



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ Τ.Ε.Ι. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ Τ.Ε.



Πτυχιακή Εργασία

Μελέτη και Κατασκευή Μικρού Σχεδιαστικού CNC



Του Φοιτητή

Κόκκα Γεώργιου του Νικολάου

Αρ. Μητρώου: 092660

Επιβλέπων Καθηγητής

Φώτης Στεργιόπουλος

Θεσσαλονίκη, Μάιος 2017

ΔΗΛΩΣΗ ΦΟΙΤΗΤΗ στο εσώφυλλο (copyright notice)

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία και τα συμπεράσματά της, σε οποιαδήποτε μορφή, αποτελούν συνιδιοκτησία του Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε. του Αλεξάνδρειου ΤΕΙ Θεσσαλονίκης και του φοιτητή. Οι προαναφερόμενοι διατηρούν το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης και αναπαραγωγής (τμηματικά ή συνολικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να αναφέρεται ο τίτλος, ο συγγραφέας, ο επιβλέπων και το τμήμα του ΑΤΕΙΘ.

Η έγκριση της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε. δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Ο υπογεγραμμένος δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα Πτυχιακή Εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μου έργο και συγγράφηκε ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε.

Δηλώνω υπεύθυνα ότι κατά τη συγγραφή ακολούθησα την πρόποσα ακαδημαϊκή δεοντολογία αποφυγής λογοκλοπής και έχω αποφύγει οποιαδήποτε ενέργεια που συνιστά παράπτωμα λογοκλοπής.

(Όνομα, Υπογραφή, Ημερομηνία)

Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία αυτή αφορά την κατασκευή ενός μικρού σχεδιαστικού CNC. Βασικά μέρη της κατασκευής αυτής απαρτίζονται από 2 παλιά και χαλασμένα CD/DVD ROM τα οποία προτιμήθηκαν για λόγους χαμηλού κόστους.

Για την κίνηση των αξόνων X και Y επιλέξαμε τους 2 βηματικούς κινητήρες που υπήρχαν μέσα στα παλιά CD/DVD ROM, οι οποίοι κάλυπταν τις απαιτήσεις της κατασκευής μας. Για την κίνηση του άξονα Z επιλέξαμε ένα σερβοκινητήρα.

Ο ελεγκτής της κατασκευής μας αποτελείται από έναν Arduino UNO, ένα CNC shield V3 και 2 ολοκληρωμένα A4988 για την οδήγηση των βηματικών κινητήρων.

Το λογισμικό πρόγραμμα επικοινωνίας UGS με το CNC βασίζεται σε δωρεάν εφαρμογή από το διαδίκτυο χωρίς να χρειάζεται κάποια περαιτέρω παρέμβαση από εμάς. Επίσης το GRBL είναι η βιβλιοθήκη που περάσαμε στο Arduino έτσι ώστε να μεταφράζει g code.

Τέλος, το εργαλείο σχεδίασης είναι ένα μαρκαδοράκι σχεδίου με μύτη 0,1 mm καθώς και η δραστική επιφάνεια σχεδίασης είναι ένα χαρτάκι σημειώσεων 25x25mm.

Abstract

This thesis is all about the construction of a small drawing CNC machine. Key parts of this build consist of 2 old and scrap CD / DVD ROMs that were preferred for low cost reasons.

For the movement of X and Y axes we chose the 2 step motors existing in the old CD / DVD ROMs, which covered the requirements of our construction. For the movement of the Z-axis we selected a servomotor.

The controller of our construction consists of an Arduino UNO, a CNC shield V3 and two integrated A4988 for driving the stepper motors.

The UGS communication software with the CNC is based on a free internet application without the need for any further intervention from us. Also, GRBL is the library we uploaded to Arduino so that it interpretate g code.

Finally, the design tool is a 0.1 mm design marker and the design surface is a note paper of 25x25mm.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή στις εργαλειομηχανές CNC

1.1	Ιστορική αναδρομή.....	6
1.2	Ορισμός των CNC.....	7
1.3	Εργαλειομηχανές CNC.....	7
1.3.1	Είδη εργαλειομηχανών CNC.....	8
1.4	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των CNC.....	10
1.5	Λογισμικά CAM/CAD/CAE.....	10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Σχεδίαση του CNC

2.1	Επιλογή του CNC.....	13
2.1.1	CD/DVD ROM.....	13
2.1.2	CD/DVD ROM βηματικοί κινητήρες.....	14
2.1.3	Σερβοκινητήρας - άξονας Z.....	15
2.1.4	Άξονας Z - Εξάρτημα επαφής σχεδιαστικού εργαλείου... ..	17
2.1.5	Συναρμολόγηση της κατασκευής.....	19
2.2	Arduino UNO.....	20
2.3	A4988.....	23
2.4	CNC shield v3.....	25
2.5	Τροφοδοτικό.....	26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Λογισμικό

3.1	Arduino IDE.....	27
3.2	GRBL library.....	28
3.3	G-Code.....	29
3.4	Universal Gcode Sender (UGS)	31
3.5	Inkscape.....	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Κατασκευή και λειτουργία του CNC

4.1	Συνδεσμολογία του ελεγκτή.....	33
-----	--------------------------------	----

4.2 Ρυθμίσεις στο UGS.....	35
4.3 Σχεδιαστικό CNC σε λειτουργία.....	36
4.4 Παραδείγματα σχεδίασης.....	38
4.5 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν.....	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Μελλοντικές βελτιώσεις

5.1 Σχεδιασμός PCB πλακετών.....	41
5.2 Εργαλείο κοπής Laser.....	42
5.3 3D εκτυπωτής.....	43

<u>Βιβλιογραφία</u>	44
----------------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή στις εργαλειομηχανές CNC

1.1 Ιστορική αναδρομή

Εργαλειομηχανή ονομάζεται μία μηχανή η οποία χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στην κατασκευή μεταλλικών εξαρτημάτων , με την απομάκρυνση υλικού. Ο όρος *Εργαλειομηχανή*, χρησιμοποιείται για μηχανές οι οποίες έχουν ως κινητήρια δύναμη οποιαδήποτε πηγή, εκτός από τον άνθρωπο.

Αρχικά, οι εργαλειομηχανές είχαν ως κινητήρια δύναμη τα ζώα και το νερό, ενώ στη συνέχεια, με την βιομηχανική επανάσταση, τον ατμό. Σήμερα, όλες οι εργαλειομηχανές κινούνται με τον ηλεκτρισμό. Ο έλεγχος των εργαλειομηχανών γίνεται είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα. Οι πρώτες εργαλειομηχανές είχαν μεγάλους σφονδύλους για να σταθεροποιήσουν την κίνηση, καθώς και ένα πολύπλοκο σύστημα γραναζιών και μοχλών για τον έλεγχο τους.

Η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας, μετά το τέλος του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου, δεν θα μπορούσε να αφήσει ανεπηρέαστη τη μηχανουργική τεχνολογία. Η πρώτη εργαλειομηχανή με υπολογιστή κατασκευάστηκε το 1952 στις Η.Π.Α., για την κατασκευή τμημάτων αεροπλάνων που ήταν δύσκολο να κατασκευαστούν με το χέρι. Οι πρώτες αυτόματες μηχανές ονομάζονταν *NC (Numerical Control)* και λειτουργούσαν με διάτρητες ταινίες. Το κόστος των μηχανημάτων αυτών ήταν υψηλό και η απόδοσή τους χαμηλή (**Εικ 1.1**).

Στη συνέχεια με την εξέλιξη των μικροτσίπ και την ανάπτυξη των λειτουργικών συστημάτων, μειώθηκε κατά πολύ το κόστος λειτουργίας τους, ενώ αυξήθηκε η αξιοπιστία τους, η δυσλειτουργικότητα τους και οι δυνατότητές τους. Η εξέλιξη της τεχνολογίας επέτρεψε στο χρήστη να κάνει τον προγραμματισμό χωρίς την χρήση διάτρητων ταινιών. Η επικοινωνία χρήστη μηχανήματος είναι πλέον άμεση και πιο φιλική. Οι εργαλειομηχανές αυτές διαφέρουν από τους προκατόχους τους, και ονομάζονται πλέον *CNC (Computer Numerical Control)* (**Εικ1.2**). Η τελευταία γενιά μηχανημάτων ψηφιακής καθοδήγησης, έχουν την δυνατότητα να συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός *H/Y*. Τα μηχανήματα αυτά νέας γενεάς ονομάζονται *DNC (Direct Numerical Control)*.

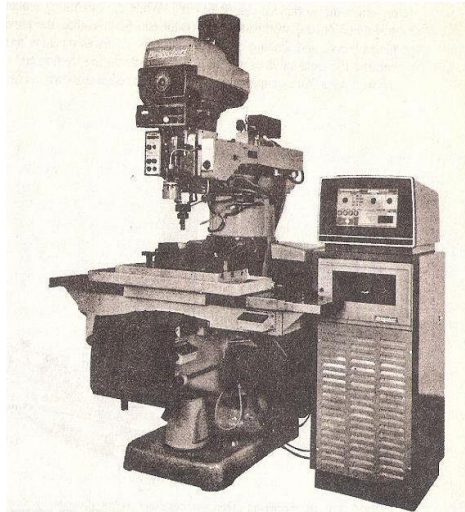


FIGURE 7.2 NC system showing machine tool and controller. (Courtesy of Bridgeport Machines Division of Textron Inc.)

Εικ 1.1 NC εργαλειομηχανή



Εικ 1.2 CNC εργαλειομηχανή

1.2 Ορισμός του CNC

Με τον όρο *Μηχανήματα Ψηφιακής Καθοδήγησης* ή *αριθμητικού ελέγχου* αναφερόμαστε σε μηχανήματα τα οποία συνοδεύονται από συστήματα ψηφιακής καθοδήγησης του μηχανολογικού εξοπλισμού, που αποδίδεται στη διεθνή ορολογία *CNC (Computer Numerically Controlled)*. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν ειδικό υπολογιστή μέσω του οποίου μεταβιβάζονται ηλεκτρονικά διάφορες εντολές στα μέσα κατεργασίας του μηχανήματος και εκτελούνται οι διάφορες μορφές κατεργασίας.

1.3 Εργαλειομηχανές CNC

Στις εργαλειομηχανές *CNC (Computer Numerical Control Machines)* όλες οι λειτουργίες ελέγχονται από ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η μηχανή αποτελείται από δύο βασικά τμήματα: το υλικό και λογισμικό του ελεγκτή (controller) και την ίδια την εργαλειομηχανή. Ο ελεγκτής είναι ένας Η/Υ που εκτελεί προγραμματιζόμενες εντολές, υπολογίζει τις ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν στην μηχανή και ελέγχει και οδηγεί τους

μηχανισμούς κίνησης του εργαλείου ώστε η μηχανή να είναι κάτω από συνολικό έλεγχο.

Ο έλεγχος των μηχανών με αριθμητικό έλεγχο έχει επιφέρει επανάσταση στον κατασκευαστικό τομέα. Η τεχνολογία CNC μπορεί να προσαρμοστεί σε οποιοδήποτε είδος μηχανής ή οποιαδήποτε διαδικασία η οποία απαιτεί καθοδήγηση από τον άνθρωπο. Όπως συμβαίνει με όλα τα συστήματα, οι λόγοι που επιβάλλουν τη χρήση των εργαλειομηχανών CNC είναι όχι μόνο τεχνικοί αλλά και οικονομικοί.

Ένας τυπικός CNC ελεγκτής είναι εφοδιασμένος με πληκτρολόγιο και οθόνη. Το πληκτρολόγιο είναι το κύριο μέσο επικοινωνίας ανάμεσα στον εργαζόμενο και τη μηχανή και χρησιμοποιείται για την εισαγωγή εντολών, το φόρτωμα προγραμμάτων, το ξεκίνημα και τον έλεγχο της προόδου του μηχανήματος κατεργασίας. Υπάρχει επίσης οδηγός δισκέτας για την εισαγωγή του προγράμματος ενώ κάποιοι ελεγκτές συνδέονται απευθείας με άλλους υπολογιστές διαμέσου τοπικού δικτύου. Οι ελεγκτές αριθμητικού ελέγχου χρειάζονται ένα σύστημα συντεταγμένων για να προσδιορίζουν τις διαστάσεις των κατεργαζόμενων υλικών, εργαλείων και άλλων εξαρτημάτων στον χώρο εργασίας της μηχανής. Το σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιείται είναι συνήθως το καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων των τριών αξόνων που τέμνονται σε ορθή γωνία.

Ένα μηχάνημα CNC (π.χ. κέντρο εργασίας) έχει τουλάχιστον τρεις άξονες κίνησης των μέσων κατεργασίας, τους X και Y που αναφέρονται στην οριζόντια κίνηση και τον Z που αναφέρεται στην κατακόρυφη κίνηση. Εκτός από αυτούς τους τρεις άξονες μπορεί να έχει και άλλους όπως τους άξονες A, B, και Γ ως άξονες περιστροφής γύρω από τους άξονες X, Y και Z. Ο κάθε άξονας προσδίδει στην μηχανή και ένα βαθμό ελευθερίας.

1.3.1 Είδη εργαλειομηχανών CNC

Η διευρυμένη εφαρμογή της τεχνολογίας CNC έχει επιτρέψει την χρήση της σχεδόν σε όλους τους τύπους μηχανημάτων για την

παραγωγή και επεξεργασία εξαρτημάτων. Οι βασικές κατηγορίες εργαλειομηχανών είναι οι εξής:

- Ο τόνος
- Η φρέζα
- Το δράπανο
- Ο λειαντικός τροχός
- Router(δρομολογητές)
- Κοπής νερού
- Κατασκευής πρωτοτύπων(PCB)
- Κέντρα κοπής - συγκόλλησης Lazer
- Κέντρα κατεργασιών
- Λοιπές ειδικές εφαρμογές

Η CNC κατασκευή που πραγματοποιήσα και θα αναληθεί παρακάτω ακολουθεί τη δομή και τη λογική ενός CNC router (δρομολογητή).**(Εικ. 1.3)**



Εικ. 1.3 CNC router machine

1.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των CNC

Όπως είναι λογικό η ανατερότητα των ψηφιακά καθοδηγούμενων εργαλειομηχανών, σε σχέση με τις αντίστοιχες συμβατικές, είναι φανερή.

Ωστόσο όμως αξίζει να αναφερθούν συνοπτικά τα κυριότερα πλεονεκτήματα, τα οποία είναι:

- Η ακρίβεια στην κατεργασία που κάνουν .Η αυτοματοποιημένη παραγωγή αυξάνει την παραγωγή και μειώνει τα λάθη.
- Οι συνθήκες εργασίας γίνονται καλύτερες, υπάρχει μεγαλύτερη ασφάλεια στον χώρο εργασίας, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι πιθανότητες ατυχήματος.
- Οι πιθανότητες ατυχήματος μειώνονται ενώ ταυτόχρονα ο χρόνος παραγωγής μειώνετε σημαντικά.
- Η αύξηση της παραγωγικότητας, της ποιότητας και κατά συνέπεια της ανταγωνιστικότητας της επιχείρησης.

Ωστόσο υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα, τα οποία γίνονται αισθητά κυρίως σε μικρά μηχανουργία, τα οποία είναι:

- Το μεγάλο κόστος αγοράς τους
- Ο χειρισμός του μηχανήματος απαιτεί εξειδικευμένο και εκπαιδευμένο προσωπικό με γνώσεις πάνω σε υπολογιστές και σε τεχνικά θέματα.

1.5 Λογισμικά CAM/CAD/CAE

- CAD - Computer Aided Design

Computer Aided Design (CAD) είναι η ψηφιακή δημιουργία ενός προϊόντος, εξαρτήματος ή συναρμολογήματος. Ως έννοια περιλαμβάνει τον αρχικό σχεδιασμό των ιδεών που σχετίζονται με τη

δημιουργία ενός αντικειμένου, το βιομηχανικό σχεδιασμό, που περιλαμβάνει το σχεδιασμό ελεύθερων επιφανειών, και μετέπειτα τον λεπτομερή σχεδιασμό που θα καθορίσει την τελική μορφή του προϊόντος, όπως την έχει συλλάβει ο σχεδιαστής. Η ψηφιακή αυτή δημιουργία μπορεί να γίνει αντικείμενο περαιτέρω ανάλυσης προτού πάρει έγκριση για να προωθηθεί στην παραγωγή. Η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, επιτρέπει γρήγορες και ακριβείς τροποποιήσεις και ελαχιστοποιεί τα λάθη που προέρχονται από τον ανθρώπινο παράγοντα. Χρησιμοποιώντας κάποιο CAD λογισμικό, μπορούν να παραχθούν πιο καινοτόμα σχέδια σε μικρότερο χρονικό διάστημα και με μικρότερο κόστος. Με ένα CAD λογισμικό για τρισδιάστατη στερεά μοντελοποίηση, υπάρχει καλύτερη αντίληψη του μοντέλου και δημιουργούνται σχέδια παραγωγής, τρισδιάστατα σχέδια, σχέδια διαδικασιών συναρμολόγησης, φωτορεαλιστικές εικόνες και κινηματική προσομοίωση.

- CAM - Computer Aided Manufacturing

Computer Aided Manufacturing είναι η διαδικασία όπου τα CAD δεδομένα επεξεργάζονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή για την καθοδήγηση CNC εργαλειομηχανών. Η ψηφιακή πληροφορία ενός κομματιού εισάγεται στο σύστημα CAM από το λογισμικό CAO. Η πληροφορία μπορεί να είναι σε δυοδιάστατη (2D) ή τρισδιάστατη (3D) μορφή, ανάλογα με την κατεργασία για την οποία προορίζεται.

- CAE - Computer Aided Engineering

Computer Aided Engineering είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την προσομοίωση, την επαλήθευση και την ανάλυση που πραγματοποιείται σε ένα ψηφιακό μοντέλο, προϊόν ή συναρμολόγημα, με τη βοήθεια του Η/Υ. Με τα προγράμματα CAE, εξετάζεται και αξιολογείται η απόδοση ενός προϊόντος, πριν το στάδιο της παραγωγής, χωρίς να χρειαστεί να δημιουργηθεί ένα φυσικό πρωτότυπο. Με εξελιγμένα εργαλεία προσομοίωσης και ανάλυσης, οι μηχανικοί μπορούν να δοκιμάσουν τη δομική και τη θερμική απόδοση, τις δονήσεις, την ανθεκτικότητα και την

κινησιακή απόδοση του προϊόντος, από το τρισδιάστατο CAD σχέδιο. Ορισμένα CAD/CAM συστήματα περιλαμβάνουν κάποια απλά εργαλεία ανάλυσης, αλλά για πιο απαιτητικές αναλύσεις, υπάρχουν πιο εξειδικευμένα προγράμματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Σχεδίαση του CNC

2.1 Επιλογή του CNC

Ο τύπος CNC που επιλέξαμε να κατασκευάσουμε ανήκει στην κατηγορία των CNC routers (δρομολογητών) τριών αξόνων. Λόγο του ότι πρόκειται για πτυχιακή εργασία, σκεφτήκαμε να είναι μια κατασκευή απο παλιά CD/DVD ROM και να έχει μικρές διαστάσεις, έτσι ώστε το κόστος κατασκευής να είναι χαμηλό, αλλά συγχρόνως να είναι λειτουργικό και να ανταποκρίνεται επιτυχώς στις απαιτήσεις της εργασίας.

2.1.1 CD/DVD ROM

Τα κουτία (Εικ 2.1) από τα CD/DVD ROM χρησιμοποιήθηκαν σαν βάση για την κατασκευή του CNC σχεδιαστικού. Έγιναν από 4 τρύπες στο καθένα μεγέθους 6mm για να εφαρμοστούν επάνω τους οι βηματικοί κινητήρες.



Εικ 2.1 CD/DV ROM



Εικ 2.2 οι τρύπες που έγιναν

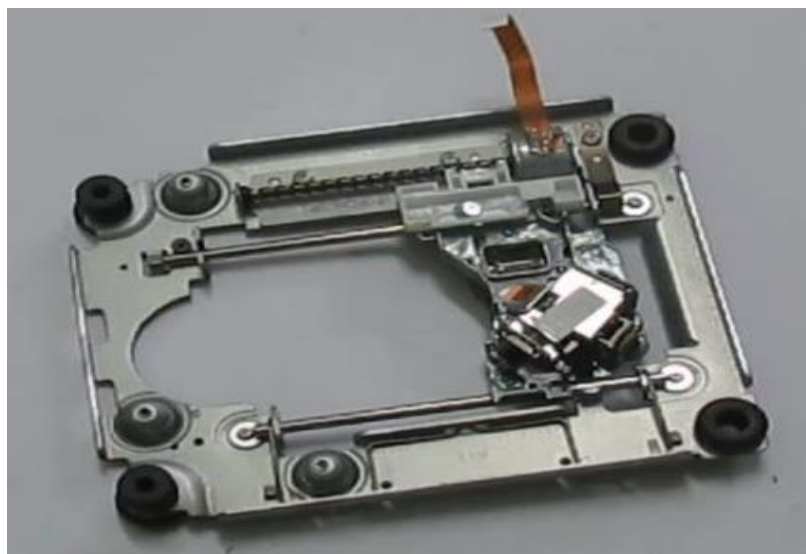
2.1.2 CD/DVD ROM βηματικοί κινητήρες

Αφού αφαιρέθηκαν από το εσωτερικό των κουτιών, ελέχθηκαν τα πηνία έτσι ώστε να βρεθούν τα ζεύγη (**Εικ 2.2**) . Έπειτα έγιναν κολλήσεις καινούργιων καλωδίων με χρωματικό διαχωρισμό για μεγαλύτερη ευκολία. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν πάνω στα κουτιά τα οποία είχαν στερεωθεί σε σχήμα «L».

Οι βηματικοί αυτοί κινητήρες θα είναι υπεύθυνοι για την κίνηση των αξόνων X και Y.

Οι βηματικοί κινητήρες είναι σύγχρονοι ηλεκτρικοί κινητήρες που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική. Ειδικότερα ως βηματικός κινητήρας ορίζεται μια ηλεκτρομηχανική συσκευή η οποία μετατρέπει τους ηλεκτρικούς παλμούς σε ιδιαίτερες μηχανικές κινήσεις, δηλαδή σε πολλαπλά μηχανικά βήματα. Οι κινήσεις αυτές μπορεί να είναι είτε κυκλικές (περιστροφικός κινητήρας) είτε γραμμικές (γραμμικός κινητήρας). Τα βασικά χαρακτηριστικά τους είναι:

- Έχουν γωνία περιστροφής μεγαλύτερη των 360⁰
- Μικρή ροπή
- Δεν διαθέτουν ενσωματωμένα γρανάζια μείωσης στροφών
- Απαιτείται αρχικοποίηση για τον έλεγχο θέσης του άξονα
- Χρειάζονται εξωτερικό κυκλώματος οδήγησης
- Μικρό κόστος



Εικ 2.4 οι βηματικοί κινητήρες CD/DVD ROM

2.1.3 Σερβοκινητήρας - άξονας Z

Οι σερβοκινητήρες χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια στα συστήματα αυτόματου ελέγχου κλειστού βρόγχου και κυρίως σε εφαρμογές που απαιτείται έλεγχος ταχύτητας, θέσης και ροπής του άξονα του κινητήρα. Χρησιμοποιούνται σε ρομποτικούς βραχίονες, αυτόματες εργαλειομηχανές, τηλεκατευθυνόμενα μοντέλα και σε αυτόματα συστήματα πλοήγησης πλοίων και αεροπλάνων. Με την εξέλιξη των σερβοκινητήρων η τεχνολογία πέρασε από τον κλασσικό έλεγχο ταχύτητας (speed control) στο συνολικό έλεγχο κίνησης (motion control). Αυτή η εξέλιξη έπαιξε σημαντικό ρόλο στον τομέα της ρομποτικής αλλά και σε άλλες τεχνολογίες.

Ένας σερβοκινητήρας πρέπει να αναπτύσσει υψηλή ροπή ώστε να αλλάζει γρήγορα η ταχύτητα του, να περιστρέφεται σταθερά σε μεγάλη περιοχή ταχυτήτων και να έχει υψηλή ταχύτητα απόκρισης στις εντολές του συστήματος ελέγχου. Οι σερβοκινητήρες δεν μπορούν να επιτελέσουν την τόσο σημαντική λειτουργία τους λειτουργώντας μεμονωμένα, αλλά αποτελούν το βασικό στοιχείο ενός συστήματος αυτοματισμού που επιτελεί

έλεγχο κίνησης. Στο συνολικό σερβοσύστημα εντάσσονται εκτός από τον σερβοκινητήρα, η μονάδα ελέγχου που στην πλειοψηφία των περιπτώσεων είναι ένα PLC και ο σερβοενισχυτής (servodriver) που αποτελεί το συνδετικό κρίκο του συνολικού συστήματος.

Οι σερβοκινητήρες κατασκευαστικά μοιάζουν πολύ με τους κοινούς κινητήρες αλλά δεν είναι ίδιοι. Διαφέρουν στο ότι ενσωματώνουν διατάξεις μέτρησης και σύστημα ανάδρασης το οποίο χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με έναν σερβομηχανισμό οδήγησης με σκοπό να ελεγχθεί είτε η ροπή, είτε η ταχύτητα του, είτε η θέση του.

Οι σερβοκινητήρες μοντελισμού, τους οποίους χρησιμοποιώ για στην συγκεκριμένη εργασία, είναι μικρές συσκευές που έχουν έναν άξονα ο οποίος μπορεί να περιστρέφεται σε συγκεκριμένη γωνία (0 έως 180 μοίρες) που είναι ελεγχόμενη από τον χρήστη. Ο έλεγχος ενός σερβοκινητήρα γίνεται με την βοήθεια παλμών που επαναλαμβάνονται κάθε 20 msec (ή $1/0,02 = 50$ Hz). Το μήκος του παλμού ρυθμίζει και την γωνία του άξονα. Τέτοιες συσκευές υπάρχουν σε τηλεκατευθυνόμενα αεροπλανάκια, αυτοκίνητα και φυσικά σε robots.

Βασικά χαρακτηριστικά σερβοκινητήρα :

- Έχουν γωνία περιστροφής περίπου 180°
- Μεγάλη ροπή
- Διαθέτουν ενσωματωμένα γρανάζια μείωσης στροφών
- Διαθέτουν έλεγχο θέσης του άξονα
- Δεν χρειάζονται εξωτερικό κυκλώματος οδήγησης



Εικ. 2.5 Σερβοκινητήρας g9

Οι σερβοκινητήρες έχουν έναν κινητήρα, ένα ποτενσιόμετρο και ένα κύκλωμα ελέγχου που μετρά συνεχώς την τιμή του ποτενσιόμετρου. Το ποτενσιόμετρο είναι συνδεδεμένο στον άξονα. Καθώς ο άξονας περιστρέφεται αλλάζει και η τιμή του ποτενσιόμετρου. Έτσι το κύκλωμα ελέγχου γνωρίζει σε ποια θέση βρίσκεται ο άξονας. Βλέποντας το σήμα ελέγχου το κύκλωμα μετακινεί τον άξονα στην κατάλληλη θέση. Έχουν τρία καλώδια, δύο τροφοδοσίας και ένα του σήματος ελέγχου.

2.1.4 Άξονας Z - Εξάρτημα επαφής σχεδιαστικού εργαλείου

Σε αυτό το σημείο χρησιμοποίησα ένα κομμάτι που ήταν μέσα στο κουτί απο το CD ROM (**Εικ. 2.6**), το οποίο αφού το λήμαρα, τοποθέτησα και κόλλησα επάνω του τον σερβοκινητήρα με κόλλα σιλικόνης έτσι ώστε να κάνει την επιθυμητή κίνηση(up-down). Στην συνέχεια όλο μαζί το εφάρμοσα και το κόλλησα πάνω στο βηματικό κινητήρα που ευθύνεται για την κίνηση του άξονα X (**Εικ. 2.7**). Επίσης τοποθέτησα και ένα κομμάτι από μηχανικό διαβήτη για ευκολότερη πρόσβαση του μαρκαδόρου σχεδίου.



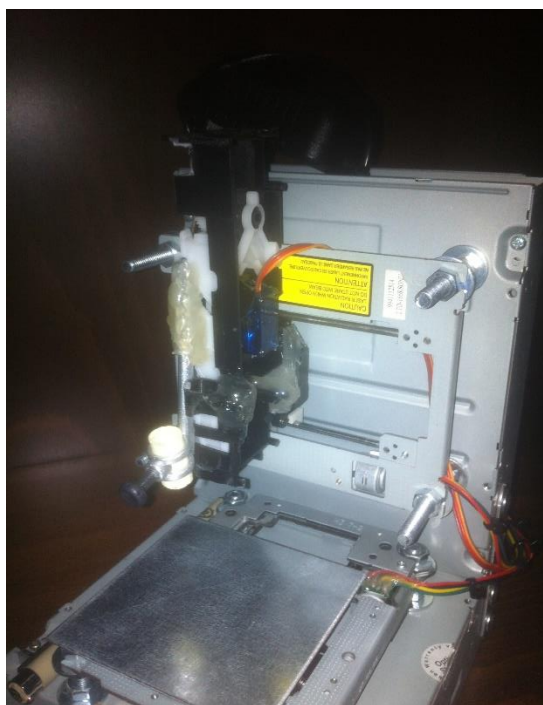
Εικ. 2.6 Εξάρτημα επαφής σχεδιαστικού εργαλείου



Εικ. 2.7 Το εξάρτημα επαφής στερεωμένο πάνω στον άξονα Χ

2.1.5 Συναρμολόγηση της κατασκευής

Σε αυτό το σημείο χρησιμοποίησα τις βίδες, τις ροδέλες και τα παξιμάδια προκειμένου να συναρμολογήσω την κατασκευή και να την φέρω στην τελική της μορφή (Εικ. 2.8). Επίσης τοποθετήσαμε στον άξονα Υ ένα κομάτι λαμαρίνας 8x8 cm το οποίο θα είναι η βάση της σχεδιαστικής επιφάνειας της κατασκευής μας. (Εικ. 2.10)



Εικ 2.8 CNC σχεδιαστικό(1)



Εικ 2.9 CNC σχεδιαστικό(1)



Εικ. 2.10 η βάση λαμαρίνας

2.2 Arduino UNO

Το Arduino είναι ένας single-board μικροελεγκτής, δηλαδή μια απλή μητρική πλακέτα ανοικτού κώδικα, με ενσωματωμένο μικροελεγκτή και εισόδους/εξόδους, και η οποία μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Wiring (ουσιαστικά πρόκειται για τη γλώσσα προγραμματισμού C++ και ένα σύνολο από βιβλιοθήκες, υλοποιημένες επίσης στην C++). Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ανεξάρτητων διαδραστικών αντικειμένων αλλά και να συνδεθεί με υπολογιστή μέσω προγραμμάτων σε Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider. Οι περισσότερες εκδόσεις του Arduino μπορούν να αγοραστούν προ-συναρμολογημένες. Το διάγραμμα και οι πληροφορίες για το υλικό είναι ελεύθερα διαθέσιμα για αυτούς που θέλουν να συναρμολογήσουν το Arduino μόνοι τους.



Εικ 2.11 Arduino UNO

Μία πλακέτα Arduino αποτελείται από ένα μικροελεγκτή Atmel AVR (ATmega328 και ATmega168 στις νεότερες εκδόσεις, ATmega8 στις παλαιότερες) και συμπληρωματικά εξαρτήματα για την διευκόλυνση του χρήστη στον προγραμματισμό και την ενσωμάτωσή του σε άλλα κυκλώματα. Όλες οι πλακέτες περιλαμβάνουν ένα γραμμικό ρυθμιστή

τάσης 5V και έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή 16MHz (ή κεραμικό αντηχητή σε κάποιες παραλλαγές). Ο μικροελεγκτής είναι από κατασκευής προγραμματισμένος με ένα bootloader, έτσι ώστε να μην χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής.

Σε εννοιολογικό επίπεδο, στην χρήση του Arduino software stack, όλα τα boards προγραμματίζονται με μία RS-232 σειριακή σύνδεση, αλλά ο τρόπος που επιτυγχάνεται αυτό διαφέρει σε κάθε hardware εκδοχή. Οι σειριακές πλάκες Arduino περιέχουν ένα απλό level shifter κύκλωμα για να μετατρέπει μεταξύ σήματος επιπέδου RS-232 και TTL. Τα τωρινά Arduino προγραμματίζονται μέσω USB· αυτό καθίσταται δυνατό μέσω της εφαρμογής προσαρμοστικών chip USB-to-Serial όπως το FTDI FT232.

Το Arduino nano και το Arduino-Compatible Bare Bones Board και Boarduino Board ενδέχεται να παρέχουν male header pins στο κάτω μέρος του board προκειμένου να συνδέονται σε Breadboards. Υπάρχουν πολλά boards συμβατά με και προερχόμενα από Arduino boards. Κάποια είναι λειτουργικά ισάξια με ένα Arduino και μπορεί να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά. Πολλοί είναι το βασικό Arduino με την προσθήκη καινοτόμων output drivers, συχνά για την χρήση σχολικής μόρφωσης για να απλοποιήσουν την κατασκευή buggies και μικρών robot. Άλλες είναι ηλεκτρικά ισάξια αλλά αλλάζουν τον παράγοντα μορφής, επιτρέποντας κάποιες φορές την συνεχόμενη χρήση των Shields ενώ κάποιες όχι. Κάποιες παραλλαγές είναι τελείως διαφορετικοί επεξεργαστές, με ποικίλα επίπεδα συμβατότητας.

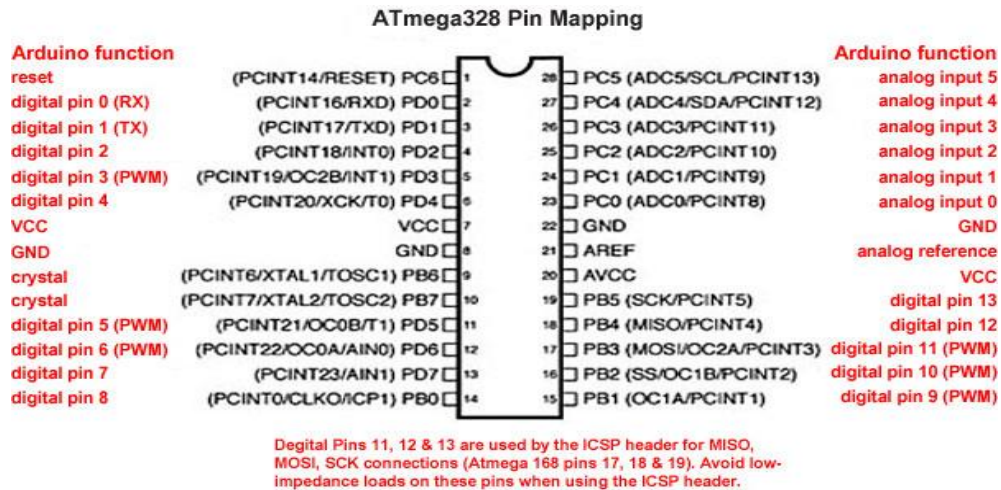
Τα Arduino συμβατά boards χρησιμοποιούν την τεχνολογία των shields, τωπωμένων boards επεκτάσεων κυκλωμάτων που συνδέονται στα κανονικά παρεχόμενα Arduino pin-headers. Τα shields μπορούν να παρέχουν έλεγχο στα motors, GPS, Ethernet, LCD εικόνας ή breadboarding (προτυποποίησης). Ένας αριθμός από ασπίδες μπορεί επίσης να γίνει και DIY.

GENERAL

Input Voltage	7-12 V
Digital I/O Pins	20 (of wich 6 provide PWM output)
PWM Output	6
PCB Size	53.4 x 68.6 mm
Weight	25 g
Product Code	A000066 (TH); A000073 (SMD)

ARDUINO MICROCONTROLLER

Microcontroller	ATmega328
Architecture	AVR
Operating Voltage	5 V
Flash memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
Clock Speed	16 MHz
Analog I/O Pins	6
EEPROM	1 KB
DC Current per I/O Pins	40 mA on I/O Pins; 50 mA on 3,3 V Pin



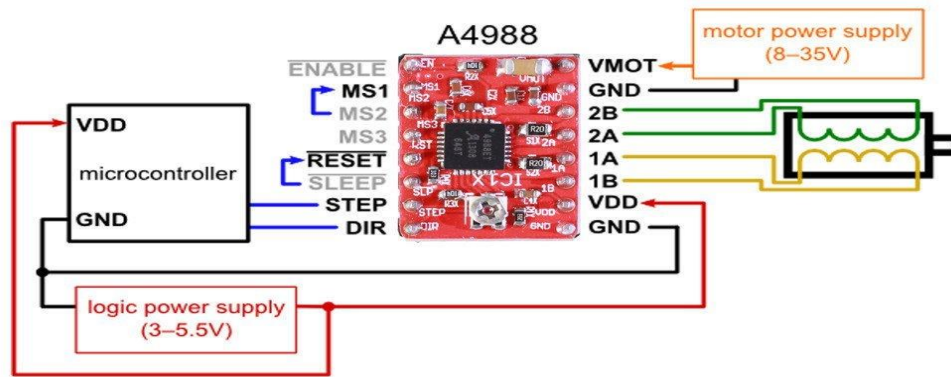
Εικ. 2.12 ATmega328 pin diagram

2.3 Driver α4988

Το α4988 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 8 μέχρι 35 volt και 2 ampere.



Εικ. 2.13 Το ολοκληρωμένο A4988



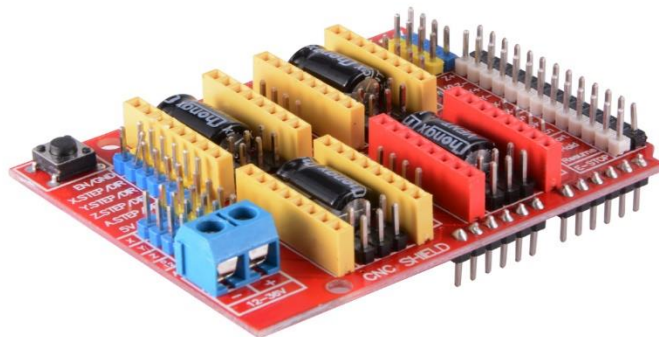
Εικ. 2.14 Σύνδεση α4988 με κινητήρα και μικροελεγκτή

M0	M1	M2	Microstep Resolution
Low	Low	Low	Full step
High	Low	Low	Half step
Low	High	Low	Quarter step
High	High	Low	Eighth step
High	High	High	Sixteenth step

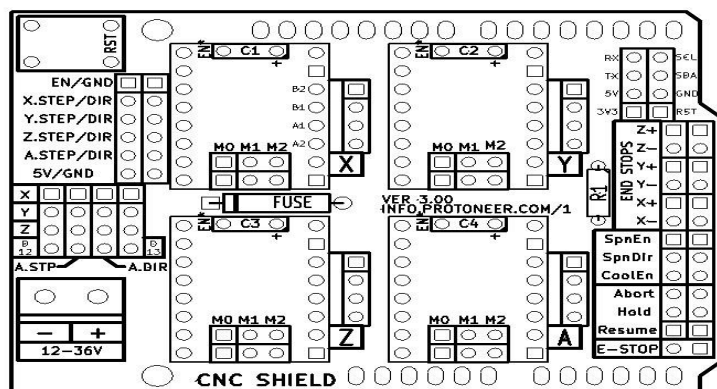
Εικ. 2.15 A4988 Stepper Driver configuration

2.4 CNC shield V3

Η πλακέτα cnc shield V3 είναι ο σύνδεσμος μεταξύ του arduino και των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων A4988. Για διευκόλυνση στην συνδεσμολογία χρησιμοποιήσαμε την συγκεκριμένη πλακέτα αντί να φτιάξουμε κύκλωμα για τον κάθε κινητήρα, καθώς μπαίνει πάνω στον arduino υπο που χρησιμοποιούμε.



Εικ. 2.16 CNC shield V3



Εικ. 2.17 Σχεδιο πλακέτας CNC shield

2.5 Τροφοδοτικό

Η κατασκευή μας τροφοδοτείται με 12 volt για την κίνηση των βηματικών κινητήρων. Χρησιμοποιήσαμε το τροφοδοτικό 12V 1A - Output 5.5x2.1 PSU-1601 για την τροφοδοσία της πλακέτας CNC shield V3, ενώ για την τροφοδοσία 5 Volt του Arduino υπο χρησιμοποιούμε Καλώδιο USB 2.0 A σε B και το συνδέουμε με τον Η/Υ.



Εικ. 2.18 τροφοδοτικό 12V 1A



Εικ. 2.18 Καλώδιο USB 2.0 A σε B

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Λογισμικό

3.1 Arduino IDE

Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino είναι μία εφαρμογή γραμμένη σε Java, που λειτουργεί σε πολλές πλατφόρμες και προέρχεται από το IDE για τη γλώσσα προγραμματισμού Processing και το σχέδιο Wiring. Έχει σχεδιαστεί για να εισαγάγει τον προγραμματισμό στους καλλιτέχνες και τους νέους που δεν είναι εξοικειωμένοι με την ανάπτυξη λογισμικού. Περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κώδικα με χαρακτηριστικά όπως είναι η επισήμανση σύνταξης και ο συνδυασμός αγκύλων και είναι επίσης σε θέση να μεταγλωττίζει και να φορτώνει προγράμματα στην πλακέτα με ένα μόνο κλικ. Δεν υπάρχει συνήθως καμία ανάγκη να επεξεργαστείτε αρχεία make ή να τρέξετε προγράμματα σε ένα περιβάλλον γραμμής εντολών. Ένα πρόγραμμα ή κώδικας που γράφτηκε για Arduino ονομάζεται *σκίτσο* (sketch).

Τα Arduino προγράμματα είναι γραμμένα σε C ή C++. Το Arduino IDE έρχεται με μια βιβλιοθήκη λογισμικού που ονομάζεται "Wiring", από το πρωτότυπο σχέδιο Wiring, γεγονός που καθιστά πολλές κοινές λειτουργίες εισόδου/εξόδου πολύ πιο εύκολες. Οι χρήστες πρέπει μόνο να ορίσουν δύο λειτουργίες για να κάνουν ένα πρόγραμμα κυκλικής εκτέλεσης:

-`setup()`:μία συνάρτηση που τρέχει μία φορά στην αρχή του προγράμματος η οποία αρχικοποιεί τις ρυθμίσεις

-`loop()`:μία συνάρτηση που καλείται συνέχεια μέχρι η πλακέτα να απενεργοποιηθεί

Είναι ένα χαρακτηριστικό των περισσότερων πλακετών Arduino ότι έχουν ένα LED και μία αντίσταση φορτίου που συνδέονται μεταξύ του pin 13 και του εδάφους, ένα βολικό χαρακτηριστικό για πολλά απλά τεστ. Ο προηγούμενος κώδικας δεν θα αναγνωριστεί από ένα κανονικό μεταγλωττιστή C++ ως έγκυρο πρόγραμμα, έτσι ώστε όταν ο χρήστης κάνει κλικ στο κουμπί "Upload to I / O board" στο IDE, ένα αντίγραφο του

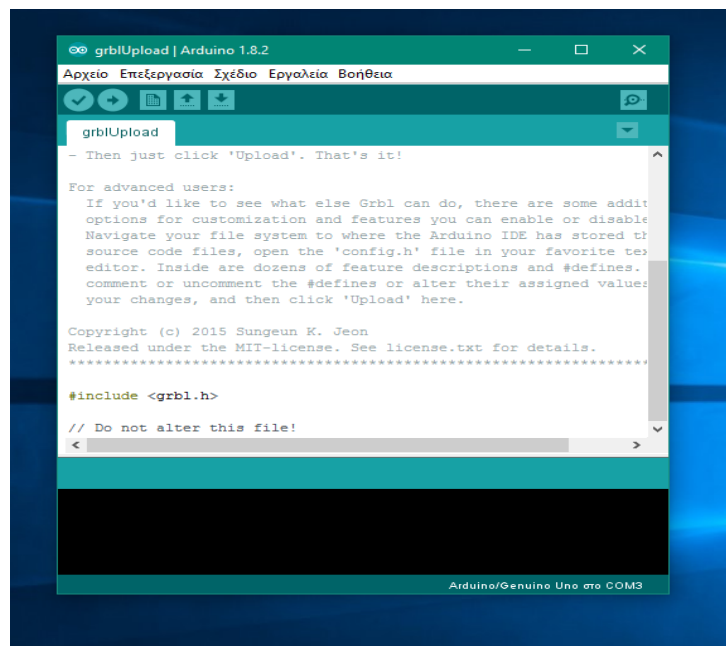
κώδικα θα γραφτεί σε ένα προσωρινό αρχείο με ένα παραπάνω include στην κορυφή και μία πολύ απλή συνάρτηση main() στο τέλος, για να φτιάξει ένα έγκυρο C++ πρόγραμμα.

Το IDE του Arduino χρησιμοποιεί το GNU toolchain και το AVR Libc για να μεταγλωττίζει προγράμματα και το avrdude για να φορτώνει προγράμματα στην πλακέτα.

Δεδομένου ότι η πλατφόρμα Arduino χρησιμοποιεί Atmel μικροελεγκτές, το περιβάλλον ανάπτυξης της Atmel, το AVR Studio ή το νεότερη έκδοση του Atmel Studio, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη λογισμικού για το Arduino.

3.2 GRBL library

Το Grbl είναι μια ελεύθερη, ανοικτού κώδικα βιβλιοθήκη, η οποία είναι σχεδιασμένη να μεταφράζει G-codes από CNC μηχανές. Είναι γραμμένη σε υψηλού επιπέδου γλώσσα C, αξιοποιώντας κάθε έξυπνο χαρακτηριστικό που προσφέρουν τα AVR-chips. Αφού το φορτώσουμε στον Arduino uno, τον μετατρέπει σε CNC controller.



Εικ. 3.1 grbl στον arduino

3.3 G-Code

G-code 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
- Ελεγχόμενη ταχύτητα σε ευθύγραμμη κίνηση ή τόξο.
- Ορισμός των ρυθμίσεων του κοπτικού
- Αλλαγές στο σύστημα συντεταγμένων

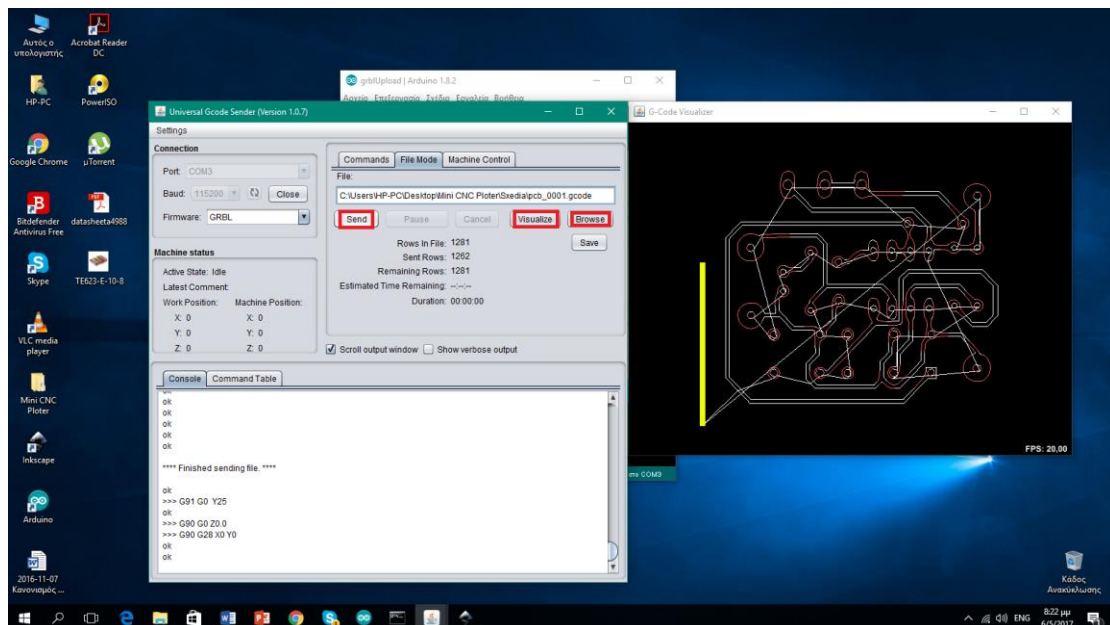
Παρακάτω ακολουθεί ένα παράδειγμα μιας κατεργασίας με g-code.

N01	M216	Turn on load monitor
N02	G20 G90 G54 D200 G40	Inch units. Absolute mode. Activate work offset. Activate tool offset. Deactivate tool nose radius compensation.
N03	G50 S2000	Set maximum spindle speed in rev/min — This setting will affect Constant Surface Speed mode
N04	T0300	Index turret to tool 3. Clear wear offset (00).

N05	G96 S854 M03	Constant surface speed [automatically varies the spindle speed], 854 <u>sfm</u> , start spindle CW rotation
N06	G41 G00 X1.1 Z1.1 T0303 M8	Enable cutter radius compensation mode, rapid position to 0.55" above axial centerline (1.1" in diameter) and 1.1 inches positive from the work offset in Z, activate flood coolant
N07	G01 Z1.0 F.05	Feed in horizontally at rate of 0.050" per revolution of the spindle until the tool is positioned 1" positive from the work offset
N08	X-0.016	Feed the tool slightly past center, you need to travel at least the nose radius of the tool past the center of the part or there will be a scallop of material leftover.
N09	G00 Z1.1	Rapid positioning; retract to start position
N10	X1.0	Rapid positioning; next pass
N11	G01 Z0.0 F.05	Feed in horizontally cutting the bar to 1" diameter all the way to the datum, 0.05in/rev
N12	G00 X1.1 M05 M09	Clear the part, stop the spindle, turn off the coolant
N13	G91 G28 X0	Home X axis — return the machine's home position for the X axis
N14	G91 G28 Z0	Home Z axis — return to machine's home position for the Z axis
N15	G90	Return to absolute mode. Turn off load monitor
N16	M30	Program stop, rewind to top of program, wait for cycle start
%		Signal end of data during file transfer. Originally used to mark end of tape, not necessarily end of program. ISO uses %, EIA uses ER (0x0B).

3.4 Universal Gcode Sender (UGS)

Το Universal Gcode Sender είναι μια free πλατφόρμα σχεδιασμένη να στέλνει G-codes σε CNC μηχανές. Είναι βασισμένο σε Java και είναι συμβατό με το grbl. Το UGS είναι ένα απλό και εύχρηστο πρόγραμμα όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κάποιον που θέλει να κατεργαστεί κάποιο υλικό, το οποίο 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.



Εικ. 3.2 UGS

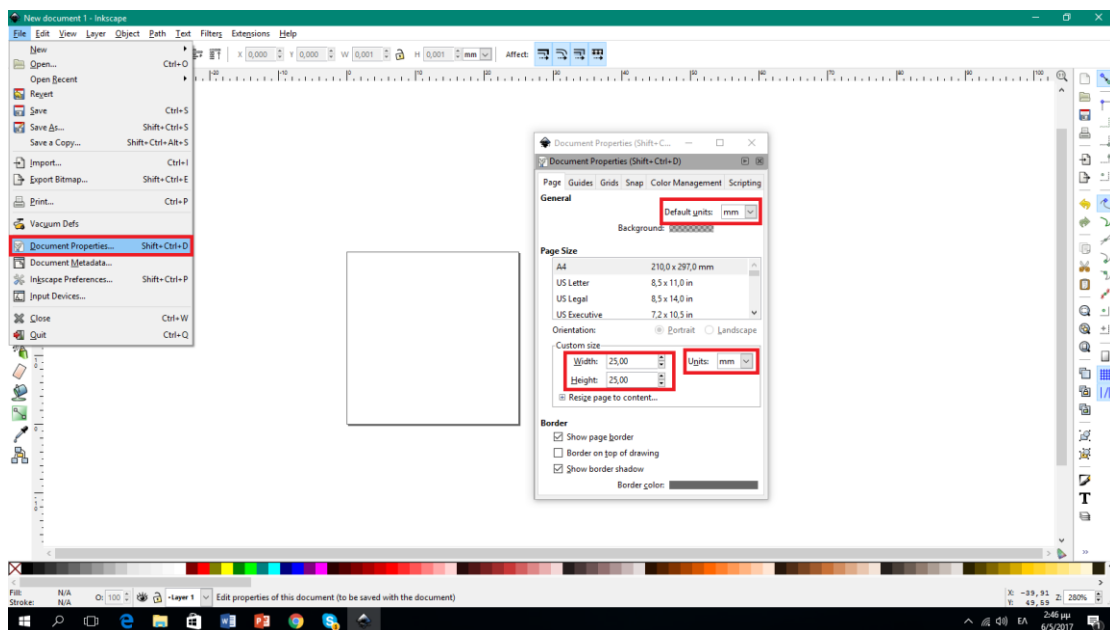
3.5 Inkscape

Το Inkscape είναι ένας επεξεργαστής διανυσματικών γραφικών ανοικτού κώδικα. Σκοπός του είναι να υλοποιήσει πλήρη υποστήριξη για

τα κλιμακώσιμα διανυσματικά γραφικά (SVG) πρότυπο. Η λέξη Inkscape είναι μια σύνθεση των αγγλικών λέξεων μελάνι (ink) και τοπίο (landscape).

Το Inkscape είναι διαλειτουργικό και τρέχει σε Mac OS X, παρόμοια με Unix λειτουργικά συστήματα και Microsoft Windows.

Χρησιμοποιώντας το Inkscape ανοίγουμε μία εικόνα ή ένα αρχείο κειμένου και στη συνέχεια, με την κατάλληλη επεξεργασία, το αποθηκεύουμε σαν αρχείο G-code(.gcode). Το αρχείο αυτό είναι έτοιμο για σχεδίαση με τη βοήθεια του UGS και του Arduino υπο.



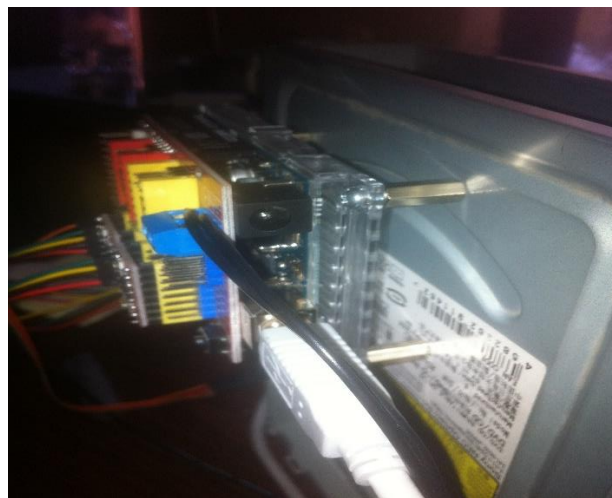
Εικ. 3.3 το περιβάλλον του Inkscape



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Κατασκευή και λειτουργία του CNC

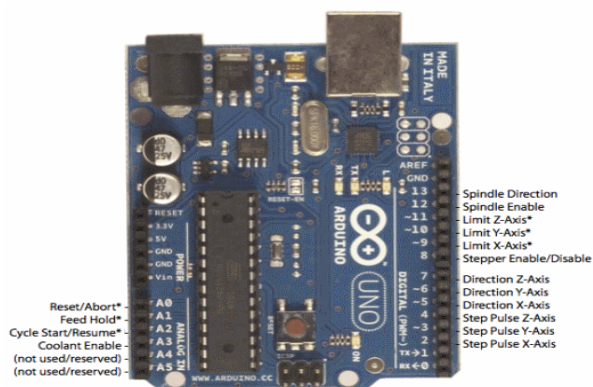
4.1 Συνδεσμολογία του ελεγκτή

Σε αυτό το σημείο, και αφού προηγουμένως έχουμε φέρει την κατασκευή μας στην μορφή που φαίνεται στο κεφάλαιο 2.1.5, τοποθετήσαμε στο πίσω μέρος της κατασκευής μας τον ελεγκτή μας, που αποτελείται από το Arduino, το CNC shield V3 και τα 2 ολοκληρωμένα α4988.



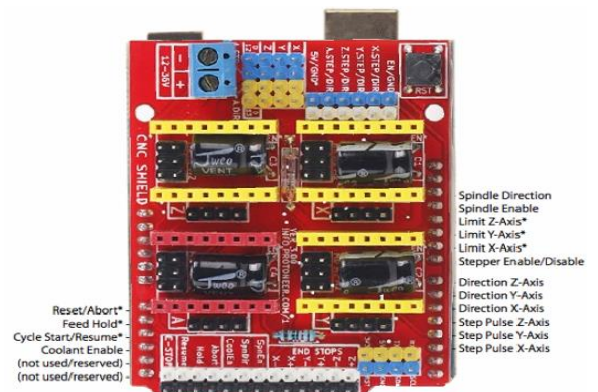
Εικ. 4.1 ελεγκής CNC

Στη συνέχεια κάνουμε την απαραίτητη συνδεσμολογία η οποία φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



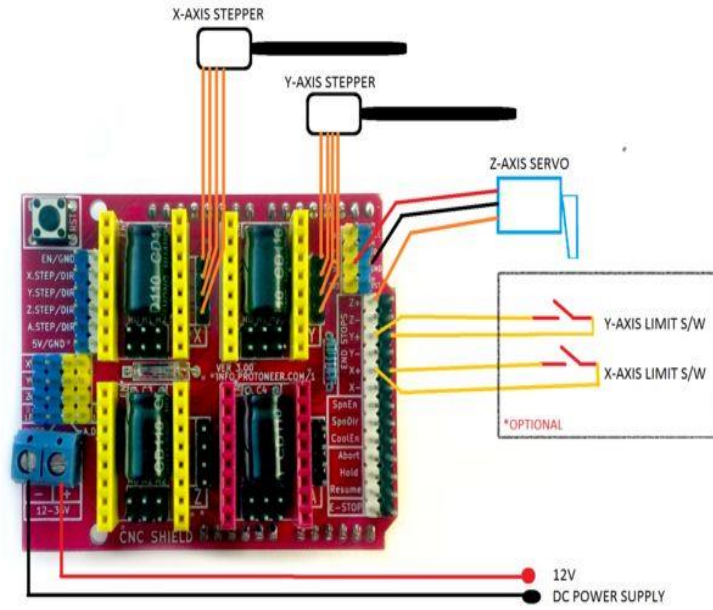
* - Indicates input pins. Held high with internal pull-up resistors.

Εικ. 4.2 arduino uno pins

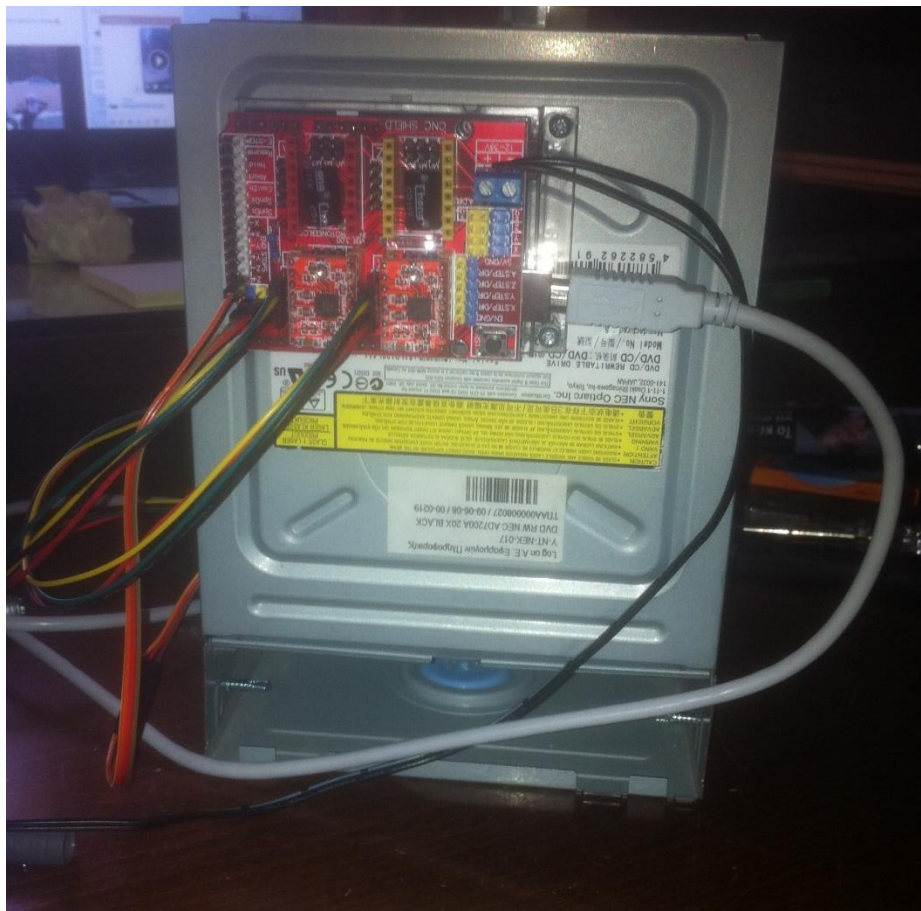


* - Indicates input pins. Held high with internal pull-up resistors.

Εικ. 4.3 CNC shield pins



Εικ. 4.4 Συνδεσμολογία ελεγκτή



Εικ. 4.5 Συνδεσμολογία ελεγκτή (2)

4.2 Ρυθμίσεις στο UGS

Αφού έχουμε φορτώσει στο arduino uno το grbl library και έχοντας συνδεδεμένο τον Η/Υ με τον ελεγκτή μας, κάνουμε ανέβασμα στη πλακέτα. Στη συνέχεια βάζουμε το τροφοδοτικό την παροχή μας και ανοίγουμε το UGS. Διαλέγουμε την κατάλληλη θύρα επικοινωνίας, ορίζουμε το baud rate στο 115200 και πατάμε άνοιγμα επικοινωνίας. Μόλις γίνει η σύνδεση λαμβάνουμε το εξής μήνυμα:

```
Grbl 0.9i ['$' for help]
```

Τώρα πληκτρολογούμε στην γραμμή εντολών το \$\$ και πατάμε enter. Με αυτή την εντολή έχουμε τη δυνατότητα να δούμε τις grbl ρυθμίσεις του συστήματος και να ορίσουμε τις επιθυμητές για εμάς τιμές του οι οποίες είναι οι παρακάτω:

```
$0=10 (step pulse, usec)
$1=25 (step idle delay, msec)
$2=0 (step port invert mask:00000000)
$3=0 (dir port invert mask:00000110)
$4=0 (step enable invert, bool)
$5=0 (limit pins invert, bool)
$6=0 (probe pin invert, bool)
$10=3 (status report mask:00000011)
$11=0.010 (junction deviation, mm)
$12=0.002 (arc tolerance, mm)
$13=0 (report inches, bool)
$20=0 (soft limits, bool)
$21=0 (hard limits, bool)
$22=0 (homing cycle, bool)
$23=1 (homing dir invert mask:00000001)
$24=25.000 (homing feed, mm/min)
$25=500.000 (homing seek, mm/min)
$26=250 (homing debounce, msec)
$27=1.000 (homing pull-off, mm)
$100=5.000 (x, step/mm)
$101=5.000 (y, step/mm)
$102=100.000 (z, step/mm)
$110=500.000 (x max rate, mm/min)
$111=500.000 (y max rate, mm/min)
$112=500.000 (z max rate, mm/min)
$120=10.000 (x accel, mm/sec^2)
$121=10.000 (y accel, mm/sec^2)
$122=10.000 (z accel, mm/sec^2)
$130=25.000 (x max travel, mm)
$131=25.000 (y max travel, mm)
$132=200.000 (z max travel, mm)
```

4.3 Σχεδιαστικό CNC σε λειτουργία

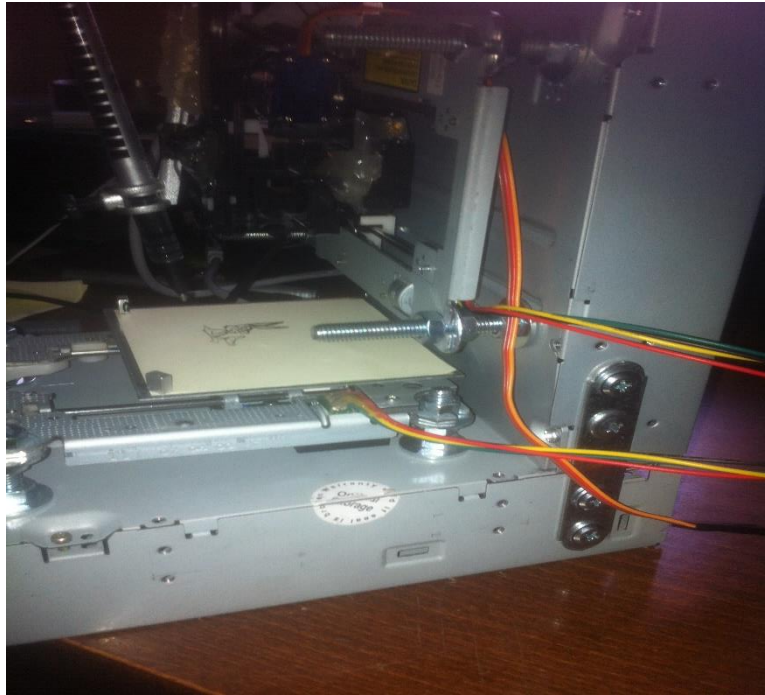
Ανοίγουμε το Arduino IDE και κάνουμε upload το grbl, αφού έχουμε συνδέσει τον ελεγκτή μας με τον Η/Υ με το καλώδιο USB. Στη συνέχεια συνδέουμε την τροφοδοσία της πλακέτας CNC shield. Έχοντας χρησιμοποιήσει το Inkscape για τη δημιουργία του επιθυμητού αρχείου g-code, πηγαίνουμε στο file mode του UGS, βρίσκουμε το αρχείο που θέλουμε να σχεδιάσουμε και το ανοίγουμε. Μπορούμε να επιλέξουμε το visualize, το οποίο μας επιτρέπει να βλέπουμε τι πρόκειται να σχεδιάσουμε. Έπειτα πατάμε αποστολή και η κατασκευή μας αρχίζει τη σχεδίαση.



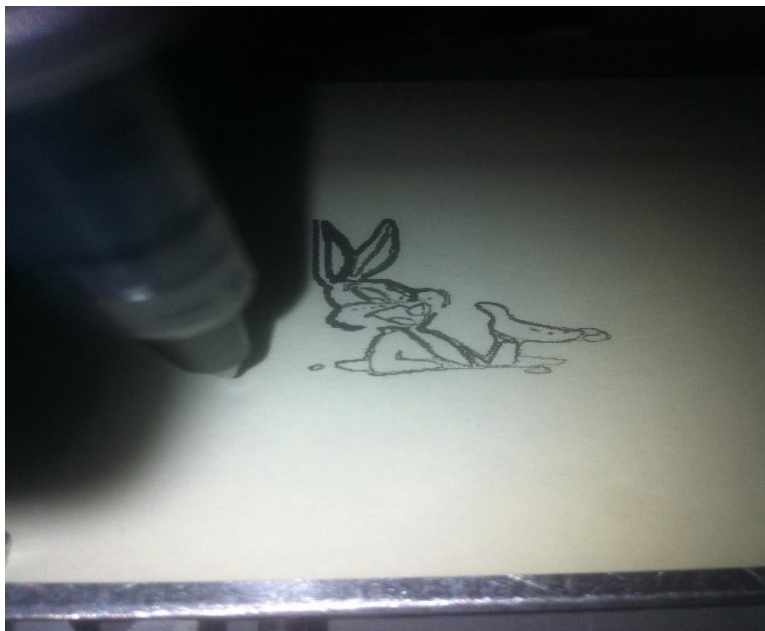
Εικ. 4.6 πριν την επεξεργασία με το Inkscape



Εικ. 4.7 επεξεργασία με το Inkscape και αποθήκευση σαν αρχείο g-code.



Εικ. 4.7 Σχεδίαση με το CNC



Εικ. 4.8 Σχεδίαση με το CNC(1)

4.4 Παραδείγματα σχεδίασης

Ακολουθούν μερικά παραδείγματα σχεδίασης



Εικ. 4.9 Σχέδιο 1



Εικ. 4.10 Σχέδιο 2



Εικ. 4.11 Σχέδιο 3



Εικ. 4.12 Σχέδιο 4

4.5 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της κατασκευής μας είναι:

- Ένα ηλεκτρικό κατσαβίδι
- Βίδες, ροδέλες και παξιμάδια 6mm



- Αποστάτης Μεταλλικός M/F 12mm



- Ένα Κολλητήρι Κεραμικό



- Ένα Πολόμετρο Ψηφιακό



- Πιστόλι Θερμοκόλλας



- Βίδες αυτοδιάτρητες



- Λαμάκια στήριξης



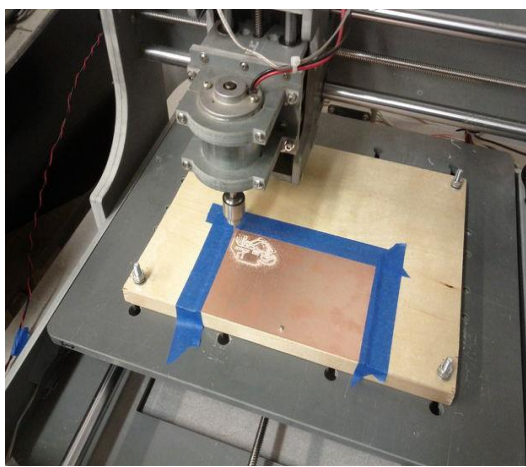
- Κατσαβίδια Ηλεκτρονικών



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Μελλοντικές βελτιώσεις

5.1 Σχεδιασμός PCB πλακετών

Επειδή η κατασκευή μας έγινε από παλιά και χαλασμένα CD/DVD ROM, έχοντας ως κύριο στόχο το χαμηλό κόστος κατασκευής, η σχεδιαστική της επιφάνεια είναι αρκετά περιορισμένη και για το αυτό λόγο το εργαλείο «κοπής» (σχεδίασης) είναι ένα μαρκαδοράκι σχεδίου. Ο ελεγκτής μας όμως είναι αυτός που κάνει τη διαφορά. Με τον ίδιο ελεγκτή, την πλατφόρμα UGS και την ίδια λογική μπορεί κάποιος να κάνει μια καινούργια κατασκευή στα πρότυπα του CNC router και αφού επιλέξει τους κατάλληλους βηματικούς κινήτρες, να τοποθετήσει στον άξονα Z ένα κανονικό εργαλείο κοπής. Με τον τρόπο αυτό θα μεγαλώσει η σχεδιαστική επιφάνεια και θα μπορεί να σχεδιάζει κανονικές πλακέτες PCB.



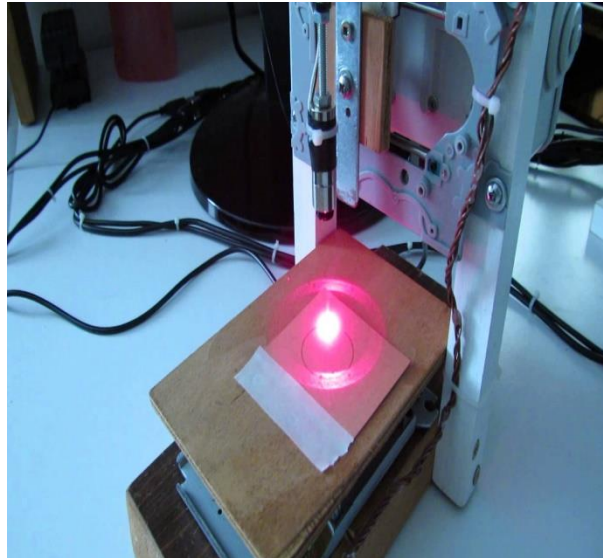
Εικ. 5.1 Παράδειγμα 1 PCB milling



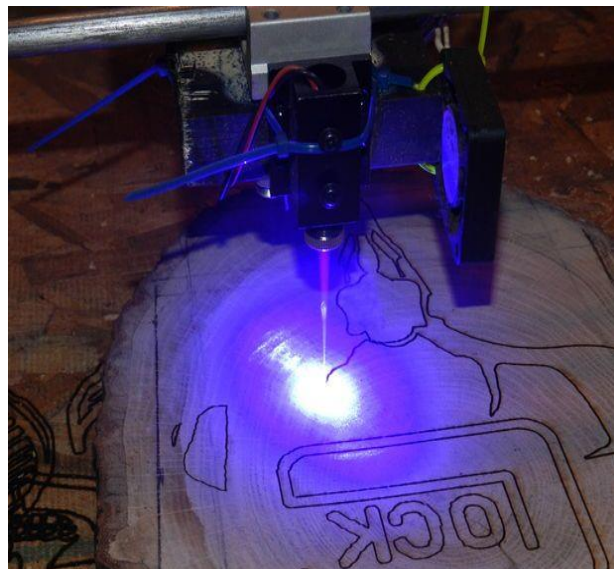
Εικ. 5.2 Παράδειγμα 2 PCB milling

5.2 Εργαλειο κοπής Laser

Άλλη μια βελτίωση που μπορεί να γίνει στην κατασκευή μας είναι η αντικατάσταση του εργαλείου σχεδίασης με ένα laser.



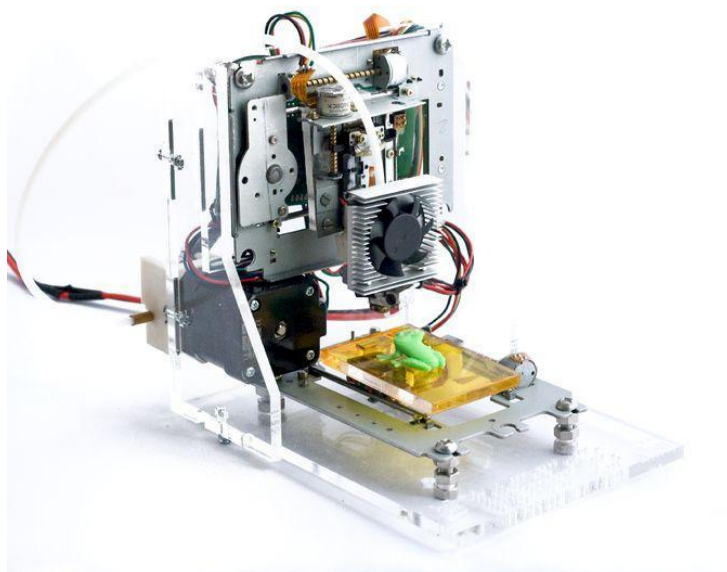
Εικ. 5.3 Παράδειγμα laser engraver 1



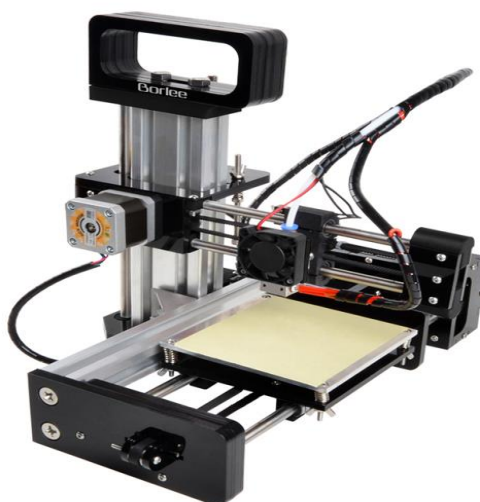
Εικ. 5.4 Παράδειγμα laser engraver 2

5.3 3D εκτοπωτής

Τα τελευταία χρόνια έχει μπει δυναμικά στην CNC τεχνολογία η τρισδιάστατη εκτόπωση (3D printing). Έχοντας τον ίδιο ελεγκτή και με μερικές μετατροπές στην κατασκευή αλλά και στο λογισμικό και με την προσθήκη ενός ακόμα κινητήρα μπορούμε να κατασκευάσουμε έναν φθινό 3D εκτοπωτή.



Εικ 5.5 mini 3D printer



Εικ 5.6 3D εκτοπωτής

Βιβλιογραφία

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor
- [2] <https://homepage.divms.uiowa.edu/~jones/step/an907a.pdf>
- [3] <http://blog.protoneer.co.nz/stepper-motors-wiring-up-a-bipolar-stepper-motor/>
- [4] <https://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [5] <https://deltahacker.gr/arduino-intro/>
- [6] <http://www.farnell.com/datasheets/1923364.pdf>
- [7] <https://www.pololu.com/product/1182>
- [8] <http://blog.protoneer.co.nz/grbl-arduino-g-code-processor-pin-layout/>
- [9] <http://blog.protoneer.co.nz/grbl-arduino-library/>
- [10] <https://github.com/grbl/grbl>
- [11] <http://blog.protoneer.co.nz/arduino-cnc-shield/>
- [12] <http://blog.protoneer.co.nz/arduino-cnc-shield/arduino-cnc-shield-schematics-v3-xx/>
- [13] <https://github.com/winder/Universal-G-Code-Sender/tree/master/ugs-platform>
- [14] <https://el.wikipedia.org/wiki/Inkscape>
- [15] <http://robocup.idi.ntnu.no/wiki/images/c/c6/PL15S020.pdf>
- [16] <https://www.youtube.com/watch?v=ScB0qBL8Z6E>
- [17] https://en.wikipedia.org/wiki/Numerical_control
- [18] <https://en.wikipedia.org/wiki/G-code>
- [19] https://www.google.gr/search?q=mini+cnc+router&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwics4PQmdnTAhUOL1AKHdclBhEQ_AUIBigB&biw=1600&bih=770
- [20] https://www.google.gr/search?q=mini+cnc+router&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwics4PQmdnTAhUOL1AKHdclBhEQ_AUIBigB&biw=1600&bih=770#tbm=isch&q=mini+cnc+3d+printer&imgrc=_
- [21] <https://github.com/grbl/grbl/wiki/Configuring-Grbl-v0.9>