



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
«Προηγμένα Συστήματα και Μέθοδοι στη Βιοϊατρική Τεχνολογία»

# Κατασκευή Ρομπωτικού Βραχίονα με Διασύνδεση στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων και Χρήση Arduino

Αγγελόπουλος Ιωάννης

A.M: mtmb2001

Επιβλέπων Καθηγητής:  
Παντελεήμων Ασβεστάς, Καθηγητής

Αθήνα 28/9/2023

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

Παντελεήμων Ασβεστάς

Καθηγητής

Δημήτριος Γκλώτσος

Καθηγητής

Σπυρίδων Κωστόπουλος

Αναπληρωτής Καθηγητής

**ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ο υπογράφων Ιωάννης Αγγελόπουλος του Αθανασίου , με αριθμό μητρώου mtmb2001 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής στο πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών

«Προηγμένα Συστήματα και Μέθοδοι στη Βιοϊατρική Τεχνολογία της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

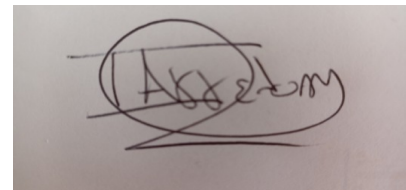
«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους,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

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

Ημερομηνία

23/9/2023

Ο Δηλών



## Περιεχόμενα

**1 Ρομποτική 9**

1.1 Ιστορική αναδρομή.....	9
1.1.1 Αντιλήψεις στην Αρχαιότητα.....	10
1.1.2 Μεσαίωνας .....	12
1.1.3 Σύγχρονες αντιλήψεις.....	14
1.2 Εφαρμογές των ρομπότ.....	14
1.2.1 Βιομηχανία.....	14
1.2.2 Εξ αποστάσεως λειτουργίες.....	15
1.2.3 Ρομπότ εξυπηρέτησης.....	16
1.3 Τύποι Ρομπότ.....	16
1.3.1 Cartesian robots.....	16
1.3.2 Κυλινδρικά ρομπότ.....	17
1.3.3 Σφαιρικά ρομπότ.....	17
1.3.4 Ρομπότ SCARA.....	18
1.3.5 Αρθρωτά ρομπότ.....	18
1.3.6 Κινητά Ρομπότ.....	19
1.3.7 Ανθρωπόμορφα Ρομπότ.....	20
1.3.8 Παράλληλα ρομπότ.....	21
1.3.9 Ρομπότ με Καλώδια Κρέμασης <sup>22</sup>	
1.3.10 Μαλακά Ρομπότ.....	22
1.4 Ρομπότ στον χώρο της υγείας.....	24
1.4.1 Χειρουργικά ρομπότ.....	24
1.4.2 Ρομπότ αποκατάστασης.....	25
1.4.3 Ρομποτικοί ραδιολόγοι.....	26
1.4.4 Ρομπότ εξυπηρέτησης.....	27

**2 3D Εκτύπωση<sup>28</sup>**

2.1 Τεχνολογία της 3D εκτύπωσης.....	28
2.2 Χρήση της 3D εκτύπωσης στον τομέα της υγείας.....	28
2.2.1 Βιοεκτύπωση ιστών και οργανοειδών.....	28
2.2.2. Προετοιμασία επεμβάσεων με την βοήθεια τρισδιάστατων εκτυπωμένων μοντέλων.....	29
2.2.3. Τρισδιάστατη εκτύπωση χειρουργικών εργαλείων.....	29

2.2.4 Παραγωγή εξατομικευμένων προσθετικών άκρων με 3D εκτύπωση.....	29
2.3 Εκτύπωση του ρομποτικού βραχίονα.....	29
<b>3 Ηλεκτρονικά μέρη.....</b>	<b>32</b>
3.1 Arduino.....	33
3.2 CNC Shield.....	34
3.3 Οδηγός A4988.....	34
3.4 Βηματικός κινητήρας Stepper Motor Nema 17 .....	36
3.5 Τροφοδοτικό(Power Supply).....	39
3.6 Σερβοκινητήρας (Servo motor).....	39
<b>4 Συναρμολόγηση ρομπότ (Robot assembly).....</b>	<b>40</b>
<b>5 Λογισμικά Software – Arduino IDE, GRBL library, Universal G-code sender.....</b>	<b>41</b>
5.1 Arduino IDE.....	41
5.2 Βιβλιοθήκη GRBL.....	42
5.3 Universal G-code Sender.....	43
<b>6 Διαδίκτυο των πραγμάτων - Internet of things (IoT) .....</b>	<b>44</b>
6.1 Αρχές λειτουργίας.....	44
6.2 Έξυπνη Υγεία (Smart Health).....	46
6.3 IoT πλατφόρμες & Blynk.....	47
6.4 Υλοποίηση της σύνδεσης.....	48
6.4.1 LM 35 .....	49
6.4.2 NodeMCU Esp8266.....	50
6.5 Ηλεκτρονική διασύνδεση και κώδικας.....	51
6.6 Εκτέλεση του κώδικα.....	52
6.7 Χρήση του βραχίονα.....	56
<b>7 Κοστολόγιο των εξαρτημάτων.....</b>	<b>56</b>
<b>8 Συμπέρασμα.....</b>	<b>56</b>
<b>9 Εκτυπωμένα μέρη του ρομπότ.....</b>	<b>57</b>
<b>10 Βιβλιογραφία .....</b>	<b>62</b>

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα ειλικρινά να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς τον επιβλέποντα καθηγητή , κ. Παντελεήμων Ασβεστά, για την υποστήριξή του και τις πολύτιμες συμβουλές του κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον θέμα. Επιπλέον, η καθοδήγησή του και η υλική υποστήριξη που μου παρείχε, συμπεριλαμβανομένου του απαραίτητου εξοπλισμού για την ολοκλήρωση της εργασίας μου, ήταν ανεκτίμητες. Τέλος με την ευκαιρία ολοκλήρωσης των σπουδών μου θα ήθελα να ευχαριστήσω οικογένεια και φίλους, για την υποστήριξη τους όλα αυτά τα χρόνια.

## Περίληψη

Σε αυτό την εργασία γίνεται η κατασκευή ρομποτικού βραχίονα τεσσάρων βαθμών ελευθερίας (4DoF) με διασύνδεση στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things (IoT)) και χρήση πλατφόρμας Arduino. Αρχικά γίνεται μια ιστορική αναδρομή από την αρχαιότητα ως τώρα ,για την εφαρμογή την χρήση και την αντίληψη που είχε η κάθε κοινωνία για τα ρομπότ. Ύστερα γίνεται αναφορά για τους διάφορους τύπους ρομπότ που χρησιμοποιούνται στον σύγχρονο κόσμο και ιδιαίτερα αναλύεται η χρήση τους στον χώρο της υγείας.

Όλα τα μέρη του βραχίονα έχουν εκτυπωθεί με την τεχνολογία της τρισδιάστατης (3D) εκτύπωσης και έχει γίνει έκθεση για όλα τα σημαντικά στοιχεία σχετικά με την τεχνολογία 3D εκτύπωσης και τα ρομπότ. Περιλαμβάνονται επίσης πληροφορίες για το πως η χρήση της τεχνολογίας αυτής έχει αξιοποιηθεί στον χώρο της υγείας.

Ο ρομποτικός βραχίονας αξιοποιεί το Arduino IDE, μία πλατφόρμα ανοικτού κώδικα, για τον έλεγχο και τον προγραμματισμού του. Αυτό επιτρέπει την ευέλικτη προσαρμογή της λειτουργίας του βραχίονα σύμφωνα με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις του έργου. Ακολούθως γίνεται περιγραφή πως έγινε η σύνδεση του ρομπότ με το Arduino και όλων των εξαρτημάτων μεταξύ τους.

Τέλος, ο ρομποτικός βραχίονας είναι εξοπλισμένος με δυνατότητες Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things (IoT)), που του επιτρέπουν να συνδεθεί στο διαδίκτυο και να ανταλλάσσει δεδομένα με άλλες συσκευές ή συστήματα. Έτσι βλέπουμε πως λειτουργεί το πρόγραμμα Blynk μέσω του οποίου κάνουμε την εξ αποστάσεως παρακολούθηση των δεδομένων.

**Λέξεις Κλειδιά:** ρομποτικός βραχίονας, διαδίκτυο των πραγμάτων, τρισδιάστατη εκτύπωση, Arduino

## Abstract

In this project, a four-degree-of-freedom (4DoF) robotic arm with Internet of Things (IoT) connectivity is being constructed using the Arduino platform. Initially, there is a historical overview from ancient times to the present, discussing the application and perception of robots in different societies. It then focuses on various types of robots used in the modern world, with a particular emphasis on their use in the field of healthcare.

All parts of the robotic arm have been 3D printed, and there is a comprehensive report on all the key elements related to 3D printing technology and robots. Information is also included on how this technology has been utilized in the healthcare sector.

The robotic arm utilizes the Arduino IDE, an open-source platform, for control and programming. This allows for flexible customization of the arm's functionality to meet specific project requirements. Additionally, the project describes how the robot was connected to Arduino and all the components interfaced with each other.

Finally, the robotic arm is equipped with Internet of Things (IoT) capabilities, allowing it to connect to the Internet and exchange data with other devices or systems. The operation of the program via Blynk is explained, which enables remote monitoring of the data.

**Keywords:** robotic arm, 3D printing, Internet of Things (IoT), Arduino



## 1.Ρομποτική

Ρομπότ είναι ένα ηλεκτρομηχανικό σύστημα με πολλαπλούς βαθμούς ελευθερίας (DoF) το οποίο μπορεί να προγραμματιστεί για να εκτελεί διάφορες εργασίες. Βαθμοί ελευθερίας, είναι το πλήθος ανεξάρτητων κινήσεων που μπορεί να πραγματοποιήσει μια συσκευή και ονομάζεται κινηματική. Ρομπότ θεωρείται οποιαδήποτε μηχανική συσκευή που μπορεί να υποκαθιστά τον άνθρωπο σε διάφορες εργασίες. Ένα ρομπότ μπορεί να δράσει κάτω από τον απευθείας έλεγχο ενός ανθρώπου ή αυτόνομα κάτω από τον έλεγχο ενός προγραμματισμένου υπολογιστή.[Πηγή]

### 1.1 Ιστορική αναδρομή

Η λέξη "ρομπότ" εμφανίστηκε για πρώτη φορά σε έντυπη μορφή στο έργο "R.U.R. (Rossum's Universal Robots)" του 1920 από τον Τσεχοσλοβακικής καταγωγής δραματουργό Καρέλ Τσαπέκ. Το ρομπότ είναι Τσεχοσλοβακική λέξη που σημαίνει εργάτης ή χωριάτης. Στο έργο αυτό, τα ρομπότ αναλαμβάνουν τον έλεγχο και εξαφανίζουν την ανθρώπινη φυλή. Ο ήρωας του έργου ανασχεδίασε την ανατομία του ανθρώπινου σώματος για να την απλοποιήσει, και τα ρομπότ διαθέτουν εξαιρετική μνήμη, αλλά δεν μπορούν να δημιουργήσουν τίποτα νέο. Ο Άιζακ Ασίμοφ δημιούργησε και διέδωσε τον όρο "ρομποτική" μέσα από πολλά επιστημονικά βιβλία και διηγήματα επιστημονικής φαντασίας. Ο Ασίμοφ ήταν ένας διορατικός συγγραφέας που στην δεκαετία του 1930 προέβλεψε έναν εγκέφαλο για τον έλεγχο των ρομπότ, πολλά χρόνια πριν από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές[Εικόνα 1.1]. Αντίθετα από τα προηγούμενα ρομπότ στην επιστημονική φαντασία, τα ρομπότ του Ασίμοφ δεν απειλούν τους ανθρώπους. Επίσης ο Ασίμοφ δημιούργησε τους Τρεις Νόμους της Ρομποτικής.



Εικόνα 1.1:Ανθρωποειδή ρομπότ σύμφωνα με το Ασίμοφ Πηγή:[1] .

Ο Τζόζεφ Ένγκλεμπεργκερ και ο Τζόρτζ Ντεβόλ θεωρούνται οι πατέρες των βιομηχανικών ρομπότ . Η εταιρεία τους, Unimation, κατασκεύασε το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ, το

PUMA (Programmable Universal Manipulator Arm, το 1961, εμπνευσμένο από τον ανθρώπινο βραχίονα.

Τα ρομπότ και τα αυτοματοποιημένα μηχανικά συστήματα αποτελούν καίρια στοιχεία κάθε πρόβλεψης που έχει γίνει για το κοντινό είτε το απώτερο μέλλον. Ωστόσο, τα ρομπότ και τα αυτοματοποιημένα μηχανικά συστήματα έχουν επίσης μια μακρά ιστορία, η οποία χρονολογείται από την αρχαιότητα. Σήμερα οι περισσότεροι ιστορικοί θεωρούν ότι ένας από τους κύριους ρόλους τους, ήταν να εκπλήσσουν ή ακόμα και να τρομοκρατήσουν το κοινό, σχεδιάστηκαν για να εκφράσουν κάτι μυθικό, μαγικό και ανεξήγητο. Επιπλέον, οι εικασίες για τα ρομπότ και τους προορισμένους τομείς εφαρμογής τους αντανάκλουν τις διάφορες κοινωνίες. Επομένως, αυτή η σύντομη ιστορία της ρομποτικής και ιδιαίτερα των ανθρωπομορφικών αυτοματοποιημένων συστημάτων αποσκοπεί να δώσει μια επισκόπηση των διαφόρων ιστορικών περιόδων και την οπτική τους για το θέμα.

Η ιδέα των ρομπότ και της τεχνητής ζωής έχει ιστορικό υπόβαθρο που χρονολογείται από την αρχαιότητα. Επιπλέον, υπάρχουν κάποιες εφαρμογές και πραγματικές υλοποιήσεις ανθρωπόμορφων αυτοματοποιημένων μηχανισμών. Σύμφωνα με αυτές τις εφαρμογές, τίθενται ερωτήματα σχετικά με την αντίληψη των κοινωνιών για τα ρομπότ και των αυτοματοποιημένων μηχανισμών, καθώς και τους τρόπους που οραματίστηκαν αυτές οι κοινωνίες, ότι θα εφαρμοστούν σε διάφορα ιστορικά και πολιτισμικά πλαίσια.[1]

### 1.1.1 Αντιλήψεις στην Αρχαιότητα

Η Ιλιάδα (850 π.Χ.) είναι ένα επικό έργο που περιγράφει τον πόλεμο των Τρώων, σε έναν κόσμο μυθικών αυτοματοποιημένων όντων, όπου οι άνθρωποι δεν ενεργούν αυτόνομα, αλλά ελέγχονται από τους Θεούς. Ο Ήφαιστος, ο θεός της σιδηρουργίας, της μεταλλουργίας, της τεχνολογίας και της φωτιάς στην αρχαία Ελληνική μυθολογία κατασκευάζει χρυσά τρίποδα αυτόματα όντα με ρόδες που θα παρευρίσκονταν με άλλους θεούς κατά τις συναντήσεις και στη συνέχεια θα επιστρέφανε στη θέση τους και θα αποσύρονταν μόνα τους.

Αγάλματα που κινούνταν αυτόνομα κατασκεύασε ο θρυλικός και μυθικός Δαίδαλος (του οποίου ο γιος ήταν ο διάσημος Ίκαρος), που ήταν ιδιοφυΐα στην μηχανική. Ο Πλάτων υποστήριξε ότι αυτά τα αγάλματα έπρεπε να εμποδίζονται από το να τραπούν σε φυγή. Οι μηχανικοί της αρχαιότητας είχαν ήδη τα μέσα για να κατασκευάσουν μηχανές και ρομπότ βασισμένα σε υδραυλική πίεση και ατμό. Έτσι, μια πρώτη έκδοση ενός μηχανήματος ατμού είχε ήδη αναπτυχθεί στην αρχαιότητα. Ωστόσο, αυτό δεν οδήγησε σε μια βιομηχανική επανάσταση.

Ενώ η απάντηση γιατί αυτό δεν συνέβη είναι αρκετά περίπλοκη, μία σημαντική απάντηση φαίνεται να είναι ότι οι τεχνικές εξελίξεις αντιμετωπίστηκαν ως κάτι που απειλεί το κοινωνικό σύστημα, που βασίζεται στη δουλεία και τη φθηνή εργασία. Επομένως, πολλές από τις φαντασιώσεις για τις εφαρμογές των ρομπότ στην αρχαία λογοτεχνία φαίνεται να είχαν ως σκοπό την αντικατάσταση των καθημερινών καθηκόντων των δούλων.

Ένα από τα πρώιμα παραδείγματα "κοινωνικών ρομπότ" με την ευρύτερη έννοια του όρου παρουσιάζεται από τον αρχαίο συγγραφέα Οβίδιο (43 π.Χ. - 17 μ.Χ.) στις "Μεταμορφώσεις" του. Ταυτόχρονα, αντανάκλα την ανθρώπινη επιθυμία να αναπαράγει ένα ιδανικό μοντέλο ενός μη ζωντανού όντος, που να ανταποκρίνεται στις προσωπικές επιθυμίες και ανάγκες. Αμέσως μετά την περιγραφή της μεταμόρφωσης των αδίστακτων κόρων του Προποίου σε πέτρα ως μέρος της θείας τιμωρίας, αφηγείται η ιστορία της ζωής του Πυγμαλίωνα της Κύπρου [Εικόνα 1.2]. Ο Πυγμαλίων, αηδιασμένος από την ατέλεια

των γυναικών, επικέντρωσε όλο το πάθος και το χρόνο του στη δημιουργία ενός εικαστικού αγάλματος από ελεφαντόδοντο που απεικονίζει την ιδανική γυναίκα. Στη συνέχεια, ερωτεύτηκε τη δημιουργία του. Την αντιμετώπισε ως ιδανική γυναικεία σύντροφο, της προσέφερε δώρα και ακόμα κοιμόταν μαζί της. Η λειτουργία του αγάλματος σε κάποιο βαθμό είναι συγκρίσιμη με τα σημερινά σεξουαλικά ρομπότ όπως το "Synthesia Amatus". Χάρη στη βοήθεια και το έλεος της θεάς Αφροδίτης, το άγαλμα του Πυγμαλίωνα ζωντάνεψε και μπόρεσε ακόμα να γεννήσει παιδιά. Στη σύγχρονη εποχή, αυτή έχει ονομαστεί Γαλάτεια. Η ιστορία έχει ένα "ευτυχές τέλος" με την γέννηση ενός παιδιού με το όνομα Πάφος. Ωστόσο, το ηθικό δίδαγμα της ιστορίας είναι αρκετά σαφές. Η ανθρώπινη δημιουργικότητα και εφεύρεση περιορίζεται στην ιδανικευμένη εικαστική και εξωτερική μίμηση της ζωής, ενώ η δημιουργία της ίδιας της ζωής εξαρτάται από θεία δύναμη.[1][Πηγή]



Εικόνα 1.2: Πυγμαλίων και Γαλάτεια, γλυπτό του Auguste Rodin, το 1889, χαραγμένο περίπου το 1908, στο "The Met Fifth Avenue" στη Νέα Υόρκη Πηγή:[1].

### 1.1.2 Μεσαίωνας

Κατά τη διάρκεια του μεσαίωνα στη Δυτική Ευρώπη, ο κύριος περιορισμός στην ανάπτυξη νέων τεχνικών εξελίξεων ήταν η θρησκευτική πεποίθηση ότι τέτοιες εξελίξεις ήταν μαγικές και πιθανώς και δαιμονικές. Ως εκ τούτου, τα αυτοματοποιημένα μηχανικά συστήματα στην Ευρώπη κατασκευάστηκαν κυρίως τον ύστερο μεσαίωνα. Ωστόσο, στον Βυζαντινό και Αραβικό κόσμο, τα αρχαία ρομπότ και τα αυτοματοποιημένα μηχανικά συστήματα συνεχίστηκαν να υλοποιούνται από την αρχαιότητα, με μικρές βελτιώσεις. Επιπλέον, τα κοινωνικά συστήματα της εποχής στηρίζονταν σε φθηνή και σχεδόν δουλικά εργασία, χωρίς επείγουσα ανάγκη για τεχνολογικές εξελίξεις. Τα ρομπότ και οι μηχανές προορίζονταν σε πολλές περιπτώσεις ως εξελιγμένα αντικατάστατα των καθηκόντων των υπηρετών .

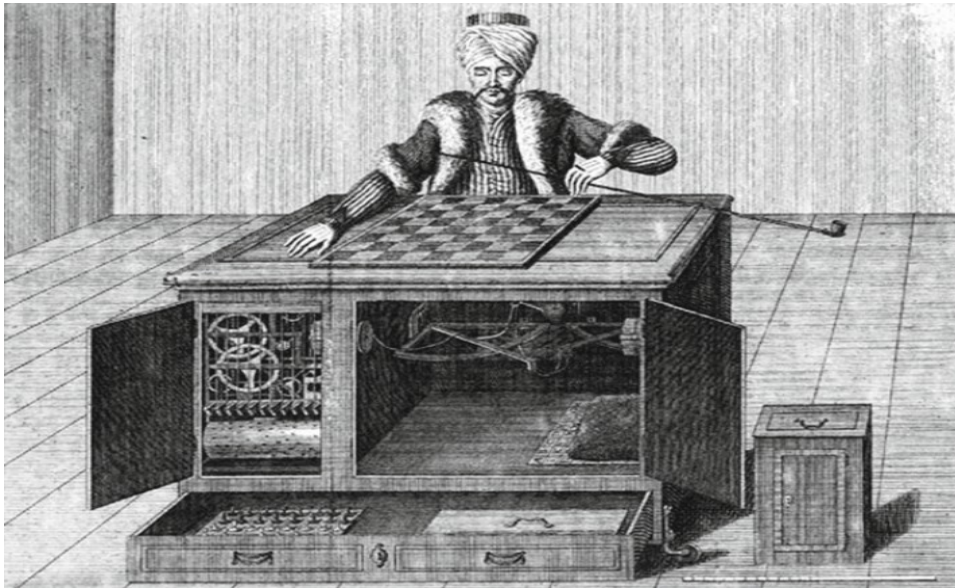
Ο Βασιλιάς Εδουάρδος ΣΤ΄ της Αγγλίας (1552) απαγορεύει τις αυτόματες μηχανές για το κούρεμα των προβάτων, προκειμένου να διαφυλάξει τα μέσα ζωής της αγροτικής τάξης. Αργότερα, η αδελφή του, Ελισάβετ Α΄, απαγόρευσε την παραγωγή ενός αργαλειού για το ίδιο σκοπό. Και οι δύο μονάρχες πίστευαν ότι αυτές οι νέες τεχνολογίες απείλησαν να ανατρέψουν τις κοινωνικές δομές.

Η μανία της πρώιμης μοντέρνας κοινωνίας με τα αυτοματοποιημένα μηχανήματα απεικονίζεται καλά από την παράσταση "μηχανικό Τούρκο"[Εικόνα 1.3] του τέλους του 18ου αιώνα ή αλλιώς ο "αυτόματος σκακιστής". Η μηχανή ήταν ψεύτικη και ένας ανθρώπινος πρωταθλητής σκακιού κρυβόταν μέσα, ελέγχοντας τη μηχανή. Ωστόσο, η κοινότητα δεν το γνώριζε αυτό, καθώς ο σκακιστής ήταν καλά κρυμμένος μέσα στο μηχανισμό. Ο Τούρκος σκακιστής αποτέλεσε τεράστια παγκόσμια επιτυχία, προσελκύνοντας πλήρη προσοχή σε κάθε πόλη που επισκέφτηκε η μηχανή. Ο δημιουργός της μηχανής, ο Βολφγκανγκ Βον Κέμπλεν (Wolfgang von Kempelen), περιόδευσε μαζί της σε όλη την Ευρώπη και τις ΗΠΑ, παρουσιάζοντάς τη σε ευγενείς και πολιτικούς ηγέτες όπως ο Ναπολέοντας Βοναπάρτης και ο Μπέντζαμιν Φράνκλιν.

Αυτό που καθιστά αυτό το αυτοματοποιημένο μηχανικό σύστημα ιδιαίτερα ενδιαφέρον είναι αφενός ο ιστορικός του περίγυρος ,η αρχή της βιομηχανικής επανάστασης, και αφετέρου ο αντίκτυπος του στην τρέχουσα αντίληψη και το φαντασιακό πεδίο εφαρμογής των ρομπότ. Αυτό το "ρομπότ" προκάλεσε άμεσα τον ανθρώπινο νου . Επιπλέον, ο Τούρκος σκακιστής αργότερα ήταν ικανός να επικοινωνήσει με το κοινό χρησιμοποιώντας έναν πίνακα γραμμάτων.

Ενώ τα ρομπότ πριν είχαν επικεντρωθεί απλώς σε μηχανικές μιμήσεις, αυτό το αυτοματοποιημένο μηχανικό σύστημα δεν αντέγραφε μόνο την ανθρώπινη κίνηση, αλλά φαινόταν να έχει ανθρώπινη νοημοσύνη. Αυτός είναι ο πυρήνας του φόβου που κρύβεται

πίσω από κάθε κριτική της σύγχρονης ρομποτικής και οι ρίζες του βρίσκονται στον 18ο αιώνα. Δεν είναι έκπληξη που το μυθιστόρημα της Mary Shelley, "Φρανκενστάιν" δημοσιεύτηκε το 1818, μια εποχή όπου ο σκακιστής Τούρκος ήταν ακόμα σε περιοδεία.[1]



Εικόνα 1.3 : Απεικόνιση του Τούρκου σκακιστή από το 1783 . Πηγή [1]



Εικόνα 1.4: Κινούμενος μηχανικός μοναχός από τον δέκατο έκτο αιώνα στο Γερμανικό Μουσείο του Μονάχου Πηγή:[1].

### 1.1.3 Σύγχρονες αντιλήψεις

Στη σύγχρονη εποχή, η βιομηχανική επανάσταση και η εξάπλωση της δημοκρατίας και του καπιταλισμού βελτίωσαν σταδιακά τις ατομικές συνθήκες διαβίωσης και οδήγησαν σε τεχνολογικές καινοτομίες.

Οι υπολογιστές είναι οι μοντέρνοι διάδοχοι των αυτοματοποιημένων συστημάτων. Αυτή τη φορά όμως χωρίς καμία απάτη ή μαγεία. Ο υπολογιστής σκακιού Deep Blue έχει ήδη αποδείξει ότι ένα μηχάνημα είναι ικανό να νικήσει έναν ανθρώπινο παγκόσμιο πρωταθλητή σκακιού (τον Garry Kasparov), και το πρόγραμμα της Google για την τεχνητή νοημοσύνη, το AlphaGo, νίκησε και τον Κινέζο GoMaster Ke Jie.

Επιπλέον, τα ρομπότ (social robots) βρίσκονται ήδη σε πολλούς και διάφορους τομείς της καθημερινής ζωής, ξεκινώντας από ρομπότ κοπής γκαζόν ή ρομπότ σκούπα καθαρισμού. Παρ' όλα αυτά, υπάρχει διαρκής πρόοδος στη ρομποτική, και η αντίδραση του κοινού σε αυτά τα νέα επιτεύγματα συνήθως είναι έκπληξη, ενθουσιασμός και φόβος. Ενδιαφέρον είναι ότι αυτές οι αντιδράσεις σχηματίζουν έναν συνεχή φάσμα στον χρόνο. Επίσης, αυτές οι συναισθηματικές αντιδράσεις φαίνεται να αποτελούν ουσιώδες μέρος της ανθρώπινης προόδου. Διεθνείς ηθικές κατευθυντήριες γραμμές και νόμοι θα πρέπει να μας βοηθήσουν να διακρίνουμε ανάμεσα σε αυτό που μπορούμε να κάνουμε και αυτό που πρέπει να κάνουμε στον τομέα της ρομποτικής, καθώς η ατομική προσέγγιση φαίνεται να εξαρτάται ισχυρά τόσο από την κοινωνία όσο και από την ατομική έκθεση στα ρομπότ στην καθημερινή ζωή.[1]

## 1.2 Εφαρμογές των ρομπότ

Παραδοσιακά, τα ρομπότ μπορούν να δράσουν και να υποκαταστήσουν τον άνθρωπο οπουδήποτε υπάρχει κίνηση σε μία από τις 3 διαστάσεις και ειδικότερα σε οποιαδήποτε εργασία που είναι πολύ ανθυγιεινή, επικίνδυνη ή βαρετή για έναν άνθρωπο να εκτελέσει. [Πηγή]

### 1.2.1 Βιομηχανία

Τα βιομηχανικά ρομπότ χρησιμοποιούνται στην κατασκευαστικό τομέα κάνοντας εργασίες pick and place, συναρμολόγηση, συγκόλληση, βαφή, αφαίρεση κομματιών, μηχανουργικές εργασίες κ.λπ. [Πηγή]





Εικόνα 1.5: Ρομπότ στην συναρμολόγηση αυτοκινήτων [Πηγή].

### 1.2.2 Εξ αποστάσεως λειτουργίες

Οι εξ αποστάσεως εφαρμογές για τη ρομποτική περιλαμβάνουν την υποθαλάσσια χρήση, το περιβάλλον πυρηνικής ενέργειας, την απενεργοποίηση βομβών και αποστολές στο διάστημα. [\[Πηγή\]](#)



Εικόνα 1.6 :Ρομπότ στους διαστημικούς σταθμούς της ΝΑΣΑ [Πηγή]

### 1.2.3 Ρομπότ εξυπηρέτησης

Τα ρομπότ εξυπηρέτησης έχουν εφαρμοστεί ως βοηθοί σε νοσοκομεία, υποστήριξη ατόμων με ειδικές ανάγκες, λιανικό εμπόριο, οικιακή βοήθεια, ηλεκτρικές σκούπες και κοπτικές μηχανές για το γκαζόν. [\[Πηγή\]](#)



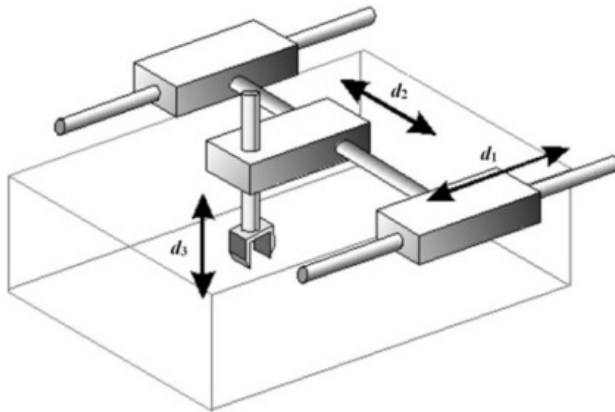
Εικόνα 1.7: Ρομπότ που υποστηρίζει τα ηλικιωμένα άτομα σε οικιακά περιβάλλοντα. [\[Πηγή\]](#)

## 1.3 Τύποι Ρομπότ

### 1.3.1 Cartesian robots

Τα καρτεσιανά ρομπότ διαθέτουν κίνηση στους τρεις γραμμικούς άξονες κίνησης (X, Y, Z). Αποτελούνται από τρεις αμοιβαία ορθογώνιες αρθρώσεις P, με μεταβλητά μήκη L1, L2, L3. Χρησιμοποιούνται για εργασίες ανάληψης και τοποθέτησης αντικειμένων και για τη μετακίνηση βαριών φορτίων. Αυτά τα ρομπότ ονομάζονται επίσης Gantry (Πασαρέλας) ρομπότ και μπορούν να μετακινήσουν όγκους στον τρισδιάστατο χώρο. [\[Πηγή\]](#)

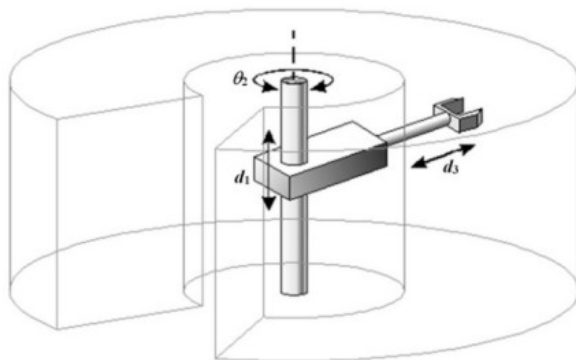




Εικόνα 1.8: Καρτεσιανά ρομπότ [Πηγή]

### 1.3.2 Κυλινδρικά ρομπότ

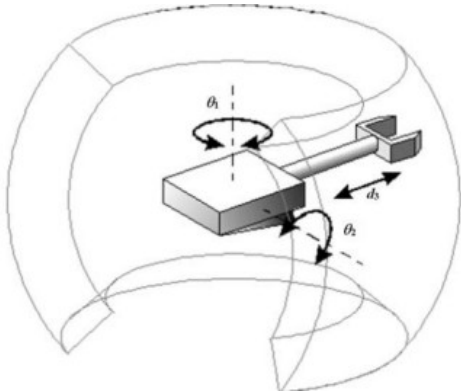
Τα κυλινδρικά ρομπότ ρυθμίζονται σε θέσεις από μεταβλητό ύψος  $L1$ , γωνίας  $\theta_2$  και μεταβλητή ακτίνα  $L3$  (αρθρώσεις  $P, R, P$ ). Αυτά τα ρομπότ χρησιμοποιούνται συνήθως για εργασίες συναρμολόγησης και μπορούν να ακολουθούν άλλους κυλίνδρους στον τρισδιάστατο χώρο.[Πηγή]



Εικόνα 1.9: Κυλινδρικά ρομπότ [Πηγή]

### 1.3.3 Σφαιρικά ρομπότ

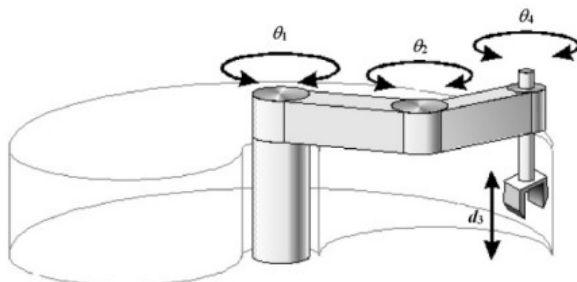
Τα σφαιρικά ρομπότ διαθέτουν δύο ορθογώνιους περιστροφικούς άξονες  $R$ , με μεταβλητές γωνίες  $\theta_1$  και  $\theta_2$ , και μια άρθρωση  $P$ , με μεταβλητή ακτίνα  $L3$ . Τα εργαλεία των ρομπότ μπορούν να ακολουθούν σφαιρική πορεία στον τρισδιάστατο χώρο.[Πηγή]



Εικόνα 1.10: Σφαιρικά ρομπότ [Πηγή]

### 1.3.4 Ρομπότ SCARA

Τα ρομπότ SCARA (Selective Compliance Articulated Robot Arm ή Αρθρωτός Ρομπωτικός Βραχίονας με Επιλεκτική Προσαρμοστικότητα) διαθέτουν δύο αρθρώσεις περιστροφής R, γωνίες  $\theta_1$  και  $\theta_2$ , καθώς και μια άρθρωση P,  $d_3$ , που είναι κάθετη στο επίπεδο κίνησης, για να επιτύχουν έναν τρισδιάστατο χώρο εργασίας στον άξονα xyz. Η γωνία περιστροφής R,  $\theta_4$ , αναπαριστά τον καρπό του ρομπότ SCARA με μοναδική περιστροφή. Αυτά τα ρομπότ είναι συνηθισμένα για εργασίες συναρμολόγησης πάνω σε τραπέζι.[Πηγή]

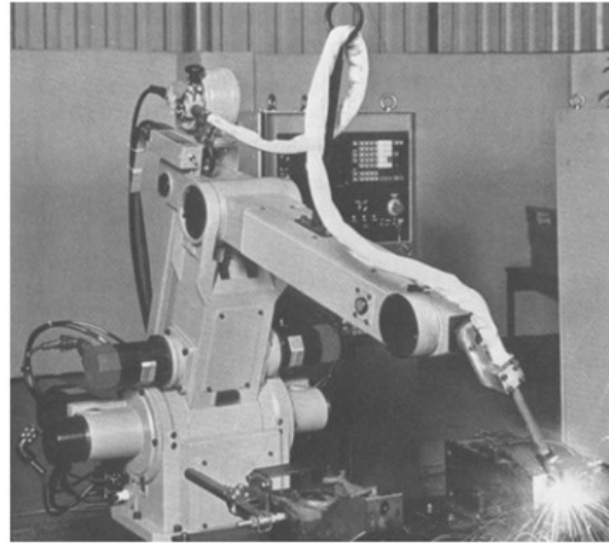
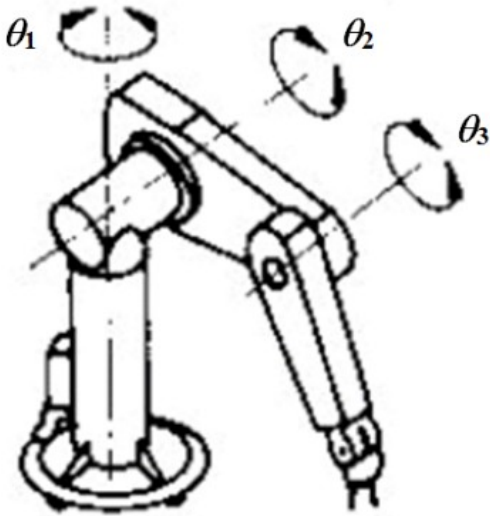


Εικόνα 1.11: Ρομπότ SCARA [Πηγή]

### 1.3.5 Αρθρωτά ρομπότ

Ένα αρθρωτό ρομπότ μοιάζει με τον ανθρώπινο βραχίονα στην τρισδιάστατη κίνησή του (είναι ανθρωπομορφικό). Έχει τρεις αρθρώσεις R, με τρεις μεταβλητές γωνίες  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  και  $\theta_3$ , που αντιπροσωπεύουν τη μέση του ανθρώπου, τον ώμο με έναν βαθμό ελευθερίας και τον αγκώνα. Είναι ευέλικτα ρομπότ, αλλά έχουν πιο δύσκολες κινηματικές και δυναμικές εξισώσεις ελέγχου σε σχέση με άλλα σειριακά ρομπότ. Όλες αυτές οι αρχιτεκτονικές των ρομπότ μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διάφορες αρθρώσεις για να

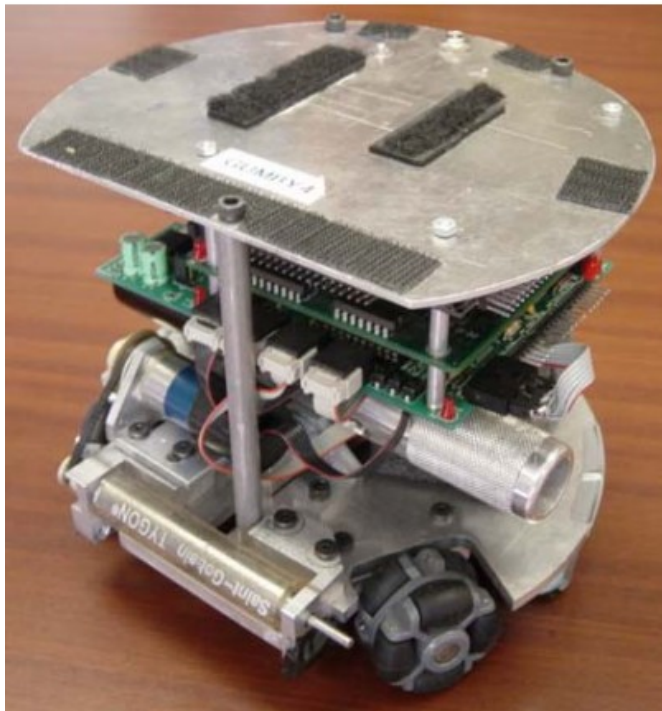
παρέχουν τον βαθμό ελευθερίας της προσανατολισμένης περιοχής. Μια άρθρωση , με μεταβλητή γωνία  $\theta_4$ , μπορεί να υπάρξει επίσης στο αρθρωτό ρομπότ. [\[Πηγή\]](#)



Εικόνα 1.12: Αρθρωτά ρομπότ [\[Πηγή\]](#)

### 1.3.6 Κινητά Ρομπότ

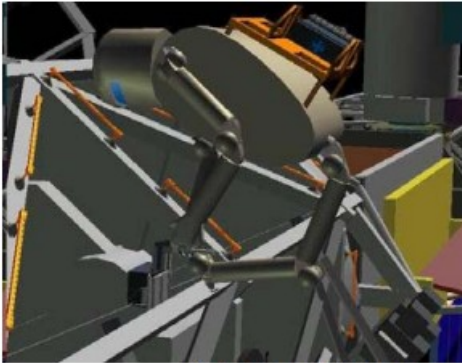
Τα κινητά ρομπότ διαθέτουν τροχούς, πόδια ή άλλα μέσα για να κινούνται στον χώρο ελέγχοντας την κίνησή τους. Τα κινητά ρομπότ χρησιμοποιούνται ως βοηθοί σε νοσοκομεία, ηλεκτρικές σκούπες, κοπτικές μηχανές για το γκαζόν, μεταξύ άλλων δυνατοτήτων. Αυτά τα ρομπότ απαιτούν καλούς αισθητήρες για να βλέπουν τον χώρο εργασίας, να αποφεύγουν τις συγκρούσεις και να ολοκληρώνουν την εργασία. [\[Πηγή\]](#)



Εικόνα 1.13: Κινητό ρομπότ με ρόδες και αισθητήρες [\[Πηγή\]](#)

### 1.3.7 Ανθρωπόμορφα Ρομπότ

Μεγάλο μέρος του κόσμου θεωρεί πως τα ρομπότ πρέπει να έχουν ανθρώπινη μορφή, επηρεασμένοι από τις κινηματογραφικές ταινίες και συχνά απογοητεύονται όταν μαθαίνουν ότι η επικρατούσα κατάσταση στη ρομποτική εξακολουθεί να επικεντρώνεται κυρίως στα ρομπότ βραχίονες. Υπάρχει πλούσιο τρέχον ερευνητικό έργο που στοχεύει στη δημιουργία ανθρωποειδών ρομπότ που μπορούν να περπατήσουν, να μιλήσουν, να σκεφτούν, να βλέπουν, να αισθάνονται κ.λπ. Γενικά όμως, το Hollywood και η επιστημονική φαντασία προηγούνται από την πραγματική τεχνολογία τουλάχιστον κατά 20 ή 30 χρόνια. [Πηγή]



**NASA JSC Robonaut**



**Honda Humanoid Robo**



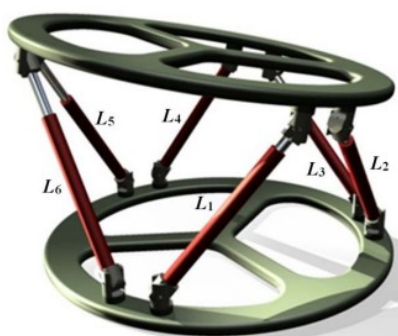
**DARwIn-OP 20R 20-dof Humanoid Mobile Walking/Soccer Robot**

Εικόνα 1.14: Ανθρωπόμορφα Ρομπότ. [Πηγή]



### 1.3.8 Παράλληλα ρομπότ

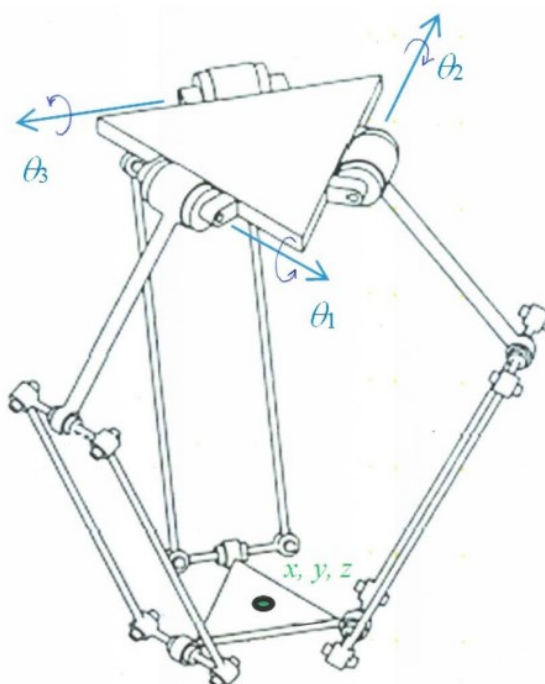
Τα περισσότερα από τα ρομπότ που συζητήθηκαν μέχρι τώρα είναι ρομπότ με σειριακούς βραχίονες, όπου οι αρθρώσεις και οι σύνδεσμοι κατασκευάζονται με σειριακό τρόπο από τη βάση, με ένα μονοπάτι που οδηγεί στο εργαλείο ή στην αρπάγη του ρομπότ. Αντίθετα, τα παράλληλα ρομπότ έχουν πολλούς βραχίονες με ενεργές και παθητικές αρθρώσεις και συνδέσμους, υποστηρίζοντας το φορτίο παράλληλα. Τα παράλληλα ρομπότ μπορούν να χειριστούν μεγαλύτερα φορτία με μεγαλύτερη ακρίβεια, υψηλότερες ταχύτητες και ζυγίζουν λιγότερο βάρος, όμως ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι ο χώρος εργασίας των παράλληλων ρομπότ είναι περιορισμένος σε σύγκριση με τα ισοδύναμα σειριακά ρομπότ. Τα παράλληλα ρομπότ χρησιμοποιούνται σε ακριβούς προσομοιωτές πτήσης, ως εργαλειομηχανές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δουλειές υψηλής ακρίβειας και υψηλής επαναληψιμότητας όπως στη ρομποτική χειρουργική υψηλής ακρίβειας. [Πηγή]



Stewart Platform Parallel Robot



Parallel Platform Robot at Ohio University

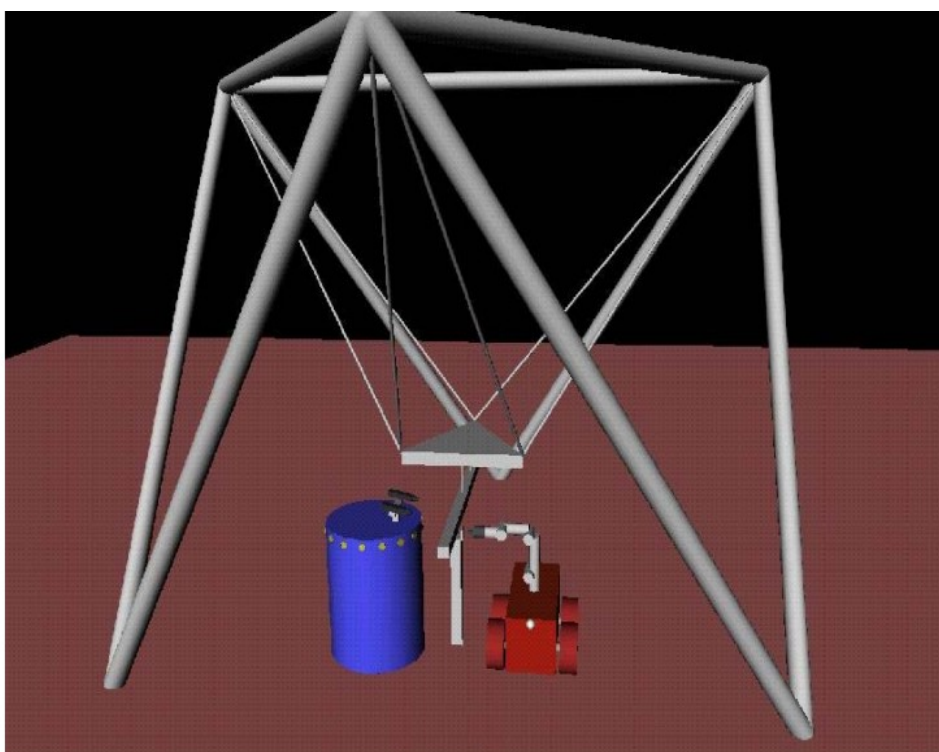


Delta 3-dof Translational Parallel Robot

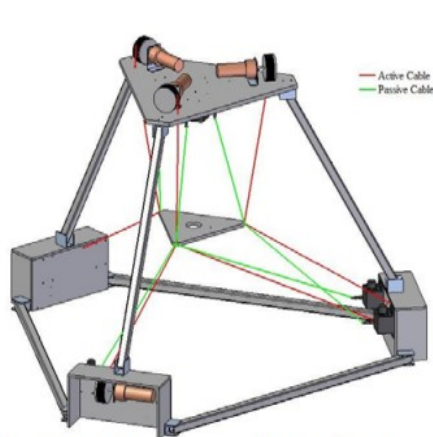
Εικόνα 1.15: Παράλληλα ρομπότ [Πηγή]

### 1.3.9 Ρομπότ με Καλώδια Κρέμασης

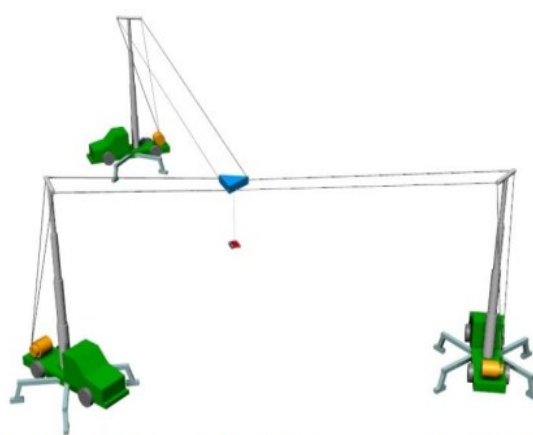
Τα ρομπότ με καλώδια κρέμασης, που φαίνονται παρακάτω, είναι ένα ειδικό είδος παράλληλου ρομπότ όπου ελαφριά, σκληρά, ανθεκτικά καλώδια αποτελούν και τους ενεργοποιητές αλλά και τη δομή του ρομπότ. Αν και, μειονέκτημα είναι ότι δεν μπορεί να πιεστεί ένα καλώδιο (μπορεί να ασκηθεί μόνο τάση), τα ρομπότ με καλώδια κρέμασης χρειάζονται μεγάλους, ακόμα και τεράστιους, μεταφορικούς χώρους εργασίας, σε αντίθεση με τα περισσότερα παράλληλα ρομπότ. [Πηγή]



6-dof NIST RoboCrane



7-dof Cable-Suspended Robot



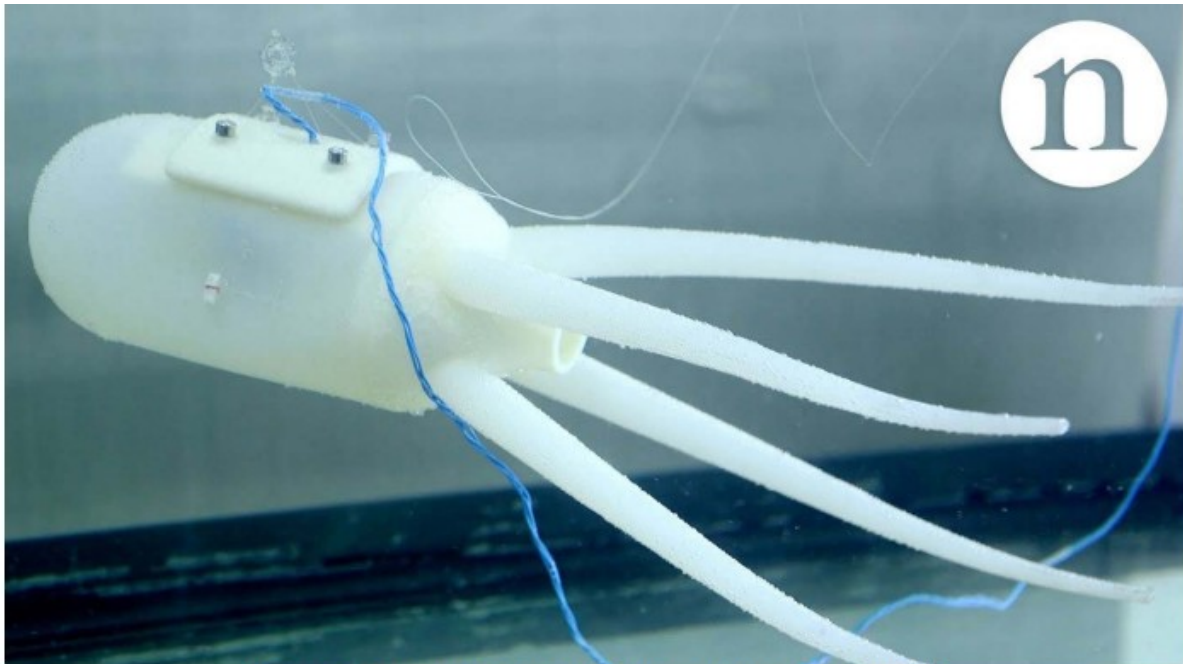
Deployable Search and Rescue Cable Robot

Εικόνα 1.16: Ρομπότ με καλώδια κρέμασης [Πηγή]

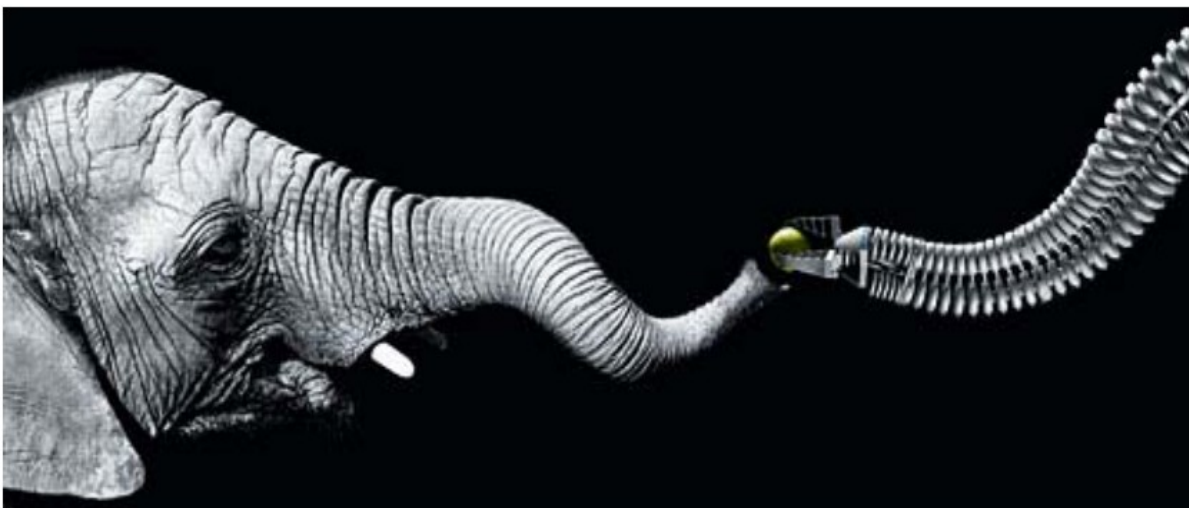
### 1.3.10 Μαλακά Ρομπότ(Soft robots)

Τα μαλακά ρομπότ κατασκευάζονται από ιδιαίτερως παραμορφώσιμα υλικά. Συχνά αναπτύσσουν ικανότητα υψηλού βαθμού βιομιμητικής, δηλαδή μιμούνται ζώα όπως τα

χταπόδια[Εικόνα 1.17] ή την κίνηση της προβοσκίδα του ελέφαντα[Εικόνα 1.18]. Η απόλυτη ακαμψία και ακρίβειά τους είναι πολύ χαμηλή σε σύγκριση με τα παραδοσιακά στερεά ρομπότ . Ωστόσο, η ασφάλειά λόγω της μαλακής φύσεως κατασκευής τους είναι σημαντική, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας εργασίας ανάμεσα σε ανθρώπους και της δυνατότητας περιτύλιξης αντικειμένων για να τα αρπάξουν. Συχνά κινούνται με τη χρήση αέρα (ή άλλου υγρού) πίεσης και/ή τεχνητών μυών, που συνήθως είναι πολύ δυσκολότεροι στον έλεγχο από τα παραδοσιακά ρομπότ.[Πηγή]



Εικόνα 1.17: Μαλακό Ρομπότ(Soft robots) σχήματος χταποδιού [Πηγή]



Εικόνα 1.18: Μαλακό Ρομπότ(Soft robots) σχήματος προβοσκίδας ελέφαντα [Πηγή]

#### 1.4 Ρομπότ στον χώρο της υγείας

Η συνεχής καινοτομία άνοιξε τον δρόμο για προηγμένες τεχνολογίες όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things (IoT)) και την Ρομποτική. Ο αυξημένος ανταγωνισμός και η έλλειψη εργατικού δυναμικού αναγκάζουν τα νοσοκομεία να επενδύουν σε αυτές τις προηγμένες τεχνολογίες για τη βιώσιμη ανάπτυξή τους. Πολλά νοσοκομεία εξειδικευμένων υπηρεσιών προωθούν τη δυνατότητά να προσφέρουν ρομποτικές επεμβάσεις για καλύτερη παροχή φροντίδας. Παρόλο που η ρομποτική εξακολουθεί να είναι πολύ ακριβή, παρέχει μια ευρεία γκάμα οφελών για τους επαγγελματίες υγείας, προσφέροντας ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα. Οι περισσότεροι ενδιαφερόμενοι φορείς του τομέα της υγείας, συμπεριλαμβανομένων γιατρών, νοσηλευτών, τεχνικών, προσωπικού φροντίδας, ασθενών και διοίκησης, εξακολουθούν να αποδέχονται την καινοτομία και τις εξελίξεις στον τομέα της ρομποτικής. Η εφαρμογή της ρομποτικής στην υγεία αντιμετωπίζει δυσκολίες στην εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας για αυτές τις προηγμένες τεχνολογίες, καθώς και με νομικά ζητήματα, κανονιστικά θέματα και κοινωνική αποδοχή στα νοσοκομεία.

Η σημερινή αντίληψη για τη σύγχρονη ρομποτική είναι η ένταξη των αρχών των υπολογιστών και της μηχανικής στον τομέα της, αλλά η βασική της λειτουργία παραμένει η αυτοματοποίηση της φυσικής εργασίας. Και τώρα, επεκτείνει το πεδίο της με την ενσωμάτωση νοημοσύνης στην αλληλεπίδραση με τους ανθρώπους. Οι κύριες εφαρμογές της ρομποτικής στον τομέα της υγείας είναι τα χειρουργικά ρομπότ, τα ρομπότ αποκατάστασης και τα ρομπότ υποβοήθησης. Η ρομποτική παρέχει καλύτερη ποιότητα, ακρίβεια και αποδοτικότητα στο σύστημα υγείας για να αποκτήσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα ανάμεσα σε άλλα νοσοκομεία. Ως εκ τούτου, πολλά εταιρικά και υπερεξειδικευμένα νοσοκομεία προχωρούν σε επενδύσεις στην τεχνολογία της ρομποτικής για να διευκολύνουν τις εργασίες των γιατρών και να παρέχουν καλύτερες υπηρεσίες στους ασθενείς.

Ορισμένες ρομποτικές εφαρμογές δεν γίνονται καλά δεκτές από τους φορείς του τομέα της υγείας και το ευρύ κοινό, οδηγώντας σε αίσθηση δυσπιστίας μεταξύ των ρομπότ και των εργαζομένων στον τομέα της υγείας. Οι ρομποτικές εφαρμογές αντιμετωπίζουν προκλήσεις όταν προσπαθούν να ενσωματωθούν στις καθιερωμένες διαδικασίες εργασίας του υγειονομικού προσωπικού. Έτσι οι ρομποτικές εφαρμογές που κατασκευάζονται για εξειδικευμένα περιβάλλοντα με ένα μικρό αριθμό ανθρώπων γύρω τους, όπως τα χειρουργικά ρομπότ, συχνά θεωρούνται ευκολότερο να εφαρμοστούν σε σύγκριση με αυτές που προορίζονται να λειτουργούν σε περιβάλλοντα με πολλούς ανθρώπους.

Εμφανίζονται ηθικά και νομικά ζητήματα που αποτελούν εμπόδιο για την υιοθέτηση ρομποτικών εφαρμογών στην υγειονομική περίθαλψη. Υπάρχει έλλειψη καθιερωμένου πλαισίου υπευθυνότητας ή ηθικού πλαισίου σε αυτόν τον τομέα, και ο νόμος αντιμετωπίζει δυσκολίες να προλάβει το γρήγορο ρυθμό της τεχνολογικής προόδου.[2]

#### 1.4.1 Χειρουργικά ρομπότ

Οι γιατροί μπορούν να χρησιμοποιήσουν ρομπότ για να τους βοηθήσουν να εκτελέσουν περίπλοκες χειρουργικές επεμβάσεις με λιγότερες τομές. Η χειρουργική ρομποτική είναι η πιο γνωστή εφαρμογή της ρομποτικής στον τομέα της υγείας και της ιατρικής. Επιτρέπουν στους χειρουργούς να πραγματοποιούν πιο ακριβείς τομές και έχουν βοηθήσει στην ανάπτυξη νέων μεθόδων ελάχιστα επεμβατικής χειρουργικής. Οι ρομποτικές συσκευές αναδύονται ως απαραίτητα στοιχεία των πλατφορμών ενσωματωμένης χειρουργικής με υπολογιστή. Είτε πρόκειται για ορθοπεδική χειρουργική ή ελάχιστα επεμβατική χειρουργική / τηλεχειρουργική η τεχνολογία της ρομποτικής έχει κάνει εφικτές νέες και βελτιωμένες μεθόδους παροχής υγειονομικής περίθαλψης που οδηγούν



σε μικρότερο τραυματισμό του ασθενούς, βελτιωμένα αποτελέσματα επέμβασης και μικρότερη διάρκεια νοσηλείας. Για παράδειγμα, η ρομποτικά υποβοηθούμενη ελάχιστα επεμβατική χειρουργική έχει βελτιώσει σημαντικά την καθιερωμένη λαπαροσκοπική χειρουργική επιτρέποντας τον άμεσο έλεγχο του χειρουργικού εργαλείου μέσα στο σώμα του ασθενούς, απομακρύνοντας τον φόβο του χειρουργού και παρέχοντας δυνατότητα κλιμάκωσης κίνησης.

Η ρομποτική έχει μετασχηματίσει την παραδοσιακή μέθοδο εκπαίδευσης των χειρουργών μέσω της χρήσης προσομοιώσεων. Αυτή η εξέλιξη καθορίζει και τυποποιεί νέες μεθόδους εκπαίδευσης για τη βελτίωση των δεξιοτήτων των χειρουργών. Με τη χρήση ρομποτικών προσομοιώσεων, οι χειρουργοί μπορούν να εκπαιδευτούν σε εικονικά περιβάλλοντα που προσομοιώνουν πραγματικές επεμβάσεις. Αυτό τους επιτρέπει να ασκηθούν σε διάφορες τεχνικές, να εξοικειωθούν με τον εξοπλισμό και να αναπτύξουν τις δεξιότητές τους, πριν πραγματοποιήσουν χειρουργικές επεμβάσεις σε πραγματικούς ασθενείς.[2]



*Εικόνα 1.19: Το σύστημα χειρουργικής Zeus αριστερά, με τα βραχίονες που είναι τοποθετημένοι στο τραπέζι και δεξιά ο πίνακας ελέγχου του χειρουργού από την εταιρία Computer Motion Inc. Πηγή [ 2]*

#### 1.4.2 Ρομπότ αποκατάστασης

Οι ρομποτικοί εξωσκελετοί αποτελούν ελαφριά φορετά συστήματα που βοηθούν στην κινητικότητα των άκρων. Άλλοι τύποι ρομπότ αποκατάστασης μπορεί να βοηθήσουν το νευρικό σύστημα να αναπληρώσει επαρκή νευρικές συνδέσεις μετά από θεραπείες με βλαστοκύτταρα και άλλες ιατρικές επεμβάσεις. Πραγματοποιούνται έρευνες για την ανάπτυξη ρομπότ που μιμούνται την ανθρώπινη κίνηση με σκοπό να εξαπατήσουν το νευρικό μας σύστημα ώστε να προσαρμόζεται.[2]



Εικόνα 1.20: Εξωσκελετικός βραχίονας [\[Πηγή\]](#)

### 1.4.3 Ρομποτικοί ραδιολόγοι

"Οι ρομποτικοί ραδιολόγοι" θα μπορούν να αναλύουν ακόμα και τις πιο περίπλοκες κλινικές εικόνες. Θα λαμβάνουν υπόψη όχι μόνο τα προηγούμενα ευρήματα απεικόνισης αλλά και ολόκληρο το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς. Οι ρομποτικοί ραδιολόγοι θα εργάζονται αδιάκοπα, 365 ημέρες τον χρόνο και δεν θα υποφέρουν από κούραση. Αυτό εξασφαλίζει την έγκαιρη ανάλυση και μειώνει τους χρόνους αναμονής για τους ασθενείς. Επιπλέον, η αυτοματοποίηση ορισμένων καθηκόντων από τους ρομποτικούς ραδιολόγους μπορεί να βελτιώσει τη ροή εργασίας στα τμήματα της ραδιολογίας. Μπορούν να δίνουν προτεραιότητα σε επείγοντα περιστατικά, να πραγματοποιούν προκαταρκτικές αξιολογήσεις και να δημιουργούν αναφορές, επιτρέποντας στους ανθρώπους ραδιολόγους να επικεντρωθούν σε πιο πολύπλοκες περιπτώσεις και συμβουλευτικές υπηρεσίες. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, ενώ οι ρομποτικοί ραδιολόγοι ενισχύουν τις δυνατότητες των ανθρώπων ραδιολόγων, δεν έχουν ως στόχο να τους αντικαταστήσουν εντελώς. Η ανθρώπινη εμπειρογνωμοσύνη, η κλινική κρίση και η αλληλεπίδραση με τους ασθενείς παραμένουν ζωτικής σημασίας στον τομέα της ραδιολογίας. Οι ρομποτικοί ραδιολόγοι αποτελούν πολύτιμα εργαλεία για την υποστήριξη και τη βελτίωση του έργου των ανθρώπων ραδιολόγων, συμβάλλοντας σε πιο αποτελεσματικές και ακριβείς διαγνώσεις. [2] [3]

### 1.4.4 Ρομπότ εξυπηρέτησης

Συχνά εισάγονται ρομποτικά συστήματα για τη φροντίδα των ηλικιωμένων, των παιδιών και των ατόμων με αναπηρίες, σε νοσοκομεία, κέντρα αποκατάστασης και άλλες καταστάσεις υγείας. Μπορούν επίσης να παρέχουν βοήθεια στο περπάτημα και υποστήριξη σε διάφορες καταστάσεις υγείας.



Εικόνα 1.21: Το ρομπότ Ozzie, είναι δημιούργημα εξ ολοκλήρου ελληνικό. Πρόκειται για ένα ρομποτικό σύστημα που κατασκευάζεται συνολικά, τόσο το λογισμικό του όσο και το υλικό μέρος, από την εταιρεία Ozzie Robotics . Τα ρομπότ Ozzie μπορούν να είναι πολύ χρήσιμα σε μονάδες περίθαλψης και φροντίδας ηλικιωμένων, καθώς και σε νοσοκομεία. [\[Πηγή\]](#)

Τα ρομπότ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών και για βιντεοδιασκέψεις, επιτρέποντας στους επαγγελματίες υγείας να παρέχουν φροντίδα από απόσταση (Τηλεπαρουσία) . Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά ιατρικού εξοπλισμού, φαρμάκων και εφοδίων μέσα σε ιατρικές εγκαταστάσεις. (Ρομπότ Μεταφοράς Ιατρικού Υλικού) . Μπορούν να εκτελούν αυτοματοποιημένες εργασίες απολύμανσης, μειώνοντας την εξάπλωση λοιμώξεων σε ιατρικά περιβάλλοντα (Ρομπότ Μεταφοράς Ιατρικού Υλικού). Έξυπνα συστήματα ρομπότ έχουν τη δυνατότητα να βοηθήσουν στη διάγνωση βασιζόμενη σε τεχνητή νοημοσύνη και αξιολόγηση κινδύνου και παρακολούθηση των ασθενών. Συχνά εισάγονται ρομποτικά συστήματα για τη φροντίδα των ηλικιωμένων, των παιδιών και των ατόμων με αναπηρίες, σε νοσοκομεία, κέντρα αποκατάστασης και άλλες καταστάσεις υγείας. Μπορούν επίσης να παρέχουν βοήθεια στο περπάτημα και υποστήριξη σε διάφορες καταστάσεις υγείας.

Μια άλλη ρομποτική εφαρμογή στην ψυχική υγεία επικεντρώνεται σε τρεις βασικούς τομείς: ψυχικές ασθένειες, πρόληψη ψυχικών διαταραχών και βελτιστοποίηση. Επίσης έχει γίνει χρήση ρομπότ για να βοηθήσει τα παιδιά να ελέγχουν τα συναισθήματά τους. [2]

## 2. Τρισδιάστατη (3D) Εκτύπωση

## 2.1 Τεχνολογία της τρισδιάστατης (3D) εκτύπωσης

Η τρισδιάστατη εκτύπωση χρησιμοποιεί εξειδικευμένο εξοπλισμό για τη δημιουργία στερεών, τρισδιάστατων αντικειμένων από ένα ψηφιακό αρχείο. Η πρακτική αυτή υπάρχει από τη δεκαετία του 1980, όταν ο Τσαρλς Χαλ εφηύρε τη διαδικασία και δημιούργησε το πρώτο τρισδιάστατο εκτυπωμένο αντικείμενο. Από τότε, το πεδίο της τρισδιάστατης εκτύπωσης έχει αναπτυχθεί εκθετικά και κρύβει αμέτρητες δυνατότητες. Η τρισδιάστατη εκτύπωση, γνωστή και ως προσθετική κατασκευή, είναι διαδικασία κατασκευής τρισδιάστατων αντικειμένων με την προσθήκη υλικού στρώμα προς στρώμα.

Ξεκινά με ένα ψηφιακό μοντέλο που δημιουργείται χρησιμοποιώντας λογισμικό σχεδίασης υποβοηθούμενης από υπολογιστή (CAD). Το ψηφιακό μοντέλο μπορεί επίσης να προκύψει μέσω της χρήσης κάποιου τρισδιάστατου σαρωτή είτε κατεβάζοντας απλώς κάποιο αρχείο από το διαδίκτυο. Μόλις φορτωθεί το ψηφιακό μοντέλο στον εκτυπωτή, το μηχάνημα αναλαμβάνει αυτόματα τη δημιουργία του επιθυμητού αντικειμένου. Το υλικό εκτύπωσης, κατά κανόνα ένα πλαστικό νήμα, θερμαίνεται μέχρις ότου υγροποιείται και εξωθείται μέσω του ακροφυσίου εκτύπωσης. Το σχεδιασμένο μοντέλο στη συνέχεια χωρίζεται σε λεπτά διατομικά στρώματα, και ο 3D εκτυπωτής κατασκευάζει το αντικείμενο αποθέτοντας το υλικό στρώμα προς στρώμα μέχρι να δημιουργηθεί το τελικό αντικείμενο. Το πολυμερές στερεοποιείται γρήγορα και δένεται με το κάτω στρώμα του υλικού, πριν χαμηλώσει η πλατφόρμα και η κεφαλή εκτύπωσης προσθέσει άλλο στρώμα. Αυτή η τεχνολογία έχει βοηθήσει διάφορους κλάδους, συμπεριλαμβανομένων της κατασκευής, της υγείας, της αεροδιαστημικής και άλλων. Με τη χρήση της εν λόγω τεχνολογίας καθίσταται εφικτή η παραγωγή οποιασδήποτε γεωμετρίας όσο πολύπλοκης και να είναι. [6-4]

## 2.2 Χρήση της 3D εκτύπωσης στον τομέα της υγείας.

Η τεχνολογία της εκτύπωσης 3D έχει έναν σημαντικό αντίκτυπο στον τομέα της υγείας, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της πανδημίας του COVID-19. Η εκτύπωση 3D έχει παίξει ένα καίριο ρόλο στην παραγωγή προσωπικού προστατευτικού εξοπλισμού (PPE) και στην επιδιόρθωση ιατρικών συσκευών όπως τους αναπνευστήρες. Έχει επίσης δείξει τη δυνατότητά της να επανασχεδιάσει τον τρόπο παραγωγής του PPE, των ιατρικών εξοπλισμών, των προσθετικών άκρων και των εμφυτευμάτων.

Υπάρχουν τέσσερις βασικές χρήσεις της τρισδιάστατης εκτύπωσης στον ιατρικό τομέα που σχετίζονται με πρόσφατες καινοτομίες: δημιουργία ιστών και οργανοειδών, χειρουργικά εργαλεία, μοντέλα χειρουργικής ειδικά για τον ασθενή και εξατομικευμένα προσθετικά άκρα.[7-4]

### 2.2.1 Βιοεκτύπωση ιστών και οργανοειδών.

Η βιοεκτύπωση ιστών και οργανοειδών είναι ένας από τους πολλούς τύπους εκτύπωσης 3D που χρησιμοποιείται στον τομέα των ιατρικών συσκευών. Αντί να εκτυπώνεται με πλαστικό ή μέταλλο, οι βιοεκτυπωτές χρησιμοποιούν από έναν υπολογιστή-καθοδηγούμενο εγχυτήρα(μπεκ) για να τοποθετούν ζωντανά κύτταρα, γνωστά ως βιο-μελάνι, το ένα πάνω στο άλλο, δημιουργώντας τεχνητούς ζωντανούς ιστούς σε ένα εργαστήριο. Αυτές οι κατασκευές ιστών ή οργανοειδών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ιατρικές έρευνες καθώς μιμούνται τα όργανα σε μικρογραφία. Επίσης, εξετάζονται ως φθηνότερες εναλλακτικές λύσεις για μεταμοσχεύσεις ανθρώπινων οργάνων.[7-4]



### 2.2.2 Προετοιμασία επεμβάσεων με την βοήθεια τρισδιάστατων εκτυπωμένων μοντέλων

Ένα ακόμη πεδίο εφαρμογής της εκτύπωσης 3D στον ιατρικό τομέα είναι η δημιουργία προσαρμοσμένων μοντέλων οργάνων για τους ασθενείς, που οι χειρουργοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν για προετοιμασία πριν από την εκτέλεση περίπλοκων επεμβάσεων. Αυτή η τεχνική έχει αποδειχθεί ότι επιταχύνει τις διαδικασίες και ελαχιστοποιεί το τραύμα για τους ασθενείς.[4]

### 2.2.3 Τρισδιάστατη εκτύπωση χειρουργικών εργαλείων

Η τρισδιάστατη εκτύπωση χειρουργικών εργαλείων είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει την παραγωγή αποστειρωμένων εργαλείων, όπως δαγκάνες, αιμοστατικά, λαβές ξυραφιών και σφιγκτήρες, με τη χρήση 3D εκτυπωτών.

Όχι μόνο η τρισδιάστατη εκτύπωση παράγει αποστειρωμένα εργαλεία, αλλά μερικά από αυτά βασίζονται στην αρχαία ιαπωνική πρακτική της οριγκάμι, που σημαίνει ότι είναι ακριβή και μπορούν να γίνουν πολύ μικρά. Αυτά τα εργαλεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επεμβαίνουν σε μικρές περιοχές χωρίς να προκαλούν περιττές επιπλοκές στον ασθενή.

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της τρισδιάστατης εκτύπωσης έναντι των παραδοσιακών μεθόδων κατασκευής για την παραγωγή χειρουργικών εργαλείων είναι ότι το κόστος παραγωγής είναι σημαντικά χαμηλότερο.[4]

### 2.2.4 Παραγωγή εξατομικευμένων προσθετικών άκρων με 3D εκτύπωση

Η τρισδιάστατη εκτύπωση στον ιατρικό τομέα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή προσθετικών άκρων που είναι εξατομικευμένα και ταιριάζουν στον χρήστη. Συνήθως οι ακρωτηριασμένοι ασθενείς περιμένουν εβδομάδες ή μήνες για να λάβουν προσθετικά άκρα μέσω της παραδοσιακής διαδικασίας. Ωστόσο, η τρισδιάστατη εκτύπωση επιταχύνει σημαντικά τη διαδικασία και δημιουργεί προϊόντα πολύ πιο οικονομικά που προσφέρουν στους ασθενείς την ίδια λειτουργικότητα με τα προσθετικά άκρα που παράχθηκαν παραδοσιακά. Το χαμηλότερο κόστος αυτών των προϊόντων τα καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλα για τη χρήση με παιδιά, τα οποία αναπτύσσονται γρήγορα και εξαρτώνται από την αντικατάσταση των προσθετικών τους άκρων. Η τρισδιάστατη εκτύπωση επίσης επιτρέπει στον ασθενή να σχεδιάσει ένα προσθετικό που ανταποκρίνεται ακριβώς στις ανάγκες του.[4]

## 2.3 Εκτύπωση του ρομποτικού βραχίονα

Στην αρχή του έργου, έπρεπε να βρεθεί ένας ρομποτικός βραχίονας στο διαδίκτυο ώστε να κατασκευαστεί στην εργασία. Ύστερα από αρκετή αναζήτηση κρίθηκε πώς κατάλληλος είναι ο Robot Arm MK2 Plus (Stepper Motor in Used) από την [jackyltle](#) από το thingiverse Είναι 4 βαθμών ελευθερίας(DOF). Επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος επειδή είναι στο κατάλληλο μέγεθος, ώστε όλα τα μέρη του μπορούν να εκτυπωθούν από τους εκτυπωτές του εργαστηρίου. Όλα τα μέρη του ρομποτικού βραχίονα εκτυπώθηκαν με την τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Για την εκτύπωση αρχικά έγινε προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί ο εκτυπωτής FlashForge Creator 3 επειδή όμως υπήρχε πρόβλημα με την τροφοδοσία του νήματος (Filament) στον FlashForge Creator 3, επιλέχθηκε ο Original Prusa mini για το σύνολο των εκτυπώσεων όπου ολοκληρώθηκαν με επιτυχία. Ο Creator 3 είναι ένας εκτυπωτής υψηλών προδιαγραφών που προσφέρει αξιόπιστη και γρήγορη εκτύπωση μεγάλων αντικειμένων. Αντίθετα, ο Original Prusa Mini είναι ένας πιο οικονομικός εκτυπωτής, ιδανικός για αρχάριους και μικρά projects. Η διαδικασία της εκτύπωσης είναι χρονοβόρα. Το υλικό εκτύπωσης είναι PLA χρώματος λευκό.

Η προετοιμασία των μοντελων 3D για την εκτύπωση με τον Original Prusa Mini [Εικόνα 2.1], έγινε στο ελεύθερο πρόγραμμα λογισμικού Prusa Slicer 2.4.2 [Εικόνα 2.2]. Παρέχει τη δυνατότητα να τεμαχίζουμε το μοντέλο σε στρώσεις και να προσαρμόζουμε τις ρυθμίσεις εκτύπωσης.

Το πρόγραμμα Prusa Slicer 2.4.2 διαχειρίζεται αρχεία Stl. Ένα αρχείο STL είναι ένα αρχείο μορφής που χρησιμοποιείται στον τομέα της εκτύπωσης 3D και του λογισμικού CAD (Computer-Aided Design). Το STL αναφέρεται είτε στο Stereolithography είτε στο Standard Tessellation Language και αναπτύχθηκε από την εταιρεία 3D Systems, η οποία εφηύρε τη στερεολιθογραφία. Τα αρχεία STL περιγράφουν την επιφανειακή γεωμετρία ενός τρισδιάστατου αντικειμένου χωρίς καμία αναπαράσταση χρώματος, υφής ή άλλων συνηθισμένων χαρακτηριστικών μοντέλου CAD. Αυτό σημαίνει ότι το αρχείο προσεγγίζει τις επιφάνειες του μοντέλου με τη χρήση τριγώνων. Η μορφή αυτή είναι πολύ δημοφιλής στην εκτύπωση 3D καθώς μπορεί να αποθηκεύσει τις απαραίτητες πληροφορίες για την κατασκευή των τρισδιάστατων αντικειμένων. Τα αρχεία STL χρησιμοποιούνται σε πολλούς κλάδους, όπως η κατασκευή, η μηχανική, η αρχιτεκτονική και η ιατρική. Το FlashPrint 5, καθώς και άλλα προγράμματα τύπου CAM, διαχειρίζεται αρχεία STL και εξάγει το αρχείο G-code που απαιτείται για την εκτύπωση του μοντέλου. [Πηγή](#)

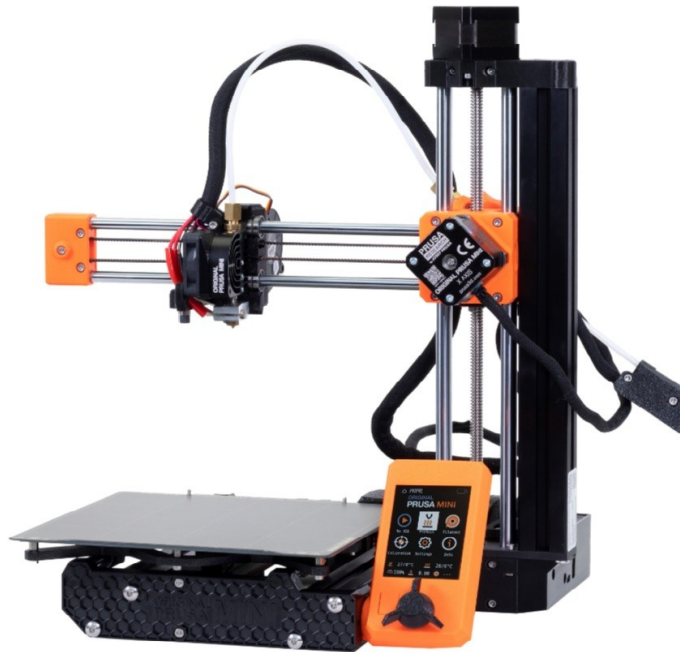
Πίνακας 2.4.1: Χαρακτηριστικά του Original Prusa mini [Πηγή](#)

Χαρακτηριστικά	Original Prusa Mini
Μέγιστη θερμοκρασία εξωθητήρα	280 °C
Αριθμός εξωθητήρων	1
Ταχύτητα εκτύπωσης	200 mm/s
Τύπος εξωθητήρα	Σύστημα Bowden με γρανάζια 3:1
Μέγιστη θερμοκρασία Heatbed	100 °C
Μέγεθος εκτύπωσης	180x180x180mm
Διάμετρος στομίου	0.4mm

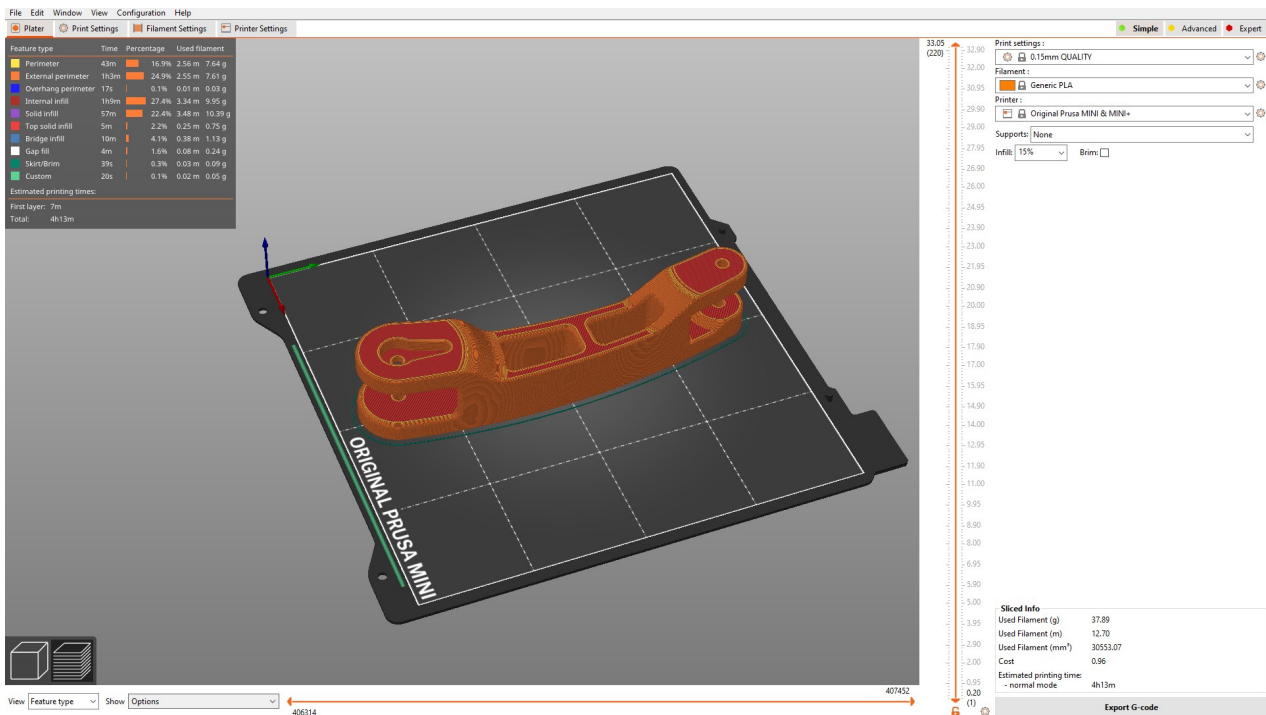
## G-code

Ο κώδικας G (G-code) είναι ένας τύπος γλώσσας προγραμματισμού που χρησιμοποιείται στον τομέα της εκτύπωσης 3D και της κοπής μετάλλων. Ο G-code παρέχει οδηγίες για την κίνηση του εργαλείου ή της κεφαλής εκτύπωσης, καθορίζοντας θέσεις, ταχύτητες, επιτάχυνση, περιστροφή και άλλες λειτουργίες. Αποτελείται από αριθμημένες γραμμές κώδικα. Κάθε γραμμή περιέχει ένα γράμμα (G, M, F κ.λπ.) που καθορίζει τον τύπο της λειτουργίας, ακολουθούμενο από αριθμούς και παραμέτρους που καθορίζουν τις ακριβείς ενέργειες που πρέπει να εκτελεστούν. Ο κώδικας G είναι απαραίτητος για την

εκτέλεση των εντολών και την επίτευξη της επιθυμητής κίνησης του στομίου εκτύπωσης.  
[\[Πηγή\]](#)



Εικόνα 2.1: Εκτυπωτής Original Prusa mini [\[Πηγή\]](#)



Εικόνα 2.2: Απεικόνιση ενός μέρους του ρομποτικού βραχίονα στο πρόγραμμα Prusa mini 2.4.2 κατά την προετοιμασία πριν την εκτύπωση.



Εικόνα 2.3:Εκτυπωμένα εξαρτήματα του ρομπότ. Αριστερά ο σύνδεσμος που συνδέει τη βάση με την άρθρωση. Στο κέντρο μέρος της εικόνας ο σύνδεσμος που ενώνει την άρθρωση με την αρπάγη. Δεξιά είναι το γρανάζι με το οποίο κινητήρες δίνουν κίνηση. [φωτογραφία]

## 3. Ηλεκτρονικά μέρη

### 3.1 Arduino

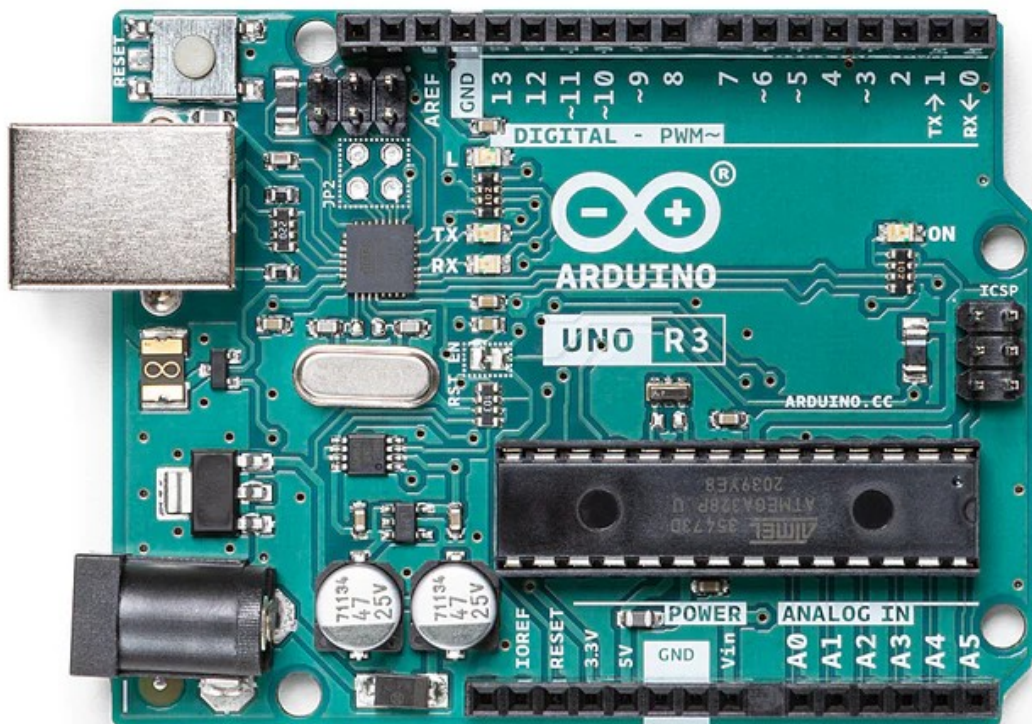
Το Arduino είναι μια ανοικτού κώδικα πλατφόρμα υλικού και λογισμικού που χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό και την κατασκευή ηλεκτρονικών συσκευών. Δημιουργήθηκε αρχικά για να βοηθήσει φοιτητές χωρίς τεχνικό υπόβαθρο. Αποτελείται τόσο από την πλακέτα με τον μικροελεγκτή όσο και από το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) που τρέχει στον υπολογιστή και χρησιμοποιείται για την εγγραφή και της μεταφόρτωσης κώδικα στη φυσική πλακέτα. Είναι βασισμένο σε μια απλή μητρική πλακέτα με ενσωματωμένο μικροελεγκτή, εισόδους και εξόδους, ψηφιακές και αναλογικές. Στην ουσία, πρόκειται για ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα που βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega της Atmel και του οποίου όλα τα σχέδια, καθώς και το software που χρειάζεται για την λειτουργία του, διανέμονται ελεύθερα και δωρεάν ώστε να μπορεί να κατασκευαστεί από τον καθένα. Το Arduino Uno διαθέτει δύο μικροεπεξεργαστές στην πλακέτα. Έναν βασικό μικροεπεξεργαστή ATmega328P, ο οποίος χρησιμοποιείται για την εκτέλεση του κώδικα Arduino, και έναν δεύτερο μικροεπεξεργαστή ATmega16U2, ο οποίος χρησιμοποιείται ως μετατροπέας USB σε UART για την επικοινωνία με τον υπολογιστή. Ο δεύτερος μικροεπεξεργαστής χρησιμοποιείται επίσης για το προγραμματισμό του βασικού μικροεπεξεργαστή ATmega328P μέσω της σύνδεσης USB. Επιπλέον, τα Arduino boards διαθέτουν θύρα USB και σειριακές διεπαφές επικοινωνίας, που χρησιμοποιούνται για τη φόρτωση προγραμμάτων από υπολογιστές.



Η προγραμματιστική γλώσσα του Arduino είναι μια απλοποιημένη έκδοση της C++, που διευκολύνει τη διαδικασία μάθησης . Τα έργα αδειοδοτούνται με την άδεια GPL και LGPL, επιτρέποντας σε οποιονδήποτε να χρησιμοποιεί και να κατασκευάζει Arduino boards. Τα Arduino χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς, όπως τον έλεγχο, αισθητήρων, κινητήρων, και τον σχεδιασμό και κατασκευή ηλεκτρονικών συσκευών. Υπάρχουν διάφορα είδη πλακετών Arduino που υπάρχουν στην αγορά, περιλαμβάνοντας:

- Arduino Uno (R3).
- Arduino Nano.
- Arduino Mega,
- Arduino Due.
- LilyPad Arduino Board.
- Arduino Bluetooth.
- Arduino Diecimila.
- RedBoard Arduino Board. [\[Πηγή\]](#)

Στην κατασκευή του ρομποτικού βραχίονα που θα γίνει για αυτή την εργασία θα χρησιμοποιηθεί το Arduino Uno (R3).



Εικόνα 2.5:Arduino Uno R3 [\[Πηγή\]](#)

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του είναι:

Μικροελεγκτής: ATmega328P

Μνήμη:

32KB Flash: Προγραμματιζόμενη μνήμη για τον κώδικα του προγράμματος.

2KB SRAM: Μνήμη RAM για την αποθήκευση δεδομένων κατά την εκτέλεση του προγράμματος.

1KB EEPROM: Μνήμη EEPROM για αποθήκευση μόνιμων δεδομένων.

Περιφερειακά:

2x Χρονομετρητές/Μετρητές 8-bit με ειδικό καταχωρητή περιόδου και κανάλια σύγκρισης.

1x Χρονομετρητής/Μετρητής 16-bit με ειδικό καταχωρητή περιόδου, εισαγωγή καταχωρητή και κανάλια σύγκρισης.

1x USART με γεννήτριο ποσοστού διαμορφοποίησης και ανίχνευση αρχής πλαισίου.

1x Ελεγκτής/Περιφερειακή διεπαφή σειριακής περιφερειακής διεπαφής (SPI).

1x Διπλή λειτουργία ελεγκτή/περιφερειακή διεπαφή I2C.

1x Αναλογικός συγκριτής (AC) με κλιμακούμενη είσοδο αναφοράς.

Χρονόμετρο προσκόπου με ξεχωριστή εσωτερική ταλάντωση.

Έξι κανάλια PWM.

Διακοπή και αφύπνιση με αλλαγή σηματοδοτήσεων στις ακροδέκτες.

Τάση λειτουργίας από 2.7V έως 5.5V.

Επεξεργαστής ATmega16U2

Μνήμη:

16 KB ISP Flash: Προγραμματιζόμενη μνήμη Flash για τον κώδικα του προγράμματος.

512B EEPROM: Μνήμη EEPROM για αποθήκευση μόνιμων δεδομένων.

512B SRAM: Μνήμη RAM για την αποθήκευση δεδομένων κατά την εκτέλεση του προγράμματος.

Ισχύς:

Τάση λειτουργίας 3.3V.

Debugging:

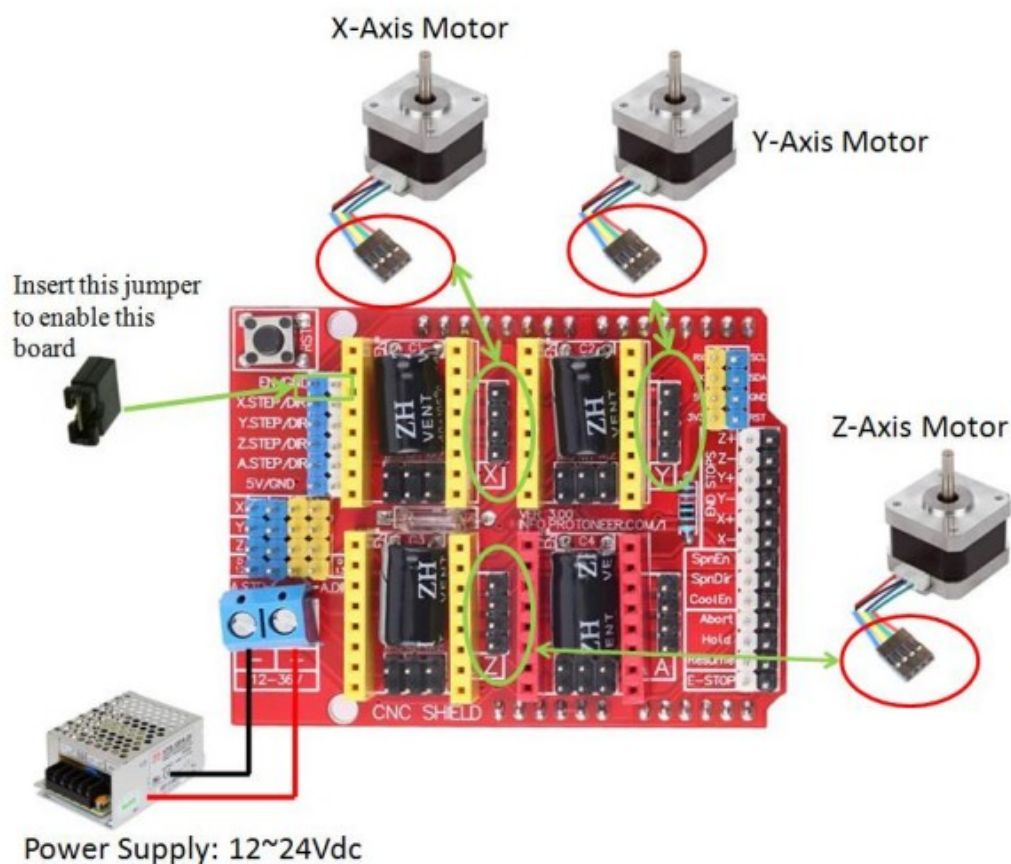
Διασύνδεση debugWIRE για ενσωματωμένη αποσφαλμάτωση και προγραμματισμό. [\[Πηγή\]](#)

### 3.2 CNC Shield

Το CNC Shield είναι μια πλακέτα επέκτασης που σχεδιάστηκε για το Arduino και χρησιμοποιείται σε εφαρμογές CNC. Η πλακέτα αυτή επιτρέπει την εύκολη σύνδεση του Arduino με οδηγούς βηματικών κινητήρων όπως **A4988**, **DRV8825**, **SilentStepStick**, παρέχοντας τις απαραίτητες υποδοχές και τους ακροδέκτες για τον έλεγχο των κινητήρων.

Βασικά χαρακτηριστικά του CNC shield :

- Είναι συμβατό με το ανοικτού κώδικα λογισμικό GRBL που τρέχει σε ένα Arduino UNO και μετατρέπει εντολές G-code σε σήματα βημάτων (stepper signals).
- Υποστηρίζει 4 άξονες (X, Y, Z, A) και μπορεί να διπλασιάσει τους άξονες X, Y, Z ή να χρησιμοποιήσει έναν πλήρη 4ο άξονα με προσαρμοσμένο firmware χρησιμοποιώντας τους ακροδέκτες D12 και D13.
- Δυνατότητα ενεργοποίησης του συστήματος ψύξης.
- Χρησιμοποιεί οδηγούς οδηγούς A4988 ή DRV8825 και άλλους
- Προβλέπει Micro-Stepping για τους οδηγούς με τη χρήση jumper.
- Σύνδεση βημάτων με 4-ακίδες σύνδεσμοι Molex ή κόλληση: Οι βηματικοί κινητήρες μπορούν να συνδεθούν είτε σύνδεσμοι με 4-ακίδες είτε μπορούν να κολληθούν απευθείας στην πλακέτα.
- Λειτουργεί με τάση τροφοδοσίας από 12V έως 36VDC. [\[Πηγή\]](#)

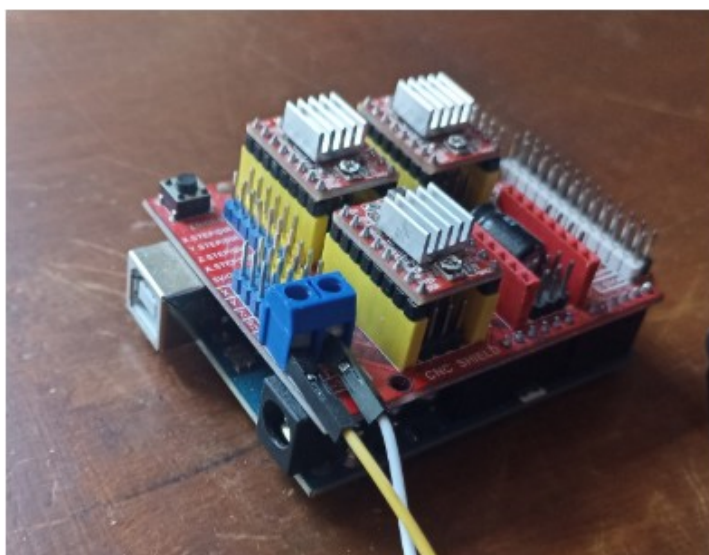


Εικόνα 3.2: CNC Shield και οι ακροδέκτες στους οποίους θα συνδεθούν οι βηματικοί κινητήρες [\[Πηγή\]](#)

### 3.3 Οδηγός A4988

Το A4988 είναι ένας οδηγός βηματικού κινητήρα (stepper motor driver) που χρησιμοποιείται συχνά σε εφαρμογές CNC και 3D εκτυπωτών. Αυτός ο οδηγός επιτρέπει τον έλεγχο της κίνησης βηματικών κινητήρων με μεγάλη ακρίβεια και απόδοση. Ο A4988 λειτουργεί βασιζόμενος σε μια σειρά από εντολές που δίνονται από τον μικροελεγκτή (όπως το Arduino) και ελέγχει τη ροή του ρεύματος προς τους βηματικούς κινητήρες, επιτρέποντάς τους να κινηθούν με συγκεκριμένη ταχύτητα και κατεύθυνση. Μπορεί να παρέχει στο βηματικό κινητήρα τάσεις έως και 35 βολτ και ένταση έως και  $\pm 2$  A. Αυτοί οι οδηγοί έρχονται εξοπλισμένοι με μικρές ψύκτρες αλουμινίου (για να μην θερμαίνεται πολύ η συσκευή) και οι ψύκτρες τοποθετούνται εύκολα στον οδηγό κολλώντας τις με διπλή κολλητική ταινία στο επάνω μέρος του οδηγού.

Απαιτείται όμως λίγη προσοχή κατά τη σύνδεση των περιφερειακών, καθώς υπάρχει μόνο ένας σωστός τρόπος σύνδεσης. Η εσφαλμένη σύνδεση μπορεί να προκαλέσει ζημιά στο CNC shield όταν αυτό ενεργοποιείται. Ο καλύτερος τρόπος να το συνδέσουμε τις ακίδες του οδηγού που έχουν το όνομα enable στις θέσεις του CNC shield με το αντίστοιχο όνομα. [\[Πηγή\]](#)



Εικόνα 3.3: Η φωτογραφία αριστερά δείχνει το πως έγινε η σύνδεση του arduino με το CNC Shield και τους 3 drivers A4988 [φωτογραφία], δεξιά οδηγός A4988 [\[Πηγή\]](#)

### 3.4 Βηματικός κινητήρας Stepper Motor Nema 17

Για τον βραχίονα επιλέχθηκε βηματικός κινητήρας (stepper motor) NEMA 17 που είναι ένας τύπος βηματικού κινητήρα που χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές, όπως οι εκτυπωτές 3D, τα CNC μηχανήματα και οι ρομποτικές εφαρμογές. Τρεις συνολικά κινητήρες θα δίνουν κίνηση στους άξονες X, Y, Z. Το NEMA 17 αναφέρεται στο μέγεθος του stepper motor και συγκεκριμένα στις διαστάσεις του περιβλήματος. Οι stepper motors NEMA 17 λειτουργούν με βήματα και έχουν τη δυνατότητα να προγραμματιστούν για να κινηθούν σε συγκεκριμένα βήματα ή γωνίες, προσφέροντας έτσι ακρίβεια και επαναληψιμότητα.





Εικόνα 3.4: Βηματικός κινητήρας (stepper motor) NEMA 17 [\[Πηγή\]](#)

Για την σωστή λειτουργία των βηματικών κινητήρων πρέπει να υπολογίσουμε την τάση αναφοράς ( $V_{REF}$ ) που θα δίνει το κάθε driver A4988 στον αντίστοιχο κινητήρα. Το  $V_{REF}$  για το driver A4988 υπολογίζεται με έναν απλό τύπο:  $V_{REF} = I \times 8 \times R_{sense}$

όπου

$V_{REF}$  : είναι η τάση αναφοράς και μετριέται σε Volt. ρυθμίζει το ποσό ηλεκτρικού ρεύματος που παρέχεται στον βηματικό κινητήρα, και αυτό είναι απαραίτητο για τη σωστή και υγιή λειτουργία τόσο των driver όσο και των κινητήρων. Κάθε βηματικός κινητήρας ορίζεται να λειτουργεί εντός ενός βέλτιστου εύρους ηλεκτρικού ρεύματος. Έτσι, μια ανεπαρκής ποσότητα ρεύματος θα προκαλέσει την απώλεια βημάτων του κινητήρα κατά την κίνηση και, συνεπώς, θα είναι λιγότερο ακριβής. Η παροχή υπερβολικού ρεύματος στους κινητήρες θα τους προκαλέσει υπερθέρμανση, πιθανότατα προκαλώντας ζημιά σε αυτούς αλλά και στους οδηγούς κατά τη διάρκεια μακροχρόνιας χρήσης.

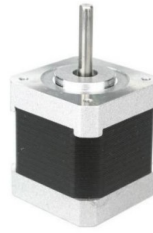
$I$ : είναι η επιτρεπτή ένταση ρεύματος που διαπερνάει τον κινητήρα σύμφωνα με τις προδιαγραφές του και θα την βρούμε από το Data-sheet του κατασκευαστή.

$R_{sense}$  : είναι η αντίσταση του A4988 και μπορούμε να την βρούμε γραμμένη πάνω στο driver και είναι  $0.1\Omega$  .

Αναζητώντας την ένταση του ρεύματος ( $I$ ) στο Data-sheet βλέπουμε πως είναι  $1,68A$

## 1.8° 42mm High Torque Hybrid Stepper Motor

Item	Specifications
Step Angle	1.8°
Step Angle Accuracy	±5%(full step,no load)
Resistance Accuracy	±10%
Inductance Accuracy	±20%
Temperature Rise	80°C max
Ambient Temperature	-20°C ~+50°C
Insulation Resistance	100 MΩ Min. .500VDC
Dielectric Strength	500VAC for 1minute
Shaft Radial Play	0.02Max. (450g-load)
Shaft Axial Play	0.08Max. (450g-load)
Max. radial force	28N (20mm from the flange)
Max. axial force	10N



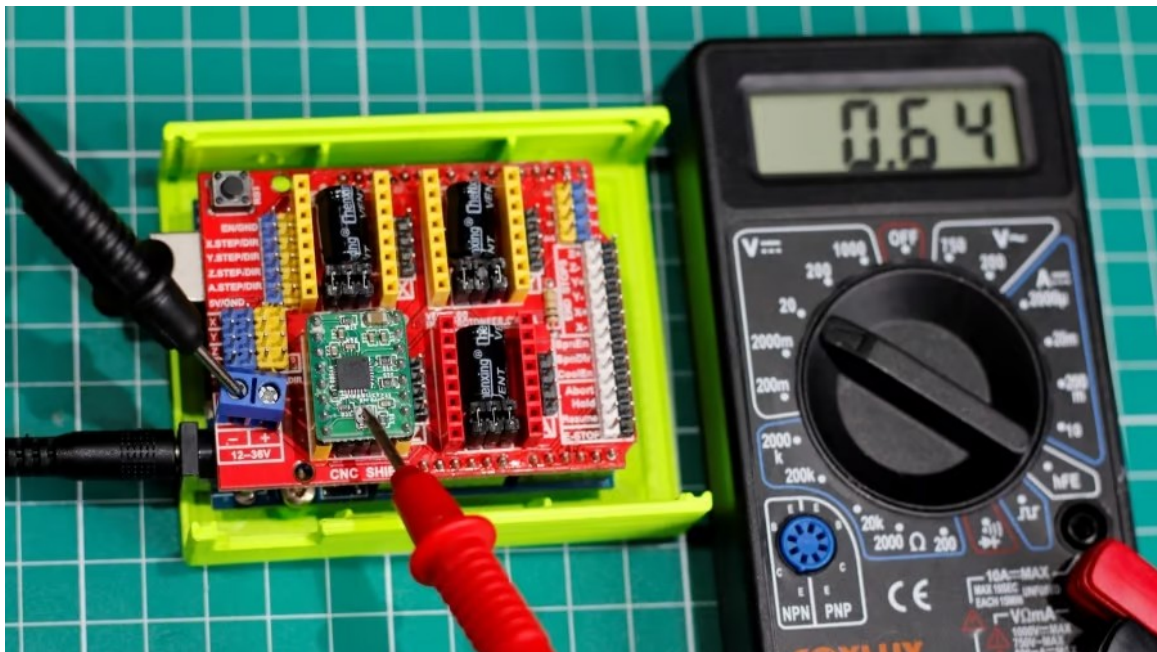
### 42mm Hybrid Stepper Motor Specifications:

Model No.	Rated Voltage	Current /Phase	Resistance /Phase	Inductance /Phase	Holding Torque	# of Leads	Detent Torque	Rotor Inertia	Motor Length	Weight
	V	A	Ω	mH	kg.cm	No.	g.cm	g.cm <sup>2</sup>	(L)mm	kg
JK42HS48-1684-08AF	2.8	1.68	1.65	2.8	5.0	4	260	68	48	0.38

Εικόνα 3.5: Προδιαγραφές του βηματικού κινητήρα σύμφωνα με το Data-sheet του κατασκευαστή [\[Πηγή\]](#)

Κάνοντας τις απλές αριθμητικές πράξεις βρίσκουμε ότι  $V_{REF}=1,34$  V. Θα τροφοδοτήσουμε βέβαια τους κινητήρες στο 90% του  $V_{REF}$  για λόγους ασφάλειας.

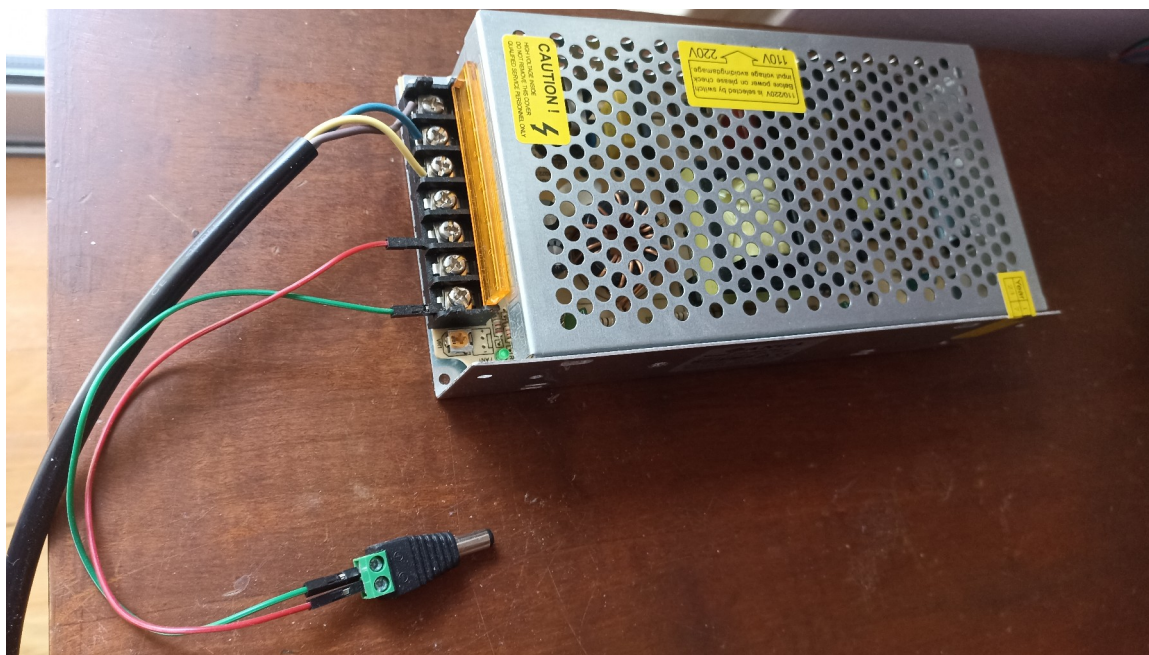
Πάνω στους A4988 Drivers υπάρχει ένα μικρό ποτενσιόμετρο και με την βοήθεια ενός πολυμέτρου και ενός κατσαβιδιού ρυθμίζουμε την σωστή τάση. [\[Πηγή\]](#)



Εικόνα 3.6: Διαδικασία εύρεσης τάσης αναφοράς [\[Πηγή\]](#)

### 3.5 Τροφοδοτικό(Power Supply)

Ο ρομποτικός βραχίονας θα λειτουργεί με τρεις βηματικούς κινητήρες και ένα σερβοκινητήρα και θα τους τροφοδοτήσουμε με ρεύμα έντασης 12V και τάσης 15A , ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος να χαλάσουμε ή να καταστρέψουμε τους κινητήρες. Έτσι επιλέχθηκε σταθεροποιημένο τροφοδοτικό 12V, 15A, 180W, μάρκας Anpa.



Εικόνα 3.7: Σταθεροποιημένο τροφοδοτικό 12V, 15A, 180W, Anpa [φωτογραφία]

### 3.6 Σερβοκινητήρας (Servo motor)

Στην αρπάγη του βραχίονα θα τοποθετήσουμε ένα σερβοκινητήρα, διότι προσφέρει ακριβή έλεγχο της θέσης και της κίνησης του. Επίσης, είναι μικρός σε μέγεθος και ευέλικτος για ενσωμάτωση στο ρομποτικό σύστημα . Παρέχει ανατροφοδότηση θέσης και έλεγχο της ροπής, καθώς και δυνατότητα ρύθμισης της ταχύτητας. Οι σερβοκινητήρες χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, όπως ρομποτικά συστήματα, αυτόματες πόρτες, αεροπορικά μοντέλα και πολλά άλλα.

Ένας σερβοκινητήρας είναι ένα κλειστού βρόχου μηχανισμός που χρησιμοποιεί ανατροφοδότηση θέσης για να ελέγχει την κίνηση και την τελική θέση του . Χρησιμοποιούνται γενικά ως μια υψηλής απόδοσης εναλλακτική λύση στον βηματικό κινητήρα. Τα servo μπορούν να περιστρέφονται περίπου κατά προσέγγιση 180 μοίρες, με περίπου 90 μοίρες προς κάθε κατεύθυνση. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να περιστραφούν κατά 90 μοίρες αριστερά από την αρχική τους θέση και κατά 90 μοίρες δεξιά από την αρχική θέση, για συνολική κίνηση 180 μοιρών από άκρη σε άκρη. Τα χρώματα των καλωδίων του σέρβο είναι:

**Κόκκινο (Κόκκινο):** Συνδέεται συνήθως στη θετική πόλο της τροφοδοσίας ρεύματος ή της μπαταρίας (+). Παρέχει την τάση που απαιτείται για τη λειτουργία της συσκευής. Έτσι θα συνδεθεί στο ακροφύσιο των 5V στο Cnc shield.



**Καφέ (Καφέ):** Συνδέεται συνήθως στην αρνητική πόλο της τροφοδοσίας ρεύματος ή της μπαταρίας (-). Λειτουργεί ως γείωση ή κοινό αναφοράς για τη συσκευή. Θα συνδεθεί στο ground στο Cnc shield.

**Πορτοκαλί (Πορτοκαλί):** Συνήθως χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του σήματος (Signal). Στην περίπτωση ενός κινητήρα σέρβο, μεταφέρει το σήμα ελέγχου από έναν μικροελεγκτή ή ελεγκτή servo για να καθορίσει τη θέση του σέρβο. Θα συνδεθεί στο Z+ στο Cnc shield.  
[\[Πηγή\]](#)

Προδιαγραφές

- Βάρος: 9 g
- Διαστάσεις: περίπου 22,2 x 11,8 x 31 mm
- Ικανότητα αντίστασης: 1,8 κ kgf·cm
- Ταχύτητα λειτουργίας: 0.1 s/60 degree
- Τάση λειτουργίας: 4,8 V (~5V)
- Πλάτος νεκρής ζώνης: 10 μs
- Εύρος θερμοκρασίας: 0 °C – 55 °C



Εικόνα 3.8: SG90 μοιρών Micro σερβοκινητήρας [\[Πηγή\]](#)

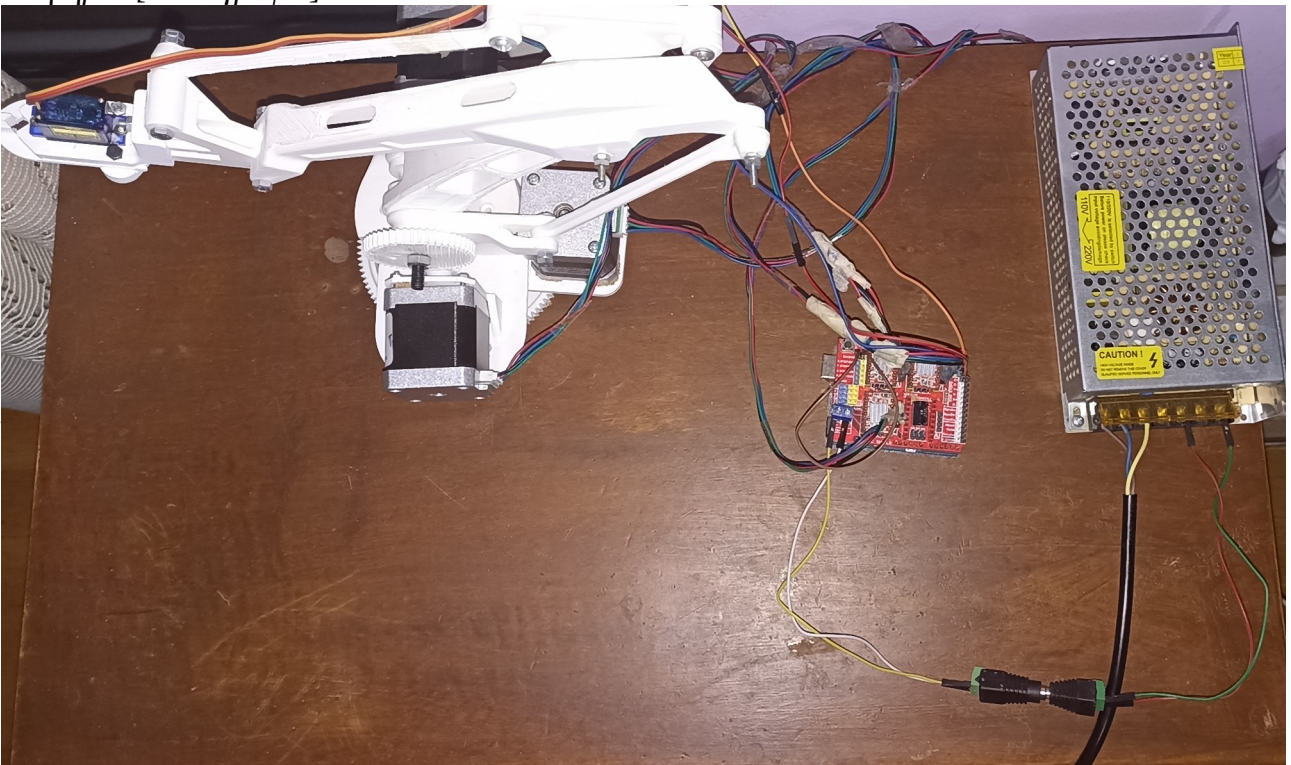
## 4. Συναρμολόγηση ρομπότ (Robot assembly)

Αφού έγινε η εκτύπωση όλων των εξαρτημάτων στους δυο εκτυπωτές σε πρώτη φάση έγινε η συναρμολόγηση χωρίς την τοποθέτηση των κινητήρων. Η εκτύπωση των εξαρτημάτων έγινε σε ικανοποιητική ποιότητα. Το πρώτο πράγμα που έπρεπε να διερευνηθεί ήταν τι είδους βίδες ή μικροί άξονες θα μπορούσαν να εφαρμόσουν σωστά ώστε ο βραχίονας να είναι λειτουργικός. Παρατήρησα ότι όλα τα μέρη δεν είχαν ακριβώς την ίδια διάμετρο στις οπές του. Έτσι ανάλογα το εξάρτημα χρησιμοποιήθηκαν διάφορων διαμέτρων βίδες και τα αντίστοιχα περικόχλια. Χρησιμοποιήθηκαν βίδες 3mm, 4mm και 5mm, όπου οι περισσότερες ήταν 3mm. Πολλές φορές ήταν αναγκαίο οι οπές να διατηρηθούν με ηλεκτρικό κατσαβίδι ώστε να εφαρμόζουν καλύτερα οι βίδες. Οι βίδες ήταν με κεφαλή άλεν, σταυρωτή είτε εξάγωνη ανάλογα με την διαθεσιμότητα που είχα από κάθε είδος. Δεν επέλεξα κάποιους ράβδους ή άξονες για την συναρμολόγηση διότι δεν βρήκα στο εμπόριο. Επίσης επειδή το μήκος των βιδών σε ορισμένες περιπτώσεις ήταν μεγαλύτερο από τι χρειαζόταν, έγινε κοπή τους με έναν ηλεκτρικό τροχό για να είναι στο κατάλληλο μήκος. Τοποθετήθηκε και λίγο γράσο ως λιπαντικό για να υπάρχει ευκολότερη περιστροφή των αρθρώσεων. Αφού έγινε η αρχική συναρμολόγηση, ύστερα τοποθετήθηκαν πάνω τα ηλεκτρονικά μέρη. Οι τρεις βηματικοί κινητήρες και ο σερβοκινητήρας. Επειδή όμως υπήρχε μια μικρή απόκλιση μεταξύ των διαστάσεων της βάσης και των κινητήρων έγιναν κάποιες μικρές πρακτικές παρεμβάσεις ώστε να ταιριάζουν καλύτερα. Άρα πια ο βραχίονας συνδέοντας το με το Arduino, το Cnc shield, το A4988 driver και με την χρήση των κατάλληλων λογισμικών προγραμμάτων θα λειτουργήσει.





Εικόνα 4.1: Τελική μορφή του βραχίονα μετά την συναρμολόγηση και την τοποθέτηση των κινητήρων [Φωτογραφία]



Εικόνα 4.2 : Τελική σύνδεση του βραχίονα με το Cnc Shield, το Arduino , και το τροφοδοτικό [Φωτογραφία]

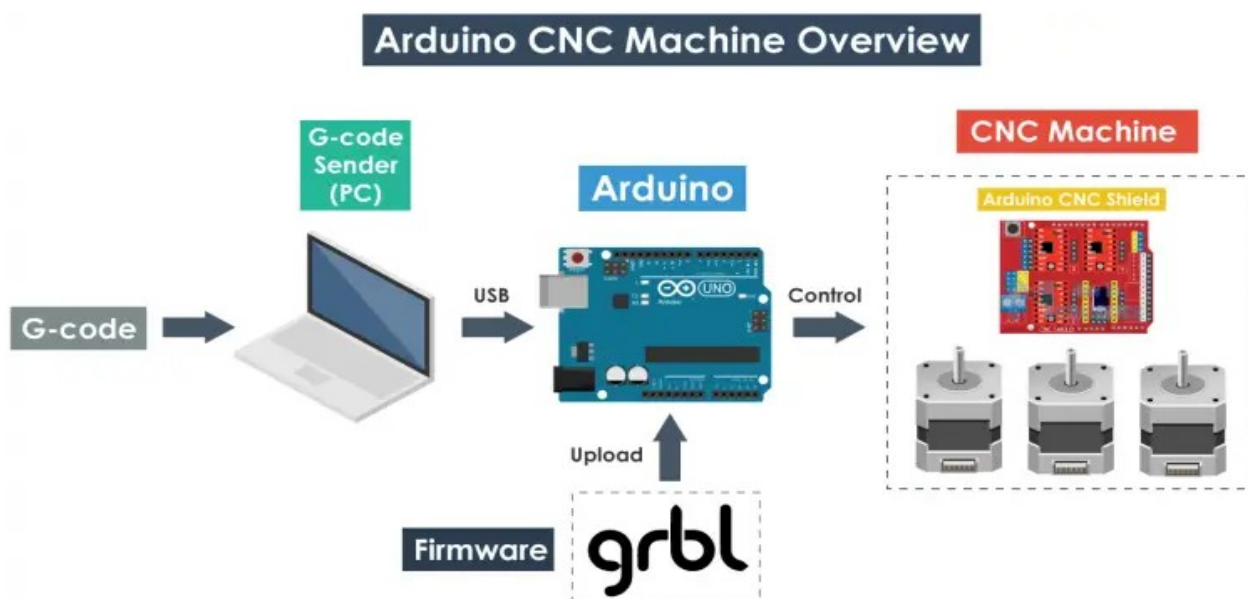
## 5.Λογισμικά Software – Arduino IDE, GRBL library, Universal G-code sender

### 5.1 Arduino IDE

Η ψηφιακή σύνδεση και η επικοινωνία μεταξύ όλων των μερών επιτεύχθηκε με τη χρήση του λογισμικού Arduino IDE που είναι κατάλληλο για τον προγραμματισμό των πλακετών Arduino. Το λογισμικό του Arduino (IDE) είναι ένα ανοιχτού κώδικα λογισμικό, το οποίο χρησιμοποιείται για το προγραμματισμό των πλακετών Arduino και είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης που έχει αναπτυχθεί από το arduino.cc. Επιτρέπει την εγγραφή και το φόρτωμα του κώδικα στις πλακέτες Arduino και αποτελείται από πολλές βιβλιοθήκες. Στο Arduino IDE μπορούμε να γράψουμε κώδικα σε μια γλώσσα προγραμματισμού που βασίζεται στη C/C++, και να τον μεταφορτώσουμε στις πλακέτες Arduino για να εκτελεστεί. Το λογισμικό του Arduino είναι εύκολο στη χρήση για αρχάριους ή προχωρημένους χρήστες.

Για να χρησιμοποιήσουμε αυτό το λογισμικό, το Arduino Uno πρέπει να συνδεθεί με έναν υπολογιστή μέσω καλωδίου USB και στη συνέχεια να ανοίξουμε το λογισμικό πριν μπορέσουμε να μεταφορτώσουμε τους απαραίτητους κώδικες και δομές. [\[Πηγή\]](#)

### 5.2 Βιβλιοθήκη GRBL



Εικόνα 5.1: Διάγραμμα που δείχνει την διαδρομή του πως ο G κώδικας μεταφράζεται σε κίνηση των κινητήρων περνώντας από το UGS, το αρντούινο με την βιβλιοθήκη GRBL, το Cnc Shield και καταλήγει στους βηματικούς κινητήρες. [\[Πηγή\]](#)

Για αυτή την εργασία, έχει χρησιμοποιηθεί η βιβλιοθήκη GRBL ώστε να γίνει η εγγραφή στην πλακέτα μέσω του λογισμικού Arduino IDE. Με τη βιβλιοθήκη GRBL δεν είναι απαραίτητο να δημιουργήσουμε ή να γράψουμε κάποιον επιπλέον κώδικα παρά μόνο αν το επιθυμούμε, επειδή θα ενεργοποιήσει τα απαραίτητα στοιχεία για να ελέγξουμε τον κινητήρα με άλλο λογισμικό. Η οποία είναι μια ανοιχτού κώδικα βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της κίνησης σε μηχανές CNC (Computer Numerical Control), ρομποτικούς βραχίονες. Παρέχει μια απλή και αποδοτική λύση για τον έλεγχο της κίνησης των αξόνων σε μια CNC μηχανή, χρησιμοποιώντας γλώσσα G-code. Το GRBL

εκτελείται σε μια πλακέτα Arduino και προσφέρει υψηλή απόδοση και χαμηλό κόστος σε σύγκριση με άλλες μεθόδους ελέγχου κίνησης.

Η βασική λειτουργία του GRBL firmware είναι να μεταφράσει τις εντολές G-code σε κινήσεις των κινητήρων. Λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ του λογισμικού (όπως το Arduino IDE) και του ρομποτικού βραχίονα. Έτσι το GRBL firmware λαμβάνει τις εντολές G-code, που είναι μια προγραμματιστική γλώσσα για CNC μηχανές, ρομπότ και 3D printers, και τις ερμηνεύει. Μετά την ερμηνεία, το GRBL κατασκευάζει ένα σχέδιο κίνησης υπολογίζοντας τις απαιτούμενες κινήσεις των κινητήρων. Στη συνέχεια, στέλνει τα σήματα βημάτων και κατευθύνσεων στους κινητήρες μέσω των κατάλληλων οδηγών. Έτσι, οι κινητήρες κινούνται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του G-code, επιτρέποντας την ακριβή κίνηση.

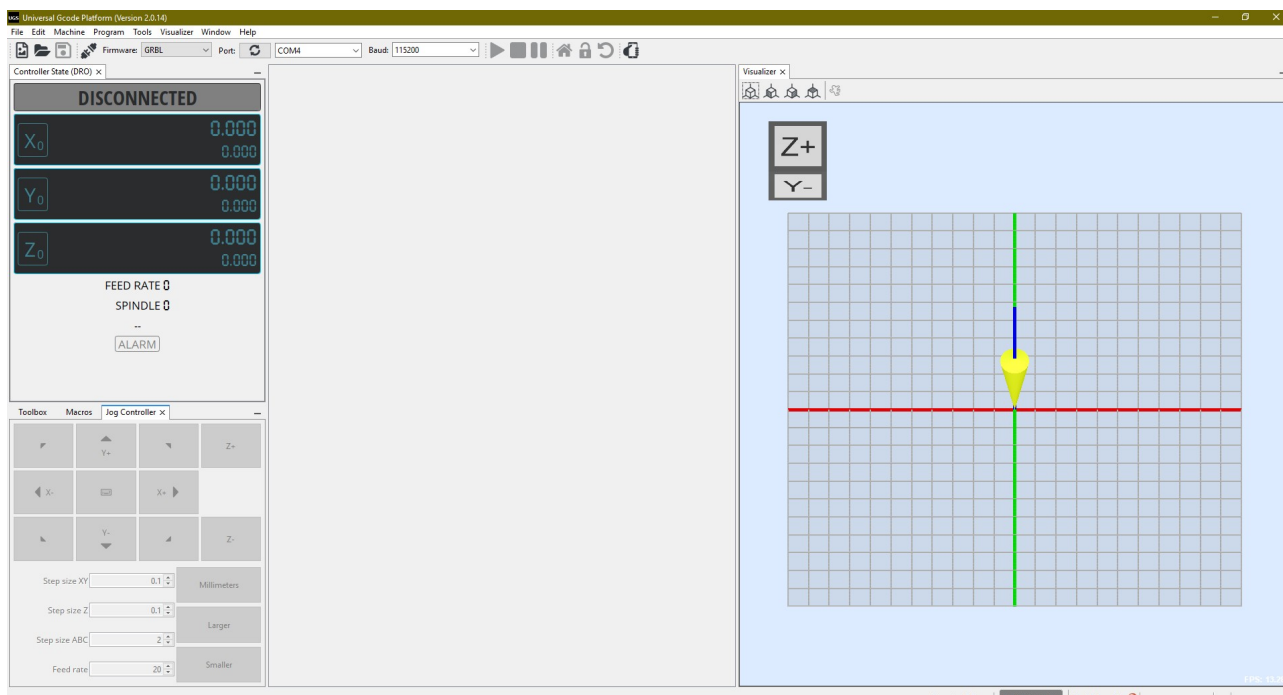
Η βιβλιοθήκη GRBL περιλαμβάνει πολλές άλλες βιβλιοθήκες μέσα σε αυτήν. Αυτό το κάνει μια εξαιρετική συλλογή καλά επιλεγμένων βιβλιοθηκών για τη δημιουργία του ιδανικού περιβάλλοντος για την ενεργοποίηση των κινητήρων. Ορισμένες από αυτές τις βιβλιοθήκες είναι:

1. Βιβλιοθήκη AccelStepper: Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο βηματικών κινητήρων και παρέχει προηγμένες λειτουργίες όπως επιτάχυνση, επιβράδυνση και προσαρμογή της ταχύτητας κίνησης.
2. Βιβλιοθήκη Servo: Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο σερβοκινητήρων και επιτρέπει την ακριβή ρύθμιση της θέσης και της ταχύτητας τους.
3. Βιβλιοθήκη EEPROM: Χρησιμοποιείται για την αποθήκευση μόνιμων ρυθμίσεων και παραμέτρων του GRBL στη μνήμη EEPROM του Arduino.
4. Βιβλιοθήκη SoftwareSerial: Χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με άλλες συσκευές μέσω της εικονικής θύρας σειριακής επικοινωνίας. [\[Πηγή\]](#)

### 5.3 Universal G-code Sender

Μετά από έρευνα στο διαδίκτυο, έγινε σαφές ότι η καλύτερη λύση για να ελέγχουμε τον κινητήρα είναι το λογισμικό Universal Gcode Sender. Το Universal G-code Sender (UGS) είναι ένα λογισμικό ελέγχου CNC (Computer Numerical Control) που χρησιμοποιείται για την αποστολή και εκτέλεση εντολών G-code σε μηχανές CNC. Το Universal G-code Sender παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να φορτώσει και να εκτελέσει το G-code πρόγραμμα στη μηχανή CNC ή στο ρομπότ. Είναι μια πλατφόρμα βασισμένη σε Java και είναι συμβατή με τα πρωτόκολλα GRBL, TinyG, g2core και Smoothieware. Υπάρχουν κουμπιά (jog controller) για τη μετακίνηση των βηματικών κινητήρων για κάθε ένα άξονα X, Y και Z και ακόμη και για τον έλεγχο του σερβοκινητήρα. Μέσα από αυτή την εφαρμογή μπορούμε να επιλέξουμε όλες τις λεπτομέρειες λειτουργίας των κινητήρων όπως ταχύτητα, επιτάχυνση, το βήμα κτλ. Για την κίνηση του σερβοκινητήρα γράφουμε την εντολή M03 s0 στην καρτέλα εντολών. Η τιμή που βρίσκεται δεξιά στο s αντιπροσωπεύει την τιμή της γωνίας περιστροφής. [\[Πηγή\]](#)





Εικόνα 5.2: Περιβάλλον εργασίας του Universal G-code Sender

## 6. Διαδίκτυο των πραγμάτων - Internet of things (IoT)

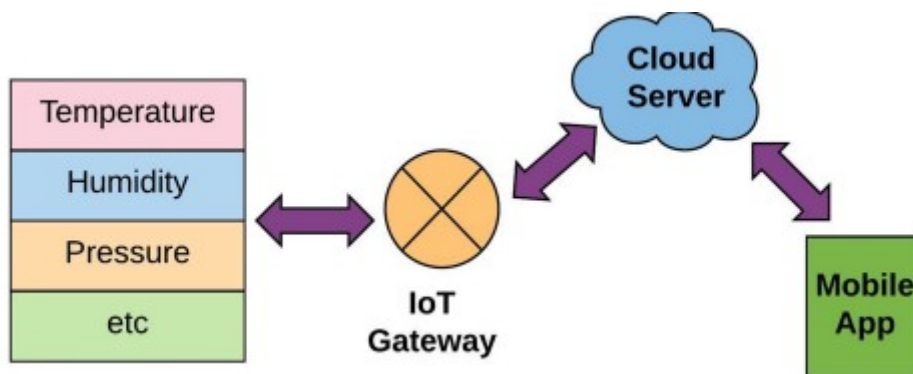
### 6.1 Αρχές λειτουργίας

Το Internet of Things (IoT) αναφέρεται στο πιο εξελιγμένο στάδιο του διαδικτύου, το οποίο δημιουργεί μια παγκόσμια υποδομή επικοινωνίας μεταξύ ανθρώπων και μηχανών. Το IoT δημιουργεί την παγκόσμια υποδομή που θα αλλάξει τις βασικές πτυχές της ζωής μας, από τις υπηρεσίες υγείας και τον κατασκευαστικό τομέα έως τη γεωργία. Το IoT θα παρέχει τις απαραίτητες δυνατότητες για την ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης (AI). Το IoT εμφανίστηκε ως μια ισχυρή τεχνική με εφαρμογές σε πολλούς τομείς. Το IoT έχει τις ρίζες του σε πολλές προηγούμενες μεθόδους όπως δίκτυα αισθητήρων και ενσωματωμένα συστήματα. Πολλές συσκευές IoT συνδέονται μεταξύ τους για την ανάπτυξη συγκεκριμένων συστημάτων. Στο παγκόσμιο δίκτυο, σπάνια χρησιμοποιούνται ως συσκευές δημόσιας πρόσβασης.

Ένα κόμβος του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT node) είναι ένα hardware κομμάτι που περιλαμβάνει αισθητήρες και μεταδίδει πληροφορίες που ανιχνεύονται σε χρήστες ή άλλες συσκευές μέσω του διαδικτύου. Οι κόμβοι του IoT ενσωματώνονται σε βιομηχανικό εξοπλισμό, φορητές και ιατρικές συσκευές, ασύρματους αισθητήρες και άλλες συσκευές. Κορυφαία παραδείγματα του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) είναι οι συνδεδεμένες έξυπνες πόλεις (smart city), έξυπνες βιομηχανίες (smart industry), έξυπνες μεταφορές (smart transport), έξυπνα κτίρια (smart buildings), έξυπνη ενέργεια (smart energy), έξυπνη κατασκευή (smart manufacturing), έξυπνη παρακολούθηση του περιβάλλοντος (smart environment monitoring), έξυπνη διαβίωση (smart living), έξυπνη υγεία (smart health), έξυπνη παρακολούθηση τροφίμων (smart food) και νερού (water monitoring).

Οι συσκευές που μπορούν να συνδεθούν στο IoT προέρχονται από όλους τους τομείς δραστηριοτήτων όπως αυτοκίνητα, ρολόγια, smartphone, αισθητήρες, ενεργοποιητές, μικροελεγκτές, ιατρικός εξοπλισμός κ.λπ.

Το παρακάτω σχήμα [Εικόνα 6.1] παρουσιάζει την αρχιτεκτονική του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Αυτή η αρχιτεκτονική περιλαμβάνει πολλούς αισθητήρες IoT για σκοπούς ανίχνευσης, όπως θερμοκρασία, υγρασία, πίεση κ.λπ. Μετά την ανίχνευση, αυτά τα δεδομένα μεταδίδονται σε έναν cloud διακομιστή μέσω μιας IoT πύλης. Επιπλέον, οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα μέσω κινητών εφαρμογών και άλλων παρόμοιων μέσων.



Εικόνα 6.1: Αρχιτεκτονική του δικτύου του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) πηγή[5]

Λόγω της δυνατότητας πρόσβασης σε χαμηλού κόστους και έξυπνες συσκευές, το δίκτυο του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) αναφέρεται σε ένα έξυπνο σύστημα. Οι συσκευές IoT λειτουργούν ανεξάρτητα, με τις δυνατότητες ανίχνευσης και μετάδοσης δεδομένων τους. Επιπλέον, η εξάπλωση του IoT προσφέρει πολλά οφέλη, αλλά προσφέρει επίσης δυνητικούς κινδύνους. Ένας παραμελημένο μέχρι στιγμής παράγοντας είναι η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) προσφέρει πολλά οφέλη, όπως την ικανότητα εντοπισμού και παρακολούθησης των κόμβων, τη διαρκή ανταλλαγή πληροφοριών, τις βελτιωμένες λύσεις ισχύος και τη διαχείριση δεδομένων και ευφυΐας. Η επεκτασιμότητα είναι επίσης κρίσιμη στο IoT. Παράλληλα, υπάρχουν και προκλήσεις, όπως η ανεπαρκής ασφάλεια εξουσιοδότησης/ταυτοποίησης και η ανάγκη για αποδοτική διαχείριση τεχνολογίας διακομιστή και αποθήκευσης δεδομένων. Η διαχείριση δεδομένων και η διασφάλιση της ασφάλειας αποτελούν δύσκολες προκλήσεις με την αυξανόμενη αυτοματοποίηση των κόμβων.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) μπορεί να συμβάλει στην λειτουργία πολλών βιομηχανικών εφαρμογών, όπως η λογιστική, η κατασκευή, η βιομηχανία τροφίμων και οι υπηρεσίες. Νέα πρότυπα, νέο εμπόριο, ανταγωνισμός και η ανάγκη για αδιάκοπη μεταφορά αγαθών είναι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι νέες επιχειρήσεις σήμερα. Ως αποτέλεσμα, πολλές εταιρείες βασίζονται στο Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IIoT), το οποίο αναφέρεται σε κάθε ενέργεια που εκτελούν οι επιχειρήσεις για να μοντελοποιήσουν, ελέγξουν και βελτιστοποιήσουν τις επιχειρηματικές τους διαδικασίες με βάση τις γνώσεις που αποκτώνται από χιλιάδες συνδεδεμένες μηχανές, προκειμένου να τις βοηθήσουν να βελτιώσουν τον οικονομικό τους κέρδος.

Παρόλο που το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) γίνεται όλο και πιο δημοφιλές και προσβάσιμο στους ανθρώπους, δεν είναι το ασφαλέστερο περιβάλλον. Οι κυβερνοεπιθέσεις και η κυβερνο-εγκληματικότητα ή γενικά το χακινγκ έχουν κρίσιμη επίπτωση στο IoT λόγω της σταθερής αύξησης του αριθμού των χρηστών. Προς το παρόν,



είναι δύσκολο για αυτήν τη βιομηχανία να προσφέρει ένα ασφαλές περιβάλλον, δεδομένου ότι όλα εξελίσσονται τόσο γρήγορα.[5]

## 6.2 Έξυπνη Υγεία (Smart Health)

Οι δραστηριότητες που συνδέονται με την Έξυπνη Υγεία (Smart Health) περιλαμβάνουν:

- Παρακολούθηση Δραστηριότητας: Οι αισθητήρες κινήσεων που συνδέονται με ασύρματα δίκτυα σώματος μετρούν την κίνηση, κρίσιμα σήματα, ασάφεια όρασης και την κινητικότητα. Αυτά τα δεδομένα συλλέγονται, εμφανίζονται και αποθηκεύονται για πληροφορίες σχετικά με τη δραστηριότητα.
- Ανίχνευση Πτώσης: Υποστήριξη για ηλικιωμένα άτομα ή άτομα με αναπηρία που ζουν ανεξάρτητα.
- Ψυγεία Φαρμακείων: Ελέγχος των συνθηκών ψύξης για την αποθήκευση φαρμάκων, εμβολίων και οργανικών συστατικών.
- Παρακολούθηση Ασθενών: Παρακολούθηση της κατάστασης υγείας των ασθενών σε νοσοκομεία και γηροκομεία.
- Προσωπική Φροντίδα Αθλητών: Παρακολούθηση των ζωτικών λειτουργιών των αθλητών σε περιόδους υψηλής απόδοσης. Υπάρχουν εφαρμογές για τον υπολογισμό της φυσικής κατάστασης, τον αριθμό των βημάτων, του βάρους, της αρτηριακής πίεσης και άλλων σημαντικών στοιχείων.
- Διαχείριση Χρόνιων Παθήσεων: Προγράμματα παρακολούθησης ασθενών καταγράφοντας πληροφορίες μπορούν να είναι διαθέσιμες για την απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών με χρόνιες παθήσεις. Η πρόσβαση σε μια ιατρική εγκατάσταση, χαμηλού κόστους και προσωρινής διαμονής μπορεί να είναι μερικά από τα οφέλη.
- Έλεγχος για τον Καθαρισμό των Χεριών: Πρόγραμμα παρακολούθησης με χρήση ετικετών RFID σε βραχιόλια για τον καρπό, με την ενσωμάτωση ετικετών Bluetooth LE για τον έλεγχο της υγιεινής των χεριών του ασθενούς, όπου οι κραδασμοί ειδοποιούν κατά τη διάρκεια του πλυσίματος των χεριών. Όλες οι συγκεντρωμένες πληροφορίες δημιουργούν στατιστικά στοιχεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της κινητικότητας των ασθενών από το υγειονομικό προσωπικό.
- Υπεριώδης Ακτινοβολία: Μέτρηση της υπεριώδους ακτινοβολίας από τον ήλιο για να ειδοποιήσει τους ανθρώπους να μην εκτίθενται σε συγκεκριμένες ώρες.
- Φροντίδα του Στόματος: Μια οδοντόβουρτσα που συνδέεται με Bluetooth και έχει μια εφαρμογή στο smartphone να εξετάζει την διαδικασία του βουρτσίσματος των δοντιών και να μεταδίδει στο κινητό τηλέφωνο πληροφορίες και να εμφανίζονται αυτά ως στατιστικά στον οδοντίατρο.

- Έλεγχος Ύπνου: Συσκευές IoT που τοποθετούνται στο κρεβάτι ανιχνεύουν την αναπνοή και τους παλμούς της καρδιάς, καθώς και τις σωματικές κινήσεις που προκαλούνται κατά τη διάρκεια του ύπνου, παρέχοντας πληροφορίες διαθέσιμες μέσω της εφαρμογής του κινητού τηλεφώνου.[5]

### 6.3 IoT πλατφόρμες & Blynk

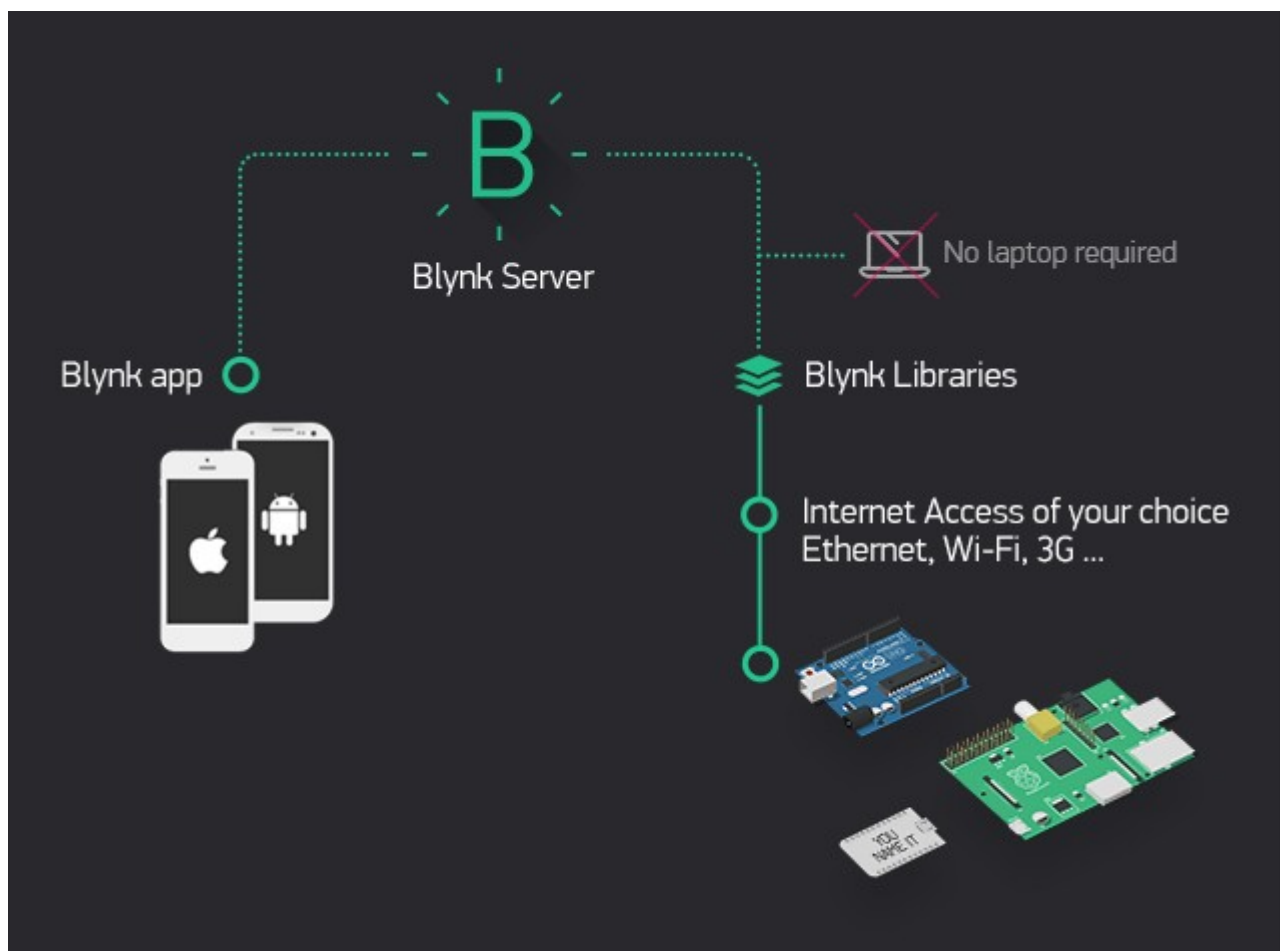
Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από πλατφόρμες με τις οποίες μπορεί να κάνει κάποιος εφαρμογές στο διαδίκτυο των πραγμάτων, οι πιο γνώστες από αυτές είναι Arduino IoT CloudThingier.io, Blynk., MyDevice-Cayenne, Thingworx, Ubidots ThingsBoard, MIT app inventor. Αρχικά επιλέχθηκε η εφαρμογή MIT app inventor στην εργασία αλλά επειδή δεν ήταν συμβατή με το προσωπικό κινητό τηλέφωνο Android, και έτσι κατέληξα στην πιο γνωστή εφαρμογή Blynk.

Το Blynk είναι μία από τις πιο δημοφιλείς πλατφόρμες για το Internet of Things (IoT). Το Blynk επιτρέπει στη συσκευή να συνδεθεί στο cloud και να ελέγχει απομακρυσμένες συσκευές IoT. Ένα από τα χαρακτηριστικά του είναι ότι δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα να σχεδιάσει τη δική του διεπαφή βασισμένη στην εργασία του, χωρίς να απαιτείται κώδικας για τη συλλογή και την ανάλυση δεικτών και δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Το Blynk είναι διαθέσιμο σε φορητές συσκευές ως εφαρμογή και ως ιστοσελίδα στο διαδίκτυο. Ωστόσο, και στα δύο περιβάλλοντα, το Blynk δεν μπορεί να λειτουργήσει χωρίς τα εξαρτήματα που ελέγχουν τις διάφορες μονάδες, τις πλακέτες μικροελεγκτών. Οι πλακέτες μικροελεγκτών όπως το NodeMCU esp8266, το Arduino με μια πρόσθετη πλακέτα Ethernet ή το Raspberry Pi είναι πολύ σημαντικές για τη δημιουργία έργων με το Blynk λόγω των δυνατοτήτων τους που τους επιτρέπουν να συνδέονται στο διαδίκτυο. Στην εφαρμογή μας επιλέχθηκε η πλακέτα NodeMCU esp8266.

Υπάρχουν τρία κύρια στοιχεία στην πλατφόρμα:

- Η εφαρμογή Blynk (Blynk App) που μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε διεπαφές για τις εργασίες χρησιμοποιώντας διάφορα εργαλεία που παρέχει η εφαρμογή.
- Ο Διακομιστής Blynk (Blynk server) που είναι υπεύθυνος για όλες τις επικοινωνίες μεταξύ του smartphone και του υλικού. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το Blynk Cloud ή τον ιδιωτικό διακομιστή Blynk τοπικά. Είναι ανοικτού τύπου κώδικας και μπορεί εύκολα να διαχειριστεί χιλιάδες συσκευές και μπορεί ακόμη να λειτουργήσει σε ένα Raspberry Pi.
- Οι βιβλιοθήκες Blynk (Libraries) για όλες τις δημοφιλείς πλατφόρμες υλικού και επιτρέπουν την επικοινωνία με το διακομιστή και επεξεργάζονται όλες τις εισερχόμενες και εξερχόμενες εντολές.[\[Πηγή\]](#)



Εικόνα 6.2: Αρχή λειτουργίας Blynk [\[πηγή\]](#)

## 6.4 Υλοποίηση της σύνδεσης

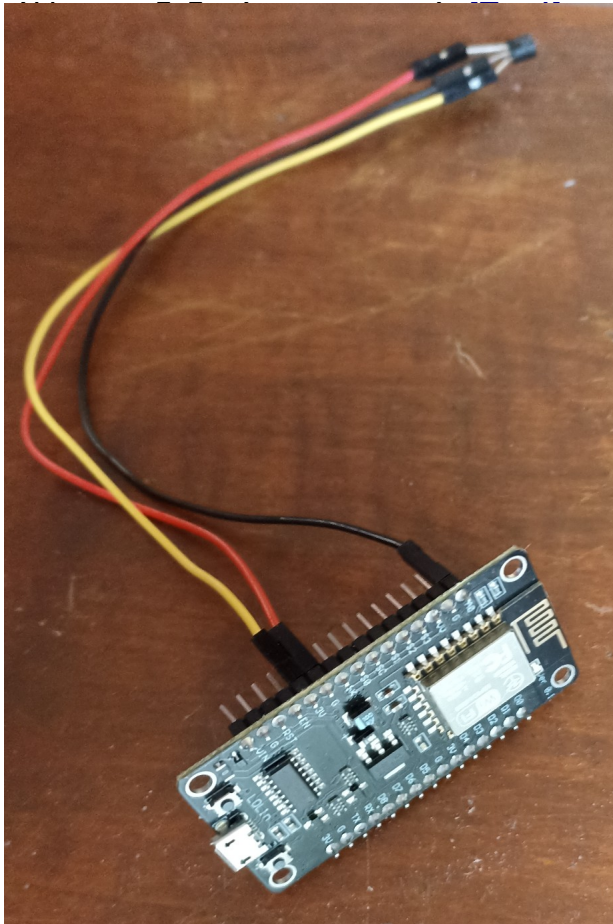
Στην παρούσα εργασία αποφασίσθηκε να γίνει διασύνδεση του ρομποτικού βραχίονα με το διαδίκτυο των πραγμάτων. Σκοπός είναι να υπάρχει ένας αισθητήρας ώστε να μετράει την θερμοκρασία περιβάλλοντος και εμείς να έχουμε την δυνατότητα να την βλέπουμε από οποιοδήποτε σημείο του κόσμου στον υπολογιστή μας ή στο κινητό μας μέσω της εφαρμογής Blynk. Ο χώρος εργασίας θα παρακολουθείται με τον αισθητήρα και τα πολύτιμα δεδομένα θα συλλέγονται και επεξεργάζονται με τη χρήση του Arduino και του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Αυτό το σύνολο δεδομένων θα επιτρέψει μια πιο φιλική εμπειρία για τον χρήστη και έναν καλό τρόπο για να κατανοήσει τι συμβαίνει κοντά στον ρομποτικό βραχίονα. Επιπλέον, η συλλογή αυτών των δεδομένων είναι σημαντική ακόμη και για την αντιμετώπιση πιθανών προβλημάτων που θα προκύψουν κατά την διάρκεια της εργασίας. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας θα τοποθετηθεί στην βάση του ρομπότ.

Για την επίτευξη αυτού το στόχου θα χρησιμοποιήσουμε έναν αισθητήρα θερμοκρασίας LM 35 που θα κάνει την μέτρηση της θερμοκρασίας και την πλακέτα ανάπτυξης NodeMCU ESP8266.



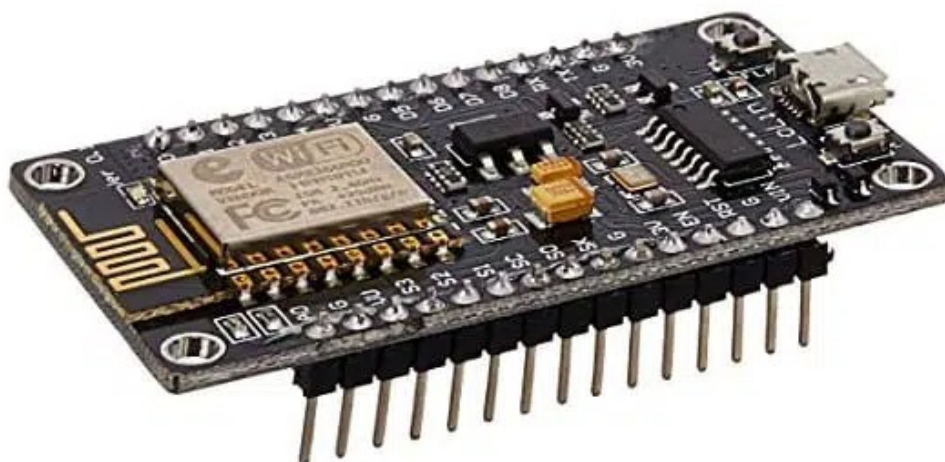
Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά (specifications) του NodeMCU ESP8266 περιλαμβάνουν:

- Επεξεργαστής (Processor): ESP8266EX, μια ενσωματωμένη μονάδα επεξεργασίας WiFi.
- Τάση Λειτουργίας (Operating Voltage): 3.3V
- Διαστάσεις (Dimensions): Περίπου 49 x 24 mm.
- Ενσωματωμένη Μνήμη (Flash Memory): 4 MB.
- Ασύρματη Συνδεσιμότητα (Wireless Connectivity): Wi-Fi 802.11 b/g/n.
- Τροφοδοσία (Power Supply): Μπορεί να τροφοδοτηθεί με τάση 3.3V.
- Ταχύτητα Επεξεργασίας (Processing Speed): 80 MHz.
- Θύρες USB: Υποστήριξη για σύνδεση μέσω micro USB.
- Λειτουργικότητα IoT: Είναι ιδανικό για εφαρμογές που σχετίζονται με το Internet of Things, όπως αισθητήρες, έλεγχος συσκευών, απομακρυσμένη παρακολούθηση και



Εικόνα 6.4: Σύνδεση LM35 με NodeMcu  
[Φωτογραφία]





Εικόνα 6.5: Το NodeMCU ESP8266 με τον LM35. [\[Πηγή\]](#)

## 6.5 Ηλεκτρονική διασύνδεση και κώδικας

Το σχηματικό διάγραμμα μας δείχνει πως γίνεται η φυσική σύνδεση των εξαρτημάτων μας. Η φυσική σύνδεση έγινε με καλώδια, αρσενικά/θηλυκά(jumper wires). Για να εμφανιστούν τα δεδομένα που καταγράφονται από τον αισθητήρα, απαιτείται μια ψηφιακή σύνδεση που μπορεί να επιτευχθεί με την βοήθεια κώδικα και προγραμμάτων. Για την ψηφιακή σύνδεση λοιπόν, το περιβάλλον ανάπτυξης Arduino IDE ήταν το κύριο εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε σε αυτό το βήμα για να συντάξει και να ανεβάσει τους κώδικες και τις βιβλιοθήκες στο Nodemcu esp8266 μέσω ενός καλωδίου USB που συνδέθηκε ανάμεσα στον υπολογιστή και την πλακέτα.

Η έρευνα στο διαδίκτυο για παρόμοια παραδείγματα κώδικα ήταν κρίσιμη και απαραίτητη για την εύρεση του κατάλλου κώδικα για το έργο. Ο τελικός κώδικας έχει μια σαφή και εύκολα κατανοητή δομή και παρέχει επίσης ενδείξεις και σχόλια που έχουν γραφεί μέσα στον κώδικα.

Το Blynk διαθέτει τη δική του βιβλιοθήκη για το λογισμικό του Arduino IDE και τις απαραίτητες γραμμές κώδικα για να διασφαλίσει τη σύνδεση με τους διακομιστές τους. Για να συνδεθούμε στην πλατφόρμα Blynk, απαιτείται ένα WiFi hotspot ή μια ενεργή σύνδεση στο διαδίκτυο, και οι διαπιστεύσεις της σύνδεσης στο διαδίκτυο θα γράφονται στην κατάλληλη γραμμή κώδικα.

Για να αρχίσουμε να χρησιμοποιούμε το Blynk, είναι υποχρεωτικό να εγγραφούμε στην σελίδα του Blynk και αν θέλουμε να συνδεθούμε με το κινητό να κατεβάσουμε την εφαρμογή. Μετά την κατανόηση της γενικής ιδέας του IoT και πώς λειτουργεί όλη η διαδικασία με το Blynk, μένει μόνο να διασφαλίσουμε τη σύνδεση μεταξύ του αισθητήρα μας που είναι συνδεδεμένος στην πλατφόρμα NodeMCU ESP8266 με τους διακομιστές του Blynk.

```

lm35_nodemcu_final.ino
1  #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL4eSmTd2gX"
2  #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "lm35 nodemcu"
3  #define BLYNK_AUTH_TOKEN "fW0_zR00r-8B6hQrHnGoxpVDyRorFkmd"
4
5
6  #include <ESP8266WiFi.h> // βιβλιοθήκες για την υλοποίηση της επικοινωνίας με το ESP8266 WiFi και την Blynk.
7  #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
8
9  char auth[] = "xxxxxx";
10 char ssid[] = "xxxxxx";
11 char pass[] = "xxxxxx";
12 #define PIN_UPTIME V1
13
14 BLYNK_READ(V1)
15 {
16   Blynk.virtualWrite(V1, millis() / 1000);
17 }
18
19 BlynkTimer timer;
20
21 void myTimerEvent()
22 {
23   int analogValue = analogRead(A0); //reading the sensor on A0, lm35 is connected to pin A0 on NodeMcu
24   int millivolts = (analogValue/1024.0) * 3300; //3300 is the voltage provided by NodeMCU
25   int temperatureC = millivolts/10;
26   Blynk.virtualWrite(V1, temperatureC); //send the value to blynk application
27 }
28
29 void setup()
30 {
31   Serial.begin(115200);
32   Blynk.begin(auth, ssid, pass);
33   timer.setInterval(1000L, myTimerEvent);
34 }
35
36 void loop()
37 {
38   Blynk.run();
39   timer.run(); // Initiates BlynkTimer
40 }
41

```

Εικόνα 6.6: Ο κώδικας όπως φαίνεται στο περιβάλλον του Arduino IDE. [\[Πηγή\]](#)

Το αρχικό βήμα που πρέπει να κάνουμε είναι να ενσωματώσουμε στο NodeMCU ESP8266 τον απαραίτητο κώδικα για να διασφαλίσουμε τη σύνδεση στους διακομιστές του Blynk. Μόλις κατεβάσουμε τη βιβλιοθήκη IDE στον υπολογιστή μας, θα δούμε εύκολα πώς να διασφαλίσουμε τη σύνδεση. Παρακάτω ακολουθεί επεξήγηση του κώδικα που χρησιμοποιεί και την βιβλιοθήκη Blynk library.

## 1.

```

1  #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL4eSmTd2gX"
2  #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "lm35 nodemcu"
3  #define BLYNK_AUTH_TOKEN "fW0_zR00r-8B6hQrHnGoxpVDyRorFkmd"
4

```

Εικόνα 6.7: μέρος του κώδικα όπως φαίνεται στο περιβάλλον του Arduino IDE. [\[Πηγή\]](#)

Μεταβλητές που χρησιμοποιούμε στο πλαίσιο της πλατφόρμας Blynk για να συνδεθούμε και να επικοινωνήσουμε με συσκευές IoT.

- BLYNK\_TEMPLATE\_ID: Αυτό το πεδίο περιλαμβάνει το αναγνωριστικό προτύπου (template ID) του Blynk. Ένα πρότυπο (template) είναι ένα προκαθορισμένο σύνολο widget, που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για τη δημιουργία γρήγορων εφαρμογών IoT.
- BLYNK\_TEMPLATE\_NAME: Αυτό το πεδίο περιέχει το όνομα του προτύπου που χρησιμοποιείται. Είναι προαιρετικό και χρησιμοποιείται για να περιγράψουμε τον σκοπό ή τη λειτουργία του προτύπου.
- BLYNK\_AUTH\_TOKEN: Αυτό το πεδίο περιέχει το ταυτοποιητικό εξουσιοδότησης (auth token) του Blynk. Το ταυτοποιητικό αυτό χρησιμοποιείται για να αναγνωριστεί και να συνδεθεί με την πλατφόρμα Blynk και να επικοινωνήσει με τις συσκευές IoT.
- Συνολικά, ο κώδικας χρησιμοποιεί αυτές τις μεταβλητές για να επιτρέψει τη σύνδεση και την επικοινωνία με το Blynk και τις συσκευές σας IoT.

## 2.

```
6 #include <ESP8266WiFi.h>
7 #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
```

Εικόνα 6.8: μέρος του κώδικα όπως φαίνεται στο περιβάλλον του Arduino IDE. [\[Πηγή\]](#)

Ορισμός των απαραίτητων βιβλιοθηκών. Σε αυτό το μέρος του κώδικα, εισάγονται οι απαιτούμενες βιβλιοθήκες για την επικοινωνία με το WiFi του NodeMCU και την πλατφόρμα Blynk.

## 3.

```
9 char auth[] = "xxxxxx";
10 char ssid[] = "xxxxxx";
11 char pass[] = "xxxxxx";
```

Εικόνα 6.9: μέρος του κώδικα όπως φαίνεται στο περιβάλλον του Arduino IDE. [\[Πηγή\]](#)

Ορισμός των μεταβλητών και των παραμέτρων σύνδεσης. Σε αυτό το μέρος του κώδικα, ορίζονται οι μεταβλητές που απαιτούνται για την πιστοποίηση και τη σύνδεση με το WiFi δίκτυο δηλαδή το username και το password, καθώς και το ταυτοποιητικό εξουσιοδότησης(auth=Authentication Token) για τη σύνδεση με την εφαρμογή Blynk.

## 4.

```
12 #define PIN_UPTIME V1
```

Εικόνα 6.10: μέρος του κώδικα όπως φαίνεται στο περιβάλλον του Arduino IDE. [\[Πηγή\]](#)

Καθορισμός ενός εικονικού αναλογικού pin V1 για το Blynk για την εμφάνιση του χρόνου λειτουργίας (uptime):

## 5.

```
14 BLYNK_READ(V1)
15 {
16   Blynk.virtualWrite(V1, millis() / 1000);
17 }
```

Εικόνα 6.11: μέρος του κώδικα όπως φαίνεται στο περιβάλλον του Arduino IDE. [\[Πηγή\]](#)

Ορισμός μιας συνάρτησης BLYNK\_READ για την ανάγνωση της διάρκειας λειτουργίας (uptime) και την εκτέλεση της κάθε δευτερόλεπτο. Η συνάρτηση BLYNK\_READ(V1) χρησιμοποιείται για να εμφανίσει τον χρόνο λειτουργίας της συσκευής στην εφαρμογή Blynk.

6.

```

20
21 void myTimerEvent()
22 {
23   int analogValue = analogRead(A0);
24   int millivolts = (analogValue/1024.0) * 3300;
25   int temperatureC = millivolts/10;
26   Blynk.virtualWrite(V1, temperatureC);
27 }
28

```

Εικόνα 6.12: μέρος του κώδικα όπως φαίνεται στο περιβάλλον του Arduino IDE. [\[Πηγή\]](#)

Η συνάρτηση myTimerEvent() χρησιμοποιείται για να διαβάζει την τιμή της θερμοκρασίας από τον αισθητήρα και να την αποστέλλει στην εφαρμογή Blynk κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Η τιμή που λαμβάνει είναι αναλογική τιμή και είναι συνδεδεμένη με το αναλογικό pin του NodeMCU.

7.

```

29 void setup()
30 {
31   Serial.begin(115200);
32   Blynk.begin(auth, ssid, pass);
33   timer.setInterval(1000L, myTimerEvent);
34 }
35

```

Εικόνα 6.13: μέρος του κώδικα όπως φαίνεται στο περιβάλλον του Arduino IDE. [\[Πηγή\]](#)

Αυτή η συνάρτηση χρησιμοποιείται για την αρχικοποίηση και την προετοιμασία του μικροελεγκτή πριν αρχίσει η κύρια λούπα εκτέλεσης. Εδώ, γίνεται η αρχικοποίηση της σειριακής επικοινωνίας με την εντολή Serial.begin(). Η σύνδεση με το δίκτυο WiFi γίνεται με την εντολή Blynk.begin(), παρέχοντας τα αναγνωριστικά του δικτύου (SSID και κωδικό πρόσβασης) καθώς και το αναγνωριστικό εφαρμογής του Blynk. Ορίζεται η συχνότητα επανάληψης της συνάρτησης myTimerEvent() με την εντολή timer.setInterval()

8.

```

35
36 void loop()
37 {
38   Blynk.run();
39   timer.run();
40 }
41

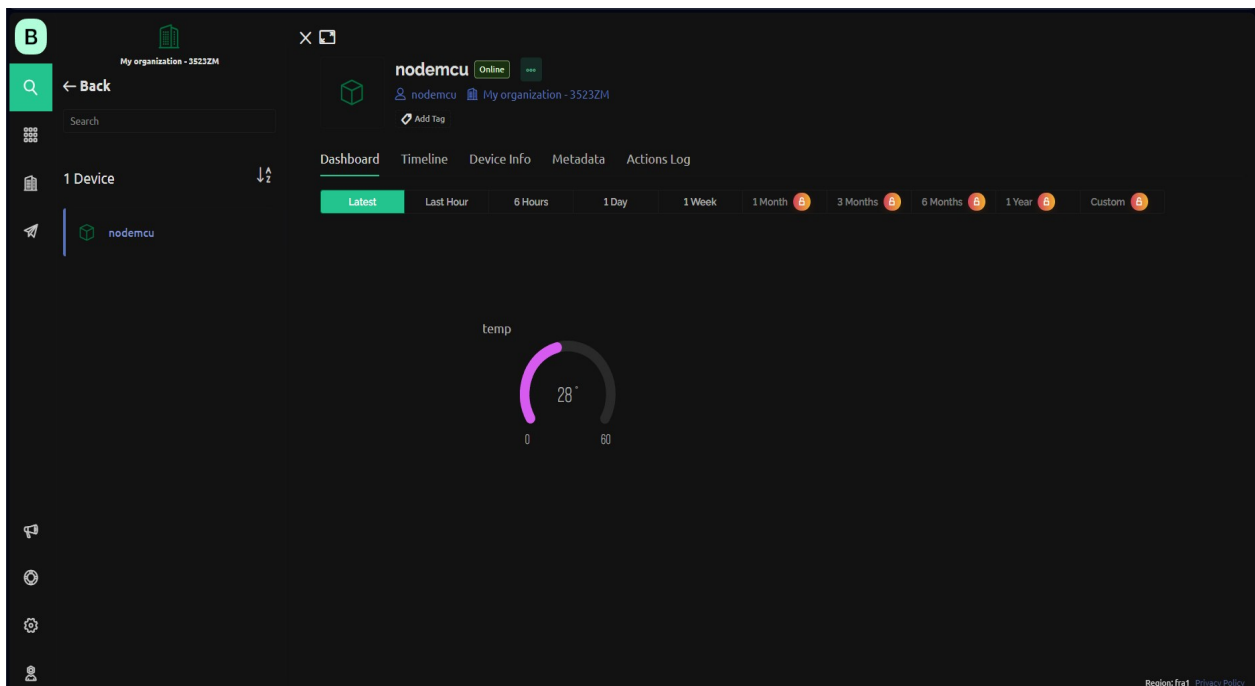
```

Εικόνα 6.14: μέρος του κώδικα όπως φαίνεται στο περιβάλλον του Arduino IDE. [\[Πηγή\]](#)

Αυτή η συνάρτηση είναι η κύρια λούπα εκτέλεσης του προγράμματος. Εδώ γίνεται η εκτέλεση της βασικής λειτουργίας του προγράμματος και η επικοινωνία με το Blynk cloud με την εντολή Blynk.run(). Επίσης, γίνεται η εκτέλεση της συνάρτησης timer.run() για την επανάληψη της εργασίας του χρονοδιακόπτη BlynkTimer.

## 6.6 Εκτέλεση του κώδικα

Συνδέοντας την πλακέτα του NodeMcu esp8266 στον υπολογιστή, δημιουργώντας το ασύρματο δίκτυο και τρέχοντας τον παραπάνω κώδικα, θα ενεργοποιηθεί η δυνατότητα του IoT (Internet of Things), έτσι στο κινητό τηλέφωνο και ο υπολογιστής θα εμφανίσουν στην οθόνη τους, μέσα από το Blynk, τις τιμές του αισθητήρα. Στο κινητό τηλέφωνο είναι απαραίτητο να κατεβάσουμε την εφαρμογή. Τέλος έγινε η επιλογή αυτού του συγκεκριμένου μετρητή (Gauge widget ) για να δείχνει την θερμοκρασία.



Εικόνα 6.15: Η θερμοκρασία όπως φαίνεται στο περιβάλλον εργασίας του blynk μέσα από την οθόνη του υπολογιστή.



Εικόνα 6.16: Η ένδειξη της θερμοκρασίας στην εφαρμογή του κινητού (blynk app).



## 6.7 Χρήση του βραχίονα

Η χρήση του βραχίονα και του αισθητήρα θερμοκρασίας μπορεί να είναι πολλαπλή και εξαρτάται από τις ανάγκες και τις απαιτήσεις του περιβάλλοντος στο οποίο θα εγκατασταθεί. Ο βραχίονας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ταξινομεί αντικείμενα με βάση τη θερμοκρασία τους ή την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Έτσι μπορεί να διαχωρίσει κρύα αντικείμενα από ζεστά αντικείμενα ή ανά κατηγορία θερμοκρασίας. Αυτή η δυνατότητα του βραχίονα μπορεί να είναι χρήσιμη σε πολλούς τομείς, όπως στην αυτοματοποίηση βιομηχανικών διεργασιών, στην επεξεργασία τροφίμων και στην ιατρική.

Στον τομέα της υγείας και συγκεκριμένα στα νοσοκομεία ο βραχίονας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αυτόματη αποστολή φαρμάκων και εξετάσεων σε ασθενείς, με βάση τις μετρήσεις θερμοκρασίας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για την αντιμετώπιση επείγουσας κατάστασης, όπως η αποτύπωση εικόνων θερμοκρασίας σε περιοχές που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή.

Ο βραχίονας μπορεί να είναι μια υποστήριξη σε χειρουργικές επεμβάσεις για την τοποθέτηση χειρουργικών εργαλείων ή την παρακολούθηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια μιας επέμβασης. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή της υπερθέρμανσης ή υποθέρμανσης των ευαίσθητων ιστών.

Μπορεί να βοηθήσει στην φροντίδα ασθενών για την τοποθέτηση ή αφαίρεση αντικειμένων από το πλευρικό τραπέζι του ασθενούς, όπως ποτήρια νερού ή σκεύη με φαγητό. Επίσης μπορεί να παρακολουθεί τη θερμοκρασία του ασθενούς ή των περιβαλλόντων όπου ο ασθενής βρίσκεται.

Ο βραχίονας μπορεί να συλλέγει και ταξινομεί δείγματα αίματος, ούρων, σάλιου και άλλων βιολογικών υγρών. Με τη βοήθεια του αισθητήρα θερμοκρασίας, μπορεί να διαχωρίσει δείγματα με διαφορετικές θερμοκρασίες για περαιτέρω ανάλυση. [\[Πηγή\]](#)

## 7.Κοστολόγιο των εξαρτημάτων

Πίνακας 7.1

1	<b>Arduino Uno r3</b>	1	30,20 €
2	<b>CNC Shield V3</b>	1	4,00 €
3	<b>Nodemcu esp8266</b>	1	5,40 €
4	<b>servo motor sg90</b>	1	3,50 €
5	<b>Stepper Motor - Nema 17</b>	3	66,30 €
6	<b>Anga Power Supply 12V-15A</b>	1	15,50 €
7	<b>A4988 Module Driver Stepper Motor Driver Board</b>	3	10,80 €
8	<b>LM 35 sensor Αισθητήρας Θερμοκρασίας</b>	1	2,30 €
9	<b>male female wires</b>	40	3,92 €
10	<b>male male jumber wires</b>	30	2,40 €
11	<b>crocodile wires</b>	6	1,20 €
12	<b>stepper motor cable</b>	3	0,00 €
13			
14			
15		Συνολική Τιμή	145,52 €

## 8. Συμπέρασμα


Σε αυτό το έργο, έπρεπε να βρεθεί ένα κατάλληλο μοντέλο ρομπότ στο διαδίκτυο, να εκτυπωθεί σε 3D εκτυπωτή, να συναρμολογηθεί, να γίνουν ορισμένες δομικές προσαρμογές, ώστε να μπορέσει να λειτουργεί και να είναι ενσωματωμένο με δυνατότητες IoT.

Επιλέχθηκε ένα κατάλληλο μοντέλο ρομπότ από το διαδίκτυο, το οποίο πληρούσε τις απαιτήσεις του έργου. Το σχέδιο κρίθηκε ενδιαφέρον ώστε να γίνει η κατασκευή του. Το μοντέλο του ρομπότ εκτυπώθηκε σε 3D εκτυπωτή και συναρμολογήθηκε. Η διαδικασία της εκτύπωσης απαίτησε πολύ χρόνο. Η συναρμολόγηση ήταν απαιτητική και ήθελε πλήθος εργαλείων.


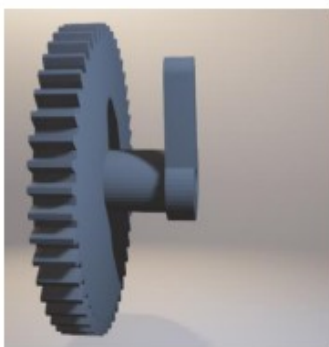
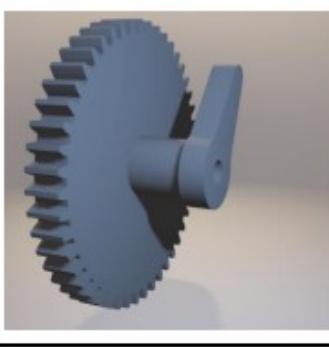
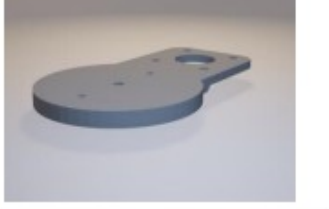
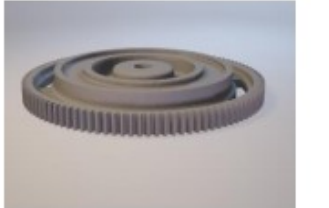
Η ενεργοποίηση δυνατοτήτων IoT στο ρομποτικό βραχίονα ήταν μια ενδιαφέρουσα ιδέα και μια πραγματική πρόκληση επιτρέποντας την παρακολούθηση και τον έλεγχο του απομακρυσμένα.

Υπάρχει συνολικά ικανοποίηση με το τελικό αποτέλεσμα του ρομποτικού βραχίονα, καθώς και με τη διαδικασία που οδήγησε εκεί. Η εργασία της κατασκευής του ρομποτικού βραχίονα φάνηκε μερικές φορές ότι είναι απαιτητική, καθώς υπήρχαν εκ μέρους μου περιορισμένες γνώσεις και εμπειρία στον τομέα. Συνάντησα προκλήσεις μέχρι την τελική κατασκευή του ρομπότ. Παρόλα αυτά ήταν ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα και αποκτήθηκαν πολλές γνώσεις εκ μέρους μου στην προσπάθεια υλοποίησής του.

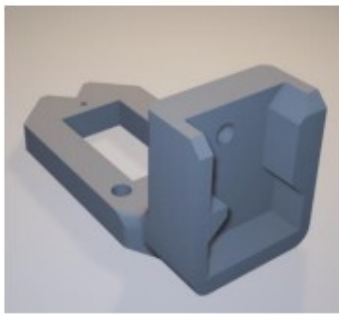




## 9. Εκτυπωμένα μέρη του ρομπότ

File name	File picture	File size
Base_Arm		421 kB
Base_Bearing_Ball		301 kB
Base_Bearing_Holder		122 kB
EBAmk2_002_mainarm		2.675 kB
CCR10_EBAmk2_006_horarm_plate		3.370 kB

Εικόνα9.1: Εκτυπωμένα μέρη [\[Πηγή\]](#)








gear1		89 kB
gear2		88 kB
left_gear		88 kB
Robot_Base_Low		262 kB
Robot_Base_Low_Gear		731 kB

Εικόνα9.2: Εκτυπωμένα μέρη [\[Πηγή\]](#)

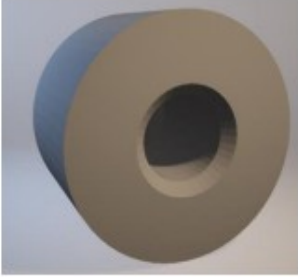

<p>EBAmk2_014_claw_base</p>		<p>348 kB</p>
<p>EBAmk2_015_claw_finger_dx</p>		<p>486 kB</p>
<p>EBAmk2_016_claw_gear_drive</p>		<p>142 kB</p>
<p>EBAmk2_017_claw_finger_sx</p>		<p>421 kB</p>
<p>EBAmk2_018_claw_gear_driven</p>		<p>122 kB</p>

Εικόνα 9.3: Εκτυπωμένα μέρη [\[Πηγή\]](#)



EBAmk2_003_varm		1.22 5 kB
EBAmk2_004_link135		800 kB
EBAmk2_005_link135angled		531 kB
EBAmk2_006_horarm__		3.42 6 kB
EBAmk2_007_trialink		2.81 5 kB
EBAmk2_008_link147_new		676 kB
EBAmk2_009_trialinkfront		1.33 2 kB

Εικόνα 9.4: Εκτυπωμένα μέρη [\[Πηγή\]](#)

screw_holder2	 A 3D rendered model of a cylindrical screw holder with a central hole and a smaller inner hole.	27 kB
Stepper_Gear	 A 3D rendered model of a gear with a central hole and a smaller inner hole.	90 kB

Εικόνα 9.5 Εκτυπωμένα μέρη [\[Πηγή\]](#)

## 10.Βιβλιογραφία

1. Christian Fron, Oliver Korn (2019), A Short History of the Perception of Robots and Automata from Antiquity to Modern Times Offenburg University of Applied Sciences, Offenburg, Germany, ISBN 978-3-030-17107-0
2. N. G. Hockstein · C. G. Gourin · R. A. Faust · D. J. Terris (2007) A history of robots: from science fiction to surgical robotics, Journal of Robotic Surgery 1 pp 113–118
3. Rahil Hussein Kassamali<sup>1</sup>, Bilal Ladak<sup>2</sup> (2015) The role of robotics in interventional radiology: current status, Quant Imaging Med Surg 5(3) pp: 340–343.
4. N. Shahrubudina, T.C. Leea,\*, R. Ramlan (2019) An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Application, Procedia Manufacturing 35 pp 1286-1296
5. Lakshmana Kumar Ramasamy and Seifedine Kadry (2021) Blockchain in the Industrial Internet of Things, IOP Publishing ISBN 978-0-7503-3663-5
6. Zhuang, Pei; Sun, Alfred Xuyang; An, Jia; Chua, Chee Kai; Chew, Sing Yian, Nanyang, (2018) 3D neural tissue models: from spheroids to bioprinting. Biomaterials, 154 pp 113-133
7. Olsen, J, Day, S, Dupan, S, Nazarpour, K & Dyson, M (2021), '3D-Printing and upper-limb prosthetic sockets: promises and pitfalls', IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, 29, pp. 527-535.