

Εισαγωγή

Στην παρακάτω εργασία θα μιλήσουμε και θα αναδείξουμε τον τρόπο και τα βήματα που απαιτούνται για την κατασκευή ενός ελεγκτή αριθμητικού ελέγχου τριών αξόνων υποβοηθούμενου από υπολογιστή. Επίσης θα αναφερθούν πιθανά προβλήματα που δημιουργούνται καθώς και οι λύσεις που ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει για να τα αντιμετωπίσει.

⋮

Μια δεύτερη πτυχή της εργασίας, εκτός των προβλημάτων που πρέπει να επιλυθούν για την αξιοπιστία της κατασκευής, είναι και ο εύκολος χειρισμός του από τον χρήστη. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε το πρόγραμμα VeNC (Visual Enhanced (C)NC) το οποίο εισάγει τον οπτικό χειρισμό και προγραμματισμό της εργαλειομηχανής, κάνοντας έτσι την κατεργασία μια εύκολη διαδικασία (η αναφορά αφορά τον προγραμματισμό μόνο καθώς η κατεργασία ενός υλικού εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες που αφορούν την μηχανική υλικών και απαιτεί αρκετή εξειδίκευση από το χειριστή).

Τέλος μέσα από τα κεφάλαια της εργασίας θα αναφερθούμε σε ένα-ένα αναλυτικά, τα βήματα υλικού και λογισμικού που απαιτούνται για την κατασκευή, τον έλεγχο αλλά και την προστασία των μονάδων.

Σκοπός

•Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι η κατασκευή ενός ελεγκτή αριθμητικού ελέγχου (CNC) 3 αξόνων. •Η σχεδίαση περιλαμβάνει την επιλογή των υλικών (Hardware) •Καθώς και τον προγραμματισμό για τον έλεγχο της κίνησης

Στόχοι

•Στόχος της εργασίας εκτός από την σωστή λειτουργία του ελεγκτή, είναι αυτός να είναι ιδιαίτερα φιλικός προς τον χρήστη. •Για το σκοπό αυτό έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση σε δυνατότητες όπως στον οπτικό προγραμματισμό, στην κίνηση σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας συσκευές κατάδειξης (ποντίκι, πληκτρολόγιο, κτλ..) οι οποίες μπορούν να καταγραφούν και να αποθηκευτούν κ.α. •Το καθιστούν έτσι ιδανικό ακόμη και για κάποιον που δεν έχει δουλέψει ποτέ με CNC και δεν γνωρίζει τον προγραμματισμό τους.

Απαιτήσεις

Το υλικό (Hardware):

Βηματικοί κινητήρες
Κύκλωμα οδήγησης (H-Bridge)
Τερματικοί διακόπτες
Παράλληλη θύρα
Επεξεργαστική μονάδα (PC, ελεγκτής)

Το Λογισμικό (Software):

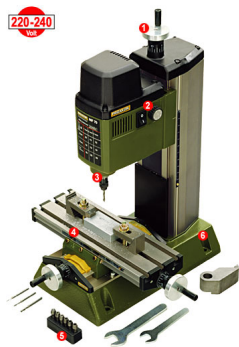
Αναλυτής κώδικα εργαλειομηχανών (G-parser)
Επιφάνεια γραφικών και διασύνδεσης με τον χρήστη (interface)
Γραμμική και κυκλική παρεμβολή χρησιμοποιώντας μόνο ακέραιους αριθμούς
Ανάπτυξη πλατφόρμας πραγματικού χρόνου (για χρήση των ρουτινών παρεμβολής)

-HARDWARE-

Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν Φρέζα Proxxon MF70

Για την κατασκευή της μηχανής χρησιμοποιήθηκε μια μικρή χειροκίνητη φρέζα της εταιρίας Proxxon. Πρόκειται για το μοντέλο MF70 το οποίο έχει χώρο εργασίας X=130mm, Y=45mm, Z=80mm.

Το βήμα του κάθε άξονα είναι 1mm/περιστροφή, ενώ το μοτέρ της κεφαλής είναι έως 22000 rpm.



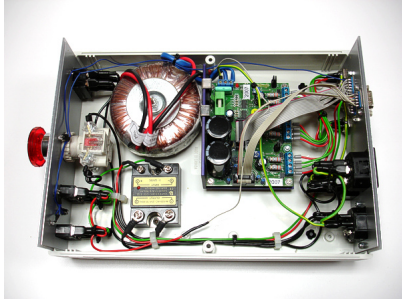
H-Bridge

Η H-bridge και το λογικό κύκλωμα που μετατρέπει τους παλμούς στα pin, dir και step του controller, σε σημάδια οδηγήσεως των βηματικών κινητήρων είναι της εταιρίας CNC-PLUS.DE και επιλέχθηκε με βάση τα χαρακτηριστικά των κινητήρων για κίνηση σε 3 άξονες.

Οπτικός προγραμματισμός και έλεγχος εργαλειομηχανής CNC τριών αξόνων

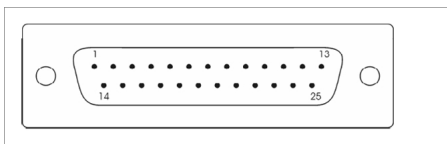
Συντάχθηκε απο τον/την Administrator
Πέμπτη, 11 Νοέμβριος 2010 14:41

(παρόλο που το kit ήταν παραγγελία αποδείχθηκε ότι ο μετασχηματιστής ήταν μικρός για την κατασκευή και αλλαχθηκε με μεγαλύτερο)



Διασύνδεση με PC ή uC

Για τη διασύνδεση απευθείας με τον υπολογιστή μέσω της παράλληλης θύρας ή με uC η H-bridge χρησιμοποιεί το εξής PinOut:



- Pin 2: DirX •Pin 3: StepX •Pin 4: DirY •Pin 5: StepY •Pin 6: DirZ •Pin 7: StepZ •Pin 10: EndZ •Pi
- n 12: EndY
- Pin 13: EndX

Περισσότερα για την λειτουργία της παράλληλης θύρας των υπολογιστών. [\(link\)](#)

ο σημείο αυτό στην ορολογία των υπολογιστών λέγεται pixel και δεν είναι απείρως μικρό.

- Επίσης περιορίζεται σε κάποιες διακριτές θέσεις

Αλγόριθμος υπολογισμού ευθείας

Είναι πολύ απλό να σχεδιάσουμε μια ευθεία υπολογίζοντας τα σημεία που απαιτούνται γ'αυτό χρησιμοποιώντας πράξεις κινητής υποδιαστολής.

```
void draw_line(int x1, int y1, int x2, int y2)
{
int dx = x2 - x1;
int dy = y2 - y1;
float m = dy/dx;
for (int x = x1; x < x2; x++)
{
int y = m*x + y1 + 0.5;
putpixel(x, y);
}
}
```

Ο προηγούμενος αλγόριθμος βασίζεται στην παραδοχή ότι:

- Κλίση ευθείας δεν είναι άπειρη • $x1 < x2$ • $y1 < y2$

Το πρόβλημα!

- Τότε ποιο είναι το πρόβλημα..? •Το πρόβλημα του αλγορίθμου είναι η ταχύτητα. •Οι πράξεις κινητής υποδιαστολής απαιτούν μεγάλη επεξεργαστική ισχύ ή ύπαρξη ειδικού hardware (FPU Floating Point Unit, DSP, κτλ)

- Ο αλγόριθμος Bresenham δίνει την λύση.

Ο αλγόριθμος Bresenham

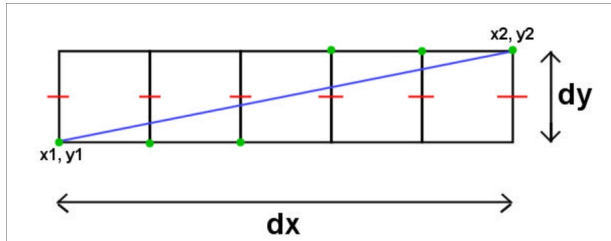
- Ο αλγόριθμος Bresenham/Mid-point όχι μόνο βρίσκει ακριβώς τα διακριτά σημεία (pixels) αλλά το κάνει χρησιμοποιώντας μόνο πράξεις με ακέραιους και συγκεκριμένα μόνο πρόσθεση και μετατόπιση. •Πράξεις που εκτελούνται ιδιαίτερα γρήγορα από τους επεξεργαστές

Οπτικός προγραμματισμός και έλεγχος εργαλειομηχανής CNC τριών αξόνων

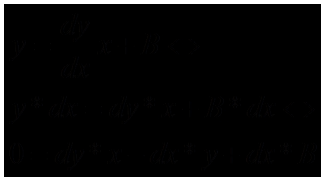
Συντάχθηκε από τον/την Administrator
Πέμπτη, 11 Νοέμβριος 2010 14:41

Ας πούμε ότι θέλουμε να σχεδιάσουμε μια ευθεία μεταξύ δυο σημείων και ας υποθέσουμε επίσης:

- ότι η κλίση της ευθείας είναι $0 < m < 1$ • Και ότι $X_1 < X_2$



Εξίσωση ευθείας



Μπορεί να αποδειχτεί ότι για οποιοδήποτε σημείο πάνω από την γραμμή η εξίσωση γίνεται μικρότερη του 0, ενώ για οποιοδήποτε σημείο κάτω της ευθείας γίνεται μεγαλύτερη.

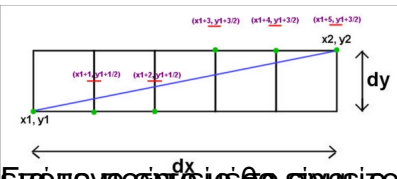
Έτσι αν ορίσουμε την εξίσωση:

$$F(x,y) = 2 \cdot dy \cdot x - 2 \cdot dx \cdot y + 2 \cdot dx \cdot B$$

Τότε για κάθε σημείο (x,y) που αναπαριστά ένα μέσο σημείο επιλέγετε το διπλανό ή διαγώνιο σημείο ανάλογα με το αν $F(x,y) > 0$ ή $F(x,y) < 0$

Οπτικός προγραμματισμός και έλεγχος εργαλειομηχανής CNC τριών αξόνων

Συντάχθηκε απο τον/την Administrator
 Πέμπτη, 11 Νοέμβριος 2010 14:41



Επόμενο βήμα είναι να βρούμε την τιμή της συνάρτησης $F(x1+1, y1+1/2)$ (υποθέτουμε να υπολογίσουμε από την $F(x, y)$ αν το

$F(x1+1, y1+1/2) = 2 * dy * (x1+1) - 2 * dx * (y1+1/2) + 2 * B * dx$
 αυτο γραφεται :

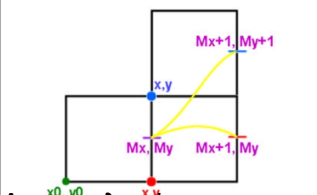
$F(x1+1, y1+1/2) = 2 * dy * x1 + 2 * dy - 2 * dx * y1 - dx + 2 * B * dx$
 στη συνεχεια απο την εξίσωση :

$$F(x1, y1) = 2 * dy * x1 - 2 * dx * y1 + 2 * B * dx = 0$$

εχουμε :

$$F(x1+1, y1+1/2) = 2 * dy - dx$$

Αν $2 * dy > dx$ τότε $F(x1+1, y1+1/2) > 0$ με την επιλογή $(x1+1, y1)$ η απόφαση μεταβλητής απόφασης



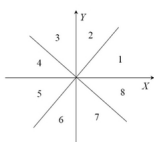
Αν υπολογίσουμε την διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών μέσων σημείων

$$incE = F(Mx+1, My) - F(Mx, My) = 2 * dy \quad (E \text{ pixel})$$

$$incNE = F(Mx+1, My+1) - F(Mx, My) = 2 * dy - 2 * dx \quad (NE \text{ pixel})$$

Προσπαθώντας να γενικεύσουμε την απόφαση από τον πρώτο οκταμόριο, βρίσκουμε τις 8 βιτόνες E, D, τα οποία **Γενικεύση**

- Ο προηγούμενος αλγόριθμος στην προηγούμενη απόδειξη βασίζεται στο γεγονός ότι η ευθεία είναι $<45^\circ$ και ότι $x1 < x2$, $y1 < y2$. βρισκόμαστε δηλαδή στο πρώτο οκταμόριο. •Για να γενικεύσουμε για όλες τις ευθείες αρκεί να χρησιμοποιήσουμε τη συμμετρία.



Οκταμόριο	Άξονας ταχ. Κίνησης	Άλλος άξονας
1	x	Αυξάνεται
2	y	»
3	y	Μειώνεται
4	x	»
5	x	Αυξάνεται
6	y	»
7	y	Μειώνεται
8	x	»

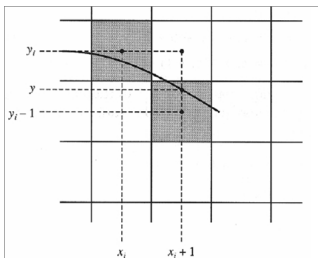
πηγή: [wikipedia -> bresenham line algorithm](#)

Βέβαια η υλοποίηση του αλγόριθμου για CNC παρουσιάζει διαφορές καθώς το CNC είναι ένα σύστημα που περιέχει έναν όρο ολοκλήρωσης. Σε αντίθεση με έναν υπολογιστή όπου μπορούμε να πάμε σε οποιοδήποτε ριxel της οθόνης άμεσα, στο CNC πρέπει να περάσουμε από ΟΛΑ τα ενδιάμεσα σημεία, μεταξύ των δυο ακριανών.

Επίσης οι ρουτίνες που χρησιμοποιούνται από την κατασκευή περιέχουν πληροφορία και για τον τρίτο άξονα (ύψος) κάνοντας έτσι τρισδιάστατη παρεμβολή.

Κύκλος με τον αλγόριθμο Bresenham

Όπως και στη ευθεία θα επιλέξουμε ένα οκταμόριο του κύκλου και θα βρούμε μια μεταβλητή απόφασης ενώ στην συνέχεια θα γενικεύσουμε για όλα τα οκταμόρια.



Έστω (x_i, y_i) επελέγη. Επόμενο βήμα (x_i+1, y_i) ή (x_i+1, y_i-1)

Μεταβλητή απόφασης:

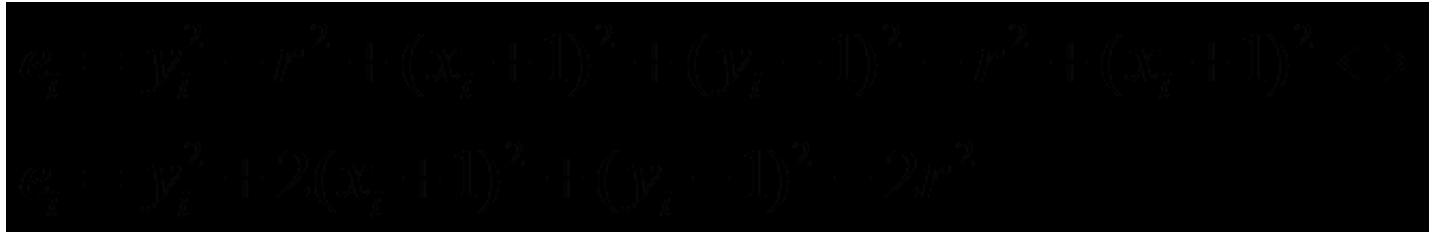
$e_i = d_1 - d_2$ όπου

$d_1 = Y_i^2 - Y^2$ και $d_2 = Y^2 - (Y_i - 1)^2$

Αν $e_i > 0$ επιλέγεται το (x_i+1, y_i-1)

Διαφορετικά » » (x_i+1, y_i)

Επειδή για $x=x_i+1$ ισχύει $y^2=r^2-(x_i+1)^2$ έχουμε:



Η τιμή e_{i+1} υπολογίζεται επαναληπτικά ως εξής:

$$\begin{aligned}e_{i+1} &= 2(x_{i+1}+1)^2 + y_{i+1}^2 + (y_{i+1}-1)^2 - 2r^2 \\ &= 2(x_i+2)^2 + y_{i+1}^2 + (y_{i+1}-1)^2 - 2r^2 \\ &= 2x_i^2 + 8x_i + 8 + y_{i+1}^2 + y_{i+1}^2 - 2y_{i+1} + 1 - 2r^2 \\ &= 2(x_i+1)^2 + 4x_i + 6 + 2y_{i+1}^2 - 2y_{i+1} + 1 - 2r^2 \\ &= e_i - y_i^2 - y_i^2 + 2y_i - 1 + 4x_i + 6 + 2y_{i+1}^2 - 2y_{i+1} + 1 \\ &= e_i + 4x_i + 6 + 2(y_{i+1}^2 - y_i^2) - 2(y_{i+1} - y_i)\end{aligned}$$

Για τον υπολογισμό του e_{i+1} χρησιμοποιείται το εξής τέχνασμα:

$$\begin{aligned}\text{Αν } e_i < 0 &\Rightarrow y_{i+1} = y_i \Rightarrow e_{i+1} = e_i + 4(x_i + 1) + 2 \\ \text{Αν } e_i \geq 0 &\Rightarrow y_{i+1} = y_i - 1 \\ &\Rightarrow e_{i+1} = e_i + 4x_i + 6 + 2(y_i - 1)^2 - y_i^2 - 2(y_i - 1 - y_i) \\ &\quad \text{ή } e_{i+1} = e_i + 4(x_i + 1) + 2 - 4(y_i - 1)\end{aligned}$$

•Με την ίδια μεθοδολογία αποδεικνύουμε και τον αλγόριθμο για την αντίστροφη φορά. •Στ συνέχεια κάνουμε γενίκευση με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που κάνουμε και για την ευθεία.

-VeNC-

Καρπός της έρευνας είναι το πρόγραμμα VeNC. Το VeNC (από το Visual Enhanced (C)NC) είναι ένα πρόγραμμα γραμμένο σε γλώσσα C/C++, ενώ η τελική του έκδοση περιλαμβάνει συνεργασία με εξωτερικό hardware το οποίο επιτρέπει μεγαλύτερες ταχύτητες και μεγαλύτερη αξιοπιστία.

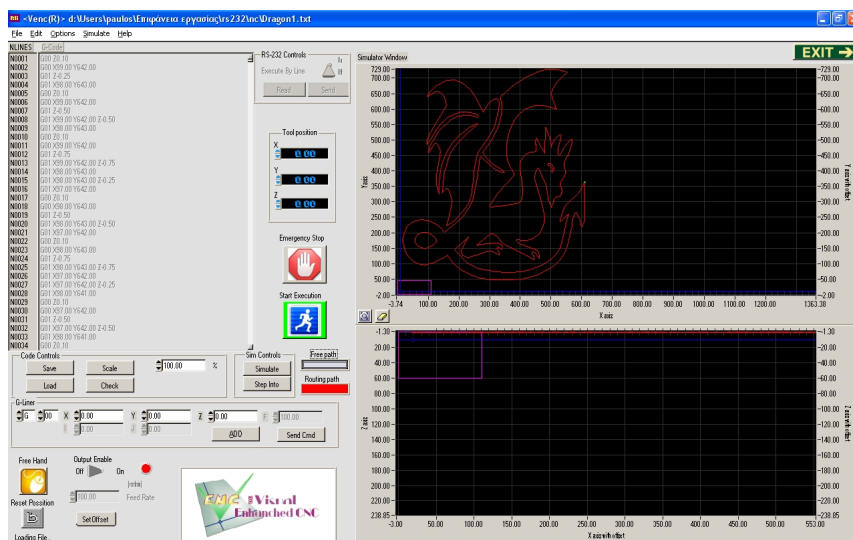
Το VeNC σχεδιάστηκε με γνώμονα την ευκολία χρήσης από τον αρχάριο χρήστη με

Οπτικός προγραμματισμός και έλεγχος εργαλειομηχανής CNC τριών αξόνων

Συντάχθηκε απο τον/την Administrator
Πέμπτη, 11 Νοέμβριος 2010 14:41

βελτιώσεις σε επίπεδο γραφικού περιβάλλοντος που επιτρέπει και στον πιο αρχάριο χρήστη να το χρησιμοποιήσει και να κάνει προτυποποίηση κομματιών και κώδικα G. **Μερικά Χαρακτηριστικά της κατασκευής**

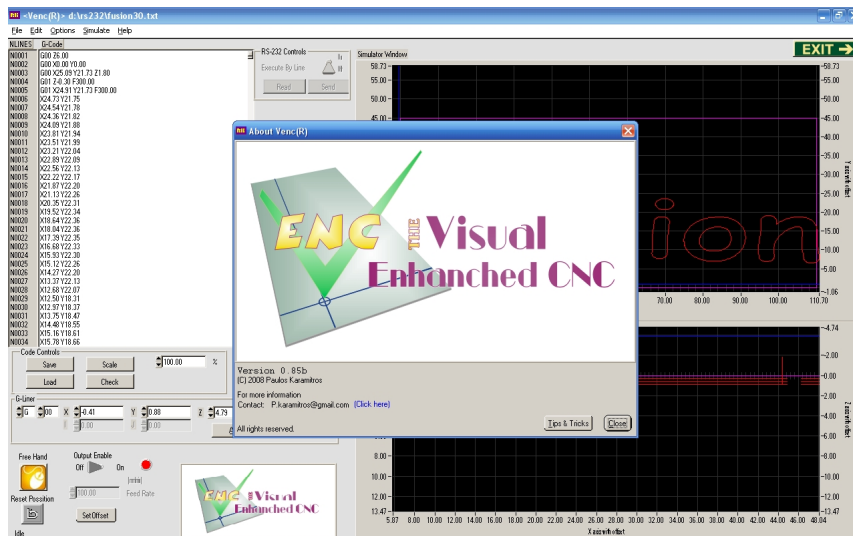
- Οπτικός προγραμματισμός εργαλειομηχανών CNC σύμφωνα με το πρωτόκολλο RS-274D.
- Δυνατότητα χρήσης CNC χωρίς την ανάγκη χρήσης ούτε μιας εντολής G-Code, κάνοντας το έτσι ιδανικό για άτομα που δεν γνωρίζουν την γλώσσα προγραμματισμού των CNC (G-Code)
- Κίνηση σε πραγματικό χρόνο κάνοντας χρήση συσκευών αλληλεπίδρασης, ποντίκι, πληκτρολόγιο, ακόμη και ασύρματα μέσω κινητού τηλεφώνου (και Bluetooth).
- Ευρύ πεδίο διασύνδεσης. Απευθείας έλεγχος μέσω της παράλληλης θύρας (LPT), απευθείας έλεγχος με USB, μέσω σειριακής θύρας (RS-232) χρησιμοποιώντας εξωτερικό ελεγκτή με ανάδραση (προτείνεται). Επίσης είναι δυνατός και ο έλεγχος μέσω δικτύου και tcp/ip.
- Προσομοίωση της διαδικασίας κοπής σε γρήγορο και πραγματικό χρόνο.
- Επεξεργασία G-κώδικα και εύκολη δημιουργία εντολών μέσω του G-Liner.



Κεντρική οθόνη του προγράμματος (κάντε κλικ για μεγένθυση)

Οπτικός προγραμματισμός και έλεγχος εργαλειομηχανής CNC τριών αξόνων

Συντάχθηκε απο τον/την Administrator
Πέμπτη, 11 Νοέμβριος 2010 14:41



Σχετικά με το πρόγραμμα(κάντε κλικ για μεγένθυση)

Διασύνδεση

- Το VeNC μπορεί να συνδεθεί απευθείας στην παράλληλη θύρα(LPT) του υπολογιστή •Με εξομοίωση (emulation) της LPT μέσω USB
- Χρησιμοποιώντας τη σειριακή (RS-232)
- Χρησιμοποιώντας εξωτερικό ελεγκτή (και USB) (*προτείνεται)

-Επίλογος-

Αποτέλεσμα της εργασίας είναι η επιπλέον εξοικείωση με τα CNC μηχανήματα καθώς και

Οπτικός προγραμματισμός και έλεγχος εργαλειομηχανής CNC τριών αξόνων

Συντάχθηκε απο τον/την Administrator
Πέμπτη, 11 Νοέμβριος 2010 14:41

με τον τρόπο τον οποίο δουλεύουν.

Ο κλάδος των CNC είναι ένας κλάδος που γνωρίζει ραγδαία αύξηση στην Ελλάδα και λόγω της συνεχόμενης πτώσης των τιμών τους και αύξηση των δυνατοτήτων τους γίνονται όλο και πιο προσιτά σε μικρότερες επιχειρήσεις επιτρέποντας τις να γίνουν πολύ πιο αποδοτικές και πολύ πιο ποιοτικές στα παραγόμενα προϊόντα τους. Άρα και πιο ανταγωνίστηκες και πιο καινοτόμες με τα ειδή της κατεργασίας. Το CNC είναι το μέλλον όλων των εργαλειομηχανών αλλά και όλων των διεργασιών που απαιτούν αριθμητικό έλεγχο και όχι μονό για κατεργασία υλικών αλλά για οποιαδήποτε διεργασία απαιτεί γρήγορο, αξιόπιστο και με μεγάλες ταχύτητες έλεγχο σε όλους τους τομείς της βιομηχανίας.

-Τέλος-