



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

**« Ρομποτικός βραχίονας
για ταξινόμηση
οδοντιατρικών εργαλείων »**

ΕΛΕΝΗ ΚΟΥΒΕΛΟΥ

Αριθμός Μητρώου: 17040

Επιβλέπων Καθηγητής

**Παντελής Ασβεστάς, Αναπληρωτής Καθηγητής τμήματος
Μηχανικών Βιοϊατρικής**

Αθήνα 25/06/2022

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Παντελεήμων Ασβεστάς
Αναπληρωτής Καθηγητής

Δημήτριος Γκλώτσος
Αναπληρωτής Καθηγητής

Σπυρίδων Κωστόπουλος
Αναπληρωτής Καθηγητής

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ] [ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ] [ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η υπογράφων/ουσα ΕΛΕΝΗ ΚΟΥΒΕΛΟΥ του ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥ, με αριθμό μητρώου 17040 φοιτητής/τρια του Τμήματος ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

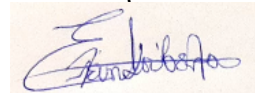
«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, 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

25/06/2022

Ο/Η Δηλών/ούσα



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αφορά στην κατασκευή ενός ρομποτικού βραχίονα που στόχο έχει να αναγνωρίζει και να ταξινομεί πέντε οδοντιατρικά εργαλεία, από ένα σετ σφραγίσματος, σε συγκεκριμένες θέσεις. Οι περισσότεροι οδοντίατροι εργάζονται μόνοι τους, χωρίς τη βοήθεια νοσοκόμων. Με αφορμή τη συνθήκη αυτή, ήθελα να δημιουργήσω έναν βοηθό, όπου θα παίρνει τα εργαλεία από τον κλίβανο και θα τα ταξινομεί σε συγκεκριμένες θέσεις. Για την κατασκευή, βρέθηκε και επεξεργάστηκε τρισδιάστατο σχέδιο, το οποίο και εκτυπώθηκε στον τρισδιάστατο εκτυπωτή της σχολής. Αρχικά έγινε μια πρόχειρη εκτύπωση για να ελεγχθούν τα μεγέθη και οι αποστάσεις και στη συνέχεια προχωρήσαμε σε κανονική εκτύπωση (fine printing), όπου τα κομμάτια βγήκαν με λιγότερες ατέλειες. Μελετήθηκε ο βέλτιστος τρόπος λείανσης στην αρχική πρόχειρη εκτύπωση και στη συνέχεια η τεχνική που επιλέχθηκε, εφαρμόστηκε και στην κανονική εκτύπωση. Τα κομμάτια, λοιπόν, λειάνθηκαν και συναρμολογήθηκαν, ώστε να δημιουργηθεί ο σκελετός του βραχίονα. Σε αυτό το στάδιο μελετήθηκε και ο τρόπος που έγινε η λείανση και η στεγανοποίηση των τμημάτων του ρομποτικού βραχίονα, καθώς η βάση του θα ακουμπά στο τραπέζι του οδοντίατρου και περιέχει ηλεκτρονικό κύκλωμα. Ακόμα, για να γίνει η κίνηση του βραχίονα, δημιουργήθηκε πρόγραμμα σε python για τον έλεγχο τεσσάρων σερβοκινητήρων, μέσω της πλακέτας Arduino uno. Για την ταξινόμηση των αντικειμένων χρησιμοποιείται κάμερα, η οποία καθοδηγεί τον βραχίονα, σύμφωνα με εικόνες των εργαλείων που λάβαμε πριν την ταξινόμηση. Η διαδικασία αυτή γίνεται πάντα κάτω από τις ίδιες συνθήκες φωτισμού, ώστε οι φωτογραφίες να λαμβάνονται πάντα με τον ίδιο τρόπο, χωρίς να θολώνει η εικόνα.

Λέξεις Κλειδιά: Διπλωματική εργασία, ρομποτικός βραχίονα, οπτική καθοδήγηση, arduino uno, python, σερβοκινητήρες, ταξινόμηση

ABSTRACT

This project is about the construction of a robotic arm that aims to recognize and classify five dental tools from a filling set in particular positions. Most dentists work on their own, without the help of nurses. Taking this condition into consideration, I wanted to create a helper, which will take the tools from the furnace and classify them in particular positions. For the construction, a 3D design has been found and processed, which was printed in the school 3D printer. Initially a draft printing was done to check the measures and distances and then we moved to the fine printing, in which less flaws were found. The best way to smooth was studied in the initial print and the chosen technique was applied to the fine printing. The pieces then, were made smooth and put together to create the body of the arm. At this stage the way with which the parts of the robotic arm were made smooth and dry was shielded as its base will touch the dentist's table which has an electrical circuit. Moreover, the movement of the arm was created in python to control the four servo motors, through the Arduino uno plaque. To classify the objects a camera is used, which leads the arm according to the tool pictures we received before classification. This procedure is always done under the same light circumstances so that the pictures are always received in the same manner, without blurring.

Keywords: Final project, robotic arm, visual guidance, Arduino uno, python, servo motors, classification

Ευχαριστίες:

Θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου που είναι πάντα δίπλα μου με κάθε τρόπο, τους καθηγητές μου που μου έμαθαν τόσα, τον οδοντίατρο μου κύριο Ιωάννη Βαλληνδρά για τις πληροφορίες και το σετ σφραγίσματος που μου προσέφερε και τους συναδέλφους μου, ιδιαίτερα τον κύριο Κώστα Χρήστου, για τις χρήσιμες συμβουλές.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....σελ. 8	σελ. 8
1.1 Υπόβαθρο & επιλογή θέματος.....σελ. 8	σελ. 8
1.2 Ιστορική αναδρομή.....σελ. 8	σελ. 8
1.3 Τι μπορεί να κάνει ένας τρισδιάστατος εκτυπωτής.....σελ. 9	σελ. 9
2. Θεωρητικό υπόβαθρο.....σελ. 10	σελ. 10
2.1 Ορισμός.....σελ. 10	σελ. 10
2.2 Τύποι ρομπότ.....σελ. 11	σελ. 11
2.3 Εκτύπωση.....σελ. 11	σελ. 11
2.4 Νόμοι της ρομποτικής.....σελ. 12	σελ. 12
2.5 Μέρη του ρομποτικού βραχίονα.....σελ. 12	σελ. 12
3. Οδοντιατρικά εργαλεία.....σελ. 13	σελ. 13
4. Μεθοδολογία.....σελ. 15	σελ. 15
I. Αποφασίζοντας για τις μεθόδους.....σελ. 16	σελ. 16
II. Οι στόχοι της πειραματικής διαδικασίας.....σελ. 22	σελ. 22
III. Υλικές ανάγκες εργασίας.....σελ. 23	σελ. 23
IV. Αρχική ιδέα.....σελ. 26	σελ. 26
V. Κατά την εφαρμογή.....σελ. 27	σελ. 27
5. Υλοποίηση.....σελ. 29	σελ. 29
5.1.1 Κατασκευή σκελετού.....σελ. 28	σελ. 28
5.1.2 Συναρμολόγηση σκελετού.....σελ. 30	σελ. 30
5.2 Ηλεκτρικό κύκλωμα.....σελ. 38	σελ. 38
5.2.1 Πειραματικό κύκλωμα.....σελ. 38	σελ. 38
5.2.2 Πραγματικό κύκλωμα.....σελ. 40	σελ. 40
5.3 Προγραμματισμός.....σελ. 42	σελ. 42
6. Αποτελέσματα.....σελ. 44	σελ. 44
7. Συμπεράσματα και βελτιώσεις.....σελ. 49	σελ. 49
7.1 Συμπεράσματα.....σελ. 49	σελ. 49
7.2 Μελλοντικές βελτιώσεις.....σελ. 49	σελ. 49
8. Αναφορές - Πηγές.....σελ. 51	σελ. 51
9. Παράρτημα 1.....σελ. 52	σελ. 52
10. Παράρτημα 2.....σελ. 58	σελ. 58

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Υπόβαθρο & Επιλογή Θέματος

Με αφορμή κάθε ιδιώτη γιατρό που εργάζεται μόνος του σε ένα ιατρείο, αποφάσισα πως ήθελα να δημιουργήσω έναν οικονομικό και εύχρηστο βοηθό, που θα κάνει ένα μικρό μέρος της δουλειά για τον γιατρό, όταν έχει απασχολημένα τα χέρια του. Έτσι, με μια επίσκεψη στον οδοντίατρο, παρατήρησα ότι για να πάρει τα εργαλεία του από τον κλίβανο και να τα τοποθετήσει στον πάγκο, έπρεπε να σταματήσει την εξέταση και να ασχοληθεί με αυτό. Ρομποτικοί βραχίονες έχουν δημιουργηθεί για να καλύπτουν ανάγκες μεγάλων εργοστασίων, κατά κύριο λόγο, οι οποίοι κοστίζουν και αρκετά, κάνοντας την αγορά τους ασύμφορη για τις μικρές επιχειρήσεις. Επίσης, όταν δημιουργούνται τέτοιοι βραχίονες στόχο έχουν να αντικαταστήσουν τους οδοντιάτρους και όχι να του εξυπηρετήσουν. Ακόμη, αν ακόμα κάποιος πάρει ένα μικρό ρομποτικό βραχίονα, αυτός δεν θα είναι προγραμματισμένος, ή δεν θα είναι στεγανός ή αρκετά σταθερός για να σηκώσει τα εργαλεία ή έχει αρκετό βάρος και δεν θα μπορεί να εγκατασταθεί οπουδήποτε. Τέλος, οι κάμερες που έχουν πάνω οι βραχίονες με οπτική καθοδήγηση είναι ενσωματωμένες ακριβές κάμερες, που ανεβάζουν ακόμα περισσότερο το κόστος. Στην εργασία αυτή η οπτική καθοδήγηση γίνεται με την κάμερα του κινητού τηλεφώνου μέσω μιας δωρεάν εφαρμογής.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Αρχικά, η παραγωγική διαδικασία γινόταν αποκλειστικά από εργάτες, ανθρώπινο δυναμικό. Με την πάροδο των χρόνων όμως και την εξέλιξη της τεχνολογίας, κάποια πόστα αντικαταστάθηκαν από μηχανές. Η μεταβολή αυτή συνέβη κατά τον 20^ο αιώνα. Ακόμα, τον αιώνα αυτόν, έχουμε ανάπτυξη και στον τομέα των υπολογιστών. Έτσι δημιουργούνται τα πρώτα βιομηχανικά ρομπότ, τα οποία μπορούν να προγραμματιστούν.

Η λέξη ρομπότ ως ορισμός χρησιμοποιήθηκε αρχικά το 1920 από τον Karel Capek, τσεχοσλάβο θεατρικό συγγραφέα μέσα στο έργο του « Rossum's Universal Robots ». Ο όρος προέρχεται από την τσέχικη λέξη « robota», που σημαίνει εργάτης και πιο συγκεκριμένα, εξαναγκασμένη εργασία.

Αρχίζοντας από το 1938 όπου δύο Αμερικάνοι ο Willard Pollard και Harold Roselund σχεδιάζουν τον πρώτο προγραμματιζόμενο μηχανισμό βαφής με σπρέι για τοίχους, φτάνουμε στα τέλη του 20^{ου} αιώνα, το 1999 δημιουργούνται ολοκληρωμένα ημιαυτόνομα χειρουργικά συστήματα, τα οποία εκτελούν ορθοπεδικές και νευρολογικές επεμβάσεις. Ένα από αυτά είναι το NeuroMate. Επίσης τον Οκτώβριο του 1999 γίνεται η πρώτη επέμβαση αποκατάστασης μιτροειδούς βαλβίδας καρδιάς κλειστού θώρακα από έναν Γερμανό ιατρό με το ρομποτικό χειρουργικό σύστημα DaVinci.

Το πρώτο ρομπότ, εμφανίστηκε στη βιομηχανία το 1960 και ήταν δημιούργημα των G. Devon και J. Engelberger.

Το πρώτο ανθρώπινο ρομπότ δημιουργείται το 1972 και ονομάζεται Wabot-1. Περπατά, συγκρατεί και μεταφέρει αντικείμενα, υπολογίζει αποστάσεις και συνομιλεί στα ιαπωνικά.

Το 1981 εμφανίζεται το ρομπότ SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) που κινείται στο επίπεδο x-y, χωρίς περιορισμούς. Ακόμα έχουν περιορισμένη κινητικότητα στον άξονα z.

Σήμερα έχουμε φτάσει σε σημείο να δημιουργούμε ρομποτικούς βραχίονες για ανθρώπους που έχουν χάσει κάποιο μέλος του σώματός τους, και μέσω αυτών να μπορούν να αισθάνονται την αφή, την πίεση και τη δύναμη που ασκούν σε ένα αντικείμενο. Επίσης υπάρχουν ρομποτικά συστήματα που εξερευνούν το διάστημα και τους πλανήτες.

1.3 ΤΙ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΚΑΝΕΙ ΕΝΑΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΣ ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ

Το 3D printing έχει αλλάξει τα ιατρικά δεδομένα όσον αφορά τα τεχνητά μέλη και τους ρομποτικούς βραχίονες. Οι κατασκευές αυτές, προσαρμόζονται απόλυτα στις ανάγκες κάθε ανθρώπου και παρέχουν πλέον εξατομικευμένες λύσεις, οι οποίες σχεδιάζονται πάνω στον πελάτη. Η ρομποτική προσθετική κατασκευάζει τώρα τεχνητά μέλη, τα οποία προσαρμόζονται εύκολα, σχεδιάζονται εξατομικευμένα με κάθε λεπτομέρεια για περισσότερη λειτουργικότητα και ζωντανή αίσθηση σε κάθε κίνηση. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι τιτάνιο, άνθρακας και ABS πλαστικό. Πρόκειται για ανθεκτικά υλικά, τα οποία οδηγούν σε κατασκευές μεγάλης αντοχής και διάρκειας. Το ABS πλαστικό χρησιμοποιείται στα περισσότερα μέρη του μέλους και είναι το ίδιο με το υλικό από το οποίο κατασκευάζονται τα LEGO. Στους ρομποτικούς βραχίονες το υλικό που χρησιμοποιείται είναι το PLA, το οποίο είναι αρκετά ανθεκτικό και συμπαγές μόλις κρυώσει. Η καινοτομία του 3D printing στην προσθετική μελών και στην κατασκευή ρομπότ, είναι στην αντοχή και στο γεγονός ότι η εξατομίκευση δεν είναι πλέον πολυτέλεια. Το κόστος είναι πιο χαμηλό από το παρελθόν και τα κομμάτια κατασκευάζονται γρήγορα κι εύκολο.

Εμβαθύνοντας στα τεχνητά μέλη υψηλής τεχνολογίας, είναι πολύ περίπλοκες ιατρικές συσκευές που συχνά κοστίζουν χιλιάδες δολάρια. Αυτό αποτελεί πρόβλημα για ακρωτηριασμένα παιδιά ή παιδιά που γεννήθηκαν χωρίς κάποιο μέρος του σώματος και χρειάζονται τεχνητό. Ακόμα κι αν τα παιδιά μάθουν να τα χειρίζονται, μεγαλώνουν και πρέπει να αλλάζουν συνεχώς τη συσκευή. Γι' αυτό, τα περισσότερα από αυτά δεν έχουν τεχνητά μέρη.

Τη λύση για πολλά από αυτά τα παιδιά έδωσαν οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές. Η αύξηση των τρισδιάστατων εκτυπωτών είχε ένα απροσδόκητο πλεονέκτημα: έκανε την κατασκευή τεχνητών εξαρτημάτων ευκολότερη και αυτό ήταν κάτι που χρειαζόνταν χιλιάδες παιδιά. Είναι αξιοσημείωτο ότι κάθε χρόνο εννέα χιλιάδες παιδιά ακρωτηριάζονται από μηχανές κοπής.

Το E-nable, ένας διαδικτυακός εθελοντικός οργανισμός, συγκεντρώνει παιδιά που χρειάζονται τεχνητά εξαρτήματα με εθελοντές που μπορούν να τα κατασκευάσουν σε τρισδιάστατους εκτυπωτές. Μπορεί κανείς να κατεβάσει το σχέδιο δωρεάν και το υλικό που χρειάζεται κοστίζει από 20 έως 50 δολάρια. Τα χέρια είναι ελαφριά και

ζυγίζουν λιγότερο από ένα κιλό, αλλά τα δάχτυλα κινούνται όλα μαζί και όχι ανεξάρτητα. Σύμφωνα με τους ειδικούς αυτά τα εξαρτήματα είναι ακόμα καλύτερα από τις ακριβές συσκευές. Το καλύτερο, όμως, είναι ότι τα αγόρια και τα κορίτσια φαίνεται να αγαπούν τα προσθετικά τους μέρη.

Αυτά τα πρωτοποριακά τεχνητά μέρη έχουν σχεδιαστεί για να είναι σαν μηχανικά μέρη. Ένα δημοφιλές «θηρίο του cyborg», είναι σαν να προέρχεται από ένα παιχνίδι Transformers, ενώ άλλα μέρη είναι σαν να έχουν βγει από κόμικς υπερηρώων. Και, φυσικά, δεν πρέπει να κρύβονται. Αντίθετα, μπορούν να γίνουν σε φανταχτερά χρώματα ή ακόμα και να λάμπουν στο σκοτάδι. Κάθε τεχνητός βραχίονας χρειάζεται περίπου 20 ώρες για να εκτυπωθεί και άλλες δύο έως τρεις ώρες για να συνδυαστεί. Ο Ivan Owen, ένας από τους εφευρέτες των τυπωμένων βραχιόνων, λέει ότι η συναρμολόγηση τους δεν είναι πολύ δύσκολη και είναι σαν ένα περίπλοκο Lego.

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Γενικά, οι ρομποτικοί βραχίονες αποτελούνται από μία βάση, η οποία μπορεί να έχει δυνατότητα περιστροφής, από αρθρώσεις, πρισματικές για ευθύγραμμη κίνηση ή κυλινδρικές για περιστροφική κίνηση ή και από τα δύο είδη μαζί. Ακόμα έχει τους συνδέσμους που αποτελούν τον σκελετό του βραχίονα και τον τελικό επενεργητή, στην παρούσα εργασία αυτός είναι μια δαγκάνα, όπου αυτό είναι και το σημείο που καταλήγει η κίνηση όλου του συστήματος και γίνεται η ενέργεια για την οποία έχει προγραμματιστεί ο βραχίονας. Για να έχουμε θέση και προσανατολισμό στο χώρο, το ρομπότ χρειάζεται να έχει έξι βαθμούς ελευθερίας, δηλαδή έξι αρθρώσεις. Οι τρεις πρέπει να είναι περιστροφικές για να κάνουν την περιστροφή και να προσανατολίζουν το βραχίονα στο χώρο, και οι άλλες τρεις πρισματικές, για να δίνουν τη θέση.

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Τα ρομπότ είναι μηχανές που μπορούν να προγραμματιστούν για να εκτελέσουν μια σύνθετη σειρά εργασιών, αυτοματοποιημένα. Οι μηχανές αυτές, που λειτουργούν αυτόματα στόχο έχουν να αντικαταστήσουν την ανθρώπινη προσπάθεια, αν και τις περισσότερες φορές δεν μοιάζουν με ανθρώπινα όντα στην εμφάνιση ή μπορεί να μην εκτελούν τις λειτουργίες τους με ανθρώπινο τρόπο. Κατ' επέκταση, η ρομποτική είναι ο κλάδος της μηχανικής που ασχολείται με το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία των ρομπότ. Ως ρομπότ, δεν πρέπει να έχουμε στο νου μας μόνο κάθε τι ανθρωπόμορφο και κινούμενο με ρόδες, αλλά κάθε μηχανικό κατασκεύασμα που μπορεί να εξυπηρετήσει τον άνθρωπο στις δραστηριότητες της καθημερινότητας του. Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί μέχρι και να τον αντικαταστήσει, όπως στην περίπτωση της παραγωγικής διαδικασίας, που ο άνθρωπος είναι ο χειριστής και ο εργάτης είναι ένας ρομποτικός βραχίονας, κατάλληλα προγραμματισμένος για να επιτελέσει ένα έργο.

2.2 ΤΥΠΟΙ ΡΟΜΠΟΤ

Μπορούμε να χωρίσουμε τα ρομπότ σε δύο κατηγορίες ανάλογα με:

A. Τη δομή τους:

- i. Βραχίονας (manipulator): είναι συνήθως σταθεροί και χειρίζονται από τον άνθρωπο. Χωρίζονται σε α) Σειριακοί, όπως το ανθρώπινο χέρι και β) Παράλληλου τύπου
- ii. Κινούμενοι: όπως είναι τα οχήματα, τα αμαξίδια, τα υποβρύχια και τα αέρια ρομπότ (drones).

B. Τις τρεις πρώτες αρθρώσεις:

- i. Καρτεσιανός: διαθέτει τρεις πρισματικές αρθρώσεις σε κάθετους άξονες.
- ii. Κυλινδρικός: διαθέτει μια περιστροφική άρθρωση και δύο πρισματικές αρθρώσεις. Η περιστροφική άρθρωση βρίσκεται σε παράλληλο άξονα, ενώ οι πρισματικές βρίσκονται σε κάθετους άξονες μεταξύ τους.
- iii. Ανθρωπομορφικός: διαθέτει τρεις περιστροφικές αρθρώσεις.
- iv. Σφαιρικός: διαθέτει δύο περιστροφικές και μια πρισματική άρθρωση.
- v. SCARA: διαθέτει δύο περιστροφικές και μια πρισματική άρθρωση σε παράλληλους άξονες.

2.3 ΕΚΤΥΠΩΣΗ

Η αυξανόμενη τάση στον ιατρικό κλάδο για εξατομικευμένες λύσεις για κάθε ασθενή, οδηγεί στην ανάγκη εύρεσης νέων μέσων και καινοτόμων μεθόδων προς χρήση. Το 3D printing παρέχει αυτή τη δυνατότητα για καινοτομία και την ευκαιρία στους ιατρούς χειρουργούς να βελτιώσουν το προεγχειρητικό πλάνο τους και να δώσουν σημασία με μεγαλύτερη ευκολία, στη λεπτομέρεια.

Οι ιατρικοί επαγγελματίες είναι ειδικευμένοι στην Αξονική Τομογραφία (CT) ή Μαγνητική Τομογραφία (MRI) και παράγουν δεδομένα σαρώνοντας τους ασθενείς. Η διαδικασία απόκτησης των δεδομένων δημιουργεί συνήθως δεδομένα σάρωσης σε Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) ηλεκτρονική μορφή. Τεχνικά, το DICOM δεν περιέχει τρισδιάστατη γεωμετρία με την κλασική έννοια (συμπαγές αντικείμενο ή επιφάνεια), αλλά αποτελεί μία «πολυεπίπεδη» μορφή που μπορεί να ενσωματώνει πολλές εικόνες που σχετίζονται με κάποιο τρόπο μεταξύ τους.

Λόγω της πολυεπίπεδης φύσης της μορφής του αρχείου DICOM που συγκεντρώνει πολλές εικόνες, μια τρισδιάστατη ανακατασκευή των ιατρικών δεδομένων της σάρωσης είναι δυνατή μέσω αλγορίθμων. Με αυτή τη διαδικασία οι πολύπλοκες, δισδιάστατες εικόνες που περιέχονται στο αρχείο DICOM μετατρέπονται εύκολα σε κατανοητά τρισδιάστατα μοντέλα που μπορεί κάποιος να χειριστεί εύκολα, κατανοώντας καλύτερα την ανατομία. Τα 3D μοντέλα είναι συνήθως ηλεκτρονικά stl αρχεία (ή άλλες παρεμφερείς CAD μορφές αρχείων), που περιλαμβάνουν

τρισεπίστας συμπαγή ή επιφανειακή γεωμετρία η οποία εκτός από το ότι παρέχει μια γρήγορη και περιεκτική τρισεπίστας απεικόνιση των σαρωμένων δεδομένων, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και για τη δημιουργία μιας τρισεπίστας εκτύπωσης.

Το ανακατασκευασμένο μοντέλο 3D (CAD αρχείο) μπορεί στη συνέχεια να σταλεί σε έναν 3D εκτυπωτή. Ο 3D εκτυπωτής χρησιμοποιεί μια τεχνική η οποία ονομάζεται additive manufacturing (ή 3D εκτύπωση) και είναι μια διαδικασία κατασκευής ενός τρισεπίστας στερεού αντικειμένου από σχεδόν οποιοδήποτε σχήμα ψηφιακού μοντέλου.

Η 3D εκτύπωση επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας μια διαδικασία προσθήκης, όπου διαδοχικές στρώσεις υλικού τοποθετούνται σε διάφορα σχήματα. Η 3D εκτύπωση διαφέρει από τις παραδοσιακές τεχνικές κατεργασίας, οι οποίες βασίζονται κυρίως στην αφαίρεση του υλικού με μεθόδους όπως η κοπή και η διάτρηση (αφαιρετικές διαδικασίες).

Το τρισεπίστας εκτυπωμένο μοντέλο περνάει συνήθως μέσω άλλης μίας διαδικασίας επεξεργασίας και τότε είναι έτοιμο για χρήση.

2.4 ΟΙ ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

Το 1942, στο διήγημα του Isaac Asimov, «Runaround» εμφανίστηκαν για πρώτη φορά οι τρεις νόμοι της ρομποτικής. Οι κανόνες αυτοί, που αναπτύχθηκαν από τον συγγραφέα επιστημονικής φαντασίας, στην προσπάθειά του να δημιουργήσει ένα ηθικό σύστημα για τους ανθρώπους και τα ρομπότ. Επιπλέον, αργότερα βρήκαν συνάφεια σε συζητήσεις που αφορούσαν την τεχνολογία, συμπεριλαμβανομένης της ρομποτικής και της τεχνητής νοημοσύνης. Οι τρεις νόμοι είναι:

- 1) Ένα ρομπότ δεν πρέπει να κάνει κακό σε άνθρωπο, ούτε με την αδράνειά του να προκαλεί βλάβη στον άνθρωπο.
- 2) Ένα ρομπότ πρέπει να υπακούει τις εντολές του ανθρώπου, εκτός αν παραβιάζεται ο πρώτος νόμος.
- 3) Ένα ρομπότ πρέπει να προστατεύει τον εαυτό του εκτός αν παραβιάζονται οι δύο προηγούμενοι νόμοι.

2.5 ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ

Αν συγκρίνουμε ένα ρομποτικό βραχίονα με έναν ανθρώπινο βραχίονα, θα βλέπαμε ότι έχουν πολλά κοινά. Αρχικά υπάρχουν οι σύνδεσμοι του βραχίονα που μοιάζουν με τα ανθρώπινα οστά, καθώς αποτελούν το σώμα, τον σκελετό, της κατασκευής. Οι αρθρώσεις, τόσο οι ανθρώπινες, όσο και οι ρομποτικές επιτρέπουν την κίνηση δύο διαδοχικών συνδέσμων, ή στην περίπτωση του ανθρώπου, δύο διαδοχικών οστών. Στη συνέχεια, οι ενεργοποιητές, που στην περίπτωση των μηχανημάτων είναι οι κινητήρες, για παράδειγμα οι σέρβοκινητήρες, στην περίπτωση του ανθρώπου είναι

οι μύες, ενεργοποιούν την κίνηση. Η βασική μονάδα ελέγχου του ανθρώπου είναι ο εγκέφαλος, ενώ στην περίπτωση του ρομπότ είναι μια πλακέτα, όπως είναι για παράδειγμα το Arduino uno. Ακόμα έχουμε τους αισθητήρες, που αντιλαμβάνονται τις μεταβολές του περιβάλλοντος, όπως τα μάτια και τα αφτιά στον άνθρωπο, έτσι και οι κάμερες για παράδειγμα, σε έναν ρομποτικό βραχίονα. Τέλος, έχουμε τον τελικό επενεργητή που λειτουργεί σαν την παλάμη του χεριού μας.

3. ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Τα οδοντιατρικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση, είναι από οδοντιατρικό σετ σφραγίσματος μίας χρήσης. Τα εργαλεία αυτά είναι ο γουταπέρκας, η βαμβακολαβίδα, το κοχλιάριο, ο ανιχνευτήρας και το κάτοπτρο. Τα εργαλεία που έχω χρησιμοποιήσει είναι από σετ μίας χρήσης. Ο βασικός στόχος της εργασίας όμως είναι, ο ρομποτικός βραχίονας να παίρνει εργαλεία από τον κλίβανο και να τα ταξινομεί μπροστά στον οδοντίατρο. Παρακάτω φαίνονται αναλυτικά οι περιγραφές τους.



Εικόνα 1: Δίσκος οδοντιάτρου για την τοποθέτηση εργαλείων



Εικόνα 2: Γουταπέρκας

Περιγραφή: Εργαλείο για τη διαμόρφωση υλικών, με οκτάγωνη λαβή με ραβδώσεις. Έχει διάμετρο λαβής 5,5 χιλιοστά και είναι φτιαγμένο από ανοξείδωτο ατσάλι.



Εικόνα 3: Βαμβακολαβίδα

Περιγραφή: Εργαλείο για τη συγκράτηση του βαμβακιού, με λαβή με ραβδώσεις. Έχει διάμετρο λαβής 15 εκατοστά και είναι φτιαγμένο από ανοξείδωτο ατσάλι.



Εικόνα 4: Κοχλιάριο

Περιγραφή: Εργαλείο για τον καθαρισμό κοιλοτήτων, διπλού τύπου λαβή με ραβδώσεις. Έχει διάμετρο λαβής 5,5 χιλιοστά και είναι φτιαγμένο από ανοξείδωτο ατσάλι.



Εικόνα 5: Ανιχνευτήρας

Περιγραφή: Εργαλείο με μυτερή άκρη για την εξέταση των επιφανιών του δοντιού, κυρίως για την ανίχνευση τερηδόνας, με οκτάγωνη λαβή με ραβδώσεις. Έχει διάμετρο λαβής 5,5 χιλιοστά και είναι φτιαγμένο από ανοξείδωτο ατσάλι. Παραλλαγή του είναι ο περιοδοντικός ανιχνευτήρας, χρησιμοποιείται για τη μέτρηση απώλειας οστού στην περίπτωση της περιοδοντίτιδα.



Εικόνα 6: Κάτοπτρο

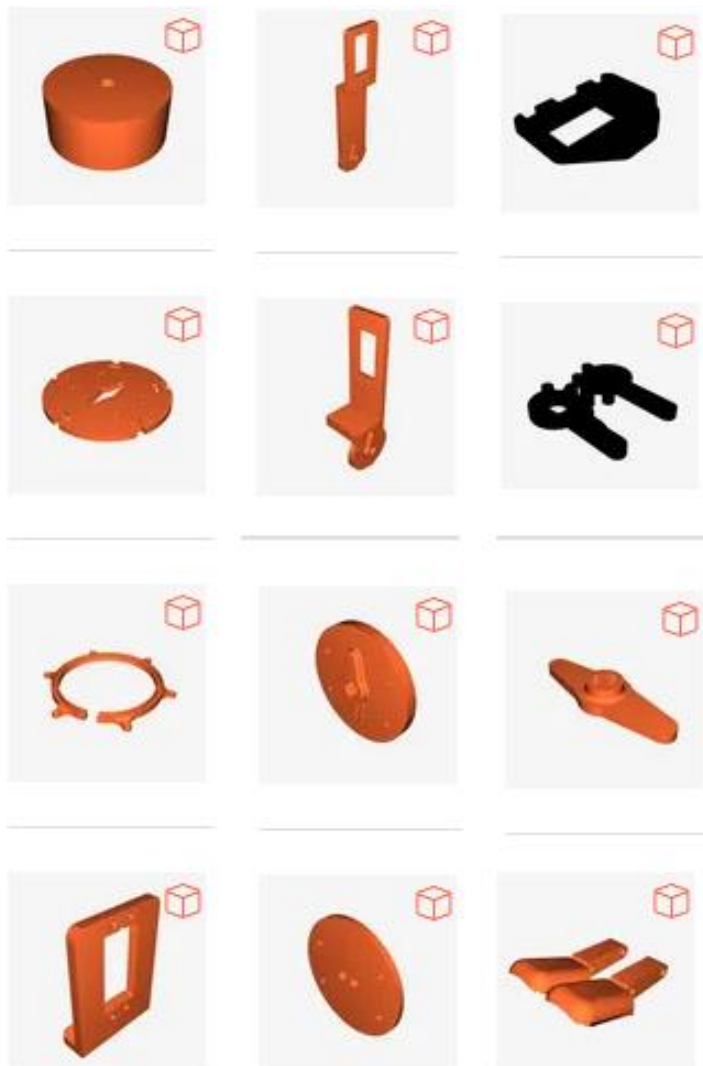
Περιγραφή: Εργαλείο για να φαίνονται οι εσωτερικές πλευρές των δοντιών, συνήθως χειρίζεται με το αριστερό χέρι και με διαφορετικές κλίσεις της πλάτης της οδοντιατρικής έδρας. Διαθέτει οκτάγωνη λαβή με ραβδώσεις. Έχει διάμετρο λαβής 5,5 χιλιοστά και είναι φτιαγμένο από ανοξείδωτο ατσάλι.

4. Μεθοδολογία

Το μοντέλο που έχω υλοποιήθηκε έχει βασιστεί στα θεωρητικά και εργαστηριακά μέρη αρκετών μαθημάτων της σχολής, σύμφωνα με τα οποία έχω χωρίσει και τις μεθόδους που εφαρμόστηκαν. Αρχικά αποφάσισα με βάση τα μαθήματα αυτά και τα διαφορετικά κομμάτια που χώρισα την εργασία. Στη συνέχεια σκέφτηκα να εφαρμόσω τις μεθόδους που είδα στο βίντεο από το οποίο εμπνεύστηκα την κατασκευή. Γενικά όμως, η μέθοδος κάθε σταδίου επιλέχθηκε ύστερα από δοκιμές.

I. Αποφασίζοντας για τις μεθόδους.

- i. Μελέτη υλικών: έγινε μελέτη των υλικών από τα οποία θα μπορούσαμε να κατασκευάσουμε τον ρομποτικό βραχίονα. Το πλαστικό PLA, που τυπώνει ο τρισδιάστατος εκτυπωτής, είναι αρκετά συμπαγές και για να σηκώνει μόνο μικρά εργαλεία είναι ιδανικό και αρκετά φθηνό. Μπορούμε εύκολα να λειάνουμε και να βιδώσουμε τα κομμάτια μεταξύ τους και επίσης αντέχουν το βάρος των τεσσάρων σερβοκινητήρων που τοποθετούνται επάνω στον βραχίονα.
- ii. Σχέδιο: στο διαδίκτυο υπάρχουν αρκετά ελεύθερα σχέδια για τρισδιάστατους εκτυπωτές. Επέλεξα ένα από αυτά σύμφωνα με το μέγεθός του και το σχήμα της βάσης του. Το συγκεκριμένο σχέδιο έχει βάση με οπές ώστε να βιδώνεται στο τραπέζι. Ο τελικός επενεργητής έχει δαγκάνα για σταθερό κράτημα αντικειμένων και η όλη κατασκευή είναι μικρή σε διαστάσεις με αποτέλεσμα να μην πιάνει πολύ χώρο. Στο σχέδιο έχει προβλεφθεί χώρος για τις οπές που θα μπουν οι βίδες και χώρος για τους σερβοκινητήρες.



Εικόνα 7: Τα σχέδια του Carlos Prusa που χρησιμοποιήθηκαν

Τα σχέδια είναι αρχεία stl. Για να εκτυπωθούν πρέπει να ανοίξουν με το πρόγραμμα του τρισδιάστατου εκτυπωτή. Από αυτά δεν χρησιμοποιήθηκε μόνο η περιστροφική άκρη του σερβοκινητήρα, καθώς αποφάσισα να χρησιμοποιήσω την άκρη που ήρθε με το σερβοκινητήρα. Θεώρησα ότι θα έχει μεγαλύτερη δύναμη από το πλαστικό κομμάτι. Στο σημείο αυτό δεν είχα καταλάβει ότι λείπουν κάποια κομμάτια από τη βάση.

- iii. Κατασκευή: για την κατασκευή μελετήθηκε το αρχικό σχέδιο που κατέβασα για την εκτύπωση. Μετά την εκτύπωση ένωσα τα κομμάτια του βραχίονα για να ελέγξω αν λείπει κάτι. Μέτρησα με παχύμετρο τις αποστάσεις για να βρω τα αναλώσιμα που θα χρειαστώ, όπως σερβοκινητήρες, ρουλεμάν και βίδες που να χωράνε στις οπές του σχεδίου. Αφού και τα κομμάτια δένουν προχωράμε στο επόμενο βήμα.



Εικόνα 8: Παχύμετρο

- iv. Αγορά αναλώσιμων: χρειάστηκα αναλώσιμα τόσο για την κατασκευή όσο και για το ηλεκτρονικό κύκλωμα. Χρειάστηκα υλικά για τη στεγανοποίηση της βάσης, ρουλεμάν για την περιστροφή της βάσης και κόλλα για την ένωση των κομματιών πριν το βίδωμα. Οι περιστροφικές αρθρώσεις υλοποιήθηκαν με την βοήθεια σερβοκινητήρων. Επίσης αγόρασα καλώδια και την πλακέτα Arduino υπο για τις συνδέσεις και τον προγραμματισμό του βραχίονα. Τέλος, αγόρασα κάποια επιπλέον υλικά ώστε να πειραματιστώ με τη λείανση.



Εικόνα 9: Εποξικός στόκος δύο συστατικών

Ο εποξικός στόκος προτεινόταν από κάποιους τεχνίτες σε υγρή μορφή για την επάλειψη τραχιών επιφανειών. Δυστυχώς στην Ελλάδα δεν υπήρχε τέτοιο υλικό κι έτσι προτίμησα την στερεή μορφή. Το υλικό ήταν αποκλειστικά για βουλώνει μεγάλες τρύπες κι έτσι δεν λειτούργησε με τον τρόπο που ήθελα. Οπότε αυτό το στοιχείο έμεινε στην άκρη.

Στη συνέχεια σκέφτηκα ότι η βάση πρέπει να είναι στεγανή κι έτσι πήρα αφρό πολουρεθάνης για να γεμίσω τη βάση που θα ερχόταν σε επαφή με τον πάγκο του οδοντιάτρου, που πιθανότατα θα είχε νερά. Αν μπει η πολουρεθάνη σε ένα σημείο, σκληραίνει και κανένα υλικό δεν μπορεί να τη διαπεράσει. Αν λοιπόν υπήρχε πρόβλημα με το σερβοκινητήρα της βάσης, δεν θα μπορούσα να τον αλλάξω. Έτσι το σπρέι αυτό απορρίφθηκε.



Εικόνα 10: Αφρός πολουρεθάνης

Το αποτέλεσμα επίσης ήταν πολύ άσχημο οπτικά και αν δεν κοπεί σωστά το περισσευούμενο υλικό κινδυνεύει η βάση να χάσει τη σταθερότητα της, αφού δεν θα πατάει καλά στη βάση της.



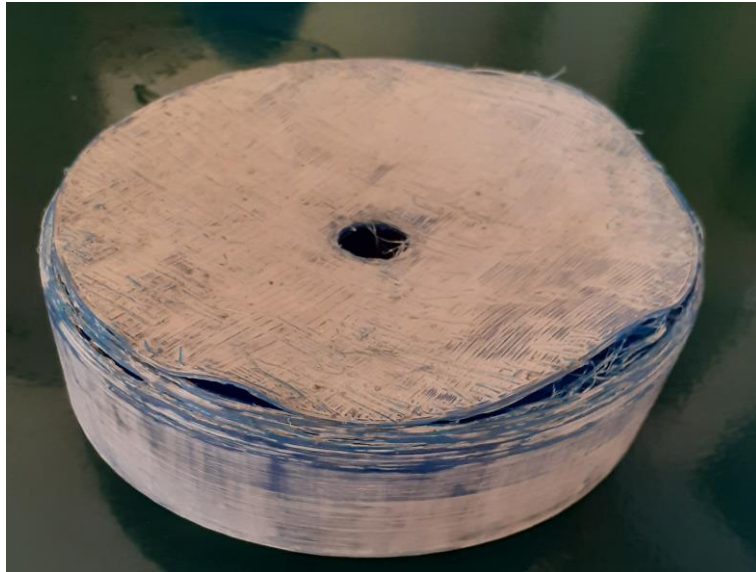
Εικόνα 11: Βάση βραχίονα με προσθήκη πολυουρεθάνης

Ακόμα, για τη λείανση, δοκίμασα να περάσω τα κομμάτια με καθαρό ασετόν, όμως τα αποτελέσματα ήταν καταστροφικά.



Εικόνα 12: Καθαρό ασετόν

Μετά είδα έναν τεχνίτη να διαλύει τον εποξικό στόκο με καθαρό ασετόν, ώστε να δημιουργήσει την επιθυμητή υγρή μορφή στο στόκο και να τον περάσει σαν πάστα πάνω από το τραχύ κομμάτι. Παρακάτω φαίνεται το αποτέλεσμα της προσπάθειας αυτής. Το υγρό διαπέρασε τους πόρους του υλικού ης βάσης, στρεβλώνοντας το.



Εικόνα 13: Βάση βραχίονα ύστερα από το πέραςμα με εποξικό στόκο και ασετόν

Τέλος, αγόρασα κόλα στιγμής υγρή για τη συγκράτηση των κομματιών πριν το βίδωμα, όμως δεν ήταν σε θέση να συγκρατήσει τίποτα. Για αυτό και αυτό το υλικό απορρίφθηκε.



Εικόνα 14: Κόλα υγρή στιγμής

- v. Προγραμματισμός: αρχικά σκέφτηκα να προγραμματίσω στο περιβάλλον του Arduino όμως ήταν αρκετά δύσκολο. Έτσι βρήκα ότι μπορώ να κάνω όλον τον προγραμματισμό σε rython. Έπρεπε να χωρίσω το πρόγραμμα σε τμήματα. Ένα πρόγραμμα για την κάμερα και τις λήψεις, ένα για την κίνηση των σερβοκινητήρων, ένα για τη σύγκριση των εικόνων και ένα κυρίως πρόγραμμα για την ένωση όλων των τμημάτων του κώδικα. Για την κάμερα έγινε χρήση της δωρεάν εφαρμογής Iriun webcam που μετατρέπει το κινητό τηλέφωνο σε web camera και συνδέεται με τον υπολογιστή.

- vi. Λείανση: μετά την εκτύπωση, τα κομμάτια προκύπτουν με αρκετές ατέλειες. Πρώτα, με ένα ντρέμελ πρέπει να αφαιρέσουμε τα εξογκώματα. Στη συνέχεια με έναν γωνιακό τροχό έγινε λείανση στις επίπεδες επιφάνειες. Μετά πρέπει να γίνει με πολύ λεπτό σμυριδόπανο ένα απαλό τρίψιμο. Τέλος, το βάψιμο δίνει την τελική γυαλιστερή όψη.



Εικόνα 15: Γωνιακός τροχός με δισκάκι φλαπς λείανσης με σμυρίδι

Τα βήματα πρέπει να πραγματοποιηθούν με αυτή τη σειρά διότι, για κάθε βήματα έπρεπε να έχουμε τα δεδομένα και τις μετρήσεις του προηγούμενο βήματος. Για παράδειγμα, για να ξέρουμε πόσα και ποια αναλώσιμα θα πρέπει να αγοράσουμε, πρέπει πρώτα να τυπωθεί το σχέδιο για να μετρήσουμε ακριβώς τι αποστάσεις που έχει. Όταν κάθε στάδιο ολοκληρωθεί, μπορούμε να περάσουμε στην τελική συναρμολόγηση της κατασκευής.

Η κατασκευή του βραχίονα με τέσσερις βαθμούς ελευθερίας, που κάθε βαθμός αντιστοιχεί σε μια άρθρωση, αποτελείται από συνδέσμους κατασκευασμένους από πλαστικό (PLA). Οι τρεις αρθρώσεις με παράλληλους άξονες αντιστοιχούν σε ώμο, αγκώνα, καρπό και παλάμη αλληλένδετα όπως ενός ανθρώπινου χεριού.



Εικόνα 16: Τα κομμάτια ύστερα από τη λείανση και το βάψιμο

Οι παράγοντες που λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση είναι:

- Το βάρος ολόκληρου του σκελετού που θα πρέπει να είναι μικρό ώστε να μην επιβαρύνεται η κίνηση του βραχίονα.
- Η στιβαρότητα της βάσης.
- Η επιλογή του υλικού, έγινε με βάση το βάρος για να μην επιβαρύνονται οι σερβοκινητήρες και ο σκελετός του βραχίονα κατά την κίνησή τους.

II. Οι στόχοι της πειραματικής διαδικασίας

Αρχικά θα πρέπει να σκεφτούμε τον τρόπο που θα μπορούσε να υλοποιηθεί η εργασία, και στη συνέχεια να δώσουμε λύσεις σε προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν κατά την εκτέλεση της.

Στο πρώτο στάδιο έπρεπε να βρεθεί το σχέδιο για τον βραχίονα. Αποφάσισα σε αυτό το στάδιο, να πάρω ένα έτοιμο δοκιμασμένο σχέδιο, ελεύθερο στο διαδίκτυο, ώστε να μην χαλάσω πολύ υλικό PLA του εκτυπωτή και για να έχω χρόνο να επικεντρωθώ και στα υπόλοιπα κομμάτια το έργου μου.

Συνεχίζοντας με τη βάση, αυτή θα πρέπει να είναι καλά στερεωμένη, γιατί υπάρχει κίνδυνος να μην εκτελεστούν σωστά οι κινήσεις λόγω δονήσεων του τραπέζιού. Επίσης το τράνταγμα αυτό μπορεί να οδηγήσει σε θόλωμα της εικόνας, με αποτέλεσμα να μην γίνει σωστά η αναγνώριση του εργαλείου. Για το λόγο αυτό, αποφάσισα να βιδώσω τη βάση σε ένα κομμάτι ξύλο, για να εξασφαλίσω τη σταθερότητα που πρέπει να έχει το σύστημα. Αρχικά είχα σκεφτεί την προοπτική να ενσωματώσω στη βάση μια μέγγενη που θα συγκρατούσε τον βραχίονα στο τραπέζι. Το σχέδιο όμως που κατέβασα, είχε χώρο για βίδες στη βάση, κι έτσι αποφάσισα πως η προοπτική να βιδώνει η βάση στο τραπέζι είναι καλύτερη, γιατί θα δίνει περισσότερη σταθερότητα στην κατασκευή.

Οι αρθρώσεις, που είναι ο μηχανισμός κίνησης για την κάθε άρθρωση, είναι όλες περιστροφικές και υλοποιούνται με τη χρήση σερβοκινητήρων. Πρώτα ήθελα να δημιουργήσω ένα βραχίονα με μία πρισματική άρθρωση και δύο περιστροφικές αρθρώσεις, ένα ρομπότ σφαιρικό. Δεν μπορούσα να βρω τρόπο να υλοποιήσω την πρισματική άρθρωση, κι έτσι κατέληξα σε τρεις περιστροφικές αρθρώσεις που πραγματοποιούνται εύκολα με τη χρήση σερβοκινητήρων. Έτσι κατέληξα σε ανθρωπομορφικό βραχίονα.

Κάθε άρθρωση δίνει στον βραχίονα και έναν βαθμό ελευθερίας, συνεπώς ο δικός μου βραχίονας που έχει τέσσερις αρθρώσεις θα έχει και τέσσερις βαθμούς ελευθερίας. Τέλος, ο τελικός επενεργητής, είναι μια δαγκάνα, η οποία θα κατευθυνθεί κατάλληλα από τα υπόλοιπα μέρη του συστήματος, ώστε να πιάσει το κάθε οδοντιατρικό εργαλείο, να το μεταφέρει στην επιθυμητή θέση και να ανοίξει η δαγκάνα ώστε να το απελευθερώσει.

Για την υλοποίηση του ηλεκτρονικού κυκλώματος, δοκίμασα πολλούς διαφορετικούς τρόπους που προτείνουν διάφορες σελίδες του διαδικτύου. Αρχικά, ήθελα να χρησιμοποιήσω τα ηλεκτρονικά κυκλώματα που πρότεινε ο δημιουργός του βίντεο από το οποίο πήρα την ιδέα για την εργασία μου. Λόγω της κρίσης που περνά ο πλανήτης μας, πολλά από αυτά δεν ήταν άμεσα διαθέσιμα για αγορά. Έτσι έψαξα να βρω συσκευές που λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο με αυτές που προτεινόταν. Δοκίμασα διαφορετικές μεθοδολογίες και τελικά αποφάσισα στην πιο απλή συνδεσμολογία. Ήθελα τόσο ο κώδικας όσο και το κύκλωμα να είναι όσο γίνεται πιο απλά για να λειτουργεί γρήγορα το σύστημα του βραχίονα.

III. Υλικές ανάγκες

Υλικά για την κατασκευή του ρομποτικού βραχίονα

ΥΛΙΚΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ
Σερβοκινητήρες	MG996R Metal Gear Digital High Torque Servo 55g SG90 Micro Servo 9g	39,20 €
Σπρέι χρώματος	Σπρέι κίτρινου χρώματος	5,20 €
Βίδες	Βίδες από κουτί με scrap	-
Παξιμάδια	Παξιμάδια 4 χιλιοστών	11,50 €
Arduino uno	Arduino uno R3 OEM	26,00 €
Breadboard	Πλακέτα ZBS 110 bradboard	4,50 €
PLA	PLA plastic filament	-
ΣΥΝΟΛΟ		86,40 €

Πίνακας 1: Πίνακας κόστους κατασκευής

Οι βίδες προήλθαν από μια εργαλειοθήκη που μου παραχώρησε ένας συνάδελφος, με scrap βίδες από διαθερμίες, insufflator, πηγές και ενδοσκόπια. Ύστερα από δοκιμές κατέληξα στις βίδες που ταίριαζαν στην κατασκευή μου, μια και οι οπές που δημιουργήθηκαν κατά την εκτύπωση ήταν διαφορετικές μεταξύ τους.

Το υλικό του τρισδιάστατου εκτυπωτή ήταν του πανεπιστημίου, κι έτσι δεν επιβαρύνθηκα οικονομικά για την εκτύπωση. Επίσης και οι κόλες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν προσφορά των συναδέλφων μου.



Εικόνα 17: Βιδάκι ξυλουργού

Τα βιδάκια ξυλουργού, ήταν αυτά που αρχικά ήθελα να χρησιμοποιήσω για όλη την εργασία, όμως δεν λειτούργησαν καλά ούτε για τις συνδέσεις των κομματιών, ούτε για άξονα για τα ρουλεμάν της βάσης. Είναι αρκετά μακριά και περίσσευαν κάτω από τη βάση.



Εικόνα 18: Σύνδεση βάσης με βιδάκια ξυλουργού

Έπειτα, αγόρασα σερβοκινητήρες δύο ειδών.



Εικόνα 19: Σερβοκινητήρες MG 996R



Εικόνα 20: Micro Servo SG90

Το πρώτο μοντέλο είναι αρκετά δυνατό ώστε να κάνει τις κινήσεις των αρθρώσεων, όμως είναι λίγο πιο βαρύ σε σχέση με το δεύτερο. Το δεύτερο μοντέλο χρησιμοποιήθηκε για τη δαγκάνα. Επειδή μπαίνει κάτω από τη δαγκάνα, υπήρχε πρόβλημα βάρους. Αν χρησιμοποιούσα το μεγαλύτερο μοντέλο τότε η κατασκευή θα έπεφτε μπροστά, από το βάρος.



Εικόνα 21: Σπρέι βαφής

IV. ΑΡΧΙΚΗ ΙΔΕΑ

Πριν ξεκινήσω την κατασκευή, προσπάθησα να προβλέψω προβλήματα που μπορεί να τύχαιναν κατά τη διάρκεια της υλοποίησης του βραχίονα. Κάποιες από τις ιδέες αυτές δεν λειτούργησαν τελικά, όμως βοήθησαν να βρω διαφορετικού τρόπους για να λύσω τα προβλήματα που αντιμετώπισα. Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας με τις αρχικές ιδέες που είχα.

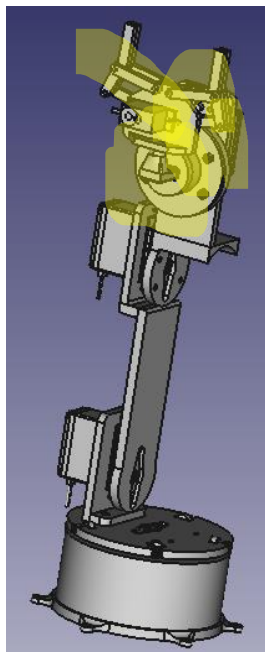
ΠΙΘΑΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	ΛΥΣΕΙΣ
1. Σχέδιο βραχίονα	https://www.prusaprinters.org/prints/41837-diy-robot-arm/files & https://thangs.com/?gclid=Cj0KCQiAmpyRBhC-ARIsABs2EAorXlwZ2VihCsgMOr1-3gnx9pnMIF7oB1aexczWv03_gU1ux_8i3caAr8iEALw_wcB
2. Βάση στήριξης	Εκτυπωμένη μέγγενη για καλύτερη στήριξη
3. Αρθρώσεις	1 πρισματική και 2 περιστροφικές αρθρώσεις και 1 πρισματική για τον τελικό επενεργιτή
4. Αναγνώριση προτύπων	Δημιουργία βάσης δεδομένων με τα 5 εργαλεία ενώ τα κρατά ο βραχίονας σε διάφορες θέσεις και γωνίες
5. Αντικείμενα για τη προσομοίωση	Οδοντιατρικό σετ για σφραγίσματα: https://www.ergaleiogatos.gr/shop/kit-odontiatrikis-ygieinis-amtech-r0350-set-6-temachion/?gclid=Cj0KCQiAmpyRBhC-ARIsABs2EAorkzbkuuKmAlassk3LTyoXya0jOTG7wORXyCnoJY2e5r76XaTgImYaAi35EALw_wcB
6. Κινήσεις	Η άρθρωση της βάσης θα κάνει κίνηση πάνω και κάτω ενώ οι άλλες δύο θα περιστρέφονται έως 90° Ο βραχίονας θα πιάνει ένα εργαλείο κάθε φορά, θα το δείχνει στην κάμερα, θα γίνεται η αναγνώριση και μετά θα τοποθετείται σε προκαθορισμένη θέση
7. Μικροελεγκτής	Arduino uno
8. Συνθήκες λήψης εικόνας	Όλες οι εικόνες θα λαμβάνοντα πάντα υπό της ίδιες συνθήκες φωτισμού
9. Απολύμανση	Εμβάπτιση σε δεξαμενή με οινόπνευμα
10. Κάμερα	Χρήση κάμερας κινητού τηλεφώνου τοποθετημένη σε σταθερό σημείο
11. Επιλογές στο πρόγραμμα	5 διαφορετικές τοποθετήσεις ανάλογα με το εργαλείο που κρατά κάθε φορά Αν αναγνωρίσει και τα 5 αντικείμενα εμβαπτίζεται σε δεξαμενή απολύμανσης Αν δεν βρίσκει άλλο εργαλείο πριν αναγνωριστούν και τα πέντε εργαλεία βγάζει μήνυμα λάθους και στρέφεται στην απολύμανση

Πίνακας 2: Προβλήματα και λύσεις κατά την κατασκευή

V. ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Όταν ξεκίνησε η κατασκευή πολλά από αυτά που είχα σκεφτεί αρχικά έπρεπε να αλλάξουν, διότι ήταν δύσκολο ή αδύνατο να εφαρμοστούν στην κατασκευή μου. Παρακάτω φαίνονται οι ιδέες που αναφέρθηκαν παραπάνω και οι βελτιώσεις και αλλαγές που έγιναν κατά τη διάρκεια της υλοποίησης του έργου μου.

1. Το σχέδιο του βραχίονα πάρθηκε έτοιμο από μια ιστοσελίδα που το σχέδιο είχε κάνει ο Carlos Prusa. Όταν έγινε η εκτύπωση κατάλαβα ότι κάποια κομμάτια έλειπαν. Συγκεκριμένα έλειπαν οι δύο οδηγοί από τις δαγκάνες που έκαναν τη σύμπλεξη της κίνησης ώστε να κινούνται ταυτόχρονα. Με κίτρινο χρώμα φαίνονται τα κομμάτια που λείπουν.



Εικόνα 22: Το σχέδιο του ρομποτικού βραχίονα από τον Carlos Prusa

Όπως φαίνεται το σχέδιο δεν είναι αναλυτικό και δεν φαίνονται και όλες οι λεπτομέρειες. Κατά τη διάρκεια της κατασκευής η συναρμολόγηση έγινε με πειραματισμό και αρκετές δοκιμές. Τέλος, έπρεπε να μελετήσω και τη στατική της κατασκευής. Μόλις συναρμολογήθηκε όλος ο βραχίονας έπεφτε μπροστά και χωρίς την τοποθέτηση των σερβοκινητήρων.

2. Η βάση στήριξης είχε από μόνη της τρύπες στο στεφάνι της και έτσι σκέφτηκα να μην χρησιμοποιήσω μέγγενη, αλλά να τη βιδώσω απευθείας στο τραπέζι. Για λόγους μεταφοράς της εργασίας κατά την παρουσίαση, βίδωσα τη βάση προσωρινά σε ένα κομμάτι ξύλο. Αυτό εξασφάλισε την σταθερότητα που επιθυμούσα.
3. Η δημιουργία πρισματικής άρθρωσης ήταν ιδιαίτερα δύσκολη, κι έτσι αποφάσισα να βάλω μόνο περιστροφικές αρθρώσεις που υλοποιούνται πολύ εύκολα με σερβοκινητήρες. Επίσης, μέσω του προγράμματος μπορώ να

ρυθμίζω και τη γωνία περιστροφής. Οι σερβοκινητήρες που αγόρασα έχουν δυνατότητα περιστροφής έως 160° .

4. Για το οδοντιατρικό σετ σφραγισμάτων, πήρα ένα κανονικό σετ μίας χρήσης από τον οδοντίατρό μου, οπότε η προσομοίωση της κατασκευής γίνεται με πραγματικά εργαλεία.
5. Η αναγνώριση προτύπων δούλεψε όπως ακριβώς την σκέφτηκα αρχικά. Έφτιαξα μια μικρή βάση δεδομένων με τα πέντε εργαλεία να τα κρατά ο ρομποτικός βραχίονας και τα αποθήκευσα στον υπολογιστή μου.
6. Προσπάθησα να προβλέψω τις θέσεις που θα πηγαίνει ο ρομποτικός βραχίονας, όμως αυτό είναι αδύνατο χωρίς να ξέρεις τη θέση που θα βρίσκονται τα εργαλεία. Το υπόλοιπο λειτούργησε κανονικά. Ο βραχίονας πιάνει ένα-ένα τα εργαλεία, τα πηγαίνει προς την κάμερα, γίνεται η αναγνώριση του προτύπου και στη συνέχεια το εργαλείο τοποθετείται σε κατάλληλη θέση.
7. Ο μικροελεγκτής που χρησιμοποίησα τελικά ήταν το Arduino uno, όπως είχα αποφασίσει αρχικά, όμως κατά τη διάρκεια της έρευνας προσπάθησα να χρησιμοποιήσω κι άλλες πλακέτες που τελικά δεν λειτούργησαν.
8. Η σκέψη για τη λήψη της εικόνας έμεινε ίδια, καθώς αν άλλαζαν οι συνθήκες λήψης, θα έπρεπε να χρησιμοποιήσω και φίλτρα, τα οποία θα περιέπλεκαν τον κώδικα μου και ο οικιακός υπολογιστής μου μπορεί να μην είχε την ανάλογη υπολογιστική δύναμη για να τρέξει το πρόγραμμα αυτό.
9. Ακόμα, σκέφτηκα ότι ο βραχίονας θα πρέπει να απολυμαίνεται αφού θα έρχεται σε επαφή με αποστειρωμένα εργαλεία. Αρχικά σκέφτηκα, ο βραχίονας να εμβαπτίζεται σε μια δεξαμενή με οινόπνευμα, όμως τότε θα έπρεπε να αλλάζεται συχνά και το υγρό της δεξαμενής, κάτι που μπορεί να δυσκόλευε το γιατρό. Επίσης, το οινόπνευμα μπορεί να διαβρώσει το πλαστικό με αποτέλεσμα να καταστραφεί ο βραχίονας. Έτσι αποφάσισα να φτιάξω ένα σπρέι που ο οδοντίατρος θα ψεκάζει τη δαγκάνα πριν ξεκινήσει η διαδικασία της ταξινόμησης.
10. Για την κάμερα, ήθελα να βρω μια οικονομική και εύκολη λύση, ώστε να μην επιβαρύνω οικονομικά την κατασκευή. Βρήκα στο διαδίκτυο ένα δωρεάν πρόγραμμα, που μπορείς να το κατεβάσεις στο κινητό και στον υπολογιστή σου. Μετατρέπεται έτσι το κινητό τηλέφωνο σε κάμερα και οι λήψεις του φαίνονται απευθείας στον υπολογιστή. Η σύνδεση των δύο συσκευών γίνεται όταν αυτές βρίσκονται στο ίδιο δίκτυο. Έτσι, το κύκλωμα με τον υπολογιστή

μπορεί να βρίσκεται στη μία άκρη του δωματίου και η κάμερα στην άλλη μεριά, για να έχει μια ολοκληρωμένη λήψη.

11. Όσον αφορά το πρόγραμμα, κράτησα την ιδέα της ταξινόμησης σε διαφορετικές θέσεις. Βρήκα πολλές διαφορετικές ιδέες για τον τρόπο με τον οποίο θα ανοίγει η κάμερα και θα αναγνωρίζει τα πρότυπα. Αρχικά σκέφτηκα να χρησιμοποιήσω την κάμερα του υπολογιστή, όμως αυτή δεν μπορεί να μετακινηθεί στο χώρο. Έτσι αποφάσισα να χρησιμοποιήσω την εφαρμογή Iriun Webcam για να δώσω μεγαλύτερη αυτονομία στην κίνηση του βραχίονα. Στη συνέχεια, για την αναγνώριση προτύπων, έβαλα το πρόγραμμα να μετατρέπει τις εικόνες σε δισδιάστατους πίνακες και να συγκρίνει τις τιμές των δύο πινάκων. Συνεπώς, αν οι πίνακες βγουν ίδιοι, το εργαλείο αναγνωρίζεται και μετά μετακινείται σε προκαθορισμένη θέση. Τέλος, αν δεν υπάρξει εξίσωση πινάκων, τότε το πρόγραμμα βγάζει μήνυμα σφάλματος και η διαδικασία ολοκληρώνεται. Φυσικά, οι λήψεις λαμβάνονται πάντα υπό τις ίδιες συνθήκες φωτισμού και υποβάθρου, για να μην υπάρχει σύγχυση στο πρόγραμμα.

5. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

5.1.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΚΕΛΕΤΟΥ

Ο σκελετός του ρομποτικού βραχίονα, μετά την εκτύπωση έρχεται σε κομμάτια, τα οποία έχουν ατέλειες. Η αρχική εκτύπωση, fast printing είχε πάρα πολλές ατέλειες και η δομή δεν ήταν συμπαγής, με αποτέλεσμα να σπάει πολύ εύκολα και να μην μπορεί να σηκώσει βάρος. Προσπάθησα να συναρμολογήσω τα κομμάτια αυτά πρόχειρα για να ελέγξω αν λείπει κάτι. Μου φάνηκε πως είχα όλα τα κομμάτια που χρειαζόμουν και πως ότι δεν κούμπωνε οφειλόταν στις ατέλειες του υλικού. Έκανα λάθος. Με τη θεώρηση αυτή, προχώρησα στην κανονική εκτύπωση, fine printing, και αφού παρέλαβα τα κομμάτια μου ξεκίνησα τη λείανση τους και το βάνισμό τους. Με ένα ντρέμελ γυάλισα τις τραχιές επιφάνειες με τις πολλές ατέλειες και με ένα λεπτό κοπίδι με μυτερή άκρη έκοψα τα κομμάτια του πλαστικού που είχαν βουλώσει τις τρύπες για τις βίδες. Σε αυτό το σημείο έσπρωξα τα απομεινάρια και με ένα λεπτό, πλακέ κατσαβίδι. Στη συνέχεια, τοποθέτησα τα κομμάτια πάνω σε μια κούτα και τα πέρασα με σπρέι κίτρινου χρώματος, τρεις φορές από την κάθε πλευρά. Το τελικό αποτέλεσμα βγήκε πολύ όμορφο, αν και στα σημεία που υπάρχει κίνηση, το χρώμα γδέρνεται και φεύγει. Τέλος, βρήκα ένα κομμάτι ξύλο, από ένα παλιό διακοσμητικό, το οποίο είχε το τέλειο μέγεθος και βάρος για να στηρίζει την κατασκευή μου. Δεν είναι πολύ βαρύ, αλλά είναι αρκετά σταθερό για να μην αφήνει τη δαγκάνα να πέφτει μπροστά.



Εικόνα 23: Ενδεικτική εικόνα κομματιού από fast printing

5.1.2 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΣΚΕΛΕΤΟΥ

Κατά τη συναρμολόγηση των τελικών κομματιών ανακάλυψα πολλά λάθη και παραλήψεις στο σχέδιο, με αποτέλεσμα να πρέπει να σκεφτώ τρόπους για να τα διορθώσω. Αρχικά σκέφτηκα να σχεδιάσω και να τυπώσω τα κομμάτια που μου έλειπαν, όμως το πρόγραμμα σχεδίασης ήταν αρκετά πολύπλοκο και δεν μπορούσα να υπολογίσω με ακρίβεια τις διαστάσεις που θα έπρεπε να έχει κάθε κομμάτι. Έτσι αποφάσισα να βρω εναλλακτικούς τρόπους για να συνδέσω τα τμήματα που είχα πρόβλημα. Ακόμα ένα πρόβλημα που εντόπισα ήταν πως οι οπές που ανοίχτηκαν κατά την εκτύπωση, ήταν άλλες πιο μεγάλες και άλλες πιο μικρές από τις βίδες, με αποτέλεσμα να μην δένουν σφιχτά τα κομμάτια, πράγμα που σημαίνει όταν με το που μπει ο βραχίονας σε λειτουργία τα κομμάτια θα διαλύονταν αμέσως. Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά τα βήματα που ακολούθησα για να φτάσω στο τελικό σχέδιο.

1ο Βήμα

Ξεκινώντας από τη βάση, έχουμε ξυλόβιδες τεσσάρων χιλιοστών και με ένα black & decker ανοίγονται έξι τρύπες στο ξύλο και βιδώνονται πάνω το κυκλικό περίβλημα της βάσης. Αυτό, παρέχει στη βάση πολύ σταθερό πάτημα και όταν ο βραχίονας λειτουργεί, δεν κουνιέται καθόλου το κάτω μέρος του.

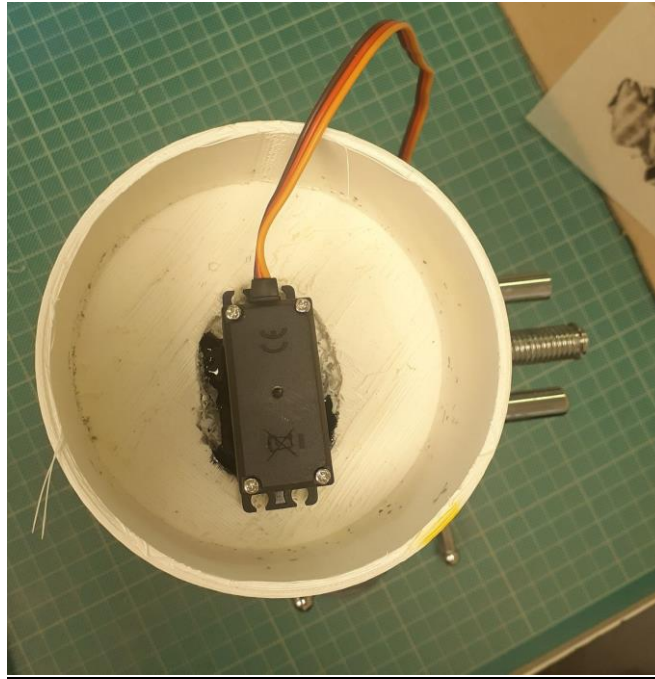
2ο Βήμα

Στην εσωτερική πλευρά του κυλινδρικού κομματιού της βάσης μπαίνει ο πρώτος σερβοκινητήρας. Εδώ το πρόβλημα ήταν ότι η εκτυπωμένη θέση που θα έμπαινε ο σερβοκινητήρας, δεν είχε εκτυπωθεί σωστά και ο μηχανισμός πατούσε στραβά.

Επίσης, η θέση ήταν αρκετά βαθιά στον κύλινδρο κι έτσι ο ρότορας δε έβγανε στην επιφάνεια για να περιστρέψει το καπάκι της βάσης. Με το ντρέμελ έτριψα το υλικό και το βάθυνα αρκετά ώστε να έρθει στην επιφάνεια ο ρότορας και ο σερβοκινητήρας να πατήσει ίσια στην κορυφή της βάσης. Έπειτα με μία κόλλα η οποία πολυμερίζεται με την έκθεσή της σε υπέρυθρη ακτινοβολία, κόλλησα τον σερβοκινητήρα στην κορυφή της κυλινδρικής βάσης, διότι αν άνοιγα τρύπες και περνούσαν βίδες για τη σταθεροποίησή του, θα τρίβονταν στο από πάνω καπάκι της βάσης που κάνει περιστροφική κίνηση και θα εμπόδιζαν την κίνηση. Με την ίδια κόλλα, κόλλησα και την κυλινδρική βάση πάνω στο στεφάνι που βιδώθηκε πάνω στο ξύλο.



Εικόνα 24: Πολυμερισμός της κόλλας με υπέρυθρη ακτινοβολία



Εικόνα 25: Το εσωτερικό της βάσης ύστερα από την κόλληση του σερβοκινητήρα

3ο Βήμα

Σειρά έχει το περιστρεφόμενο καπάκι της βάσης. Από το προηγούμενο βήμα έχει μετρηθεί ακριβώς ο χώρος που χρειάζεται ο σερβοκινητήρας της κυλινδρικής βάσης για να έρθει σε επαφή με το κομμάτι αυτό και να το περιστρέψει. Τώρα χρειάζεται κάτι για να λειτουργήσει σαν ρόδα, ώστε να γίνεται ελεύθερα η περιστροφή της βάσης. Γίνεται μέτρηση με παχύμετρο στις τρύπες που είχαν δημιουργηθεί από την τρισδιάστατη εκτύπωση και βρέθηκαν τέσσερα χιλιοστά. Για ρόδες χρησιμοποιήθηκαν ρουλεμάν. Για να γίνει σωστά η κίνηση έπρεπε να χρησιμοποιηθούν μικρότερα ρουλεμάν από το μέγεθος των οπών, όμως δεν υπήρχαν πιο μικρά ρουλεμάν από τέσσερα χιλιοστά στο εμπόριο. Έτσι αγοράστηκαν ρουλεμάν τεσσάρων χιλιοστών και με το ντρέμελ ανοίχτηκαν οι οπές λίγο παραπάνω για να γίνεται ελεύθερα η κίνηση.



Εικόνα 26: Ρουλεμάν τεσσάρων χιλιοστών

Για άξονα χρησιμοποιήθηκαν βίδες με πολύ μικρό σπείρωμα για να μην κολλάει στην περιστροφή το ρουλεμάν. Καθώς κουμπώθηκε η περιστροφική βάση πάνω στην κυλινδρική βάση, παρατηρήθηκε ότι δεν υπάρχει κανένα σημείο που να κουμπώνει καλά το ένα κομμάτι πάνω στο άλλο και στην πρώτη περιστροφή, τα κομμάτια διαλύονταν. Από μια εργαλειοθήκη που μου έδωσαν στη δουλειά μου με scrap κομμάτια, βρέθηκε ένα παξιμάδι που πιάνει πάνω στη βίδα του σερβοκινητήρα και έχει μια μικρή προέκταση που έπιασε τέλεια πάνω στην περιστρεφόμενη βάση, κάνοντας τη σύνδεση των δύο κομματιών. Η βάση είναι τώρα έτοιμη και λειτουργική. Η περιστροφή γίνεται τέλεια, χωρίς εμπόδια και χωρίς ανεπιθύμητα τραντάγματα.



Εικόνα 27: Περιστρεφόμενη βάση βραχίονα

4ο Βήμα

Προχωράμε στην δεύτερη άρθρωση. Από την εκτύπωση υπάρχει μια βάση που τοποθετείται ο σερβοκινητήρας και έχει και τις σωστές οπές για να βιδώσει πάνω το μοτέρ. Δυστυχώς η δύο από τις τέσσερις οπές είναι αρκετά μεγαλύτερες από τις βίδες που υπήρχαν διαθέσιμες. Με δύο μόνο βίδες ο σερβοκινητήρας είναι αρκετά σταθερός έμεινε έτσι. Η άκρη του σερβοκινητήρα τοποθετείται μέσα στην οπή του επόμενου κομματιού και όλο μαζί βιδώνεται στον μοτέρ. Το κράτημα είναι αρκετά σταθερό.



Εικόνα 28: Βάση στήριξης δεύτερου σερβοκινητήρα

5ο Βήμα

Με τον ίδιο τρόπο βιδώνετε και η επόμενη άρθρωση χωρίς κανένα πρόβλημα στο βραχίονα. Τοποθετούνται πρώτα το μοτέρ του σερβοκινητήρα στην οπή που έχει δημιουργηθεί για την συγκράτησή του και από πάνω κουμπώνετε το περιστρεφόμενο άκρο του, ώστε να ενωθούν τα δύο κομμάτια.

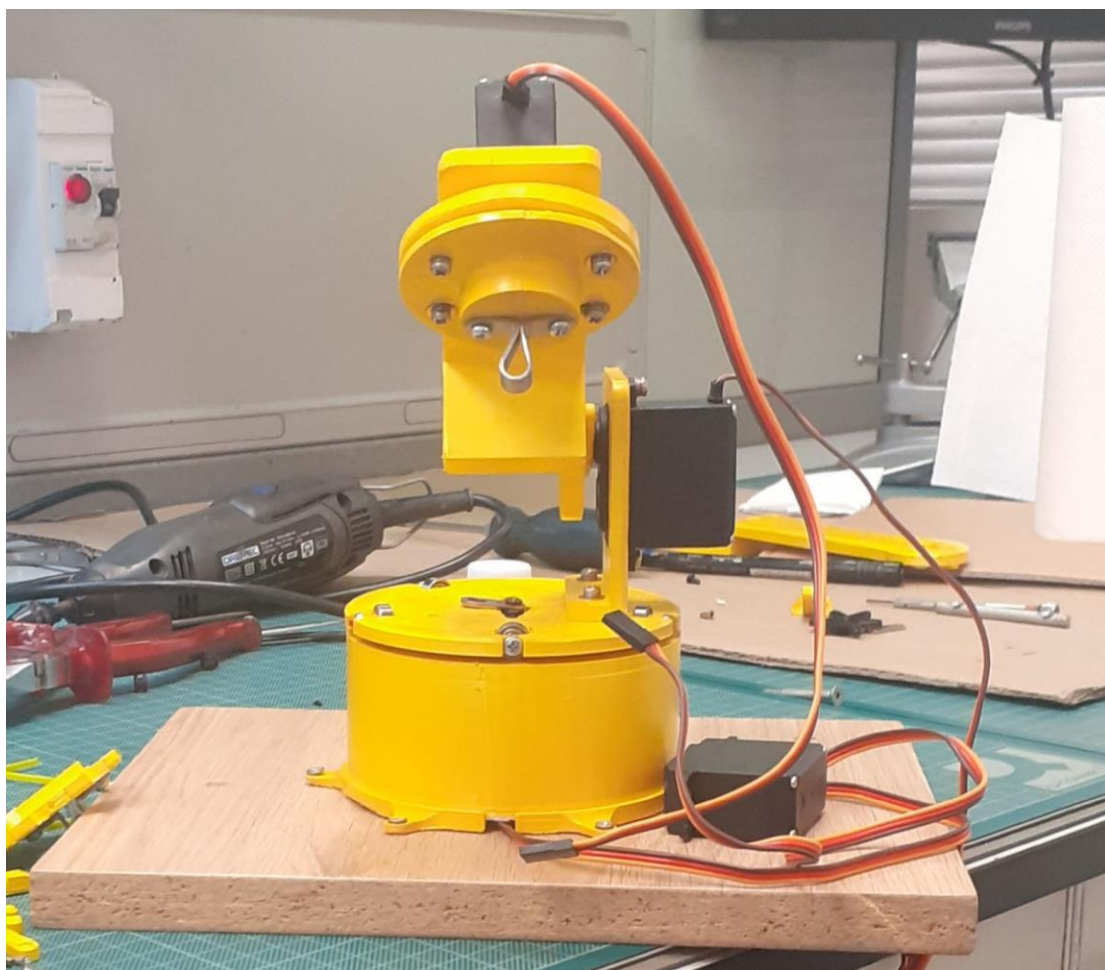


Εικόνα 29: Τοποθέτηση σερβοκινητήρα στη βάση στήριξης

Ο σερβοκινητήρας που τοποθετείται στην κορυφή αυτού του κομματιού είναι για να περιστρέφεται η βάση της δαγκάνας. Στη συνέχεια βιδώνονται τα δύο κυκλικά τμήματα στο κομμάτι αυτό, ολοκληρώνοντας την βασική κατασκευή και προχωράμε στον τελικό επενεργητή.

6ο Βήμα

Το τμήμα του τελικού επενεργητή, δηλαδή της δαγκάνας, είχε τα περισσότερα προβλήματα, αφού έλειπαν αρκετά κομμάτια και το σχέδιο που πρότεινε η ιστοσελίδα που συμβουλευτήκα και άντλησα το σχέδιο δεν είχε σαφείς οδηγίες στο τμήμα αυτό. Αρχικά έλειπε ο άξονας που συνδέει τα κυκλικά τμήματα με τη βάση της δαγκάνας. Από την εργαλειοθήκη με τα scrap κομμάτια βρέθηκαν τρία μεταλλικά κομμάτια που μπορούσαν να φτιάξουν τον άξονα. Δύο μεταλλικές θηλιές και μια μεταλλική βέργα. Σφίχτηκαν τις θηλιές με μια πένσα ώστε να σφηνώσει ο άξονας ανάμεσά τους. Βιδώθηκαν οι θηλιές στις προ υπάρχουσες τρύπες, μία στο κυκλικό τμήμα και μία στη βάση της δαγκάνας. Ο επιθυμητός άξονας δημιουργήθηκε.



Εικόνα 30: Η κατασκευή μέχρι πριν τον τελικό επενεργητή

7ο Βήμα

Προχωράμε στη βάση της δαγκάνας, όπου υπάρχει μια πιο μικρή οπή για σερβοκινητήρα. Κατάλαβα τότε ότι έπρεπε να χρησιμοποιήσω ένα μικρότερο μοντέλο για να χωρέσει. Έτσι αγοράστηκε ο Micro Servo 9g. Έγινε χρήση της κόλας που πολυμερίζεται και κολλήθηκαν οι βίδες με τον σερβοκινητήρα πάνω στη βάση του. Η κατασκευή τώρα ξεκινά να γέρνει προς τα κάτω.

8ο Βήμα

Η δαγκάνα έχει δύο γρανάζια πλαστικά. Το ένα αποτελεί την άκρη του σερβοκινητήρα και κάνει την κίνηση ενώ το άλλο κουμπώνει πάνω σε έναν πλαστικό άξονα και συμπλέκει με το πρώτο γρανάζι. Πάνω στα δύο αυτά γρανάζια βιδώνουν και οι δαγκάνες. Κανονικά βιδώνουν στις άκρες των γραναζιών, όμως αυτό κάνει την κατασκευή να πέφτει και την κίνηση να μην γίνεται σωστά. Έτσι βιδώθηκαν στη δεύτερη θέση που είχε κενό. Χρησιμοποιήθηκαν βίδες με παξιμάδια. Τα παξιμάδια όμως μπήκαν κάτω από τις δαγκάνες για να τις συγκρατούν. Στο τμήμα αυτό δεν γίνεται να μπει κόλλα γιατί τα τμήματα αυτά κινούνται. Συνδέονται τα παξιμάδια με δύο λαστιγάκια σιλικόνης, δύο ώστε αν σπάσει το ένα να υπάρχει σαν ασφάλεια το άλλο. Αυτό κάνει τη δαγκάνα να κλείνει καλά και να συγκρατεί τα εργαλεία σωστά. Τέλος στα εσωτερικά των δαγκανών τοποθετείται κόλλα σιλικόνης, γιατί είχαν ένα βαθούλωμα που δεν επέτρεπε το σταθερό πιάσιμο των εργαλείων. Επίσης η σιλικόνη μπήκε με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργεί τραχιά επιφάνεια, για να μην γλιστράνε τα εργαλεία που πιάνει.



Εικόνα 31: Ο τελικός επενεργητής του ρομποτικού βραχίονα

Όλες οι βίδες κολλήθηκαν με κόλλα σπειρωμάτων για να μην βγουν κατά την περιστροφή. Επίσης όλες οι βίδες που χρησιμοποιήθηκαν δεν ήρθαν από την αρχική συσκευασία των σερβοκινητήρων, αλλά ύστερα από δοκιμές των scrap κομματιών που βρέθηκαν στην εργαλειοθήκη. Τελικά, έγινε αφαίρεση της ενδιάμεσης άρθρωσης γιατί η κατασκευή είχε πάρει πολύ βάρος και έπεφτε μπροστά. Ακόμα και έτσι όμως λειτουργεί με τον επιθυμητό τρόπο και δεν τραντάζεται καθόλου ο βραχίονας, κατά την κίνηση του.

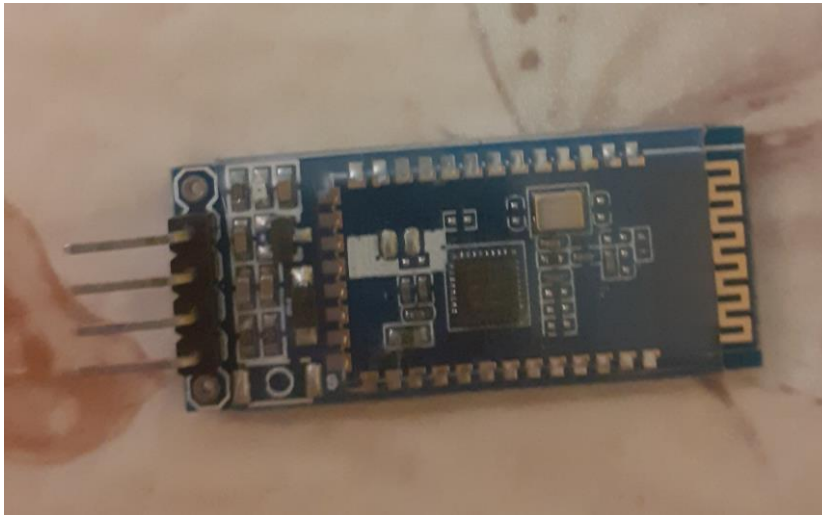


Εικόνα 32: Η ολοκληρωμένη κατασκευή

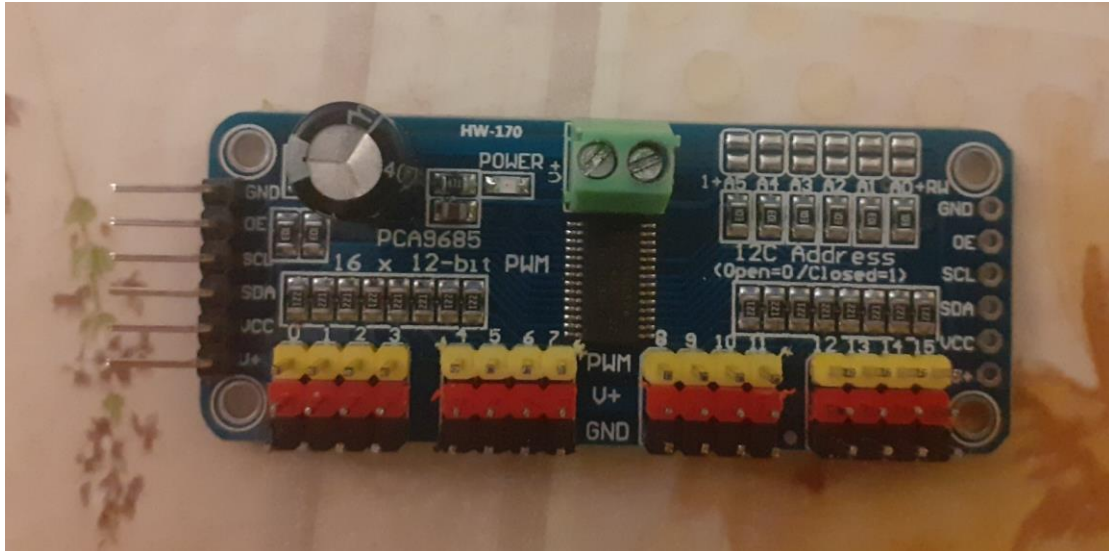
5.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

5.2.1 Πειραματικό κύκλωμα

Για τη δημιουργία του ηλεκτρικού κυκλώματος, έρεπε να γίνουν πάρα πολλές δοκιμές, με διαφορετικό εξοπλισμό, καθώς με την κατάσταση που ζούμε στον κόσμο αυτό το διάστημα, πολλές ηλεκτρονικές πλακέτες ήταν σε έλλειψη και έτσι δεν μπορούσα να πραγματοποιήσω τη συνδεσμολογία που πρότεινε το βίντεο το οποίο ακολούθησα για την υλοποίηση της εργασίας μου. Έτσι αγοράστηκαν διάφορες πλακέτες που βρήκα στο εμπόριο, σχετικές με το κύκλωμα που ήθελα να υλοποιήσω, και πειραματίστηκα με αυτές. Συγκεκριμένα, τα εξαρτήματα που αγοράστηκαν αλλά τελικά δεν χρησιμοποίησα, επειδή έγινε τη δουλειά μου πολύ πιο πολύπλοκη από ότι θα ήθελα είναι ένα Arduino-raspberry PCA9685 / 16C 12 BIT PWM expand, θεωρητικά θα βοηθούσε στον χειρισμό των σερβοκινητήρων και ένα BT-06 Bluetooth transceiver.

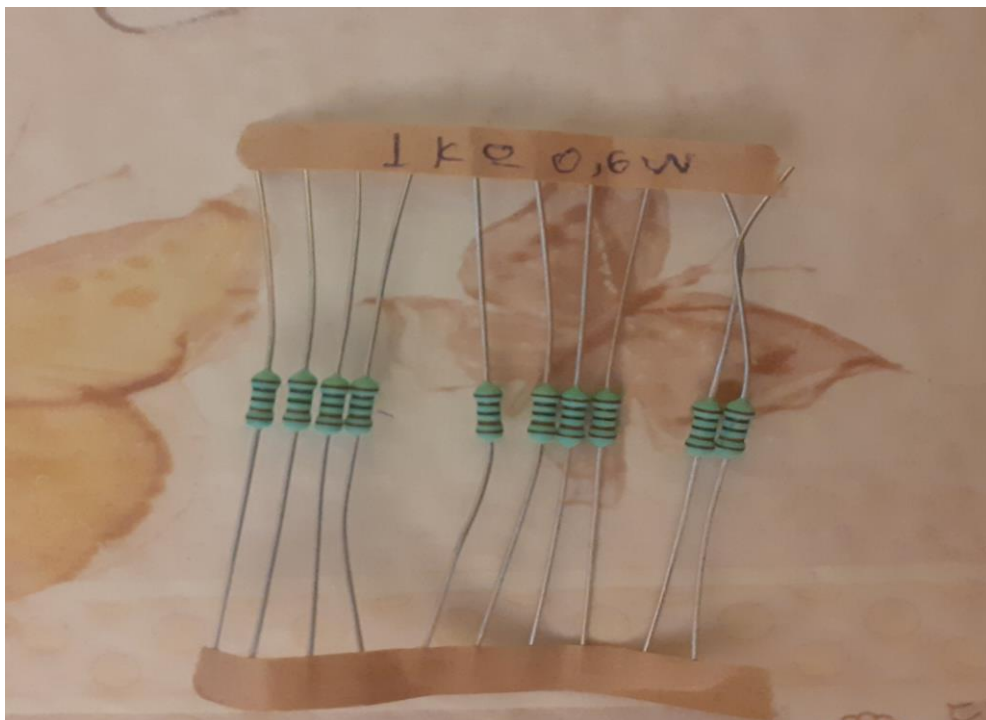


Εικόνα 33: BT-06 Bluetooth transceiver



Εικόνα 34: Arduino-raspberry PCA9685 / 16C 12 BIT PWM expand

Επίσης αγοράστηκε και ένα σετ αντιστάσεων για ασφάλεια του κυκλώματος, αλλά αφού δεν χρησιμοποιήθηκαν οι προηγούμενες πλακέτες, δεν χρειάστηκαν και δεν τις χρησιμοποιήθηκαν τελικά.



Εικόνα 35: Αντιστάσεις 1KΩ

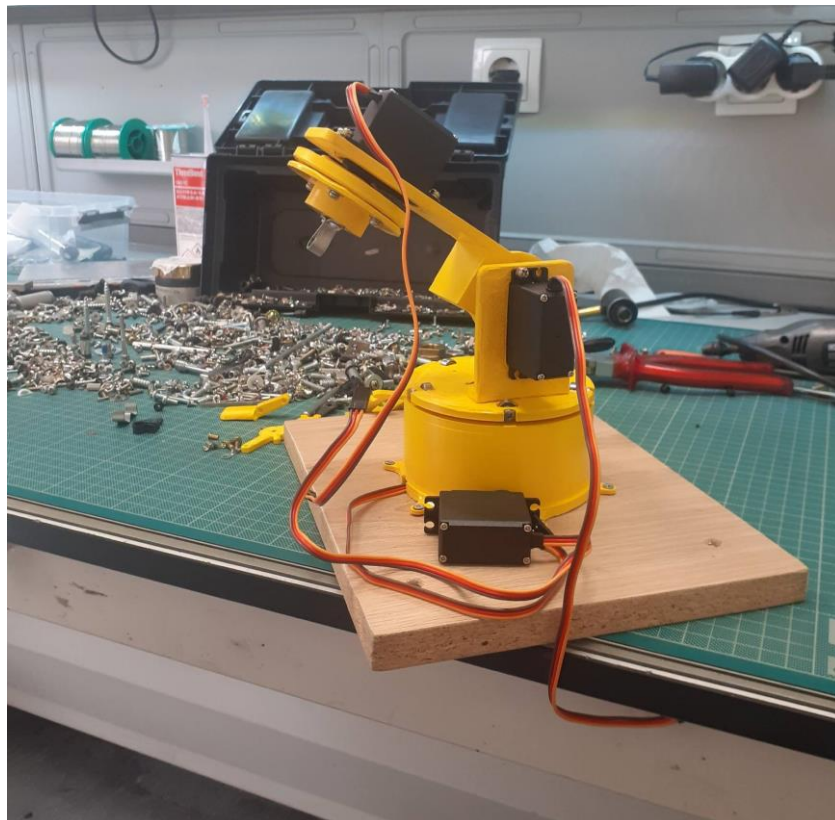
Τέλος, αγοράστηκαν και πάρα πολλά καλώδια, μια και δεν ήξερα ακριβώς πως θα γίνει η υλοποίηση του κυκλώματος μου. Έχουμε με δύο θηλυκές άκρες, μια αρσενική και μια θρυλική άκρη και με δύο αρσενικές άκρες.



Εικόνα 36: Όλα τα καλώδια που πήρα

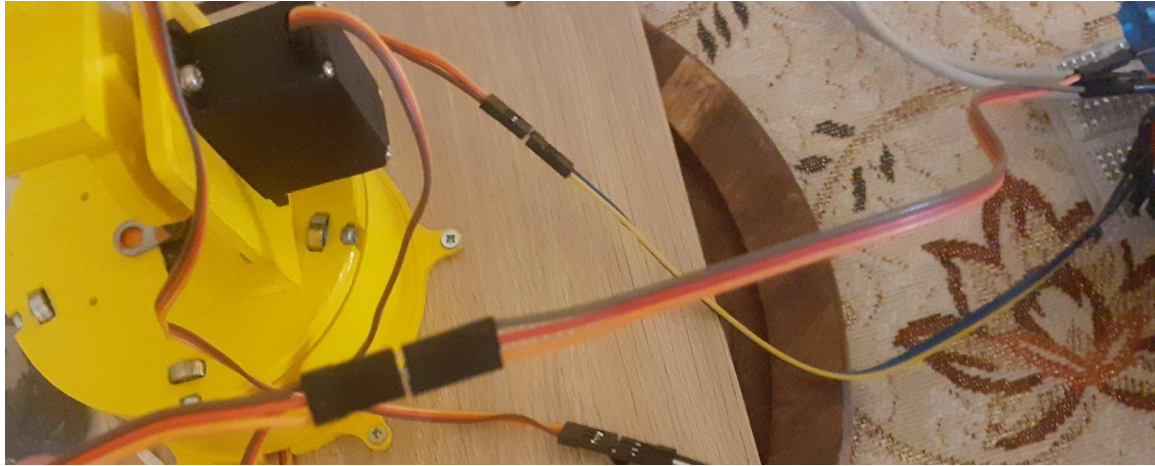
5.2.2 Πραγματικό κύκλωμα

Αφού δοκίμασα όλες αυτές τις πλακέτες και τις συνδεσμολογίες, αποφάσισα πως ο καλύτερος τρόπος για να υλοποιήσω το κύκλωμα ίσως να είναι και ο πιο απλός. Έτσι με ένα breadboard, ένα Arduino uno, τους σερβοκινητήρες και λίγα καλώδια, κατάφερα να φτιάξω το κύκλωμα που ήθελα. Αρχικά τα καλώδια που είχαν ήδη οι σερβοκινητήρες επάνω, δεν ήταν αρκετά μακριά και κατά την κίνηση η σύνδεση θα χαλούσε.



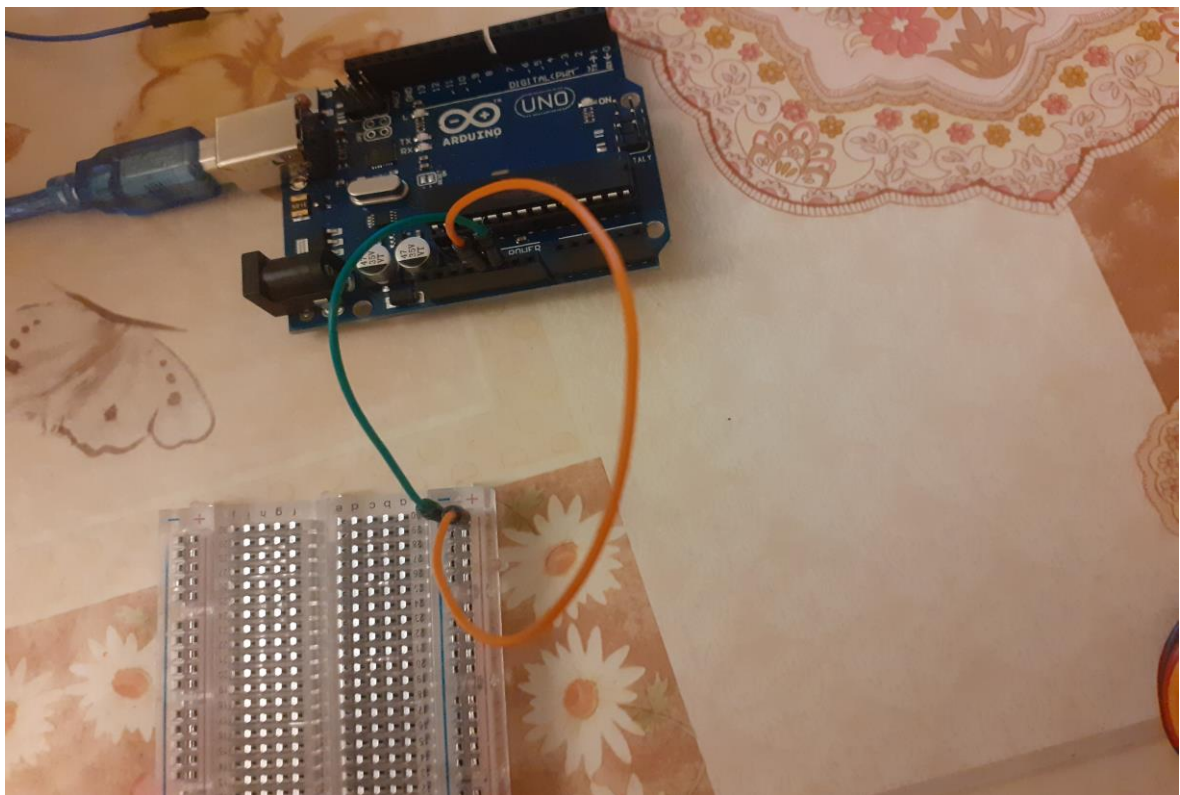
Εικόνα 37: Τα καλώδια των σερβοκινητήρων

Έγινε χρήση καλωδίων, με δύο αρσενικές άκρες, για να προεκταθούν τα καλώδια των σερβοκινητήρων ώστε να κάνουν ελεύθερα κίνηση, χωρίς να παρασέρνουν τις συνδέσεις κατά την περιστροφή τους.



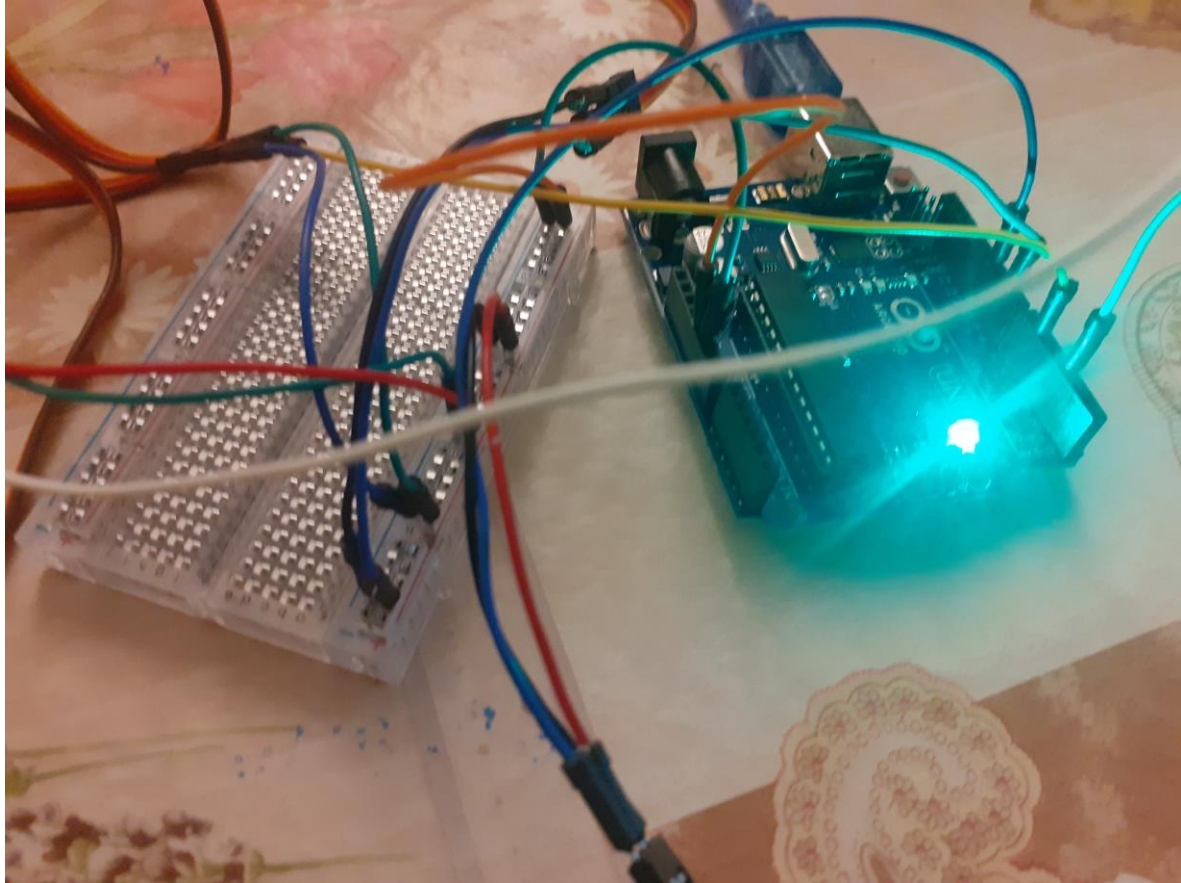
Εικόνα 38: Προέκταση καλωδίων

Στη συνέχεια έγινε σύνδεση του θετικού και του αρνητικού πόλου των σερβοκινητήρων και του Arduino πάνω στο breadboard και το τρίτο καλώδιο των σερβοκινητήρων με pins του Arduino, για να τους ελέγχεται μέσα από το πρόγραμμα.



Εικόνα 39: Τροφοδοσία Arduino

Η πρώτη σκέψη ήταν να χρησιμοποιήσω τροφοδοτικό, όμως είδα ότι και με τη σύνδεση του καλωδίου της πλακέτας, στον υπολογιστή, είχα αρκετό ρεύμα κι έτσι το έμεινα με αυτό.



Εικόνα 40: Τελικό κύκλωμα

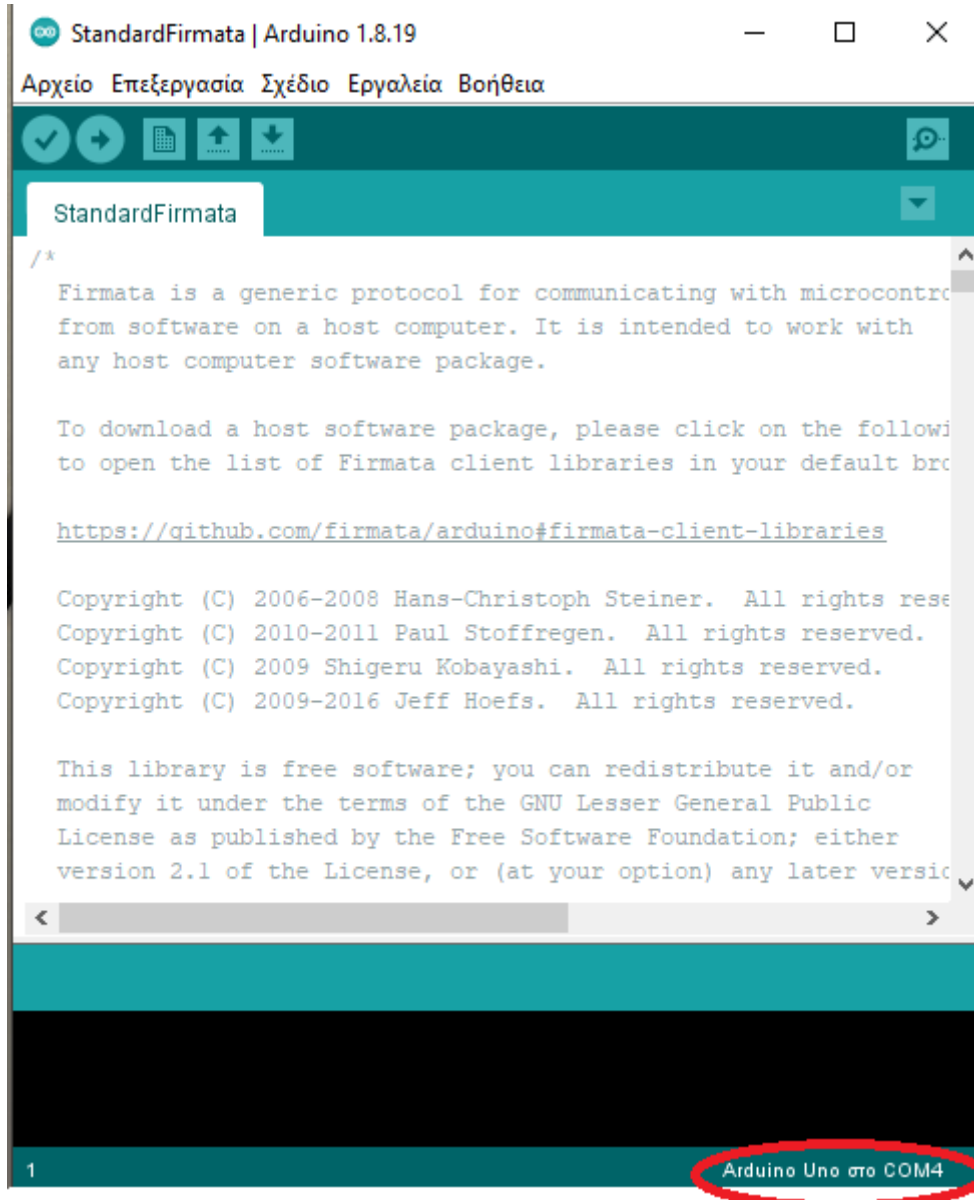
Ως τώρα έχει ολοκληρωθεί η εκτύπωση, η λείανση, η συναρμολόγηση και ο το κύκλωμα. Περνάμε στο τελευταίο στάδιο που είναι ο προγραμματισμός.

5.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Για τον προγραμματισμό του βραχίονα χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα προγραμματισμού python μέσω του προγράμματος Spyder (anaconda 3). Από το περιβάλλον του Arduino πέρασα μόνο μια συνάρτηση ώστε να μπορέσει να επικοινωνήσει η πλακέτα με το περιβάλλον της python. Χώρισα τις διαδικασίες που θα πρέπει να εκτελεί ο βραχίονας σε επιμέρους προγράμματα και στο τέλος δημιούργησα ένα τελικό πρόγραμμα όπου συντονίζονται όλα τα επιμέρους προγράμματα. Τα επιμέρους προγράμματα επιτελούν τις εξής διαδικασίες:

1. Servomove.py : Το κομμάτι αυτό δημιουργήθηκε με σκοπό να βρεθεί ο τρόπος με τον οποίο θα κινούνται οι σερβοκινητήρες μέσω του προγράμματος Spyder (anaconda 3), ενώ αυτοί είναι συνδεδεμένοι πάνω στην πλακέτα

Arduino uno. Φορτώνοντας το παράδειγμα Standard Firmata από το πρόγραμμα του Arduino και φορτώνονται τη συνάρτηση pyfirmata στο anaconda, εξάγοντας τα Arduino, SERVO, util, έχουμε πρόσβαση στην κίνηση των σερβοκινητήρων προγραμματίζοντας σε python. Ένα ακόμα πολύ σημαντικό βήμα είναι ο χρόνος κίνησης του κάθε σερβοκινητήρα. Αν βάλουμε τις μοίρες κίνησης του κάθε κινητήρα και απλά αφήσουμε το πρόγραμμα να τρέξει, ο βραχίονας θα τρελαθεί και δεν θα καταλήξει στη θέση που θέλουμε. Έτσι πρέπει, χρησιμοποιώντας την συνάρτηση sleep να ορίσουμε πότε θα κινηθεί κάθε σερβοκινητήρας και πόσες μοίρες θα περιστραφεί. Φυσικά, πριν από αυτό το κομμάτι, θα πρέπει να έχουμε δηλώσει στο πρόγραμμα τη θύρα του υπολογιστή στην οποία είναι συνδεδεμένο το Arduino καθώς και τα pins στα οποία έχουν συνδεθεί οι σερβοκινητήρες. Πριν από κάθε ενεργοποίηση του προγράμματος θα πρέπει να φορτώνουμε στο Arduino το παράδειγμα Standard Firmata. Αφού φορτώσουμε το Standard Firmata, το Arduino είναι έτοιμο να επικοινωνήσει με το anaconda.



Εικόνα 41: Εύρεση θύρας

Κάτω από το παράθυρο που εμφανίζεται κατά τη φόρτωση του Standard Firmata εμφανίζεται και η πύλη που είναι συνδεδεμένο το Arduino μας. Αυτό θα μας εξυπηρετήσει στη δήλωση θυρών στο anaconda.

Τώρα για την προετοιμασία του anaconda πρέπει να φορτώσουμε τη συνάρτηση `pyfirmata` και να εξάγουμε τα μεγέθη `Arduino`, `SERVO`, `util`, αυτό δίνει τη δυνατότητα ελέγχου του Arduino, μέσω του anaconda. Στη συνέχεια φορτώνουμε και την συνάρτηση `time` και εξάγουμε το μέγεθος `sleep` για να μπορούμε να κάνουμε τις καθυστερήσεις στις κινήσεις του βραχίονα.

Στη συνέχεια πρέπει να δηλώσουμε τις θύρες που είναι συνδεδεμένο το Arduino καθώς και οι σερβοκινητήρες σε ποιες θύρες του Arduino βρίσκονται. Για τη δήλωση του Arduino πληκτρολογούμε την εντολή `board= Arduino(port)` και γράφουμε απλά `port = 'COM4'`, για να δηλώσουμε τη θύρα. Το COM4 το είδαμε στο περιβάλλον του Arduino. Για τη δήλωση των σερβοκινητήρων

χρησιμοποιούμε την εντολή `board.digital[p1].mode=SERVO`. Board είναι η πλακέτα του Arduino, digital γιατί χρησιμοποιούμε τις ψηφιακές υποδοχές του Arduino, p1 είναι το όνομα που έχω θέσει για τον πρώτο σερβοκινητήρα και τέλος δηλώνουμε ότι το pin αυτό έχει συνδεδεμένο έναν σερβοκινητήρα. Έπειτα δηλώνουμε και τον αριθμό του pin που είναι συνδεδεμένος στην πλακέτα ο σερβοκινητήρας με την εντολή `p1=3`, αν σερβοκινητήρας μας είναι συνδεδεμένο στο 3^ο pin.

Για την κίνηση των σερβοκινητήρων δημιουργούμε την εξής συνάρτηση:

```
def rotate(pin,angle):  
    board.digital[pin].write(angle)  
    time.sleep(3)
```

Παίρνει σαν όρισμα το pin που έχουμε ορίσει αρχικά και τη γωνία που θα περιστραφεί ο κινητήρας που είναι συνδεδεμένος εκεί. Στη συνάρτηση αυτή προσθέτουμε για ευκολία και το χρόνο που χρειάζεται να γίνει παύση μέχρι την επόμενη εντολή. Χωρίς την παύση αυτή, όλες οι κινήσεις θα γίνουν ταυτόχρονα και δεν θα καταλήξει ο βραχίονας εκεί που θέλουμε. Έπειτα, με δοκιμές, προσαρμόζουμε τις γωνίες για να δώσουμε κατεύθυνση. Τέλος, καλούμε τη συνάρτηση αυτή πληκτρολογώντας το όνομα της συνάρτησης και το όρισμα της, pin και γωνία σε μοίρες `rotate(p1, 0)`.

2. `screenshot.py`: Το τμήμα αυτό του κώδικα, επικεντρώνεται στην απομόνωση στιγμιότυπου από την κάμερα. Είδα πολλούς τρόπους που μπορεί να γίνει αυτό, κυρίως με το άνοιγμα της κάμερας του υπολογιστή. Ο στόχος ήταν η κάμερα να μπορεί να μετακινηθεί στο χώρο χωρίς περιορισμούς. Έτσι έγινε χρήση το πρόγραμμα Iriun Webcam, μια δωρεάν εφαρμογή που μετατρέπει το κινητό σου σε κάμερα υπολογιστή, αρκεί ο υπολογιστής και το κινητό τηλέφωνο να είναι συνδεδεμένα στο ίδιο δίκτυο. Για αυτό το λόγο, ο τρόπος με τον οποίο λήφθηκαν τα στιγμιότυπα, ήταν παίρνοντας φωτογραφία την οθόνη του υπολογιστή (`screenshot`) κάθε φορά που ο βραχίονας παίρνει μια συγκεκριμένη θέση.

Συγκεκριμένα, γίνεται χρήση της βιβλιοθήκης `pyautogui`, η οποία χρησιμοποιείται για τη λήψη στιγμιότυπων. Εξάγουμε τη βιβλιοθήκη πληκτρολογώντας `import pyautogui`. Στη συνέχεια χρειαζόμαστε μόνο δύο εντολές για να ολοκληρωθεί η λήψη στογμοτύπου. Δίνουμε ένα όνομα στην εικόνα που θα ληφθεί π.χ. `myScreenshot` και δίνουμε την εντολή να γίνει το `screenshot`. Έτσι γράφουμε:
`myScreenshot = pyautogui.screenshot()`

Στη συνέχεια αποθηκεύουμε την εικόνα που πήραμε σε έναν φάκελο πληκτρολογώντας το `path` του. Το τελευταίο κομμάτι του `path` είναι το όνομα που εμείς ορίζουμε για τη φωτογραφία μας.
`myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name1.png')`

Συνδυάζοντας το πρόγραμμα `Servomove.py`, μπορούμε να παίρνουμε στιγμιότυπα, σύμφωνα με την κίνηση των σερβοκινητήρων.

3. registration.py: Το υποπρόγραμμα αυτό κάνει την εισαγωγή των αρχικών φωτογραφιών σε έναν φάκελο που έχω δημιουργήσει. Ο στόχος είναι να αποθηκευτούν εκεί οι αρχικές εικόνες και όταν το κύριο πρόγραμμα αρχίσει να τρέχει, τότε θα συγκρίνει τις εικόνες που θα παίρνει σε πραγματικό χρόνο με τις εικόνες που θα έχει αποθηκεύσει στο φάκελό μου. Για κάθε εργαλείο αποθηκεύτηκαν τρεις φωτογραφίες ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα στην αναγνώριση, αν ο βραχίονας πιάσει με διαφορετικό τρόπο κάποιο εργαλείο. Η κάμερα που χρησιμοποιείται και εδώ είναι αυτή μέσω της εφαρμογής Igiun webcam. Η κίνηση του βραχίονα για να πάει ως την κάμερα βασίζεται στην αρχική συνάρτηση Servomove.py και η λήψη εικόνων στο screenshot.py. Έχει οριστεί η θέση που θα πηγαίνει ο βραχίονας να παίρνει τα εργαλεία, η θέση που θα σταματά μπροστά στην κάμερα εκεί γίνεται μια μικρή παύση ώστε ληφθεί η φωτογραφία χωρίς τραντάγματα και η θέση που επιστρέφει ο βραχίονας για να πιάσει το επόμενο εργαλείο. Η διαδικασία αυτή γίνεται δεκαπέντε φορές, δηλαδή τρεις φορές για κάθε εργαλείο.



Εικόνα 42: Τα τρία screenshot για τον γουταπέρκα

Να σημειωθεί εδώ, ότι κάθε φωτογραφία πρέπει να έχει διαφορετικό όνομα, γιατί αλλιώς η μία θα αντικαταστήσει την άλλη και δεν θα έχουμε την επιθυμητή βάση δεδομένων.



Εικόνα 43: Τα τρία screenshot ης βαμβακολαβίδας

Η μπάρα εργασιών του υπολογιστή πρέπει να είναι κρυμμένη. Είναι το μόνο στοιχείο της εικόνας είναι η ώρα στη γραμμή εργασιών και αυτό μπορεί να χαλάσει τη σύγκριση αργότερα.



Εικόνα 44: Τα τρία screenshot του κοχλιαρίου

Προσέχουμε να μην μεταβληθεί τίποτα στο φόντο τόσο κατά τη διάρκεια του registration όσο και κατά τη διάρκεια λειτουργίας του βραχίονα κατά την ταξινόμηση.



Εικόνα 45: Τα τρία screenshot του ανιχνευτήρα

Σε κάθε στιγμιότυπο διατηρούμε τα υπόλοιπα εργαλεία στις θέσεις τους, διότι κατά την ταξινόμηση τα εργαλεία θα βρίσκονται στις θέσεις αυτές και θα φαίνονται στο υπόβαθρο.



Εικόνα 46: Τα τρία screenshot του κατόπτρου

4. Compare.py: Στο κομμάτι αυτό, το πρόγραμμα συγκρίνει τις εικόνες που λήφθηκαν κατά τη διάρκεια του registration, με αυτή που λαμβάνονται από την κάμερα σε πραγματικό χρόνο. Πρώτα τις μετατρέπει σε διδιάστατους πίνακες. Αν οι πίνακες είναι ίσοι, τότε έχουμε αναγνώριση και το εργαλείο ταξινομείται στην προκαθορισμένη θέση του. Αν δεν αναγνωριστεί το εργαλείο, επιστρέφεται στην αρχική του θέση και το πρόγραμμα συνεχίζει με κάποιο άλλο. Πρώτα θα πρέπει να εισάγουμε την βιβλιοθήκη numpy και την ονομάζουμε np για συντομία. Άρα γράφουμε `import numpy as np`.

Στη συνέχεια πρέπει να κάνουμε τις εικόνες πίνακες. Έχει προκαθοριστεί οι εικόνες που προκύπτουν από την ταξινόμηση να αποθηκεύονται σε έναν φάκελο με το όνομα data. Άρα καλούμε την εικόνα από το φάκελο data και τη μετατρέπουμε σε πίνακα.

```
A = np.array(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\data\file name2.png')
```

Στη συνέχεια καλούμε όλες τις εικόνες από τη βάση δεδομένων, και τις μετατρέπουμε σε πίνακες με τον ίδιο τρόπο. Συγκρίνουμε τους πίνακες αυτούς με τον πίνακα της φωτογραφίας που μας ενδιαφέρει.

```
equal_arrays = (A == B).all()
```

Αν οι πίνακες είναι διαφορετικοί, τυπώνεται το μήνυμα Falls, ενώ αν

είναι ίσοι τυπώνεται το μήνυμα True. Αν λοιπόν έχουμε ισότητα, τότε το εργαλείο πηγαίνει και εναποτίθεται σε μια συγκεκριμένη θέση, ανάλογα με ο είδος του.

Αυτές είναι οι βασικές συναρτήσεις συνδυάζονται μέσα σε ένα κεντρικό πρόγραμμα με το όνομα `main_loop.py` και ο βραχίονας πραγματοποιεί την ταξινόμηση.

Πρώτα τοποθετείται η κάμερα σε σημείο που να βλέπει τον βραχίονα, στη συνέχεια τοποθετούνται τα αντικείμενα του υποβάθρου. Οι θέσεις που θα τοποθετηθούν τώρα τα εργαλεία δε πρέπει να μεταβληθούν ούτε κατά την ταξινόμηση.

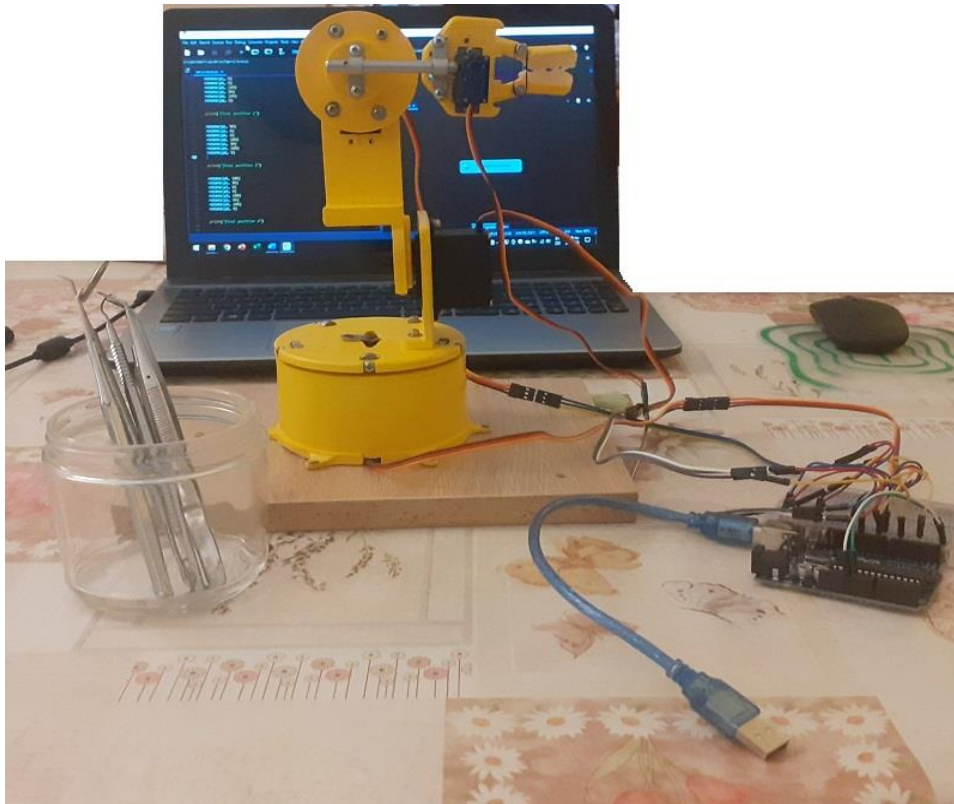
Αφού φτιαχτεί η βάση δεδομένων, προχωράμε στην ταξινόμηση των εργαλείων ενεργοποιώντας το πρόγραμμα `main_loop.py`.

6. Αποτελέσματα

Η εργασία αυτή ολοκληρώθηκε με επιτυχία, καθώς στο τέλος, ο βραχίονας κατάφερε να λειτουργήσει με τον τρόπο που είχα σκεφτεί αρχικά. Το μόνο σημείο που δεν λειτούργησε όπως το ήθελα, ήταν η παραλαβή των αντικειμένων από τον κλίβανο και η τοποθέτησή τους στον πάγκο του οδοντιάτρου. Αυτό συνέβη διότι η άρθρωση που κατέβαζε τον τελικό επενεργητή στο ύψος του τραπέζιου, έδινε πολύ βάρος στην κατασκευή, με αποτέλεσμα να τη ρίχνει κάτω. Για αυτό το λόγο έπρεπε να αφαιρεθεί.

Οι βασικοί στόχοι όμως της εργασίας εκπληρώθηκαν, αφού πέρασα από όλα τα στάδια της κατασκευής ενός ρομποτικού βραχίονα. Βρήκα το σχέδιο, αν και δεν κατάφερα να το επεξεργαστώ, εκτύπωσα τα κομμάτια στον τρισδιάστατο εκτυπωτή της σχολής, τα λείανα και τα έβαψα, τα συναρμολόγησα και σκέφτηκα διάφορους τρόπους που μπορούν να συνδεθούν τα κομμάτια που δεν κούμπωναν καλά μεταξύ τους, βρήκα όλα τα αναλώσιμα που απαιτούνταν για την κατασκευή, έκανα ηλεκτρικό κύκλωμα και τον προγραμματισμό της πλακέτα Arduino uno.

Η τελική κατασκευή είναι λειτουργική και ελαφριά και ένας οδοντίατρος θα μπορούσε να την έχει στο ιατρείο του, αφού το τελικό κόστος δεν ξεπέρασε τα εκατό ευρώ. Τέλος όλα γίνονται μέσω ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, που όλοι πλέον έχουμε έναν, άρα δεν έχει άλλη επιβάρυνση για να λειτουργήσει.



Εικόνα 47: Τελική κατασκευή

7. Συμπεράσματα και μελλοντικές βελτιώσεις

7.1 Συμπεράσματα

Καθώς ο καιρός περνά, γίνεται κατανοητό ότι, με τη βοήθεια της επιστήμης και της τεχνολογίας, ο άνθρωπος έχει τη δύναμη -για πρώτη φορά σε τόσο μεγάλο βαθμό- να επαναξιολογήσει το περιβάλλον του με τους δικούς του όρους, αποκλείοντας ακόμη και φυσικούς περιορισμούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα έναν κάπως λιγότερο σημαντικό ρόλο της φύσης στη βιολογική ανάπτυξη του ανθρώπου. Στις μέρες μας, η ανάπτυξη του ανθρώπινου γένους ορίζεται από τον ίδιο τον άνθρωπο και τον τεχνολογικό του πολιτισμό. Με την υπάρχουσα δυναμική, θα γίνουμε μάρτυρες σημαντικών αλλαγών στο άμεσο μέλλον. Εάν δεν μπορούμε να περιορίσουμε την έμφυτη φύση μας να θέλει το «αδύνατο», είναι ζωτικής σημασίας να επικεντρωθούμε στο ανθρώπινο πρόσωπο που ονειρεύεται ένα ανθρώπινο σώμα και μεταμοσχεύσεις νευρο-μυητικών κυκλωμάτων στην πρόταση της Γενετικής για τη βελτίωση του είδους. Η τεχνολογία οδηγεί το δρόμο στο σχεδιασμό του «νέου ανθρώπου». Αλλά δεν πρέπει να χρησιμοποιούμε τις επιστημονικές εξελίξεις χωρίς σκέψη, εν τέλει υπερισχύουσες, εξαναγκάζοντας, παραβιάζοντας τη φύση. Η ιατρική βιο-ηθική επισημαίνει ότι απαιτείται προσεκτική και σοφή σκέψη για τον τρόπο με τον οποίο διαχειριζόμαστε τα τεχνολογικά επιτεύγματα και τον βαθμό στον οποίο θα επιτρέψουμε στην τεχνολογία να αντικαταστήσει τη φύση.

7.2 Μελλοντικές βελτιώσεις

Σίγουρα το τελικό αποτέλεσμα είναι λειτουργικό αλλά όπως πάντα μπορεί να γίνει και καλύτερο. Αν ξανά έκανα αυτή την κατασκευή, θα ήξερα πως το σχέδιο είναι έλειπες και θα φρόντιζα να σχεδιάσω τα κομμάτια που λείπουν πριν γίνει η εκτύπωση. Επίσης, θα χρησιμοποιούσα ασύρματες πλακέτες για να μην υπάρχουν εκτεθειμένα καλώδια κατά τη λειτουργία του βραχίονα. Βέβαια αυτό θα έπρεπε να προβλεφθεί και στο σχέδιο. Να δημιουργηθεί δηλαδή μια βάση για την ασύρματη πλακέτα. Αν όλα τα υλικά ήταν από πλαστικό PLA, ο βραχίονας δεν θα είχε τόσο βάρος κατά την κίνηση και θα μπορούσα να βάλω και την άρθρωση που αφάιρεσα λόγω αυτού. Ακόμη, θα εκτύπωνα και περιφερειακά πλαστικά τμήματα, για να προστατεύσω να εκτεθειμένα καλώδια που βρίσκονται πάνω στο βραχίονα. Τέλος, καλό θα ήταν να προστεθούν φίλτρα και τεχνικές αφαίρεση του υποβάθρου από τις εικόνες ώστε να μην χρειάζεται να είναι πάντα σταθερό το φόντο και να μην υπάρχουν προβλήματα στη σύγκριση.

Αναφορές – Πηγές

- [1] Φ.Ν. Κουμπούλης, Β.Γ. Μέρτζιος Εισαγωγή στη Ρομποτική Εκδόσεις Παπασωτηρίου Αθήνα 2002
- [2] Δ.Καλλιγερόπουλος, Σ.Βασιλειάδου ΑΕΙ Πειραιά Τ.Τ. Ιστορία της Τεχνολογίας & των Αυτομάτων, Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 2005
- [3] Νίκος Μ. Χατζηγιαννάκης Η γλώσσα C++ σε βάθος, Εκδόσεις Κλειδάριθμος Αθήνα 2011
- [4] Whipp B.J, Petersen E.S, Ward S.A, Robbins P.A, et al (1987): “The Control of Breathing in man”, Manchester University Press, ISBN 0-7190-2463-3.
- [5] Longobardo G.S, Cherniack N.S, Strohl K.P, Fouke J.M. (1987): “Respiratory Control and Mechanics”, “Handbook of Bioengineering”, McGraw-Hill, ISBN 0-07-057783-8.
- [6] GRODIN F.S, BUELL J, BART A.J. (1967): “Mathematical Analysis and digital simulation of the respiratory control system”, J. App.Physiology 22, pp 260.
- [7] SAUNDERS K.B, BALI H.N, CARSON E.R. (1980): “A Breathing Model of Respiratory System: The Controlled System”, J. Theor. Biol, 84, pp 135-161.
- [8] NEMOTO T, HATZAKIS G, THORPE C.W, OLIVENSTEIN R, DIAL S, BATES J.H. (1999): “ Automatic control of pressure support mechanical ventilation using fuzzy logic”, Amer. Journal of Resp, and Cr. Care Med., 160, (2), pp 550-56.
- [9] Ι.Ν. Βαλληνδράς, Χειρούργος Οδοντίατρος, Ιερολογιτών 29, Νίκαια, 18454, τηλέφωνο 2104953508
- [10] Χ. Στριμπίνου (2021) “Κατασκευή και χειρισμός ρομποτικού βραχίονα για αναγνώριση ιατρικών εργαλείων με χρήση NFC”, pp.8-12

Παράρτημα 1: Ο κώδικας τμηματικά

Σε αυτό το σημείο φαίνεται ο κώδικας που χρησιμοποίησα αναλυτικά. Τμηματικά πήρα διάφορες συναρτήσεις και ιδέες από διάφορους ιστοτόπους που έχουν δωρεάν κώδικα για την python. Κάθε βήμα μπορεί να υλοποιηθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους. Επέλεξα κατά τη γνώμη μου τον συντομότερο τρόπο για να τρέχει όσον το δυνατόν πιο γρήγορα το πρόγραμμα.

Servomove.py

```
from pyfirmata import Arduino, SERVO, util
from time import sleep
import time
```

```
port = 'COM4'
p1=9
p2=6
p3=3
p4=11
```

```
board= Arduino(port)
```

```
board.digital[p1].mode=SERVO
board.digital[p2].mode=SERVO
board.digital[p3].mode=SERVO
board.digital[p4].mode=SERVO
```

```
def rotate(pin,angle):
    board.digital[pin].write(angle)
    time.sleep(1)
```

```
time.sleep(0.5)
rotate(p1, 100)
time.sleep(0.5)
rotate(p2, 100)
time.sleep(0.5)
rotate(p3, 100)
time.sleep(0.5)
rotate(p4, 100)
time.sleep(0.5)
```

screencut.py

```
import pyautogui
import time
from pyfirmata import Arduino, SERVO, util
```

```
port = 'COM4'
p1=9
```

```
p2=6
p3=3
p4=11

board= Arduino(port)

board.digital[p1].mode=SERVO
board.digital[p2].mode=SERVO
board.digital[p3].mode=SERVO
board.digital[p4].mode=SERVO

def rotate(pin,angle):
    board.digital[pin].write(angle)
    time.sleep(1)

rotate(p1, 100)
rotate(p2, 100)
rotate(p3, 100)
rotate(p4, 100)

time.sleep(5)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name1.png')

time.sleep(5)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name2.png')

time.sleep(5)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name3.png')

time.sleep(5)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name4.png')

time.sleep(5)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name5.png')

print("Programm end")
```

Compare.py

```
import numpy as np

A = np.array(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\data\file name2.png')
B = np.array(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name2.png')
equal_arrays = (A == B).all()
```


registration.py

```
from pyfirmata import Arduino, SERVO, util
from time import sleep
import time
import pyautogui

port = 'COM4'
p1=3
p3=6
p2=9
p4=12

board= Arduino(port)

board.digital[p1].mode=SERVO
board.digital[p3].mode=SERVO
board.digital[p2].mode=SERVO
board.digital[p4].mode=SERVO

def rotate(pin,angle):
    board.digital[pin].write(angle)
    time.sleep(3)

rotate(p3, 10)
rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name1.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 1")

rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name2.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 2")

rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
```

```
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name3.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 3")
```

```
rotate(p1, 50)
time.sleep(3)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name4.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 4")
```

```
rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name5.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 5")
```

```
rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name6.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 6")
```

```
rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name7.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
```

```
print("screen 7")

rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
time.sleep(3)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name8.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 8")

rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name9.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 9")

rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name10.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 10")

rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name11.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 11")

rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
time.sleep(3)
```

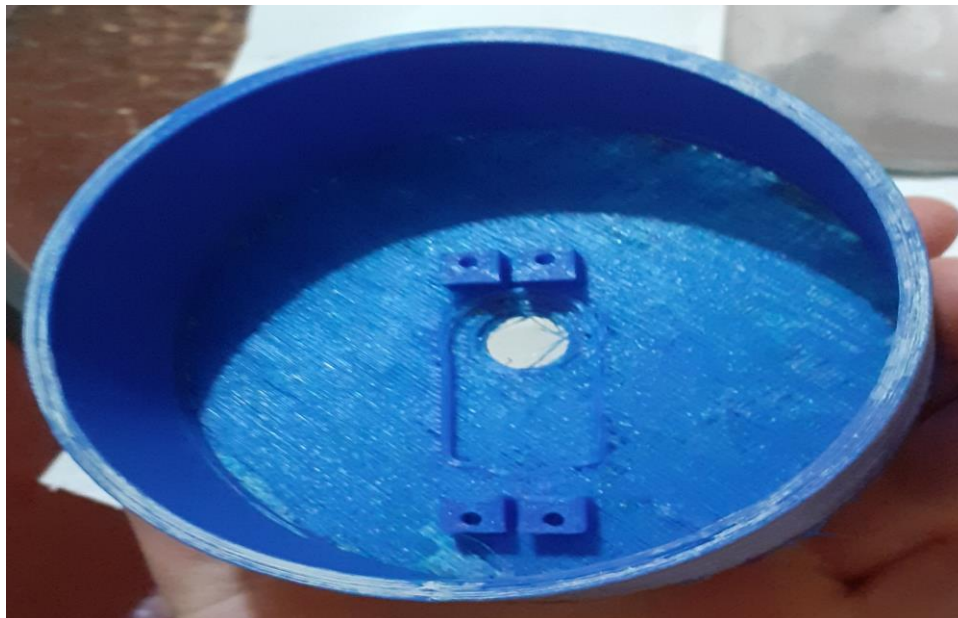
```
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name12.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 12")
```

```
rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name13.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 13")
```

```
rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name14.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 14")
```

```
rotate(p4, 100)
rotate(p1, 50)
rotate(p1, 0)
rotate(p4, 0)
rotate(p2, 100)
myScreenshot = pyautogui.screenshot()
myScreenshot.save(r'C:\Users\elenh\.spyder-py3\screenshot\file name15.png')
rotate(p4, 100)
rotate(p2, 0)
print("screen 15")
```

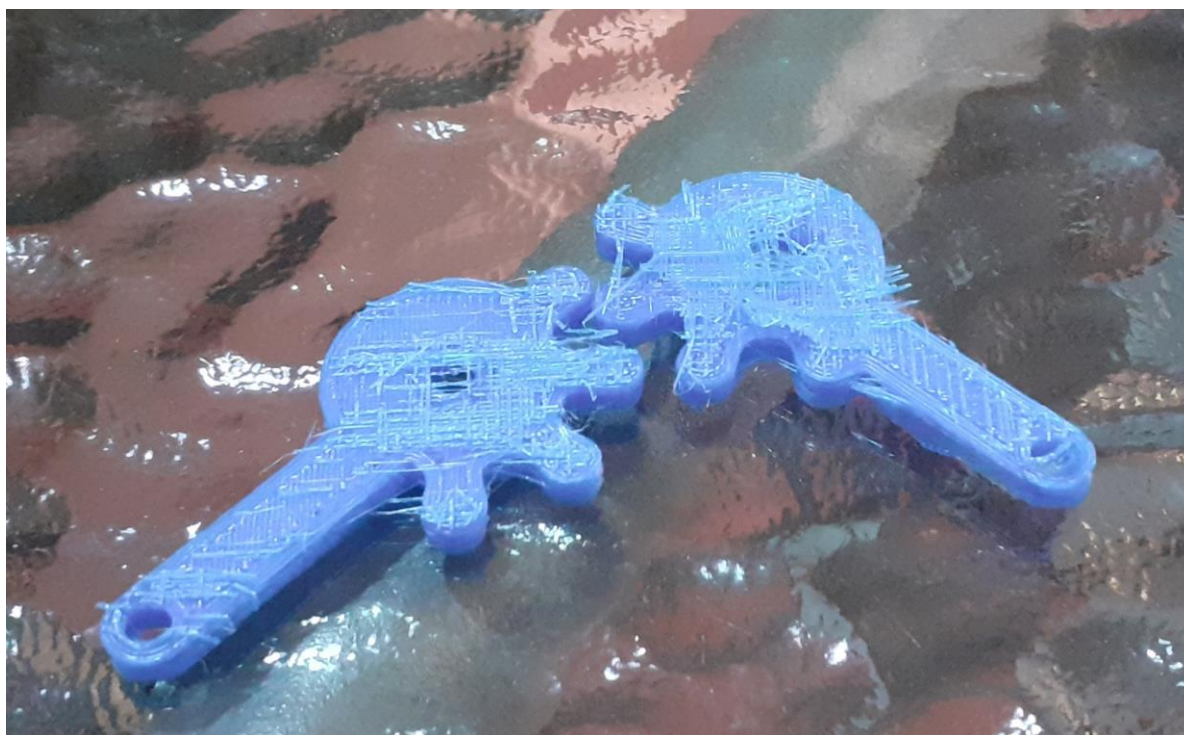
Παράρτημα 2: Εικόνες από την πρόχειρη εκτύπωση (fast printing)



Εικόνα 21: Εσωτερικό της βάσης από fast printing



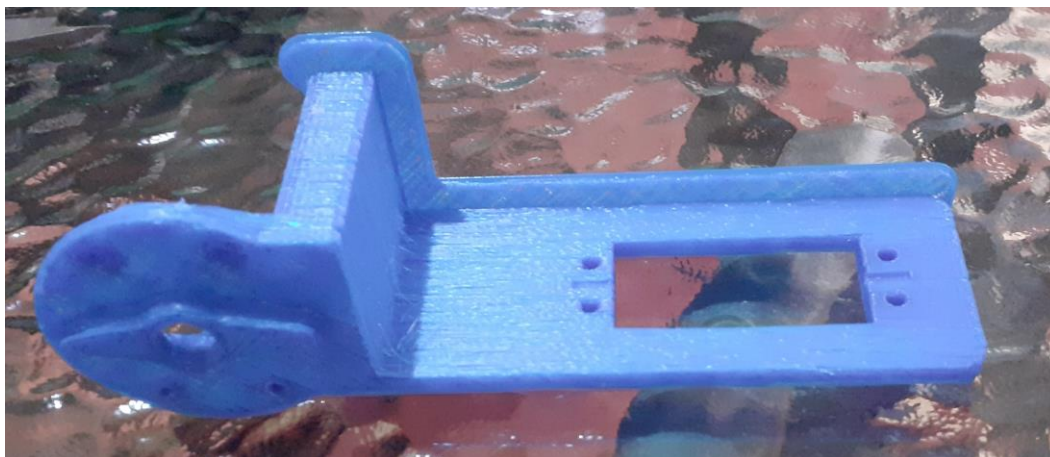
Εικόνα 19: Σύνδεσμος βάσης με οπές από fast printing



Εικόνα 48: Γρανάζια σύμπλεξης από fast printing



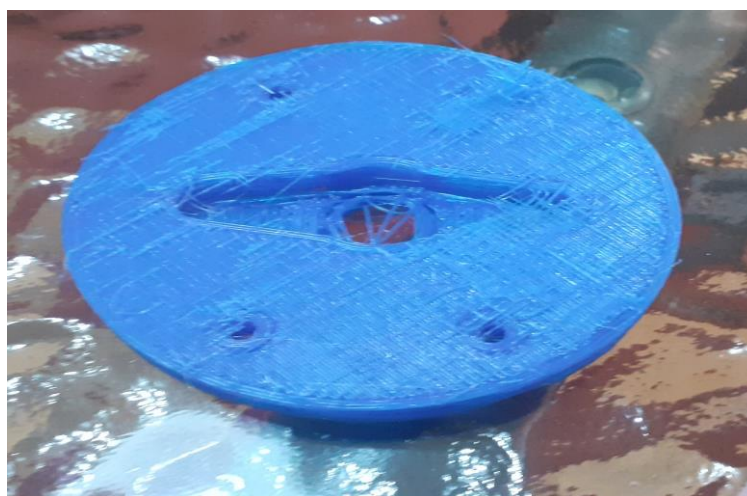
Εικόνα 17: Βάση στήριξης μογλού από fast printing



Εικόνα 16: Μοχλός μετάδοσης κίνησης από fast printing



Εικόνα 15: Δαγκάνες από fast printing



Εικόνα 14: Υποδοχή σερβοκινητήρα από fast printing



Εικόνα 12: Βάση δαγκάνας από fast printing

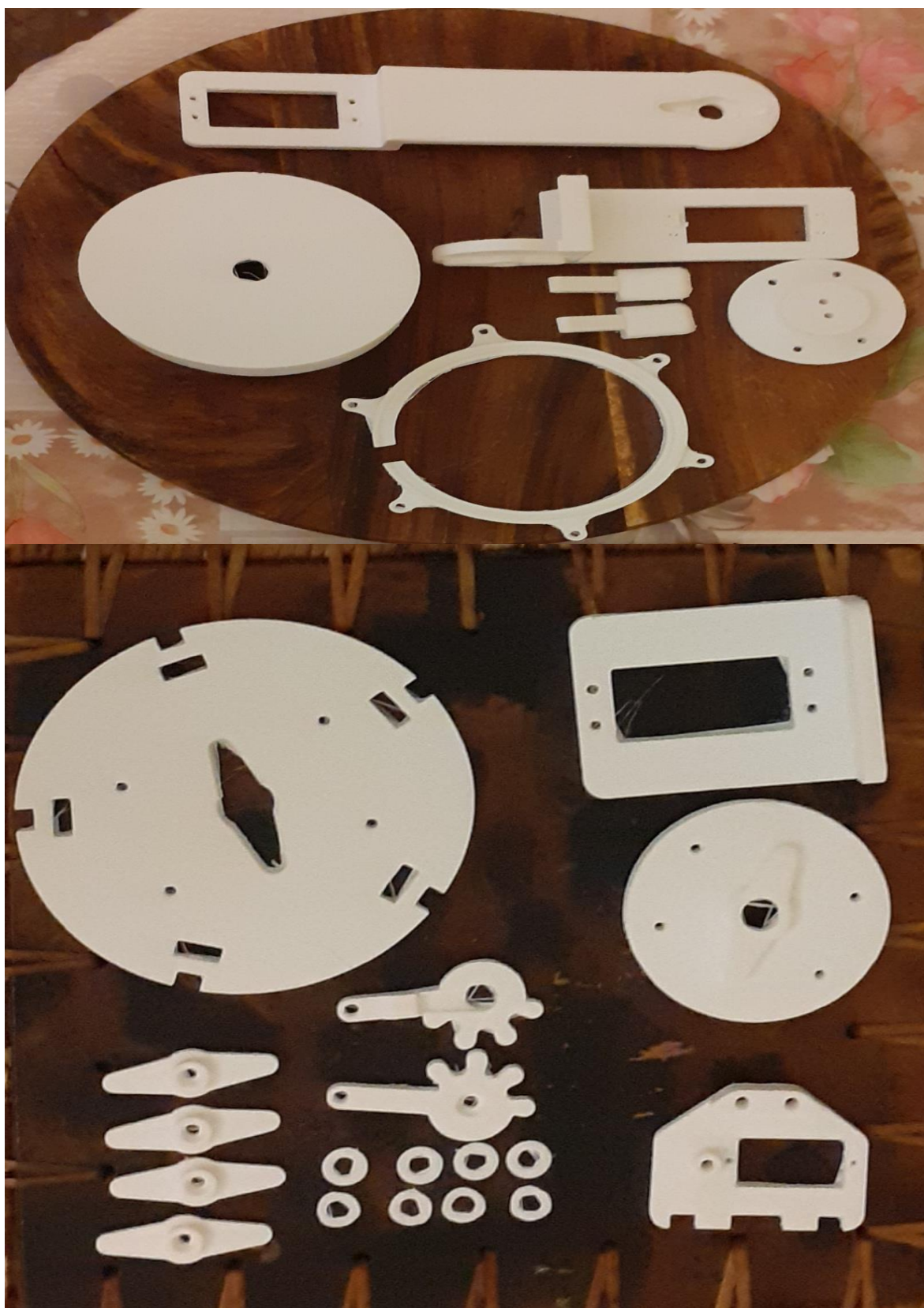


Εικόνα 10: Μοχλός μετάδοσης κίνησης από fast printing



Εικόνα 11: Περιστρεφόμενη βάση από fast printing

Στο fine printing...



Εικόνα 49: Τμήματα ρομποτικού βραχίονα από fine printing