

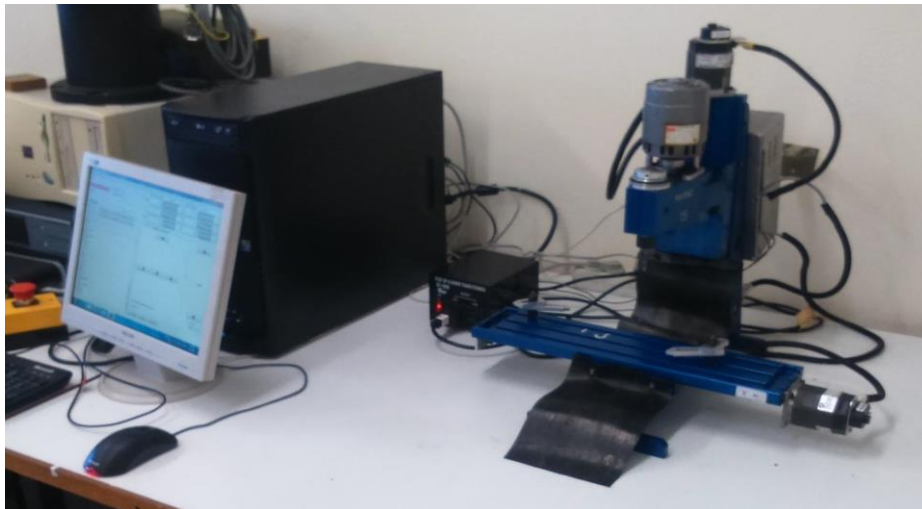
**ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Ανακατασκευή Φρέζας με Εφαρμογή Μικροελεγκτή”



ΟΝΟΜΑΤΑ ΦΟΙΤΗΤΩΝ:

ΑΓΓΕΛΗΣ ΠΑΥΛΟΣ

ΑΜΠΤΕΛ ΜΕΣΙΧ ΘΕΟΦΑΝΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2016

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανακατασκευή Φρέζας με Εφαρμογή Μικροελεγκτή

ΘΕΟΦΑΝΗΣ ΑΜΠΤΕΛ ΜΕΣΙΧ

A.M: 41892

ΠΑΥΛΟΣ ΑΓΓΕΛΗΣ

A.M: 41873

Επιβλέποντες: ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ , ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

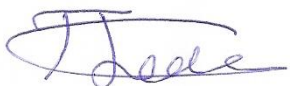
Ο / Η κάτωθι υπογεγραμμένος / η Αγγελής Παύλος,
του Αθήναιων, με αριθμό μητρώου 41073 φοιτητής / τριτα του
Τμήματος **Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε.** του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την
εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του
συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και
πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται
αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη
αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα
του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος
φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα
του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η
Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασης της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του
αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα
καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός
ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα
προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ο Δηλών



Ημερομηνία

28/01/2016

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/Η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Αλκίβητ Μελίχ Ρεγούλι - Θεοφάνης
του Νάγκι, με αριθμό μητρώου 41892 φοιτητής / ~~τρια~~ του
Τμήματος **Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε.** του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την
εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του
συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και
πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται
αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη
αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα
του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος
φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα
του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η
Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασής της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του
αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα
καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός
ημερολογιακού βμήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα
προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ο Δηλών

Ημερομηνία

28/1/2016

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή παρουσιάζεται η μέθοδος ανακατασκευής μιας παλιάς CNC (Computerized Numerical Control) φρέζας με τη χρήση μικροελεγκτή Arduino Uno. Ο σκοπός της εργασίας μας είναι η εκπαιδευτική χρήση της, ώστε οι φοιτητές του τμήματος Αυτοματισμού να έχουν την ευκαιρία να δούνε στη πράξη τη λειτουργία μιας CNC μηχανής. Καθώς και να εξοικειωθούν με το περιβάλλον προσομοίωσης το οποίο διαθέτουμε. Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήσαμε για το κατασκευαστικό μέρος είναι ένα Arduino uno, τρία ολοκληρωμένα κυκλώματα A4988 ,τους υπάρχοντες βηματικούς κινητήρες και ένα CNC Shield. Τα βήματα που ακολουθήσαμε είναι, αρχικά, η αφαίρεση του παλιού ελεγκτή που υπήρχε, δεύτερον, η αντικατάστασή του με τον καινούργιο μικροελεγκτή που κατασκευάσαμε και, τέλος, η εύρεση ενός περιβάλλοντος για την εύκολη επικοινωνία του χρήστη με την εργαλειομηχανή. Η επικοινωνία επιτυγχάνεται μέσω των ολοκληρωμένων A4988 των οποίων ο σκοπός είναι η μετατροπή του κώδικα που φορτώνουμε στον Arduino σε παλμούς, ώστε η σερβοκινητήρες της φρέζας να μπορούν να τον «αναγνωρίσουν». Το κύκλωμα που χρειάζεται για να συνδέσουμε τον Arduino Uno με τα ολοκληρωμένα είναι έτοιμο από το CNC Shield. Το περιβάλλον που έχουμε στη διάθεσή μας και στο οποίο γράφουμε τις εντολές είναι το “Grbl Controller”.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους, κ. Μιχάλη Παπουτσιδάκη, κ. Αβραάμ Χατζόπουλο, κ. Γεώργιο Χαμηλοθώρη, Δημήτριο Κόικα, για την συνεργασία και την πολύτιμη συμβολή του στην ολοκλήρωσή της.

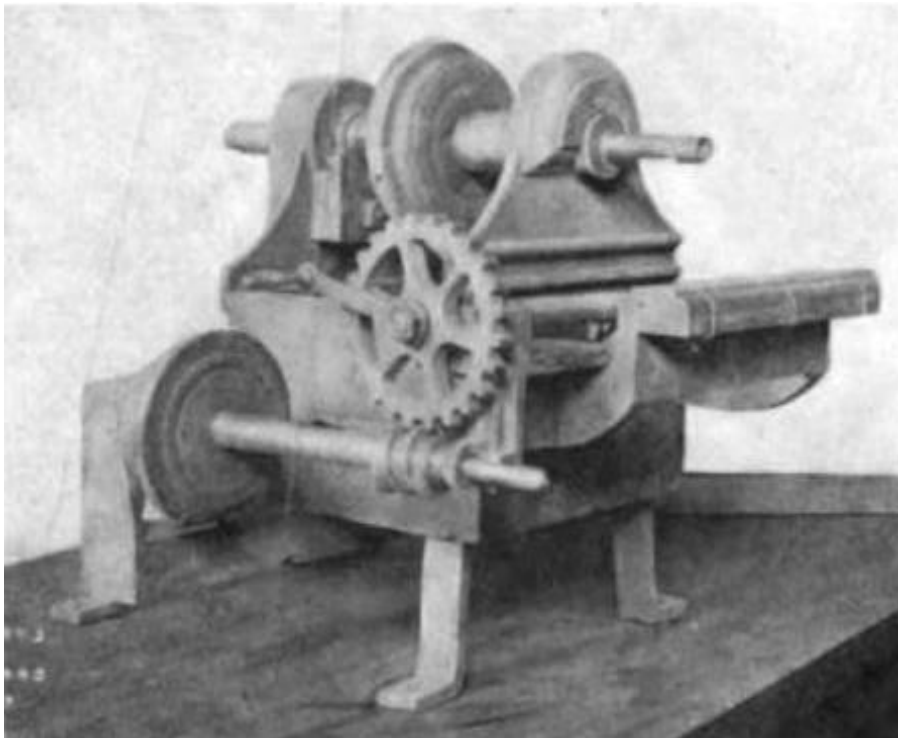
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Ιστορική Αναδρομή.....	6
2. Κατασκευή.....	11
2.1 Εξαρτήματα και μέλη της κατασκευής.....	11
2.1.1 CNC Φρέζα.....	12
2.1.2 Κινητήρες.....	14
2.1.3 Ολοκληρωμένο κύκλωμα A4988.....	15
2.1.4 Μικροελεγκτής Arduino Uno.....	17
2.1.5 Πλακέτα CNC Shield.....	20
2.1.6 Τροφοδοτικό και Κουμπί Έκτακτης Ανάγκης.....	22
2.2 Λογισμικό και G-Codes.....	24
2.2.1 XLoader.....	24
2.2.2 GRBL Λογισμικό.....	25
2.2.3 G-Code.....	28
2.3 Διαδικασία ανακατασκευής.....	39
3. Μελλοντική έρευνα.....	49
Βιβλιογραφία.....	52

1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

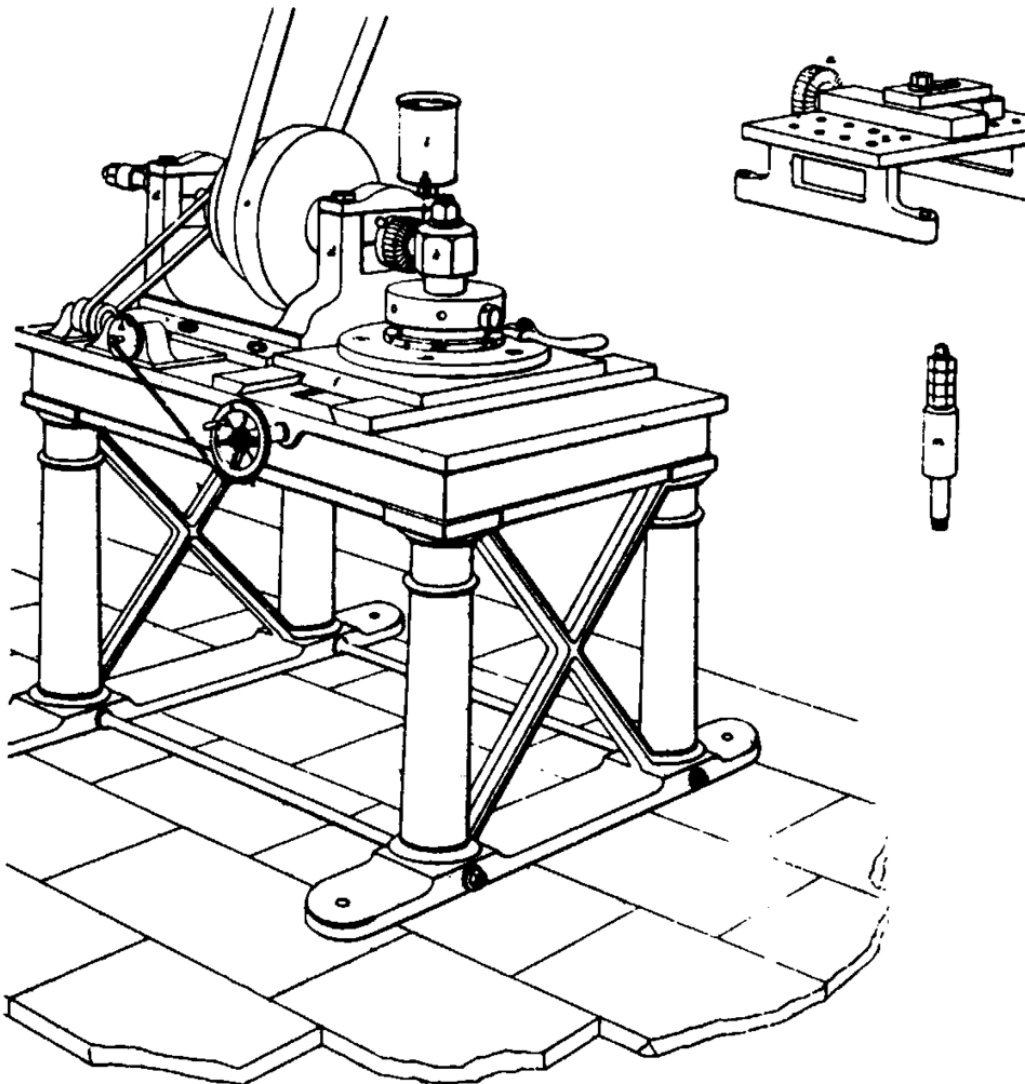
Η κοπή με τη μέθοδο CNC είναι η κατεργασία υλικού χρησιμοποιώντας περιστροφικά κοπτικά για την αφαίρεση υλικού από το κατεργαζόμενο τεμάχιο, η κοπή γίνεται ακολουθώντας μια διαδρομή πάνω στο υλικό. Καλύπτει μια ευρεία ποικιλία από διαφορετικές λειτουργίες και μηχανήματα, στις κλίμακες από μικρές επιμέρους τμήματα σε μεγάλες, όπως βαρέως τύπου εργασίες φρεζαρίσματος. Είναι μια από τις συνηθέστερες χρησιμοποιούμενες διεργασίες στη βιομηχανία και μηχανουργεία σήμερα για την κατεργασία εξαρτημάτων σε ακριβή μεγέθη και σχήματα.

Οι πρώτες φρέζες συναντούνται πίσω στο 1810 με 1830. Οι φρέζες εξελίχτηκαν από την εξάσκηση του να χρησιμοποιείται ένα κυκλικό κοπτικό με αιχμηρές άκρες στην κεφαλή ενός τόννου. Το φρεζάρισμα εξελίχτηκε ώστε να μειωθεί ο χρόνος αλλά και ο κόπος που δίνουμε για να γίνει χειροποίητα. Στην ιστορία της ανάπτυξης της εργαλειομηχανής φρέζας υπάρχουν αρκετά κενά διότι η αρχική ανάπτυξη έγινε σε μικρά μαγαζιά όπου δεν κρατήθηκαν αρχεία. Η βασική εξέλιξη της φρέζας όπως την ξέρουμε ξεκίνησε από δύο Αμερικάνους που ήταν στο ομοσπονδιακό οπλοστάσιο, τους Springfield και Harpers Ferry. Αργότερα μέσα στο 1912 και 1916 ο Joseph W. Roe ανέθεσε στον Eli Whitney την κατασκευή μιας φρέζας, την οποία αργότερα, το 1918, την θεώρησε ως πιθανότατα την πρώτη φρέζα που φτιάχτηκε ποτέ, σίγουρα είναι η πιο παλιά που σώζεται μέχρι και σήμερα. Ωστόσο άλλοι υπότροφοι πιστεύουν πως τα εύσημα της πρώτης φρέζας ανήκουν σε διάφορους άλλους εφευρέτες και όχι στον Eli Whitney.



Εικόνα 1.1: Εργαλειομηχανή του Eli Whitney

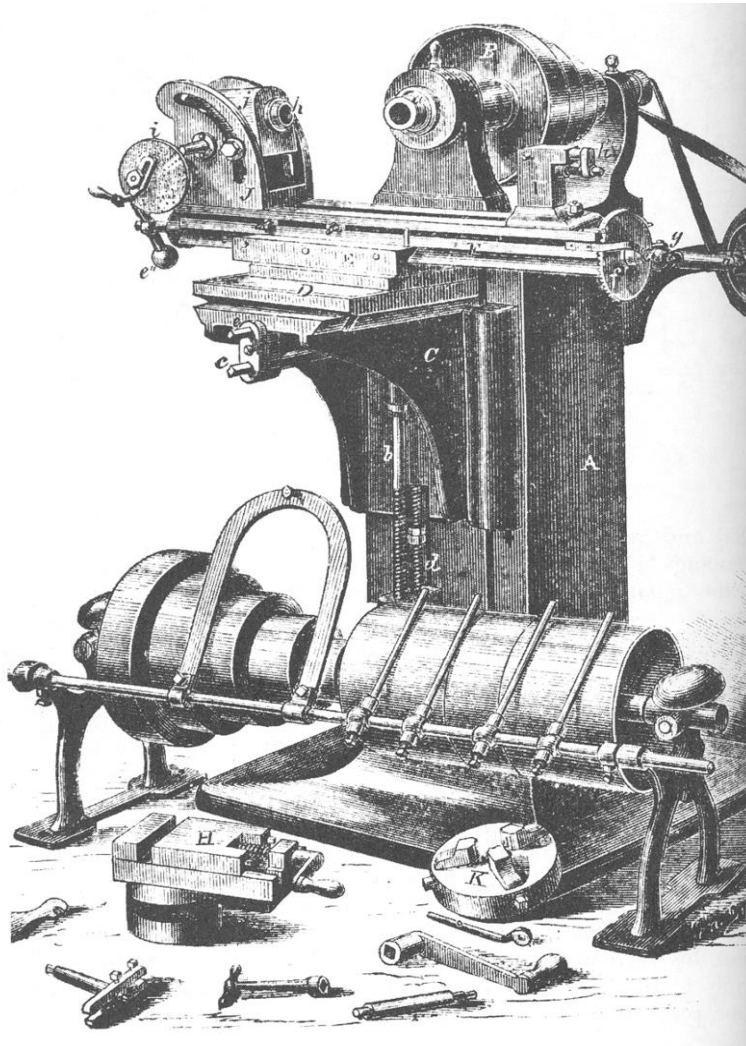
Στα τέλη της εικοσαετίας 1810-1830 ο James Nasmyth κατασκεύασε μια φρέζα πολύ προηγμένη για την εποχή του. Ήταν φτιαγμένη για να επεξεργαστή τις έξι πλευρές ενός εξαγωνικού παξιμαδιού, το οποίο ήταν βαλμένο σε ένα εξαγωνικό αναπτόσπαστο κομμάτι.



Εικόνα 1.2: Εργαλειομηχανή του James Nasmyth

Αργότερα στα μέσα του 1840 με 1860 τα άτομα που έπαιξαν σημαντικό ρόλο για την εξέλιξη της φρέζας εκείνης της εικοσαετίας ήταν οι Frederick W. Howe, Francis A. Pratt, Elisha K. Root., και άλλοι. Οι οποίοι παράλληλα ασχολούνταν με την εξέλιξη των τόνων, όπου τα σχέδια των εργαλειομηχανών τους κατασκευάστηκαν από τις εταιρίες Robbins & Lawrence, the Providence Tool Company, και Brown & Sharpe.

Η πιο επιτυχής φρέζα που κατασκευάστηκε εκείνη τη χρονική περίοδο ήταν η Lincoln miller. Η συγκεκριμένη εργαλειομηχανή φτιάχτηκε σε συνεργασία διαφόρων εταιριών μέσα σε πέρασ πολλών χρόνων. Το όνομά της το πήρε από την πρώτη εταιρία που την κατασκεύασε. Το βασικό πρόβλημα που αντιμετώπιζαν τότε ήταν η έλλειψη ενός απλού και αποτελεσματικού τρόπου ώστε να έχουν κίνηση και στους τρεις άξονες, Χ,Υ,Ζ, όπου είναι το μήκος, πλάτος και ύψος ανάλογα. Στο τέλος της εικοσαετίας, το 1861, ο Joseph R. Brown κατάφερε και σχεδίασε μια φρέζα που είχε πολύ καλή κίνηση και στους τρεις άξονες και επίσης κατάφερε να κόψει και ελικοειδή σχήματα που ήταν αδύνατο μέχρι τότε. Ακόμα ανέπτυξε, το 1964, καλύτερα κοπτικά που άντεχαν το ακόνισμα και δεν άλλαζαν την γεωμετρική φύση του κοπτικού. Οι εξελίξεις που έγιναν στη δεκαετία του 1860 πυροδότησαν την ανάπτυξη των εργαλειομηχανών και εγκαινίασαν το μοντέρνο τρόπο κατεργασίας υλικού.



Εικόνα 1.3: Εργαλειομηχανή του Joseph R. Brown

Από το 1870 μέχρι και το πρώτο παγκόσμιο πόλεμο η εταιρία Brown & Sharpe και η Cincinnati Milling Machine Company κυριεύσαν στο χώρο των εργαλειομηχανών, παρόλα αυτά εκατοντάδες άλλες εταιρίες κατασκεύαζαν φρέζες. Η εξέλιξη στο σχεδιασμό των εργαλειομηχανών εκείνη την εποχή οδηγούνταν όχι μόνο από το εφευρετικό πνεύμα αλλά επίσης από τη συνεχόμενη εξέλιξη και των εργαλειομηχανών όπου το ένα ορόσημο ακολουθούσε το άλλο από το 1860 μέχρι και το πρώτο παγκόσμιο πόλεμο.

Στα τέλη του πρώτου παγκοσμίου πολέμου ο έλεγχος των εργαλειομηχανών προόδευσε με διάφορους τρόπους όπου έθεσαν τα θεμέλια για την αργότερα τεχνολογία CNC. Ένα νέο είδος εργαλειομηχανής που εφευρέθηκε στην ίδια εποχή το, jig borer, διέδωσε την ιδέα της συντεταγμένης διαστασιολόγησης. Λόγο αυτής της καινούργιας τεχνολογίας η κατεργασία έχει γίνει πλέον πιο ακριβείς. Το 1930 υπήρχαν απίστευτα μεγάλες και εξελιγμένες φρέζες, όπως η Cincinnati Hydro-Tel, η οποία η μόνη της διαφορά από τις σημερινές φρέζες είναι ο έλεγχος μέσω CNC.

Το 1936 ο Rudolph Bannow σκέφτηκε μια μεγάλη βελτίωση για τη φρέζα. Η εταιρία του, το 1938, κατασκεύασε μια καινούργια κάθετη φρέζα. Αυτή ονομάστηκε Bridgport και έγινε τόσο διάσημη που πολλοί άλλοι κατασκευαστές την αντέγραψαν σε διάφορες παραλλαγές. Τα πλεονεκτήματά της σε σχέση με τα προηγούμενα μοντέλα ήταν πως αυτή ήταν πιο μικρή, αρκετά ελαφριά και φθηνή αρκετά για να μπορέσουν να την αγοράσουν μέχρι και τα μικρότερα μαγαζιά που λειτουργούσαν σε αυτό το τομέα. Επίσης ήταν έξυπνα σχεδιασμένη, σταθερή και καλοφτιαγμένη. Ήταν σχεδιασμένη έτσι ώστε η κοπτική κεφαλή να μπορεί να κατεργαστεί το υλικό από διάφορες γωνίες.

Το 1952, η NC (Numerical Control) τεχνολογία αναπτύχθηκε σε σημείο που μπορεί να υλοποιηθεί. Η πρώτη NC μηχανή ήταν η Cincinnati Hydrotel φρέζα που μετασκευάστηκε με μια μονάδα ελέγχου NC. Κατά τη δεκαετία του 1950 η τεχνολογία NC βρήκε το δρόμο της στην καθημερινότητα. Για την πρώτη της δεκαετία είχε περιορισμένη χρήση και συναντούσαν μόνο στην αεροπορία. Αλλά σύντομα μέσα στο 1960 και 1970 η NC εξελίχθηκε σε CNC, παράλληλα ο υπολογιστής ξεκίνησε να εξελίσσεται με αποτέλεσμα η NC και CNC μηχανές να διαδίδονται σε πιο μικρές εταιρίες.

Από το 1980 και μετά οι υπολογιστές καθώς η CNC τεχνολογία συνεχίζουν να αναπτύσσονται με ταχείς ρυθμούς. Η τεχνολογική επανάσταση που έφερε ο υπολογιστής είχε μεγάλη επιρροή στις εργαλειομηχανές, ώστε στα τέλη του '80 μικρά μαγαζιά είχαν και υπολογιστές και CNC μηχανές. Σύντομα, πολλοί σχεδιαστές όπως και καλλιτέχνες ή και άνθρωποι από χόμπι άρχισαν να αποκτούν CNC φρέζες και τόνους. Τέλος, οι κατασκευάστριες εταιρίες έχουν ξεκινήσει να παράγουν οικονομικές CNC μηχανές αρκετά μικρές για να χωράν σε ένα γραφείο που μπορούν να κόψουν υλικά από

ανοξείδωτο ατσάλι. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία κοσμημάτων, ηλεκτρονικών πλακετών, μέρη όπλων ή ακόμα και τέχνη (βλ. [1]) .

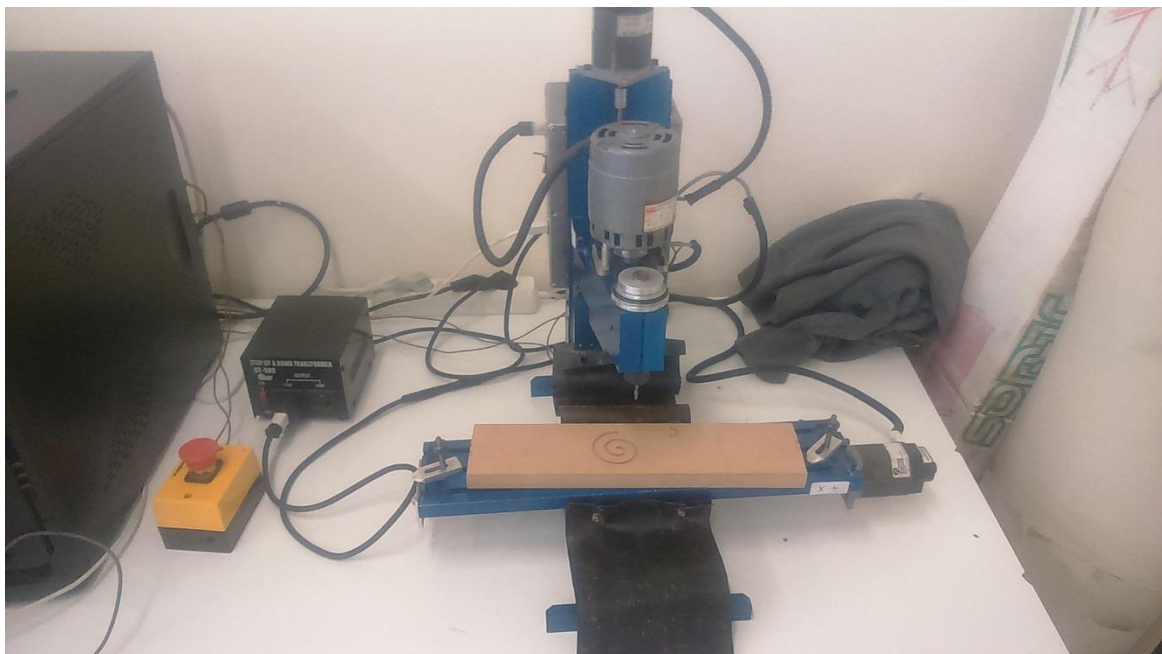


Εικόνα 1.4: Bridgeport φρέζα

2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

2.1 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

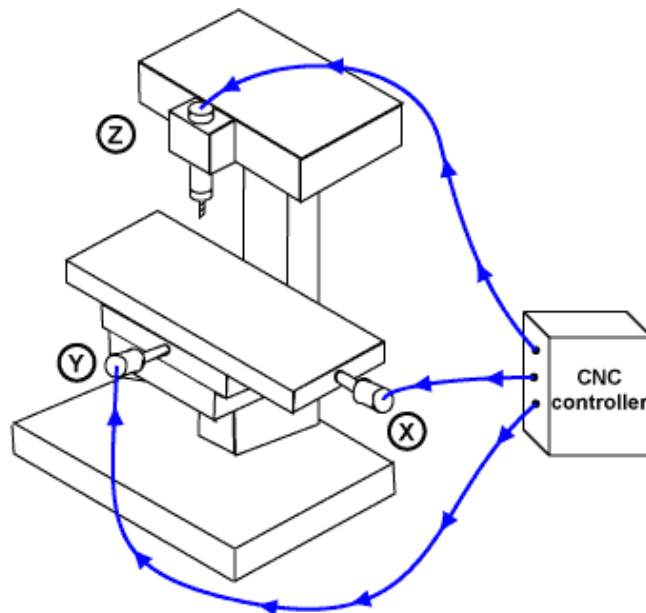
Η εργαλειομηχανή που χρησιμοποιήσαμε είναι η MAXNC 15 κλειστού βρόγχου η οποία περιλαμβάνει τρεις άξονες κίνησης και έχει την δυνατότητα να προστεθεί και τέταρτος άξονας. Οι βηματικοί κινητήρες που χρησιμοποιεί η φρέζα για την κίνηση των αξόνων είναι οι POWERMAX P22NRXC-LDN-NS-00. Ακόμα έχουμε έναν AC-DC ηλεκτρικό κινητήρα για το κοπτικό. Τον χειρισμό των βηματικών κινητήρων τον επιτυγχάνουμε με την χρήση τριών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων A4988. Επίσης γίνεται χρήση του μικροελεγκτή Arduino υπο καθώς και της πλακέτας cnc shield. Τέλος η κατασκευή μας τροφοδοτείται από συνεχές ρεύμα 12,6 volt και έχουμε προσθέσει για λόγους ασφαλείας έναν διακόπτη έκτακτης ανάγκης όπου σταματάει την παροχή ρεύματος στους βηματικούς κινητήρες.



Εικόνα 2.1: Πάγκκος εργασίας της εργαλειομηχανής

2.1.1 CNC ΦΡΕΖΑ

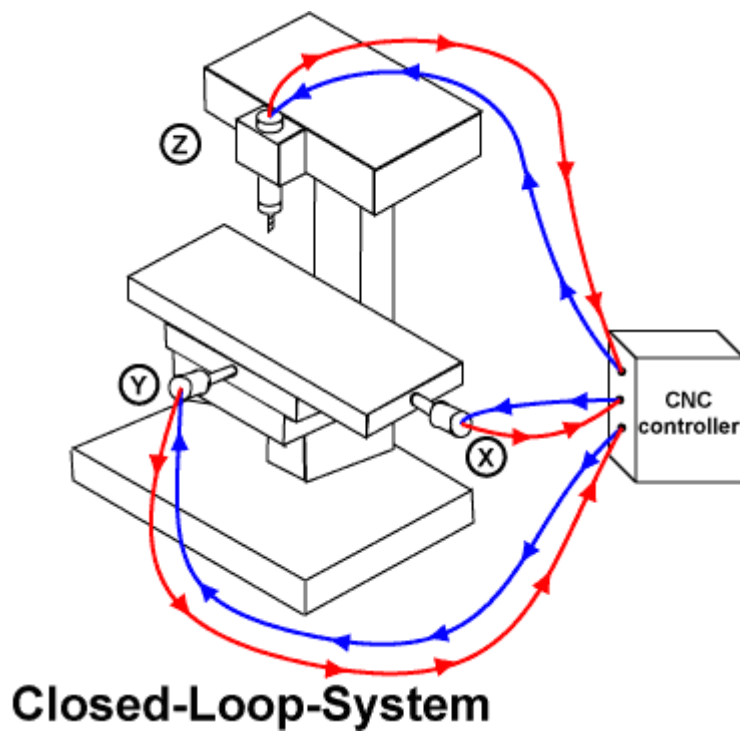
Η MAXNC 15 φρέζα που δουλεύουμε μπορεί να εκτελέσει κοπή στους άξονες X (μήκος) , Y (πλάτος) , Z (ύψος) και στον προαιρετικό άξονα A (υπό γωνία κατεργασία). Η κίνηση στους άξονες X,Y,A γίνεται από το τραπέζι ενώ η κίνηση στον άξονα Z γίνεται από το κοπτικό όλες οι κινήσεις των αξόνων γίνονται από τους βηματικούς κινητήρες. Οι εργαλειομηχανές CNC διαχωρίζονται σε συστήματα ανοιχτού και κλειστού βρόχου. Γενικά, ο τρόπος ελέγχου του κινητήρα ακολουθεί αυτή τη διαδικασία, ο κώδικας φορτώνεται στον μικροελεγκτή μέσω του υπολογιστή. Αυτές οι εντολές μετατρέπονται σε ηλεκτρικούς παλμούς από τον μικροελεγκτή και στέλνονται στους βηματικούς κινητήρες. Ο αριθμός των ηλεκτρικών παλμών καθορίζει την απόσταση που κάθε βηματικός κινητήρας θα κινηθεί, ενώ η συχνότητα των παλμών καθορίζει τη ταχύτητα. Σε ένα σύστημα ανοιχτού βρόχου η έλλειψη ανάδρασης προκαλεί το μειονέκτημα έλεγχου της θέσης και της ταχύτητας της εξόδου σε σύγκριση με το σήμα εισόδου.



Open-Loop-System

Εικόνα 2.2: Σύστημα ανοιχτού βρόχου

Το σύστημα κλειστού βρόχου έχει ένα υποσύστημα ανάδρασης για να παρακολουθεί την έξοδο και να διορθώνει τυχόν λάθη σε σύγκριση με την είσοδο. Το σύστημα ανάδρασης μπορεί να είναι είτε αναλογικό είτε ψηφιακό. Τα συστήματα κλειστού βρόχου είναι πολύ χρήσιμα λόγω ακριβείας στην έξοδο που οφείλετε στο σύστημα ανάδρασης. Αυτό το σύστημα απαιτεί περισσότερες συσκευές ελέγχου με αποτέλεσμα να είναι πιο πολύπλοκο και πιο ακριβό. Η MAXNC 15 εργοστασιακά είναι κλειστού βρόχου, εμείς στη διαδικασία της ανακατασκευής μας αποφασίσαμε λόγω πολυπλοκότητας να την μετατρέψουμε σε σύστημα ανοιχτού βρόχου (βλ. [2]) .



Εικόνα 2.3: Σύστημα κλειστού βρόχου

2.1.2 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Για την επιτυχή κίνηση των αξόνων χρησιμοποιούμε τους βηματικούς κινητήρες POWERMAX P22NRXC-LDN-NS-00 και για την κίνηση του κοπτικού χρησιμοποιούμε έναν AC-DC κινητήρα. Οι βηματικοί κινητήρες (Stepper motors) διαμοιράζουν μια πλήρη περιστροφή σε ένα αριθμό ίσον βημάτων, ως αποτέλεσμα μπορούμε να κουνήσουμε και να κρατήσουμε τη θέση του κινητήρα σε ένα από αυτά τα βήματα χωρίς να χρειαζόμαστε τη βοήθεια ανάδρασης. Η βασική λειτουργία κάθε βηματικού κινητήρα στηρίζεται στην χρήση των επαγωγικών πηνίων όπου σπρώχνουν ή τραβάνε το δρομέα μέσω της περιστροφής του όταν ενεργοποιούνται (βλ. [3] και [4]).



Εικόνα 2.4: Βηματικός κινητήρας (POWERMAX P22NRXC-LDN-NS-00)

Για την κίνηση του κοπτικού εργαλείου χρησιμοποιούμε ένα απλό AC-DC κινητήρα που λειτουργεί στα 110Volts και 2,9 Amps.



Εικόνα 2.5: AC-DC κινητήρας

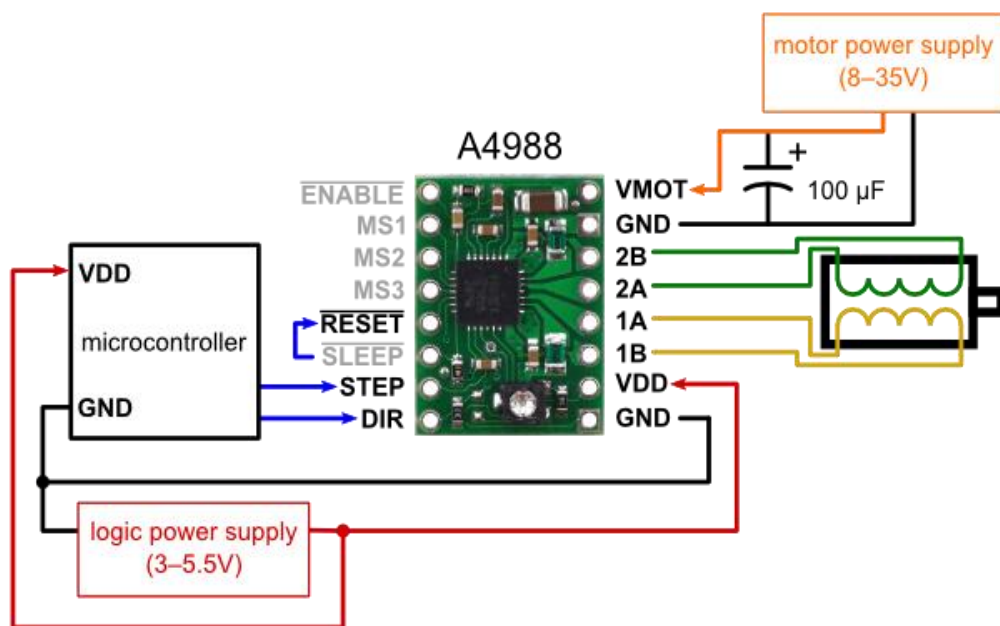
2.1.3 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΚΥΚΛΩΜΑ A4988

Αποφασίσαμε να αξιοποιήσουμε το ολοκληρωμένο A4988 για την αποφυγή σύνθετου επεξεργαστή (βλ. [5]).



Εικόνα 2.6: Το ολοκληρωμένο A4988

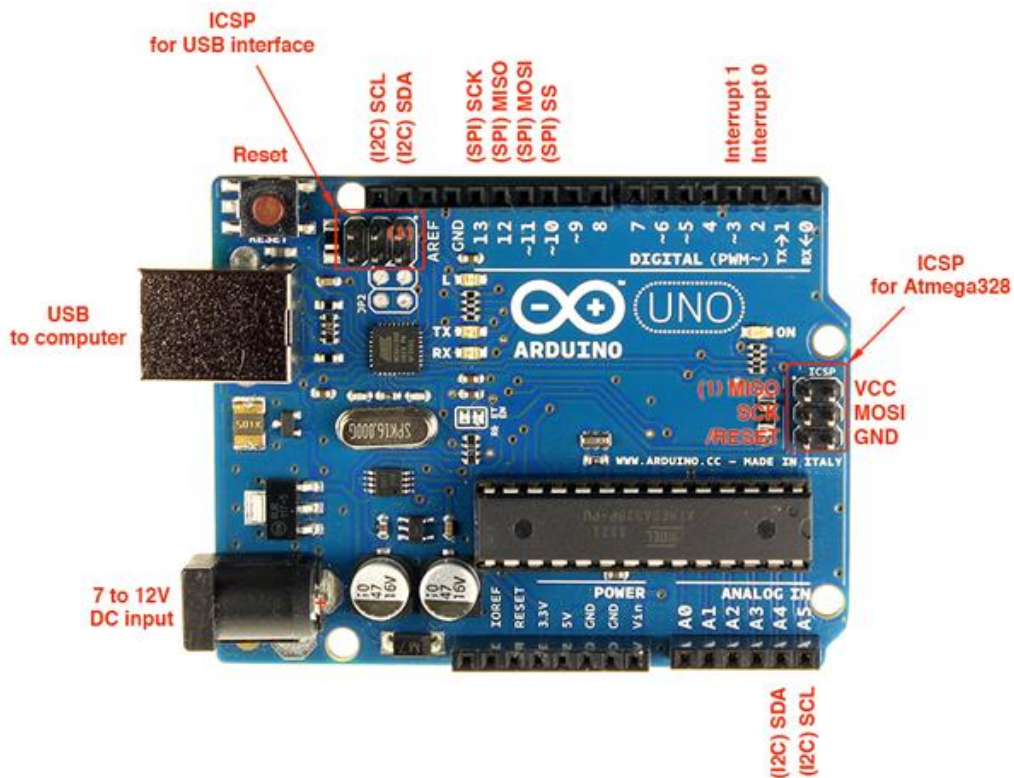
Το A4988 είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα οδήγησης του βηματικού κινητήρα με ενσωματωμένο μεταφραστή για εύκολο χειρισμό. Η λειτουργία του μεταφραστή είναι όταν δέχεται έναν παλμό να τον “μεταφράζει” σε ένα microstep για τον κινητήρα. Το ολοκληρωμένο είναι σχεδιασμένο για να λειτουργεί με όλων των ειδών βηματικούς κινητήρες. Η έξοδος του ολοκληρωμένου έχει την δυνατότητα να βγάλει μέχρι 35 volt και 2 ampere.



Εικόνα 2.7: Συνδεσμολογία του A4988

2.1.4 ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ARDUINO UNO

Για την κατασκευή του ελεγκτή της CNC φρέζας διαλέξαμε τον μικροελεγκτή arduino uno, είναι μια ανοικτού κωδικα πλατφορμα ηλεκτρονικών κυκλωμάτων βασισμένη σε ευέλικτη και εύκολη συνδεσμολογία και εύχρηστο λογισμικο που προορίζεται για οποιοδήποτε έχει λίγη προγραμματιστική εμπειρία και στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικών. Επίσης υποστηρίζετε από μια μεγάλη ηλεκτρονική κοινότητα που μπορεί να παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για την επίλυση προβλημάτων που μπορούν να προκύψουν σε μια εφαρμογή (βλ. [6]).

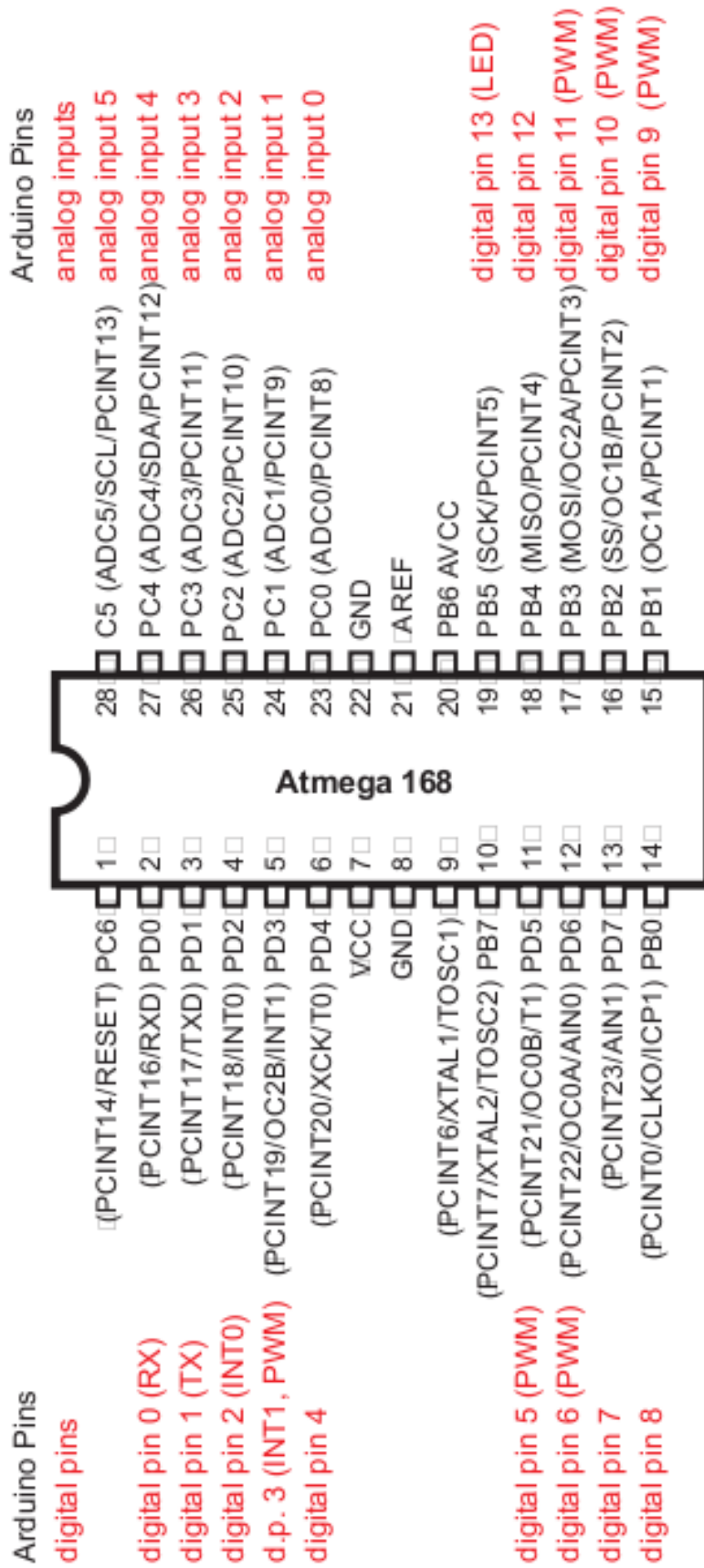


Εικόνα 2.8: Μικροελεγκτής Arduino uno

Ο arduino uno είναι βασισμένος στον μικροελεγκτή ATmega168/328P, έχει 14 ψηφιακές εσοχές που χρησιμοποιούνται ως είσοδοι ή ως έξοδοι , οι 6 από αυτές μπορούν να δίνουν αναλογικό αποτέλεσμα παίρνοντας ψηφιακό σήμα ως είσοδο. Ακόμα έχει 6 αναλογικές εισόδους, μια USB θύρα, μια υποδοχή ρεύματος και ένα κουμπί επαναφοράς. Γενικότερα η πλακέτα αποτελείται από ό,τι χρειάζεστε για να υποστηρίξει τον μικροελεγκτή.

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

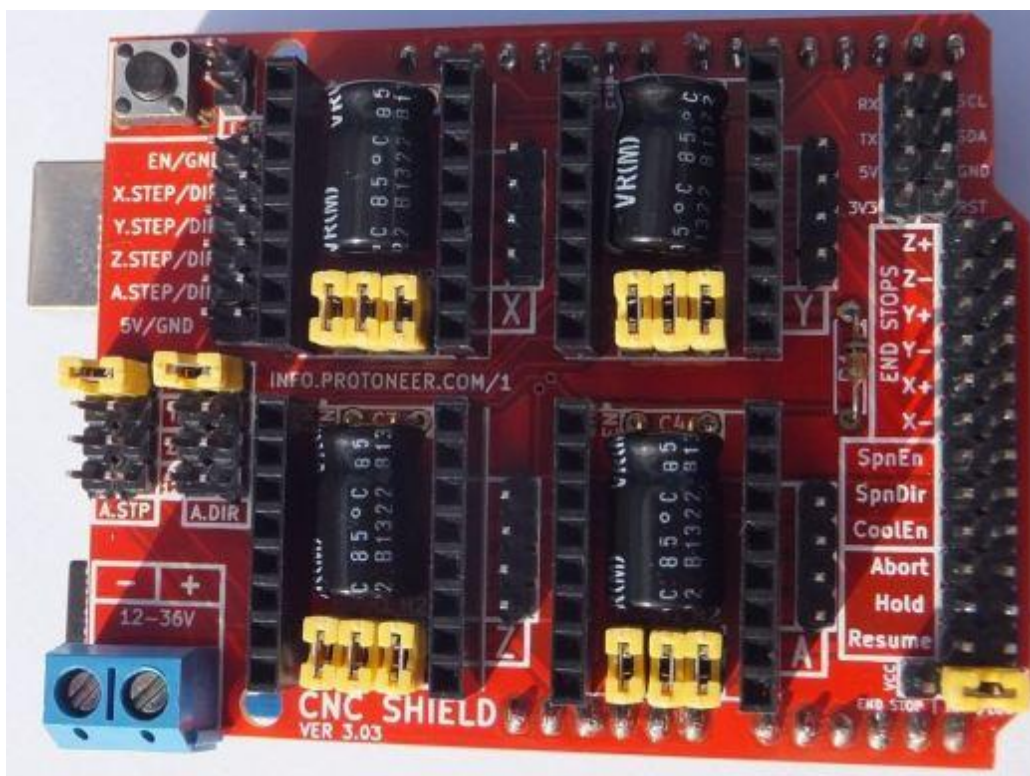
Εικόνα 2.9: Τεχνικές προδιαγραφές του arduino uno



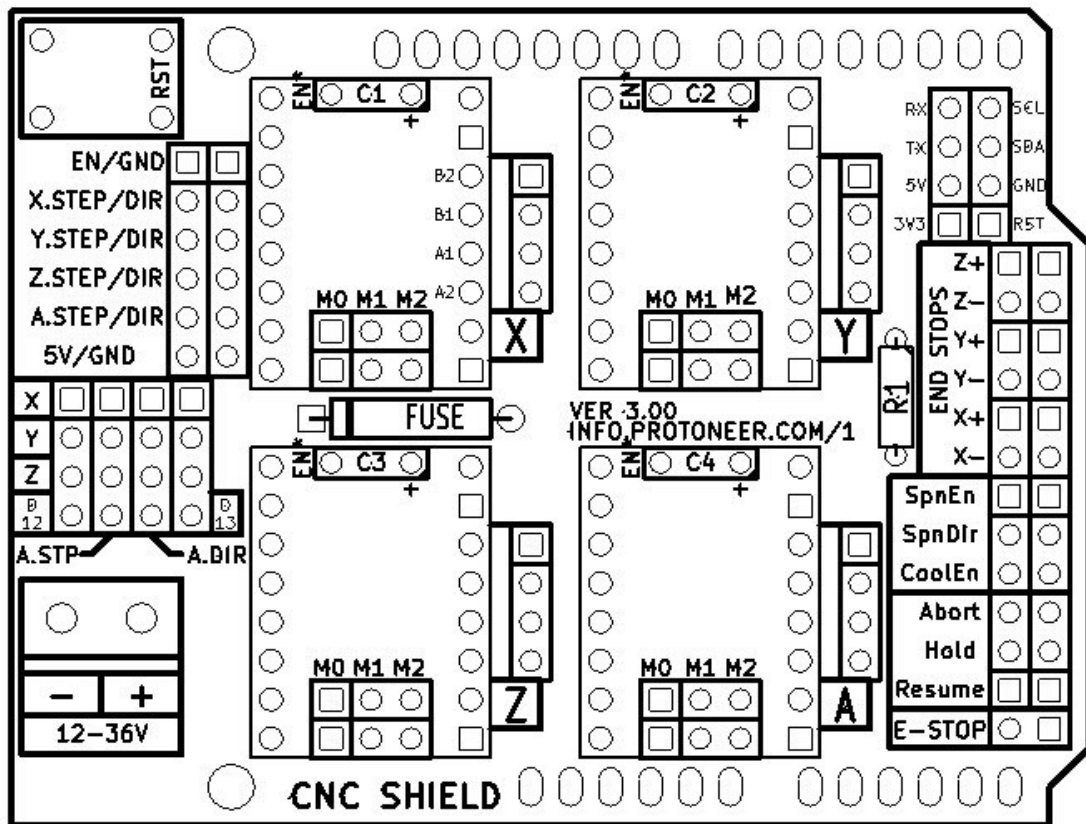
Εικόνα 2.10: Διάταξη του μικροελεγκτή του Arduino uno

2.1.5 ΠΛΑΚΕΤΑ CNC SHIELD

Η πλακέτα cnc shield είναι ο σύνδεσμος μεταξύ του arduino και των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων A4988. Για διευκόλυνση στην συνδεσμολογία χρησιμοποιήσαμε την συγκεκριμένη πλακέτα αντί να φτιάξουμε το κύκλωμα της εικόνας 2.6 για τον κάθε κινητήρα (για τον κάθε άξονα). Επιπλέον μέσω της πλακέτας μας προσφέρετε η δυνατότητα για προσθήκη περαιτέρων υλικών στην εφαρμογή μας όπως κουμπί έκτακτης αναγκης , κουμπί τερματισμού , ψυκτικό καθώς και άλλα υλικά χρήσιμα για μια εργαλειομηχανή που αλλιώς θα έπρεπε να φτιάξουμε δικα μας κυκλώματα και καινούργιες συνδεσμολογίες (βλ. [7]).

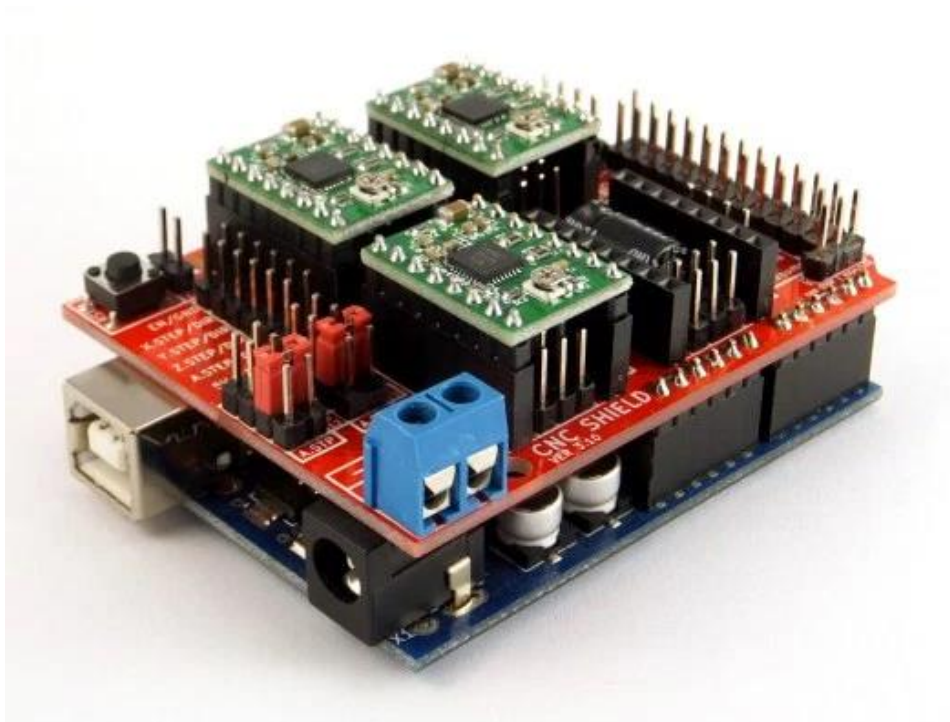


Εικόνα 2.11: CNC SHIELD



Εικόνα 2.12: Διάταξη CNC SHIELD

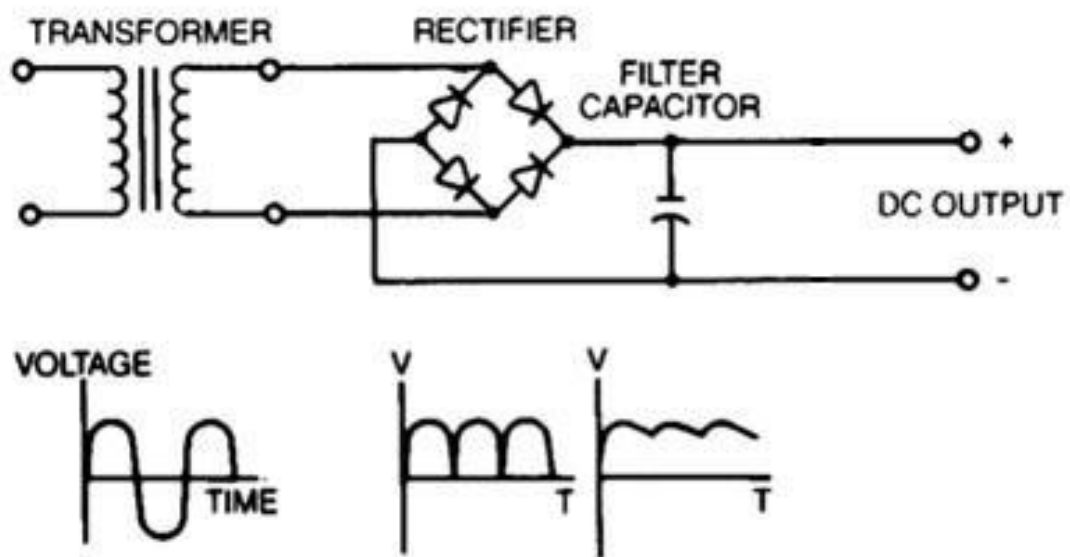
Ο ελεγκτής μας αποτελείται από το cnc shield τον Arduino uno και τα ολοκληρωμένα κυκλώματα A4988. Τα A4988 συνδέονται με το cnc shield το οποίο συνδέετε με τον Arduino uno. Η διάταξη του ελεγκτή μας φαίνεται παρακάτω



Εικόνα 2.13: Ο ελεγκτή της cnc φρέζας

2.1.6 ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ ΚΑΙ ΚΟΥΜΠΙ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ

Η κατασκευή μας τροφοδοτείται με 110 volt για την κίνηση του κοπτικού εργαλείου και με 12 volt για την κίνηση των βηματικών κινητήρων. Ακόμα προσθέσαμε ένα κουμπί έκτακτης ανάγκης για ασφάλεια ανάμεσα στο τροφοδοτικό και τους κινητήρες για την άμεση διακοπή της λειτουργίας τους



Εικόνα 2.14: Το ηλεκτρικό κύκλωμα

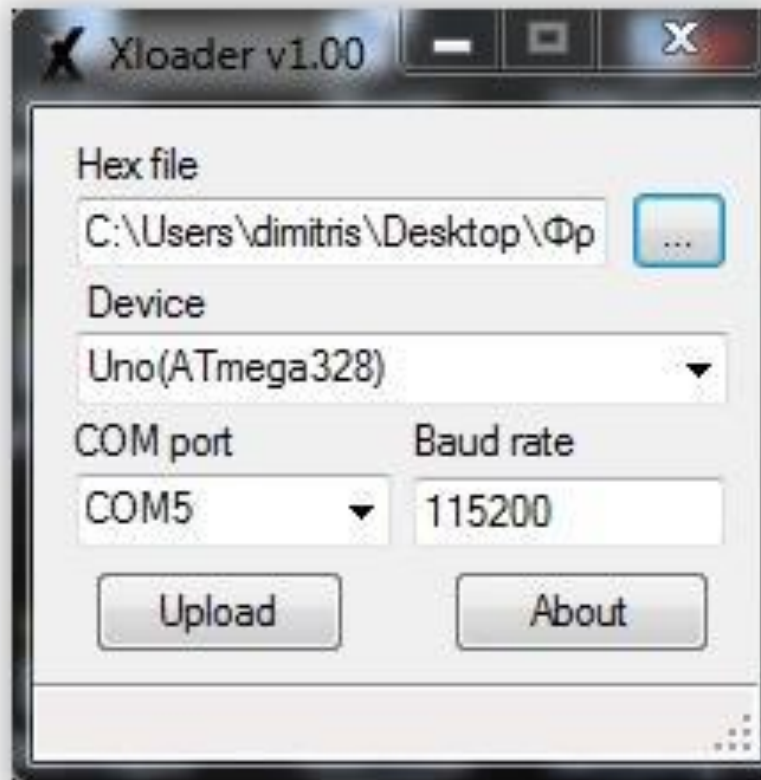
2.2 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΑΙ G-CODES

Μετά την ολοκλήρωση του κατασκευαστικού μέρους της εργασίας μας προέκυψε η ανάγκη εύρεσης ενός προγράμματος για να μπορούμε να επικοινωνούμε με τον ελεγκτή μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στόχος μας ήταν να μπορούμε να στέλνουμε G-code εντολές στον Arduino και εκείνος να τις μετατρέπει σε ψηφιακά σήματα. Καταφέραμε να βρούμε το ανοιχτού κώδικα Grbl λογισμικό όπου μπορεί να κάνει αυτή τη μετατροπή. Αποφασίσαμε να αξιοποιήσουμε το ανοιχτού κώδικα πρόγραμμα Grbl Controller, το οποίο είναι συμβατό με το Grbl λογισμικό. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να φορτώσουμε στον Arduino Uno ξεχωριστές εντολές G-codes, καθώς και ολόκληρα αρχεία τύπου .nc, τα οποία περιέχουν μια συλλογή από G-code εντολές. Πριν την πρώτη φόρτωση των εντολών χρειαζόταν να ρυθμίσουμε τις παραμέτρους του Grbl λογισμικού σύμφωνα με τις προδιαγραφές των βηματικών μας κινητήρων.

2.2.1 XLOADER

Ο Arduino ως μικροελεγκτής “καταλαβαίνει” γλώσσα μηχανής, η οποία απαρτίζεται από μηδενικά και άσσους. Επειδή είναι μη πρακτικό και σχεδόν αδύνατο να γράψουμε κώδικα σε γλώσσα μηχανής για αυτό γράφουμε σε υψηλότερου επιπέδου γλώσσες όπως τη C, C++, Java κλπ. Αργότερα χρησιμοποιείτε ένας μεταγλωττιστής όπου μετατρέπει την προγραμματιστική γλώσσα που χρησιμοποιούμε σε γλώσσα μηχανής και αποθηκεύετε σε ένα αρχείο τύπου .hex (βλ. [8]). Χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα Xloader για να φορτώσουμε το αρχείο τύπου .hex που δημιουργεί το Grbl λογισμικό στον μικροελεγκτή Arduino uno (βλ. [9] και 10]).

Ο τρόπος λειτουργίας του Xloader γίνεται με πρώτο στάδιο την επιλογή του .hex αρχείου που θέλουμε, έπειτα επιλέγουμε τη συσκευή στην οποία θα φορτώσουμε το αρχείο. Τέλος, επιλέγουμε τη θύρα στην οποία είναι συνδεδεμένη η συσκευή και τη ταχύτητα μετάδοσης.

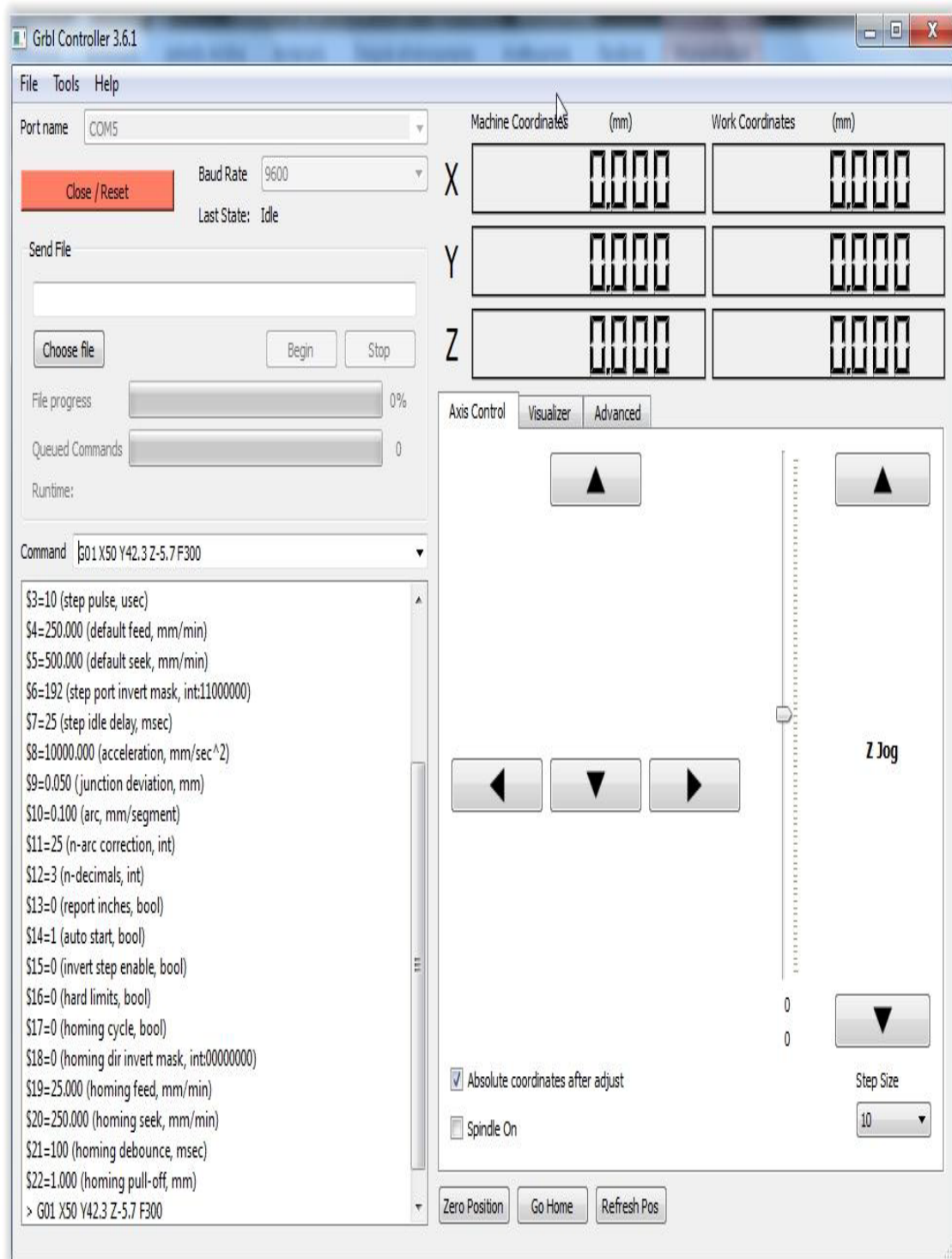


ΕΙΚΟΝΑ 2.15: Xloader

2.2.2 GRBL ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

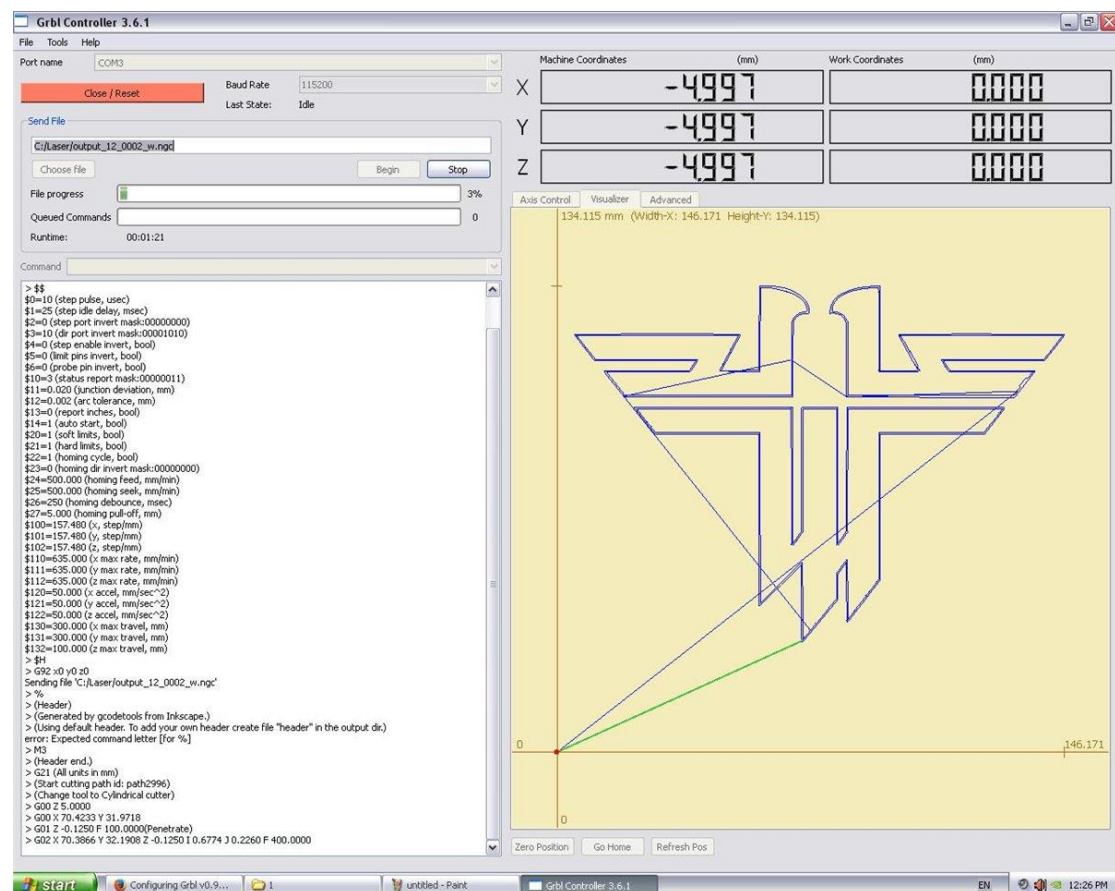
Το Grbl Controller (βλ. [11]) είναι ένα λογισμικό σχεδιασμένο να στέλνει G-codes σε CNC μηχανές. Είναι σχεδιασμένο σε υψηλού επιπέδου γλώσσα C, αξιοποιώντας κάθε έξυπνο χαρακτηριστικό που προσφέρουν τα AVR-chips. Επίσης, είναι σε θέση να διατηρήσει έως και 30 KHz σταθερών παλμών ελέγχου. Το Grbl είναι ένα απλό και ευκολόχρηστο για τον χρήστη πρόγραμμα όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κάποιον που θέλει να κατεργαστεί κάποιο υλικό με φρέζα η οποία ελέγχεται από Arduino χωρίς πολλές ενώσεις και συνδέσεις με τη παράλληλη θύρα του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η μόνη σύνδεση που έχει ο υπολογιστής με τη κατασκευή μας είναι μια σύνδεση USB με την οποία απλά φορτώνουμε το κώδικα (G-code) που επιθυμούμε στον Arduino Uno. Το Grbl υποστηρίζει αυτή τη στιγμή μέχρι και τριών αξόνων εργαλειομηχανές. Ο διερμηνέας των G-code εντολών που

έχει το λογισμικό είναι δοκιμασμένος και μπορεί να κάνει ευθύγραμμη, κυκλική και ελικοειδή κίνηση.



ΕΙΚΟΝΑ 2.16: GRBL CONTROLLER INTERFACE

Η έκδοση του Grbl Controller που χρησιμοποιούμε είναι η 3.6.1. Στη συγκεκριμένη έκδοση έχουμε δύο μέρη του interface, στα αριστερό μέρος είναι η επιλογή της θύρας που χρησιμοποιούμε για το Arduino, ο ρυθμός μετάδοσης που θέλουμε να έχουμε και το κουμπί εκκίνησης ή διακοπής της επικοινωνίας μεταξύ του λογισμικού και του ελεγκτή. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα επιλογής ενός έτοιμου .nc αρχείου που θα έχει έτοιμη τη σειρά εντολών που θέλουμε και παρακάτω παρέχετε η δυνατότητα να δώσουμε ξεχωριστές εντολές όπου τις κρατάει σε ένα πίνακα ιστορικού που φαίνεται στο χρήστη για δική του ευκολία. Στο δεξί μέρος ο χρήστης μπορεί να βλέπει κάθε στιγμή τη θέση του κάθε άξονα ξεχωριστά και μπορεί να επιλέξει αν θα φαίνεται σε χιλιοστά ή σε εκατοστά. Κάτω από τις θέσεις των αξόνων έχουμε μια καρτέλα για να μπορούμε να ελέγχουμε χειροκίνητα τη κίνηση των αξόνων, μια όπου μας δείχνει το σχηματικό αποτέλεσμα του κώδικά μας και μια που έχει όλες τις επιλογές του προγράμματος. Τέλος μπορούμε μέσω του προγράμματος να θέσουμε την αρχική θέση (zero position) των αξόνων και να τους στείλουμε σε αυτή την αρχική θέση που ορίσαμε με την επιλογή “Go Home”.



EIKONA 2.17: GRBL CONTROLLER VISUALIZER INTERFACE

2.2.3 G-CODE

G-code (βλ. [12]) είναι η συνηθισμένη ονομασία για την πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη γλώσσα προγραμματισμού για τον ψηφιακό έλεγχο (NC-Numerical Control) των CNC εργαλειομηχανών. Χρησιμοποιείται κυρίως στην αυτοματοποιημένη παραγωγή για τον έλεγχο των αυτοματοποιημένων εργαλειομηχανών. Η G-code είναι μια γλώσσα στην οποία ο άνθρωπος μπορεί να “πει” σε μια εργαλειομηχανή “πώς” να κατεργαστεί το υλικό που θέλουμε. Το “πώς” ορίζεται από τις οδηγίες για το πού να κινηθεί, πόσο γρήγορα να προχωρήσει, και ποια διαδρομή να ακολουθήσει. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση είναι ότι ένα κοπτικό εργαλείο κινείται σύμφωνα με αυτές τις οδηγίες και ταυτόχρονα κόβει το υλικό και το απομακρύνει για να αφήσει μόνο το τελικό κομμάτι. Ο ίδιος τρόπος λειτουργίας επεκτείνεται επίσης και σε άλλα μηχανήματα όπως η 3D εκτύπωση και όργανα μέτρησης.

Οι G-code εντολές μπορούν να εκτελέσουν λειτουργίες όπως

- ❖ Γρήγορη κίνηση (Μετακίνηση του κοπτικού το ταχύτερο δυνατό στη θέση που θέλουμε να κόψει).
- ❖ Ελεγχόμενη ταχύτητα σε ευθύγραμμη κίνηση ή τόξο.
- ❖ Ορισμός των ρυθμίσεων του κοπτικού
- ❖ Αλλαγές στο σύστημα συντεταγμένων

Το σετ εντολών – κωδικών (G-Codes) που καταλαβαίνει ο τυποποιημένος διερμηνέας του προγράμματος για τη λειτουργία της φρέζας είναι το παρακάτω (βλ. [13]) :

G0 ή G00	Ταχεία μετακίνηση (Rapid movement)
G1 ή G01 ή L	Γραμμική παρεμβολή (Linear interpolation)
G2 ή G02 ή DR-	Δεξιόστροφη κυκλική παρεμβολή (Clockwise interpolation)
G3 ή G03 ή DR+	Αριστερόστροφη κυκλική παρεμβολή (Anti-clockwise interpolation)
G40	Απενεργοποίηση της αντιστάθμισης του εργαλείου κοπής (Turns off cutter compensation)
G41	Ενεργοποίηση της αντιστάθμισης του εργαλείου κοπής προς τα αριστερά (Cutter compensation to the left)
G42	Ενεργοποίηση της αντιστάθμισης του εργαλείου κοπής προς τα δεξιά (Cutter compensation to the right)
G54	Σημείο μηδέν 1 (Zero point 1)
G55	Σημείο μηδέν 2 (Zero point 2)

G56	Σημείο μηδέν 3 (Zero point 3)
G57	Σημείο μηδέν 4 (Zero point 4)
G58	Σημείο μηδέν 5 (Zero point 5)
G59	Σημείο μηδέν 6 (Zero point 6)
G53	Αναίρεση της μετατόπισης του σημείου μηδέν (No zero point displacement)
G81, G82, G83, G84	(Κύκλος) Διάτρησης (Drill cycle)
G87	(Κύκλος) Φρεζάρισμα ορθογώνιας κοιλότητας (Rectangular pocket milling)
G90	Απόλυτες μετατοπίσεις (Absolute programming)
G91	Σχετικές (διαφορικές) μετατοπίσεις (Incremental programming)
G92	Μετατόπιση σημείου μηδέν – Αρχή αξόνων (Zero point displacement)
G94	Ταχύτητα πρόωσης σε mm/min (Feed rate in mm/min)
G95	Ταχύτητα πρόωσης σε mm/περιστροφή (Feed rate in mm/revolution)

Το σετ εντολών – κωδικών (M-Codes) που καταλαβαίνει ο τυποποιημένος διερμηνέας του προγράμματος για τη λειτουργία της φρέζας είναι το παρακάτω:

M0 ή M00	Τέλος προγράμματος (Program stop)
M3 ή M03	Δεξιόστροφη έναρξη άξονα (Spindle start clockwise)
M4 ή M04	Αριστερόστροφη έναρξη άξονα (Spindle start anti-clockwise)
M5 ή M05	Στάση άξονα (Spindle stop)
M8 ή M08	Ψυκτικό σε λειτουργία (Coolant on)
M9 ή M09	Ψυκτικό σε διακοπή λειτουργίας (Coolant off)
M17	Επιστροφή από υποπρόγραμμα (Return from subprogram)
M30 ή M2 ή M02	Τέλος προγράμματος (Program end)

Το σετ εντολών – κωδικών που καταλαβαίνει ο τυποποιημένος διερμηνέας του προγράμματος για τη λειτουργία της φρέζας και δεν περιλαμβάνονται στα G-codes M-codes είναι το παρακάτω:

F	Ποσοστό τροφοδοσίας (Feed rate)
S	Ταχύτητα άξονα (Spindle speed)
N	Αριθμός μπλοκ (Block number)
T ή TOOL CALL	Εργαλείο (Tool)
X	Κώδικας για τον άξονα X (Code for the X-axis)
Y	Κώδικας για τον άξονα Y (Code for the Y-axis)
Z	Κώδικας για τον άξονα Z (Code for the Z-axis)
I	Αυξητική απόσταση από το κέντρο του άξονα X (Incremental distance to the center in the X-axis)
J	Αυξητική απόσταση από το κέντρο του άξονα Y (Incremental distance to the center in the Y-axis)
K	Αυξητική απόσταση από το κέντρο του άξονα Z (Incremental distance to the center in the Z-axis)
R ή Z	Τόξο < 180 μοίρες (Arc <180 degrees)
R- ή Z-	Τόξο > 180 μοίρες (Arc >180 degrees)
E	Επικάλυψη στο φρεζάρισμα μικρού μεγέθους (Overlapping in pocket milling)
L	Αριθμός μπλοκ υποπρογράμματος (Subprogram block number)
U	Επαναλήψεις υποπρογράμματος (Subprogram repetitions)

Παρακάτω δίνεται ένα δικό μας παράδειγμα με G-code εντολές οι οποίες υποστηρίζονται από το λογισμικό που χρησιμοποιούμε.

Παράδειγμα :

G20 G90

M13

T5 (1,5)

(Κύκλος και διαχωρισμός σε τεταρτημόρια)

G00 X45 Y25 Z1

G01 Z-6

G02 X5 Y25 R20

G02 X45 Y25 R20

G01 Z1

G00 X25 Y25

G01 Z-1

G01 X25 Y45

G01 X25 Y5

G01 Z1

G00 X25 Y25

G01 Z-1

G01 X45 Y25

G01 X5 Y25

(Άνω δεξιά τεταρτημόριο)

T20 (0.5 ,6)

G01 Z1

G00 X39.25 Y28

G01 Z-6

G01 X34.5

G01 Z1

G00 X33.5

G01 Z-6

G01 X28.50

G01 Y30

G01 X31.50 Y38

G01 X35.50

G01 X39.25 Y30

G01 Y28

G01 Z1

G00 X34.5

G01 Z-6

G01 Y31.5

G01 Y29.75

G01 X38.25

G01 X34.5

G01 Y31.5

G01 X37.50

G01 Z1

G00 X33.5 Y28

G01 Z-6

G01 Y31.5

G01 Y29.75

G01 X29.50

G01 X33.5

G01 Y31.5

G01 X30.25

T20 (0.5,6)

G01 Z1

G00 X33.75 Y33

G01 Z-6

G02 Y37 R2

G02 Y34 R1.5

G02 Y36 R1

G02 Y35 R0.5

(Κάτω αριστερό τεταρτημόριο)

G01 Z1

G00 X19.25 Y15

G01 Z-6

G03 X21.5 Y18.75 R4

G03 X17 R2.25

G03 X20.5 R1.75

G03 X18 R1.25

G03 X19.25 R0.625

G01 Z1

G00 X13 Y13

G01 Z-6

G03 X16.25 Y10.75 R3.25

G03 Y15.25 R2.25

G03 Y11.75 R1.75

G03 Y14.25 R1.25

G03 Y12.75 R0.75

G03 Y13 R0.125

G01 Z1

G00 X13 Y13

G01 Z-6

G02 X13.2 Y15.25 R3.25

G01 Z1

G00 X13.25 Y22

G01 Z-6

G03 X11 Y18.75 R3.25

G03 X15.5 R2.25

G03 X12 R1.75

G03 X14.5 R1.25

G03 X13 R0.75

G03 X13.25 R0.125

G01 Z1

G00 X13.25 Y22

G01 Z-6

G02 X16.5 Y21.9 R3.5

(Άνω αριστερό τεταρτημόριο)

G01 Z1

G00 X21.75 Y33

G01 Z-6
G02 X10.75 Y33 R5.5
G02 X21.75 Y33 R5.5
G01 Z1
G00 X10.75 Y33
G01 Z-6
G02 X14.75 Y33 R2
G02 X11.75 R1.5
G02 X13.75 R1
G02 X12.75 R0.5
G01 Z1
G00 X11 Y34
G01 Z-6
G02 X17.65 R3.325
G02 X14.65 R1.5
G02 X16.65 R1
G02 X15.65 R0.5
G01 Z1
G00 X20.65 Y35
G01 Z-6
G02 X17.65 R1.5
G02 X19.65 R1
G02 X18.65 R0.5
G01 Z1
G00 X19.8 Y37.12
G01 Z-6
G02 X20.65 Y35 R2

G01 Z1

G00 X11.15 Y31

G01 Z-6

G03 X16.75 Y31.5 R5.5

G02 X21.75 Y32.5 R5.5

G01 Z1

G00 X12 Y29.5

G01 Z-6

G03 X17 Y30 R5.5

G02 X21.35 Y31 R5.5

G01 Z1

G00 X13.85 Y28

G01 Z-6

G03 X17.25 Y28.5 R5.5

G02 X20.50 Y29.5 R5.5

(Κάτω δεξή τεταρτημόριο)

G01 Z1

G00 X35.75 Y15.5

G01 Z-6

G02 X30.75 R2.5

G02 X34.75 R2

G02 X31.75 R1.5

G02 X33.75 R1

G02 X32.75 R0.5

G01 Z1

G00 X35.75 Y15.5

G01 Z-6
G03 X35 Y17.5 R7
G02 X37 Y20.5 R2.5
G03 X37.75 Y17.5 R3
G02 X37 Y13 R2.9
G01 Z1
G00 X30.75 Y15.8
G01 Z-6
G03 X29.5 Y19 R2.5
G02 X28.75 Y16 R4.5
G03 X29.5 Y13 R2.9
G01 Z1
G00 X37 Y15.5
G01 Z-6
G02 X29.7 R3.65
G01 Z1
G00 X37 Y15.5
G01 Z-6
G03 X36.25 Y17.5 R4
G02 X36.15 Y19 R1.8
G01 Z1
G00 X29.7 Y15.5
G01 Z-6
G03 X30.1 Y17 R2.1
G01 Z1
G00 X35 Y17.5
G01 Z-6

G02 X34 Y19 R3

G03 X32.75 Y23 R4.5

G02 X32 Y20.5 R5

G03 X31.5 Y18 R2.5

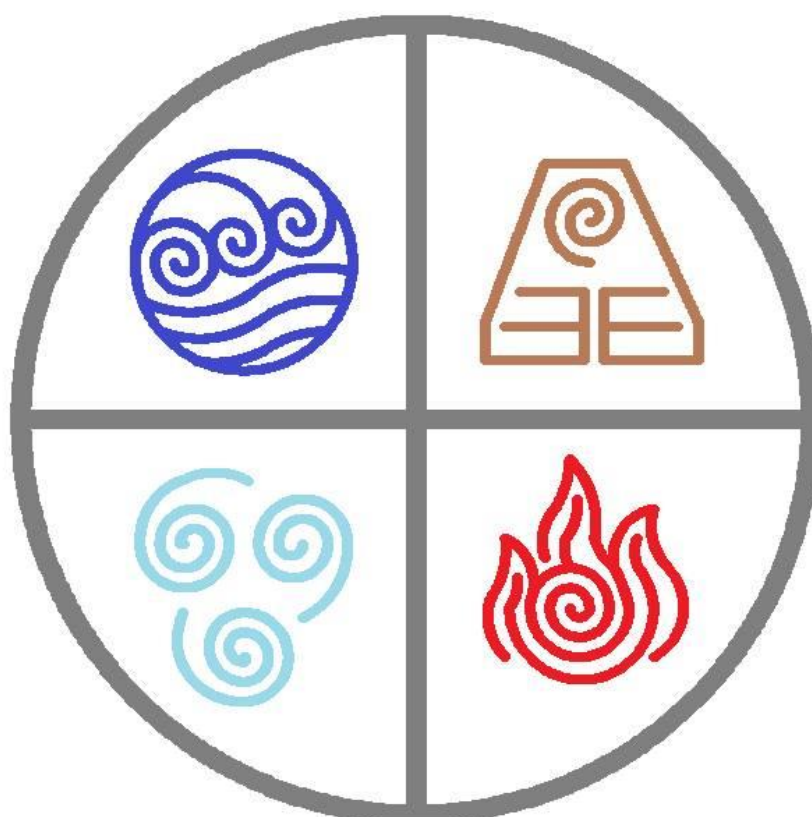
G01 Z1

G00 X32.75 Y17.5

G01 Z-6

G02 X32.55 Y19 R2

G03 X33.15 Y21 R3

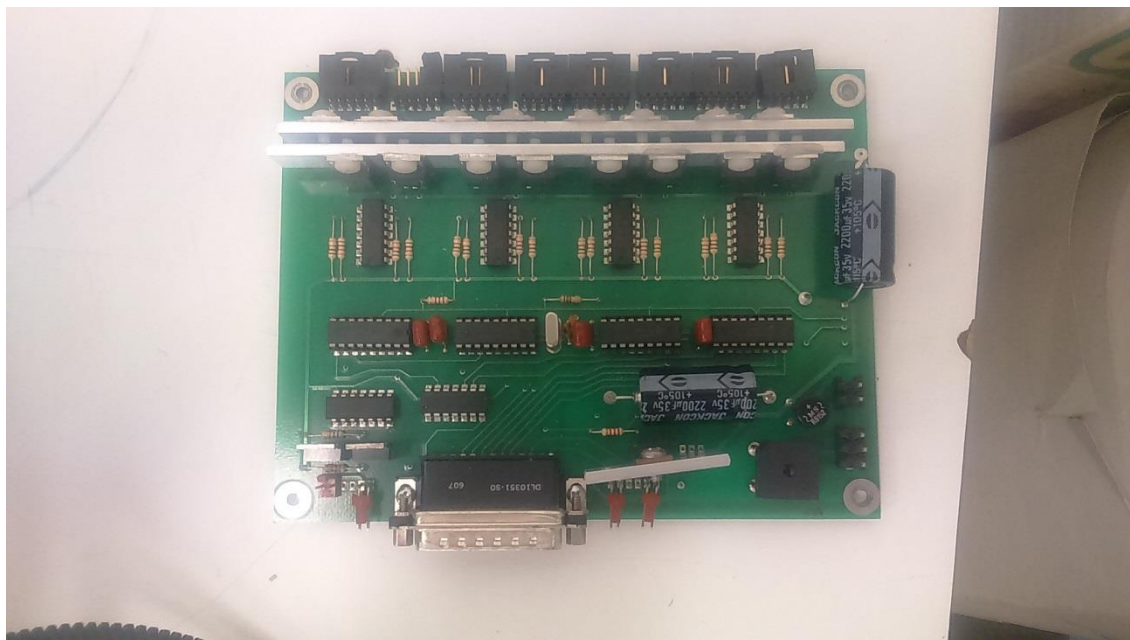


ΕΙΚΟΝΑ 2.18: Εικονικό αποτέλεσμα κοπής (κάτοψη)

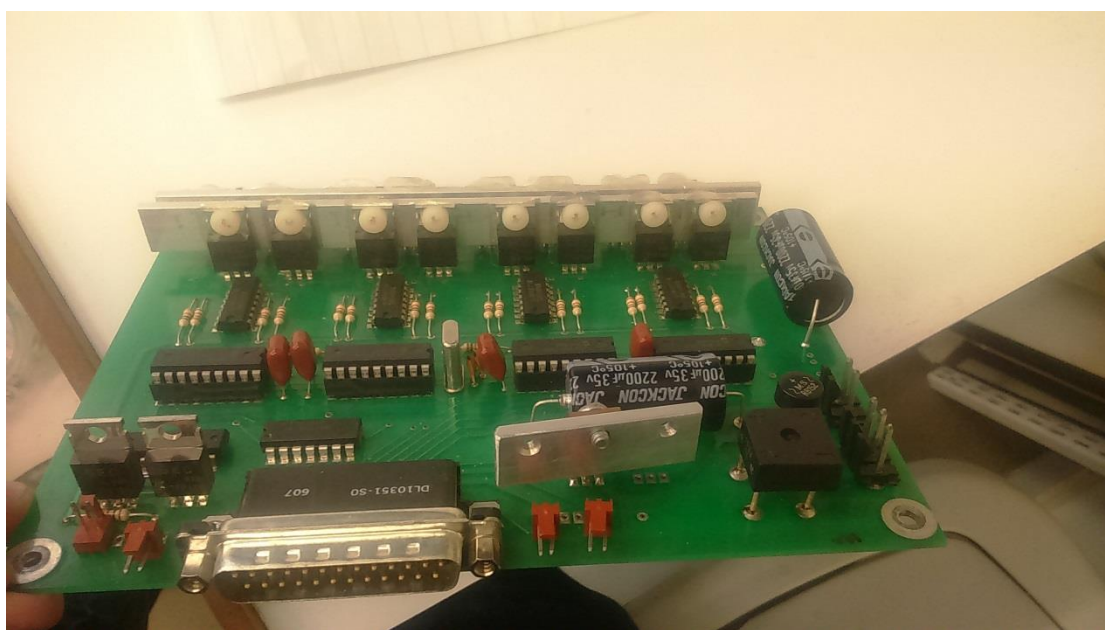
2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Αρχικά πριν αποφασίσουμε να φτιάξουμε δικό μας ελεγκτή ξεκινήσαμε με το να ψάξουμε να βρούμε ένα ανοιχτού κώδικα λογισμικό για τον εργοστασιακό ελεγκτή που υπήρχε στην MAXNC 15. Στην αρχή πληροφορηθήκαμε ότι όλα τα μηχανικά μέρη της φρέζας μας λειτουργούσαν και απλά χρειαζόμασταν ένα λογισμικό για να μπορεί να ελέγχετε από τον χρήστη διότι το λογισμικό που παρέχει η εταιρία με την αγορά της φρέζας είχε χαθεί. Η πρώτη μας σκέψη ήταν να επικοινωνήσουμε με την εταιρία μήπως γινόταν να μας στείλει το λογισμικό που είχαμε χάσει , αλλά επειδή το μοντέλο που διαθέτουμε είναι παλιό δεν το είχαν πλέον.

Επόμενο βήμα ήταν να βρούμε μόνοι μας ένα λογισμικό , το πρώτο που βρήκαμε που παρεχόταν δωρεάν και ήταν ανοιχτού κώδικα ήταν το "linuxcnc". Είναι ένα πρόγραμμα που δουλεύει στο λειτουργικό σύστημα Linux, είναι εύκολο στην εγκατάσταση έχει ενεργή κοινότητα και είναι συμβατό με τις περισσότερες εργαλειομηχανές. Αποφασίσαμε να το δοκιμάσουμε , το πρόβλημα που συναντήσαμε είναι πως έπρεπε να ρυθμίσουμε όλες τις παραμέτρους των κινητήρων των αξόνων καθώς και του ελεγκτή που είχαμε. Επειδή ο ελεγκτής της εργαλειομηχανής είναι της εταιρίας δεν μπορούσαμε να βρούμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά του για να φτιάξουμε τις ανάλογες ρυθμίσεις στο πρόγραμμα μας. Το ίδιο πρόβλημα παρουσιάστηκε και σε οποιοδήποτε άλλο λογισμικό δοκιμάσαμε. Συμπεράναμε λοιπόν πως θα έπρεπε να αφαιρέσουμε τον εργοστασιακό ελεγκτή και να προσπαθήσουμε να φτιάξουμε έναν δικό μας ελεγκτή.



Εικόνα 2.19: Εργοστασιακός ελεγκτής (κάτωψη)

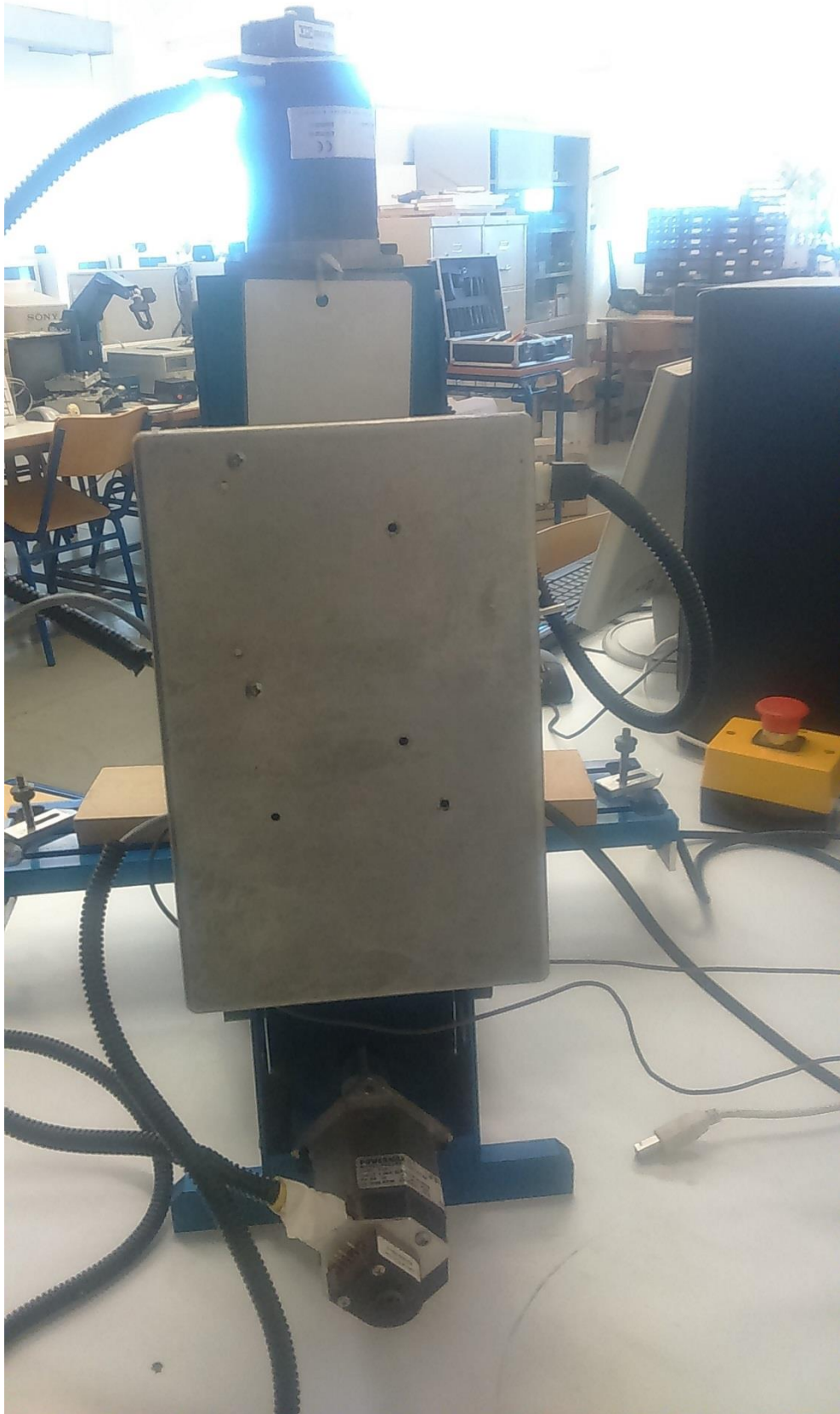


Εικόνα 2.20: Εργοστασιακός ελεγκτής (πρόσψη)

Πριν τον αφαιρέσουμε κρατήσαμε το μεταλλικό κουτί που περιείχε όλη την συνδεσμολογία του ελεγκτή καθώς και τα εξαρτήματα μετατροπής του ρεύματος και το ανεμιστηράκι για την ψύξη του ελεγκτή.



Εικόνα 2.21: Προστατευτικό κουτί (πλάγια όψη)

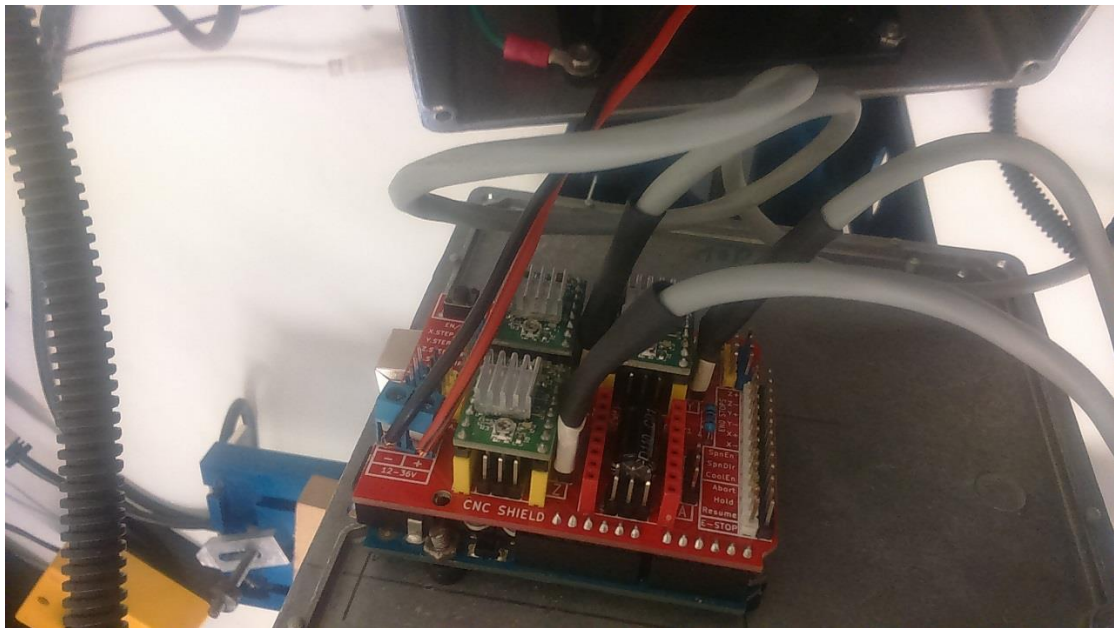


Εικόνα 2.22: Προστατευτικό κουτί (πίσω όψη)

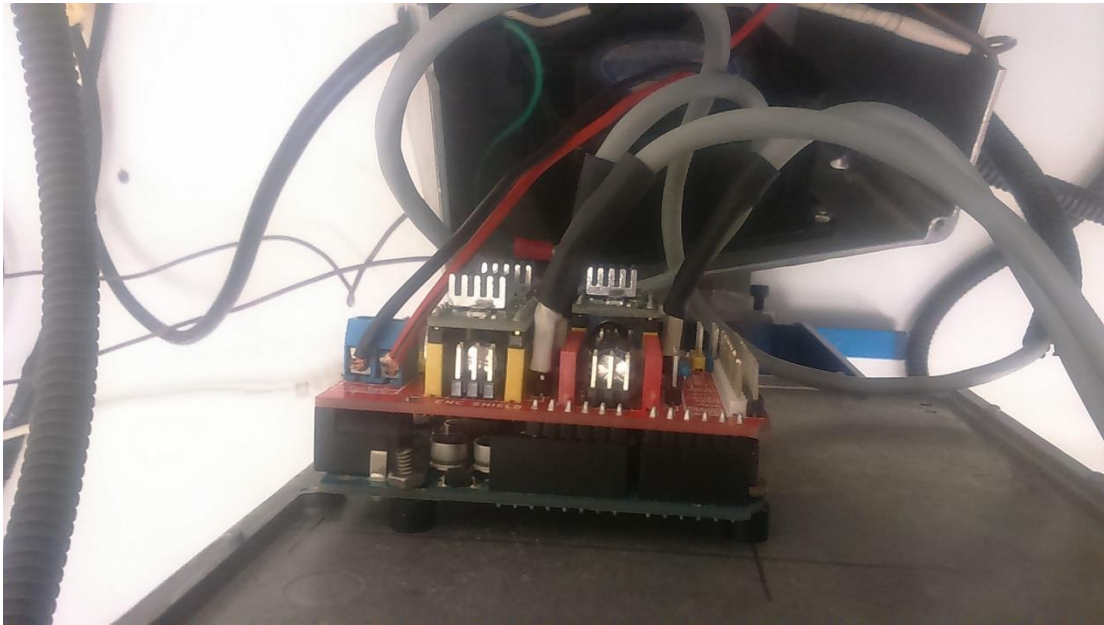


Εικόνα 2.23: Προστατευτικό κουτί (πλάγια όψη)

Μετά την αφαίρεση του παλιού ελεγκτή, ξεκινήσαμε την κατασκευή του δικού μας. Επιλέξαμε τον μικροελεγκτή Arduino Uno με βάση ότι τον είχαμε ξαναχρησιμοποιήσει για να διεξάγουμε άλλες εργαστηριακές ασκήσεις με αποτέλεσμα να έχουμε τις απαραίτητες βασικές γνώσεις ώστε να μπορούμε τον εκμεταλλευτούμε σωστά. Επίσης Μετά από έρευνα που κάναμε για το τι άλλο θα χρειαζόταν ο ελεγκτής μας καταλήξαμε ότι χρειαζόμαστε ένα εξάρτημα για την μετατροπή των παλμών του Arduino σε microstep για τον κινητήρα. Αυτό που βρήκαμε να προτείνεται είναι το ολοκληρωμένο A4988. Το μόνο που έμενε για την ολοκλήρωση του ελεγκτή μας είναι η σύνδεση μεταξύ των ολοκληρωμένων με το Arduino, όπου αυτό επετεύχθηκε με τη πλακέτα CNC Shield.



Εικόνα 2.24: Ελεγκτής με Arduino



Εικόνα 2.25: Ελεγκτής με Arduino

Παράλληλα με την κατασκευή του ελεγκτή μας κάναμε την έρευνα μας για το λογισμικό το οποίο θα ήταν φιλικό για τον χρήστη και φυσικά συμβατό με τον ελεγκτή και τη εργαλειομηχανή μας. Όπως έχουμε προαναφέρει το καταλληλότερο λογισμικό που βρήκαμε ήταν το Grbl Controller όπου πληροί όλες τις προϋποθέσεις που θέλαμε (Βλέπε εικόνες 2.15 και 2.16). Το μόνο που χρειαζόταν, πέρα από την εξοικείωση με το πρόγραμμα, ήταν να ρυθμίσουμε τις παραμέτρους για τους κινητήρες ώστε να έχουμε την επιθυμητή κίνηση. Με τα χαρακτηριστικά του κινητήρα και σύμφωνα με υπολογισμούς που κάναμε βρήκαμε τις σωστές παραμέτρους για να βάλουμε στο Grbl Controller.

Αφού πλέον είχαμε τελειώσει με τη κατασκευή του ελεγκτή και είχαμε βρει το λειτουργικό που θα χρησιμοποιούσαμε καθώς και τις παραμέτρους του, έμενε μόνο να ολοκληρώσουμε τις συνδέσεις και να την προετοιμάσουμε για χρήση από άλλους φοιτητές. Η πρώτη σύνδεση ήταν φυσικά οι κινητήρες με την πλακέτα CNC Shield. Ο κάθε κινητήρας έχει στην έξοδό του οκτώ καλώδια τα οποία συνδέονται σε ζευγάρια. Πρώτο μας μέλημα ήταν να ενώσουμε το κάθε ζευγάρι ώστε να βγάζει μια έξοδο. Στη συνέχεια τα τέσσερα, πλέον, καλώδια τα περιτυλίξαμε σε ένα καλώδιο, για πιο εύκολη συνδεσμολογία. Επίσης στη άκρη του καλωδίου συνδέσαμε μια σειρά από pins για να έχουμε πιο σταθερή σύνδεση. Τέλος συνδέσαμε το καλώδιο στην πλακέτα CNC Shield δίπλα από το ολοκληρωμένο A4988 (όπως φαίνεται στο

σχήμα 2.11 εκεί που υποδεικνύεται η ονομασία κάθε άξονα). Η παραπάνω διαδικασία έγινε για τον κάθε κινητήρα ξεχωριστά.

Μετά τη σύνδεση των κινητήρων έμενε να τα βάλουμε όλα μέσα στο κουτί του αρχικού ελεγκτή μαζί με τα υπόλοιπα υλικά που κρατήσαμε από αυτόν. Με τη χρήση ηλεκτρικού τρυπανιού ανοίξαμε προσεκτικά τέσσερις τρύπες για να βιδώσουμε τον ελεγκτή μας στο εσωτερικό του κουτιού. Για τα υλικά που ήδη υπήρχαν, όπως το ανεμιστηράκι, απλώς αλλάξαμε την διάταξή τους μέσα στο κουτί. Επίσης εκμεταλλευτήκαμε ένα προϋπάρχων διακόπτη όπου το χρησιμοποιήσαμε για την εκκίνηση της λειτουργίας και προσθέσαμε ένα ακόμα διακόπτη για την εκκίνηση του κοπτικού.



Εικόνα 2.26: Οι δύο διακόπτες



Εικόνα 2.27: Εσωτερικό προστατευτικού κουτιού

Εφόσον σιγουρευτήκαμε ότι είναι όλα έτοιμα και σε πλήρη λειτουργία αποφασίσαμε για λόγους ασφαλείας να προσθέσουμε ένα μπουτόν έκτακτης ανάγκης. Όπου διακόπτει τη παροχή ρεύματος στην εργαλειομηχανή.



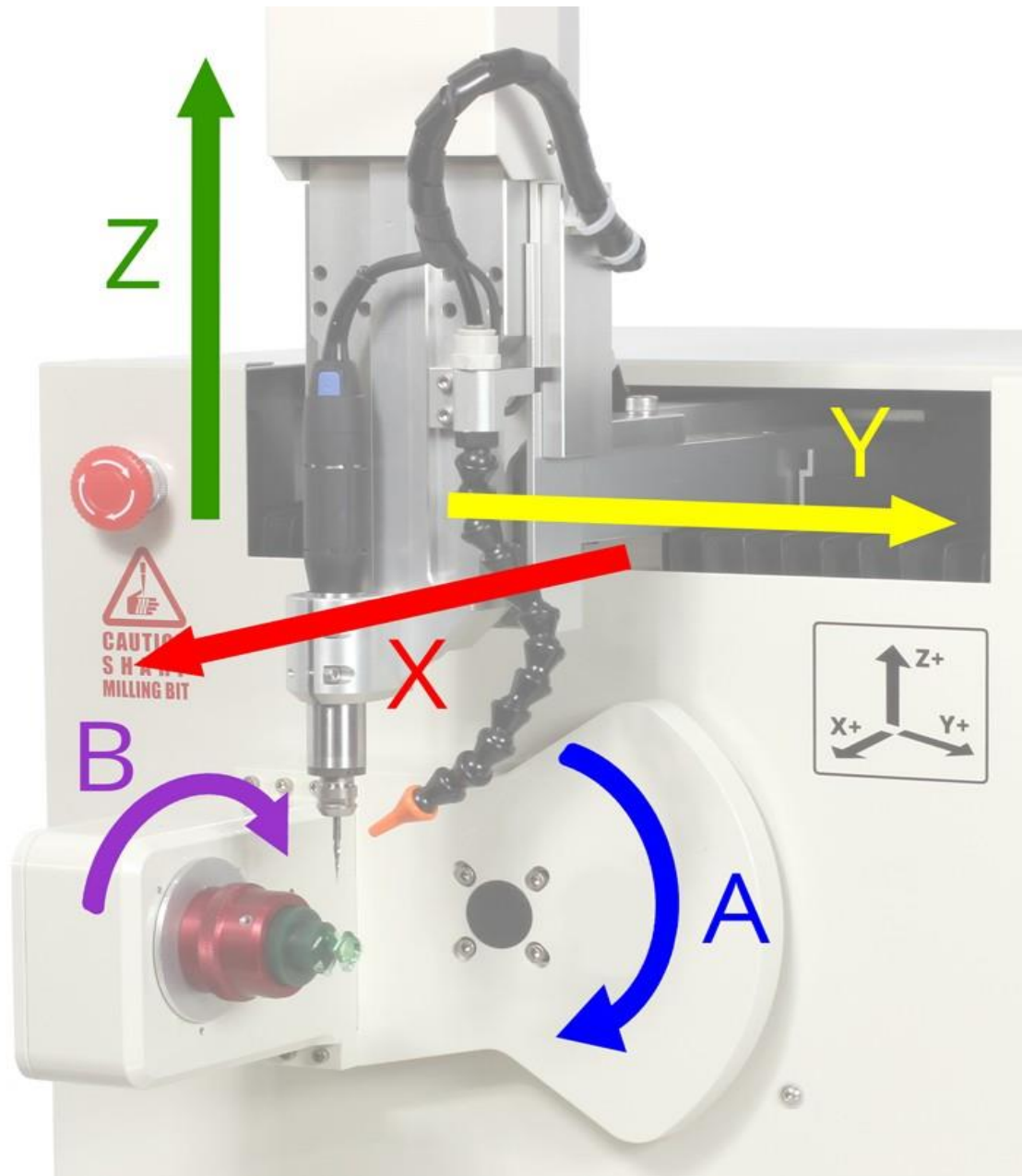
Εικόνα 2.28: Μπουτόν έκτακτης ανάγκης

3. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

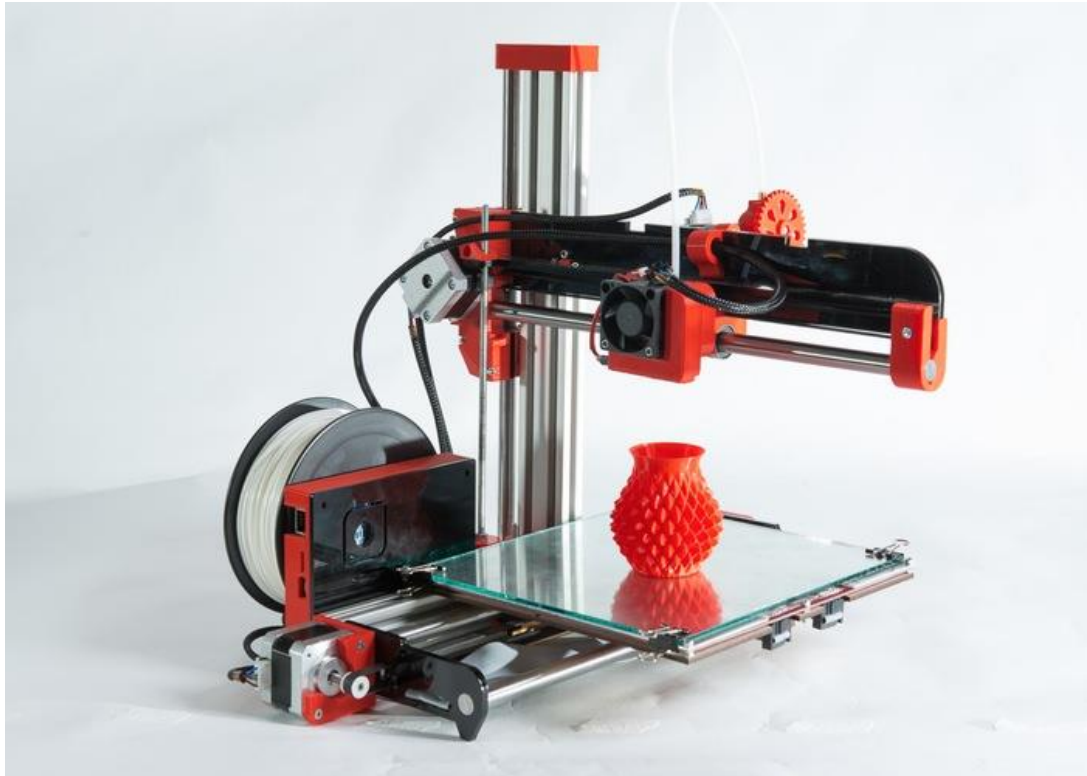
Ως μελλοντική εξέλιξη η φρέζα MAXNC 15 έχει δυνατότητα να βελτιστοποιηθεί ώστε να καλύψει μεγαλύτερο εύρος της τεχνολογίας CNC που αναπτύσσετε συνεχόμενα. Αρχικά για την καλύτερη λειτουργία της είναι δυνατόν να προστεθούν αισθητήρες στα όρια και των τριών αξόνων με αποτέλεσμα την διακοπή λειτουργίας του κάθε κινητήρα ξεχωριστά σε περίπτωση που το τραπέζι εργασίας φτάσει στο όριο κάποιου από τους άξονες. Επίσης γίνεται να παρεμβληθεί στο κοπτικό ένα μικρό κύκλωμα με ποτενσιόμετρο για να μπορούμε να ελέγχουμε την ταχύτητα περιστροφής του κοπτικού. Ακόμα για να έχουμε μακροζωία του κοπτικού καλό θα ήταν να υπάρχει ένα ελεγχόμενο σύστημα ψύξης της κοπής.

Η εργαλειομηχανή, μας παρείχε τέσσερις άξονες από τους οποίους εμείς χρησιμοποιήσαμε τους τρεις. Είναι δυνατόν με μετατροπή του κώδικα που έχει το GRBL software να του δώσουμε την δυνατότητα να αξιοποιήσει από τέσσερις και πάνω άξονες , η μετατροπή στον κώδικα χρειάζεται λόγο ότι τώρα υποστηρίζει μονό μέχρι και τρεις άξονες. Η σημερινές εργαλειομηχανές υποστηρίζουν πέντε βασικούς άξονες, X (μήκος) Y(πλάτος) Z(βάθος) και τον A οπου περιστρέφει ή δίνει μια ελαφριά κλίση στον άξονα X και τον B όπου κάνει την ίδια λειτουργία με τον A στον άξονα Y. Πέρα από τους πέντε βασικούς άξονες είναι δυνατόν να προσθέσουμε παραπάνω κεφαλές κοπτικών σε μια εργαλειομηχανή. Αυτές οι κεφαλές υπολογίζονται ως παραπάνω άξονες λόγο του ότι προγραμματίζονται με την ίδια λογική που προγραμματίζονται οι άξονες (βλ. εικόνα 3.1).

Τα τελευταία χρόνια έχει μπει δυναμικά στην CNC τεχνολογία η τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing). Με μερικές σχετικά απλές μετατροπές στην Φρέζα είναι εφικτό να γίνει ένας τρισδιάστατος εκτυπωτής. Οι δυο βασικές αλλαγές περιλαμβάνουν την αντικατάσταση του τραπεζιού εργασίας με ένα θερμαινόμενο τραπέζι (heated table) και του κοπτικού με μια ειδική κεφαλή που χρησιμοποιείτε από τους τρισδιάστατους εκτυπωτές. Ο τρόπος λειτουργίας παραμένει ίδιος καθώς και ο προγραμματισμός που χρησιμοποιούμε, η διάφορα βρίσκετε στο ότι δεν έχουμε αφαίρεση υλικού πλέον αλλά πρόσθεση διαδοχικών επάλληλων στρώσεων υλικού (βλ. [14]).



Εικόνα 3.1: Εργαλειομηχανή πέντε αξόνων



Εικόνα 3.2: Τρισδιάστατος εκτυπωτής

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] web: [https://en.wikipedia.org/wiki/Milling_\(machining\)#History](https://en.wikipedia.org/wiki/Milling_(machining)#History)
- [2] web: http://www.kanabco.com/vms/cnc_control/cnc_control_03.html
- [3] web: https://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor
- [4] web:
<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/B1CC4C64ABBC7D3C86257BC70017B9E2>
- [5] web:
https://www.pololu.com/file/0J450/a4988_DMOS_microstepping_driver_with_t_ranslator.pdf
- [6] web: <https://www.arduino.cc>
- [7] web: <http://blog.protoneer.co.nz/arduino-cnc-shield/>
- [8] web: <http://www.engineersgarage.com/tutorials/what-is-hex-file-format>
- [9] web: <https://github.com/grbl/grbl/wiki/Flashing-Grbl-to-an-Arduino>
- [10] web: <http://russemotto.com/xloader/>
- [11] web: <http://zapmaker.org/projects/grbl-controller-3-0/>
- [12] web: <https://en.wikipedia.org/wiki/G-code>
- [13] web:
http://auto.teipir.gr/sites/default/files/cnc_simeioseis_programmatos_ver_1.0.pdf
- [14] web:
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CF%83%CF%84%CE%B1%CF%84%CE%B7_%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%8D%CF%80%CF%89%CF%83%CE%B7

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

- Εικόνα 1.1:** [https://en.wikipedia.org/wiki/Milling_\(machining\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Milling_(machining))
- Εικόνα 1.2:** [https://en.wikipedia.org/wiki/Milling_\(machining\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Milling_(machining))
- Εικόνα 1.3:** [https://en.wikipedia.org/wiki/Milling_\(machining\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Milling_(machining))
- Εικόνα 1.4:** <http://www.turbosquid.com/3d-models/3d-bridgeport-milling-machine/749083>
- Εικόνα 2.2:** http://www.kanabco.com/vms/cnc_control/cnc_control_03.html
- Εικόνα 2.3:** http://www.kanabco.com/vms/cnc_control/cnc_control_03.html
- Εικόνα 2.4:** <http://www.ebay.com/itm/191409379495>
- Εικόνα 2.5:** <http://www.dubuque-forsale.com/This-Year-Ads/Dayton-universal-ac-dc-motor-1-hp-2M191.php>
- Εικόνα 2.6:** <https://www.pololu.com/product/1182>
- Εικόνα 2.7:** <https://www.pololu.com/product/1182>
- Εικόνα 2.8:** <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=84190.0>
- Εικόνα 2.9:** <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- Εικόνα 2.10:** <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=6642.0>
- Εικόνα 2.11:**
<http://cdn.instructables.com/FY8/U2FI/HV9HRL6Q/FY8U2FIHV9HRL6Q.LARGE.jpg>
- Εικόνα 2.12:** <http://blog.protoneer.co.nz/arduino-cnc-shield/arduino-cnc-shield-v3-layout/>
- Εικόνα 2.13:** <https://github.com/grbl/grbl/wiki/Connecting-Grbl>
- Εικόνα 2.14:** <http://williamson-labs.com/images/pwr-supply-fullwave-net-420.gif>
- Εικόνα 2.17:** <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=279682.0>
- Εικόνα 2.18:** Το σχήμα που απεικονίζετε είναι εμπνευσμένο από την τηλεοπτική σειρά avatar the last airbender.
- Εικόνα 3.1:** <http://miramill.com/mira/>

Εικόνα 3.2: <http://fablab.saul.ie/events/workshop-open-source-3dprinter/> ,
<http://www.amazon.com/Printrbot-Assembled-Metal-Simple-Filament/dp/B00IYC60IM>