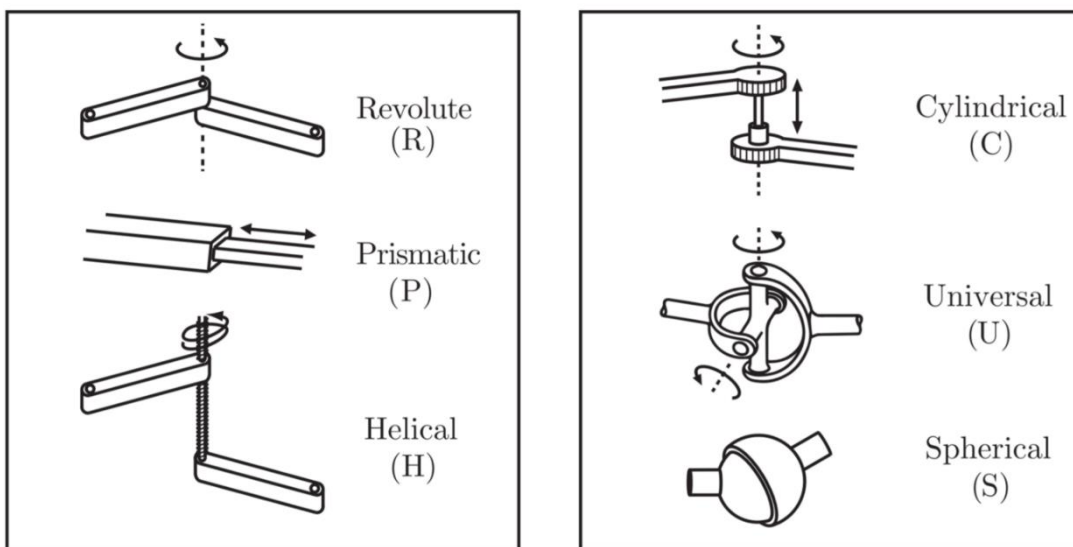
Τέλος να αναφερθεί πως ένας διαθέτει επίσης τους ενεργοποιητές, τους αισθητήρες, το σύστημα επικοινωνίας καθώς και σύστημα αυτόματου ελέγχου. Χάρη στα παραπάνω ο χρήστης μπορεί να προβεί στον προγραμματισμό του ρομπότ και να του δώσει τις κατάλληλες εντολές ούτως ώστε αυτό να εκτελέσει τις απαιτούμενες κινήσεις που θα βοηθήσουν στο να επιτελεστεί μια ενέργεια.



Εικόνα 2.2 Μέρη ρομποτικού βραχίονα

2.1.1. ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ

Δύο σύνδεσμοι ενώνονται μεταξύ τους μέσω των αρθρώσεων. Οι αρθρώσεις με την χρήση των ενεργοποιητών μπορεί να κινήσουν τους εν λόγω συνδέσμους και επομένως και ολόκληρο τον βραχίονα. Στον τρισδιάστατο χώρο, αυτόν που ουσιαστικά αποτελείται δηλαδή από μήκος, πλάτος και ύψος, μπορούν να πραγματοποιηθούν τρεις κινήσεις μεταφορικές και τρεις περιστροφικές μεταξύ δύο σωμάτων. Στην περίπτωση που ένας βραχίονας διαθέτει δύο αρθρώσεις, τότε θα μπορεί να κινηθεί μεταξύ δύο αξόνων τους οποίους θα ορίσουμε ως X,Y για μήκος και πλάτος αντίστοιχα. Στην περίπτωση που έχει τρεις αρθρώσεις, τότε μπορεί να κινηθεί στο χώρο μεταξύ τριών αξόνων αυτών του μήκους, πλάτους και ύψους τους οποίους θα ορίσουμε ως X,Y,Z. Υπάρχουν αρκετά είδη αρθρώσεων όπως οι κυλινδρικές, οι ελεύθερες, οι σφαιρικές και οι αρθρώσεις κύλησης, ωστόσο οι πιο συνηθισμένες και σημαντικές είναι οι στρωφικές και οι πρισματικές ή αλλιώς τηλεσκοπικές. Σε κάθε περίπτωση κάθε κατηγορία προκύπτει βάση της σύνδεσης των βασικών αρθρώσεων.



Εικόνα 2.3 Τα διάφορα είδη των αρθρώσεων

2.1.2. ΒΑΘΜΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ

Σε γενικότερο πλαίσιο, στη φυσική, ως βαθμό ελευθερίας ενός μηχανικού συστήματος ορίζουμε τον αριθμό των ανεξάρτητων παραμέτρων που καθορίζουν τη διαμόρφωση ή την κατάσταση του. Είναι σημαντικό για την ανάλυση συστημάτων σωμάτων στη μηχανολογία, τη δομική μηχανική, την αεροδιαστημική μηχανική και φυσικά την

ρομποτική την οποία και μελετάμε. Ωστόσο έχει σημαντικό ρόλο και άλλους τομείς της επιστήμης.

Όσον αφορά τους ρομποτικούς βραχίονες με τον όρο «βαθμός ελευθερίας» εννοούμε το σύνολο από τις ανεξάρτητες μεταβλητές βάση των οποίων μπορεί να περιγραφεί η θέση των υλικών σημείων του συστήματος. Το σύνολο αυτό οφείλει να είναι γνωστό και ορισμένο για κάθε διάταξη, ούτως ώστε να μπορεί να προσδιοριστεί η εκάστοτε θέση των τμημάτων που την απαρτίζουν, αυτό ισχύει σε όλους τους μηχανισμούς.

Επίσης, είναι χρήσιμο να αναφερθεί πως σε ένα ρομπότ εκτός από τους βαθμούς ελευθερίας μπορούμε να ορίσουμε και τους βαθμούς κινητικότητας. Ως επί το πλείστον το πλήθος των βαθμών κινητικότητας είναι με εκείνο των αρθρώσεων που έχει ένα ρομπότ. Αντίθετα, ανάλογα με την εργασία που καλείται το ρομπότ να φέρει σε πέρας, προκύπτουν οι βαθμοί ελευθερίας. Επομένως, σε κάποιες διεργασίες το πλήθος των βαθμών ελευθερίας μπορεί να είναι διαφορετικό από αυτό των βαθμών κινητικότητας. Φυσικά είναι λογικό να υπάρξουν και κάποιες διεργασίες στις οποίες το πλήθος των βαθμών είναι ίσο μεταξύ τους [5].

2.1.3. ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΩΝ

Η κίνηση του εκάστοτε τμήματος ενός ρομπότ, επιτυγχάνεται μέσω των ενεργοποιητών. Μπορούν να λάβουν από έναν υπολογιστή σαν είσοδο ένα ηλεκτρικό σήμα ούτως ώστε να αρχίσει η λειτουργία. Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος, τα υδραυλικά συστήματα, οι βηματικοί κινητήρες και οι servo κινητήρες είναι τέτοιου τύπου συσκευές. Κάθε μία από τις κατηγορίες των κινητήρων έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Από αυτό συμπεραίνουμε πως για κάθε διεργασία θα πρέπει να χρησιμοποιείται και ο κατάλληλος κινητήρας – ενεργοποιητής.



Εικόνα 2.4 Κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος (ac και dc)



Εικόνα 2.5 Βηματικός κινητήρας



Εικόνα 2.6 Servοκινητήρας



2.1.4. ΧΩΡΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ

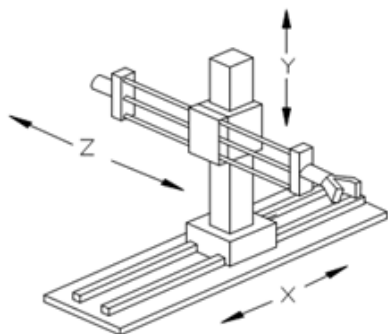
Ο αποληκτήριο επενεργιτής του βραχίονα μπορεί να προσεγγίσει συγκεκριμένα σημεία μέσα στον γεωμετρικό τόπο στον οποίο δρα. Αυτό το σημείο του χώρου ορίζεται ως «χώρος εργασίας». Ανάλογα με το είδος του βραχίονα, άρα και ανάλογα με την εργασία που θέλει να εκτελέσει, αυτός ο χώρος έχει πιθανότητες να είναι μπορεί να είναι ακίνητος ως προς τον βραχίονα.

Τέλος, να σημειωθεί πως υπάρχουν σχεδόν σε κάθε βραχίονα, από μία μονάδα ελεγκτή η οποία μέσω ενός υπολογιστή λαμβάνει δεδομένα του βραχίονα και τα επεξεργάζεται με σκοπό να τα χρησιμοποιεί κατάλληλα ώστε να γίνεται βελτιστοποίηση του. Τέτοια μπορεί να είναι η θέση, η ταχύτητα ή η γωνία μετατόπισης των αρθρώσεων.

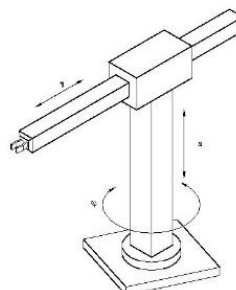
2.2. ΕΙΔΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΩΝ ΒΡΑΧΙΩΝΩΝ

Τα είδη των ρομποτικών βραχιόνων διαχωρίζονται με βασικό γνώμονα το είδος των αρθρώσεων. Έτσι, υπάρχουν πέντε βασικές κατηγορίες:

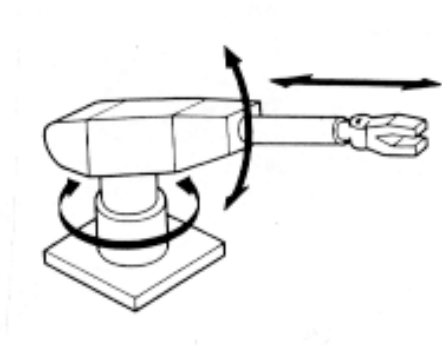
- Καρτεσιανός
- Σφαιρικός
- Κυλινδρικός
- Αρθρωτός
- SCARA



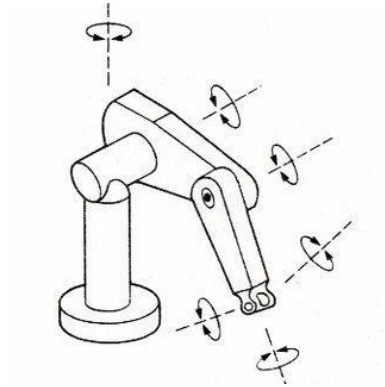
Εικόνα 2.8 Καρτεσιανός Βραχίονας



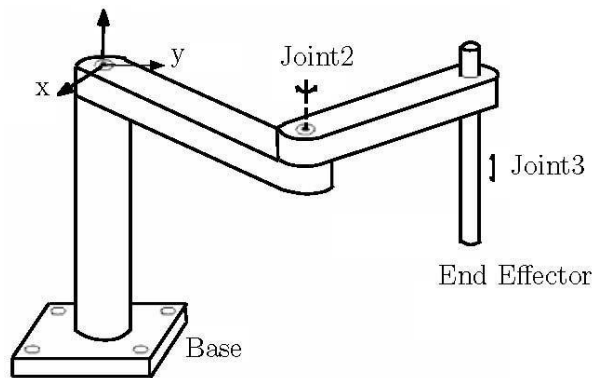
Εικόνα 2.9 Κυλινδρικός Βραχίονας



Εικόνα 2.10 Σφαιρικός Βραχίονας



Εικόνα 2.11 Αρθρωτός Βραχίονας



Εικόνα 2.12 Βραχίονας SCARA

2.2.1 Ο ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ

Ένας βραχίονας καρτεσιανών συντεταγμένων αποτελείται κατ' εξοχήν από τρεις πρισματικές αρθρώσεις. Αυτός ο τύπος ρομποτικού βραχίονα συνήθως είναι δύσκαμπτος αλλά έχει αρκετά μεγάλη ακρίβεια στις κινήσεις που κάνει μέσα στον χώρο εργασίας. Αυτά τον καθιστούν ικανό για διεργασίες που είναι απαραίτητος ο αριθμητικός έλεγχος[6].



Εικόνα 2.13 Βραχίονας Gantry

2.2.2. Ο ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ

Σε έναν κυλινδρικό ρομποτικό βραχίονα, αντίθετα με την πρισματικού τύπου άρθρωση που θα συναντήσει κανείς σε έναν καρτεσιανό ρομποτικό βραχίονα, η άρθρωση έχει στροφική μορφή. Από αυτό συνεπάγεται πως ο βραχίονας κάνει περιστροφική κίνηση γύρω από τον άξονά του, πράγμα το οποίο συνεπάγεται πως οι κινήσεις του είναι σχετικά περιορισμένες [7].

2.2.3. Ο ΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ

Ο συγκεκριμένος τύπος βραχίονα διαθέτει αρθρώσεις που είναι περιστροφικές. Αυτό συμβάλει στο να είναι πιο ευέλικτο ένα των ρομπότ, ενώ παράλληλα η δυσκαμψία που συναντάμε σε έναν καρτεσιανό βραχίονα ή σε ένα κυλινδρικό, μειώνεται. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα σε σχέση με τους προηγούμενους βραχίονες που αναφέρθηκαν, είναι η ταχύτητα κίνησης του άξονα του [8].

2.2.4. Ο ΑΡΘΡΩΤΟΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ

Κάθε αρθρωτός ρομποτικός βραχίονας αποτελείται από στροφικές αρθρώσεις οι οποίες, όπως και οι σύνδεσμοι, τοποθετούνται στη βάση η οποία είναι περιστροφική. Η διάταξη,

συνήθως, μοιάζει με αυτή ενός ανθρώπινου χεριού. Με την αντιστοιχία να αφορά την βάση που είναι ανάλογη με τον ώμο, την αρπάγη που είναι ανάλογη της παλάμης και το ενδιάμεσο σημείο, το οποίο είναι ανάλογο του αγκώνα [9].

2.2.5 Ο ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ SCARA

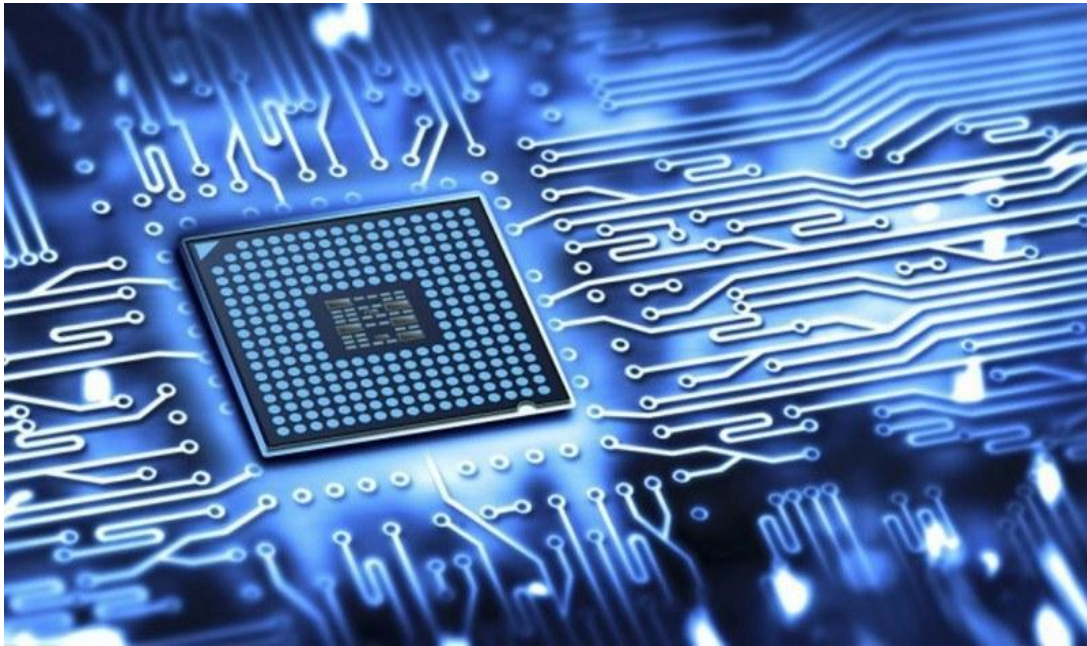
Ο βραχίονας SCARA, του οποίου το όνομα προκύπτει από τα αρχικά των λέξεων Selective Compliance Assembly Robot Arm ή Selective Compliance Articulated Robot Arm, είναι ένας τύπος βιομηχανικού ρομπότ το οποίο αποτελείται από τουλάχιστον δύο αρθρώσεις που διαγράφουν περιστροφή και μία άρθρωση που είναι πρισματική, έτσι που οι άξονες κίνησης είναι παράλληλοι μεταξύ τους. Εξαιτίας της διάταξη της άρθρωσης παράλληλου άξονα του SCARA, ο βραχίονας είναι ελαφρώς συμβατός ως προς την κατεύθυνση X-Y, αλλά άκαμπτος ως προς την κατεύθυνση Z, από αυτό προκύπτει και η ορολογία επιλεκτική συμμόρφωση. Το παραπάνω αποτελεί πλεονεκτικό για αρκετούς τύπους εργασιών συναρμολόγησης, για παράδειγμα, την εισαγωγή ενός στρογγυλού πείρου σε μια στρογγυλή οπή χωρίς δέσιμο.

Κεφάλαιο 3^ο

3. Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ARDUINO

3.1. Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ – ΜΙΚΡΟΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ

Ένας μικροελεγκτής είναι, κατά κάποιον τρόπο, ένας μικρός υπολογιστής σε ένα τσιπ ολοκληρωμένου κυκλώματος VLSI. Μπορεί να έχει στην διάθεσή του μία ή και περισσότερες CPU καθώς και μνήμη, αλλά και περιφερειακά εισόδου και εξόδου που είναι ικανά να προγραμματιστούν. Το τσιπ περιλαμβάνει τη μνήμη προγράμματος με τη μορφή σιδηροηλεκτρικής RAM, NOR flash ή OTP ROM, ενώ διαθέτει και μια μικρή ποσότητα RAM. Οι μικροελεγκτές είναι σχεδιασμένοι για εφαρμογές που είναι ενσωματωμένες, αντίθετα οι μικροεπεξεργαστές έχουν σχεδιαστεί για να χρησιμοποιούνται σε προσωπικούς υπολογιστές ή άλλες εφαρμογές που διαθέτουν διάφορα διακριτά τσιπ. Ένας μικροελεγκτής μοιάζει, αλλά είναι λιγότερο εξελιγμένος από ένα σύστημα σε ένα τσιπ (SoC). Ένα SoC μπορεί να συνδέει τα τσιπ εξωτερικού μικροελεγκτή ως εξαρτήματα της μητρικής πλακέτας, αλλά ένα SoC συνήθως ενσωματώνει τα προηγμένα περιφερειακά όπως η μονάδα επεξεργασίας γραφικών και ο ελεγκτής διασύνδεσης Wi-Fi ως τα εσωτερικά κυκλώματα της μονάδας μικροελεγκτή. Οι μικροελεγκτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτόματα ελεγχόμενα προϊόντα και συσκευές, όπως για παράδειγμα συστήματα ελέγχου κινητήρα αυτοκινήτων, εμφυτεύσιμες ιατρικές συσκευές ή και τηλεχειριστήρια. Έχοντας μειωμένο μέγεθος και κόστος συγκριτικά με ένα σχέδιο που κάνει χρήση ξεχωριστού μικροεπεξεργαστή, μνήμης, αλλά και συσκευών εισόδου/εξόδου, οι μικροελεγκτές μετατρέπουν τον ψηφιακό έλεγχο οικονομικό. Στο πλαίσιο του Διαδικτύου των πραγμάτων, οι μικροελεγκτές αποτελούν ένα από τα πιο οικονομικά και δημοφιλή μέσα για την συλλογή δεδομένων, ανίχνευση και ενεργοποίηση του φυσικού κόσμου ως συσκευές αιχμής. Κάποιοι μικροελεγκτές έχουν τη δυνατότητα να κάνουν χρήση λέξεων τεσσάρων bit. Για την χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας επίσης, μπορούν λειτουργήσουν σε συχνότητες τόσο χαμηλές όσο 4 kHz.



Εικόνα 3.1 Μικροελεγκτής

Ένας μικροελεγκτής είναι διαφορετικός από έναν μικροεπεξεργαστή στον οποίο έχει δοθεί έμφαση στην υπολογιστική ισχύ. Ένας μικροεπεξεργαστής, εφόσον συνδεθεί με τις κατάλληλες εξωτερικές συσκευές, θα μπορεί να πραγματοποιήσει και να εκτελέσει πληθώρα ενεργειών και εργασιών. Αντίθετα, ένας μικροελεγκτής έχει σχεδιαστεί ώστε να μπορεί να εκτελέσει πιο εξειδικευμένες εργασίες. Επίσης, λόγω του ότι η υπολογιστική του ισχύ είναι μικρότερη, έχει πολύ μικρότερες δυνατότητες συνεργασίας με τα εξωτερικά περιφερειακά συστήματα. Στον σχεδιασμό ενός μικροελεγκτή δίνεται περισσότερη έμφαση στο να απαιτούν πολύ μικρότερο αριθμό ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για τη λειτουργία μιας συσκευής.

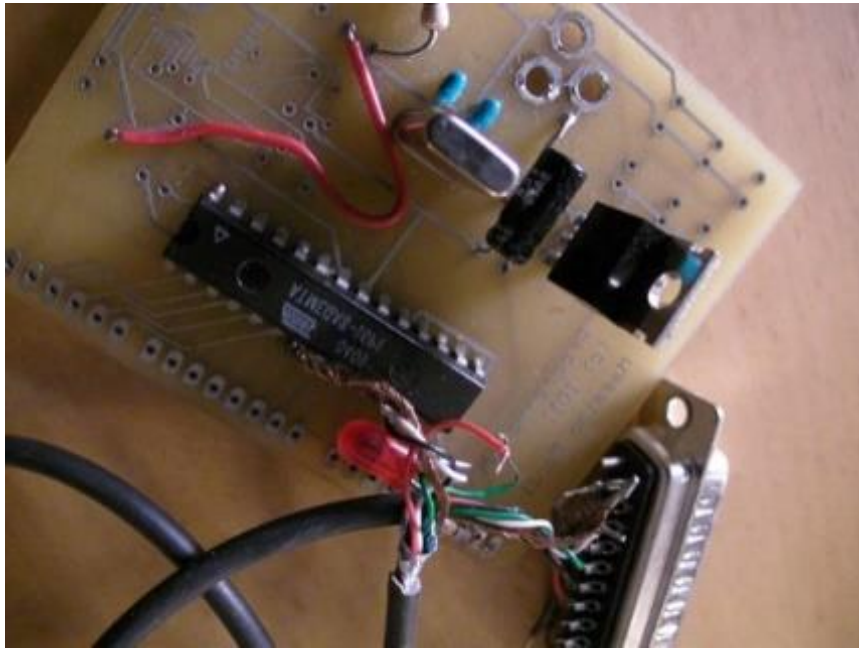
3.2. Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ARDUINO

Το Arduino είναι μια πλατφόρμα «ανοικτού κώδικα», με την ιδιότητα να προτυποποιεί ηλεκτρονικές συσκευές. Στηρίζεται κυρίως, στο ευέλικτο και εύκολο στη χρήση hardware αλλά και software. Προορίζεται, κυρίως για άτομα που διαθέτουν μικρή εμπειρία στον προγραμματισμό. Ένας επιπλέον σκοπός είναι η δημιουργία διαδραστικών αντικειμένων

ή περιβαλλόντων. Ουσιαστικά, είναι ένα κύκλωμα που έχει ως βάση τον μικροελεγκτή ATmega της Atmel. Όλα του τα σχέδια, όπως και το software που απαιτείται για να λειτουργήσει, μπορούν να διανεμηθούν ελεύθερα ώστε να μπορεί να κατασκευαστεί και να χρησιμοποιηθεί με ευκολία από τον καθένα. Μετά την κατασκευή του, είναι ικανός να λειτουργήσει σαν ένας μικροσκοπικός υπολογιστής, αφού πάνω του μπορούν να συνδεθούν πολλαπλές μονάδες εισόδου - εξόδου και να προγραμματιστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να δέχεται από τις μονάδες εισόδου κατάλληλες εντολές, να τις επεξεργάζεται και στην συνέχεια να τις στέλνει στις μονάδες εξόδου. Αποτελεί μια διακλάδωση της πλατφόρμας wiring η οποία προορίζεται για λογισμικό ανοικτού κώδικα και ο προγραμματισμός μπορεί να γίνει με την χρήση μιας γλώσσας βασισμένης στο Wiring, η οποία μοιάζει με την C++ αν κι έχει αρκετές αλλαγές.



Εικόνα 3.2 Arduino



Εικόνα 3.3 Το πρώτο Arduino

3.2.1. ΟΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ARDUINO

Παρά τα μόλις 7x5 cm, οι δυνατότητες του Arduino είναι πολλές. Όπως έγινε και σε αυτή την εργασία, μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε σε εφαρμογές που αφορούν την ρομποτική, αλλά και γενικότερα σε διάφορες εφαρμογές με θέμα τους αυτοματισμούς. Επίσης, μπορεί να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ ενός Arduino κι ενός υπολογιστή, αμφίδρομα και σειριακά, με την χρήση διαφόρων γλωσσών προγραμματισμού, όπως είναι για παράδειγμα η Java ή η Python. Μπορεί ακόμα να αναπαραχθεί ήχος, όπως επίσης μπορεί να επιτευχθεί και η αντίληψή του. Μέχρι αυτή την περίοδο το Arduino μπορεί να διατεθεί σε τουλάχιστον 12 βασικές παραλλαγές, όπου η κάθε μία αναφέρεται σε μία διαφορετική χρήση, πάντα ανάλογα με το τι ανάγκες έχει η κάθε εφαρμογή.

3.3. ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ARDUINO

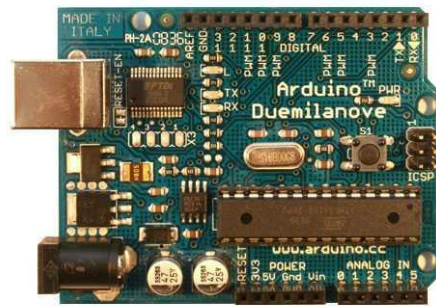
3.3.1. ΜΟΝΤΕΛΑ ARDUINO

Υπάρχουν ποίκιλα και διαφορετικά μοντέλα μικροελεγκτών Arduino. Οι περισσότερες διαφορές απαντώνται στους ακροδέκτες, τα γνωστά pins, που έχουν στην τάση εισόδου

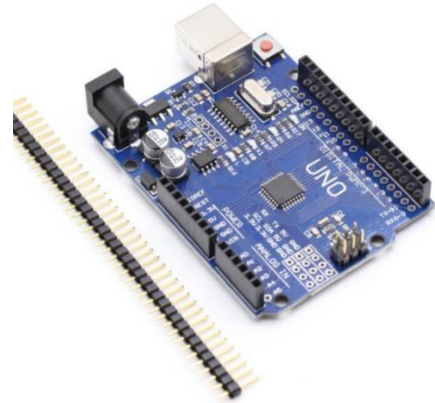
και εξόδου. Μία ακόμα από τις διαφορές, αφορά τα χαρακτηριστικά των συστημάτων που υλοποιούν, για παράδειγμα το Arduino Mega συνήθως τίθεται σε χρήση για τα συστήματα βιομηχανίας. Από την άλλη το Arduino Uno χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο, για συστήματα έρευνας ή για ερασιτεχνικά project.

Η δημοφιλέστερη έκδοση του Arduino, κυρίως λόγω του μεγέθους, της τιμής, αλλά και της συνδεσιμότητας της είναι η Duemilanove/UNO. Έπειτα, υπάρχει μια μικρότερη έκδοση του Arduino γνωστή και ως Nano. Αυτή μπορεί να συνδεθεί στους υπολογιστές με την χρήση καλωδίου mini USB B. Υπάρχει επίσης, ο ελεγκτής Arduino BT, που έχει ενσωματωμένη μια Bluetooth πλακέτα, μέσω αυτής επιτυγχάνεται η ασύρματη επικοινωνία καθώς και ο προγραμματισμός από έναν υπολογιστή. Μια σχετικά ασυνήθιστη έκδοση είναι η LilyPad. Η έκδοση αυτή έχει σχεδιαστεί, ούτως ώστε να χρησιμοποιείται σε έργα κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και φορητών συσκευών. Η κύρια πλακέτα του LilyPad Arduino βασίζεται στο ATmega168V ή στο ATmega328V και σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε από τη Leah Buechley και την SparkFun Electronics.

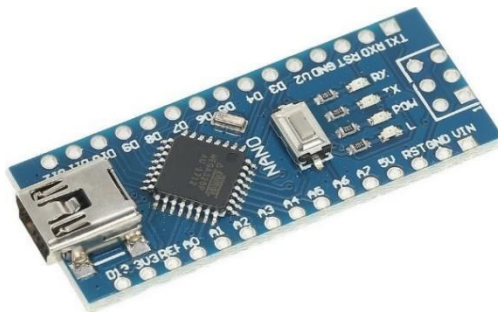
Οι πιο έμπειροι χρήστες που έχουν ως σκοπό να χρησιμοποιούν μια πλακέτα κάπου μόνιμα χρησιμοποιούν την Pro. Η τιμή της είναι χαμηλότερη από την UNO και μπορεί να συνδεθεί με μπαταρίες, ωστόσο είναι απαραίτητες κάποιες επιπλέον ηλεκτρονικές διατάξεις για την σωστή χρήση της. Εκτός βέβαια από την Pro υπάρχει και η Pro-mini, που όπως και η προηγούμενη έκδοση, έτσι και αυτή είναι σχεδιασμένη για πιο έμπειρους χρήστες, ωστόσο ο χώρος που καταλαμβάνει είναι μικρότερος. Το επόμενο μοντέλο, το οποίο αποτελεί την βασική έκδοση Arduino είναι το Serial. Το πρωτόκολλο RS232 χρησιμοποιείται από το Serial ούτως ώστε να επιτευχθεί η επικοινωνία και ο προγραμματισμός του. Χαρακτηριστικό πλεονέκτημα αυτής είναι ότι μπορεί με ευκολία να κατασκευαστεί από έναν χρήστη. Υπάρχει και η πλακέτα Serial Single Sided η οποία έχει σχεδιαστεί με σκοπό να μπορεί να κατασκευαστεί στο χέρι. Έχει μεγαλύτερο μέγεθος από τα άλλα μοντέλα. Τέλος, υπάρχει η πλακέτα Mega, το οποίο, ακριβώς όπως και το Duemilanove, μπορεί να συνδεθεί με USB. Οι διαφορές τους βρίσκονται στο ότι η μνήμη του μικροελεγκτή είναι μεγαλύτερη, ενώ παράλληλα έχει ενσωματωμένες περισσότερες θύρες εισόδου/εξόδου.



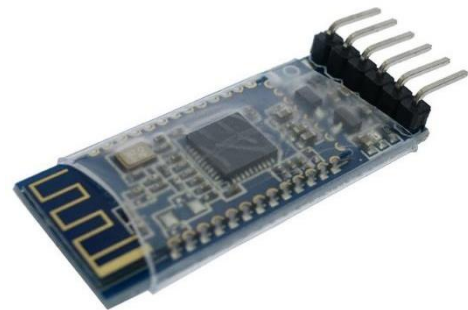
*Εικόνα 3.4
Duemilanove*



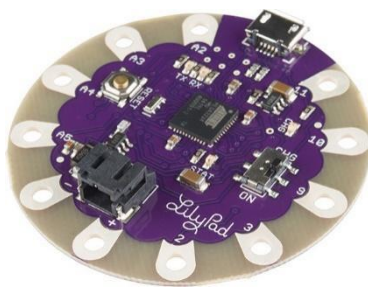
*Εικόνα 3.5 Arduino
Uno*



*Εικόνα 3.6 Arduino
Nano*



*Εικόνα 3.7 Bluetooth
module for Arduino*



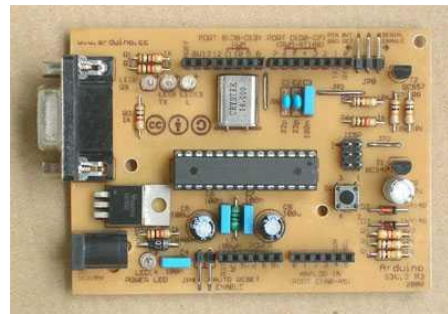
*Εικόνα 3.8 Arduino
Lilypad*



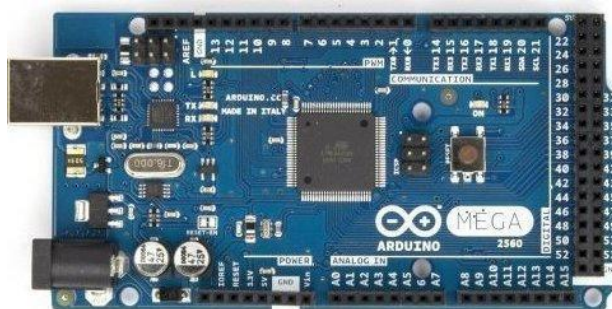
Εικόνα 3.9 Arduino Pro



Εικόνα 3.10 Arduino Pro – mini



Εικόνα 3.11 Arduino Serial Single Sided



Εικόνα 3.12 Arduino Serial Single Sided

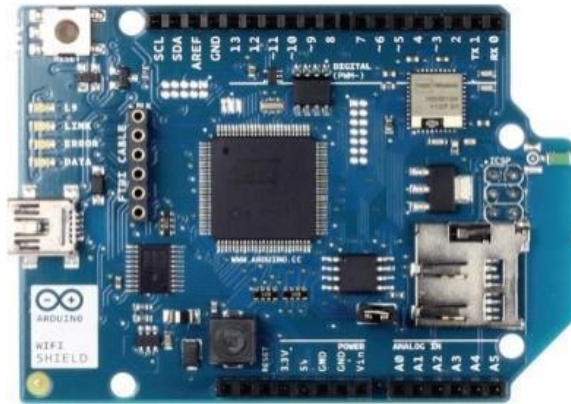
3.3.2 SHIELDS

Πέρα όμως την μεγάλη ποικιλία σε πλακέτες Arduino, συναντάμε και μια αρκετά μεγάλη ποικιλία από πλακέτες οι οποίες μπορούν να ενσωματωθούν με την εκάστοτε πλακέτα Arduino. Ως βασικό σκοπό η δημιουργία αυτών των επιπλέον πλακετών έχει την ενίσχυση των δυνατοτήτων των Arduino για την επίτευξη διαφόρων εργασιών. Μερικά από τα είδη των shields θα τα δούμε παρακάτω.

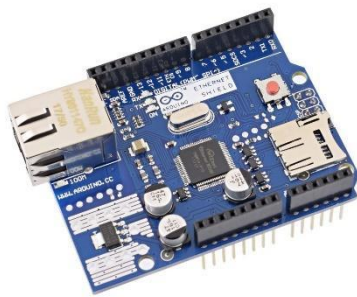
Πρώτο και αρκετά σημαντικό είναι το Arduino WiFi Shield, το οποίο έχει την δυνατότητα να συνδέσει το Arduino στο διαδίκτυο ασύρματα. Φυσικά πέρα από αυτό υπάρχει και το Ethernet Shield, με το οποίο επιτυγχάνεται η σύνδεση στο διαδίκτυο, μέσω καλωδίωσης.

Αρκετά σημαντικά, επίσης είναι τα Wireless SD Shield και Wireless Proto Shields. Με την χρήση και των δύο επιτυγχάνεται η επικοινωνία του Arduino με μια ασύρματη μονάδα. Με την χρήση τους η μονάδα εντός εσωτερικών χώρων μπορεί να επικοινωνήσει μέχρι και τα 100 πόδια, ενώ σε εξωτερικούς χώρους μέχρι και 300. Η μόνη ουσιαστική διαφορά τους είναι πως το SD Shield περιλαμβάνει μία θύρα υποδοχής SD ενώ το Proto Shield δε περιλαμβάνει καμία θύρα υποδοχής.

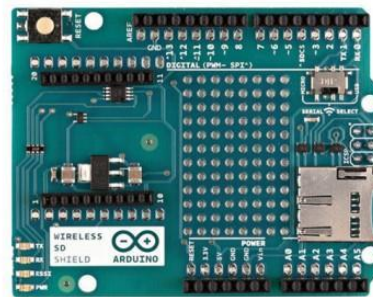
Τέλος, μία εξίσου σημαντική κατηγορία είναι το Arduino Motor Shield. Με την χρήση του μπορεί να επιτευχθεί η οδήγηση δύο DC κινητήρων, από την ίδια συσκευή, έχοντας τον έλεγχο της ταχύτητας, αλλά και της κατεύθυνσης του καθενός ξεχωριστά.



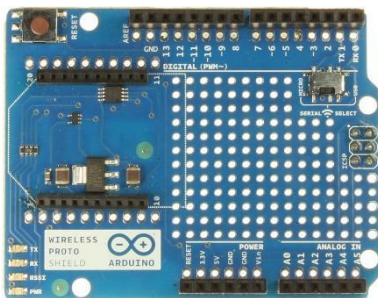
Εικόνα 3.13 Arduino WIFI Shield



Εικόνα 3.14 Arduino Ethernet Shield



Εικόνα 3.15 Arduino SD Shield



Εικόνα 3.16 Arduino Proto Shield



Εικόνα 3.17 Arduino Motor Shield

3.3.3. ΓΛΙΚΟ ΤΟΥ ARDUINO UNO

Το Arduino Uno έχει ως βάση έναν μικροελεγκτή των 8-bit RISC, τον ATmega328, ο οποίος έχει την δυνατότητα να χρονίσει στα 16MHz. Διαθέτει ενσωματωμένη μνήμη

τριών τύπων. Ο πρώτος είναι η 2Kb μνήμης SRAM, η οποία είναι η ωφέλιμη μνήμη που τα προγράμματα θα χρησιμοποιήσουν για να αποθηκεύσουν στοιχεία όπως είναι οι μεταβλητές ή οι πίνακες. Αν σταματήσει η παροχή ρεύματος ή γίνει κάποιο reset η συγκεκριμένη μνήμη δεν θα διατηρήσει τα δεδομένα που έχουν αποθηκευτεί σε αυτή.

Ο επόμενος τύπος ενσωματωμένης μνήμης είναι η 1Kb μνήμης EEPROM. Η συγκεκριμένη έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί για εγγραφή αλλά και ανάγνωση δεδομένων ανά byte. Αντίθετα με την SRAM, η EEPROM, σε περίπτωση που γίνει διακοπή του ρεύματος ή κάποιο reset, δεν χάνει τα περιεχόμενά της. Αυτό κάνει πολλούς να την παραλληλίζουν με τον σκληρό δίσκο σε έναν υπολογιστή.

Τέλος υπάρχει και η 32Kb μνήμης Flash. Σε αυτόν τον τύπο μνήμης από τα οποία τα 2Kb καταλαμβάνονται από το firmware, που έχει εγκατασταθεί ήδη από τον κατασκευαστή του. Το συγκεκριμένο firmware, το οποίο ονομάζεται και bootloader, είναι βασικό κομμάτι για την εγκατάσταση των προγραμμάτων στον μικροελεγκτή μέσω της θύρας USB. Το υπόλοιπο της μνήμης της μνήμης Flash υπάρχει ώστε να μπορούν να αποθηκευτούν ακριβώς αυτά τα προγράμματα, αφού πρώτα περάσουν από μεταγλώττιση από τον υπολογιστή. Η μνήμη Flash, έχει την δυνατότητα να μην χάσει το περιεχόμενό της με την διακοπή του ρεύματος ή με reset.

Επιπλέον η πλακέτα Arduino διαθέτει τουλάχιστον 14 ψηφιακές I/O θύρες, που είναι γνωστές ως εισόδου και εξόδου. Ανάλογα με το πρόγραμμα που θα φορτωθεί στον μικροελεγκτή, από τον χρήστη, οι εν λόγω θύρες μπορούν να αποκτήσουν την ιδιότητα εισόδων ή εξόδων ψηφιακών σημάτων. Επίσης, οι ψηφιακές θύρες 3, 5, 6, 9, 10 και 11 έχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν και ως ψευδοαναλογικές θύρες εξόδου με το σύστημα PWM (Pulse Width Modulation).

Τώρα, όσον αφορά τις θύρες 0 και 1 η χρήση τους περιλαμβάνει επίσης τη λήψη (RX) και την μετάδοση (TX) TTL σειριακών δεδομένων. Έτσι, όταν το πρόγραμμα αποστέλλει δεδομένα σειριακά, αυτά θα προωθηθούν στην θύρα USB μέσω του ελεγκτή Serial-Over-USB, όπως επίσης και στο pin 0, με σκοπό να τα διαβάσει ενδεχομένως, κάποια άλλη συσκευή, για παράδειγμα, ένα δεύτερο arduino. Δηλαδή, αν στο πρόγραμμα λειτουργήσει η σειριακή διεπαφή, θα καταλείψει δύο ψηφιακές θύρες εισόδου/εξόδου.

Με την σειρά τους οι θύρες 2 και 3 λειτουργούν κι ως εξωτερικά interrupt. Υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης μέσα από το πρόγραμμα, να λειτουργήσουν ως 14 ψηφιακές εισοδοί. Αυτό σημαίνει ότι, αν συμβούν αλλαγές τάσης, θα εκτελεστεί μία συγκεκριμένη

συνάρτηση, ενώ η κανονική ροή του προγράμματος θα σταματήσει.



Εικόνα 3.18 Ψηφιακοί ακροδέκτες Arduino Uno

Διαθέτει ακόμα, 6 θύρες εισόδου που είναι αναλογικές κι έχουν αρίθμηση από το 0 έως το 5. Οι καθεμία από αυτές τις θύρες μπορεί να λειτουργήσει ως αναλογική είσοδος με την χρήση του Analog to Digital Converter ή πιο απλά ADC.



Εικόνα 3.19 Αναλογικοί ακροδέκτες Arduino Uno

Δίπλα από τις παραπάνω θύρες αναλογικής εισόδου, υπάρχει μία ακόμα σειρά από 6 ακροδέκτες, που φέρουν τη σήμανση POWER. Η λειτουργία του κάθε ακροδέκτη είναι ξεχωριστή. Τον πρώτο, που αναγράφεται ως RESET, αν τον γειώσουμε με οποιοδήποτε από τους 3 ακροδέκτες με την ένδειξη GND που βρίσκονται στο Arduino, θα επανεκκινήσει το Arduino. Εκείνο με την ένδειξη 3.3V, έχει τη δυνατότητα να τροφοδοτεί διατάξεις, συσκευές ή ακόμα και αισθητήρες με τάση ίση με την ένδειξη που φέρει. Αυτή η τάση δεν πηγάζει από κάποια εξωτερική τροφοδοσία, αντιθέτως την παράγει ο ελεγκτής Serial-over-USB. Αυτό σημαίνει πως η μέγιστη ένταση που μπορεί να παρέχει είναι μόλις 50mA. Όσον αφορά την τρίτη θύρα, η οποία είναι αυτή που έχει ένδειξη 5V, μπορεί κι αυτή να τεθεί σε χρήση για να τροφοδοτηθούν διάφορα εξαρτήματα, συσκευές ή αισθητήρες. Αναλογικά πάντα και με τον τρόπο που τροφοδοτείται το Arduino, η τάση μπορεί προέλθει είτε άμεσα από την θύρα USB, που έτσι κι αλλιώς παράγει τάση 5V, είτε από την εξωτερική τροφοδοσία αφού ρυθμιστεί κατάλληλα για να

σταθεροποιηθεί στα 5V. Οι, αμέσως, επόμενοι ακροδέκτες είναι οι γειώσεις και φέρουν την ένδειξη GND. Ο τελευταίος ακροδέκτης, ο έκτος κατά σειρά, έχει την ένδειξη Vin και μπορεί να εκτελέσει διπλό ρόλο. Συνδυαστικά με τον ακροδέκτη της γείωσης που βρίσκεται δίπλα του, μπορεί να συμβάλει ως μία μέθοδος εξωτερικής τροφοδοσίας του Arduino, αυτό βέβαια συμβαίνει στην περίπτωση που δεν μπορεί να γίνει χρήση της υποδοχής του φισ των 2.1mm. Σε αντίθετη περίπτωση όμως, αν δηλαδή υπάρχει συνδεδεμένη κάποια άλλη εξωτερική τροφοδοσία μέσω του φισ, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε να τροφοδοτήσει εξαρτήματα και συσκευές με την πλήρη τάση της εξωτερικής τροφοδοσίας, πριν αυτή περάσει από τον ρυθμιστή τάσης.



Εικόνα 3.20 Είσοδοι και έξοδοι τροφοδοσίας

Το εκάστοτε sketch φορτώνεται μέσω της USB θύρας, η οποία βρίσκεται πάνω στο Arduino. Οι πληροφορίες, οι οποίες προέρχονται από την USB θύρα του υπολογιστή και τις έχει δώσει ο προγραμματιστής, θα εισέρθουν στην USB θύρα και εν συνεχεία θα οδηγηθούν στο FDTI. Εκεί διαμορφώνονται σε μία κατάλληλη μορφή, με σκοπό ο μικροελεγκτής να μπορέσει να τις επεξεργαστεί και να τις διαβάσει. Πάνω στο Arduino υπάρχει ένας διακόπτης, micro-switch και 4 smd LED επιφανειακής στήριξης. Τα δύο LED με τις σημάνσεις TX και RX, χρησιμοποιούνται ως ενδείξεις λειτουργίας της σειριακής διεπαφής. Όταν το Arduino λάβει ή στείλει δεδομένα, τότε ανάβουν. Τέλος, το LED με τη σήμανση L έχει ως βασική λειτουργία έναν δοκιμαστικό σκοπό. Μπορεί να ενσωματωθεί ένα LED στην πλακέτα το συνδέεται στην ψηφιακή θύρα 13. Έτσι, ακόμα και αν δεν συνδεθεί τίποτα πάνω στο φυσικό ακροδέκτη 13, αν του αναθέσουμε την τιμή HIGH μέσα από το πρόγραμμα, θα ανάψει το ενσωματωμένο LED L.

3.4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ARDUINO

3.4.1 ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ARDUINO IDE

Η γλώσσα προγραμματισμού του Arduino έχει βάση αυτή της Wiring, η οποία είναι η C και C++ παραλλαγμένες, ώστε να ταιριάζει στους κατάλληλους μικροελεγκτές. Έχει ως βάση όλες τις δομές και τις βασικές αρχές της C καθώς και αρκετά από τα χαρακτηριστικά της C++. Χρησιμοποιεί το AVR gcc για compiler και διαθέτει ως την AVR libc ως βασική βιβλιοθήκη της C.

Επειδή η γλώσσα του Arduino πηγάζει από την C, μπορεί να γίνει χρήση των ίδιων βασικών εντολών και συναρτήσεων καθώς και της ίδιας σύνταξης, αλλά και των ίδιων τύπων δεδομένων και τελεστών. Ωστόσο, υπάρχουν και κάποιες συγκεκριμένες εντολές, συναρτήσεις και σταθερές που έχουν την δυνατότητα να βοηθούν στην διαχείριση του hardware του Arduino.

Τέτοια είναι τα ορίσματα LOW, HIGH, INPUT και OUTPUT που είναι ακέραιες σταθερές. Δεν διαθέτει καμία τους κάποια συγκεκριμένη παράμετρο. Επίσης LOW και INPUT έχουν την τιμή 0 και είναι αντίστοιχες του λογικού false. Αντίθετα, η HIGH και OUTPUT έχουν τιμή 1 και είναι αντίστοιχες του λογικού true. Ακόμα, υπάρχουν οι εντολές pinMode, digitalWrite, analogReference, analogWrite, delay, attachInterrupt, detachInterrupt, noInterrupts, interrupts. Όσον αφορά την πρώτη από τις εντολές που αναφέρθηκαν έχει ως παραμέτρους pin και mode και μπορεί να καθορίσει αν το εν λόγω ψηφιακό pin θα είναι εισόδου ή εξόδου ανάλογα με την τιμή που θα πάρει στην παράμετρο mode (INPUT ή OUTPUT αντίστοιχα). Στην εντολή digitalWrite υπάρχουν οι παράμετροι pin και pinstatus και μπορεί να θέσει την κατάσταση pinstatus (HIGH ή LOW) στο συγκεκριμένο ψηφιακό pin. Η analogReference δέχεται τις τιμές DEFAULT, INTERNAL ή EXTERNAL στην παράμετρο type ώστε να μπορέσει να καθορίσει την τάση αναφοράς των αναλογικών εισόδων. Η αμέσως επόμενη εντολή, έχει τη δυνατότητα να θέσει ένα ψηφιακό pin σε κατάσταση ψευδοαναλογικής εξόδου. Με την παράμετρο value καθορίζει το πλάτος του παλμού σε σχέση με την περίοδο του παραγόμενου σήματος στην κλίμακα από 0 ως 255. Με την εντολή delay, μπορεί να σταματήσει προσωρινά η ροή του προγράμματος. Η παράμετρος time είναι unsigned long και κυμαίνεται από 0 ως 2^{32} . Με την χρήση της εντολής attachInterrupt μπορεί κανείς να θέσει σε λειτουργία ένα συγκεκριμένο interrupt, το οποίο λαμβάνει ως παράμετρο, ώστε να μπορέσει να ενεργοποιήσει την συνάρτηση function. Όταν ικανοποιείται η συνθήκη

που ορίζεται από την παράμετρο `triggermode`, τότε ενεργοποιείται η κατάσταση του `pin` που αντιστοιχεί στο ανάλογο `interrupt`. Θα μετατραπεί σε `LOW` όταν η κατάσταση που `pin` που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο `interrupt` μετατραπεί σε `LOW`. Έπειτα θα γίνει `RISING` όταν από `LOW` γίνει `HIGH`, `FALLING` όταν από `HIGH` γίνει `LOW` και `CHANGE` όταν αλλάξει γενικότερα. Η εντολή `detachInterrupt` έχει την δυνατότητα να απενεργοποιήσει το συγκεκριμένο `interrupt`, ενώ η `noInterrupts` μπορεί να σταματήσει προσωρινά την λειτουργία όλων των `interrupt`. Στον αντίποδα η εντολή `interrupts` έχει την δυνατότητα να επαναφέρει την λειτουργία των `interrupt` που διακόπηκε προσωρινά από μια εντολή `noInterrupts`.

Εκτός από τις εντολές και τις σταθερές, υπάρχουν και οι συναρτήσεις `digitalRead`, `analogRead` και `millis`. Οι δύο πρώτες είναι ακέραιες με την πρώτη να έχει σαν λειτουργία να επιστρέφει την κατάσταση ενός συγκεκριμένου ψηφιακού `pin`, 0 για `LOW` και 1 για `HIGH`. Η `analogRead`, με την σειρά της, μπορεί να επιστρέψει έναν ακέραιο από 0 έως 1023, ανάλογα πάντα με την τάση με την οποία τροφοδοτείται το συγκεκριμένο `pin` αναλογικής εισόδου στην κλίμακα 0 ως V_{ref} . Η συνάρτηση `millis` είναι κατά κάποιον τρόπο, μετρητής που μπορεί να επιστρέψει το χρονικό διάστημα σε `ms` από την στιγμή που άρχισε η εκτέλεση ενός προγράμματος. Καλό να λάβει κανείς υπόψη πως λόγω του τύπου της μεταβλητής, `unsigned long`, θα γίνει `overflow` σε $2^{32}ms$, δηλαδή περίπου σε 50 μέρες, τότε ο μετρητής θα ξεκινήσει ξανά από το μηδέν.

Τέλος υπάρχουν και οι μέθοδοι κλάσης, που είναι `Serial.begin` και `Serial.println`. Η πρώτη λαμβάνει σαν παράμετρο το `datarate` και έχει την δυνατότητα να θέσει τον ρυθμό μεταφοράς δεδομένων του σειριακού `interface`. Η δεύτερη λαμβάνει ως παράμετρο το `data`, η οποία μπορεί να έχει την μορφή αριθμού ή αλφαριθμητικού, και μπορεί να διοχετεύσει τα δεδομένα, για αποστολή με το σειριακό `interface`.







Η βασική δομή είναι η παρακάτω:

```
// Ενσωματώσεις βιβλιοθηκών, δηλώσεις μεταβλητών...

void setup()
{
  // ...
}

void loop()
{
  // ...
```

Η βασική ρουτίνα `setup()` θα κληθεί μια φορά, στην αρχή του sketch ή όταν γίνει επαναφορά (reset). Σε αυτήν γίνονται οι αρχικοποιήσεις των μεταβλητών, η ρύθμιση της κατάστασης των ακροδεκτών (pins), αλλά και η προετοιμασία των βιβλιοθηκών που θα χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση του προγράμματος. Στον αντίποδα, η συνάρτηση `loop()` καλείται ξανά και ξανά δίνοντας την δυνατότητα στο πρόγραμμα να μπορεί να ανταποκρίνεται σε εξωτερικά ερεθίσματα. Πρέπει και οι δυο συναρτήσεις να συμπεριληφθούν στο sketch, ακόμα και αν είναι εντελώς κενές. Το περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι μια πολυπλατφορμική εφαρμογή γραμμένη σε Java και βασίζεται στο περιβάλλον της γλώσσας προγραμματισμού Processing. Βασικές λειτουργίες του IDE:

-  Verify/Compile (Έλεγχος/Μεταγλώττιση): Έλεγχος για λάθη στον κώδικα
-  Upload: Ανέβασμα του κώδικα στον μικροελεγκτή
-  New(Νέο): Δημιουργεί ένα νέο sketch
-  Open(Ανοιγμα): Παρουσιάζει ένα μενού με όλα τα sketch, κάνοντας κλικ σε ένα από αυτά θα ανοίξει μέσα στο τρέχον παράθυρο
-  Save(Αποθήκευση): Αποθηκεύει το sketch
-  Serial Monitor(Σειριακή οθόνη): Ανοίγει την σειριακή οθόνη ώστε να μπορούμε να δώσουμε δεδομένα από το πληκτρολόγιο

Εικόνα 3.21 Βασικές λειτουργίες του IDE

3.4.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Μερικές από τις βασικότερες δομές ελέγχου ροής είναι:

- if (δομή ελέγχου μίας συνθήκης)
- if ... else (δομή ελέγχου πολλαπλών συνθηκών)
- for (δομή επαναληπτικού ελέγχου συνθήκης)
- while (δομή επαναληπτικού ελέγχου συνθήκης)
- do ... while (δομή επαναληπτικού ελέγχου συνθήκης)
- switch ... case (δομή ελέγχου περιπτώσεων)
- break (εντολή διακοπής μιας επαναληπτικής δομής)
- continue (εντολή παράλειψης της τρέχουσας επανάληψης)
- return (εντολή επιστροφής από μία συνάρτηση)
- goto (εντολή μετάβασης σε κάποιο σημείο του κώδικα)

Οι σημαντικοί αριθμητικοί τελεστές:

- = (τελεστής εκχώρησης)
- + (τελεστής πρόσθεσης)
- (τελεστής αφαίρεσης)
- * (τελεστής πολλαπλασιασμού)
- / (τελεστής διαίρεσης)
- % (τελεστής υπόλοιπου ακεραίας διαίρεσης)

Ακολουθούν οι λογικοί και οι δυαδικοί τελεστές:

- && (λογική σύζευξη)
- || (λογική διάζευξη)
- ! (λογική άρνηση)
- & (δυαδική σύζευξη)
- | (δυαδική διάζευξη)
- ^ (δυαδική αποκλειστική διάζευξη)
- ~ (δυαδική άρνηση)
- << (δυαδική αριστερή ολίσθηση)

>> (δυναδική δεξιά ολίσθηση)

Οι τελεστές αύξησης και μείωσης καθώς και οι σύνθετοι τελεστές:

++ (αύξηση κατά μία ακέραιη μονάδα)

-- (μείωση κατά μία ακέραιη μονάδα)

+=, -=, *=, /=, %= (σύνθετοι αριθμητικοί τελεστές)

&=, |=, ^=, ~=, <<=, >>= (σύνθετοι δυναδικοί τελεστές)

Οι τελεστές σύγκρισης:

== (ισότητα)

!= (ανισότητα)

< (μικρότερο)

> (μεγαλύτερο)

<= (μικρότερο ή ίσο)

>= (μεγαλύτερο ή ίσο)

Οι τελεστές δεικτών:

* (τελεστής απόκτησης περιεχομένου)

& (τελεστής απόκτησης διεύθυνσης)

Οι σταθερές:

HIGH (τιμή υψηλής στάθμης για μία επαφή εισόδου ή εξόδου)

LOW (τιμή χαμηλής στάθμης για μία επαφή εισόδου ή εξόδου)

false (λογικό επίπεδο ψεύδους σε μία συνθήκη)

true (λογικό επίπεδο αλήθειας σε μία συνθήκη)

INPUT (χρησιμοποιείται για τον ορισμό μίας επαφής ως είσοδο)

OUTPUT (χρησιμοποιείται για τον ορισμό μίας επαφής ως έξοδο)

A0, ..., A5 (συμβολοσταθερές για τις αναλογικές επαφές εισόδου)

Οι τύποι δεδομένων:

boolean (λογική δυναδική τιμή)

char (προσημασμένος χαρακτήρας 8 ψηφίων)
unsigned char (μη προσημασμένος χαρακτήρας 8 ψηφίων)
byte (μη προσημασμένος χαρακτήρας 8 ψηφίων)
int (προσημασμένος ακέραιος αριθμός 16 ψηφίων)
unsigned int (μη προσημασμένος ακέραιος αριθμός 16 ψηφίων)
word (μη προσημασμένος ακέραιος αριθμός 16 ψηφίων)
long (προσημασμένος ακέραιος αριθμός 32 ψηφίων)
unsigned long (μη προσημασμένος ακέραιος αριθμός 32 ψηφίων)
float, double (αριθμός κινητής υποδιαστολής απλής ακρίβειας)
String (αντικείμενο αλφαριθμητικού με χρήσιμες μεθόδους)
Ως αλφαριθμητικό μπορεί να θεωρηθεί και ο πίνακας χαρακτήρων

Συναρτήσεις εισόδου και εξόδου:

pinMode() (ορίζει μια επαφή ως είσοδο ή έξοδο)

Συναρτήσεις ψηφιακής εισόδου και εξόδου:

digitalWrite() (γράφει σε μία ψηφιακή επαφή εξόδου)

digitalRead() (διαβάζει από μία ψηφιακή επαφή εισόδου)

Συναρτήσεις αναλογικής εισόδου και εξόδου:

analogReference() (ορίζει την τάση αναλογικής αναφοράς)

analogWrite() (γράφει PWM σήματα σε μία επαφή εξόδου)

analogRead() (διαβάζει από μία αναλογική επαφή εισόδου)

Προηγμένες συναρτήσεις εισόδου και εξόδου:

tone() (παράγει ένα τετραγωνικό σήμα ορισμένης συχνότητας)

noTone() (διακόπτει την παραγωγή τετραγωνικών σημάτων)

shiftOut() (ολισθαίνει τα ψηφία μιας τιμής σε μία επαφή εξόδου)

pulseIn() (επιστρέφει την διάρκεια σε μs ενός παλμού HIGH ή LOW)

Συναρτήσεις χρόνου:

millis() (διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος σε ms)
micros() (διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος σε μs)
delay() (παύση προγράμματος - η διάρκεια δίδεται σε ms)
delayMicroseconds() (παύση προγράμματος - η διάρκεια δίδεται σε μs)

Μαθηματικές και Τριγωνομετρικές συναρτήσεις:

max() (βρίσκει τον μεγαλύτερο ανάμεσα σε δύο αριθμούς)
min() (βρίσκει τον μικρότερο ανάμεσα σε δύο αριθμούς)
abs() (επιστρέφει την απόλυτη τιμή ενός αριθμού)
constrain() (ελέγχει για υπερχείλιση ή υποχείλιση ορίων)
map() (πραγματοποιεί γραμμικό μετασχηματισμό ορίων)
pow() (επιστρέφει το αποτέλεσμα μίας δύναμης)
sqrt() (επιστρέφει την ρίζα ενός αριθμού)
sin() (υπολογίζει το ημίτονο ενός αριθμού)
cos() (υπολογίζει το συνημίτονο ενός αριθμού)
tan() (υπολογίζει την εφαπτομένη ενός αριθμού)

Συναρτήσεις γεννήτριας ψευδοτυχαίων αριθμών:

random() (δίδεται ένας νέος αριθμός από την γεννήτρια)
randomSeed() (θέτει τον σπόρο της γεννήτριας παραγωγής)

Συναρτήσεις επεξεργασίας δυαδικών αριθμών:

lowByte() (επιστρέφει το δεξιότερο byte μίας μεταβλητής)
highByte() (επιστρέφει το αριστερότερο byte μίας μεταβλητής)
bitRead() (διαβάζει ένα συγκεκριμένο ψηφίο μίας μεταβλητής)
bitWrite() (γράφει σε ένα συγκεκριμένο ψηφίο μιας μεταβλητής)
bitSet() (γράφει την τιμή 1 σε κάποιο ψηφίο μίας μεταβλητής)
bitClear() (γράφει την τιμή 0 σε κάποιο ψηφίο μιας μεταβλητής)
bit() (υπολογίζει μία συγκεκριμένη δύναμη με βάση το 2)

Συναρτήσεις χρήσης ρουτινών εξυπηρέτησης διακοπών:

attachInterrupt() (ενεργοποιεί μία ρουτίνα εξυπηρέτησης διακοπής)

`detachInterrupt()` (απενεργοποιεί μία ρουτίνα εξυπηρέτησης διακοπής)

Συναρτήσεις ενεργοποίησης και απενεργοποίησης διακοπών:

`interrupts()` (ενεργοποιεί τα σήματα διακοπής)

`noInterrupts()` (απενεργοποιεί τα σήματα διακοπής)

Υποστήριξη σειριακής επικοινωνίας:

`Serial` (αντικείμενο σειριακής επικοινωνίας με χρήσιμες μεθόδους)

Κεφάλαιο 4^ο

4. Η ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ

Η κινηματική είναι ένα πεδίο της φυσικής, το οποίο αναπτύχθηκε αρχικά στην κλασική μηχανική, που περιγράφει την κίνηση σημείων, σωμάτων, αντικειμένων, αλλά και συστημάτων σωμάτων ή αλλιώς ομάδες αντικειμένων, χωρίς να λαμβάνει υπόψη τις δυνάμεις που τα αναγκάζουν να κινηθούν.

Η κινηματική, ως πεδίο μελέτης, αναφέρεται συχνά και ως «γεωμετρία της κίνησης» και περιστασιακά θεωρείται και κλάδος των μαθηματικών. Ένα κινηματικό πρόβλημα ξεκινά με την περιγραφή της γεωμετρίας του συστήματος καθώς και τη δήλωση των αρχικών συνθηκών οποιωνδήποτε γνωστών τιμών θέσης, ταχύτητας ή και της επιτάχυνσης των σημείων εντός ενός συστήματος. Εν συνεχεία, χρησιμοποιώντας ορίσματα από τη γεωμετρία, μπορεί να προσδιοριστεί η θέση, η ταχύτητα και η επιτάχυνση οποιωνδήποτε άγνωστων τμημάτων του ίδιου συστήματος. Η μελέτη του τρόπου με τον οποίο οι δυνάμεις δρουν στα σώματα εμπίπτει στην κινητική, όχι στην κινηματική.

4.2 ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

Το σύνολο των συνδέσμων και των αρθρώσεων που αντιστοιχούν σε μια αλληλουχία κινηματικών προβλημάτων και συνδέονται μεταξύ τους διαδοχικά, ορίζεται ως κινηματική αλυσίδα. Αυτό έχει τη βάση του στο ότι σε κάθε άρθρωση ξεχωριστά, αντιστοιχεί μόνο ένας βαθμός ελευθερίας που συμβολίζεται με τη μεταβλητή q_n , όπου το n αντιστοιχεί στο σύνολο των αρθρώσεων ενός ρομπότ.

Χρειάζεται να μελετηθεί η διάταξη των αρθρώσεων, των συνδέσμων αλλά και το σύστημα συντεταγμένων, προκειμένου να εξεταστεί σωστά η κινηματική ενός ρομποτικού βραχίονα. Αυτή η μελέτη μπορεί να πραγματοποιηθεί με την εκτέλεση κάποιων συγκεκριμένων βημάτων. Αρχικά ως βάση του βραχίονα ορίζεται ο

σύνδεσμος 0. Έπειτα, ως σύνδεσμο 1 θα ορίσουμε αυτόν που βρίσκεται μεταξύ βάσης και πρώτης άρθρωσης. Επίσης, η άρθρωση 0 είναι αυτή μεταξύ των 0 και 1 συνδέσμων. Να προστεθεί πως γενικότερα η άρθρωση η οποία βρίσκεται μεταξύ των συνδέσμων n-1 και n, είναι η άρθρωση i (όπου i=1,2,3, ...,n-1). Τέλος, ο τελευταίος σύνδεσμος που είναι το εργαλείο τελικής δράσης και το ορίζουμε ως n σύνδεσμο.

Η επιλογή του συστήματος συντεταγμένων ακολουθείται από μια συγκεκριμένη λογική. Βάση αυτής της λογικής ο εκάστοτε σύνδεσμος αντιστοιχεί σε ένα σύστημα συντεταγμένων $\{0_i, x_i, y_i, z_i\}$. Οι συντεταγμένες ενός σημείου A, το οποίο είναι τυχαίο, σε χώρο με σημεία a_i και a_{i-1} ως προς τα συστήματα συντεταγμένων $\{0_i, x_i, y_i, z_i\}$ και $\{0_{i-1}, x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1}\}$ συνδέονται με την ακόλουθη σχέση $a_{i-1} = H_{i-1}^i(q_i)a_i$ όπου $H_{i-1}^i(q_i)$ είναι ο ομογενής μετασχηματισμός που συνδέει τα δύο αυτά συστήματα και q η γωνία μετατόπισης της i άρθρωσης. Ο παραπάνω μετασχηματισμός επηρεάζεται από την γωνία μετατόπισης και έχει τελική μορφή την παρακάτω:

$$H_{i-1}^i(q_i) = \begin{bmatrix} R_{i-1}^i(q_i) & d_{i-1}^i(q_i) & 0_{1 \times 3} & 1 \end{bmatrix} \quad \text{εξ.}$$

4.1

Όπου $d_{i-1}^i(q_i)$ είναι ο πίνακας μετατόπισης που περιέχει τις συντεταγμένες με αρχή το σημείο O_i και τελικό σημείο το O_{i-1} του συστήματος i-1. Ο R_{i-1}^i είναι ο πίνακας στροφής του συστήματος i ως προς το i-1 σύστημα. Για να επιτευχθεί η σύνδεση δύο συστημάτων συντεταγμένων i και j του σημείου A από το σύστημα i ως προς το σύστημα j γίνεται με τον μετασχηματισμό H_i^j και δίνεται από τα παρακάτω:

$$\text{Για } i < j \quad H_i^j = H^{(i+1)}_i H^{(i+2)}_{i+1} \dots H^j_{j-1}$$

$$\text{Για } i > j \quad H_i^j = (H^i_j)^{-1}$$

$$\text{Για } i = j \quad H_i^j = I_4 \text{ όπου } I_4 \text{ μοναδιαίος πίνακας } 4 \times 4.$$

Στην περίπτωση που ισχύει η συνθήκη $i < j$ τότε θα έχουμε:

$$H_i^j = \begin{bmatrix} R_i^j & d_i^j & 0_{1 \times 3} & 1 \end{bmatrix} \quad \text{εξ.}$$

4.2

4.3 ΕΥΘΥ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Όπως ήδη γνωρίζουμε, ένας βραχίονας αποτελείται από τους συνδέσμους και τις αρθρώσεις. Θα πρέπει να γνωρίζουμε το κινηματικό μοντέλο του βραχίονα, ώστε να μπορέσει να γίνει εφαρμογή του ευθύ κινηματικού προβλήματος. Για να επιλυθεί το εν λόγω πρόβλημα, θα πρέπει να εκτελέσουμε τη μέθοδο Denavit – Hartenberg κάνοντας χρήση τεσσάρων παραμέτρων, οι οποίες είναι: το μήκος, η στρέψη, το περιθώριο και η γωνία μεταξύ των αξόνων. Έτσι, θα επισυναφτεί το σύστημα συντεταγμένων που αποτελεί την κάθε άρθρωση και τον κάθε σύνδεσμο. Μέσω αυτού, γίνεται και ο προσδιορισμός της θέσης αλλά και του προσανατολισμού του εργαλείου τελικής δράσης.

4.4 ΜΕΘΟΔΟΣ DENAVIT – HARTENBERG

Προκειμένου να προσδιοριστεί ο τελικός επενεργιτής ως προς τον χώρο εργασίας του χρησιμοποιούμε την εν λόγω μέθοδο, ώστε να γίνει μελέτη πάνω στο ευθύ κινηματικό πρόβλημα. Για να επιτευχθεί το παραπάνω πρέπει να τοποθετηθούν δεξιόστροφα ορθοκανονικά συστήματα συντεταγμένων μεταξύ των συνδέσμων του βραχίονα. Σε κάθε περίπτωση το παραπάνω θα πρέπει να θεωρηθεί ο χώρος σταθερός και αμετάβλητος.

Ως πρώτο βήμα καθορίζονται τα συστήματα συντεταγμένων $\{0_n, x_n, y_n, z_n\}$ αρχίζοντας με τη βάση και ορίζοντάς τη ως το σημείο 0. Η κατάληξη είναι το εργαλείο τελικής δράσης το οποίο είναι το σημείο n του βραχίονα. Έπειτα θα πρέπει η κάθε άρθρωση να οριστεί με κατάλληλο τρόπο. Στην αρχή, γίνεται η επιλογή των αξόνων κατά μήκος των αρθρώσεων. Στην συνέχεια γίνεται η τοποθέτηση των κέντρων 0_i σε κάθε τομή των αξόνων. Έπειτα, θα πρέπει να επιλεγθούν οι άξονες πάνω στους οποίους θα κινείται ο βραχίονας κατά μήκος της κοινής καθέτου. Αφού γίνουν τα παραπάνω θα οριστεί ο σωστός άξονας, έτσι ώστε να υπάρχει ένα σύστημα συντεταγμένων με δεξιόστροφη φορά. Τέλος, αφού η παραπάνω διαδικασία εκτελεστεί για κάθε μία άρθρωση, τότε θα μπορούν να προσδιοριστούν και οι παραμέτρους της μεθόδου D-H. Αυτές είναι το μήκος a_n μεταξύ των αξόνων, η γωνία στρέψης b_n , το περιθώριο d_n και τέλος η γωνία μετατόπισης θ_i μεταξύ των σημείων n και n+1.

Με βάση όλα τα παραπάνω θα μπορεί να γίνει ο υπολογισμός των πινάκων $R0^n$ ομογενούς μετασχηματισμού από το αρχικό σύστημα συντεταγμένων $\{0_0, x_0, y_0, z_0\}$ μέχρι το $\{0_n, x_n, y_n, z_n\}$. Επίσης, για κάθε σύστημα συντεταγμένων μεταξύ των σημείων

0 και n μπορεί να γίνει ο υπολογισμός του πίνακα d^n0 . Από αυτό μπορεί να γίνει ο υπολογισμός του μετασχηματισμού του συστήματος συντεταγμένων που ορίζεται με τον πίνακα H^n0 . Αξιοποιώντας την σχέση $H^n = H^1 H^2 \dots H^{n-1} H^n$ μπορεί να γίνει συνδυασμός των μετασχηματισμών από το σημείο 0 μέχρι το n .

Εν συνεχεία οι γενικευμένες συντεταγμένες A ως προς το σύστημα $\{0_n, x_n, y_n, z_n\}$ θα εμπεριέχονται στον πίνακα S_A που θα οριστεί. Τέλος, από τη σχέση $P^A_0 = H^n_0 * S_A$ θα προκύψουν οι συντεταγμένες του σημείου A .

Κεφάλαιο 5^ο

5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συγκεκριμένη εργασία έχει ως βασικό να εκπαιδεύσει και να συμβάλει κατ' εξοχήν στο να υλοποιηθούν οι γνώσεις που αποκτήθηκαν μέσω του προγράμματος σπουδών του τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής Άρτας. Ο βραχίονας είναι αγορασμένος μέσω της σελίδας Διερευνητική Μάθηση και έχει την δυνατότητα να προγραμματίζεται έτσι ώστε να μπορεί να επιτύχει την μεταφορά ενός αντικειμένου από ένα σημείο σε ένα άλλο, λειτουργώντας αυτοματοποιημένα αλλά και χειροκίνητα. Στην εν λόγω εργασία οι βαθμοί ελευθερίας του βραχίονα είναι τέσσερις, παρότι μέσα στο πακέτο παρέχονται όλα τα απαραίτητα υλικά για την υλοποίηση ενός βραχίονα με έξι βαθμούς ελευθερίας. Αυτό έγινε με σκοπό την διευκόλυνση και την επίσπευση της εργασίας, αλλά και την πιο ομαλή λειτουργία του βραχίονα. Ο έλεγχος του μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω του μικροελεγκτή Arduino Uno. Ως τελικός επενεργειτής χρησιμοποιείτε μια αρπάγη, ωστόσο σύμφωνα και με τις οδηγίες μπορούν στην θέση της να χρησιμοποιηθούν κι άλλα μηχανήματα όπως ένα κινητό, μια κάμερα ή ακόμα κι ένα μικρό ηλιακό πάνελ.

5.2 ΤΕΧΝΗΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο σκελετός του βραχίονα είναι πλαστικός και διαθέτει μια ξύλινη βάση όπου τοποθετείται ο βραχίονας, τέσσερις σερβοκινητήρες, βάση βραχίονα, τρεις συνδέσμους και την αρπάγη. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τον βραχίονα ελέγχει ο μικροελεγκτής Arduino Uno. Με την χρήση της ξύλινης βάσης σταθεροποιήθηκε η βάση του βραχίονα με σκοπό να μειωθεί η αστάθειά του. Επίσης, περιλαμβάνονται τα πλαστικά μέρη τα οποία είναι είκοσι μία τον αριθμό, εξήντα τρεις βίδες, δεκαέξι ροδέλες, επτά παξιμάδια, δύο ελατήρια, ένα τροφοδοτικό, ένα shield κινητήρων συμβατό με το Arduino, οι έξι σερβοκινητήρες, ένα κατσαβίδι με μαγνητική μύτη για να πιάνονται εύκολα οι βίδες καθώς κι ένα σπирάλ περιτύλιγμα προστασίας καλωδίων.



Εικόνα 5.1 Κομμάτια του Ρομποτικού Βραχίονα

Όσον αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά το βάρος του βραχίονα είναι 792 γραμμάρια, η μέγιστη εμβέλεια της λειτουργίας είναι 80 εκατοστά. Το μέγιστο ύψος είναι 52 εκατοστά, το πλάτος της βάσης είναι 14 εκατοστά και το άνοιγμα της λαβής είναι 90 mm. Το μήκος του εκάστοτε καλωδίου είναι 40 εκατοστά και τέλος η ικανότητα φόρτωσης έχει ως μέγιστο βάρος στα 32 cm τα 150 γραμμάρια.

5.2.1. ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ

Για την ομαλή λειτουργία του συστήματος του βραχίονα συνιστάται η τροφοδοσία της πλακέτας του βραχίονα μέσω της σύνδεσης jack με σταθεροποιημένο τροφοδοτικό 5

VDC @ 4000 mA που παρέχεται στο κουτί. Στην πλακέτα του βραχίονα υπάρχει ένας ενσωματωμένος ρυθμιστής τάσης που προστατεύει την πλακέτα από υψηλότερες τάσεις.

5.2.2 ΤΕΧΝΗΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΕΡΒΟΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Στο πακέτο διατίθενται οι έξι σερβοκινητήρες για την υλοποίηση του βραχίονα. Οι τέσσερις είναι τύπου SpringRC SR431, που είναι τύπος σερβοκινητήρα διπλής εξόδου. Έχει σήμα ελέγχου Αναλογικό PWM. Η ροπή είναι 4.8V: 169.5 oz-in (12.2 kg-cm) και 6.0V: 201.4 oz-in (14.5 kg-cm). Το βάρος είναι στα 62 γραμμάρια και οι διαστάσεις είναι $1,65 \times 0,81 \times 1,56$ ίντσες ($42,0 \times 20,5 \times 39,5$ mm). Η ταχύτητα τους είναι στα 4.8V: 0.20 sec / 60° και 6.0V: 0.18 sec / 60°. Για την υποστήριξη περιστροφής διαθέτουν διπλά ρουλεμάν, ενώ το υλικό των γραναζιών είναι από μέταλλο με το εύρος της περιστροφής είναι στις 180 μοίρες. Τέλος ο τύπος σύνδεσης J, γνωστός και ως Futaba. Για την διευκόλυνση της εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν τελικά οι τρεις SpringRC SR431 από τους συνολικά τέσσερις.

Οι άλλοι δύο είναι τύπου SpringRC SR311. Έχουν κι αυτοί αναλογικό σήμα PWM. Σε αυτό τον τύπο σερβοκινητήρα η ροπή είναι 4.8V: 43.13 oz-in (3.1 kg-cm) και 6.0V: 52.86 oz-in (3.8 kg-cm). Το βάρος τους είναι 27 γραμμάρια, ενώ οι διαστάσεις τους είναι $1,23 \times 0,65 \times 1,13$ ίντσες ($31,3 \times 16,5 \times 28,6$ mm). Η ταχύτητα είναι 4.8V: 0.14 sec / 60° και 6.0V: 0.12 sec / 60°.

Επίσης και στην δική τους περίπτωση η υποστήριξη περιστροφής είναι από διπλά ρουλεμάν και το υλικό των γραναζιών είναι από μέταλλο. Ενώ και το εύρος περιστροφής είναι 180 μοίρες και ο τύπος σύνδεσης J.



Εικόνα 5.2 Οι δύο SpringRC SR311



Εικόνα 5.3 Οι τέσσερις SpringRC SR431

5.3 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ

Για την συναρμολόγηση του βραχίονα χρειάζεται να γίνει η ένωση όλων των κομματιών του. Για αρχή ενώνουμε το πρώτο πλαστικό κομμάτι με έναν από τους SpringRC SR431. Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο πως πρέπει να ελέγχουμε τον κάθε σερβοκινητήρα να είναι αριθμημένος σωστά προκειμένου να γίνει σωστά η συνδεσμολογία. Ο πρώτος που θα συνδέσουμε με το πρώτο πλαστικό μέρος φέρει την αρίθμηση δύο πάνω του.



Εικόνα 5.4 Το πρώτο πλαστικό μέρος



Εικόνα 5.5 Το πρώτο πλαστικό μέρος με τον σερβοκινητήρα βιδωμένο πάνω του

Στην συνέχεια τοποθετούμε πάνω στο δεύτερο πλαστικό μέρος ένα ελατήριο με το οποίο θα το ενώσουμε με το πρώτο. Έτσι έχουμε το αποτέλεσμα της ακόλουθης φωτογραφίας.



Εικόνα 5.6 Το δεύτερο πλαστικό μέρος με το ελατήριο

Μετά από αυτό ακολουθεί η ένωση του πρώτο κομματιού με το δεύτερο, όπως φαίνεται στις ακόλουθες φωτογραφίες.



Εικόνα 5.7 Το δεύτερο και το πρώτο μέρος



Εικόνα 5.8 Τα δύο μέρη μαζί βιδωμένα

Με το τέλος του παραπάνω θα ενώσουμε τον επόμενο σερβοκινητήρα με το τρίτο πλαστικό μέρος. Χρειάζεται να προσέξουμε ο σερβοκινητήρας να φέρει τον αριθμό τρία. Μαζί θα ενώσουμε και το τέταρτο πλαστικό κομμάτι.



Εικόνα 5.9 Τα επόμενα κομμάτια



Εικόνα 5.10 Τα κομμάτια ενωμένα

Αφού τελειώσει και το παραπάνω βήμα, μπορούμε να συνδέσουμε ολόκληρο το πρώτο μέρος του πειράματος με το δεύτερο, βιδώνοντας το ένα πάνω στο άλλο όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία.



Εικόνα 5.11 Τα δύο πρώτα μέρη του πειράματος ενωμένα

Εν συνεχεία κι αφού το παραπάνω κομμάτι είναι έτοιμο θα συνδέσουμε τον σερβκινητήρα με αριθμηση ένα πάνω στο στρογγυλό κομμάτι που αποτελεί την κεφαλή της βάσης.



Εικόνα 5.12 Η κεφαλή της βάσης με τον SpringRC SR431

Αμέσως μετά θα βιδωθεί πάνω στην κεφαλή της βάσης ολόκληρο το πρώτο και δεύτερο μέρος του πειράματος.



Εικόνα 5.13 Τα τρία πρώτα μέρη ενωμένα μεταξύ τους

Με το πέρας και αυτού του σταδίου θα χρειαστεί να ενωθεί με ολόκληρο το παραπάνω πείραμα το κάτω μέρος της βάσης.



*Εικόνα 5.14 Τα μέρη
ξεχωριστά μεταξύ τους*



*Εικόνα 5.15 Η βάση
βιδωμένη με το
υπόλοιπο πείραμα*

Με το τέλος του παραπάνω μέρους του πειράματος προχωράμε στην ενσωμάτωση του ενός SpringRC SR311 πάνω στη βάση που θα ενσωματωθεί η αρπάγη. Όταν τελειώσει και αυτό, μπορούμε αν συνδέσουμε το εν λόγω κομμάτι με τον υπόλοιπο βραχίονα.



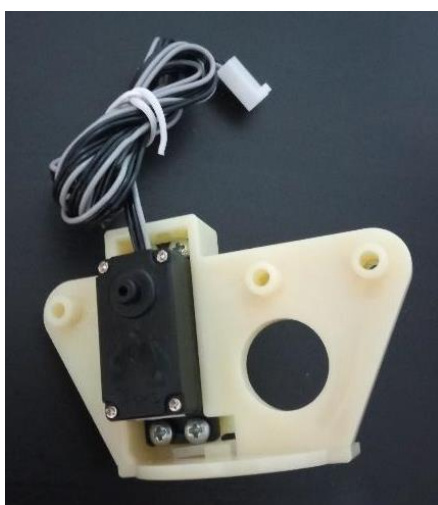
Εικόνα 5.16 Η βάση της αρπάγης με τον SpringRC SR311

Τελειώνοντας με όλο το παραπάνω μπορεί κανείς να καταλάβει πως έχουμε έτοιμο το μεγαλύτερο μέρος του του βραχίονα. Ο σκελετός έχει συναρμολογηθεί και μένει να ενωθεί η αρπάγη μαζί του. Για αρχή όμως πρέπει να ενώσουμε όλα τα κομμάτια της μεταξύ τους.



Εικόνα 5.17 Τα κομμάτια της αρπάγης

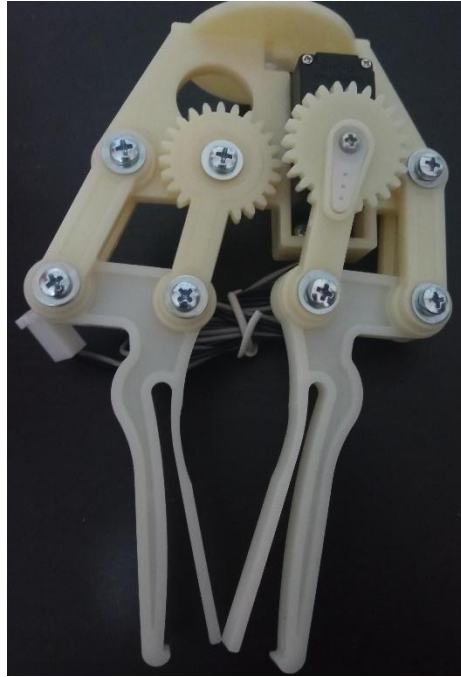
Πρώτα θα ενσωματώσουμε τον δεύτερο σερβοκινητήρα SpringRC SR311 πάνω στο κομμάτι που θα ενωθεί με το υπόλοιπο κομμάτι του βραχίονα. Αμέσως μετά θα ενωθούν οι δαγκάνες πάνω στο συγκεκριμένο κομμάτι.



Εικόνα 5.18 Πρώτο κομμάτι αρπάγης



Εικόνα 5.19 Ένωση «δαγκάνας» ενωμένο με SpringRC SR311



Εικόνα 5.20 Η αρπάγη ολοκληρωμένη

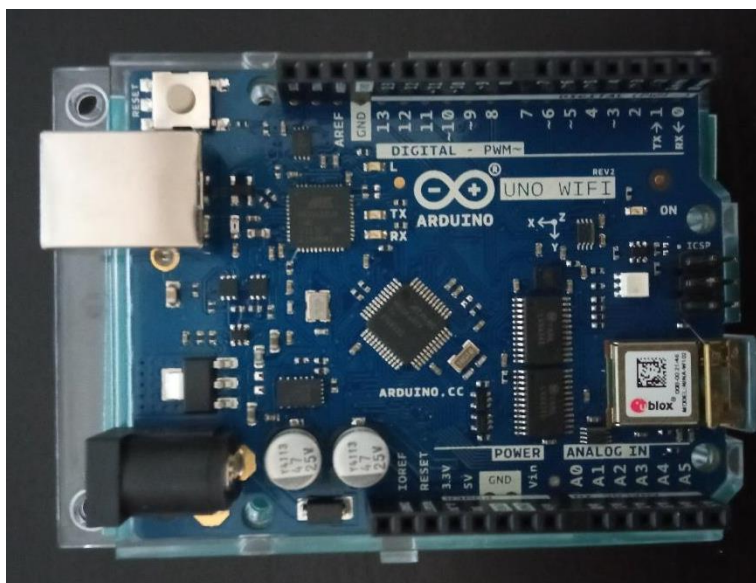
Έχοντας τελειώσει και με το παραπάνω φτάνει η στιγμή της ολοκλήρωσης της συναρμολόγησης του βραχίονα. Θα βιδώσουμε την αρπάγη στον υπόλοιπο σκελετό του βραχίονα και από εκεί και πέρα το κατασκευαστικό μέρος είναι έτοιμο.



Εικόνα 5.21 Ο ρομποτικός βραχίονας

5.4 TO ARDUINO

Όπως προαναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο ο μικροελεγκτής είναι ενσωματωμένος πάνω στην πλατφόρμα Arduino και αποτελεί την βάση της. Επίσης, οι αισθητήρες, οι κινητήρες και τα διάφορα ηλεκτρονικά στοιχεία επικοινωνούν με την πλατφόρμα μέσω των εισόδων και των εξόδων που βρίσκονται πάνω της. Οι πλατφόρμες Arduino διαφέρουν μεταξύ τους, βάση του πλήθους των εξόδων και των εισόδων καθώς και βάση του μικροελεγκτή που διαθέτουν. Η έκδοση Arduino Uno, χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας, της οποίας ο προγραμματισμός επιτυγχάνεται με την γλώσσα Arduino IDE. Να αναφερθεί πως είναι αρκετά πιθανό οι εφαρμογές του να εκτελεστούν μόνες τους ή μέσω της επικοινωνίας με το Raspberry Pi ή και μέσα από διάφορα προγράμματα σε υπολογιστή όπως είναι το Matlab, Labview. Μπορεί ακόμα να γίνει κατάλληλη σύνδεση με compiler μιας διαφορετικής γλώσσας προγραμματισμού όπως είναι η JAVA ή η Python, με σκοπό να εκτελεί και δικές τους εντολές. Μέσω του επίσημου site (Arduino.cc) μπορεί κάποιος να βρει δωρεάν το πρόγραμμα του compiler του Arduino, το οποίο λειτουργεί για όλες τις εκδόσεις.



Εικόνα 5.22 Το Arduino Uno

Επίσης, ο σταθεροποιητής τάσης (5Volt) καθώς και ένας κρυσταλλικός ταλαντωτής (16MHz) περιλαμβάνονται μαζί με το Arduino. Ο ATmega328 μικροελεγκτής, είναι ενσωματωμένος πάνω στο μοντέλο Arduino Uno. Αυτός, έχει προγραμματιστεί με ένα bootloader και διαθέτει έναν φορτωτή εκκίνησης, με σκοπό να μην χρειάζεται μια εξωτερική συσκευή προγραμματισμού AVR ελεγκτών. Αυτό έχει ως σκοπό να γίνεται

ευκολότερα η διαδικασία εγκατάστασης προγραμμάτων στην μνήμη Flash.

5.4.1 ΕΙΣΟΔΟΙ – ΕΞΟΔΟΙ

Το Arduino Uno διαθέτει μια είσοδο που είναι σειριακή, την είσοδο της τροφοδοσίας αλλά και τα pin τα οποία είναι τοποθετημένα αριστερά και δεξιά και είναι μοιρασμένα σε αναλογικά και ψηφιακά αντίστοιχα.

Να αναφερθεί πως η σειριακή θύρα συμβάλλει ώστε να επικοινωνεί η πλατφόρμα με έναν υπολογιστή κάνοντας χρήση ενός USB. Η αλλαγή από USB σε σειριακή όπως η FTDI FT232 επιτυγχάνεται με το κύκλωμα μετατροπής. Μέσω του υπολογιστή και της σειριακής θύρας, κάνοντας χρήση κάποιας εξωτερικής τροφοδότησης, μπορεί η πλατφόρμα να τροφοδοτηθεί. Για να γίνει σωστά η λειτουργία η τροφοδοσία θα πρέπει να είναι το λιγότερο 7Volt και το ανώτερο μέχρι 12Volt.

Κάτω αριστερά στο Arduino, έχοντας ένδειξη ANALOG IN, διακρίνονται τα έξι στον αριθμό, pin τα οποία είναι αναλογικά. Είναι αριθμημένα από A0 έως A5 και χρησιμοποιούν Analog Digital Converter, προκειμένου να αναγνωρίζουν την τιμή της εισόδου ενός αισθητήρα.

Στην άλλη πλευρά υπάρχουν τα ψηφιακά pin τα οποία είναι 14. Μπορούν να ανάψουν και να σβήσουν ένα LED, να δεχτούν μία τιμή εισόδου από έναν διακόπτη ή ακόμα και να ενεργοποιήσουν κάποιον κινητήρα. Κάποια από αυτά όμως είναι ικανά να εκτελέσουν κι άλλες λειτουργίες όπως για παράδειγμα το 0 και το 1 μπορούν να λειτουργήσουν ως RX και TX. Αυτό σημαίνει ότι, όταν η θύρα λάβει δεδομένα από την πλατφόρμα, αυτά θα μεταφερθούν στην θύρα USB, μέσω του μετατροπέα. Θα μεταφερθούν επίσης και στο pin 0 όπου θα διαβαστούν από οποιαδήποτε άλλη συσκευή έχει συνδεθεί στην πλατφόρμα. Τα επόμενα 2 pin δηλαδή το 2 και το 3 έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν εξωτερικά interrupt. Αυτό σημαίνει πως μπορούν να σταματήσουν την κανονική ροή του προγράμματος και να εκτελέσουν μία συνάρτηση, μέσω των κατάλληλων εντολών. Όσον αφορά τα 3,5,6,9,10 και 11, μπορούν να παρέχουν σήμα PWM (Pulse Width Modulation). Με την σειρά του αυτό σημαίνει πως μπορούν να παρέχουν τιμές από το 0 έως το 255. Στην περίπτωση που το LED πάρει την τιμή 0, θα σβήσει, ενώ αν η τιμή είναι 255 τότε θα ανάψει. Σε όλες τις ενδιάμεσες τιμές απλά θα αυξομειώνεται η ακτινοβολία. Στις περιπτώσεις των υπολοίπων pin το LED

αναβοσβήνει.

Τέλος διακρίνονται δίπλα από τα Analog pin, τα Power pin. Το Arduino θα επανεκκινηθεί όταν συνδέσουμε το Reset με μια από τις τρεις γειώσεις της πλατφόρμας. Να αναφέρουμε ακόμα πως τα εξαρτήματα και κυκλώματα μπορούν να τροφοδοτηθούν από τα pin που φέρουν τις ενδείξεις 3,3V και 5V, αρκεί να είναι ικανά να δεχτούν την ανάλογη τάση. Ταυτόχρονα η εξωτερική τάση (7V-12V) που περνάει από το Arduino μπορεί να διοχετευτεί μέσω του pin που φέρει την ένδειξη Vin, σε άλλα κυκλώματα. Μπορεί επίσης να λειτουργήσει ως είσοδος εξωτερικής τροφοδοσίας όταν μια γείωση της πλατφόρμας συνδεθεί πάνω του.

5.4.2 ΜΝΗΜΗ

Η SRAM, η EEPROM και η Flash είναι τα τρία είδη μνήμης που περιέχει το Arduino Uno.

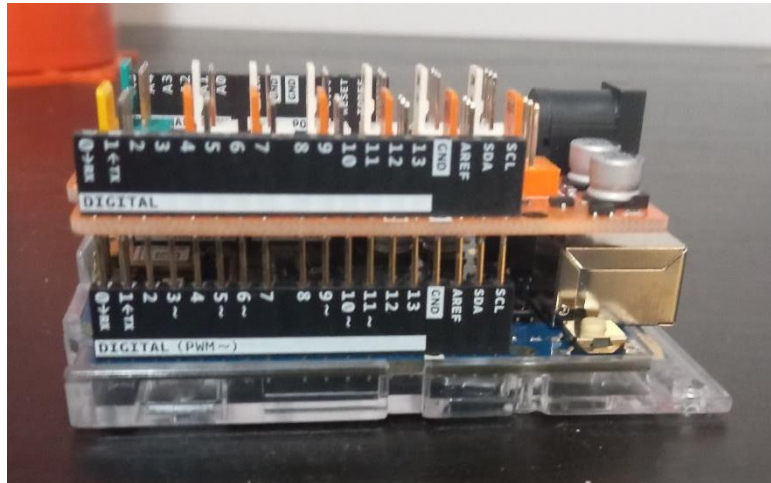
Αναφορικά με την μνήμη SRAM αξίζει να αναφέρουμε πως είναι 2Kb και χρησιμοποιείται, κατά κύριο λόγο, για την αποθήκευση τυχόν μεταβλητών και πινάκων. Θα γίνει reset σε αυτή τη μνήμη, όταν η παροχή ρεύματος προς το Arduino σταματήσει.

Η μνήμη EEPROM με την σειρά της, έχει χώρο 1Kb. Εδώ μπορούν να αποθηκευτούν δεδομένα ανά byte και αν σταματήσει η παροχή ρεύματος δεν γίνεται reset στη μνήμη.

Για το τέλος έχει μείνει η μνήμη Flash που διαθέτει χώρο 32Kb, από τα οποία τα 5Kb θα χρησιμοποιηθούν για το bootload του μικροελεγκτή, ενώ στον υπόλοιπο χώρο της μνήμης αυτής θα αποθηκευτεί το πρόγραμμα που θα δώσει ο χρήστης. Ούτε αυτή θα κάνει reset στην περίπτωση διακοπής του ρεύματος.

5.4.3 SHIELD

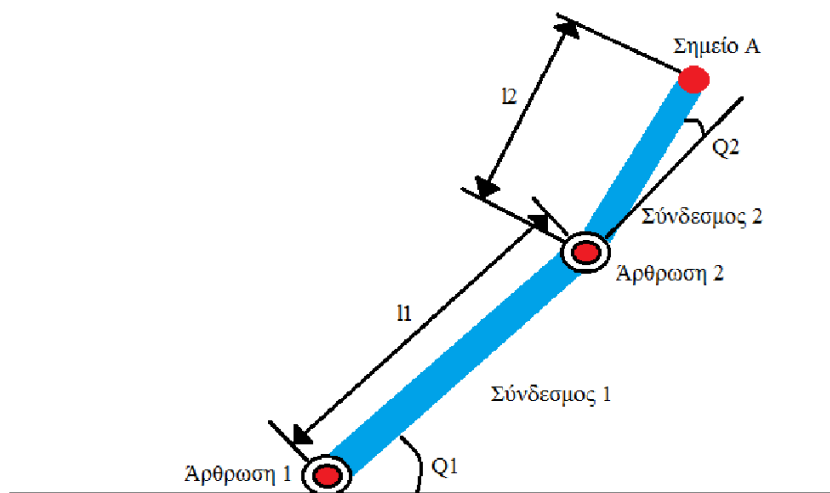
Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο το εκάστοτε shield χρησιμοποιείται για την διεύρυνση των δυνατοτήτων του Arduino. Στην προκειμένη εργασία το Arduino Uno συνδέεται με το shield και εν συνεχεία τα καλώδια από τον κάθε σερβοκινητήρα κουμπώνουν στην αντίστοιχη θέση.



Εικόνα 5.23 Το Arduino Uno με το shield ενωμένα

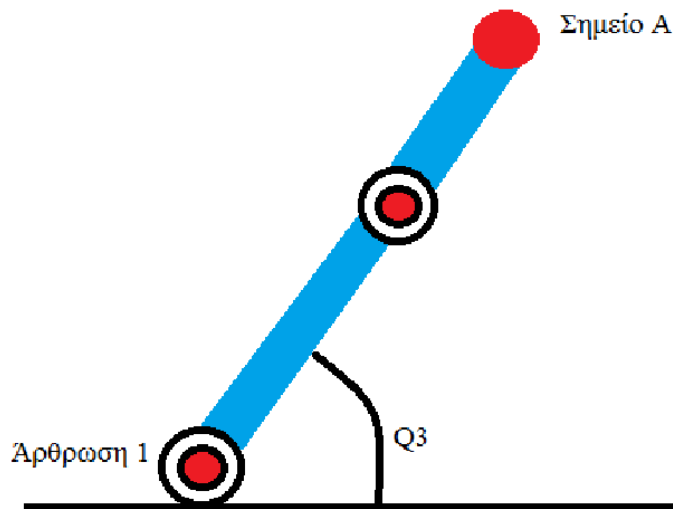
5.5 ΕΠΙΛΥΣΗ ΕΥΘΥ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Κατά την διάρκεια της δημιουργίας του ρομποτικού βραχίονα έγινε η επίλυση του ευθύ κινηματικού προβλήματος προς το σημείο A χρησιμοποιώντας την μέθοδο Denavit-Hatenberg. Όπως έχει αναφερθεί και εξηγηθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, προσπαθούμε να εντοπίσουμε την κίνηση του σημείου A ως προς τις συντεταγμένες του χώρου εργασίας του βραχίονα γνωρίζοντας τις γωνίες μετατόπισης των αρθρώσεων του.



Εικόνα 5.24 Άξονες Y, Z στην πλάγια όψη

Για να μπορέσει να επιλυθεί το ευθύ κινηματικό πρόβλημα του βραχίονα θα πρέπει να οροθετηθούν, για αρχή, οι άξονες κίνησης. Έτσι όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα οι αρθρώσεις κινούνται γύρω από τον άξονα X. Επίσης ως σημείο A ορίζεται η κορυφή του βραχίονα, δηλαδή η αρπάγη.



Εικόνα 5.25 Κίνηση βραχίονα γύρω από τον άξονα Z κάτωψη διάταξης

Η εικόνα 5.24, δείχνει τον ρομποτικό βραχίονα από πλάγια όψη. Διατηρώντας σταθερό τον άξονα X θα εκτελεστούν οι κινήσεις των αρθρώσεων 1 και 2 μεταξύ των Y και Z αξόνων. Η επόμενη εικόνα, δηλαδή η 5.25, φανερώνει την κάτωψη του βραχίονα με την άρθρωση 1 να κινείται στους άξονες X και Y και με σταθερό τον άξονα Z.

Η άρθρωση 1 είναι το σημείο O_0 , η άρθρωση 2 το σημείο O_2 και το σημείο A της αρπάγης είναι το σημείο O_3 κι όλα αυτά φανερώνονται στην πρώτη εικόνα. Στην δεύτερη, το σημείο O_1 ταυτίζεται με το σημείο O_0 της 1 άρθρωσης και θα χρησιμοποιείται για την επίλυση του προβλήματος για την στρέψη της διάταξης στον άξονα Z.

Οι μεταβλητές για της μεθόδου Denavit-Hatenberg είναι τα μήκη $a=L$, $a_1=L_1$ και $a_2=L_2$, η γωνία στρέψης είναι $b=q_3$, το περιθώριο d έχει την τιμή 0 και οι γωνίες είναι $\theta_1=q_1$ και $\theta_2=q_2$.

Οι μετασχηματισμοί του συστήματος συντεταγμένων H^3_0 εκφράζουν τις κινήσεις του βραχίονα γύρω από τον άξονα X και ισχύει η σχέση $H^3_0 = H^2_0 * H^3_2$. Ενώ για την κίνηση του βραχίονα γύρω από τον άξονα Z έχουμε τον ομογενή μετασχηματισμό H^1_0 .

Πριν ξεκινήσει η εύρεση των πινάκων ως προς το σύστημα συντεταγμένων θα καθοριστούν οι πίνακες μετατόπισης $d^2_0 = [0 \ L_1 * c q_1 \ L_1 * s q_1 \ 1]$, $d^3_2 = [0 \ L_2 c q_2 \ L_2 * s q_2 \ 1]$ και $SA = [0 \ 0 \ 0 \ 1]$. Οι παραπάνω πίνακες έχουν μέγεθος 1×4 .

Για τις κινήσεις από τα σημεία O_0 προς το O_3 έχουμε $H^3_0 = Rot_{x,q_1}$. Όπως αναφέρθηκε και σε προγενέστερο κεφάλαιο, ο πίνακας H^3_0 έχει την μορφή:

$$H_0^3 = [R_0^3 \ d_0^3 \ 0_{1 \times 3} \ 1] \quad \text{εξ. 5.1}$$

Για λόγους συντομίας έχουν χρησιμοποιηθεί $c_q = \cos q$ και $s_q = \sin q$. Οι πίνακες στρέψης R^3, R^2, R^1 έχουν τις παρακάτω μορφές:

$$R_0^2 = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ c_{q1} \ -s_{q1} \ 0 \ s_{q1} \ c_{q1}] \quad \text{εξ. 5.2}$$

$$R_2^3 = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ c_{q2} \ -s_{q2} \ 0 \ 2 \ c_{q2}] \quad \text{εξ. 5.3}$$

$$R_0^1 = [c_{q3} \ -s_{q3} \ 0 \ s_{q3} \ c_{q3} \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]$$

εξ. 5.4

Οι πίνακες του ομογενούς μετασχηματισμού του συστήματος συντεταγμένων είναι:

$$H_0^2 = [1 \ 0 \ 0 \ c_{q1} \ 0 \ 0 \ -s_{q1} \ L1c_{q1} \ 0 \ s_{q1} \ 0 \ 0 \ c_{q1} \ L1s_{q1} \ 0 \ 1]$$

εξ. 5.5

$$H_2^3 = [1 \ 0 \ 0 \ c_{q2} \ 0 \ 0 \ -s_{q2} \ L2c_{q2} \ 0 \ s_{q2} \ 0 \ 0 \ c_{q2} \ L2s_{q2} \ 0 \ 1]$$

5.6

$$H_0^1 = [c_{q3} \ -s_{q3} \ s_{q3} \ c_{q3} \ 0 \ Lc_{q3} \ 0 \ Ls_{q3} \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1]$$

5.7

Πλέον μπορούμε να καθορίσουμε τον πίνακα $H^3_0 = H^2_0 * H^3_2$, ο οποίος είναι:

$$H^3_0 = [1 \ 0 \ 0 \ c_{q1}c_{q2} - s_{q1}s_{q2} \ 0 \ 0 \ -(s_{q2}c_{q1} + s_{q1}c_{q2})L2c_{q1}c_{q2} - L2s_{q1}s_{q1} + L1c_{q1} \ 0 \ c_{q1}c_{q2} - s_{q1}s_{q2} \ 0 \ 0 \ s_{q2}c_{q1} + s_{q1}c_{q2} \ L2c_{q1}c_{q2} - L2s_{q1}s_{q1} + L1c_{q1} \ 0 \ 1]$$

Με τη χρήση τριγωνομετρικών ταυτοτήτων $c_{q1+q2} = c_{q1}c_{q2} - s_{q1}s_{q2}$ και $s_{q1+q2} = s_{q1}c_{q2} - c_{q1}s_{q2}$ ο πίνακας παίρνει την μορφή:

$$H^3_0 = [1 \ 0 \ 0 \ c_{q1+q2} \ 0 \ 0 \ -(s_{q1+q2}) \ L2c_{q1+q2} + L1c_{q1} \ 0 \ c_{q1}c_{q2} - s_{q1}s_{q2} \ 0 \ 0 \ s_{q2}c_{q1} + s_{q1}c_{q2} \ L2c_{q1+q2} + L1c_{q1} \ 0 \ 1]$$

Για να επιτευχθεί η κίνηση σε όλους τους άξονες έχουμε τον $H^3_0 = H^3_1 * H^3_2$.

$$H_0^3 = \begin{bmatrix} c_{q3} & -s_{q3} & s_{q3}c_{q1+q2} & c_{q3}c_{q1+q2} & 0 & Lc_{q3} & -s_{q1+q2} & Lc_{q3}c_{q1+q2} & + Lc_{q1+q2} & + \\ L1c_{q1} & s_{q3}s_{q1+q2} & c_{q3}s_{q1+q2} & 0 & 0 & c_{q1+q2} & Ls_{q3}s_{q1+q2} & + Ls_{q1+q2} & + L1s_{q1} & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Η παρακάτω σχέση καθορίζει τον πίνακα των γενικευμένων συντεταγμένων του σημείου A ως προς τις συντεταγμένες του χώρου εργασίας με στροφή γύρω από τον άξονα X:

$$P_A = H_0^3 \cdot S_A.$$

$$P_A = \begin{bmatrix} Lc_{q3} & Lc_{q3}c_{q1+q2} & + Lc_{q1+q2} & + L1c_{q1} & Ls_{q3}s_{q1+q2} & + Ls_{q1+q2} & + L1s_{q1} & 1 \end{bmatrix}$$

5.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ

Ο κώδικας είναι απαραίτητος ώστε να μπορέσει να ελεγχθεί η θέση του βραχίονα αλλά και οι κινήσεις των αρθρώσεων του. Επίσης, με την χρήση του γίνεται επεξεργασία των δεδομένων από τους αισθητήρες. Η καταχώρηση των απαραίτητων βιβλιοθηκών πρέπει γίνεται στην αρχή του εκάστοτε προγράμματος, μαζί δηλώνονται και τα pin και οι μεταβλητές τα οποία θα τεθούν σε χρήση αργότερα. Αμέσως μετά θα πρέπει να γίνει η δήλωση των εισόδων (INPUTS) και των εξόδων (OUTPUTS). Αφού γίνουν τα παραπάνω, γίνεται η συγγραφή το βασικού μέρους του κώδικά.

Οι βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτό το πρόγραμμα είναι οι Braccio και Servo οι οποίες μας επιτρέπουν τον έλεγχο των κινητήρων. Το σήμα PWM είναι απαραίτητο για να λειτουργήσουν οι σερβοκινητήρες. Με σκοπό να στραφεί προς την επιθυμητή θέση, ο χρήστης πρέπει να δηλώσει τις επιθυμητές μοίρες, πράγμα το οποίο επιτρέπεται στον χρήστη μέσω των βιβλιοθηκών με την χρήση των εντολών Braccio.Servomovement.

Φυσικά μπορούν να δοθούν παραπάνω από μία κινήσεις μέσω της παραπάνω εντολής. Ο χρόνος της κάθε κίνησης καθορίζεται μέσω της εντολής delay(), όπου εντός παρένθεσης ορίζουμε τον χρόνο της εκάστοτε κίνησης. Παρακάτω δίνεται ενδεικτικά ο κώδικας μιας συγκεκριμένης ενέργειας που κλήθηκε να εκτελέσει ο βραχίονας.

```
#include <Braccio.h>
```



```

#include <Servo.h>

Servo base;
Servo shoulder;
Servo elbow;
Servo wrist_rot;
Servo wrist_ver;
Servo gripper;

void setup() {
  //Initialization functions and set up the initial position for
  Braccio
  //All the servo motors will be positioned in the "safety"
  position:
  //Base (M1):90 degrees
  //Shoulder (M2): 45 degrees
  //Elbow (M3): 180 degrees
  //Wrist vertical (M4): 180 degrees
  //Wrist rotation (M5): 90 degrees
  //gripper (M6): 10 degrees
  Braccio.begin();
}

void loop() {
  /*
  Step Delay: a milliseconds delay between the movement of each
  servo. Allowed values from 10 to 30 msec.
  M1=base degrees. Allowed values from 0 to 180 degrees
  M2=shoulder degrees. Allowed values from 15 to 165 degrees
  M3=elbow degrees. Allowed values from 0 to 180 degrees
  M4=wrist vertical degrees. Allowed values from 0 to 180 degrees
  M5=wrist rotation degrees. Allowed values from 0 to 180 degrees
  M6=gripper degrees. Allowed values from 10 to 73 degrees. 10:
  the tongue is open, 73: the gripper is closed.
  */

  // the arm is aligned upwards and the gripper is closed
  //(step delay, M1, M2,
  M3, M4, M5, M6);
  Braccio.ServoMovement(20, 15, 0, 180, 0, 180, 73);
  Delay(1000);
  Braccio.ServoMovement(20, 165, 180, 0, 0, 180, 73);
  Delay(1000);
}

```

Κεφάλαιο 6^ο

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά την εκτέλεση της εν λόγω εργασίας μελετήθηκαν τα στάδια που απαιτούνται για την δημιουργία ενός ρομποτικού βραχίονα. Επίσης, ανάλογα πάντα με την εκάστοτε ενέργεια που θέλουμε να εκτελέσει ο βραχίονας, έγιναν γνωστά τα κριτήρια που απαιτούνται για την υλοποίηση των διαφόρων διατάξεων. Να αναφερθεί πως το χαμηλό κόστος ήταν εκ των βασικότερων κριτηρίων για την συγκεκριμένη εργασία. Στην τωρινή μορφή που έχει πλέον το μηχάνημα, μπορεί να επιτελέσει πληθώρα ενεργειών, ανάλογα πάντα και με το είδος το εργαλείο τελικής δράσης. Από το παραπάνω προκύπτει πως ο εν λόγω βραχίονας μπορεί να αποτελέσει μια πρόμη μορφή βιομηχανικών βραχιόνων ή και προσομοιώσεις χεριών.

Αναφορικά με το κομμάτι της μηχανολογίας, υπάρχει πάντα η δυνατότητα να προστεθούν δύο ακόμα βαθμοί ελευθερίας, ώστε να πλησιάζει περισσότερο την μορφή του ανθρώπινου χεριού. Μία ακόμα αλλαγή που θα μπορούσε να γίνει είναι η τοποθέτηση μίας κάμερας, σε σημείο το οποίο θα μένει σταθερό και θα επιτρέπει να μπορεί να «βλέπει» το χώρο εργασίας στον οποίο περιλαμβάνεται και το αντικείμενο. Έτσι, το αντικείμενο θα μπορεί να εντοπίζεται από τον βραχίονα και να μεταφέρεται από αυτόν σε παραπάνω από δύο σημεία. Για την επίτευξη πιο δύσκολων και σύνθετων διεργασιών, θα μπορούσε σε μελλοντικές χρήσεις του βραχίονα να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές πλατφόρμες η οποίες είναι πιο πολύπλοκες από αυτή του Arduino, μιας κι αυτή θεωρείται open source, άρα έχει και πιο περιορισμένη χρήση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΑ

- [1] Φ.Ν. Κουμπούλης, Β.Γ. Μέρτζιος Εισαγωγή στη Ρομποτική Εκδόσεις Παπασωτηρίου Αθήνα 2002.
- [2] Craig, J. J., Εισαγωγή στη Ρομποτική, 3^η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, 2019.
- [3] Gerard O'Regan, "Pillars of computing." 2015, [Online]. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-21464-1_34
- [4] Δημήτριος Βούκαλης Χ. Βούκαλη Ειρήνη Δ. Ρομποτική – Αυτόματα Εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική Αθήνα 2006.
- [5] Akhilesh Ganti, "Degrees of Freedom". 2021, [Online]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/d/degrees-of-freedom.asp>
- [6] Josh Barnett, Mike Duke, Chi Kit Au, Shen Him Lim "Work Distribution of multiple Cartesian robot arms for kiwifruit harvesting". 2020, [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016816991931258X?casa_token=hbB4YMI8P0AAAAA:LvYLa32akKqNnwpnef7WaC0w8NnrgogDvmvxfR9PPkrtRwgZFrn3PRhX3JR2bfFBLMUpTg
- [7] Cesar Torres, Jose De Jesus Rubio, Carlos F. Aguilar-Ibanez, J. Humberto Pérez-Cruz "Stable Optimal Control Applied to a cylindrical Robotic Arm". 2012 [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-012-1294-6>
- [8] Matthias Hoffer, Raffaello D'Andrea "Design, Fabrication, Modeling and control of a fabric-based spherical robotic arm". 2020, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957415820300490>
- [9] Jamshed Iqbal "Modern Control Laws for an Articulated Robotic Arm Modeling and Simulation". 2019, [Online]. Available: <https://hull-repository.worktribe.com/OutputFile/3854202>
- [10] Migara H. Liyanage, Nicholas Krouglicof, Raymond Gosine "Design and control of a high performance SCARA type robotic arm with rotary hydraulic actuators". 2009, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5090244/authors#authors>