

Ενδυόμενο Σύστημα Καταγραφής Κίνησης Καρπού & Αντιβραχίου

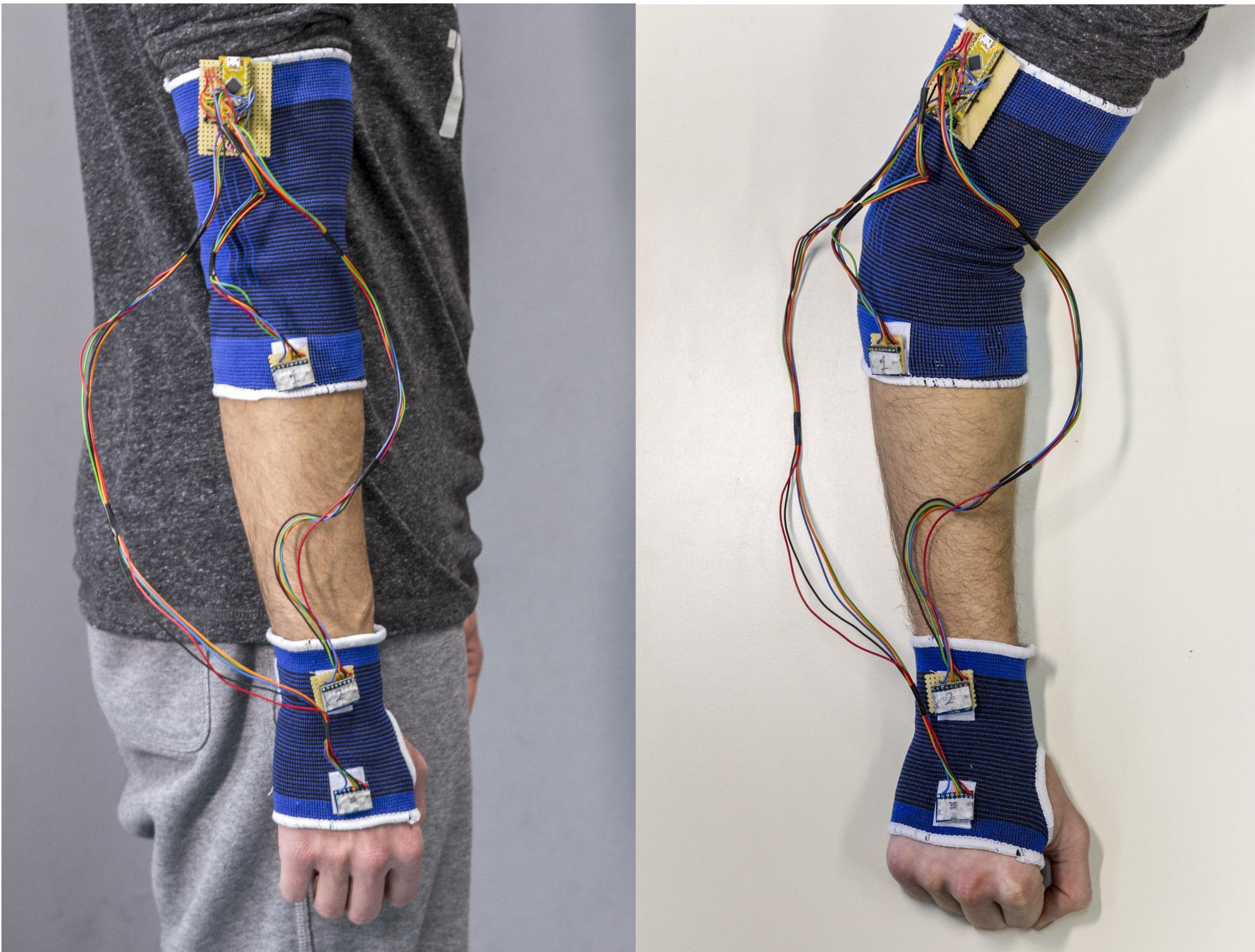
Καρακικές Μιχάλης

Αξία

Η αντικειμενική καταγραφή της ανθρώπινης κίνησης είναι πολύτιμη για εφαρμογές όπως εργονομικές μελέτες. Τα υπάρχοντα συστήματα έχουν ιδιαίτερα υψηλό κόστος ή παρεμποδίζουν την φυσική ανθρώπινη κινηματική συμπεριφορά. Προτείνεται μια εναλλακτική λύση, με αποδεκτή ακρίβεια κι επαναληψιμότητα, σε κλάσμα του κόστους, που αξιοποιεί την πρόοδο της τεχνολογίας των μικρο-ηλεκτρομηχανικών αισθητήρων.

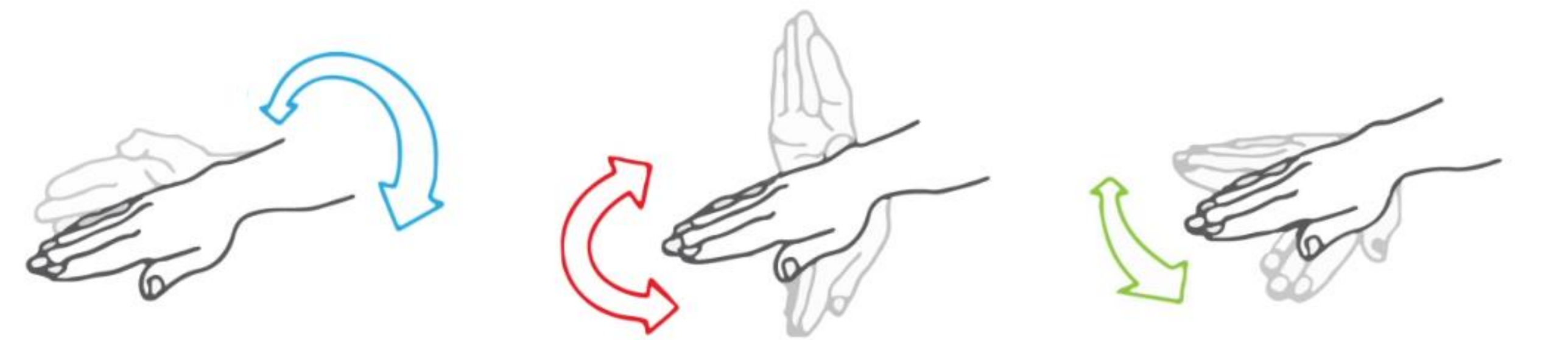
Πρωτότυπο

- Συνίσταται από:
- 3 αδρανειακούς αισθητήρες (IMUs)
 - 1 μικροεπεξεργαστή



Ενδύεται στο άνω άκρο και αποστέλλει σε Η/Υ, σε πραγματικό χρόνο, εκτίμηση για τις γωνιακές θέσεις των αρθρώσεων καρπού και αντιβραχίου. Οι βαθμοί ελευθερίας που καταγράφονται είναι:

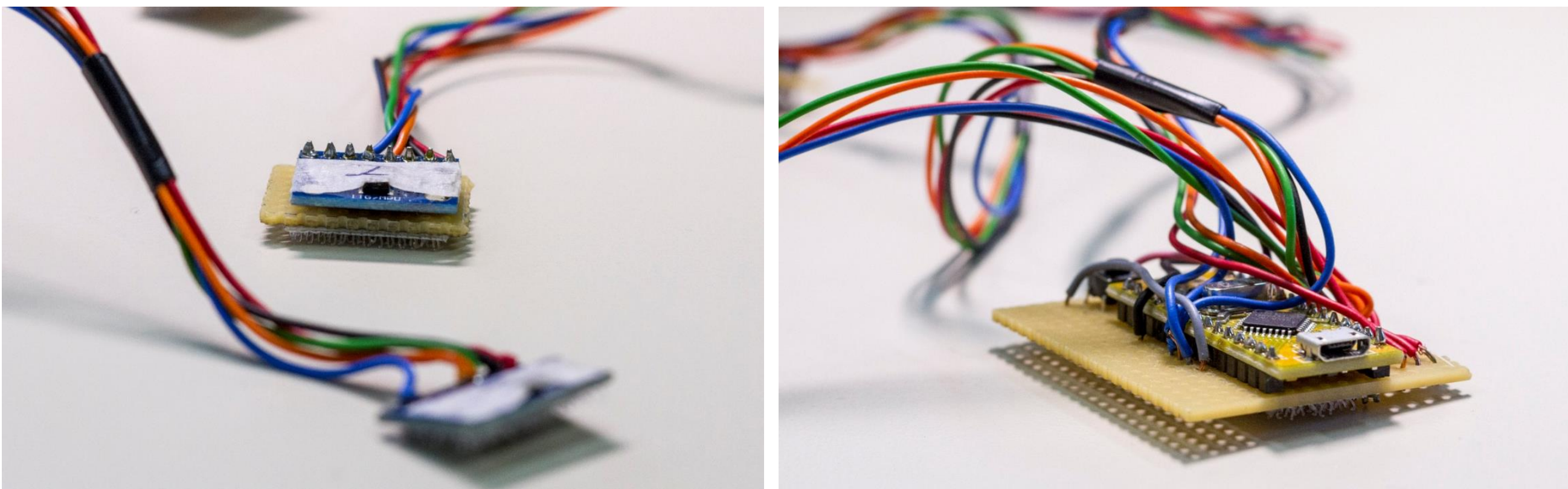
- Πρηνισμός/υπτιασμός αντιβραχίου
- Κάμψη/έκταση καρπού
- Κερκιδική/ωλένια απόκλιση καρπού



Θεωρητικά, είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν μόνο 2 IMUs για την εκτίμηση αυτών των τριών βαθμών ελευθερίας. Αυτή η λύση αποφεύχθηκε λόγω χαμηλής ακρίβειας, εξαιτίας μη μοντελοποιημένων φαινομένων όπως η μετατόπιση του δέρματος. Η ακριβής τοποθεσία των IMUs επηρεάζει σημαντικά την ακρίβεια των μετρήσεων.

Υπάρχει δυνατότητα επέκτασης των μετρούμενων βαθμών ελευθερίας σε ολόκληρο το άνω άκρο ή ακόμη και σε άλλες αρθρώσεις, με προσθήκη περισσότερων αισθητήρων σε κατάλληλα σημεία του σώματος.

Είναι απαραίτητη η *βαθμονόμηση* (calibration) των αισθητήρων, χρησιμοποιώντας κάποια γνωστή θέση αναφοράς. Χρησιμοποιήθηκε μια απλή ιδιοσυσκευή ευθυγράμμισης όλων των IMUs σε κοινό προσανατολισμό, πριν την ένδυση των αισθητήρων στον άνθρωπο.



Τεχνολογία

Ένας αδρανειακός αισθητήρας αποτελείται από συνδυασμό περισσότερων αισθητήρων: *γυροσκόπιο*, *επιταχυνσιόμετρο* και ενίοτε *μαγνητόμετρο* που μετρούν γωνιακής ταχύτητα, γραμμική επιτάχυνση και μαγνητικό πεδίο, αντίστοιχα. Με κατάλληλες ολοκληρώσεις και υπολογισμούς μπορεί να εκτιμηθεί η γωνιακή θέση του κάθε αισθητήρα.

Κάθε μεμονωμένος αισθητήρας παρουσιάζει αδυναμίες (συσσώρευση σφάλματος, θόρυβος, παρεμβολές, κ.α.). Ο συνδυασμός αυτών ωστόσο, αντισταθμίζει τα σφάλματα και μπορεί να παράγει ακριβείς μετρήσεις προσανατολισμού στο χώρο. Η συγχώνευση των δεδομένων γίνεται με χρήση αλγορίθμων όπως Kalman, Madgwick και complementary filters.

Χαρακτηριστικά συστήματος	
Επαναληψιμότητα	3°
Συχνότητα δειγματοληψίας	40Hz (επιλέγεται)
Επικοινωνία	IMU-(I ² C)-μικροεπεξεργαστής-(USB)-Η/Υ

Αλγόριθμος

Για την μαθηματική περιγραφή του προσανατολισμού προτιμήθηκε η μέθοδος των *μητρώων περιστροφής*, προς αποφυγή ιδιομορφιών.

Αλγόριθμοι που επιτρέπουν την εκτίμηση του προσανατολισμού ενός IMU στον χώρο είναι διαθέσιμοι στο διαδίκτυο. Υπολογίζοντας τη σχετική περιστροφή μεταξύ δυο αισθητήρων, μπορεί να εκτιμηθεί η γωνιακή θέση των ανθρώπινων αρθρώσεων που παρεμβάλλονται μεταξύ τους.

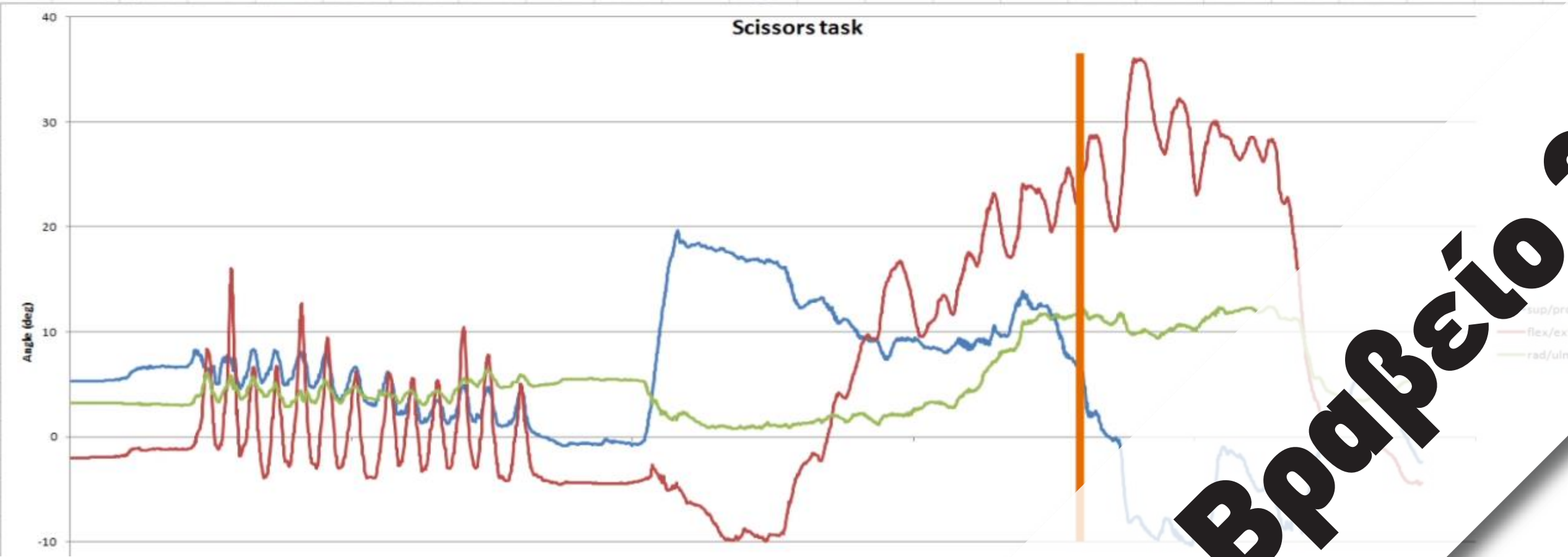
Ο υπολογισμός της σχετικής περιστροφής μεταξύ δυο IMUs (i, j), με γνωστό τον προσανατολισμό του καθενός, είναι δυνατόν να γίνει ως εξής, χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες των μητρώων περιστροφής (αφού εξασφαλιστεί κοινό σύστημα αναφοράς):

$${}^iR_j = {}^iR_0 {}^0R_j = ({}^0R_i)^{-1} {}^0R_j = ({}^0R_i)^T {}^0R_j$$

Η πληροφορία για τις γωνίες των αρθρώσεων μπορεί να εξαχθεί από αυτά τα μητρώα με εφαρμογή της μεθόδου της *αντίστροφης κινηματικής* στον ανθρώπινο βραχίονα. Η ορθή αλληλουχία των περιστροφών είναι: πρην./υπτ., κάμψη/έκταση, κερ./ωλ. απόκλιση

Εφαρμογή

Σύμφωνα με έρευνες στο πεδίο της εργονομίας, οι επαναλαμβανόμενες φορτίσεις του καρπού σε ακραίες γωνιακές θέσεις προκαλούν καταπόνηση κι αυξάνουν τον κίνδυνο εμφάνισης μυοσκελετικού συνδρόμου. Το αναπτυσχθέν σύστημα διευκολύνει τον προσδιορισμό των εργαλείων εκείνων που προκρίνουν την ασφαλέστερη θέση εργασίας του καρπού κατά τη χρήση. Η πληροφορία αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί στην διαδικασία σχεδιασμού εργαλείων χειρός. Άλλες εφαρμογές περιλαμβάνουν την αλληλεπίδραση με Η/Υ (εικονική πραγματικότητα, τηλεχειρισμός, κ.α.).



1^ο Βραβείο 2017

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ



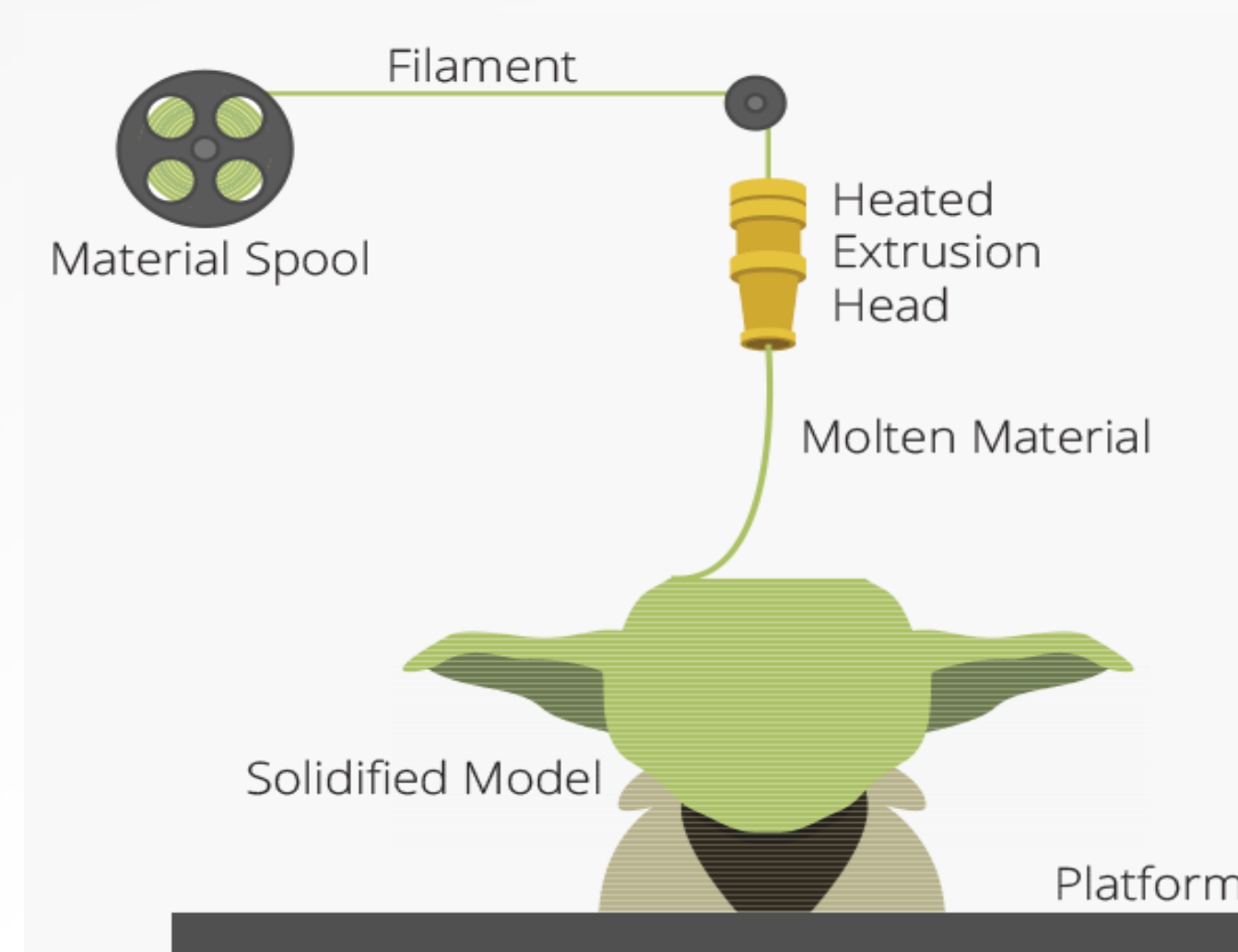
Ε.Μ.Π.

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

NTINE ANTI

Τρισδιάστατη Εκτύπωση – μια νέα επανάσταση

Η εργασία ασχολείται αποκλειστικά με τη μέθοδο Fused Deposition Modelling (FDM), μία από τις ευρύτερα χρησιμοποιούμενες τεχνικές εκτύπωσης 3D τεμαχίων (τμχ). Η μέθοδος βασίζεται στην τήξη και την επιλεκτική εναπόθεση νήματος θερμοπλαστικού υλικού (PLA) για το σχηματισμό των αλληπάλλληλων στρώσεων του τελικού αντικειμένου.



Το πρόβλημα

Οι κλασσικοί 3D printers παρουσιάζουν ορισμένα προβλήματα:

- Η εκτύπωση γίνεται με κίνηση μόνο τριών βαθμών ελευθερίας (B.E.).
 - Οι μηχανικές ιδιότητες στην διεύθυνση κάθετα στις στρώσεις είναι πιο υποβαθμισμένες σε σχέση με τις άλλες διευθύνσεις.
 - Δεν μπορούν κατασκευαστούν περίπλοκα τμχ δίχως χρήση στηριγμάτων.
 - Τα προς κατασκευήν τεμάχια δεν μπορούν να είναι μεγάλων διαστάσεων.
 - Η διαδικασία ευθυγράμμισης τραπεζιών εκτύπωσης είναι χρονοβόρα.
 - Δεν μπορούν να κατασκευαστούν τμχ εκτός της επιφάνειας εκτύπωσης.
- Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίζονται με πρωτότυπο ρομποτικό 3D printer.

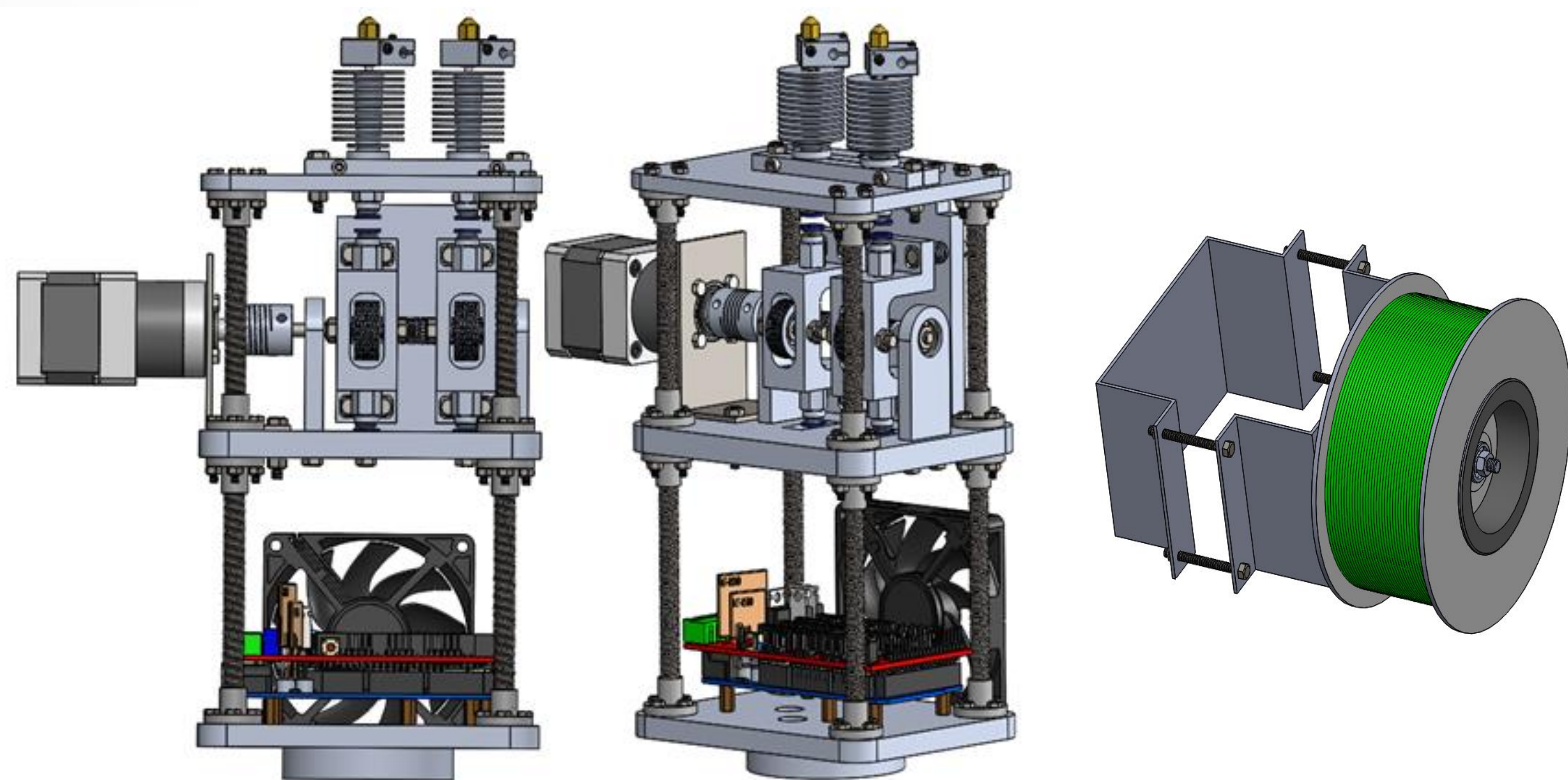
Ο Ρομποτικός Βραχίονας

Χρησιμοποιήθηκε το 6 B.E. ρομπότ Staubli RX90L με ελεγκτή CS7, ενώ ο προγραμματισμός του πραγματοποιήθηκε στη γλώσσα προγραμματισμού V+.



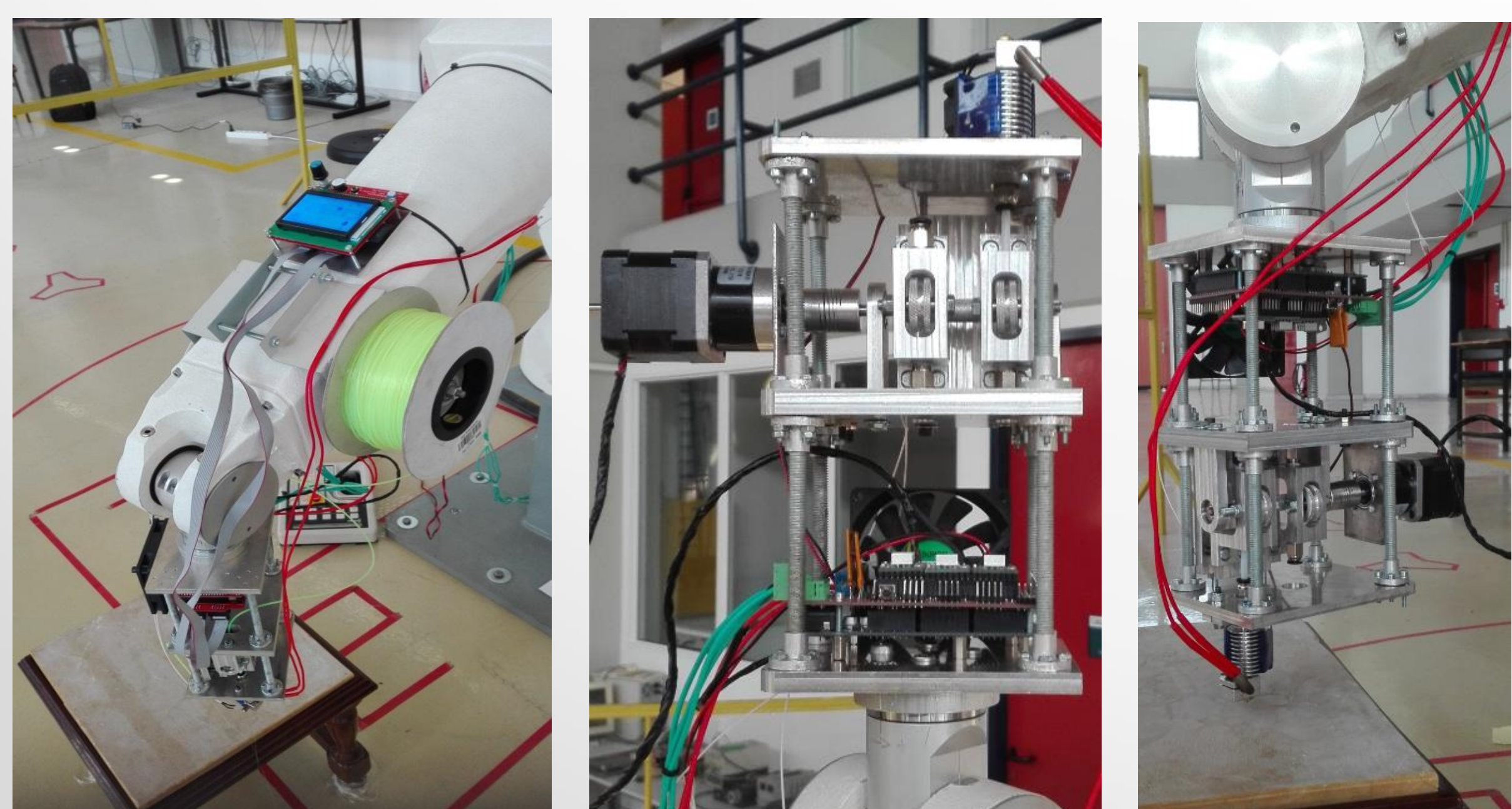
Πρωτότυπη κεφαλή 3D Printer

Όλα τα εξαρτήματα της κεφαλής σχεδιάστηκαν στο λογισμικό SolidWorks πλήρως παραμετρικά βάσει των απαιτήσεων: μάζα μικρότερη από 3,5kg και ελάχιστες εξωτερικές διαστάσεις. Η όλη κατασκευή σχεδιάστηκε σε τρία επίπεδα: 1° - ηλεκτρονικά στοιχεία, 2° - σύστημα εξώθησης υλικού, 3° - θερμαινόμενα ακροφύσια. Ο μηχανισμός τροφοδοσίας του νήματος στηρίζεται στον 3° σύνδεσμο του ρομπότ.



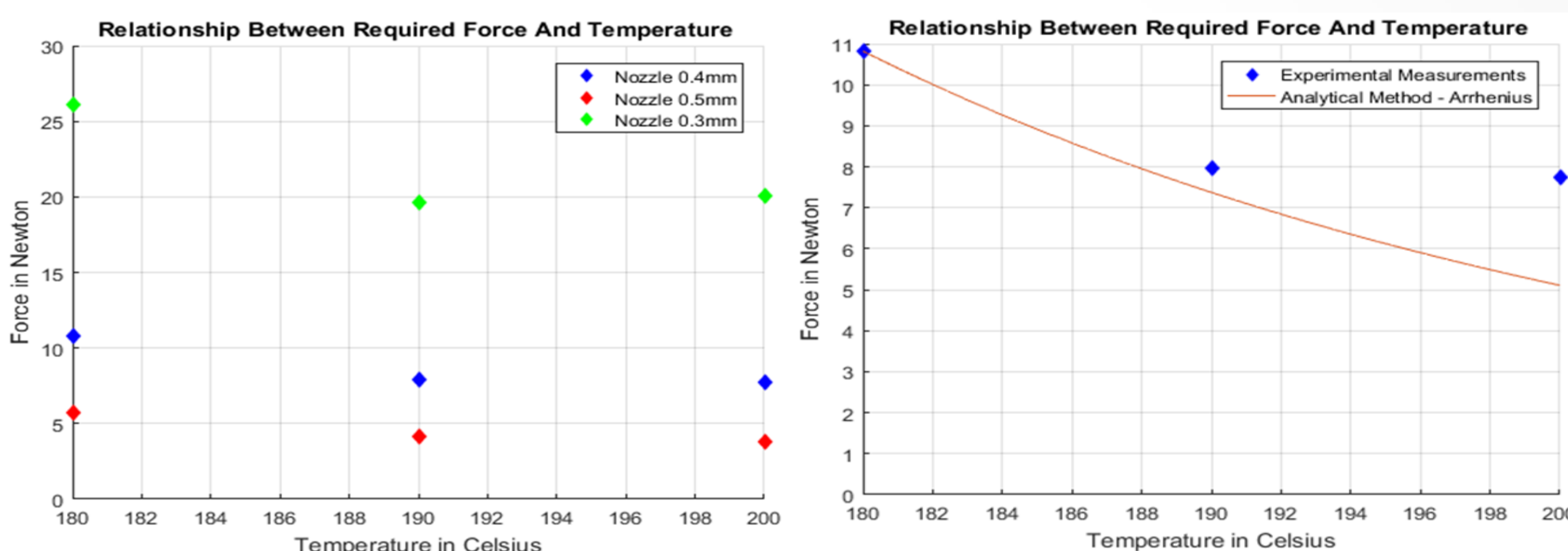
Κατασκευή εξαρτημάτων της κεφαλής 3D Printer

Συνολικά η κατασκευή αποτελείται από 217 εξαρτήματα. Τα περισσότερα εξαρτήματα κατασκευάστηκαν από αλουμίνιο σε φρέζα και τόρνο CNC Haas και χρειάστηκαν 5500 γραμμές G-code.



Υπολογισμός πτώσης πίεσης - δύναμης στο ακροφύσιο

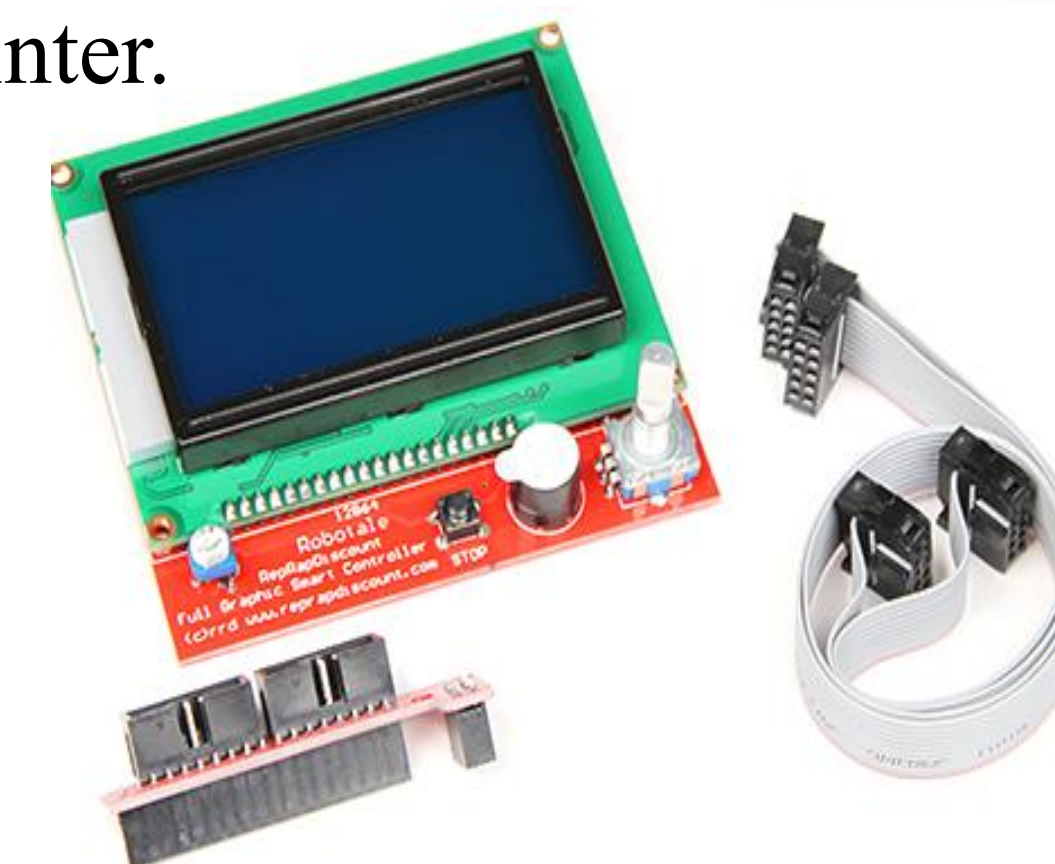
Για να υπάρχει ομοιόμορφη ροή, υπολογίστηκε η απαιτούμενη δύναμη για την αντιστάθμιση της πτώσης πίεσης στο ακροφύσιο. Αυτή υπολογίστηκε αναλυτικά συναρτήσεως της διαμέτρου του ακροφυσίου και της θερμοκρασίας λειτουργίας. Το ιξώδες περιγράφηκε με μοντέλο $power-law$ σε συνδυασμό με τη σχέση του Arrhenius. Κατά πρώτο, οι δείκτες συνοχής (K) και συμπεριφοράς (n) του ρευστού προέκυψαν με βάση τα διαγράμματα διατμητικών τάσεων – ρυθμού διάτμησης του PLA για θερμοκρασίες 180, 190 και 200 °C. Υπολογίστηκαν οι τιμές της ενέργειας ενεργοποίησης για χαμηλό και για υψηλό ρυθμό διάτμησης με βάση τα διαγράμματα λογαριθμικού ιξώδους - αντίστροφης θερμοκρασίας. Κατά δεύτερο, εφαρμόστηκε αναλυτική μέθοδος για εύρεση του ίδιου διαγράμματος υπολογίζοντας τους όρους (K , n) για διαφορετικές θερμοκρασίες χρησιμοποιώντας το νόμο του Arrhenius ή την εξίσωση WLF (Williams, Landel, and Ferry) και ως δεδομένο το ιξώδες για θερμοκρασία T_0 (180°C).



Προγραμματισμός και έλεγχος 3D Printer

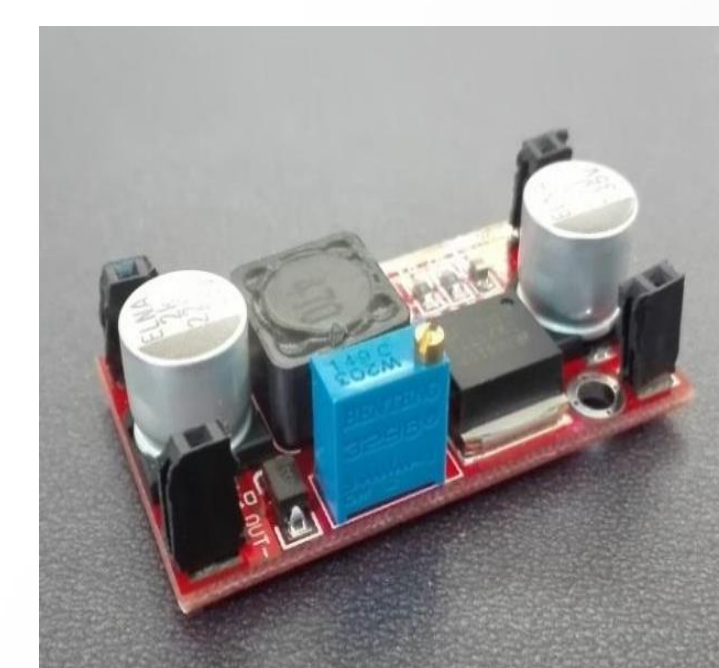
Για τη λειτουργία του 3D printer, χρησιμοποιήθηκε μικροεπεξεργαστής Arduino Mega 2560 με Marlin Firmware και κατάλληλη παραμετροποίηση ώστε να είναι συμβατό με το συγκεκριμένο 3D printer.

Για τον έλεγχο του 3D printer, συνδέθηκε οθόνη LCD χειρισμού στην οποία έχει ενσωματωθεί ένας περιστροφικός κωδικοποιητής θέσης και μια υποδοχή κάρτας μνήμης. Έτσι, δεν είναι πλέον αναγκαία η χρήση υπολογιστή, αλλά αρκούν οι εντολές είτε από το αρχείο στην κάρτα μνήμης SD, είτε μέσω του encoder.

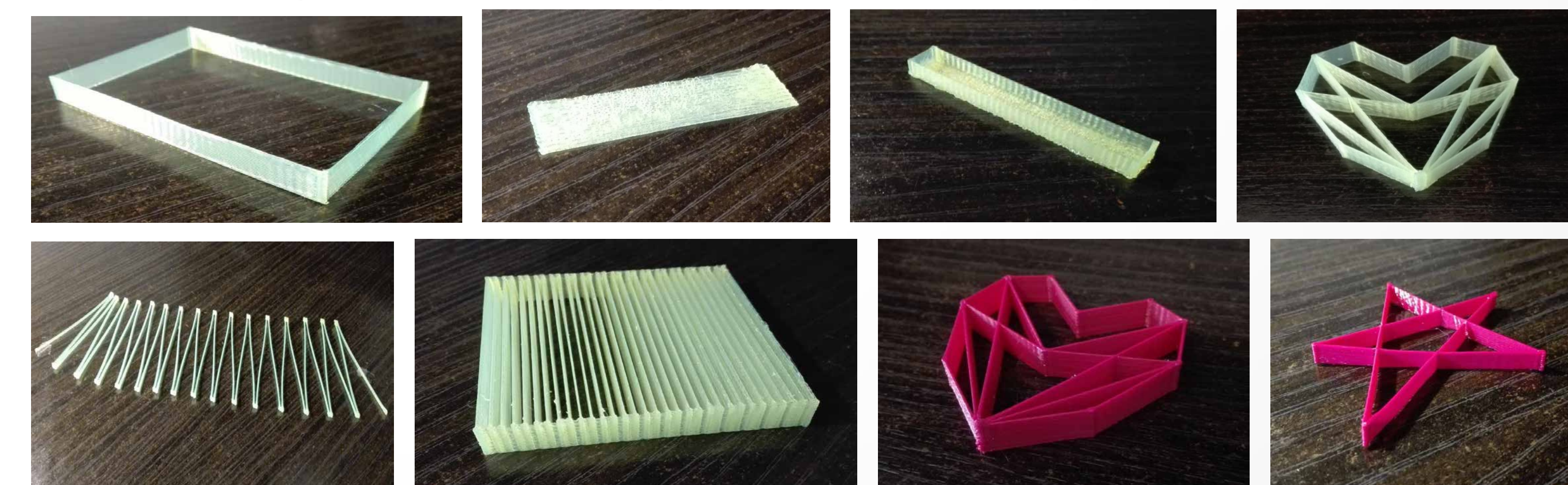


Επικοινωνία 3D Printer – ρομποτικού βραχίονα

Για τον συγχρονισμό του 3D Printer με το ρομπότ χρησιμοποιήθηκαν οι είσοδοι υψηλής ταχύτητας του ελεγκτή του ρομπότ, τάσης 24V. Έτσι, μόλις ο 3D printer είναι έτοιμος για εκτύπωση, στέλνει σήματα 12Volts σε ένα Step – Up Module, ρυθμιστής τάσης τα μετατρέπει σε 24V και τα μεταβιβάζει στον ελεγκτή του ρομπότ.



Αποτελέσματα: Αντικείμενα Εκτύπωσης



- Μέσος Όρος Σφαλμάτων Μήκους: **0,945%**
- Μέσος Όρος Σφαλμάτων Πλάτους: **2%**
- Μέσος Όρος Σφαλμάτων Ύψους: **3,13%**

Συμπεράσματα: Καινοτομίες Ρομποτικού 3D Printer

- ✓ Δυνατότητα εκτύπωσης σε μη επίπεδες επιφάνειες.
- ✓ Δυνατότητα εκτύπωσης τρισδιάστατων αντικειμένων πολύ μεγάλων διαστάσεων σε σχέση με τους συμβατούς 3D printers.
- ✓ Μείωση χρήσης στηριγμάτων για πολύπλοκες γεωμετρίες με συνέπεια να μειωθεί δραστικά ο χρόνος εκτύπωσης λόγω των 6 B.E. του ρομπότ.
- ✓ Δυνατότητα τοποθέτησης στρώσεων σε διαφορετικές διευθύνσεις και προσανατολισμούς μεταξύ τους και άρα αύξηση της αντοχής των τεμαχίων.
- ✓ Δυνατότητα εκτύπωσης με 2 ανεξάρτητα συστήματα ακροφυσίων.

2^ο Βραβείο 2017