



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Σχολή Τεχνολογίας

Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

**Ενοποίηση Κινητικής Μεταφοράς: Από το
ανθρώπινο χέρι στην ρομποτική κίνηση**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νικόλαος Τόπης (ΑΜ: 3119189)

Επιβλέπων: Αδάμ Γεώργιος

ΛΑΡΙΣΑ, Μάιος 2024



UNIVERSITY OF THESSALY

School of Technology

Digital Systems Department

**Integrating Motion: From Human Hand to
Robotic Movement**

BACHELOR THESIS

Nikolaos Topis (RN: 3119189)

Supervisor: *Adam Georgios*

LARISSA, May 2024

Υπεύθυνη Δήλωση περί Ακαδημαϊκής Δεοντολογίας και Πνευματικών Δικαιωμάτων

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον, και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο/Η Δηλών/ούσα

(Υπογραφή)

Νικόλαος Τόπης

24/5/2024

Εγκρίνεται από την Επιτροπή Εξέτασης:

Επιβλέπων/πουσα	Ονοματεπώνυμο Επιβλέποντα Βαθμίδα/ιδιότητα επιβλέποντα, Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Μέλος	Ονοματεπώνυμο Μέλους 1 Βαθμίδα/ιδιότητα μέλους 1, Τμήμα/Ιδρυμα μέλους 1
Μέλος	Ονοματεπώνυμο Μέλους 2 Βαθμίδα/ιδιότητα μέλους 2, Τμήμα/Ιδρυμα μέλους 2

Ημερομηνία έγκρισης: dd-mm-yyyy

Περίληψη

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη και κατασκευή ενός ρομποτικού χεριού, το οποίο προσομοιώνει βασικές κινήσεις του ανθρώπινου χεριού. Στόχος είναι η κατανόηση και εφαρμογή των αρχών της ρομποτικής, η σχεδίαση και συναρμολόγηση του μηχανικού μέρους, και ο προγραμματισμός των κινήσεων. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει τη χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης για την κατασκευή των επιμέρους μερών του χεριού, καθώς και την αξιοποίηση ενός μικροελεγκτή Arduino για τον έλεγχο των σέρβο-κινητήρων. Η προγραμματιστική διαδικασία επικεντρώνεται στον έλεγχο των κινήσεων μέσω κώδικα Arduino, επιτρέποντας στο ρομποτικό χέρι να εκτελεί κινήσεις όπως το άνοιγμα και κλείσιμο της παλάμης, και η κίνηση των δακτύλων και του καρπού. Η τελική έκβαση του εγχειρήματος είναι επιτυχής, καθώς το ρομποτικό χέρι λειτουργεί όπως αναμενόταν. Παρά τις προκλήσεις που ανακύπτουν κατά τη διάρκεια της κατασκευής, όπως η ακριβής ρύθμιση των σέρβο-κινητήρων και η σωστή διαχείριση των καλωδιώσεων, όλες αντιμετωπίζονται με επιτυχία. Η εργασία προσφέρει πολύτιμες γνώσεις και εμπειρίες στον τομέα της ρομποτικής, αποτελώντας βάση για μελλοντικές βελτιώσεις και επεκτάσεις.

Abstract

This paper discusses design and fabrication of prototype robotic hand capable to simulate basic movements of human hand. The aim is to learn and implement from the principles of robotics, design a mechanical part which can be assembled based on its functional requirement, writing program for movement. The process involves 3D printing the individual parts of a hand, along with using an Arduino microcontroller to power and control servo-motors containing them. Programming involves movement control via Arduino code allowing for varied movements of the robotic hand such as open and close palm, fingers motion etc. As the conclusion of this project, successful robotic hand implementation keeps moving as you see in final hand action. However, all the challenges are resolved during the build such as accurately setting up servo-motors and managing some of its very tight wiring. This paper is an essential step onto converging theoretical ideas and practical experience in robotics, that lays the ground for future improvements and extensions.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες προς τους πολύ αγαπητούς μου φίλους και την αγαπημένη μου οικογένεια για την απaráμιλλη υποστήριξή τους κατά τη διάρκεια της εκπόνησης αυτής της πτυχιακής εργασίας. Οι συμβουλές, οι ενθαρρύνσεις και η στήριξή τους με βοήθησαν να υπερνικήσω τις προκλήσεις και να επιτύχω τους στόχους μου. Χωρίς την ανεκτίμητη τους συμβολή, αυτή η πτυχιακή εργασία δεν θα ήταν ποτέ πραγματικότητα.

Η αμέριστη αγάπη και υποστήριξή σας με συνέβαλε σημαντικά στην ολοκλήρωση αυτής της πορείας, και για αυτό είμαι βαθύτατα ευγνώμων. Η παρουσία σας και η πίστη στο έργο μου με έκαναν να νιώθω πάντα υποστηριγμένος και αναζωογονημένος.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Αδάμ Γεώργιο για την πολύτιμη καθοδήγησή του και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας. Οι συμβουλές και η εμπειρία σας συνέβαλαν σημαντικά στη βελτίωση του έργου μου και στην απόκτηση νέας γνώσης και δεξιοτήτων.

Και πάλι, σας ευχαριστώ όλους από καρδιάς για την αφοσίωσή σας και την απερίγραπτη υποστήριξή σας.

Νικόλαος Τόπης

24/5/2024

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	VII
ABSTRACT	IX
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	XI
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	XIII
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ.....	3
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ	3
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ	4
2.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ	4
2.3.1 Αισθητήρες και Ενεργοποιητές.....	4
2.3.2 Δυναμική και Έλεγχος	5
2.3.3 Τεχνητή Νοημοσύνη	5
2.3.4 Εργαλεία και Υλικά Κατασκευής.....	6
2.3.5 Λογισμικό και Προγραμματισμός.....	7
2.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ	8
2.5 ΗΘΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ	9
2.5.1 Ιδιωτικότητα και Δεδομένα	9
2.5.2 Ασφάλεια και Ηθική Συμπεριφορά των Ρομπότ.....	9
2.5.3 Επιπτώσεις στην Αγορά Εργασίας	9
2.6 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	10
2.6.1 Ανάπτυξη Τεχνητής Νοημοσύνης και Μάθησης Μηχανής.....	10
2.6.2 Βελτιώσεις στην Ανθρωποκεντρική Ρομποτική.....	10
2.6.3 Ρομποτική στην Υγειονομική Περίθαλψη.....	10
3 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΧΕΡΙΟΥ.....	13
3.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΧΕΡΙΟΥ	13
3.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ.....	15
3.3 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	16

3.4	ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	17
4	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ.....	21
4.1	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	21
4.2	ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ.....	27
4.3	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΩΔΙΚΑ.....	33
4.4	ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΒΑΣΗΣ ΚΑΙ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ.....	37
5	ΣΥΜΠΕΡΑΙΝΟΝΤΑΣ.....	41
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	45

1 Εισαγωγή

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζει την κατασκευή ενός ρομποτικού χεριού, εστιάζοντας την μετατροπή της θεωρίας σε πράξη. Στην εποχή μας, η ρομποτική αναπτύσσεται με ταχύ ρυθμό και αποτελεί έναν από τους πιο καινοτόμους τομείς της τεχνολογίας, προσφέροντας λύσεις σε μια πληθώρα προβλημάτων που αφορούν την ιατρική, τη βιομηχανία και την καθημερινή ζωή.

Το βασικό ερευνητικό ερώτημα που διερευνάται είναι το πώς μπορεί να γίνει η κατασκευή ενός ρομποτικού χεριού το οποίο μπορεί να προσομοιώσει τις κινήσεις του ανθρώπινου χεριού, αξιοποιώντας τις αρχές της ρομποτικής και της μηχανικής. Στόχος της εργασίας είναι να αποτυπώσει πώς η θεωρητική γνώση στους τομείς της μηχανολογίας, της ηλεκτρονικής και του προγραμματισμού μπορεί να εφαρμοστεί για την κατασκευή ενός λειτουργικού ρομποτικού χεριού.

Η σημασία αυτής της έρευνας έγκειται στο γεγονός ότι τα ρομποτικά συστήματά έχουν τη δυνατότητα να ενσωματωθούν σε πολλούς τομείς, όπως η ιατρική αποκατάσταση, η βιομηχανική αυτοματοποίηση και οι καθημερινές βοηθητικές συσκευές. Η παρούσα εργασία επιδιώκει να προσφέρει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, από τον σχεδιασμό έως την υλοποίηση και να καταδείξει πώς οι θεωρητικές αρχές μπορούν να μετατραπούν σε πρακτικές.

Εκτός από την τεχνική προοπτική, η παρούσα έρευνα επιδιώκει επίσης να ενισχύσει τον κρίσιμο στοχασμό σχετικά με τη σχέση μεταξύ της τεχνολογίας και της ανθρώπινης ευημερίας. Αναζητώντας την αποτελεσματικότερη ενσωμάτωση των ρομποτικών λύσεων στην καθημερινή ζωή, διερευνούμε τον τρόπο με τον οποίο η τεχνολογία μπορεί να προωθήσει την αυτονομία, την πρόσβαση και την κοινωνική συμμετοχή των ατόμων με αναπηρίες. Στο πλαίσιο αυτό, η πτυχιακή εργασία προτείνει και αναλύει πρωτότυπες λύσεις για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής και την προαγωγή της κοινωνικής δικαιοσύνης μέσω της ρομποτικής τεχνολογίας.

Η εργασία έχει την εξής δομή :

- Στο κεφάλαιο «Θεωρητική Βάση της Ρομποτικής », παρουσιάζεται η θεωρητική βάση της ρομποτικής και τα βασικά στοιχεία τα οποία αφορούν τα ρομποτικά συστήματα και τις εφαρμογές τους.
- Στο κεφάλαιο «Σχεδίαση και Αρχιτεκτονική του Ρομποτικού Χεριού», αναλύεται ο σχεδιασμός και η αρχιτεκτονική τους ρομποτικού χεριού, περιλαμβάνοντας την επιλογή των υλικών και των μηχανικών μερών.
- Στο κεφάλαιο «Ανάπτυξη και Υλοποίηση», περιγράφεται η διαδικασία κατασκευής του ρομποτικού χεριού, καθώς και τα προβλήματα και οι λύσεις που προέκυψαν κατά την πορεία. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των δοκιμών του ρομποτικού χεριού και γίνεται αξιολόγηση της απόδοσής τους.
- Τέλος, στο κεφάλαιο «Συμπεραίνοντας», αναλύονται τα συμπεράσματα και πως μπορεί να εξελιχθεί η κατασκευή στο μέλλον.

2 Θεωρητική βάση της ρομποτικής

Στο εξής κεφάλαιο, παρουσιάζεται το θεωρητικό κομμάτι της ρομποτικής και τα βασικά στοιχεία τα οποία αφορούν τα ρομποτικά συστήματα και τις εφαρμογές τους. Αναλύεται η ιστορική εξέλιξη της ρομποτικής, οι βασικές αρχές που τη διέπουν και οι ποικίλες εφαρμογές της. Επίσης, εξετάζονται οι μελλοντικές προοπτικές και οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει αυτός ο κλάδος.

2.1 Εισαγωγή στη Ρομποτική

Η ρομποτική είναι ένας διεπιστημονικός τομέας που συνδυάζει τη μηχανολογία, την ηλεκτρονική, την πληροφορική και την τεχνητή νοημοσύνη για την δημιουργία μηχανών που μπορούν να εκτελούν πολύπλοκες εργασίες. Οι ρομποτικές τεχνολογίες έχουν γνωρίσει ραγδαία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια και έχουν εφαρμοστεί σε πολλούς τομείς, από τη βιομηχανική παραγωγή μέχρι της ιατρική και την καθημερινή ζωή.

Η εξέλιξη της ρομποτικής έχει οδηγήσει στην δημιουργία συστημάτων με τα οποία έχουν αυξημένη ικανότητα προσαρμογής και αυτονομίας. Από τα πρώτα βιομηχανικά ρομπότ που εκτελούσαν προκαθορισμένες ενέργειες σε ελεγχόμενα περιβάλλοντα, μέχρι τα σύγχρονα συστήματα τα οποία μπορούν να είναι αυτόνομα και να λαμβάνουν αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο, η τεχνολογία έχει κάνει άλματα. Αυτά τα συστήματα είναι εξοπλισμένα με εξελιγμένους αισθητήρες και λογισμικό, επιτρέποντας τους να αντιλαμβάνονται και να αντιδρούν στο περιβάλλον τους με μεγαλύτερη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα.

Παράλληλα, οι τεχνολογίες της ρομποτικής αναπτύσσονται και στο πεδίο της κοινωνικής και υπηρεσιακής καθημερινότητας, όπου τα συστήματα χρησιμοποιούνται για την παροχή υπηρεσιών σε ανθρώπους, όπως η φροντίδα ηλικιωμένων και ατόμων με αναπηρίες, η εκπαιδευτική ρομποτική και οι οικιακοί βοηθοί. Αυτή η κατηγορία απαιτεί την εύκολη χρήση των συστημάτων και η αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπου και μηχανής, πρέπει να γίνεται με ασφάλεια, έτσι ώστε να ενισχύεται η κοινωνική ενσωμάτωση και να υπάρχει βελτίωση στην ποιότητα ζωής (Craig J. J. , 2005).

2.2 Ιστορική Αναδρομή της Ρομποτικής

Η ιστορία της ρομποτικής ξεκινάει από τα αρχαία χρόνια με τις πρώτες προσπάθειες κατασκευής αυτόματων μηχανών. Με την πρόοδο της τεχνολογίας κατά τον 20ό αιώνα, τα ρομποτικά συστήματα εξελίχθηκαν από απλές μηχανικές κατασκευές σε σύνθετα συστήματα με την δυνατότητα προγραμματισμού και αυτονομίας. Σήμερα, τα ρομπότ χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, από την εξερεύνηση του διαστήματος έως την παροχή υπηρεσιών υγείας.

Η ιστορία της ρομποτικής είναι στενά συνδεδεμένη με την εξέλιξη της τεχνολογίας. Αρχικά, οι αυτόματες μηχανές χρησιμοποιούνταν κυρίως για απλές εργασίες. Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, αναπτύχθηκαν οι πρώτες γενιές ρομποτικών συστημάτων για στρατιωτική χρήση, όπως οι αυτόματοι υπολογιστές.

Με την πάροδο του χρόνου, οι τεχνολογικές εξελίξεις έφεραν νέες δυνατότητες στο τομέα της ρομποτικής. Από τα μηχανικά ρομπότ με περιορισμένη λειτουργικότητα, στα πολυμορφικά συστήματα με εξαιρετική ικανότητα προσαρμογής και επικοινωνίας.

Η ρομποτική αποτελεί έναν από τους πιο δυναμικούς τομείς της τεχνολογίας, με εφαρμογές που καλύπτουν την παραγωγή, την υγεία, την εκπαίδευση, την έρευνα και πολλούς άλλους τομείς (Khatib O., Siciliano B. & Kelly A. , 2019).

2.3 Βασικές Αρχές της Ρομποτικής

Ο κλάδος της ρομποτικής στηρίζεται σε κάποιες βασικές αρχές οι οποίες αφορούν την λειτουργία και τον έλεγχο των ρομποτικών συστημάτων.

2.3.1 Αισθητήρες και Ενεργοποιητές

Οι αισθητήρες αποτελούν τον πυρήνα του συστήματος αντίληψης του ρομπότ. Χάρη σε αυτούς τα ρομπότ έχουν την δυνατότητα να αντιληφθούν το περιβάλλον τους και τις φυσικές παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η απόσταση και η φωτεινότητα. Η συνεχής επικοινωνία με τους αισθητήρες επιτρέπει στα ρομπότ να προσαρμόζονται στις αλλαγές του περιβάλλοντος και να λαμβάνουν αποφάσεις βασισμένες σε πλήρη πληροφόρηση.

Παράλληλα, οι ενεργοποιητές είναι υπεύθυνοι για την μετατροπή αυτών των αποφάσεων σε κινήσεις και ενέργειες στο περιβάλλον. Οι ενεργοποιητές, ενεργοποιούν τα μέσα και τους μηχανισμούς που επιτρέπουν στα ρομπότ να αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον τους με σκοπό την εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών, ενεργειών ή κινήσεων.

Ο συνδυασμός αισθητήρων και ενεργοποιητών αποτελεί το κλειδί για την αυτόνομη λειτουργία των ρομπότ, καθώς επιτρέπει την αντίδραση τους σε διάφορες καταστάσεις και την εκτέλεση ποικίλων εργασιών με ακρίβεια και αποτελεσματικότητα.

2.3.2 Δυναμική και Έλεγχος

Το πεδίο της δυναμικής και του ελέγχου αποτελεί ένα κρίσιμο τομέα στη ρομποτική, καθώς επικεντρώνεται στον σχεδιασμό και τον έλεγχο της κίνησης των ρομπότ. Η δυναμική ασχολείται με την μελέτη των κινηματικών και δυναμικών χαρακτηριστικών των ρομποτικών συστημάτων, ενώ ο έλεγχος επικεντρώνεται στον σχεδιασμό και την υλοποίηση αλγορίθμων ελέγχου που επιτρέπουν στα ρομπότ να εκτελούν επιθυμητές κινήσεις με ακρίβεια και ασφάλεια.

Η δυναμική και ο έλεγχος αποτελούν κρίσιμους παράγοντες για την επίτευξη αποδοτικής και ασφαλούς λειτουργίας των ρομποτικών συστημάτων, ειδικά σε περιβάλλοντα που απαιτούν την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον ή με ανθρώπους. Οι προηγμένοι αλγόριθμοι ελέγχου μπορούν να επιτρέψουν στα ρομπότ να προσαρμόζονται δυναμικά σε αλλαγές του περιβάλλοντος ή στις απαιτήσεις της εργασίας και να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση πολύπλοκες παραμέτρους.

Με την εφαρμογή αυτών των αρχών, τα ρομποτικά συστήματα μπορούν να επιδείξουν υψηλή απόδοση, ακρίβεια και ασφάλεια στη λειτουργία τους, κάνοντας τη ρομποτική έναν ανεξάντλητο τομέα μελέτης και καινοτομίας.

Αυτές οι αρχές αποτελούν βασικό θεμέλιο για την ανάπτυξη προηγμένων συστημάτων που μπορούν να εκτελούν πολύπλοκες εργασίες και λειτουργίες με ακρίβεια και αξιοπιστία.

2.3.3 Τεχνητή Νοημοσύνη

Η τεχνητή νοημοσύνη έχει ραγδαία εξέλιξη τα τελευταία χρόνια και πλέον αποτελεί έναν από τους βασικούς πυλώνες της ρομποτικής, καθώς επιτρέπει στα ρομπότ να λαμβάνουν αποφάσεις, να εκτελούν εργασίες και να αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον τους με ευφυή τρόπο. Η τεχνητή νοημοσύνη επικεντρώνεται στην ανάπτυξη αλγορίθμων και μοντέλων τα οποία μιμούνται την ανθρώπινη νοημοσύνη και την ικανότητα λήψης αποφάσεων. Ένα παράδειγμα ενοποίησης ρομποτικού συστήματος με τεχνητή νοημοσύνη είναι το ρομπότ «Σοφία», το οποίο έχει την δυνατότητα να κάνει μακροσκελές συζητήσεις

με ανθρώπους και να κάνει περίπλοκους υπολογισμούς που δεν μπορεί να κάνει ο άνθρωπος εγκέφαλος(Michael G. ,18 Μαΐου 2018).

Στο πεδίο της ρομποτικής, η τεχνητή νοημοσύνη χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη εξυπνότερων ρομποτικών συστημάτων που μπορούν να αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους, να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση τις πληροφορίες που λαμβάνουν και να προσαρμόζονται δυναμικά σε αλλαγές και προκλήσεις.

Οι τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης που χρησιμοποιούνται στη ρομποτική περιλαμβάνουν μηχανική μάθηση, βαθιά μάθηση, νευρωνικά δίκτυα, αλγόριθμους ενισχυτικής μάθησης και πολλά άλλα. Αυτές οι τεχνικές επιτρέπουν στα ρομποτικά συστήματα να επιδεικνύουν εξαιρετική ευφυΐα και να λειτουργούν αυτόνομα σε ποικίλες συνθήκες και περιβάλλοντα.

Η συνδυασμένη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης με άλλους τομείς της ρομποτικής, όπως η μηχανική, η ηλεκτρονική και ο έλεγχος, έχει οδηγήσει στη δημιουργία προηγμένων ρομποτικών συστημάτων που μπορούν να εκτελούν πολύπλοκες εργασίες με ακρίβεια, αποτελεσματικότητα και ασφάλεια.

2.3.4 Εργαλεία και Υλικά Κατασκευής

Η κατασκευή ρομποτικών συστημάτων απαιτεί τη χρήση ειδικών εργαλείων και υλικών που να καλύπτουν τις ανάγκες του σχεδιασμού και των λειτουργικών απαιτήσεων.

Ακολουθεί μια σύντομη αναφορά σε κάποια από τα βασικά εργαλεία και υλικά που χρησιμοποιούνται συχνά στην κατασκευή ρομποτικών συστημάτων:

1. Εργαλεία:

- Εργαλεία χειρός: Κοπίδια, πένσες, κατσαβίδια, κλειδιά και άλλα βασικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την κοπή, τη συναρμολόγηση και τον έλεγχο των μηχανικών μερών του ρομπότ.
- Εργαλεία επεξεργασίας υλικών: Τρυπάνια, λίμες, πριόνια και άλλα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των υλικών κατασκευής, όπως μέταλλα, πλαστικά και ξύλο.

2. Υλικά Κατασκευής:

- **Μέταλλα:** Περιλαμβάνουν ανοξείδωτο χάλυβα, αλουμίνιο και ορείχαλκο, τα οποία είναι δημοφιλή υλικά για την κατασκευή των δομικών στοιχείων και των μηχανικών μερών του ρομπότ.
- **Πλαστικά:** Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των καλύψεων και άλλων εξωτερικών μερών του ρομπότ λόγω της ελαφρότητας και της ανθεκτικότητάς τους.
- **Ξύλο:** Χρησιμοποιείται συνήθως σε εκπαιδευτικά ή ερασιτεχνικά ρομπότ για την κατασκευή του πλαισίου και άλλων μηχανικών μερών λόγω της ευκολίας στην επεξεργασία του.
- **Ηλεκτρονικά Υλικά:** Περιλαμβάνουν εξαρτήματα όπως αισθητήρες, μικρό ελεγκτές, μοτέρ και καλώδια που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο και τη λειτουργία του ρομπότ.

Η επιλογή κατάλληλων εργαλείων και υλικών κατασκευής εξαρτάται από τις ανάγκες του σχεδιασμού, τις λειτουργικές απαιτήσεις και τον διαθέσιμο προϋπολογισμό.

2.3.5 Λογισμικό και Προγραμματισμός

Το λογισμικό και ο προγραμματισμός αποτελούν τον πυρήνα της λειτουργίας των ρομπότ. Οι γλώσσες προγραμματισμού όπως η Python, η C++ και η Java χρησιμοποιούνται ευρέως για τον προγραμματισμό ρομποτικών συστημάτων. Τα λογισμικά προγραμματισμού ρομπότ, όπως το ROS (Robot Operating System), παρέχουν ένα πλαίσιο για την ανάπτυξη και την εκτέλεση ρομποτικών εφαρμογών, επιτρέποντας την ενσωμάτωση διαφόρων λειτουργιών και αισθητήρων.

2.4 Εφαρμογές της Ρομποτικής

Η ρομποτική βρίσκει εφαρμογές σε αρκετούς τομείς της ζωής και της βιομηχανίας. Στον τομέα της βιομηχανίας τα ρομπότ χρησιμοποιούνται για αυτοματοποίηση των παραγωγικών διαδικασιών, την αύξηση της αποδοτικότητας και τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων. Στην ιατρική, τα ρομπότ χρησιμοποιούνται κυρίως στις χειρουργικές επεμβάσεις ακριβείας, την παροχή βοήθειας σε άτομα με αναπηρίες και την εκτέλεση επικίνδυνων εργασιών. Επιπλέον, η ρομποτική τεχνολογία εφαρμόζεται στην εξερεύνηση του διαστήματος, στην αποκατάσταση του περιβάλλοντος και στην καθημερινή ζωή με τη μορφή οικιακών ρομπότ (π.χ. ρομποτική σκούπα) και προσωπικών βοηθών.

Στον τομέα της γεωργίας, τα ρομπότ χρησιμοποιούνται για την αυτοματοποίηση της σποράς, της συγκομιδής και της παρακολούθησης των καλλιεργειών. Αυτά τα ρομπότ είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες που ανιχνεύουν την υγρασία του εδάφους, την ανάπτυξη των φυτών και την παρουσία παρασίτων, επιτρέποντας την ακριβή εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Ένα παράδειγμα χρήσης ρομπότ στην γεωργία τα τελευταία χρόνια, είναι η χρήση μεγάλων drone, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να ρίξουν λίπασμα και φυτοφάρμακα σε στρέμματα χωραφιών χωρίς να υπάρχει μεγάλη ανθρώπινη παρέμβαση, το μόνο που χρειάζεται να κάνει ο άνθρωπος είναι να ρυθμίσει το ρομπότ. Η χρήση ρομπότ στη γεωργία οδηγεί σε αυξημένη παραγωγικότητα και μειωμένη χρήση πόρων, συμβάλλοντας στην αειφόρο ανάπτυξη.

Στην κατασκευή, τα ρομπότ χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση πολύπλοκων και επικίνδυνων εργασιών, όπως η συγκόλληση, η βαφή και η συναρμολόγηση. Τα ρομπότ έχουν τη δυνατότητα να εργάζονται σε επικίνδυνες συνθήκες και να εκτελούν επαναλαμβανόμενες εργασίες με μεγάλη ακρίβεια και συνέπεια. Αυτό μειώνει την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση σε επικίνδυνα περιβάλλοντα και βελτιώνει την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα στην παραγωγική διαδικασία.

Η ρομποτική τεχνολογία έχει επίσης σημαντικό ρόλο στον τομέα της έρευνας και της διάσωσης. Ρομπότ εξοπλισμένα με αισθητήρες, κάμερες και συστήματα πλοήγησης χρησιμοποιούνται για την αναζήτηση και διάσωση ανθρώπων σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, όπως σεισμούς, πυρκαγιές και πλημμύρες. Αυτά τα ρομπότ μπορούν να εισέλθουν σε επικίνδυνα ή δυσπρόσιτα σημεία, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες στους διασώστες και αυξάνοντας τις πιθανότητες επιτυχούς διάσωσης.

Η ρομποτική αποτελεί κεντρικό κομμάτι της σύγχρονης τεχνολογίας με ευρύ πεδίο εφαρμογών. Η συνεχής πρόοδος στην τεχνητή νοημοσύνη, τους αισθητήρες και τα υλικά

κατασκευής ανοίγει νέες δυνατότητες για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Με την κατάλληλη επένδυσή και συνεργασία, η ρομποτική μπορεί να οδηγήσει σε ένα πιο αποδοτικό και βιώσιμο μέλλον.

2.5 Ηθικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις

Η ραγδαία εξέλιξη της ρομποτικής τεχνολογίας έχει δημιουργήσει σημαντικές ηθικές και κοινωνικές προκλήσεις που απαιτούν προσεκτική σκέψη και διαχείριση. Καθώς τα ρομπότ γίνονται ολοένα και πιο προηγμένα και ενσωματώνονται σε διάφορους τομείς της κοινωνίας, προκύπτουν θέματα όπως η ιδιωτικότητα, ασφάλεια και οι επιπτώσεις στην αγορά εργασίας.

2.5.1 Ιδιωτικότητα και Δεδομένα

Τα ρομπότ, ειδικά εκείνα που χρησιμοποιούνται σε προσωπικές και οικιακές εφαρμογές, συχνά συλλέγουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων για τους χρήστες τους. Αυτό δημιουργεί ανησυχίες σχετικά με την ιδιωτικότητα και την προστασία των προσωπικών δεδομένων. Η χρήση καμερών, μικροφώνων και άλλων αισθητήρων μπορεί να παραβιάσει την ιδιωτική ζωή, καθιστώντας αναγκαία την ανάπτυξη αυστηρών κανονισμών για την προστασία των δεδομένων και την εξασφάλιση της ιδιωτικότητας των χρηστών.

2.5.2 Ασφάλεια και Ηθική Συμπεριφορά των Ρομπότ

Η ενσωμάτωση ρομπότ σε καθημερινές δραστηριότητες και εργασίες δημιουργεί επίσης ζητήματα ασφάλειας. Τα ρομπότ πρέπει να είναι προγραμματισμένα να λειτουργούν με ασφάλεια γύρω από τους ανθρώπους και να μπορούν να ανταποκρίνονται σε απρόβλεπτες καταστάσεις χωρίς να προκαλούν βλάβη. Επιπλέον, πρέπει να εξεταστεί η ηθική συμπεριφορά των ρομπότ, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου πρέπει να λαμβάνουν αποφάσεις που επηρεάζουν την ανθρώπινη ζωή και ευημερία.

2.5.3 Επιπτώσεις στην Αγορά Εργασίας

Ένα από τα πιο συζητημένα κοινωνικά θέματα που προκύπτουν από την ανάπτυξη της ρομποτικής είναι οι επιπτώσεις στην αγορά εργασίας. Η αυτοματοποίηση και η χρήση ρομπότ σε βιομηχανίες μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια θέσεων εργασίας για τους εργαζόμενους σε συγκεκριμένους τομείς. Παράλληλα, δημιουργούνται νέες ευκαιρίες σε τομείς όπως η ανάπτυξη, η συντήρηση και η διαχείριση των ρομποτικών συστημάτων. Η

κοινωνία πρέπει να προετοιμαστεί για αυτές τις αλλαγές μέσω της εκπαίδευσης και της επανεκπαίδευσης του εργατικού δυναμικού .

Η εξέλιξη της ρομποτικής προσφέρει αμέτρητες δυνατότητες και οφέλη, αλλά φέρνει επίσης προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν με υπευθυνότητα. Η προσεκτική διαχείριση των ηθικών και κοινωνικών επιπτώσεων είναι κρίσιμη για να εξασφαλιστεί ότι η τεχνολογία θα ωφελήσει την κοινωνία στο σύνολό της, χωρίς να παραβλέπονται τα δικαιώματα και οι ανάγκες των ατόμων.

2.6 Μελλοντικές Προοπτικές

Η ρομποτική ανοίγει νέους δρόμους και δημιουργεί άπειρες δυνατότητες για το μέλλον. Οι προοπτικές είναι απεριόριστες και περιλαμβάνουν καινοτομίες σε διάφορους τομείς της καθημερινής ζωής, της βιομηχανίας και της επιστήμης.

2.6.1 Ανάπτυξη Τεχνητής Νοημοσύνης και Μάθησης Μηχανής

Η συνεχής πρόοδος στην τεχνητή νοημοσύνη (TN) και τη μάθηση μηχανής αναμένεται να επηρεάσει σημαντικά τις δυνατότητες των ρομπότ. Με την ενσωμάτωση πιο προηγμένων αλγορίθμων, τα ρομπότ θα αποκτήσουν μεγαλύτερη αυτονομία και ικανότητα να προσαρμόζονται σε νέες και απρόβλεπτες καταστάσεις. Οι εξελίξεις σε αυτούς τους τομείς θα επιτρέψουν στα ρομπότ να εκτελούν πιο σύνθετες και πολύπλοκες εργασίες με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση .

2.6.2 Βελτιώσεις στην Ανθρωποκεντρική Ρομποτική

Η ανθρωποκεντρική ρομποτική, η οποία επικεντρώνεται στη δημιουργία ρομπότ που αλληλοεπιδρούν αποτελεσματικά και με ασφάλεια με τους ανθρώπους, θα συνεχίσει να εξελίσσεται. Ρομπότ που είναι σχεδιασμένα να συνεργάζονται στενά με ανθρώπους σε εργασιακά και οικιακά περιβάλλοντα θα γίνουν πιο συνηθισμένα. Οι βελτιώσεις σε αυτήν την περιοχή περιλαμβάνουν την ανάπτυξη πιο φυσικών και διαισθητικών τρόπων επικοινωνίας, καθώς και την αύξηση της ικανότητας των ρομπότ να κατανοούν και να ανταποκρίνονται σε ανθρώπινα συναισθήματα και συμπεριφορές .

2.6.3 Ρομποτική στην Υγειονομική Περίθαλψη

Η ρομποτική υγειονομικής περίθαλψης είναι ένας τομέας με τεράστιες προοπτικές. Η χρήση ρομπότ στη χειρουργική, την αποκατάσταση και την φροντίδα ηλικιωμένων και

ατόμων με αναπηρίες αναμένεται να επεκταθεί. Τα ρομπότ μπορούν να βοηθήσουν στην εκτέλεση πολύπλοκων χειρουργικών επεμβάσεων με μεγαλύτερη ακρίβεια και λιγότερη επεμβατικότητα, ενώ τα ρομπότ φροντίδας μπορούν να παρέχουν πολύτιμη υποστήριξη και να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής των ασθενών και των ηλικιωμένων .

Οι προοπτικές της ρομποτικής είναι συναρπαστικές και υποσχόμενες. Με την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και την ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης, τα ρομπότ θα γίνουν πιο αποδοτικά και χρήσιμα σε διάφορους τομείς. Η συνεχής πρόοδος στην έρευνα και την καινοτομία θα διασφαλίσει ότι η ρομποτική θα συνεχίσει να βελτιώνει την καθημερινή μας ζωή και να συμβάλλει στη λύση σημαντικών κοινωνικών προκλήσεων.

3 Σχεδίαση και Αρχιτεκτονική του Ρομποτικού Χεριού

Το ρομποτικό χέρι αποτελεί ένα από τα πιο σύνθετα συστήματα, ικανό να αναπαράγει με ακρίβεια τις κινήσεις του ανθρώπινου χεριού. Στην παρούσα εργασία, θα εξετάσουμε τη σχεδίαση και την αρχιτεκτονική του ρομποτικού χεριού, καθώς και την επιλογή υλικών και εργαλείων που απαιτούνται για την κατασκευή του.

3.1 Σχεδιασμός του Ρομποτικού Χεριού

Ανάλυση των Λειτουργικών Απαιτήσεων

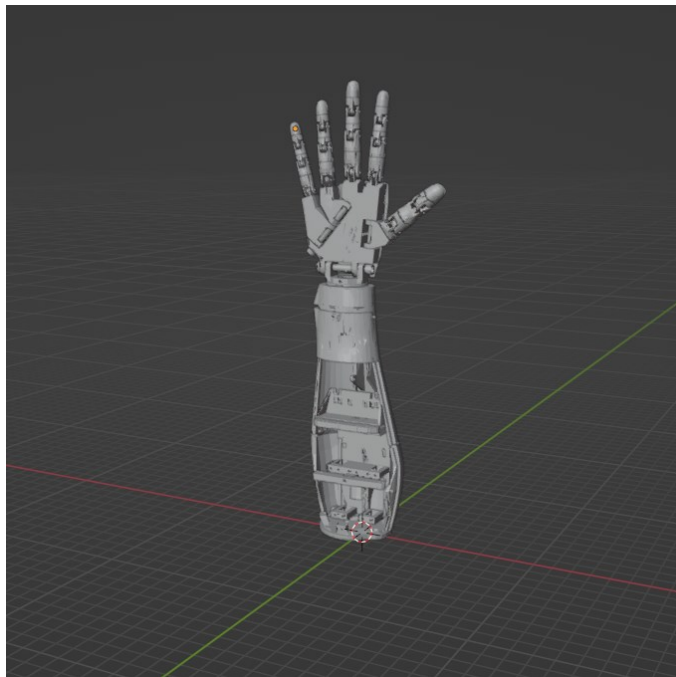
Ο σχεδιασμός ενός ρομποτικού χεριού ξεκινά με την ανάλυση των λειτουργικών απαιτήσεων που καθορίζουν τις βασικές λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το ρομποτικό χέρι. Στην προκειμένη περίπτωση, το ρομποτικό χέρι έχει ως κύρια λειτουργία την εκτέλεση προκαθορισμένων κινήσεων, χωρίς την ανάγκη ανύψωσης βάρους. Αυτό σημαίνει ότι η έμφαση δίνεται στην ικανότητα εκτέλεσης επαναλαμβανόμενων κινήσεων.

Ανάλυση των Κινηματικών Δυνατοτήτων

Η κινηματική ανάλυση για το ρομποτικό χέρι επικεντρώνεται στον καθορισμό των κινήσεων που μπορεί να εκτελέσει με επαναληψιμότητα. Παρόλο που το χέρι δεν χρειάζεται να ανυψώνει βάρη, πρέπει να έχει επαρκείς βαθμούς ελευθερίας για να εκτελεί τις απαραίτητες κινήσεις σε τρισδιάστατο χώρο. Αυτό περιλαμβάνει την ανάλυση των αρθρώσεων και των συνδέσμων του χεριού, καθώς και την εξασφάλιση ότι οι κινήσεις είναι ομαλές και ακριβείς.

Σχεδιασμός και Ανάπτυξη του Ρομποτικού Χεριού

Ο σχεδιασμός του ρομποτικού χεριού περιλαμβάνει την ανάπτυξη ενός πρωτοτύπου που πληροί τις προδιαγραφές για τη λειτουργικότητα και την απόδοση. Αρχικά, το ρομποτικό χέρι σχεδιάστηκε χρησιμοποιώντας λογισμικό 3D modeling, όπως το Blender. Με το Blender, δημιουργήθηκαν λεπτομερή σχέδια και μοντέλα του χεριού που περιλαμβάνουν την ακριβή τοποθέτηση των αρθρώσεων και των ενεργοποιητών (Εικόνα 1), ώστε να διασφαλιστεί ότι το ρομποτικό χέρι μπορεί να εκτελέσει τις επιθυμητές κινήσεις με ακρίβεια.



Εικόνα 1: Μοντέλο χεριού στο Blender.

Γενική Εικόνα των Λειτουργιών του Ρομποτικού Χεριού

Το ρομποτικό χέρι αποτελείται από τον πήχη, τον καρπό και τα δάχτυλα, και είναι τοποθετημένο σε μια σταθερή βάση. Οι λειτουργίες του περιλαμβάνουν την κίνηση των δακτύλων και την περιστροφή του καρπού μέσω μοτέρ. Συγκεκριμένα, τα δάχτυλα κλείνουν και ανοίγουν για να πιάσουν ή να απελευθερώσουν αντικείμενα, ενώ ο καρπός μπορεί να περιστρέφεται για να τοποθετεί τα αντικείμενα στην επιθυμητή κατεύθυνση. Αυτές οι κινήσεις πραγματοποιούνται με ακρίβεια και έχουν την δυνατότητα να είναι επαναλαμβανόμενες, διασφαλίζοντας ότι το ρομποτικό χέρι μπορεί να εκτελεί τις προκαθορισμένες εργασίες με συνέπεια.

3.2 Επιλογή Υλικών

Η επιλογή των υλικών αποτελεί κρίσιμο στάδιο στον σχεδιασμό του ρομποτικού χεριού, καθώς επηρεάζει άμεσα την αντοχή, τη λειτουργικότητα και την απόδοσή του. Στο παρόν τμήμα, αναλύετε η διαδικασία αξιολόγησης των χαρακτηριστικών και των προδιαγραφών των υλικών, τα κριτήρια επιλογής και τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς των υλικών που επιλέχθηκαν για την κατασκευή του ρομποτικού χεριού.

Αξιολόγηση των Χαρακτηριστικών και των Προδιαγραφών των Υλικών

Στο στάδιο της επιλογής των υλικών για το ρομποτικό χέρι, αποφασίστηκε εξ αρχής ότι το βασικό υλικό θα ήταν το πλαστικό. Οι απαιτήσεις αντοχής δεν ήταν ιδιαίτερα υψηλές, δεδομένου ότι το ρομποτικό χέρι δεν προοριζόταν να σηκώνει βαριά φορτία. Αντίθετα, δόθηκε έμφαση στην ευελιξία και την προσαρμοστικότητα του υλικού, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί εύκολα στη διαδικασία της κατασκευής.

Επιλογή Υλικών Βάσει Αντοχής, Ελαστικότητας και Βάρους

Τα κύρια κριτήρια για την επιλογή των υλικών περιλάμβαναν την προσαρμοστικότητα και το χαμηλό βάρος. Το PLA (Polylactic Acid) επιλέχθηκε ως το κατάλληλο υλικό λόγω της δυνατότητάς του να εκτυπώνεται σε τρισδιάστατο εκτυπωτή. Το PLA είναι γνωστό για την ευκολία στη χρήση του και την ικανότητά του να διαμορφώνεται σε σύνθετες γεωμετρίες, καθιστώντας το ιδανικό για την κατασκευή των επιμέρους εξαρτημάτων του ρομποτικού χεριού.

Πλεονεκτήματα και Περιορισμοί των Υλικών

Το κύριο πλεονέκτημα του PLA είναι το πολύ χαμηλό βάρος του, το οποίο μειώνει την καταπόνηση των μηχανικών μερών και βελτιώνει τη συνολική απόδοση του ρομποτικού συστήματος. Επιπλέον, το PLA είναι φιλικό προς το περιβάλλον και βιοδιασπώμενο, προσθέτοντας μια οικολογική διάσταση στο έργο.

Ωστόσο, το PLA παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα. Είναι σχετικά εύθραυστο, καθιστώντας το ευάλωτο σε μηχανικές καταπονήσεις και προσκρούσεις. Επίσης, το υλικό αυτό δεν διαθέτει αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, κάτι που περιορίζει τη χρήση του σε ανάλογα περιβάλλοντα.

Συνοψίζοντας, η επιλογή του PLA για την κατασκευή του ρομποτικού χεριού έγινε με γνώμονα την ευκολία κατασκευής, το χαμηλό βάρος και τη φιλικότητα προς το περιβάλλον, παρά τους περιορισμούς του σε αντοχή και θερμοκρασία.

3.3 Μηχανικός Σχεδιασμός

Ο μηχανικός σχεδιασμός του ρομποτικού χεριού είναι ζωτικής σημασίας για την εξασφάλιση της ακρίβειας, της ανθεκτικότητας και της απόδοσης του συστήματος. Στην παρούσα ενότητα, θα αναλυθούν τα μηχανικά μέρη που χρησιμοποιήθηκαν, οι λόγοι για την επιλογή τους, και η λειτουργία του συστήματος.

Επιλογή Μηχανικών Μερών

Το ρομποτικό χέρι σχεδιάστηκε για τη χρήση πέντε σέρβο-κινητήρων MG996R, που αναλαμβάνουν την κίνηση κάθε δακτύλου ξεχωριστά. Το MG996R επιλέχθηκε λόγω των εξαιρετικών χαρακτηριστικών του, όπως η υψηλή ροπή, η αξιοπιστία και η αντοχή του σε συνεχή χρήση. Αυτά τα μοτέρ είναι κατάλληλα για εφαρμογές που απαιτούν ακρίβεια και δύναμη, καθώς προσφέρουν αρκετή ροπή. Επιπλέον, τα MG996R είναι εύκολα διαθέσιμα και οικονομικά, καθιστώντας τα ιδανική επιλογή για την κατασκευή του ρομποτικού χεριού.

Συστήματα Ελέγχου

Ο έλεγχος των σέρβο-κινητήρων γίνεται μέσω του Arduino Uno, μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα που προσφέρει ευελιξία και ευκολία προγραμματισμού. Το Arduino Uno επιλέχθηκε λόγω της συμβατότητάς του με ποικίλα περιφερειακά και της δυνατότητας του να διαχειρίζεται πολλαπλούς σέρβο-κινητήρες ταυτόχρονα. Η χρήση του Arduino Uno επιτρέπει την εύκολη ρύθμιση της γωνίας περιστροφής κάθε δακτύλου, προσφέροντας ευελιξία στις κινήσεις και τις ενδιάμεσες θέσεις.

Μετάδοση Κίνησης

Η μετάδοση της κίνησης από τους σέρβο-κινητήρες στα δάχτυλα γίνεται μέσω πετονιάς και τροχαλίας. Η πετονιά επιλέχθηκε λόγω της αντοχής της και της δυνατότητας να μεταφέρει κίνηση με ελάχιστη τριβή και απώλεια ενέργειας. Η τροχαλία, τοποθετημένη πάνω στο μοτέρ, με την ανάλογη περιστροφή δίνει κλίση μέσω την πετονιάς στο δάχτυλο

που είναι συνδεδεμένη, αυτή η λειτουργία εξασφαλίζει τη σταθερή και αξιόπιστη μεταφορά κίνησης, επιτρέποντας την ακριβή ρύθμιση της θέσης κάθε δακτύλου. Η επιλογή αυτής της μεθόδου μετάδοσης κίνησης μειώνει τον κίνδυνο μηχανικών προβλημάτων και αυξάνει την ακρίβεια και την απόδοση του συστήματος.

Λειτουργική Περιγραφή

Το ρομποτικό χέρι αποτελείται από τον πήχη, τον καρπό και τα δάχτυλα, τοποθετημένα σε σταθερή βάση. Οι σέρβο-κινητήρες MG996R είναι υπεύθυνα για την κίνηση των δακτύλων και την περιστροφή του καρπού. Κάθε δάχτυλο μπορεί να κινηθεί ανάλογα με την περιστροφή των μοτέρ, από 0 έως 90 μοίρες, ενώ η πετονιά και η τροχαλία εξασφαλίζουν την ακρίβεια και τη σταθερότητα της κίνησης.

Για παράδειγμα όταν ο σέρβο-κινητήρας δεν έχει περιστρέψει την τροχαλία (0 μοίρες), το δάχτυλο είναι σε ανοιχτή θέση, όταν γίνει περιστροφή 90 μοιρών το δάχτυλο βρίσκεται σε κλειστή θέση. Η επιλογή αυτών των εξαρτημάτων και η σχεδίαση της μετάδοσης κίνησης επιτρέπουν στο ρομποτικό χέρι να εκτελεί προκαθορισμένες κινήσεις με υψηλή ακρίβεια και αξιοπιστία.

Συνολικά, ο μηχανικός σχεδιασμός του ρομποτικού χεριού, με τη χρήση των σέρβο-κινητήρων MG996R, του Arduino Uno και του συστήματος μετάδοσης κίνησης με πετονιά και τροχαλία, εξασφαλίζει την αποτελεσματική λειτουργία και την υψηλή απόδοση του συστήματος.

3.4 Εργαλεία και Υλικά Κατασκευής

Η κατασκευή του ρομποτικού χεριού απαιτεί τη χρήση διαφόρων εργαλείων και υλικών, τα οποία πρέπει να επιλεγούν προσεκτικά για να εξασφαλίσουν την αποτελεσματικότητα και την ανθεκτικότητα της τελικής κατασκευής. Στην παρούσα ενότητα, θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και τα υλικά που επιλέχθηκαν για την κατασκευή του ρομποτικού χεριού.

Εργαλεία Κατασκευής

Για την κατασκευή του ρομποτικού χεριού χρησιμοποιήθηκαν τα εξής εργαλεία:

- **Συσκευή Λείανσης:** Χρησιμοποιήθηκε για την προσαρμογή και λείανση των εκτυπωμένων κομματιών, ώστε να ενώνονται πιο εύκολα μεταξύ τους.
- **Κόλλα Ισχυρής Συγκόλλησης:** Χρησιμοποιήθηκε για τη στερέωση των διαφόρων μερών του ρομποτικού χεριού, εξασφαλίζοντας την αντοχή και τη σταθερότητα των συνδέσεων.
- **Κατσαβίδι:** Χρησιμοποιήθηκε για τη σύσφιξη των βιδών και τη συναρμολόγηση των εξαρτημάτων.
- **3D Εκτυπωτής:** Ένα εξειδικευμένο εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την εκτύπωση των εξαρτημάτων του ρομποτικού χεριού από πλαστικό υλικό (PLA).

Υλικά Κατασκευής

Η επιλογή των υλικών είναι κρίσιμη για την απόδοση και τη λειτουργικότητα του ρομποτικού χεριού. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν:

- **PLA (Polylactic Acid):** Χρησιμοποιήθηκε ως το κύριο υλικό για την κατασκευή των εξαρτημάτων του ρομποτικού χεριού μέσω 3D εκτύπωσης. Το PLA επιλέχθηκε για την ευκαμψία του και το μικρό του βάρος, που καθιστούν τα εξαρτήματα πιο εύκολα στη διαχείριση και λιγότερο απαιτητικά για τα μηχανικά μέρη.
- **Ανοξείδωτος Σίδηρος:** Χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή της βάσης στήριξης του ρομποτικού χεριού. Η επιλογή του ανοξείδωτου σιδήρου έγινε για να εξασφαλιστεί η σταθερότητα και η αντοχή της βάσης, δεδομένου ότι έπρεπε να υποστηρίξει όλη τη δομή του ρομποτικού χεριού.
- **Βίδες:** Χρησιμοποιήθηκαν για την στερέωση των μοτέρ και για την καλύτερη σύνδεση των εκτυπωμένων κομματιών μεταξύ τους. Οι βίδες εξασφάλισαν την ανθεκτικότητα των συνδέσεων και την ασφαλή τοποθέτηση των μηχανικών μερών.

Η επιλογή των εργαλείων και των υλικών είναι καθοριστική για την επιτυχή κατασκευή ενός ρομποτικού χεριού. Χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό εργαλείων για τη συναρμολόγηση και την προσαρμογή, καθώς και υλικά όπως το PLA και ο ανοξείδωτος

σίδηρος, διασφαλίστηκε ότι το ρομποτικό χέρι θα είναι λειτουργικό και ανθεκτικό, έτοιμο να εκπληρώσει τις προκαθορισμένες κινήσεις με ακρίβεια και αξιοπιστία.

4 Ανάπτυξη και Υλοποίηση

Το εξής κεφάλαιο επικεντρώνεται στην ανάπτυξη και υλοποίηση του ρομποτικού χεριού. Μετά την ανάλυση του σχεδιασμού και της επιλογής υλικών, βρισκόμαστε στο στάδιο που γίνεται η μεταφορά του θεωρητικού σχεδίου σε πρακτική εφαρμογή. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η περιγραφή των βημάτων κατασκευής, από την προετοιμασία των υλικών μέχρι τη συναρμολόγηση και τις πρώτες δοκιμές λειτουργίας. Θα παρατηρήσουμε τις προκλήσεις που αντιμετωπίστηκαν κατά τη διαδικασία την υλοποίησης και πώς αυτές ξεπεράστηκαν με δημιουργικότητα και τεχνογνωσία.

Η ανάπτυξη του ρομποτικού χεριού περιλαμβάνει στάδια κρίσιμα για την επιτυχή λειτουργία του συστήματος. Θα καλυφθούν τα βασικά βήματα της προετοιμασίας των εξαρτημάτων, τη συναρμολόγηση των μηχανικών μερών, την εγκατάσταση ηλεκτρονικών συστημάτων και τη δοκιμή του ολοκληρωμένου ρομποτικού χεριού.

4.1 Διαδικασία Κατασκευής

Η κατασκευή του ρομποτικού χεριού περιλαμβάνει μια σειρά από βήματα που εξασφαλίζουν τη σωστή συναρμολόγηση και λειτουργικότητα του συστήματος.

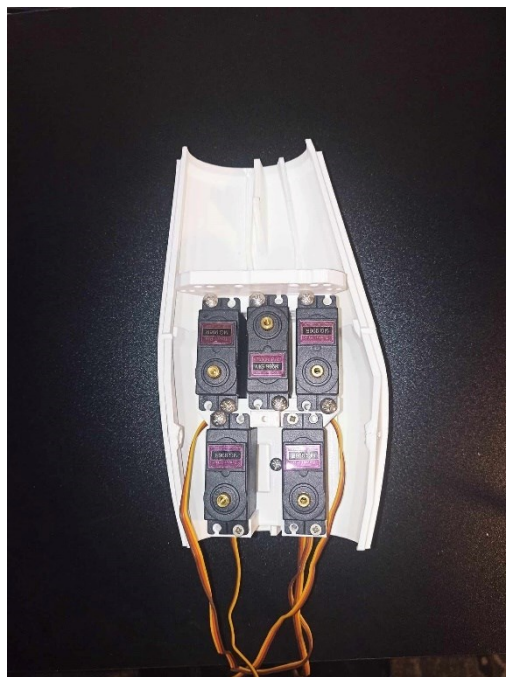
Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η με το σωστό εργαλείο η λείανση ορισμένων σημείων των μερών για να εξασφαλιστεί η σωστή ένωση των κομματιών. Η λείανση είναι σημαντική για την εξάλειψη των ανωμαλιών που προκύπτουν από την εκτύπωση των πλαστικών κομματιών και για να επιτευχθεί μια τέλεια εφαρμογή κατά την συναρμολόγηση. Αυτό το βήμα απαιτεί ακρίβεια και προσοχή, καθώς οποιαδήποτε ασυνέπεια μπορεί να επηρεάσει τη συνολική ακεραιότητα της κατασκευής.

Τοποθέτηση και Στερέωση των Σέρβο-Κινητήρων

Αφού τα κομμάτια λειάνθηκαν και ήταν έτοιμα για συναρμολόγηση, έγινε η συγκόλληση του πίσω μέρους του πήχη, το οποίο αποτελούταν από δύο μέρη. Έπειτα η βάση των σέρβο-κινητήρων βιδώθηκε προσεχτικά στο πίσω μέρος του πήχη και οι σέρβο-κινητήρες τοποθετήθηκαν και βιδώθηκαν στις προκαθορισμένες θέσεις τους. Όπως μπο-

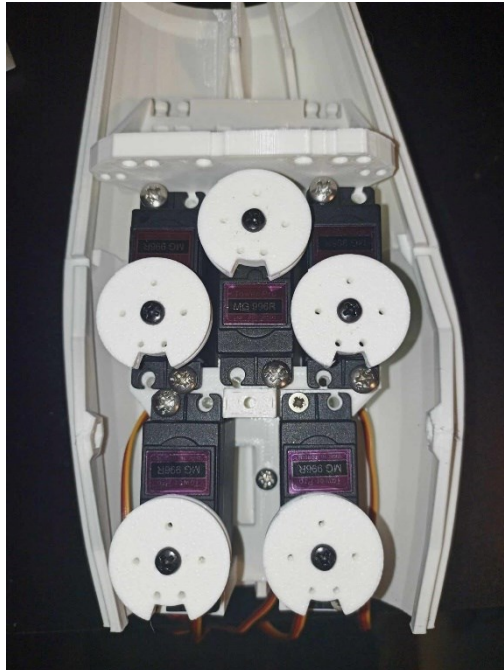
ρούμε να παρατηρήσουμε στην Εικόνα 2, η βάση αυτή εξασφαλίζει ότι οι σέρβο-κινητήρες θα παραμείνουν σταθεροί κατά τη λειτουργία αποτρέποντας οποιαδήποτε ανεπιθύμητη

κίνηση. Η επιλογή των σέρβο-κινητήρων MG996R έγινε λόγω της αξιοπιστίας και της δύναμης που προσφέρουν, καθιστώντας τα ιδανικά για τον έλεγχο της κίνησης των δακτύλων. Κάθε μοτέρ είναι υπεύθυνο για την κίνηση ενός δάκτυλου, εξασφαλίζοντας έτσι ακρίβεια και ανεξαρτησία στην κίνηση.



Εικόνα 2: Τοποθετημένα Σέρβο-κινητήρες.

Με την τοποθέτηση των σέρβο-κινητήρων, προστέθηκαν επίσης τα εξαρτήματα για την καθοδήγηση των πετονιών(Εικόνα 2). Αυτά τα εξαρτήματα είναι απαραίτητα για να διασφαλίσουν ότι οι πετονιές κινούνται ομαλά και χωρίς εμπλοκές κατά την κίνηση των δακτύλων. Η σωστή τοποθέτηση και ευθυγράμμιση αυτών των οδηγών είναι σημαντική για την ακρίβεια της κίνησης και η προσοχή σε αυτό το στάδιο εξασφαλίζει ότι οι επόμενες φάσεις της κατασκευής θα προχωρήσουν ομαλά. Έπειτα τοποθετήθηκαν οι τροχαλίες πάνω στις κεφαλές των σέρβο-κινητήρων, οι κεφαλές επέτρεπαν την εισαγωγή βίδας όπου και βιδώθηκαν οι τροχαλίες για να υπάρχει σταθερότητα στην περιστροφή(Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Οι τροχαλίες στα Σέρβο-κινητήρες.

Συναρμολόγηση του Καρπού

Το επόμενο βήμα ήταν η τοποθέτηση του κάτω μέρος του καρπού, το οποίο λειτουργεί επίσης ως βάση για το σέρβο-κινητήρα του καρπού το οποίο στερεώθηκε με βίδες. Η σταθερότητα αυτής της βάσης έχει σημαντικό ρόλο στην περιστροφή του καρπού. Τοποθετήθηκε ένας επιπλέον οδηγός των πετονιών ώστε μην εμποδίζεται η περιστροφή των γραναζιών όπου επίσης στερεώθηκε με βίδες. Στην κεφαλή του σέρβο-κινητήρα τοποθετήθηκε το ένα από τα δύο γρανάζια τα οποία επιτρέπουν την περιστροφή του καρπού (Εικόνα 4). Στον καρπό υπάρχουν δυο γρανάζια, ένα μικρό και ένα μεγάλο, η επιλογή των γραναζιών έγινε για να επιτευχθεί η απαιτούμενη μετάδοση κίνησης με ακρίβεια και αντοχή..



Εικόνα 4: Μικρό γρανάζι καρπού.

Στην συνέχεια, τοποθετήθηκε το μεγάλο γρανάζι, το οποίο εκτός από την περιστροφή του καρπού είναι και αυτό οδηγός για τις πετονιές και είναι ένα σημαντικό μέρος της κατασκευής. Έπειτα τοποθετήθηκε το πάνω μέρος του καρπού και στερεώθηκε με βίδα ώστε να ολοκληρωθεί το μέρος του καρπού(Εικόνα 5).



Εικόνα 5: Πάνω μέρος του καρπού.

Η βάση της παλάμης προστέθηκε στο μεγάλο γρανάζι και στερεώθηκε με βίδα, δημιουργώντας έτσι την πλατφόρμα πάνω στην οποία θα τοποθετηθούν τα δάχτυλα (Εικόνα 6). Η ακριβής τοποθέτηση αυτής της βάσης είναι κρίσιμη για τη σταθερότητα και τη λειτουργικότητα του ρομποτικού χεριού.

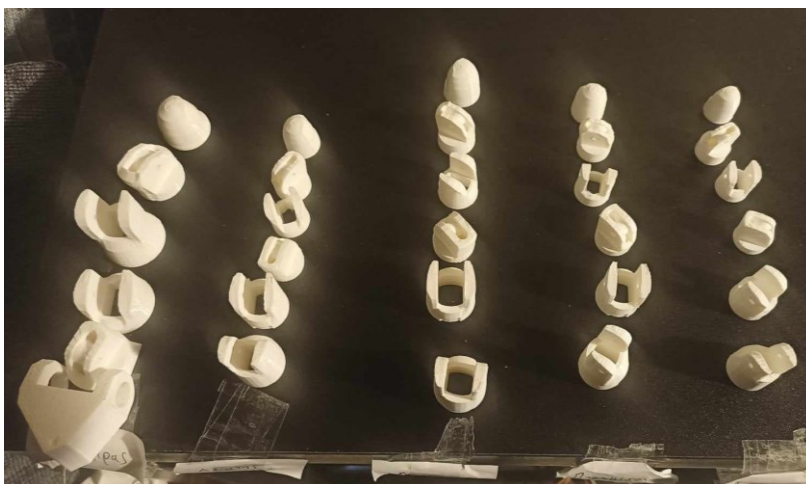


Εικόνα 6: Ο καρπός ως βάση της παλάμης.

Μετά την τοποθέτηση της βάσης της παλάμης, η επόμενη φάση περιελάμβανε την τοποθέτηση των πρώτων αρθρώσεων των δακτύλων. Εκτός από τον δείκτη και τον μέσο, τα υπόλοιπα δάχτυλα – ο αντίχειρας, ο παράμεσος και το μικρό δάχτυλο – έχουν ξεχωριστές βάσεις πάνω στην παλάμη. Αυτές οι βάσεις τοποθετήθηκαν και στερεώθηκαν με πείρους, διασφαλίζοντας έτσι τη σωστή ευθυγράμμιση και λειτουργικότητα των δακτύλων. Η προσοχή στην τοποθέτηση αυτών των βάσεων είναι κρίσιμη για την ομαλή κίνηση των δακτύλων κατά τη λειτουργία του ρομποτικού χεριού.

Συγκόλληση των Δακτύλων

Τα μέρη των δακτύλων ενώθηκαν μεταξύ τους για να δημιουργήσουν μια στιβαρή και λειτουργική δομή. Οι αρθρώσεις των δακτύλων κατασκευάστηκαν με βέργα 3 χιλιοστών, η οποία προσφέρει την απαραίτητη ευκαμψία και αντοχή. Η βέργα στερεώθηκε με κόλλα σιλικόνης για να διασφαλιστεί η σταθερότητα και η αντοχή της κατασκευής. Αυτή η φάση της κατασκευής απαιτεί ακρίβεια και προσοχή, καθώς οποιαδήποτε αστοχία στην συγκόλληση μπορεί να επηρεάσει την κινητικότητα των δακτύλων.



Εικόνα 7: Τα δάχτυλα πριν συγκόλληση τους.

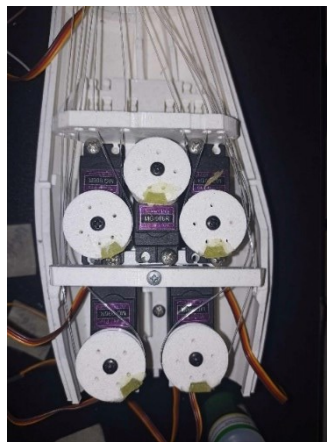
Αφού ολοκληρώθηκε η συγκόλληση των δακτύλων, η προσοχή στράφηκε στη συναρμολόγηση του χεριού. Το χέρι συναρμολογήθηκε πλήρως χωρίς τις πετονιές σε αυτό το στάδιο(Εικόνα 8), για να ελεγχθεί η σωστή τοποθέτηση και λειτουργία όλων των μηχανικών μερών. Αυτή η δοκιμή είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι όλα τα εξαρτήματα είναι σωστά ευθυγραμμισμένα και ότι δεν υπάρχουν εμπλοκές ή ανεπιθύμητες κινήσεις.



Εικόνα 8: Το χέρι χωρίς τις πετονιές.

Τοποθέτηση των Πετονιών

Η τοποθέτηση των πετονιών ήταν το επόμενο βήμα. Κάθε δάκτυλο έχει δύο πετονιές: μία για το κλείσιμο και μία για το άνοιγμα του δακτύλου. Οι πετονιές συνδέθηκαν από την άκρη του δάκτυλο υ στην αντίστοιχη τροχαλία του δάκτυλο υ, χρησιμοποιώντας ισχυρή κόλλα για σταθερότητα(Εικόνα 9). Η σωστή τοποθέτηση των πετονιών είναι κρίσιμη για την ομαλή και ακριβή κίνηση των δακτύλων. Αυτή η φάση απαιτεί προσεκτικό χειρισμό και ακρίβεια για να διασφαλιστεί ότι οι πετονιές δεν θα χαλαρώσουν ή θα σπάσουν κατά τη χρήση.



Εικόνα 9: Οι πετονιές στις τροχαλίες.

Το επόμενο βήμα είναι η σύνδεση με το Arduino Uno, επιτρέποντας τον έλεγχο σέρβο-κινητήρα και την προγραμματισμένη κίνηση των δακτύλων. Η σύνδεση αυτή επιτρέπει την ακριβή ρύθμιση και τον έλεγχο των κινήσεων μέσω προγραμματισμού. Η συνδεσμολογία με το Arduino απαιτεί επίσης προσοχή και ακρίβεια, καθώς οποιοδήποτε λάθος στη συνδεσμολογία μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργικότητα του ρομποτικού χεριού.

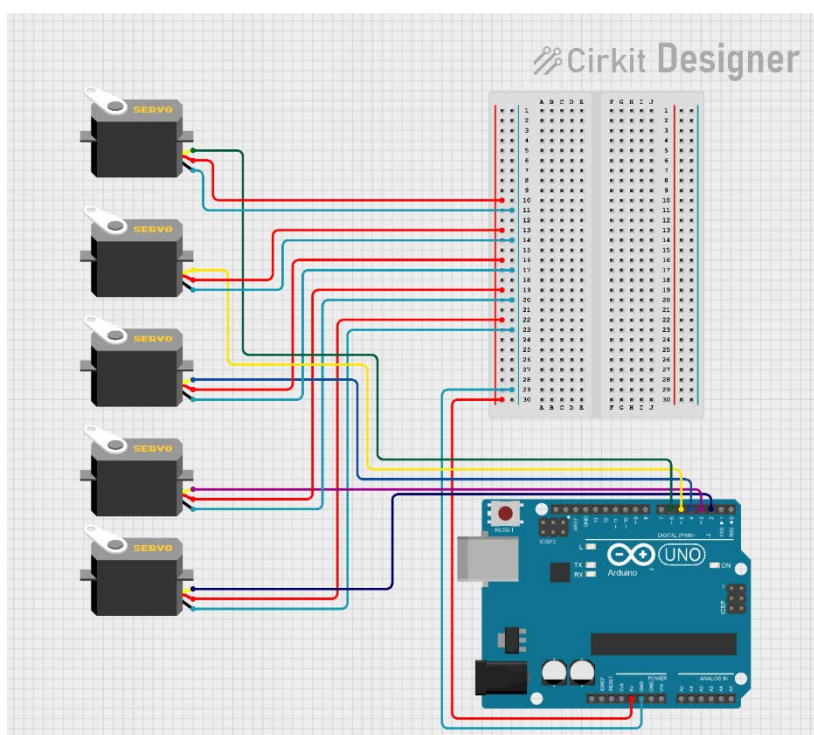
4.2 Συνδεσμολογία και Ηλεκτρονική Υλοποίηση

Η συνδεσμολογία και η ηλεκτρονική υλοποίηση είναι τα βασικότερα στοιχεία της λειτουργίας ενός συστήματος, εξασφαλίζοντας την επικοινωνία μεταξύ των κινήτρων και του συστήματος ελέγχου. Για την σχεδίαση και την εικονοποίηση της συνδεσμολογίας του κυκλώματος χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Circuit Designer. Σε αυτή την ενότητα, θα εξεταστούν τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την ολοκλήρωση της ηλεκτρονικής συνδεσμολογίας του ρομποτικού χεριού.

Αρχική Συνδεσμολογία

Αρχικά, η συνδεσμολογία περιλάμβανε τη σύνδεση των πέντε σέρβο-κινητήρων MG996R με το Arduino Uno. Κάθε σέρβο-κινητήρας, είναι υπεύθυνος για την κίνηση ενός δακτύλου, με τον έλεγχο να γίνεται μέσω των ψηφιακών εξόδων του Arduino. Στη βασική σύνδεση τα σήματα ελέγχου από το Arduino κατευθύνονται στους σέρβο-κινητήρες μέσω του Breadboard, εξασφαλίζοντας την απαραίτητη ευελιξία και απλότητα στην κατασκευή του κυκλώματος.

Στην Εικόνα 10, είναι η αρχική συνδεσμολογία του κυκλώματος. Κάθε σέρβο-κινητήρας συνδέεται με μια ψηφιακή έξοδο του Arduino, η οποία στέλνει παλμούς PWM (Pulse Width Modulation) για να ρυθμίσει την γωνία περιστροφής του σέρβο-κινητήρα. Οι σέρβο-κινητήρες συνδέθηκαν στο breadboard, επιτρέποντας την ευέλικτη διάταξη των καλωδιώσεων και την εύκολη τροποποίηση του κυκλώματος κατά την διάρκεια δοκιμών. Οι κόκκινες γραμμές αντιπροσωπεύουν τη σύνδεση της τροφοδοσίας, οι μαύρες γραμμές τη γείωση και οι έγχρωμες γραμμές τις συνδέσεις των σημάτων ελέγχου.



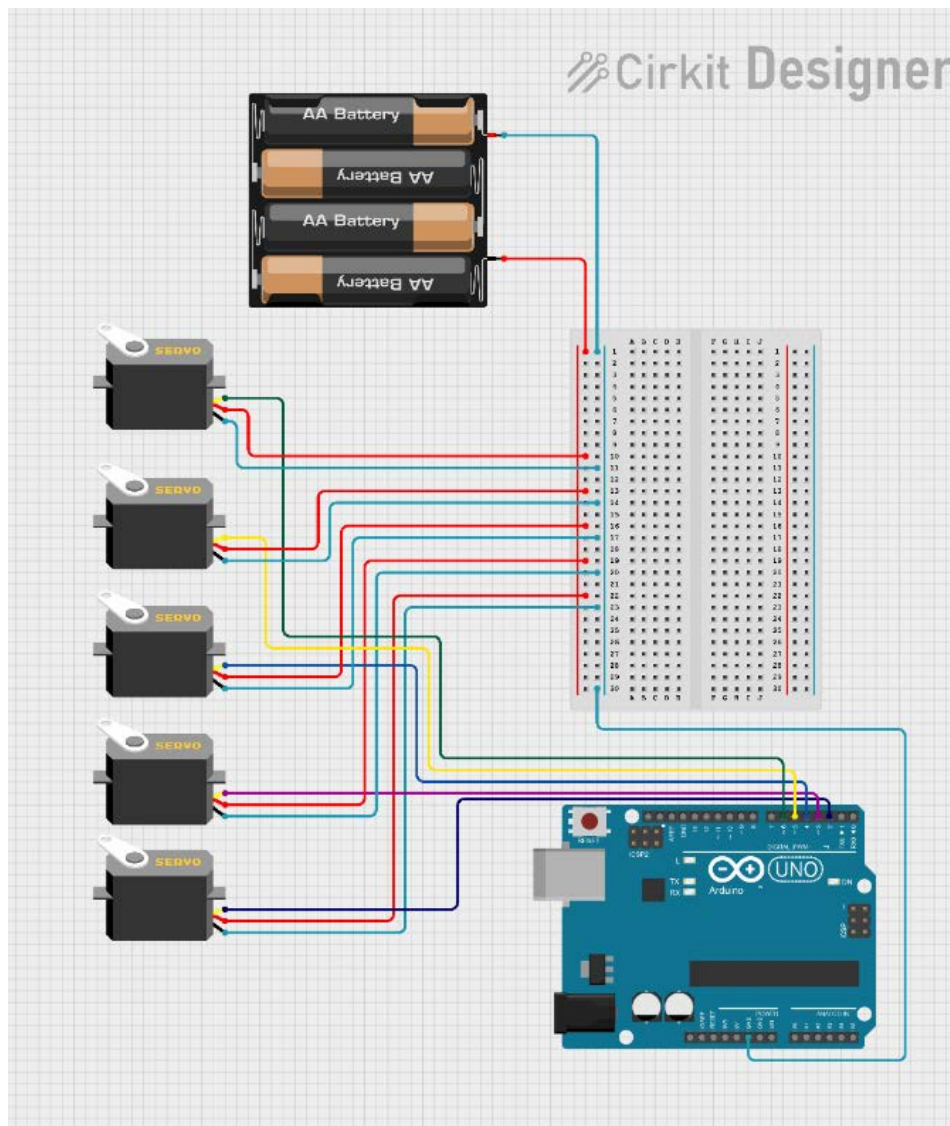
Εικόνα 10: Το αρχικό κύκλωμα.

Η αρχική συνδεσμολογία λειτούργησε ικανοποιητικά, αλλά γρήγορα προέκυψε ένα πρόβλημα με την ισχύ. Το Arduino Uno δεν ήταν ικανό να παρέχει επαρκή ισχύ για την λειτουργία όλων των σέρβο-κινητήρων ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται διακοπές και αστάθεια στην λειτουργία του ρομποτικού χεριού. Συγκεκριμένα όταν προσπαθούσαν να κινηθούν όλοι οι σέρβο κινητήρες ταυτόχρονα, η τάση έπεφτε, με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοση και η ακρίβεια των κινήσεων.

Προσθήκη Εξωτερικής Τροφοδοσίας

Για την επίλυση αυτού του προβλήματος, προστέθηκε μια εξωτερική πηγή τροφοδοσίας ισχύος. Χρησιμοποιήθηκαν μπαταρίες τέσσερις AA για την παροχή 6 Volt στους σέρβο-κινητήρες. Η εξωτερική αυτή τροφοδοσία συνδέθηκε στο breadboard, διασφαλίζοντας ότι κάθε σέρβο -κινητήρας θα λάβει την απαιτούμενη ισχύ για να λειτουργεί ομαλά(Εικόνα 11). Αυτή η προσθήκη εξασφαλίζει τη σταθερότητα του συστήματος και την απρόσκοπτη λειτουργία όλων των σέρβο-κινητήρων.

Με την προσθήκη αυτή, το σύστημα απέκτησε την απαραίτητη σταθερότητα και ισχύ για τη σωστή λειτουργία του. Η τελική συνδεσμολογία περιλάμβανε πλέον το Arduino Uno για τον έλεγχο των σέρβο-κινητήρων μέσω PWM και την εξωτερική τροφοδοσία για την παροχή της απαιτούμενης ισχύος στους σέρβο-κινητήρες. Αυτός ο συνδυασμός εξασφαλίζει ότι το σύστημα θα μπορεί να εκτελεί τις απαιτούμενες κινήσεις με ακρίβεια και αξιοπιστία.



Εικόνα 11: Το ολοκληρωμένο κύκλωμα.

Με την προσθήκη της εξωτερικής τροφοδοσίας, το σύστημα απέκτησε την απαραίτητη σταθερότητα και ισχύ για τη σωστή λειτουργία του. Οι σέρβο-κινητήρες συνδέθηκαν απευθείας στην εξωτερική τροφοδοσία, ενώ το Arduino έχει ξεχωριστή τροφοδοσία και διατηρεί τον έλεγχο των σημάτων μέσω της breadboard. Αυτή η διαμόρφωση διασφάλισε την αποφυγή υπερφόρτωσης του Arduino και την αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος.

Αναλυτική Περιγραφή του Κυκλώματος

Σέρβο-κινητήρας για τον Αντίχειρα:

- Κόκκινο καλώδιο (VCC): Συνδέεται στη γραμμή τροφοδοσίας (θετική) του breadboard.
- Γαλάζιο καλώδιο (GND): Συνδέεται στη γραμμή γείωσης του breadboard.
- Μωβ καλώδιο (Signal): Συνδέεται στο ψηφιακό Pin 2 του Arduino Uno.

Σέρβο-κινητήρας για τον Δείκτη:

- Κόκκινο καλώδιο (VCC): Συνδέεται στη γραμμή τροφοδοσίας (θετική) του breadboard.
- Γαλάζιο καλώδιο (GND): Συνδέεται στη γραμμή γείωσης του breadboard.
- Κίτρινο καλώδιο (Signal): Συνδέεται στο ψηφιακό Pin 3 του Arduino Uno.

Σέρβο-κινητήρας για το Μέσο:

- Κόκκινο καλώδιο (VCC): Συνδέεται στη γραμμή τροφοδοσίας (θετική) του breadboard.
- Γαλάζιο καλώδιο (GND): Συνδέεται στη γραμμή γείωσης του breadboard.
- Πράσινο καλώδιο (Signal): Συνδέεται στο ψηφιακό Pin 4 του Arduino Uno.

Σέρβο-κινητήρας για τον Παράμεσο:

- Κόκκινο καλώδιο (VCC): Συνδέεται στη γραμμή τροφοδοσίας (θετική) του breadboard.
- Γαλάζιο καλώδιο (GND): Συνδέεται στη γραμμή γείωσης του breadboard.
- Μπλε καλώδιο (Signal): Συνδέεται στο ψηφιακό Pin 5 του Arduino Uno.

Σέρβο-κινητήρας για τον Μικρό:

- Κόκκινο καλώδιο (VCC): Συνδέεται στη γραμμή τροφοδοσίας (θετική) του breadboard.
- Γαλάζιο καλώδιο (GND): Συνδέεται στη γραμμή γείωσης του breadboard.
- Πορτοκαλί καλώδιο (Signal): Συνδέεται στο ψηφιακό Pin 6 του Arduino Uno.

Σέρβο-κινητήρας για τον Καρπό:

- Κόκκινο καλώδιο (VCC): Συνδέεται στη γραμμή τροφοδοσίας (θετική) του breadboard.
- Γαλάζιο καλώδιο (GND): Συνδέεται στη γραμμή γείωσης του breadboard.
- Πορτοκαλί καλώδιο (Signal): Συνδέεται στο ψηφιακό Pin 7 του Arduino Uno.

Εξωτερική Τροφοδοσία:

- Κόκκινο καλώδιο (VCC) από τις μπαταρίες: Συνδέεται στη γραμμή τροφοδοσίας (θετική) της breadboard.
- Γαλάζιο καλώδιο (GND) από τις μπαταρίες: Συνδέεται στη γραμμή γείωσης της breadboard.

Arduino Uno:

- Γαλάζιο καλώδιο (GND) από το Arduino: Συνδέεται στη γραμμή γείωσης της breadboard.

Δοκιμές και Επαλήθευση

Μετά την ολοκλήρωση της συνδεσμολογίας, το κύκλωμα ελέγχθηκε για να διασφαλιστεί ότι όλοι οι κινητήρες λειτουργούσαν σωστά και ότι οι εντολές από το Arduino μεταδίδονταν χωρίς προβλήματα. Επιπλέον, η εξωτερική τροφοδοσία επέτρεψε στους κινητήρες να λειτουργούν χωρίς υπερφόρτωση του Arduino, αυξάνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής και την αξιοπιστία του συστήματος.

Η ολοκλήρωση της ηλεκτρονικής υλοποίησης του ρομποτικού χεριού ήταν ένα κρίσιμο βήμα που απαιτούσε προσεκτική σχεδίαση και υλοποίηση. Η προσθήκη της εξωτερικής τροφοδοσίας αποδείχθηκε καθοριστική για την επίτευξη της επιθυμητής λειτουργικότητας και απόδοσης, καθιστώντας το ρομποτικό χέρι ένα αξιόπιστο εργαλείο για περαιτέρω ανάπτυξη και χρήση.

4.3 Ανάλυση του Κώδικα

Σε αυτό το μέρος αναλύεται ο κώδικας, η δομή του και η λειτουργία του. Ο κώδικας του ρομποτικού χεριού βασίζεται στη βιβλιοθήκη Servo του Arduino, η οποία επιτρέπει τον εύκολο έλεγχο των σέρβο-κινητήρων.

```
#include <Servo.h>

Servo servothumb;
Servo servoindex;
Servo servomajeure;
Servo servoringfinger;
Servo servopinky;
Servo servowrist;
```

Εικόνα 12: Δημιουργία αντικειμένων Servo.

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στην Εικόνα 12, ο κώδικας ξεκινάει με την εισαγωγή της βιβλιοθήκης Servo. Αυτή η βιβλιοθήκη παρέχει τις λειτουργίες για τον έλεγχο των σέρβο-κινητήρων. Στη συνέχεια, δηλώνονται έξι αντικείμενα τύπου Servo, καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει έναν σέρβο-κινητήρα που θα ελέγχει ένα από τα δάχτυλα ή τον καρπό του ρομποτικού χεριού.

```
void setup() {
  servothumb.attach(2);
  servoindex.attach(3);
  servomajeure.attach(4);
  servoringfinger.attach(5);
  servopinky.attach(6);
  servowrist.attach(7);
}
```

Εικόνα 13: Ρυθμίσεις στην συνάρτηση setup().

Στην συνάρτηση setup(), τα αντικείμενα Servo συνδέονται στις αντίστοιχες ακίδες (pins) του Arduino. Κάθε σέρβο-κινητήρας συνδέεται σε μια συγκεκριμένη ακίδα για να μπορέσει να λάβει σήματα ελέγχου από το Arduino. Οι ακίδες που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

servothumb.attach(2);: Ο σέρβο-κινητήρας του αντίχειρα συνδέεται στην ακίδα 2.

servoindex.attach(3);: Ο σέρβο-κινητήρας του δείκτη συνδέεται στην ακίδα 3.

`servomajeure.attach(4);`:: Ο σέρβο-κινητήρας του μέσου συνδέεται στην ακίδα 4.

`servoringfinger.attach(5);`:: Ο σέρβο-κινητήρας του παράμεσου συνδέεται στην ακίδα 5.

`servopinky.attach(6);`:: Ο σέρβο-κινητήρας του μικρού δακτύλου συνδέεται στην ακίδα 6.

`servowrist.attach(7);`:: Ο σέρβο-κινητήρας του καρπού συνδέεται στην ακίδα 7.

```
void loop() {  
  restPosition();  
  delay(4000);  
  closedPosition();  
  delay(4000);  
  rockHand();  
  delay(4000);  
  closedPosition();  
  delay(4000);  
}
```

Εικόνα 14: Κυρία Λούπα(Main Loop).

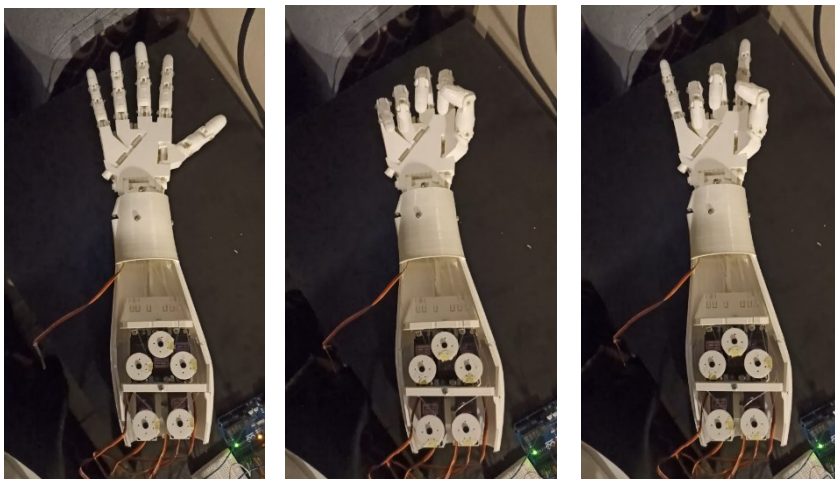
Η συνάρτηση `loop()` εκτελεί μια ακολουθία κινήσεων του ρομποτικού χεριού. Αυτή η ακολουθία επαναλαμβάνεται συνεχώς όσο το Arduino είναι ενεργό. Η ακολουθία περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

`restPosition();`:: Θέτει το χέρι σε θέση ηρεμίας(Αριστερό μέρος στην Εικόνα 15).

`delay(4000);`:: Περιμένει 4 δευτερόλεπτα.

`closedPosition();`:: Κλείνει όλα τα δάχτυλα του χεριού(Μεσαίο μέρος στην Εικόνα 16).

`rockHand();`:: Θέτει το χέρι σε θέση "ροκ", όπου ο αντίχειρας και τα μεσαία δάχτυλα είναι κλειστά ενώ ο δείκτης και το μικρό δάχτυλο είναι ανοιχτά(Δεξί μέρος στην Εικόνα 17).



Εικόνα 15: Οι Κυρίες συναρτήσεις.

Οι Κυρίες Συναρτήσεις Αναλυτικά

Ο κώδικας περιλαμβάνει τρεις βασικές συναρτήσεις για τη διαχείριση των κινήσεων των δαχτύλων:

closePosition(): Θέτει τα δάχτυλα και τον καρπό σε θέση πλήρους κλεισίματος.

```
void closePosition() {  
    servothumb.write(0);  
    servindex.write(0);  
    servomajeure.write(0);  
    servoringfinger.write(0);  
    servopinky.write(0);  
    servowrist.write(0);  
}
```

Εικόνα 16 : Η συνάρτηση closePosition().

Όλοι οι σέρβο-κινητήρες τίθενται στις 0 μοίρες, κλείνοντας το χέρι πλήρως.

restPosition(): Θέτει τα δάχτυλα σε θέση ηρεμίας με τα δάχτυλα ανοιχτά και τον καρπό σε μηδενική θέση.

```
void restPosition() {  
    servothumb.write(90);  
    servindex.write(90);  
    servomajeure.write(90);  
    servoringfinger.write(90);  
    servopinky.write(90);  
    servowrist.write(0);  
}
```

Εικόνα 17: Η συνάρτηση restPosition().

Όλα τα δάχτυλα ανοίγουν στις 90 μοίρες ενώ ο καρπός παραμένει στις 0 μοίρες.

rockHand(): Θέτει το χέρι σε θέση "ροκ", με τον αντίχειρα και τα μεσαία δάχτυλα κλειστά και τον δείκτη και το μικρό δάχτυλο ανοιχτά.

```
void rockHand(){  
    servothumb.write(0);  
    servindex.write(90);  
    servomajeure.write(0);  
    servoringfinger.write(0);  
    servopinky.write(90);  
    servowrist.write(0);  
}
```

Εικόνα 18: Η συνάρτηση rockHand().

Ο αντίχειρας, ο μέσος και ο παράμεσος κλείνουν στις 0 μοίρες, ενώ ο δείκτης και το μικρό δάχτυλο ανοίγουν στις 90 μοίρες.

Έλεγχος ατομικών δαχτύλων

Ο κώδικας περιλαμβάνει επίσης συναρτήσεις για τον ατομικό έλεγχο κάθε δακτύλου, επιτρέποντας στον προγραμματιστή να ρυθμίζει κάθε δάχτυλο ξεχωριστά:

- **closePinky()** και **openPinky()** για το μικρό δάχτυλο.
- **closeRing()** και **openRing()** για τον παράμεσο.
- **closeMajeure()** και **openMajeure()** για τον μέσο.
- **closeIndex()** και **openIndex()** για τον δείκτη.
- **closeThumb()** και **openThumb()** για τον αντίχειρα.

Για παράδειγμα:

```
void closePinky(){  
    servopinky.write(0);  
}  
  
void openPinky(){  
    servopinky.write(90);  
}
```

Εικόνα 19: Παράδειγμα συνάρτησης για τον έλεγχο ενός δακτύλου.

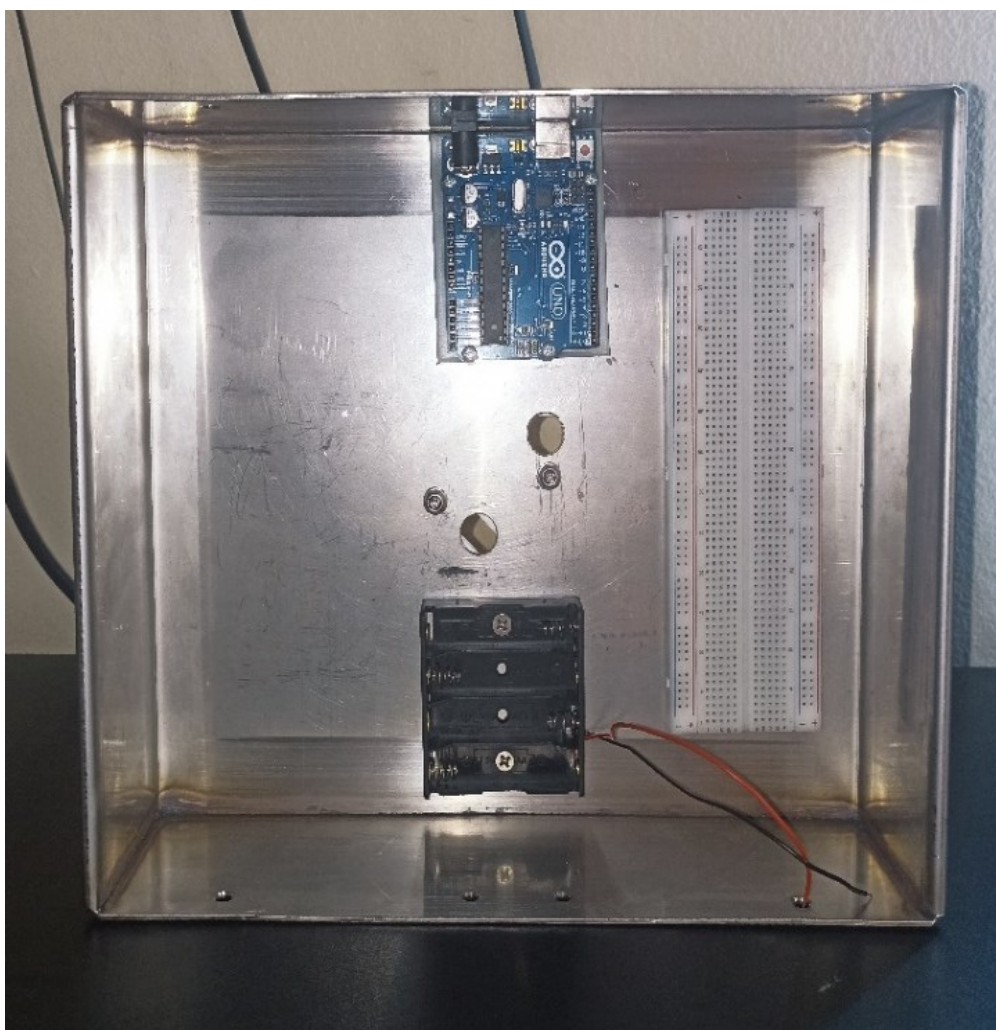
Σε αυτό το σημείο έχει γίνει η ολοκλήρωση του κώδικα που θα χρειαστεί για την κίνηση του χεριού και το επόμενο βήμα είναι μια τελευταία ολοκληρωμένη δοκιμή, ώστε να επιβεβαιωθεί η ομαλή λειτουργία της κατασκευής πριν ολοκληρωθεί και τοποθετηθεί στην βάση.

4.4 Προσθήκη Βάσης και Ολοκλήρωση

Για την ολοκλήρωση της κατασκευής του ρομποτικού χεριού, χρειάστηκε να προστεθεί μια σταθερή βάση για να εξασφαλιστεί η σωστή λειτουργία και σταθερότητα του συστήματος. Το υλικό της βάσης είναι ανοξείδωτος σίδηρος και επιλέχθηκε για την ανθεκτικότητά του και την αντοχή στη διάβρωση. Η βάση έχει ύψος 8 εκ., πλάτος 26 εκ., και μήκος 22 εκ. Το κάτω μέρος της βάσης έχει στερεωθεί με βίδες και μπορεί να αφαιρεθεί για να υπάρχει εύκολη πρόσβαση στο εσωτερικό, ενώ τα τέσσερα λαστιχένια ποδαρικά παρέχουν επιπλέον σταθερότητα.

Η κατασκευή της βάσης ξεκίνησε με την κοπή και συγκόλληση των κομματιών για το πάνω μέρος της. Συνεχίζοντας χρειάστηκε να γίνουν οι κατάλληλες τρύπες ώστε να μπορούν να βιδωθούν τα κύρια εξαρτήματα του κυκλώματος. Επίσης εξασφαλίστηκε ότι υπάρχουν οι απαραίτητες τρύπες για τη διέλευση των καλωδίων και τη στερέωση του χεριού. Μετά την κατασκευή του πάνω μέρους, δημιουργήθηκαν τρύπες στις κατάλληλες θέσεις του πίσω μέρους της βάσης ώστε να υπάρχει εύκολη πρόσβαση στις υποδοχές του Arduino. Αυτές οι τρύπες επιτρέπουν την εύκολη συνδεσμολογία και τη διευκόλυνση της συντήρησης του κυκλώματος. Αυτή η ενέργεια απαιτήσε ακριβή λεπτομέρεια επειδή αυτό το μέρος είναι όπου και θα τοποθετηθεί έπειτα το κύκλωμα. Το επόμενο βήμα ήταν η κοπή και η συγκόλληση του κάτω μέρους της βάσης και στην συνέχεια να γίνουν δύο τρύπες στο δεξί και αριστερό μέρος του ώστε να μπορεί να στερεωθεί κατάλληλα με το πάνω μέρος της βάσης. Επίσης έγιναν και ακόμη τέσσερις τρύπες ώστε να βιδωθούν τα λαστιχένια ποδαρικά και να υπάρχει επιπλέον σταθερότητα.

Έχοντας δημιουργήσει την βάση, η κατασκευή βρίσκεται στο σημείο που πρέπει να τοποθετηθούν στο εσωτερικό της βάσης το Arduino, το Battery Pack και το Breadboard(Εικόνα 20). Η σωστή τοποθέτηση αυτών των εξαρτημάτων είναι απαραίτητη για την αποφυγή προβλημάτων λειτουργίας και την εξασφάλιση της μακροχρόνιας απόδοσης του συστήματος.



Εικόνα 20 : Τα ηλεκτρονικά μέρη στη βάση.

Συνεχίζοντας το ρομποτικό χέρι στερεώθηκε στη βάση με τα καλώδια να διέρχονται από τις προκαθορισμένες τρύπες για να εξασφαλιστεί η ασφαλής σύνδεση. Με την ολοκλήρωση της τοποθέτησης των εξαρτημάτων, πραγματοποιήθηκε η συνδεσμολογία του κυκλώματος. Αυτό περιλάμβανε τη σύνδεση όλων των σέρβο-κινητήρων και των αισθητήρων στο Arduino μέσω του Breadboard. Σε αυτό το σημείο δεν έγιναν αλλαγές στην συνδεσμολογία εφόσον το τελικό κύκλωμα ήταν λειτουργικό. Πριν την τοποθέτηση του κάτω μέρους, έγινε δοκιμή για να διασφαλιστεί ότι το κύκλωμα λειτουργεί σωστά. Ελέγχθηκαν όλες οι λειτουργίες του ρομποτικού χεριού για να επιβεβαιωθεί ότι δεν υπάρχουν προβλήματα στη σύνδεση ή στη λειτουργία των εξαρτημάτων και έχοντας βεβαιωθεί ότι το κύκλωμα λειτουργεί σωστά, τοποθετήθηκε το κάτω μέρος της βάσης και στερεώθηκε

με βίδες. Αυτό ολοκλήρωσε την κατασκευή, παρέχοντας ένα σταθερό και λειτουργικό ρομποτικό χέρι.



Εικόνα 21: Το χέρι τοποθετημένο στην βάση.

Η προσθήκη της βάσης δεν εξασφάλισε μόνο τη σταθερότητα του συστήματος αλλά επίσης βελτίωσε την αισθητική και την πρακτικότητα της κατασκευής, κάνοντάς την πιο επαγγελματική και έτοιμη για περαιτέρω δοκιμές και εφαρμογές.

5 Συμπεραίνοντας

Η παρούσα πτυχιακή εργασία είχε ως στόχο την κατασκευή και τον προγραμματισμό ενός ρομποτικού χεριού, το οποίο να μπορεί να εκτελεί διάφορες κινήσεις και χειρονομίες. Από την αρχική ιδέα μέχρι την τελική υλοποίηση, υπήρξαν αρκετές προκλήσεις και εμπόδια που έπρεπε να ξεπεραστούν.

Κατά τη διάρκεια της εργασίας, πραγματοποιήθηκαν αναλυτικές μελέτες και σχεδιασμοί για την κατασκευή του ρομποτικού χεριού, την επιλογή των κατάλληλων υλικών και εξαρτημάτων, καθώς και τον προγραμματισμό του συστήματος. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη χρήση του μικροελεγκτή Arduino για τον έλεγχο των σέρβο-κινητήρων και τη σύνδεση των διαφόρων εξαρτημάτων.

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετωπίσαμε ήταν η σωστή συνδεσμολογία και η τροφοδοσία των σέρβο-κινητήρων. Οι κινητήρες απαιτούσαν συγκεκριμένη τάση και ρεύμα για να λειτουργήσουν σωστά, κάτι που οδήγησε στην ανάγκη για εξωτερική τροφοδοσία και χρήση breadboard για την ασφαλή διανομή της ισχύος.

Επίσης, η κατασκευή της βάσης από ανοξείδωτο σίδηρο αποδείχθηκε μια ιδιαίτερα απαιτητική διαδικασία. Η κοπή και η συγκόλληση των κομματιών, καθώς και η δημιουργία των απαραίτητων τρυπών για τη διέλευση των καλωδίων και τη στερέωση των εξαρτημάτων, απαιτούσαν μεγάλη ακρίβεια και προσοχή.

Αν θα ξανάεκανα την πτυχιακή εργασία σήμερα, ίσως να εξερευνούσα την χρήση διαφορετικών υλικών για την βάση, όπως αλουμίνιο ή κάποιο πλαστικό υλικό, για να μειώσω το βάρος και να διευκολύνω την κατασκευή. Επιπλέον, θα εξέταζα την ενσωμάτωση ασύρματης επικοινωνίας για τον έλεγχο του ρομποτικού χεριού, καθιστώντας το πιο ευέλικτο και λειτουργικό.

Η εργασία αυτή άξιζε με κάθε κόστος και με βοήθησε να αποκτήσω σημαντικές γνώσεις και εμπειρία στον τομέα της ρομποτικής και του προγραμματισμού μικροελεγκτών. Η διαδικασία της κατασκευής και του προγραμματισμού με έκανε να ενδιαφερθώ περισσότερο για την ρομποτική και με ενέπνευσε να ασχοληθώ περαιτέρω με αυτό το αντικείμενο στο μέλλον.

Για μελλοντική συνέχιση αυτής της πτυχιακής, θα μπορούσαν να γίνουν οι εξής προτάσεις: η βελτίωση της ακρίβειας και της ταχύτητας των κινήσεων του ρομποτικού χεριού, η προσθήκη αισθητήρων αφής για την αντίχνευση αντικειμένων και η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης για την αυτόνομη εκτέλεση σύνθετων εργασιών. Αυτές οι βελτιώσεις θα μπορούσαν να γίνουν στο πλαίσιο περαιτέρω ερευνητικών έργων.

Συνοψίζοντας, η παρούσα πτυχιακή εργασία υπήρξε μια πλούσια εμπειρία που μου πρόσφερε πολλές γνώσεις και δεξιότητες, και έθεσε τις βάσεις για μελλοντικές ερευνητικές δραστηριότητες στον τομέα της ρομποτικής.

Βιβλιογραφία

- [1] Craig J. J. (2005). Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Pearson Prentice Hall.
- [2] Khatib, O. Siciliano B., & Kelly, A. (2019). Springer Handbook of Robotics. Springer.
- [3] Michael G. (18 May 2018). «Meet Sophia, the Robot That Looks Almost Human»
- [4] Lin, P., Abney, K., & Bekey, G. A. (2012). Robot Ethics: The Ethical and Social Implications of Robotics. MIT Press.
- [5] Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson.
- [6] Goodrich, M. A., & Schultz, A. C. (2007). Human-robot interaction: a survey. Foundations and Trends in Human-Computer Interaction, 1(3), 203-275.
- [7] Breazeal, C. (2003). Toward sociable robots. Robotics and Autonomous Systems, 42(3-4), 167-175.
- [8] Murphy, R. R. (2014). Disaster Robotics. MIT Press.

