



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΧΕΡΙΟΥ  
ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΕΞ' ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ**

**ΣΤΙΒΕΝ-ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΕΛΕΖΑΪ**

**Αριθμός Μητρώου: 48015029**

**Επιβλέπων Καθηγητής**

**Παντελεήμων Ασβεστάς, Αναπληρωτής Καθηγητής**

**Αθήνα 02/10/2021**

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Παντελεήμων Ασβεστάς

Αναπληρωτής Καθηγητής

Δημήτριος Γκλώτσος

Αναπληρωτής Καθηγητής

Σπυρίδων Κωστόπουλος

Επίκουρος Καθηγητής

**ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ο υπογράφων Στίβεν – Παναγιώτης Ελεζάι , με αριθμό μητρώου 48015029 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία

14/10/2021

Ο Δηλών,

Στίβεν-Παναγιώτης Ελεζάι

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη και εφαρμογή των ρομποτικών συστημάτων ολοένα και αυξάνεται στην επιστήμη της ιατρικής. Πιο συγκεκριμένα την τελευταία δεκαετία, η χρήση ασύρματων ιατροτεχνολογικών συστημάτων έχει αυξηθεί σημαντικά, λόγω της διευκόλυνσης που προσφέρει στις καθημερινές ανάγκες των ασθενών. Η προκείμενη διπλωματική εργασία μελετά την κατασκευή μιας ρομποτικής παλάμης, η οποία δημιουργήθηκε με 3D εκτυπωτή ελεγχόμενης εξ' αποστάσεως η οποία αντικατοπτρίζει τις κινήσεις των δακτύλων ενός ανθρώπινου χεριού. Η κατασκευή περιλαμβάνει ένα γάντι ενσωματωμένο από πέντε αισθητήρες κάμψης, οι οποίοι παράγουν κατάλληλα σήματα ανάλογα με τις κινήσεις των δακτύλων. Έπειτα τα σήματα αυτά καταλήγουν σε έναν μικροελεγκτή Arduino uno και μέσω μιας μονάδας μετάδοσης ασύρματων δεδομένων NRF24L01 μεταδίδονται σε έναν δεύτερο μικροελεγκτή Arduino nano, ο οποίος βρίσκεται ενσωματωμένος στο ρομποτικό χέρι. Με αυτό το τρόπο λαμβάνουν τα σήματα οι σερβοκινητήρες που είναι και αυτοί ενσωματωμένοι και συνδεδεμένοι με τα δάκτυλα της ρομποτικής παλάμης. Έτσι οι σερβοκινητήρες με τη σειρά τους παίρνοντας ενέργεια από δύο μπαταρίες 18650 και μέσω κατάλληλου προγραμματισμού κινούν τα δάκτυλα της ρομποτικής κατασκευής σχεδόν ταυτόχρονα όπως ακριβώς κινούνται τα δάκτυλα του χειριστή που φοράει το γάντι. Η ρομποτική παλάμη δοκιμάστηκε ως προς την ακρίβεια των κινήσεων προσομοίωσης των δακτύλων καθώς και ως προς τη δυνατότητα συγκράτησης αντικειμένων.

***Λέξεις Κλειδιά: Διπλωματική εργασία, Ρομποτική παλάμη, Εξ'αποστάσεως κίνηση, Ασύρματα, Arduino uno, Arduino nano, Σερβοκινητήρες, NRF24L01, Flex sensor, Μπαταρίες 18650***

## **ABSTRACT**

In recent years, there is an increase in the development and implementation of robotic systems in the science of medicine. In the last decade, the use of wireless medical devices has been increased significantly due to the facility that offers to the patients' daily needs. This bachelor's thesis studies the construction of a 3D printing robotic palm that is controlled wirelessly by a glove, that reflects the movements of the fingers of a human hand. The construction includes a glove with five flex sensors, which produce appropriate signals, following to the fingers movements. Then these signals end up in a microcontroller Arduino Uno and through a wireless data transmission NRF24L01, are transmitted to a second microcontroller Arduino Nano, which is embedded in the robotic hand. In this way the servo motors which are also integrated to the robotic palm, receive the signals of flex sensors. The servo motors take energy from two batteries 18650 and through programming, the fingers of robotic construction are moved almost simultaneously just like the fingers of the operator wearing glove. The robotic hand was tested for the accuracy of the finger simulation as well as for the ability to hold objects.

**Key Words: Bachelor's thesis, Robotic palm, Remote controlled, Wireless, Arduino Uno, Arduino nano, Servo motors, NRF24L01, Flex sensor, Batteries 18650.**

### **Ευχαριστίες:**

Μετά απο την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλλαν στην εκπόνησή της.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέπων καθηγητή μου, κύριο Παντελεήμων Ασβεστά για το ενδιαφέρον και τη βοήθεια που μου έδωσε προκειμένου να ολοκληρώσω τη κατασκευή μου.

Επιπλέον ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω σε όλους τους καθηγητές του τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής για την προσφορά και τις γνώσεις που μου μετέδωσαν κατά τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και ιδιαίτερω τον πατριό μου, για την συνεχόμενη στήριξη και συμπαράσταση καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>1</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
1.1	Εισαγωγή στην ρομποτική.....	1
1.2	Μηχανική συμπεριφορά και έλεγχος ρομποτικών βραχιόνων.....	2
1.3	Ιστορική αναδρομή.....	6
1.4	Ιατρικά Ρομπότ.....	15
<b>2</b>	<b>ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....</b>	<b>19</b>
2.1	Αισθητήρες Κάμψης – Flex Sensors.....	19
2.2	Wireless Transceiver Module – nRF24L01 .....	21
2.3	Μικροελεγκτής- Arduino.....	24
2.4	Σερβοκινητήρας.....	29
<b>3</b>	<b>ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΧΕΡΙΟΥ.....</b>	<b>31</b>
3.1	Κατασκευαστικό μέρος.....	31
3.2	3D εκτύπωση – Σχέδιο και κομμάτια.....	33
3.3	Συναρμολόγηση ρομποτικού χεριού : .....	37
3.4	Συναρμολόγηση γαντιού χειριστή: .....	43
<b>4</b>	<b>ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΛΑΚΕΤΩΝ .....</b>	<b>46</b>
4.1	Προγραμματισμός μικροελεγκτή Arduino.....	46
4.2	Προγραμματισμός ρομποτικού χεριού ελεγχόμενου εξ'αποστάσεως. ....	47
<b>5</b>	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>Συμπεράσματα – Μελλοντικές επεκτάσεις .....</b>	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>64</b>
<b>8</b>	<b>Παράρτημα : Τιμοκατάλογος κατασκευής.....</b>	<b>66</b>

# 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Εισαγωγή στην ρομποτική

Η ρομποτική είναι ένας επιστημονικός κλάδος που έχει ως αντικείμενο τη μελέτη, το σχεδιασμό, τη λειτουργία και την έρευνα των ρομπότ καθώς και την περαιτέρω ανάπτυξη τους. Σύμφωνα με τον ορισμό του Ινστιτούτου Ρομπότ των ΗΠΑ «Ρομπότ είναι μια επαναπρογραμματιζόμενη πολυλειτουργική χειριστική διάταξη, σχεδιασμένη για τη μετακίνηση υλικών, εξαρτημάτων, εργαλείων και εξειδικευμένων διατάξεων, μέσω μεταβλητών, προγραμματισμένων κινήσεων για την εκτέλεση μια σειράς εργασιών». Το ρομπότ διαχωρίζεται σε δυο μέρη, το μηχανικό και το ηλεκτρονικό. Το μηχανικό μέρος είναι υπεύθυνο για την κίνηση του συστήματος ενώ στο ηλεκτρονικό μέρος υπάγεται η επαναπρογραμματιζόμενη μνήμη του. Τα ρομπότ κατηγοριοποιούνται με διάφορους τρόπους. Ένας από αυτούς τους τρόπους είναι η κατηγοροποίηση με βάση τις «γενιές» και την εξέλιξη τους. Η πρώτη γενιά περιλαμβάνει σχετικά απλά είδη ρομπότ τα οποία δεν έχουν την ικανότητα υπολογισμού και αίσθησης και έχουν περιορισμένη ευελιξία. Έλέγχονται και εξαρτώνται αποκλειστικά από τον άνθρωπο όπως για παράδειγμα εργαλεία που επιτρέπουν τη μετακίνηση αντικειμένων, φόρτωμα/ξεφόρτωμα υλικών. Η δεύτερη γενιά περιλαμβάνει ρομπότ με περιορισμένη υπολογιστική ικανότητα που έχουν σταθερό πρόγραμμα δράσης και λαμβάνουν συγκεκριμένες εντολές από κάποιο σύστημα αριθμητικού ελέγχου. Παράδειγμα ρομπότ δεύτερης γενιάς είναι το όχημα της NASA που έστειλαν οι ειδικοί για να εξερευνήσουν τον πλανήτη Άρη. Η τρίτη γενιά περιλαμβάνει τα λεγόμενα έξυπνα ρομπότ που διαθέτουν «νοημοσύνη» και έχουν τη δυνατότητα να παίρνουν αποφάσεις και να λύνουν προβλήματα κατά τη διάρκεια της εργασίας τους. Τις ικανότητες αυτές τις αποκτούν μέσω της τεχνητής νοημοσύνης και της αίσθησης[1].

Τα ρομπότ ανάλογα με τη χρήση τους διαχωρίζονται σε πέντε βασικές κατηγορίες:

- **Βιομηχανικά ρομπότ.** Το βιομηχανικό ρομπότ έχει τη μορφή ενός ανθρώπινου βραχίονα με αρθρώσεις. Ορίζεται ως ένα αυτόματα ελεγχόμενος, επαναπρογραμματιζόμενος, βραχίονας κατασκευασμένος με τρεις ή περισσότερους άξονες. Με βάση τη κίνηση που κάνουν και τις αρθρώσεις που έχουν τα βιομηχανικά ρομπότ διακρίνονται σε **κυλινδρικά** (κινούνται γραμμικά και οριζόντια και έχουν δύο γραμμικές και μια στροφική άρθρωση), **καρτεσιανά** (κινούνται γραμμικά στους τρεις άξονες του χώρου και έχουν τρεις πρισματικές αρθρώσεις), **σφαιρικά** (στρεφόμενη βάση και ένα ανυχούμενο στέλεχος στους άξονες), αρθρωτά (τρία σταθερά μέλη μόνο με στροφικές αρθρώσεις) και **SCARA** (συνδυασμός αρθρωτών και κυλινδρικών ρομπότ μαζί). Τα βιομηχανικά ρομπότ μπορούν να προγραμματιστούν για την εκτέλεση επικίνδυνων, βρώμικων και επαναλαμβανόμενων εργασιών με ακρίβεια γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο στο χώρο της βιομηχανίας. Επίσης ένας άλλος λόγος που έχουν καθιερωθεί στο χώρο της βιομηχανίας είναι λόγω της αυτοματοποιημένης λειτουργίας τους που τους επιτρέπει να λειτουργούν όλο



το εικοσιτετράωρο σε δύσκολο περιβάλλον χωρίς να χρειάζεται να υπάρχει ανθρώπινη επίβλεψη. Ορισμένες εφαρμογές βιομηχανικών ρομπότ είναι οι βαφές, η συναρμολόγηση, ο έλεγχος προϊόντων, η συγκόλληση κ.α.

- **Κινητά ρομπότ.** Τα κινούμενα ρομπότ είναι μηχανολογικές κατασκευές με ενσωματωμένους αισθητήρες για τον προσανατολισμό και τη κίνηση στον χώρο, λογισμικό για τον έλεγχο και τον προγραμματισμό, συμπεριφορές για να μπορεί να κινηθεί στο περιβάλλον τους. Ο έλεγχος στα κινούμενα ρομπότ γίνεται συνήθως μέσω απόστασης με (Remote Controller), αυτόνομα και ημι-αυτόνομα. Τα κινούμενα ρομπότ έχουν ευρύ φάσμα εφαρμογής και χρησιμοποιούνται στο έδαφος, στον αέρα ιπτάμενα και υποβρύχια. Μερικά παραδείγματα κινούμενων ρομπότ είναι τα τροχοφόρα, drones, υποβρύχιες συσκευές παρακολούθησης και καταγραφής του βυθού.
- **Τηλερομπότ.** Τα τηλερομπότ είναι αυτοκινούμενοι μηχανισμοί, όπου ελέγχονται από τον άνθρωπο ασύρματα από τηλεχειριστήριο είτε από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Αρκετές φορές παρουσιάζεται καθυστέρηση στην επικοινωνία ανάμεσα στον χειριστή και το τηλερομπότ λόγω των μέσων επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται για την ασύρματη επικοινωνία. Τα τηλερομπότ χρησιμοποιούνται στην ιατρική, σε διαστημικές και υποθαλάσσιες εφαρμογές.
- **Κοινωνικά ρομπότ.** Τα κοινωνικά ρομπότ επικοινωνούν με τον άνθρωπο έχοντας κανόνες κοινωνικής συμπεριφοράς και είναι σε θέση να συνυπάρχουν και να αλληλεπιδράσουν με ανθρώπους. Ένα κοινωνικό ρομπότ έχει δική του προσωπικότητα καθώς χάρη στη τεχνητή νοημοσύνη και στην ευαισθησία που διαθέτει μπορεί να απαντά σε διάφορες ερωτήσεις και πολλές φορές η συμπεριφορά και οι συνήθειες του είναι παρόμοιες με των ανθρώπων. Παράδειγμα κοινωνικού ρομπότ είναι η Sophia η οποία είναι το πρώτο κοινωνικό ρομπότ που της δόθηκε υπηκοότητα από κράτος.
- **Ιατρικά ρομπότ,** τα οποία θα αναλυθούν στην παράγραφο 1.3[2].

## 1.2 Μηχανική συμπεριφορά και έλεγχος ρομποτικών βραχιόνων

Η επιστήμη της ρομποτικής και πιο συγκεκριμένα η σχεδίαση και η δημιουργία ρομποτικών βραχιόνων βασίζεται σε μια ορολογία και σε κάποιες αρχές. Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία των μηχανικών διατάξεων από τη σκοπιά της επιστημονικής ανάλυσης. Τα βασικά στοιχεία για την δημιουργία ρομποτικών βραχιόνων είναι:

- Θέση και προσανατολισμός
- Κινηματική ρομποτικού βραχίονα
- Αντίστροφο πρόβλημα κινηματικής
- Ταχύτητες, στατικές δυνάμεις και ιδιομορφίες
- Δυναμική

- Καθορισμός τροχιάς
- Σχεδίαση των βραχιόνων και οι αισθητήρες
- Γραμμικός έλεγχος θέσης
- Μη γραμμικός έλεγχος θέσης
- Έλεγχος δύναμης που ασκούν τα ρομπότ
- Προγραμματισμός των ρομπότ
- Προγραμματισμός χωρίς σύνδεση και Προσομοίωση

### ➤ Περιγραφή της θέσης και του προσανατολισμού

Στη ρομποτική πάντα ενδιαφερόμαστε για τη θέση των αντικειμένων στον τρισδιάστατο χώρο. Αυτά τα αντικείμενα είναι: τα μέλη του ρομποτικού βραχίονα, τα εργαλεία με τα οποία συνεργάζονται αυτά, τα εξαρτήματα, καθώς και άλλα στοιχεία που συνθέτουν τον περιβάλλοντα χώρο. Σε μια πρώτη προσέγγιση, τα αντικείμενα αυτά περιγράφονται από δύο μόνο ιδιότητες τους: τη θέση και τον προσανατολισμό.

Για την περιγραφή της θέσης και του προσανατολισμού ενός αντικειμένου στο χώρο, πάντοτε ορίζουμε ένα σύστημα συντεταγμένων, το πλαίσιο, που είναι αυστηρά συσχετισμένο με το αντικείμενο. Στη συνέχεια, περιγράφουμε τη θέση και τον προσανατολισμό του πλαισίου αυτού, ως προς κάποιο απόλυτο, κατά περίπτωση, σύστημα αναφοράς[3].

Κάθε πλαίσιο μπορεί να παίζει το ρόλο του συστήματος αναφοράς, ως προς το οποίο εκφράζουμε τη θέση και τον προσανατολισμό ενός αντικειμένου. Συμβαίνει συχνά να αλλάξουμε εκούσια την περιγραφή των εν λόγω ιδιοτήτων του αντικειμένου, μετασχηματίζοντας τις συντεταγμένες τους από ένα σύστημα σε κάποιο άλλο.

Η ανάπτυξη δεξιοτήτων που σχετίζονται με την περιγραφή της θέσης και του προσανατολισμού άκαμπτων αντικειμένων, είναι πολύ χρήσιμη και σε άλλες γνωστικές περιοχές εκτός της ρομποτικής.

### ➤ Κινηματική του ρομποτικού βραχίονα

Κινηματική είναι η επιστήμη που μελετά την κίνηση χωρίς να λαμβάνει υπόψη τις δυνάμεις που την προκαλούν. Στην κινηματική ενδιαφερόμαστε για τη θέση.

την ταχύτητα, την επιτάχυνση και όλες τις παραγώγους (κάθε τάξης θεωρητικά) των μεταβλητών που περιγράφουν τη θέση (ως συνάρτηση του χρόνου ή άλλης μεταβλητής ή μεταβλητών). Έτσι, η εφαρμογή της κινηματικής σ' ένα ρομποτικό βραχίονα έχει να κάνει αφενός με τις γεωμετρικές, αφετέρου με όλες τις χρονικά εξαρτώμενες ιδιότητες της κίνησης του.

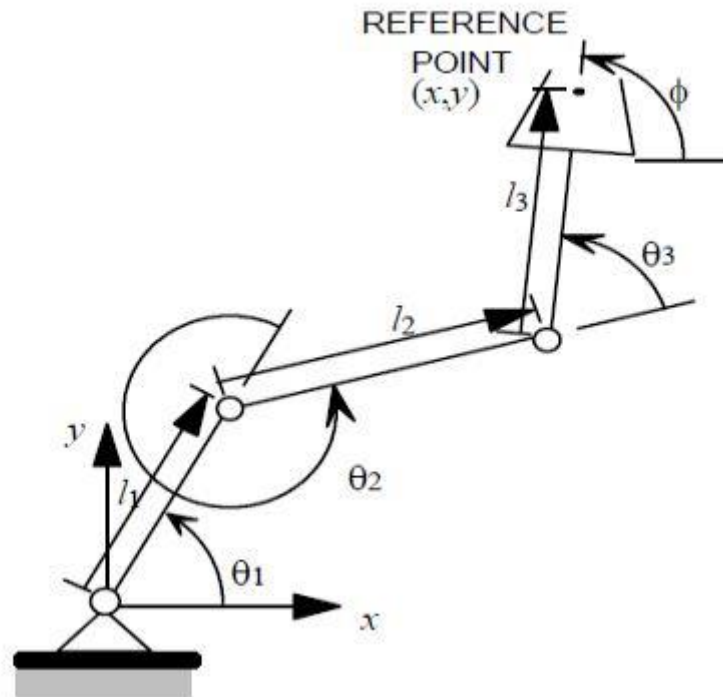
Οι ρομποτικοί βραχίονες αποτελούνται από σχεδόν άκαμπτα στοιχεία, που καλούνται μέλη και συνδέονται με αρθρώσεις. Οι αρθρώσεις, επιτρέπουν στα γειτονικά μέλη να κινούνται σχετικά το ένα ως προς το άλλο. Εφοδιασμένες με

αισθητήρες, είναι ικανές να καταγράφουν τη σχετική θέση δύο γειτονικών μελών. Οι αρθρώσεις που κινούνται περιστροφικά καλούνται περιστροφικές αρθρώσεις. Η κίνηση μιας περιστροφικής άρθρωσης μετريείται με βάση τη γωνία που σχηματίζουν τα δύο κινούμενα μέλη. Η γωνία αυτή καλείται γωνία άρθρωσης (**joint angle**). Κάποιοι βραχίονες φέρουν αρθρώσεις ολίσθησης που ονομάζονται πρισματικές (**prismatic**). Η μετρούμενη διαφορά στη θέση δύο μελών σ' αυτή την περίπτωση καλείται απλά μετατόπιση (**joint offset**).

Ο αριθμός των βαθμών ελευθερίας ενός ρομποτικού βραχίονα είναι ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών θέσης. Ο αριθμός αυτός πρέπει να είναι γνωστός και μονοσήμαντα ορισμένος για κάθε διάταξη, έτσι ώστε να είναι εφικτός ο προσδιορισμός της θέσης των τμημάτων που τη συνιστούν. Πρόκειται για μια γενική αρχή, που εφαρμόζεται σε όλους τους μηχανισμούς. Για παράδειγμα ένας μηχανισμός με τέσσερα μέλη έχει ένα βαθμό ελευθερίας (παρόλο που υπάρχουν τρία κινούμενα μέλη). Σ' ένα τυπικό βιομηχανικό ρομπότ, ο ρομποτικός βραχίονας μοιάζει συνήθως με μια ανοιχτή κινηματική αλυσίδα. Σε κάθε άρθρωση του βραχίονα, συνήθως αντιστοιχίζεται μια μεταβλητή. Έτσι, ο αριθμός των βαθμών ελευθερίας ισούται με τον αριθμό των αρθρώσεων του βραχίονα.

Στο ελεύθερο άκρο του βραχίονα (ελεύθερο άκρο της αλυσίδας των μελών που συνδέονται με αρθρώσεις) υπάρχει το κατάλληλο, κατά περίπτωση, εργαλείο που φέρει την γενική ονομασία αποληκτήριος επενεργητής (**end effector**). Ανάλογα με την εφαρμογή, ο αποληκτήριος επενεργητής μπορεί να είναι αρπάγη, ηλεκτρόδιο συγκόλλησης, ηλεκτρομαγνήτης ή κάποιο άλλη διάταξη. Γενικά, περιγράφουμε τη θέση του βραχίονα, περιγράφοντας τη σχετική θέση δύο συγκεκριμένων πλαισίων: του πλαισίου του εργαλείου (**tool-frame**) και του πλαισίου του ακίνητου τμήματος του βραχίονα, που καλείται πλαίσιο βάσης (**base frame**).

Το κυρίαρχο πρόβλημα στη μελέτη των υπό εξέταση των διατάξεων, περιγράφεται ως κίνηση αρθρωτού βραχίονα με ελεύθερο άκρο. Αναφέρεται ως το ευθύ πρόβλημα της κινηματικής (forward kinematics), σε αντιδιαστολή με το αντίστροφο πρόβλημα που συναντάμε παρακάτω. Είναι ένα γεωμετρικό πρόβλημα στατικής και η λύση του συνίσταται στον υπολογισμό της θέσης και του προσανατολισμού της ενεργού απολήξεως. Συγκεκριμένα, δεδομένου ενός συνόλου γωνιών άρθρωσης, το πρόβλημα της κινηματικής επιλύεται υπολογίζοντας τη θέση και τον προσανατολισμό του πλαισίου της ενεργού απολήξεως ως προς το βασικό πλαίσιο[4].



Εικόνα 1-1. Εξισώσεις κινηματικής σε ρομπότ τριών βαθμών ελευθερίας (Πηγή:[1] ).

#### ➤ Έλεγχος δύναμης που ασκεί ένα ρομπότ

Η ικανότητα των ρομπότ να ελέγχουν τις δυνάμεις επαφής με τα αντικείμενα, τα εργαλεία ή τις επιφάνειες εργασίας, παίζει σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση πολλών ρεαλιστικών στόχων από ρομπωτικές διατάξεις. Ο έλεγχος δύναμης είναι μια διαδικασία που συμπληρώνει τη διαδικασία ελέγχου της θέσης, αφού επιλέγουμε να εφαρμόσουμε μία από τις δύο κάθε φορά. Όταν το ρομπότ κινείται ελεύθερα στο χώρο, μόνο ο έλεγχος της θέσης φαίνεται απαραίτητος, μια και δεν υπάρχει επαφή με την επιφάνεια κάποιου αντικειμένου. Όταν το ρομπότ αλληλεπιδρά με μια άκαμπτη επιφάνεια, η διαδικασία ελέγχου θέσης μπορεί να προκαλέσει υπερβολικά μεγάλες δυνάμεις επαφής. Μπορεί ακόμα να επιφέρει απώλεια της επιθυμητής επαφής. Ωστόσο τα ρομπότ σπάνια αλληλεπιδρούν με κάποιες επιφάνειες ταυτόχρονα σε όλες τις διευθύνσεις. Έτσι, αυτό που τελικά χρειάζεται είναι ένας **υβριδικός έλεγχος**. Δηλαδή, σε κάθε χρονική στιγμή πρέπει κάποιες από τις διευθύνσεις να ελέγχονται από τον κανόνα ελέγχου θέσης ενώ οι υπόλοιπες από τον κανόνα ελέγχου δύναμης.

Ένα ρομπότ που πρέπει να πλύνει ένα παράθυρο, για παράδειγμα, καθοδηγείται να ασκήσει μια συγκεκριμένη δύναμη κάθετη στο επίπεδο του παραθύρου ενώ πρέπει ταυτόχρονα να ακολουθήσει μια τροχιά σε διεύθυνση εφαπτομένη του επιπέδου αυτού. Τέτοιου είδους μικτός ή υβριδικός έλεγχος είναι φυσικός για αυτού του είδους τις διαδικασίες[5].

### 1.3 Ιστορική αναδρομή

Ο όρος ρομπότ εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1921 στο έργο του Karel Capek και προέρχεται από την σλαβική λέξη *robot* που σημαίνει εργασία.

Η πρώτη αναφορά στη ρομποτική έγινε στην Αρχαία Ελλάδα. Ο Αριστοτέλης ήταν ένας από τους πρώτους σπουδαίους στοχαστές που γνωρίζουμε ότι εξέτασε το ενδεχόμενο να υπάρξουν αυτοματοποιημένα εργαλεία.

**-400 π.Χ:** Το πρώτο αυτοματοποιημένο εργαλείο σχεδιάστηκε το 400 π.Χ από τον Αρχύτα ο οποίος θεωρείται ο πατέρας της μαθηματικής μηχανικής. Ο Αρχύτας ο Ταραντίνος σχεδίασε μια αυτόνομη πτητική μηχανή ατμού που λεγόταν «Το Περιστερί». Η ξύλινη δομή του βασίστηκε στην ανατομία του περιστεριού και περιείχε αεροστεγή λέβητα για την παραγωγή ατμού. Η θεωρία που ήταν βασισμένο ήταν ότι η πίεση του ατμού θα υπερβεί την αντίσταση της κατασκευής, επιτρέποντας έτσι στο ρομποτικό πουλί να πετάξει [6].

**-250 π.Χ:** Στη συνέχεια άλλη ρομποτική κατασκευή δημιουργήθηκε το 250 π.Χ από τον Κτησίβιο ο οποίος ήταν Έλληνας μαθηματικός και μηχανικός. Ο Κτησίβιος δημιούργησε μια κλεψύδρα ή αλλιώς ρολόι νερού το οποίο περιείχε διάφορα χαρακτηριστικά όπως καμπάνες και κινούμενα είδωλα. Η κατασκευή του Κτησίβιου ήταν το πρώτο αποτελεσματικό ξυπνητήρι καθώς και ένας πρώιμος σχεδιασμός αυτοματοποιημένου συστήματος.



Εικόνα 1-2. Κτησίβιος, Αρχαίος Έλληνας Μαθηματικός(Πηγή:[7] ).

**-11<sup>ος</sup> έως 15<sup>ος</sup> αιώνας:** Επίσης ένας από τους σημαντικότερους εφευρέτες κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου ήταν ο Ismail al-Jazari ο οποίος ήταν μουσουλμάνος μαθηματικός και μηχανικός και έζησε στην περιοχή της Μεσοποταμίας. Ο Al-Jazari δημιούργησε μεγάλο αριθμό μηχανικών συσκευών.

Θεωρείται ο πατέρας των αυτοκινήτων καθώς δημιούργησε τα πρώτα γρανάζια. Πολλές από τις ρομποτικές κατασκευές του τροφοδοτήθηκαν με νερό και περιείχαν τα πάντα, από αυτόματες πόρτες έως και ρομπότ με ανθρώπινα χαρακτηριστικά που θα είχε το ρόλο υπηρέτη για να ξαναγεμίζει τα ποτά. Η επιρροή του Al-Jazari είναι ιδιαίτερα εμφανής στο μετέπειτα έργο του Leonardo da Vinci.

Το 1945, ο διάσημος Ιταλός καλλιτέχνης και ζωγράφος σχεδίασε έναν αυτόνομο υπόπη ο οποίος είχε σχεδιαστεί από μια σειρά τροχαλιών και γραναζιών που του επέτρεπαν να κινήσει τα χέρια και το σαγόνι, καθώς και να καθίσει. Το ανθρωποειδές ρομπότ ενημερώθηκε και απασχόλησε τη κοινή γνώμη με πολλούς τρόπους από την έρευνα του Da Vinci για την ανθρώπινη ανατομία και ταυτόχρονα χρησιμοποιήθηκε ως ψυχαγωγικό μέσο σε πάρτι από τον σωματοφύλακα του Da Vinci, λεγόμενο Lodovico Sforza.

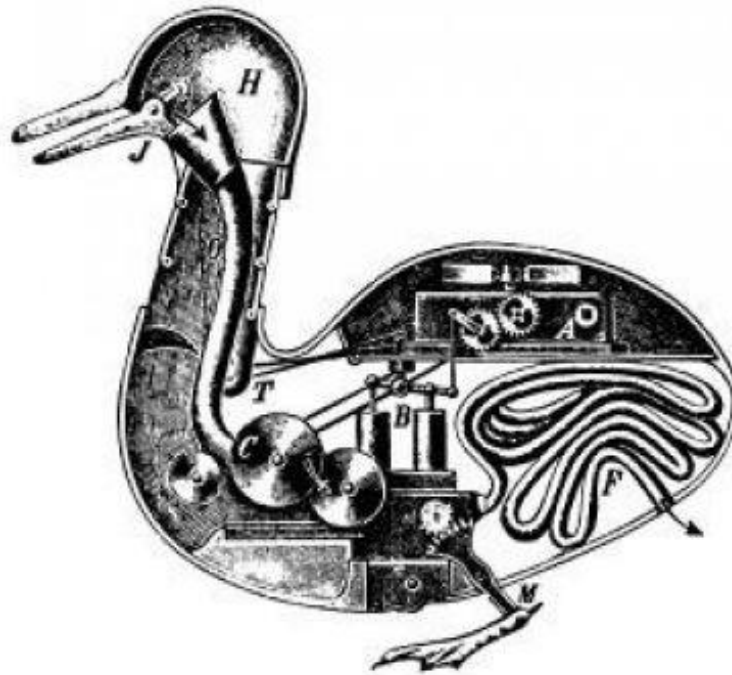


Εικόνα 1-3. Κατασκευή Da Vinci, ο αυτόνομος υπόπη(Πηγή:[7] ).

**-16<sup>ος</sup> έως 18<sup>ος</sup> αιώνας:** Η δημιουργία ρομπότ για ψυχαγωγικούς σκοπούς έγινε ακόμη πιο δημοφιλής μεταξύ 16<sup>ου</sup> και 18<sup>ου</sup> αιώνα. Πολλές από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτές τις συσκευές άνοιξαν το δρόμο για πιο εξελιγμένα μηχανήματα. Μια τέτοια δημιουργία ήταν ο σχεδιασμός ενός σιδερένιου αετού από τον Γερμανό μαθηματικό Johannes Müller. Ο σιδερένιος αετός λεγόταν Regiomontanus και ήταν κατασκευασμένο από ξύλο και σίδηρο στη δεκαετία του 1530.

Ένας επίσης σπουδαίος εφευρέτης και καλλιτέχνης ήταν ο Jacques de Vaucanson. Το 1737 δημιούργησε ένα αυτόματο ανθρωποειδές ρομπότ που θα μπορούσε να παίξει έως και δώδεκα διαφορετικά τραγούδια στο φλάουτο. Το αυτοματοποιημένο αυτό σύστημα περιείχε μια σειρά φυσητήρων για να «αναπνέει» και είχε ένα κινούμενο

στόμα και γλώσσα που μπορούσε να μεταβάλλει τη ροή του αέρα, επιτρέποντάς του να παίζει το μουσικό όργανο. Παρόλο αυτά το πιο σημαντικό επίτευγμα του Vaucanson ήταν το Digesting Duck. Η συγκεκριμένη πάπια ήταν αξιοσημείωτη όχι μόνο επειδή ήταν μια διασκεδαστική συσκευή που φαινόταν να τρώει και να χτυπάει, αλλά επειδή ήταν η πρώτη κατασκευή ρομπότ που χρησιμοποιήθηκαν σωλήνες από καουτσούκ.



Εικόνα 1-4. Digesting Duck, από τον Jacques de Vaucanson(Πηγή:[7] ).

**-19<sup>ος</sup> αιώνας:** Ο Αυστριακός μαθηματικός και εφευρέτης Joseph Faber δημιούργησε το 19<sup>ο</sup> αιώνα ένα αξιοσημείωτο ρομποτικό μηχανήμα το οποίο λεγόταν Eurhonia. Ένα ρομπότ που μιλούσε και τραγουδούσε το οποίο λειτουργούσε μέσω μιας πρώιμης μορφής τεχνολογίας που μετέτρεπε κείμενο σε ομιλία. Η κατασκευή περιείχε ένα ανθρωποειδές θηλυκό πρόσωπο συνδεδεμένο με πληκτρολόγιο, από το οποίο ελέγχονταν τα χείλη, η γνάθος και η γλώσσα. Η φωνή έβγαινε από έναν φυσητήρα και η προφορά μπορούσε να αλλάξει μέσω μιας βίδας στη μύτη του προσώπου. Το ρομπότ Eurhonia ήταν το αποτέλεσμα και το αποκορύφωμα των 25 χρόνων εργασίας για τον Faber και έγινε γνωστό στο κοινό το 1846.

**-Οι αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα:** Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα έγινε η εισαγωγή του όρου «ρομπότ» όπου και δημιουργήθηκαν τα πρώτα πραγματικά ρομπότ ψυχαγωγικού χαρακτήρα που έπαιζαν σκάκι. Το 1912 ο Leonardo Torres κατασκεύασε το πρώτο ρομπότ-παικτή σκάκι. Ο ίδιος θεωρείται από πολλούς ως προκάτοχος των βιντεοπαιχνιδιών. Η συσκευή ήταν ικανή να παίξει ένα συγκεκριμένο παιχνίδι εναντίον ενός ανθρώπου ως αντίπαλοι. Αποτελούνταν από ένα ηλεκτρικό κύκλωμα και από ένα σύστημα μαγνητών που μετακινούσαν τα πιόνια.

Το 1928 ο μηχανικός Alan Reffell, δημιούργησε το πρώτο βρετανικό ρομπότ όπου λεγόταν Eric. Λειτουργώντας από δύο άτομα το ρομπότ μπορούσε να μετακινήσει το

κεφάλι και τα χέρια του και να μιλήσει μέσω ενός ραδιοφωνικού σήματος. Οι κινήσεις της κατασκευής ελέγχονταν απο μια σειρά απο γρανάζια, σχοινιά και τροχαλίες.

Το 1929 εμφανίστηκε για πρώτη φορά το ιαπωνικό ρομπότ Gakutensoku. Δημιουργήθηκε απο τον βιολόγο Makoto Nishimura, είχε ύψος 210 εκατοστά και είχε τη δυνατότητα να αλλάξει εκφράσεις στο πρόσωπό του μέσω της κίνησης των γραναζιών και των ελατηρίων στο κεφάλι του. Μεγάλο επίτευγμα της εποχής ήταν ότι το συγκεκριμένο ρομπότ είχε τη δυνατότητα να γράφει με κινεζικούς χαρακτήρες.



Εικόνα 1-5. Πρώτο Ρομπότ παίκτης σκάκι απο τον Leonardo Torres(Πηγή:[7]).

**Δεκαετία 1940- Η αρχή της Ρομποτικής επιστήμης:** Το 1942 κυκλοφόρησε ο όρος «ρομποτική» και έκαναν την εμφάνισή τους τα πρώτα τεχνητά νευρικά δίκτυα. Ο Isaac Asimov παρουσίασε για πρώτη φορά τους τρεις περίφημους νόμους της ρομποτικής όπου έλεγαν ότι:

- i. Τα ρομπότ δεν πρέπει να βλάπτουν τον άνθρωπο
- ii. Πρέπει να υπακούουν στις εντολές των ανθρώπων
- iii. Πρέπει να προστατευθούν απο απειλές, υπό την προϋπόθεση ότι η αυτοσυντήρησή τους δεν παραβιάζει κανέναν απο τους δύο παραπάνω νόμους

Αν και γράφτηκαν ως μυθοπλασία, αυτοί οι νόμοι παρείχαν τη βάση για πολλά απο τα ηθικά ζητήματα σχετικά με τα ρομπότ και τις αυτόνομες τεχνολογίες όπου είναι θέματα που απασχολούν την κοινωνία μέχρι και σήμερα. Στη δεκαετία του 1940 δημιουργήθηκαν και τα πρώτα τεχνητά νευρικά δίκτυα. Το 1943, οι Warren McCulloch και Walter Pitts πρότειναν το πρώτο μαθηματικό μοντέλο ενός νευρικού δικτύου χρησιμοποιώντας ηλεκτρικά κυκλώματα, με σκοπό την κατανόηση της λειτουργίας των νευρώνων στον εγκέφαλο. Έτσι το 1948 και 1949, ο νευροφυσιολόγος William Gray Walter δημιούργησε δύο τέτοια ρομπότ, που



ονομάστηκαν Elmer και Elsie και ο σκοπός τους ήταν η καταγραφή και η κατανόηση της λειτουργίας του εγκεφάλου[8].



Εικόνα 1-6. Ρομπότ Elmer, από τον καθηγητή William Gray Walter(Πηγή:[7] ).

**Δεκαετία 1950- Η ιδέα της τεχνητής νοημοσύνης:** Η δεκαετία του 50' ήταν μια εποχή ορόσημο για την ιστορία της ρομποτικής επιστήμης καθώς ο Βρετανός μαθηματικός και εφευρέτης Alan Turing έφερε για πρώτη φορά στο παρασκήνιο τον όρο της τεχνητής νοημοσύνης καθώς ήθελε να μετρήσει τη νοημοσύνη ενός μηχανήματος. Το λεγόμενο Test Turing είχε ως σημείο αναφοράς τη τεχνητή νοημοσύνη καθώς μετρούσε κατά πόσο ο βαθμός νοημοσύνης μιας μηχανής-ρομποτικής κατασκευής είναι ίσος από εκείνον ενός ανθρώπου. Με πιο απλά λόγια ο σκοπός του τέστ ήταν να προσδιορίσει εάν μπορεί να σκεφτεί μια ρομποτική κατασκευή. Επίσης τη δεκαετία του 50' εμφανίστηκε στο χώρο της βιομηχανίας το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ, το Unimate. Το Unimate ήταν η αρχή της ρομποτικής επανάστασης στις βιομηχανίες καθώς ήταν ένας ρομποτικός βραχίονας ικανός να μεταφέρει χυτά μέρη και να τα συγκολλήσει στη θέση τους.

**Δεκαετία 1960- Η βιομηχανική ρομποτική επανάσταση:** Η δεκαετία του 1960 είδε μια σειρά από καινοτομίες και επεκτάσεις στη βασική ιδέα του ρομποτικού και βιομηχανικού βραχίονα. Το 1968 ο Marvin Minsky καθηγητής του MIT δημιούργησε έναν βραχίονα δώδεκα αρθρώσεων που τροφοδοτείται από υδραυλικό σύστημα και μπορεί να ελεγχθεί μέσω ενός χειριστήριου. Ο ρομποτικός βραχίονας του Minsky ήταν αρκετά δυνατός για να ανυψώσει ένα άτομο και μπορούσε εύκολα να ξεπεράσει εμπόδια. Η έρευνά του άνοιξε το δρόμο για πολλές ρομποτικές καινοτομίες που σήμερα είναι γνωστές. Το 1969 ο Victor Scheinman δημιούργησε το βράχιο Scheinman όπου ήταν ο πρώτος ρομποτικός βραχίονας που ελέγχονταν αποκλειστικά από υπολογιστή. Η συγκεκριμένη ρομποτική κατασκευή παρουσίαζε έξι σημεία

άρθρωσης και δημιουργήθηκε εξ' ολοκλήρου στο εργαστήριο τεχνητής νοημοσύνης του Στανφορντ. Αν και χρησιμοποιούνταν κυρίως για εκπαιδευτικούς σκοπούς, ο βραχίονας Scheinman σηματοδότησε μια σημαντική ανακάλυψη για βιομηχανικά μηχανήματα που θα μπορούσαν να ελέγχονται μέσω υπολογιστών.



Εικόνα 1-7. Βιομηχανικό ρομπότ Puma 500, ελεγχόμενο από υπολογιστή(Πηγή:[7] ).

**Δεκαετία 1970- Βιομηχανικές καινοτομίες και ρομπότ στο διάστημα:** Στις αρχές του 70' έγινε η πρώτη παρουσίαση ανθρωπομορφικού ρομπότ πλήρους κλίμακας στον κόσμο. Ονομαζόταν WABOT-1 και δημιουργήθηκε από τον Ichiro Kato καθηγητή στο Πανεπιστήμιο Waseda του Τόκιο. Το WABOT-1 είχε ένα σύστημα ελέγχου της όρασης και των άκρων, επιτρέποντάς του να πλοηγείται και να κινείται ελεύθερα στο χώρο. Τα χέρια του διέθεταν αισθητήρες αφής δίνοντάς του την ευκαιρία να πιάνει και να μεταφέρει αντικείμενα. Το 1978 δημιουργήθηκε ο τύπος ρομπότ SCARA (Selective Compliance Assembly Robotic Arm). Αναπτύχθηκε από τον καθηγητή του Πανεπιστημίου Yamanashi, Hiroshi Makino. Ο βραχίονας SCARA μπορούσε να κινηθεί κατά μήκος τεσσάρων αξόνων και έγινε αφορμή και έμπνευση για την ευρεία παραγωγή κατά τη δεκαετία του 1980.

Τα πρώτα ρομπότ που κατάφερε να στείλει ο άνθρωπος στον Άρη ήταν τα Viking 1 και Viking 2, τα οποία προσγειώθηκαν στον πλανήτη Άρη το 1976. Και τα δύο ρομπότ τροφοδοτήθηκαν από θερμοηλεκτρικές γεννήτριες ραδιοϊσοτόπων οι οποίες παρήγαγαν ενέργεια από την θερμότητα που εκπέμπει το αποσυντιθέμενο πλουτώνιο.



Εικόνα 1-8. Ρομπότ Viking , το πρώτο ρομπότ που προσγειώθηκε στον πλανήτη Άρη(Πηγή:[9] ).

**Δεκαετία 1980- Ρομπότ στο σπίτι:** Κατά τη δεκαετία του 1980 τα ρομπότ εισήλθαν επίσημα στην καταναλωτική αγορά, ως παιχνίδια. Ένα δημοφιλές ρομποτικό παιχνίδι ήταν το Omnibot 2000. Το Omnibot 2000 κινούνταν με τηλεχειριστήριο και συνοδευόταν από ένα δίσκο για να σερβίρει ποτά και ορεκτικά. Ένα άλλο περιζήτητο ρομποτικό παιχνίδι ήταν το Nintendo R.O.B. Το συγκεκριμένο παιχνίδι κυκλοφόρησε ως ρομποτικός δεύτερος παίκτης για την Nintendo Entertainment System. Είχε τη δυνατότητα να ανταποκριθεί σε έξι διαφορετικές εντολές, οι οποίες μέσω μιας οθόνης CRT.

Η αυτοκινητοβιομηχανία της Ford κατά τη δεκαετία του 80' πρόσθεσε εκατοντάδες βιομηχανικά ρομπότ στη πρώτη γραμμή συναρμολόγησης αυτοκινήτων παγκοσμίως. Όλο αυτό το διάστημα τα ρομπότ συνέχισαν να πηγαίνουν στο διάστημα και με το πιο πετυχημένο μοντέλο να είναι το Canadarm. Ο συγκεκριμένος βραχίονας Καναδικής προέλευσης είχε μήκος 15,2m και είχε έξι αρθρώσεις. Μπορούσε να ελεγχθεί μόνο από ένα μέλος του πληρώματος στο σταθμό ελέγχου. Το Canadarm πραγματοποίησε συνολικά 90 επιτυχημένες αποστολές.

Ένα άλλο αξιοσημείωτο ρομπότ εμφανίστηκε κατά το τέλος της δεκαετίας του 80'. Πιο συγκεκριμένα το 1989 καθηγητές- ερευνητές του πανεπιστημίου MIT κατασκεύασαν το ρομπότ Genghis. Αποτελούνταν από έξι πόδια, είχε μικρό μέγεθος και αποτελούνταν από φθηνά υλικά. Κατασκευάστηκε με 12 σερβοκινητήρες και 22 αισθητήρες και είχε τη δυνατότητα να διασχίσει με επιτυχία βραχώδες έδαφος.



Εικόνα 1-9. Το ρομποτικό παιχνίδι Omnidot 2000(Πηγή:[9] ).

**Δεκαετία 1990- Καινοτομίες και επιτεύγματα:** Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 90' τα ρομποτικά συστήματα είχαν τρομερή τεχνολογική άνοδο και υπήρχαν καινοτομίες. Στο χώρο της βιομηχανίας πλέον τα λεγόμενα βιομηχανικά ρομπότ έχουν ενσωματωθεί και έχουν γίνει απαραίτητα για την παραγωγή καθώς η καταναλωτική αγορά και διάθεση ολοένα και αυξάνεται. Επίσης διάφορες μελέτες οι οποίες αφορούσαν το διάστημα και άλλους πλανήτες, βασίστηκαν αποκλειστικά απο δεδομένα που συλλέγονταν απο τα ρομπότ. Για παράδειγμα το 1996 το Sojourner ήταν το πρώτο αυτόνομο ρομπότ που στάλθηκε στον Άρη. Κατάφερε να προσγειωθεί στον πλανήτη Άρη και να εξερευνησει 250 τετραγωνικά μέτρα γης. Επίσης κατάφερε να τραβήξει 550 φωτογραφίες. Χάρη στην εξερεύνηση του εδάφους και των φωτογραφιών οι επιστήμονες μπόρεσαν να προσδιορίσουν ότι ο πλανήτης Άρης είχε ζεστό και υγρό κλίμα. Μετά το Sojourner ακουλήθησαν αρκετές αποστολές ρομπότ απο την NASA στον πλανήτη Άρη.

Στα τέλη του 20<sup>ου</sup> αιώνα η Ιαπωνική κατασκευαστική εταιρεία ηλεκτρονικών ειδών SONY, παρουσίασε ένα απο τα πιο εμβληματικά ρομπότ της εποχής. Ήταν ένα ρομποτικό σκυλί. Το ρομποτικό σκυλί AIBO, μπορούσε να ανταποκριθεί σε φωνητικές εντολές και να κυνηγήσει μια ροζ μπάλα που συνοδευόταν με την αγορά του ρομπότ.



Εικόνα 1-10. Το ρομποτικό σκυλί AIBO(Πηγή:[9]). Εικόνα 1-11- Sojourner, Πρώτο ρομπότ στον Άρη(Πηγή:[9]).

**Ο 21<sup>ος</sup> αιώνας- Η ενσωμάτωση των Ρομπότ στη καθημερινότητα:** Η ρομποτική στον 21<sup>ο</sup> αιώνα έχει εισχωρήσει στη καθημερινότητα όλων. Πολλά στίγια πλέον έχουν τα δικά τους ρομπότ. Για παράδειγμα ρομποτικές ηλεκτρικές σκούπες που μπορούν να καθαρίσουν τα πατώματα και διάφορες επιφάνειες αυτόνομα. Επίσης τα drones είναι κατασκευές που έγιναν γνωστές τα τελευταία χρόνια και πολλοί άνθρωποι έχουν πρόσβαση σε αυτές. Για παράδειγμα επαγγελματίες φωτογράφοι ή και άνθρωποι για ερασιεχνική χρήση ακόμα και καταστήματα για παραδόσεις φαγητών, ποτών και διάφορων προϊόντων. Επίσης ο στρατός πλέον βασίζεται σε συστήματα drones δηλαδή αυτόνομα ή ημι-αυτόνομα συστήματα αεροσκαφών.

Ωστόσο τα μεγαλύτερα ρομποτικά επιτεύγματα στην ιστορία της ρομποτικής επιστήμης είναι τα κοινωνικά ρομπότ όπως η Sophia και το Boston Dynamics Dog. Η Sophia έγινε το πρώτο ρομπότ που αναγνωρίστηκε σαν πολίτης απο κράτος και παράλληλα το πρώτο ρομπότ που βραβεύτηκε απο τα Ηνωμένα Έθνη, ως πρωτοποριακή καινοτομία του αναπτυξιακού Προγράμματος του ΟΗΕ.

Η Boston Dynamics έχει βραβευτεί ως η κορυφαία εταιρεία σύγχρονης ρομποτικής. Το Boston Dynamics Dog σχεδιάστηκε για στρατιωτική χρήση, με 50 αισθητήρες στο σώμα του. Ικανό να σηκώνει βάρος 150 κιλών και να τρέξει με ταχύτητα 6.4 km/h. Πρόσφατα η ίδια κατασκευαστική εταιρεία δημιούργησε δύο ρομπότ το Atlas και το MiniSpot όπου είναι αυτόνομα ρομπότ και μπορούν να ανοίξουν πόρτες να τρέχουν και να ξεπερνούν εμπόδια.

Η ρομποτική είναι ένας επιστημονικός κλάδος που είναι πολλά υποσχόμενος καθώς οι ερευνητές προσπαθούν ολοένα και περισσότερο να εξελίξουν τα συστήματα αυτά. Ένα παράδειγμα είναι η Google όπου έχει ως στόχο να κατασκευάσει ρομπότ που να κινούνται σαν πραγματικά ζώα και να μιμούνται τον τρόπο ζωής τους. Ένα άλλο παράδειγμα είναι η ανάπτυξη των μαλακών ρομπότ που μπορούν να βοηθήσουν στη πρόληψη τραυματισμών στους ανθρώπους. Τέλος άλλοι ερευνητές εργάζονται για να παράξουν ρομπότ όπου θα μπορούν να τρώνε μέταλλα για να παράξουν τη δική τους ενέργεια και να είναι τελείως αυτόνομα. Αυτή είναι μια δυνητικά τεράστια εξέλιξη για τα ρομπότ του μέλλοντος και θα μπορούσε να τους επιτρέψει την πλήρη αυτόνομη ζωή τους.



Εικόνα 1-12. Sophia, το πρώτο κοινωνικό ρομπότ που αναγνωρίζεται ως πολίτης(Πηγή:[9] ).

#### 1.4 Ιατρικά Ρομπότ

Έχουν περάσει τρεις δεκαετίες από τότε που το πρώτο ρομπότ χρησιμοποιήθηκε για χειρουργική επέμβαση. Έκτοτε, οι ραγδαίες εξελίξεις στον τομέα της μηχανικής έχουν καταστήσει τη χειρουργική ρομποτική πιο προσιτή για ιατρική χρήση. Πάνω από 150 χειρουργικά ρομπότ έχουν αναπτυχθεί από το 1990 έως το 2010. Τα πιο γνωστά είναι τα Da Vinci, RoboDoc και Mako τα οποία χρησιμοποιούνται σε χειρουργικές επεμβάσεις για μεγαλύτερη ακρίβεια και με λιγότερες μετεγχειρητικές επιπλοκές και πιο γρήγορη ανάρρωση στον ασθενή. Επίσης τα συστήματα απεικόνισης και οι τεχνολογίες nano και micro που χρησιμοποιούνται είναι ενθαρρυντικές για την ανάπτυξη και εφαρμογή νέων χειρουργικών ρομπότ σε όλα τα χειρουργικά πεδία με εξειδικευμένα χαρακτηριστικά. Παρακάτω θα περιγράψουμε κάποιες κατηγορίες συστημάτων ιατρικής ρομποτικής[10].

##### ➤ Συστήματα Master Slave

Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν τα χειρουργικά ρομποτικά εργαλεία που ελέγχονται μέσω χειριστηρίων από τους χειρουργούς. Παρέχουν μεγαλύτερη οργάνωση και ευέλικτη κίνηση επιτρέποντας στον ιατρό να χειρουργεί μικρές τομές. Σε αυτά τα συστήματα ο ιατρός ελέγχει τη συσκευή μέσω μιας οθόνης-κονσόλας (physician console) και από εκεί οι εντολές μεταφράζονται σε κίνηση από ένα σύστημα τρισδιάστατης όρασης το ενδοσκόπιο και χειρουργικά όργανα. Το μεγάλο πλεονέκτημα της ρομποτικής χειρουργικής σε σχέση με την παραδοσιακή είναι ότι ελαχιστοποιείται η κίνηση των χεριών και λόγω της ακρίβειας μειώνεται ο χρόνος της επέμβασης.

Για παράδειγμα το Da Vinci χρησιμοποιείται σε πολλαπλά χειρουργικά πεδία όπως το κεφάλι, ο λαιμός, ο θώρακας, γυναικολογικές επεμβάσεις, ουρολογικές επεμβάσεις κ.α, με την μορφή λαπαροσκοπικής χειρουργικής. Το ρομπότ είναι

εξοπλισμένο με 3 ή 4 βραχίονες. Οι βραχίονες είναι εξοπλισμένοι με ενδοσκόπιο το οποίο δείχνει την εικόνα στην οθόνη του ιατρού. Για να μειωθούν άσκοπες κινήσεις ή τραύματα τα χέρια κινούνται γύρω από ένα σταθερό σημείο. Το ρομπότ μπορεί να έχει οπτική επαφή με το σώμα χωρίς να δημιουργηθούν τομές όπως με την παραδοσιακή χειρουργική.

Ένα άλλο παράδειγμα Master Slave είναι το μικροσκόπιο Virtual Incision. Χρησιμοποιείται για γαστρεντερικές επεμβάσεις. Ο ιατρός το εισάγει στην κοιλιακή κοιλότητα. Έχει δύο βραχίονες και είναι εξοπλισμένο με κάμερα HD. Έτσι ο ιατρός έχει μια πλήρη εικόνα από το εσωτερικό της κοιλιακής περιοχής δίνοντας του την ευκαιρία να κάνει σωστή διάγνωση.[11]



Εικόνα 1-13. Χειρουργικό σύστημα Da Vinci(Πηγή:[9] ).

### ➤ Συστήματα χειρουργικής απεικόνισης

Η ενότητα αυτή περιγράφει διάφορα ρομποτικά συστήματα χεριών. Αυτού του είδους ρομπότ παρέχουν οπτική καθοδήγηση στο γιατρό κατά τη διάρκεια της επέμβασης ή και προεγχειρητικά.

Ο ρομποτικός βραχίονας Mako είναι ένα τέτοιο σύστημα χειρουργικής απεικόνισης. Ο βραχίονας Mako λειτουργεί σαν οδηγός στους ορθοπεδικούς για επεμβάσεις ολικής αφαίρεσης ισχίου ή χειρουργικές επεμβάσεις στα γόνατα. Το λογισμικό του δημιουργεί ένα μοντέλο 3D αξονικής τομογραφίας για ένα προεγχειρητικό «σχέδιο». Ο ρομποτικός βραχίονας είναι μια φορητή συσκευή και κύριος στόχος τους είναι η βελτιστοποίηση της χειρουργικής επέμβασης και της πλοήγησης που παρέχει μέσω ψηφιακής εικόνας η οποία εμφανίζεται σε οθόνη οπτοτύπων.

Άλλο παράδειγμα είναι το χειρουργικό σύστημα NAVIO. Το σύστημα αυτό είναι ικανό να δημιουργήσει ένα 3D μοντέλο κατά τη διάρκεια της επέμβασης. Με αυτό το τρόπο δεν απαιτείται προεγχειρητική αξονική τομογραφία. Σε ένα χειρουργείο στο γόνατο,

το σύστημα χειρός NAVIO δείχνει την λειτουργία του οστού και έτσι ο γιατρός έχει μια πλήρη εικόνα διάγνωσης σε πραγματικό χρόνο.

Παρόμοιο ρομποτικό σύστημα απεικόνισης είναι το TiRobot το οποίο χρησιμοποιείται για ορθοπεδικές επεμβάσεις σπονδυλικής στήλης. Το TiRobot χρησιμοποιεί εικόνες 2D και 3D. Κατά την επέμβαση ο ρομποτικός βραχίονας καθοδηγεί τον γιατρό και τον βοηθά για οποιαδήποτε κίνηση έχοντας τη δυνατότητα πλοήγησης σε πραγματικό χρόνο[12].



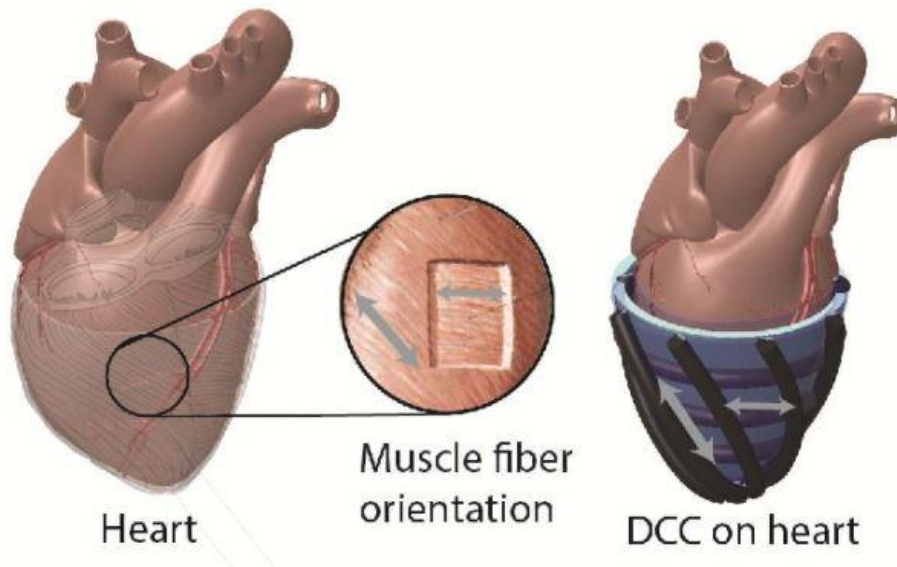
Εικόνα 1-14. Χειρουργικό σύστημα NAVIO(Πηγή:[9] ).

### ➤ Συστήματα μαλακής ρομποτικής

Η μαλακή ρομποτική αφορά ένα επιστημονικό πεδίο το οποίο αναπτύσσεται ραγδαία και είναι πολλά υποσχόμενο στο μέλλον. Στόχος είναι η κατασκευή ρομποτικών συστημάτων χρησιμοποιώντας εύκαμπτα υλικά σε αντίθεση με τα υπόλοιπα ρομποτικά συστήματα που γνωρίζαμε ως τώρα, όπου συνήθως κατασκευάζονται από άκαμπτα υλικά όπως μέταλλο ή πλαστικό για στιβαρότητα.

Ένα ενδιαφέρον σύστημα μαλακής ρομποτικής αναπτύχθηκε από ερευνητές στο πανεπιστήμιο του Harvard και ονομάζεται “Soft Robotic Sleeve”. Είναι μια συσκευή η οποία εμφυτεύεται γύρω από την καρδιά συγκρατώντας την, και λειτουργεί ως βοηθητικός μύς για την καρδιά. Δεν έρχεται σε επαφή με το αίμα μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο λοιμώξεων ή πήξης του αίματος. Η δημιουργία αυτή είναι σε ερευνητικό στάδιο και έχει εφαρμοστεί πειραματικά σε χοίρους. Παρατηρήθηκε ότι σε περιπτώσεις ανακοπής καρδιάς η οποία στο συγκεκριμένο πείραμα προήλθε από φάρμακο, η συσκευή λειτούργησε και απέτρεψε την ανακοπή.





Εικόνα 1-15. Σύστημα μαλακής ρομποτικής, Soft Robotic Sleeve(Πηγή:[9]).

Μια ακόμη ενδιαφέρουσα καινοτομία στον χώρο της μαλακής ρομποτικής είναι οι αισθητήρες κάμψης.

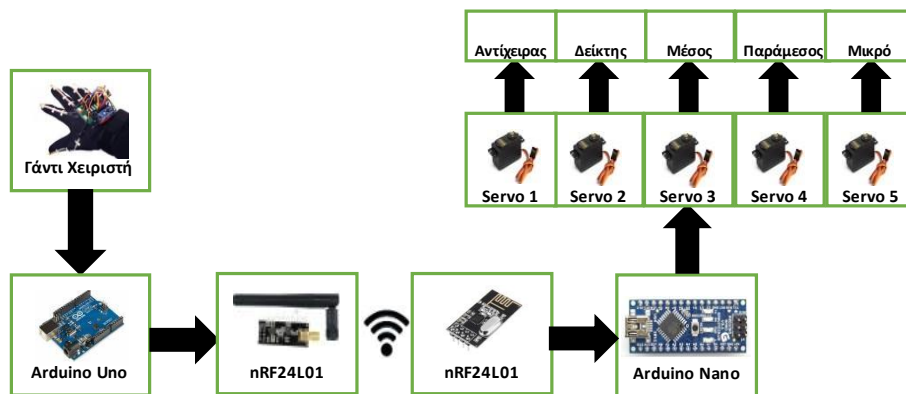
Στην καινοτομία της γροθιάς, οι ερευνητές έχουν αναπτύξει έναν αισθητήρα μαλακής αφής που έρχεται με χαρακτηριστικά παρόμοια με το δέρμα. Η συσκευή, η οποία προέρχεται από το City University του Χονγκ Κονγκ, είναι ένας τύπος ρομποτικής λαβής, όπου ο αισθητήρας είναι τοποθετημένος στο δάχτυλό του.

Ο στόχος ήταν να σχεδιαστεί ένα ρομπότ που θα μπορούσε να επιτελέσει πολύπλοκες εργασίες, όπως να πιάσει εύθραυστα αντικείμενα, διατηρώντας τα σταθερά και να αναλάβει ωραίες εργασίες, όπως το σπείρωμα μιας βελόνας. Αυτό θα μπορούσε να ανοίξει τον δρόμο για πρόοδο στην έξυπνη προσθετική, καθώς και για νέες μορφές αλληλεπιδράσεων ανθρώπου-ρομπότ. Ο αισθητήρας αναφέρεται «σαν δέρμα» και η ισοδύναμη ευαισθησία είναι το προϊόν μιας μαγνητισμένης μεμβράνης πάχους μόλις 0,5 χιλιοστών σε όλη την πάνω στρώση. Καθώς ασκείται εξωτερική δύναμη στο δέρμα, το εξωτερικό στρώμα μπορεί να ανιχνεύσει την αλλαγή του μαγνητικού πεδίου λόγω της παραμόρφωσης της μεμβράνης. Η ευαισθησία και το εύρος μέτρησης του δέρματος προσαρμόζονται αλλάζοντας την κατεύθυνση μαγνητισμού του άνω στρώματος (το μαγνητικό φιλμ). Αυτό σημαίνει ότι διαφορετικοί βαθμοί ευαισθησίας μπορούν να επιτευχθούν χωρίς προσφυγή για αλλαγή του πάχους αργότερα. Η έρευνα εμφανίζεται στο περιοδικό Science Robotics, σε ένα έγγραφο με τίτλο «Μαλακό μαγνητικό δέρμα για αίσθηση αφής υψηλής ανάλυσης με δύναμη αυτοαποσύνδεσης»[13].

## 2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα αναλυθούν τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του ρομποτικού βραχίονα ελεγχόμενο εξ'αποστάσεως. Η κατασκευή χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη τα οποία είναι το Hardware και το Software. Στο Hardware ανήκουν όλα τα κατασκευαστικά εξαρτήματα καθώς είναι υπεύθυνα για την κίνηση ενώ το Software περιλαμβάνει τον προγραμματισμό και την δημιουργία ενός ασύρματου δικτύου προκειμένου να πραγματοποιηθεί η εξ'αποστάσεως επικοινωνία.

### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ



Εικόνα 2-1. Διάγραμμα κατασκευής

### 2.1 Αισθητήρες Κάμψης – Flex Sensors

Ο αισθητήρας κάμψης είναι ένας εύκαμπτος αισθητήρας που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή της «κίνησης» όταν παραμορφώνεται σε διάφορες θέσεις σε μια μετρήσιμη αναλογική έξοδο, καθώς μετατρέπει την γωνία μετατόπισης σε ωμική αντίσταση. Ο αισθητήρας κάμψης συνήθως αποτελείται από υλικά όπως πλαστικό και άνθρακας. Η επιφάνεια του άνθρακα είναι τοποθετημένη σε μια πλαστική λωρίδα. Όταν η πλαστική λωρίδα στρέφεται τότε αλλάζει και η αντίσταση του αισθητήρα κάμψης. Για αυτό το λόγο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως γωνιόμετρο καθώς η μεταβαλλόμενη αντίστασή του μπορεί να είναι ανάλογη με την ποσότητα της στροφής. Ως αισθητήρας τοποθετείται συνήθως σε εξωτερικές επιφάνειες και χρησιμοποιείται ευρέως σε ρομποτικές κατασκευές.

Οι αισθητήρες κάμψης ταξινομούνται σε δύο μεγέθη, σε 2,2 και 4,5 ίντσες αντίστοιχα. Και τα δύο μεγέθη βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας.

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα ο αισθητήρας κάμψης (Flex Sensor) έχει δύο εξόδους. Δεν περιέχει πολωμένη έξοδο δηλαδή κάποιου είδους διόδου – πυκνωτή που σημαίνει ότι δεν υπάρχει θετικός ή αρνητικός ακροδέκτης- έξοδος. Η απαιτούμενη τάση ενεργοποίησης του αισθητήρα κυμαίνεται μεταξύ 3.3V – 3.5V DC.

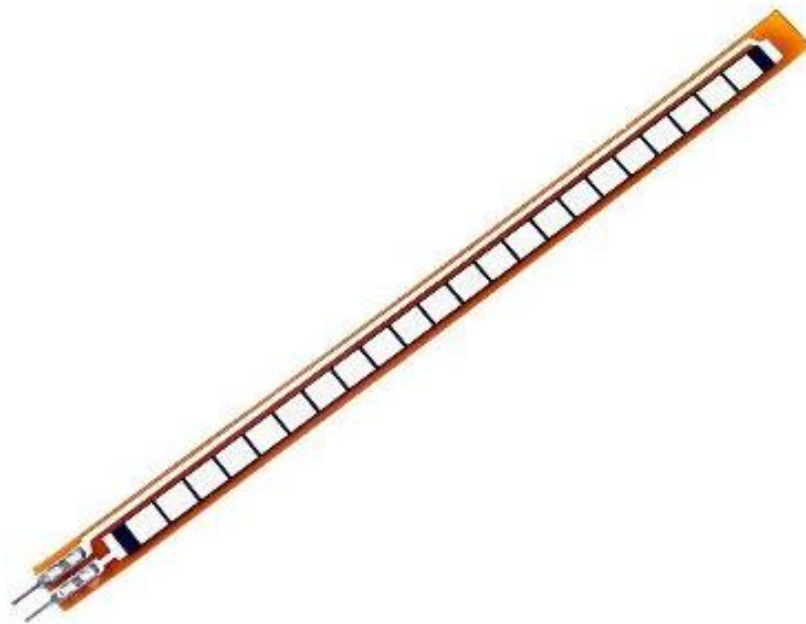
Μερικές εφαρμογές που χρησιμοποιούνται οι αισθητήρες κάμψης είναι οι παρακάτω:

- Χειριστήρια αυτοκινήτων
- Ιατρικές συσκευές
- Ρομποτικές συσκευές
- Μουσικά όργανα
- Όργανα γυμναστικής

Επίσης οι αισθητήρες κάμψης ή Flex Sensors έχουν κάποια βασικά πλεονεκτήματα και γι' αυτό προτιμώνται σε πολλές εφαρμογές. Κάποια βασικά πλεονεκτήματα είναι:

- Το υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας και επαναληψιμότητας
- Η αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες
- Η ποικιλία εύκαμπτων επιφανειών για τοποθέτηση

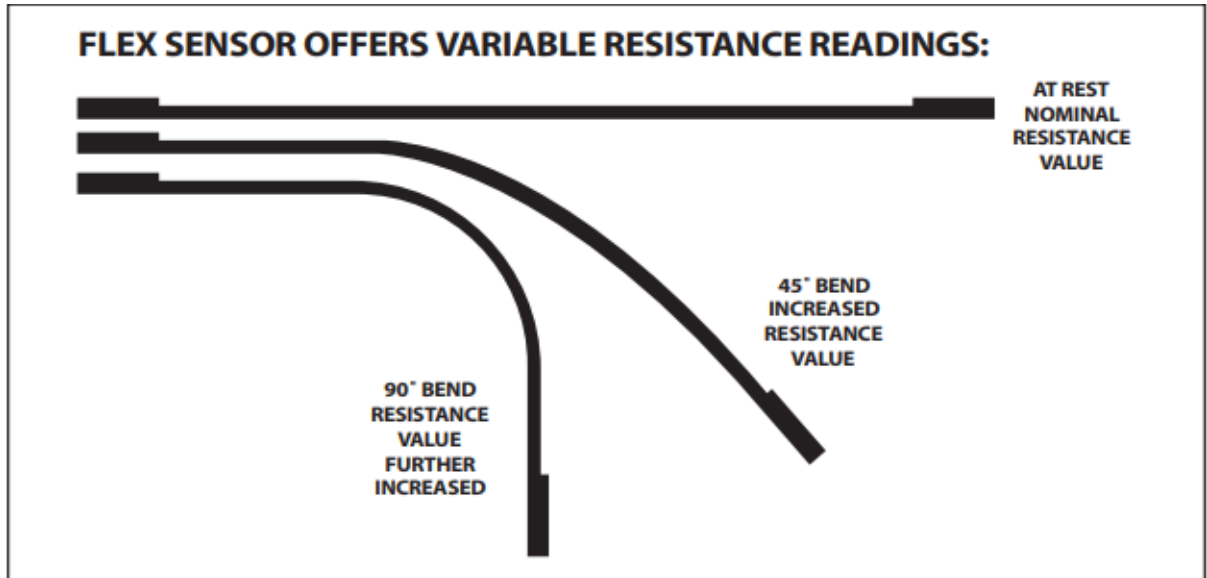
Στ παρακάτω σχήμα(15) παρουσιάζεται ένας αισθητήρας κάμψης καθώς και επίσης(σχήμα 16) οι τρεις θέσεις που μπορεί να αναγνωρίσει και να μετατρέψει σε αναλογική έξοδο.



**Εικόνα 2-2. Αισθητήρας κάμψης 4,5 ίντσες(Πηγή:[8] ).**

Έξοδος 1: Αυτός ο ακροδέκτης συνδέεται με το +V της τροφοδοσίας

Έξοδος 2: Αυτός ο ακροδέκτης συνδέεται με τη γείωση (GND) της τροφοδοσίας



Εικόνα 2-3. Τρεις θέσεις λειτουργίας του Flex Sensor(Πηγή:[8] ).

## 2.2 Wireless Transceiver Module – nRF24L01

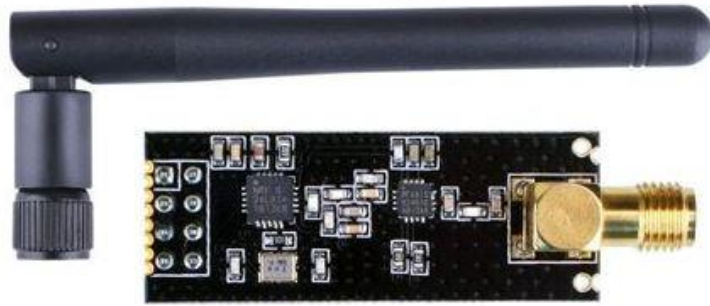
Το nRF24L01 είναι ένα εξάρτημα που επιτυγχάνει μια ασύρματη επικοινωνία μεταξύ δύο μικροελεγκτών. Συνήθως χρησιμοποιείται για την ασύρματη επικοινωνία μεταξύ δύο Arduino για χρήσεις όπως η απομακρυσμένη παρακολούθηση αισθητήρων, ο απομακρυσμένος έλεγχος ρομπότ, ο αυτοματισμός των σπιτιών και άλλα. Λόγω του πολύ χαμηλού κόστους το nRF24L01 προτείνεται ολοένα και περισσότερο για ασύρματες κατασκευές χαμηλού κόστους γι' αυτό το λόγο είναι ευρέως διαδεδομένο.

Για να συνδεθούν δύο μικροελεγκτές μεταξύ τους χρησιμοποιούνται δύο πομποδέκτες nRF24L01. Έχουν σχεδιαστεί να λειτουργούν σε παγκόσμια ζώνη συχνοτήτων 2,4 GHz ISM και για τη μετάδοση δεδομένων χρησιμοποιεί GFSK. Ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων μπορεί να είναι 250kbps, 1Mbps, 2Mbps.

Υπάρχουν δύο είδη nRF24L01. Η διαφορά τους είναι ότι στη μια περίπτωση υπάρχει κεραία η οποία αυξάνει την απόσταση μετάδοσης περίπου στα 1000 μέτρα ενώ η έλλειψη κεραίας καλύπτει μια απόσταση 100 μέτρων. Στις παρακάτω εικόνες 16 και 17 παρουσιάζονται οι δύο πομποδέκτες.



Εικόνα 2-4. nRF24L01 χωρίς κεραία(Πηγή:[8] ).



Εικόνα 2-5. nRF24L01 με κεραία(Πηγή:[8] ).

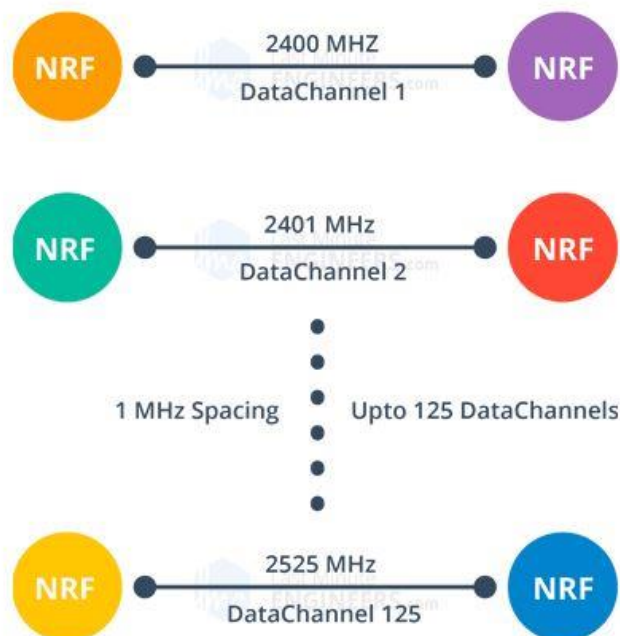
Οι πομποδέκτες nRF24L01 λαμβάνουν και μεταδίδουν δεδομένα σε μια συγκεκριμένη συχνότητα που λέγεται κανάλι. Για να επικοινωνήσουν δύο ή περισσότερες «μονάδες» μεταξύ τους πρέπει να βρίσκονται στο ίδιο κανάλι. Αυτό το κανάλι θα μπορούσε να είχε οποιαδήποτε συχνότητα μεταξύ 2400 έως 2525 MHz.

Η συχνότητα καναλιού RF ορίζεται πάντα σύμφωνα με τον τύπο:

$$F = 2400 + CH$$

Όπου F= συχνότητα επιλογής και CH= κανάλι επιλογής

Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζονται ο τρόπος λειτουργίας της ασύρματης μετάδοσης καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του πομποδέκτη.



Εικόνα 2-6. Τρόπος λειτουργίας ασύρματης σύνδεσης(Πηγή:[8] ).

Frequency Range	2.4 GHz ISM Band
Maximum Air Data Rate	2 Mb/s
Modulation Format	GFSK
Max. Output Power	0 dBm
Operating Supply Voltage	1.9 V to 3.6 V
Max. Operating Current	13.5mA
Min. Current(Standby Mode)	26μA
Logic Inputs	5V Tolerant
Communication Range	800+ m (line of sight)

Εικόνα 2-7.Τεχνικά χαρακτηριστικά nRF24L01(Πηγή:[8] ).

### ➤ Ακροδέκτες nRF24L01

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει τους ακροδέκτες του εξαρτήματος.

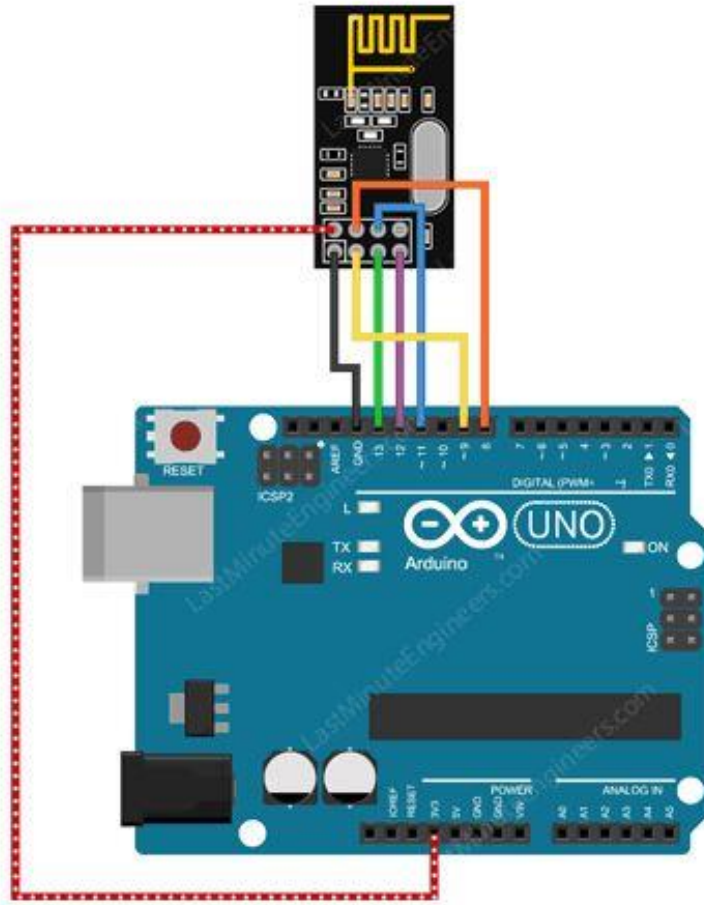


Εικόνα 2-8. Ακροδέκτες nRF24L01(Πηγή:[8] ).

- GND:** Γείωση. Συνήθως επισημαίνεται ώστε να χρησιμοποιείται ως ακροδέκτης αναφοράς για τον προσδιορισμό των άλλων ακροδεκτών.
- Vcc:** Ακροδέκτης ισχύς.
- CE( Chip Enable):** Είναι active-High ακροδέκτης. Επιλέγει αν θα είναι πομπός ή δέκτης αναλόγως τη λειτουργία του εκείνη τη στιγμή.
- CSN( Chip Select Not):** Είναι active-Low ακροδέκτης. Είναι ο υπεύθυνος ακροδέκτης που επεξεργάζεται κατάλληλα τα δεδομένα.
- SCK(Serial Clock):** Λαμβάνει τους παλμούς του ρολογιού που προέρχονται από το SPI.
- MOSI(Master Out Slave In):** είναι ακροδέκτης-είσοδος SPI
- MISO(Master In Slave Out):** είναι ακροδέκτης-έξοδος SPI.

### ➤ Σύνδεσμολογία nRF24L01 με Arduino

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η συνδεσμολογία του nRF24L01 με Arduino Uno.



Εικόνα 2-9. Συνδεσμολογία nRF24L01 με Arduino Uno(Πηγή:[14] ).

### 2.3 Μικροελεγκτής- Arduino

Ένας μικροελεγκτής αποτελεί ένα «ολοκληρωμένο» μικρό υπολογιστή αφού εκτός από τη δυνατότητα εκτέλεσης εντολών διαθέτει εσωτερική μνήμη για τα προγράμματα, εισόδους/εξόδους για ανταλλαγή σημάτων κλπ. Ένα βασικό χαρακτηριστικό των μικροελεγκτών είναι η δυνατότητα τους να αλληλεπιδρούν με το φυσικό κόσμο με τρόπους που ένας τυπικός προσωπικός υπολογιστής δεν μπορεί. Οι μικροελεγκτές παίρνουν πληροφορίες από το φυσικό περιβάλλον μέσα από αισθητήρες και διακόπτες, και μπορούν να ελέγχουν φυσικά αντικείμενα όπως led, μοτέρ κλπ. Υπάρχει μεγάλος αριθμός εφαρμογών που βασίζονται σε προσαρμοσμένα κυκλώματα που χρησιμοποιούν μικροελεγκτές [8].

Μερικές εφαρμογές είναι :

- Βιομηχανικός έλεγχος
- Προστασία και παρακολούθηση περιβάλλοντος με δίκτυα αισθητήρων
- Κιόσκια πληροφόρησης

- Συστήματα αυτόματων συναλλαγών(ATM)
- Μουσικά εφέ και επεξεργασία ήχου
- Απομακρυσμένος έλεγχος και παρακολούθηση χώρου
- Έξυπνο (αυτοματοποιημένο) σπίτι
- Παιχνιδομηχανές

Το Arduino δημιουργήθηκε απο έναν φοιτητή στην Ιταλία το 2003. Στα πλαίσια μιας εργασίας ανέπτυξε το Wiring project. Το project αυτό ήταν η ανάπτυξη ενός απλού συστήματος βασισμένου σε μικροελεγκτή που να προσφέρεται για γρήγορη και εύκολη ανάπτυξη εφαρμογών. Έτσι το Arduino απέτελεσε το καλύτερο ξεκίνημα για φοιτητές και μηχανικούς. Έτσι λοιπόν το Arduino είναι μια πλατφόρμα ανάπτυξης έργων, ανοιχτού κώδικα. Η πλατφόρμα περιλαμβάνει μια απλή πλακέτα μικροελεγκτή μαζί με ένα περιβάλλον ανάπτυξης προγραμμάτων για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή.

Το Arduino χρησιμοποιεί μικροελεγκτές Atmel AVR και η γλώσσα προγραμματισμού ονομάζεται Wiring C, η οποία αποτελεί παραλλαγή της γλώσσας C++ ενώ μέσα απο την προσθήκη βιβλιοθηκών υποστηρίζονται περισσότερες λειτουργίες και δυνατότητες.

Συμπερασματικά, η πλατφόρμα Arduino αποτελεί ιδανική λύση για ρομποτικές κατασκευές και καλύπτει ένα μεγάλο φάσμα απαιτήσεων που εκτείνονται κατά τη προετοιμασία μιας ρομποτικής κατασκευής. Η πλατφόρμα Arduino είναι ανοιχτής αρχιτεκτονικής που σημαίνει ότι είναι ελεύθερα διαθέσιμα όλα τα σχέδια κατασκευής με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η αναπαραγωγή και αξιοποίηση της απο κάθε ενδιαφερόμενο.

### ➤ Πλεονεκτήματα μικροελεγκτή -Arduino

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα του μικροελεγκτή Arduino σε σύγκριση με άλλους μικροελεγκτές αναγράφονται παρακάτω :

- **Χαμηλό κόστος.** Μπορεί κάποιος να αγοράσει το Arduino Uno R3 με κόστος κάτω απο 15 ευρώ. Επίσης, πλέον υπάρχουν πολλές απομιμήσεις οι οποίες περιλαμβάνουν μέσα διάφορα καλώδια, LED, διακόπτες, αισθητήρες κ.α χρήσιμα εξαρτήματα, τα οποία κοστίζουν λιγότερο απο 40 ευρώ.
- **Συμβατότητα.** Το λογισμικό που χρησιμοποιεί το Arduino εκτελείται σε περιβάλλοντα Windows, Macintosh, Linux.
- **Επεκτάσιμο λογισμικό ανοιχτού κώδικα.** Τα προγράμματα του Arduino είναι ανοιχτού κώδικα, επομένως οποιοσδήποτε μπορεί να τα τροποποιήσει σύμφωνα με τις ανάγκες του. Επίσης μέσα απο την προσθήκη βιβλιοθηκών C++ μπορούν να προστεθούν δυνατότητες στο περιβάλλον ανάπτυξης.
- **Απλότητα.** Η χρήση του και το περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino μπορεί να πραγματοποιηθεί και απο αρχάριους χρήστες[15].



## ➤ Εκδόσεις -Arduino

Υπάρχουν πολλές εκδόσεις και παραλλαγές του Arduino. Κάθε board υποστηρίζει συγκεκριμένο τύπο μικροελεγκτή και διαθέτει ένα σύνολο ακροδεκτών για είσοδο και έξοδο. Οι ακροδέκτες μπορούν να χωριστούν σε ακροδέκτες εισόδου / εξόδου και ακροδέκτες που σχετίζονται με την τροφοδοσία. Το Arduino διαβάζει αναλογικά σήματα απο 0 έως 5V καθώς και ψηφιακά 0 ή 5V. Οι έξοδοι υποστηρίζουν μόνο ψηφιακά σήματα.

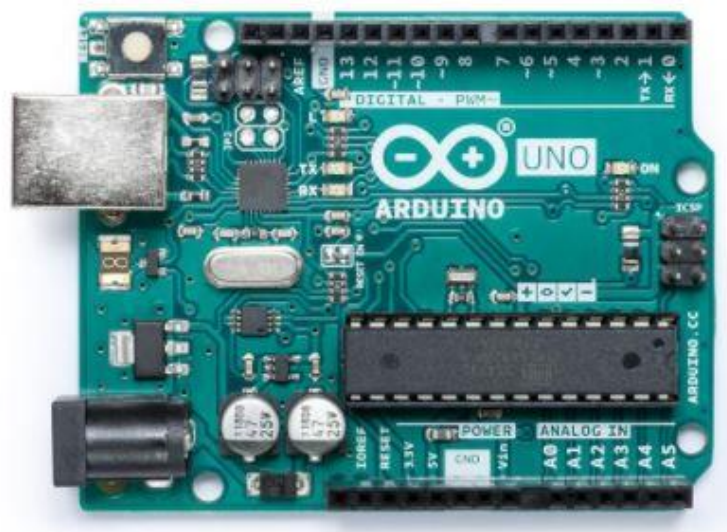
Επιπλέον το Arduino μπορεί να προσφέρει τροφοδοσία σε εξωτερικές συσκευές (π.χ αισθητήρες) στα 3.3 ή 5V, ενώ δε μπορεί να δώσει στις εξόδους μεγαλύτερο ρεύμα απο 30-40 mA.

Επιπροσθέτως, η σύνδεση με USB επιτρέπει την επικοινωνία του με τον υπολογιστή(π.χ «ανέβασμα» κώδικα) ενώ παρέχει ταυτόχρονα και τροφοδοσία 5V για τη λειτουργία του.

Οι πιο δημοφιλείς εκδόσεις του Arduino είναι οι εξής:

- Arduino Uno
- Arduino Mega 2560
- Arduino Nano
- Arduino Lilypad
- Arduino Robot
- Arduino Esplora
- Arduino Intel Galileo

Στις παρακάτω εικόνες επεικονίζεται ο μικροελεγκτής Arduino Uno καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.

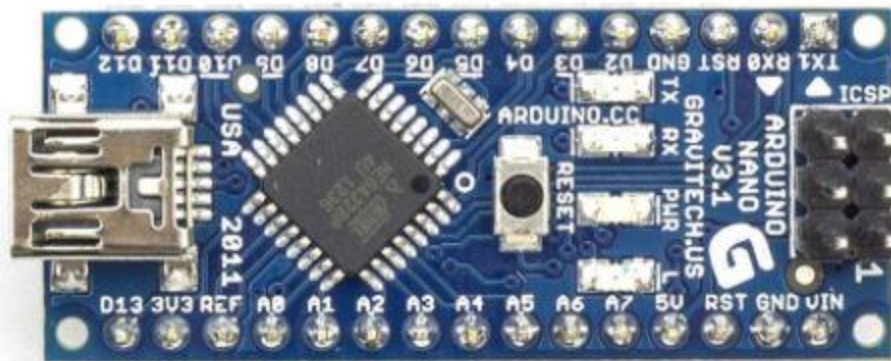


Εικόνα 2-10. Arduino Uno. (Πηγή:[14]).

- Μικροελεγκτής: ATmega328
- Τάση λειτουργίας: 5V
- Τάση εισόδου: 7-12V
- Τάση εισόδου (limits): 6-20V
- Ψηφιακά I/O Pins: 14
- Αναλογικές εισόδους: 6
- PWM εισόδους: 6
- DC Ρεύμα ανά I/O Pin: 20 mA
- DC Ρεύμα για 3.3V Pin: 50mA
- Μνήμη Flash: 32 KB
- Μνήμη SRAM: 2 KB (ATmega328)
- Μνήμη EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Ταχύτητα (Clock Speed): 16 MHz

Εικόνα 2-11. Βασικά χαρακτηριστικά Arduino Uno(Πηγή:[14] ).

Άλλη μια ενδιαφέρουσα έκδοση του Arduino η οποία χρησιμοποιήθηκε και στην κατασκευή είναι το Arduino Nano. Η ανάπτυξη εσωματωμένων και φορητών συστημάτων επιβάλλει τη χρήση διατάξεων περιορισμού μεγέθους. Το Arduino Nano έχει σχεδιαστεί ακριβώς για αυτές τις περιπτώσεις. Διαθέτει θύρα mini USB ενώ στην έκδοση 3.0 βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega328. Επίσης δεν διαθέτει είσοδο DC παροχής. Στις παρακάτω εικόνες επεικονίζεται ο μικροελεγκτής Arduino Nano καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του[8].



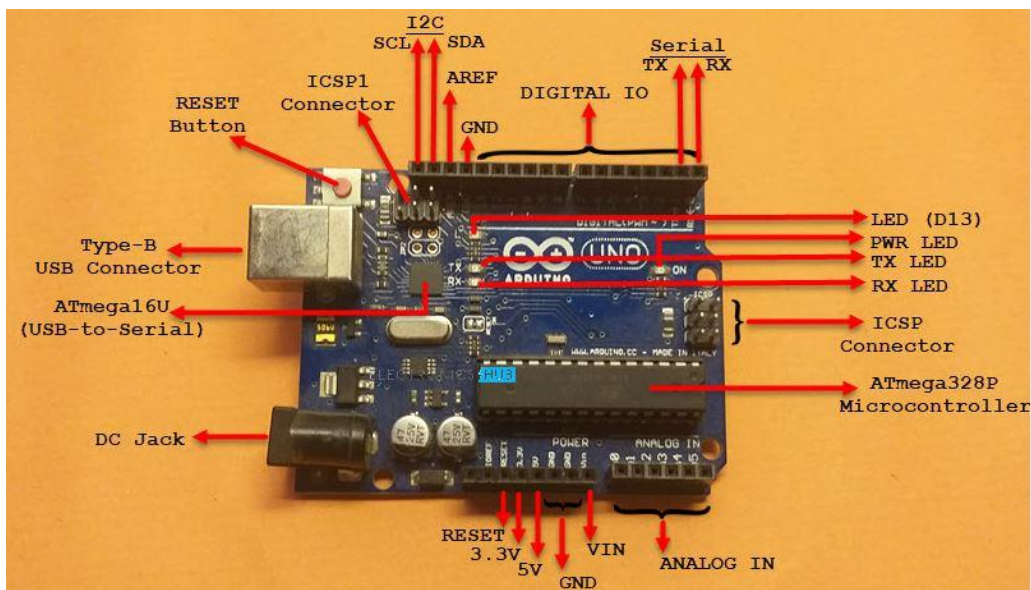
Εικόνα 2-12. Arduino Nano. (Πηγή:[14] ).

- Μικροελεγκτής: ATmega328
- Τάση λειτουργίας: 5V
- Τάση εισόδου: 7-12V
- Τάση εισόδου (limits): 6-20V
- Ψηφιακά I/O Pins: 14 (of which 6 provide PWM output)
- Αναλογικές εισόδους: 8
- PWM εισόδους: 6
- DC Ρεύμα ανά I/O Pin: 20 mA
- DC Ρεύμα για 3.3V Pin: 50mA
- Μνήμη Flash: 32 KB
- Μνήμη SRAM: 2 KB (ATmega328)
- Μνήμη EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Ταχύτητα (Clock Speed): 16 MHz

Εικόνα 2-13. Βασικά χαρακτηριστικά Arduino Nano(Πηγή:[14] ).

### ➤ Ανάλυση πλακέτας- Arduino Uno

Στην εικόνα 26 απεικονίζεται ο «χάρτης» του Arduino Uno.



Εικόνα 2-14. Χάρτης του Arduino Uno(Πηγή:[14] ).

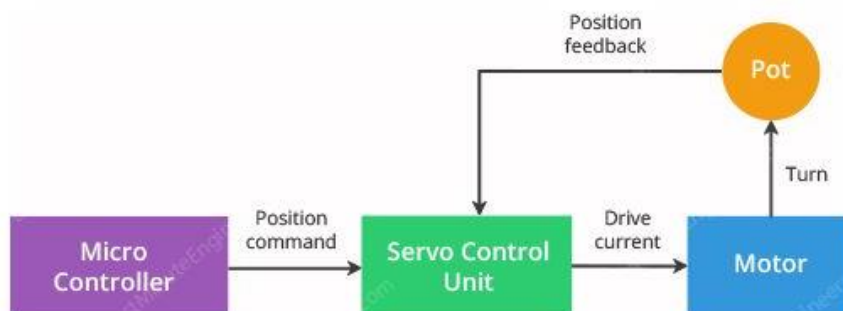
- Reset Button:** Κουμπί επανεκκίνησης. Αρχικοποιεί την λειτουργία του Board.
- TX & RX LED:** LED σειριακής επικοινωνίας. Φωτοβολούν σε ανταλλαγή δεδομένων με τον υπολογιστή.
- LED (D13):** LED pin 13. Ενσωματωμένο LED για δυνατότητα άμεσης δοκιμής.
- AREF:** Προσδιορισμός τάσης αναφοράς για ανάγνωση αναλογικών σημάτων.

- v. **GND:** Ακροδέκτης γείωσης.
- vi. **DIGITAL(0-13):** PIN ψηφιακής εισόδου/εξόδου. Ακροδέκτες ψηφιακής επικοινωνίας με εξωτερικές συσκευές και κυκλώματα.
- vii. **SERIAL TX&RX:** PIN σειριακής επικοινωνίας. Πρόσβαση στα σήματα εκπομπής και λήψης σειριακής επικοινωνίας με τον Η/Υ.
- viii. **PWR LED:** LED λειτουργίας. Φωτοβολεί όταν λειτουργεί το board.
- ix. **ATmega328P Microcontroller:** Η καρδιά του συστήματος (εκτέλεση εντολών, ανάγνωση σημάτων κλπ)
- x. **ANALOG IN:** Διάβασμα αναλογικών σημάτων.
- xi. **VIN:** Πρόσθετες δυνατότητες τροφοδοσίας.
- xii. **5V:** Τροφοδοσία 5V
- xiii. **3.3V:** Τροφοδοσία 3,3V
- xiv. **RESET:** PIN επανεκκίνησης
- xv. **DC Jack:** Εξωτερική τροφοδοσία από μπαταρία
- xvi. **Type-B USB Connector:** Θύρα USB. Επικοινωνία με Η/Υ και παροχή τροφοδοσίας.

## 2.4 Σερβοκινητήρας

Ως σέρβο ορίζεται ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου. Ένα σύστημα κλειστού βρόχου χρησιμοποιεί το σήμα ανάδρασης για να ρυθμίσει τη ταχύτητα και την κατεύθυνση του κινητήρα έτσι ώστε να πετύχει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει την αρχή λειτουργίας ενός σέρβο.

Οι σερβοκινητήρες έχουν την ίδια αρχή λειτουργίας και είναι διατάξεις που χρησιμοποιούνται σε ρομποτικές κατασκευές και ο ρόλος τους είναι να γυρίζουν και να ελέγχουν με ακρίβεια έναν άξονα από τις 0 μοίρες έως τις 180 μοίρες.



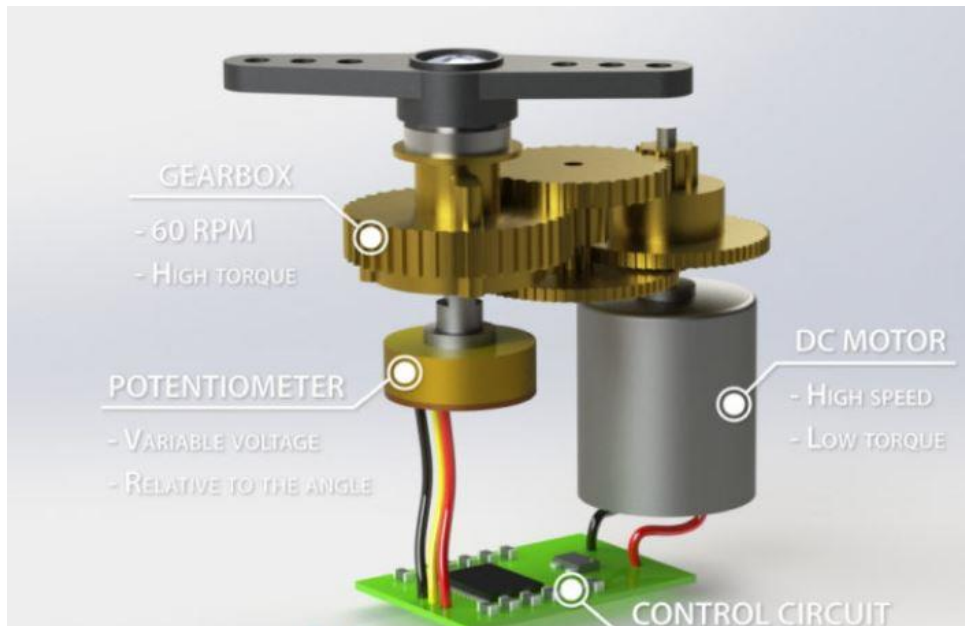
Εικόνα 2-15. Αρχή λειτουργίας Servo(Πηγή:[16] ).

Οι σερβοκινητήρες αποτελούνται από τέσσερα μέρη τα οποία είναι τα εξής:

- Ηλεκτροκινητήρας συνεχούς ρεύματος(DC)
- Μηχανικός μειωτήρας( γρανάζια)

- Ηλεκτρικό κύκλωμα ελέγχου
- Ποτενσιόμετρο.

Η παρακάτω εικόνα δείχνει τα τέσσερα μέρη που αναφέρθηκαν παραπάνω.

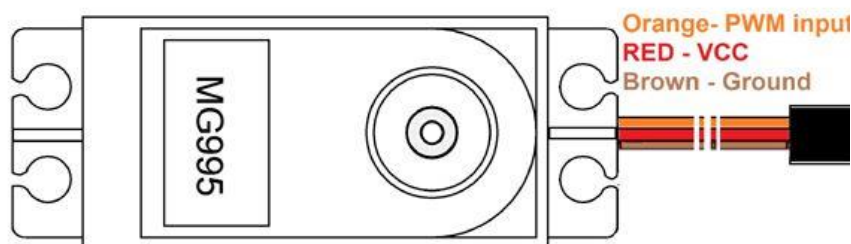


Εικόνα 2-16. Μέρη που αποτελείται ένας σερβοκινητήρας(Πηγή:[16] ).

Πιο αναλυτικά, ένας σερβοκινητήρας RC περιέχει έναν μικρό ηλεκτροκινητήρα DC, ο οποίος είναι συνδεδεμένος με έναν άξονα γραναζιών. Ο άξονας γραναζιών με τη σειρά του είναι συνδεδεμένος με ένα ποτενσιόμετρο. Το ποτενσιόμετρο δείχνει στο κύκλωμα ελέγχου τη θέση που βρίσκεται ο κινητήρας και την συγκρίνει με τη θέση-στόχο που έχουμε ορίσει εμείς μέσω προγραμματισμού.

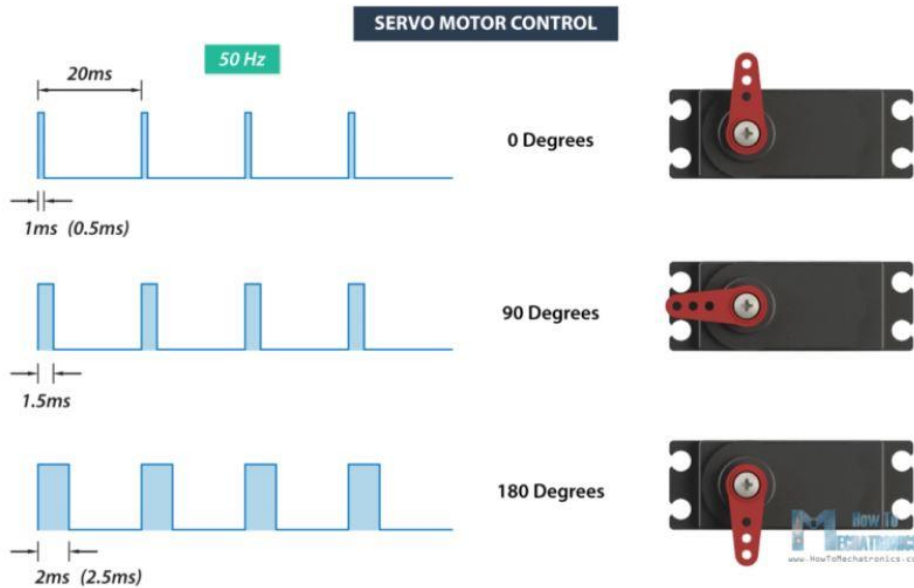
Όπως φαίνεται και στην εικόνα 28 ένας σερβοκινητήρας έχει τρία καλώδια. Το κόκκινο καλώδιο συνδέεται σε πηγή +5V. Το μαύρο ή καφέ καλώδιο συνδέεται στη γείωση και το κίτρινο καλώδιο συνδέεται σε ακροδέκτη του μικροελεγκτή Arduino. Το κίτρινο καλώδιο είναι υπεύθυνο για να λάβει το Arduino παλμούς PWM που έχουν συχνότητα 50Hz. Η συχνότητα 50Hz πρακτικά σημαίνει ότι ένας αναλογικός σερβοκινητήρας λαμβάνει παλμό κάθε 20 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Ο κύκλος εργασίας εξαρτάται από τις μοίρες στρέψης του σερβοκινητήρα.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει τους ακροδέκτες του σερβοκινητήρα που περιγράφονται παραπάνω.



Εικόνα 2-17. Ακροδέκτες Σερβοκινητήρα(Πηγή:[16] ).

Επίσης στην εικόνα 30 φαίνεται ο έλεγχος του σερβοκινητήρα που περιγράφεται παραπάνω.



Εικόνα 2-18. Servo Motor control (Πηγή:[16] ).

- Εάν ο παλμός είναι υψηλός για 1 ms, τότε ο σερβοκινητήρας θα είναι στις μηδέν μοίρες.
- Εάν ο παλμός είναι υψηλός για 1,5ms, τότε ο σερβοκινητήρας θα είναι στις 90 μοίρες.
- Εάν ο παλμός είναι υψηλός για 2ms, τότε ο σερβοκινητήρας θα είναι στις 180 μοίρες.

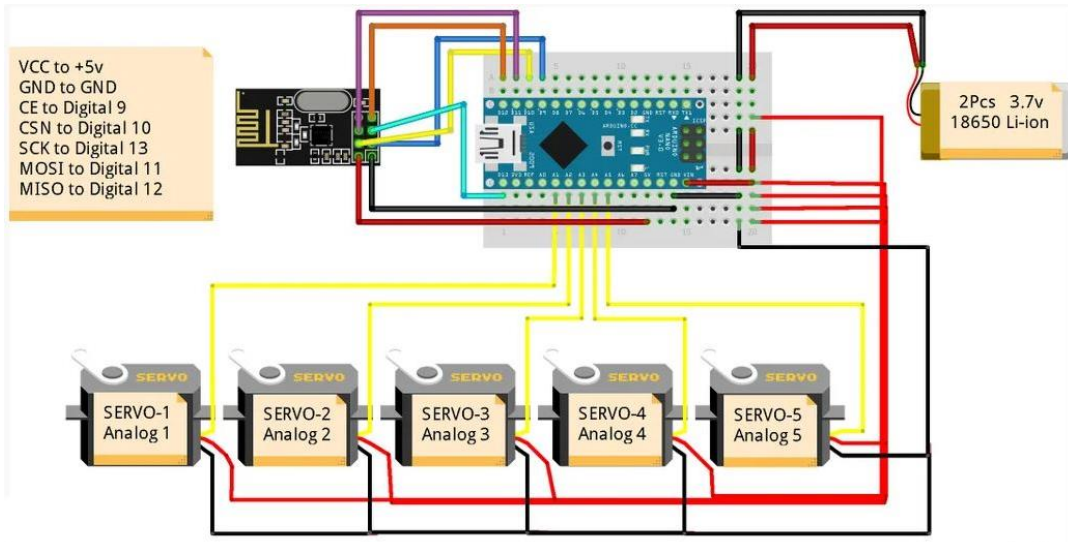
### 3 ΟΔΗΓΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΧΕΡΙΟΥ

Στη συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζεται η διαδικασία κατασκευής του ρομποτικού χεριού και του γαντιού που φοράει ο χρήστης καθώς και όλα τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν για αυτή τη κατασκευή. Η προαναφερθείσα κατασκευή χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη : το κατασκευαστικό μέρος όπου είναι το μηχανολογικό κομμάτι (hardware) και το κομμάτι του προγραμματισμού ( software) [14].

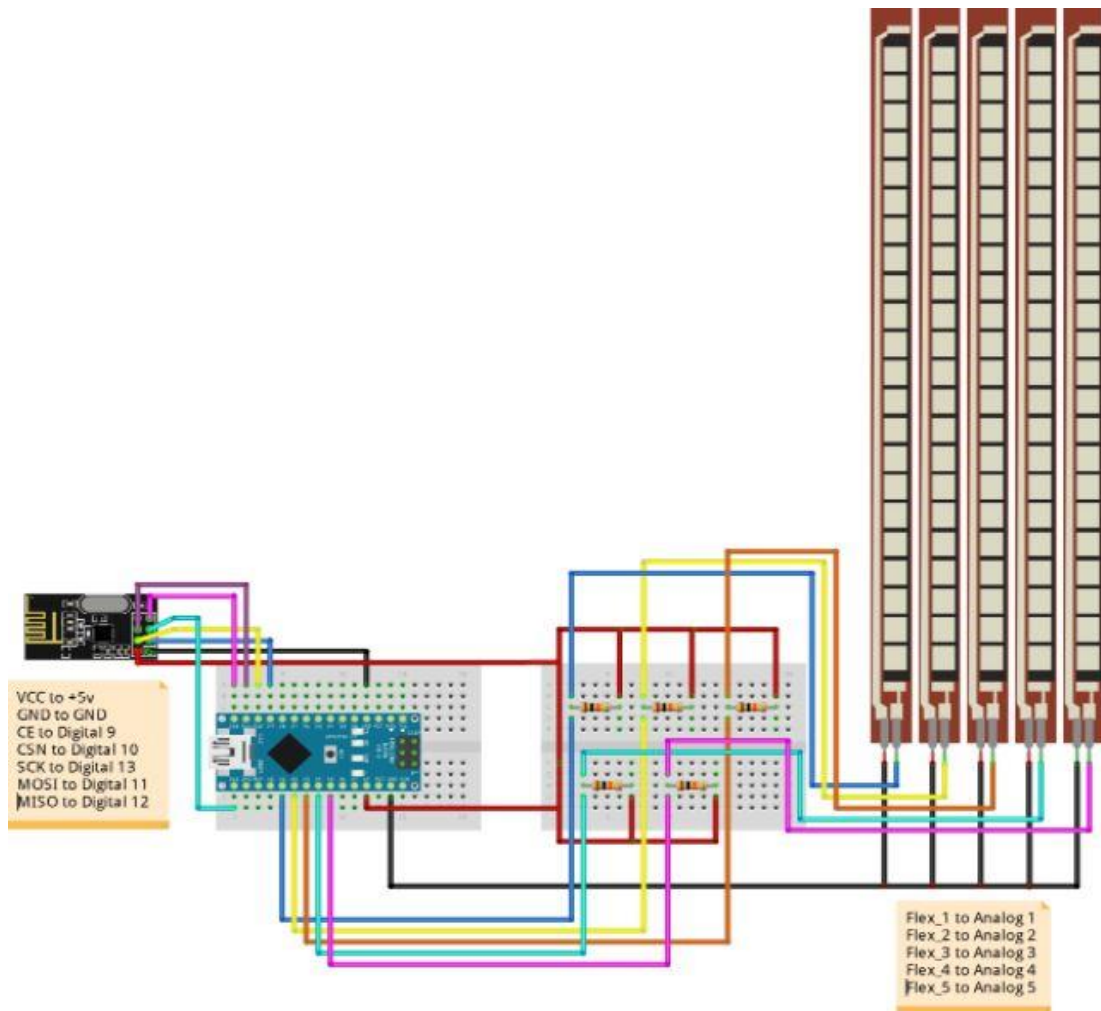
#### 3.1 Κατασκευαστικό μέρος

Στο συγκεκριμένο μέρος θα αναλυθούν όλα τα μηχανολογικά τμήματα που είναι υπεύθυνα για την κίνηση της κατασκευής. Τα δύο σχήματα που ακολουθούν δείχνουν τη συνδεσμολογία του ρομποτικού χεριού και του γαντιού που χρησιμοποιεί ο χρήστης αντίστοιχα. Στο γάντι του χρήστη (εικόνα 32) χρησιμοποιήθηκε και μια μπαταρία 9V η οποία συνδέεται στην ειδική υποδοχή του Arduino DC Jack όπου περιγράφεται στην παράγραφο 2.3.4[16].

### ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΧΕΡΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΥ ΕΞ' ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ



Εικόνα 3-1. Συνδεσμολογία ρομπωτικής παλάμης(Πηγή:[14] ).



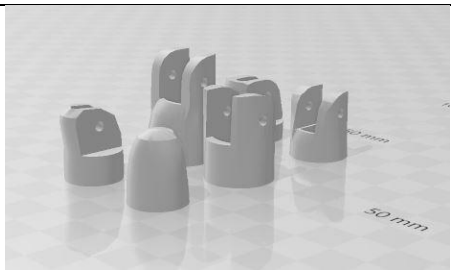

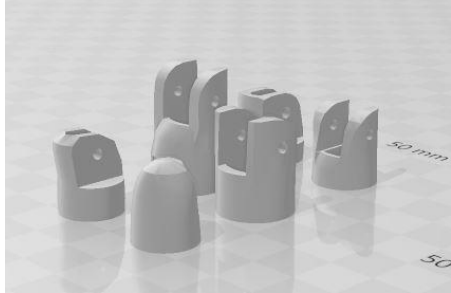

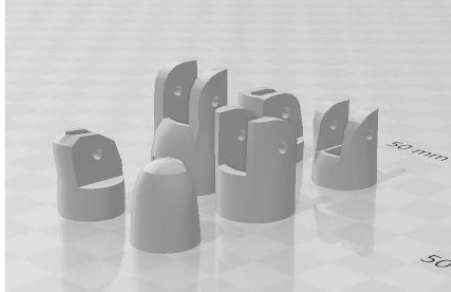

Εικόνα 3-2. Συνδεσμολογία γαντιού χρήστη(Πηγή:[14] ).

### 3.2 3D εκτύπωση – Σχέδιο και κομμάτια

Για την δημιουργία της κατασκευής της ρομποτικής παλάμης χρησιμοποιήθηκε 3D εκτυπωτής. Πιο συγκεκριμένα η ρομποτική κατασκευή αποτελείται από 18 stl αρχεία δηλαδή 18 κομμάτια προς εκτύπωση. Παρακάτω παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της 3D εκτύπωσης[17]:

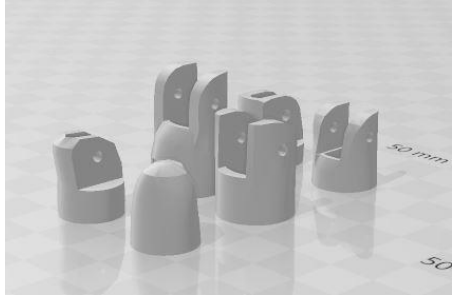

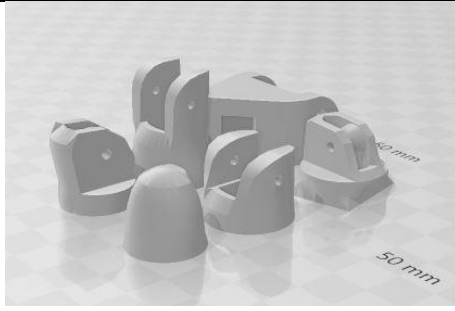

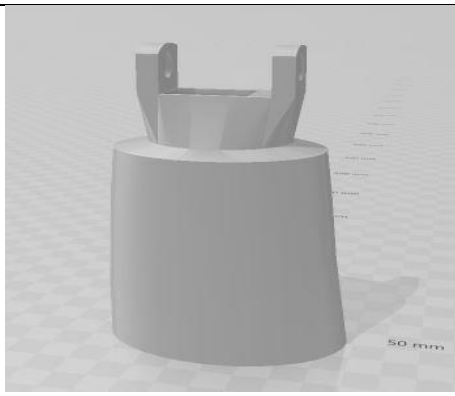

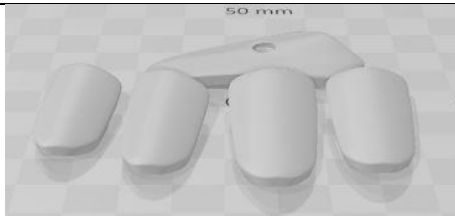

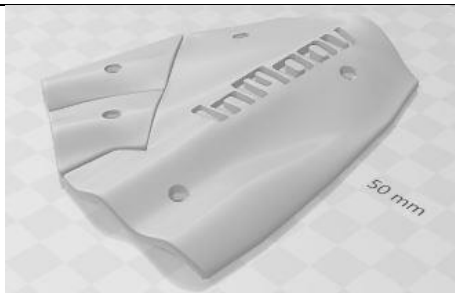

- Πάχος στρώσης (layer height) : 0,3mm.
- Υλικό κατασκευής: Pla άσπρο.
- Infill : 20%
- Θερμοκρασία εκτύπωσης (μύτη εκτυπωτή): 210 βαθμοί κελσίου
- Θερμοκρασία τραπεζιού εκτύπωσης: 70 βαθμοί κελσίου
- Ταχύτητα εκτύπωσης: 40 mm/s
- Πυκνότητα υποστήριξης (Support density): 10%
- Χρόνος εκτύπωσης κατασκευής: 43 ώρες

Στον παρακάτω πίνακα απεικονίζονται αναλυτικά τα κομμάτια που δοθηκαν για 3D εκτύπωση.

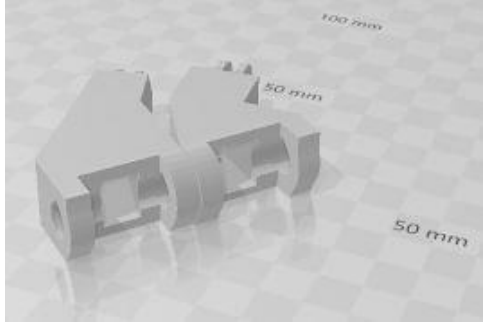

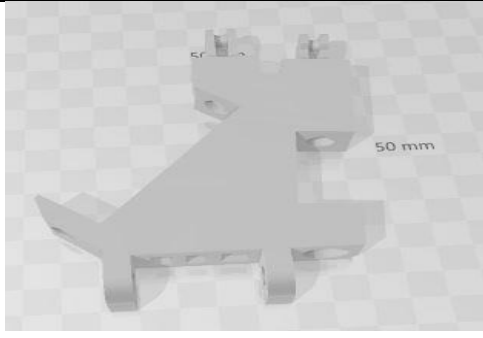

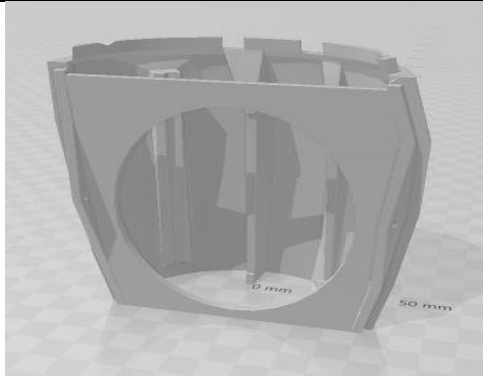

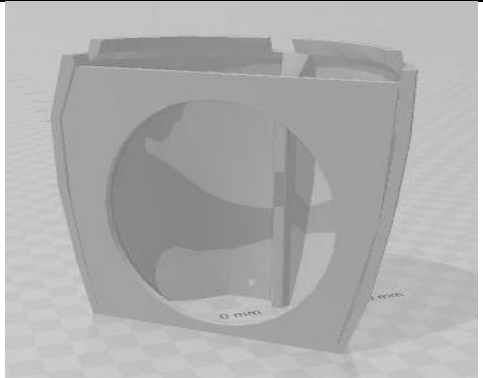

A/A	Φωτογραφία	Stl αρχείο
1		 daxtilo1.stl
2		 daxtilo2.stl
3		 daxtilo3.stl



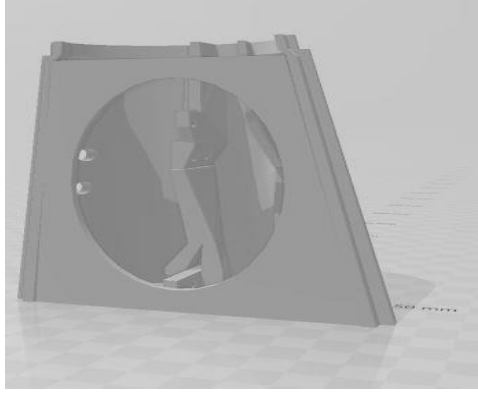

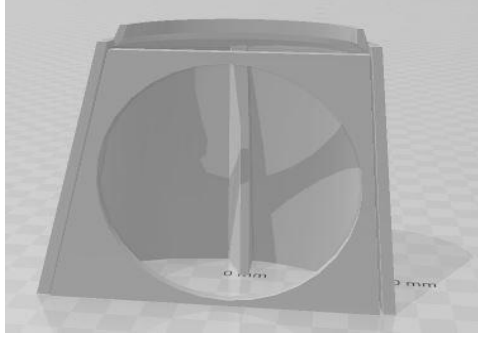

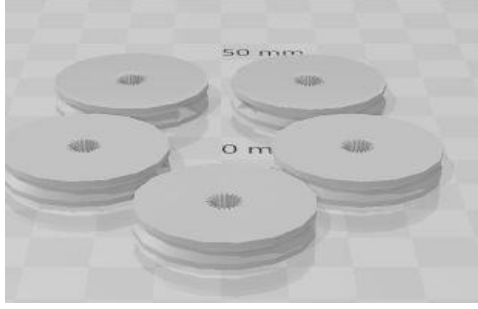

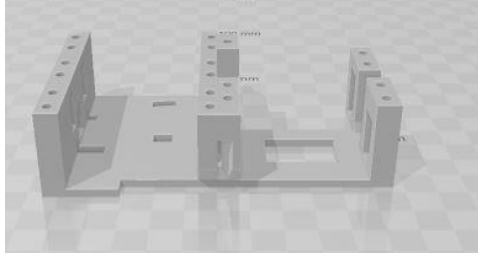

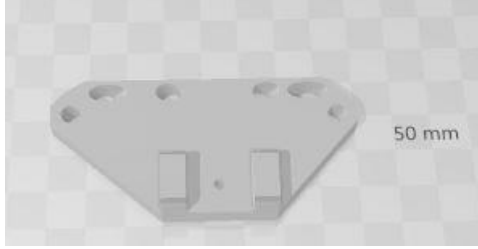

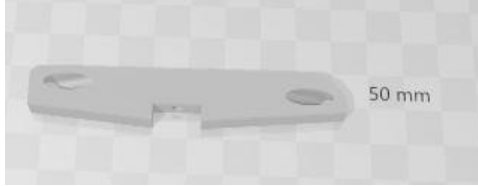

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΧΕΡΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΥ ΕΞ' ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ

4		 daxtilo4.stl
5		 daxtilo5.stl
6		 karpos.stl
7		 nyxia.stl
8		 palami_kalymma.stl

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΧΕΡΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΥ ΕΞ' ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ

9		 palami1.stl
10		 palami2.stl
11		 pixis1.stl
12		 pixis2.stl

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΧΕΡΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΥ ΕΞ' ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ

13		 pixis3.stl
14		 pixis4.stl
15		 servo_kinisi.stl
16		 vasi_servo.stl
17		 vasi_servo2.stl
18		 vasi_servo3.stl

### 3.3 Συναρμολόγηση ρομποτικού χεριού :

Για την συναρμολόγηση του ρομποτικού χεριού εκτός απο τα κομμάτια του 3D εκτυπωτή χρειάστηκαν τα εξής εξαρτήματα – υλικά :

- 5x σερβοκινητήρες MG996R
- 1x Arduino Nano
- 1x nRF24L01 transceiver
- 1x nRF24L01 adapter
- 1x Breadboard
- 1x Μπαταριοθήκη
- Jumper Wires
- 2x Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες 18650 -3.7V
- 1x Φορτιστή μπαταριών 18650
- Πετονιά
- Λάστιχο με επαναφορά
- 2x Βίδες 8 πόντων
- 1x Βίδα 6 πόντων
- 6x Βίδες 1 πόντου
- 20x Βίδες 3,5 πόντων
- 5x Βίδες 3 πόντων
- 1x Παξιμάδι
- Κόλλα στιγμής
- Εργαλείο ψυχρής κόλλησης

Μετά την ολοκλήρωση της 3D εκτύπωσης τα κομμάτια ήταν τα εξής:



Εικόνα 3-3. Κομμάτια ρομποτικής παλάμης.

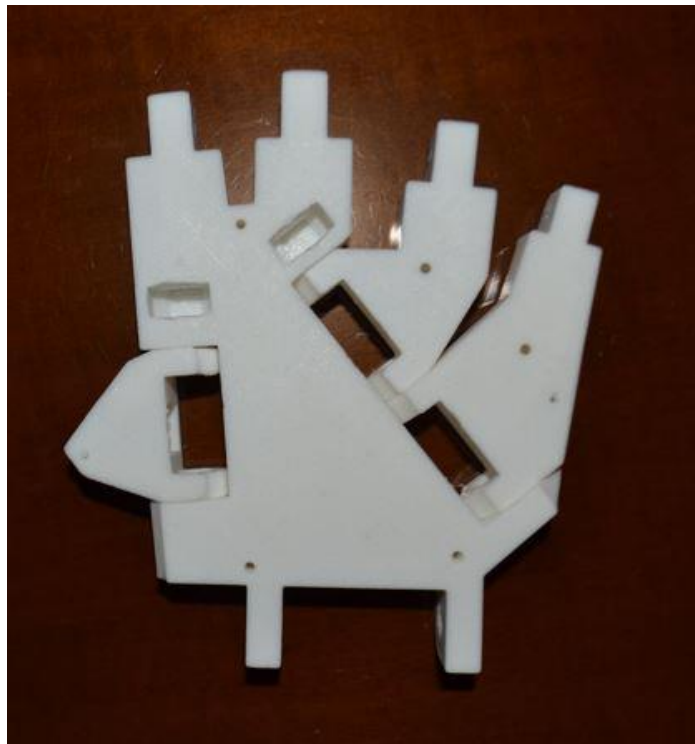
Έπειτα ακολουθούν τα εξής βήματα:

**1<sup>ο</sup> Βήμα :** Ενώνουμε τις αρθρώσεις όλων των δακτύλων μεταξύ τους και περνάμε λεπτό σύρμα ανάμεσά τους ώστε να μείνουν ενωμένες :



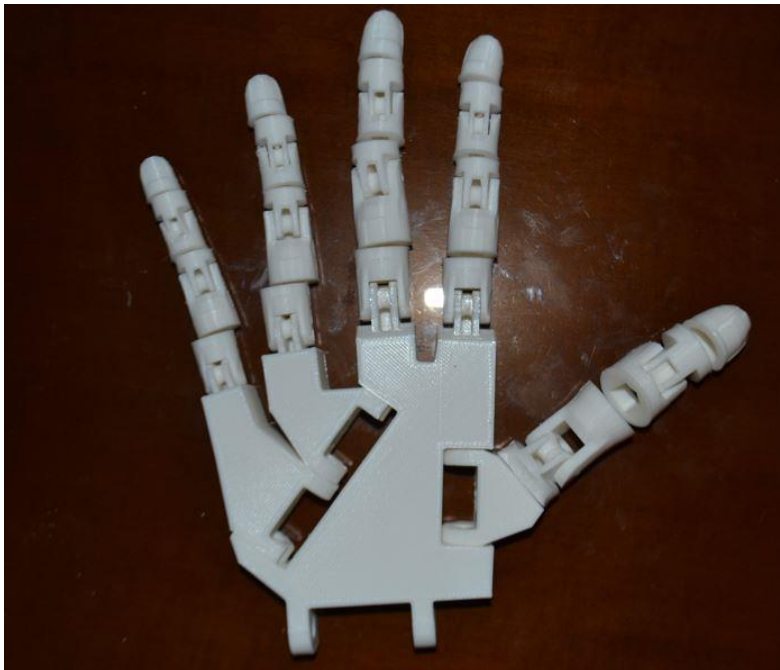
Εικόνα 3-4. Ένωση αρθρώσεων δακτύλου.

Έπειτα την ίδια λογική συναρμολογούμε και την παλάμη όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



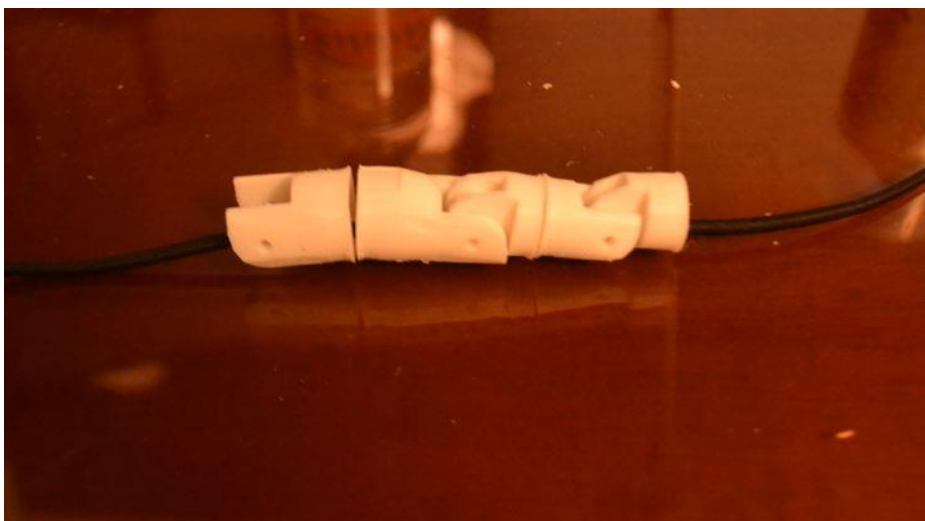
Εικόνα 3-5. Ένωση αρθρώσεων παλάμης.

Μόλις ολοκληρώσουμε την συναρμολόγηση των αρθρώσεων της παλάμης και των δακτύλων τότε ενώνουμε όλα τα κομμάτια για να δούμε το αποτέλεσμα και τυχόν λάθη.



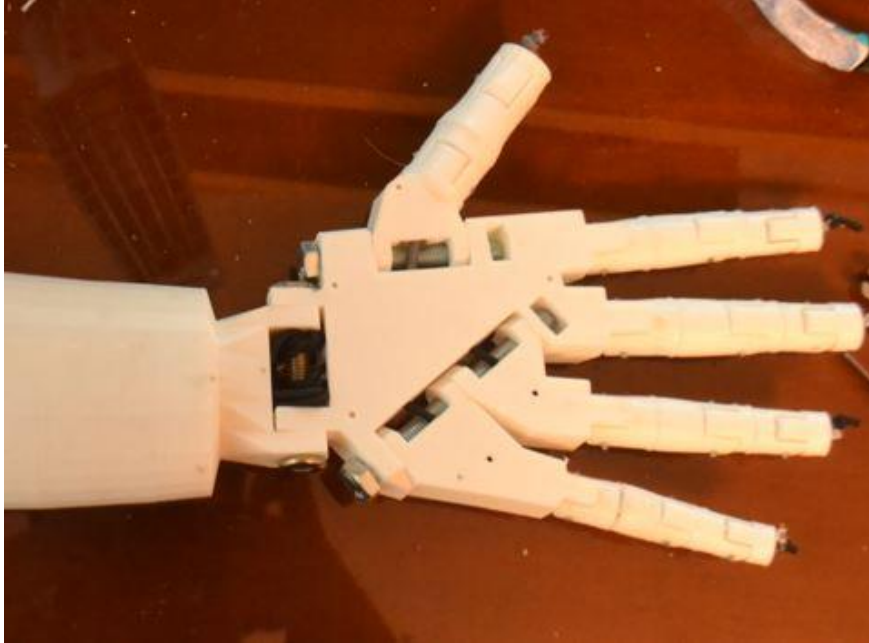
Εικόνα 3-6. Ένωση αρθρώσεων παλάμης και δακτύλων.

**2<sup>ο</sup> Βήμα :** Μετά πρέπει να ενωθούν οι αρθρώσεις των δακτύλων μεταξύ τους με ένα τύπου σκοινί και λάστιχο προκειμένου να ανοιγοκλείνουν. Στη συγκεκριμένη κατασκευή χρησιμοποιήθηκε πετονιά η οποία δέθηκε πάνω σε λάστιχο 2,5mm. Η πετονιά είναι υπεύθυνη για την κίνηση των δακτύλων και συνδέεται με τους σερβοκινητήρες. Έτσι όταν κλείσει το χέρι η πετονιά τραβάει τις αρθρώσεις των ρομποτικών δακτύλων και κλείνουν ενώ όταν η πετονιά χαλαρώνει τότε το λάστιχο επιστρέφει τα ρομποτικά δάκτυλα στη κανονική τους θέση.

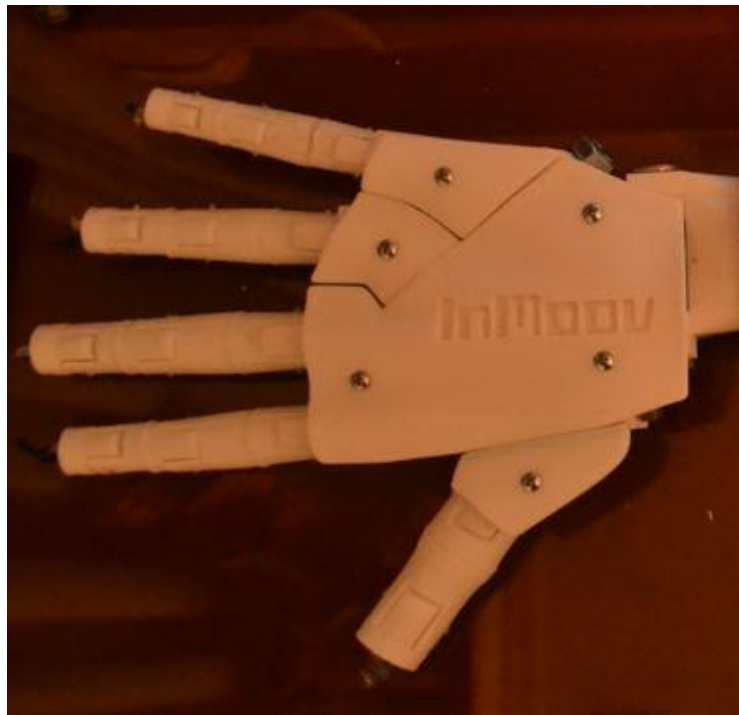


Εικόνα 3-7. Ένωση αρθρώσεων δακτύλων με λάστιχο και πετονιά.

**3<sup>ο</sup> Βήμα :** Αφού περαστούν απο όλα τα δάκτυλα πετονιά και λάστιχα τότε πρέπει τα κομμάτια της παλάμης να ενωθούν μεταξύ τους και με τον καρπό με βίδες. Για την εσωτερική πλευρά της παλάμης χρειάστηκαν 2 βίδες 8 πόντων ενώ για την ένωση της παλάμης με τον καρπό χρειάστηκε μία βίδα 6 πόντων και ένα παξιμάδι. Για την εξωτερική πλευρά της παλάμης χρειάστηκαν 6 βίδες ενός πόντου. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η συναρμολόγηση των δακτύλων και της παλάμης στη τελική τους μορφή.



Εικόνα 3-8. Εσωτερική πλευρά παλάμης.



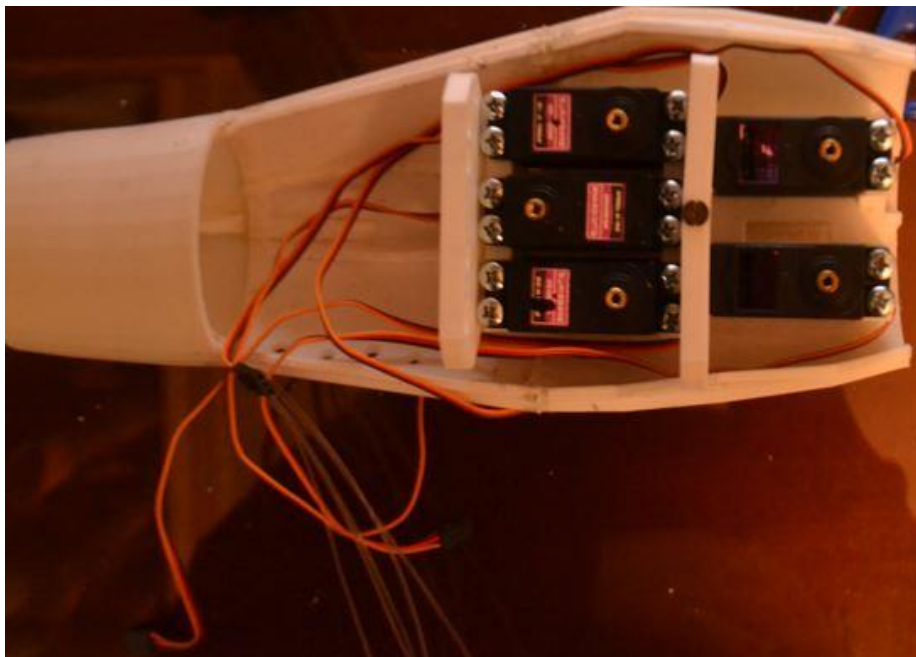
Εικόνα 3-9. Εξωτερική πλευρά παλάμης.

**4<sup>ο</sup> Βήμα :** Έπειτα ενώνουμε με τον καρπό τα δύο κομμάτια του πήχη. Πάνω στα δύο κομμάτια του πήχη κολλάμε και την βάση όπου σταθεροποιούνται οι σερβοκινητήρες. Στις ενώσεις αυτές χρησιμοποιήθηκε κόλλα στιγμής.



Εικόνα 3-10. Ένωση παλάμης με καρπό και πήχη

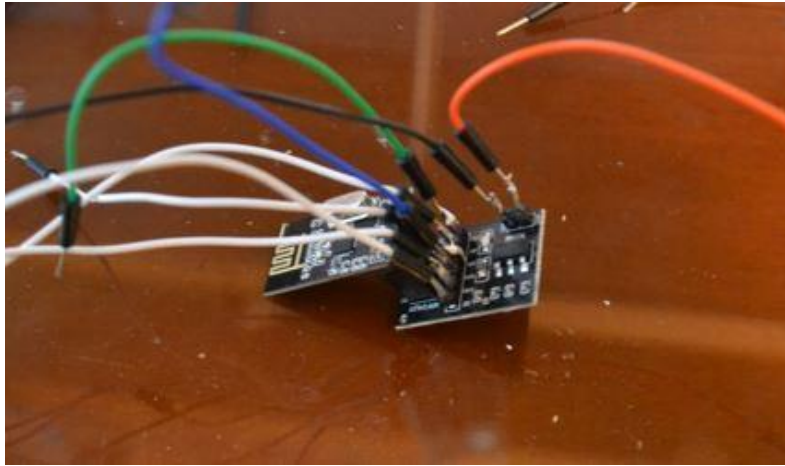
**5<sup>ο</sup> Βήμα :** Στη συνέχεια τοποθετούμε τους σερβοκινητήρες στην ειδική βάση τους, βιδώνουμε στις ειδικές υποδοχές με 4 βίδες 3,5 πόντων τον κάθε σερβοκινητήρα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



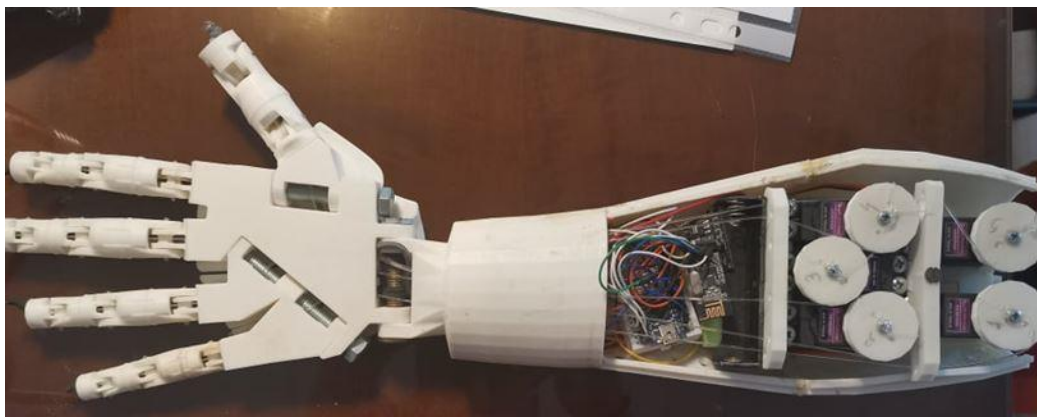
Εικόνα 3-11. Τοποθέτηση σερβοκινητήρων.

**6<sup>ο</sup> Βήμα :** Στο 6<sup>ο</sup> βήμα χρησιμοποιήθηκαν jumper wires τα οποία με ψυχρή κόλληση τοποθετήθηκαν πάνω στο nRF24L01+ 2.4GHz και στη συνέχεια έγινε η συνδεσμολογία που παρουσιάζεται στην εικόνα 31. Στο κενό που έχει ο καρπός τοποθετήθηκαν όλα τα καλώδια καθώς και το breadboard με το Arduino Nano. Επίσης στην επιφάνεια της βάσης των σερβοκινητήρων τοποθετήθηκε η μπαταριοθήκη η οποία σταθεροποιήθηκε στο σημείο με κόλλα στιγμής. Τέλος τοποθετήθηκαν οι κυκλικόι δίσκοι πάνω στους σερβοκινητήρες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την κίνηση των δακτύλων. Πάνω σε αυτούς τους δίσκους δέθηκαν και σταθεροποιήθηκαν οι πετονιές απο κάθε δάκτυλο. Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται οι κατασκευαστικές διαδικασίες που αναφέρθηκαν.



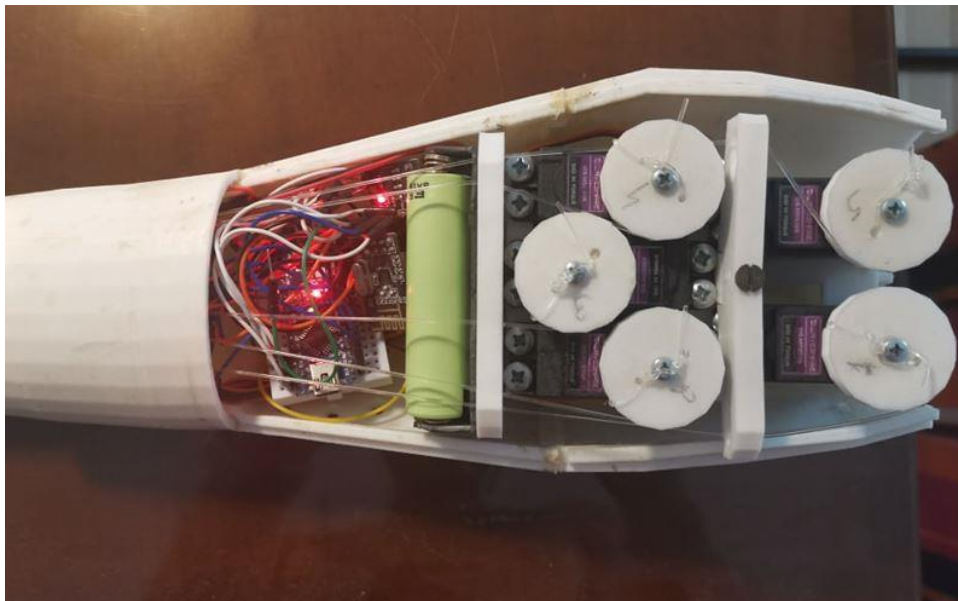


Εικόνα 3-12. Ψυχρή κόλληση nRF24L01.



Εικόνα 3-13. Τοποθέτηση δίσκων στους σερβοκινητήρες και τοποθέτηση καλωδίων.

**7<sup>ο</sup> Βήμα :** Αφού συνδέσουμε σωστά το κύκλωμα και τους δίσκους πάνω στους σερβοκινητήρες τοποθετούμε τις μπαταρίες προκειμένου να δούμε ότι η κατασκευή μας λειτουργεί ανάβοντας το ειδικό φως στη πλακέτα του Arduino Nano.



Εικόνα 3-14. Επιβεβαίωση λειτουργίας κυκλώματος.

### 3.4 Συναρμολόγηση γαντιού χειριστή:

Για την συναρμολόγηση και δημιουργία του γαντιού-χειριστή χρειάστηκαν τα εξής εξαρτήματα-εργαλεία:

- 1x κηπουρικό γάντι
- 5x Flex Sensors 4,5 ιντσών
- 5x Αντιστάσεις 10K ohm 0,25Watt
- 1x Μπαταρία 9V
- 1x Arduino Uno
- 1x Breadboard
- Jumper wires
- 1x nRF24L01 transceiver + Antenna
- 2x nRF24L01 adapter
- Εργαλείο ψυχρής κόλλησης
- Αυτοκόλλητες ταινίες στήριξης
- Κόλλα στιγμής

**Βήμα 1<sup>ο</sup>** : Αρχικά τοποθετούμε τις αυτοκόλλητες ταινίες στήριξης πάνω στο κηπουρικό γάντι έτσι ώστε να τοποθετήσουμε απο πάνω τους 5 αισθητήρες κάμψης.



Εικόνα 3-15. Τοποθέτηση αυτοκόλλητων ταινιών στο γάντι.

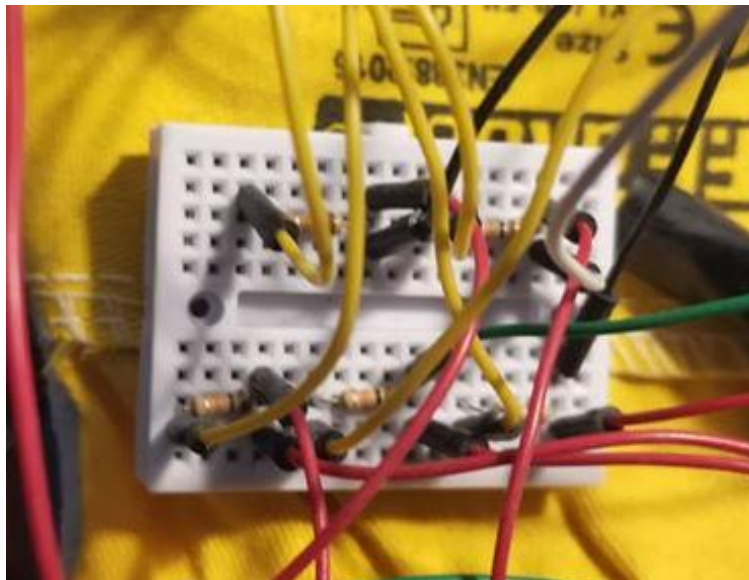
**Βήμα 2<sup>ο</sup>** : Στην συνέχεια κολλάμε πάνω τους αισθητήρες κάμψης. Χρησιμοποιώντας ψυχρή κόλληση ενώνουμε έναν ακροδέκτη του αισθητήρα κάμψης με κόκκινο καλώδιο για να συνδεθεί στη τροφοδοσία και τον άλλον ακροδέκτη με πράσινο χρώμα για να συνδεθεί με τη γείωση αντίστοιχα. Δεν έχει σημασία ποιόν απο τους

δύο ακροδέκτες του αισθητήρα κάμψης θα χρησιμοποιήσουμε για τροφοδοσία και ποιόν για γείωση. Τέλος ενώνουμε και τα 5 καλώδια των γειώσεων έτσι ώστε να χρησιμοποιήσουμε μια κοινή γείωση για όλο το κύκλωμα όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 3-16. Τοποθέτηση αισθητήρων κάμψης με τα καλώδια.

**Βήμα 3<sup>ο</sup>** : Ακολουθώντας βήμα βήμα το σχήμα στην εικόνα 32 συνδέουμε τα καλώδια των Flex Sensors και του nRF24L01 στο Breadboard.



Εικόνα 3-17. Σύνδεση καλωδίων στο Breadboard.



Εικόνα 3-18. Σύνδεση Arduino Uno με το nRF24L01.

**Βήμα 4<sup>ο</sup>** : Τέλος αφού έχουμε ολοκληρώσει σωστά τη συνδεσμολογία της εικόνας 32, συνδέουμε στο Arduino τη μπαταρία 9V έτσι ώστε να επιβεβαιώσουμε ότι λειτουργεί.



Εικόνα 3-19. Ολοκληρωμένο κύκλωμα με μπαταρία.

## 4 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΛΑΚΕΤΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή Arduino, τη γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιεί και τη κατάσταση λειτουργίας του μικροελεγκτή όταν προγραμματίζεται. Επίσης θα δούμε τον τρόπο με τον οποίο προγραμματίστηκε η ρομποτική παλάμη της συγκεκριμένης διπλωματικής έτσι ώστε να ακολουθεί τις κινήσεις του γαντιού που φοράει ο χειριστής[18].

### 4.1 Προγραμματισμός μικροελεγκτή Arduino.

Το λογισμικό ενός μικροελεγκτή αφορά τα προγράμματα που κατευθύνουν όλες τις δραστηριότητες του μικροελεγκτή από τη στιγμή που θα τροφοδοτηθεί με τάση μέχρι τη στιγμή κλείσει και χωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: το λογισμικό του συστήματος και λογισμικό των εφαρμογών.

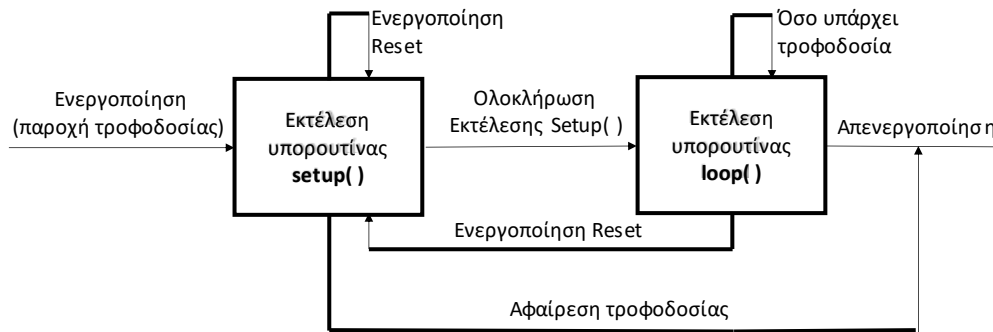
Το λογισμικό του συστήματος είναι πιο γενικό και αποτελείται από μια συλλογή προγραμμάτων τα οποία υποστηρίζουν το λογισμικό εφαρμογών, κατευθύνοντας όλες τις βασικές λειτουργίες του μικροελεγκτή.

Το λογισμικό του συστήματος ενδέχεται να περιέχει και άλλα προγράμματα, όπως μεταφραστές (Interpreters) και μεταγλωττιστές (Compilers) γλωσσών προγραμματισμού υψηλού επιπέδου ή έναν συμβολομεταφραστή (Assembler) που χρησιμοποιούνται για να μετατρέψουν τα προγράμματα εφαρμογών από τη γλώσσα στην οποία έχουν γραφτεί σε γλώσσα μηχανής, έναν κειμενογράφο (Text editor), ο οποίος χρησιμοποιείται για την εγγραφή του προγράμματος κατά τη φάση της πληκτρολόγησης, καθώς και άλλα εξειδικευμένα προγράμματα που χρειάζονται για την προετοιμασία των προγραμμάτων εφαρμογών. Αυτά ονομάζονται βιβλιοθήκες (Libraries) και μπορούν να προσαρμοστούν σε οποιαδήποτε άλλο πρόγραμμα συστήματος ή εφαρμογών, και προγράμματα όπως ο ζεύκτης, που διασυνδέει το υπό εκτέλεση πρόγραμμα με κάποια βιβλιοθήκη ή άλλες υπορουτίνες που έχουν ήδη μεταφραστεί, καθώς και ο φορτωτής (Loader) ο οποίος μεταφέρει το υπό εκτέλεση πρόγραμμα στη μνήμη. Μερικές φορές τα δύο τελευταία συνδυάζονται σε ένα[19].

Ο μικροελεγκτής Arduino χρησιμοποιεί ως κώδικα-γλώσσα προγραμματισμού Wiring C. Κάθε πρόγραμμα που αναπτύσσεται σε Wiring C έχει ορισμένα βασικά συστατικά προκειμένου να είναι λειτουργικό. Έτσι κάθε πρόγραμμα αποτελείται από δύο συναρτήσεις:

- Τη συνάρτηση **setup()** που εκτελείται μια φορά και πάντα μετά την εφαρμογή της τροφοδοσίας ή ενεργοποίησης του Reset.
- Τη συνάρτηση **loop()** που εκτελείται όσο το Arduino βρίσκεται σε κατάσταση λειτουργίας.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει τη κατάσταση λειτουργίας του Arduino με την ενεργοποίηση των δύο παραπάνω συναρτήσεων[8].



Εικόνα 4-1. Κατάσταση λειτουργίας(Πηγή:[8] ).

Ο παρακάτω κώδικας είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος για οποιαδήποτε εφαρμογή

**void setup ()**

```
{
// κώδικας αρχικοποίησης
}
```

**void loop ()**

```
{
// Κύριος κώδικας
}
```

## 4.2 Προγραμματισμός ρομποτικού χεριού ελεγχόμενου εξ'αποστάσεως.

Ο προγραμματισμός της ρομποτικής κατασκευής χωρίστηκε σε δύο στάδια.

Στο πρώτο στάδιο χρησιμοποιήθηκε ο υπολογιστής σαν προσομοιωτής του γαντιού και μέσω προγραμματισμού έκανε πανομοιότυπες κινήσεις με αυτές του γαντιού.

Αυτό είχε ως σκοπό την επαλήθευση της λειτουργίας του ρομποτικού χεριού πρώτου κατασκευαστεί το γάντι του χειριστή. Επίσης ένας λόγος που πρώτα χρησιμοποιήθηκε ο υπολογιστής σαν προσομοιωτής είναι για να γίνει βαθμονόμηση και έλεγχος κίνησης των σερβοκινητήρων.

Παρακάτω θα περιγραφεί η διαδικασία και ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να γίνει βαθμονόμηση των σερβοκινητήρων.

Αρχικά το 1<sup>ο</sup> βήμα είναι να κατεβάσουμε και να εγκαταστήσουμε στον υπολογιστή μας το πρόγραμμα Arduino IDE που είναι το λογισμικό στο οποίο γράφουμε τον κώδικα και προγραμματίζει τον μικροελεγκτή.

Πρίν γράψουμε τον κώδικα αφού εγκαταστήσουμε την εφαρμογή κάνουμε κάποιες ρυθμίσεις ώστε να αναγνωρίσει τον μικροελεγκτή.

**1° Βήμα:** Πατάμε στην μπάρα επιλογών **Tools→Board→ Επιλογή μικροελεγκτή**. Σε περίπτωση που στη θύρα USB έχουμε συνδέσει το Arduino Uno το επιλέγουμε και στο Board. Αντίστοιχα αν έχουμε συνδέσει το Arduino Nano τότε επιλέγουμε εκείνο.

Μόλις ολοκληρώσουμε την επιλογή **Board** τότε επιλέγουμε **Tools→Port→Επιλογή θύρας USB**. Εδώ επιλέγουμε την θύρα USB που έχουμε συνδέσει τον μικροελεγκτή.

**2° Βήμα:** Ανοίγουμε το πρόγραμμα. Πατάμε στην μπάρα επιλογών **File→New** και μας ανοίγει νέα σελίδα προκειμένου να γράψουμε τον κώδικα όπως φαίνεται και στο σχήμα παρακάτω

```

sketch_sep11a | Arduino 1.8.10
File Edit Sketch Tools Help
sketch_sep11a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}

1 Arduino Nano, ATmega328P (Old Bootloader) on COM3

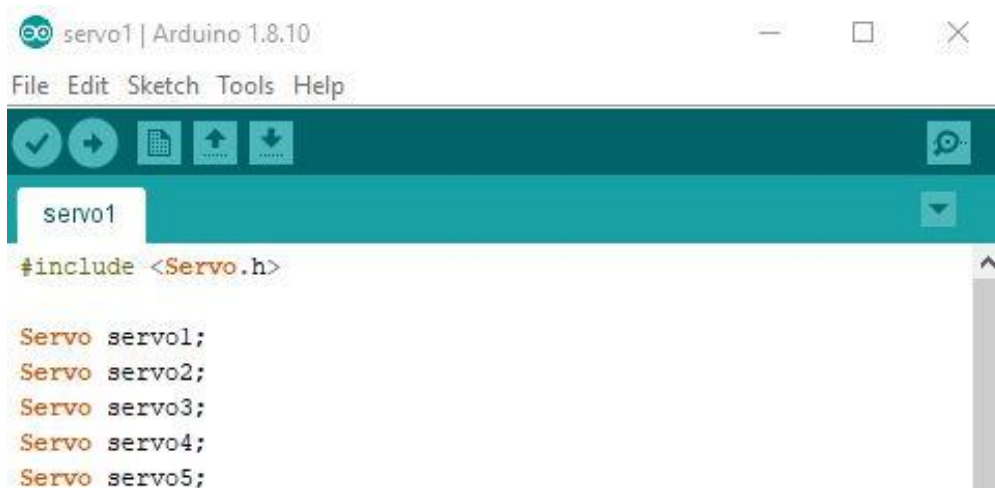
```

Εικόνα 4-2. Αρχική σελίδα προγράμματος Arduino

**3° Βήμα:** Σκοπός είναι να γράψουμε τον κώδικα προσομοίωσης σε γλώσσα Wiring C έτσι ώστε να κινούμε τους σερβοκινητήρες βάζοντας τιμές απο το πληκτρολόγιο.

Πατώντας στη μπάρα επιλογών **Sketch→Include Library→Servo**, εισάγουμε τη βιβλιοθήκη για τους σερβοκινητήρες.

Αμέσως θα εμφανιστεί η εντολή `#include <Servo.h>` και απο κάτω με την εντολή `Servo` εισάγουμε τους σερβοκινητήρες. Στη προκειμένη περίπτωση θα αναγράψουμε την εντολή πέντε φορές αφού οι σερβοκινητήρες που χρησιμοποιούμε είναι πέντε όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα



```
servo1 | Arduino 1.8.10
File Edit Sketch Tools Help
servo1
#include <Servo.h>

Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;
Servo servo4;
Servo servo5;
```

Εικόνα 4-3. Εισαγωγή κώδικα σερβοκινητήρων

**4<sup>ο</sup> Βήμα:** Έπειτα στην συνάρτηση **Void setup ()** που είναι η αρχικοποίηση γράφουμε τους σερβοκινητήρες και με την εντολή **attach()** ονοματίζουμε τους ακροδέκτες που έχουν συνδεθεί οι σερβοκινητήρες. Επίσης με την εντολή **Serial.begin()** ορίζουμε τον χρόνο ανταπόκρισης και με την εντολή **Servo.write(90)** ορίζουμε τις τιμές που θα πάρει ο σερβοκινητήρας προκειμένου να περιστραφεί.



```
servo1 | Arduino 1.8.10
File Edit Sketch Tools Help
servo1
#include <Servo.h>

Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;
Servo servo4;
Servo servo5;

void setup() {
  servo1.attach(15);
  servo2.attach(16);
  servo3.attach(17);
  servo4.attach(18);
  servo5.attach(19);
  Serial.begin(9600);
  servo1.write(90);
  servo2.write(90);
  servo3.write(90);
  servo4.write(90);
  servo5.write(90);
}
```

Εικόνα 4-4. Προσδιορισμός σερβοκινητήρων



**5<sup>ο</sup> Βήμα:** Μετά πηγαίνουμε στην συνάρτηση **loop()** όπου εκτελούνται οι εντολές σε λούπα συνεχόμενα, και γράφουμε κώδικα έτσι ώστε οι τιμές που δίνουμε να κινούν τους σερβοκινητήρες όπως φαίνεται στην εικόνα

```
void loop() {
  if (Serial.available()) {
    int x1 = Serial.parseInt();
    int x2 = Serial.parseInt();
    int x3 = Serial.parseInt();
    int x4 = Serial.parseInt();
    int x5 = Serial.parseInt();

    Serial.print(x1); Serial.print(" ");
    Serial.print(x2); Serial.print(" ");
    Serial.print(x3); Serial.print(" ");
    Serial.print(x4); Serial.print(" ");
    Serial.print(x5); Serial.print(" ");
  }
}
```

|

Εικόνα 4-5. Προσδιορισμός σερβοκινητήρων

**6<sup>ο</sup> Βήμα:** Τέλος ορίζουμε τις μεταβλητές `Serial.println("")` και `servo.write()` έτσι ώστε το πρόγραμμα να αναγνωρίζει τις συγκεκριμένες εντολές και να ολοκληρωθεί ο κώδικας.

```
Serial.println("");
Serial.println("");
Serial.println("");
Serial.println("");
Serial.println("");

servo1.write(x1);
servo2.write(x2);
servo3.write(x3);
servo4.write(x4);
servo5.write(x5);
}
}
```

Εικόνα 4-6. Αποθήκευση σερβοκινητήρων

**Ολοκληρωμένος κώδικας :**

```
#include <Servo.h>

Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;
Servo servo4;
Servo servo5;

void setup() {
  servo1.attach(15);
  servo2.attach(16);
  servo3.attach(17);
  servo4.attach(18);
  servo5.attach(19);
  Serial.begin(9600);
  servo1.write(90);
  servo2.write(90);
  servo3.write(90);
  servo4.write(90);
  servo5.write(90);
}

void loop() {
  if(Serial.available()){
    int x1 = Serial.parseInt();
    int x2= Serial.parseInt();
    int x3= Serial.parseInt();
    int x4= Serial.parseInt();
    int x5= Serial.parseInt();
```

```
Serial.print(x1); Serial.print(" ");  
Serial.print(x2); Serial.print(" ");  
Serial.print(x3); Serial.print(" ");  
Serial.print(x4); Serial.print(" ");  
Serial.print(x5); Serial.print(" ");
```

```
Serial.println("");  
Serial.println("");  
Serial.println("");  
Serial.println("");  
Serial.println("");
```

```
servo1.write(x1);  
servo2.write(x2);  
servo3.write(x3);  
servo4.write(x4);  
servo5.write(x5);
```

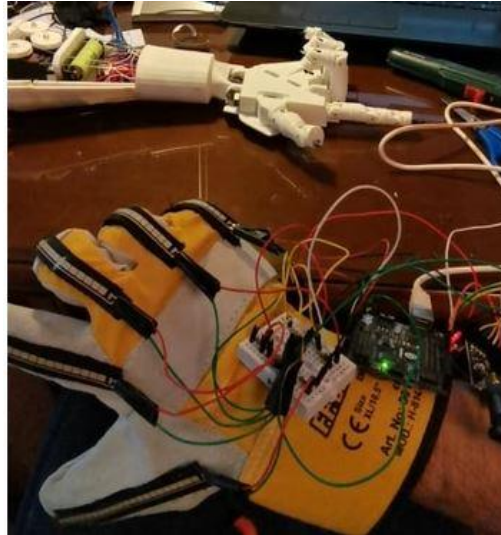
```
}
```

```
}
```

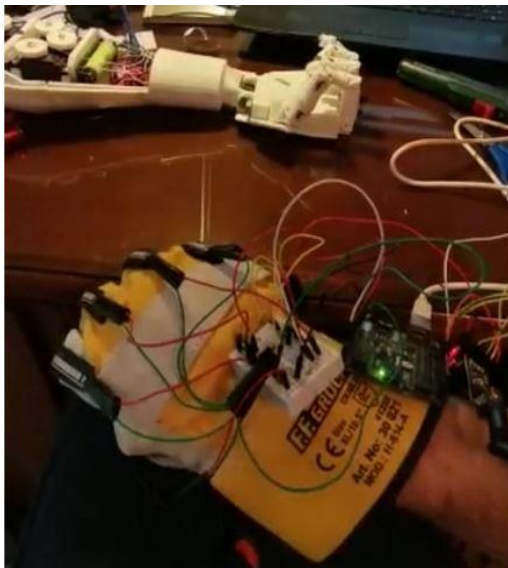
**7<sup>ο</sup> Βήμα:** Μόλις ολοκληρώσουμε τον κώδικα πατάμε στην μπάρα επιλογών **Sketch→Upload** ή το βελάκι (→) στη μπάρα επιλογών προκειμένου ο κώδικας να εισχωρήσει στον μικροελεγκτή Arduino και να αρχίσει η βαθμονόμηση. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες εικόνες μετα την ολοκλήρωση της βαθμονόμησης.



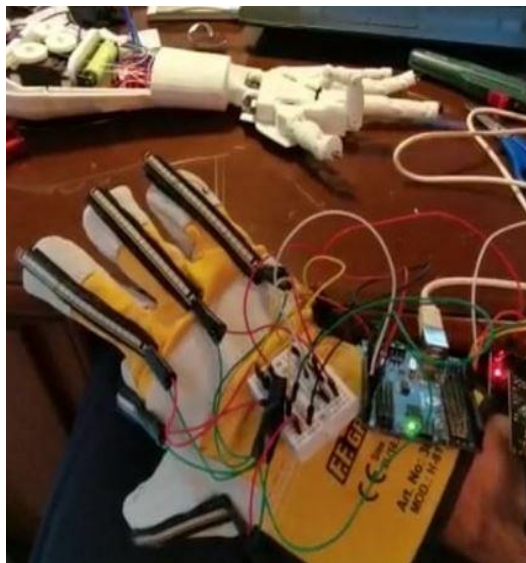
Εικόνα 4-7 Προσομοίωση ανοιχτής παλάμης



Εικόνα 4-8 Προσομοίωση δείκτη



Εικόνα 4-9 Προσομοίωση κλειστής παλάμης



Εικόνα 4-10 Προσομοίωση δείκτη

**8<sup>ο</sup> Βήμα:** Αφού ολοκληρώσουμε την βαθμονόμηση και επαληθεύσουμε τη λειτουργία της εξ'αποστάσεως κίνησης του ρομποτικού χεριού, προχωράμε στη κατασκευή του γαντιού του χειριστή, όπως έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 3. Μόλις ολοκληρωθεί η κατασκευή συνδέουμε το Arduino Uno στη θύρα USB. Ο κώδικας προγραμματισμού της κατασκευής χωρίζεται σε δύο μέρη. Στον κώδικα «αποστολής» πληροφοριών απο το γάντι του χειριστή προς το ρομποτικό χέρι και στον κώδικα «λήψης» πληροφοριών απο το ρομποτικό χέρι. Με άλλα λόγια υπάρχει ένας κώδικας που είναι ο πομπός των κινήσεων και του ελέγχου και ο άλλος κώδικας ο δέκτης. Παρακάτω παρουσιάζεται ο

κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για το γάντι του χειριστή που είναι υπεύθυνο για την κίνηση της κατασκευής. Στον κώδικα με «//» συμβολίζονται τα σχόλια τα οποία επεξηγούν τις εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για τον συγκεκριμένο κώδικα.

```
//Transmitter Code (Glove)

#include <SPI.h>           //the communication interface with the modem
#include "RF24.h"         //the library which helps us to control the radio modem

int msg[5]; //Total number of data to be sent (data package)

//define the flex sensor input pins
int flex_5 = A5;
int flex_4 = A4;
int flex_3 = A3;
int flex_2 = A2;
int flex_1 = A1;

//define variables for flex sensor values
int flex_5_val;
int flex_4_val;
int flex_3_val;
int flex_2_val;
int flex_1_val;

RF24 radio(9,10);        //9 and 10 are a digital pin numbers to which signals
                          CE and CSN are connected.

const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL; //the address of the modem, that will
receive data from Arduino.

void setup(void){
  Serial.begin(9600);
```

```

radio.begin();           //it activates the modem.
radio.openWritingPipe(pipe); //sets the address of the receiver to which the
program will send data.
}

void loop(void){

flex_5_val = analogRead(flex_5);
flex_5_val = map(flex_5_val,610,700,90,180);

flex_4_val = analogRead(flex_4);
flex_4_val = map(flex_4_val, 640, 590, 170,40 );

flex_3_val = analogRead(flex_3);
flex_3_val = map(flex_3_val, 610, 560,160, 80);

flex_2_val = analogRead(flex_2);
flex_2_val = map(flex_2_val, 625, 585, 145,70);

flex_1_val = analogRead(flex_1);
flex_1_val = map(flex_1_val, 610, 620, 115, 30);

msg[0] = flex_5_val;
msg[1] = flex_4_val;
msg[2] = flex_3_val;
msg[3] = flex_2_val;
msg[4] = flex_1_val;

radio.write(msg, sizeof(msg));
}

```

**9<sup>ο</sup> Βήμα:** Όπως προαναφέραμε στο 8<sup>ο</sup> βήμα μετά την ολοκλήρωση του κώδικα γαντιού που είναι ο πομπός, ακολουθεί ο κώδικας των σερβοκινητήρων και γενικότερα του ρομποτικού χεριού. Παρακάτω παρουσιάζεται ολοκληρωμένος ο

κώδικας που προγραμματίζει τον μικροελεγκτή Arduino Nano της ρομποτικής παλάμης.

```
//Receiver Code (Hand)

#include <Servo.h> //the library which helps us to control the servo motor
#include <SPI.h> //the communication interface with the modem
#include "RF24.h" //the library which helps us to control the radio modem

//define the servo name
Servo myServo1;
Servo myServo3;
Servo myServo4;
Servo myServo2;
Servo myServo5;

RF24 radio(9,10); /*This object represents a modem connected to the Arduino.
Arguments 9 and 10 are a digital pin numbers to which signals
CE and CSN are connected.*/

const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL; //the address of the modem,that will
receive data from the Arduino.

int msg[5];

void setup(){

//define the servo input pins
myServo1.attach(15); //A1
myServo2.attach(16); //A2
myServo3.attach(17); //A3
myServo4.attach(18); //A4
myServo5.attach(19); //A5
```

```
radio.begin();           //it activates the modem.
radio.openReadingPipe(1, pipe); //determines the address of our modem which
receive data.
radio.startListening();   //enable receiving data via modem
}

void loop(){
  if(radio.available()){
    bool done = false;
    while (!done){
      done = radio.read(msg, sizeof(msg));

      myServo1.write(msg[0]); //A1
      myServo2.write(msg[1]); //A2
      myServo3.write(msg[2]); //A3
      myServo4.write(msg[3]); //A4
      myServo5.write(msg[4]); //A5
    }
  }
}
```



## 5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αφού ολοκληρώσαμε τη κατασκευή του ρομποτικού χεριού και του γαντιού του χειριστή καθώς και τον προγραμματισμό τους, το επόμενο βήμα είναι η επαλήθευση της λειτουργίας της κατασκευής αλλά και τυχόν σφάλματα.

Ο κύριος και βασικός σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι ακριβής και η πιστή αντιγραφή των κινήσεων που ακολουθεί το γάντι του χειριστή. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες εικόνες οι οποίες δείχνουν την επιτυχημένη προσομοίωση στις κινήσεις του ανθρώπινου χεριού με αυτές του ρομποτικού χεριού.

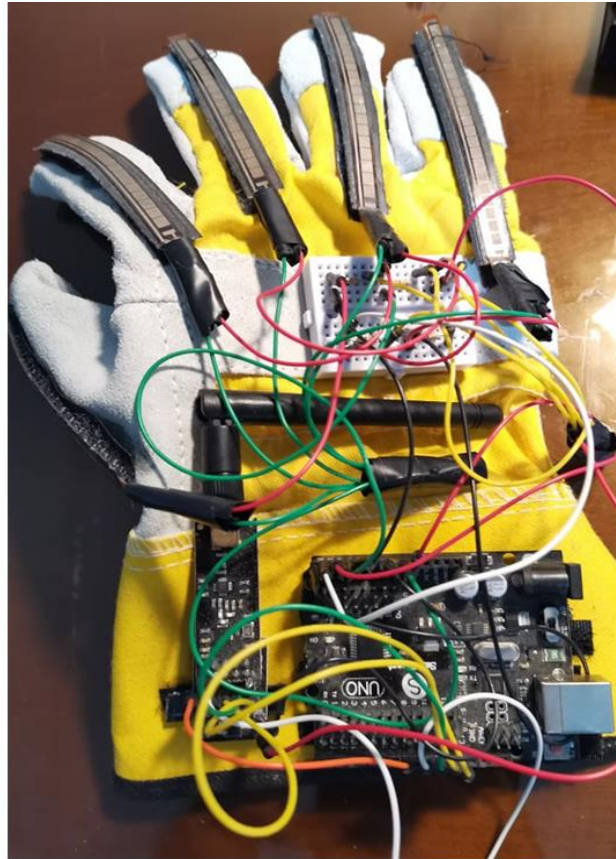
Αρχικά θα παρουσιαστούν οι εικόνες του γαντιού του χειριστή και της ρομποτικής παλάμης στη τελική τους μορφή.



Εικόνα 5-1. Ολοκληρωμένη ρομποτική κατασκευή



Εικόνα 5-2. Ολοκληρωμένη ρομποτική κατασκευή



Εικόνα 5-3. Ολοκληρωμένη εξωτερική πλευρά γαντιού χειριστή

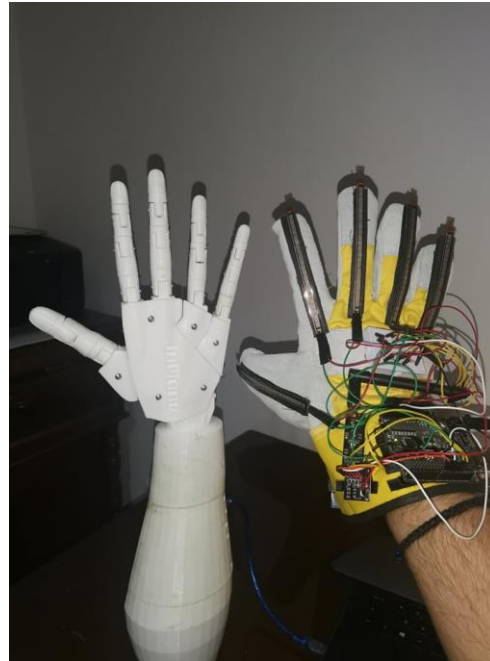


Εικόνα 5-4. Ολοκληρωμένη εσωτερική πλευρά γαντιού χειριστή

Στη συνέχεια παρακάτω θα παρουσιαστούν κάποιες κινήσεις προσομοίωσης του γαντιού χειριστή και της ρομποτικής παλάμης.



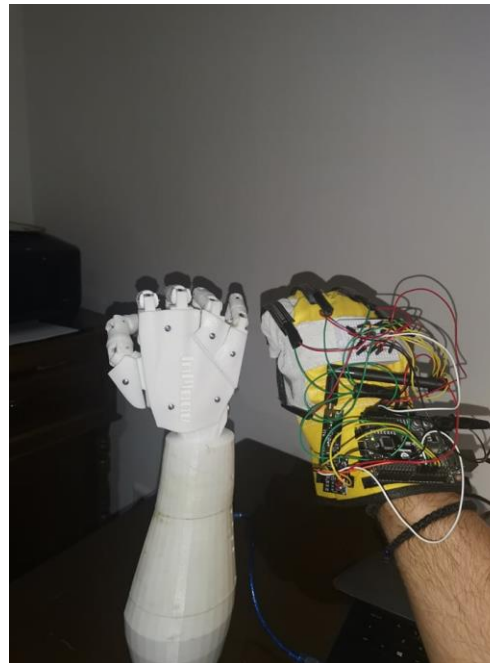
Εικόνα 5-3. Προσομοίωση κίνησης ανοιχτής παλάμης



Εικόνα 5-6. Προσομοίωση κίνησης ανοιχτής παλάμης

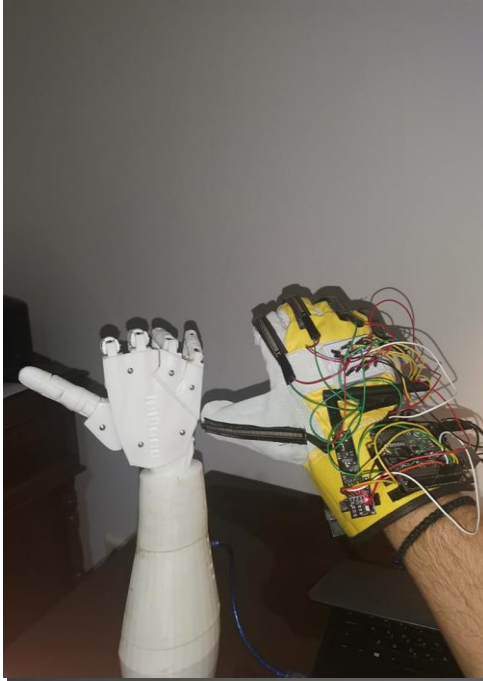


Εικόνα 5-6. Προσομοίωση κίνησης αντίχειρα

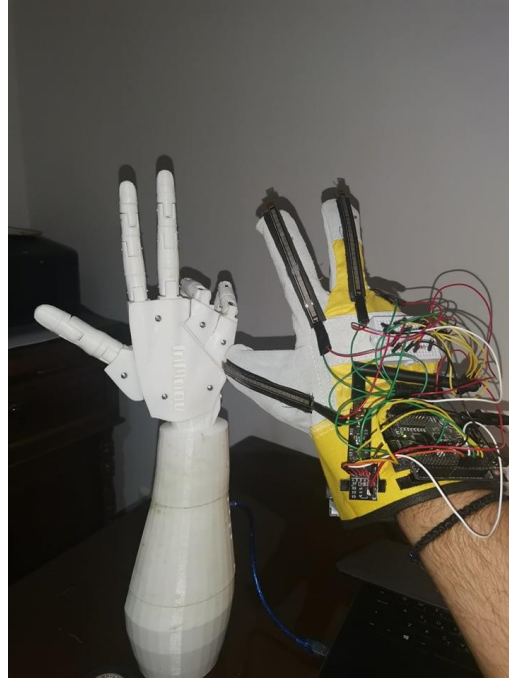


Εικόνα 5-7. Προσομοίωση κίνησης κλειστής παλάμης

Παρακάτω συνεχίζονται κάποιες κινήσεις προσομοίωσης του γαντιού χειριστή και της ρομποτικής παλάμης.



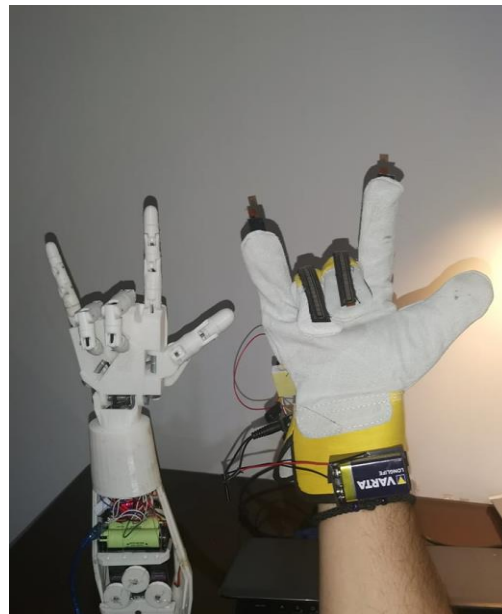
Εικόνα 5-8. Προσομοίωση κίνησης αντίχειρα



Εικόνα 5-9. Προσομοίωση κίνησης αντίχειρα, δείκτη και μέσου δακτύλου



Εικόνα 5-10. Προσομοίωση κίνησης μέσου δακτύλου.



Εικόνα 5-11. Προσομοίωση κίνησης μέσου και παράμεσου δακτύλου.

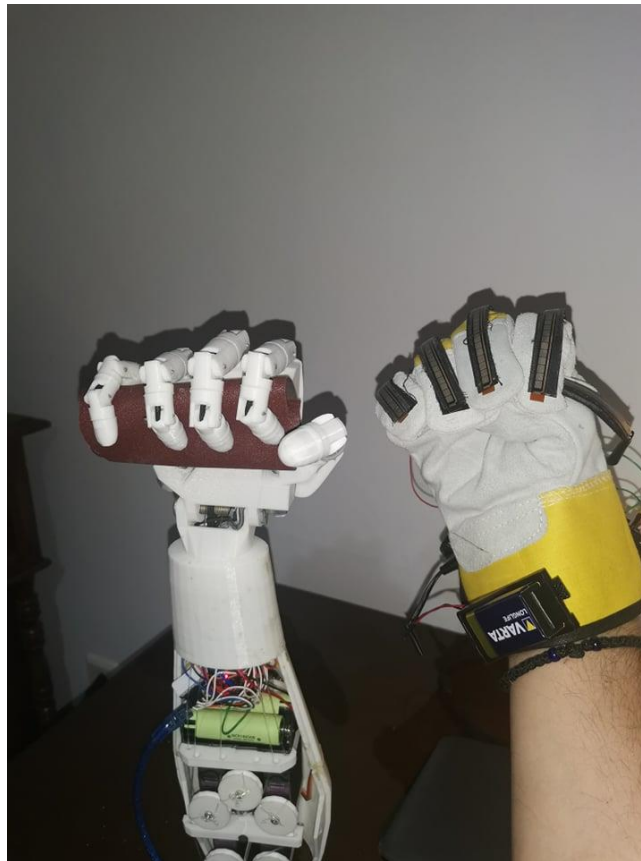


Εικόνα 5-11. Προσομοίωση κίνησης δείκτη.



Εικόνα 5-12. Προσομοίωση κίνησης παράμεσου και μικρού δακτύλου.

Επίσης εκτός από διάφορες κινήσεις των δακτύλων, η ρομποτική κατασκευή είναι ικανή να κρατήσει και να σταθεροποιήσει αντικείμενα όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 5-13).



Εικόνα 5-13. Σταθεροποίηση αντικειμένου.

Στα πλαίσια δοκιμών της ρομποτικής παλάμης για την σταθεροποίηση διάφορων αντικειμένων παρατηρήθηκε έντονη αποσταθεροποίηση σε αντικείμενα με λείες επιφάνειες καθώς και σε αντικείμενα με πιο μεγάλες και σκληρές επιφάνειες. Για παράδειγμα σε δοκιμή σταθεροποίησης ενός πλαστικού μπουκαλιού με νερό, η ρομποτική κατασκευή δεν κατάφερε να συγκρατήσει το μπουκάλι με το νερό καθώς γλύστραγε λόγω της λείας επιφάνειας. Συμπερασματικά, η ρομποτική παλάμη μπορεί να συγκρατήσει διάφορα αντικείμενα τα οποία δεν έχουν μεγάλο βάρος και έχουν αδρή επιφάνεια. Ένα τέτοιο παράδειγμα παρουσιάζεται στην εικόνα 5-13, που φαίνεται η ρομποτική παλάμη να πιάνει ένα γυαλόχαρτο.

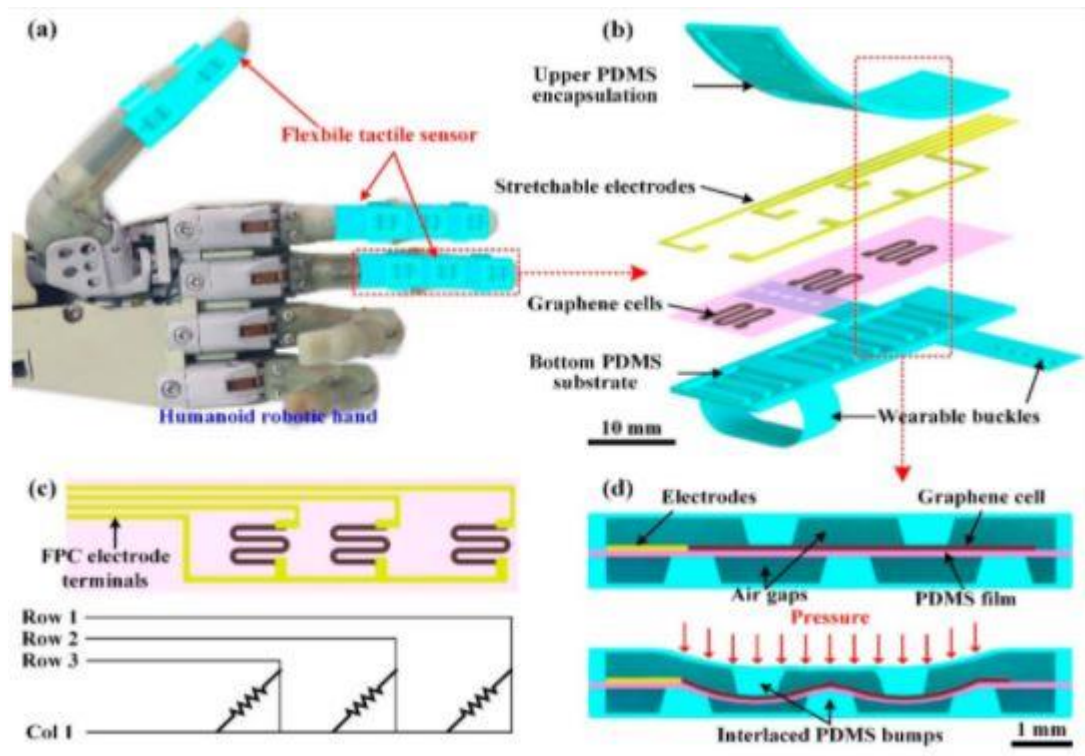
#### ➤ Έλεγχος απόστασης & τρόπος λειτουργίας ασύρματης επικοινωνίας

Προκειμένου να ελεγχθεί η λειτουργία της ασύρματης επικοινωνίας και πως αλληλεπιδρά η ρομποτική κατασκευή σε μεγάλες αποστάσεις έγιναν κάποιες απομακρυσμένες δοκιμές. Οι δοκιμές αυτές έγιναν ανάμεσα σε δύο ορόφους με τις παρεμβολές τοίχων και η απόσταση ήταν περίπου 30 μέτρα. Μετά από τις δοκιμές, παρατηρήθηκε έντονη μείωση ενέργειας στις κινήσεις της ρομποτικής παλάμης καθώς και χρονοκαθυστέρηση στις κινήσεις των δακτύλων. Αυτό είναι λογικό να συμβαίνει καθώς οι σερβοκινητήρες χρειάζονται μεγάλη ενέργεια για να λειτουργήσουν. Επίσης το σήμα που φτάνει μέσω του Wireless Transceiver nRFL2401 είναι αρκετά ασθενές. Έτσι δικαιολοούνται οι καθυστερήσεις στις κινήσεις της κατασκευής.

## 6 Συμπεράσματα – Μελλοντικές επεκτάσεις

Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής και αφού εφαρμόστηκαν οι έλεγχοι αξιολόγησης, προκειμένου να διαπιστωθεί ότι η ρομποτική κατασκευή λειτουργεί και ακολουθεί τις κινήσεις που εμείς ορίζουμε μέσω του γαντιού του χειριστή, σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούν διάφορες βελτιώσεις και μελλοντικές επεκτάσεις προκειμένου η κατασκευή να είναι πιο αξιόπιστη.

Έχοντας μελετήσει διάφορες 3D ρομποτικές κατασκευές στο διαδίκτυο, μια μελλοντική επέκταση θα μπορούσε να είναι η τοποθέτηση αισθητήρα πίεσης. Θα μπορούσε να τοποθετηθεί σε ειδική θέση σχεδιάζοντάς το σε 3D εκτυπωτή για να ενσωματωθεί στην κατασκευή. Με τον αισθητήρα πίεσης, δίνεται η δυνατότητα μέτρησης της πίεσης που ασκείται στην ρομποτική παλάμη. Αυτή η δύναμη προσομοιώνεται στο γάντι του χειριστή μέσω ενός μοτέρ δόνησης. Έτσι μέσω του γαντιού ο χειριστής θα αντιλαμβανόταν την αίσθηση της αφής και θα είχε καλύτερο έλεγχο της ρομποτικής παλάμης πιάνοντας διάφορα αντικείμενα πιο σταθερά. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται η αρχή λειτουργίας ενός αισθητήρα πίεσης[20].



Εικόνα 6-1. Αρχή λειτουργίας αισθητήρα πίεσης(Πηγή:[21] ).

- a) Πλήρες σχήμα ρομποτικού χεριού με τον αισθητήρα πίεσης
- b) Τα στρώματα δομής του αισθητήρα πίεσης
- c) Συνδεσμολογία ηλεκτροδίων
- d) Λειτουργία μηχανισμού ανίχνευσης πίεσης[21].

Επίσης μια μελλοντική επέκταση της ρομποτικής κατασκευής θα μπορούσε να είναι η προσθήκη ενός σερβοκινητήρα στον καρπό της κατασκευής. Έτσι με αυτό τον τρόπο θα μπορούσαμε να είχαμε μεγαλύτερη ευελιξία κινήσεων καθώς και καλύτερο ισομερισμό του βάρους των αντικειμένων που θα πιάναμε. Αυτό απαιτεί σχεδίαση στον 3D εκτυπωτή έτσι ώστε να υπάρχει χώρος για τη προσθήκη ενός ακόμα σερβοκινητήρα στο εσωτερικό του πήχη του ρομποτικού χεριού.

## 7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] J. J. Craig, *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*, 3rd Editio. GlassFrogBooks, 209AD.
- [2] A. R. Lanfranco, A. E. Castellanos, J. P. Desai, and W. C. Meyers, "Robotic Surgery: A Current Perspective," *Ann. Surg.*, vol. 239, no. 1, pp. 14–21, 2004.
- [3] A. Renfrew, "Book Review: Introduction to Robotics: Mechanics and Control," *Int. J. Electr. Eng. Educ.*, vol. 41, no. 4, pp. 388–388, 2004.
- [4] Siciliano, Lorenzo, Sciavicco, and Bruno, *Modelling and Control of Robot Manipulators*, 2nd ed. Springer-Verlag London, 2000.
- [5] S. E. Song, *Robotic interventions*. Elsevier Inc., 2019.

- [6] N. G. Hockstein, C. G. Gourin, R. A. Faust, and D. J. Terris, "A history of robots: From science fiction to surgical robotics," *J. Robot. Surg.*, vol. 1, no. 2, pp. 113–118, 2007.
- [7] RobotShop Distribution Inc, "History of Robotics: Timeline," 2008. [Online]. Available: [www.robotshop.us](http://www.robotshop.us).
- [8] Πογαρίδης Δ., *Ενσωματωμένα Συστήματα, οι Μικροελεγκτές AVR και ARDUINO*. Εκδόσεις Δισίγμα, 2015.
- [9] Hans Peter Moravec, "Robot Technology," p. 20.
- [10] M. Muntener, D. Ursu, A. Patriciu, D. Petrisor, and D. Stoianovici, "Robotic prostate surgery," *Expert Rev. Med. Devices*, vol. 3, no. 5, pp. 575–584, 2006.
- [11] L. W. Nifong *et al.*, "Robotic mitral valve surgery: A United States multicenter trial," *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, vol. 129, no. 6, pp. 1395–1404, 2005.
- [12] L. W. Nifong *et al.*, "Robotic mitral valve repair: Experience with the da Vinci system," *Ann. Thorac. Surg.*, vol. 75, no. 2, pp. 438–443, 2003.
- [13] E. Rodr, A. P. Kypson, S. C. Moten, L. W. Nifong, and W. R. C. Jr, "Robotic mitral surgery at East Carolina University :," *Int. J.*, no. April, pp. 211–215, 2006.
- [14] MertArduino, "How to Make Wireless / Gesture Control Robotic Hand," *hackster*, 2018. [Online]. Available: <https://www.hackster.io/mertarduino/how-to-make-wireless-gesture-control-robotic-hand-cc7d07>.
- [15] Παπάζογλου and Πολυχρόνης Λιωνής, *Ανάπτυξη εφαρμογών με το Arduino*. Εκδόσεις Τζιόλα, 2015.
- [16] S. Verma, "Hand Gestures Remote Controlled Robotic Arm," *Adv. Electron. Electr. Eng.*, vol. 3, no. 5, pp. 601–606, 2013.
- [17] Gael Langevin, "InMoov." [Online]. Available: <https://inmoov.fr/>.
- [18] DsChurman, "DIY Robotic Hand Controlled by a Glove and Arduino," *instructables circuits*, 2018. [Online]. Available: <https://www.instructables.com/DIY-Robotic-Hand-Controlled-by-a-Glove-and-Arduino/>.
- [19] J. Cobb *et al.*, "Hands-on robotic unicompartmental knee replacement. A prospective, randomised controlled study of the Acrobot system," *J. Bone Jt. Surg. - Ser. B*, vol. 88, no. 2, pp. 188–197, 2006.
- [20] Z. Kappassov, J. Corrales, A. Systems, and V. Perdereau, "Accepted Manuscript," 2015.
- [21] L. Zhu, Y. Wang, D. Mei, and C. Jiang, "Development of Fully Flexible Tactile Pressure Sensor with Bilayer Interlaced Bumps for Robotic Grasping Applications," 2020.



## 8 Παράρτημα : Τιμοκατάλογος κατασκευής

Υλικά	Τεμάχια	Κόστος τεμαχίου(€)	Συνολικό κόστος+ΦΠΑ(€)
Flex Sensor 4.5"	5	19.90	99.50
Servo Motor MG996R	5	8.90	44.50
Jumper Wires-Pack of 65	1	3.60	3.60
Mini BreadBoard	2	1.5	3.00
Battery Holder 18650	2	0.80	0.80
Battery Holder 9V	1	1.50	1.50
Battery 9V	1	1.90	1.90
Battery 18650	2	9.90	19.80
Arduino Nano	1	7.20	7.20
Arduino Uno	1	19.90	19.90
nRFL24L01	1	2.40	2.40
nRFL24L01+Antenna	1	8.40	8.40
nRFL24L01 adapter	2	1.50	3.00
18650 Battery Charger	1	7.90	7.90
Resistor 10 Ohm	5	0.01	0.05
SuperGlue Liquid	2	2.00	4.00
3D printing	18 (slt)		180
Screws	35	0.1	3.50
Συνολικό κόστος			<b>430 (€)</b>