



**Πανεπιστήμιο Αιγαίου**  
**Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών**  
**Συστημάτων**

---

ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΒΡΑΧΙΩΝΑΣ ΕΜΒΟΛΙΑΜΟΥ

---

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ANNA Γ. ΣΠΥΡΟΥ 321/2016185**

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Εργίνα Καβαλλιεράτου

ΚΑΡΛΟΒΑΣΙ ΣΑΜΟΥ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2023



## Δήλωση μη λογοκλοπής

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

Άννα Γ. Σπύρου



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου Εργίνα Καβαλλιεράτου που με εμπιστεύτηκε με την εκτέλεση αυτής της εργασίας. Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω οικογένεια και φίλους, για την υποστήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια που βρίσκομαι στο Καρλόβασι Σάμου για τις σπουδές μου.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ρομποτική και τα ρομπότ έχουν εισχωρήσει σε πολλούς τομείς της ζωής των ανθρώπων. Από την Προϊστορία ακόμη υπήρχαν μύθοι και θρύλοι, που αναφέρονταν σε αυτόματες μηχανές. Στην Αρχαία Ελλάδα υπήρξαν πολλές αυτόματες κατασκευές, οι οποίες γίνονταν όλο και πιο πολύπλοκες με το πέρασμα του χρόνου, έως ότου φτάσουμε στα σύγχρονα πολύπλοκα ρομποτικά συστήματα.

Τα ρομπότ διακρίνονται σε πολλά είδη, ένα από αυτά είναι και οι ρομποτικοί βραχίονες, οι οποίοι βρίσκουν εφαρμογή σε πολλούς τομείς, ένας από τους οποίους είναι και η ιατρική.

Στην παρούσα εργασία, θα παρακολουθήσουμε την διαδικασία δημιουργίας ενός ρομποτικού βραχίονα εμβολιασμού. Ο συγκεκριμένος βραχίονας σχεδιάστηκε με το πρόγραμμα fusion 360. Στη συνέχεια για την κατασκευή του χρησιμοποιήθηκαν τα εξής:

- Raspberry Pi 4 Model B
- Servo HAT for Raspberry Pi
- 2 Servo motors
- 1 Micro Servo motor
- Raspberry Pi Camera module V2
- 3D printed κομμάτια.

Ο βραχίονας προγραμματίστηκε με το λογισμικό Raspberry Pi OS(32-bit) μέσω του Raspberry Pi Imager.

**Λέξεις Κλειδιά:** ρομποτική, ρομπότ, ρομποτικοί βραχίονες, εμβολιασμός.



## ABSTRACT

Robotics and robots have penetrated many areas of human life. Even since prehistory, there were myths and legends that referred to automatic machines. In ancient Greece, there were many automatic constructions, which became increasingly complex over time, until we reached the modern complex robotic systems.

Robots come in many types, one of which is robotic arms, which find application in many fields, one of which is medicine.

In this project, we will follow the process of creating a robotic vaccination arm. This particular robotic arm was designed with the Fusion 360 program. Then, the following were used for its construction:

- Raspberry Pi 4 Model B
- Servo HAT for Raspberry Pi
- 2 Servo motors
- 1 Micro Servo motor
- Raspberry Pi Camera module V2
- 3D printed parts.

The robotic arm was programmed with the Raspberry Pi OS (32-bit) software using the Raspberry Pi Imager.

**Key words:** robotics, robots, robotic arms, vaccination.



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....                                       | 9  |
| <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο</u> .....                             | 10 |
| 1.ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ... ..                            | 10 |
| 2.ΟΡΙΣΜΟΣ ΡΟΜΠΟΤ .....                               | 12 |
| 3.ΕΙΔΗ ΡΟΜΠΟΤ .....                                  | 13 |
| 4.ΑΠΟ ΤΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΕΝΑ ΡΟΜΠΟΤ .....                | 13 |
| 5. ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ ΕΝΟΣ ΡΟΜΠΟΤ .....               | 14 |
| <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο</u> .....                             | 15 |
| 1. ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΙ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ.....                         | 15 |
| 2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΥ .....                      | 16 |
| 2.1 Ορισμός εμβολιασμού .....                        | 16 |
| 2.2 Τύποι εμβολίων.....                              | 17 |
| 2.3 Τεχνικές εμβολιασμού .....                       | 17 |
| 2.4 Οδηγίες και διαδικασία εμβολιασμού.....          | 18 |
| 3.ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΣ ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΣ .....                       | 20 |
| <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο</u> .....                             | 23 |
| ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΥ ..... | 23 |
| <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο</u> .....                             | 28 |
| ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΥ.....   | 28 |
| 1. Raspberry Pi 4 Model B+ .....                     | 28 |
| 2. Servo HAT for Raspberry Pi .....                  | 29 |
| 3.Servo motors.....                                  | 30 |
| 4. Micro Servo motor.....                            | 30 |
| 5. Raspberry Pi Camera module V2 .....               | 31 |
| 6. 3D printed κομμάτια .....                         | 32 |
| <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο</u> .....                             | 44 |
| ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ .....                                | 44 |
| <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο</u> .....                             | 50 |
| ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....                           | 50 |
| <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο</u> .....                             | 51 |
| 1.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....                                 | 51 |
| 2.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....                                     | 51 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....                                   | 53 |



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 1: Puma 6 DOF robot - Stanford university.....                     | 16 |
| Εικόνα 2: Snake Redundant robot Carnegie Mellon University.....           | 16 |
| Εικόνα 3: Βελόνες για τεχνικές εμβολιασμού.....                           | 18 |
| Εικόνα 4: Σύριγγα 1ml εμβολίου .....                                      | 18 |
| Εικόνα 5 Απεικόνιση εμβολιασμού .....                                     | 18 |
| Εικόνα 6: Σύριγγα και βελόνα Project .....                                | 22 |
| Εικόνα 7: Σχέδιο βάσης.....                                               | 23 |
| Εικόνα 8: Σχέδιο επάνω μέρος βάσης.....                                   | 24 |
| Εικόνα 9: Σχέδιο για σώμα βραχίονα.....                                   | 24 |
| Εικόνα 10: Σχέδιο βάσης σύριγγας .....                                    | 25 |
| Εικόνα 11: Σχέδιο 1 μηχανισμού πίεσης εμβόλου .....                       | 25 |
| Εικόνα 12: Σχέδιο 2 μηχανισμού πίεσης εμβόλου .....                       | 26 |
| Εικόνα 13: Σχέδιο 3 μηχανισμού πίεσης εμβόλου .....                       | 26 |
| Εικόνα 14: Μηχανισμός πίεσης εμβόλου πάνω στη βάση σύριγγας.....          | 26 |
| Εικόνα 15: Ολοκληρωμένο σχέδιο 1.....                                     | 27 |
| Εικόνα 16: Ολοκληρωμένο σχέδιο 2... ..                                    | 27 |
| Εικόνα 17: Raspberry Pi Model B+.....                                     | 28 |
| Εικόνα 18: Adafruit Servo Pi HAT .....                                    | 29 |
| Εικόνα 19: Σερβοκινητήρας MG 996R.....                                    | 30 |
| Εικόνα 20: Σερβοκινητήρας FS90 micro .....                                | 30 |
| Εικόνα 21: Raspberry Pi Camera module V2. ....                            | 31 |
| Εικόνα 22: Κάτοψη Βάσης.....                                              | 32 |
| Εικόνα 23: Πρόσοψη Βάσης .....                                            | 32 |
| Εικόνα 24: Κάτοψη επάνω μέρος βάσης.....                                  | 33 |
| Εικόνα 25: Πρόσοψη επάνω μέρους βάσης .....                               | 33 |
| Εικόνα 26: Σύνδεση σερβοκινητήρα MG 996R στο επάνω μέρος της βάσης .....  | 34 |
| Εικόνα 27: Κάτοψη κομματιών στήριξης.....                                 | 34 |
| Εικόνα 28: Σύνδεση κομματιών στήριξης.....                                | 35 |
| Εικόνα 29: Κάτοψη σύνδεσης σερβοκινητήρα MG 996R με τα κομμάτια στήριξης  | 35 |
| Εικόνα 30: Πρόσοψη σύνδεσης σερβοκινητήρα MG 996R με τα κομμάτια στήριξης | 36 |



|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| Εικόνα 31: Κάτοψη βάσης σύριγγας.....                               | 36 |
| Εικόνα 32: Γωνιακή όψη βάσης σύριγγας .....                         | 37 |
| Εικόνα 33: Πρόσοψη τοποθέτησης σύριγγας στη βάση της .....          | 37 |
| Εικόνα 34: Προβολή σύριγγας στη βάση με στηρίγματα.....             | 38 |
| Εικόνα 35: Προβολή σύριγγας στη βάση με στηρίγματα.....             | 38 |
| Εικόνα 36: Κάτοψη μηχανισμού πίεσης εμβόλου .....                   | 39 |
| Εικόνα 37 Πρόσοψη μηχανισμού πίεσης εμβόλου .....                   | 39 |
| Εικόνα 38 Σύνδεση των δύο κομματιών .....                           | 40 |
| Εικόνα 39: Προσθήκη του γραναζιού-micro servo.....                  | 40 |
| Εικόνα 40: Εμφάνιση ολοκληρωμένου μηχανισμού πίεσης εμβόλου 1 ..... | 41 |
| Εικόνα 41: Εμφάνιση ολοκληρωμένου μηχανισμού πίεσης εμβόλου 2 ..... | 41 |
| Εικόνα 42: Ολοκληρωμένος βραχίονας εμβολιασμού 1.....               | 42 |
| Εικόνα 43: Ολοκληρωμένος βραχίονας εμβολιασμού 2.....               | 42 |
| Εικόνα 44: Ολοκληρωμένος βραχίονας εμβολιασμού 3.....               | 43 |
| Εικόνα 45: Κάτοψη ολοκληρωμένου βραχίονα εμβολιασμού.....           | 43 |
| Εικόνα 46: Λειτουργικό σύστημα Raspberry 1 .....                    | 44 |
| Εικόνα 47: Λειτουργικό σύστημα Raspberry 2 .....                    | 44 |
| Εικόνα 48: Λειτουργικό σύστημα Raspberry 3 .....                    | 45 |
| Εικόνα 49: Λειτουργικό σύστημα Raspberry 4 .....                    | 45 |
| Εικόνα 50: Παραμετροποίηση Raspberry 1 .....                        | 46 |
| Εικόνα 51: Παραμετροποίηση Raspberry 2.....                         | 47 |
| Εικόνα 52: Παραμετροποίηση Raspberry 3.....                         | 47 |
| Εικόνα 53: Προγραμματισμός 1.....                                   | 48 |
| Εικόνα 54: Προγραμματισμός 2.....                                   | 48 |
| Εικόνα 55: Προγραμματισμός 3.....                                   | 49 |



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

«Η Ρομποτική είναι ο κλάδος της επιστήμης που μελετά τις μηχανές εκείνες που μπορούν να αντικαταστήσουν τον άνθρωπο στην εκτέλεση μιας εργασίας, η οποία συνδυάζει τη φυσική δραστηριότητα με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων» (Κώτης & Σκουλούδης, 2020).

Η ρομποτική σήμερα έχει εισχωρήσει σε πολλούς τομείς της ζωής των ανθρώπων, έχει εφαρμογές στη βιοτεχνία και βιομηχανία, στο διάστημα, στην εκπαίδευση, στο στρατό και φυσικά στην ιατρική (Μπουράντα, 2019).

Τα πρώτα βιομηχανικά ρομπότ κατασκευάστηκαν πριν από 50 χρόνια, για να αυτοματοποιήσουν βρώμικες, ανιαρές και επικίνδυνες εργασίες. Σήμερα, όμως υπάρχει μεγάλο εμπορικό και ερευνητικό ενδιαφέρον για την ρομποτική ιατρική, η οποία έχει σημειώσει σημαντική ανάπτυξη την τελευταία δεκαετία. Έτσι σήμερα, τηλερομποτικά συστήματα χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση χειρουργικών επεμβάσεων, με αποτέλεσμα η ανάρρωση να διαρκεί λιγότερο χρόνο (Κορδούλης & Μαχαίρας, 2020).

Επίσης, ρομποτικά συστήματα αποκατάστασης παραδίδουν επιτυχώς φυσική και επαγγελματική θεραπεία. Επιπλέον, κοινωνικά υποστηρικτικά ρομποτικά (Socially Assistive Robotic - SAR) συστήματα αναπτύσσονται συνεχώς, για χρήση τόσο σε ιατρικούς χώρους, όσο και στο σπίτι των ασθενών, τα οποία είναι σε θέση να παρακολουθούν σωματικές, γνωστικές και κοινωνικές ασκήσεις (Κορδούλης & Μαχαίρας, 2020).

Στην παρούσα εργασία, αφού πρώτα γίνει μια μικρή ιστορική αναδρομή στα ρομπότ, θα δούμε πως θα σχεδιαστεί, θα κατασκευαστεί και θα προγραμματιστεί για να λειτουργήσει ένας ρομποτικός βραχίονας εμβολιασμού.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### 1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ιδέα της αυτόματης μηχανής υπήρχε ήδη από την Προϊστορία, σε πολλούς μύθους και θρύλους της Αρχαίας Ελλάδας αναφέρονται μηχανές που είχαν δημιουργηθεί από τους θεούς. Κάποιες από αυτές είναι οι εξής:

- Οι χρυσοί βοηθοί του Ηφαίστου: χρυσές γυναίκες βοηθοί στο εργαστήριό του.
- Οι μηχανικοί σκύλοι του Ηφαίστου: χρυσοί και ασημένιοι αθάνατοι σκύλοι που προστάτευαν το παλάτι του βασιλιά Αλκίνοου.
- Οι κινούμενες κούκλες του Δαίδαλου: κούκλες που μιλούσαν και κουνιόταν.
- Οι μηχανικοί ανθρωπόμορφοι φύλακες του Λαβύρινθου: τους είχε φτιάξει ο Δαίδαλος και κινούνταν με υδράργυρο.
- Τάλως: ο Ήφαιστος έφτιαξε, για τον βασιλιά Μίνωα και την προστασία της Κρήτης, έναν χάλκινο θεόρατο άντρα. Ο Τάλως είναι η πιο γνωστή ανθρωπόμορφη μηχανή της αρχαιότητας.
- Ο θρόνος-παγίδα του Ήφαιστου: ένας εντυπωσιακός θρόνος που έφτιαξε ο Ήφαιστος για την μητέρα του Ήρα (Καρράς, 2019).

Βέβαια εκτός από τις αναφορές στη μυθολογία, υπήρξαν και αυτόματες μηχανές ιστορικά επιβεβαιωμένες. Μερικές από αυτές είναι οι κάτωθι:

- ❖ Η ιπτάμενη περιστέρα του Άρχυτα από τον Τάραντα: ο Τάραντας στα μέσα του 4<sup>ου</sup> αι. π.Χ. κατασκεύασε μια ιπτάμενη περιστέρα που κινούνταν με ατμό και πετούσε έως και 200 μέτρα.
- ❖ Η ‘αυτόματη θεραπείνς’ του Φίλωνα του Βυζαντίου: τον 3<sup>ο</sup> αι. π.Χ. ο Φίλωνας του Βυζαντίου κατασκεύασε ένα ανθρωποειδές ρομπότ σε φυσικό μέγεθος, με τη μορφή υπηρέτριας. Τοποθετώντας ένα κύπελλο στο αριστερό χέρι, το γέμιζε με κεκραμένο οίνο –νερωμένο κρασί- .
- ❖ Το υδραυλικό ρολόι του Κτησιβίου: ο Έλληνας Κτησίοβος από την Αλεξάνδρεια κατασκεύασε ένα υδραυλικό ρολόι. Το ρολόι αυτό λειτουργούσε με τη ροή του νερού και μπορούσε να μετρήσει τα 365 διαφορετικά ωράρια του έτους.



- ❖ Ο μηχανισμός Αντικυθύρων: κατασκευάστηκε μεταξύ του 150 π.Χ. και 100 π.Χ. και πήρε το όνομά του από το νησί των Αντικυθύρων, που βρέθηκε σε ένα ναυάγιο. Είναι ο πιο πολύπλοκος αρχαίος μηχανισμός που έχει βρεθεί και τον χρησιμοποιούσαν για αστρονομικές παρατηρήσεις.
- ❖ Το κινητό αυτόματο του Ήρωνα του Αλεξανδρέα: τον 1<sup>ο</sup> αι. μ.Χ. Ο Ήρωνας κατασκεύασε μια αυτόνομη συσκευή, η οποία μπορούσε να κινείται μόνη της.

Φυσικά όλα τα παραπάνω είναι μόνο μερικά παραδείγματα για αυτόματα της αρχαίας εποχής, όχι μόνο στην Ελλάδα αλλά και σε άλλες περιοχές της γης (Καρράς, 2019).

Η κατασκευή αυτόματων συνεχίστηκε τόσο στο Μεσαίωνα, όσο και στην Αναγέννηση. Ειδικότερα στην περίοδο της Αναγέννησης ο Ιταλός Λεονάρντο ντα Βίντσι ασχολήθηκε διεξοδικά με την κατασκευή αυτοκινήτων και αυτόματων μηχανών. Μελετώντας τους αρχαίους Έλληνες φιλοσόφους και ταυτόχρονα μελετώντας τα ανθρώπινα όργανα, μύες, οστά και νεύρα –πραγματοποιώντας νεκροψίες- , μπόρεσε να διατυπώσει ιδέες που σχετίζονται με το μέλλον της τεχνολογίας των αυτόματων (Καλλιγερόπουλος, 2005).

Μάλιστα ο Λεονάρντο στα τελευταία του σχέδια απεικόνισε με μεγάλη ακρίβεια τη δομή και τη λειτουργία ενός ρομπότ από ξύλο και δέρμα, το οποίο διέθετε και μεταλλικά εξαρτήματα και καλώδια. Το συγκεκριμένο ρομπότ είχε τη μορφή πολεμιστή-ιππότη και είχε την ικανότητα να κάθεται, να περιστρέφει το κεφάλι και να κινεί τα χέρια (Καλλιγερόπουλος, 2005).

Τον 19 αι. η ανακάλυψη του ηλεκτρισμού και η διατύπωση της θεωρίας του ηλεκτρομαγνητισμού είχε ως αποτέλεσμα τη ραγδαία εξέλιξη και ανάπτυξη των αυτόματων μηχανών.

Το 1804 ο Joseph-Marie Jacquard, κατασκεύασε έναν αυτόματο αργαλειό. Το σημαντικό αυτής της κατασκευής ήταν ότι λειτουργούσε με διάτρητες κάρτες τις οποίες εισήγαγε ο χρήστης. Η εφεύρεση των διάτρητων καρτών ήταν ιδιαίτερη σημαντική καθώς οδήγησαν στην εφεύρεση του ηλεκτρονικού υπολογιστή.



Επιπλέον, ο ηλεκτρομαγνητισμός έδωσε πολύ μεγάλη ώθηση στην κατασκευή πιο πολύπλοκων αυτόματων μηχανών (Καρράς, 2019).

Επίσης, διάφορα ρομπότ είχαν κατασκευαστεί και εκτελέσουν διάφορες εργασίες, όπως:

- Το τηλεχειριζόμενο πλοίο , το οποίο κατασκεύασε το 1898 ο Σέρβος Nikola Telsa.
- Το ανθρωποειδές ρομπότ Electro, το οποίο μπορούσε να μιλάει, να περπατάει και να καπνίζει. Κατασκευάστηκε από την εταιρεία Westinghouse Electric Corporation (Η.Π.Α.), ΤΟ 1930.
- Το 1948 το αυτόνομο ρομπότ Elsie, που κατασκευάστηκε στην Αγγλία στο πανεπιστήμιο του Bristol, μπορούσε να κινείται από ερεθίσματα που λάμβανε από αισθητήρες φωτός (Μπουράντα, 2019).

## 2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΡΟΜΠΟΤ

Ο όρος ρομπότ προέρχεται από την Τσεχοσλοβάκικη γλώσσα, από τη λέξη robota, η οποία σημαίνει καταναγκαστική εργασία. Ο Τσεχοσλοβάκος συγγραφέας Karel Capek το 1921 ανέβασε το θεατρικό έργο Rossum's Universal Robots, η υπόθεση του έργου στηρίζεται σε ένα μηχανικό κατασκεύασμα, το ρομπότ. Το έργο αναφέρεται σε μεταγενέστερο χρόνο, όπου η κοινωνία εξαρτάται από τα ρομπότ εργάτες της, τα οποία τελικά εξοντώνουν τους δημιουργούς τους. Ακόμη και σήμερα σε σύγχρονες σλαβικές γλώσσες η λέξη ρομπότ χρησιμοποιείται ως έκφραση της σκληρής καθημερινής δουλειάς (Χριστοφορίδου, 2012).

Το 1940 ο συγγραφέας Isaac Asimov, στα βιβλία του επιστημονικής φαντασίας, περιγράφει το ρομπότ ως ένα ανθρωπόμορφο αυτόματο σύστημα το οποίο καθοδηγεί ο άνθρωπος για το πως θα συμπεριφερθεί. Το 1942 στο διήγημα του "Runaround" διατυπώνει για πρώτη φορά τους νόμους των ρομπότ:

1. «Το ρομπότ δε θα κάνει κακό σε άνθρωπο, ούτε με την αδράνειά του θα επιτρέψει να βλαφτεί ανθρώπινο όν».
2. «Το ρομπότ πρέπει να υπακούει τις διαταγές που του δίνουν οι άνθρωποι, εκτός αν αυτές οι διαταγές έρχονται σε αντίθεση με τον πρώτο νόμο».



3. «Το ρομπότ οφείλει να προστατεύει την ύπαρξή του, εφόσον αυτό δεν συγκρούεται με τον πρώτο και τον δεύτερο νόμο» (Χριστοφορίδου, 2012).

### 3. ΕΙΔΗ ΡΟΜΠΟΤ

Τα ρομπότ ταξινομούνται στα παρακάτω είδη:

- Βιομηχανικά ρομπότ.
- Ρομποτικοί χειριστές.
- Αυτοκινούμενα.
- Τηλεχειριζόμενα.
- Νανορομπότ.
- Πολυ-ρομποτικά συστήματα.
- Ανθρωποειδή και βιο-μιμητικά (Φιλίππου & Μαυρόπουλος).

### 4. ΑΠΟ ΤΙ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΕΝΑ ΡΟΜΠΟΤ

Ένα απλό ρομπότ αποτελείται από δυο κύρια στοιχεία, το μηχανικό μέρος και τον ελεγκτή του.

Το μηχανικό μέρος ενός ρομπότ είναι το σύνολο των βραχιόνων από το οποίο αποτελείται, ένας ή και περισσότεροι. Οι λεπτομέρειες ενός ρομποτικού βραχίονα θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο της εργασίας.

Ο ελεγκτής είναι η ηλεκτρονική μονάδα του συστήματος μέσω της οποίας μπορεί αρχικά να προγραμματιστεί το ρομπότ και στη συνέχεια να γίνεται έλεγχος των κινήσεων του. Ο ελεγκτής αποτελείται από τα εξής μέρη:

1. Ηλεκτρονικά ( Hardware): περιλαμβάνουν έναν υπολογιστή , στον οποίο υπάρχει το πρόγραμμα ή τα προγράμματα, που θα εκτελεστούν, τα ηλεκτρονικά επικοινωνίας μεταξύ του ελεγκτή, του μηχανικού μέρους και του εξωτερικού περιβάλλοντος του συστήματος. Τέλος οι ενισχυτές ισχύος, οι οποίοι είναι αυτοί που ενισχύουν τα σήματα ελέγχου έτσι ώστε να μπορούν να κινηθούν οι αρθρώσεις από τους κινητήρες.



2. Λογισμικό (Software): με βάση κάποιον αλγόριθμο και σε συνδυασμό με διάφορες μεταβλητές όπως η θέση, η ταχύτητα και το φορτίο του συστήματος, με το λογισμικό θα δημιουργηθούν τα κατάλληλα σήματα ελέγχου. Εκτός από το κύριο πρόγραμμα, το λογισμικό διαθέτει και πολλά βοηθητικά προγράμματα (Μπουράντα, 2019).

## 5. ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ ΕΝΟΣ ΡΟΜΠΟΤ

Βασική παράμετρος σε ένα ρομποτικό σύστημα είναι οι βαθμοί ελευθερίας που διαθέτει. «Ως βαθμός ελευθερίας ορίζεται ο αριθμός των ανεξάρτητων παραμέτρων που προσδιορίζουν τη θέση ενός σώματος στο χώρο και αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό μέγεθος κάθε ρομποτικού βραχίονα και κατ' επέκταση όλου του ρομποτικού συστήματος» (Μπουράντα, 2019).

Οι βαθμοί ελευθερίας εκφράζουν το πόσο ευκίνητο είναι το ρομπότ. Ένας βαθμός ελευθερίας αντιστοιχεί σε μια ανεξάρτητη κινούμενη άρθρωση. Ένα ρομποτικό σύστημα για να μπορεί να κινηθεί στο χώρο πρέπει να έχει τουλάχιστον έξι βαθμούς ελευθερίας. Ο ανθρώπινος βραχίονας έχει επτά βαθμούς ελευθερίας (Μπουράντα, 2019).

Τα ρομποτικά συστήματα με παραπάνω από 6 βαθμούς ελευθερίας ονομάζονται πλεονάζοντα (redundant) (Μπαρτζελιώτης, 2017).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 1. ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΙ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ

Οι βραχίονες αποτελούν το μηχανικό μέρος ενός ρομποτικού συστήματος. Κάθε βραχίονας αποτελείται από τα εξής μέρη:

- **Βάση:** είναι το στερεωμένο μέρος του συστήματος, το οποίο συνδέεται με συνδέσμους και αρθρώσεις και καταλήγει στο σημείο δράσης.
- **Σύνδεσμοι:** είναι συνήθως στερεά σώματα, με τα οποία συγκρατείται και στηρίζεται ο σκελετός του συστήματος.
- **Αρθρώσεις:** Οι αρθρώσεις από τις οποίες αποτελείται ένας βραχίονας είναι αυτές που θα του δώσουν την δυνατότητα κίνησης. Οι αρθρώσεις είναι οι στροφικές και οι πρισματικές, οι στροφικές συμβάλουν στη σχετική στροφή μεταξύ δυο συνδέσμων και οι πρισματικές τη σχετική μετατόπιση, σε ευθεία γραμμή, ανάμεσα σε δυο γειτονικούς συνδέσμους. Κάθε άρθρωση δίνει ένα βαθμό ελευθερίας στον βραχίονα και φυσικά σε όλο το ρομπότ.
- **Αισθητήρες:** είναι αυτοί που συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με τη θέση και την ταχύτητα κάθε άρθρωσης ξεχωριστά.
- **Εργαλείο δράσης:** μπορεί να είναι μια αρπαγή, που μεταφέρει αντικείμενα, ένας συγκολλητής μετάλλων ή και ακόμη ένα λεπτοχειρουργικό εργαλείο. Κάθε βραχίονας στο τελικό του άκρο έχει ένα μηχανικό εξάρτημα, το οποίο πραγματοποιεί την λειτουργία για την οποία έχει σχεδιαστεί το ρομποτικό σύστημα (Μπουράντα, 2019).

Η δυνατότητα κίνησης του τελικού σημείου δράσης του βραχίονα εξαρτάται από τη δομή του. Ο χώρος εργασίας του ρομπότ εξαρτάται από το μήκος και το σχήμα του βραχίονα.

Η κίνηση των ρομποτικών βραχιόνων κατά κύριο λόγο βασίζεται στις κινηματικές εξισώσεις, την ευθεία κινηματική και την αντίστροφη κινηματική. Με την ευθεία κινηματική βρίσκουμε τη θέση του τελικού σημείου δράσης των βραχιόνων του ρομπότ και εκφράζεται από τη σχέση :

$$P_{ee} = F(q)$$



Όπου  $P_{ee}$  η θέση και ο προσανατολισμός του τελικού σημείου δράσης και η συνάρτηση  $F$  είναι η μη γραμμική σχέση των συντεταγμένων στο χώρο αρθρώσεων και αυτών στο χώρο εργασίας.

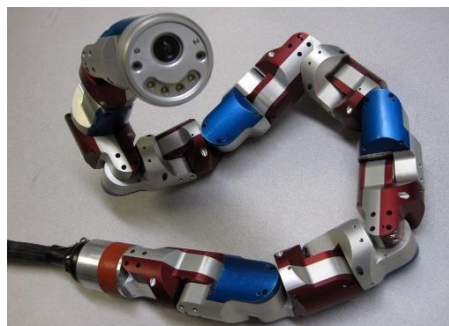
Αντίθετα στην αντίστροφη κινηματική δοθέντος της θέσης του τελικού σημείου δράσης βρίσκουμε τον προσανατολισμό και τις συντεταγμένες των βραχιόνων και περιγράφεται από την εξίσωση :

$$Q=F^{-1}(P_{ee})$$

Η επίλυση της παραπάνω εξίσωσης μπορεί να έχει παραπάνω από μία λύση. Επίσης, πολλές φορές είναι αδύνατο την υπολογίσουμε (Μπαρτζελιώτης, 2017).



Εικόνα 1: Puma 6 DOF robot - Stanford university



Εικόνα 2: Snake Redundant robot Carnegie Mellon University

## 2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΥ

### 2.1 Ορισμός εμβολιασμού.

« Ως εμβολιασμός ορίζεται η σκόπιμη έκθεση σε τροποποιημένες μορφές ή τροποποιημένα τμήματα του παθογόνου παράγοντα που προκαλεί ασθένεια ». Γενικότερα οι προληπτικοί εμβολιασμοί έχουν οδηγήσει μέσα στα χρόνια στον έλεγχο ή/και την εξάλειψη πολλών μολυσματικών ασθενειών που κάποτε κόστισαν εκατομμύρια ζωές (Εκπαιδευτικό εγχειρίδιο, 2020).

Ωστόσο ο εμβολιασμός δεν εξασφαλίζει πάντα την ανοσία. Πριν φτάσουν στο πληθυσμό τα εμβόλια, έτοιμα προς χορήγηση, θα πρέπει να περάσουν από αυστηρούς ελέγχους και δοκιμές σε ζώα και ανθρώπους.



## 2.2 Τύποι εμβολίων.

Οι κυριότεροι τύποι εμβολίων είναι οι εξής:

- Εμβόλια με ζωντανούς εξασθενημένους μικροοργανισμούς.
- Εμβόλια με αδρανοποιημένους ή νεκρούς μικροοργανισμούς.
- Εμβόλια με υπομονάδες (τμήματα του μικροοργανισμού).
- Εμβόλια με ανασυδρασμένους φορείς.
- Εμβόλια DNA (Εκπαιδευτικό εγχειρίδιο, 2020).

## 2.3 Τεχνικές εμβολιασμού.

Στην ιατρική υπάρχουν τρεις τεχνικές για τον εμβολιασμό και γενικότερα των ενέσεων όπου σε κάθε τεχνική χρησιμοποιούνται διαφορετικές μεγέθους βελόνες.

Οι τεχνικές εμβολιασμού είναι οι εξής:

### 1) Ενδοδερμική.

Σε αυτή την τεχνική η ένεση γίνεται με γωνία 15 μοιρών έτσι ώστε η βελόνα να διαπεράσει μόνο το δέρμα. Συνήθως οι βελόνες που χρησιμοποιούνται είναι των 16mm.

### 2) Υποδόρια.

Αυτές οι ενέσεις γίνονται σε γωνία 45 μοιρών όπου η βελόνα διαπερνά το δέρμα και το υποδόριο, όπου είναι ανάμεσα από το δέρμα και το μυ. Η βελόνες σε που χρησιμοποιούνται σε αυτή την τεχνική είναι 25mm.

### 3) Ενδομυϊκή.

Για αυτή την τεχνική η ένεση γίνεται στις 90 μοίρες και η βελόνα φτάνει ως τον μυ. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται οι πιο μικρές βελόνες των 13mm (Εκπαιδευτικό εγχειρίδιο, 2020).



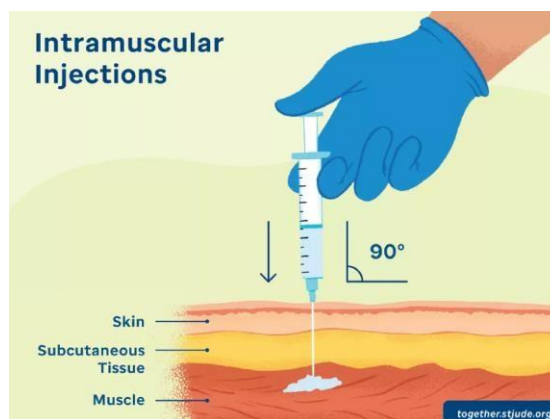
Εικόνα 3 : Βελόνες για τεχνικές εμβολιασμού

## 2.4 Οδηγίες και διαδικασία εμβολιασμού.

Η πιο συνηθισμένη τεχνική εμβολιασμού είναι η ενδομυϊκή. Στην Ελλάδα σύμφωνα με τις τελευταίες οδηγίες του ΕΟΔΥ(Εθνικός Οργανισμός Δημόσιας Υγείας) που ανακοινωθήκαν κατά τη διαδικασία εμβολιασμού του Covid-19 ορίστηκε ως μόνιμη τεχνική εμβολιασμού η ενδομυϊκή. Γίνεται στο δελτοειδή μυ του άνω βραχιολιού με βελόνα των 13mm και σύριγγα των 1ml αφού όλες οι δοσολογίες εμβολίων είναι έταξε των 0,2 και 0,5 ml.



Εικόνα 4: Σύριγγα 1ml εμβολίου



Εικόνα 5: Απεικόνιση εμβολιασμού



Πιο συγκεκριμένα οι ακριβείς οδηγίες είναι οι παρακάτω, από το εκπαιδευτικό εγχειρίδιο, εμβολιαστικά κέντρα Covid-19, του Υπουργείου Υγείας, 2020.

«Με τον όρο ενδομυϊκή χορήγηση του εμβολίου εννοούμε τη χορήγηση των ουσιών του εμβολίου απευθείας μέσα στο μυϊκό ιστό. Επισημαίνεται συνήθως με τη συντομογραφία IM (intramuscular) ή EM (ενδομυϊκή). Η χορήγηση του εμβολίου γίνεται στο πιο συμπαγές τμήμα της μυϊκής περιτονίας, επιτρέποντας την απορρόφηση μεγαλύτερης ποσότητας του φαρμάκου, που δεν είναι δυνατή στον υπερκείμενο υποδόριο ιστό, λόγω του πλήθους των νευρικών απολήξεων. Οι ενδομυϊκές ενέσεις μπορούν, επομένως, να χρησιμοποιηθούν για τη χορήγηση φαρμάκων που προκαλούν ερεθισμό και δε μπορούν να εγχυθούν στο υποδόριο, λόγω πρόκλησης έντονου άλγους και ερεθισμού.

Η αργή έγχυση επιτρέπει το σταδιακό διαχωρισμό των μυϊκών ινών, που συμβάλλει στην καλύτερη απορρόφηση του φαρμάκου. Η επιλογή του μεγέθους της βελόνας εξαρτάται από τον σωματότυπο του πολίτη. Θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να διαπερνά όλο τον υποδόριο ιστό και να φτάνει στο μυ, χωρίς να εισέλθει τελείως στο σώμα του. Η κατάλληλη γωνία εισόδου είναι οι 90° για καλύτερη πρόσβαση του μυός και μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, αλλά και άνεση του ατόμου. Οι βελόνες που κατεξοχήν χρησιμοποιούνται στις ενδομυϊκές ενέσεις είναι οι 21G (πράσινου χρώματος), 23G (μπλε χρώματος) και 25G (πορτοκαλί χρώματος).

Σε ηλικιωμένους και γενικά άτομα με μειωμένη μυϊκή μάζα είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούνται οι μικρότερες βελόνες. Η πλέον κατάλληλη περιοχή για την χορήγηση ενδομυϊκά ενός εμβολίου είναι ο δελτοειδής μυς (άνω μέρος βραχίονα). Ο δελτοειδής μυς έχει πολύ εύκολη πρόσβαση, αλλά περιορισμένο μέγιστο όγκο ενέσιμης ουσίας (0,5-1ml). Σε ειδικές περιπτώσεις όπου το άτομο έχει ελάχιστη μυϊκή μάζα στην περιοχή του δελτοειδή του βραχίονα ή κάποιον άλλο ιδιαίτερο λόγο για να αποφύγει την ανοσοποίηση στον δελτοειδή μυ (περιοχές με φλεγμονή, οίδημα, δερματίτιδα, ουλές, σπίλους, σκληρίες και γενικά κάθε είδους αλλοίωση των ιστών), θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά η πλάγια γλουτιαία περιοχή (αποτελείται από τον μεσαίο και το μικρό γλουτιαίο μυ).

Μελετήστε τις απαραίτητες πληροφορίες για τον πολίτη και συλλέξτε στοιχεία για τυχόν φαρμακευτικές αλλεργικές αντιδράσεις από το ιστορικό του. Πλύνετε τα χέρια



σας με βάση τις οδηγίες του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας για τη σωστή υγιεινή των χεριών. Προετοιμάστε τον απαραίτητο εξοπλισμό.

Ο απαραίτητος εξοπλισμός ανά φάση της διαδικασίας είναι:

1. Προστασία Επαγγελματία Υγείας - Μέσα Ατομικής Προστασίας.

- Χειρουργική μάσκα.
- Μη αποστειρωμένα ελαστικά γάντια.
- Αλκοολούχο διάλυμα.

2. Ανασύσταση του εμβολίου με τη χρήση διαλύτη (εμβόλιο Pfizer-BioNTech).

- Φιαλίδιο με το εμβόλιο.
- Σύριγγα 3mL ή 5 mL με διαγράμμιση ανά 0,1mL.
- Μια βελόνα 21G.
- Τολύπια βάμβακος ή γάζες.
- Αλκοολούχο διάλυμα.

3. Εμβολιασμός του ατόμου.

- Σύριγγα 1mL (με διαγράμμιση ανά 0,1 mL)
- Μια βελόνη 21G για την αναρρόφηση από το φιαλίδιο των πολλαπλών δόσεων.
- Μία βελόνη 23G ή 25G και μήκους 25mm ή μήκους 38mm\* για την ενδομυϊκή χορήγηση του εμβολίου.
- Μη αποστειρωμένα ελαστικά γάντια.
- Τολύπια βάμβακος ή γάζες.
- Αλκοολούχο διάλυμα.
- Κυτίο απόρριψης αιχμηρών αντικειμένων.
- Νεφροειδές ».

**3. Ρομποτικός εμβολιασμός.**

Οι έρευνες ως τώρα είναι:

- Μια ομάδα ερευνητών από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, Μπέρκλεϊ, ανέπτυξε ένα ρομπότ που μπορεί να πραγματοποιεί υποδόριες ενέσεις (ενέσεις κάτω από το δέρμα) με υψηλή ακρίβεια. Το ρομπότ χρησιμοποιεί μηχανική μάθηση για να βελτιώσει την ακρίβειά του και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια σειρά από ιατρικές διαδικασίες, συμπεριλαμβανομένης της εμβολιαστικής διαδικασίας.

- Μια ομάδα από το Πανεπιστήμιο του Γιορκ ανέπτυξε ένα ρομποτικό



σύστημα που μπορεί αυτόματα να προετοιμάσει και να χορηγήσει εμβόλια. Το σύστημα χρησιμοποιεί μηχανική όραση για να αναγνωρίσει το σωστό φιαλίδιο και τη βελόνα του εμβολίου και μετά μπορεί να προετοιμάσει και να χορηγήσει το εμβόλιο με υψηλή ακρίβεια.

- Μια ομάδα ερευνητών από το Πανεπιστήμιο του Τorónton ανέπτυξε ένα ρομποτικό σύστημα που μπορεί να διοχετεύει εμβόλια σε ποντίκια με υψηλή ακρίβεια. Το σύστημα χρησιμοποιεί ένα ειδικά κατασκευασμένο μικροβελόνι για να διεισδύσει το εμβόλιο και έχει αποδειχθεί ότι είναι αποτελεσματικό στην παραγωγή ανοσίας στα ποντίκια.
- "A Portable Robotic System for Automatic Vaccination" Αυτή η μελέτη, που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Journal of Medical Devices το 2020, περιγράφει την ανάπτυξη ενός φορητού ρομποτικού συστήματος για τον αυτόματο εμβολιασμό. Το σύστημα σχεδιάστηκε για χρήση σε απομακρυσμένες ή υπηρεσιακά αδύναμες περιοχές και μπορεί να εμβολιάσει αυτόματα τους ασθενείς με υψηλή ακρίβεια.
- "Development of a robot-assisted vaccine delivery system for needle-free injections" Αυτή η εργασία, που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό Journal of Robotic Surgery το 2021, περιγράφει την ανάπτυξη ενός συστήματος παράδοσης εμβολίων με ρομπότ για βελόνες χωρίς βελόνα. Το σύστημα χρησιμοποιεί έναν ενισχυτή υψηλής πίεσης για να παραδώσει το εμβόλιο και έχει αποδειχθεί αποτελεσματικό στην παραγωγή ανοσοαπόκρισης σε ζώα.
- "A robotic system for high-throughput intranasal vaccine administration" Αυτό το άρθρο, που δημοσιεύτηκε στο περιοδικό Science Robotics το 2021, περιγράφει την ανάπτυξη ενός ρομποτικού συστήματος για τη διαχείριση υψηλής διάθεσης εμβολιασμού ενδορινικού τύπου. Το σύστημα χρησιμοποιεί μια ειδικά κατασκευασμένη συσκευή για τη διανομή του εμβολίου στη ρινική κοιλότητα και έχει αποδειχθεί αποτελεσματικό στη δημιουργία ανοσοαπόκρισης σε ζώα.

Το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας και της κατασκευής του ρομποτικού εμβολιασμού έγινε κατά την περίοδο της πανδημίας του Covid-19 όπου ήταν απαραίτητος ο μαζικός εμβολιασμός. Οι περισσότεροι ρομποτικοί βραχίονες που δημιουργήθηκαν στα πλαίσια μιας τέτοια έρευνας έχουν κοινό ότι χρησιμοποιούν την ενδομυϊκή τεχνική εμβολιασμού, διότι με την χρήση των μικρών βελόνων μπορεί η θέση της



βελόνας να είναι σε 90 μοίρες και έτσι ο ρομποτικός βραχίονας έχει μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας. Με τη χρήση καμερών γίνεται ο εντοπισμός του δελτοειδή μυ στο χέρι και επιτυγχάνεται ο εμβολιασμός.

Σκοπός του ρομποτικού βραχίονα σε αυτή την εργασία ήταν η κατασκευή του με 3D εκτυπωμένα κομμάτια λόγω του χαμηλού τους κόστους και του σχετικά ελαφρύ υλικού ώστε να γίνονται οι κινήσεις πιο εύκολα. Για την εκτέλεση του εμβολιασμού χρησιμοποιήθηκε σύριγγα ινσουλίνης των 0.5ml και βελόνα των 13mm.



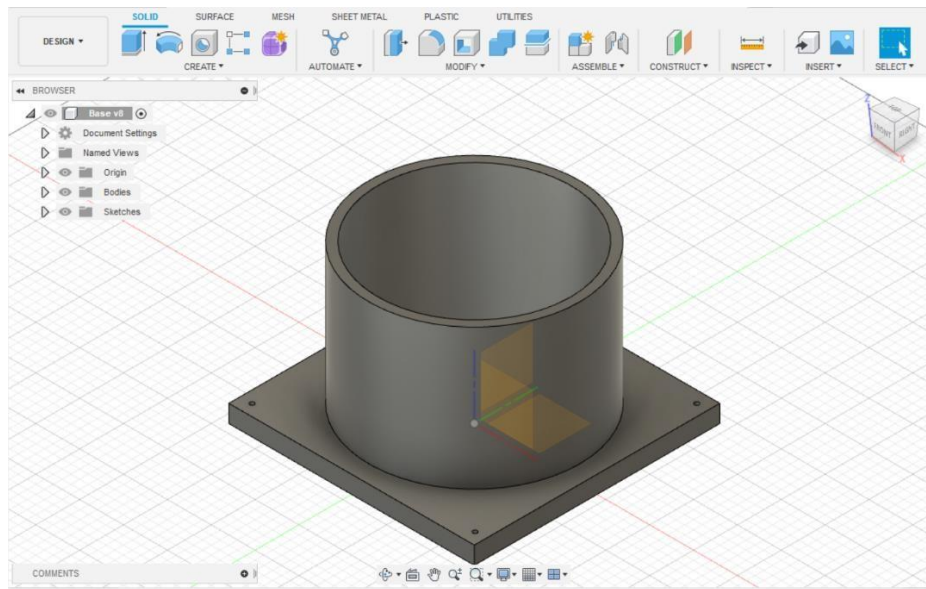
Εικόνα 6: Σύριγγα και βελόνα project



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΥ.

Ο σχεδιασμός του ρομποτικού βραχίονα εμβολιασμού, έγινε χρησιμοποιώντας το fusion 360. Αρχικά σχεδιάστηκε η βάση, όπου εκεί μπαίνει το Raspberry pi, το οποίο χειρίζεται την λειτουργία του βραχίονα και φαίνεται στη παρακάτω εικόνα.

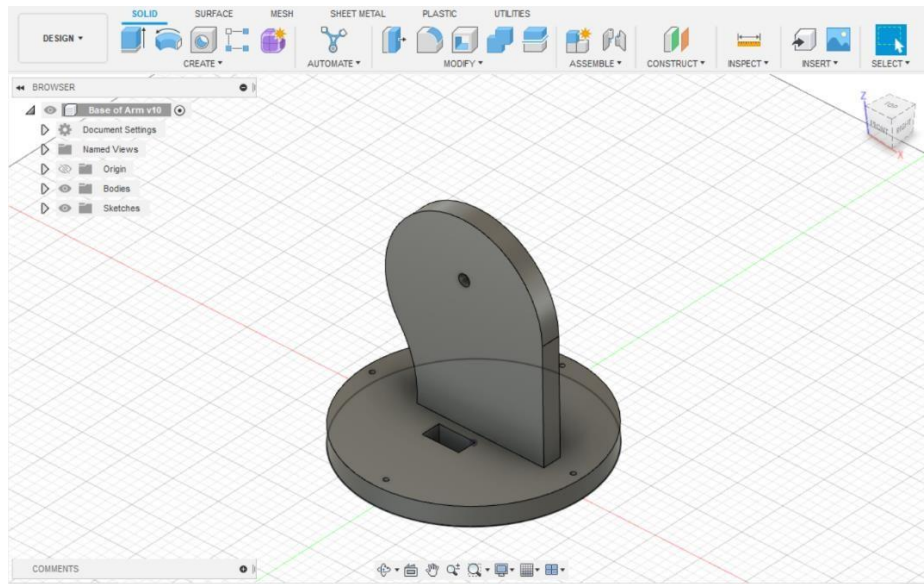


Εικόνα 7: Σχέδιο βάσης

Οι διαστάσεις της βάσης είναι: για το τετράγωνο 14x14 εκ και ύψος 1εκ, το κυλινδρικό κομμάτι έχει εξωτερική ακτίνα 12εκ, εσωτερική ακτίνα 11εκ και ύψος 8εκ.

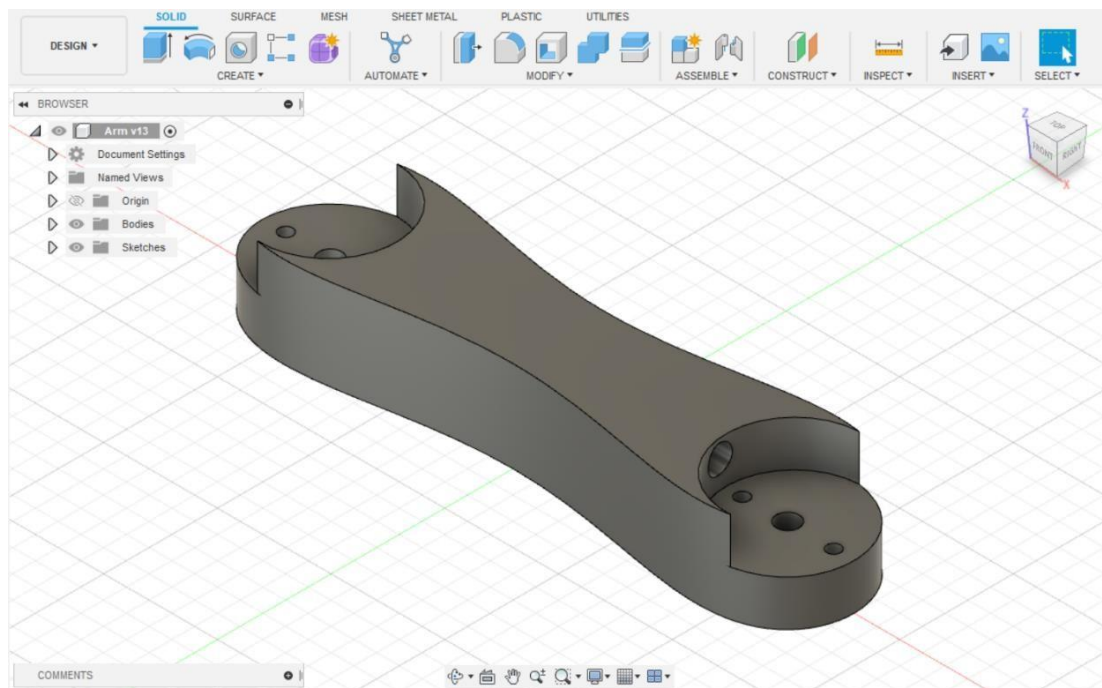
Το επόμενο κομμάτι που σχεδιάστηκε είναι το “καπάκι” της βάσης που είναι το βασικό κομμάτι για στηριχτούν όλα τα επόμενα κομμάτια.

Το σχέδιο του είναι το παρακάτω. Έχει ακτίνα 12εκ, ώστε να βιδώνει ακριβώς στη βάση, ύψος 1εκ στο κάτω μέρος και το επάνω μέρος έχει ύψος 10εκ και πάχος 1εκ.



Εικόνα 8. Σχέδιο επάνω μέρος βάσης

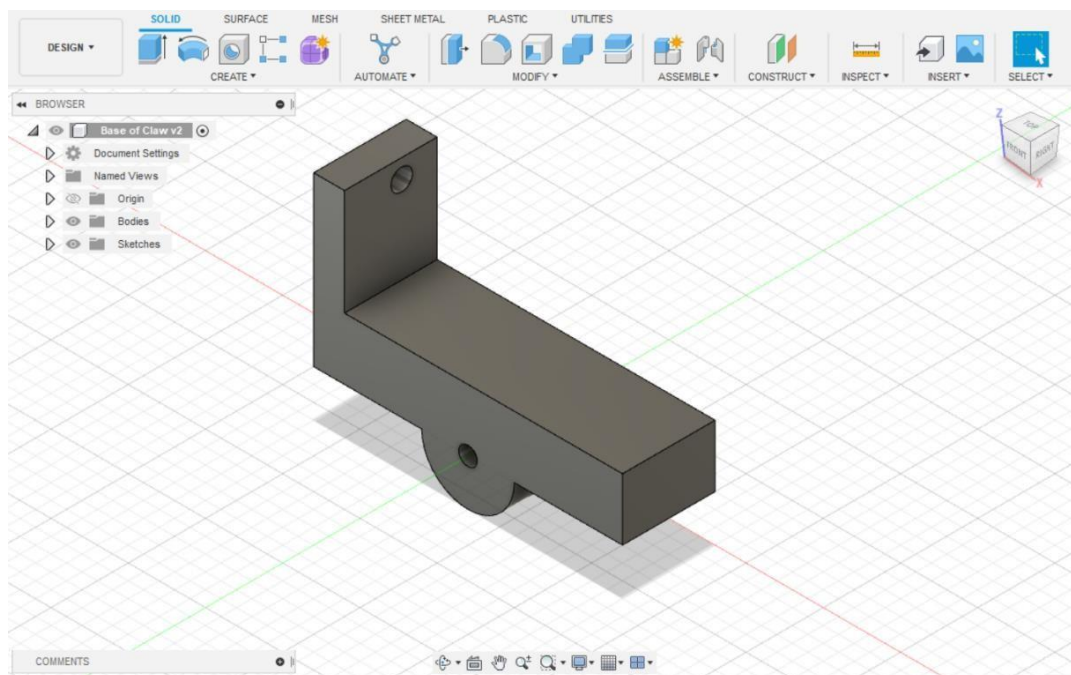
Στη συνέχεια σχεδιάστηκε ένα κομμάτι που εκτυπώθηκε και χρησιμοποιήθηκε δυο φορές, έχει διαστάσεις 13εκ μήκος και 2εκ πάχος. Με αυτό το κομμάτι συνδέονται οι δυο μότερες, οι οποίοι θα προσαρμόζουν το ύψος του βραχίονα, έτσι ώστε να μπορέσει να γίνει ο εμβολιασμός.



Εικόνα 9. Σχέδιο για σώμα βραχίονα

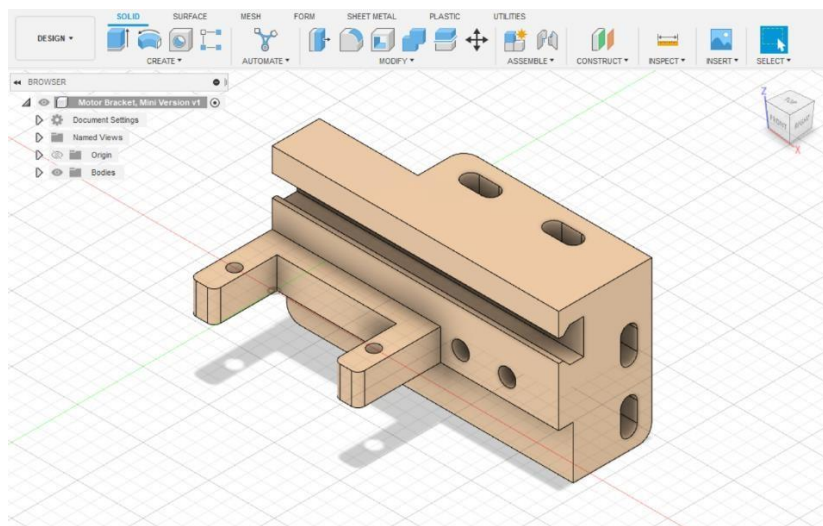


Το τελευταίο κομμάτι, το οποίο είναι υπεύθυνο για τον εμβολιασμό και τη πίεση του εμβόλου της σύριγγας, αποτελείται από τέσσερα διαφορετικά κομμάτια. Το πρώτο κομμάτι προσφέρει την στήριξη της σύριγγας, της κάμερας και του μηχανισμού για την πίεση του εμβόλου. Η σύριγγα λόγω του ότι είναι πολύ μικρή και ελαφριά δεν χρειάζεται αρκετή στήριξη, οπότε απλά θα τοποθετηθεί στο πάνω κυκλικό κενό του σχεδίου.

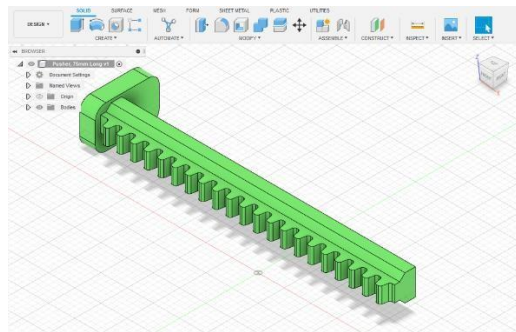


Εικόνα 10. Σχέδιο βάσης σύριγγας

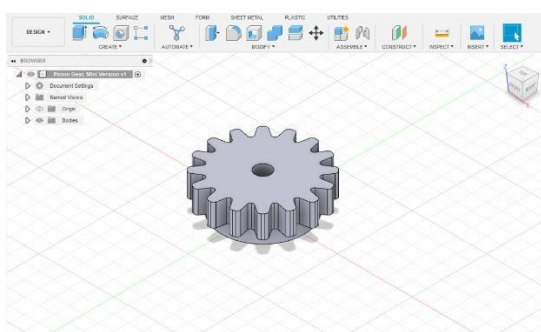
Τα κομμάτια στις παρακάτω εικόνες βρέθηκαν έτοιμα σχεδιασμένα από το διαδίκτυο και είναι αυτά που δημιουργούν τον μηχανισμό ο οποίος πιέζει το έμβολο με την βοήθεια ενός μικρού servo όμορα.



Εικόνα 11. Σχέδιο 1 μηχανισμού πίεσης εμβόλου

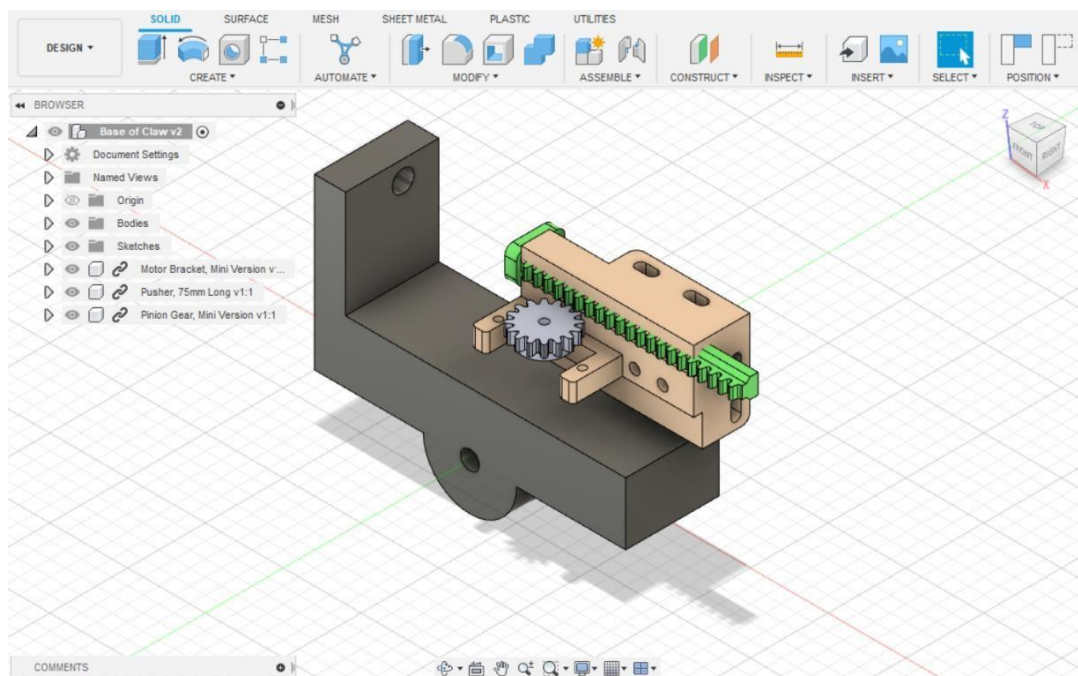


Εικόνα 12. Σχέδιο 2 μηχανισμού πίεσης εμβόλου



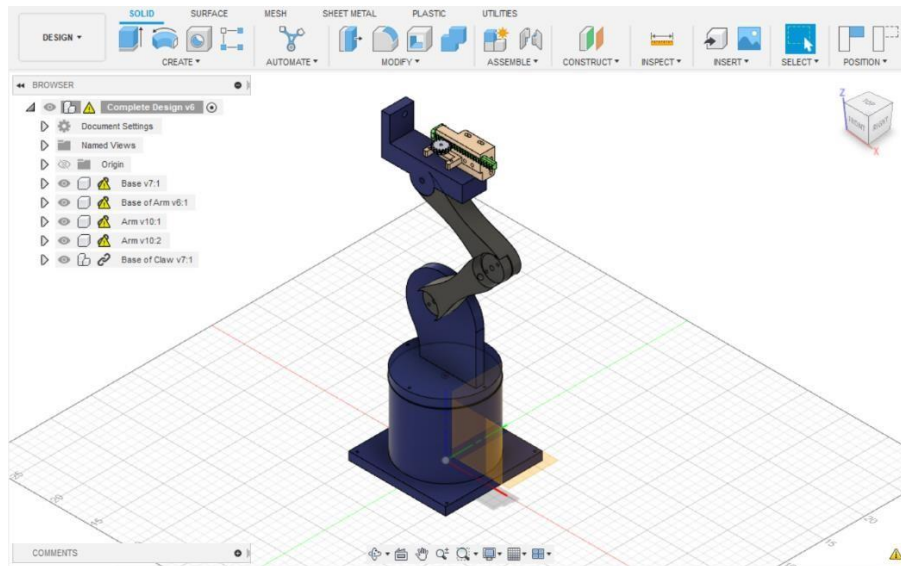
Εικόνα 13. Σχέδιο 3 μηχανισμού πίεσης εμβόλου

Μαζί και τα τρία κομμάτια δημιουργούν το παρακάτω μηχανισμό και το τελικό κομμάτι θα είναι όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα.

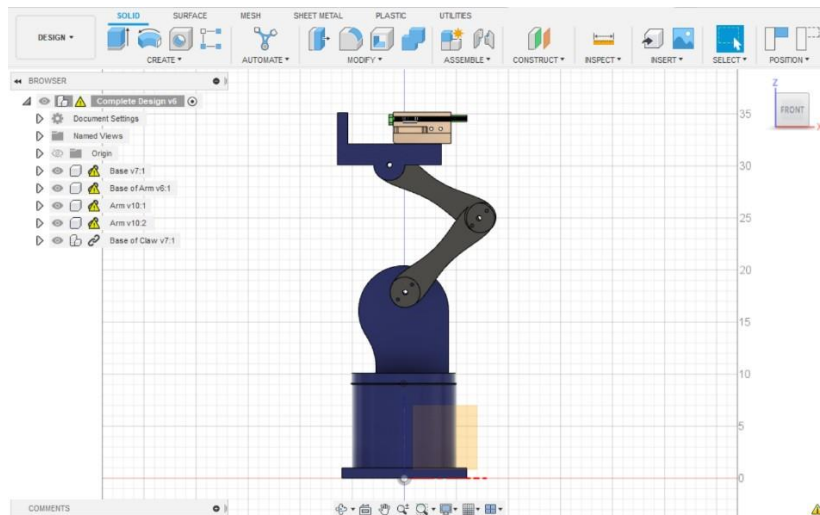


Εικόνα 14. Μηχανισμός πίεσης εμβόλου πάνω στη βάση σύριγγας

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται ολοκληρωμένο το σχέδιο του βραχίονα, υπό γωνία και από την μπροστινή του όψη. Ολόκληρος ο βραχίονας έχει ύψος περίπου 30εκ, ανάλογα με τη θέση των κομματιών που προσαρμόζουν το ύψος.



Εικόνα 15. Ολοκληρωμένο σχέδιο 1



Εικόνα 16. Ολοκληρωμένο σχέδιο 2



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

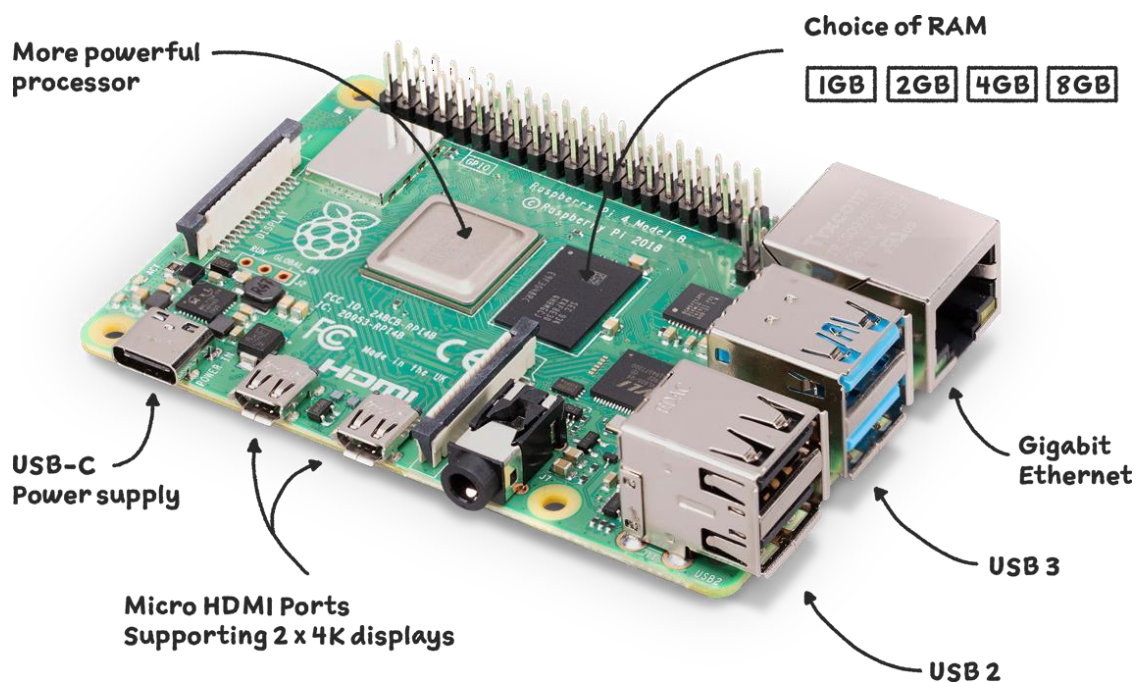
### ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΥ

Για την κατασκευή του βραχίονα χρειάστηκαν τα παρακάτω:

- Raspberry Pi 3 Model B+
- Servo HAT for Raspberry Pi
- 2 Servo motors
- 1 Micro Servo motor
- Raspberry Pi Camera module V2
- 3D printed κομμάτια

#### 1. Raspberry Pi 4 Model B

Το Raspberry pi είναι μια φθηνή, μικρού μεγέθους, πλακέτα που εκτελεί λειτουργίες υπολογιστή. Κατασκευάστηκε από το Raspberry Pi Foundation και συνήθως χρησιμοποιείται για την εκμάθηση γλωσσών προγραμματισμού, όπως είναι η Python καθώς και τον προγραμματισμό διάφορων αυτομάτων πρότζεκτ. Σε αυτή την εργασία χρησιμοποιήθηκε το Raspberry με εγκατεστημένο το λειτουργικό Raspberry pi OS (32-bit), σε μια κάρτα μνήμης των 32GB.

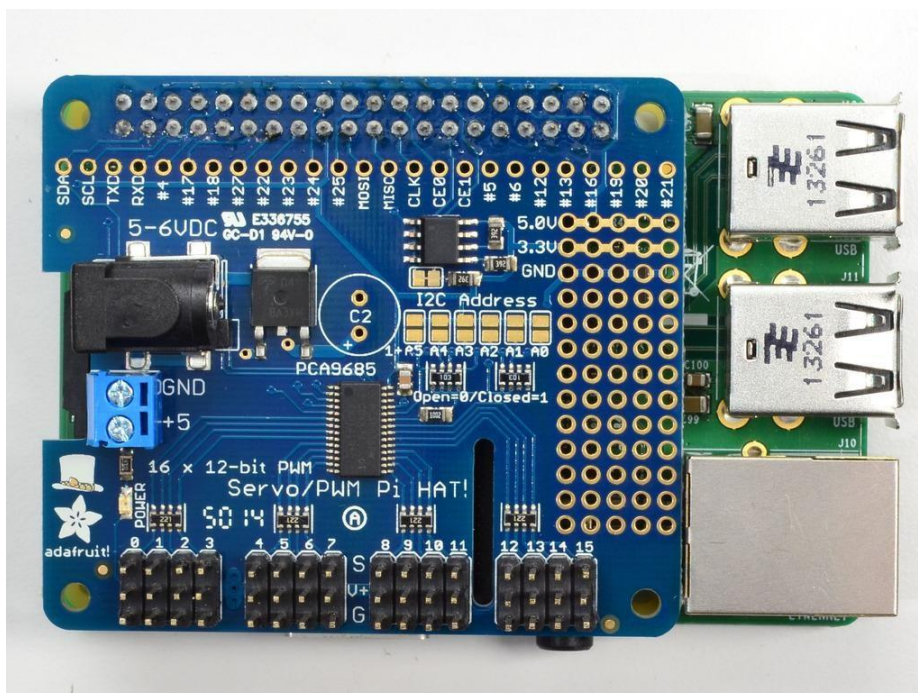


Εικόνα 17. Raspberry Pi Model B



## 2. Servo HAT for Raspberry Pi

Τα Pi HAT(Hardware Attached on Top) πρωτοεμφανίστηκαν το 2014, μαζί με το πρώτο raspberry pi model B, και δημιουργήθηκαν για να παρέχουν την εύκολη σύνδεση και λειτουργία των κινητήρων, αισθητήρων, φώτων, και ανεμιστήρων χωρίς να χρειάζονται περιττά καλώδια. Για τον βραχίονα χρησιμοποιήθηκαν μόνο servo κινητήρες, οπότε αντίστοιχα χρησιμοποιήθηκαν το Adafruit 16-Channel PWM/Servo HAT Raspberry Pi. Επίσης, μπορεί να προγραμματιστεί με Python εγκαθιστώντας την ServoKit βιβλιοθήκη.



Εικόνα 18. Adafruit Servo Pi HAT

## 3.Servo motors

Οι σερβοκινητήρες αποτελούν μέρος ενός συστήματος κλειστού βρόχου και αποτελούνται από ένα κύκλωμα ελέγχου, κινητήρα, άξονα, ποτενσιόμετρο, γρανάζια κίνησης, καθώς και έναν ενισχυτή, ή έναν κωδικοποιητή, ή έναν αναλυτή. Οι σερβοκινητήρες είναι ηλεκτρικές συσκευές και περιστροφικοί ή γραμμικοί ενεργοποιητές, οι οποίοι περιστρέφουν και ωθούν τα μέρη μιας μηχανής με ακρίβεια.

Οι σερβομηχανισμοί χρησιμοποιούνται κυρίως σε γωνιακή ή γραμμική θέση και με συγκεκριμένη ταχύτητα και επιτάχυνση. Εδώ χρησιμοποιήθηκαν δυο για τον



βραχίονα με όνομα μοντέλου MG 996R μαζί με κάποια από τα επιπρόσθετα κομμάτια τους. Μπορούν να κινηθούν μεταξύ των 0 και 180 μοιρών.



Εικόνα 19. Σερβοκινητήρας MG 996R

#### 4. Micro Servo motor

Ο FS90 micro σερβοκινητήρας εκτελεί την ίδια λειτουργία με τους σερβοκινητήρες που αναφέρθηκαν παραπάνω, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιείται για μικρότερα πρότζεκτ. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιήθηκε στον μηχανισμό πίεσης του εμβόλου. Μπορεί να κινηθεί μεταξύ των 0 και 120 μοιρών.

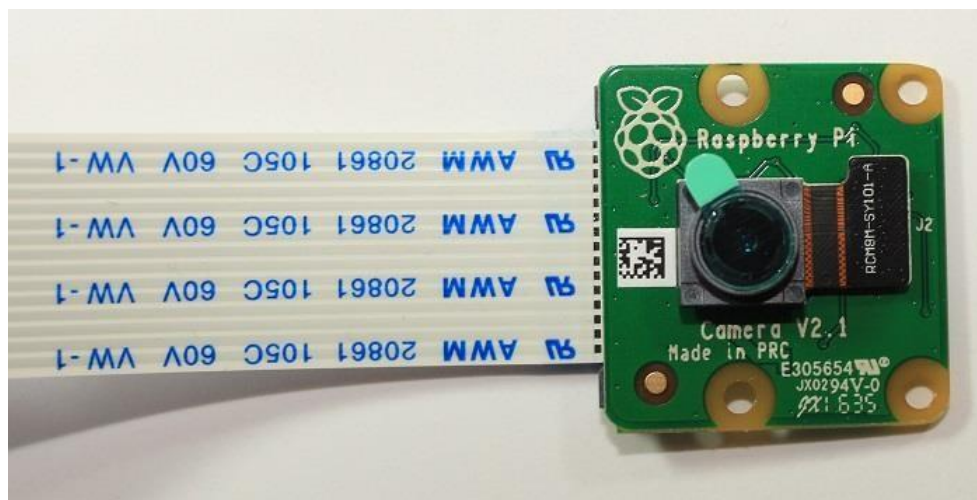


Εικόνα 20. Σερβοκινητήρας FS90 micro



## 5. Raspberry Pi Camera module V2

Η κάμερα αυτή είναι ένας υψηλής ποιότητας αισθητήρας εικόνας των 8 megapixel και διαθέτει φακό σταθερής εστίασης. Η σύνδεσή του στο Raspberry Pi γίνεται μέσα από τις μικρές υποδοχές που υπάρχουν στο πάνω μέρος της πλακέτας και κάνει χρήση της διεπαφής CSI που είναι σχεδιασμένη συγκεκριμένα για τη διασύνδεση καμερών. Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε για αναγνώριση του μυ στο χέρι εκείνου που θα εμβολιαστεί.



Εικόνα 21. Raspberry Pi Camera module V2



## 6. 3D printed κομμάτια

### Βάση

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η βάση όπως εκτυπώθηκε. Μέσα στη βάση θα αποθηκευτεί το Raspberry και το Servo HAT. Η τρυπά βρίσκεται στο πίσω μέρος και χρησιμεύει στο να περνάν τα καλώδια ρεύματος για τη λειτουργία του βραχίονα.



Εικόνα 22. Κάτοψη Βάσης



Εικόνα 23. Πρόσοψη Βάσης



### Επάνω μέρος βάσης

Μετα την εκτύπωση του το επάνω μέρος της βάσης, όπου παρέχει την βασική στήριξη του βραχίονα, έπρεπε να στηριχθεί ο πρώτος σερβομότορας. Παρατηρείται ότι υπάρχει μια τρυπά στο επάνω κομμάτι για να περάσει ο σερβομότορας και μια στο κάτω κομμάτι όπου θα περάσουν τα καλώδια των μοτόρων και της κάμερας για να συνδεθούν με το Raspberry και τον Servo HAT.



Εικόνα 24. Κάτοψη επάνω μέρος βάσης



Εικόνα 25. Πρόσοψη επάνω μέρος βάσης



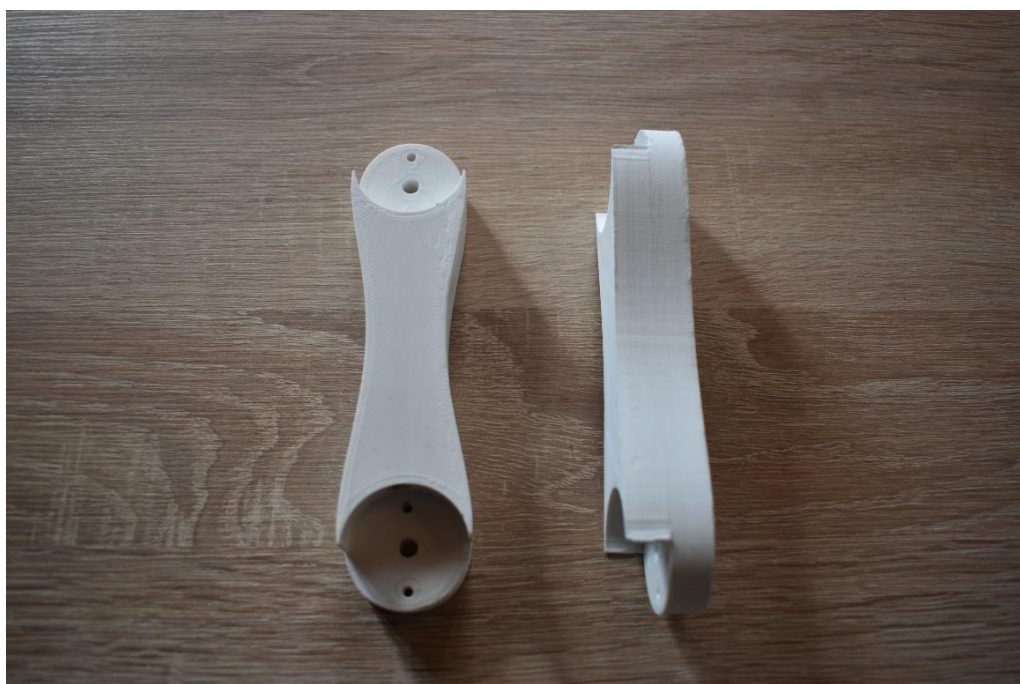
Η τροποποίηση αυτή έγινε με σκοπό να στηριχθεί ο μόντορας και να μπορεί από την άλλη μεριά να συνδεθεί το επόμενο κομμάτι. Με το τροχό τροχίστηκε στο μέγεθος του μόντορα το υλικό και με 4 βίδες στερεώθηκε όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 26. Σύνδεση σερβοκινητήρα MG 996R στο επάνω μέρος της βάσης

### **Κομμάτια στήριξης Α και Β**

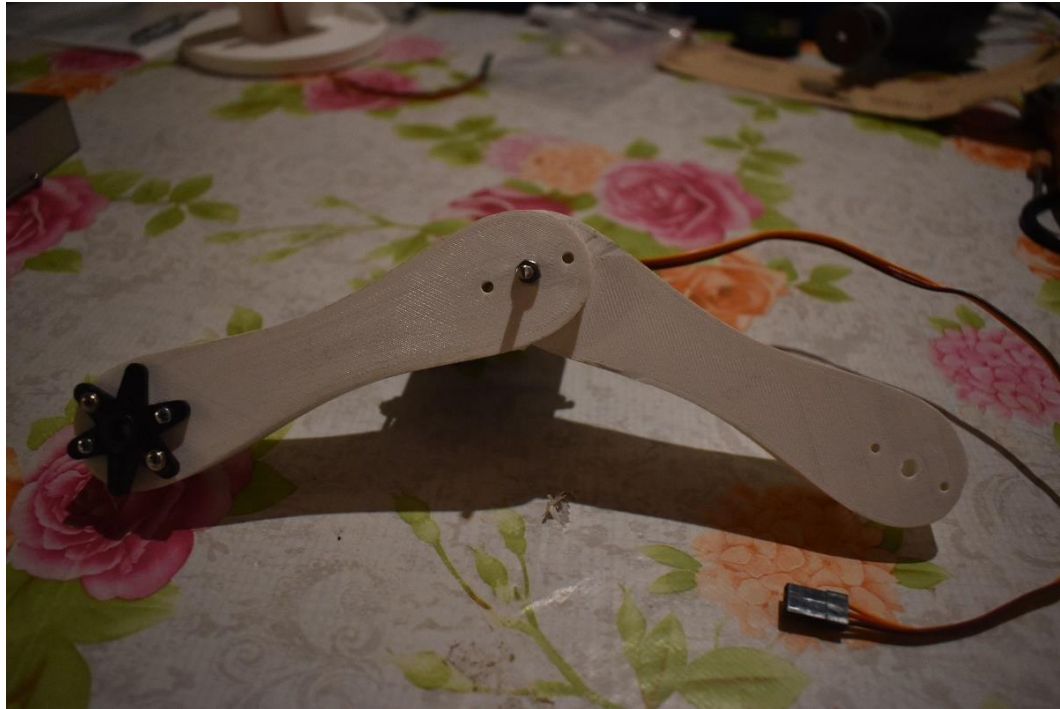
Ο σχεδιασμός αυτών των κομματιών έγινε έτσι ώστε να μπορεί να συνδεθεί το κομμάτι Α με το επάνω μέρος της βάσης και το κομμάτι Β με το Α. Παρατηρούμε, ότι τα κομμάτια αυτά, έχουν τρύπες ώστε να βιδωθούν τα επιπρόσθετα εξαρτήματα των σερβομοτόρων.





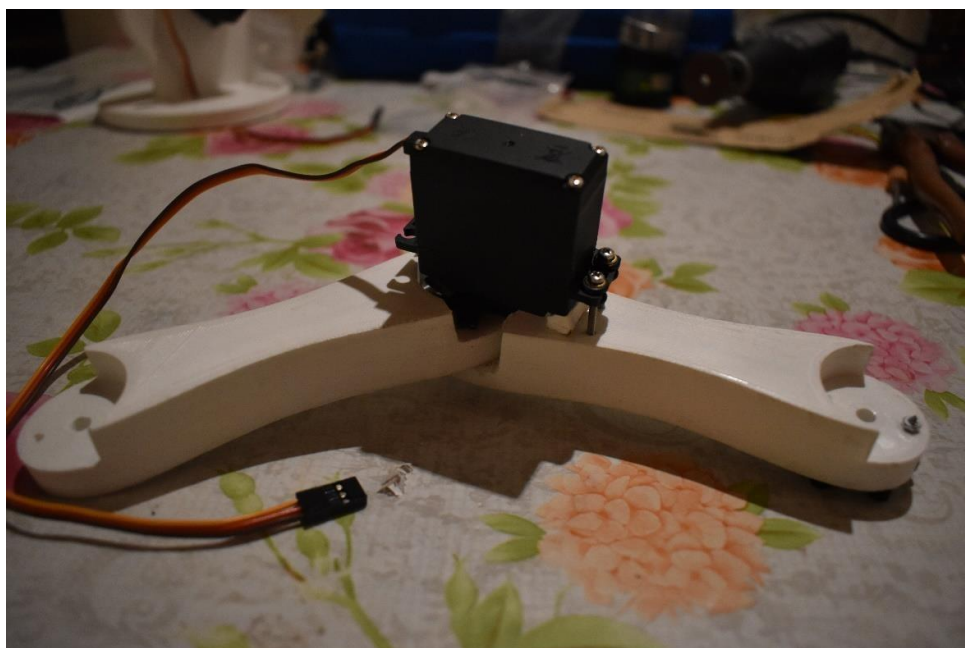
Εικόνα 27. Κάτοψη κομματιών στήριξης

Αρχικά, φαίνεται πως βιδώθηκε το εξάρτημα του μότορα στο κομμάτι Α, για να μπορεί να κουμπώσει μαζί ο μόντορας της βάσης του και να γίνει σωστά η κίνηση. Ακόμη υπάρχει μια βίδα που κρατάει τα κομμάτια Α και Β μαζί χωρίς να εμποδίζει την κίνηση μεταξύ τους.



Εικόνα 28. Σύνδεση κομματιών στήριξης

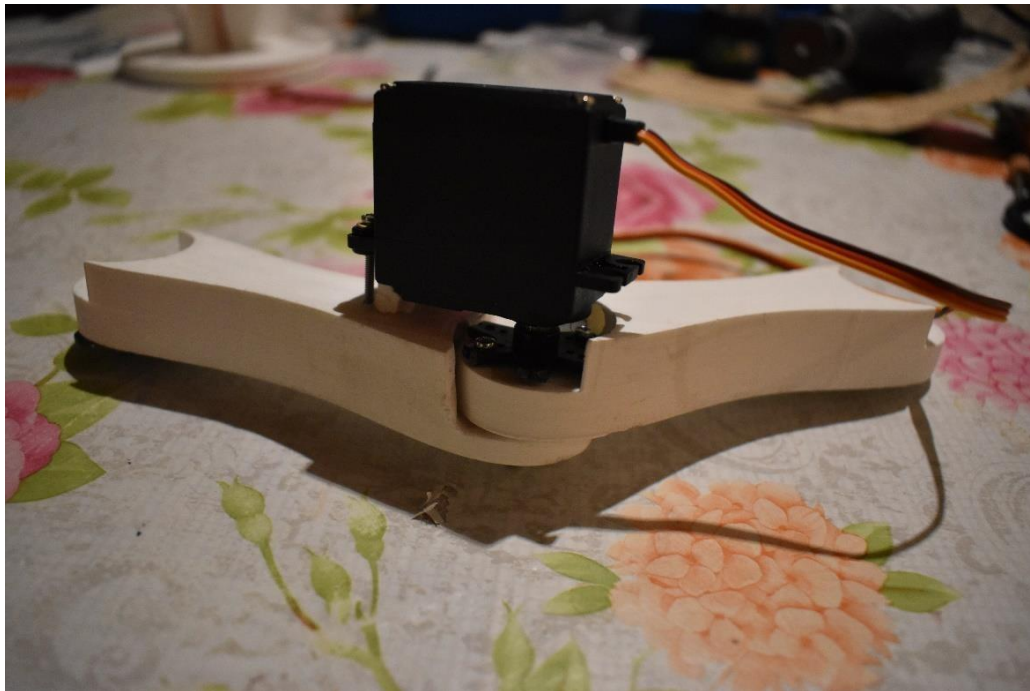
Από την άλλη μεριά φαίνεται πως έχει στηριχθεί με βίδες ο μόντορας στο κομμάτι Α και συνδέεται με το κομμάτι Β.



Εικόνα 29. Κάτοψη σύνδεσης σερβοκινητήρα MG 996R με τα κομμάτια στήριξης



Στο κομμάτι Β φαίνεται ότι έχει βιδωθεί ένα ακόμα από τα επιπλέον εξαρτήματα των μοτόρων και πως είναι συνδεδεμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να κινηθεί.



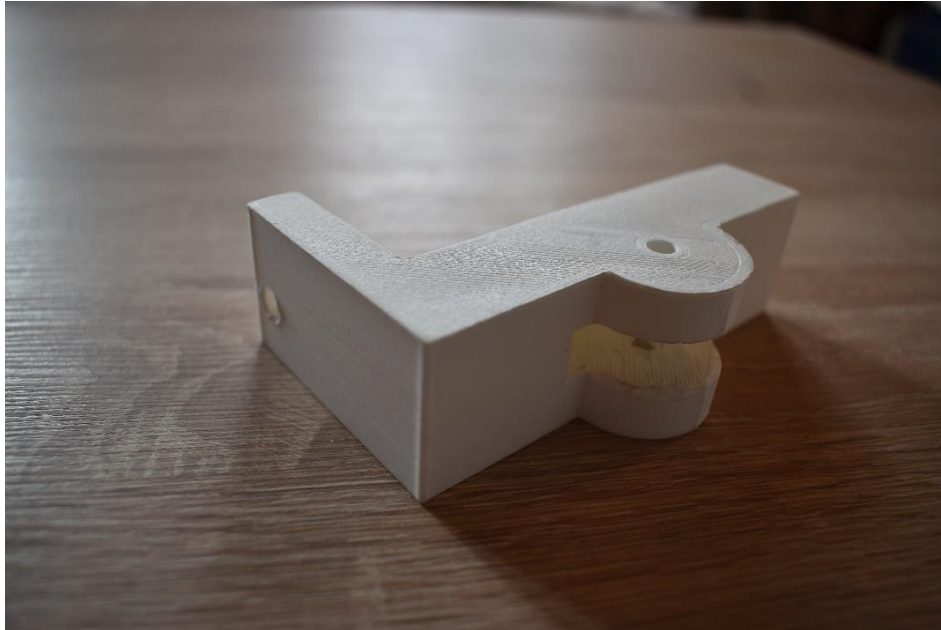
Εικόνα 30. Πρόσωση σύνδεσης σερβοκινητήρα MG 996R με τα κομμάτια στήριξης

### **Βάση σύριγγας**

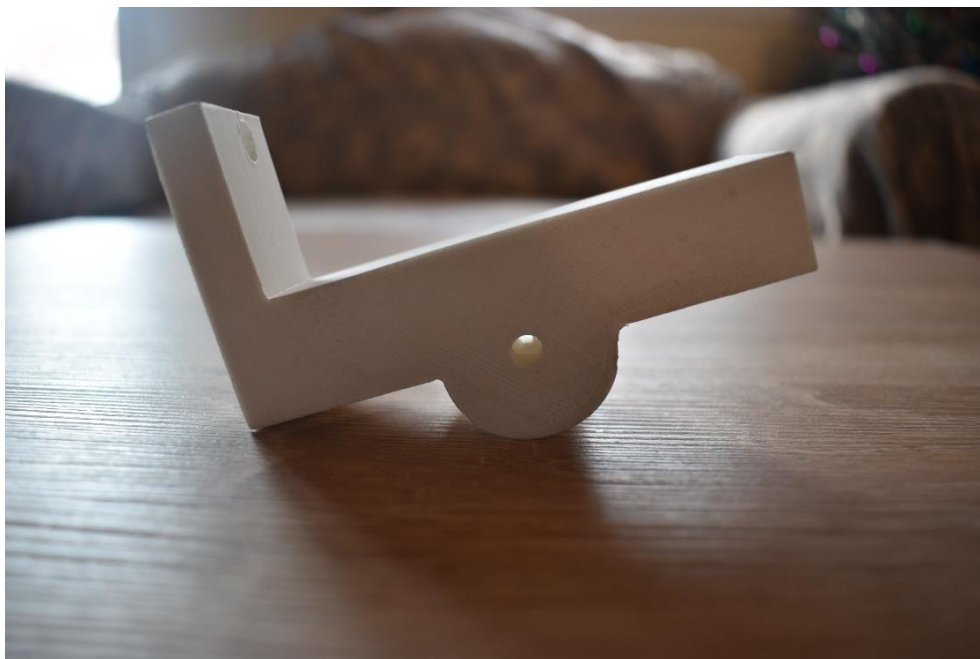
Το κάτω μέρος, είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να ταιριάζει με το κομμάτι Β και με μια βίδα στο κέντρο, να μένει σταθερό. Η τρυπά στο μπροστινό κομμάτι υπάρχει για μπορεί να στηριχθεί η σύριγγα με το εμβόλιο.



Εικόνα 31. Κάτοψη βάσης σύριγγας

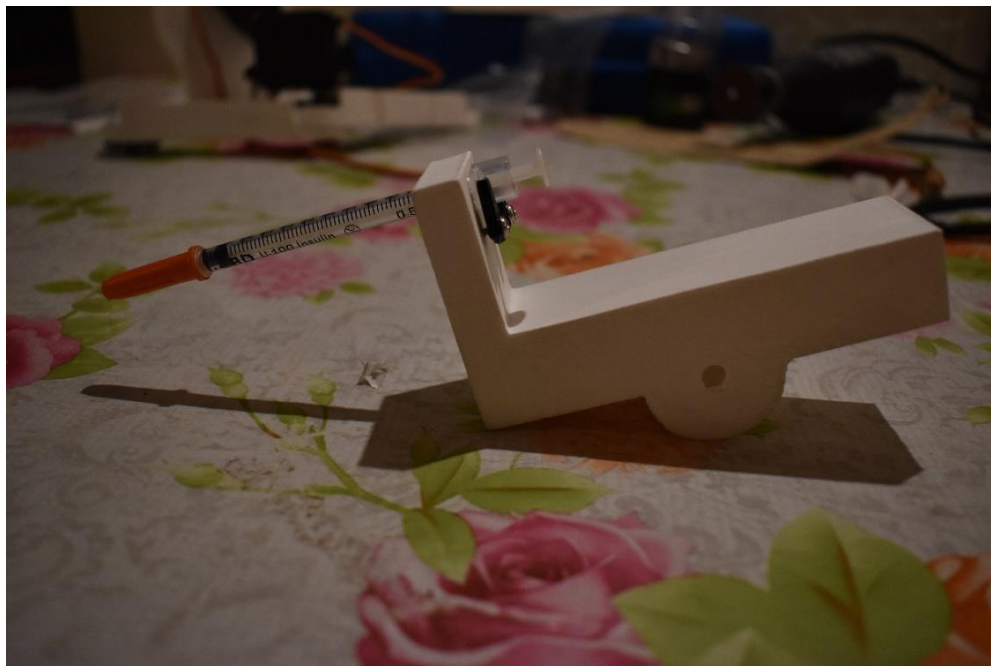


Εικόνα 32. Γωνιακή όψη βάσης σύριγγας



Εικόνα 33. Πρόσωση βάσης σύριγγας

Η τροποποίηση, έγινε έτσι ώστε να μπορούν να βιδωθούν δυο πλαστικά κομμάτια, που να μπορούν να στρίψουν προς τα έξω ελάχιστα όταν τοποθετείται η σύριγγα και να ξανατρίψουν προς τα μέσα για να την στερεώσουν σε μια σταθερή θέση, έτσι ώστε να μην φύγει από τη θέση της την ώρα που γίνεται ο εμβολιασμός.



Εικόνα 34. Πρόσωση τοποθέτησης σύριγγας στη βάση της



Εικόνα 35. Προβολή σύριγγας στη βάση με στηρίγματα

### **Μηχανισμός πίεσης εμβόλου**

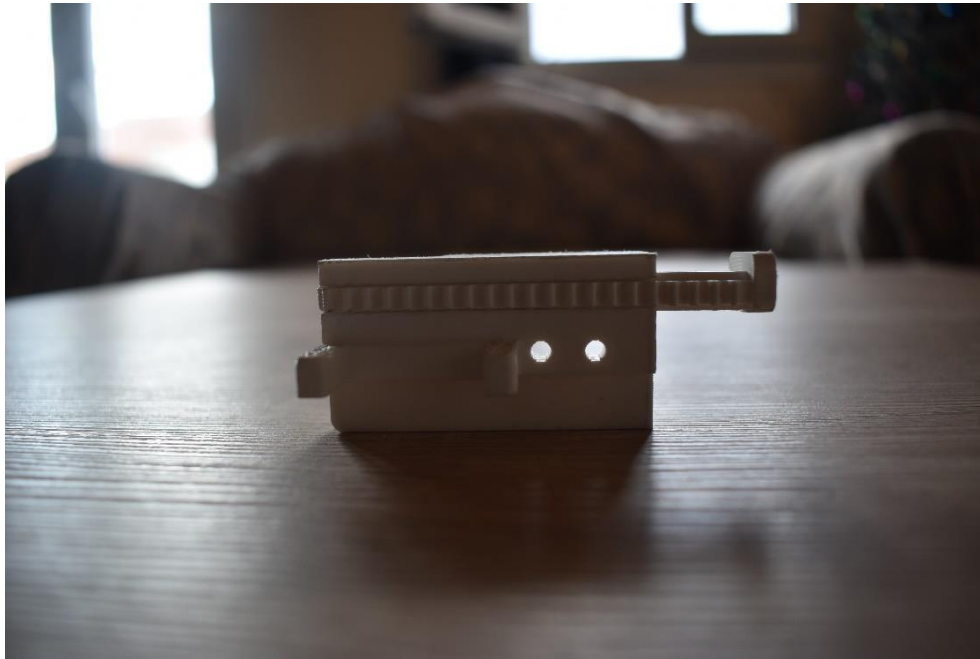
Ο μηχανισμός αυτός αποτελείται από τρία κομμάτια, τα οποία όταν ενωθούν μαζί και με τη χρήση του μότορα σπρώχνουν το έμβολο. Αρχικά, βλέπουμε πως είναι τα δυο κομμάτια. Όλος αυτός ο μηχανισμός, στο τέλος θα στερεωθεί πάνω στη βάση της σύριγγας.



Εικόνα 36. Κάτοψη μηχανισμού πίεσης εμβόλου

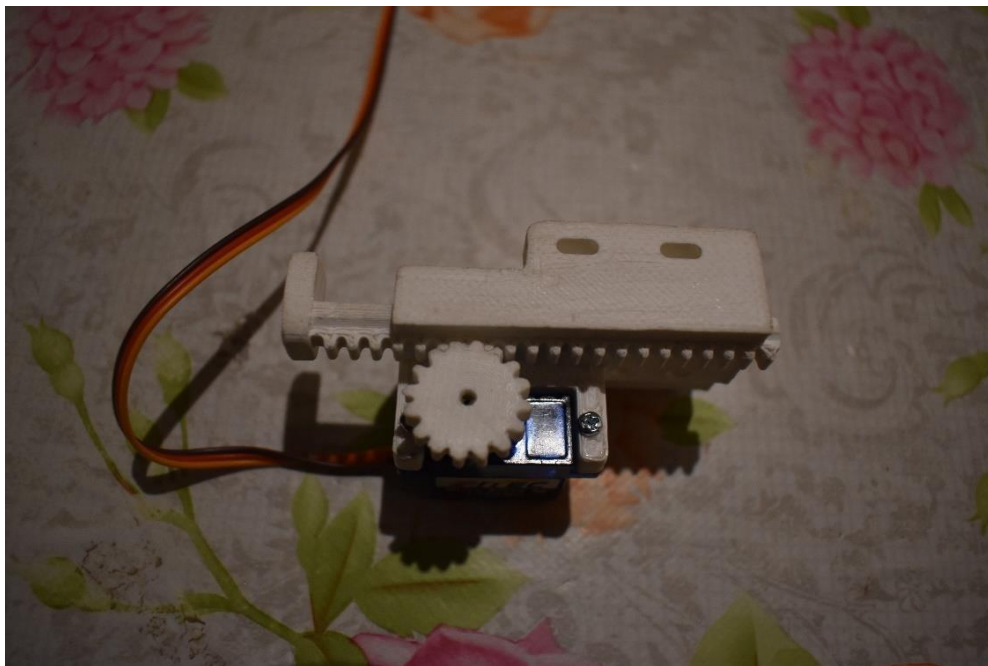


Εικόνα 37. Πρόσωση μηχανισμού πίεσης εμβόλου



Εικόνα 38. Σύνδεση των δύο κομματιών

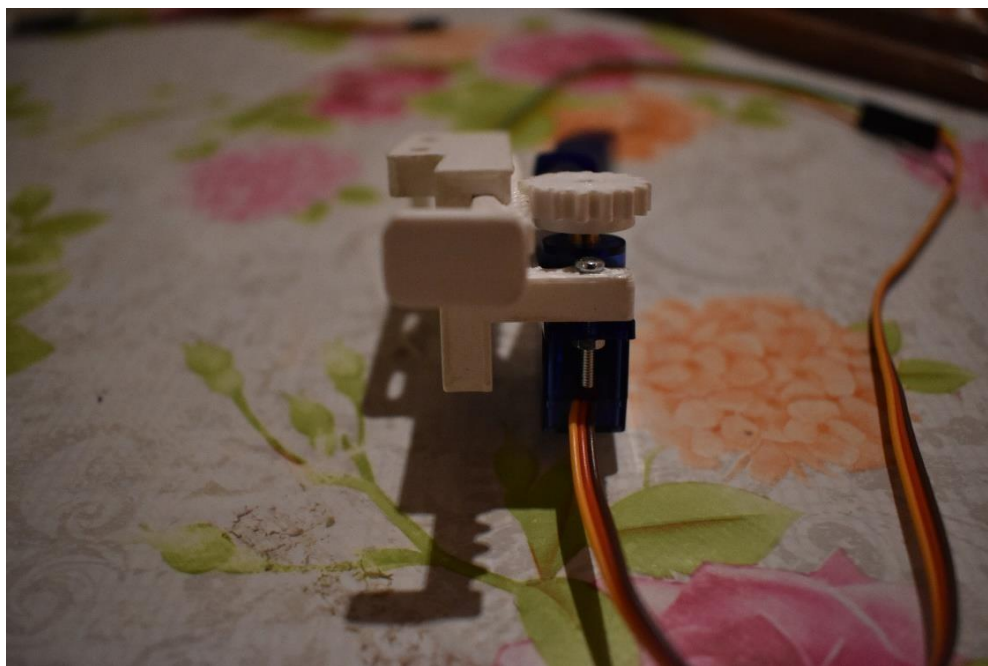
Εδώ φαίνεται και το τρίτο κομμάτι με σχήμα γραναζιού, το οποίο έχει στερεωθεί πάνω στο micro servo. Ο μόντορας είναι βιδωμένος και όταν θα λειτουργεί θα στρέφεται το γρανάτζι και θα σπρώχνει την ράγα, η οποία με την σειρά της θα σπρώχνει το έμβολο της σύριγγας.



Εικόνα 39. Προσθήκη του γραναζιού-micro servo



Εικόνα 40. Εμφάνιση ολοκληρωμένου μηχανισμού πίεσης εμβόλου 1



Εικόνα 41. Εμφάνιση ολοκληρωμένου μηχανισμού πίεσης εμβόλου 2



### Ολοκληρωμένη κατασκευή

Όλα τα κομμάτια συνδέθηκαν μεταξύ τους και έδωσαν το τελικό αποτέλεσμα. Πιο συγκεκριμένα βλέπουμε την σύνδεση του κομματιού Α με την βάση, του κομματιού Β με την βάση της σύριγγας και του μηχανισμού πίεσης του εμβόλου στη βάση της σύριγγας. Η κάμερα στερεώθηκε στο μπροστινό μέρος της βάσης της σύριγγας έτσι ώστε να μπορεί να βλέπει την βελόνα.



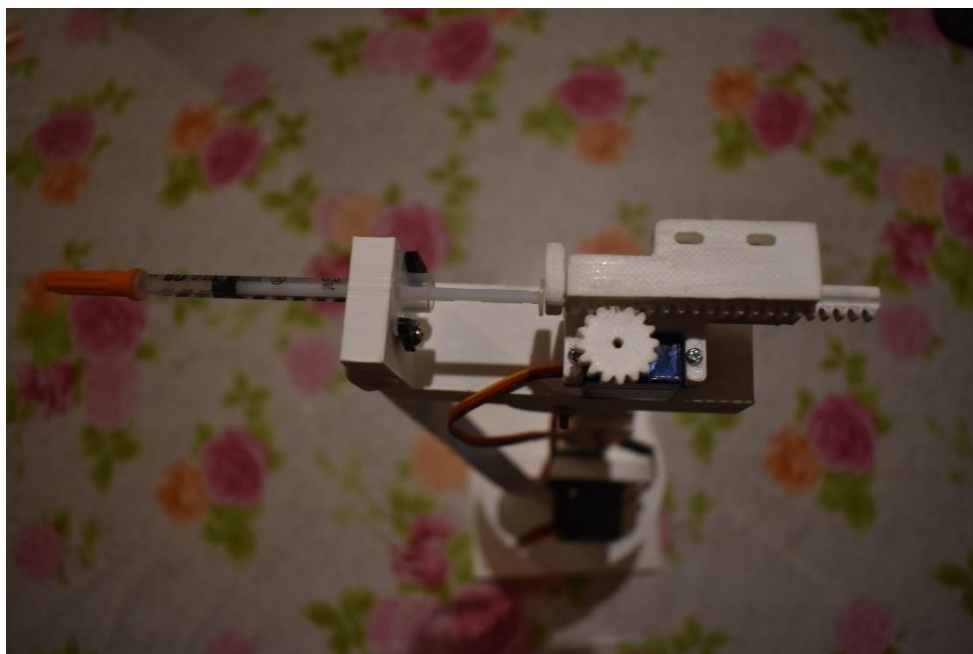
Εικόνα 42. Ολοκληρωμένος βραχίονας εμβολιασμού 1



Εικόνα 43. Ολοκληρωμένος βραχίονας εμβολιασμού 2



Εικόνα 44. Ολοκληρωμένος βραχίονας εμβολιασμού 3



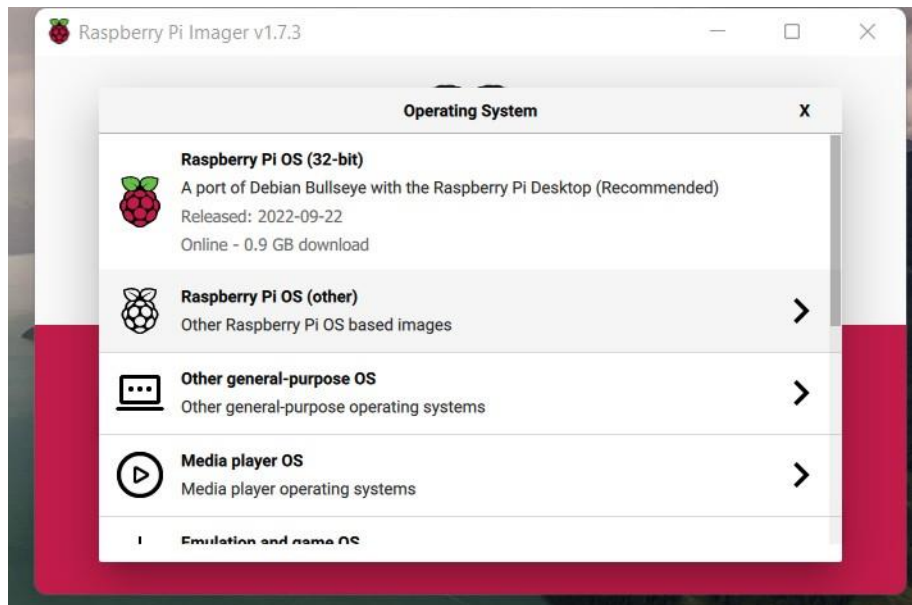
Εικόνα 45. Κάτοψη ολοκληρωμένου βραχίονα εμβολιασμού



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

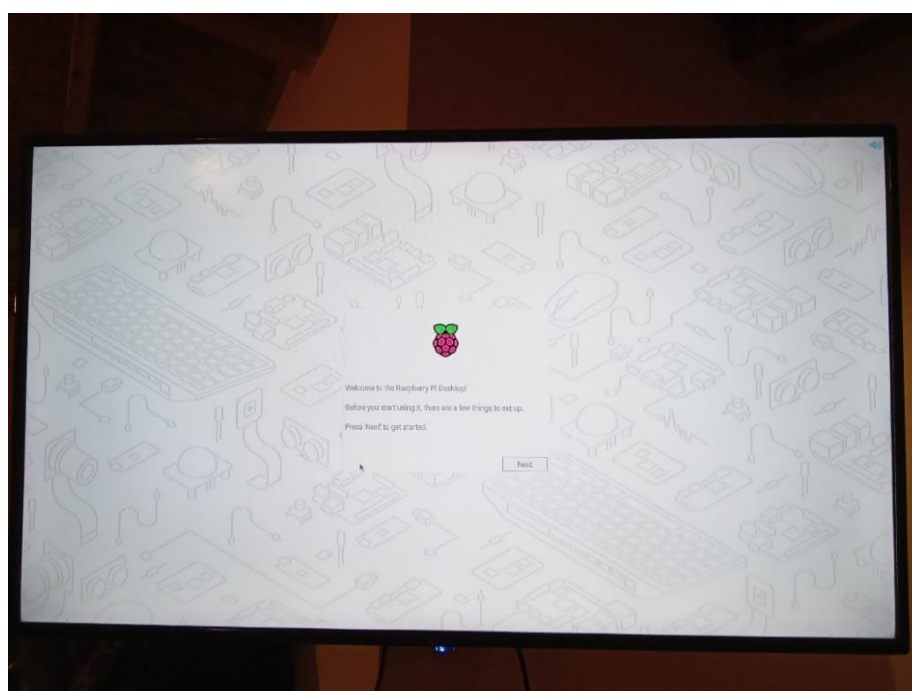
### ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Πριν ξεκινήσει ο προγραμματισμός του βραχίονα εγκαταστάθηκε σε μια κάρτα SD το λογισμικό Raspberry Pi OS(Legacy) μέσω του Raspberry Pi Imager.



Εικόνα 46: Λειτουργικό σύστημα Raspberry 1

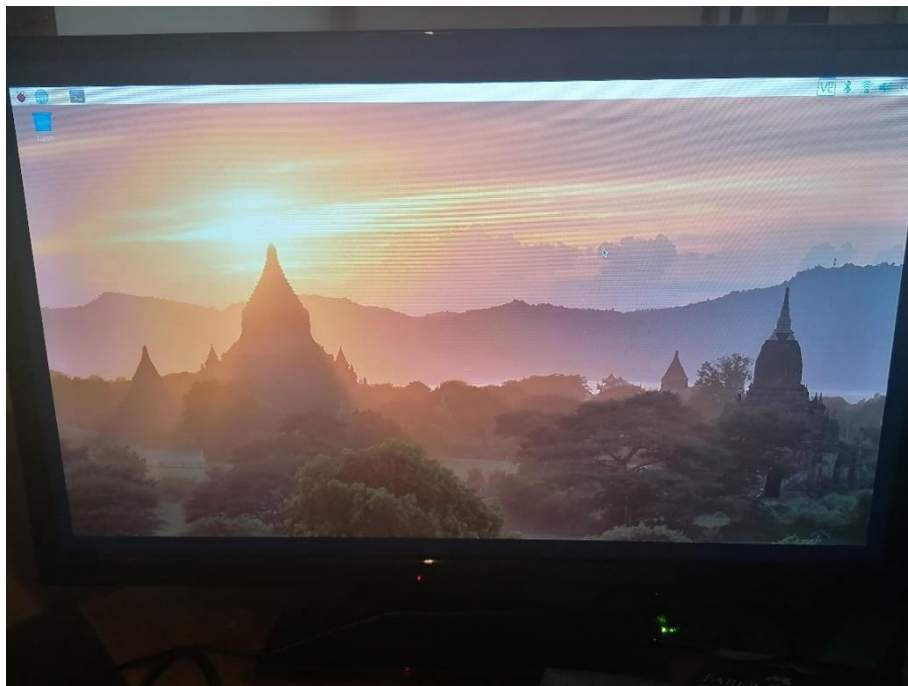
Για την πρώτη εκκίνηση και την παραμετροποίηση του Raspberry pi, το συνδέσαμε σε μια οθόνη με ένα καλώδιο HDMI.



Εικόνα 47: Λειτουργικό σύστημα Raspberry 2

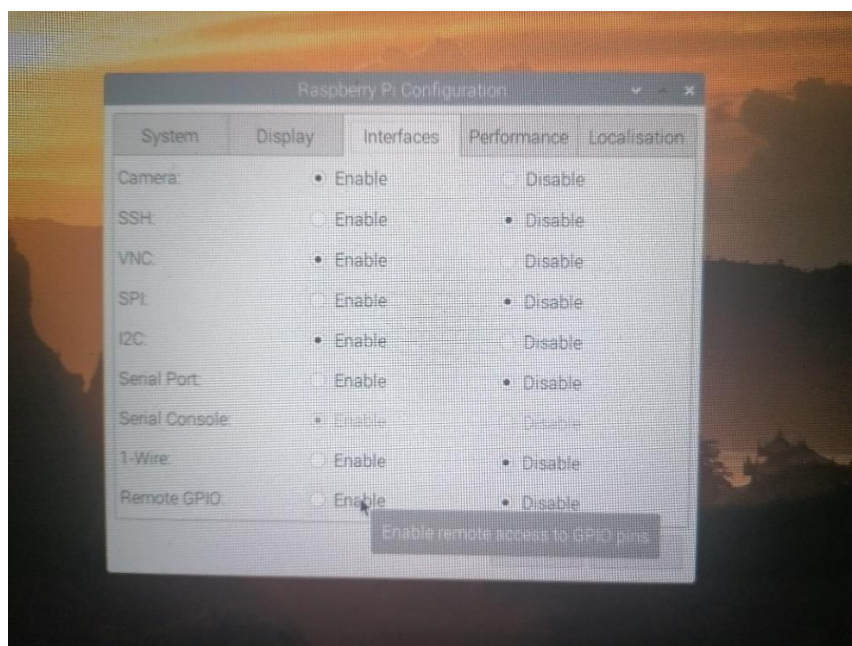


Αφού ορίστηκε η γλώσσα δημιουργήθηκε ο καινούργιος κωδικός πρόσβασης και στη συνέχεια αφού άνοιξε λειτούργησε με το γραφικό του λογισμικό.



Εικόνα 48: Λειτουργικό σύστημα Raspberry 3

Στη συνέχεια πραγματοποιήσαμε τη σύνδεση στο διαδίκτυο και ενεργοποιήσαμε την λειτουργία του VNC για απομακρυσμένο έλεγχο και παρακολούθηση. Ταυτόχρονα ενεργοποιήσαμε και την λειτουργία της κάμερας και την I2C λειτουργία που είναι απαραίτητη για το Wi-Fi.



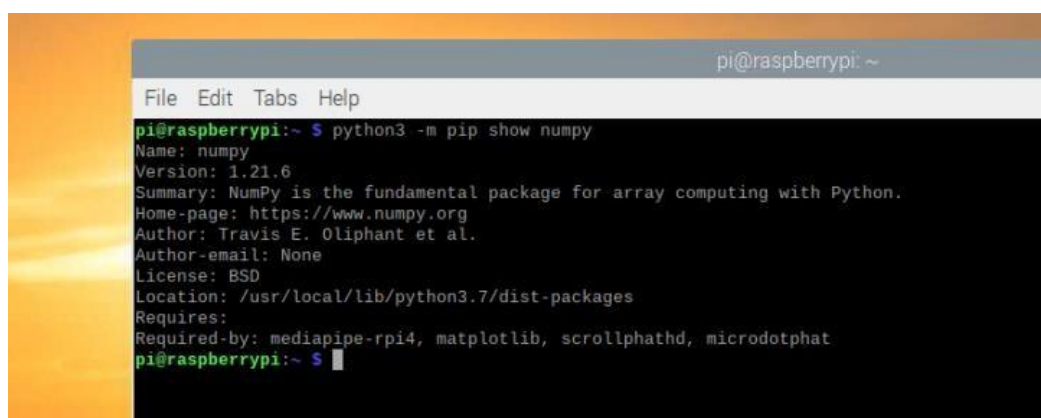
Εικόνα 49: Λειτουργικό σύστημα Raspberry 4



Πριν ξεκινήσει η συγγραφή του κώδικα είχε γίνει αναζήτηση των προγραμμάτων που χρειάζονταν ώστε να μπορέσει η κάμερα να εντοπίζει το ανθρώπινο μπράτσο. Αρχικά εκτελέστηκε η εντολή **sudo apt-get update & sudo apt-get upgrade** ώστε να πραγματοποιηθούν οι όποιες ενημερώσεις χρειαζόταν στο σύστημα. Το πακέτο για την αναγνώριση του χεριού είναι το **MediaPipe**. Το Mediarpipe είναι ένα framework για τη δημιουργία pipeline επεξεργασίας πολυμεσικών χρονοσειρών, όπως βίντεο, ήχος, κλπ.

Για την σωστή εγκατάσταση του MediaPipe πρέπει να ενημερωθεί πρώτα η βιβλιοθήκη **NumPy**. Η έκδοση 1.21.6 είναι η πιο ενημερωμένη έκδοση για την buster έκδοση του λογισμικού.

Η βιβλιοθήκη **NumPy** χρειάζεται να εγκατασταθεί για τη λειτουργία του Mediarpipe στο Raspberry Pi. Για να μπορέσουμε να αξιοποιήσουμε πλήρως τη διαθέσιμη επεξεργαστική ισχύ του υπολογιστή μας, χρησιμοποιήθηκε το multiprocessing το οποίο παρέχει η NumPy. Η NumPy βιβλιοθήκη είναι κατάλληλη για εργασίες που απαιτούν μεγάλη επεξεργαστική ισχύ του επεξεργαστή, παρέχει βελτιστοποιημένες λειτουργίες για πίνακες και διαχείριση μνήμης.



```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~ $ python3 -m pip show numpy  
Name: numpy  
Version: 1.21.6  
Summary: NumPy is the fundamental package for array computing with Python.  
Home-page: https://www.numpy.org  
Author: Travis E. Oliphant et al.  
Author-email: None  
License: BSD  
Location: /usr/local/lib/python3.7/dist-packages  
Requires:  
Required-by: mediapipe-rpi4, matplotlib, scrollphatd, microdotphat  
pi@raspberrypi:~ $
```

Εικόνα 50: Παραμετροποίηση Raspberry 1

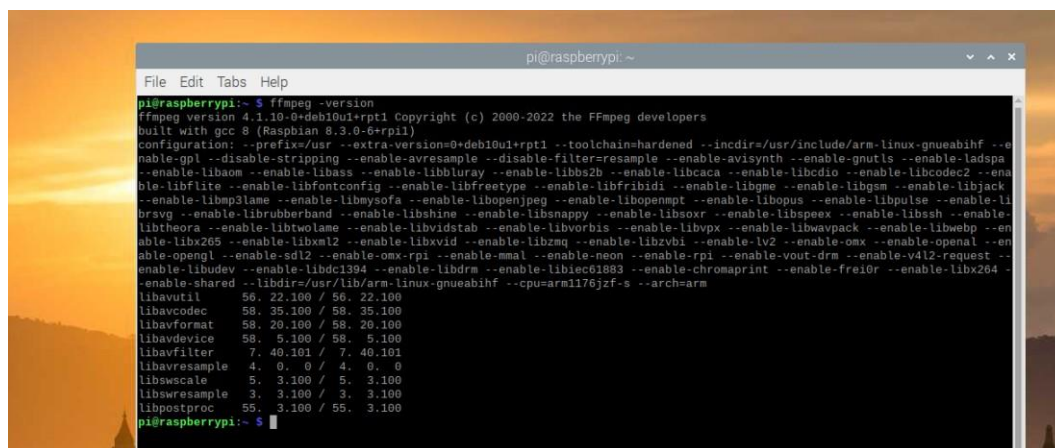
Ακόμη για την σωστή λειτουργία του **MediaPipe** εγκαταστάθηκαν τα εργαλεία **FFmpeg** και **OpenCV**. Παρακάτω φαίνονται οι εκδόσεις που έχουν εγκατασταθεί για κάθε εργαλείο.

Το **FFmpeg** Το FFmpeg είναι ένα ισχυρό πλαίσιο πολυμέσων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κωδικοποίηση, αποκωδικοποίηση, μετατροπή μορφών, δημιουργία/διαχείριση stream, φιλτράρισμα και αναπαραγωγή ήχου και βίντεο.



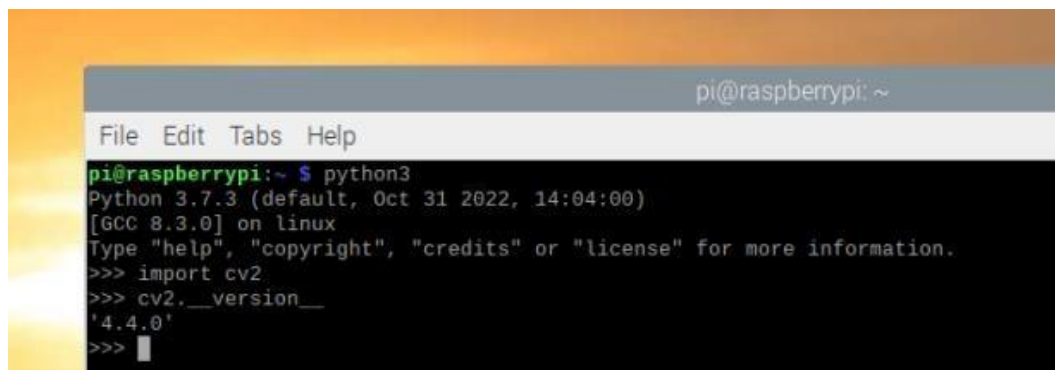
Μπορεί επίσης να καταγράψει και να κωδικοποιήσει σε πραγματικό χρόνο από υλικό ενός συστήματος ή λογισμικό.

Το **OpenCV** εργαλείο για την επεξεργασία εικόνων και την εκτέλεση εργασιών όρασης υπολογιστή. Είναι μια ανοιχτού κώδικα βιβλιοθήκη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτελεί εργασίες όπως ανίχνευση προσώπων, ανίχνευση αντικειμένων, ανίχνευση landmark και πολλά άλλα.



```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~$ ffmpeg -version  
ffmpeg version 4.1.10-0+deb10u1+rpt1 Copyright (c) 2000-2022 the FFmpeg developers  
built with gcc 8 (Raspbian 8.3.0-6+rpt1)  
configuration: --prefix=/usr --extra-version=0+deb10u1+rpt1 --toolchain=hardened --incdir=/usr/include/arm-linux-gnueabi --enable-gpl --disable-stripping --enable-avresample --disable-filter=resample --enable-avisynth --enable-gnutls --enable-ladspa --enable-libaom --enable-libass --enable-libbluray --enable-libsbs2b --enable-libcaca --enable-libcdio --enable-libcodecs2 --enable-libfontconfig --enable-libfontconfig --enable-libfreetype --enable-libfribidi --enable-libgsm --enable-libgsm --enable-libjack --enable-libmp3lame --enable-libmysofa --enable-libopenjpeg --enable-libopenmpt --enable-libopus --enable-libpulse --enable-librtmp --enable-librubberband --enable-libshine --enable-libsnpappy --enable-libsoxr --enable-libspeex --enable-libssh --enable-libtheora --enable-libtwolame --enable-libvidstab --enable-libvorbis --enable-libvpx --enable-libwavpack --enable-libwebp --enable-libx265 --enable-libx264 --enable-libxvid --enable-libzmq --enable-libzvt --enable-lv2 --enable-omx --enable-openal --enable-opengl --enable-sdl2 --enable-omx-rpi --enable-mmal --enable-neon --enable-rpi --enable-vout-drm --enable-v4l2-request --enable-libudev --enable-libdc1394 --enable-libdrm --enable-libiec61883 --enable-chromaprint --enable-frei0r --enable-libx264 --enable-shared --libdir=/usr/lib/arm-linux-gnueabi --cpu=arm1176jzf-s --arch=arm  
libavcodec 58. 35.100 / 58. 35.100  
libavformat 58. 20.100 / 58. 20.100  
libavdevice 58.  5.100 / 58.  5.100  
libavfilter  7. 40.101 /  7. 40.101  
libavresample 4.  0.  0 /  4.  0.  0  
libbscale  5.  3.100 /  5.  3.100  
libswresample 3.  3.100 /  3.  3.100  
libpostproc 55.  3.100 / 55.  3.100  
pi@raspberrypi:~$
```

Εικόνα 51: Παραμετροποίηση Raspberry 2



```
pi@raspberrypi: ~  
File Edit Tabs Help  
pi@raspberrypi:~$ python3  
Python 3.7.3 (default, Oct 31 2022, 14:04:00)  
[GCC 8.3.0] on linux  
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.  
>>> import cv2  
>>> cv2.__version__  
'4.4.0'  
>>>
```

Εικόνα 52: Παραμετροποίηση Raspberry 3

Εκτελώντας την εντολή **sudo pip3 install mediapipe-rpi4** εγκαταστάθηκε η αντίστοιχη έκδοση του MediaPipe για το raspberry 4.

Έπειτα έγινε συγγραφή του κώδικα python στο προεγκατεστημένο πρόγραμμα Thonny Python IDE.



```
FINAL.py ✕
1 import time
2 import cv2
3 import mediapipe as mp
4 from adafruit_servokit import ServoKit
5
6 # Initialize servokit library
7 kit = ServoKit(channels=16)
8
9 # Define the initial angle of the servos
10 kit.servo[0].angle = 180
11 kit.servo[1].angle = 30
12 kit.servo[2].angle = 0
13
14
15 cap = cv2.VideoCapture(0)
16
17 mp_pose = mp.solutions.pose
18 mp_draw = mp.solutions.drawing_utils
19 pose = mp_pose.Pose()
20
21 # Define the range of motion for each servo
22 FIR_MAX_ANGLE = 180
23 SEC_MIN_ANGLE = 0
24
25 first_angle = (FIR_MAX_ANGLE - 10)
26 sec_angle = (SEC_MIN_ANGLE + 10)
27
28 while True:
29     ret, frame = cap.read()
30     flipped = cv2.flip(frame, flipCode=1)
31     frame1 = cv2.resize(flipped, (640, 480))
32     rgb_img = cv2.cvtColor(frame1, cv2.COLOR_BGR2RGB)
33
34     result = pose.process(rgb_img)
35     pose_landmarks = result.pose_landmarks
```

Εικόνα 53: Προγραμματισμός 1

```
FINAL.py ✕
25 first_angle = (FIR_MAX_ANGLE - 10)
26 sec_angle = (SEC_MIN_ANGLE + 10)
27
28 while True:
29     ret, frame = cap.read()
30     flipped = cv2.flip(frame, flipCode=1)
31     frame1 = cv2.resize(flipped, (640, 480))
32     rgb_img = cv2.cvtColor(frame1, cv2.COLOR_BGR2RGB)
33
34     result = pose.process(rgb_img)
35     pose_landmarks = result.pose_landmarks
36
37     if pose_landmarks is not None:
38         # Get the position of the left shoulder
39         left_shoulder_pos = (pose_landmarks.landmark[mp_pose.PoseLandmark.LEFT_SHOULDER].x,
40                             pose_landmarks.landmark[mp_pose.PoseLandmark.LEFT_SHOULDER].y)
41         right_shoulder_pos = (pose_landmarks.landmark[mp_pose.PoseLandmark.RIGHT_SHOULDER].x,
42                              pose_landmarks.landmark[mp_pose.PoseLandmark.RIGHT_SHOULDER].y)
43
44         # Stop the servo connected to the left shoulder if it's detected in the frame
45         if (left_shoulder_pos[0] > 0 and left_shoulder_pos[1] > 0) or (right_shoulder_pos[0] > 0 and right_shoulder_pos[1] > 0):
46             kit.servo[0].throttle = None
47             kit.servo[2].angle = 180
48         else:
49             kit.servo[0].angle = 180
50             kit.servo[1].angle = 30
51
52     else:
53         if (first_angle < 120 or sec_angle > 60):
54             kit.servo[0].angle = 180
55             kit.servo[1].angle = 30
56         else:
57             first_angle = (first_angle - 10)
58             sec_angle = (sec_angle + 10)
```

Εικόνα 54: Προγραμματισμός 2



```
FINAL.py
45 if (left_shoulder_pos[0] > 0 and left_shoulder_pos[1] > 0) or (right_shoulder_pos[0] > 0 and right_shoulder_pos[1] > 0):
46     kit.servo[0].throttle = None
47     kit.servo[2].angle = 180
48 else:
49     kit.servo[0].angle = 180
50     kit.servo[1].angle = 30
51
52 else:
53     if(first_angle < 120 or sec_angle > 60):
54         kit.servo[0].angle = 180
55         kit.servo[1].angle = 30
56     else:
57         first_angle = (first_angle - 10)
58         sec_angle = (sec_angle + 10)
59
60     kit.servo[0].angle = first_angle
61     kit.servo[1].angle = sec_angle
62
63
64
65 # Draw the landmarks on the image
66 mp_draw_landmarks(frame1, result.pose_landmarks, mp_pose.POSE_CONNECTIONS)
67
68 cv2.imshow("frame", frame1)
69
70 key = cv2.waitKey(1) & 0xFF
71 if key == ord("q"):
72     break
73
74 # Release the resources
75 cap.release()
76 cv2.destroyAllWindows()
77
78
```

Εικόνα 55: Προγραμματισμός 3

Όπως φαίνεται στις παραπάνω εικόνες, ο κώδικας με τον οποίο λειτουργεί ο βραχίονας ξεκινάει με τον ορισμό των μοτόρων. Μέσω της MediaPipe είναι δυνατή η χρήση της κάμερας και ο εντοπισμός του ανθρωπίνου βραχίονα. Με την συνάρτηση landmarks μαζί με την draw, ζωγραφίζει πάνω στα σημεία που εντοπίζει κόκκινες κουκίδες.

Στην περίπτωση που εντοπίσει το μπράτσο οι δυο μότερες που ελέγχουν το ύψος του βραχίονα σταματάνε να λειτουργούν και λειτουργεί ο micro servo ώστε να γίνει ο εμβολιασμός.

Στη περίπτωση που ο βραχίονας δεν εντοπίζει τίποτα, συνεχίζουν να κουνιούνται οι δυο μότερες που ελέγχουν το ύψος μέχρι κάποιες συγκεκριμένες μοίρες και όταν ξεπεράσουν αυτά τα όρια ο βραχίονας επιστρέφει στην αρχική του θέση.

Μέσω του VNC δίνεται η εκκίνηση για τον βραχίονα και γίνεται και επίβλεψη της κάμερας ώστε να αποτρέπουν τυχόν ατυχήματα.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>**

### **ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Το σύστημα ρομποτικού εμβολιασμού λειτουργεί με 2 servos, έναν micro servo και μια κάμερα Raspberry Pi v2. Οι 2 servos χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της κίνησης του, ο micro servo για τον έλεγχο της κίνησης της βελόνας εμβολιασμού και η κάμερα Raspberry Pi v2 χρησιμοποιείται για την αναγνώριση της θέσης εμβολιασμού στο σώμα του ασθενούς.

Το σύστημα έχει υψηλή ακρίβεια στον εντοπισμό του κατάλληλου σημείου και στην εκτέλεση της ενέσιμης δόσης. Επιτυγχάνει με ακρίβεια, περίπου 85%, στην εύρεση του σωστού σημείου και στην εκτέλεση του εμβολιασμού. Παρόλα αυτά, δεν έχει γίνει πραγματική δοκιμή σε ανθρώπινο σώμα, διότι δεν επιτρέπεται η χρήση του σε ανθρώπους καθώς η παρούσα κατασκευή αποτελεί πρότυπο πανεπιστημίου.

Το σύστημα όμως έχει τις δυνατότητες για περαιτέρω ανάπτυξη, έτσι ώστε στο μέλλον να μπορεί να δοκιμαστεί και σε ανθρώπους, με σκοπό τη βελτίωση της ακρίβειας και της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας εντοπισμού και ενέσιμης δόσης για τον εμβολιασμό.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>**

### **1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Προγραμματίζοντας σε γλώσσα Python στη συνέχεια η διαδικασία ήταν εύκολη, αλλά οι λειτουργίες του Raspberry που έπρεπε να εγκατασταθούν έτσι ώστε να γραφτεί ο κώδικας για την κάμερα και τους μότερες ήταν μια χρονοβόρα διαδικασία και χρειαζόταν πολλά updates ώστε να λειτουργήσουν όλα σωστά.

Το σχέδιο του βραχίονα, ενώ είναι αρκετά ελαφρύ δεν είναι αρκετά ακριβές ως προς την κίνηση του, λόγω των σερβομοτόρων που φτάνουν έως και 180 μοίρες.

Ο ρομποτικός εμβολιασμός δεν μπορεί είναι τελείως αυτόνομος και χρειάζεται επίβλεψη.

Χρειάζεται περισσότερη εκπαίδευση του μοντέλου της κάμερας ώστε να αναγνωρίζει καλύτερα το συγκεκριμένο σημείο του σώματος.

Με την χρήση του Servo Pi HAT δεν ήταν δυνατή η εγκατάσταση ενός φυσικού κουμπιού εκκίνησης.

Τέλος θα πρότεινα την εξέλιξη του συγκεκριμένου έργου διότι σε περιπτώσεις πανδημίας είναι ένας πιο ασφαλής τρόπος για να γίνουν εμβολιασμοί.

### **2. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

Στο μέλλον θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα καλύτερο σχέδιο για τον βραχίονα, έτσι ώστε να μπορεί να κάνει σταθερές κινήσεις στον κάθετο άξονα και να προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια.

Η κάμερα μπορεί να είναι καλύτερης ανάλυσης και να έχει περισσότερες λειτουργίες (π.χ. θερμικές κάμερες).

Θα μπορούσε να αντικατασταθεί η πηγή ρεύματος, έτσι ώστε σε περιπτώσεις



διακοπής ρεύματος, να μπορεί ο βραχίονας να λειτουργεί κανονικά.

Με την εξέλιξη της ρομποτικής είναι πιθανό να μπορέσουν να αντικατασταθούν οι μότερες με άλλους ελαφρύτερους και μεγαλύτερης ισχύος.

Βίντεο λειτουργίας βραχίονα: [https://youtu.be/ySdj\\_L2hgxs](https://youtu.be/ySdj_L2hgxs)



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κωτής Γ., Σκουλούδης Κ., (2020). ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ. ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. ΑΙΓΑΛΕΩ.
- Μπουράντα Α., (2019). ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ-ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ». ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. ΗΡΑΚΛΕΙΟ.
- Κορδούλης Ι., Μαχαιράς Κ., (2020). Μελέτη της χρήσης των Ρομπότ στην Ιατρική Επιστήμη και της συμμετοχής τους στην πρόληψη ασθενειών. Πτυχιακή εργασία. Αθήνα.
- Καρράς Α., (2019). Βιομηχανική Ρομποτική. Πτυχιακή εργασία. Αθήνα.
- Καλλιγερόπουλος Δ., (2005). Ιστορία της Τεχνολογίας και των Αυτόματων. Σύγχρονη Εκδοτική. Αθήνα.
- Χριστοφορίδου Κ., (2012) ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΡΟΜΠΟΤ ΓΙΑ ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΠΕΡΙΗΓΗΣΗ ΣΤΟ ΧΩΡΟ. ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ.
- Μπαρτζελιώτης Ε., (2017). Ρομποτικό σύστημα με τρεις βαθμούς ελευθερίας που ακολουθεί μια γραμμή μέσω ελέγχου οπτικής ανατροφοδότησης (Visual servo control). Διπλωματική εργασία. Σάμος.
- Φιλίππου Σ., Μαυρόπουλος Ν., Τι είναι ρομπότ. Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Στο [http://icsdweb.aegean.gr/edurobots/images/iliko/enotita\\_01\\_eisagogi\\_sti\\_rombotik.pdf](http://icsdweb.aegean.gr/edurobots/images/iliko/enotita_01_eisagogi_sti_rombotik.pdf)
- ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΕΜΒΟΛΙΑΣΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ COVID-19. Εθνική Επιτροπή Εμβολιασμών. Έκδοση 1.1 ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΓΕΙΑΣ. ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2020.



## ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Spaink, Herman P., et al. "Robotic injection of zebrafish embryos for high-throughput screening in disease models." *Methods* 62.3 (2013): 246-254.
- Kwan, Cynthia, et al. "Co-registration of Imaging Modalities (MRI, CT and PET) to Perform Frameless Stereotaxic Robotic Injections in the Common Marmoset." *Neuroscience* 480 (2022): 143-154.
- Rizvi, S. Zeeshan, et al. "Automation of vaccination and blood sampling procedures." 2005 Student Conference on Engineering Sciences and Technology. IEEE, 2005.
- Ota, Takeyoshi, et al. "Minimally invasive epicardial injections using a novel semiautonomous robotic device." *Circulation* 118.14\_suppl\_1 (2008): S115-S120.
- Zhu, Yang, et al. "Design of a coupled thermoresponsive hydrogel and robotic system for postinfarct biomaterial injection therapy." *The Annals of thoracic surgery* 102.3 (2016): 780-786.
- Blázquez Conesa, Fulgencio. "Use of a 6-axis Robotic Arm for Covid-19 Vaccination." (2021).
- Waspe, Adam C., et al. "Design, calibration and evaluation of a robotic needle-positioning system for small animal imaging applications." *Physics in Medicine & Biology* 52.7 (2007): 1863.
- Coward, Cameron. *A Beginner's Guide to 3D Modeling: A Guide to Autodesk Fusion 360*. No Starch Press, 2019.
- Timmis, Harold, and Harold Timmis. "Modeling with Fusion 360." *Practical Arduino Engineering: End to End Development with the Arduino, Fusion 360, 3D Printing, and Eagle* (2021): 57-127.
- Donat, Wolfram, and Chaim Krause. *Learn Raspberry Pi Programming with Python*. New York, NY 10013: Apress, 2014.
- Monk, Simon. *Programming the Raspberry Pi: getting started with Python*. McGraw-Hill Education, 2016.
- McManus, Sean, and Mike Cook. *Raspberry Pi for dummies*. John Wiley & Sons, 2021.
- Pajankar, Ashwin. *Raspberry Pi Image Processing Programming*. Nashik: Apress, 2017.
- Pereira, Viren, Vandyk Amsdem Fernandes, and Junieta Sequeira. "Low cost



object sorting robotic arm using Raspberry Pi." 2014 IEEE global humanitarian technology conference-South Asia Satellite (GHTC-SAS). IEEE, 2014.