



Εργαστήριο Δικτύων Παραγωγής CAM

Δρ. Γεώργιος Τσιναράκης

Email: tsinar@dpem.tuc.gr

Θεόδωρος Παπαδουλής

Email: paradoulis_85@hotmail.com

Δομή Μαθήματος

- Προγραμματισμός G και M κωδικών
 - Επεξήγηση
 - Σύνταξη
 - Πίνακες Εντολών
- Τόρνος Αριθμητικού Ελέγχου ORAC
 - Δομή και μέρη εργαλειομηχανής
 - Τεχνικά Χαρακτηριστικά
 - Προγραμματισμός

Προγραμματισμός G και M κωδικών (I)

- Σειρά τυποποιημένων εντολών, που προσδιορίζουν λειτουργίες της εργαλειομηχανής, όπως τύπους και εύρη κινήσεων, αλλαγές εργαλείων, ρυθμίσεις στροφών και προώσεων, επαναληπτικές δομές.
- Οι εντολές εκτελούνται κατά σειρά προτεραιότητας με την σειρά εγγραφής τους.
- Οι συνηθισμένες εντολές-κώδικες είναι οι εντολές G (εντολές κίνησης) και M (εντολές λειτουργίας). Οι εντολές συντάσσονται με συγκεκριμένο τρόπο και εντάσσονται σε ένα συνολικό πρόγραμμα καθοδήγησης. Για τη σύνταξη των εντολών χρησιμοποιούνται συγκεκριμένοι χαρακτήρες.
- Το πρόγραμμα καθοδήγησης αποτελείται από block πληροφοριών, που το κάθε ένα αρχίζει με έναν αύξοντα αριθμό αναγνώρισής του. Ο αύξων αριθμός αυτός συνοδεύεται μπροστά από τον κωδικό N.

Προγραμματισμός G και M κωδικών (II)

- Παράδειγμα:

N001 G00 X10.0 Z2.0

N002 G01 X10.0 Z22.0

- Εκτός από τον αριθμό αναγνώρισης του block, αυτό συνήθως περιλαμβάνει κωδικό εντολής και απαιτούμενα δεδομένα (παραμέτρους) για κάθε κωδικό. Ο αριθμός αλλά και ο τύπος τους είναι προκαθορισμένος.
- Τιμές παραμέτρων πχ (πρόωση) που είναι ίδιες με την προηγούμενη εντολή, μπορούν να παραλειφθούν.
- Ο κωδικός εντολής μπορεί να περιλαμβάνει εντολές κίνησης G και εντολές βοηθητικών λειτουργιών M.

Προγραμματισμός G και M κωδικών (III)

G00	Ευθύγραμμη κίνηση χωρίς κοπή με τη μέγιστη πρόωση της εργαλειομηχανής.	G44	Αντιστάθμισμα αρνητικό.
G01	Γραμμική παρεμβολή - ευθύγραμμη κίνηση για κοπή με δοσμένη πρόωση.	G50- G59	Μετατοπίσεις προσαρμογής.
G02	Κυκλική παρεμβολή με ωρολογιακή φορά.	G70	Συντεταγμένες σε ίντσες (in).
G03	Κυκλική παρεμβολή με αντιωρολογιακή φορά.	G71	Συντεταγμένες σε χιλιοστά του μέτρου (mm).
G04	Προγραμματισμένη χρονική καθυστέρηση.	G72	Δεξιόστροφη κυκλική παρεμβολή τριών διαστάσεων.
G06	Παραβολική παρεμβολή με μεταβαλλόμενες ταχύτητες από τη μονάδα ελέγχου.	G73	Αριστερόστροφη κυκλική παρεμβολή τριών διαστάσεων.
G08	Επιτάχυνση μέχρι δοσμένη ταχύτητα.	G75	Κυκλική παρεμβολή πολλών τερτατημορίων.
G09	Επιβράδυνση μέχρι δοσμένη ταχύτητα.	G80	Ακύρωση κύκλων εργασιών G81-G89.
G13- G16	Επιλογή αξόνων.	G81- G89	Κύκλοι εργασιών.
G17- G19	Επιλογή επιπέδων κατεργασίας XY - ZX - YZ αντίστοιχα.	G90	Απόλυτες συντεταγμένες.
G33	Κοπή σπειρώματος με σταθερό βήμα.	G91	Σχετικές συντεταγμένες.
G34	Κοπή σπειρώματος.	G92	Μετατόπιση συστήματος συντεταγμένων.
G35	Κοπή σπειρώματος.	G93	Κωδικοποίηση πρόωσης.
G40	Αρση της αντιστάθμισης εργαλείου.	G94	Ταχύτητα πρόωσης σε in ή mm/min.
G41	Αριστερή αντιστάθμιση.	G95	Ταχύτητα πρόωσης σε in ή mm/rev.
G42	Δεξιά αντιστάθμιση.	G96	Σταθερή ταχύτητα κοπής με έλεγχο των στροφών της ατράκτου.
G43	Αντιστάθμισμα θετικό.	G97	Στροφές σε 1/λεπτό.

G Κωδικοί (κίνησης)

Προγραμματισμός G και M κωδικών (IV)

M00	Προγραμματισμένη παύση.
M01	Προαιρετική παύση, αν έχει ενεργοποιηθεί.
M02	Τέλος προγράμματος.
M03	Δεξιόστροφη - ωρολογιακή περιστροφή ατράκτου.
M04	Αριστερόστροφη - αντιωρολογιακή περιστροφή ατράκτου.
M05	Διακοπή περιστροφής ατράκτου.
M06	Αλλαγή εργαλείου.
M07-M09	Έλεγχος ροής ψυκτικών υγρών.
M10	Σύσφιξη (τσοκ).
M11	Χαλάρωση (τσοκ).
M15-M16	Επιλογή γρήγορης κίνησης ή κατεύθυνσης πρόωσης.
M19	Παύση περιστροφής ατράκτου με προκαθορισμένη τελική θέση παύσης.
M26	Απόσυρση του εργαλείου στη θέση αλλαγής εργαλείου.
M30	Τέλος προγράμματος και επιστροφή στην αρχή.
M31	Άρση ασφάλισης.
M47	Επιστροφή στην αρχή του προγράμματος.
M49	Παράκαμψη χειροκίνητων ρυθμίσεων και επιστροφή στις προγραμματισμένες.
M59	Σταθερός αριθμός στροφών.
M90-M99	Εντολές προγραμματιζόμενες για το χρήστη.

M Κωδικοί (βοηθητικές λειτουργίες)

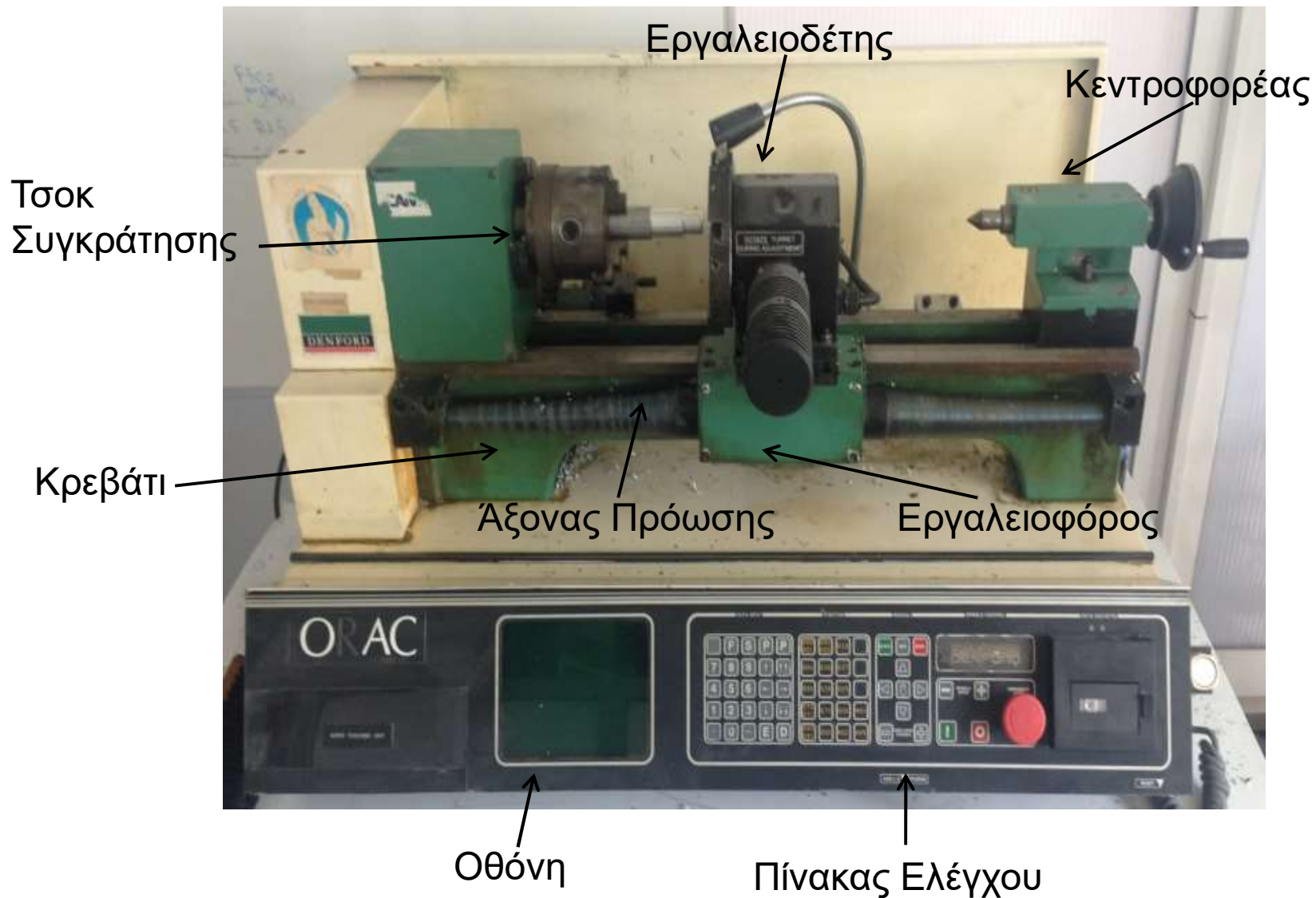
Προγραμματισμός G και M κωδικών (V)

Χαρακτήρας	Λειτουργία
N	Χαρακτηρίζει τον αυξαντα αριθμό του block
G	Εντολή κίνησης.
X	Μέγεθος κίνησης στον άξονα X.
Y	Μέγεθος κίνησης στον άξονα Y.
Z	Μέγεθος κίνησης στον άξονα Z.
R	Επίπεδο για σταθερούς κύκλους.
I	Συντεταγμένη κέντρου τόξου, παράλληλη με τον άξονα X.
J	Συντεταγμένη κέντρου τόξου, παράλληλη με τον άξονα Y.
K	Συντεταγμένη κέντρου τόξου, παράλληλη με τον άξονα Z.
F	Ταχύτητα πρόωσης.
S	Ταχύτητα ατράκτου.
T	Αριθμός εργαλείου.
H	Αντιστάθμιση μήκους εργαλείου.
D	Αντιστάθμιση ακτίνας.
E	Απόσταση βάσης στήριξης.
L	Χρόνος καθυστέρησης σε κύκλους εργασιών.
M	Λειτουργία.
Q	Υποπρόγραμμα.

Χαρακτήρες που χρησιμοποιούνται για τη σύνταξη εντολών

Τόρνος ORAC (I)

Δομή και μέρη εργαλειομηχανής



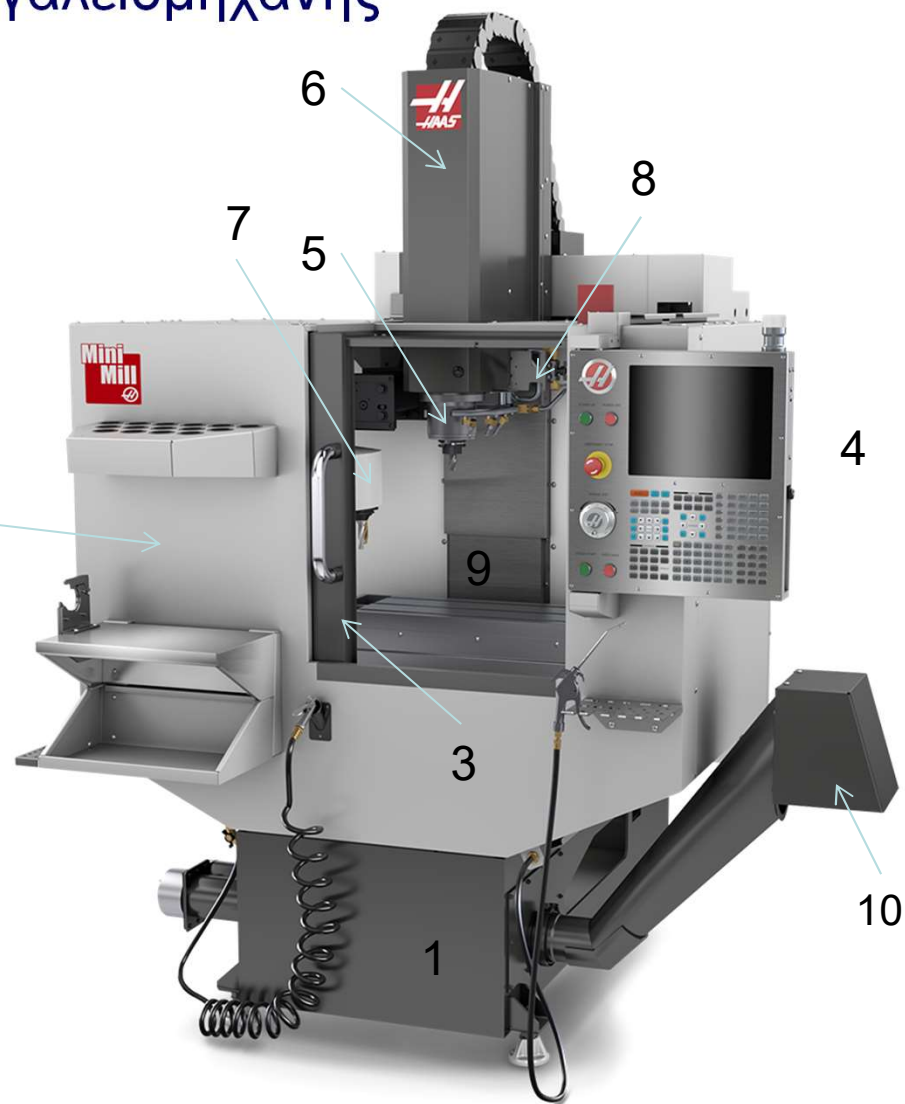
Τόρνος ORAC (II) - Κύρια Τεχνικά Χαρακτηριστικά

- Μέγιστη Διάμετρος Κατεργασίας 200mm
- Διάμετρος Κατεργασίας άνω του εργαλειοφορέα 115mm
- Απόσταση μεταξύ κέντρων 400mm
- Ταχύτητα Ατράκτου 0 – 2000 rpm (αδιαβάθμητη)
- Διάμετρος Ατράκτου 20mm
- Κώνος Ατράκτου MT3
- Περιστρεφόμενος Μύλος 8 Κοπτικών Εργαλείων
- Ταχεία Πρόωση 1200 mm/min
- Πρόωση έως και 1200 mm/min
- Ακτίνες Τόξου Κυκλικής Παρεμβολής 2 – 3000mm
- Κωνικότητες Γραμμικής Παρεμβολής 20:1 – 1:20
- Σπειρώματα 0.35 – 3.5 mm, 8 – 70 TPI
- Μέγιστο Μέγεθος Προγράμματος: ~160 Εντολές
- Ισχύς Ατράκτου 0.37 KW
- Διαστάσεις Εργαλειομηχανής (ΜxΠxΥ): 920x560x540mm
- Βάρος Εργαλειομηχανής: 140Kg

Κάθετο κέντρο κατεργασίας HAAS Minimill (I)

Δομή και μέρη εργαλειομηχανής

- 1) Σώμα εργαλειομηχανής
- 2) Κλωβός προστασίας
- 3) Θύρα εισόδου
- 4) Πίνακας έλεγχου και χειρισμού
- 5) Άτρακτος
- 6) Κινητήρας ατράκτου
- 7) Αποθήκευση εργαλείων (10)
- 8) Ακροφύσια σαπουνελαίου
- 9) Τράπεζα εργαλειομηχανής
- 10) Έξοδος αποβλήτων



Κάθετο κέντρο κατεργασίας HAAS Minimill(II) - Κύρια Τεχνικά Χαρακτηριστικά

[Standard Features]

- Full VMC Capabilities
- Standard 40-Taper Tooling
- Direct Speed, Belt Drive
- 914 x 305 mm Table
- 38 cm Color LCD Monitor w/USB Port
- 406 x 305 x 254 mm (xyz) Travels
- Full Enclosure
- 10-Tool Capacity
- Led Work Light
- Power-failure detection module
- 1 GB Program Memory
- High Impact Safety Glass
- Made in the USA

[Mini Mill]

- 6 000-rpm Vector Drive Spindle
- 15,2 m/min Rapids

[Super Mini Mill]

- 10 000-rpm Vector Drive Spindle
- 30,5 m/min Rapids
- Rigid Tapping
- High-Speed Tool Changer

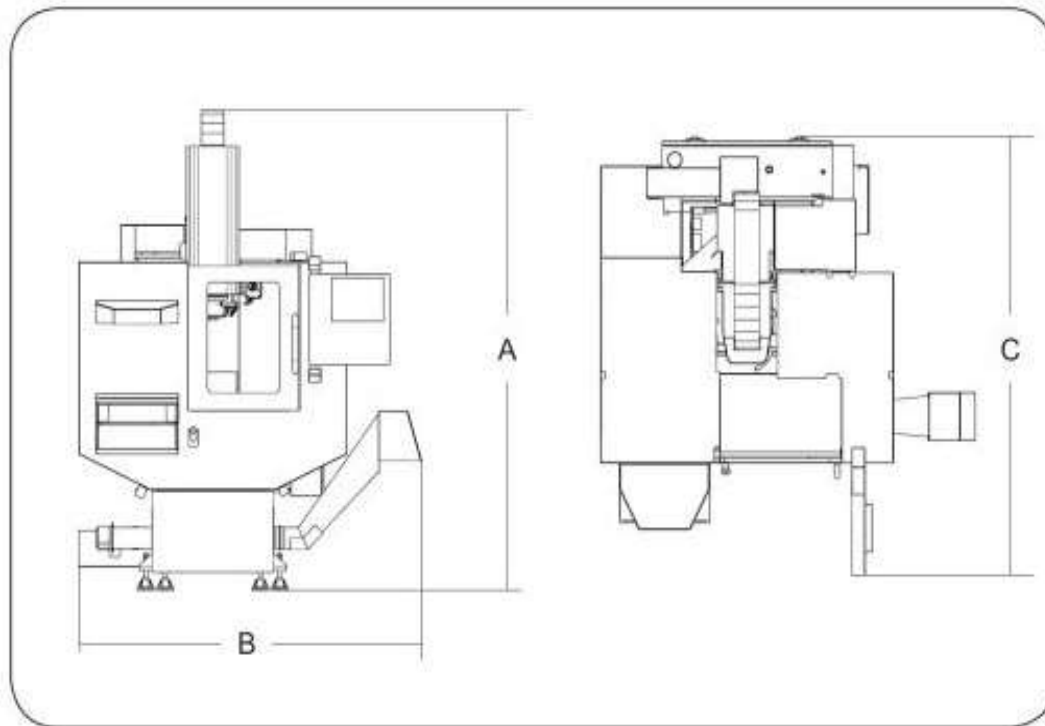
¹ Super Mini Mill only

² Standard on SMM

[Options] *partial list*

- 15 000-rpm Spindle ¹
- Through-Spindle Coolant System ¹
- Programmable Coolant Nozzle
- Chip Auger
- High Flow Coolant Pump
- 4th- and 5th-Axis Drives
- Wireless Intuitive Probing System
- Coordinate Rotation & Scaling
- High-Speed Machining w/Look-Ahead
- User-Definable Macros
- Haas Visual Programming System
- Spindle Orientation
- WiFi Connection for the Haas Control
- Rigid Tapping ²

Κάθετο κέντρο κατεργασίας HAAS Minimill (III) – Κύρια Τεχνικά Χαρακτηριστικά



Operating Dimensions

	MM/SMM
A. Max Height	2 692 mm
B. Max Width	2 311 mm
C. Max Depth *	2 235 mm

* With control swung forward. Additional 914 mm required to open rear service panel.

[Specifications]

Travels	Mini Mill	Super Mini Mill
X	406 mm	406 mm
Y	305 mm	305 mm
Z	254 mm	254 mm
Spindle Nose to Table Top (approx.)	102 – 356 mm	102 – 356 mm
Table		
Length (total)	914 mm	914 mm
Length (work surface)	730 mm	730 mm
Width	305 mm	305 mm
Max Weight on Table	227 kg	227 kg
T-Slots		
T-Slot Width		16 mm
Number of T-Slots		3
Center Distance		110 mm
Spindle		
Taper Size	CT or BT 40	CT or BT 40
Speed	6 000 rpm	10 000 rpm
Drive System	Belt-Drive	Belt-Drive
Max Torque	45 Nm @ 1 200 rpm	23 Nm @ 4 600 rpm
Max Rating	5,6 kW	11,2 kW
Brushless Axis Motors		
Max Thrust Rating		8 896 N
Feedrates		
Max Rapids	15,2 m/min	30,5 m/min
Max Cutting	12,7 m/min	21,2 m/min
Tool Changer		
Capacity		10
Max Tool Diameter		89 mm
Max Tool Weight		5,4 kg
Tool to Tool	4,2 sec	2,8 sec
Chip to Chip	5,0 sec	3,8 sec
General		
Machine Weight	1 542 kg	1 542 kg
Air Required	113 Lpm @ 6,9 bar	113 Lpm @ 6,9 bar
Power Required (min)		354 - 488 VAC 3-Phase

Κάθετο κέντρο κατεργασίας HAAS Minimill (IV) – Κύριοι Κώδικες

G-Code

G00	Ταχεία κίνηση
G01	Κίνηση γραμμικής παρεμβολής
G02	Κίνηση κυκλικής παρεμβολής CW
G03	Κίνηση κυκλικής παρεμβολής CCW
G17	Επιλογή επιπέδου XY
G18	Επιλογή επιπέδου XZ
G19	Επιλογή επιπέδου YZ
G20	Επιλογή ιντσών
G21	Επιλογή μετρικού συστήματος
G43	Αντιστάθμιση μήκους εργαλείου
G54 έως G59	Επιλογή συστήματος συντεταγμένων εργασίας
G70	Κύκλος σπών κοχλία
G71	Τόξο σπών κοχλία
G72	Οπές κοχλία κατά μήκος πλευράς γωνίας
G81	Κύκλος προγραμματισμένης υπορουτίνας διάτρησης
G83	Κύκλος προγραμματισμένης υπορουτίνας συνήθους διάτρησης ραμφίσματος
G90	Εντολές απόλυτης θέσης
G91	Εντολές σχετικής θέσης

M-Code

M00	Διακοπή προγράμματος
M03 / M04 / M05	Εντολές ατράκτου
M06	Αλλαγή εργαλείου
M07	Καταιονισμός ψυκτικού υγρού
M08	Παροχή ψυκτικού, ενεργό
M09	Παροχή ψυκτικού, ανενεργό
M30	Τερματισμός προγράμματος και Επαναφορά

Video Εργαλειομηχανών

<https://www.youtube.com/watch?v=PKi71CGO298>

https://www.youtube.com/watch?v=Oad9x2qY_T8

<https://www.youtube.com/watch?v=XOVfsZGbH4g>

Βιβλιογραφία

- Αρχοντάκης Γ., *Σημειώσεις Εργαστηριακών Μαθημάτων και Ασκήσεων*, Εργαστήριο CAM, Σχολή ΜΠΔ, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2007
- Μανσουρ Μ., *Μηχανουργική Τεχνολογία – Εργαλειομηχανές – Εργαλειομηχανές Αριθμητικού Ελέγχου NC – CNC*, Τμήμα Αυτοματισμού, ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, 2010.
- WWW