



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

Βατίστας Δ. Κουντούρης

Εισηγητής: Δρ Ιωάννης Έλληνας, Καθηγητής

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

**Βατίστας Δ. Κουντούρης
Α.Μ. 43852**

Εισηγητής:

Δρ Ιωάννης Έλληνας , Καθηγητής

Εξεταστική Επιτροπή:

**Κουκουλέτσος Κωνσταντίνος
Δροσινόπουλος Παναγιώτης
Μαστοροκώστας Πάρις**

Ημερομηνία εξέτασης 21/9/2018

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος **Κουντούρης Βατίστας**, του **Διονυσίου**, με αριθμό μητρώου **43852** φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασης της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού δμήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ολοκληρώθηκε μετά από επίμονες προσπάθειες, σε ένα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο, όπως η ρομποτική και ο προγραμματισμός μικροελεγκτών (Arduino). Την προσπάθειά μου αυτή υποστήριξε ο επιβλέπων καθηγητής μου κ. Ιωάννης Έλληνας, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Γεωργία Κοντομηνά για τις πολύτιμες συμβουλές της και τον κ Κυριάκο Παπούλη που με βοήθησε να ραφτεί ένα μανίκι για τις απαιτήσεις της πτυχιακής εργασίας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που θα ήθελε να τελειώσω τις σπουδές μου σε λιγότερο από έξι χρόνια.

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία συντάχθηκε με σκοπό να αναλυθεί η ασύρματη κίνηση του ρομποτικού βραχίονα, με έλεγχο από τις κινήσεις του αριστερού χεριού. Εν συντομία ανάλογα από τις κινήσεις που εκτελεί το χέρι, πραγματοποιεί αντίστοιχες κινήσεις και ο βραχίονας. Στο βιβλίο αυτό αναλύεται μια μικρή θεωρία γύρω από τους ρομποτικούς βραχίονες και τις πλακέτες Arduino. Επίσης αναφέρονται αναλυτικά τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν. Τέλος γίνεται αναφορά στην κατασκευαστική υλοποίηση και στον κώδικα που χρειάστηκε για τον προγραμματισμό των πλακετών.

ABSTRACT

This thesis was written in order to analyze the wireless motion of the robotic arm, to control the movements of the left hand. In brief depending on the movements of the hand, it makes respective movements and the arm. In this book discusses a small theory around of robotic arm and Arduino boards. Also detailed and all the components used. Finally reference is made to the construction implementation and the code needed to planning boards.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Ρομποτική ,Ασύρματα μέσα μετάδοσης δεδομένων.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ρομποτική, Ρομποτικός Βραχίονας, Arduino, Πομποδέκτες, Αισθητήρες.

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥΣ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ.....	15
1.1 Περιγραφή του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας.....	15
1.2 Σκοπός της πτυχιακής εργασίας.....	16
1.3 Ιστορική αναδρομή ρομποτικού βραχίονα.....	16
1.4 Βασικά μέρη ελέγχου Ρομποτικού βραχίονα.....	16
1.5 Δομή ρομποτικού βραχίονα.....	17
1.6 Κατηγορίες αρθρώσεων.....	18
1.7 Βαθμοί ελευθέριας βραχίονα.....	19
1.8 Κατηγορίες ρομποτικού βραχίονα.....	19
2. ARDUINO.....	23
2.1 Τι είναι το Arduino;.....	23
2.2 Ιστορική αναδρομή Arduino.....	23
2.3 Βασικότερα πλεονεκτήματα του Arduino.....	24
2.4 Εκδόσεις Arduino και τα επικρατέστερα μοντέλα.....	24
2.5 Arduino Shields.....	25
2.6 Το υλικό που έχει μια βασική πλατφόρμα Arduino.....	25
2.7 Περιβάλλον ανάπτυξης IDE.....	27
3. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ.....	29
3.1 Ρομποτικός Βραχίονας.....	29
3.2 Πλακέτα Arduino Uno.....	30
3.3 Πλακέτα Arduino Mega 2560.....	31
3.4 Ολοκληρωμένο L293D.....	32
3.5 Αισθητήρας MPU-6050.....	33
3.6 Πομποδέκτης nRF24L01.....	35
3.7 Αισθητήρας καμπής - flex sensor.....	38
4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΣΤΙΚΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ.....	41
4.1 Σύνδεση Arduino με τα ολοκληρωμένα L293D.....	41
4.2 Σύνδεση κυκλώματος οδήγησης κινητήρων με το βραχίονα.....	43

4.3	Σύνδεση πομποδεκτών (nRF24L01) με τα Arduino.....	43
4.4	Πλακέτα Σύνδεσης Αισθητήρων.....	45
4.5	Σύνδεση Αισθητήρων MPU-6050.....	46
4.6	Σύνδεση Αισθητήρων καμπής (Flex Sensor).....	48
4.7	Τελική μορφή μανικιού.....	49
5.	ΚΩΔΙΚΑΣ ARDUINO.....	51
5.1	Κώδικας Arduino Mega 2560.....	51
5.2	Κώδικας Arduino UNO.....	56
6.	ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....	61
6.1	Σύνοψη της πτυχιακής εργασίας	61
6.2	Προοπτικές	61
7.	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	62
8.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	64

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Οδήγηση βραχίονα με ελεγκτή και υπολογιστή.....	17
Σχήμα 1.2: Σχήμα εξαρτημάτων βραχίονα.....	17
Σχήμα 1.3: Κατηγορίες ρομποτικών αρθρώσεων.....	18
Σχήμα 1.4: Βαθμοί ελευθερίας βραχίονα.....	19
Σχήμα 1.5: Καρτεσιανή δομή.....	20
Σχήμα 1.6: Gantry δομή.....	20
Σχήμα 1.7: Κυλινδρικός βραχίονας.....	20
Σχήμα 1.8: Σφαιρικός βραχίονας	21
Σχήμα 1.9: Αρθρωτός βραχίονας	21
Σχήμα 1.10: Βραχίονας τύπου SCARA.....	22
Σχήμα 3.1: L293D Pin Mode.....	32
Σχήμα 3.2: Εσωτερικό ολοκληρωμένου L293D.....	33
Σχήμα 3.3: MPU-6050 Pinout.....	34
Σχήμα 3.4: Σχήμα πομποδεκτών nRF24L01.....	36
Σχήμα 3.5: Πομποδέκτες nRF24L01.....	36
Σχήμα 3.6: Ο Αισθητήρας χωρίς κλίση.....	39
Σχήμα 3.7: Ο Αισθητήρας με κλίση 90 μοίρες.....	39
Σχήμα 4.1: Κύκλωμα οδήγησης κινητήρα.....	42
Σχήμα 4.2: Σύνδεση βραχίονα με τον οδηγό κινητήρων.....	43
Σχήμα 4.3: Σύνδεση nRF24L01.....	44
Σχήμα 4.4: Τελικό κύκλωμα Βραχίονα.....	45
Σχήμα 4.5: Πλακέτα σύνδεσης αισθητήρων.....	46
Σχήμα 4.6: Σύνδεση αισθητήρων mpu-6050.....	47
Σχήμα 4.7: Κύκλωμα αισθητήρα καμπής.....	48
Σχήμα 4.8: Τελική μορφή κυκλώματος χεριού.....	49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1: Pin Mode Arduino UNO.....	37
Πίνακας 3.2: Pin Mode Arduino MEGA 2560.....	37
Πίνακας 4.1: Pin mode MPU-6050.....	46

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1: Βραχιώνας Πτυχιακής 15.....	15
Εικόνα 2.1: Λογότυπο Arduino.....	23
Εικόνα 2.2: Μοντέλα Arduino.....	25
Εικόνα 2.3: Υλικό Arduino Uno 3.....	26
Εικόνα 2.4: Περιβάλλον IDE.....	27
Εικόνα 2.5: Μήνυμα μεταμόρφωσης κώδικα.....	28
Εικόνα 3.1: Αρθρώσεις βραχίονα.....	29
Εικόνα 3.2: Arduino UNO.....	30
Εικόνα 3.3: Arduino Mega 2560.....	31
Εικόνα 3.4: MPU-6050.....	34
Εικόνα 3.5: Αισθητήρας SEN-10264.....	38
Εικόνα 4.1: Τελική εμφανίσει βραχίονα.....	44
Εικόνα 4.2: Τελική μορφή μανικιού.....	50

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥΣ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται το αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας, ο σκοπός της, γίνεται μια ιστορική αναδρομή και ανάλυση γύρω από τον ρομποτικό βραχίονα.

1.1 Περιγραφή του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα. Όπου έλεγχος του βραχίονα θα γίνεται με την κίνηση χεριού. Συνοπτικά το αριστερό χέρι θα ελέγχει με τις κινήσεις του ασύρματα τον βραχίονα. Αυτό θα επιτευχθεί με τη κατασκευή ενός γαντιού που θα φτάνει μέχρι τον ωμό του χεριού. Πάνω θα τοποθετηθούν όλα τα εξαρτήματα που θα χρειαστούν ώστε να καταγράφονται τα απαραίτητα δεδομένα ανάλογα με την κίνηση που θα πραγματοποιείται. Ο βραχίονας που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι σταθερής βάσης, με κίνηση σε 5 βαθμούς ελευθερίας και θα μπορεί να σηκώσει αντικείμενα μέχρι 100g.



Εικόνα 1.1: Βραχίονας Πτυχιακής

Για τη σωστή λειτουργία του βραχίονα θα χρειαστούμε δυο μονάδες επεξεργασίας των δεδομένων. Οι επεξεργαστές που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι από δυο kit Arduino. Το ένα Arduino θα είναι τοποθετημένο στο μανίκι το οποίο είναι τύπου Arduino UNO και το άλλο πάνω στο βραχίονα όπου είναι τύπου Arduino Mega 2560. Γενικότερα η υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε από εξαρτήματα που ανήκουν στην ομάδα του Arduino.

1.2 Σκοπός της πτυχιακής εργασίας

Ο σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι να βοηθήσει ανθρώπους που έχουν άνω κινητικά προβλήματα. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της θεραπείας, οι γιατροί χρησιμοποιούν μεθόδους που δίνουν ένα κίνητρο στον ασθενή, να εκτελεί τις φυσιοθεραπείες κάτι που δημιουργεί ένα ευχάριστο κλίμα στον ασθενή, με αποτέλεσμα να δίνει το 100% των δυνατοτήτων του στη θεραπεία. Επίσης, η παρούσα πτυχιακή εργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ασφάλεια. Σε περιπτώσεις, δηλαδή που ο χώρος είναι επικίνδυνος να βρίσκεται το ανθρώπινο χέρι.

1.3 Ιστορική αναδρομή ρομποτικού βραχίονα

Κάνοντας μια ιστορική αναδρομή βρίσκουμε ότι οι πρώτες προσπάθειες για την κατασκευή ενός ρομποτικού βραχίονα έγινε το 1948 για το σκοπό διαχείρισης ενός πυρηνικού υλικού. Το υλικό ήταν πολύ βλαβερό για τον άνθρωπο ώστε να μπορεί να το διαχειριστή σε άμεση επαφή. Οπότε ξεκίνησαν την κατασκευή ένα ρομποτικού βραχίονα με σκοπό να μπορούν να διαχειρίζονται κάτι τόσο επικίνδυνο από ασφαλές σημείο για τον χειριστή.

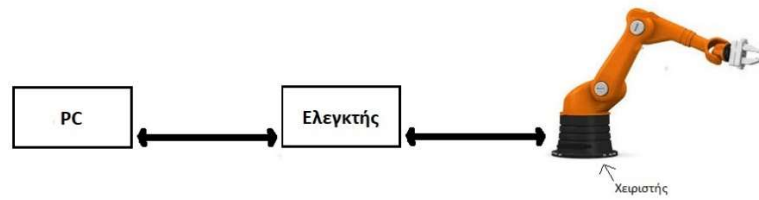
Το 1954 G.C. Demo είπε ότι μπορεί να κατασκευάσει ένα ρομπότ που θα έμοιαζε με χέρι και θα έκανε διάφορες εργασίες. Αργότερα μετρά το 1961 κατασκευάστηκε και εντάχθηκε στη ρομποτική βιομηχανία από την εταιρία Animation. Δίνοντας τους πολλά πλεονεκτήματα όπως ευελιξία, υψηλή παραγωγικότητα, καλύτερη ποιότητα προϊόντος και βελτιωμένες συνθήκες εργασίας. Σήμερα υπάρχουν πάνω από δυο εκατομμύρια ρομποτική βιομηχανική βραχίονες.

1.4 Βασικά μέρη ελέγχου Ρομποτικού βραχίονα

Ένας ρομποτικός βραχίονας χωρίζεται σε τρία πολύ βασικά μέρη :

1. Το χειριστή που είναι το μηχανικό τμήμα (αρπαγή, άξονες κινήσεις και βάση).
2. Τον ελεγκτή που δημιουργεί την κίνηση στις αρθρώσεις με την βοήθεια των ενεργοποιητών (κινητήρες).
3. Τον κεντρικό ελεγκτή που δίνει την εντολή κίνησης (όπου στα πλαίσια της πτυχιακής είναι το Arduino πάνω στο γάντι).

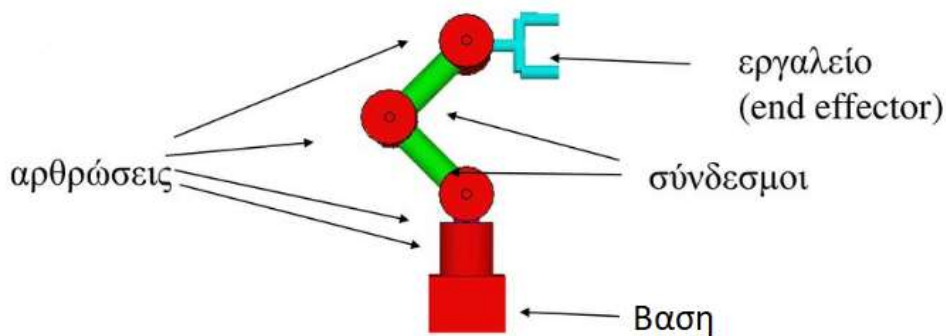
Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού



Σχήμα 1.1: Οδήγηση βραχίονα με ελεγκτή και υπολογιστή

1.5 Δομή ρομποτικού βραχίονα

Το σώμα του βραχίονα συνήθως αποτελείται από τη βάση, τους συνδέσμους, τις αρθρώσεις, τους ενεργοποιητές, τους αισθητήρες και το τελικό στοιχείο δράσης (εργαλείο).



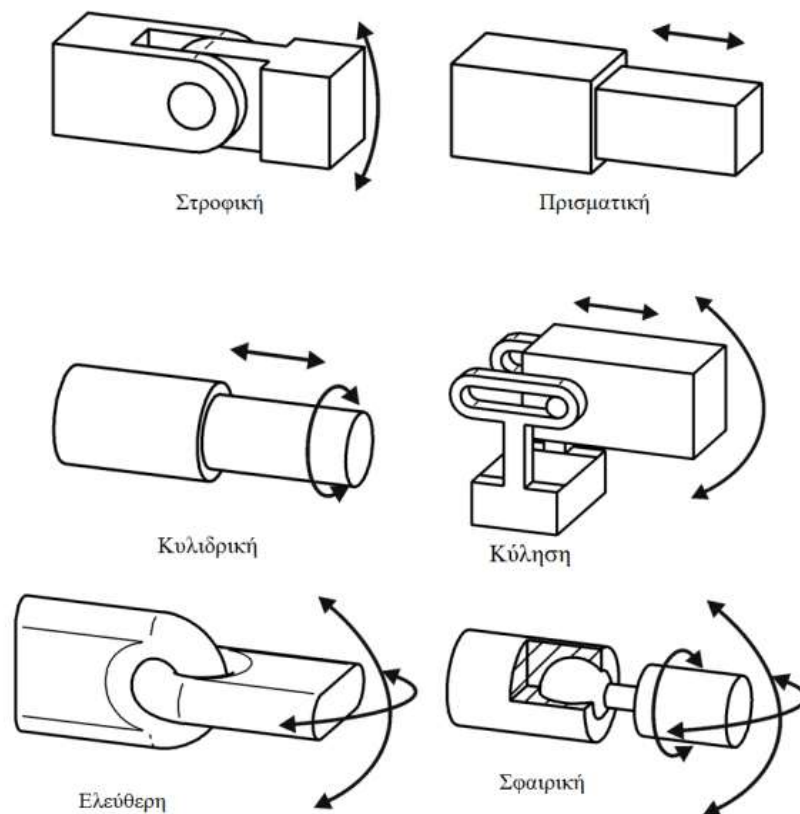
Σχήμα 1.2: Σχήμα εξαρτημάτων βραχίονα

- Η βάση είναι η στήριξη του βραχίονα και χωρίζεται σε δυο κατηγορίες του ρομπότ σταθερής βάσης και του ρομπότ κινουμένης βάσης (που αποτελείται από έντροχα, ερπυστριοφόρα, βαδίζοντα και εναέρια). Η κατηγορία στην οποία ανήκει η πτυχιακή εργασία είναι αυτής της σταθερής βάσης.
- Οι αρθρώσεις χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες οι γραμμικές και περιστρεφόμενες. Οι γραμμικές αρθρώσεις επιτρέπουν κίνηση κατά μήκος του άξονα, ενώ οι περιστρεφόμενες επιτρέπουν την κίνηση γύρω από τον άξονα τους.
- Οι σύνδεσμοι είναι τα άκαμπτα μέλη μεταξύ των αρθρώσεων.
- Οι ενεργοποιητές (κινητήρες) προκαλούν την κίνηση του βραχίονα. Δέχονται δεδομένα από τον ελεγκτή και πράττουν αναλόγως. Συνήθως οι αρθρώσεις έχουν έναν ή περισσότερους ενεργοποιητές.

- Τα αισθητήρια συνήθως ελέγχουν τη θέση του βραχίονα και την ταχύτητα της κάθε άρθρωσης. Με σκοπό να επιστρέφουν στον ελεγκτή κάποιες πληροφορίες που χρειάζεται. Υπάρχει πολύ μεγάλη ποικιλία τύπων αισθητήριων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ψηφιακή κωδικοποίηση θέσης όπως ταχύμετρα, ποτενσιόμετρα κ.λ.π.
- Το τελικό στοιχείο δράσης μπορεί να είναι μια αρπαγή ή κάποιο εργαλείο προσαρμοσμένο στο σκοπό του βραχίονα. Τα εργαλεία αυτά, πήραν το όνομα τελικό στοιχείο δράσης, γιατί πάντα θα είναι στο τελευταίο άκρο των αρθρώσεων και θα έχουν την επαφή με το αντικείμενο που δραστηριοποιούνται.

1.6 Κατηγορίες αρθρώσεων

Από τις δυο βασικές κατηγορίες προκύπτουν και άλλες ομάδες αρθρώσεων : οι κυλινδρικές, οι ελεύθερες, οι σφαιρικές και οι αρθρώσεις κύλισης. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι κινήσεις που μπορούν να εκτελέσουν.



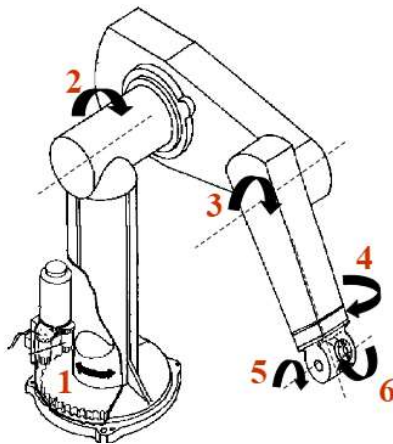
Σχήμα 1.3: Κατηγορίες ρομποτικών αρθρώσεων

1.7 Βαθμοί ελευθερίας βραχίονα

Ένα ρομπότ έχει ως κύριο χαρακτηριστικό τον αριθμό βαθμών ελευθερίας διαθέτει. Δηλαδή ποσό ευέλικτο είναι στο χώρο που κινείται καθώς και οι θέσεις που μπορεί να πάρει.

Εξ ορισμού βαθμός ελευθερίας θεωρείτε ο αριθμός των ανεξάρτητων παραμέτρων, που προσδιορίζουν τη θέση ενός σώματος.

Για να δώσουμε ακριβείς περιγράφει για τη θέση ενός αντικειμένου στο χώρο, χρειαζόμαστε 6 μεταβλητές, 3 για την θέση και 3 για τον προσανατολισμό του. Οπότε σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό για να μπορεί ένας ρομποτικός βραχίονας να κινηθεί οπουδήποτε στο χώρο χρειάζεται 6 βαθμούς ελευθερίας.

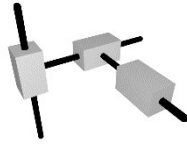


Σχήμα 1.4: Βαθμοί ελευθερίας βραχίονα

1.8 Κατηγορίες ρομποτικού βραχίονα

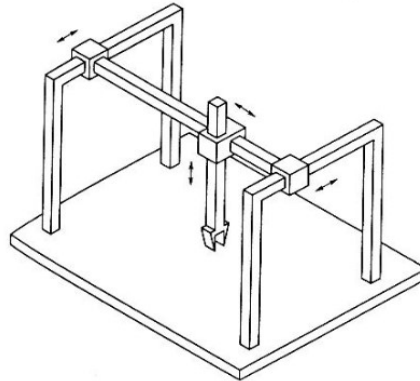
Τα ρομπότ κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το σύστημα συντεταγμένων του βραχίονα. Υπάρχουν κυρίως 6 κατηγορίες βραχίονα οι Καρτεσιανοί, οι Gantry, οι Σφαιρικοί, οι Κυλινδρικοί, οι τύπου SCARA και οι αρθρωτοί βραχίονες.

- ❖ Οι καρτεσιανοί βραχίονες αποτελούνται από τρεις γραμμικούς άξονες (x-y-z). Οι οποίοι δεν μπορούν να περιστρέφονται γύρω από τον εαυτό τους αλλά σε ευθεία γραμμή. Επίσης έχουν τρεις αρθρώσεις όπου από τους άξονες τους είναι ανά δυο κάθετοι μεταξύ τους. Ένα κύριο μειονέκτημα είναι η επιδεξιότητα κίνησης, λόγω της φύσης των αρθρώσεων.



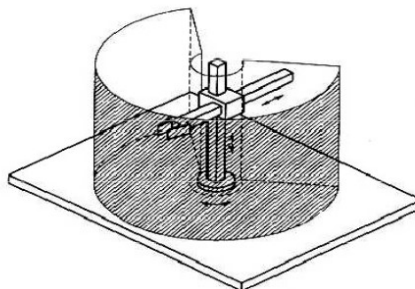
Σχήμα 1.5: Καρτεσιανή δομή

- ❖ Οι βραχίονες Gantry είναι ίδιοι με τους καρτεσιανούς βραχίονες με μια διαφορά στη προσέγγιση του αντικειμένου. Δηλαδή ένας βραχίονας Gantry προσεγγίζει το αντικείμενο από πάνω, ενώ ο καρτεσιανός από το πλάι.



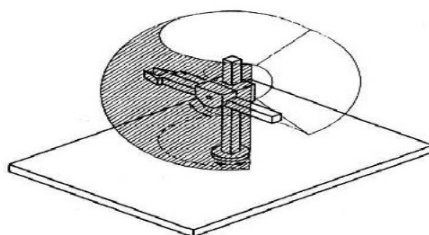
Σχήμα 1.6: Gantry δομή

- ❖ Οι κυλινδρικοί βραχίονες έχουν πρισματική άρθρωση της καρτεσιανής δομής η οποία αντικαταστάθηκε από μια περιστροφική άρθρωση. Δηλαδή ο σύνδεσμος (κορμός) που στηρίζεται ο βραχίονα είναι τοποθετημένη η κυλινδρική άρθρωση. Σημαντικό μειονέκτημα της συγκεκριμένης γεωμετρίας είναι ότι ο βραχίονας εισέρχεται στο χώρο εργασίας και τον περιορίζει.



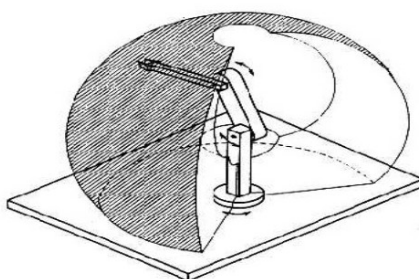
Σχήμα 1.7: Κυλινδρικός βραχίονας

- ❖ Οι σφαιρικοί βραχίονες είναι παρόμοιοι με τους κυλινδρικούς. Με τη διαφορά ότι στη επόμενη πρισματική άρθρωση τοποθετούμε μια κυλινδρική άρθρωση. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνουμε την μηχανολογική πολυπλοκότητα αλλά μειώνουμε την δυσκαμψία. Το κύριο μειονέκτημα αυτών των βραχιόνων είναι η μικρή ικανότητα θέσης των δυο στροφικών αξόνων που μεταβάλλεται με το μήκος του.



Σχήμα 1.8: Σφαιρικός βραχίονας

- ❖ Οι αρθρωτοί βραχίονες αποτελούνται τουλάχιστον από τρεις περιστροφικούς άξονες. Στους οποίους η βάση είναι και αυτή περιστρεφόμενη και φέρνει πολύ στη μορφή ενός ανθρωπίνου χεριού. Λόγω των τόσο περιστροφικών αξόνων η ακρίβεια είναι μικρή για αυτό προκαλούνται σφάλματα. Όμως έχουν ένα τεράστιο πλεονέκτημα, ότι μπορούν να κινηθούν ταχύτατα προς τους βαθμούς ελευθερίας τους, λόγω της μηχανικής τους ευελιξίας.

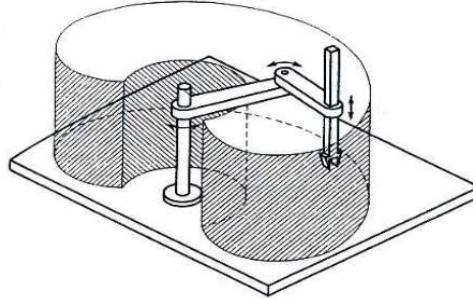


Σχήμα 1.9: Αρθρωτός βραχίονας

- ❖ Οι βραχίονες τύπου SCARA κατασκευάστηκαν στο Πανεπιστήμιο Yamanashi από τον Hiroshi Makino το 1981. Ο λόγος κατασκευής τους ήταν να μπορούν να συν αρμολογηθούν αντικείμενα με απολυτή ακρίβεια και ταχύτητα. Με πάρα πολύ καλά αποτελέσματα εντάχθηκε στη βιομηχανική ρομποτική και επικρατεί μέχρι σήμερα. Ένας βραχίονας τύπου SCARA έχει

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

τουλάχιστον 4 βαθμούς ελευθερίας και συνδυάζει τις κατηγορίες αρθρωτού και κυλινδρικού ρομπότ. Περιλαμβάνει δυο περιστροφικές αρθρώσεις και μια πρισματική σε κάθετο άξονα.



Σχήμα 1.10: Βραχίονας τύπου SCARA

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ARDUINO

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται σε θεωρητικό επίπεδο οι μονάδες μικροελεγκτών που χρησιμοποιούνται για την ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται στη γνωστή ομάδα πλακετών Arduino.

2.1 Τι είναι το Arduino;

Το Arduino είναι μια πλακέτα που πάνω έχει τοποθετημένο έναν μικροελεγκτή, η οποία περιέχει θύρες εισόδου και εξόδου που συνδέονται άμεσα με τον μικροελεγκτή. Η πλακέτα είναι ανοικτού κώδικα και μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring.

Η γλώσσα Wiring βασίζεται πάνω στην γλώσσα προγραμματισμού C++ και χρησιμοποιεί πολλές έτοιμες βιβλιοθήκες που είναι και αυτές προγραμματισμένες σε αυτή τη γλώσσα.

Η πλακέτα διατίθεται ελεύθερα στο εμπόρο σε δυο κατηγορίες προ-συναρμολογημένες και σε κομμάτια σε περίπτωση συναρμολόγησης από χρήστη.



Εικόνα 2.1: Λογότυπο Arduino

2.2 Ιστορική αναδρομή Arduino

Το Arduino κατασκευάστηκε από τους Massimo Banzi και David Cueartielles το 2005 με αρχικό όνομα Arduin της Ivrea. Η παραγωγή ξεκίνησε από τη βορειοδυτική Ιταλία σε μια κωμόπολη που λεγόταν Ιβρέα, εξ 'ου και το όνομα. Η πρώτη ολοκληρωμένη πλακέτα βγήκε στο εμπόριο το 2006 και ήταν το Arduino Mini. Στη συνέχεια ακολουθήσαν πάρα πολλές και διαφορετικές εκδόσεις, με αποτέλεσμα το 2011 να έχουν πουληθεί πάνω από 300.000 κομμάτια σε καταναλωτές. Η τελευταία

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

σειρά εκδόσεων που έβγαλε η εταιρεία ήταν το 2013, με τις πλακέτες Arduino Robot και Arduino Yun.

2.3 Βασικότερα πλεονεκτήματα του Arduino

Ο μεγαλύτερος παράγοντας που έπαιξε ρολό ώστε το Arduino να γίνει τόσο δημοφιλές το Arduino ήταν το χαμηλό κόστος. Κάποιος μπορεί να αγοράσει ένα kit με λιγότερο από 12 ευρώ (όπως το Arduino UNO R3).

Το λογισμικό που χρησιμοποιεί για να επικοινωνεί με το μικροελεγκτή είναι συμβατό με όλες τις πλατφόρμες, άρα η συμβατότητα είναι ένα μεγάλο πλεονέκτημα.

Άλλο ένα πλεονέκτημα είναι η απλότητα της πλακέτας αλλά και του λογισμικού με απώτερο σκοπό να χρησιμοποιείται ευκολά και από αρχάριους χρήστες.

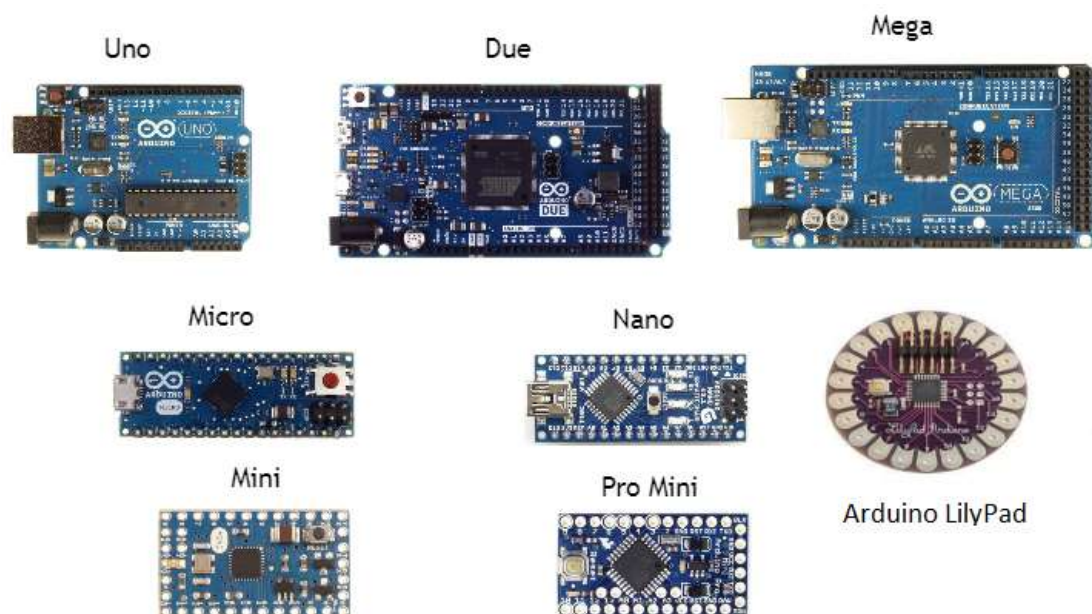
Η επεκτασιμότητα που προσφέρει, τόσο στο υλικό αλλά και στο λογισμικό κομμάτι αφού είναι ανοιχτού κώδικα, δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εκτελέσει το project που επιθυμεί με μεγάλη ευκολία.

2.4 Εκδόσεις Arduino και τα επικρατέστερα μοντέλα

Όπως αναφέρεται και παραπάνω υπάρχουν πάρα πολλές εκδόσεις Arduino. Οι επίσημες είναι Duemilanove, Diecimila, Nano, Mega, Bluetooth, LilyPad, Mini, Mini USB, Pro, Pro Mini, Serial και Serial SS. Οι πιο γνωστές είναι οι Arduino Duemilanove, Diecimila και Mega γιατί διαθέτουν θύρα USB και έχουν την δυνατότητα να συνδεθούν σχεδόν με όλα τα Shield που κυκλοφορούν στο εμπόριο. Υπάρχουν όμως και οι εκδόσεις Freeduino, Boarduino, Sanguino, Seeeduino, BBB και RBBB, που δεν είναι και τόσο δημοφιλείς πλατφόρμες όσο αυτές που προαναφέρθηκαν.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τα επικρατέστερα μοντέλα που κυκλοφορούν στο εμπόριο.

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού



Εικόνα 2.2: Μοντέλα Arduino

2.5 Arduino shields

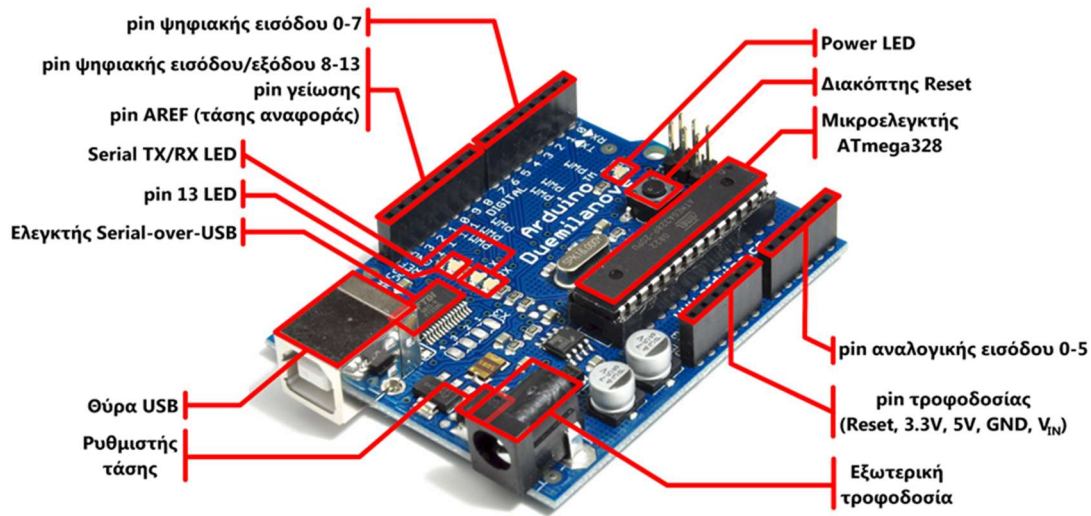
Τα shields είναι εξαρτήματα που έχουν την δυνατότά να συνδεθούν πάνω στα Pins της πλακέτας. Τα πιο δημοφιλή από αυτά είναι τα εξής:

- Τα WIFI shields που προσφέρουν ασύρματη σύνδεση στο διαδίκτυο.
- Ethernet shields που προσφέρουν σύνδεση στο διαδίκτυο αλλά με καλώδιο.
- Bluetooth Shield για επικοινωνία μέσω συστήματος Bluetooth.
- Motor shields για σύνδεση δυο έως τεσσάρων DC κινητήρων στην πλακέτα.

2.6 Το υλικό που έχει μια βασική πλατφόρμα Arduino

Η κάθε έκδοση πλακέτας έχει κάποιες μικρές ή μεγάλες διαφορές μεταξύ τους. Όμως, όλες χρησιμοποιούν την ίδια αρχιτεκτονική, οπότε η κύρια υλική δομή του αποτελείται από τα εξής εξαρτήματα:

- Από έναν μικροελεγκτή ATmega8 στις παλαιότερες εκδόσεις και στις νεότερες εκδόσεις ATmega328 ή ATmega168.
- Για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή είναι τοποθετημένη μια θύρα RS-232. Όμως, σήμερα έχει καθιερωθεί η θύρα USB, οπότε έχει τοποθετηθεί πάνω στην πλακέτα με την βοήθεια ενός προσαρμογέα τύπου Serial-over-USB με ένα τσιπ FTDI FT232.



Εικόνα 2.3: Υλικό Arduino Uno 3

- Η θύρα εξωτερικής τροφοδοσίας, βοηθά έτσι ώστε, να παρέχει ρεύμα στη πλατφόρμα, όπου καλύπτεται από DC πηγή καθώς πρέπει να είναι σε κλίμακα 7V έως 12V.
- Έναν σταθεροποιητή τάσης +5V.
- Για να παρέχονται οι παλμοί χρόνου στο ολοκληρωμένο η πλακέτα περιέχει έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή της τάξεως 16MHz.
- Για να γίνουν αντιληπτές οι διάφορες ενδείξεις της πλακέτας έχουν τοποθετημένα διάφορα Led. Με τα πιο βασικά απ' αυτά, να είναι: το Power Led , Pin 13 Led και Serial TX/RX.
- Ένα reset Button για αρχικοποίηση της πλακέτας.
- Στην πλακέτα υπάρχουν πάρα πολλά pins (αναλογικά και ψηφιακά) που συνδέονται με την τον μικροελεγκτή και σκοπός τους είναι να παρέχουν στο χρήστη μια τεράστια ποικιλία συνδεσμολογίας που θέλει να έχει με την πλακέτα. Πληροφοριακά, η κάθε διαφορετική έκδοση που υπάρχει, έχει το δικό της Pin mode.
 - Ένα PIN τάση εισόδου (V_{in}) που δίνει τη δυνατότητα απευθείας τροφοδοσίας των περιφερειακών εξαρτημάτων από την τροφοδοσία εισόδου.
 - PIN εξόδου τάσης (+5V) ώστε να παρέχει τροφοδοσία στα περιφερικά εξαρτήματα.

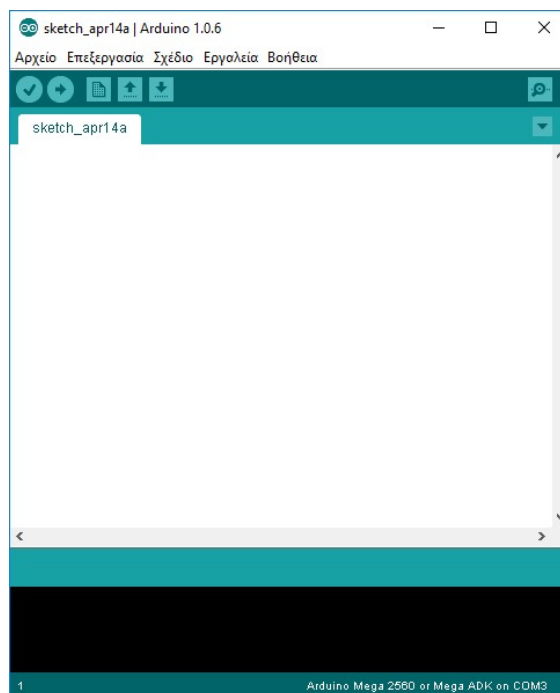
Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

- PIN εξίσου τάσης (+3,3V) ώστε να παρέχει τροφοδοσία στα περιφερικά εξαρτήματα.
- PIN γείωσης (GND) υπάρχουν αρκετές θύρες πάνω στη πλακέτα με σκοπό τη χρήση του από τα περιφερικά εξαρτήματα.

2.7 Περιβάλλον ανάπτυξης IDE

Η εφαρμογή του Arduino είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) που λειτουργεί σε πάρα πολλές πλατφόρμες, όπως Windows, Linux, OS. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει επεξεργασία κώδικα, ώστε να μπορεί ο χρήστης να δημιουργεί το δικό του αλγόριθμο στο μικροελεγκτή που βρίσκεται στην πλακέτα.

Το πρόγραμμα έχει δυνατότητα προσθήκης ετοιμών βιβλιοθηκών για μεγαλύτερη ευκολία στη συγγραφή του κώδικα και επίσης έχει compiler ως προς την ορθότητα του κώδικα που έχει γραφτεί σε γλώσσα Wiring.



Εικόνα 2.4: Περιβάλλον IDE

Το πρόγραμμα, στο επάνω μέρος αναγράφει το μενού με όλες τις λειτουργίες του. Ακριβώς από κάτω, δίνει έναν κείμενο έτοιμο προς χρήση, ώστε να μπορέσει να συνταχθεί ο κώδικας που ζητείται κάθε φορά. Ως τελευταίο τμήμα του

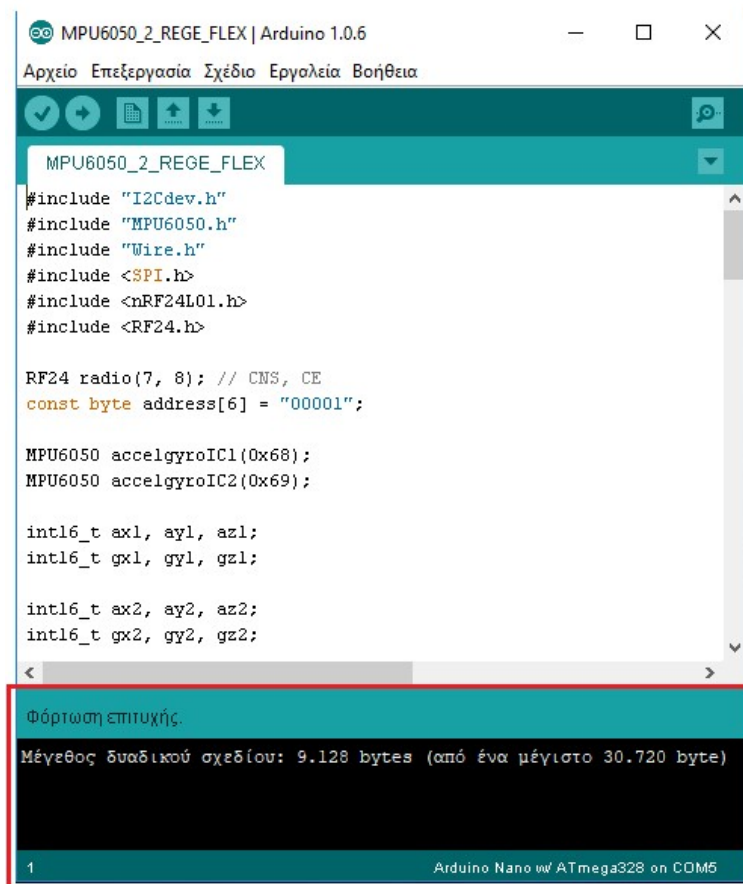
Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

παραθύρου είναι το μαύρο πλαίσιο, εμφανίζει μηνύματα σχετικά με το compile μεταμόρφωση του κώδικα.

Βάσει του τελευταίου, περιγράφονται παρακάτω τα βήματα που χρειάζονται ώστε να γίνει ορθή μεταμόρφωση του κώδικα στην πλακέτα:

1. Εκκίνηση του προγράμματος.
2. Φόρτωση του κώδικα στο IDE Arduino.
3. Σύνδεση της πλακέτας στον υπολογιστή, μέσω καλωδίου σε θύρα USB.
4. Επιλογή της συσκευής από το μενού *tools / board / Arduino...*
5. Επιλογή της θύρας επικοινωνίας στο μενού *tools / SerialPort / COM...*
6. Έλεγχος του προγράμματος για τυχόν λάθη με το κουμπί *verify*.
7. Μεταμόρφωση του κώδικα με το κουμπί *upload*.

Αν όλα τα παραπάνω βήματα έχουν εκτελεστεί επιτυχώς τότε, πάνω στην πλακέτα Arduino θα πρέπει να αναβοσβήσει ένα μικρό LED και στο περιβάλλον IDE θα πρέπει να εμφανιστεί το μήνυμα σωστής μεταμόρφωσης του κώδικα στο κάτω μέρος του παραθύρου.



```
MPU6050_2_REGE_FLEX | Arduino 1.0.6
Αρχείο Επεξεργασία Σχέδιο Εργαλεία Βοήθεια
MPU6050_2_REGE_FLEX
#include "I2Cdev.h"
#include "MPU6050.h"
#include "Wire.h"
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>

RF24 radio(7, 8); // CNS, CE
const byte address[6] = "00001";

MPU6050 accelgyroIC1(0x68);
MPU6050 accelgyroIC2(0x69);

int16_t ax1, ay1, az1;
int16_t gx1, gy1, gz1;

int16_t ax2, ay2, az2;
int16_t gx2, gy2, gz2;
```

Φόρτωση επιτυχής.
Μέγεθος δυαδικού σχεδίου: 9.128 bytes (από ένα μέγιστο 30.720 bytes)

1 Arduino Nano w/ ATmega328 on COM5

Εικόνα 2.5: Μήνυμα μεταμόρφωσης κώδικα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται όλα τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την επιτυχή ολοκλήρωση της πτυχιακής .

3.1 Ρομποτικός Βραχίονας

Ο ρομποτικός βραχίονας που χρησιμοποιήθηκε είναι πολυκατευθυντικός και αποτελείται από 5 διαφορετικά μοτέρ. Δηλαδή περιέχει 5 αρθρώσεις , που ο ένας περιστρέφει τη βάση του και ως τελικό σημείο έχει μια αρπαγή για να κρατάει αντικείμενα. Ο βραχίονας έχει δύναμη να σηκώσει αντικείμενα βάρους έως 100 γραμμάρια. Ανήκει στη κατηγορία του αρθρωτού βραχίονα και έχει πέντε βαθμού ελευθερίας μαζί με την αρπαγή.



Εικόνα 3.1: Αρθρώσεις βραχίονα

Όπως παρατηρείται στην εικόνα 3.1, η άρθρωση της βάσης έχει τη δυνατότητα περιστροφικής κίνησης 270 μοίρες ενώ η καθετή άρθρωση που είναι τοποθετημένη έχει 180 μοίρες ελευθέρια κίνησης. Στη συνέχεια η επόμενη άρθρωση (αγκώνας) προσφέρει 300 μοίρες κλήση. Στο τελικό στάδιο υπάρχει μια άρθρωση που προσφέρει καθετή κίνηση προς το βραχίονα 120 μοίρες.

3.2 Πλακέτα Arduino Uno

Η σειρά έκδοσης UNO θεωρείται ως η καλύτερη πλακέτα για να ξεκινήσει κάποιος με τα ηλεκτρονικά και την κωδικοποίηση καθώς είναι αρκετά ανθεκτικό κομμάτι. Είναι σίγουρο, ότι πλέον είναι η πιο χρησιμοποιημένη και τεκμηριωμένη πλακέτα όλης της οικογένειας Arduino.



Εικόνα 3.2: Arduino UNO

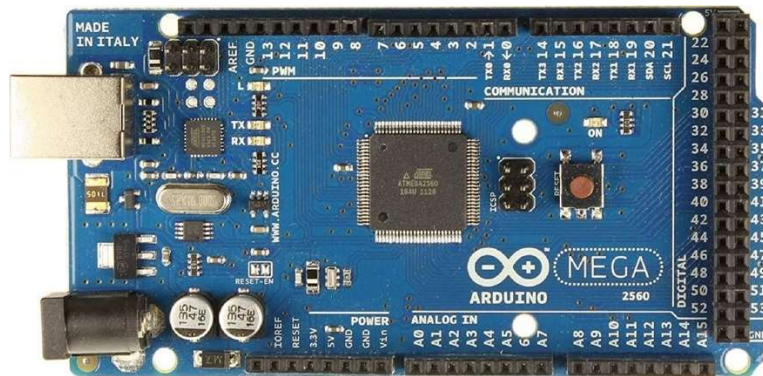
Παρακάτω αναλύονται τα χαρακτηριστικά του:

- Ο μικροελεγκτής που χρησιμοποιεί είναι ο ATmega328 με 32 KB Flash Memory εκ των οποίων τα 0.5 KB χρησιμοποιούνται από τον bootloader, Ακόμα έχει SRAM 2 KB και EEPROM 1 KB.
- Η τάση λειτουργίας του είναι στα 5V.
- Η εξωτερική τάση που μπορεί να δεχθεί η πλακέτα για την ομαλή λειτουργία της, κυμαίνεται από 7V έως και 12V.
- Τα όρια της τάσης της εξωτερικής τροφοδοσίας κυμαίνεται από 6V έως και 20V.
- Οι ψηφιακοί εισοδοι ή έξοδοι που παρέχει μέσω ακροδεκτών είναι 14 οπού οι 6 υποστηρίζουν και PWM.
- Οι αναλογικές εισοδοι είναι 6, οι οποίες και συνδέονται μέσω ακροδεκτών.
- Το μέγιστο συνεχές ρεύμα ανά ακροδέκτη εισόδου / εξόδου είναι στα 40 mA.
- Το μέγιστο ρεύμα για τον ακροδέκτη 3.3V είναι στα 50 mA.
- Η ταχύτητα ρολογιού στα 16 MHz.

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

3.3 Πλακέτα Arduino Mega 2560

Η έκδοση Mega 2560 είναι διαφορετικός τύπος από αυτή του Arduino UNO, διότι περιέχει περισσότερους ακροδέκτες. Επίσης υπάρχει έκδοση και η Arduino Mega 1280 που έχει ελάχιστες διαφορές με 2560.



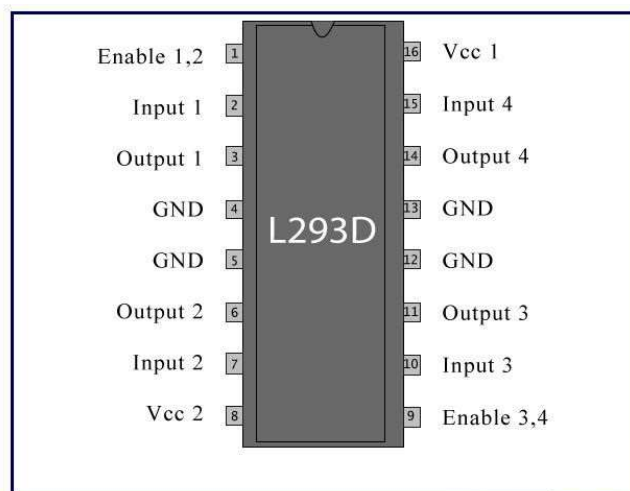
Εικόνα 3.3: Arduino Mega 2560

Παρακάτω παρατηρούνται τα χαρακτηριστικά του Mega 2560:

- Ο μικροελεγκτής που χρησιμοποιεί είναι ο ATmega2560 και περιέχει: 256KB flash memory που τα οποία τα 8 KB είναι για το bootloader, SRAM 8KB EEPROM 4 KB.
- Η τάση λειτουργίας του είναι στα 5V.
- Η εξωτερική τάση που μπορεί να δεχθεί η πλακέτα για την ομαλή λειτουργία της, κυμαίνεται από 7V έως και 12V.
- Τα όρια της τάσης της εξωτερικής τροφοδοσίας κυμαίνεται από 6V έως και 20V.
- Οι ψηφιακές εισοδοι ή έξοδοι που παρέχονται μέσω ακροδεκτών είναι 54 από τις οποίες οι 15 υποστηρίζουν και PWM.
- Οι αναλογικές εισοδοι είναι 16 οπού και αυτές συνδέονται μέσω ακροδεκτών.
- Το μέγιστο συνεχές ρεύμα ανά ακροδέκτη εισόδου / εξόδου είναι στα 40 mA.
- Το μέγιστο ρεύμα για τον ακροδέκτη 3.3V είναι στα 50 mA.
- Η ταχύτητα ρολογιού αποδίδει συχνότητα στα 16 MHz.

3.4 Ολοκληρωμένο L293D

Ένας ηλεκτρονικός κινητήρας DC δεν μπορεί να οδηγηθεί από την πλακέτα Arduino, γιατί απαιτεί περισσότερο ρεύμα και τάση αντίστοιχα, από αυτό που μπορεί να δώσει η πλακέτα. Αυτό όμως δημιουργεί ένα τεράστιο πρόβλημα, κατά την οδήγηση των κινήτρων. Οπότε σε αυτό το σημείο έρχεται το ολοκληρωμένο L293D να λύσει το πρόβλημα αυτό και μάλιστα σε πολύ χαμηλό κόστος. Το ολοκληρωμένο L293D ουσιαστικά, είναι ένας ενισχυτής που δέχεται ως είσοδο, σήματα TTL. Πιο συγκεκριμένα, συνδέεται απευθείας με τον μικροελεγκτή και ενισχύει τη τάση με το ρεύμα ανάλογα με αυτή που έχει δοθεί από το VCC. Κάθε ολοκληρωμένο L293D μπορεί να οδηγήσει μέχρι 2 ενεργοποιητές δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα ανάλογα με την είσοδο που έχει δεχθεί.



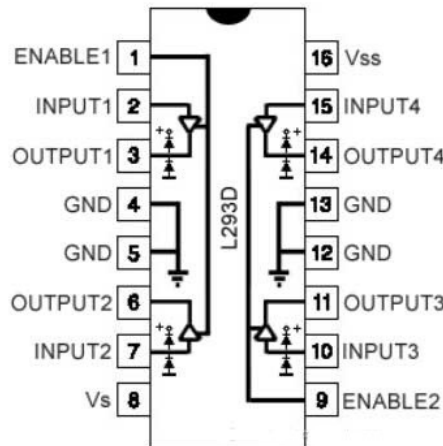
Σχήμα 3.1: L293D Pin Mode

Στο παραπάνω σχήμα (3.1), παρατηρείται το PIN Mode του ολοκληρωμένου L293D όπου τα PIN 1,9 συνδέονται στη πλακέτα και έχουν την χρησιμότητα να ενεργοποιούν τις εξόδους προς τους κινητήρες που αντιστοιχούν στα Pin 3,6 για τον έναν κινητήρα και 14,11 για τον δεύτερο κινητήρα. Τα Vcc1 και Vcc2 (με τα αντίστοιχα PIN 16,8) υπάρχουν για να εισρέεται στο L293D το μέγιστο ρεύμα και τάση που απαιτείται ώστε να μπορέσει να κινήσει τον κινητήρα. Για την είσοδο των δεδομένων TTL χρησιμοποιούνται αντίστοιχα τα PIN 3,7 και 15,10.

Παρακάτω φαίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά του ολοκληρωμένου L293D, τα οποία είναι :

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

- Το ρεύμα που μπορεί να προσφέρει είναι μέχρι 600mA.
- Η τάση που χρειάζεται για λειτουργήσει είναι από 4,5V έως και 36V.
- Το ολοκληρωμένο L293D οδηγεί τους κινητήρες DC με επαγωγικά φορτία καθώς είναι χρήσιμο για ηλεκτρονόμους και για τα πηνία.



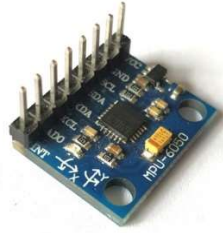
Σχήμα 3.2: Εσωτερικό ολοκληρωμένου L293D

Το L293D ουσιαστικά αποτελείται από 4 τελεστικούς ενισχυτές, οι οποίοι αντιστοιχούν δυο σε κάθε κινητήρα. Ο σκοπός που χρειάζεται το κύκλωμα δυο τελεστικούς ενισχυτές ανά κινητήρα, είναι για να καταφέρει την αριστερόστροφη ή την δεξιόστροφη κίνηση. Πιο συγκεκριμένα, βάσει των δεδομένων που εισέρχονται από τον μικροελεγκτή, ο ένας τελεστικός ενισχυτής εκ των δυο φορτίζεται και ο άλλος λειτουργεί ως γείωση. Με αυτό το τρόπο επιτυγχάνεται η φορά που απαιτεί ο κινητήρας να φέρει.

3.5 Αισθητήρας MPU-6050

Ο αισθητήρας MPU-6050 περιέχει ένα επιταχυνσιόμετρο (MEMS) και ένα γυροσκόπιο (MEMS) σε ένα ενιαίο τσιπ. Ως αισθητήρας είναι πολύ ακριβής, καθώς επιστέφει δεδομένα τάξεως των 16 bits σε κάθε κανάλι. Συνεπώς καταγράφει ταυτόχρονα τα κανάλια x, y, z και μεταφέρει τα δεδομένα μέσω του διαύλου I2C.

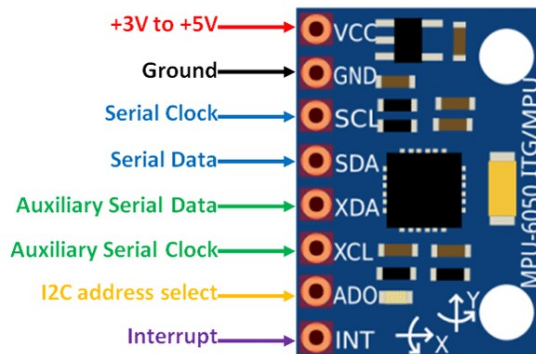
Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού



Εικόνα 3.4: MPU-6050

Αυτό μας βοηθά να μετρήσουμε την επιτάχυνση, την ταχύτητα, τον προσανατολισμό, την μετατόπιση και πολλές άλλες παραμέτρους κίνησης σχετικές με ένα σύστημα ή ένα αντικείμενο. Το DMP, που έχει ενσωματωμένο, παρέχει υψηλή υπολογιστική ισχύ ώστε να εκτελεί περίπλοκους υπολογισμούς και έτσι να ελευθερώνει τη «δουλειά» του μικροελεγκτή. Επίσης ως μια περαιτέρω μικρή λεπτομέρεια, μπορεί να συνδεθεί με εξαρτήματα IIC, όπως το μαγνητόμετρο, καθώς περιέχει και αισθητήρα θερμοκρασίας. Σαν αισθητήρας δεν είναι πολύ ακριβός, δεδομένου ότι συνδυάζεται με επιταχυνσιόμετρο και γυροσκόπιο.

Για να μπορέσει να έρθει σε λειτουργία ο αισθητήρας, πρέπει ο κώδικας να έχει προσαρμοστεί με την έτοιμη βιβλιοθήκη το πρωτόκολλο I2C, ώστε ο μικροελεγκτής να αντλήσει τα δεδομένα από το τσιπ.



Σχήμα 3.3: MPU-6050 Pinout

Παρακάτω φαίνεται αναλυτικότερα η χρησιμότητα του κάθε ακροδέκτη:

- Το VCC είναι η τροφοδοσία του αισθητήρα με εύρος +3V έως +5V.
- Το GND είναι ο ακροδέκτης γείωσης του αισθητήρα.
- Ο ακροδέκτης SCL χρησιμοποιείται για την παροχή παλμού με σκοπό την ορθή επικοινωνία του πρωτοκόλλου I2C.

- Ο ακροδέκτης SDA χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας I2C.
- Ο ακροδέκτης XDA είναι προαιρετικός και χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση άλλων μονάδων I2C με το MPU6050.
- Ο ακροδέκτης XCL είναι προαιρετικός και χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση άλλων μονάδων I2C με το MPU6050.
- Ο ακροδέκτης AD0 δίνει τη δυνατότητα να προστεθεί και δεύτερο MPU-6050 στο Arduino, κάτι που επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του I2C. Δηλαδή, δίνει τη δυνατότητα να τεθεί στο ένα τσιπάκι ή GND ή 3,3V ώστε να διαφοροποιήσει τη διεύθυνση στο I2C.
- Ο ακροδέκτης INT χρησιμοποιείται για να στείλει ένα σήμα εάν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για την ανάγνωση του MCU.

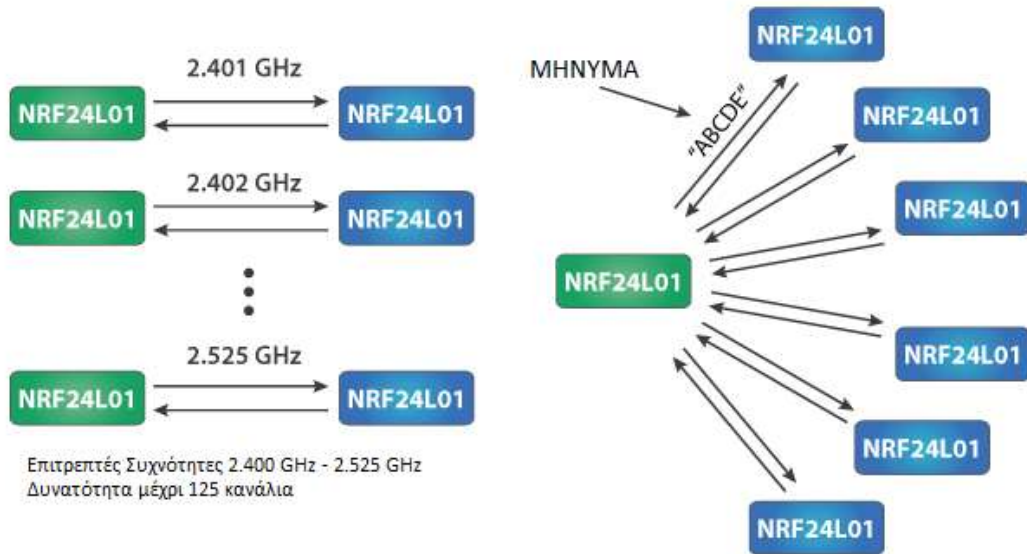
3.6 Πομποδέκτης nRF24L01

Ο nRF24L01 αποτελεί έναν πομποδέκτη που είναι σχεδιασμένος για ασύρματες εφαρμογές χαμηλής ισχύος καθώς λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων των 2.400 - 2.525GHz. Ο πομποδέκτης χρησιμοποιεί τη διαμόρφωση GFSK και συνήθως έχει ταχύτητα ασύρματης μετάδοσης (baud), από 250 kbps έως και 2 Mbps.

Η πομποδέκτης μπορεί να χρησιμοποιήσει 125 διαφορετικά κανάλια όπου η επιλογή των καναλιών θα πρέπει να γίνεται με βήμα 1 MHz. Καθώς επίσης έχει και τη δυνατότητα να παρέχει ένα δίκτυο μέχρι 125 μόντεμ που λειτουργούν το καθένα από αυτά ανεξάρτητα σε ένα μέρος. Επιπλέον, κάθε κανάλι έχει μέχρι 6 διευθύνσεις άρα μπορεί να επικοινωνεί με έως 6 άλλες πομποδέκτες ταυτόχρονα.

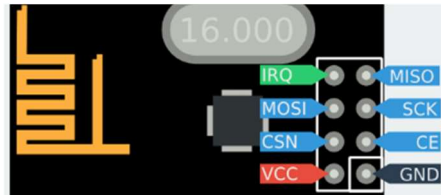
Για τη σύνδεση του πομποδέκτη με το Arduino απαιτείται η χρήση των βιβλιοθηκών <nRF24L01.h> και <RF24.h>. Αυτές οι βιβλιοθήκες έχουν ενσωματωμένους πίνακες για τη σύνδεση των ακροδεκτών ανάλογα με το μοντέλο της πλακέτας που χρησιμοποιείται. Έτσι αυτό συνεπάγεται με το γεγονός ότι δεν χρειάζεται προγραμματίστηκα να πραγματοποιηθεί δήλωση όλων των ακροδεκτών του πομποδέκτη, γιατί το κάνουν οι βιβλιοθήκες. Κατ' εξαίρεση, οι μόνοι ακροδέκτες που χρειάζονται δήλωση μέσω μιας ειδικής εντολής (που αναφέρεται σε επόμενο κεφάλαιο) είναι ο CS και ο CE.

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού



Σχήμα 3.4: Σχήμα πομποδεκτών nRF24L01

Η επικοινωνία πραγματοποιείται με τη μέθοδο δίαυλου σειριακής περιφερειακής διασύνδεσης (SPI). Οπότε προστίθεται μια ακόμη βιβλιοθήκη στο προγραμματισμό η <SPI.h>.



Σχήμα 3.5: Ακροδέκτες nRF24L01

Παρακάτω αναλύονται οι ακροδέκτες με τη βοήθεια από το σχήμα 3.5.

- Η τροφοδοσία του πομποδέκτη (Vcc) είναι στα 3.3V.
- Ακριβώς απέναντι από τον ακροδέκτη τροφοδοσίας είναι η γείωση (GND).
- Ο ακροδέκτης CE χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της μετάδοσης δεδομένων και λήψη όταν βρίσκεται σε λειτουργίες πομπού (TX) και δέκτη (RX), αντίστοιχα.
- Ο CSN είναι ο ακροδέκτης ενεργοποίησης των δίαυλων SPI.
- Ο ακροδέκτης SCK είναι το σειριακό ρολόι και χρησιμοποιείται για την ομαλή λειτουργία για των δίαυλων SPI.
- Ο ακροδέκτης MOSI (master out, slave in) χρησιμοποιείται από τον μικροελεγκτή για να στέλνει δεδομένα στο πομποδέκτη. Επειδή ο nRF24L01

δεν στέλνει δεδομένα χωρίς να το ζητήσει ο μικροελεγκτής η κυριά αρμοδιότητα που έχει ο δίαυλος είναι να μεταφέρει μηνύματα ώστε να ξεκινήσει ο πομποδέκτης να στέλνει δεδομένα.

- Ο ακροδέκτης MISO έχει τη λειτουργία να μεταφέρει δεδομένα από το πομποδέκτη στο μικροελεγκτή.
- Ο ακροδέκτης IRQ ουσιαστικά έχει το ρολό του διακόπτη σε πρόπτωση που χρειαστεί να σταματήσει η επικοινωνία.

nRF24L01	Arduino Uno
VCC	3.3 V
GND	GND
CS	7
CE	8
MOSI	11
MISO	12
SCK	13

Πίνακας 3.1: Pin Mode Arduino UNO

Στον παραπάνω πίνακα (3.1) διακρίνεται η σύνδεση των ακροδεκτών του nRF24L01 με το Arduino UNO όπως ακριβώς το ορίζουν οι βιβλιοθήκες που αναφέρθηκαν.

nRF24L01	Arduino Mega 2560
VCC	3.3 V
GND	GND
CS	22
CE	23
MOSI	51
MISO	50
SCK	52

Πίνακας 3.2: Pin Mode Arduino MEGA 2560

Το ίδιο ακριβώς παρουσιάζεται και στο πίνακα (3.2) με μόνη διαφορά αυτή της σύνδεσης με το kit Arduino Mega 2560. Οι τιμές που έχουν δοθεί για τους ακροδέκτες CS και CE είναι αυτές που έχουν καταχωρηθεί στο πρόγραμμα των πλακετών της πτυχιακής εργασίας.

3.7 Αισθητήρας καμπής - flex sensor

Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες αποτελούνται από εύκαμπτους συνδέσμους με μεταβλητή αντίσταση, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται πλήρως από τη γωνία καμπής. Για τις απαιτήσεις της πτυχιακής εργασίας χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας καμπής SEN-10264.



Εικόνα 3.5: Αισθητήρας SEN-10264.

Ο αισθητήρας αυτός είναι τύπου μεταβλητής αντίστασης αγωγίμης μελάνης. Πιο συγκεκριμένα, η εξωτερική του επιφάνεια έχει στρώση ειδικού υλικού το οποίο με τη σειρά του στο εσωτερικό του περιέχει αγωγιμα σωματίδια. Όταν ο αισθητήρας ξεκινάει να έχει καμπή, η εξωτερική επιφάνεια διαστέλλεται με αποτέλεσμα τα σωματίδια να απομακρύνονται από εσωτερικό του υλικού (που είναι το μελανί). Αυτό δημιουργεί αύξηση της αντίστασης και έτσι αυτό βοηθά στο προσανατολισμό της κλίσης που έχει πάρει ο αισθητήρας.

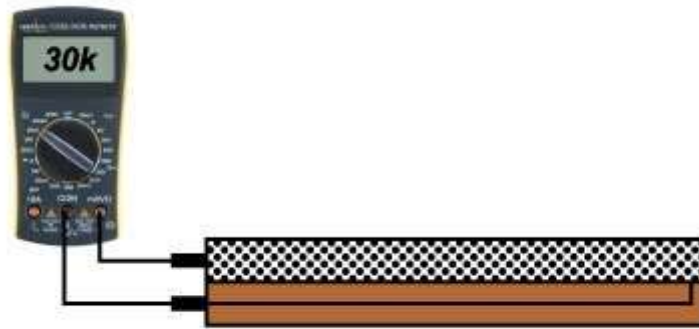
Τα βασικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα είναι τα εξής:

- Αντίσταση κατά την επίπεδη κατάσταση: 25K Ohms
- Ανοχή αντίστασης: ± 30
- Εύρος αντίστασης κατά την κάμψη: 45K έως 125K Ohms (εξαρτάται απο την ακτίνα καμπής)
- Μήκος 2.2"/55.88mm
- Life Cycle: >1 million

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

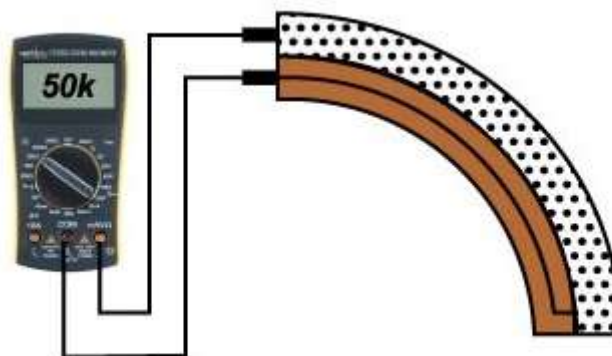
- Ύψος: 0.43mm (0.017")
- Εύρος θερμοκρασίας -35°C to +80°C

Όταν ο αισθητήρας είναι ίσιος, τότε τα σωματίδια δίνουν στο μελάνι αντίσταση περίπου 30k Ohms. (Σχήμα 3.6)



Σχήμα 3.6: Ο Αισθητήρας χωρίς κλίση

Στη περίπτωση που ο αισθητήρας κάμπτεται μακριά από το μελάνι, τα αγωγιμα σωματίδια κινούνται πιο μακριά, αυξάνοντας αυτή την αντίσταση περίπου 50k-70K (90 °, όπως στο παρακάτω σχήμα 3.7).



Σχήμα 3.7: Ο Αισθητήρας με κλίση 90 μοίρες

Αργότερα όταν ο αισθητήρας ισιώνει ξανά, η αντίσταση επιστρέφει στην αρχική της τιμή (30k Ohms).

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΚΑΤΑΣΚΕΥΣΤΙΚΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύονται τα βήματα που χρειάστηκαν για τη κατασκευή της πτυχιακής εργασίας. Πιο συγκριμένα περιγράφεται η σύνδεση των εξαρτημάτων (που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο) μεταξύ τους και οι έλεγχοι που χρειάστηκαν για να διαπιστωθεί η σωστή λειτουργία τους.

4.1 Σύνδεση Arduino με τα ολοκληρωμένα L293D

Το πρώτο στάδιο της κατασκευαστικής υλοποίησης είναι η οδήγηση του βραχίονα από το Arduino Mega. Αυτό επιτεύχθηκε, όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, με την βοήθεια των ολοκληρωμένων L293D. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα έτοιμο motor shield αλλά δεν θα παρείχε βοήθεια και αυτό γιατί δέχεται μέχρι τέσσερις κινητήρες ενώ ο συγκεκριμένος βραχίονας έχει πέντε κινητήρες τοποθετημένους.

Για το λόγο αυτό, στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας κατασκευάστηκε πάνω σε breadboard, ένα motor shield που μπορεί να οδηγήσει ευκολά τους 5 κινητήρες του βραχίονα. Το breadboard περιέχει τρία ολοκληρωμένα (L293D), διότι το καθένα έχει δυνατότητα μέχρι δυο κινητήρες DC.

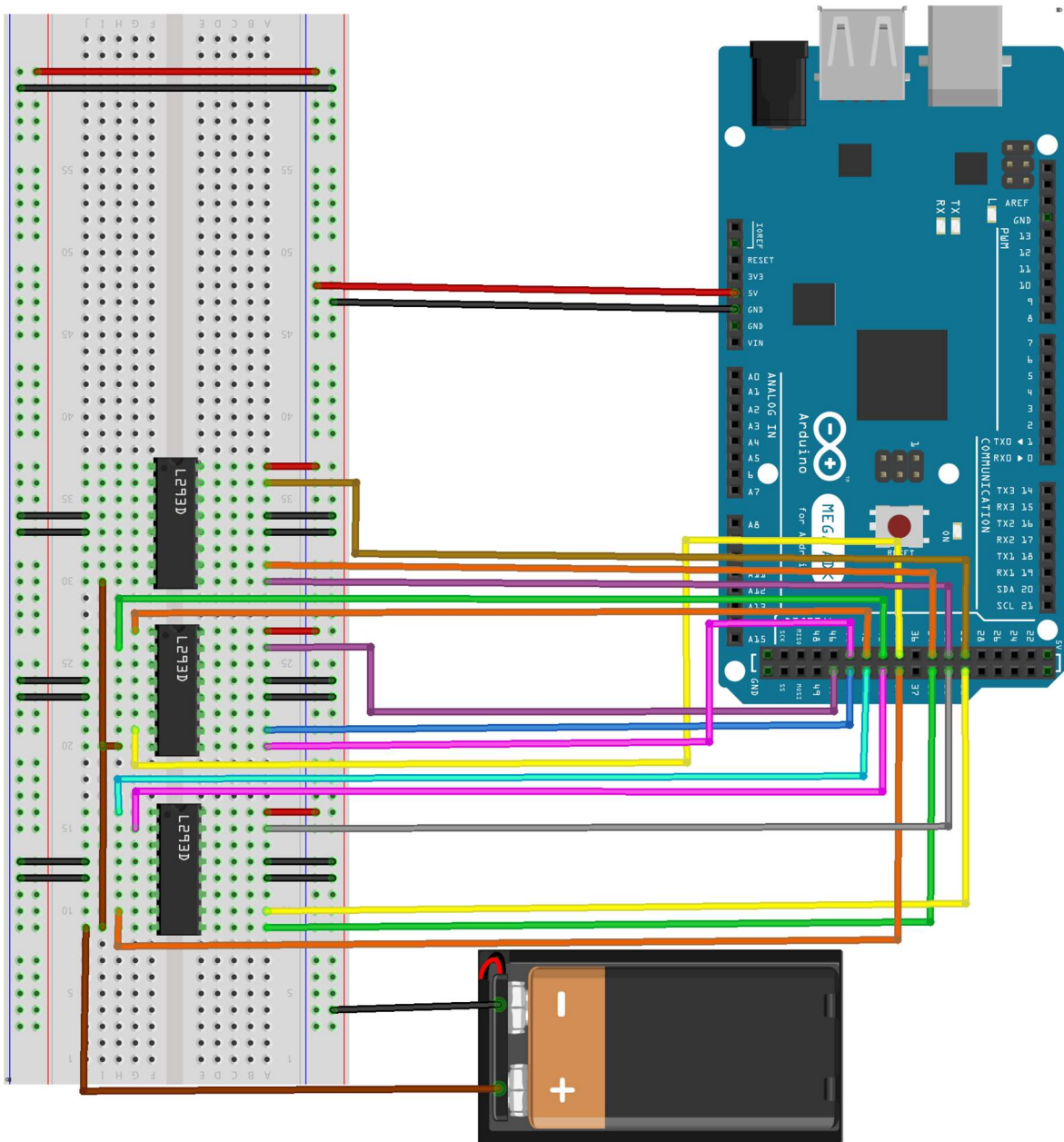
Για τροφοδοσία ενίσχυσης στα ολοκληρωμένα χρησιμοποιούνται 4 μπαταρίες της τάξης 1,5V σε 1.5B, που είναι τοποθετημένες στη βάση του βραχίονα. Το Arduino για καλύτερη λειτουργία έχει εξωτερική τροφοδοσία από πρίζα με μετασχηματιστή 12V στις 1000mA.

Η Σύνδεση των ακροδεκτών του Arduino με τα ολοκληρωμένα παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (4.1) και είναι η εξής σύνδεση:

- Για τον πρώτο κινητήρα είναι οι ακροδέκτες 31 και 33. Ο ακροδέκτης ενεργοποίησης ολοκληρωμένου είναι 35.
- Για το δεύτερο κινητήρα είναι οι ακροδέκτες 39 και 41. Ο ακροδέκτης ενεργοποίησης ολοκληρωμένου είναι 43.
- Για το τρίτο κινητήρα είναι οι ακροδέκτες 38 και 40. Ο ακροδέκτης ενεργοποίησης ολοκληρωμένου είναι 42.

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

- Για το τέταρτο κινητήρα είναι οι ακροδέκτες 30 και 34. Ο ακροδέκτης ενεργοποίησης ολοκληρωμένου είναι 32.
- Και για τον πρώτο κινητήρα είναι οι ακροδέκτες 47 και 45. Ο ακροδέκτης ενεργοποίησης ολοκληρωμένου είναι 44.

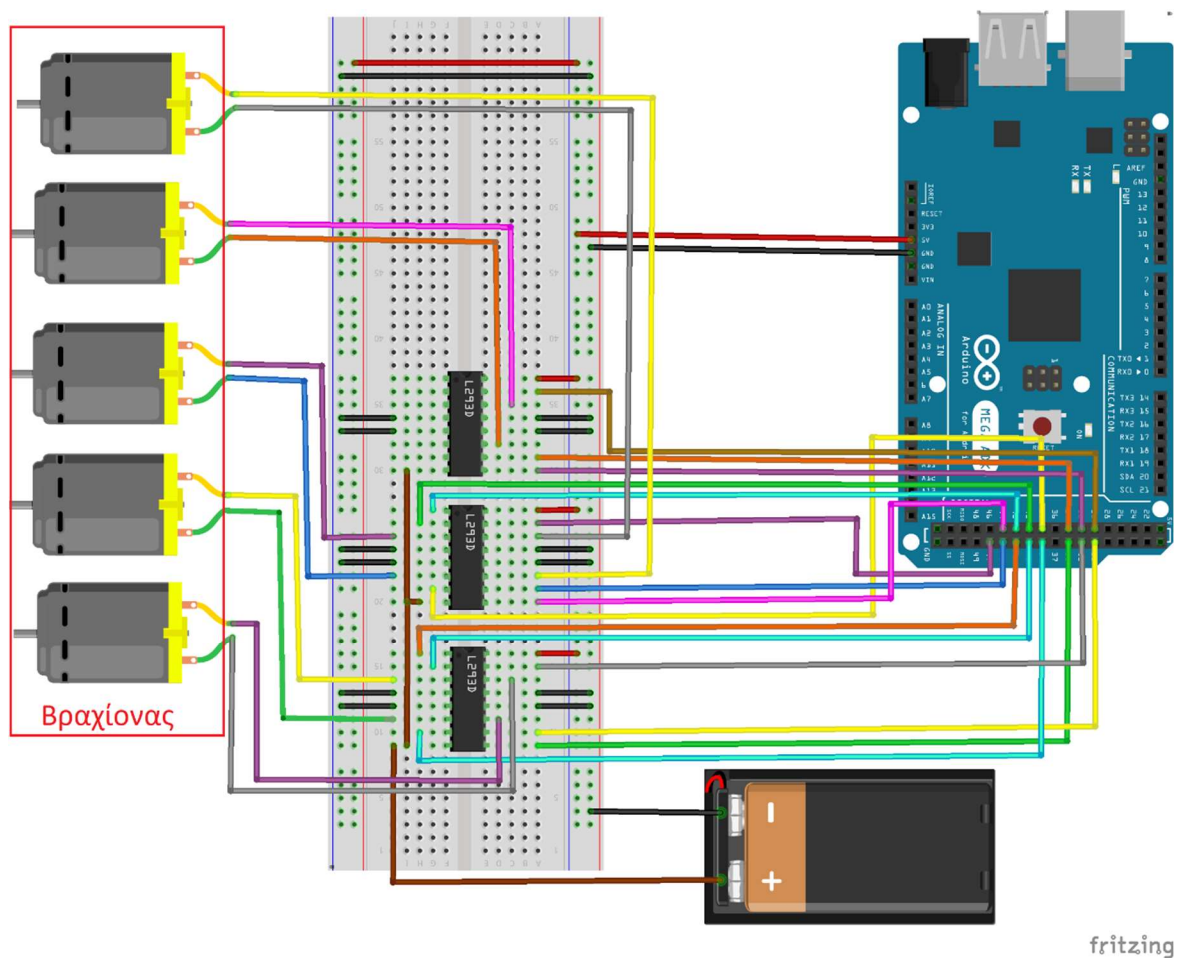


Σχήμα 4.1: Κύκλωμα οδήγησης κινητήρα

Αφού ολοκληρώθηκε συνδεσμολογία, πραγματοποιήθηκαν τεστ τοποθετώντας τον κώδικα στο Arduino και με ένα πολύμετρο τοποθετήθηκε στα Output των ολοκληρωμένων. Με αυτό το τρόπο διαπιστώθηκε η σωστή λειτουργία των L293D

4.2 Σύνδεση κυκλώματος οδήγησης κινητήρων (motor Driver) με το βραχίονα

Το επόμενο στάδιο είναι η σύνδεση του οδηγού κινητήρων με τον βραχίονα όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (4.2). Δηλαδή συνδέονται οι ακροδέκτες των κινητήρων με τους ακροδέκτες output των ολοκληρωμένων.



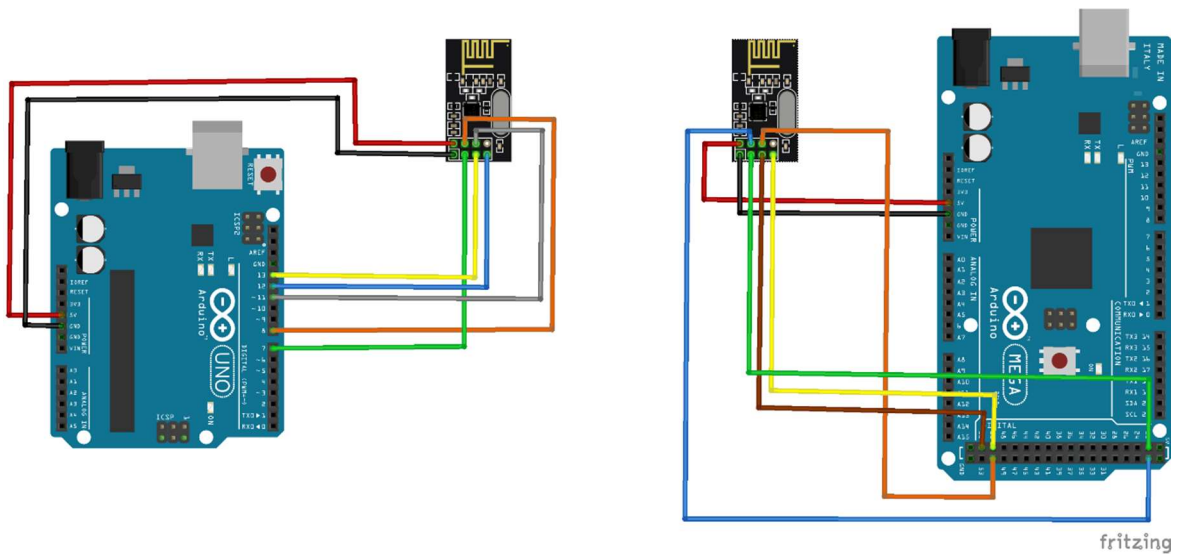
Σχήμα 4.2: Σύνδεση βραχίονα με τον οδηγό κινητήρων

4.3 Σύνδεση πομποδεκτών (nRF24L01) με τα Arduino

Το τελευταίο στάδιο υλοποίησης στο σταθερό κομμάτι που είναι πίσω από το βραχίονα, η ασύρματη σύνδεση μεταξύ των δυο Arduino. Όπως έχει προαναφερθεί αυτό το στάδιο θα επιτευχθεί με τους πομποδέκτες nRF24L01. Στο Arduino Mega θα συνδεθεί με την αρμοδιότητα του δεκτή πληροφοριών αφού δεν υπάρχει λόγος να στέλνει πληροφορίες στο Arduino Uno. Αντίστοιχα το Arduino Uno θα έχει το

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

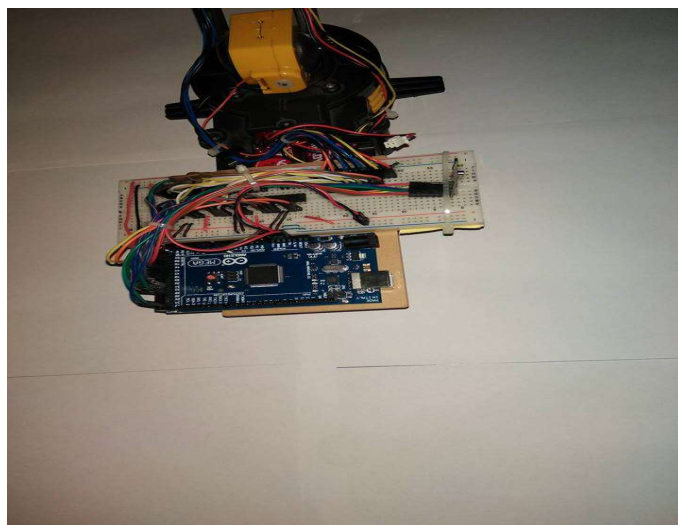
ρολό του πομπού εφόσον είναι τοποθετημένο πάνω στο χέρι για να στέλνει τις πληροφορίες στο βραχίονα.



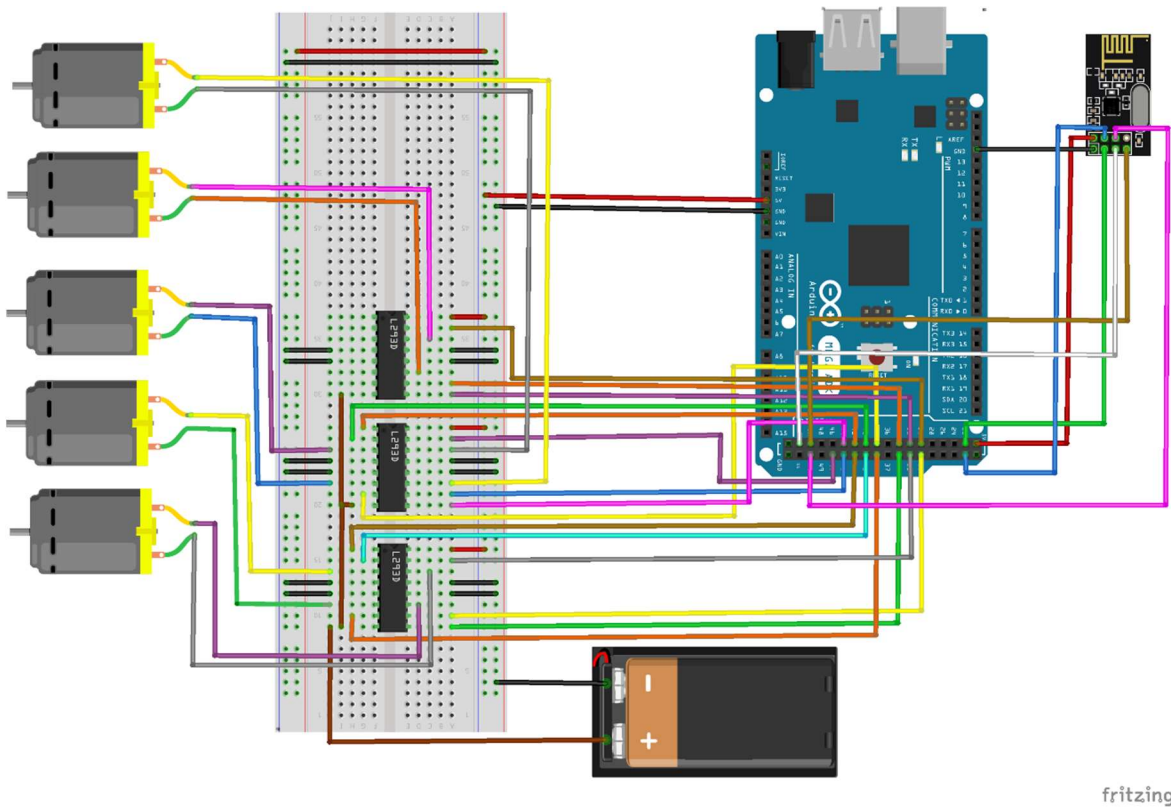
Σχήμα 4.3: Σύνδεση nRF24L01

Αφού συνδεθούν οι πομποδέκτες (όπως στο σχήμα 4.3) τοποθετείται ο κώδικας που χρειάζεται στα Arduino, ώστε να ακολουθήσουν τα απαραίτητα τεστ για να ελεγχθεί η σωστή μετάδοση των δεδομένων.

Έτσι, σε αυτό το σημείο η κατασκευή του σταθερού κόμματος της πτυχιακής εργασίας που αποτελείται από το βραχίονα, τον οδηγό κινητήρων, το Arduino Mega και το πομποδέκτη έχει ολοκληρωθεί (με το τελικό κύκλωμα στο σχήμα 4.4 και στην εικόνα 4.1 η τελικοί μορφή του βραχίονα).



Εικόνα 4.1: Τελική εμφάνιση βραχίονα



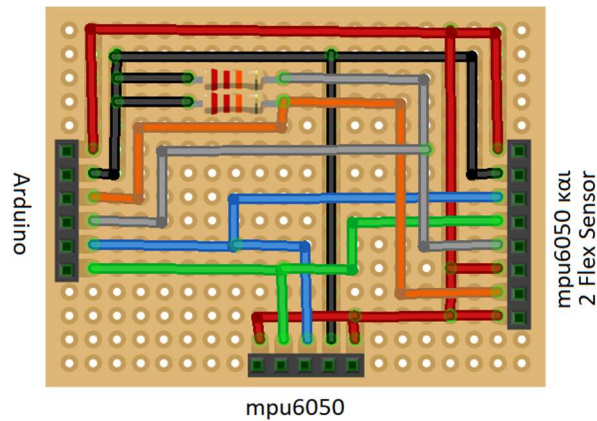
Σχήμα 4.4: Τελικό κύκλωμα Βραχίονα

4.4 Πλακέτα Σύνδεσης Αισθητήρων

Το επόμενο βήμα είναι η κατασκευή του μανικιού με το γάντι, ώστε με την βοήθεια των αισθητήρων, να αντλούν τις πληροφορίες από την κίνηση του χεριού. Το Arduino UNO συλλέγει δεδομένα από το κύκλωμα που έχει δημιουργηθεί πάνω στο χέρι, όμως αυτό δημιουργεί ένα τεράστιο πρόβλημα στην ευκαμψία που θα πρέπει να υπάρχει, με σκοπό όλες οι κινήσεις του χεριού να είναι ελεύθερες.

Για να αντιμετωπιστεί κατά ένα μεγάλο βαθμό το πρόβλημα που δημιουργείται χρειάζεται η κατασκευή μια πλακέτας (Σχήμα 4.5), η οποία ουσιαστικά τακτοποιεί τις συνδέσεις μεταξύ των αισθητήρων και μειώνει την συμφόρηση των καλωδίων. Πιο αναλυτικά, οι ακροδέκτες των αισθητήρων συνδέονται απευθείας στη πλακέτα και με τη σειρά της πλακέτα συνδέεται με το Arduino Uno.

Συγκεκριμένα στη πλακέτα πάνω υπάρχουν υποδοχές σύνδεσης για δυο αισθητήρες καμπής, δυο γυροσκόπια MPU-6050 και ένα Arduino.



Σχήμα 4.5: Πλακέτα σύνδεσης αισθητήρων

4.5 Σύνδεση Αισθητήρων mpu-6050

Για την καλύτερη κάλυψη της κίνησης του χεριού χρειάζονται δυο αισθητήρες mpu-6050. Ο ένας καταγράφει την κίνηση του αγκώνα ως προς τον άξονα του x και χρησιμοποιεί αυτή την πληροφορία για την άρθρωση που βρίσκεται τοποθετημένη πάνω από τη βάση του βραχίονα.

Ο δεύτερος αισθητήρας έχει τοποθετηθεί στο επάνω μέρος της παλάμης του χεριού και θα καταγράφει τις κινήσεις στους άξονες x και y ώστε να παράγει πληροφορίες για την κίνηση του καρπού. Όταν ο καρπός κινείται προς τα πάνω ή προς τα κάτω, δημιουργείται η πληροφορία για τον άξονα x και χρησιμοποιείται για την κίνηση της άρθρωσης “αγκώνα” του βραχίονα.

Η κινητήρια δύναμη, που κάνει την άρθρωση της βάσης να κινείται, προέρχεται από την πληροφορία που παράγει ο άξονας y του δεύτερου αισθητήρα. Δηλαδή, όταν ο καρπός έχει κλίση προς τα δεξιά ή αριστερά τότε επηρεάζει τον άξονα y του αισθητήρα και κινείται αντίστοιχα η βάση.

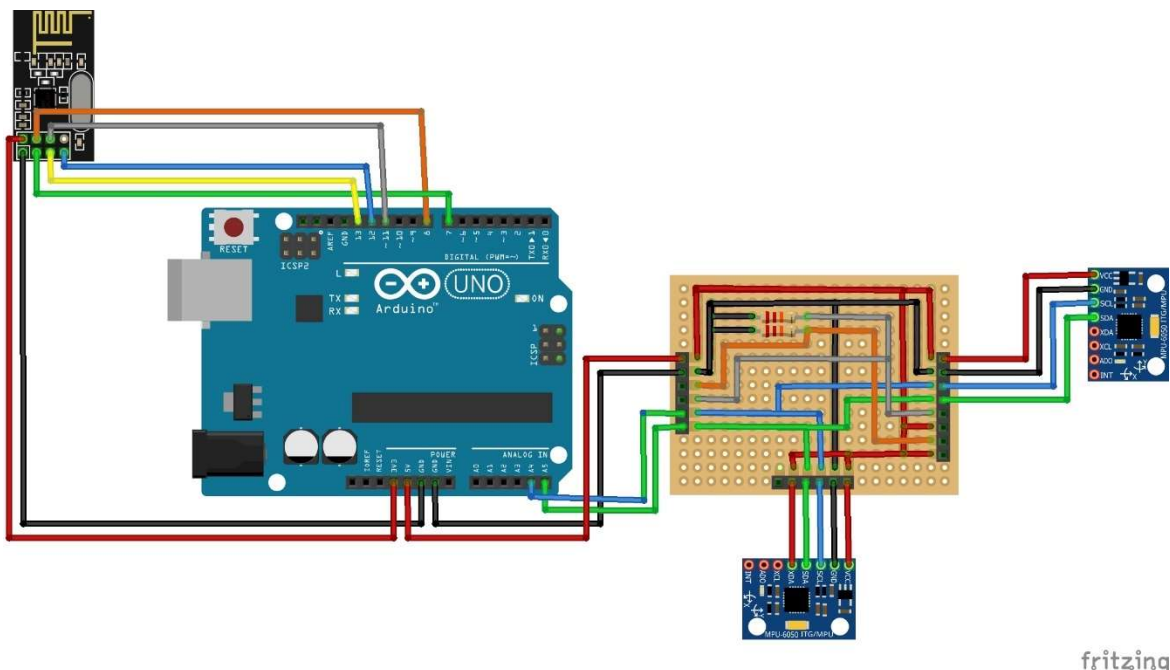
Στο πίνακα 4.1 απεικονίζεται η σύνδεση των ακροδεκτών του αισθητήρα με το Arduino UNO

mpu-6050	Arduino Uno
VCC	5V
GND	GND
SCL	A4
SDA	A5

Πίνακας 4.1: Pin mode mpu-6050

Η Σύνδεση των αισθητήρων πραγματοποιείται σύμφωνα με το σχήμα 4.5. Για να πραγματοποιηθεί σύνδεση και των δυο αισθητήρων πρέπει να γίνει χρήση των ακροδεκτών του Arduino. Όμως, αυτό γίνεται γιατί όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι ακροδέκτες συνδέονται στο Arduino με ένα συγκεκριμένο pin mode, λόγω των βιβλιοθηκών που είναι απαραίτητες για τον κώδικα του μικροελεγκτή.

Ταυτόχρονα δημιουργείται και ένα άλλο πρόβλημα, αυτό του μικροελεγκτή που δεν θα έχει τη δυνατότητα να διαβάσει από πιο αισθητήρα προέρχονται τα δεδομένα. Έτσι για να αντιμετωπιστεί το συγκεκριμένο πρόβλημα, το μόνο που χρειάζεται είναι να γίνει σύνδεση της τάσης 3,3V στον ακροδέκτη AD0 (όπως στο σχήμα 4.5) του ενός αισθητήρα, ώστε να διαφοροποιήσει τη διεύθυνση I2C.



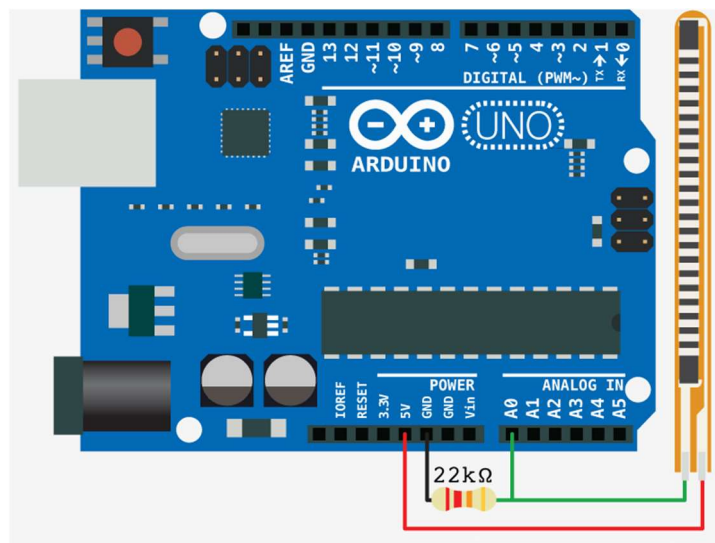
Σχήμα 4.6: Σύνδεση αισθητήρων MPU-6050

Όπως παρατηρείται, η σύνδεση των αισθητήρων με το Arduino γίνεται μέσω της πλακέτας αισθητήρων για την αποσυμφόρηση των καλωδίων, ώστε να έχει καλύτερη κινητικότητα το χέρι.

4.6 Σύνδεση Αισθητήρων καμπίς (Flex Sensor)

Η τοποθέτηση των αισθητήρων καμπίς στα δάχτυλα του χεριού αποτελεί το επόμενο βήμα. Για την ολοκλήρωση της κίνησης όλων των αρθρώσεων του κινητήρα έγινε εγκατάσταση δυο flex Sensor 2.2. Ο ένας έχει την αρμοδιότητα να ανοιγοκλείνει την αρπαγή ανάλογα με την κλήση που έχει και ο δεύτερος είναι τοποθετημένος έτσι ώστε να ελέγχει την άρθρωση που μετακινεί το τελικό στάδιο του βραχίονα.

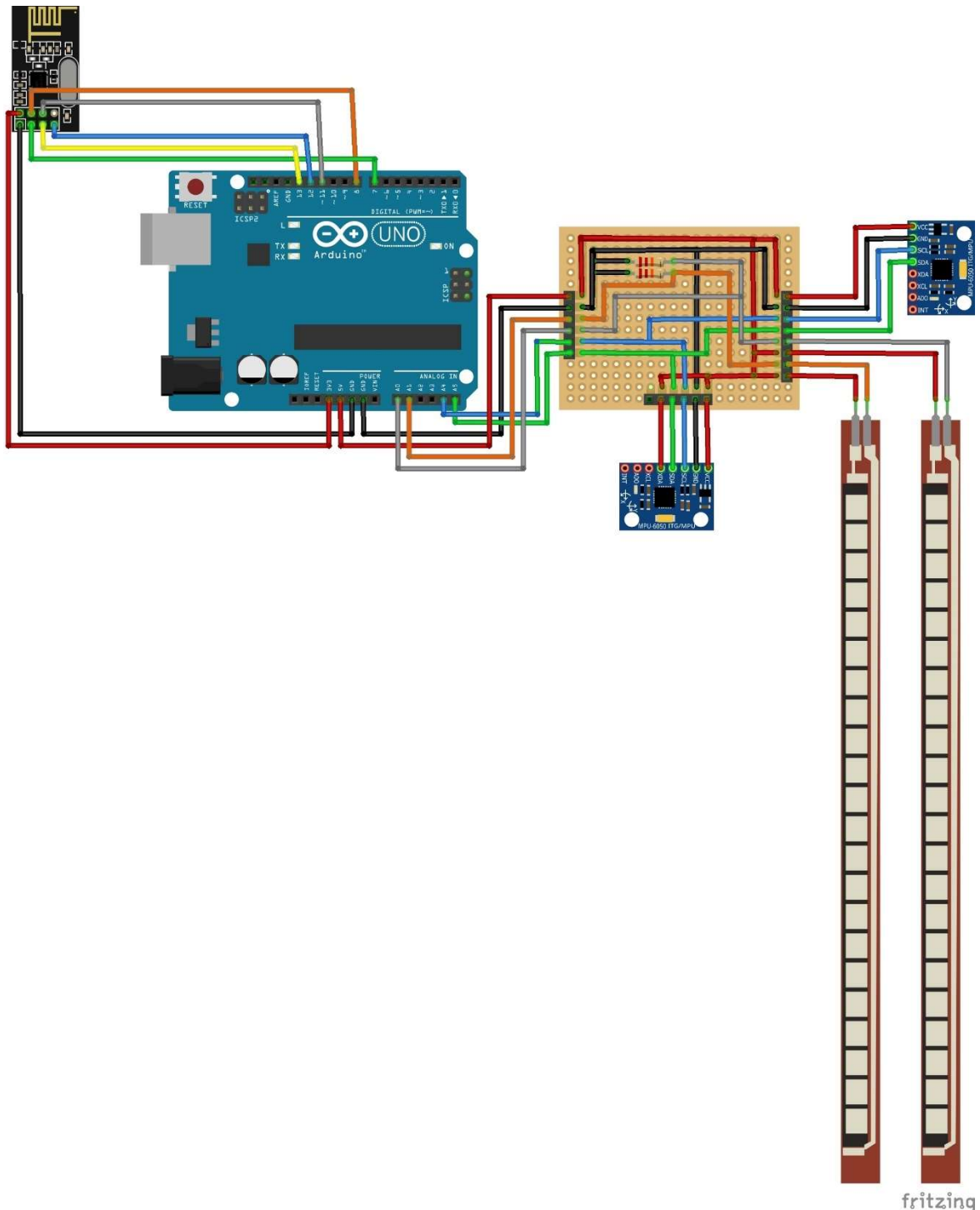
Για να μπορέσει ο μικροελεγκτής να λαμβάνει τις πληροφορίες από τους αισθητήρες απαιτείται μια αντίσταση 22KΩ για τον κάθε αισθητήρα. Το ένα άκρο της αντίστασης τοποθετείται στον ένα ακροδέκτη του αισθητήρα και το δεύτερο στη γείωση. Έτσι το Arduino με τη σειρά του, διαβάζει τα δεδομένα πριν την αντίσταση, όπου υπάρχει σύνδεση με τον αισθητήρα.



Σχήμα 4.7: Κύκλωμα αισθητήρα καμπίς

Όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 4.8 η σύνδεση των αισθητήρων με το Arduino γίνεται με τους ακροδέκτες A0 και A1. Τα μικρά κυκλώματα που δημιουργούνται έχουν τοποθετηθεί στη πλακέτα για λόγους καλύτερης ευκαμψίας του χεριού.

Το τελικό κύκλωμα που θα έχει το μανίκι μαζί με το γάντι έχει τη μορφή του σχήματος 4.8



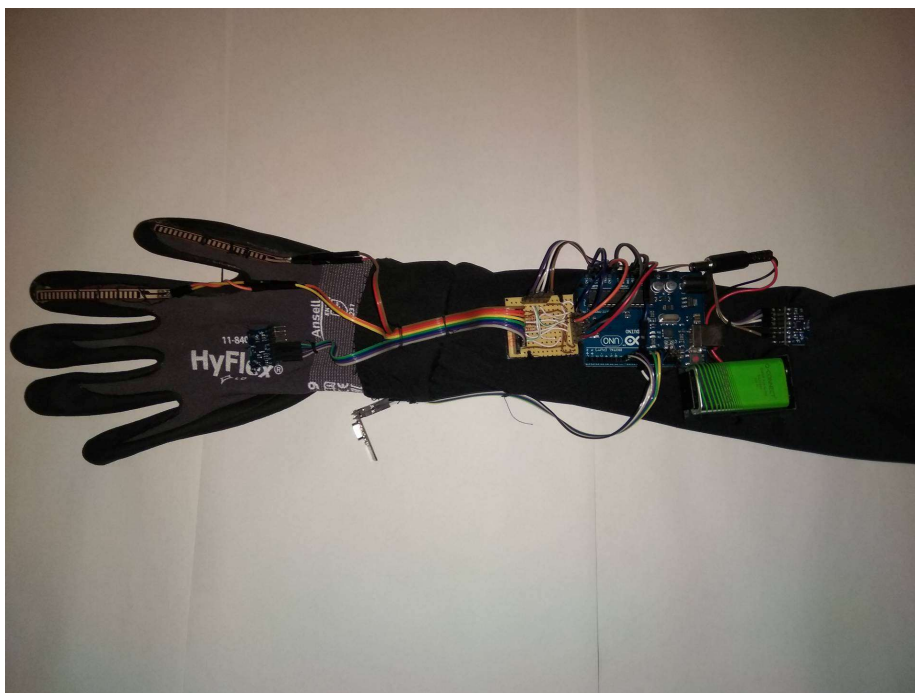
Σχήμα 4.8: Τελική μορφή κυκλώματος χεριού

4.7 Τελική μορφή μανικιού

Αφού έγιναν όλα τα τεστ, για τη λειτουργία των αισθητήρων, όλα τα εξαρτήματα ράφτηκαν πάνω σε ένα μανίκι και σε ένα γάντι και στη συνέχεια το γάντι με το μανίκι και μαζί τους μια μπαταριά 9V για να παρέχει ρεύμα στο Arduino. Έτσι

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

ολοκληρώνεται το στάδιο κατασκευή της πτυχιακής εργασίας και η τελική μορφή του κυκλώματος που έχει το χέρι παρουσιάζεται στη παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 4.2: Τελική μορφή μανικιού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΚΩΔΙΚΑΣ ARDUINO

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται ο κώδικας που γράφτηκε για το Arduino UNO και για το Arduino Mega.

4.1 Κώδικας Arduino Mega 2560

Ο κώδικας ξεκινάει με τη δήλωση των βιβλιοθηκών, που απαιτούνται για την σύνδεση του πομποδέκτη ενώ στη συνέχεια δηλώνονται οι ακροδέκτες CNS, CE και η διεύθυνση μετάδοσης δεδομένων.

```
#include <SPI.h>
#include <nRF24L01.h>
#include <RF24.h>
RF24 radio(22, 23); // CNS, CE
const byte address[6] = "00001";
```

Το αμέσως επόμενο βήμα είναι η δήλωση των ακροδεκτών για τα ολοκληρωμένα L293D.

```
int motor1[] = {
  31, 33, 35}; //motor 1
int motor2[] = {
  41, 39, 43}; //motor 2
int motor3[] = {
  38, 40, 42}; //motor 3
int motor4[] = {
  30, 34, 32}; //motor 4
int motor5[] = {
  47, 45, 44}; //motor 5
```

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

Σε αυτό το στάδιο τίθεται το Serial Begin στα 9600 baud, αμέσως μετά δηλώνεται οι ακροδέκτες των ολοκληρωμένων ως εξόδιο και γίνονται οι απαραίτητες αρχικοποιήσεις για τον πομποδέκτη.

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  
  // Setup motors  
  int i;  
  for(i = 0; i < 3; i++){  
    pinMode(motor1[i], OUTPUT);  
    pinMode(motor2[i], OUTPUT);  
    pinMode(motor3[i], OUTPUT);  
    pinMode(motor4[i], OUTPUT);  
    pinMode(motor5[i], OUTPUT);  
  }  
  
  radio.begin();  
  radio.openReadingPipe(0, address);  
  radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);  
  radio.startListening();  
  
}
```

Στη συνέχεια συντάσσεται η main συνάρτηση του κώδικα που εκτελεί όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται να κάνει ο μικροελεγκτής, ώστε να λειτουργεί ο βραχίονας. Πιο συγκεκριμένα, διαβάζει τις τέσσερις πρώτες σειρές όπου δίνονται οι πληροφορίες που έρχονται από το δεκτή και μετέπειτα ενεργοποιείται η κατάλληλη συνθήκη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ενεργοποιηθεί το ολοκληρωμένο και να ξεκινήσει να κινείται ο κινητήρας.

Για ταχύτερη μετάδοση δεδομένων, ο δέκτης λαμβάνει μόνο έναν αριθμό και ο οποίος περνάει μέσω μιας μεταβλητής από όλες τις συνθήκες, ώστε να ενεργοποιηθεί η σωστή. Η ενεργοποίηση του ολοκληρωμένου κρατάει ένα

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (Delay) και αμέσως μετά οι ακροδέκτες τίθενται σε χαμηλό επίπεδο (Low).

```
void loop() {  
  if (radio.available()) {  
    char num ;  
    radio.read(&num, sizeof(num));  
    Serial.println(int(num));
```

```
//up motor1
```

```
  if (num == 1){  
    digitalWrite(motor1[0], HIGH);  
    digitalWrite(motor1[1], LOW);  
    digitalWrite(motor1[2], HIGH);  
    delay(100);  
    digitalWrite(motor1[0], LOW);  
    digitalWrite(motor1[1], LOW);  
    digitalWrite(motor1[2], LOW);
```

```
//down motor1
```

```
  }else if (num == 2){  
    digitalWrite(motor1[0], LOW);  
    digitalWrite(motor1[1], HIGH);  
    digitalWrite(motor1[2], HIGH);  
    delay(100);  
    digitalWrite(motor1[0], LOW);  
    digitalWrite(motor1[1], LOW);  
    digitalWrite(motor1[2], LOW);
```

```
//right motor 2
```

```
  }else if (num == 3){  
    digitalWrite(motor2[0], HIGH);  
    digitalWrite(motor2[1], LOW);  
    digitalWrite(motor2[2], HIGH);  
    delay(100);  
    digitalWrite(motor2[0], LOW);
```

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

```
digitalWrite(motor2[1], LOW);  
digitalWrite(motor2[2], LOW);
```

```
//left motor 2
```

```
}else if (num == 4){  
digitalWrite(motor2[0], LOW);  
digitalWrite(motor2[1], HIGH);  
digitalWrite(motor2[2], HIGH);  
delay(100);  
digitalWrite(motor2[0], LOW);  
digitalWrite(motor2[1], LOW);  
digitalWrite(motor2[2], LOW);
```

```
//up motor 3
```

```
}else if (num == 5){  
digitalWrite(motor3[0], HIGH);  
digitalWrite(motor3[1], LOW);  
digitalWrite(motor3[2], HIGH);  
delay(50);  
digitalWrite(motor3[0], LOW);  
digitalWrite(motor3[1], LOW);  
digitalWrite(motor3[2], LOW);
```

```
//down motor 3
```

```
}else if (num == 6){  
digitalWrite(motor3[0], LOW);  
digitalWrite(motor3[1], HIGH);  
digitalWrite(motor3[2], HIGH);  
delay(50);  
digitalWrite(motor3[0], LOW);  
digitalWrite(motor3[1], LOW);  
digitalWrite(motor3[2], LOW);
```

```
//up motor 4
```

```
}else if (num == 7){  
digitalWrite(motor4[0], HIGH);  
digitalWrite(motor4[1], LOW);
```



```
digitalWrite(motor4[2], HIGH);
delay(50);
digitalWrite(motor4[0], LOW);
digitalWrite(motor4[1], LOW);
digitalWrite(motor4[2], LOW);
//down motor 4
}else if (num == 8){
digitalWrite(motor4[0], LOW);
digitalWrite(motor4[1], HIGH);
digitalWrite(motor4[2], HIGH);
delay(50);
digitalWrite(motor4[0], LOW);
digitalWrite(motor4[1], LOW);
digitalWrite(motor4[2], LOW);
//open motor5
}else if (num == 9){
digitalWrite(motor5[0], HIGH);
digitalWrite(motor5[1], LOW);
digitalWrite(motor5[2], HIGH);
delay(50);
digitalWrite(motor5[0], LOW);
digitalWrite(motor5[1], LOW);
digitalWrite(motor5[2], LOW);
//close motor5
}else if (num == 10){
digitalWrite(motor5[0], LOW);
digitalWrite(motor5[1], HIGH);
digitalWrite(motor5[2], HIGH);
delay(50);
digitalWrite(motor5[0], LOW);
digitalWrite(motor5[1], LOW);
digitalWrite(motor5[2], LOW);
}
}}
```

4.2 Κώδικας Arduino UNO

Ο κώδικας Wiring πάντα πρέπει να ξεκινάει με τη δήλωση των βιβλιοθηκών όπου χρειάστηκαν για τον συγκριμένο κώδικα και αυτές είναι οι εξής:

```
#include "I2Cdev.h"  
#include "MPU6050.h"  
#include "Wire.h"  
#include <SPI.h>  
#include <nRF24L01.h>  
#include <RF24.h>
```

Σε αυτό το σημείο, δηλώνονται οι ακροδέκτες CNS, CE που χρειάζονται για τον πομποδέκτη και η διεύθυνση μετάδοσης δεδομένων μεταξύ των δυο nRF24L01.

```
RF24 radio(7, 8); // CNS, CE  
const byte address[6] = "00001";
```

Το επόμενο στάδιο είναι δήλωση σταθερών και μεταβλητών που είναι απαραίτητη για την κυρία συνάρτηση του κώδικα.

```
MPU6050 accelgyroIC1(0x68);  
MPU6050 accelgyroIC2(0x69);
```

```
int16_t ax1, ay1, az1;  
int16_t gx1, gy1, gz1;
```

```
int16_t ax2, ay2, az2;  
int16_t gx2, gy2, gz2;
```

```
const int flexPin1 = A0;  
const int flexPin2 = A1;
```

```
int value1;
```

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

```
int value2;
```

```
int motor_R= 11000;
```

```
int motor_L= -11000;
```

```
int motor_U= 11000;
```

```
int motor_D= -11000;
```

```
int motor_F= 420;
```

```
int motor_F2= 440;
```

```
int motor_flex= 300;
```

```
char text;
```

Η επόμενη συνάρτηση αφορά τις ρυθμίσεις των εξαρτημάτων που έχουν συνδεθεί στο Arduino. Το Serial.Begin ρυθμίζεται στα 4800 baud.

```
void setup() {
```

```
    Wire.begin();
```

```
    Serial.begin(4800);
```

Στη συνέχεια αναλαμβάνει το πρωτόκολλο I2C να συνδεθεί και να εκτελέσει κάποιες λειτουργίες αρχικοποίησης των αισθητήρων MPU-6050.

```
    Serial.println("Initializing I2C devices...");
```

```
    accelgyroIC1.initialize();
```

```
    accelgyroIC2.initialize();
```

```
    Serial.println("Testing device connections...");
```

```
    Serial.println(accelgyroIC1.testConnection() ? "MPU6050 #1 connection  
successful" : "MPU6050 connection failed");
```

```
    Serial.println(accelgyroIC2.testConnection() ? "MPU6050 #1 connection  
successful" : "MPU6050 connection failed");
```

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

Παρακάτω δηλώνονται οι απαραίτητες ρυθμίσεις του πομποδέκτη ώστε να έχει τη λειτουργία του πομπού.

```
radio.begin();  
radio.openWritingPipe(address);  
radio.setPALevel(RF24_PA_MIN);  
radio.stopListening();  
}
```

Η κύρια συνάρτηση συντάσσεται με την τοποθέτηση πληροφοριών στις μεταβλητές των αισθητήρων και στη συνέχεια εμφανίζονται στη σειριακή οθόνη, ώστε να παρατηρούνται τα δεδομένα από τους αισθητήρες.

```
void loop() {  
  
  accelgyroIC1.getMotion6(&ax1, &ay1, &az1, &gx1, &gy1, &gz1);  
  accelgyroIC2.getMotion6(&ax2, &ay2, &az2, &gx2, &gy2, &gz2);  
  value1 = analogRead(flexPin1);  
  value2 = analogRead(flexPin2);  
  Serial.print("a/g:\t");  
  Serial.print(ax1); Serial.print("\t");  
  Serial.print(ay1); Serial.print("\t");  
  Serial.print(ax2); Serial.print("\t");  
  Serial.print(ay2); Serial.print("\t");  
  Serial.print(value1); Serial.print("\t");  
  Serial.print(value2); Serial.print("\t");  
  Serial.println("\n");  
}
```

Το τελευταίο στάδιο του κώδικα είναι η επεξεργασία των πληροφοριών μέσω των κατάλληλων συνθηκών, ώστε να σταλεί στο Arduino του βραχίονα. Όταν ενεργοποιηθεί κάποια συνθήκη από τις παρακάτω, σημαίνει ότι το χέρι έχει πραγματοποιήσει κάποια κίνηση. Αντίστοιχα, μέσω της εντολή `radio.write` στέλνεται ασύρματα ο αριθμός που θα ενεργοποιήσει την συνθήκη του καταλλήλου κινητήρα. Έτσι δημιουργείται η ασύρματη κίνηση του βραχίονα βάσει της κίνησης του χεριού.

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

//άρθρωση βάσης, κίνηση δεξιά

```
if (ay1 > motor_R){  
    text=3;  
    radio.write(&text, sizeof(text));  
}
```

//άρθρωση βάσης, κίνηση αριστερά

```
else if (ay1 < motor_L){  
    text=4;  
    radio.write(&text, sizeof(text));  
}
```

// άρθρωση πάνω από τη βάση, κίνηση προς τα πάνω

```
if (ax1 > motor_U){  
    text=8;  
    radio.write(&text, sizeof(text));  
}
```

// άρθρωση πάνω από τη βάση, κίνηση προς τα κάτω

```
else if (ax1 < motor_D){  
    text=7;  
    radio.write(&text, sizeof(text));  
}
```

//άρθρωση 'Αγκόνα', κίνηση προς τα πάνω

```
if (ax2 > motor_U){  
    text=1;  
    radio.write(&text, sizeof(text));  
}
```

//άρθρωση 'Αγκόνα', κίνηση προς τα κάτω

```
else if (ax2 < motor_D){  
    text=2;  
    radio.write(&text, sizeof(text));  
}
```

//Άρθρωση πριν το τελικό στάδιο, κίνηση προς τα πάνω

```
if (value1 > motor_F){  
    text=5;  
    radio.write(&text, sizeof(text));  
}
```

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

```
    }  
    // Άρθρωση πριν το τελικό στάδιο, κίνηση προς τα πάνω  
    if (value1 < motor_flex ){  
        text=6;  
        radio.write(&text, sizeof(text));  
    }  
    //Ανοιγμα αρπάγης  
    if (value2 > motor_F2){  
        text=9;  
        radio.write(&text, sizeof(text));  
    }  
    //κλείσιμο αρπάγης  
    if (value2 < motor_flex ){  
        text=10;  
        radio.write(&text, sizeof(text));  
    }  
}
```

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΝΟΨΗ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

6.1 Σύνοψη της πτυχιακής εργασίας

Η πτυχιακή εργασία αποτελεί μια προσπάθεια να επιτευχθεί, μέσω κινήσεων ενός ανθρώπινου χεριού, ο έλεγχος ρομποτικού βραχίονα χωρίς να υπάρχει καλωδιακή επαφή. Για τις απαιτήσεις ολοκλήρωσης του έργου χρησιμοποιήθηκαν δυο πλακέτες Arduino, ένας ρομποτικός βραχίονας σταθερής βάσης που περιέχει πέντε αρθρώσεις και αρκετοί αισθητήρες (όπως γυροσκόπια και αισθητήρες καμπής). Επίσης δημιουργήθηκε ένα μανίκι που πάνω έχει τοποθετημένους όλους τους απαραίτητους αισθητήρες και το ένα Arduino ώστε να διαβάζει τις κινήσεις του χεριού και να στέλνει τις απαραίτητες πληροφορίες στο Arduino που είναι πίσω από το βραχίονα. Αντίστοιχα το Arduino του βραχίονα λαμβάνει την πληροφορία και μέσω των ολοκληρωμένων L293D (που είναι τοποθετημένα πάνω σε Breadboard) όπου ενεργοποιούν τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος (DC).

6.2 Προοπτικές

Ο κύριος στόχος της πτυχιακής εργασίας είναι να βοηθήσει θεραπευτικά αλλά και ψυχολογικά ανθρώπους που έχουν έναν βαθμό αναπηρίας στα άνω άκρα. Η ψυχολογική βοήθεια παρέχεται δίνοντας κάποιες αισθήσεις στο συγκεκριμένο άνθρωπο που δεν έχει νιώσει. Αυτό μπορεί να είναι κάτι πολύ απλό, όπως να μετακινήσει ένα αντικείμενο από ένα σημείο σε ένα άλλο έστω με την βοήθεια του βραχίονα που θα δημιουργεί κάποια κίνηση από το χέρι του. Επίσης ανάλογα με την περίπτωση θα μπορεί να βοηθήσει στη θεραπεία αποκατάστασής του χεριού δίνοντας ένα κίνητρο να χρησιμοποιήσει το χέρι ώστε κινεί το βραχίονα.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

[1] <http://www.robotplatform.com>

[2] <http://www.components101.com>

[3] <http://www.geeetech.com>

[4] <https://el.wikipedia.org>

[6] <https://www.wikipedia.org/>

[7] https://www.google.gr/search?q=arduino&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=0ahUKEWjlzseE44TaAhUL26QKHQ6pAbcQ_AUICygC&biw=1680&bih=880&dpr=1#imgrc=7VPVW10q6rOOKM:

[8] <http://docplayer.gr/3802942-Rompotiki-i-analysi-eleghos-ergastirio-kinimatiki-statiki-dynamiki-analysi-kai-eleghos-rompotikon-heiriston.html>

[9] <http://slideplayer.gr/slide/12415266/>

[10] <http://docplayer.gr/1773890-Arduino-applications-for-drone-development-programming-18-th-panhellenic-conference-in-informatics-2-nd-4-th-of-october-2014.html>

[11] https://www.google.gr/search?q=%CE%B2%CF%81%CE%B1%CF%87%CE%B9%CE%BF%CE%BD%CE%B1%CF%82+%CF%81%CE%BF%CE%BC%CF%80%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%82&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiGxXB1YTaAhVJDuwKHUuOCsoQ_AUICigB&biw=1680&bih=929#imgrc=1hm7iluFr-hl_M:

[12] <https://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo>

Ασύρματη κίνηση ρομποτικού βραχίονα με την κίνηση χεριού

[13] <http://bildr.org/2012/11/flex-sensor-arduino/>

[14] <https://www.indiamart.com/proddetail/flex-sensor-2-2-inch-6449104648.html>

[15] <https://www.arduino.cc/>

[16] <http://inai.gr/321/arduino/>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Λιωνής Πολυχρόνης Σπύρος, Παπάζογλου Παναγιώτης, “ Ανάπτυξη Εφαρμογών με το Arduino “ ,2^η Έκδοση, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑΣ, 2017.
- [2] Καλοφωλιάς Δ., “Ο ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ AVR ATMega328 ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ARDUINO” ,Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑΣ, 2017.
- [3] Craig, John J ,“Εισαγωγή στη ρομποτική”, 3^η Έκδοση, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑΣ, 2008.
- [4] Σταμάτης Αλατσαθανός, Ειρήνη Αλατσαθανού ,“Ρομποτική για Μηχανικούς”.
- [5] Ζωή Δουλγέρη “Ρομποτική ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ, ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΡΘΡΩΤΩΝ ΒΡΑΧΙΟΝΩΝ”.
- [6] Πογαριδης Δημητρης “Ενσωματωμενα Συστηματα, οι Μικροελεκτες AVR και ARDUINO” , Εκδοσεις ΔΙΣΙΓΜΑ, 2015.